TECHNIQUE DE CONSTRUCTION EN PAILLE

- Eddy Fruchard
- Virginie Piaud

EYROLLES

TECHNIQUE DE CONSTRUCTION EN PAILLE

■ Eddy Fruchard
■ Virginie Piaud

Construire sa maison en paille est un acte fondateur. Il est l'occasion de nous (ré-) approprier notre manière d'habiter un espace, un territoire, de comprendre à nouveau les interactions que nous entretenons avec notre environnement naturel et social.

Construire sa maison en paille s'inscrit également pleinement dans l'obligation réglementaire et éthique de réaliser des maisons thermiquement performantes et écologiquement responsables.

Mais, afin de mener à bien son projet, que l'on soit professionnel ou autoconstructeur, il faut répondre à de nombreuses questions : quelle technique choisir ? combien ça coûte ? combien de temps faut-il pour construire ? quels matériaux utiliser ? etc. Les auteurs, à travers le suivi minutieux des travaux de 13 maisons paille, mettent en avant les techniques paille, les choix constructifs variés, le coût détaillé des travaux, les temps de travaux (réalisés par des professionnels ou des autoconstructeurs)... Chaque maison présentée est l'occasion de détailler un point de construction spécifique : les enduits terre, le poêle de masse, la RT 2012, la toiture végétalisée...

13 maisons paille, 13 parcours de vie différents : chacune de ces maisons raconte une histoire et a reçu un supplément d'âme...

Eddy Fruchard, artisan charpentier spécialisé dans la construction paille, membre du conseil d'administration du Réseau français de la construction paille (RFCP), formateur en écoconstruction et formateur Pro-paille, a participé à la construction d'une quarantaine de maisons paille depuis la création de son entreprise en 2007. **Virginie Piaud,** sa compagne, travaille avec lui.

Eyrolles

www.editions-eyrolles.com

TECHNIQUE DE CONSTRUCTION EN PAILLE

Eddy Fruchard
Virginie Piaud

EYROLLES

Eyrolles.

ÉDITIONS EYROLLES
61, bd Saint-Germain
75240 Paris Cedex 05
www.editions-eyrolles.com

En application de la loi du 11 mars 1957, il est interdit de reproduire intégralement ou partiellement le présent ouvrage, sur quelque support que ce soit, sans l'autorisation de l'Éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie, 20, rue des Grands Augustins, 75006 Paris.
© Groupe Eyrolles, 2015, ISBN : 978-2-212-13809-2

Eyrolles.

Nous souhaitons tout d'abord remercier tous les constructeurs de maison en paille pour leurs généreux partages et retours d'expérience. Et notamment : Virginie et Ludovic (de Siecq), Sylvie et Philippe, Marie et Florent, Vincent, Katia et Fabien, Christel et Jef, Nathalie et David, Stéphanie et Xavier, Virginie et Ludovic (de Bignoux), Cécile et Alexandre, Cécile et Florian, Anne-Marie.

Merci également, pour leurs relectures professionnelles à :

- Yann Le Dimeet, architecte conseil au CAUE, pour sa relecture du chapitre « Concevoir et intégrer la maison dans son environnement ».
- Christelle Dupont, de l'association Botmobil et Noé Solsona, artisan, pour leur relecture du chapitre sur « Les enduits terre ».
- François-Xavier Leblond (Sté Sobreo, membre du réseau Aquatiris), pour sa relecture du chapitre consacré à « La phytoépuration ».
- Tony Bailly et Emmanuel Ferjoux (artisans enduiseurs, Bâtisseco) et Yaël Chartron (artisan enduiseur, La Boîte à Bâtir), pour leur relecture du chapitre consacré aux « Enduits à la chaux ».

Le Focus sur la Réglementation Thermique est écrit avec l'aide de l'ACEM79, coopérative d'artisans.

Nous remercions également le Réseau français de la construction paille qui œuvre quotidiennement pour le développement de la construction en bottes de paille, notamment à travers la mise en place des Règles professionnelles et des fiches d'autocontrôle.

Un merci spécial à Cédric Hamelin, architecte DPLG, pour ses beaux coups de crayon sur les schémas techniques des Règles professionnelles de la construction paille.

Nous adressons également nos remerciements à l'équipe du Centre national de la construction paille, aux membres de l'entreprise Bâti Nature et de Chaux et co, à Christian Hamani.

Nous tenons enfin à dire merci à tous ceux (et ils sont nombreux) qui nous ont permis d'utiliser leurs témoignages, photographies, documents techniques… qui permettent notamment d'enrichir ce livre, mais surtout d'améliorer notre travail au jour le jour.

Eyrolles.

Sommaire

Introduction 10
Historique 10
Caractéristiques techniques de la paille 11
Résistance au feu 11
Résistance à l'humidité 12
Résistance thermique 12
Acoustique 13
Résistance aux insectes et rongeurs 13
Les différentes techniques de la construction paille 13
La technique Nebraska 14
La technique bois et paille 14
La technique du Greb 15
La technique CST 15
La technique ossature bois 15

1• Un projet de locatif en paille 16
La genèse du projet 17
La chronologie 18
Le permis de construire et les plans 18
La répartition des coûts : étude comparative 20

La technique « bois et paille » 24
Mise en œuvre d'une structure poteau poutre 24
Fondations et dalle : exemples 24
Mise en œuvre de la lisse basse 26
Fixation des lisses basses et des entretoises 28
Installation des sangles 29
Détails d'étanchéité à l'air 31
Isolation de la lisse basse 31
La structure poteau poutre 32
Précadre pour support d'huisserie 33
Types de précadres 33
Fabrication et pose 35
Pose des menuiseries 37
Gestion de l'étanchéité à l'air 38
Isolation en bottes de paille 39
Remplissage d'un précadre 39
Pose de l'isolation en bottes de paille 40
Passage des sangles de compression 42
Dressage du mur 44
Les différentes finitions possibles 46
Enduit terre 46
Enduit chaux 47
Détails techniques 48
La technique bois et paille et les règles professionnelles 49

2• La maison à structure mixte (bois et paille/ossature bois) 50
La genèse du projet 51
La chronologie 52
L'organisation du chantier 52
Charpente et mur ossature 55
Les murs en paille 58
La pose des menuiseries 59
Enduits chaux et bardage 61
Fin du chantier 64
Les choix d'isolation 66
Bilan énergétique 66
Étude thermique 66

La RT 2012 : nouvelle réglementation thermique 72
Les caractéristiques de la nouvelle réglementation 72
Le Bbio ou besoin bioclimatique 72
Le Cep : consommation d'énergie primaire du bâtiment 73
La Tic (température intérieure conventionnelle) 73
Les démarches à suivre 73
En conclusion 74
Point sur les valeurs 74
Les performances des constructions 75
L'application sur le terrain 75

3• Une maison paille et son étanchéité à l'air 76
La genèse du projet 76
La chronologie et les différentes étapes 77
La conception et les plans 77
Levage de la charpente 78
La dalle chaux/pouzzolane 79
La pose de la paille 80
Les enduits extérieurs à la chaux 81
Les différents choix de finitions intérieures 82
Le poêle de masse 82
Les touches décoratives finales 83
Le budget 85

L'étanchéité à l'air 86
Isolation à l'air et confort thermique 86

Eyrolles.

Les désordres liés à l'humidité ... 86
Une maison perspirante ... 87
Maison perspirante et ventilation ... 87
L'étanchéité à l'air dans la construction paille ... 88
Un test d'étanchéité à l'air ... 94
Étanchéité à l'air et à l'eau ... 94

4• Une maison compacte et bioclimatique ... 96
La genèse du projet ... 96
La chronologie du chantier ... 97
Les plans et fondations ... 97
Les caractéristiques ... 98
La toiture ... 101
Enduits chaux ... 103
Le budget ... 104

Procédure de contrôle de qualité pour la mise en œuvre de la paille ... 106
Annexe A1 ... 107
Cahier des charges pour l'utilisation des bottes de paille dans la construction ... 107
Bordereau de contrôle qualité des bottes de paille pour la construction ... 107
Annexe A2 ... 108
Procédure de contrôle de la qualité de mise en œuvre de la paille ... 108
A2.1 Circuit de diffusion de la fiche d'autocontrôle ... 108
A2.2 Documents de référence ... 108
A2.3 Procédure et fiche d'autocontrôle ... 109
Réception de chantier avant mise en œuvre ... 110
Soubassements et fondations ... 110
Protection contre l'eau ... 110
Contrôle de la qualité de mise en œuvre des bottes de paille ... 111
Continuité de l'isolation ... 111
Compression et maintien des bottes ... 111
Contrôles géométriques ... 112
Contrôle de la qualité de mise en œuvre des enduits sur bottes de paille ... 112
Qualité de l'accroche ... 112
Qualité de la protection contre l'eau liquide par les enduits ... 112
Contrôle de la qualité de mise en œuvre des plaques de parement/bardages sur les parois verticales isolées en bottes de paille ... 113
Gestion de la vapeur d'eau ... 113
Contrôle de la qualité de mise en œuvre des détails ... 114
Informations générales ... 114
Plans et coupes du bâtiment ... 115

5• Une maison ossature bois isolée en paille ... 116
La genèse du projet ... 116
La part de l'autoconstruction ... 116
Le choix de la paille ... 116
La chronologie et les différentes étapes ... 118
L'étude thermique ... 118
L'ossature bois isolée en paille ... 120
Charpente, toiture, pose des menuiseries ... 121
et isolation ... 121
Les enduits extérieurs ... 123
Les finitions ... 124
Le budget ... 125

Concevoir et intégrer la maison dans son environnement ... 126
Le choix du terrain ... 126
Les modes et rythmes de vie des habitants ... 126
Les formes et les espaces ... 127
Définir les espaces ... 127
Optimiser les volumes ... 128
L'aménagement intérieur ... 130
Construire une maison bioclimatique ... 130
Orientation de la maison ... 130
Forme et performance thermique ... 130
Circulation de l'air ... 131
Biodiversité ... 131

6• Une maison sur pilotis et dalle bois ... 132
La genèse du projet ... 133
Le terrain et les plans ... 134
Le paillé ... 137
Les travaux préalables ... 139
La charpente et la dalle bois ... 140
La couverture ... 141
Les murs en bottes de paille ... 143
La fabrication des briques de terre comprimée (BTC) ... 145

Eyrolles.

L'escalier ... 146
Les enduits extérieurs à la chaux ... 146
Les enduits intérieurs terre ... 148
Le poêle ... 148
Second œuvre et finitions ... 149
Le budget ... 153
La répartition des coûts ... 153

La construction sur pilotis et la dalle bois ... 154
Le choix des pilotis ... 154
La pose ... 154
Le complexe de la dalle bois ... 157
Le positionnement des cloisons ... 158
L'effet vibratoire ... 159
Protection du bois de la dalle ... 159

7• Une maison avec sa toiture isolée en paille ... 160
La genèse du projet ... 161
La chronologie et les différentes étapes ... 161
La préparation du chantier ... 161
Les heures de travail ... 163
Le terrassement et la dalle ... 164
La charpente bois ... 165
La toiture et le montage des murs ... 166
La réalisation de l'enduit ... 170

Isolation de la toiture en paille ... 176
Importance de la résistance à la vapeur d'eau ... 177
Les avantages et inconvénients de la toiture en paille ... 178
Mise en œuvre en autoconstruction ... 179

8• Une maison à la toiture végétalisée ... 180
La genèse du projet ... 181
La chronologie du chantier et les différentes étapes ... 182
Terrain et plans ... 182
Fondations et dalle ... 183
La charpente bois ... 184
Les murs paille ... 186
Les enduits à la chaux ... 188
Électricité et plomberie ... 189
Enduits chaux intérieurs et cloisons ... 191
La ouate de cellulose ... 192
Terre/paille ... 194
Dalle plâtre ... 194
Le temps des finitions ... 194
Le budget ... 195
La répartition des coûts ... 195

La toiture végétale ... 196
Intérêt de ce type de couverture ... 196
Technique de mise en œuvre ... 197

9• Une maison chauffée avec un poêle de masse ... 198
La chronologie ... 199
Plans et fondations ... 199
Charpente et paille ... 201
Les enduits ... 202
La dalle chaux/chanvre ... 203
Cloisons et enduits terre intérieurs ... 204
La valse des finitions ... 205
La répartition des coûts ... 206

Le poêle de masse ... 208
Un moyen de chauffage : retour sur expérience ... 208
La construction d'un poêle de masse ... 209

10• La maison paille selon la technique Greb ... 210
La genèse du projet ... 211
La chronologie ... 211
Les bases et les valeurs du projet ... 211
Premiers travaux ... 212
L'ossature bois et la technique du Greb ... 214
Les murs en paille ... 218
Le choix des matériaux ... 220
Les installations provisoires ... 220
Les cloisons et finitions intérieures ... 221
La finition extérieure ... 222
Fin de chantier ... 223
Le budget ... 224

La VMC double flux ... 228
Ventilation et réglementation ... 228
Les différents types de ventilation ... 228
Les normes en vigueur ... 229
La VMC double flux ... 229

Eyrolles.

Caractéristiques techniques ... 229
Inconvénient et avantages ... 229
Dimensionnement et installation ... 230

VMC et maison paille : l'avis des autoconstructeurs ... 230
Raisons du choix de la VMC double flux ... 230
Conseils d'installation ... 231

11• La maison paille en paille selon la technique Cellule sous tension (CST) ... 232

La genèse du projet ... 233

La chronologie ... 233
La préparation du chantier ... 233
Les fondations et le terrassement ... 235
La taille et le levage de la charpente ... 236
La technique CST (Cellule sous tension) ... 237
La pose des bottes de paille ... 238
La pose des menuiseries ... 241
La pose du bardage ... 241
La dalle chaux/chanvre ... 242
Le poêle à bois ... 243
Les différents types de cloisons ... 244
Les différentes finitions pour le sol ... 246
Retour d'expérience ... 247

Les enduits à la terre ... 248

Caractéristiques techniques ... 248
Pour la barbotine ... 249
Pour la couche de corps ... 249
Les enduits de finition ... 253
Le budget ... 247

12• Une maison avec un grand préau pour protéger l'ouest ... 256

La genèse du projet ... 257

La chronologie et les différentes étapes ... 257
Conception et plans ... 257
La charpente bois ... 260
Le grand préau situé à l'ouest : note de détail architectural ... 263
La couverture, la paille et les enduits ... 265
Les appuis de fenêtres ... 266
Mode de vie et art de la récup' ... 267
Les enduits terre intérieurs ... 269
Finitions et travaux supplémentaires ... 270

Les enduits à la chaux ... 272

Point technique sur la chaux ... 272
Murs en bottes de paille ... 272
Qualité du sable ... 272
Arrachement de l'enduit sur la paille ... 272

Consigne ... 273
Première étape ... 273
Deuxième étape : les conditions climatiques défavorables ... 273
Faire faire ou se faire accompagner ... 275
Machine ou pas machine ? ... 275

La voix des pros ... 276
La boîte à bâtir ... 276
Bâtisse & Co ... 277

Conclusion ... 277

13• Une maison et sa phyto-épuration, au cœur d'un éco-hameau ... 280

La genèse du projet ... 281

La chronologie ... 282
Principes d'un éco-hameau : terrains et plans ... 282
La maison et le rôle de l'architecte ... 284
Le terrain et les fondations ... 285
La charpente et la couverture ... 286
La paille ... 286
Les murs et les cloisons ... 288
Les filets de protection ... 289
Les enduits ... 290
Les finitions ... 292
Le budget ... 293

Les toilettes sèches et la phyto-épuration ... 294

Les toilettes sèches à litière biomaîtrisée (TLB) ... 294
Le principe ... 294
Gestion des déchets par compostage ... 295
L'entretien ... 295

Implantation des filtres plantés (assainissement et phyto-épuration) ... 296
L'emplacement ... 296
Dimensionnement de l'installation ... 296
Mise en place de la phyto-épuration ... 298

Index ... 300

Eyrolles.

Introduction

Historique

La construction en bottes de paille a commencé au Nebraska (aux États-Unis) vers le milieu du XIXe siècle, quelques années après l'invention de la botteleuse. Les pionniers de l'époque ne disposaient pas d'assez de bois et d'argile pour construire leurs maisons, la paille en bottes est alors apparue comme un matériau fiable et disponible. Les bottes servaient directement de murs porteurs. Dans les années 1920, l'édition d'un manuel de construction en bottes de paille pour les bâtiments agricoles a permis de diffuser cette technique dans plusieurs États des États-Unis.

En France, M. Feuillette réalise pour sa fille une maison en ballots de paille à Montargis en 1921, une solution proposée comme moyen de reconstruire le pays d'après-guerre. Les paysans connaissaient le matériau paille depuis longtemps et s'en servaient pour monter des cloisons, des faux plafonds et des murs extérieurs.

La maison de M. Feuillette reste en parfait état à ce jour. L'association Les Compaillons (RFCP, Réseau français de la construction paille) s'en est portée acquéreur, afin de préserver ce patrimoine exceptionnel. Une souscription est ouverte pour l'aider (www.rfcp.fr).

Ce projet a déjà débouché sur la création du Centre national de la construction en paille (CNCP) qui s'est donné plusieurs missions :

- réaliser une réhabilitation qui respecte le bâti existant ;
- instrumenter les parois de la maison Feuillette ;
- exploiter efficacement le potentiel de communication de ce bâtiment ;
- faire vivre le lieu au travers des activités du réseau paille ;
- construire des bureaux en paille porteuse pour constituer des locaux conçus pour la recherche, les formations, les conférences. Ils seront instrumentés et auront des parois qui serviront aussi de support aux formations (gestion de l'étanchéité à l'air, transferts d'humidité…).

Les projets ne manquent pas…

Entre les années 1940 et 1980, la paille est rapidement abandonnée au profit de matériaux constructifs standards. C'est en 1973, suite à la parution d'un article, qu'arrive le renouveau de la construction en bottes de paille. À partir de ce moment, les Américains ont réalisé de nombreux tests et expérimentations : la transmission de leurs connaissances a ainsi permis de développer ce mode de construction.

Actuellement, l'association Les Compaillons estime le nombre de maisons en paille en France à 3 000 environ. La construction en bottes de paille est surtout réalisée en autoconstruction. Cependant, de plus en plus de professionnels se lancent dans ce type de réalisation. En 2006, un bâtiment en bottes de paille accueillant du public s'est construit sur le plan d'eau du Lambon dans les Deux-Sèvres. Depuis, de nombreux établissements recevant du public (ERP) sont en cours de construction (école, crèche…) en France.

Les perspectives de développement sont tout à fait positives, puisque la commission prévention produit (C2P) de l'Agence Qualité Construction (AQC) a

Eyrolles.

validé l'intégralité des règles professionnelles de la construction en paille, présentées par le RFCP. Le périmètre professionnel couvert par les « règles pros paille » est le suivant :

- remplissage isolant en bottes de paille ;
- paille en tant que support d'enduits (terre crue ou chaux).

Les règles pros paille sont entrées en vigueur au 1er janvier 2012.

Par ailleurs, le référentiel de formation pro paille accompagne les règles professionnelles. Créé et maintenu par le RFCP, il va être utilisé pour permettre à des formateurs, et aux organismes qui les accueillent, de délivrer des contenus pédagogiques validés et reconnus, susceptibles de s'insérer dans des formations initiales ou continues de tous niveaux.

Caractéristiques techniques de la paille

La paille présente de nombreux avantages. Il s'agit, tout d'abord, d'un matériau produit chaque année en quantités importantes (paille de blé, d'épeautre, d'orge, de riz, etc.). Cela permet d'avoir un matériau de construction qui est à nouveau disponible chaque année, le bois demandant, quant à lui, plusieurs années avant d'être exploité comme matériau de construction. Sa fabrication ne nécessite aucune infrastructure industrielle et sa production locale n'induit pas de frais de transport, qui sont par définition économiquement et écologiquement coûteux. Outre son aspect esthétique (la paille permet d'obtenir de belles formes arrondies), elle possède de nombreux atouts.

Résistance au feu

De nombreux tests, effectués aux États-Unis et au Canada notamment, ont démontré la bonne résistance de la paille au feu. En effet, alors que la paille en vrac brûle très facilement, la paille comprimée dans les bottes brûle mal. La compression laisse trop peu d'air pour alimenter un feu ; quand il n'y a pas d'oxygène, il ne peut y avoir de feu.

D'après A. et H. Gruber, *Construire en paille aujourd'hui*, la résistance au feu des bottes de paille correspond à la norme B2. Les auteurs citent B. King, *Buildings of Earth and Straw* :

> *« Les tests au feu de l'ASTM (American Society for Testing and Material) ont permis de constater qu'un mur de paille enduit est un excellent pare-feu : il peut résister au feu pendant plus de quatre heures. »*

Un test a été réalisé en juillet 2009 par le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB), afin de valider le système constructif prévu pour une école ; les résultats de ce test en ont permis la construction.

0.1
Compression des murs de paille

Eyrolles.

Des essais ont également été validés par l'institut technologique FCBA (forêt cellulose bois-construction ameublement). Deux complexes de murs ont permis de valider les enduits chaux et les enduits terre sur l'isolation paille, le classement obtenu étant B-s1, do. Cela correspond, dans l'ancienne classification, au classement M1 (matériau non inflammable).

B : produit combustible à contribution au *flash over* très limitée.
s1 : faible production de fumées.
do : absence de gouttelettes et de débris enflammés.

Tous ces tests ont un impact très positif sur le développement de la filière construction paille. Certains peuvent être visualisés sur Internet, notamment sur une vidéo intitulée *La paille et le feu*.
Cependant, il convient d'être vigilant durant toute la période de construction, tant que le mur de paille n'a pas été enduit et que la paille en vrac traîne sur le chantier.

0.2
Semelle filante avec barrière de capillarité

Résistance à l'humidité

La paille est un matériau qui pourrit très lentement en raison de sa forte teneur en silice. Toutefois, l'humidité, comme dans tout type de construction, est un véritable danger pour la construction en paille. Il est donc impératif de ne pas exposer les bottes de paille à la pluie avant de les monter en mur. Toutes les précautions possibles doivent être prises pour éviter que l'humidité ne stagne dans les bottes. Plusieurs points doivent retenir notre attention :

- pas de mise en œuvre des bottes dont le taux d'humidité est supérieur à 20 % ;
- protection des façades en cours de chantier ;
- débordement du toit ;
- gouttières ;
- ventilation sous la couverture ;
- pas de surfaces horizontales sous les fenêtres ;
- drainage autour des fondations ;
- placement des bottes de paille sur une semelle quelques centimètres au-dessus du sol fini pour éviter la remontée de l'eau par l'action capillaire (la garde au sol est de 20 cm)...

Résistance thermique

La résistance thermique (R) exprime la capacité d'un matériau à résister à la chaleur et au froid. Plus elle est élevée, plus le produit est isolant. Son unité de calcul est le mètre carré kelvin par watt ($m^2.K/W$). La valeur lambda, quant à elle, sert à mesurer la conductivité thermique d'un matériau isolant.
La botte de paille seule (posée transversalement au sens de la paille, soit à chant) offre une résistance thermique de R = 6,92 $m^2.K/W$. Détail du calcul : R = épais-

Eyrolles.

seur en mètres/lambda = 0,36 m/0,052 W/(m.K) = 6,92. Cela équivaut à 27 cm de ouate de cellulose.
La botte de paille seule (posée dans le sens de la paille, soit à plat) offre une résistance thermique de R = 5,87 m².K/W. Détail du calcul : R = 0,47 m/0,08 W/(m.K). On peut retrouver les données officielles dans l'arrêté du 26 octobre 2010, relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments – article : annexe IX, Performance par défaut des isolants biosourcés (www.legifrance.gouv.fr).
Ce type d'isolant permet de respecter la RT 2012 et la prochaine de 2020.

Acoustique

La réglementation française demande un isolement par rapport aux bruits extérieurs supérieur à 30 dB (A). La classification à prendre en compte est un affaiblissement acoustique de 45 dB.
À titre d'exemple, sur la maison bois/paille de Montholier*, les diverses performances enregistrées s'échelonnent entre 48 et 57,3 dB (A). Ces résultats sont très rassurants puisqu'ils entrent dans les normes.

Résistance aux insectes et rongeurs

La compression très importante des bottes de paille, ainsi que la réalisation d'un bon enduit minimisent de manière considérable les risques liés aux insectes et rongeurs. Toutefois, pour être plus rassuré encore, on peut installer un grillage au bas des murs, afin d'éviter toute incursion indésirable. De plus, comme l'écrit Luc Floissac :

« Concernant les termites, en France métropolitaine, des essais d'appétence ont été conduits au FCBA de Bordeaux pour le compte du RCPF. Ils montrent que dans la paille, les termites meurent faute de nourriture. »

Ces essais ont été menés en regard de la norme EN 117 adaptée. En zone termite, il est toutefois obligatoire de traiter le problème avec une barrière antitermites.

0.3
Barrière antitermites

Si la paille semble facile d'accès, sa mise en œuvre n'est pas pour autant aisée.
Le Réseau français de construction paille (ou Les Compaillons) organise des formations pour professionnels et particuliers. Il ne faut pas hésiter à le contacter pour de plus amples informations. Et pour les sceptiques arguant du manque de matière première en temps de sécheresse, un dernier mot : pour construire 500 000 logements en France actuellement, il faudrait seulement 10 à 15 % de la paille produite en France ! (Source : Luc Floissac.)

Les différentes techniques de la construction paille

La paille est un matériau aux multiples qualités et vous pourrez vous en rendre compte tout au long de la lecture de cet ouvrage.
Il existe des techniques variées pour la mettre en œuvre. Le point commun de ces techniques est le matériau paille en lui-même, qui doit avoir un taux

**Essais réalisés en marge du programme CEBTP par Xavier Campeyron de l'ENTPE (École nationale des travaux publics de l'État).*

Eyrolles.

d'humidité inférieur à 20 % et une masse volumique d'au moins 80 kg/m³, pour une utilisation en remplissage.

On peut définir trois grands types de techniques liées à l'usage de la botte de paille comme matériau de construction :

- le bois comme structure porteuse :
  - l'ossature bois, technique courante en France, où la paille prend la place des isolants couramment usités,
  - le poteau poutre, où la paille est rajoutée avec une petite ossature légère ;
- la paille porteuse : cette technique constructive sans structure bois a été la première à mettre en valeur les qualités de la paille dans le domaine de la construction, au XIXe siècle, aux États-Unis ; elle se développe en France avec, entre autres, l'utilisation de grosses bottes de paille ;
- les techniques mixtes : ces systèmes constructifs considèrent la paille comme porteuse et/ou utilisent une ossature légère en bois. En général, les enduits participent de manière importante à la bonne réalisation de ces techniques (technique du Greb, technique CST...).

Il existe également d'autres utilisations de la paille, notamment pour l'isolation thermique par l'extérieur, la réalisation de torchis ou l'isolation de bâtiments existants. Nous n'aborderons toutefois pas ces usages ici, mais nous nous attacherons à décrire l'utilisation de la botte de paille en remplissage.

Les règles professionnelles de construction en paille (*Règles CP 2012*, éditions Le Moniteur, 2011) traitent des différentes techniques d'utilisation de la botte de paille en remplissage.

Nous présentons ci-après cinq grands types de systèmes constructifs paille.

La technique Nebraska

Il s'agit de la plus ancienne des techniques de construction en bottes de paille, utilisée aux États-Unis au XIXe siècle.

0.4

Photo : C. Garcia

Les bottes sont empilées les unes sur les autres, en quinconce, comme pour un mur de briques ; ensuite, elles sont compressées entre la lisse haute et la lisse basse, avant de supporter le poids du toit. Ce sont en effet les murs en paille qui sont porteurs dans cette technique.

Cette technique est encore répandue en Angleterre et tend à prendre de l'importance avec le développement de la grosse botte de paille. Des acteurs de la construction paille travaillent actuellement en France pour développer cette technique. Le Réseau français de la construction paille a créé un atelier paille porteuse, afin de recenser les habitations existantes et de travailler sur cette technique.

La technique bois et paille

La technique développée ici utilise la structure poteau poutre comme structure porteuse, avec une isolation paille par l'extérieur, permettant d'éviter les ponts thermiques et de laisser la structure bois apparente en intérieur.

0.5

Cette technique permet de valoriser le savoir-faire et la qualité de travail des artisans

Eyrolles.

charpentiers, tout en profitant des nombreux avantages de l'isolant botte de paille. Elle se rapproche de la technique dite Nebraska, mais les murs sont ici semi-porteurs seulement. Retrouvez l'explication détaillée de sa mise en œuvre p. 24.

La technique du Greb

Le Groupe de recherches écologique de la Batture (Greb) est un projet d'éco-hameau agricole situé au Canada, qui a mis au point une technique de construction de maison en bottes de paille. Cette technique est mise en valeur en France par l'association

Photo : L. Fouche

Approche-Paille. Dans l'ouvrage de V. Brossamain et J.-B. Thévard, *Construire son habitation en paille*, paru aux éditions Brossamain, on peut lire : « Cette technique associe plusieurs procédés. Elle consiste à construire une double ossature légère en bois, fixée sur des fondations pour y installer les ballots de paille protégés d'un mortier léger coulé. L'originalité réside dans sa mise en œuvre aisée pour les autoconstructeurs, grâce, entre autres, à l'utilisation de coffrages de petites dimensions. »

La technique CST

La technique Cellule Sous Tension® (CST) est clairement expliquée dans l'ouvrage de T. Rijven, *Entre*

Photo : Mazé-Jacq

paille et terre, paru aux éditions Goutte de sable : « On pose dans une ossature bois une botte de paille qui est 5 cm plus longue que la distance entre les deux montants, on crée ainsi une compression supplémentaire. En coupant la ficelle des bottes, on libère en plus la tension horizontale... Cette double tension, horizontale et verticale, confère à la botte sa capacité porteuse et contreventante. » Cette technique ne nécessite donc qu'une légère ossature bois, intégrée entre les bottes de paille.

La technique ossature bois

Dans la technique ossature bois, on remplace l'isolant habituel par l'isolant bottes de paille. Il existe plusieurs types de murs à ossature isolés en paille, selon la mise en œuvre choisie et le type de finition souhaitée. La technique ossature bois permet en effet de réaliser des finitions en bardage bois ou en enduits. Nous allons étudier ici un type de réalisation : les murs ossature bois sont taillés, assemblés et isolés en atelier, ce qui permet un processus « industrialisé » et la protection des différents matériaux ainsi abrités. Les complexes de mur peuvent être différents selon les artisans.
Une fois sur le chantier, il reste seulement à lever et assembler les murs. Cette technique est illustrée au chapitre 5, p. 116.

Photo : L. Guichard

0.6
Premier rang de bottes de paille monté selon la technique du Greb, à l'intérieur d'une double ossature légère. On peut voir les banches encore en place et le mortier allégé sur la paille. Cette technique est illustrée dans cet ouvrage p. 210.

0.7
Premier rang de bottes de paille monté selon la technique CST, à l'extérieur d'une structure poteau poutre. Cette technique mixant poteau poutre et CST est illustrée dans cet ouvrage p. 232.

Eyrolles.

1 Un projet de locatif en paille

Ce projet de maison locative, sur la commune de Saint-Martin-du-Fouilloux, est né d'un constat simple : il est difficile, voire quasi impossible, de trouver une maison à louer qui soit performante thermiquement, sans être un gouffre financier et énergétique.

L'objectif est alors de créer un habitat simple dans son fonctionnement, pouvant satisfaire le plus grand nombre.

Le projet est actuellement au début de sa réalisation. Il nous paraît pertinent de le présenter dans cet ouvrage afin de :

- montrer un exemple de permis de construire ;
- proposer un budget prévisionnel des coûts de la maison, abordant les travaux réalisés par des professionnels ;
- proposer un budget prévisionnel des coûts de la maison abordant uniquement le prix des matériaux, les travaux étant menés en autoconstruction ;
- comparer les coûts entre une maison « structure poteau poutre » technique bois et paille et une maison ossature bois, pour une isolation en ouate de cellulose ;
- aborder en détail la technique de construction bois et paille.

1.1 Photo : Art Home

1.1
Projet locatif en paille à Saint-Martin-du-Fouilloux (79)

Les avantages et inconvénients du projet

Les plus :

- un terrain propice à une démarche bioclimatique ;
- une proposition d'habitat locatif « raisonnable et durable » ;
- l'utilisation de matériaux locaux et écologiques (la terre est à 10 km et la paille à moins de 30 km...) ;
- une construction sur pilotis et dalle bois adaptée à la pente du terrain, avec un faible impact sur l'environnement (peu de fondations) ;
- le carport se situe à l'ouest, permettant de protéger la façade la plus exposée ;
- le chantier participatif pour les enduits terre extérieurs, qui permet de faire découvrir cette technique ;
- une maison conçue pour recevoir une extension au besoin ;
- une excellente gestion des ponts thermiques, du fait de la conception.

Les moins :

- une maison de plain-pied qui augmente l'emprise au sol ; elle est de 95,5 m², pour 74,5 m² habitables ;
- la dalle bois rehausse le niveau de la maison de 40 cm à 1 m par rapport au sol extérieur ;
- la création d'un petit escalier et d'une rampe pour l'accès de la maison, du fait des pilotis ;
- la création de la terrasse ne pouvant être différée dans le temps, en raison de la différence de niveau du sol fini entre l'intérieur et l'extérieur ;
- une toiture en bac acier isolé (pour le phonique et la condensation) ;
- la position d'un gros châtaignier au sud-est, apportant un ombrage l'été, mais créant un léger masque les matins d'hiver.

Eyrolles.

La genèse du projet

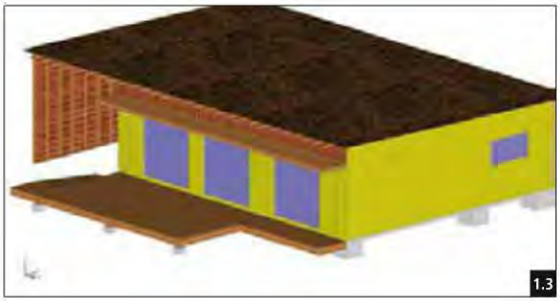
Notre ambition est ici de proposer une maison saine, agréable à vivre et aux dimensions raisonnables.
La parcelle est orientée plein sud, ce qui permet de mettre en œuvre les principes de base du bioclimatisme. Les matériaux de construction utilisés seront, au maximum, des matériaux locaux et écologiques (paille, BTC, bois, chanvre...).

Portrait du projet

Maître d'ouvrage et maître d'œuvre : Eddy Fruchard
Dessinatrice : Amandine Billy, atelier Art Home
Charpente : Bois et Paille
Surface : 74,5 m² habitables

Budget des travaux réalisés par des professionnels :
- 2 110 € TTC/m² Shon
- 1 623 € TTC/m² Shob
- 781 € TTC/m³ chauffé

Budget en autoconstruction totale :
- 847 € TTC/m² Shon
- 651 € TTC/m² Shob
- 313 € TTC/m³ chauffé



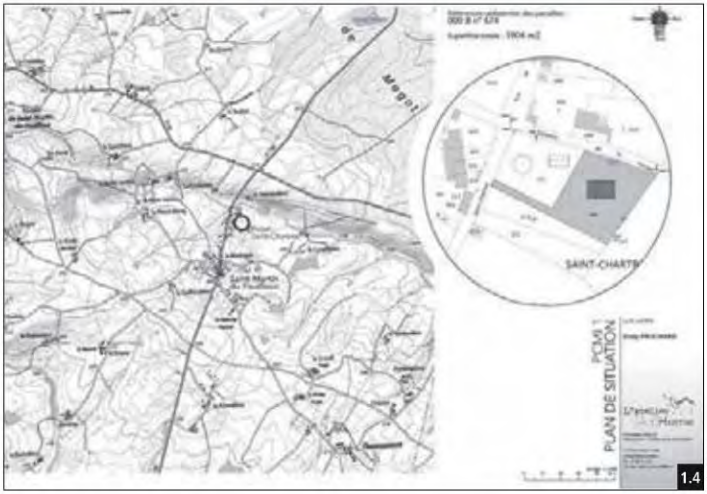
1.3

1.2 Art Home

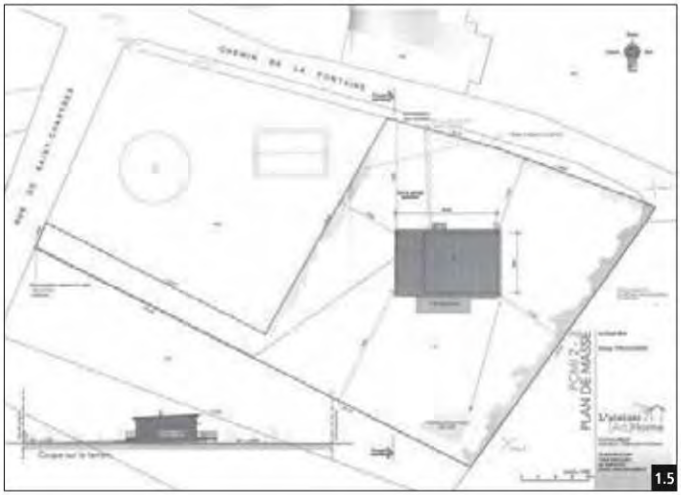
Eyrolles.

La chronologie

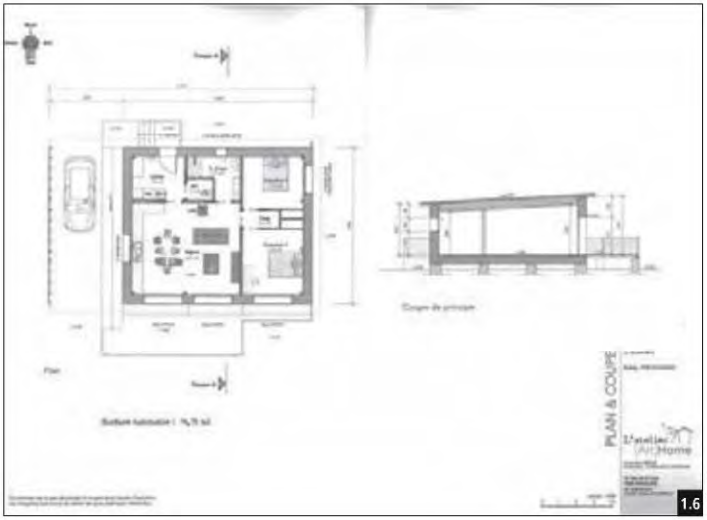
Le permis de construire et les plans



1.4 Art Home



1.5 Art Home



1.6 Art Home

1.7 Art Home

Eyrolles.

1.7a

Art Home

1.7b

Art Home

1.4
Localisation du terrain

1.5
Plan de masse

1.6
Plan et coupe

1.7
Façades

1.7a
Photographies du terrain

1.7b
Notice et insertion paysagère

Eyrolles.

Formulaire d'attestation de la réalisation de l'étude de faisabilité pour les bâtiments de plus de 1000 m² et de la prise en compte de la réglementation thermique au dépôt de la demande de permis de construire

Je soussigné : M. FRUCHARD Eddy

représentant de la société situé à :

Adresse	17 route de vaubéjoux
Code postal	79420 Localité VAUSSEROUX

Agissant en qualité de maître d'ouvrage de l'opération de construction suivante :

FRUCHARD

Située à

Adresse	Lieu-dit "Saint Chartres" (section 000 B n° 672 et 674)
Code postal	79420 Localité SAINT MAXIN SUR FOUILLOUX

Référence(s) cadastrale(s) : section 000 B n° 672 et 674

Atteste que :

Selon les prescriptions de l'article L. 111-9 du code de la construction et de l'habitation, au moment du dépôt de permis de construire :

- Disposition 1 : L'opération de construction susvisée a fait l'objet d'une étude de faisabilité relative aux approvisionnements en énergie (bâtiment de plus de 1000 m²)
- Disposition 2 : L'opération de construction susvisée prend en compte la réglementation thermique.

Les éléments ci-après apportent les précisions nécessaires à la justification des dispositions 1 et 2.

Formulaire d'attestation de la réalisation de l'étude de faisabilité pour les bâtiments de plus de 1000 m² et de la prise en compte de la réglementation thermique au dépôt de la demande de permis de construire
Maison A

Chapitre 1 : Données administratives

Surface du bâtiment

Valeur de la surface hors œuvre nette au sens de la RT (SHON$_{RT}$) en m²	97.30
Valeur de la surface habitable (SHAB) en m² (maison individuelle ou accolée et bâtiment collectif d'habitation)	74.21

Chapitre 2 : Exigences de résultat

Besoin bioclimatique conventionnel

Bbio	58.60	Bbio$_{max}$	65.70
Bbio < Bbio$_{max}$			OUI

Chapitre 3 : Exigences de moyen

Surface des baies y compris les portes (maison individuelle ou accolée et bâtiment collectif d'habitation)

Surface de baies, en m² :	18.06
Respect de l'exigence Surface de baies > 1/6 * Surface habitable :	OUI

Formulaire d'attestation de la réalisation de l'étude de faisabilité pour les bâtiments de plus de 1000 m² et de la prise en compte de la réglementation thermique au dépôt de la demande de permis de construire

Recours à une source d'énergie renouvelable (maison individuelle ou accolée)

Quel mode de recours à une source d'énergie renouvelable est prévu ?

Capteurs solaires thermiques d'à minima 2 m² pour la production d'eau chaude sanitaire *Rappel : les capteurs solaires doivent être orientés au sud au sens de la réglementation thermique, soit selon une orientation comprise entre le sud-est et le sud-ouest en passant par le sud, y compris les orientations sud-est et sud-ouest*	NON
Raccordement à un réseau de chaleur alimenté à plus de 50% par une énergie renouvelable ou de récupération	NON
Contribution des énergies renouvelables supérieure ou égale à 5 kWh$_{ep}$/(m².an) Préciser les énergies renouvelables envisagées : Poêle à granulés	OUI

Solutions alternatives :

Appareil électrique individuel de production d'eau chaude sanitaire thermodynamique	NON
Production de chauffage et/ou d'eau chaude sanitaire assurée par une chaudière à micro-cogénération à combustible liquide ou gazeux	NON

La réglementation thermique

La RT 2012 oblige dorénavant à déposer le formulaire d'attestation de la réalisation de l'étude de faisabilité pour les bâtiments de plus de 1 000 m² et de la prise en compte de la réglementation thermique au dépôt de la demande de permis de construire.
Retrouvez plus d'informations sur le site www.developpement-durable.gouv.fr.

La répartition des coûts : étude comparative

Ce projet a été l'occasion de pratiquer une analyse détaillée à deux niveaux :

- les différences, en termes de budget, entre deux principes de construction ;
- les variations, en termes de coût, entre une réalisation complète en autoconstruction ou par des professionnels.

Eyrolles.

Les deux tableaux permettent de comparer divers éléments.

• Tout d'abord, ils permettent de connaître, pour les deux principes constructifs analysés (donnant une maison aux dimensions et performances identiques), les coûts de mise en œuvre soit par des professionnels, soit en autoconstruction.

• On peut constater que pour une structure poteau poutre isolée en paille, le coût de la main-d'œuvre professionnelle revient à 60 % du budget global. Autrement dit, si l'on choisit de faire tous les travaux en autoconstruction, le coût de construction est environ 2,5 fois moins cher. Pour une ossature bois isolée en ouate de cellulose, le coût de la main-d'œuvre professionnelle est d'environ 50 %.

• À dimensions égales et performances équivalentes, le coût de construction par des professionnels pour les deux systèmes constructifs est quasiment équivalent.

On note toutefois un écart significatif pour les travaux en autoconstruction : en effet, en termes de coût de fournitures, la structure poteau poutre isolée en paille est 20 % moins chère que l'ossature bois isolée en ouate. Cet écart est surtout dû au coût de la structure et à celui de la finition extérieure des murs sur l'ossature bois. Ces deux postes représentent 19 200 € TTC au total en autoconstruction pour la structure ossature bois, alors qu'ils n'atteignent que 8 220 € TTC pour la structure poteau poutre.

• L'intérêt de la paille d'un point de vue économique vient surtout du fait qu'elle valorise le travail artisanal et manuel ; en tant que support d'enduits, elle minimise en outre les coûts de finition.

L'esthétique et la qualité d'ambiance se dégageant des maisons pourraient aussi être comparées. Ce sont toutefois des valeurs relatives, dépendant des goûts et du ressenti de chaque personne.

Eyrolles.

Étude comparative n° 1 : maison structure poteau poutre, technique bois et paille

Budget global de la construction réalisée par des professionnels ou en autoconstruction – prix 2013

MAISON POTEAU POUTRE TECHNIQUE BOIS ET PAILLE				
NATURE DES TRAVAUX	PRIX TTC DES TRAVAUX RÉALISÉS PAR DES PROFESSIONNELS	%	PRIX TTC DES FOURNITURES SEULES	%
Bureau d'études	837	0,53	837	1,32
Plans PC	957	0,61	0	0,00
Terrassement	2 216	1,41	1 330	2,10
Fondation + BE béton	8 034	5,09	3 214	5,08
Réseaux	1 660	1,05	359	0,57
Dalle bois	12 500	7,93	5 505	8,70
Charpente	28 640	18,16	7 800	12,32
Couverture	9 146	5,80	5 600	8,85
Menuiserie	11 600	7,36	9 918	15,67
Enduit extérieur (gobetis et corps chaux/sable) 135 m²	7 972	5,05	1 384	2,19
Enduit intérieur (gobetis et corps chaux/chanvre) 122 m²	7 204	4,57	1 459	2,30
Mur paille (paille, accessoire, précadre)	10 795	6,84	3 613	5,71
Total hors d'eau hors d'air	**99 767**	**63**	**40 181**	**63**
Finition extérieure (enduit chaux) 135 m²	6 075	3,85	420	0,66
Finition intérieure (enduit terre) 122 m²	5 490	3,48	375	0,59
Finition (parquet, lambris, cloison, isolation phonique)	20 520	13,01	6 735	10,64
Isolation étanchéité à l'air (toiture et dalle bois)	7 000	4,44	4 800	7,58
Électricité	9 449	5,99	6 050	9,56
Plomberie	4 545	2,88	1 500	2,37
Poêle à bûche	2 354	1,49	1 996	3,15
VMC simple flux	716	0,45	415	0,66
Total fournitures second œuvre	**56 149**	**36**	**22 291**	**35**
Total (frais d'études compris)	**157 709**	**100**	**63 309**	**100**
Prix/m² Shon (74,75 m²)	2 110		847	
Prix/m² Shob (97,2 m²)	1 623		651	
Prix/m³ chauffé (202 m³)	781		313	
* travaux réalisés en autoconstruction				
* travaux hors d'eau hors d'air				

Eyrolles.

Étude comparative n° 2 : maison ossature bois isolée en ouate de cellulose

Budget global de la construction réalisée par des professionnels ou en autoconstruction – prix 2013

MAISON OSSATURE BOIS ISOLATION OUATE DE CELLULOSE				
NATURE DES TRAVAUX	PRIX TTC DES TRAVAUX RÉALISÉS PAR DES PROFESSIONNELS	%	PRIX TTC DES FOUR-NITURES SEULES	%
Bureau d'études	837	0,53	837	1,32
Plans PC	957	0,61	0	0,00
Terrassement	2 216	1,41	1 330	2,10
Fondation + BE béton	8 034	5,09	3 214	5,08
Réseaux	1 660	1,05	359	0,57
Dalle bois	12 500	7,93	5 505	8,70
Charpente ossature bois	33 739	21,39	14 555	22,99
Couverture	9 146	5,80	5 600	8,85
Menuiserie	11 600	7,36	9 918	15,67
Étanchéité au vent + tasseaux (extérieur)	2 284	1,45	646	1,02
Étanchéité à l'air + tasseaux + Fermacel protection feu (intérieur)	7 628	4,84	3 387	5,35
Isolation des murs (ouate 24,5 + isoroof 60 mm)	8 019	5,08	4 645	7,34
Total hors d'eau hors d'air	**96 826**	**61**	**49 158**	**63**
Finition extérieure (bardage douglas thermohuilé) 135 m²	13 763	8,73	6 919	10,93
Préparation + finition (peinture à l'argile) 122 m²	1 253	0,79	191	0,30
Finition (parquet, lambris, cloison, isolation phonique)	20 520	13,01	6 735	10,64
Isolation étanchéité à l'air (toiture et dalle bois)	7 000	4,44	4 800	7,58
Électricité	9 449	5,99	6 050	9,56
Plomberie	4 545	2,88	1 500	2,37
Poêle à bûche	2 354	1,49	1 996	3,15
VMC simple flux	716	0,45	415	0,66
Total fournitures second œuvre	**59 600**	**38**	**28 606**	**36**
Total (frais d'études compris)	**158 221**	**100**	**78 601**	**100**
Prix/m² Shon (74,75 m²)	2 117		1 052	
Prix/m² Shob (97,2 m²)	1 628		809	
Prix/m³ chauffé (202 m³)	783		389	
* travaux réalisés en autoconstruction				
* travaux hors d'eau hors d'air				

Eyrolles.

La technique « bois et paille »

La technique dite « bois et paille » a pour objectif d'allier l'esthétique d'une structure poteau poutre à la performance thermique d'un mur en bottes de paille. Développer et mettre en œuvre cette technique spécifique représente plusieurs avantages :

- c'est tout d'abord une structure qui a fait ses preuves dans le temps (colombages, grandes halles...) ; elle reste apparente à l'intérieur et s'inscrit dans l'esthétique de la maison ; de plus, le maître d'ouvrage, ainsi que le charpentier peuvent suivre son évolution à travers le temps ;
- comme la structure se situe dans le volume chaud, on limite les risques d'attaques du bois, tout en évitant les problèmes liés à l'humidité (dus, par exemple, à une mauvaise gestion de l'étanchéité à l'air) ;
- elle valorise le savoir-faire artisanal et traditionnel, avec des hommes de métier ;
- l'isolation en paille vient à l'extérieur de la structure poteau poutre, limitant au minimum les ponts thermiques liés à la structure porteuse de la maison ;
- de plus, le fait de savoir où se trouve le bois porteur pour la fixation des éléments lourds permet également d'envisager des projets d'extension sans difficulté.

Mise en œuvre d'une structure poteau poutre

La structure poteau poutre s'apparente à la charpente traditionnelle, avec l'utilisation de sections de bois plus importantes, permettant d'obtenir de plus grandes portées. Le néophyte peut penser que cette technique est plus consommatrice en bois que la technique ossature ; toutefois, les montants standards d'ossature font 45/145 mm, et sont espacés de 60 cm ; au final, la consommation de bois pour les deux techniques (pour une maison de même taille) est équivalente.

La structure poteau poutre permet de dégager des espaces importants, pour créer de grandes ouvertures ou de grands modules (de type loft). Enfin, les charpentes restent généralement apparentes, créant une dynamique architecturale bien différente de l'ossature bois.

Fondations et dalle : exemples

Tout commence par les fondations, déterminées par la nature du terrain et l'étude de sol, qui permettront d'orienter les différents choix techniques. Vous retrouverez divers exemples de réalisations dans cet ouvrage. Voici également quelques exemples en images (figures 1.9 à 1.14).

1.8
Coupe d'une fondation

Eyrolles.

Certains points spécifiques sont abordés ici, mais le but n'est pas d'être exhaustif. On retrouve différents exemples de réalisations tout au long des chapitres de cet ouvrage.

1.9

1.12

1.10

1.13

1.11

1.14

1.9 et 1.10
Exemples de dalle béton sur terre-plein

1.11
Le passage des réseaux est anticipé.

1.12 et 1.13
Exemple de dalle isolante en chaux/chanvre avec des plots béton pour la reprise des descentes de charge

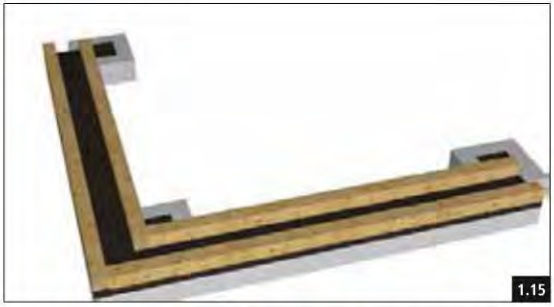
1.14
Dalle chaux/pouzzolane

Eyrolles.

Mise en œuvre de la lisse basse

Caractères généraux

La lisse basse est un élément d'interface entre la maçonnerie et l'isolation en paille. Elle se fixe de façon mécanique et permet ainsi de liaisonner les précadres (supports de menuiseries) avec la maçonnerie. Elle permet également de dégager l'isolation en paille du sol fini, de façon simple. Des sangles de compression sont passées en dessous, offrant ainsi un appui mécanique important pour la compression des bottes. Les lisses basses permettront également de fixer un larmier, pour le repos et la protection du bas de l'enduit.


1.15

Une garde au sol de 20 cm doit être placée entre le dessous de la lisse basse et le sol fini extérieur, sauf cas particulier. Ainsi, l'enduit recouvre bien l'ensemble.

Aller plus loin

Pour la procédure à suivre, se référer au chapitre Garde au sol dans les *Règles professionnelles de la construction paille.*

Barrière physico-chimique antitermites Kordon

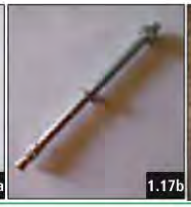
Attention : elle doit être posée par une entreprise agréée et n'est en aucun cas considérée comme une barrière de capillarité. Toute pénétration dans la dalle (arrivée d'eau, évacuation...) doit également subir un traitement antitermites.

1.16

Détail des produits

Joint d'étanchéité à l'air (1.17a).
Goujon d'ancrage de 10 cm de prise au minimum (1.17b) et bande d'arase de 50 cm de large (1.17c).
Vis de 6 x 180 mm.
Lisses basses.

1.17a


1.17b

1.17c

1.18

1.15
Schéma d'une lisse basse

1.16
Barrière physico-chimique antitermites Kordon

1.18
Photo d'une lisse basse avec soubassement en briques monomurs (à noter : ce soubassement est déconseillé, voir p. x).
1. Joint d'étanchéité
2. Passage de sangle
3. Entretoise fixée avec des vis 6/180

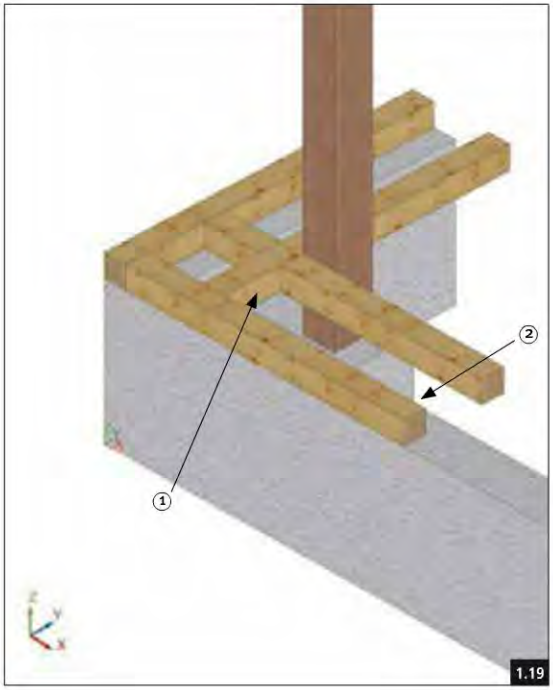
Eyrolles.

Caractères particuliers pour dalle isolante

Ces dalles sont souvent réalisées (surtout les dalles chaux/chanvre, sensibles à l'eau) lorsque la maison est hors d'eau hors d'air : il y a par conséquent un porte-à-faux à gérer pour reprendre la lisse intérieure. Il n'est pas forcément nécessaire de réaliser des soubassements de la largeur de la botte de paille : ils sont en effet très voraces en matériaux, en temps et surtout moins isolants. Ce type de soubassement n'est en outre pas du tout justifié dans le cas d'une structure poteau poutre.

Première solution : gestion du vide pour placer la lisse

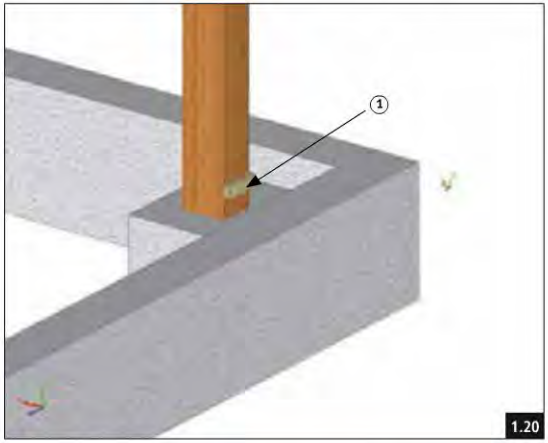
Voici les détails de la lisse basse pour un mur de 20 cm : s'il s'agit de parpaings de 20 cm, on a un vide (voir figure 1.19).



1.19

Dans le cas d'un mur de 20 cm, il faut procéder comme suit.

1. Pose d'un appui temporaire à l'aide d'un tasseau ou d'une équerre (figures 1.20 et 1.21).



1.20

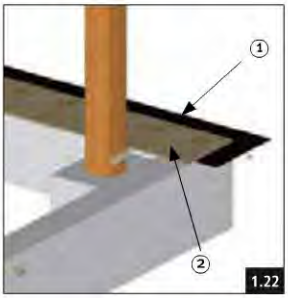
1.21

1.19
1. Entretoise
2. Avec un parpaing de 20 cm, on a un vide.

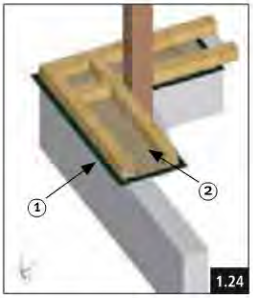
1.20 et 1.21
Dans le cas d'un mur de 20 cm, on pose un appui temporaire (tasseau).

Eyrolles.

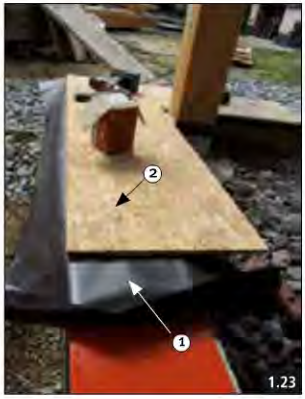
2. Pose d'une barrière de capillarité et pose de l'OSB 12 mm : repos sur tasseaux et fixation avec trois chevilles à frapper par longueur (figures 1.22, 1.23 et 1.24).



1.22



1.24



1.23

1.22 et 1.23
1. Barrière de capillarité
2. OSB 12 mm, reposant sur tasseau et fixé avec des chevilles à frapper (3 par longueur)

1.24
1. Bande d'arase
2. OSB en fond

1.25
1. Coffrage en chaux/chanvre

1.26
Pose de la lisse basse intérieure

1.27
Découpe des entretoises : par exemple, pour une botte mesurant 47 cm et la lisse basse 10 x 10 cm, la largeur de l'entretoise est : 47 – (10 x 2) = 27 cm.

3. Un joint d'étanchéité à l'air est à poser entre le béton et la barrière de capillarité, pour une bonne étanchéité au vent.
4. On raccorde ensuite la lisse basse avec la maçonnerie grâce à un adhésif spécial.
5. Le vide sous la lisse basse sera à remplir au moment du coulage de la dalle intérieure ; cette opération est un peu longue, mais elle permet de rester en solution sèche au moment de la pose de la lisse basse, et de ne pas avoir à commander une partie de la chaux et de l'isolant (chanvre, pouzzolane...).

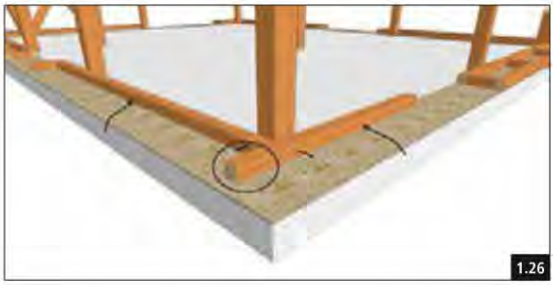
Deuxième solution : lisse basse avec dalle chaux/chanvre ou autre

Dans cette configuration, on procède au coffrage en chaux/chanvre, chaux/liège ou chaux/pouzzolane, puis à la pose des éléments comme sur une dalle classique (figure 1.25). Cette solution demande moins de manutention mais elle contraint à faire une petite partie de la dalle en filière humide, avant de monter les murs en paille.

1.25

Fixation des lisses basses et des entretoises

On pose d'abord les lisses contre les poteaux. On laisse filer la lisse basse.


1.26

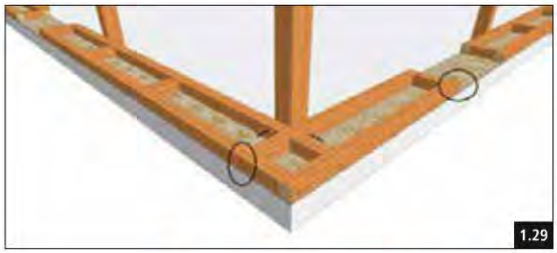
On doit ensuite définir la longueur des entretoises avant de les découper. La largeur est égale à la largeur de la botte moins deux largeurs de lisse.

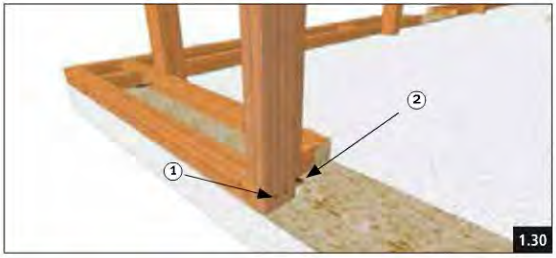
1.27

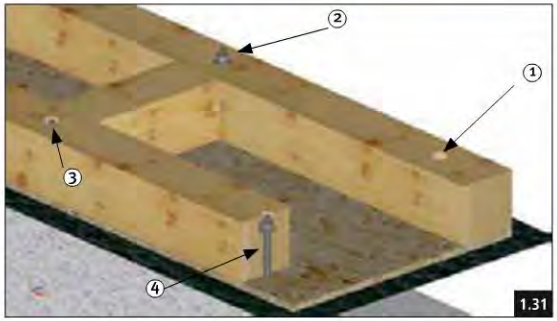
Une fois les entretoises coupées, on peut les fixer avec deux vis de 6 x 180 mm, de part en part des lisses.
On fixe la lisse extérieure en butée contre les entretoises avec des vis de 6 x 180 mm.

Eyrolles.

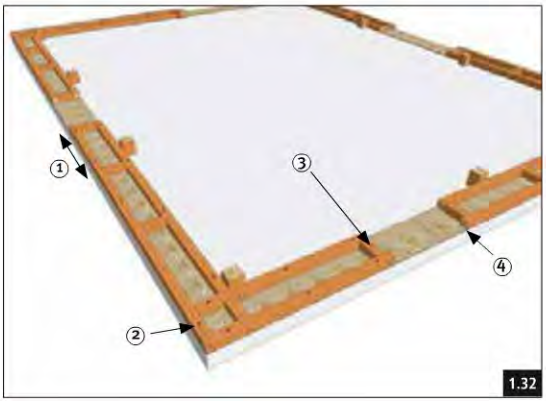
Laisser une surlongueur à couper une fois les précadres posés.







Faire une chapelle pour l'encastrement des goujons : diamètre 3 cm, profondeur 3 à 10 cm du bord des lisses pour éviter les fissurations (figure 1.31).



Attention !

Les sangles et barrières d'étanchéité ne sont pas représentées mais sont évidemment à poser.

Penser à décaler les coupes de bois afin qu'elles ne tombent pas l'une sur l'autre.

Penser à la distance d'écartement des goujons : environ un mètre.

Le goujon d'ancrage est à 10 cm du bord au minimum.

Pose provisoire des entretoises au niveau des précadres, à ajuster lors de la pose des précadres des menuiseries.

Laisser une surlongueur, qui permettra dans un deuxième temps l'ajustement avec les précadres des menuiseries.

Installation des sangles

L'anticipation et la préparation des sangles sont un gage de réussite et un gain de temps pour la mise en œuvre de la paille.

1.28
Fixation des entretoises

1.29
Fixation de la lisse extérieure en butée, contre les entretoises

1.30
Fixation du pied du précadre dans la lisse basse
1. Vis 6/180
2. Vis 6/100

1.31
Passage des goujons
1. Chapelle pour l'encastrement des goujons
2. Goujon non enfoncé
3. Goujon en place et serré
4. Goujon en place et serré, vu en coupe

1.32
Vue générale du rendu final
1. Distance d'écartement des goujons (environ 1 m)
2. Goujon d'ancrage à 10 cm du bord
3. Pose provisoire
4. Surlongueur

Eyrolles.

1.33
Mettre une agrafe au milieu, afin d'assurer le maintien des sangles. Sur cet exemple, on note que les sangles n'ont pas été préparées et traînent au sol.

1.34
Tracer l'axe et préparer les boucles.

1.35
Pour des sangles correctement préparées, on maintient les boucles par des élastiques ou des adhésifs.

1.36
Longueur des sangles

1.37
Implantation des sangles
1. Distance entre deux sangles : 1 m maximum pour obtenir au moins 3 sangles sur la longueur
2. Exemple de perçage mal positionné (trop à l'extérieur)
3. Cherchez le plus proche de l'angle vers l'extérieur. À 10 cm du poteau intérieur, percez à 45° vers l'extérieur.
4. Distance entre la sangle et le précadre : 15 cm

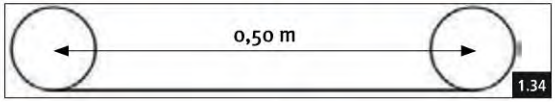
1.38
Prévoir une encoche, pour le passage des sangles dans les angles, afin d'éviter que la sangle ne glisse.

1.39
Lisse basse terminée, avec sangles en attente.

Préparation

L'OSB n'est pas obligatoire (et reste plus coûteux), mais il permet d'agrafer les sangles. Attention de bien préparer et répartir les sangles de compression avant de poser et fixer les lisses basses ; ainsi, les sangles seront bien maintenues. La longueur d'une sangle de compression est de 4 m environ au total : 1,40 m x 2 + 0,35 m x 2 + 0,5 m (voir figure 1.36).

1.33



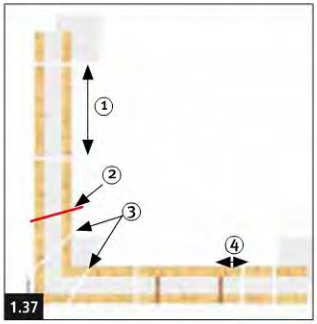
1.34

1.35

1.36

Implantation

Tout comme leur préparation, l'implantation des sangles est essentielle à la bonne réussite de la compression des bottes de paille. Il faut donc être attentif à leur installation, tout comme à leur positionnement.



1.37

1.38

1.39

Eyrolles.

Détails d'étanchéité à l'air

Les jonctions de lisses reçoivent un joint d'étanchéité à l'air ; afin d'être bien performant, il est important de bien les laisser remonter.

1.40

1.41

1.42

Pour compléter l'étanchéité au vent, un adhésif de type Tescon doit être posé à l'interface entre le soubassement (enduit) et la lisse basse. Cette opération n'est possible qu'après la compression des bottes de paille.

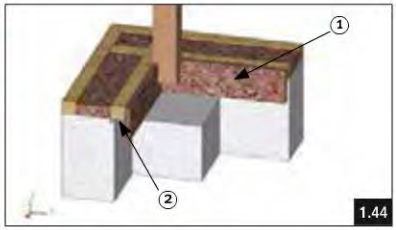
Isolation de la lisse basse

En utilisant une double lisse en 10/10, on ménage un vide entre les différentes lisses, tout en supportant le poids du mur et des parements de finition. Ce vide doit être rempli d'un isolant de préférence imputrescible (liège, vermiculite, pouzzolane fine...).

L'isolation de la lisse basse correspond à un R = 4,8 en utilisant de la vermiculite.

Concernant le liège posé en bas de mur, avant la dalle (figure 1.44), il peut être posé devant la lisse, selon la finition choisie sur le mur paille. En effet, même en l'isolant, la lisse reste moins isolante que le mur paille, d'où la pertinence d'ajouter un isolant en liège (à l'intérieur ou à l'extérieur). Il faut toutefois anticiper les finitions pour ne pas créer de surépaisseur (voir chapitre 7, p. 160).

1.43



1.44

1.40
Remontée de l'étanchéité

1.41
Jonction de lisse : on note bien la remontée du joint d'étanchéité. Ici, la lisse est coupée en biais, car les autoconstructeurs souhaitaient des arrondis de murs très prononcés. Toutefois, il est préférable de les laisser d'équerre, pour faciliter la pose ultérieure du larmier.

1.42
Adhésif d'étanchéité à l'air de type Tescon

1.44
1. Liège, épaisseur 4,5 cm (isolant imputrescible) : cela équivaut à ajouter un R = 1,25.
2. Isolation à combler selon complexe

Eyrolles.

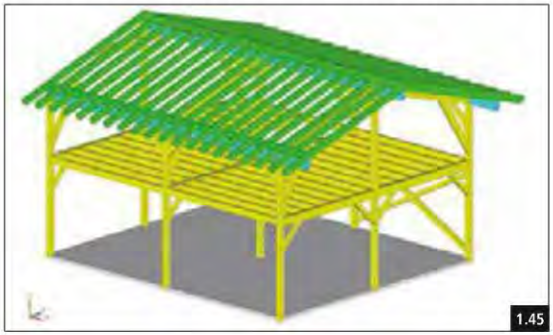
La structure poteau poutre

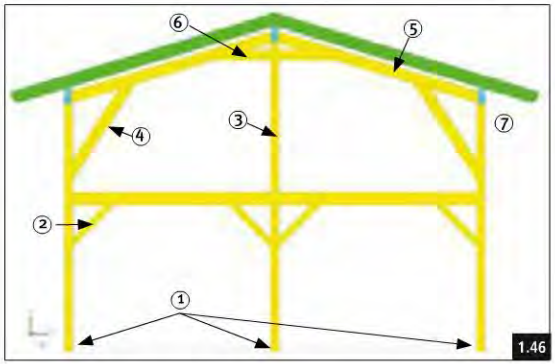
Voici maintenant quelques schémas et vues 3D de structures poteau poutre qui sont ensuite isolées par l'extérieur en bottes de paille. Ces vues vous permettront de repérer et connaître les différents termes spécifiques à la charpente.

Les deux versions présentées diffèrent par rapport à la technique choisie pour l'isolation de la toiture : la première version montre une isolation entre chevrons porteurs traversant la structure, la deuxième version une isolation entre chevrons sans traversée et avec contre-chevrons pour réaliser le débord de toit.

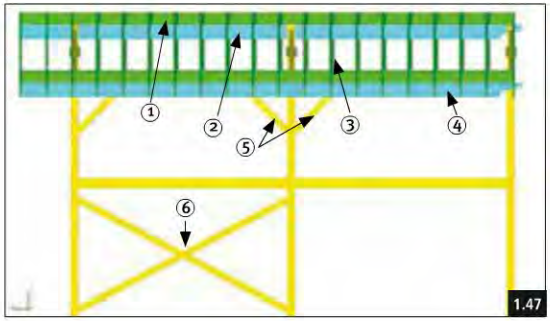
Version d'isolation n° 1

Les chevrons créent des caissons pour recevoir l'isolant en toiture et forment la saillie extérieure. Les entretoises permettent de bloquer l'isolant et servent d'interface entre le volume chauffé et le volume non chauffé.

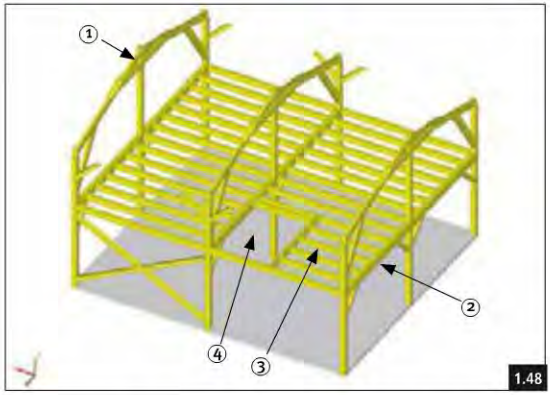

1.45



1.46



1.47



1.48

1.45 à 1.48
Les chevrons autoporteurs sont en vert, les fermes et le solivage en jaune et les pièces filantes en bleu.

1.46
1. Poteaux
2. Lien
3. Poinçon
4. Jambe de force
5. Arbalétrier
6. Entrait moisé
7. Saillie ou débord

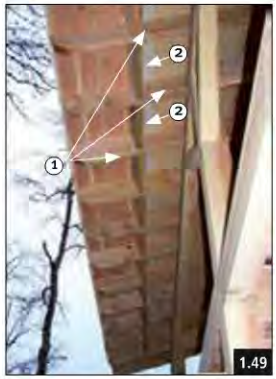
1.47
1. Entretoise
2. Faîtière
3. Chevron porteur
4. Sablière
5. Liens longitudinaux
6. Croix de saint André

1.48
1. Ferme sur poteau à entrait retroussé
2. Porteuse de solivage
3. Solive
4. Trémie de solivage

1.49
Complexe pour l'isolation en toiture version V1
1. Chevrons créant des caissons pour recevoir l'isolant en toiture et formant saillie extérieure
2. Entretoises permettant de bloquer l'isolant, servant d'interface entre le volume chauffé et le volume non chauffé

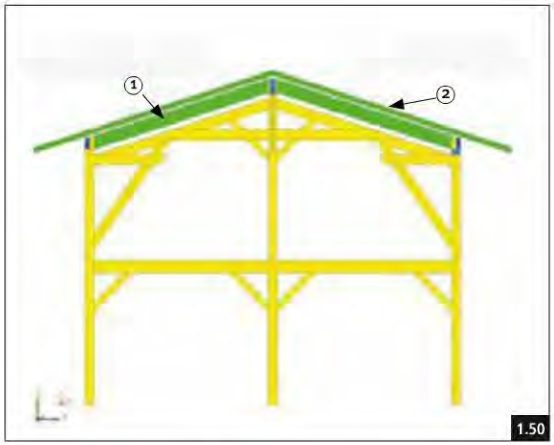
Version d'isolation n° 2

Les chevrons porteurs créent des caissons pour recevoir l'isolation. Ces chevrons restent dans le volume isolé étanche à l'eau et à l'air. Les contre-chevrons se posent sur les panneaux pare-pluie isolants (Isoroof) ; ils ont pour fonction de créer la ventilation de toiture et de gérer la saillie (c'est-

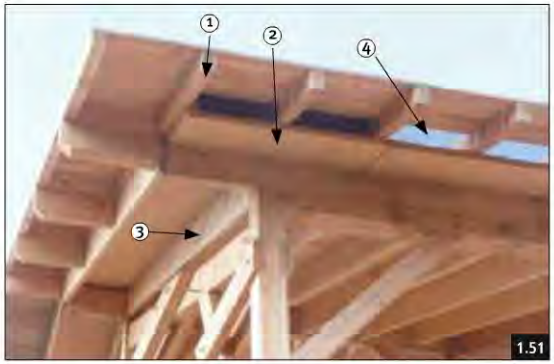


1.49

Eyrolles.



1.50

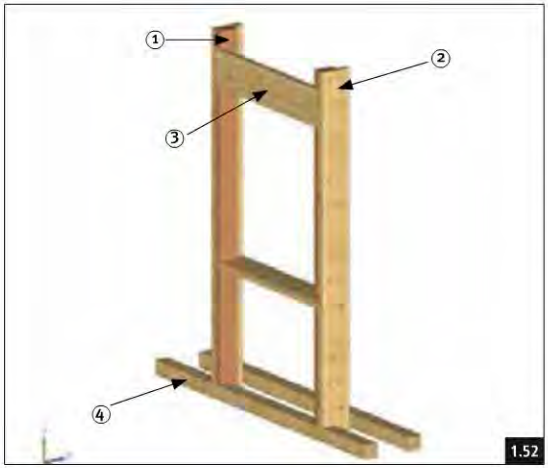


1.51

à-dire le débord de toiture, ce qui dépasse du mur). Une grille antirongeur (ou grille stop-oiseau), de la hauteur des contre-chevrons, est fixée afin d'éviter toute pénétration dans la lame d'air.

Précadre pour support d'huisserie

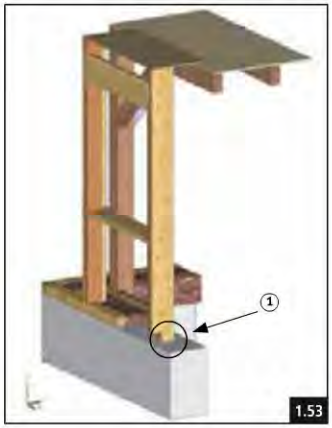
Les précadres sont des éléments en bois qui permettent de recevoir les menuiseries dans le mur paille. Ils sont reliés à la lisse basse et à la structure poteau poutre. Ce sont des éléments rigides qui servent de butée pour le mur paille, avec un écartement plus ou moins important.



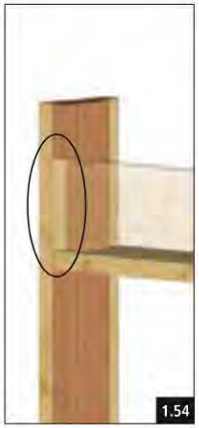
1.52

Types de précadres

Les précadres viennent s'aligner au nu extérieur de la paille, ce qui permet de poser la menuiserie au plus proche de l'extérieur. Cela signifie que l'extérieur du précadre correspond à l'extérieur du mur paille. La paille dépasse de quelques centimètres à la mise en œuvre, mais lors de l'arasement (taille des bottes), il faut venir à fleur du précadre. Ce procédé favorise l'apport lumineux, grâce à des évasements intérieurs, et limite les raccords d'étanchéité à l'eau.



1.53


1.54

1.50
Le complexe de toiture est en vert, les fermes et le solivage en jaune et les pièces filantes en bleu.
1. Chevrons pour l'isolation, dans le volume chauffé, sans traversée
2. Contre-chevrons, volume non chauffé

1.51
Complexe pour l'isolation en toiture version V2
1. Contre-chevron créant la saillie, débord de toiture et ventilation (10 cm) sous la couverture
2. Isoroof, pare-pluie, pare-vent et isolant
3. Chevron porteur pour isolation (ne traversant pas le mur)
4. Grille antirongeur, stop-oiseau

1.52
Précadre en bois, à fabriquer suivant les cotations des menuiseries
1. Montant en douglas 4,5/14,5
2. Montant en épicéa ou en douglas 4,5/22
3. Linteau pour renfort (+ équerre suivant la descente de charges)
4. Lisse basse en douglas

1.53
Précadre non filant qui s'arrête au solivage et ne monte pas jusqu'à la toiture
1. Passage de la lisse basse

1.54
Détail du linteau : le linteau se calcule en fonction de la portée entre deux appuis et des charges à reprendre.

Eyrolles.

Précadres non filants

Ici, les précadres non filants sont adaptés au passage d'une botte de paille, avec linteau encastré dans la botte.

1.55

1.55
Linteau non isolé

1.56
Linteau isolé

1.59
Exemple de fixation haute sur entretoise et OSB

Les précadres doivent être réglés sur les deux aplombs et liaisonnés avec la structure. Attention, lors du montage et de la compression du mur paille, une poussée importante s'opère et se répercute sur les précadres.

1.56

Précadres filants

À la différence du précadre non filant qui s'arrête au solivage, le précadre filant monte jusqu'au toit. On peut noter les équerres métalliques, qui permettent le maintien dans les deux plans.

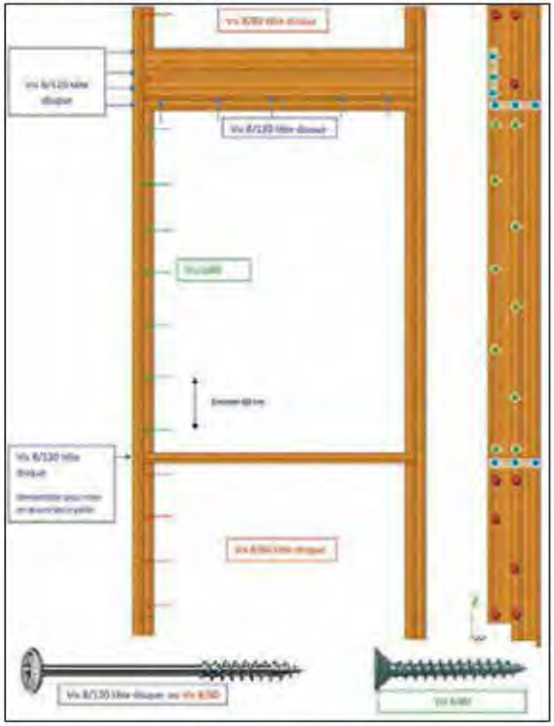
1.57

1.58

1.59

Eyrolles.

Fabrication et pose



Lors de la fabrication des précadres, il faut connaître la cote hors tout (extérieur menuiserie) ainsi que la hauteur des pièces d'appui. Ces cotes sont fournies avec les menuiseries. Laisser 20 mm en plus pour la largeur et 15 mm pour la hauteur, en traitant ensuite l'étanchéité à l'eau avec du joint d'étanchéité de type Compriband (joint gonflant pour venir combler le jeu de pose). Il faut être attentif à laisser du jeu : penser au travail du bois, aux déformations potentielles suite à la mise en place de la paille ou à la correction des aplombs. Le jeu n'est pas un problème, tant qu'il est isolé.

Pour les pièces d'appui, il est important d'en connaître les cotes, car elles varient aussi en fonction du matériau choisi (aluminium, bois, brique...).

Le précadre de chaque menuiserie affleure au niveau de la paille. Il faut donc traiter cette partie de bois de façon spécifique, pour assurer un bon maintien de l'enduit à venir. Cela dépend du choix des tableaux (retour du mur vers les menuiseries), s'ils sont enduits ou bien s'il y a des tapées d'habillage.

1.60
Plan de vissage pour précadre

Liste de production pour la réalisation des précadres

N° LP	GROUPE	NOM	ACTION	NB	LARG. RÉELLE (CM)	HAUT. RÉELLE (CM)	LONG. RÉELLE (M)
124	Bain Est	Montant	Entaille de 10/10 en pied	1	4,50	22,00	6,216
125	Bain Est	Montant	Entaille de 10/10 en pied	1	4,50	22,00	5,950
126	Bain Est	Linteau, pièce d'appui	Prévoir de la dévisser	3	4,50	22,00	0,760
127	Bain Est	Montant		2	4,50	14,50	4,001
128	Bain Est	Montant		1	4,50	14,50	1,367
129	Bain Est	Montant		1	4,50	14,50	1,1131
130	Bain Est	Montant		2	4,50	14,50	0,743
GROUPE : BAIN EST				11			
100	Bureau Nord	Montant	Entaille de 10/10 en pied	2	4,50	22,00	2,780
101	Bureau Nord	Linteau, pièce d'appui	Prévoir de la dévisser	3	4,50	22,00	0,960
102	Bureau Nord	Montant		2	4,50	14,50	1,203
103	Bureau Nord	Montant		2	4,50	14,50	0,969
104	Bureau Nord	Montant		2	4,50	14,50	0,478

Eyrolles.

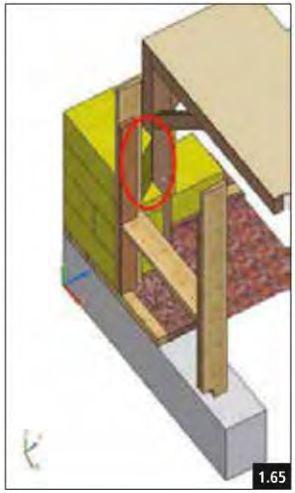
1.62

1.63

1.64

Certains artisans souhaitent que l'on désolidarise l'enduit chaux de la structure bois, pour que les enduits ne soient pas sujets aux variations de cette structure. On pose alors un accrocheur pour supporter l'enduit frais, puis on met en œuvre une trame de verre dans le corps d'enduit. Cela crée un « panneau ».

Il est conseillé de créer un évasement dans la paille, au niveau des menuiseries, afin de profiter d'un maximum d'apports lumineux. Pour cela, il faut tailler la paille en conséquence puis tendre une trame de verre pour mieux gérer l'arrondi (attention à ne pas laisser de poche d'air lors de l'application de l'enduit), ou alors créer un « moule » des arrondis, servant de modèle.


1.65

1.66

1.67

1.62
Solution de panneaux pour l'application des enduits : de la Fibralith a été fixée sur le bord extérieur du précadre, afin de faciliter l'accroche de l'enduit.

1.63
Pose de l'accrocheur

1.64
Pose de la trame de verre, à fixer sur le bois.

1.66
Gestion des arrondis avec de la trame de verre

1.67
Gestion des arrondis grâce à un moule préparé à l'avance. L'enduit en terre ou en plâtre permet de mouler les arrondis sans trame, car ces enduits sont très malléables.

Eyrolles.

Pose des menuiseries

Différents types d'intégration des menuiseries

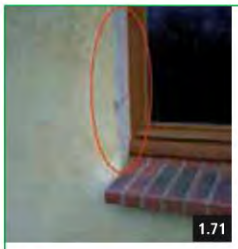
La question de l'étanchéité à l'eau est primordiale. L'intégration des menuiseries dans un mur peut être un point faible, car on augmente le nombre de raccords qu'il faut rendre étanches.

Pour limiter ce phénomène, la solution est de poser les menuiseries le plus possible à l'extérieur du mur.

1.68

1.69

1.70


1.71

1.72

À ne faire en aucun cas

Laisser le précadre apparent (figure 1.71).

Laisser l'enduit gérer la pièce d'appui (figure 1.72).

Déconseillé

Insérer un relevé (figure 1.73).

1.73

1.68
Tapée extérieure en bois

1.69
Précadre aluminium

1.70
Retour d'enduit

Eyrolles.

Intégration des volets

On peut fixer tous types de volets dans les maisons en paille.

1.74

1.75

1.74
Volets fixés sur les précadres bois

1.75
Volets pour retour d'enduit

1.76
Retrait de la terre après séchage

1.77
Raccords entre différents matériaux
1. Adhésif Contega PV
2. Adhésif Profil Proclima

1.78
Gestion de l'étanchéité à l'air à l'aide de panneaux de Fermacell. Attention, chaque raccord doit être scotché.

1.79 et 1.80
Vues en perspective et en coupe de l'angle de mur de compression
1. Bois 45/220
2. OSB 12 mm
3. Environ 25 cm

Gestion de l'étanchéité à l'air

On ne le dira jamais assez : l'étanchéité à l'air dans une habitation est primordiale pour assurer la qualité et les performances de l'isolation. De plus, la RT 2012 a rendu le test d'étanchéité obligatoire.

1.76

Or, il arrive de constater (figure 1.76) un retrait de la terre qui ne doit pas être laissé dans cet état. La maison travaille, le bois et les enduits sèchent et se rétractent, il convient donc de gérer les raccords pour les rendre étanches et souples.

1.77

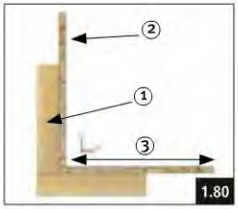
Il existe des produits adaptés aux raccords entre le bois et les enduits : le Contega PV, avec une trame pour renfort, le Contega FC, la colle Primur, etc. On peut également gérer l'étanchéité à l'air avant la pose de la paille, en installant des plaques de Fermacell (conseillées) ou d'OSB, aux jonctions des raccords bois/enduit (figure 1.78). Attention, chaque raccord doit être scotché

1.78

Les angles de murs provisoires

Ces angles permettent la compression de l'isolant, le montage des murs à l'aplomb, le bâchage provisoire et offrent un point dur pour la sécurisation de l'échafaudage.

1.79



1.80

Eyrolles.

Levage et fixation d'un angle de compression

1. Monter l'angle de compression à l'aide d'une poulie (figure 1.81).
2. Régler l'aplomb dans les deux sens (figure 1.82).

Doebele-Grosbras

Doebele-Grosbras

3. Prévoir une fixation haute solide, en raison de la poussée (figure 1.83). Cette fixation haute est démontée lorsque le mur est fini.

Isolation en bottes de paille

Pour une bonne isolation en bottes de paille, il faut prendre soin de :

- stocker les bottes de manière accessible et bien les protéger ;
- trier les bottes en fonction des longueurs ;
- contrôler leur qualité ;
- équarrir les bottes de paille (leur donner une forme rectangulaire) ;
- assembler des bottes de paille de longueurs différentes en fonction des intervalles.

Afin de respecter et compléter le cahier des charges du matériau paille (édité par les *Règles professionnelles de la construction paille*), il faut également se munir :

- d'un testeur d'humidité ;
- d'un peson, pour peser les bottes de paille afin de vérifier et contrôler leur densité.

Remplissage d'un précadre

Pour isoler les précadres et le dessous des pièces d'appui, il faut simplement prévoir l'ensemble démontable et c'est tout de suite plus simple !

Pour ne pas gêner le montage du mur en bottes de paille, on déplace l'équerre de fixation du précadre. On pose alors l'équerre sur la botte du linteau. Il faut faire très attention au réglage du précadre pendant

1.84
Le précadre est posé, réglé et fixé en pied et en tête.

1.85
La pièce d'appui est démontée.

Eyrolles.

1.86

1.87

1.88

1.89

1.90

1.86
Les bottes sont coupées à la longueur, posées et ajustées.

1.87
Si besoin, on pose une galette de paille entre l'avant-dernière et la dernière botte.

1.88
On pose la pièce d'appui et on prépare la sangle de compression, voire de petits étais, pour tasser la paille.

1.89
On pose une sangle entre les montants pour éviter les déformations.

1.90
Au moment de la pose des bottes dans les linteaux, on prévoit une découpe pour le passage du bois. Et voilà une isolation sous appui bien réalisée !

1.91 et 1.92
Pose des équerres après la mise en place de la paille dans le linteau

1.93
Positionnement des équerres pour les précadres

cette opération, car en enlevant l'équerre, on risque de déplacer le précadre sans s'en rendre compte.
Le plus simple est d'avoir une équerre supplémentaire à poser quand on doit enlever l'autre (voir schéma suivant).

1.91

1.92

1.93

Les équerres représentées en rouge permettent de fixer et de régler le précadre. Une fois le linteau isolé en paille, fixer deux nouvelles équerres et enlever les premières équerres (rouges) ; ainsi, elles ne gêneront pas pour le montage et la compression du mur paille.

Pose de l'isolation en bottes de paille

Pour la lisse intermédiaire

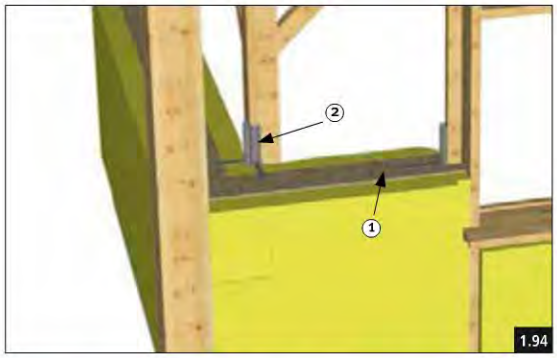
La pose nécessite :

• une équerre coulissante pour permettre la liaison entre le mur paille et la structure poteau poutre ;

Eyrolles.

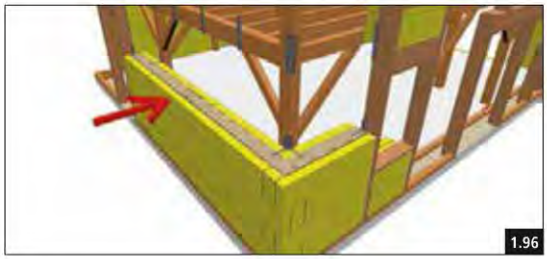
• une âme en bois d'une épaisseur de 12 mm pour assurer l'aplomb du mur.
Cette âme ne fait pas la largeur du mur ; elle mesure seulement 12 à 15 cm de large, pour éviter les ponts thermiques.

Attention : on ne doit pas faire de compression à ce niveau avec les sangles, sauf cas exceptionnel. Cette âme permet également d'apporter une résistance dans le sens horizontal, véritable « poutre au vent » pour le mur en bottes de paille, pour toutes les parties courantes entre deux appuis.



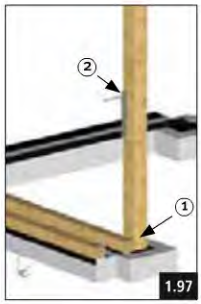
1.94

1.95


1.96

La flèche rouge représente les effets de pression du vent. L'âme OSB ainsi que la lisse de chaînage s'opposent à une partie de cette force, en répartissant les effets au niveau de la charpente.

Zoom sur la position des équerres coulissantes



1.97

Position des coulisses pour la lisse intermédiaire

La valeur est de 1,40 m ; cela correspond à quatre hauteurs de bottes (soit 4 x 0,35 cm). On positionne un tiers de la coulisse au-dessus de cette mesure. La longueur à débiter est de 40 cm. La position du tiers est à environ 13 cm.

Position des coulisses pour la lisse de chaînage

Si la botte de paille mesure 35 cm de haut, le trait de référence pour la position des coulisses pour la lisse de chaînage sera de 7 x 35 cm, soit 2,45 m.

1.98

1.94 et 1.95
Pose de la lisse intermédiaire
1. Âme en bois
2. Équerre coulissante

1.97
1. Valeur 0
2. Valeur 1,40 m

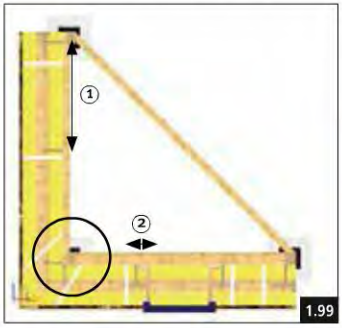
1.98
Position des coulisses pour la lisse de chaînage

Eyrolles.

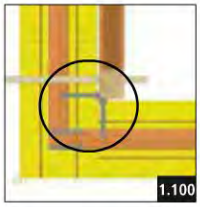
Le rail mesure 40 cm de long ; on place un tiers en dessous du trait de référence et deux tiers au-dessus du même trait.
Suivant la position de la lisse, cela correspond au 7e ou 8e rang de bottes, respectant les avis des règles pros paille.

Implantation des coulisses

Les coulisses pour la lisse intermédiaire doivent être fixées à chaque poteau et sur chaque précadre. Les coulisses pour la lisse de chaînage doivent être fixées sur chaque poteau et précadre à 10 cm des bords puis à intervalles d'un mètre maximum.
À chaque angle de poteau, les coulisses doivent être mises au plus proche de l'angle.



1.99


1.100

1.101

1.99
Implantation des coulisses
1. Implantation à 1 m maximum
2. À 10 cm des bords des précadres

1.100
Zoom sur l'angle de poteau : les coulisses doivent être mises au plus proche de l'angle.

1.102
La lisse haute de chaînage a une section de 45/120 mm. On peut voir que le rail dépasse du mur, afin de faciliter la bonne compression. Une fois le mur comprimé, on coupe le rail à 5 cm au-dessus de la suspente.

Pour la lisse haute

1.102

Doebele-Grosbras

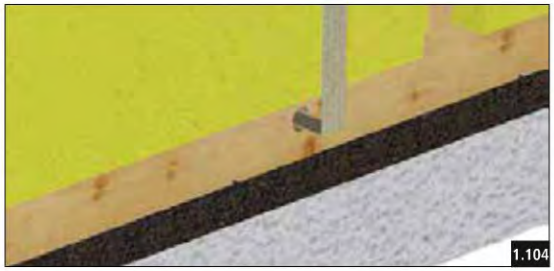
Passage des sangles de compression

La mise en place des sangles se réalise au moment de la mise en œuvre de la lisse basse.

1.103

Si cette mise en place des sangles s'effectue après les lisses basses, ou si l'on souhaite rajouter une sangle supplémentaire (suite à un oubli par exemple), on peut percer la lisse. Attention alors à la gestion de l'étanchéité à l'air et à l'eau.

Eyrolles.


1.104

1.106

Doebele-Grosbras

1.107

Doebele-Grosbras

1.108

Doebele-Grosbras

1.109

Doebele-Grosbras

1.110

Doebele-Grosbras

1.104 à 1.106
Aiguille pour passer la sangle + sangle

1.107 et 1.108
Boucle de liaison d'une sangle

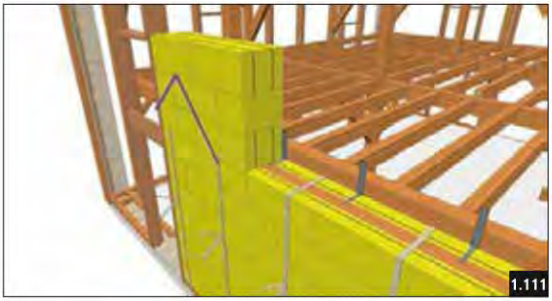
1.109
Passage de la sangle en haut de mur

1.110
Compression à l'aide du cliquet

Eyrolles.

Principe de liaison entre la sangle haute et la sangle basse

On attache la sangle de l'étage sur la sangle du rez-de-chaussée.


1.111

1.111
Principe de liaison entre la sangle haute et la sangle basse

1.113 et 114
Types de persuadeurs : pour compresser dans les pignons (figure 1.113) ; pour dresser les murs (figure 1.114).

La longueur de la sangle (représentée en violet) est fonction de la hauteur restante. Par exemple, pour une hauteur sous toiture de 2 m, il faut une sangle de 1 m + 0,6 m pour le nœud et la traction.
On accroche la sangle par un double nœud à la sangle du dessous. L'opération est expliquée sur une vidéo de démonstration : cerclage et finitions du montage d'un mur paille.

Aller plus loin

Pour plus d'informations, reportez-vous à cette adresse : www.boisetpaille.com/ (fiche technique ; construction paille ; partie 4 : cerclage).

Dressage du mur

L'alignement et l'aplomb des bottes sont impossibles à régler tant que le mur n'est pas en tension.
Attention à ne pas compresser trop fort dès le départ, car le réglage des bottes serait alors impossible. Voici la marche à suivre :

- compression des bottes pour les mettre en tension ;
- réglage des bottes : si l'on sent que les sangles sont détendues, on peut encore compresser avec le cliquet. Puis, on règle à nouveau...

Doebele-Grosbras
1.112

L'opération nécessite trois personnes : une qui tape sur la lisse avec un persuadeur, pendant que les deux autres compressent les bottes à l'aide des cliquets. Il est important d'avoir au moins deux persuadeurs et deux cliquets sous la main.

1.113

Eyrolles.

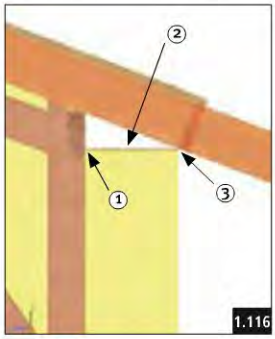
Pour mieux visualiser la régularité du mur, on passe un léger coup de taille-haie qui supprime les brins rebelles. Au besoin, on redresse le mur et on finit alors la compression.

Une fois les façades entièrement paillées, on réalise une taille définitive des murs. On peut utiliser une débroussailleuse pour corriger les grosses bosses éventuelles, autrement un taille-haie est suffisant.

Attention à bien nettoyer les outils et à les démonter régulièrement, car la paille est agressive. Astuce : l'idéal est de placer un collant sur les aspirations d'air.

Liaison haut de mur (pour structure poteau poutre, version isolation V1) : point singulier

La partie sous toiture est difficile à isoler, du fait du triangle formé par la pente de toiture. Une astuce consiste à fermer de niveau, à l'aide d'un panneau de type OSB, afin que la dernière botte de paille vienne y prendre appui, sans découpe. Le vide est ensuite comblé avec l'isolation de toiture.



Sur la figure 1.117, on remarque trois points importants :

1. La fixation d'un tasseau contre la sablière.
2. La fermeture de niveau avec OSB.
3. Après tassement, il peut y avoir un espace entre le haut des bottes de paille et la plaque d'OSB.

1.115
Passage du taille-haie

1.116 et 1.117
1. Fixation d'un tasseau contre la sablière
2. Fermeture de niveau avec un OSB
3. Prévoir étanchéité et trame de verre

Eyrolles.

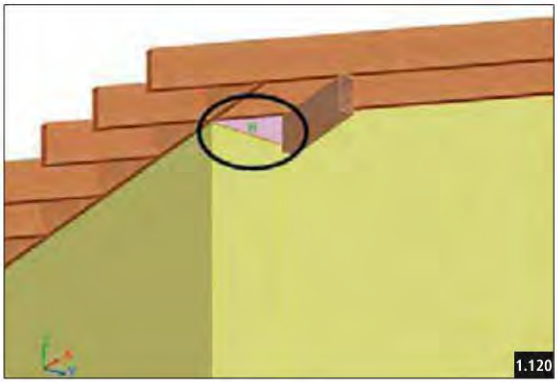
Si la hauteur finale pour terminer le mur se situe entre 3 et 8 cm, il est conseillé d'utiliser un isolant en rouleau qui s'écrasera sous l'effet du relâchement des sangles. (L'utilisation de galettes de paille ne permettra pas d'obtenir une bonne isolation.)

1.118

1.119

Prévoyez étanchéité et trame de verre en partie haute extérieure, pour l'accroche de l'enduit (à valider avec l'enduiseur).

Concernant la fermeture avec un triangle en OSB, il faut prévoir un accrocheur pour le maintien de l'enduit.
Utiliser un adhésif Contega PV ou autre pour l'étanchéité au vent, avec une trame de renfort.


1.120

1.121

1.118
Isolant en rouleau

1.119
Étanchéité et trame de verre

1.120
Fermeture avec un triangle en OSB

1.121
Étanchéité au vent
1. Tasseau
2. Adhésif Contega PV (ou autre)

1.122
Application de la barbotine

Les différentes finitions possibles

La paille peut être le support de différentes finitions, répondant à tous les goûts et choix esthétiques ; bardage ou enduit, les possibilités de finition sont donc variées.

Enduit terre

Première couche : barbotine

Les enduits terre que l'on applique sur la paille se font en trois passes. La première, que l'on nomme barbotine, est un mélange onctueux que l'on fait pénétrer dans la paille.

1.122

Eyrolles.

Deuxième couche : couche de corps

La deuxième couche d'enduit, dite couche de corps, est un mélange épais et fibreux ; elle s'applique sur plusieurs centimètres d'épaisseur.

1.123

La couche de corps peut se fissurer une fois sèche. L'ajout de fibres dans le mélange évite ces fissures et par conséquent le temps pris pour le rebouchage. L'apparition de fissures dans la couche de corps est régulière, même si l'on tente d'en limiter l'apparition au maximum.

Attention lors du rebouchage de ces fissures, surtout quand il s'agit d'enduits à la chaux. La marche à suivre est de gratter pour écarter la fissure afin d'augmenter la surface de prise, puis de reboucher avec un enduit à la chaux pas trop hydraulique (si on fait un enduit à la chaux), ou un enduit à la terre (si on fait un enduit à la terre).

Lors de la finition, il est important d'insérer une trame de verre de 20 cm au minimum autour de la fissure (sinon la fissure peut réapparaître au même endroit au niveau de l'enduit de finition).

Troisième couche : enduit de finition

La troisième et dernière couche d'enduit s'applique sur quelques millimètres ; c'est elle qui apportera la couleur définitive du mur.

1.124

Enduit chaux

Première couche : gobetis

De la même manière que les enduits terre, les enduits à la chaux s'appliquent en trois couches, la première se nommant gobetis. Il s'agit d'un mélange onctueux, qui pénètre bien dans les fibres de la paille.

1.125

1.123
Application de la couche de corps

1.124
Murs avec enduits de finition

1.125
Le gobetis est posé sur les murs paille

Eyrolles.

Deuxième couche : couche de corps

La deuxième couche, dite couche de corps, s'applique sur une épaisseur de quelques centimètres sur les murs. On peut parfois observer des phénomènes de microfissurations, qui sont tout à fait normaux.

1.126

Troisième couche : enduit de finition

La troisième couche sert de finition et s'applique sur quelques millimètres.

M. Ligner
1.127

1.128

1.129

1.126
Microfissurations (apparition normale)

1.127
Avant la finition

1.128
Après la finition

1.129
Épaisseur du gobetis + couche de corps + enduit de finition

1.130
Problème de remontées capillaires

1.131
Bonne gestion des remontées capillaires

1.132
Pose des larmiers. Il faut compter environ 4 € HT/ml pour des larmiers en tôle prélaquée, aux couleurs standards.

1.133
Le larmier, après la pose de l'enduit

Détails techniques

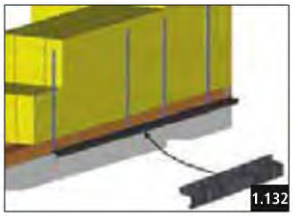
Enduit et soubassement

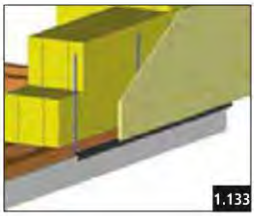
À ne pas faire : comme on le voit (figure 1.130), il n'y a pas eu de rupture réalisée entre l'enduit paille et le soubassement, avec, pour conséquences, des remontées capillaires. Cela provoquera une dégradation accélérée de l'enduit dans le temps.

1.130

À faire : afin d'éviter ce désordre, il est conseillé de poser un larmier large en bas de mur, qui cache l'épaisseur de la lisse basse.

1.131


1.132


1.133

Eyrolles.

1.134

Descente de gouttière

À ne pas faire : il ne faut pas poser la descente de la gouttière trop près de l'enduit, car cela rend l'assèchement de ce dernier difficile. Il faut laisser au minimum 3 cm d'écart.

1.135

La technique bois et paille et les règles professionnelles

La technique bois et paille répond aux règles professionnelles de la construction paille :

• le choix des bottes de paille est fait suivant les préconisations des règles pros, ainsi que leur contrôle ;

• la préparation des bottes de paille est bien réalisée en amont, afin d'éviter tout trou d'isolation ; si des ruptures d'isolant sont toutefois détectées, elles seront bouchées suivant le mode opératoire présenté dans les règles pros paille ;

• la fixation des bottes de paille et la prévention du tassement respectent les préconisations :

- compression des bottes de paille lors de leur mise en œuvre par des sangles de compression,
- compression entre 2 et 7 % suivant la compression des bottes (moyenne sur les chantiers : 5 %),
- dispositif de maintien du taux de compression : première lisse au 4e rang et seconde au 7e ou 8e rang, suivant la disposition du mur paille et la hauteur du solivage,
- liaison mécanique entre le mur paille et la structure : mur maintenu en compression entre les précadres des menuiseries faisant office de montant d'ossature et liaisonné à la structure poteau poutre par des équerres métalliques (reliant les lisses de chaînage et la structure poteau poutre, ainsi que les montants d'ossature et la lisse de chaînage),
- les angles de compression permettent le maintien du mur paille, le temps du montage, jusqu'à la compression finale des bottes de paille en angle. Le maintien est ensuite effectué par les lisses de chaînage reliées entre elles dans les angles, puis liaisonnées avec la structure poteau poutre par équerres métalliques. Au final, les sangles de compression d'angle sont à conserver et à noyer dans l'enduit.

Les autres points sont des détails de gestion extérieurs à la technique bois et paille. Ce chapitre permet d'avoir un aperçu de certains éléments et de leur bonne application. D'autres solutions existent, présentées dans le cadre des règles professionnelles de la construction paille.

Rappel

Le poseur des bottes de paille doit se munir des outils nécessaires (humidimètre, peson...) afin d'assurer les contrôles adéquats.

1.134
Ce larmier, moins large, est beaucoup plus discret et offre également une bonne rupture de capillarité. Si on le souhaite, on peut le choisir de la couleur des menuiseries, afin de faire un rappel de tons.

Eyrolles.

2 La maison à structure mixte (bois et paille/ossature bois)

Ce projet a été pensé, mûri, posé à plat. Le temps nécessaire a été accordé, avant les travaux, pour réfléchir à toutes les étapes et faire des choix définitifs, en connaissance de cause. Cette anticipation n'a pas empêché le projet d'évoluer en fonction des avis des professionnels rencontrés, mais tout était calé au départ du chantier.

Ainsi, il existe un cahier des charges, un document d'une vingtaine de pages environ, détaillant les exigences des propriétaires (leurs envies, le choix géographique du terrain, le choix des matériaux, des artisans, du système constructif…). Rencontrer des personnes si organisées était une grande première.

Il est vrai que le BTP est encore loin de bénéficier des méthodes de pilotage de projet que l'on peut trouver dans d'autres secteurs. Pourtant, de nombreux éléments dans le monde du bâtiment pourraient bénéficier d'une meilleure organisation (lien entre les différents acteurs du projet, meilleure communication entre les corps de métier…).

Il faut préciser que le propriétaire tient son expérience de la conduite de projet de son univers professionnel. Les méthodes sont transposables dans d'autres secteurs. Le domaine de l'informatique lui a appris que les oublis ou erreurs de conception ont des impacts importants sur le succès des projets, tant sur le plan des délais et des coûts que sur celui de la qualité.

Ce sens de l'organisation a assuré un déroulement de chantier impeccable, dans la succession des interventions de professionnels, comme dans les nombreux travaux menés en autoconstruction. En effet, le planning établi au départ a permis aux autoconstructeurs d'avoir une vision claire de tous les travaux à réaliser. Toute la préparation avec les fiches techniques pour la réalisation des travaux, énumérant les outils nécessaires, les matériaux à prévoir et les techniques à utiliser leur a permis de bien anticiper les chantiers à venir et de commander les matériaux dans les temps.

Les avantages et inconvénients du projet

Les plus :

- la performance énergétique ;
- la bonne préparation et l'organisation du chantier ;
- l'intégration d'une maison bioclimatique sur un terrain complexe ;
- l'anticipation d'une extension (le grenier est déjà isolé, facilement aménageable par la suite).

Les moins :

- la mixité de la structure (ossature bois pour les parties techniques et poteau poutre pour l'habitation proprement dite) ; la connexion entre deux techniques constructives différentes est toujours plus difficile ;
- l'étanchéité de la porte intérieure communiquant entre les deux parties de la maison (technique et habitat) aurait dû être mieux gérée, avec un bloc porte étanche à l'air et isolé ;
- l'intégration d'une cave dans les parties techniques, apportant un volume d'air non négligeable (le test d'infiltrométrie par porte soufflante l'a bien montré) ;
- la proximité de deux larges baies vitrées (l'angle de la maison étant orienté au sud) apporte une faiblesse dans les enduits.

Eyrolles.

Passebon-Drochon

La genèse du projet

Le couple souhaite participer sérieusement à la construction de la maison. Ces personnes recherchent activement des informations auprès des professionnels (artisans, architectes du Caue, Ademe...) et ont consulté un nombre important d'ouvrages traitant de l'écoconstruction. C'est par ces rencontres et ces échanges que s'est concrétisé un tel projet : la maison sera en bois et paille, en grande partie autoconstruite. Particulièrement organisés et rigoureux, ils ont, en amont, réalisé un cahier des charges récapitulant tous les points ayant trait à la construction : leurs parcours et disponibilités, les matériaux souhaités, la maison désirée, l'isolation, le système de chauffage, l'électricité biocompatible, le budget... Tout est consciencieusement répertorié, afin de travailler concrètement avec les artisans à l'élaboration de leur projet.

Documentaliste, la femme est sensible aux questions environnementales. Elle participe aux travaux à la mesure du temps laissé libre par sa famille et son travail. Lui est informaticien, passionné d'électronique et de menuiserie ; il participera activement aux travaux.

Ils gardent tous les deux leur activité salariée à temps plein et ils ont un jeune enfant. Le chantier ne doit pas durer plus d'un an à un an et demi ; entre les congés et les RTT disponibles, ils savent qu'ils ne disposeront que d'environ 150 jours pour les travaux en autoconstruction.

Portrait du projet

Maître dœuvre et maître d'ouvrage : Ludovic et Virginie, les propriétaires et autoconstructeurs
Dessinateur : Ludovic et Virginie
Charpente : SARL Bois et Paille
Fournisseur paille : père agriculteur
Formation paille : E. Fruchard
Terrassement, maçonnerie, couverture, zinguerie, finitions sol : AJM Construction
Fourniture électricité et plomberie : Profil
Isolation ossature et toiture : SARL Bois et Paille
Le reste des travaux a été réalisé en autoconstruction
Surface : 130 m² habitables
Budget :
- 1 205 € TTC/m² Shon
- 761 € TTC/m² Shob
- 496 € TTC/m³ chauffé

Passebon-Drochon

2.1
La maison en paille, à Sciecq (79)

Eyrolles.

La chronologie

L'organisation du chantier

Virginie et Ludovic, les propriétaires, expliquent précisément leur démarche : « Nous souhaitons réaliser une maison ayant une bonne isolation thermique et qui soit, par sa conception bioclimatique, économe en énergie… Nous sommes sensibles aux aspects sociaux. C'est aussi pourquoi nous préférons une réalisation avec des matériaux simples, mais demandant une main d'œuvre qualifiée… Désirant une construction simple mais efficace, le choix d'un R + 1 est le plus logique en termes d'énergie et de coût. C'est donc une recherche de simplicité et de compacité qui devra guider la forme de la construction. »

Exemple du planning prévisionnel détaillant les interventions des professionnels ainsi que les travaux réalisés en autoconstruction

Planning du 07/01/2010

Tâche	Durée	Début	Fin
Contribution			
Compteur d'eau	1 j	01/02	02/02
Branchement de chantier	1 j	01/02	02/02
AJM			
Terrassement	6 j	25/01	31/01
Fondations	21 j	01/02	22/02
Assainissement	13 j		
Zinguerie	6 j	03/04	09/04
Couverture	6 j	27/03	02/04
Chape sous carreaux	6 j	17/08	23/08
Bois et Paille			
Conception	6 j	25/01	31/01
Commande des bois	13 j	01/02	14/02
Réception dalle	1 j	12/02	13/02
Taille	20 j	15/02	07/03
Levage	13 j	13/03	26/03
Isolation buanderie	1 j	27/11	28/11
Isolation sous-toiture	1 j	27/11	28/11
Auto construction			
Mise hors d'eau et hors d'air			
Lisse basse	2 j	27/03	29/03
Précadres	6 j	30/03	05/04
Déplacement des bottes de paille	6 j	06/04	12/04
Pose des bottes	20 j	13/04	03/05
Tonte des bottes de paille	2 j	04/05	06/05
Passage des conduites EU+EA	3 j	07/05	10/05
Protection des bois	2 j	11/05	13/05
Couche d'accroche extérieure	13 j	14/05	27/05
Couche d'accroche intérieure	6 j	28/05	03/06
Pose des ouvertures	13 j	04/06	17/06
Finitions extérieures			
Couche corps extérieure	13 j	18/06	01/07
Pose des lasseaux bardage	6 j	02/07	08/07
Pose du bardage	20 j	09/07	29/07
Déploiement pieuvre RDC	6 j	30/07	05/08
Pose des boîtes électriques enduit	2 j	06/08	08/08
Couche de corps intérieure	6 j	09/08	15/08
Couche de finition intérieure	6 j	16/08	22/08
Aménagements intérieurs			
Electricité	14 j	23/08	06/09
Plomberie	14 j	07/09	21/09
VMC	13 j	22/09	05/10
Cloisons RDC	13 j	06/10	19/10
Portes RDC	6 j	20/10	26/10
Parquet salon	13 j	27/10	09/11
Sol bureau	6 j	10/11	16/11
Plancher atelier	2 j	17/11	19/11
Murs buanderie	6 j	20/11	26/11
Seconde finition extérieure			
Couche finition extérieure	20 j	28/12	17/01
Aménagements étage			
Cloisons étage	20 j	27/11	17/12
Portes Etage	6 j	18/12	24/12
Electricité étage	6 j	25/12	31/12
Plomberie étage	6 j	01/01	07/01
Salle de bain	20 j	08/01	28/01

Eyrolles.

Exemples de temps effectif de travaux réalisés

ACTION	HEURES CUMULÉES	SURFACE VIDE POUR PLEINS EN M²	MINUTES/M²
Pose des bottes de paille	452,4	162,6	166
Tonte et dressage des murs paille	48	162,6	18
Temps de nettoyage du chantier paille	48	162,6	18
Total pose du mur paille	**548,4**	**162,6**	**202**
Lisse basse	34	88	23
Enduits extérieurs – couche d'accroche	324	121,8	160
Enduits extérieurs – couche de corps (application à la machine)	124	121,8	61
Bardage	120	76,8	94
Enduit intérieur – couche d'accroche	292	184,2	95
Enduit intérieur – couche de corps	238	184,2	77
Enduit intérieur – finition	240	184,2	78
Cloisons (ossature, finition + isolation)	468	93	302
Lambris sous plafond	74	116	40
Parquet	147	135	65

Chronologie des travaux

Préparation, conception projet et acceptation PC : mars 2009 à janvier 2010 – 10 mois

Gros œuvre (fondations, maçonnerie, charpente...) : janvier 2010 à mars 2010 – 3 mois

Paille : avril 2010 – 1 mois

Menuiserie, enduit, bardage : mai 2010 à octobre 2010 – 6 mois

Second œuvre et finitions : octobre 2010 à octobre 2011 – 12 mois

Le terrain et les plans

En mars 2009, ils trouvent le terrain qui accueillera leur petite famille et leur maison bois et paille. Pendant toute cette année 2009, ils continuent de travailler sur le projet, en collaboration avec les artisans, afin d'atteindre leurs objectifs de performance énergétique, tout en utilisant des matériaux les plus sains possibles et en respectant leur budget.

Des contributions sur différents chantiers participatifs seront l'occasion de valider les choix faits, d'en tirer des premiers retours d'expérience (sur la conduite des travaux, l'outillage, les matières) ; ce sera également le moment de rencontres très riches. Des guides de réalisation de certains lots seront établis en conséquence, avec l'objectif de préparer sereinement ce qui peut l'être d'avance et optimiser les temps de chantiers à la réalisation par rapport aux calculs. Virginie et Ludovic établissent un planning des travaux à venir, un budget prévisionnel des dépenses poste par poste et réalisent leurs plans et leur permis de construire.

Passebon-Drochon

2.4
Le terrain avant les travaux

Eyrolles.

2.5 Passebon-Drochon

2.6 Passebon-Drochon

2.5
Plan du rez-de-chaussée

2.6
Plan de l'étage

2.7
Premier coup de pelle

2.8
Délimitation de la maison

Les caractéristiques

La surface habitable prévue est de 130 m², la partie garage/buanderie étant réalisée en ossature bois, bardée en douglas et isolée en fibres de bois. Le reste de la maison est une structure poteau poutre isolée en bottes de paille. Cette structure mixte allie ainsi un bardage bois extérieur sur l'ossature avec un enduit chaux sur la paille. L'une des particularités du projet est la création d'une cave, sous la buanderie, accessible par une trappe d'accès.

Le reste de l'année 2009 est également consacré au défrichement du terrain. Le premier coup de pelle est donné en janvier 2010. La préparation du chantier a été rigoureuse et étalée dans le temps ; tout est maintenant prêt pour la réalisation des travaux dans de bonnes conditions.

2.7 Passebon-Drochon

Les fondations

2.8 Passebon-Drochon

Plus d'une dizaine de mètres cubes de béton ont été utilisés pour couler la dalle et remplir les plots. Les plots sont au nombre de neuf. Une trappe pour l'accès à la cave est visible.

Les autoconstructeurs ont fait des choix liés au bilan écologique des matériaux, sans toutefois tomber dans l'extrême.

Très sensibles aux questions d'écoconstruction, ils font partie d'une association d'éco et autoconstructeurs (Les Fourmis'Colos). Attention toutefois aux schémas de pensée souvent réducteurs. En effet,

Eyrolles.

2.9
Fondations

lors du démarrage d'un projet de maison en paille, il est dommage de constater qu'il existe une sorte de modèle standard :

maison paille = dalle chaux/chanvre + tomettes + toilettes sèches + ...

Dans le cas de la construction présentée dans ce chapitre, les propriétaires ont choisi de passer par une dalle béton. L'important est de faire des choix de manière éclairée, de s'approprier si possible le projet. L'autoconstruction d'une maison représente un tel investissement, en temps et en argent, que c'est aussi une bonne raison pour acquérir des compétences théoriques et techniques. À l'exemple de ce couple, c'est l'occasion de s'approprier le projet, défendre ses choix, reconnaître les avantages et inconvénients de tout matériau ou système constructif. Il n'est pas question ici de créer des dogmes, mais plutôt de construire une pensée vivante, en même temps que sa maison...

Le béton et l'autoconstruction

Ah ! Le béton et l'écoconstruction ne font pas bon ménage, pourtant ce matériau n'a pas le pire bilan de la construction. C'est vrai qu'il en faut souvent une quantité importante, et qu'il existe d'autres possibilités. Quoique...

Quand on fait construire, il faut respecter des normes (comme celles imposées par la réglementation sismique par exemple). Cela contraint à **mettre de côté certaines techniques**.

La nature du sol, également, **ne permet pas de réaliser tous les types de fondations**. Par exemple, dans le cas présent, le terrain est constitué d'anciens remblais de pierres et d'argile. Même s'il a été remblayé depuis de nombreuses années, le terrain est toujours considéré comme « instable », d'autant plus avec les risques de retrait et gonflement de l'argile. Dans ce cas, le choix de la dalle béton s'avère intéressant.

Avis favorable

Si l'isolation ne s'effectue pas sous la dalle, elle apporte une inertie intéressante dans la maison (toutefois il faut faire attention au pont thermique en nez de dalle).

La dalle béton permet :

- d'avoir une surface lisse et de niveau dès le début des travaux, facilitant le travail et le nettoyage (contrairement à la dalle chaux/chanvre) ;
- de répondre à certaines exigences réglementaires (réglementation sismique entre autres, fixation mécanique de structure) et à des contraintes physiques naturelles.

Avis défavorable

La dalle béton est énergivore en matériaux de construction contrairement aux fondations cyclopéenne ou dalle bois.

- C'est une dalle non isolante qui demande d'utiliser des matériaux souvent issus de l'industrie pétrochimique (contrairement au chaux/chanvre ou à la dalle bois).
- Elle implique l'utilisation de matériaux issus de la grosse industrie (cimentier) et du transport (toupie), même si la fabrication est souvent locale.

Charpente et mur ossature

Tel un grand jeu de construction, la charpente et l'ossature bois se lèvent et s'assemblent. En cinq jours, la structure est levée, le solivage et le chevronnage sont posés, ainsi que le panneau pare-pluie rigide en toiture (Isoroof).

Eyrolles.

Tradition oblige…

L'équipe des charpentiers repart, après avoir accroché le bouquet en haut du faîtage. La tradition veut que ce soit le plus jeune de l'équipe qui s'en charge, ce bouquet symbolisant l'honneur d'avoir bien travaillé. Il est également symbole de l'accueil fait au charpentier : un beau bouquet fleuri et tout s'est bien passé ; un bouquet de ronces… (voir fig. 2.18)

2.10

2.11

2.12

2.13

2.14

Eyrolles.

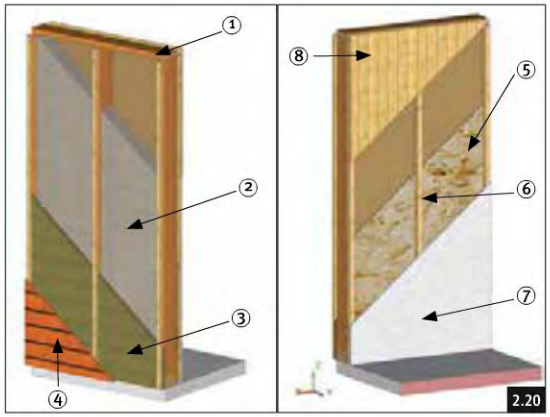
2.15

2.16

2.17

2.18

2.19



2.20

2.20
Coupe d'un mur ossature du cellier : le R du mur ossature de la maison est égal à 3,35 ; il prend en compte les ponts thermiques de l'ossature bois.
Épaisseur totale du mur, de l'extérieur vers l'intérieur :
22 + 25 + 16 + 145 + 12 + 45 + 12 = 277 mm

Extérieur
1. Montant en douglas 4,5/14,5
2. Isolation ouate de cellulose (R = 3,625)
3. Panneaux de contreventement, DFP 16 mm
4. Bardage en douglas thermohuilé ou autre

Intérieur
5. OSB3 12 mm, pouvant faire office de frein-vapeur
6. Contre-liteaux, 45 mm
7. Fermacell 12 mm
8. Lambris bois (pin ou autre)

Eyrolles.

Les murs en paille

Au mois d'avril 2010, la mise en place de la paille peut démarrer. La récolte de l'été précédent a été stockée dans un hangar, bien à l'abri durant tout l'hiver. Les autoconstructeurs ne sont pas dépendants de la nouvelle récolte à venir. Si l'on a la possibilité de s'organiser ainsi, c'est vraiment profitable pour le déroulement des autres travaux ; on peut ensuite envisager la réalisation des enduits chaux avant les grandes chaleurs et les grands froids ; cela évite beaucoup de stress et de travaux précipités.

2.21 Passebon-Drochon

2.22
La vermiculite (minerai naturel proche de la famille des micas) est un isolant imputrescible. On peut donc l'utiliser pour combler le vide entre les deux lisses basses, avant la pose des bottes de paille.

Astuce de chantier : la Fibralith

La Fibralith est posée le long des poteaux et des solives. L'objectif recherché est d'assurer une bonne prise de l'enduit. Il est en effet probable que des retraits se produisent entre l'enduit chaux/sable de l'intérieur et les éléments de charpente... Plus tard, des plaques seront aussi installées sur les chevrons du pignon ainsi que sur les liens et le pourtour des menuiseries.

La Fibralith est un panneau homogène de laine de bois, constitué de fibres longues de bois résineux sélectionnés, minéralisées et enrobées de ciment gris.

Ces panneaux sont toutefois difficiles à trouver ou alors en quantité souvent importante. De plus, leur épaisseur minimale est de 25 mm. Ceci crée une surépaisseur pour la pose de la paille. Sa fixation n'est pas toujours évidente, car elle reste friable sur les tranches.

Les panneaux d'OSB ou de Fermacell (avec l'application d'une sous-couche d'accroche pour l'enduit), moins épais et plus faciles à trouver, peuvent avantageusement se substituer aux panneaux de Fibralith. Ils remplissent en plus la fonction d'étanchéité à l'air, entre la structure et les enduits.

2.22 Passebon-Drochon

La moisson et le bottelage ont nécessité 54 heures de travail. La paille est ensuite stockée bien à l'abri, même lors de la mise en œuvre des bottes. Le chantier commence par une journée d'accompagnement.

Le chantier est toujours laissé propre après une journée de travail ; pas de paille qui traîne, ni d'outils ! On évite ainsi désagréments et mauvaises surprises.

Eyrolles.

2.23 Passebon-Drochon

2.24 Passebon-Drochon

2.25 Passebon-Drochon

La pose des menuiseries

Avant toute chose, une précision : il faut être très attentif à cette phase de chantier afin d'obtenir une bonne étanchéité à l'eau et à l'air. Pour ce travail, il est souhaitable de s'entourer de professionnels et d'amis compétents dans ce domaine.

La pose des menuiseries mixtes bois/aluminium, telle qu'elle s'est déroulée sur ce chantier, est expliquée pas à pas[1]. Ainsi, l'expérience des autoconstructeurs et les conseils des charpentiers seront utiles pour d'autres projets.

1. Un cordon de silicone est appliqué sur la pièce d'appui, après un bon nettoyage.

2.26 Passebon-Drochon

2. Une membrane d'étanchéité à l'air est collée sur la pièce d'appui. Attention à bien répartir la colle.

2.27 Passebon-Drochon

1 - La pose des menuiseries mixtes bois/alu est expliquée pas à pas dans un blog réservé à cette maison : unemaisonenpaille.wordpress.com.

Eyrolles.

3. Un tasseau en douglas est encollé au silicone, aux cotes indiquées par le fabricant, pour faire rejingot. Le rejingot est une surélévation de la menuiserie par rapport à la pièce d'appui, qui permet l'évacuation de l'eau.

2.28 Passebon-Drochon

4. Une bande de Compriband est collée sur la moitié intérieure de la pièce d'appui, puis encollée avec du silicone, tout comme la pièce d'appui.

2.29 Passebon-Drochon

2.30 Passebon-Drochon

2.31 Passebon-Drochon

Mise en pratique par Ludovic, l'autoconstructeur

« Le dormant, posé en tunnel, est percé légèrement au-dessus de chacune des paumelles, et dans la partie haute. Des vis de 7,5 x 92 mm sans tête sont utilisées pour solidariser la menuiserie avec son cadre, après une sérieuse phase de prise de niveau et d'aplomb. La mousse est collée tout le long de la menuiserie. Immédiatement elle commence son expansion, le temps est donc compté pour la pose.

Après présentation, les cadres sont percés en face des trous préparés. Le bas est fixé en premier, permettant ainsi de régler l'aplomb ensuite. Si elle est bien posée, la menuiserie doit se fermer sans coincer, les éléments doivent être alignés (les joints avec le dormant, les vantaux entre eux le cas échéant).

Il arrive parfois qu'il faille intervenir sur les paumelles, mais cela ne doit pas être fait pour rattraper un défaut de pose, car la capacité de correction n'est pas grande.

Pour la partie paille, les précadres étant similaires à ceux d'une ossature bois, le principe est le même. Cependant, il est bien plus difficile d'estimer l'alignement et la profondeur. »

Eyrolles.

5. L'étanchéité est complétée par la réalisation d'un joint extérieur, mousse + silicone.

2.32 Passebon-Drochon

Les techniques des professionnels

Une tapée est un élément du même matériau que la menuiserie (en bois ou en aluminium), qui vient élargir la menuiserie (dans l'épaisseur du mur), afin de gérer la finition intérieure ou extérieure. L'utilisation de tapée est un point positif, car cela permet une finition des tableaux et une étanchéité complémentaire entre la tapée et le pare-pluie. Pour sécuriser encore l'étanchéité, la tapée est raccordée avec les enduits ou le pare-pluie, à l'aide d'adhésifs spécifiques (de type Tescon).

Il faut aussi penser à bien protéger le bois des tapées qui se retrouvent du côté de la paille et des enduits, car l'apport d'humidité va être important pendant les phases suivantes et il est rare que les bois soient complètement protégés en sortie de l'atelier de fabrication.

Pour les joints d'étanchéité (Compriband), il est conseillé d'utiliser des joints de la largeur des dormants (soit 58 mm, 62 mm...). C'est une manière de gérer l'étanchéité à l'air, l'isolation thermique et l'isolation phonique.

Enduits chaux et bardage

2.33 Passebon-Drochon

Juin 2010, un mortier à la chaux est réalisé à l'extérieur, pour boucher les trous. La recette appliquée est « très empirique et personnelle » : un seau de chaux NHL 3,5 ; un seau de sable de Vienne (0/4) ; quelques poignées de paille courte (entre 2 et 10 cm) pour un volume d'un demi-seau environ.

Vient ensuite le gobetis, avec sa recette : un seau de chaux NHL 3,5 ; deux seaux de sable de Vienne (0/4) ; de l'eau jusqu'à obtenir la consistance de la crème liquide.

Une fois la paille protégée par les enduits, le bardage est mis en œuvre courant juillet sur la partie ossature bois. Le choix des autoconstructeurs s'est porté sur un bardage à couvre-joint en douglas non traité. Ce type de pose permet de remplacer une lame abîmée, si besoin, sans avoir à démonter le reste des lames, comme dans la technique de pose rainure-languette, ou clin.

La mise en œuvre respecte les règles de l'art : lame d'air assurant la ventilation, entraxe des tasseaux, taille des lames en biseau, pour créer une goutte d'eau... La goutte d'eau est une petite moulure, quart de rond ou pente sur bardage, évitant à l'eau

Eyrolles.

de pénétrer par capillarité. Elle est présente sur les pièces d'appui des menuiseries et sur la dernière lame de bardage.

2.34 Passebon-Drochon

2.35 Passebon-Drochon

Afin de rappeler le style des maisons de ferme traditionnelles locales, la DDT (direction départementale des Territoires) a proposé la création de piliers sur la partie ossature bois. La maçonnerie travaillant différemment de la structure bois, le propriétaire a mis en œuvre des panneaux de Fibralith montés sur ossature bois. Une couche fine d'enduit à la chaux vient recouvrir les piliers dans un premier temps.

2.36 Passebon-Drochon

2.37 Passebon-Drochon

Eyrolles.

La couche de corps extérieure est mise en œuvre en octobre 2010. La procédure est la suivante.
La couche est appliquée à l'aide d'un sablon. Si cet outil permet de gagner beaucoup de temps, son autre nom, la « gorette », en dit long sur sa capacité à éclabousser et à projeter dans un rayon important.
Le week-end précédant l'opération, l'ensemble des menuiseries, le bardage, la zinguerie et les débords de toit sont protégés. L'opération est longue, mais la chaux laisse des traces noires indélébiles sur le bois ; mieux vaut donc prévenir.

2.38 Passebon-Drochon

Le chantier est prêt à démarrer. Il est organisé sur deux jours, à sept personnes, car il est important d'atteindre l'objectif de réaliser la couche de corps pour les façades les plus exposées, à l'ouest et au sud.

« Nous sommes le 22 octobre et c'est avec le pari qu'il ne gèlera pas dans les quelques semaines qui viennent que la décision de maintenir l'opération est prise. En effet, ce risque semble moins important que celui de passer un hiver avec la seule couche d'accroche, recouverte de bâche qui risque toujours de s'envoler, surtout par pluie forte. La météo des semaines suivantes a été finalement favorable. »

Recette de la couche de corps

3 volumes de sable de Vienne 0/4.
1 volume de chaux selon le mélange suivant :
- **2/3 de chaux hydraulique NHL 3,5 ;**
- **1/3 de chaux aérienne CL 90.**

Conseil : privilégier le sable de rivière, ici sable de Vienne, et non le sable de carrière, car n'étant pas concassé, il a une forme plus ronde et « roule » plus facilement sous la taloche ou la règle.

2.39 Passebon-Drochon

Le beau temps a finalement permis de réaliser les trois façades à la suite, en trois jours. Quelques fissures sont apparues, notamment là où l'enduit est trop épais, qui pourront être facilement corrigées. Courant octobre, le gobetis est également réalisé sur

2.40 Passebon-Drochon

Eyrolles.

les murs intérieurs, ainsi que les cloisons de distribution.
Un grand soin est apporté à l'isolation acoustique ; des bandes de Phaltex sont posées entre le plancher brut de l'étage et les cloisons. Ces dernières sont isolées en rouleau de laine de chanvre, d'une épaisseur de 10 cm.

2.41 Passebon-Drochon

2.42 Passebon-Drochon

2.43 Passebon-Drochon

Fin du chantier

Les travaux de second œuvre et finitions se sont étalés sur un an, d'octobre 2010 à octobre 2011. L'électricité, calculée et préparée en atelier (sous la forme d'une pieuvre électrique) a été posée, tout comme la VMC double flux[2], par les propriétaires.
Cette durée peut sembler importante, mais les travaux sont quasiment achevés pour l'emménagement. À noter : les réseaux d'eau n'ont jamais été encastrés dans les enduits et ont été à chaque fois posés en goulotte. Les traversées dans les murs se sont faites avec l'habillage d'une gaine. Ceci permet d'intervenir sur le réseau et, en cas de fuite, de ne pas abîmer l'isolation ; ceci permet également un découplage

2.44 Passebon-Drochon

2.44
Pignon en ossature bois

2 - *voir le chapitre 10, traitant de la VMC double flux.*

Eyrolles.

physique entre les murs et la plomberie, qui vont travailler différemment. On évite ainsi les interactions hasardeuses entre les matériaux.

Les conclusions de l'autoconstructeur

« Réaliser une maison à la bonne dimension et la plus simple possible est un facteur important sur le temps du chantier. Par exemple, baisser un étage de 10 ou 20 cm réduit la surface de manière considérable, réduisant d'autant le temps et le coût des matériaux. L'utilisation de matériel adapté est aussi un facteur de gain de temps considérable. Par exemple, d'une projeteuse pour les enduits ou d'un cloueur pour les lambris de finition. »

2.45

2.46

2.47

2.48

2.49

2.45 et 2.46
La maison, un an après l'emménagement : façades nord et ouest.

2.47
Façade sud (les enduits de finition ne sont pas encore réalisés).

2.48
La salle à manger

2.49
La chambre d'enfant

Eyrolles.

Les choix d'isolation

Bilan énergétique

Un bilan de la consommation énergétique en chauffage est fait après une année dans la maison, sachant que les propriétaires ont emménagé à la fin du mois d'octobre 2011 et que l'automne a été doux et l'ensoleillement important.

Pendant cette période d'occupation de la maison, le chauffage est régulé à une température de 20 °C sur une plage de 17 h à 22 h. Le reste du temps, la consigne est fixée à 16,5 °C pour éviter de descendre trop bas et donc de nécessiter un temps de chauffe important pour réchauffer les masses. Pour les journées à la maison, deux autres plages de chauffe sont prévues, entre 7 h et 8 h 30 puis entre 12 h et 13 h. Les occupants ne se sont pas privés de petites flambées de confort à l'occasion. C'est donc avec une utilisation confortable qu'il faut étudier ces chiffres. Sur cette période, la maison ne disposait de volets que sur les baies et une fenêtre.

Avec une base de prix à 0,276 9 €/kg (270 € la palette de 65 sacs de 15 kg), le coût total de chauffage sur cette période est de 145 € pour 523 kg de granulés de bois (ou « pellets »). Le propriétaire fait l'analyse suivante :

« Le PCI (pouvoir calorifique inférieur) du granulé de bois est de 4,8 kWh/kg. Ce système est utilisé car il permet de comparer de manière équivalente les différents systèmes de chauffage. Sachant que pour l'électrique, il est de 1. Le chauffage a donc nécessité 2 510 kWh d'énergie. Si l'on compare avec l'électricité, la facture est estimée à 301 € (à 12 c/kWh). Pour comparer avec un volume de fioul (avec un PCI de 10,47 kWh/L), il aurait fallu 240 L. »

On peut retenir de l'expérience qu'en chauffant de manière confortable, les consommations restent réduites et les factures peu élevées…

Les données météorologiques ont été transmises par Météo France et concernent la commune de Niort (79).

Au vu des différents tableaux comparatifs et résultats, les remarques sont les suivantes :

- dans l'ensemble, l'hiver 2012-2013 a été plus frais que l'hiver 2011-2012 (à l'exception des mois de février et avril), avec moins d'insolation et de rayonnement (à l'exception de décembre et avril) ;
- février 2013 a été un mois plus doux par rapport à février 2012, mais avec moins de rayonnement et d'insolation ; de plus, la consigne de chauffe était plus importante, en raison de la présence d'un nouveau-né (consommation donc quasi identique) ;
- mai 2013 a été nettement plus frais, avec un manque notable d'insolation et de rayonnement ; cela a occasionné un prolongement de la saison de chauffe et donc une consommation de pellets plus élevée.

Conclusion

- L'hiver 2012-2013 a été moins favorable pour le fonctionnement bioclimatique de la maison (du fait des apports solaires moindres), avec des températures moyennes un peu plus basses. Le climat n'est toutefois pas la seule raison de la différence de consommation, liée aussi à l'usage et l'utilisation différents de l'habitation.
- Remarque : il s'agit de moyennes. Il faudrait décomposer les résultats pour avoir un aperçu plus performant. De plus, de nombreux éléments climatiques rentrent en ligne de compte, notamment le vent et le taux d'humidité, qui ont une influence non négligeable sur les besoins en chauffage.

Étude thermique

Une étude thermique suivant la RT 2012 a été demandée au BE GJH Conseil pour voir si le projet respecte les nouvelles normes.

Un test d'étanchéité à l'air a également été réalisé, afin de déterminer les zones de fuites du projet. Une estimation des consommations de chauffage et de granulés a été obtenue, d'après l'étude des résultats du test d'étanchéité à l'air.

Eyrolles.

Le projet est complexe : plusieurs volumes, avec différents usages et zones de chauffe.

Données du projet

La version prend en compte la buanderie et l'atelier dans le volume chauffé et donc dans la Shon RT et dans la Shab. Seul le grenier n'est pas pris en compte. Les ratios de surface desservie poêle/effet Joule sont 95/05 %, pour être plus proche de la réalité, puisqu'il n'y a qu'un radiateur électrique dans la salle de bains.

	SHON RT (M^2)	SHAB (M^2)	VOLUME (M^3)	SHAB (M^2)
Projet perméabilité conforme RT 2012	169,9	132,1	315,9	2,55
Projet perméabilité mesurée	169,9	132,1	315,9	6,15

Valeur d'étanchéité à l'air

	Q4PA-SURF ($M^3/H/M^2$)
Projet perméabilité conforme RT 2012	0,60
Projet perméabilité mesurée	1,46

Valeur Bbio ou besoin bioclimatique

	BBIO	BBIOMAX	
Projet perméabilité conforme RT 2012	41,4	55,0	Passe suivant la RT 2012.
Projet perméabilité mesurée	58,4	55,0	Ne passe pas suivant la RT 2012. RT

Remarque

Le résultat du test d'étanchéité à l'air est médiocre et ne permet plus de passer dans les critères de la RT 2012.

Valeur : le Cep ou consommation d'énergie primaire du bâtiment

	CEP	CEPMAX	
Projet perméabilité conforme RT 2012	53,3	60,0	Passe suivant la RT 2012.
Projet perméabilité mesurée	68,1	60,0	Ne passe pas suivant la RT 2012.

Remarque

Le résultat du test d'étanchéité à l'air est médiocre et ne permet plus de passer dans les critères de la RT 2012. De plus, nous n'avons aucun système de chauffage et d'eau chaude sanitaire à énergies renouvelables.

Eyrolles.

Impact sur les calculs de consommations

	CONSOMMATION ÉNERGIE FINALE CHAUFFAGE SEUL (KWHEF/AN)		CONSOMMATION GRANULÉS DE BOIS (KG)
	BOIS	ÉLECTRIQUE (SÈCHE-SERVIETTE)	
Projet perméabilité conforme RT 2012	4 248	263	944
Projet perméabilité mesurée	6 422	395	1 427

Remarque
Le constat est que les défauts d'étanchéité déterminés engendreraient une consommation théorique annuelle supplémentaire de 483 kg, soit 135 €/an (soit, sur une durée d'emprunt moyenne de 25 ans, 3 375 € supplémentaires).

La parole de Jean-Guy, thermicien

« Dans les modèles calculés, la buanderie et l'atelier sont maintenus à 19 °C (comme dans le reste de la maison), alors qu'en réalité la buanderie et l'atelier ne sont probablement pas à la même température que le volume isolé en paille. Ce cas ne peut pas être pris en compte correctement par la RT 2012, qui impose les scénarios de températures et d'occupation selon l'usage des zones. Il est bien possible de définir des espaces tampons, mais les portes de communication sont alors considérées fermées. De plus, pour être réglementaire, la température de ces espaces tampons ne doit pas se maintenir au-dessus de 12 °C en période de chauffe.

« Seule une STD (simulation thermique dynamique) adaptée au contexte pourrait tenter d'approcher le véritable fonctionnement de la maison. »

Note : les pertes calculées par la RT 2012 sont nettement plus importantes que la règle très approximative dite du « n50/20 » pour laquelle on obtenait 1 585 – 657 = 928 kWh d'écart contre plus de 2 000 kWh ici. Cependant, la comparaison directe n'est pas possible, car dans le cas du n50/20, on parle de besoin de chauffage et avec la RT 2012, c'est une consommation qui tient compte des rendements et des hétérogénéités de répartition spatiale et temporelle de la température. Il faudrait aussi comparer avec la méthode de calcul retenue dans le PHPP, qui permettrait un affinement des prévisions de consommation.

Définitions

Le PHPP est le logiciel de conception de maison passive se présentant sous feuille de calcul Excel. L'institut de la maison passive (Passivhauss Institut) fut créé en 1996 par le Dr Wolfgang Feist.
L'objectif du PHPP est de promouvoir et faciliter l'application des concepts de la maison Passive dans la construction.
Mais c'est aussi l'outil de validation de la construction, qui sert de base pour l'attribution d'une certification. Le logiciel est basé sur les normes européennes, notamment l'EN 13829, l'EN 13790, etc.

La norme N50 est une mesure de perméabilité qui correspond au débit de fuite, à une pression différentielle de 50 Pa, entre l'intérieur et l'extérieur, rapporté au volume chauffé du logement. Cet indicateur est utilisé en Allemagne, en Suisse, en Autriche et pour les labels Passivhaus, Minergie-P..... L'indicateur ne doit pas dépasser 0,60 vol/h (ou h-1) quel que soit le type de bâtiment. (cela correspond à environ une différence vent assez soutenu, environ 30 km/h).

Eyrolles.

Consommations réelles

Suite à toutes ces données, nous allons maintenant étudier la consommation réelle de la maison, au cours des hivers 2011-2012 et 2012-2013.

Ne sont pas pris en compte :

- le sèche-serviette de la salle de bains ;
- la consommation électrique du poêle à granulés ;
- la consommation pour l'eau chaude sanitaire.

Rappel du contexte de l'hiver 2011-2012

- La température demandée est de 20 °C sur une plage de 17 h à 22 h ; le reste du temps, la consigne est fixée à 16,5 °C.
- Lors des journées passées à la maison, deux autres plages de chauffe sont prévues, entre 7 h et 8 h 30 puis entre 12 h et 13 h.
- L'hiver a été rigoureux, cependant les belles journées ensoleillées ont permis des apports non négligeables.

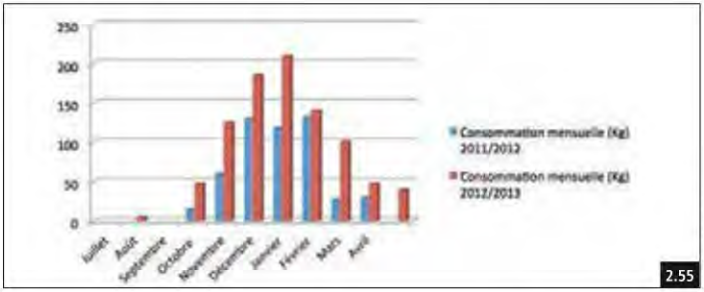
Rappel du contexte de l'hiver 2012-2013

- Arrivée d'un nouveau-né en octobre, et présence sur toute la journée pendant le congé maternité.
- La température de consigne est à 21 °C de 17 h à 22 h, de 7 h à 8 h 30 et entre 12 h et 13 h tous les jours.
- L'hiver n'a pas été très froid, mais très faiblement ensoleillé.
- La maison a été équipée de volets sur toutes les fenêtres.

Ainsi, les deux hivers sont très différents, tant par la météo que par le confort attendu. Il est encore tôt pour dire que les extrêmes ont été atteints, cependant la hausse reste contenue.

2.53
Les zones en bleu soutenu sur l'appareil témoignent d'une zone de refroidissement, due à un défaut d'étanchéité à cet endroit. Ce défaut résulte d'un retrait de l'enduit par rapport au bois et donc d'une infiltration d'air car l'étanchéité n'a pas été traitée.

2.54
Défaut d'étanchéité des menuiseries



2.55
Passebon-Drochon

Sur ce graphique, la différence de consommation est évidente.

La facture s'élève à 247 € pour l'hiver 2012-2013. Cela reste raisonnable, mais représente tout de même une hausse de 70 % par rapport à l'hiver précédent.

Eyrolles.

Sur l'hiver 2011-2012, 523 kg de granulés ont été nécessaires, soit une facture de 145 €. En revanche, l'hiver suivant a vu filer 893 kg de granulés.
Afin de pouvoir comparer les différentes consommations, au regard des résultats attendus par le test d'étanchéité, voici un tableau de synthèse.

Remarque : il est difficile de faire un parallèle entre les valeurs réelles de consommation et les valeurs fournies par le calcul théorique. On peut seulement constater que dans le cas de cette maison, les consommations réelles sont bien moindres que celles calculées (même avec un hiver exceptionnellement long, la naissance d'un enfant et un taux d'ensoleillement moindre).

	CONSOMMATION RÉELLE HIVER 2011-2012	CONSOMMATION RÉELLE HIVER 2012-2013	CALCUL THÉORIQUE TEST ÉTANCHÉITÉ Q4 DE 0,60	CALCUL THÉORIQUE TEST ÉTANCHÉITÉ MESURÉ Q4PA- SURF 1,46
Consommation totale d'énergie finale chauffage seul	2 353 kWhEF/an	4 018 kWhEF/an	4 248 kWhEF/an	6 422 kWhEF/an
Kg de pellet (0,28 centimes/kg)	523	893	944	1 427
Coût réel granulés bois	144,82 €	247,27 €	264,32 €	399,56 €
Équivalent électrique	301,25 €	514,37 €	549,83 €	831,15 €
Équivalent en litres de fioul	239,77 L	409,4 L	437,62 L	661,52 L

Définitions

Les calculs d'étude thermique donnent des valeurs en consommation d'énergie primaire de chauffage.

Une source d'énergie primaire est une forme d'énergie disponible dans la nature avant toute transformation. Si elle n'est pas utilisable directement, elle doit être transformée en une source d'énergie secondaire pour être mise en œuvre. Dans l'industrie de l'énergie, on distingue la production d'énergie primaire de son stockage et son transport sous la forme d'énergie secondaire, et de la consommation d'énergie finale (source : Wikipédia).

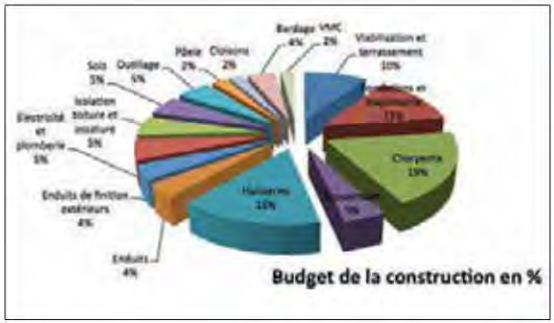
Énergie primaire et énergie finale

Pour apporter une quantité d'énergie à un consommateur, il faut mobiliser une quantité totale d'énergie supérieure, qui inclut les pertes (production, transformation, transport, distribution, stockage) lors de la chaîne énergétique, et qui est appelée énergie primaire. La conversion entre l'énergie utilisable par le consommateur et cette énergie primaire est différente selon que l'énergie utilisée est d'origine électrique ou provient de combustibles fossiles. Pour disposer d'une certaine quantité d'électricité utilisable dans un logement, il faut produire au total 2,58 fois cette quantité à l'origine. La différence, soit 1,58 fois la quantité utilisable, est dissipée sous forme de pertes avant le compteur d'électricité du particulier. Ces pertes se situent par exemple dans la centrale de production électrique, dans les câbles du réseau d'acheminement et dans les transformateurs, sous forme de chaleur. On considère donc qu'il faut 2,58 kWh d'énergie primaire pour produire 1 kWh d'énergie finale électrique non issue du photovoltaïque décentralisé.
L'OPECST a confirmé la pertinence de ce coefficient, qui résulte des lois de la thermodynamique.
(Source : www.developpement-durable.gouv.fr)

Eyrolles.

Le montant total des travaux s'élève à 156 700 € TTC. À cela il faut ajouter le coût du terrain et les frais bancaires : 52 594 € TTC.
Il est très intéressant de constater que 45 % du budget a été absorbé par les travaux de second œuvre, effectués en autoconstruction. Ce prix tient compte uniquement du coût des matériaux. C'est encore un bon exemple du fort impact de l'autoconstruction sur le budget global du projet de construction.

Le prix de revient de la construction est égal à 1 205 € TTC/m². Ce tarif intègre la partie ossature bois, déjà isolée et très facile à rendre habitable. Pour la transformer en pièces de vie, il manque les finitions, les ouvertures et les appareillages électriques nécessaires.



Budget global de la construction de la maison

NATURE DES TRAVAUX	PRIX TTC
Viabilisation et terrassement	14 800
Fondations et maçonnerie	20 900
Charpente	30 200
Couverture	7 000
Isolation toiture et murs (fibres de bois, paille)	7 800
Enduits	5 800
Huisseries	23 500
Électricité et plomberie	8 200
Sols	7 800
Cloisons	3 200
Bardage	6 600
Poêle	3 500
VMC double flux	3 400
Outillage	8 000
Enduits de finition extérieurs**	6 000
Total	**156 700**
Prix/m² Shon	**1 205**
Prix/m² Shob	**761**
Prix/m³ chauffé	**496**
* travaux réalisés en autoconstruction	
** travaux restant à réaliser	

Eyrolles.

La RT 2012 : nouvelle réglementation thermique

La première réglementation thermique date de 1974 (avec application en 1975), suite au choc pétrolier et à la prise de conscience de la nécessité d'économiser l'énergie. Elle s'appliquait aux bâtiments neufs d'habitation. Puis vinrent les RT 1988, 2000, 2005 et maintenant 2012, suite au Grenelle de l'environnement. Par rapport à la RT 2005, la RT 2012 comporte des exigences de résultats, visant à diviser par trois la consommation énergétique moyenne des bâtiments. Elle a pour objectif de généraliser les bâtiments basse consommation. Elle s'applique à l'ensemble des bâtiments dont le permis de construire a été déposé après le 1er janvier 2013 (à l'exception de quelques cas particuliers comme les bâtiments agricoles, les bâtiments provisoires de moins de deux ans, les bâtiments situés dans les DOM…).

Les caractéristiques de la nouvelle réglementation

La RT 2012 peut se résumer en trois points clés, trois exigences de résultat.

Le Bbio ou besoin bioclimatique

Il correspond à l'efficacité énergétique du bâtiment indépendamment des équipements installés. Il est quantifié en nombre de points. Pour les maisons individuelles ou accolées, une modulation permet de tenir compte de la surface, afin de ne pas pénaliser les petites constructions.

Le Bbio prend en compte les éléments suivants.

– L'orientation bioclimatique du projet et la forme générale du bâti.

– L'isolation thermique de l'enveloppe et les ponts thermiques.

Il s'agit là d'un chapitre important de la RT 2012 ; ces éléments doivent être pris en compte à la conception du projet et sont soumis à une mise en œuvre rigoureuse. Les ponts thermiques importants sont à l'origine de gaspillages énergétiques non négligeables, et incompatibles avec les objectifs de la RT 2012.

La perméabilité à l'air

La RT 2012 impose aux constructions neuves d'avoir une perméabilité à l'air inférieure à 0,6 $m^3/h.m^2$ (ou 1 $m^3/h.m^2$ pour les logements collectifs). L'étanchéité à l'air doit être confirmée en fin de chantier par un professionnel indépendant et faire l'objet d'un rapport d'infiltrométrie. La perméabilité à l'air entre dans le calcul du Cep et, lorsqu'elle est inférieure au taux imposé, on obtient un gain sur le Cep.

L'éclairage naturel

La surface totale des baies et portes d'entrée doit être supérieure ou égale à 1/6e de la surface habitable, le but étant de bénéficier au maximum de la lumière naturelle et de limiter les besoins en éclairages artificiels. Pour les vitrages, on parlera de transmission lu-

Eyrolles.

mineuse (Tlw ou Th-L), ou de transmission solaire (Sw ou Th-S) pour exprimer l'apport en énergie solaire.
Ce coefficient remplace le Ubat (coefficient de transmission surfacique moyenne de l'enveloppe) présent dans la RT 2005 et qui prenait en compte uniquement le niveau d'isolation du bâti. Il faut apporter à un projet RT 2012 au minimum 5 kWhep/(m².an) d'énergie renouvelable pour un Cep de 50 kWhep/(m².an).

Le Cep : consommation d'énergie primaire du bâtiment

Acem79

Cette exigence de consommation se limite à 50 kWhep/(m².an), valeur modulable selon les zones géographiques, l'altitude, la surface moyenne des logements, l'usage du bâtiment et les émissions de gaz à effet de serre des énergies utilisées (pour les énergies bois et réseaux de chaleur). Une fois modulée, on l'appellera Cepmax.

Les éléments composant le Cep sont les suivants.

Le chauffage et l'eau chaude sanitaire

La priorité est clairement donnée aux énergies renouvelables et aux appareils de production de chauffage et d'eau chaude sanitaire à haut rendement.

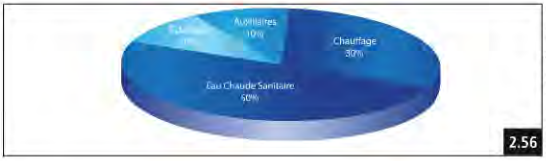
Le refroidissement (éventuel)

L'éclairage

Les produits actuellement disponibles permettent de limiter les consommations liées à ce poste (avancées technologiques et domotiques), mais leurs calculs restent forfaitaires.

Les auxiliaires (pompes et moteurs de ventilation)

L'exigence de consommation porte sur deux usages supplémentaires par rapport à la RT 2005.



Source : Anéo Énergie • Illustration : Acem79

2.56
Répartition schématique des consommations moyennes pour la RT 2012

En clair, la RT 2012 impose le recours à des équipements énergétiques performants à haut rendement.

La Tic (température intérieure conventionnelle)

Cette notion vise un confort d'été dans les bâtiments non climatisés. Il s'agit d'une notion importante, prise en compte pour la première fois dans une réglementation thermique.
Cette exigence constitue une mesure importante de limitation de développement de la climatisation. La Tic du bâtiment doit être inférieure à une valeur de référence Ticref, modulable selon la catégorie du bâtiment, en fonction du type d'occupation et de la localisation (zone climatique, altitude, zone de bruit). Pour ces bâtiments, la réglementation impose que la température la plus chaude atteinte dans les locaux, au cours d'une séquence de cinq jours très chauds d'été, n'excède pas un seuil défini. La maîtrise de la Tic passe par la mise en place de protections solaires adéquates (débord de toit, brise-soleil...), ainsi que par un travail sur l'inertie du bâtiment.
Dorénavant, tous ces critères sont obligatoires pour la construction d'un bâtiment neuf (sauf cas particuliers) et amènent à la réalisation d'attestations et de récapitulatifs, prouvant leur bonne prise en compte.

Les démarches à suivre

Pour résumer le parcours à suivre lors de la construction d'une maison, voici en quelques points les démarches à réaliser.

1. Acquisition du terrain.
2. Conception bioclimatique du projet, volume et choix des matériaux.

Eyrolles.

3. Dépôt du permis de construire et fourniture d'un récapitulatif standardisé d'étude thermique simplifié, transmis par un bureau d'étude thermique.
4. Mise en œuvre dans les règles de l'art.
5. Test de perméabilité à l'air à effectuer (infiltrométrie). La société mesurant la perméabilité à l'air du bâtiment doit être indépendante du bureau d'étude thermique et certifiée Qualibat « Mesureur 8711 ».
6. Résultat de l'étude thermique à faire établir par un bureau d'étude spécialisé.
7. Attestation à fournir à l'achèvement des travaux, avec l'ensemble des résultats des études propres au projet. Ce document doit être établi par l'un des quatre professionnels suivants : architecte, diagnostiqueur pour la maison, bureau de contrôle, organisme de certification si le bâti fait l'objet d'un certificat. Cette attestation permettra de s'assurer de la prise en compte de la réglementation thermique en vérifiant les trois exigences de résultat de la RT 2012, ainsi que de la cohérence entre l'étude thermique conduite et le bâtiment construit, en vérifiant certains points clés par un contrôle visuel sur site ou par un contrôle de documents.

La RT 2012 nécessite, plus que jamais, une concertation entre tous les intervenants du chantier.

En conclusion

Dans la même démarche d'économie d'énergie, la RT 2012 évoluera vers la RT 2020. Alors, les constructions devront être des bâtiments à énergie positive (Bepos), c'est-à-dire qu'ils produiront plus d'énergie qu'ils n'en consommeront.

Afin d'y arriver, le projet passera par le stade Bepas (bâtiment à énergie passive), bâtiment ne consommant pas plus d'énergie qu'il n'en produit. Les techniques telles que la récupération, le stockage d'énergie solaire et l'utilisation des énergies gratuites et renouvelables permettront d'atteindre cet objectif. Pour un bâtiment dit passif, l'évolution vers la RT 2020 signifiera l'ajout de procédés permettant une production d'énergie plus importante à partir des ressources renouvelables. La perméabilité à l'air demandée pour un bâtiment passif est actuellement de l'ordre de 0,2 $m^3/h.m^2$.

Point sur les valeurs

Pour une maison passive (label venant d'Allemagne), les valeurs données pour le test d'étanchéité se réfèrent au n50 ; il faut être inférieur ou égal à 0,6 sous n50.

En France, pour la RT 2012, les valeurs données pour le test d'étanchéité se réfèrent au Q4 ; il faut être inférieur ou égal à 0,6 sous Q4.

Il faut donc être attentif aux valeurs de référence, car 0,6 sous n50 ou 0,6 sous Q4 ne correspondent pas du tout aux mêmes performances.

Q4 : grandeur utilisée en France dans la réglementation

- Il s'agit d'une valeur qui s'exprime en $m^3/h/m^2$ de paroi froide, sous 4 Pa (cette surface est définie réglementairement, il s'agit grossièrement de la surface de parois donnant sur l'extérieur ou sur des locaux non chauffés).
- 4 Pa, c'est très peu, il y a à peine du vent.

n50 : valeur européenne

- Valeur représentative de l'étanchéité réelle.
- Un débit, mais rapporté au volume du logement.
- Différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur de 50 Pa (vent assez soutenu, environ 30 km/h).

Valeurs actuellement demandées

	Q4	N50
BBC-Effinergie	0,6	3*
Maison passive	0,16*	0,6
* équivalence à titre de comparaison		

Pour plus de renseignements sur la RT 2012, vous pouvez consulter le site du ministère du Développement durable et de l'Énergie[3].

3 - *www.developpement-durable.gouv.fr*

Eyrolles.

Les performances des constructions

La RT 2012 est une bonne avancée pour rétablir un peu d'égalité dans la performance des constructions réalisées. Certains constructeurs de maisons individuelles ont évoqué une hausse des prix de 20 % suite à l'application de la RT 2012. Mais pour bon nombre de professionnels, la hausse n'est pas significative et comprend principalement les frais des études, des tests et de l'acquisition d'un système de production à énergie renouvelable. Le reste était déjà bien établi dans les systèmes constructifs proposés.

Sur le cas réel du projet de ce chapitre, il y a une contradiction entre les données (projet ne passant pas la RT 2012) et la réalité mesurée. On peut alors s'interroger sur la pertinence des méthodes de calcul. De plus, la méthode ThBCE utilisée est d'une complexité difficilement compréhensible, ne permettant pas la vérification de sa conformité par les différents acteurs.

L'application sur le terrain

On aboutit à des « absurdités » :

- la RT 2012 n'est pas adaptée aux projets d'extensions, ce qui freine énormément le marché (ou alors certains construisent, mais sans respecter cette fameuse RT 2012) ;
- il faut un système de chauffage régulé, excluant généralement les poêles à bûches ; cependant, on constate que bon nombre de constructions d'une surface plus importante ne possèdent que ce système de chauffage et ont du confort et un fonctionnement très agréable ;
- elle oblige à créer 1/6e de surface vitrée par rapport à l'ensemble de la construction, sans pousser à une orientation raisonnée des ouvertures ;
- une protection solaire est imposée pour les parties nuit, mais pas pour les ouvertures orientées plein sud ou plein ouest ;
- un système à énergie renouvelable est également obligatoire…

Espérons que nous ne nous dirigeons pas vers des réglementations favorisant une approche industrialisée, qui bloquerait l'innovation…

Si l'on se contente du seul respect de la RT 2012, les maisons resteront peu performantes et inconfortables, créant des surconsommations non calculées, mais bien réelles pour la planète et le portefeuille des habitants.

Le bureau thermique est souvent sollicité alors que la conception est déjà réalisée ; le plus logique serait un travail en amont, afin d'avoir une réflexion globale. Les usages domestiques ne sont pas pris en compte, ils peuvent pourtant créer des consommations importantes. Le confort thermique est encore trop laxiste, la Tic pouvant monter jusqu'à 32 °C.

Les produits demandés (appareil de chauffage ou sanitaire) ont une certification, sans prendre en compte les appareils qui ont fait leurs preuves dans le temps, mais qui n'ont pas forcément d'avis technique.

Il est triste de constater que l'ensemble des constructions réalisées par l'entreprise (plus d'une trentaine de maisons paille) ne pourraient plus se faire en l'état. Et pourtant… les personnes qui y habitent et en ressentent le confort n'en changeraient pour rien au monde, d'autant plus qu'elles consomment très peu en termes de chauffage – entre une et quatre stères selon les projets.

Il faut souhaiter qu'un meilleur équilibre soit trouvé d'un point de vue réglementaire. Aujourd'hui, il est possible de construire des maisons très performantes, mais hors de prix. L'essentiel est de trouver des solutions pour développer les constructions des primo-accédants et petits budgets qui se dirigent de plus en plus vers l'achat de maisons déjà construites ou pratiquement en ruines. Or, ces maisons n'étant pas soumises à la réglementation thermique, ils achètent des épaves thermiques, sans avoir les moyens d'améliorer cet état de fait et sans y être obligés non plus… Est-ce vraiment aller dans le bon sens, pour le bien commun ?

Eyrolles.

3 Une maison paille et son étanchéité à l'air

Dans ce projet principalement réalisé en autoconstruction, tout est en place pour un beau travail : les recherches et la préparation sont minutieuses, le savoir-faire du propriétaire agriculteur est judicieux, la toile de fond du chantier est un cadre technique et fonctionnel (implanté sur l'exploitation, avec outillage et zone de stockage à disposition), la main-d'œuvre appliquée et investie (composée de la famille, notamment un père maçon)...

Pourtant, les meneurs du projet en autoconstruction n'y connaissent rien au départ !

Les ingrédients pour ce chantier :

- des autoconstructeurs qui sont l'âme du projet, munis de motivations, d'objectifs et de rêves ;
- des personnes référentes (professionnels, famille, amis, connaissances...) qui apporteront conseils et validations techniques tout au long du parcours, mais aussi réconfort, coup de main, etc. ;
- un outillage de qualité pour réaliser un travail de qualité, tout en gagnant du temps et la sécurité.

Cette dimension humaine est fortement ressentie par l'équipe de charpentiers présents sur le chantier pour le levage de la charpente. Sans oublier la touche artistique pour les décorations sur les différents enduits de la maison.

Ligner

3.1

3.1
Maison bois et paille à Courlay (79)

Les avantages et inconvénients du projet

Les plus :

- phase de préparation et de réflexion ;
- compacité du poêle de masse ;
- intégration des meubles bien anticipée ;
- suivi de chantier (temps de réalisation, recettes...).

Les moins :

- temps passé entre le levage et la réalisation des autres travaux ;
- OSB sur plancher ;
- dalle béton sur terrasse à l'angle ouest (risques importants de rejaillissement, matériau non drainant) ;
- encastrement des réseaux de plomberie, les rendant non accessibles.

La genèse du projet

La première inspiration vient de l'ouvrage d'André de Bouter *Bâtir en paille*. Les autoconstructeurs trouvent l'idée particulièrement intéressante : si un jour ils construisent une maison, elle sera en paille.

Dix ans plus tard, l'arrivée d'un quatrième enfant et le désir de se rapprocher de leur exploitation agricole les incitent à franchir le pas. L'aventure peut commencer.

Le couple s'est décidé sans jamais avoir visité de construction paille ni participé à un chantier de la sorte (leur seule expérience est l'étable de l'exploitation que le conjoint a construite avec son père, maçon de métier). Même chose pour les enduits terre : ils ont eu un coup de cœur pour ce matériau et tout est venu naturellement. Ils reconnaissent que prendre le temps de suivre des formations aurait été enrichissant. Mais

Eyrolles.

justement, le temps leur manquait. Ils ont cependant lu de nombreux ouvrages de référence sur la construction paille, les enduits, l'isolation écologique... soit un budget total de 300 € alloué à ces ouvrages.
Lui cumule un travail à plein temps dans l'exploitation agricole et un emploi de chauffeur-livreur chez un horticulteur, quelque 70 heures par semaine. Pratiquement, il peut se consacrer à temps plein à la maison durant certaines périodes de l'hiver et en fin d'été. Elle est employée de bureau et travaille pendant les saisons ; elle aide également à l'exploitation agricole.

Portrait du projet

Maître d'œuvre et maître d'ouvrage : Sylvie et Philippe, les propriétaires
Dessinateur : Sylvie et Philippe, les propriétaires

Ligner

Terrassement, phytoépuration et aménagements extérieurs : Ets JM. Gaufreteau
Charpente : SARL Bois et Paille
Fournisseur paille : Sylvie et Philippe, les propriétaires
Le reste des travaux a été réalisé en autoconstruction.
Surface : 154 m² habitables
Budget :
- 788 € TTC/m² Shon
- 470 € TTC/m² Shob
- 248 € TTC/m³ chauffé

La chronologie et les différentes étapes

La conception et les plans

Sylvie a passé une centaine d'heures juste pour la conception du plan de la maison sur logiciel : le temps de trouver le bon plan, de ne pas dépasser 170 m² habitables pour ne pas avoir recours à un architecte.

Tout est intégré dans son plan : la place de chaque meuble, chaque rangement... Le 3D lui a permis de bien se rendre compte des volumes pour positionner au mieux les pièces et les portes (par exemple, elle ne voulait pas voir du salon la porte des WC). Chaque détail a été pris en compte et le résultat et là !

Exemples de temps effectif de travaux réalisés

ACTION	NBRE DE PERSONNES	HEURES CUMULÉES	SURFACE VIDE POUR PLEINS EN M²	MINUTES/M²
Mise en œuvre du mur paille en autoconstruction		370	180	125
Pose des menuiseries extérieures en autoconstruction	3	40	18 menuiseries	Soit environ 133 min/menuiserie
Pose des tuiles en autoconstruction	4	84	161	31
Pose du frein-vapeur en autoconstruction	3	63	161	23
Insufflation de la ouate de cellulose en toiture en autoconstruction	2	28	161	10
Mise en œuvre de l'électricité en autoconstruction	2	224		
Mise en œuvre de la chape maigre et de la tomette	2	112	120 m²	56

Eyrolles.

Chronologie des travaux

Conception projet et acceptation PC : janvier à septembre 2010 – 9 mois
Gros œuvre (fondations, maçonnerie, charpente...) : octobre 2010 à juillet 2011 – 11 mois
Paille : août 2011 – 1 mois
Enduit : septembre 2011 à octobre 2011 – 2 mois
Second œuvre et finitions : novembre 2011 à juin 2013 – 19 mois

Levage de la charpente

Le projet part sur de très bonnes bases. La maçonnerie réalisée en autoconstruction a été parfaitement réussie ; il est rare de rencontrer un travail d'une telle qualité, dans les équerrages, niveaux...

3.4

3.4
Charpente levée au terme d'une semaine et demie de levage

Détail de la préparation avant le levage

Le plot porteur (dés de béton de 50/50) se trouve en dessous du niveau de la dalle comme le montre la première photo. Cela peut être envisagé dans les cas de mise en œuvre d'une dalle isolante, de type chaux/pouzzolane, comme ici. À noter toutefois : le poteau repose bien sur le plot béton (protégé par une barrière de capillarité).

3.5

Vient ensuite la préparation pour la mise en place des équerres, qui viendront liaisonner la charpente à la maçonnerie ; on peut le voir sur les deux photos suivantes. Il est très important de nettoyer tous les trous, afin d'obtenir une liaison mécanique parfaite.

3.6

3.7

Eyrolles.

La structure et la toiture

Il s'agit d'une structure bois simple, réalisée grâce au bon travail de préparation du couple.
Deux versions de structure sont possibles pour l'isolation de la toitureen l'occurrence, il s'agit ici de la version V1, pour une isolation en toiture avec des chevrons porteurs en 45/220 mm, formant saillie extérieure.

La dalle chaux/pouzzolane

Ce choix de dalle s'explique par plusieurs raisons :
- la possibilité de la mettre en œuvre avant la mise hors d'eau de la maison, car elle ne craint pas la pluie (contrairement à la dalle chaux/chanvre) ;
- une résistance mécanique intéressante pour porter des charges importantes (exemple : dallage en pierre) ;
- sa capacité à perspirer ;
- la facilité de mise en œuvre.

Et c'est quoi la pouzzolane ?[1]

Il s'agit d'une roche d'origine volcanique à structure alvéolaire, que l'on trouve dans des carrières du Massif central. Pierre rougeâtre à brune, son nom vient de la ville de Pozzuoli, proche de Naples, où les Romains l'exploitaient déjà comme adjuvant à la chaux pour augmenter son hydraulicité.
Densité : 650 à 1 000 kg
Conductivité : 0,10 à 0,20
Chaleur spécifique en j/kg.K : 1 000
Résistance à la diffusion de vapeur d'eau : 2 à 4
Cette roche s'utilise couramment :
- **en jardinerie pour les assainissements ;**
- **en adjuvant à la chaux pour drainer des toitures ;**
- **pour effectuer des dalles isolantes.**

La recette de la dalle chaux/pouzzolane utilisée par les autoconstructeurs est affichée sur le chantier, une astuce qui sert à éviter les erreurs de dosage :
- 1,5 seau d'eau ;
- 7 seaux de pouzzolane ;
- 3 seaux de sable ;
- 1 sac de Betochaux ;
- de l'eau au jet.

Trois bétonnières tournent pour alimenter le chantier. Des cales en chaux/pouzzolane sont installées, afin de délimiter la hauteur de dalle souhaitée.

Ligner

3.8
Détail du solivage et du contreventement

3.9
Installation des cales pour délimiter la hauteur de dalle

1 - *Jean-Pierre Oliva et Samuel Courgey, L'isolation thermique écologique, éd. Terre Vivante.*

Eyrolles.

La texture du mélange chaux/pouzzolane demande une attention particulière : une fois les matériaux ajoutés, il faut laisser tourner la bétonnière suffisamment pour que la chaux enveloppe bien toutes les alvéoles de la pouzzolane.

3.10

Le mélange chaux/pouzzolane est versé au sol, puis tiré à la règle afin d'obtenir une dalle plane et de niveau. On peut marcher dessus au bout de quelques jours de séchage et ainsi continuer les travaux sans plus attendre !
L'aspect de la dalle reste granuleux : en surface, quelques fragments de roches peuvent se décoller. Rien de grave, c'est la chape de ragréage qui fera le niveau et la surface plane.

Ligner
3.11

3.10
Texture du mélange chaux/pouzzolane

3.11
Tirage de la dalle

3.12
Bonne anticipation de la pose des bâches de protection

3.13
Montage et compression des murs paille

La pose de la paille

Sylvie et Philippe sont agriculteurs ; la paille provient directement de leur exploitation. Ils auraient pu prendre en compte le carburant, la ficelle, le temps de travail personnel et l'usure du tracteur, mais ils ont indiqué un prix de revient nul pour le matériau paille. Aussi, contrairement aux autres projets étudiés dans cet ouvrage, il n'y aura pas de poste paille dans le budget général.
Le mois d'août 2011 est consacré à la pose des murs en bottes de paille. Au préalable, la couverture en tuiles a été posée, ainsi que la plupart des précadres. La préparation de chantier est particulièrement soignée, notamment avec l'anticipation de la mise en place des bâches, qui pourront s'enrouler et se dérouler selon les besoins.

3.12
Ligner

Six personnes étaient présentes à la première journée de formation pour le montage des murs en bottes de paille. Il vaut mieux être peu nombreux à cette première journée, afin que chacun reste concentré et disponible sur les différents gestes à retenir et les phases successives à respecter. S'il y a trop de monde, l'attention peut parfois être détournée et le maître d'ouvrage excessivement sollicité.
Au total, quelque 370 heures de travail ont été nécessaires

3.13
Ligner

Eyrolles.

pour la pose des bottes, soit deux heures environ par mètre carré de mur (2 h 05/m²).

Les enduits extérieurs à la chaux

Ensuite arrive le temps de l'application de la première couche d'enduit chaux pour le gobetis.

Ligner

3.14

3.14
Application d'enduit chaux pour le gobetis (attention, l'échafaudage est non conforme !)

Les budgets...

À ce sujet, on pourra également voir dans le budget total que le poste outillage est de 1 655 € TTC, ce qui reste une somme très modique, dans la mesure où la plus grande partie des travaux a été réalisée en autoconstruction. Les raisons sont multiples, mais les deux principales sont que les propriétaires disposent déjà de beaucoup d'outillage et d'engins (par leur profession), et qu'ils sont astucieux dans leur utilisation !

Les recettes utilisées

Gobetis : 5 volumes de NHL 3,5 (un sac de 35 kg) pour 7 volumes de sable.
Couche de corps : 5 volumes de NHL 3,5 (un sac de 35 kg) pour 8 volumes de sable.
Finition : 1 volume de NHL 2 pour 3,5 volumes de sable (0-2).

Au total, ils ont utilisé :

- 88 sacs de 35 kg pour les deux premières couches (le gobetis et la couche de corps) ;
- 23 sacs de chaux colorée n° 25 pour la finition.

Temps passé : surface 180 m² vide pour pleins

COUCHE	NOMBRE D'HEURES	MIN/M²	TYPE D'APPLICATION	NOMBRE DE PERSONNES
Gobetis + dégrossi	**55 h**	**18 min**	Avec sablon	1 projette, 1 charge, 1 fait la colle.
Couche de corps (hors arrondis menuiserie et angles)	**140 h**	**47 min**	Avec sablon et à la main	1 projette, 1 charge, 1 fait la colle.
Finition	133 h	44 min	À la main	4 personnes
DÉCOMPOSITION				
Couche de corps angles 26,5 ml par 6 angles	40 h	90 min/ml	À la main	2 posent, 1 lisse et charge.
Arrondis menuiserie (57 ml)	120 h	120 min/ml	À la main	1 personne
Finition angles et menuiseries	116 h	83 min/ml	À la main	1 personne

Eyrolles.

Le plus de ce chantier est la fibre de verre marouflée dans la couche de corps, sur l'ensemble de la maison (soit cinq rouleaux de 50 m²), facilitant beaucoup le travail.

Ligner 3.15

Les différents choix de finitions intérieures

Les matières se mélangent dans la maison :

- les cloisons sont isolées en fibres de chanvre et de lin ;
- la toiture est isolée en ouate de cellulose ;

Ligner 3.16

- les sols sont recouverts de parquet en châtaignier ou de tomettes ;
- le plafond est paré de lambris bois ;
- les murs paille sont enduits en terre à l'intérieur.

Ligner 3.17

Le poêle de masse

Les propriétaires ont également fait des choix intéressants comme celui d'autoconstruire leur poêle de masse.

Ligner 3.18

3.15
Vue d'en haut, après la première passe d'enduit chaux

3.16
Cloison intérieure isolée

3.17
Les enduits terre à l'intérieur

3.18
Circuit d'air du poêle de masse

Eyrolles.

Ligner

3.19

Ligner

3.20

Ils l'ont acheté en kit auprès d'une entreprise française[2] qui a travaillé sur la question des poêles de masse destinés aux maisons écologiques, bien isolées. Elle propose un poêle plus petit qui pèse 1 000 à 1 200 kg, facile à monter seul. La réalisation est vraiment accessible, même aux moins bricoleurs : le modèle est envoyé avec les plans et un DVD de montage (voire une assistance téléphonique pour des conseils personnalisés).
Les éléments du poêle sont en béton réfractaire.

Les touches décoratives finales

Non seulement le couple réalise la plupart des travaux, mais en plus, la qualité des finitions est remarquable. Sur les murs paille, tout pousse, même les dessins...

3.21

3.19
Montage du foyer

3.20
Le poêle avant enduit : les éléments sont en béton réfractaire.

3.21
Peinture sur rond de chaux, décorant les murs enduits à la terre.

2 - *La société Pirard*

Eyrolles.

Les conseils de Sylvie pour la réalisation de peintures

Quand j'ai vu toutes les peintures de Sylvie, j'ai vraiment été impressionné. Alors, je lui ai demandé si l'on pouvait introduire dans cet ouvrage un petit encadré pour prodiguer ses conseils. Voici sa réponse : « Je ne sais pas quoi donner comme conseil, je n'ai pas assez d'expérience… sinon, de ne pas hésiter et de se lancer, ce n'est pas compliqué. » Soit !
Elle a également détaillé certaines techniques : « Je n'ai pas fait de peinture directement sur la terre. Dans le salon, pour les ronds, j'ai fait un enduit chaux, mais c'est vrai que ça a été difficile. Je n'ai voulu utiliser que des pigments ; cela fusait et les traits n'étaient pas nets. J'ai failli tout refaire, mais finalement, le résultat est correct. Si je le refaisais aujourd'hui, je prendrais tout simplement de la peinture acrylique, mais cela tiendrait sûrement moins dans le temps. »
Donc voilà, à vos pinceaux, puisque c'est facile !

3.22
Évier fait maison dans la buanderie et déco de cailloux collée sur l'OSB

3.23
La salle de bains et ses volutes organiques au mur

3.24
La maison avant l'emménagement

Ligner
3.22

La maison est finie : tout est fin prêt pour l'emménagement.
La quasi-totalité des travaux est réalisée en auto-construction (pose de la VMC, des huisseries, plomberie…) et les propriétaires ont consigné leur temps de travail pour chaque poste. Ce sont de bons repères temporels pour la réalisation de différentes tâches… excepté pour la réalisation des enduits terre intérieurs où les calculs n'ont pas été transcrits. Quand on leur demande le nombre d'heures passées, la réponse est : « Beaucoup ! ».

3.23
Ligner

3.24

Eyrolles.

Le budget

Le prix de revient de la construction est égal à 788 € TTC/m² Shon (en incluant le garage), ce qui est un coût vraiment intéressant, au vu de la qualité des finitions obtenues. Dans cet exemple de chantier paille, l'autoconstruction permet d'obtenir un projet à petit budget, avec une vraie qualité de réalisation et une recherche esthétique avancée.

Budget global de la construction de la maison

NATURE DES TRAVAUX	PRIX TTC
Conception	60
Viabilisation et terrassement	6 160
Fondations	3 640
Dalle chaux/pouzzolane	4 080
Charpente	43 680
Couverture	3 690
Enduits	3 250
Huisseries	20 870
Électricité et plomberie	7 660
Isolation/étanchéité toiture	2 435
Finitions intérieures	10 230
Poêle de masse	6 710
Garage	2 320
Phytoépuration et aménagement extérieur	4 885
Outillage	1 655
Total	**121 325**
Prix/m² Shon	**788**
Prix/m² Shob	**470**
Prix/m³ chauffé	**248**
Travaux réalisés en autoconstruction	

3.25
Pourcentage du budget des travaux

Eyrolles.

L'étanchéité à l'air

Le mot « isoler » vient du terme latin *insula*, au sens de séparer.
L'efficacité de nos matériaux isolants est due au fait qu'ils emprisonnent une quantité importante d'air, sans convection possible (à l'échelle microscopique). L'efficacité d'un mur vient du fait que cet isolant est dans une atmosphère immobile, donc parfaitement étanche au vent et à l'air. Un petit exemple : en hiver, vous mettez un pull en laine pour avoir bien chaud ; par contre, si le vent commence à souffler, le pull ne vous maintient plus à la bonne température et vous enfilez votre coupe-vent !

Isolation à l'air et confort thermique

Il faut éviter tout flux parasite dans l'isolant :
- le vent qui pénètre dans le mur abaisse les performances de l'isolant ;
- l'air chaud et humide qui rentre dans l'isolant génère des fuites, de l'humidité, etc. ;
- l'air chaud extérieur de la saison estivale…

Un cas concret : selon une étude de l'Institut de Stuttgart, pour une fente d'un millimètre sur un mètre carré d'étanchéité à l'air, le R de l'isolant est détérioré de 4,8 (si R = 3,53 alors R réel = 0,73). Une maison de 80 m² Shab avec fuite consomme autant qu'une maison de 400 m² Shab étanche à l'air.

Les désordres liés à l'humidité

En dehors de l'impact sur le confort thermique de l'habitat, il y a d'autres raisons de s'intéresser à l'étanchéité à l'air. Dans le bâtiment, les désordres liés à l'humidité sont importants en nombre et en coût.

Les effets sur les matériaux

Les principaux effets de l'humidité sur les matériaux sont :
- dégradation du matériau ;
- modification des propriétés thermiques ;
- modification des propriétés mécaniques ;
- modification chimique ;
- développement de moisissures allergènes.

La production d'humidité dans la maison

L'humidité intérieure varie avec le type d'activité et d'occupation du local. Elle dépend :
- du nombre d'occupants ;
- de leur activité physique ;
- du renouvellement d'air ;
- des déperditions thermiques ;
- des ouvertures…

En revanche, pour une habitation, on peut faire une approximation de la production de vapeur d'eau dans un logement habité par quatre personnes : en comptabilisant les activités journalières (repos, activité physique, lessive, toilettes, cuisine), on arrive à une fourchette de 10 à 25 kg d'apport d'humidité dans la maison, par jour et pour quatre personnes (selon le guide technique du CSTB, *Transferts d'humidité à travers les parois*).
Il est donc impératif de protéger l'isolant de notre maison de cette charge importante d'humidité, car les dégâts, à long terme, deviennent de véritables sinistres.

Eyrolles.

Une maison perspirante

Il faut également noter que les exigences concernant l'habitat ont largement évolué : l'optique générale est d'avoir bien chaud et, surtout, de moins consommer d'énergie pour se chauffer. Pourtant, certains maîtres d'ouvrage ne veulent pas d'une maison étanche à l'air, car ils pensent que cela signifie ne pas respirer ! C'est une mauvaise compréhension des différents termes et enjeux.

La maison ne respire pas (la comparaison avec la respiration serait plus en lien avec la ventilation) mais elle est perspirante. Par analogie, la peau est perspirante (elle permet un échange gazeux entre le corps et l'environnement), mais elle est étanche à l'air.

Il ne serait pas acceptable qu'il y ait un jour entre la menuiserie et la maçonnerie. Pourtant, on l'accepte indirectement puisque dans les maisons, les fuites d'air correspondent à une fenêtre ouverte en permanence. En réalité, les habitats doivent être étanches à l'air. Par contre, on fait le choix qu'ils soient plus ou moins ouverts à la vapeur d'eau.

La vapeur d'eau traverse ou non la paroi, par diffusion, en fonction du passage qu'on lui laisse, c'est-à-dire en fonction des matériaux que l'on utilise :

- matériaux totalement hermétiques aux échanges de vapeur d'eau, qui n'offrent pas de passage à la vapeur d'eau : aluminium, verre, feuille de métal ;
- matériaux ouverts à la vapeur d'eau : frein-vapeur, enduit chaux, enduit terre, enduit plâtre, panneaux de bois…

Ce que dit le DTU

En France, le DTU 31.2 (actuel) impose la mise en œuvre d'un pare-vapeur de façon systématique :

« Ils doivent avoir une perméance ≤ 0,005g/m^{2}h.mmHg.

On utilise :

- les films polyéthylène conforme d'épaisseur e ≥ 100 µm ;
- les films polypropylène conforme d'épaisseur e ≥ 100 µm ;
- ou tout autre matériau de qualité équivalente. »

Le document technique unifié indique de mettre en place une membrane avec un Sd ≥ 18 m. Ceci implique de prendre de grandes précautions pour que la paroi soit durable, lors de la réalisation.

Ce que disent le bon sens et l'expérience

Partant du principe que l'imprévu peut créer des passages dans un mur (défaut de mise en œuvre, altération dans le temps, matériaux plus diffus, humidité des matériaux de construction…), il est nécessaire de :

- ne pas piéger l'humidité dans le mur ;
- avoir une réflexion globale de la paroi en fonction des matériaux utilisés, de l'extérieur vers l'intérieur.

En conclusion, une paroi perspirante est une paroi qui permet à la vapeur d'eau de traverser ces différentes couches. (Pour rappel : molécule de vapeur d'eau > molécule d'air < molécule d'eau.)

Maison perspirante et ventilation

Bénéficier de murs perspirants ne signifie pas qu'on peut se passer de ventilation. La ventilation permet de chasser l'humidité en excès. Les murs perspirants ne gèrent que 5 à 10 % de l'humidité d'une maison, ils sont surtout conçus pour éviter de piéger l'humidité. Comment se fait-il que dans nos maisons, notamment en paille, l'air soit plutôt sec ?

- L'utilisation de nombreux matériaux hygroscopiques, qui stockent l'humidité en excès (éponge à humidité), comme la terre, le bois… permet d'assécher l'air.
- L'utilisation d'un chauffage au bois assèche également l'atmosphère.

Calcul de la diffusion de la vapeur d'eau

Les *Règles professionnelles de la construction paille* abordent évidemment le sujet de la diffusion de la vapeur d'eau. Des tableaux existent également pour

Eyrolles.

calculer la valeur Sd qui représente une couche d'air ayant la même perméance à la vapeur d'eau qu'une épaisseur de matériau donnée. On la note ainsi :
Épaisseur d'air équivalente : Sd [m].Sd = μ × ép.
• μ = coefficient de résistance à la diffusion de vapeur d'eau du matériau ;
• ép = épaisseur (en mètres).

Règles de migration de la vapeur d'eau

En présence d'un enduit extérieur et intérieur

La règle à observer : l'enduit intérieur doit être plus fermé que l'enduit extérieur, ou la valeur Sd doit être inférieure à 1 m.
Sdext < Sdint et Sdext ≤ 1 m
Exemple :
• pour un enduit chaux constitué d'un gobetis à la chaux d'un μ de 14, d'une épaisseur de 15 mm, la valeur Sd est de 0,21 + corps d'enduit ; pour un μ de 13, une épaisseur de 10 mm, la valeur Sd est de 0,13 + finition à la chaux ; pour un μ de 12, une épaisseur de 5 mm, la valeur Sd est de 0,06, on obtient un total 0,21 + 0,13 + 0,06 = 0,40 m ;
• si l'on souhaite un enduit terre intérieur, on sait que l'enduit terre a un μ moyen égal à 10. Il faudra 0,40/10 soit un minimum de 0,04 m ou 4 cm d'enduit terre. Toutefois, notre enduit extérieur ayant une valeur Sd inférieure à 1 m, l'épaisseur de l'enduit intérieur n'a pas d'importance (données suivant les règles établies dans les règles pros paille).

En présence d'un enduit extérieur et de panneaux OSB à l'intérieur

La règle à observer est Sdext ≤ Sdint/5.
Exemple :
• si on met en œuvre des panneaux d'OSB de 12 mm en intérieur, le μ moyen est égal à 217, soit un Sd de 0,012m x 217 = 2,604 ;
• si on a un enduit chaux à l'extérieur, il faudra un Sd extérieur maximal de Sdint/5 soit 2,604/5 = 0,52 ;
• nous ne devons pas avoir une composition d'enduit avec une valeur Sd supérieure à 0,52 m ; avec l'enduit chaux (exemple ci-dessus), nous sommes dans les bonnes valeurs, car 0,40m < 0,52 m.

L'étanchéité à l'air dans la construction paille

Dans les maisons en paille, il y a de nombreux détails à gérer en termes d'étanchéité à l'air : tout raccord entre parois ou matériaux différents est à réaliser avec des matériaux qui ont une certaine souplesse (acceptant les mouvements du bâtiment) et un pouvoir d'adhérence important. Il faut également anticiper les éventuelles fissurations, car même s'il n'y a pas de fissures apparentes, il pourra s'en créer au fil du temps.

Détail de l'étanchéité entre l'enduit intérieur et la dalle

Pour l'application, il faut absolument dépoussiérer la dalle béton et l'enduit chaux, à l'aide d'une balayette et d'un aspirateur, puis appliquer un accrocheur de type Tescon Primer.
Il faut ensuite appliquer l'adhésif. Il s'agit ici du Vana large de chez Proclima ; il fait 15 cm, car il doit recouvrir la lisse en bois (qui n'était pas intégralement enduite).
Coût :
• Proclima Vana 150 mm : 1,89 € HT/ml ;
• Proclima Tescon Primer AC : 0,23 € HT/ml.

3.26

Eyrolles.

Dans ce cas, l'enduit recouvre complètement le bois de la lisse basse, un adhésif de 60 mm de large suffit alors pour faire le raccord d'étanchéité entre le mur et la dalle.

Coût :

- Proclima Vana 60 mm : 0,68 € HT/ml ;
- Proclima Tescon Primer AC : 0,23 € HT/ml.

3.27

Pénétration des réseaux dans la dalle

Cette étanchéité est à réaliser pour tous les réseaux pénétrant dans la dalle et allant du volume chauffé au volume non chauffé (adhésif de type Tescon, ou Black Band de chez Rothoblass).

Coût : Black Band de chez Rothoblass : 2,40 € HT/ml.

3.28

Raccord enduit/menuiserie

Exemple n° 1

On colle le Contega PV sur la menuiserie puis on l'enrobe dans la couche de corps.

Retour d'expérience : ce produit est difficile à appliquer, car la maille de la trame à enduire est trop petite. Plus généralement, les enduits de couche de corps sont difficiles à faire pénétrer. Avec les enduits terre, lors de la rétractation de l'enduit, l'adhésif peut se décoller du support bois.

On peut avantageusement remplacer ce produit par l'adhésif Siga Fentrim 20, préplié et spécial pour l'étanchéité intérieure des menuiseries. Il est ensuite facile à enduire, grâce à sa zone de trous perforés.

Coût :

- Proclima Contega PV : 1,97 € HT/ml ;
- Siga Fentrim 20 : 2,43 € HT/ml.

3.29 et 3.30
Une fois la couche de corps réalisée, l'enduit de finition vient recouvrir le retour.

3.29

3.30

Eyrolles.

Exemple n° 2

3.31
1. Application de l'adhésif de coin Corvum, pour le raccord de la menuiserie et du bois.
2. Raccord bois/enduit.
3. Application de l'adhésif Tescon Vana, entre l'enduit et la pièce d'appui en bois (on aura préalablement appliqué un accrocheur type Tescon Primer sur l'enduit).

Coût :
- Siga Corvum 12/50 : 1,58 € HT/ml ;
- Proclima Tescon Primer AC : 0,23 € HT/ml ;
- Proclima Vana 60 mm : 0,68 € HT/ml.

Raccord mural d'un film frein-vapeur et d'un enduit

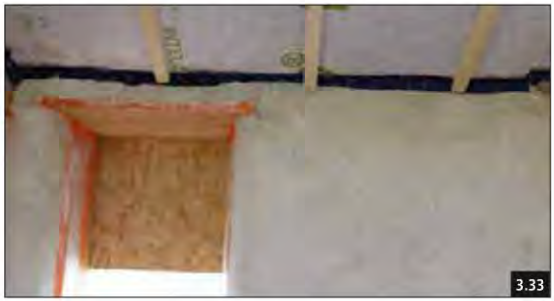
Une solution intéressante à appliquer : attendre le séchage de l'enduit (terre ou chaux), puis coller un adhésif de type Profil ou Vana de chez Proclima. Suivant le type de support, il faudra veiller à appliquer auparavant un fixateur, de type Tescon Primer, qui permettra une bonne accroche sur l'enduit.
Cette solution est efficace ; il faut cependant un enduit de finition assez épais pour le recouvrir (éviter un tadelakt trop fin pour cacher l'épaisseur de l'adhésif).

Penser aussi à tester l'accroche de l'enduit de finition sur l'adhésif et ne pas hésiter à passer une couche d'accrocheur.

Coût :
- Proclima Profil 60 mm : 0,91 € HT/ml ;
- Proclima Tescon Primer AC : 0,23 € HT/ml.

Raccords plafond/mur d'un film frein-vapeur et d'un enduit

Le principe est le même que pour le raccord mural précédent. Il faut penser à poser l'adhésif avant les tasseaux qui recevront la finition de plafond.



Eyrolles.

Coût :
- Proclima Profil 60 mm : 0,91 € HT/ml ;
- Proclima Tescon Primer AC : 0,23 € HT/ml.

On peut également faire le choix de coller le frein-vapeur sur l'enduit avec une colle de type Siga Primur.
Coût : Siga Primur : 1,29 € HT/ml.

3.34

Raccord plafond/mur d'un frein-vapeur et d'un mur paille

On peut choisir de poser le frein-vapeur avant la réalisation de la couche de corps ; dans ce cas, on met en œuvre une adhésif large, de type Contega FC 15 cm.
Coût : Proclima Contega FC 15 cm : 1,09 € HT/ml.

3.35

Raccord d'un mur ossature bois et d'un enduit

On colle l'adhésif Contega PV sur l'OSB. Les panneaux d'OSB sont utilisés comme étanchéité à l'air. L'enduit de corps qui sera mis en œuvre sur le mur paille viendra ensuite noyer la trame de l'adhésif.
Coût : Proclima Contega PV : 1,97 € HT/ml.

3.36

3.37

3.36 et 3.37
Une fois la couche de corps réalisée, on voit bien que l'adhésif d'étanchéité et sa trame disparaissent complètement.

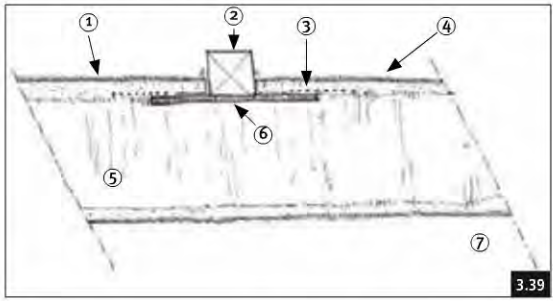
Eyrolles.

Raccord de la structure poteau poutre et d'un enduit à l'aide de panneaux

Certains diront qu'il est difficile de réaliser une étanchéité avec une structure poteau poutre. Il s'agit plutôt d'un manque d'expérience, dans un domaine d'action non vulgarisé. L'étanchéité à l'air est utilisée dans l'ossature bois depuis un certain temps dans les pays limitrophes, qui ont su développer des techniques et obtenir des retours d'expérience. Sur le système poteau poutre, il reste encore un grand champ d'investigations et des actions à développer.
L'enduit intérieur a la fonction de gérer l'étanchéité à l'air, fonction qu'il peut remplir à partir du moment où il est exempt de fissurations. Par contre, une interaction va se créer entre les raccords de la structure poteau poutre et de l'enduit. Dans les six premiers mois, l'enduit va se rétracter et laisser apparaître un jeu entre lui et la structure bois. Puis, au bout de plusieurs mois (et surtout au bout de la première saison de chauffe), la structure bois va se stabiliser du point de vue hygrométrique ; elle va perdre entre 2 et 5 mm par rapport à sa section d'origine (sauf pour les bois de type lamellé-collé...).
Par conséquent, il faut utiliser des moyens adaptés pour réaliser l'étanchéité à l'air tout en permettant les variations de mouvement du bois.

3.38

Il faut réfléchir dès la conception à la manière de limiter les pénétrations de structure dans la couche d'étanchéité. Ensuite, pour les raccords contre la structure poteau poutre, et comme le proposent les règles pros paille, on utilise des panneaux à fixer à l'arrière de la structure.



3.39

On vient véritablement enrober la structure, ici à l'aide de panneaux de Fermacell.

3.40

3.38
Retrait de l'enduit

3.39
1. Finition intérieure. 2. Poteau. 3. Trame à enduire. 4. Intérieur. 5. Paille. 6. Panneau à enduire placé dans une entaille ménagée dans la paille. 7. Extérieur
Exemple de gestion de l'étanchéité à l'air d'une paroi enduite réalisée en bottes de paille au droit d'un poteau
Schéma extrait des *Règles professionnelles de la construction paille*, p. 50, redessiné par C. Hamelin

Eyrolles.

3.41

Il faut penser à bien étanchéifier les raccords des plaques entre elles, à l'aide d'adhésifs de type Proclima Vana, ou de la gamme Siga ou autre.

3.42

3.43

Cette solution permet de traiter les raccords d'étanchéité en amont, avant de monter les bottes de paille. De plus, elle permet de faciliter l'accroche de la couche de corps dans les parties complexes (triangles liés au contreventement). Le temps d'application est de 40 heures environ pour 190 ml, soit à peu près 0,21 h/ml. Cela correspond à environ 0,22 h/surface de façade, sans déduire les ouvertures.

Rappel important : attention aux fissurations

Si l'on n'a pas réussi à obtenir une couche de corps sans fissure (ce qui est l'idéal à rechercher), il est impératif de procéder au rebouchage de toutes les fissures, afin que l'enduit assure son rôle d'étanchéité à l'air.

Raccord de la structure poteau poutre et d'un enduit sans l'aide de panneaux

Si l'on n'a pas utilisé de panneaux extérieurs pour gérer l'étanchéité à l'air, il faudra gérer le retrait des enduits au niveau de la structure, en enlevant le surplus et en rabattant l'angle brut à l'aide d'une truelle.

3.45

3.42 et 3.43
Autres exemples d'utilisation de Fermacell pour l'étanchéité à l'air d'une structure poteau poutre

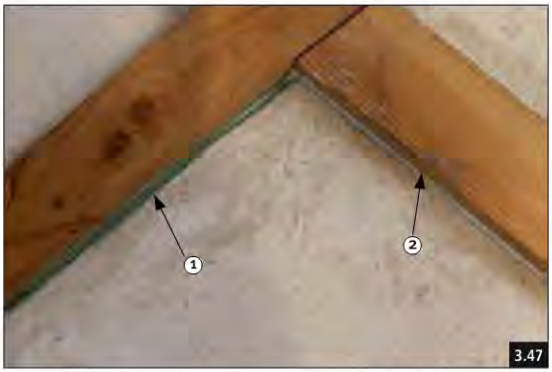
Eyrolles.

Une fois le retrait bien préparé, on applique un joint.

3.46

Le joint doit bien rentrer dans la fissure et être bien marouflé (écrasé) pour le faire rentrer en contact avec le bois et l'enduit. Si le retrait est trop important, il faudra mettre un fond de joint (autre type de mastic moins onéreux) permettant ensuite de limiter le joint d'étanchéité.

Une fois le joint posé (dans un retrait de 5 mm), l'ensemble a continué de se rétracter de 4 mm supplé-



3.47

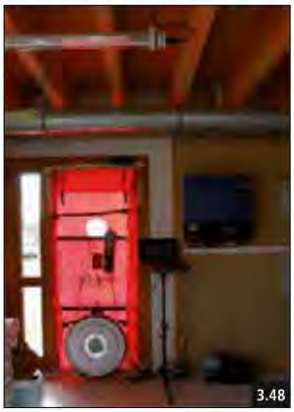
mentaires. Toutefois, on constate le pouvoir élastique et collant du joint, qui continue de faire parfaitement son office d'étanchéité à l'air. Ces phénomènes de retrait apparaissant dans les mois après la mise en œuvre, on conseille donc de ne réaliser l'enduit de finition que lorsque le séchage de la couche de corps est atteint.

3.46
1. Colle Orcon Pro Climat
Coût : 6.54 € HT/310 ML
Consommation pour un cordon d'environ 5 mm sur 12 ML : 0.54 € HT/ML
2. Colle Primur Siga
Coût : 19.35 € HT/600 ML
Consommation pour un cordon d'environ 8 mm sur 15 ML : 1.29 € HT/ML

Un test d'étanchéité à l'air

Ce test d'étanchéité à l'air a été réalisé sur le bâtiment public du Crer (ERP dont le mur nord est isolé en bottes de paille), dans les Deux-Sèvres.

Toutes les portes et fenêtres sont obturées, afin de mettre le bâtiment en dépression et/ou surpression, et détecter ainsi les éventuelles fuites d'air. Cette dépression et/ou surpression est obtenue par la pose d'une porte spéciale, équipée d'un ventilateur et de différents appareils électroniques, calculant les données nécessaires.


3.48

Il est conseillé de réaliser un test intermédiaire, après la mise hors d'eau hors d'air du bâtiment et la pose des réseaux (électricité, plomberie, ventilation et sortie de conduit). Ce test intermédiaire permet d'apporter des corrections sur les différents éléments en place, comme les raccords de menuiseries, l'étanchéité, quelques raccords de plomberie... Si jamais il y a une fuite dans un raccord bois/enduit, on peut procéder à la mise en œuvre de joints, comme décrit plus haut pour la solution étanchéité de la structure sans l'aide de panneaux.

Étanchéité à l'air et à l'eau

Raccord extérieur dalle

En plus de l'étanchéité à l'air à l'intérieur, il est nécessaire d'être attentif à l'étanchéité au vent à l'extérieur, afin de garder l'isolation de la construction immobile. Un petit trou lors d'une tempête alliant fort vent et forte pluie peut créer des problèmes d'infiltration, qui n'ont pas lieu lors de conditions de pluie courantes.

Eyrolles.

3.49

Raccord avec un adhésif de type Proclima Vana 150 mm (si l'enduit ne recouvre pas la lisse basse, sinon un adhésif de 60 mm suffit).

Coût :

- Proclima Vana 150 mm : 1,89 € HT/ml ;
- Proclima Vana 60 mm : 0,91 € HT/ml.

3.50

La couche de corps recouvrira l'adhésif en partie et le larmier fera le reste.

Raccord entre tapée extérieure de menuiseries et enduits

Afin de bien préparer le support, il convient de gratter l'enduit en surplus et de le dépoussiérer.

3.51

On voit bien le retrait entre l'enduit et la tapée extérieure.

Il faut veiller à commencer par le bas, pour bien respecter le bon sens de recouvrement des adhésifs.

On utilise de l'adhésif de type Proclima Profil 60 mm.

Coût : 0,91 € HT/ml.

Penser à bien maroufler l'adhésif sur le support. L'adhésif sera ensuite recouvert par l'enduit de finition.

3.52

On vient de voir un ensemble de détails concrets (mais non exhaustifs) de mise en œuvre de l'étanchéité à l'air. Ces informations sont donc à compléter et à nourrir en fonction des projets, pour continuer à faire prendre conscience de l'importance d'une maison étanche à l'air.

3.49
Infiltration possible entre la lisse basse et la dalle

Rappel (non exhaustif) des différents matériaux utilisés et de leur coût

Vana 60 mm Proclima Tarif : 20,58 € HT/rlx 30 ml Soit 0,68 € HT/ml	**Siga Fentrim20** Tarif : 59 € HT/rlx de 25 ml Soit 2,36 € HT/ml
Profil 60 mm Proclima Tarif : 27,34 € HT/rlx 30 ml Soit 0,91 € HT/ml	**Curvum 12/30 Siga** Tarif : 39,62 € HT/rlx 25 ml Soit 1,58 € HT/ml
Contega PV Proclima Avec trame pour renfort Tarif : 29,55 € HT/rlx de 30 ml Soit 1,97 € HT/ml	**Wigluv 60 mm Siga** Tarif : 39,80 € HT/rlx 40 ml Soit 0,99 € HT/ml
Vana 150 mm Proclima Tarif : 56,73 € HT/rlx 30 ml Soit 1,89 € HT/ml	**Wigluv 150 mm Siga** Tarif : 67,00 € HT/rlx 25 ml Soit 2,68 € HT/ml
Colle Orcon Proclima Tarif : 6,54 € HT/310 ml Consommation : cordon de 5 mm ; 12 ml Soit 0,54 € HT/ml	**Colle Primur Siga** Tarif : 19,35 € HT/600 ml Consommation : cordon de 8 mm ; 15 ml Soit 1,29 € HT/ml
Fermacell Tarif : 8,22 € HT/m^6 À calculer en fonction de la structure.	**Black Band Rothoblass** Tarif : 24,05 € HT/10 ml Soit 2,40 € HT/ml
Primer Proclima Tarif : 39,93 € HT/2,5 L Consommation : environ 165 m pour une largeur de 60 mm Soit 0,23 € HT/ml	

Eyrolles.

4 Une maison compacte et bioclimatique

Ce projet est une des premières réalisations en paille de l'entreprise et un projet nouveau pour l'ensemble des intervenants. Partis d'un rêve de maison et de magnifiques plans d'architecte, les propriétaires, Marie et Florent, ont dû repenser leur habitat en auto-construction avec un budget limité et des envies de conception écologique affirmées. C'est alors qu'est né ce projet de maison en structure bois et paille.

Les avantages et inconvénients du projet

Les plus :

- la structure de la maison, pensée par rapport à la charpente ;
- la disponibilité de Florent ;
- la dalle de chaux/chanvre, coulée avant l'intervention du charpentier (permettant de travailler les pieds au propre) ;
- le solivage, taillé et fourni en prévision d'une fermeture de la mezzanine (fermeture réalisée un an plus tard, car toute la chaleur montait à l'étage, avec un différentiel de 3 °C entre le haut et le bas).

Les moins :

- le manque d'isolation en toiture ;
- le plancher *livingboard* sur solivage apparent (manque d'esthétique au goût du charpentier) ;
- un double rang de parpaings pour le soubassement ;
- un plot béton qui affleure le dessus de la dalle chaux/chanvre (donc pont thermique) ;
- le poteau bois encastré dans la paille (l'enduit affleure les poteaux).

La genèse du projet

En 2006, le couple installé dans le Loiret décide de participer à un chantier participatif pour la construction d'une maison en paille. D'abord attirés par les vieilles maisons en pierre, ils sont séduits par le concept écologique et, l'idée faisant son chemin, c'est courant 2007 que leur envie de s'investir dans la construction de leur maison se précise. La visite d'un terrain, dans un environnement calme, vert, et proche du centre-ville de Beaugency fait le reste. La petite graine a pris et le couple se lance dans l'auto-construction d'une maison en bois et paille. Ils se documentent beaucoup, font des recherches sur les différents matériaux afin de mieux cerner leur projet. Leurs choix seront réalisés en fonction de leurs idéaux écologiques et limités par leurs impératifs budgétaires.

4.0

4.0
Maison bois et paille à Beaugency (45)

Eyrolles.

Ces autoconstructeurs, parents de deux jeunes enfants, sont tous les deux confiants dans la réalisation de ce projet : elle continue de travailler à 80 % dans le domaine de l'éolien tout au long de la construction, pendant que lui, qui n'est pas dans le domaine du bâtiment, profite de dix mois sans activité professionnelle pour réaliser la majeure partie des travaux. Le couple prend la mesure de l'investissement personnel et intellectuel d'un tel projet d'autoconstruction. Ils ont su également s'entourer de professionnels les guidant et les conseillant dans leurs choix, tant sur le plan technique qu'économique.

Portrait du projet

Maître d'œuvre et maître d'ouvrage : Florent et Marie, les propriétaires
Dessinateur : Florent et Marie
Charpente : SARL Bois et Paille
Fournisseur paille : agriculteur local et en culture biologique
Formation paille : E. Fruchard
Terrassement : artisan
Couverture et panneaux solaires : artisan
Récupération eau de pluie : artisan
Le reste des travaux a été réalisé en autoconstruction.
Surface : 120 m² habitables

Budget :
- 1 007 € TTC/m² Shon
- 830 € TTC/m² Shob
- 358 € TTC/m³ chauffé

Gasc

4.1

4.2

La chronologie du chantier

Chronologie des travaux

Conception projet et acceptation PC : avril 2007 à janvier 2008 – 10 mois
Gros œuvre (fondations, maçonnerie, charpente...) : février 2008 à juillet 2008 – 6 mois
Paille et menuiseries : août à septembre 2008 – 2 mois
Enduit : octobre 2008 – 1 mois
Second œuvre et finitions : novembre 2008 à mai 2009 – 7 mois

Les plans et fondations

La conception bioclimatique

Au départ, les autoconstructeurs se tournent vers une architecte pour réaliser les plans de leur maison, en respectant les principes du bioclimatisme. Ces premiers plans réalisés par l'architecte sont très beaux, mais ne tiennent malheureusement pas compte du budget de construction. En parallèle, les autoconstructeurs avaient commencé à travailler avec notre entreprise de charpente artisanale et traditionnelle, spécialisée en écoconstruction. Au vu de leur projet d'autoconstruction et de leurs désirs de cohérence énergétique, il était important de les orienter vers une structure simple et compacte.

Eyrolles.

L'architecture bioclimatique

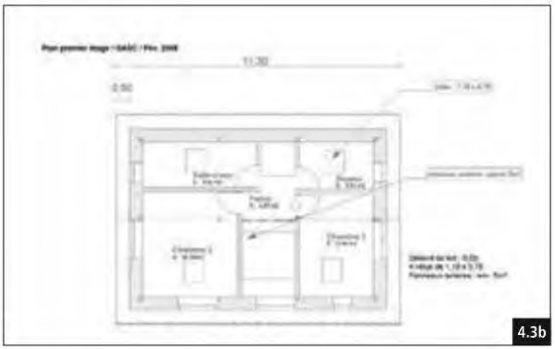
L'architecture bioclimatique place l'orientation de la maison à la base de la conception pour bénéficier des apports solaires. Le travail sur le mouvement naturel de l'air aura pour objectif de faire circuler la chaleur et le choix des matériaux permettra de la conserver. Ainsi, on parviendra à un équilibre entre la conception et la construction de l'habitat, le milieu géographique ou le lieu d'implantation (climat, environnement) et les rythmes de vie des habitants. Concevoir son habitat en suivant ces principes permet de réduire les besoins énergétiques, de maintenir des températures agréables, de contrôler l'humidité et de favoriser l'éclairage naturel dans son logement.

Finalement, ils réalisent eux-mêmes leurs plans et leur demande de permis de construire, en s'accompagnant de conseils de professionnels.

Les caractéristiques

La surface habitable prévue est de 120 m², avec un vide sur séjour apportant du volume au rez-de-chaussée. La forme rectangulaire, des plus simples, permet d'avoir une maison compacte, donc facile à chauffer, avec un unique poêle à bois placé au milieu de la maison, au rez-de-chaussée.

4.3a


4.3b

Gasc

4.4

Gasc

4.5

Gasc

4.4
Cabane bardée en douglas

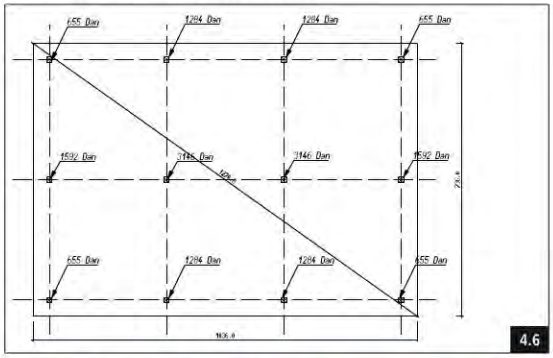
4.5
Travaux de terrassement

Eyrolles.

Comme souvent, les autoconstructeurs se rodent sur les chantiers participatifs des autres maisons paille, mais également en fabriquant leur cabane de jardin, aux multiples usages, pendant tout le temps de la construction de la maison : rangement des outils, cantine, coin sieste... À la fin du chantier, elle devient une vraie cabane de jardin !

Fondations et terrassement

La technique des fondations choisie est fonction du sol et des impératifs de la structure poteau poutre. Un plan de maçonnerie permet de situer les douze poteaux de béton armé tous les trois mètres environ, reposant sur des semelles d'un mètre de large, à 40 cm de profondeur. Ce sont ces douze plots qui reprendront les charges des douze poteaux de la structure poteau poutre en bois.



4.6

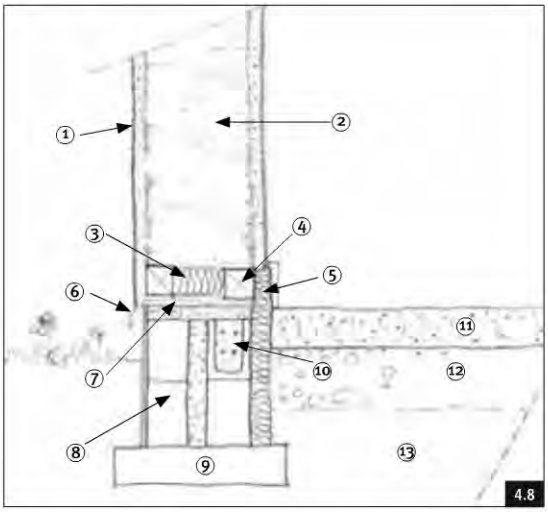
4.7

Gasc

Des fonds de fouilles sont coulés entre ces douze plots. Tous les fers sont liaisonnés entre eux. Sur ces fonds de fouilles sont montées deux hauteurs de parpaings, sur deux rangées (creux à l'extérieur et chaînage à l'intérieur) : ils seront le support de la lisse basse et de la paille.

Cette solution technique des doubles parpaings est longue à mettre en œuvre et coûteuse ; d'autres solutions auraient pu être envisagées :

- soubassement parpaing extérieur, avec coffrage de la dalle chaux/chanvre pour reprendre la lisse intérieure ;
- dalle porteuse complète, permettant la reprise de la lisse intérieure.



4.8

4.6
Plan des emplacements des 12 poteaux

4.7
Réseau avant la mise en place du hérisson

4.8
Coupe de maçonnerie
1. Enduit. 2. Paille.
3. Isolant liège.
4. Lisse 10/10.
5. Isolant TMS 50 mm.
6. Bande d'arase.
7. Bande de propreté. 8. Parpaing 20/25.
9. Semelle.
10. Chaînage.
11. Dalle chaux/chanvre 15 cm.
12. Hérisson.
13. Sol après décapage

Dalle chaux/chanvre

Les gaines techniques sont passées et le hérisson de cailloux étalé et compacté. Le hérisson sert d'assise au dallage et permet d'éviter les remontées capillaires dans la dalle.

Ensuite arrive la mise en œuvre de la dalle chaux/chanvre. Le couple a choisi ce type de dallage pour ses performances isolantes ; ils ont également été

Eyrolles.

très sensibles à son côté écologique. Selon eux, c'est, avec la paille et le bois, le choix le plus écologique qu'ils aient fait pour leur maison.
La mise en œuvre est facilitée par l'utilisation d'une grosse bétonnière thermique. Cette étape a été perçue comme rapide et simple. 9 m³ de béton de chaux/chanvre sont nécessaires pour couvrir la dalle de 70 m², sur 15 cm d'épaisseur environ. Une journée de travail pour trois personnes suffit, avec une météo clémente. Attention pour cela de prévoir une quantité suffisante de matériaux (sacs de chanvre, etc.).

Exemples de temps effectif de travaux réalisés

ACTION	NBRE DE PERSONNES	HEURES CUMULÉES	SURFACE VIDE POUR PLEIN EN M²	MINUTES/ M²
Mise en œuvre dalle chaux/ chanvre en autoconstruction	3	22,5	70	19

4.9
Dalle chaux/chanvre

4.10
Toile bitumée sur les parpaings, lit de sable et chaux/chanvre

4.11
La dalle, finie et bâchée

Point notable : une dalle chaux/chanvre, une fois coulée, craint l'humidité et ne doit pas être foulée pendant tout le temps de séchage (environ un mois selon les conditions climatiques). Pressé par le temps, notre autoconstructeur a préféré couler la dalle de chaux/chanvre avant que la maison ne soit hors d'eau. Étant au mois d'avril, il a donc fallu mettre en place une structure en bois supportant une bâche étanche de 15 x 10 m, pour protéger la dalle pendant le séchage. Séchage qui, au final, a duré sept semaines et nécessité que la dalle soit alternativement couverte et découverte, pour l'aérer quand le temps le permettait.

Gasc 4.9

Gasc 4.10

Gasc 4.11

La charpente et la toiture

Début juin, les charpentiers arrivent avec la structure poteau poutre en bois douglas, préalablement taillée en atelier. Le levage se fait en quatre jours et le

Eyrolles.

résultat est tout de suite visible et impressionnant. En effet, c'est à partir de ce moment que la maison prend forme.

4.12

Après avoir récupéré, tradition oblige, le bouquet des charpentiers (voir p. 56), on enchaîne rapidement les travaux suivants : litonnage, contre-litonnage, pose des panneaux solaires et pose des ardoises... tout cela est réalisé par un couvreur professionnel.

La toiture

La toiture est isolée sous rampant courant juin/début juillet 2008, avant la récolte et l'arrivée des bottes de paille sur le terrain. L'espace entre les chevrons va recevoir des panneaux de fibres de bois et des panneaux de laine de chanvre, de 10 cm d'épaisseur chacun.

Le complexe de toiture est le suivant :

- un panneau pare-pluie rigide de 16 mm d'épaisseur en fibres de bois ;
- un panneau semi-rigide de 100 mm d'épaisseur en fibres de bois ;
- un panneau souple de 100 mm d'épaisseur en laine de chanvre ;
- un panneau de finition OSB écologique (collé à la résine naturelle).

On obtient ainsi un coefficient d'isolation R = 4,9, ce qui est satisfaisant même si, aujourd'hui, on favorise des coefficients R supérieurs. Le déphasage, c'est-à-dire le temps que mettra la chaleur à traverser les différentes couches de la toiture, quant à lui, est d'environ neuf heures, ce qui est également satisfaisant.

Florent
4.13

4.12
Pose et levage de la structure bois

4.13
1. 1re couche d'isolation : 100 mm de laine de bois.
2. 2e couche d'isolation : 100 mm de laine de chanvre.
3. Pare-pluie : 16 mm, en bois.
4. Revêtement : planche équivalent d'OSB.

Calcul de la résistance thermique

COMPOSITION TOITURE	ÉPAISSEUR	LAMBDA	RÉSISTANCE	
Résistance int. (Rsi)			*0,010*	Rs1
Ardoise et lame d'air				
Pare-pluie DFP 16 mm	0,016	0,090	0,178	Rs2
Laine de chanvre 30 kg/m³	0,100	0,041	2,439	Rs4
Fibre de bois 55 kg/m³	0,100	0,041	2,439	Rs5
Pont thermique chevrons (moyenne 15 %)			– 0,318	
Panneaux OSB 18 mm	0,018	0,130	0,138	Rs8
Résistance ext. (Rse)			0,040	Rs9
	Somme des R		**4,926**	m².°C/W
	Coeff. K	1/R	**0,203**	W/m².°C

Attention, les lames d'air ventilées ne sont pas prises en compte dans le calcul.

Eyrolles.

Résistance thermique (coefficient R)	Le flux de chaleur traversant une paroi dépend de l'épaisseur (e) et de la conductivité thermique de la paroi (lambda). Le matériau oppose au passage de la chaleur une résistance thermique R. R = e/lambda Plus R est grand, plus le matériau est isolant.
Transmission calorifique (coefficient U, anciennement K)	La transmission calorifique (coefficient U, anciennement K) : R exprime la résistance de la paroi au passage de la chaleur. En fait, pour caractériser une paroi, on utilise son inverse U, appelé coefficient de transmission surfacique. U = 1/R Plus U est faible, plus la paroi est isolante.

Calcul du déphasage

TEMPS D'INERTIE PAR COUCHE						
De l'extérieur vers l'intérieur	DESCRIPTION	ÉPAISSEUR EN CM	DENSITÉ EN KG/M³	LAMBDA	CHALEUR SPÉCIFIQUE	DÉPHASAGE
1re couche	Pare-pluie DFP 16 mm	1,6	550	0,090	2 100	1,32
2e couche	Laine de chanvre 30 kg/m³	10	30	0,041	1 300	2,24
3e couche	Fibre de bois 55 kg/m³	10	55	0,041	2 100	3,86
4e couche	Panneaux OSB 18 mm	1,8	630	0,13	2 000	1,29
					Total en heures =	**8,71**

4.14
Façade ouest en cours

La paille et les enduits chaux

Fin juillet, la famille et les amis se relaient pour aller charger les bottes de paille dans le champ. Puis, grand moment d'émotion pour tous : la paille arrive sur le chantier ! Cette paille a été produite par Amédée, un proche voisin du chantier (6 km), paysan boulanger en culture biologique.

4.14

Gasc

Eyrolles.

Le matériau paille

Les *Règles professionnelles de construction en paille*, parues en janvier 2012, sont le référentiel de la construction en bottes de paille, facilitant l'assurance des chantiers et la mise en œuvre pérenne de ce matériau.

Concernant la botte de paille en elle-même, les règles pros mettent en place un cahier des charges, qui doit être soumis à l'agriculteur.

Ce cahier des charges détermine les valeurs de masse volumique, le degré d'humidité, l'orientation des fibres à respecter, ainsi que les ficelles à utiliser (ficelles de type 350, résistant à une rupture de 120 kPa au minimum). Il traduit simplement les règles de bon sens à suivre en général :

- ne pas mettre en œuvre des bottes de paille humides ou présentant des moisissures ;
- stocker les bottes à l'abri de l'humidité et dans un endroit aéré ;
- ne pas mettre en œuvre des bottes faiblement compressées...

Tout le mois d'août est consacré à la pose des bottes de paille, ainsi que deux semaines en septembre. Florent a eu quelques coups de main de-ci, de-là, mais s'est souvent retrouvé seul sur le chantier... Le 15 septembre, toutes les bottes sont posées, il reste encore à redresser les murs, à araser la paille. En attendant, Florent pose les menuiseries bois, accompagné de quelques paires de bras amies et d'un oncle qui, lui, est du métier.

Le temps presse : il faut protéger la paille avant l'arrivée du mauvais temps et du froid, afin d'avancer les travaux au maximum avant l'emménagement prévu en fin d'année. Plus généralement, la situation peut être quelque peu stressante entre les dates butoirs, les choix techniques à faire, les budgets à tenir...

Sur un chantier, il est capital de savoir aussi prendre un peu de recul et se reposer... pour que tout avance dans le bon sens !

Au soir du 25 septembre, tout est prêt pour commencer le chantier « enduit chaux » sur les murs extérieurs : les murs sont arasés, tous les trous ont été rebouchés, la fibre de verre posée aux endroits d'accroches délicates et les bois et menuiseries protégés.

Enduits chaux

Première couche d'enduit à la chaux, projetée au sablon : il a fallu deux jours à trois personnes pour réaliser cette passe d'enduit.

Gasc

4.15
Gobetis au sablon

Deuxième couche d'enduit à la chaux, projetée également au sablon : il a fallu un jour et demi pour réaliser cette passe d'enduit à six personnes : une au sablon, une à la bétonnière, deux aux brouettes, deux pour le talochage et le lissage.

La couche de corps et les protections des menuiseries peuvent être enlevées.

Pendant tout le mois d'octobre, les tâches se chevauchent : début des cloisons en ossature bois, électricité, plomberie, finition de la paille à l'intérieur, dalle de ragréage chaux/sable... et encore des enduits à la chaux pour l'intérieur. Cette fois-ci, l'autoconstructeur, Florent, réussit à louer une projeteuse qui mélange et envoie l'enduit directement à la buse de projection (procédé beaucoup plus confortable que de travailler avec une bétonnière et des brouettes !). Conclusion : les deux couches d'enduit

Eyrolles.

ont été réalisées à l'intérieur, avec finition lissée, en deux jours et avec sept personnes.

4.16 Gasc

4.16
Enduit en cours de séchage

4.17
Installation de la cuisine

4.18
Pose de l'isolant phonique

Les murs peuvent rester ainsi ; mais, si l'on souhaite y apporter une autre couleur, il est possible de réaliser des laits de chaux, refaire un petit enduit de finition, etc. Le temps s'accélère encore comme la liste des travaux en cours : pose des tomettes, installation de la cuisine, puis de de la salle de bains ; pose des parquets (l'isolation phonique est réalisée avec de la laine de bois et du feutre) ; fin de l'électricité et de la plomberie ; création de l'escalier...

Gasc 4.17

Fin du compte à rebours : toute la petite famille s'installe en décembre 2008, dans une maison chaleureuse, avec encore des finitions à réaliser (notamment le parquet des deux pièces au rez-de-chaussée).

4.18 Gasc

Le budget

La répartition des coûts

Le prix de revient de la construction est égal à 1 007 € TTC/m². Sur le total de la construction, les postes budgétaires « solaire » et « récupération d'eau de pluie » ne sont pas anodins. Florent et Marie ont fait des choix qui leur étaient chers, alliant contraintes budgétaires et engagements écologiques.

Le montant total des travaux s'élève à 120 850 € TTC. À cela, il faut ajouter le coût du terrain : 107 000 € TTC pour 1 200 m².

Il est très intéressant de constater que la plus grande partie des travaux a été réalisé en autoconstruction, mais que cela ne correspond qu'à 29 % du budget total. Ce couple a vraiment minimisé les coûts de construction grâce à cette démarche d'autoconstruction.

Eyrolles.

Budget global de la construction de la maison

NATURE DES TRAVAUX	PRIX TTC
Étude/conseil	650 €
Viabilisation et terrassement	22 200 €
Fondations	4 000 €
Dalle chaux/chanvre	4 000 €
Charpente	30 400 €
Couverture	12 100 €
Murs en paille	1 200 €
Enduits	2 000 €
Huisseries	8 500 €
Électricité et plomberie	4 000 €
Isolation toiture et étage	2 000 €
Finitions intérieures	4 000 €
Poêle à bois	2 300 €
Divers	2 200 €
Aménagement extérieur	1 100 €
Outillage	2 900 €
Récupération eau de pluie	**3 100 €**
Solaire	**6 700 €**
Enduits finition extérieure	**7 500 €**
Total	**120 850 €**
Prix/m² Shon	**1 007 €**
Prix/m² Shob	**830 €**
Prix/m³ chauffé	**358 €**
Travaux réalisés en autoconstruction	
Travaux restant à réaliser par des professionnels	

Le point de vue de l'auteur

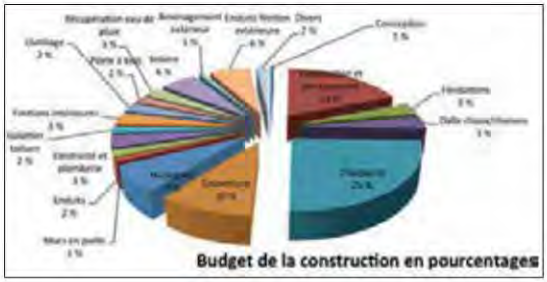
Tout d'abord, l'aventure était nouvelle pour tout le monde, pour moi comme pour les propriétaires.

Dès le premier rendez-vous, les plans de leur projet réalisés avec une architecte sont séduisants : de beaux mouvements, bien intégrés dans le paysage... pour un budget de 115 000 euros. Soyons francs et directs afin d'éviter que tout le monde perde du temps et de l'énergie : ce projet n'était pas en adéquation avec le budget du couple, il s'agissait d'un rêve de maison.

Ensemble, on retravaille sur une structure de maison beaucoup plus simple, cherchant un équilibre entre l'esthétique du projet, les contraintes techniques, le budget et le temps pour l'exécution des travaux.

Les plans réalisés par le futur propriétaire, Florent, font l'objet d'échanges réguliers par mail pour la partie structure bois, afin d'éliminer toutes les coquilles et de minimiser les coûts.

Le couple a ainsi réussi à tenir son budget, tout en conservant les choix qui lui étaient précieux.



Budget de la construction en pourcentages

Eyrolles.

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

Le RFCP (Réseau français de la construction paille) a établi, dans le cadre de la rédaction des règles professionnelles, des fiches d'autocontrôle permettant de bien vérifier et contrôler les différentes étapes de mise en œuvre de la paille. Ces fiches d'autocontrôle sont uniques en leur genre dans le domaine du bâtiment. D'autres secteurs d'activité connaissent bien ces types de procédures (on peut facilement faire le lien avec les *check-lists* en aéronautique) et ces fiches nous offrent ici un réel processus de qualité.

Il faut considérer ce document comme un outil permettant à toute personne (aussi compétente soit-elle) de prendre du recul sur le travail en cours de réalisation. Ce recul est d'ailleurs nécessaire à toutes les étapes de réalisation : conception architecturale, validation des plans techniques au bureau d'étude, mise en œuvre sur chantier…

Ces fiches accompagnent les entreprises réalisant leur première construction paille en focalisant les points clés et en faisant les ponts nécessaires avec les règles pros. Pour les maîtres d'œuvre ou prescripteurs, avoir un document physique permet de faire le point avec les entreprises intervenantes sur l'ouvrage en cours de réalisation. Et pour les autoconstructeurs qui se disent « tranquille, je ne suis pas concerné », détrompez-vous ! Ce document va vous permettre de prendre le temps de bien contrôler chaque point (faites-vous accompagner par le professionnel vous encadrant sur la construction paille) ; vous êtes ainsi assuré de bien faire.

L'erreur de tout bon pilote, de tout bon professionnel est de croire qu'il maîtrise tout parfaitement ; il n'y a aucune honte et aucun manque de confiance à vérifier le travail réalisé par un stagiaire, par sa famille ou son collègue ; bien au contraire, c'est avancer ensemble sur un but commun.

Lors d'une revente, vous pourrez justifier et prouver que votre maison a été réalisée dans les règles de l'art, argument d'autant plus convaincant qu'on y joint les factures d'énergie de la maison. Et puis, en cas de sinistres ultérieurs (dégâts des eaux, inondation…), cela permettra de montrer à votre assureur et/ou expert le travail réalisé et les points singuliers de la construction.

J'ai renseigné cette fiche d'autocontrôle pour le chantier du Crer (Centre régional des énergies renouvelables) situé près de Niort (79 – Deux-Sèvres). Cette association a choisi de réaliser un bâtiment public à énergie positive, le mur nord étant isolé en paille. Le montage du mur paille s'est réalisé dans le cadre d'un chantier de formation.

Vous allez donc pouvoir visualiser un exemple concret dans les pages qui suivent. Ces fiches sont téléchargeables sur le site du RFCP : www.compaillons.eu. On peut lire à la page 131 des RFCP, *Règles professionnelles de construction en paille — Règles CP 2012*, éditions Le Moniteur, 2011 :

Eyrolles.

Circuit de diffusion de la fiche d'autocontrôle : ce document doit être intégralement renseigné et signé par l'entité qui assure la mise en œuvre de la paille et qui en réalise l'archivage et la diffusion. L'entité doit :
En conserver l'original.
En fournir une copie au maître d'ouvrage.
En fournir une copie au RFCP sous forme numérique (fichier PDF).

Documents de référence :
Règles professionnelles de construction en paille.
Contrôle qualité des bottes de paille pour l'isolation des bâtiments.

Annexe A1

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

Ce document est susceptible d'évoluer ; il est disponible en téléchargement sur le site du RFCP : www.compaillons.eu.
Pour les renseignements complets pour le remplissage des fiches d'autocontrôle, se référer aux *Règles professionnelles de construction en paille*, aux éditions Le Moniteur. Possibilité de commande sur le site du RFCP.

Bordereau de contrôle qualité des bottes de paille pour la construction

Noter les mesures de masse volumique et d'humidité présentées dans le bordereau (tableau A1.6). Contrôler au minimum dix bottes du lot toutes les vingt bottes. Des tables de calcul simplifiées sont disponibles (voir tableaux).

Bordereau de contrôle qualité de bottes de paille pour la construction

FOURNISSEUR	CLIENT
Belegou Gaël	Fruchard Eddy – SARL Bois et Paille
	Siret 528 019 201 00011
Veluché	Adresse 17 route de Vautebis 79420 Vausseroux
N° Pacage	
Botte de l'année 2011, fin de chantier de la maison paille	Remarques
Date et signature	Date et signature
Adresse du chantier : Espace économique Atlansèvre ZA de Baussais 79260 La Crèche	

Eyrolles.

Annexe A2

BOTTE N°	KG[1]	HR[2]
1	118	13
2	114	13
3	94	13
4	114	14
5	107	13
6	114	14
7	101	15
8	107	14
9	105	16
10	104	14,8
11	100	13,5
12	90	11,8

BOTTE N°	KG	HR

BOTTE N°	KG	HR

À partir de la page 125 des *Règles professionnelles de construction en paille*, on trouve les tables simplifiées de calcul de la masse volumique de bottes de paille. « À l'aide de l'une des tables, il faut :

- repérer la taille, le poids et la teneur en eau d'une botte de paille ;
- puis, relever la masse volumique de la paille à l'intersection entre longueur et poids. »

Sur le chantier, un peson nous permet de contrôler le poids des bottes et un humidimètre leur taux en humidité.

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

Important

Cette procédure est téléchargeable sur le site du RFCP : www.compaillons.eu.

A2.1 Circuit de diffusion de la fiche d'autocontrôle

Ce document doit être intégralement renseigné et signé par l'entité qui assure la mise en œuvre de la paille et qui en réalise l'archivage et la diffusion. L'entité doit :

- conserver l'original ;
- fournir une copie au maître d'ouvrage ;
- fournir une copie au RFCP.

A2.2 Documents de référence

Règles professionnelles de construction en paille. Contrôle qualité des bottes de paille pour l'isolation des bâtiments.

Eyrolles.

A2.3 Procédure et fiche d'autocontrôle

BÂTIMENT SIÈGE SOCIAL DU CRER (CENTRE RÉGIONAL DES ÉNERGIES RENOUVELABLES)		
Adresse : 8 rue Jacques Cartier 79 260 La Crèche	Surface Shon = 451,81 m²	
Maître d'ouvrage : Crer – D. Renoux Architecte : Jocelyn Fuseau Atelier Métisse	Tél.	E-mail
Maître d'œuvre : Racine Cubic – J.-L. Erissé	Tél.	E-mail
Responsable de la mise en œuvre de la paille : Crer		
Raison sociale ou nom : Crer		
Adresse : route de Benet 79 260 La Crèche	Tél.	E-mail
Personnel en charge de la mise en œuvre		
Prénom	Nom	Fonction
Eddy	Fruchard	Formateur, gérant Bois et Paille Charpente Eddy Fruchard
Chantier de formation – 12 stagiaires		

Bâtiment
Zone climatique : 50
Situation du bâtiment en fonction de l'environnement (tableau 3.4) : ville ou village en dehors des grands centres urbains
Destination : bureau administratif, salle de conférence et de formation pour association
Type de mise en œuvre (plaques/enduits) : plaques à l'intérieur et enduit à l'extérieur
Vie de l'ouvrage
Date de début des travaux : janvier 2012
Date de réception des travaux : décembre 2012
Assureur DO/assureur RCD : oui
Présence d'un contrôleur technique : oui

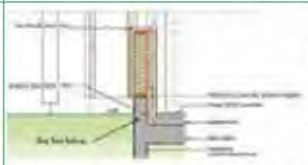
Nom du contrôleur : C. Gilliot, Apave
Instrumentation du bâtiment : oui (superviseur WIT)
Étude thermique : oui
Si oui, consommation estimée : 9 kWhep/m².an
Approximation consommation réelle : 1,76 kWhep/m².an (solaire pris en compte)
Label éventuel : non
Test infiltrométrie : oui
Systèmes chauffage : capteurs solaires sous vide raccordés sur ballon d'hydro-accumulation de 2 200 L, appoint chaudière à granulés de 2 à 7 kW.
Système de ventilation : VMC double flux. Double flux équipé de batterie d'air chaud raccordée sur réservoir d'hydro-accumulation solaire.

Eyrolles.

Réception de chantier avant mise en œuvre

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

Soubassements et fondations

CONTRÔLE RÉALISÉ	CP 2012	DATE	REMARQUES
La garde au sol d'une paroi isolée en paille est : ≥ 20 cm ou caniveau/drain/contrepente ou tout autre dispositif visant à écarter l'eau du pied de la paroi ; ≥ 30 cm à l'intérieur des vides sanitaires ; ≥ 60 cm en cas de risque de rejaillissements d'eau liquide. Joindre un croquis de principe ou une photo	§ 3.4.4		 J. Fuseau, architecte DPLG Création d'un surbot béton, afin d'éviter toute problématique en extérieur et intérieur.
La garde au sol intérieure d'une paroi isolée en paille est au minimum à 40 mm au-dessus du sol fini. Joindre un croquis de principe ou une photo	§ 3.4.4		
Les coupures capillaires des soubassements sont en place sur toute la largeur de la paroi. Joindre une photo typique de la mise en œuvre de la coupure capillaire	§ 3.4.3		Compris barrière anti-termites système Kordon®.

Protection contre l'eau

CONTRÔLE RÉALISÉ	CP 2012	DATE	REMARQUES
Les parois à réaliser en paille sont hors d'eau. Joindre une photo des parois hors d'eau avant remplissage	§ 3.2.4		Façade au nord donc peu exposée Débord de toiture de 1 m Garde au sol de 60 cm Prévision de bâches à fixer sur l'échafaudage en cas de grosse intempérie

Eyrolles.

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

Continuité de l'isolation

CONTRÔLE RÉALISÉ	CP 2012	DATE	REMARQUES
Absence de vide entre les bottes	§ 3.2.8		S'il y a des vides, ils sont rebouchés.
Absence de vide entre les bottes et leur interface avec d'autres matériaux	§ 3.2.8		De la laine de bois a été placée aux endroits où l'isolation paille était impossible.

Compression et maintien des bottes

CONTRÔLE RÉALISÉ	CP 2012	DATE	REMARQUES
L'isolant paille est solidaire de son support. Joindre un croquis de principe ou une photo d'un dispositif typique utilisé pour le maintien et/ou la compression des bottes de paille	§ 3.10.7		

Eyrolles.

Contrôles géométriques

CONTRÔLE RÉALISÉ	CP 2012	DATE	REMARQUES
Les précadres ou tableaux de menuiseries ne sont pas déformés par l'insertion de la paille.	§ 4.2.5.1		Vérification avec une règle de 3 m, pas de photo prise

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

Qualité de l'accroche

CONTRÔLE RÉALISÉ	CP 2012	DATE	REMARQUES
Absence de décollement de la première couche d'enduit	§ A.4.5		

Qualité de la protection contre l'eau liquide par les enduits

CONTRÔLE RÉALISÉ	CP 2012	DATE	REMARQUES
Absence de fissurations des enduits de finition extérieurs	§ A.3.5		Les enduits de finition sont réalisés en avril 2013, soit 8 mois après la pose de la couche de corps. La couche de corps n'avait absolument pas fissuré.

Eyrolles.

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

CONTRÔLE RÉALISÉ	CP 2012	DATE	REMARQUES
Présence d'un frein-vapeur ou d'une membrane d'étanchéité à l'air si nécessaire Joindre une photo typique de la mise en place du pare-vapeur	§ 5.5.4		 Rapport test d'étanchéité à l'air. Valeur Q4 : 0,11
Principe de pose et de fixation du parement extérieur Joindre un croquis de principe ou une photo d'un dispositif typique utilisé pour le maintien et/ou la compression des bottes de paille	§ 5.5.5.2		Enduit à la chaux, pas de bardage
Parement extérieur imperméable à l'eau liquide	§ 5.5.4		Enduit à la chaux

Gestion de la vapeur d'eau

CONTRÔLE RÉALISÉ	CP 2012	DATE	REMARQUES
Gestion de la vapeur d'eau et de l'hygrométrie Joindre un croquis de principe, une description ou la figure des règles professionnelles correspondant aux différentes couches de la paroi à réaliser	§ 3.7.3		Se référer au schéma 3.22 des Règles Pro Paille « Différence extérieur/intérieur de résisitance à la vapeur d'une paroi avec enduit extérieur et plaque intérieure Note de calcul, en mètres : Sd_{ext} = μ x e = enduit chaux ratio 1/2.5 avec NHL 3,5 épaisseur de 2,5 cm soit 15 x 0,025 = 0,375 Sd_{int} = μ x e = frein-vapeur hygro variable mini = 2 Vérification : Sd_{ext} 0,375 x 5 = 1,875 minimum et Sdint/2

À noter

Pour un bardage ventilé, bardage et lame d'air ne sont pas pris en compte dans le calcul.
Pour des faces composites (panneaux + enduit), on considère la somme des Sd.

Rappel

- **Sd : épaisseur d'air équivalente pour la diffusion de vapeur d'eau (en mètres)**
- **μ : coefficient à la diffusion de vapeur d'eau du matériau (sans unité)**
- **e : épaisseur du matériau (en mètres)**

Eyrolles.

Contrôle de la qualité de mise en œuvre des détails

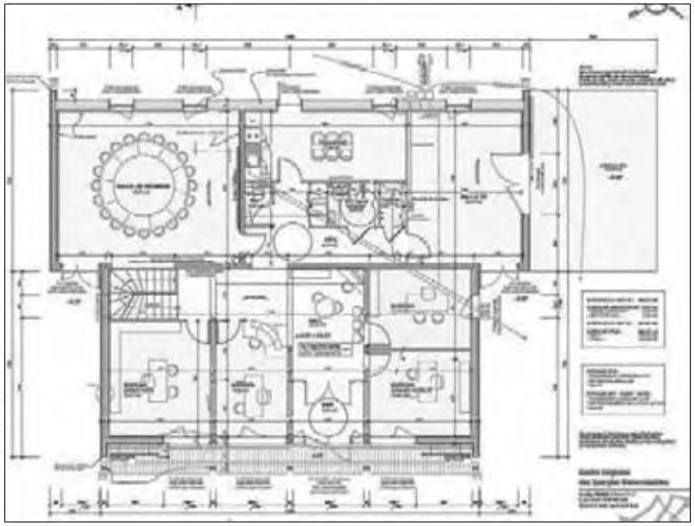
CONTRÔLE RÉALISÉ	CP 2012	DATE	REMARQUES
Étanchéité à l'air : interface entre soubassement et parois verticales ; interfaces entre menuiseries et parois verticales ; interfaces entre plafonds et rampants et parois verticales ; autres.	§ 3.6.5		Test d'étanchéité réalisé : Q4 = 0,11
Pente des appuis et seuils (fenêtres, portes extérieures) selon les types de matériaux : hygroscopiques ≥ 20 % ; non hygroscopiques ≥ 10 %.	§ 4.1.4		Les menuiseries sont gérées indépendamment du mur paille (travées en bardage bois).

Informations générales

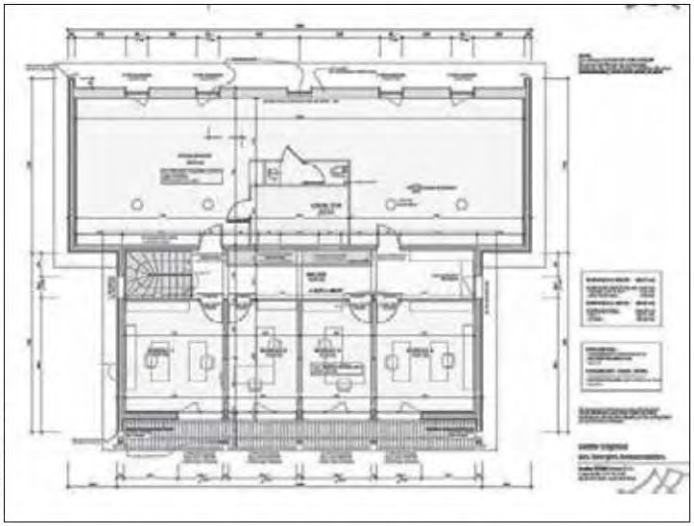
J. Fuseau, architecte DPLG

Eyrolles.

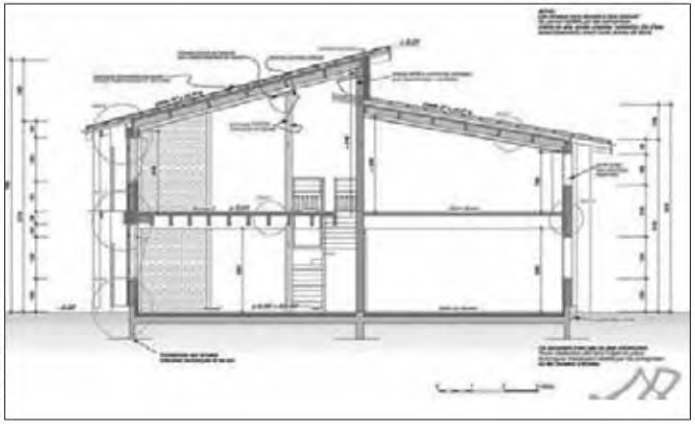
Plans et coupes du bâtiment



J. Fuseau, architecte DPLG



J. Fuseau, architecte DPLG



J. Fuseau, architecte DPLG

Ci-dessus, de gauche à droite
Plan du rez-de-chaussée
Plan de l'étage

Ci-contre
Coupe

Eyrolles.

5 Une maison ossature bois isolée en paille

En écrivant cet ouvrage et en en parlant autour de moi, j'ai pu bénéficier de nombreux commentaires dont un, notamment, me suggérant d'étudier un exemple de maison pour chaque système constructif existant aujourd'hui, dans le monde des « pailleux ». Je vais présenter ici une maison ossature bois isolée en bottes de paille. Seule la technique en paille porteuse (dite Nebraska, voir p. 14) ne sera pas étudiée dans cet ouvrage, faute d'informations suffisantes.

Lorsque je suis un projet, je rassemble les informations au fur et à mesure de l'avancée des travaux, sinon la collecte des données est plus difficile. Heureusement, le monde de la paille est plein de ressources et j'ai pu m'appuyer sur un réseau d'acteurs compétents pour élaborer ce chapitre.

Il sera donc un peu différent des autres dans sa forme, mais le fond reste le même : suivi des différents travaux, choix constructifs, budget...

Les avantages et inconvénients du projet

Les plus :

- **étude du projet approfondie ;**
- **évolution du projet entre un constructeur « classique » et le choix de la paille pour ses différents avantages, dont la performance thermique ;**
- **mixité des matériaux de finitions extérieures, valorisant l'esthétique du volume.**

Les moins :

- **la mixité des finitions extérieures (enduit et bardage bois) peut entraîner des complexités techniques ;**
- **toiture en fermette ;**
- **isolation de dalle en mousse polyuréthane.**

Gulchard

5.1
Maison paille à Alixan (26)

La genèse du projet

La part de l'autoconstruction

Le porteur du projet tient un magasin d'équitation et ne peut consacrer que ses week-ends à la construction de sa maison. Une partie des travaux est réalisée en autoconstruction, avec l'aide du père du propriétaire principalement (bon bricoleur ayant restauré sa propre maison et retraité, donc disponible).

L'autoconstruction est le levier principal pour respecter le budget, en faisant le moins de sacrifices possible. En réalisant une partie des travaux, il a pu conserver les choix de départ (triple vitrage, puits canadien...).

Le choix de la paille

Avant de se lancer dans la construction de sa maison, il s'est documenté pendant deux ans. C'est ainsi qu'il s'est penché attentivement sur la construction ossature bois et l'isolation en bottes de paille. Il ne connaissait pas cette technique constructive, mais au fur et à mesure des découvertes et de la lecture de blogs d'autoconstructeurs, il a été convaincu de la

Eyrolles.

pertinence de l'utilisation de ce matériau, sous-produit du monde agricole particulièrement performant d'un point de vue thermique.
Ne souhaitant pas mettre en œuvre lui-même l'isolant, il s'est adressé à une entreprise proche, spécialisée dans la construction paille. C'était pour lui la garantie d'une bonne mise en œuvre du matériau paille, du fait de la préfabrication des murs. Le levage de la structure est prévu courant septembre/octobre, période pendant laquelle la météo peut s'avérer capricieuse et inappropriée pour le lot paille.
L'isolation paille est choisie pour ses performances thermiques, mais également pour la valorisation de la main-d'œuvre et du temps « social » qu'elle représente. Le projet a également été chiffré par un constructeur bois local, offrant des maisons clés en main (hors peinture). Le prix de revient était moins cher d'environ 20 % (approximativement 1 450 €/m², hors coût du garage), mais la maison respectait à peine les critères du BBC en RT2012, sans tenir compte du confort thermique.
La qualité a donc été un des critères essentiels des choix opérés par le porteur du projet, au même titre qu'une démarche éthique et écologique.

Paroles d'autoconstructeur...

« Le monde de la paille est un réseau, un monde de partage, d'échanges techniques entre professionnels et particuliers. Les informations qui circulent sont assez fiables, tout comme les sources, au contraire des enjeux commerciaux que l'on peut trouver pour d'autres types constructifs. De plus, la technique paille évolue et s'améliore, dans la recherche de performances, qualités appréciables par rapport à d'autres secteurs de la construction, qui font toujours la même chose sans remise en question. »

Il n'a pas eu le temps de se rendre sur des chantiers participatifs, avant de se lancer dans son propre projet ; par contre, il dit être motivé pour découvrir d'autres projets, d'autres techniques, d'autres personnes quand il aura terminé ses travaux... En attendant, le cercle familial lui donne de bons coups de main pour tous les travaux réalisés en autoconstruction.

Portrait du projet

Maître d'œuvre et maître d'ouvrage : Vincent Guichard, le propriétaire
Permis de construire : Laurent Soubeyrat
Thermicien : Heliasol
Maçonnerie : Orard Y.
Charpente et ossature (hors d'eau, hors d'air + garage) : Bati-Nature
Isolation dalle, enduit, pose Fermacell : réalisés en partie par des professionnels.
Tout le reste des travaux a été réalisé en autoconstruction.
Surface : 110 m² habitables + 27 m² de garage
Budget :
- 1 901 € TTC/m² Shon
- 1 422 € TTC/m² Shob
- 668 € TTC/m³ chauffé

Laurent Soubeyrat

Eyrolles.

La chronologie et les différentes étapes

Chronologie des travaux

Conception projet et acceptation PC : janvier 2010 à juin 2012 – 29 mois
Gros œuvre (fondations, maçonnerie, charpente…) : juillet 2012 à novembre 2012 – 5 mois
Second œuvre et finitions : décembre 2012 à novembre 2013 – 12 mois

L'étude thermique

Avant toute chose, il convient de spécifier que cette maison a été réalisée avant l'application de la RT2012 et donc avant les obligations afférentes à cette nouvelle réglementation.
La maison telle qu'elle a été conçue doit consommer 6,4 kWhep/(m².an), ce qui correspond à de très faibles besoins. La maison n'est toutefois pas certifiée passive, d'une part pour des raisons de coût du label en lui-même et d'autre part par manque d'un chauffe-eau solaire (il est prévu d'en rajouter un, quand les finances le permettront).
L'étude thermique prévoyait également un n50 = 0,6 (ce qui correspond aux normes passives) ; deux tests ont été réalisés par les stagiaires du centre de formation de Néopolis, donnant un résultat de 0,27. Une fois les travaux complètement achevés, un test final sera effectué afin de se rendre compte de la performance du travail réalisé.

Les caractéristiques

La maison a une surface habitable d'environ 110 m², avec un étage et un vide sur séjour.
Alors que l'étude thermique ne l'estime pas nécessaire, l'emplacement d'un poêle a tout de même été défini, au cas où.
Un grand garage de 27 m² est également prévu, afin de servir d'atelier et de stockage, pour les nombreux éléments qui n'ont pas besoin d'être conservés dans l'espace chauffé.
De manière globale, il est important de réfléchir à ce que l'on peut « délocaliser » dans sa maison (objets, outils, fonctions… qui n'ont pas besoin de se trouver dans le volume chauffé). Un garage hors d'eau, hors vent et éventuellement hors gel est moins coûteux au mètre carré. Dans cette même démarche, on peut également apprendre à rechercher et favoriser les réseaux de partage ou d'échanges, mutualisant les outils et/ou les équipements ménagers.

À noter

Un ballon d'eau chaude dans l'espace chauffé entraîne un risque de surchauffe du local technique ; il peut être bon, à ce niveau de performance thermique (passive), de le passer dans une zone tampon (garage, atelier). Attention cependant aux problèmes d'étanchéité à l'air des traversées des réseaux.

Eyrolles.

Fondations et terrassement

Les travaux de terrassement ont commencé courant 2012.

L'isolation prévue en panneaux de polyuréthane de 12 cm se fera sur la dalle béton. Au final, le propriétaire prendra la décision de faire venir une entreprise pour réaliser une isolation en polyuréthane projeté, permettant d'enrober les réseaux au sol. La fourniture seule des plaques devait lui coûter 34 €/m² ; pour la fourniture et la pose du produit projeté, il paiera 36 €/m².

Le sol sera ensuite poncé pour être mis de niveau et rendu plan.

Laurent Soubeyrat

5.2

Laurent Soubeyrat

5.3

Guichard

5.4

5.2
Rez-de-chaussée

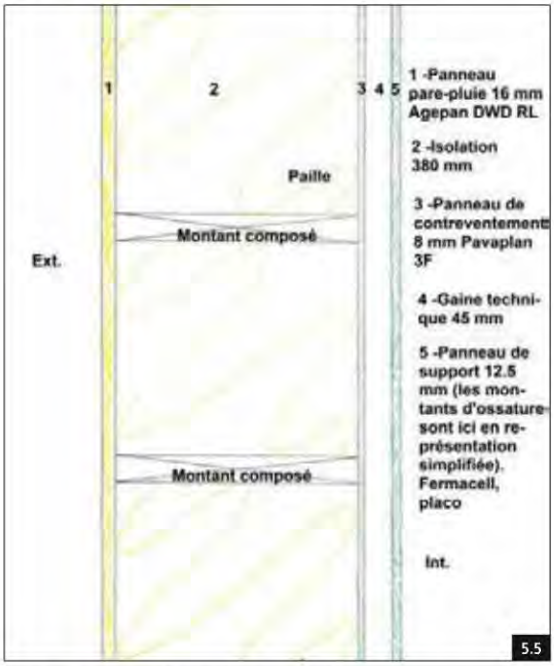
5.3
Étage

5.4
La dalle béton est coulée.

Eyrolles.

L'ossature bois isolée en paille

Là encore, le propriétaire fait appel à une entreprise[1] pour la réalisation de l'ossature bois. L'ossature, composée de sections de douglas massif, est étudiée pour recevoir des bottes de paille entières. Les bottes sélectionnées ont une haute densité (120 kg/m³) et un format standard, assurant une parfaite qualité d'exécution.



5.5

5.5 et 5.6
Document explicatif sur le matériau paille, réalisé par Bati-Nature

5.7
Levage des murs ossature paille

Valeurs propres à l'ossature bois-paille
- Valeur U : 0.132 W/m²K
- Valeur R : 7.57m²K/W
- Valeur Sd int. : 1.48m
- Valeur Sd ext. : 0.18m
- Poids surfacique : 91.5 Kg/m²
- L'entre-axe des montants : 51 cm

Informations générales
- Les parois Bati-Nature sont préfabriquées en atelier
- Le poids d'une paroi est de 2T max.
- L'encombrement maximal d'une paroi est de 2.9m de hauteur et de 7.5m de longueur
- La manutention des parois nécessite une plateforme de levage adaptée de 6*6m
- Les parois d'ossature sortant de l'atelier sont isolées contreventées et protégées contre les diverses intempéries

5.6

1 - Source : Bati-Nature

Le matériau paille

La paille utilisée est achetée chez un fournisseur résidant à moins de 50 km des locaux de l'entreprise, pour réduire au minimum l'énergie grise du futur habitat.
Prix : 212,5 €/t

	DIMENSIONS : 120 x 38 x 45
Résistance thermique R	› 7,30 m²/kW
Conductivité thermique	‹ 0,052
Coefficient de diffusion à la vapeur d'eau μ	13,1
Résistance de charge sans déformation	981,3 Mpa

La paroi paille

Les murs isolation paille arrivent prêts sur le chantier : un grand jeu d'assemblage peut commencer ! Il s'agit d'un levage classique de murs ossature bois, nécessitant un engin de levage.

5.7

Guichard

Les murs ossature pèsent au maximum 2 tonnes (t). Le complexe du mur permet d'atteindre un R = 7,57 et un U = 0,13.

Eyrolles.

Guichard 5.8

Guichard 5.9

Guichard 5.10

Charpente, toiture, pose des menuiseries et isolation

Tous ces postes de travaux ont également été réalisés par l'entreprise Bati-Nature, qui propose ainsi un bouquet de travaux hors d'eau, hors d'air.
La charpente est composée de fermettes et isolée en ouate de cellulose dans les combles perdus.
La toiture est en tuiles mécaniques.
Les huisseries sont mixtes, alu et bois.

Guichard 5.11

5.12

5.8
La preuve en image : on voit bien les petits bouts de paille.

5.9
Rez-de-chaussée de l'ossature paille

5.10
Vue générale de l'ossature bois isolée en paille

5.11
Fermettes industrielles et combles perdus pour une isolation en ouate de cellulose

5.12
Toiture en tuiles mécaniques

Eyrolles.

Menuiseries mixtes alu/bois

Il s'agit de menuiseries performantes en triple vitrage argon Uw = 0,67, de production locale (marque André). Le thermicien a travaillé sur le facteur solaire du vitrage, afin de calculer pour chaque menuiserie la quantité totale d'énergie qu'elle laisse passer (l'apport solaire mesure la contribution de la menuiserie au réchauffement de la pièce). Le thermicien a fait la balance afin de connaître la rentabilité d'un tel investissement et les actions pertinentes à mener, pour un surcoût total de 200 €.

Guichard

5.13

Isolation du solivage

5.14 Guichard

Du polyane 150 microns est déroulé entre les lambourdes. Il est utilisé comme pare-poussière et pour éviter également que le sable ne passe sous les lambourdes au fil du temps et des vibrations.
2,7 m^3 de sable ont été installés entre les lambourdes, sur une surface de 53 m^2, ce qui équivaut à une charge d'environ 4,5 tonnes (soit 85 kg/m^2).
Le sable est très intéressant pour l'inertie thermique et la très bonne isolation phonique qu'il apporte.

5.15 Guichard

5.13
Menuiseries mixtes alu/bois

5.14
Isolation du solivage avec du sable

5.15
L'OSB 22 mm est posé sur les lambourdes.

Eyrolles.

Complexe du plancher de l'étage

Du bas vers le haut :

- solives douglas ;
- plancher en pin ;
- panneau isorel (laine de bois 240 kg/m²) ;
- lambourde 6 x 8 ;
- polyane 150 microns ;
- sable entre lambourdes ;
- dalle OSB 22 mm.

Guichard

Il est ensuite prévu de poser un parquet flottant.

VMC, plomberie et électricité

La VMC double flux a été posée en autoconstruction. Tout est passé en plafond et les prises d'air sont situées dans les murs.

Un plafond suspendu sert de plenum technique, afin de permettre le passage des réseaux (entre le frein-vapeur et la finition).

La VMC double flux à récupérateur de chaleur a été jumelée à un puits canadien, afin d'en augmenter l'efficacité.

Le propriétaire a mis en œuvre lui-même la plomberie et l'électricité ; l'électricité est arrivée sous forme de pieuvre, conçue initialement par un bureau d'études. Cela lui a permis d'économiser 1 500 €, par rapport à une mise en œuvre complète par un électricien.

5.16 Guichard

Les enduits extérieurs

Pour la première couche d'enduit, l'autoconstructeur a d'abord installé un lattis métallique sur des tasseaux (de marque Nergalto), le lattis permettant l'adhérence de l'enduit sur la fibre de bois. Un professionnel a ensuite mis en œuvre un enduit (de marque Parmurex), pour l'imperméabilisation de l'ensemble de son mur. Cet enduit est à base de ciment, chaux, sables siliceux et calcaires, adjuvants spécifiques. Deux passages de cet enduit sont réalisés, à huit jours d'intervalle.

5.16 Isolation du plancher de l'étage et gaines techniques

5.17 Première couche d'enduit extérieur

5.17 Guichard

Eyrolles.

Une troisième couche d'un enduit de finition est passée, qui donne la couleur et l'aspect du mur fini. Cette couche est réalisée quinze jours après la deuxième passe de Parmurex. Au total, le prix de revient de la mise en œuvre des enduits par un professionnel est de 30 € HT/m² (hors pose du Nergalto, mis en œuvre en autoconstruction).

Guichard

5.18
Vue sur l'emplacement du salon, en dessous du vide sur séjour

5.19
Étrier à âme intérieure directement fixé à la ceinture de l'ossature (avant la pose du treillis métallique et de l'enduit)

Les finitions

Du Fermacell est posé sur tous les murs et toutes les cloisons. La pose du Fermacell commence en autoconstruction, mais au bout de quelques semaines, le propriétaire décide de faire appel à un professionnel pour finir l'intégralité de l'habillage des murs et des cloisons. Les murs seront ensuite peints ou enduits à la terre. Les cloisons de Fermacell sont isolées à l'aide de panneaux d'ouate de cellulose.

Guichard

L'emménagement est réalisé à la fin de l'année 2013, avec quelques finitions en perspective.

Une pergola aérienne

La pose des brise-soleil a été anticipée par le porteur du projet en accord avec l'entrepreneur ; il a tout réalisé avec des sabots métalliques.

Guichard

Eyrolles.

La façade sud attend donc sa végétalisation ; les filins serviront de soutien aux plantes grimpantes, de type passiflore, chèvrefeuille…
Une toile tendue ou des canisses peuvent servir de brise-soleil en attendant la croissance des plantes.

Guichard

5.29

Le budget

La répartition des coûts

Le prix de revient de la construction est égal à 1 901 € TTC/m² Shon. On peut dire que le lot hors d'eau/hors d'air réalisé par Bati-Nature (comprenant la charpente, la couverture, l'ossature et les murs paille, les huisseries et l'isolation de la toiture) équivaut à un budget d'environ 117 000 €, soit environ 56 % du budget global, pour une maison respectant les normes passives.

Budget global de la construction de la maison

NATURE DES TRAVAUX	PRIX TTC
Conception	7 015 €
Viabilisation et terrassement	3 430 €
Fondations et dalle	16 785 €
Charpente	10 885 €
Couverture	11 375 €
Murs ossature bois/murs en paille	39 725 €
Huisseries	34 940 €
Façade	11 360 €
Électricité et plomberie	8 510 €
Isolation toiture	4 275 €
Finitions intérieures	41 200 €
VMC et puits canadien	6 485 €
Travaux de finition à réaliser (cuisine, peinture, enduits intérieurs…)	10 000 €
Aménagement extérieur	2 000 €
Outillage	1 110 €
Total	209 095 €
Prix/m² Shon	1 901 €
Prix/m² Shob	1 422 €
Prix/m³ chauffé	668 €
Travaux réalisés en autoconstruction	
Travaux réalisés partiellement en autoconstruction	
Travaux restant à réaliser en autoconstruction	

Budget des travaux en pourcentages

Eyrolles.

Concevoir et intégrer la maison dans son environnement

Chaque projet de maison est particulier, chaque parcours singulier. Pourtant, les points communs de tous ces projets de construction en paille sont la recherche d'une intégration réussie de la maison à son environnement, et la conception d'une habitation adaptée à son mode de vie. Ce n'est pas « une » maison, mais « leur » maison !

La démarche englobe un ensemble de points à prendre en compte, afin de réussir son projet de maison, tant d'un point de vue technique qu'humain.

Le choix du terrain

C'est lui qui va déterminer la forme de la maison. On doit prendre le temps d'observer le terrain pour en comprendre le caractère (composition, dynamique, géologie, écologie...) :

- Quelle est la nature du sol ?

5.32

- Y trouve-t-on de l'eau ?
- Comment le terrain est-il orienté ?
- Quel type de végétation y pousse ?
- D'où viennent les vents dominants ?
- Quel type de bâti l'avoisine ?...

Toutes ces questions (non exhaustives) conditionneront la conception technique et structurelle de la maison ; elles auront un impact direct sur l'aspect esthétique de l'habitation. Elles auront également un impact financier sur le projet : plus les travaux de terrassement et de fondations seront complexes, plus la facture sera élevée.

Toutefois, la prise en compte de tous ces paramètres permettra de construire une maison individuelle et personnalisée en cohérence avec son milieu.

Les modes et rythmes de vie des habitants

La démarche de construire sa maison peut répondre à différents critères, notamment financiers. Les autoconstructeurs cherchent, très majoritairement, à construire un lieu qui leur ressemble, qui respecte l'environnement, tout en répondant à leurs modes de fonctionnement.

Pourtant, il arrive régulièrement que les personnes qui entreprennent cette aventure soient déjà très au fait des matériaux à utiliser, des techniques à suivre... mais sans s'être réellement posé de questions sur la « fonction » de leur maison et des pièces la composant.

Il existe de nombreuses manières d'habiter une maison. C'est à chacun de savoir appréhender ses

Eyrolles.

modes de vie. Encore faut-il se poser les « bonnes » questions :

- J'entre par où dans ma maison ?
- Je mange où ?
- Je reçois souvent des amis à la maison et dans ce cas, je mange où ? Je les loge où ?
- Je n'ai pas d'enfant, mais je veux prévoir des chambres au cas où ?
- Je souhaite que chaque enfant ait une chambre ?
- J'ai besoin d'un bureau pour travailler ? Isolé ?
- Je veux me chauffer au bois ? Cuisiner au bois ? Juste avoir un appoint à un autre système de chauffage ?
- Je passe la majeure partie de mon temps dans quelle pièce ?
- J'ai un vidéoprojecteur et plein de DVD ; je veux un endroit réservé à cet usage ? Pour quels moments de la journée ?
- Je souhaite avoir un coin tranquille pour lire ?
- J'ai besoin d'un garage ? D'un atelier ?
- J'ai beaucoup de meubles ? Que je souhaite absolument garder ?
- Je veux des toilettes sèches ?
- Je souhaite...

À chacun de réfléchir, de s'interroger pour voir ce qui est essentiel, utile, superflu... et puis de faire des compromis, pour rendre l'ensemble réalisable.

Les formes et les espaces

Avant d'entreprendre un projet de construction, on doit se poser les bonnes questions : qu'entendons-nous par maison ? Comment procédons-nous pour concevoir nos plans ? (Il ne s'agit pas de faire un copier-coller de plans trouvés sur Internet !)

Souvent, la tendance est de partir de la forme et de la taille de la maison, sans s'interroger réellement sur ce qu'on va mettre à l'intérieur. Pourtant, il est essentiel de commencer par définir des besoins (exemple : une salle de bains, deux chambres, un bureau car on travaille à domicile...).

Définir les espaces

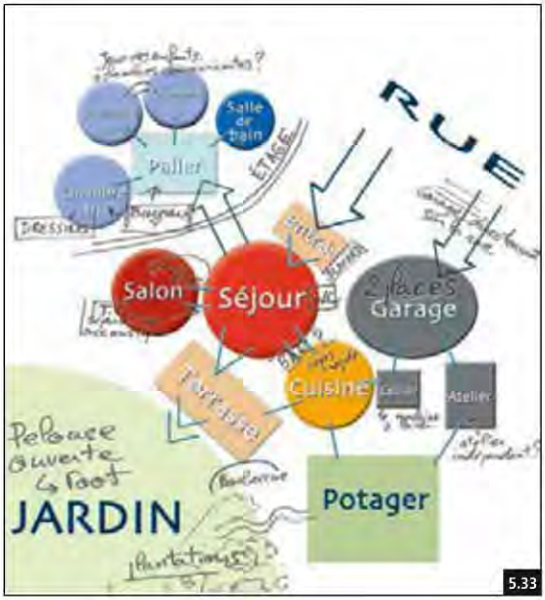
Le nombre de pièces

Les besoins minimaux pour un projet (pour un couple ou des personnes célibataires) sont les suivants :

- chambre ;
- séjour, salon ;
- cuisine ;
- salle de bains, toilettes ;
- cellier/local technique.

On peut ensuite définir des espaces de « luxe occidental » (par exemple : chambre d'amis, salle de jeux, salle de projection), ou penser sa maison comme un projet évolutif. On débute par une chambre pour les deux enfants, puis, quand l'un voudra plus d'intimité et d'indépendance, on construit ensemble (parents et enfants) sa future chambre. Belle leçon de vie pour que la réalisation de nos souhaits se vive dans le travail et le partage.

La circulation entre ces espaces



5.33

Yann Le Diméet, DR Caue 79

Eyrolles.

Ensuite, on va définir la circulation entre ces différentes pièces, mais également en fonction de l'environnement extérieur : je place la chambre à l'est pour le soleil levant, ou alors, je suis un lève-tard du fait de mon activité professionnelle ; je place donc plutôt la chambre à l'ouest pour ne pas avoir le soleil du matin. Le cellier/local technique est proche de la cuisine et de la salle de bains, la salle de bains est ouverte sur la chambre, la cuisine et le séjour sont une seule et même grande pièce, les WC sont séparés de la salle de bains par une cloison légère… Il n'y a aucune règle ; il s'agit de votre façon de penser et de vivre votre maison. Le terrain peut influencer vos choix : l'accès du terrain le plus direct et pratique est au nord-est, le cellier va donc glisser dans cette direction ; la vue donne sur un vallon, nous souhaitons y orienter la vue du séjour…
Une fois que l'on circule bien dans sa maison, il faut aussi penser à la circulation du dedans vers le dehors. La maison s'inscrit là encore dans des mouvements. Il faut donc être attentif à l'emplacement du potager, des arbres fruitiers, de la mare, du fil à linge, de l'espace de jeu, de l'espace pour le hamac…

L'espace nécessaire à chaque pièce

Puis, on va définir l'espace nécessaire à chaque pièce. Ici, on ne parle pas en termes de surface (car 12 m^2, cela peut être 3 x 4 m ou 2 x 6 m), mais en termes de longueur et de largeur, en fonction de l'aménagement intérieur souhaité (selon la technique des bouts de papiers, exposée plus loin).

Optimiser les volumes

On tente alors d'optimiser les volumes pour éviter un nombre d'angles trop important (complexes et coûteux à réaliser) ; au besoin, on réduit les surfaces. Sur cette base, le charpentier travaille avec le porteur de projet, en lui indiquant les cloisons porteuses, leur épaisseur, les emplacements des poteaux pour voir s'il faut décaler une menuiserie ou une cloison…

La conception et l'aménagement seront ainsi directement en lien avec la structure bois, que l'on essaie également de simplifier le plus possible. Cette simplification permet de limiter les coûts des différents postes du gros œuvre. Notre métier de charpentier nous donne les capacités techniques de résoudre tous les problèmes liés à la structure (calcul de portées immenses sans poteaux d'appui par exemple), mais ces solutions ne sont pas souvent viables économiquement pour les personnes que nous rencontrons.
Les leviers existant pour réduire les coûts de construction sont les suivants.

Diminuer la surface construite

En effet, plus le projet sera petit, plus l'enveloppe budgétaire sera faible (même si une augmentation des surfaces réduit les coûts au mètre carré).
Prenons un exemple standard : une maison de 300 m^2 habitables à 1 500 €/m^2 revient à 450 000 € ; une maison de 110 m^2 habitables à 2 000 €/m^2 revient à 220 000 €… Le budget nécessaire est donc moins important.
Il est impératif pour le porteur du projet de réfléchir à ses besoins, réels et indispensables, et au projet évolutif (les éventuelles extensions à réaliser demain).

Favoriser la qualité et non la quantité

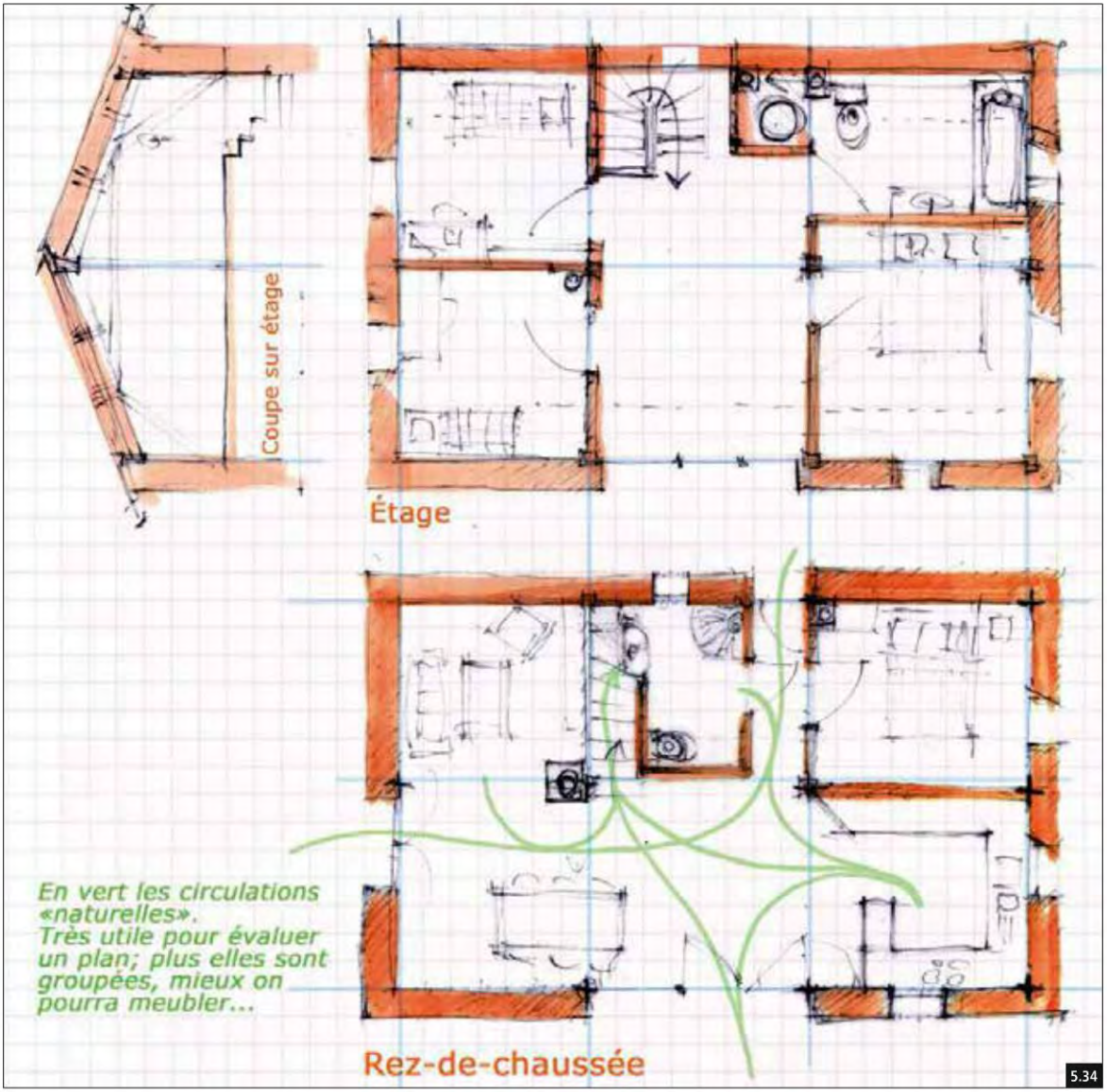
Ce critère peut rejoindre le précédent point, mais y ajoute la dimension sociale, environnementale et la performance des moyens humains et techniques mis en œuvre.

Le faire soi-même

C'est une solution qui permet d'économiser sur les coûts. Il faut être attentif à l'investissement généré par ce choix et au bon déroulement du chantier, entre les actions des autoconstructeurs et celles des professionnels pouvant intervenir. C'est aux porteurs de projet de faire les choix les plus justes, qui soient

Eyrolles.

à leur mesure : savoir se faire accompagner lorsqu'il s'agit de tâches jamais réalisées. De plus en plus d'entrepreneurs proposent de l'accompagnement et de la formation...



Yann Le Dimeét

5.34

Eyrolles.

L'aménagement intérieur

La méthode proposée aux futurs autoconstructeurs est souvent de découper des petits bouts de papier et de disposer (à l'échelle évidemment) les pièces, les aménagements... pour voir comment cela rentre dans les « cases », en bougeant les meubles, les cloisons... Cela permet de visualiser le projet, de se donner une idée des volumes et de la circulation possible, ce qui est beaucoup plus facile à faire quand il s'agit de bouts de papier que d'objets réels. En démonstration, voici une salle de bains témoin de 2,5 x 3 m, maquette réalisée en bois... Cette maquette permet de bouger tous les éléments, de voir comment les agencer au mieux, d'enlever, de remettre... À chacun de la reproduire pour toutes les pièces de la maison et de jouer !

5.35

Construire une maison bioclimatique

Collaborer avec l'environnement est une évidence dans ce type de projet de construction paille qui prend toute sa dimension : profiter de la chaleur de l'été, se préserver du froid de l'hiver, bénéficier d'un éclairage naturel... Tout est question, ici, d'orientation et d'adaptation.

Orientation de la maison

- Le sud est l'orientation à privilégier pour les ouvertures de la maison (grandes fenêtres ou baies vitrées). Cela permet d'accumuler les calories du soleil l'hiver et de bénéficier de la lumière naturelle. L'été, un débord de toit ou de la végétation suffisent à se prémunir des surchauffes.
- Le nord est l'orientation froide par excellence. On évite donc d'y installer des ouvertures. Au contraire, on en profite pour installer des zones tampons (n'ayant pas besoin de chauffage) : une arrière-cuisine, un garage...
- L'ouest est souvent apprécié pour ses lumières du soir en été, mais expose la maison à des surchauffes. Aussi, mieux vaut éviter d'y installer de trop nombreuses ouvertures, d'autant plus que la façade ouest d'une maison est souvent la plus exposée au vent et à la pluie (suivant les régions et le climat local).
- L'est, enfin, permet de bénéficier des apports de lumière naturelle le matin ; on peut donc y placer les chambres.

Là encore, il s'agit de conditions idéales. Dans la pratique, elles ne peuvent pas toujours être intégralement respectées. L'important est de composer avec l'environnement, pour arriver à un équilibre et une harmonie collective.

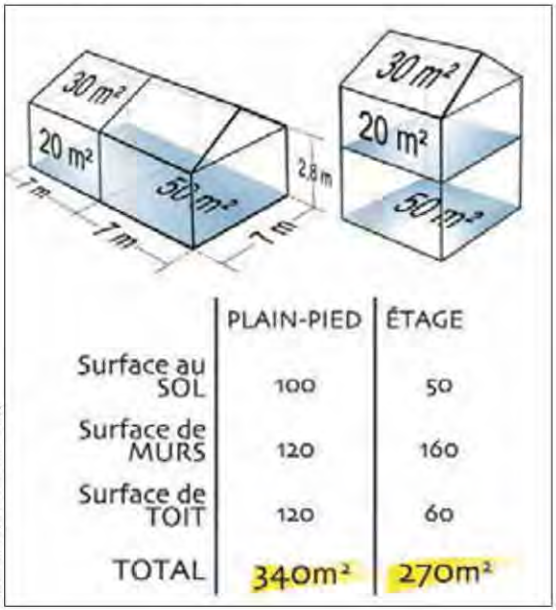
Forme et performance thermique

Harmonie et équilibre sont également à rechercher dans la forme de la maison et dans ses matériaux :

- une maison compacte a moins d'emprise au sol, est plus facile à chauffer et permet d'orienter les pièces dans la bonne direction ;
- l'équilibre entre isolation et inertie permet d'accumuler la chaleur quand il le faut et de lui faire barrage quand cela est nécessaire.

Eyrolles.

« Pour limiter les déperditions thermiques, la règle primordiale est de limiter les surfaces en contact avec l'extérieur. À cet égard, la maison avec étage est bien plus performante que celle de plain-pied, comme le montre le calcul, avec deux maisons à surfaces habitables équivalentes. »[2]



	PLAIN-PIED	ÉTAGE
Surface au SOL	100	50
Surface de MURS	120	160
Surface de TOIT	120	60
TOTAL	340m²	270m²

Yann Le Dimeet, droits réservés Caue 79

Une maison de plain-pied, pour un même nombre de mètres carrés qu'une maison à étage, augmente de 50 % la surface de toiture et de 50 % la surface au sol... postes très coûteux économiquement parlant.

Circulation de l'air

La maison doit également pouvoir être ventilée d'est en ouest, en créant un courant d'air du haut vers le bas.

Biodiversité

Enfin, le paysage et les plantes alentour jouent un rôle essentiel dans le bien-être général : des arbres à feuilles caduques au sud, une pelouse devant la maison, apportant de la fraîcheur, une haie arbustive coupant les vents dominants... Toute cette nature, source de biodiversité et de beauté, vit avec nous et nous enrichit quotidiennement.

2 - *extrait de* Construire avec le climat, *plaquette réalisée par le Caue 79*

Eyrolles.

6 Une maison sur pilotis et dalle bois

Les porteurs du projet, Katia et Fabien, sont arrivés pleins d'énergie et d'entrain, sachant précisément ce qu'ils voulaient : « construire en bottes de paille »… Voilà qu'à 10 km de leur lieu de vie, une entreprise est là pour répondre à leur besoin. On pouvait difficilement faire plus local !

Il s'agit de la première dalle bois pour maison en paille réalisée par l'entrepreneur, et c'était l'occasion d'étudier la question des reprises de charges désaxées de la charpente. Le terrain s'y prêtait bien du fait d'un dénivelé important. Et pourtant, on ne soupçonne pas que la maison soit sur pilotis quand on la voit de l'entrée du terrain !

Le traitement de la façade ouest est encore un point particulier, décidé à la suite de l'apparition de fissures sur l'enduit extérieur. À refaire, un bardage, au minimum sur la partie pignon, serait conseillé, comme le préconisent dorénavant les *Règles professionnelles de construction en paille*. Une intervention d'un professionnel pour les enduits est recommandée dans ce cas, afin de reprendre le travail non achevé.

Autre élément caractéristique de ce projet : le terrain choisi est très grand, et un hectare pour une famille peut paraître incohérent dans un projet de construction qui se dit écologique, d'autant plus pour construire une unique maison individuelle. Le bon sens nous porterait plutôt vers le développement d'habitats groupés, en zone déjà urbanisée… Mais, malgré ces idéaux, nous sommes nombreux à vouloir notre maison, dans un petit coin de campagne un peu isolé, avec un cadre environnemental sain ! Cependant, mettre en œuvre un tel projet dans une dimension humaine et écologique respectueuse reste possible.

Concernant ce projet spécifique, l'implantation de la maison permet d'envisager la construction d'autres habitats à « l'arrière » du terrain, pour d'autres familles qui seraient intéressées. Autrement, si la démarche de cette famille évolue vers une volonté d'autosuffisance alimentaire, cet hectare lui donne un espace suffisant. Comme le dit Pierre Rabhi[1], réfléchissant à l'idée « un hectare, une famille, un habitat… », « il faudra réapprendre à vivre avec un potager, un verger, un clapier, un poulailler, une ruche et des petits ruminants ». Et dans ce cas, un hectare pour une famille de quatre personnes est la surface idéale et suffisante.

Il est important de savoir faire des choix lorsqu'on commence un tel projet. L'autoconstruction demande souvent d'aller puiser au plus profond de ses ressources. Il est donc essentiel de bien définir les degrés et possibilités d'investissement : soit on fait le choix de prendre son temps afin de se consacrer à d'autres activités (et on s'organise en conséquence), soit on se consacre entièrement à son projet de construction. Par exemple ici, le déroulement de la construction a suivi le cheminement de la propriétaire, très investie dans de nombreuses associations. Or, l'étalement dans le temps de la mise en œuvre de la paille a eu un impact sur l'ensemble de la construction : il est plus facile de conserver le savoir-faire, la technicité et le matériel (de

1 - Pierre Rabhi (né en 1938 à Kenadsa, en Algérie) est un agriculteur biologiste, romancier et poète français, d'origine algérienne, inventeur du concept « oasis en tous lieux ».

Eyrolles.

type échafaudage) sur un temps continu, plutôt que d'entrecouper ce travail de longues périodes de pause. Enfin, un point fort de la construction a été la réalisation des enduits terre intérieurs, qui sont de très bonne consistance. Les porteurs du projet ont réussi à trouver un bon mélange adapté à la paille. D'aspect, il ressemble presque à un enduit terre paille, tellement il est sec et fibré. Il n'a subi aucune fissuration au séchage, sauf un léger retrait par rapport au bois, phénomène usuel dans toutes les constructions paille et bois.

Les avantages et inconvénients du projet

Les plus :

- la réalisation des enduits terre intérieurs, de bonne consistance ;
- un terrain qui se prête bien à la construction sur pilotis ;
- un volume compact ;
- la dalle bois.

Les moins :

- la façade ouest ;
- la tuile posée sur volige et non sur liteau ;
- les angles extérieurs se rapprochant de l'équerrage sans y être.
- la période de mise en œuvre de la paille, entrecoupée de longues pauses, d'où des difficultés à conserver le savoir-faire, la technicité et le matériel (problème d'échafaudage).

6.1

La genèse du projet

En août 2008, un couple de trentenaires et leur fils de quatre ans s'installent à Ménigoute, dans les Deux-Sèvres (79). Leur vie tranquille va se trouver bouleversée par un « nid de paille » !

Ils mettent bien à plat leur projet, tant du point de vue du cahier des charges que du planning. Ils se consacrent à l'autoconstruction de la maison pendant les congés scolaires pour l'un (professeur) et le temps libre hors activité professionnelle pour l'autre, employé dans une grande surface avec des horaires plus aléatoires. Il faudra savoir être souple et s'adapter.

Chacun trouve sa place et son équilibre dans les différents travaux à effectuer avec, à la tête de ce projet, la propriétaire : ce n'est pas rare, dans la construction paille, de voir les femmes prendre l'initiative du chantier et la gestion des questions techniques. C'est également un des bonheurs de la construction paille : chambouler les idées reçues et magnifier les qualités de tous !

Portrait du projet

Maître d'œuvre et maître d'ouvrage : Katia et Fabien, les propriétaires
Dessinateur : Katia et Fabien
Terrassement : Ets Thouin
Maçonnerie : Ets Moreau
Dalle bois et charpente : SARL Bois et Paille
Fournisseur paille : récupération sur un autre chantier de maison paille
Formation paille : E. Fruchard
Électricité, plomberie : entrepreneurs locaux
Poêle : Ian Parrington
Le reste des travaux a été réalisé en autoconstruction.
Surface : 120 m² habitables
Budget :

- 987 € TTC/m² Shon
- 665 € TTC/m² Shob
- 322 € TTC/m³ chauffé

6.1
Maison bois et paille à Ménigoute (79)

Eyrolles.

Le terrain et les plans

Ce projet de maison paille mûrit depuis longtemps et, dès septembre 2008, le terrain propice est trouvé. En avril 2009, les 11 870 m² sont achetés et deux petites maisons installées… pour nos amies les abeilles ! Les plans se réalisent, les devis s'accumulent et, courant juillet 2009, le permis de construire est accordé !

Cahier des charges et prévisionnel financier

Voici une partie du cahier des charges présenté par le couple, début 2010, après un travail de conception et de réflexion mené avec différents professionnels. Ils ont répondu aux questions suivantes : quels sont nos besoins ? Quels sont nos moyens financiers ? Quels sont nos moyens humains ? Quelles sont nos disponibilités et nos compétences techniques ? Comment souhaitons-nous vivre dans notre habitat ?… Un travail qui permet de se projeter dans la future maison.

Financement

Nous avons contracté un crédit sur vingt ans et avons un budget total de 134 000 € pour le terrain et la construction.

Détails du financement

Liquidités	134 000 €
Apport	40 000 €
Prêts	94 000 €
¤ Dont prêt à 5,15 % sur 20 ans	58 300 €
¤ Dont prêt à taux 0 % sur 9 ans	35 700 €

Utilisation des fonds

Achat du terrain	50 000 €
Frais de notaire	4 000 €
Construction	80 000 €
Mensualités	630 €

Pré-budget estimatif

Actuellement, nous ne disposons que de quelques informations et ordres de prix et n'avons retenu que les fourchettes hautes pour faire le tableau ci-après.

Viabilisation	Entre 5 000 et 8 000 €
Étude de sol	1 973 €
Terrassement	6 000 €
Cuve de 10 000 L + installation	5 000 €
Charpente	40 000 €
Paille	2 000 €
Total	65 000 €

Nous allons demander prochainement des devis pour les huisseries, la plomberie et l'électricité, ainsi que les économies d'eau.

Descriptif du projet

Nous disposons d'un terrain de plus d'un hectare et souhaitons construire une maison individuelle saine et passive. Dans ce but, et pour des raisons économiques, nous construirons nous-mêmes, en partie, notre maison. Elle sera en paille avec une ossature en bois. Nous userons de matériaux écologiques autant que nous le pourrons. Le budget définira les matériaux d'isolation. Dans la même optique, nous souhaitons assainir nos eaux grises par une phyto-épuration et nous doter de toilettes sèches. Un potager est envisagé ainsi que des arbres fruitiers dans le terrain. S'il nous est impossible de concevoir la charpente, nous élèverons les murs de paille et les enduirons de terre et de chaux. De même, nous réaliserons les cloisons et les aménagements intérieurs. Nous demanderons l'aide d'un professionnel pour l'électricité et, au besoin, pour la plomberie.

Disponibilités

Nous ne savons pas encore comment Fabien travaillera. Par contre, je serai disponible durant les

Eyrolles.

vacances scolaires et, surtout, durant les deux mois d'été. Soit :

Année scolaire 2009-2010

Toussaint	Samedi 24 octobre 2009 Jeudi 5 novembre 2009
Noël	Samedi 19 décembre 2009 Lundi 4 janvier 2010
Hiver	Samedi 6 février 2010 Lundi 22 février 2010
Printemps	Samedi 3 avril 2010 Lundi 19 avril 2010
Début des vacances d'été	Vendredi 2 juillet 2010 30 août 2010

Chronologie de la construction

Conception projet et acceptation PC : septembre 2008 à février 2010 – 18 mois

Gros œuvre (fondations, maçonnerie, charpente...) : mars 2010 à juillet 2010 – 5 mois

Paille : août 2010 à mars 2011 – 8 mois

Enduits, second œuvre et finitions : avril 2011 à janvier 2012 – 10 mois

Emménagement : janvier 2012

Une maison sur deux niveaux

Notre maison est conçue pour être pratique et bien agencée. Plutôt qu'une grande maison, nous la préférons plus ramassée et bien organisée : nous ne sommes pas fans de ménage et plutôt maniaques du rangement, ainsi, nous avons pensé chaque espace en termes de rangements potentiels et d'optimisation de l'espace. Les portes seront coulissantes, et nous en mettrons un minimum. Le nombre de cloisons a aussi été calculé pour être réduit au minimum nécessaire.

Plutôt que deux étages, nous envisageons un niveau et demi. C'est-à-dire que nous aménagerons les combles. Avec 1,80 m sous toiture au niveau des façades nord et sud, nous estimons que nous aurons assez d'amplitude pour nous déplacer. Nous y placerons – au nord – deux chambres d'enfants et/ou amis séparées par un espace de toilette (d'abord un simple placard) et une mezzanine, au sud-est. Une passerelle suspendue desservira les chambres et nous placerons au bout un espace bureau.

Au rez-de-chaussée, d'ouest en est, la chambre des parents, la salle de bains attenante, les toilettes et un cellier. Ce dernier comprendra le local technique. Au sud-est, la cuisine, sous la mezzanine. Et un salon/salle à manger sous le vide.

Les plans

6.3

6.4

Renaud-Guilloton

6.3
Rez-de-chaussée (chambre, SDB, WC, local technique, cellier, séjour, cuisine)

6.4
1er étage (chambre, bureau, chambre, vide de séjour, mezzanine)

Eyrolles.

L'escalier droit en bois

Nous avons conçu l'escalier comme un grand espace de stockage et une limite entre cellier et cuisine. Le but est de l'habiller de portes des deux côtés et de le « remplir ». Côté cellier, on y placera des conserves et des légumes, les produits d'entretien et balais… Côté cuisine, il servira à ranger le frigo, une marmite norvégienne, la vaisselle et les aliments.
Les marches plus basses pourront être pourvues de charnières piano et servir de petits coffres. En haut, il débouchera sur la mezzanine. Son garde-corps pourra être habillé d'une petite cédéthèque.

La cuisine (3,80 x 3,35 ≈ 12,5 m²)

C'est un espace de vie ouvert sur le reste de la maison. Elle communique avec le cellier, sous l'escalier, et avec l'extérieur, car c'est par la cuisine que nous entrerons, au sud-est. Au sol, tomettes (si possible) ou carrelage (à défaut). Des ampoules LED au plafond, au-dessus des plans de travail, et une fenêtre à l'est pour le soleil du matin.
Un triangle de circulation sera respecté entre le frigo, l'évier et la cuisinière. Nous prévoyons de mettre l'évier à angle droit de l'escalier, dans l'axe des conduites d'eau, dans le but de minimiser le nombre de tuyaux : ainsi, une seule conduite desservira directement, depuis le chauffe-eau, le lave-linge dans le cellier puis l'évier et le lave-vaisselle, sous le plan de travail.
Le frigo sera sous l'escalier, juste à côté de la porte du cellier. L'espace cuisson lui fera face, sur un vaste plan de travail donnant sur la porte d'entrée. Nous lui prévoyons une largeur de 90 cm, qui accueillera d'un côté des placards bas de cuisine, de l'autre un meuble étroit de 30 cm pour ranger les chaussures et sacs.

Le salon (5,55 x 3,85 ≈ 20 m²)

Le salon et la salle à manger seront carrelés ou en parquet et regarderont vers le sud. Les murs des cloisons intérieures seront en torchis ou en bois. Nous essaierons de garder l'aspect brut de la paille.
Une grande table avec un banc-coffre seront placés sous la fenêtre de la façade sud et nous installerons un coin repos vers le poêle qui sera posé contre la cloison ouest.

Le cellier et le local technique (4 x 3 = 12 m²)

Espace pluriel qui abritera la buanderie, le local technique, l'arrière-cuisine… En résumé : ce qui est sale, salit, est dangereux ou ne doit pas être vu. Au sol, du carrelage.
Quatre espaces seront délimités :
- sous l'escalier, les conserves et légumes, les balais et produits ;
- en face, sur le mur nord, un espace technique fermé par des portes coulissantes avec le chauffe-eau, les compteurs électriques, les batteries des panneaux photovoltaïques (quand nous pourrons nous les offrir) ;
- contre le mur de la salle de bains : un évier et le lave-linge ;
- sur le mur est : une porte de service et un placard à outils.

Toutes les pièces sont ainsi énumérées et décrites (les chambres, les sanitaires, la mezzanine). Et le cahier des charges de Katia et Fabien se termine par ce dernier paragraphe :
Enfin, voici une liste non exhaustive de nos désirs les plus fous. Seront-ils réalisables et réalisés ?
- Une unique chaîne hi-fi, dont les baffles seraient répartis dans la maison.
- Un coffre à linge, à l'étage et dans la salle de bains, qui aboutirait directement dans le cellier.
- Un retour sur le plan de travail du bureau, coulissant sur roulettes pour s'étaler à l'envi.
- Un projecteur au plafond de la mezzanine, pour des soirées ciné.

Il sera intéressant, à la fin du projet, de revenir sur ce cahier des charges, afin de voir ce qui a été réalisé, ce qui a changé…

Eyrolles.

Temps effectif des travaux réalisés par des professionnels

ACTION	MIN/M²
Pose volige non apparente	15
Pose volige apparente	20
Pose couverture tuile canal 50 sur liteaux	65
Faîtage scellé avec tuile demi-ronde	50
Faîtage à sec	40
Pose OSB sur dalle bois	15
Isolation de dalle en ouate de cellulose pulsée à 55 kg/m³, en 30 cm	18
Ossature bois intérieure pour cloison 45/120	30
Pose film pare-pluie	10
Pose contre-liteaux	3

Le paillé

Les porteurs du projet pensaient pouvoir commencer les travaux à l'automne, afin d'enchaîner rapidement avec le levage de la charpente et de mettre en place les murs paille en avril 2010. Des contretemps ont décalé le projet de quelques mois (conditions météorologiques déplorables) ; en attendant le début des travaux de terrassement, le temps est pourtant bien occupé.

Les bottes de paille nécessaires au chantier ont été récupérées à une centaine de kilomètres, en Touraine, sur un chantier de maison paille achevé. Il a fallu gérer la logistique du transport et récupérer un nombre considérable de palettes, afin d'édifier le paillé. En novembre 2009, la paille arrive à Ménigoute. La base du paillé est constituée de deux couches de palettes superposées. Les palettes sont bien sèches et trois coupelles de raticide y sont déposées. Les bottes y sont ensuite empilées en quinconce et de manière régulière, afin de créer une forme géométrique stable et droite. Le haut du paillé est terminé en forme de pyramide ; l'ensemble est consciencieusement recouvert d'une grande bâche agricole. La bâche est solidement arrimée au sol et aux palettes.

Eyrolles.

Qualité et stockage des bottes de paille

Il est bien évident qu'une des bases de la réussite de la construction d'une maison paille est la qualité du matériau paille. Il faut donc veiller à ce que les bottes soient saines et n'enferment pas d'humidité. Le stockage du matériau doit donc retenir l'attention des autoconstructeurs. Toute botte présentant des traces d'humidité ou quelques piqûres de moisissures sera écartée lors de la mise en œuvre du mur paille.

Renaud-Guilloton

6.5

Le test d'humidité en images
6.6
À ne pas faire : l'aiguille du testeur est plantée verticalement dans la botte, ce qui n'est pas bon.

6.7
À faire : l'aiguille du testeur est plantée en diagonale dans la botte, ce qui permet d'obtenir le bon taux d'humidité.

À ce sujet, les *Règles professionnelles de construction en paille* sont claires :
« Les bottes sont stockées de façon à les protéger des intempéries ainsi que des autres sources d'humidité. Elles sont disposées sur palettes, ou tout autre dispositif aéré permettant d'éviter le contact avec le sol. Elles sont stockées de préférence sous hangar abrité. À l'extérieur, elles sont couvertes d'une **bâche respirante, ou étanche et aérée**, afin d'éviter l'apport d'eau par condensation. Un espace aéré et ventilé est ménagé, au moyen de palettes, par exemple, entre le sommet du tas de paille et la couverture. La forme du tas doit interdire la formation de poche d'eau. Les dispositions nécessaires sont prises pour que la ventilation perdure en cas de dépôts de neige. »[2]

Les bâches de marque Toptex sont un bon exemple de protège-pluie perméable à l'air pour les bottes de paille ; on peut aussi les stocker à l'abri d'une serre.

Mise en œuvre de la paille

Après le transport et le stockage, quand l'heure est venue de mettre en œuvre les bottes de paille, il convient là encore de bien respecter les contrôles énumérés dans les *Règles professionnelles de construction en paille*. Tout un cahier des charges a été édité, permettant de connaître les points de contrôle à respecter :

- humidité de la botte de paille inférieure à 20 % ;
- mesures de la botte de paille ;
- masse volumique de la botte de paille, de 80 à 120 kg/m³ (sur base sèche).

« Le contrôle doit porter sur l'humidité relative, la masse volumique et les dimensions des bottes. Il est à réaliser au minimum sur dix bottes et toutes les vingt bottes à partir des tables de calcul disponibles au paragraphe A1.4. Les mesures sont réalisées au cœur des bottes et sont consignées dans un bordereau. »[3]

Les bottes de paille : test d'humidité

Il faut piquer la botte en diagonale, afin d'obtenir la mesure la plus juste, car il peut arriver que sur la même botte vous trouviez des différences entre les extrêmes et le centre.

6.6

6.7

2 - *Extrait des* Règles professionnelles de construction en paille *(p. 124)*

3 - *Extrait des* Règles professionnelles de construction en paille *p. 124)*

Eyrolles.

Astuce de chantier

Au lieu de peser les bottes à bout de bras, il est beaucoup plus reposant d'installer une sangle attachée à la structure bois. Cette sangle équipée d'un anneau de sécurité recevra le peson et la botte de paille.
Des tables sont ensuite mises à disposition pour calculer la masse volumique de votre botte de paille, en fonction de la taille, du poids et de la teneur en eau de la botte.

6.8

6.9

Il est conseillé de consulter plus qu'attentivement ces règles professionnelles, qui sont la somme de longues années de travail, de mise en œuvre et de retours d'expérience de « pailleux ». Cela permettra de bénéficier de la connaissance théorique et de conseils de bon sens, bien utiles pour éviter les erreurs.

Les travaux préalables

En janvier 2010, la construction des cabanes continue sur le terrain. Les poteaux ont été plantés en octobre ; voici maintenant la mise en œuvre des croûtes de bois servant de murs.

La récupération

Les croûtes ont été récupérées auprès d'un scieur local. D'ailleurs, ce chantier est placé sous le signe de la récupération.

Retour d'expérience

« Nous avons récupéré toutes les tôles qui jonchaient notre terrain et avons simulé un toit. Apparemment, nous en aurons assez pour la cabane. Nous avons aussi récupéré des persiennes qui pourront servir de portes, après un soigneux découpage. Puis nous avons recherché, dans un tas de bois récupéré, des pièces pour les lisses, les cadres et autres renforts, voire des étagères. »

Les matériaux récupérés peuvent permettre de réaliser des économies ; par contre, il faut en tenir compte dans son projet de construction. En effet, la récup' prend beaucoup de temps et d'énergie (chercher, se déplacer, adapter...), qu'il faut intégrer dans le planning des travaux.

Eyrolles.

Viabilisation et chemin d'accès

Courant mars, la viabilisation et le chemin d'accès de 50 mètres sont réalisés, tout comme les fondations (il s'agit de la semelle en béton et des pilotis, voir « la construction sur pilotis et la dalle bois » p. 156). Bénéficiant d'un grand terrain, les meneurs du projet ont choisi de reculer la maison du bord de route, en laissant un large chemin d'accès vers le fond du terrain, en vue d'une possible fragmentation et revente d'une parcelle. Cela a une incidence sur le prix de la viabilisation et des raccordements. Ce choix a également été induit par la nature du terrain, très argileux, ainsi que par la source et la mare s'y trouvant. La position de la maison sur le terrain est aussi un compromis entre l'éloignement de la mare et la proximité de la route.

Le décapage du chemin d'accès et la réalisation des fondations ont généré de gros tas de terre. La terre ainsi récupérée (excepté la terre végétale) sera utilisée pour la fabrication de briques de terre compressées (BTC) et pour les enduits intérieurs. La terre végétale, elle, est valorisée par la création de potagers en carré et en hauteur. Une solution pour déguster les fraises sans se baisser ! Reste qu'il faut environ une journée pour remplir un carré à la main et à la brouette !

Renaud-Guilloton

6.11

Aménagement des toilettes sèches

Pendant les mois de mars et avril, les fondations sèchent. Les autoconstructeurs en profitent pour aménager des toilettes sèches dans leur cabane. L'installation est soignée et propre.

La charpente et la dalle bois

6.12

En novembre 2009, les autoconstructeurs découvrent avec émotion la structure bois de leur maison en 3D, sur laquelle ils ont longuement travaillé avec le charpentier. Elle représente en somme « l'échographie » de la maison.

La maison se construira sur pilotis et dalle bois. Ce choix technique a été déterminé par l'étude de terrain : il est trop argileux et de l'eau est présente.

6.13

Eyrolles.

Fin avril 2010, la dalle bois et la charpente sont levées sur le terrain.

6.14

La structure de la maison est assez simple ; ses dimensions sont adaptées pour profiter au maximum des portées entre appuis. Il s'agit d'un volume assez compact et la mezzanine avec angle donne un effet harmonieux à l'intérieur de la pièce de vie. Par contre, la taille importante de cette mezzanine a un impact sur le coût : un vide sur séjour n'est pas considéré comme une surface habitable, mais suppose la création de murs et de finitions intérieures et extérieures pour l'englober. La seule économie, qui reste minime, est réalisée sur les solives et le complexe de plancher. Attention : en définissant un budget prévisionnel, si vous souhaitez réaliser un vide sur séjour de ce type, il faut vraiment l'anticiper.

La couverture

Les charpentiers sont repartis et le couple s'attaque à la couverture : ils couvrent l'Isoroof et les contre-liteaux de voliges en douglas, pour pouvoir ensuite poser les tuiles canal.

Définition

L'Isoroof est un pare-pluie de sous-couverture, en fibre de bois, isolant, étanche au vent et très ouvert à la vapeur d'eau, maintenant appelé Isolair.

En hauteur, il faut penser à travailler en sécurité, avec un baudrier récupéré pour aller sur le toit. Les sites Internet sont une solution intéressante pour se procurer ce type de matériel d'occasion.

6.15

Renaud-Guilloton

Le travail de couverture est long ; lorsque juillet arrive, toutes les tuiles ne sont pas encore en place.

Le type de tuiles (tige de botte ou tuile romaine)

La couverture est adaptée à une région. Elle diffère donc de l'une à l'autre, en fonction du climat et des matériaux premiers qui sont trouvés sur place. Dans la région du Sud-Ouest de la France, c'est la tuile dite tige de botte qui est employée. Comme les vents en bord de côte sont importants, les anciens favorisaient des matériaux lourds et mis en œuvre avec peu de pente, afin de limiter la prise au vent. La tuile, également nommée tuile romaine, était historiquement moulée sur la cuisse, donnant ainsi des formes variées, en fonction du « mouleur ». La section tronconique (le diamètre de base est plus petit à une extrémité qu'à l'autre) était de ce fait variable également. On trouve encore quelques vieilles tuiles moulées à la cuisse sur les anciens toits.

Eyrolles.

La tuile est constituée du courant (formant gouttière où l'eau s'écoule) et du chapeau (venant recouvrir l'ensemble). Ces tuiles étaient posées sur de la volige et, dans cette région, sur du lattis de châtaignier fendu.

Le type de pose (avec ergot sur volige)

Le problème majeur de ce type de couverture est sa tenue mécanique ; au fil du temps, les tuiles arrivent à glisser, créant ainsi des fuites. Autrefois, l'entretien était plus régulier : on procédait de manière générale à un remaniement de toiture tous les neuf ans. De plus, même en cas de fuite, l'eau tombait directement dans le grenier, sans endommager l'isolation ni la finition.

À notre époque, où nous isolons sous rampant, cette solution n'est plus viable : impossible de voir les fuites si les tuiles glissent. C'est pour cela que les professionnels incitent à poser des courants sans ergot. Ces courants sont à poser sur liteau (et non sur volige) pour éviter tout glissement. Il existe des courants à fond plat, ainsi que des courants ronds avec ergot.

Le couple a souhaité poser des tuiles avec ergot sur volige. L'équipe de charpentiers a préalablement posé un pare-pluie en fibre de bois et des contre-liteaux, afin d'aménager la ventilation de toiture et permettre (en cas de fuites éventuelles ou de dépôt de neige poudreuse poussée par le vent) l'écoulement de l'eau en bas de pente.

Caractéristiques de la pose de tuiles avec ergot sur volige

- Des voliges ont été posées. Dans ce cas de figure, la consommation de bois est plus importante et le temps de mise en œuvre plus long qu'avec des liteaux.
- La pose des tuiles sur volige est aussi plus longue que la pose sur liteau. Quand on pose les liteaux, on détermine et règle le pureau une fois pour toutes. Avec la volige, il faut le réaliser au fur et à mesure.
- Ce type de pose de couverture demande également plus de temps dans la mise en œuvre, car le faîtage et les rives doivent être scellés à la chaux. Il s'agit là d'un travail très technique et long. Il existe de plus en plus de faîtages et de rives posés à sec et fixés mécaniquement au moyen de vis et de crochets.

Conseils et techniques à suivre

- Toujours poser un pare-pluie/pare-vent de préférence rigide (un géotextile est également possible). Veiller à bien choisir un matériau HPV, c'est-à-dire hautement perméable à la vapeur d'eau.
- Toujours aménager une lame d'air ventilée, pour la pérennité du matériau de couverture.
- En outre, plus la lame d'air sera importante, plus la température sous tuile diminuera (cette température peut monter à 60 °C en été). Et plus le flux de chaleur de l'extérieur vers l'intérieur sera faible, meilleur sera le déphasage.
- Cette lame d'air permet également d'éliminer les problèmes de condensation, tout en asséchant d'éventuelles infiltrations d'eau qui pourraient causer des dommages structurels.

On trouve encore des personnes pour dire de ne pas utiliser de pare-pluie, car il faut que la toiture « respire ». C'est faux : il gère aussi le pare-vent et il évite de créer de la convection dans les matériaux isolants. Les anciens diront aussi que le pare-pluie faisait pourrir la couverture à l'époque des pare-pluie étanches en goudron, posés directement sur les voliges et sur lesquels reposaient directement les tuiles. Les tuiles étaient alors mal ventilées ; la terre cuite devenait gélive et se dégradait plus rapidement.

Pose des précadres

Les poses des lisses basses et des précadres avancent aussi de leur côté, pendant ce même mois de juillet 2010.

Les précadres assemblés au sol sont lourds et le couple ne dispose pas d'engin de levage.

Eyrolles.

Un ingénieux système de poulie est mis en place, pour soulever les fortes charges et positionner les précadres des menuiseries.

Renaud-Guilloton

6.16

Les murs en bottes de paille

Début août, la paille sort de son paillé pour commencer le montage des murs. Cela fait maintenant dix mois que les bottes sont stockées. La bâche a subi des altérations à différents endroits, créant ainsi des ouvertures ; une certaine quantité de bottes a pris l'eau. C'est rageant, car du temps a été consacré à la manutention et au stockage de ces bottes. Les bottes souillées seront systématiquement écartées ; mais il en reste suffisamment pour les murs paille de la maison.

6.17

Renaud-Guilloton

Les meneurs du projet font preuve, une nouvelle fois, d'ingéniosité. En effet, voyant les mois filer, ils se rendent compte qu'ils n'auront pas le temps de faire les enduits à l'extérieur avant l'hiver. Par conséquent, il faudra protéger les murs paille en attendant le printemps prochain pour la réalisation des enduits. Ils installent des bâches agricoles, qui fonctionnent comme un rideau à l'aide d'un système « maison ».

Retour d'expérience

« Nous avons aussi fixé les bâches avec des liteaux au pied des chevrons. Nous nous sommes ingéniés à créer des rideaux coulissants : il suffit de fixer un cavalier sur le liteau et de mettre dans l'ordre un bout de corde, la bâche, le liteau et de glisser l'autre bout de corde dans le cavalier. Ensuite, tirez ! Quinze mètres de corde suffisent tous les mètres pour faire fonctionner le mécanisme ; on gagne du temps (et la bâche s'abîme moins). Ensuite, il faut faire attention au bout de corde que l'on tire ! »

La pose des bottes se poursuit tout au long du mois d'août, au gré des coups de main et des congés. Cela monte petit à petit, mais le mur ouest pose problème ; il apparaît que la compression des bottes n'est pas suffisante, car le mur bouge encore, même après avoir été sanglé et persuadé. Plus la hauteur

Eyrolles.

Renaud-Guilloton
6.18

Renaud-Guilloton
6.19

6.18 et 6.19
Exemple de réalisation d'un angle de mur en bottes de paille, à l'aide d'un angle de compression

et la longueur sont importantes, plus la compression l'est aussi.

Renaud-Guilloton
6.20

En fonction du type de pose et de la masse volumique des bottes de paille, un nombre minimal de dispositifs de maintien, ainsi qu'un taux de compression minimal des bottes en paroi sont nécessaires. Les différentes valeurs sont répertoriées dans les *Règles professionnelles de construction en paille*[4].

Fin août, la pose de la couverture est terminée ! La moitié des bottes de paille sont mises en place, et le couple espère finir à la fin du mois de septembre.

Point sur la gestion du temps

Les travaux se passent moins vite que prévu initialement. Beaucoup de temps est passé :

- **à trouver des solutions pour simplifier des mises en œuvre, sans matériel de levage ou autre ;**
- **à la recherche de matériel à emprunter (échafaudage, remorques...).**

Tous ces temps cumulés ont un impact direct sur le déroulement des travaux et le temps passé sur le chantier.

Conseil : il est important de savoir anticiper les chantiers. Pendant la phase de préparation, penser à :

- **contacter les personnes ressources ;**
- **faire la liste du matériel et des matériaux nécessaires afin de les avoir à disposition au bon moment...**

Cette partie dite « gestion de chantier » prend également du temps, mais elle est une des clés du bon déroulement des travaux !

4 - Règles professionnelles de construction en paille, *paragraphe 3.10, page 65*

Eyrolles.

La fabrication des briques de terre comprimée (BTC)

La propriétaire est également très investie dans différentes associations et manifestations. À l'occasion du festival ornithologique de Ménigoute de novembre 2010, elle ouvre sa maison aux festivaliers sensibilisés à l'écologie, tout en proposant des ateliers de réalisation de briques de terre compressée (BTC) avec l'aide de l'association des Fourmis'Colos, dont elle est membre.
Les visites ont été nombreuses et une vingtaine de personnes se sont relayées à l'atelier brique.
Soixante-dix briques ont ainsi été façonnées, malgré la pluie. Ces briques prendront place dans la maison, derrière le poêle à bois, afin de réaliser un muret et d'apporter de l'inertie à la maison.

Voici les différentes étapes de fabrication des briques de terre.
1. Le tamisage de l'argile : le grillage (ou le sommier) permet de retenir les plus gros cailloux.

6.21 Renaud-Guilloton

2. On verse l'argile tamisée dans le moule de la machine, en tassant bien dans les coins. On ajoute entre 3 et 10 % de chaux pour stabiliser les briques. On doit ensuite appuyer sur le bras de la machine, compressant ainsi la terre, avant d'aider au démoulage de la brique.

6.22 Renaud-Guilloton

3. Et voici le résultat final : des briques de terre compressées (BTC).
L'hiver avance, les travaux continuent à l'abri des bâches. Le système de coulisses fonctionne correctement et les bâches ne s'abîment pas dans le temps. La maison est bien à l'abri !
La maison en paille, restée sous ces bâches noires pendant de longs mois, surprend et fait l'objet d'un article paru dans un journal régional ; c'est l'occasion d'expliquer la raison de ces bâches. Il est important, pour la valorisation de la construction paille, de respecter les règles de mise en œuvre et de communiquer... pour combattre les a priori et idées reçues !

6.23 Renaud-Guilloton

Eyrolles.

L'escalier

Les cloisons intérieures, l'électricité… par petites touches éparses, la maison grandit. Au mois de février 2010, un escalier de récupération[5] remplace avantageusement l'échelle en place jusqu'alors et restera là tant que les finances ne permettront pas d'investir dans l'escalier définitif.

6.24

L'escalier est toujours un élément difficile à positionner dans une maison, car il empiète sur la surface utile des pièces. Alors autant essayer de valoriser cet espace ! Combien de toilettes, par exemple, se trouvent sous l'escalier : un aménagement plutôt intelligent, cela dit en passant. D'autres solutions sont possibles comme créer un petit espace bureau, un petit couloir (ne desservant pas les pièces d'eau), une bibliothèque ou comme ici, des rangements pour la cuisine et le cellier.

Un escalier est toujours un poste coûteux ; l'idée d'en récupérer un d'occasion peut être intéressante ; cependant, il faut être vigilant à la hauteur d'accès initial. Et s'il manque une marche, rien n'empêche de créer une première marche plateforme.

De préférence, mieux vaut acquérir l'escalier assemblé et non pas démonté. Cela permet de vérifier que toutes les pièces sont bien présentes. La bonne liaison et la structure des différents éléments constituant l'escalier doivent également être vérifiées. Se faire accompagner par un professionnel au besoin.

Travaux en chantiers participatifs

Les appels à chantiers participatifs continuent : les cloisons, la préparation des murs paille pour la pose de l'enduit, les enduits intérieurs et extérieurs, l'électricité accompagnée par un professionnel, la pose du frein-vapeur accompagnée par un professionnel aussi… Mi-avril, les menuiseries en chêne sont posées en bas, par l'équipe de l'artisan menuisier qui les a fabriquées.

Les enduits extérieurs à la chaux

Après la pose des menuiseries et de leur protection, les enduits extérieurs à la chaux peuvent démarrer. Le gobetis est projeté à la main pour les façades nord, ouest et, en partie, est.

5 - récupéré grâce au site Internet leboncoin

Eyrolles.

Pour le passage du gobetis sur les autres façades et la couche de corps sur la façade est, l'appel à chantier participatif fonctionne : avoir du renfort disposant d'un échaffaudage et d'un sablon, ça change tout !

Renaud-Guilloton

6.25

Dans la mesure où la façade ouest est toujours la plus exposée aux intempéries, il aurait été plus judicieux de passer la couche de corps d'abord sur cette façade. D'autant plus que, dans le cas de ce chantier, la couche de corps à l'ouest ne sera passée que fin juillet. Or, pendant les périodes de soleil et de forte chaleur, il faut prendre garde à protéger l'enduit pour lui assurer un meilleur séchage.

Précautions concernant l'application de l'enduit

Il arrive, c'est le cas dans ce projet, que des fissures et crevasses disparates apparaissent sur les murs de la maison ; ce phénomène est lié à l'application d'un enduit trop épais. Il est également dû à une mauvaise préparation du support paille. Souvent, au cours de l'application de l'enduit, l'autoconstructeur souhaite rattraper, en une passe, des creux importants. Pourtant, il est dit clairement, dans les *Règles professionnelles de construction en paille*, que « les surfaces à enduire sont rectifiées afin de limiter les épaisseurs d'enduits à appliquer »[6].

La marche à suivre : il est essentiel de prendre le temps de préparer le support à l'aide d'outils adaptés (persuadeur, taille-haie, débroussailleuse) afin de limiter les creux et les bosses ; il faut savoir que l'enduit ne permet de redresser que de petit défauts. De plus, l'enduit est souvent un produit onéreux ; moins on en met (en respectant l'épaisseur minimale), mieux on se porte... et mieux se portera le mur ! L'enduit est lourd et peut occasionner des descentes de charges importantes (c'est le cas sur une dalle bois par exemple), et la mise en œuvre de l'enduit est plus fastidieuse que la taille des murs, d'où l'intérêt de réaliser des enduits d'une épaisseur adaptée ! De toute manière, l'enduit ne sera pas plus solide (voire moins) s'il est trop épais.

Pendant ce temps, à l'intérieur, les espaces se définissent, l'électricité s'étale, la terre commence à recouvrir les murs...

M. Drochon - Mlle Passebon

6.26

6 - *RFCP*, Règles professionnelles de construction en paille – Règles CP 2012, *éditions Le Moniteur, 2011*

Eyrolles.

Une épaisseur de 3,5 cm d'Isoroof (les restes de l'isolation du toit) est posée sous les tasseaux servant de rupteur phonique pour la lisse basse des cloisons, afin de limiter la propagation des sons.

6.27
1. Chambre d'amis.
2. Bureau de prof. 3. Dressing. 4. Chambre d'enfant

Les enduits intérieurs terre

La première couche d'enduit terre, appelée barbotine, a été passée sur tous les murs intérieurs. Courant juillet, la deuxième couche, dite couche de corps, est mise en œuvre.

C'est une activité physique, demandant beaucoup de manutention et de port de charges, parfois lourdes. Il faut donc apprendre à bien travailler (en adoptant les bonnes postures et en limitant les poids portés à ses capacités physiques). Prévoir des poulies, voire un treuil.

La recette de l'enduit terre

La recette utilisée ici dans la préparation de l'enduit terre pour la couche de corps est donnée à titre indicatif, puisque le mélange dépend de la terre utilisée et de sa teneur en sable. Il est essentiel d'anticiper la phase des enduits, en réalisant des tests et en prévoyant un temps de séchage suffisant. Ces tests permettront d'adapter la recette, en fonction des constats : pas assez de fibres, trop humide, pas assez de sable...

La recette de l'enduit terre pour la maison sur pilotis

Pour la barbotine

Remplir une baignoire de 375 kg d'argile, que l'on recouvre d'environ 75 L d'eau. On laisse reposer ainsi pendant quelques jours, le temps que l'argile se gonfle bien d'eau.

Avant d'utiliser la matière, il faut bien la mélanger à l'aide d'un malaxeur, afin d'obtenir la texture d'une crème onctueuse. Selon la consistance, enlever ou ajouter de l'eau. On obtient de la barbotine.

Pour l'enduit

Une fois la barbotine obtenue, on remplit une bétonnière de :

- 50 L d'un mélange de 2/3 de paille et 1/3 de foin ;
- 25 L de sable ;
- 15 L de barbotine ;
- 2,5 L d'ensilage de maïs.

On adapte la quantité d'eau à ajouter, en fonction de la texture du mélange, sachant qu'on doit obtenir un enduit fibreux, collant mais pas trop.

Fin juillet, la couche de corps à la chaux est passée sur les trois dernières façades. Il a fallu six jours à six personnes équipées d'une bétonnière, de brouettes, de seaux et de deux gorettes pour arriver à ce résultat.

Le poêle

En août, les propriétaires font appel à un artisan local pour l'achat et la pose du poêle. Le modèle choisi est en fonte. Il mesure moins de 50 cm de haut et sera donc installé sur un muret de briques pour le rehausser.

Il s'agit d'un poêle d'une puissance de 8 kWh : la moyenne de consommation, après deux hivers de chauffe, est de trois à quatre stères de bois par an (la variation dépend énormément du taux d'ensoleillement).

Eyrolles.

Second œuvre et finitions

Courant août, la traversée de tous les tuyaux est finalisée dans la dalle bois. La dalle, ainsi que le plafond, ont pu être isolés en ouate de cellulose. Le lambris en pin brut, choisi en finition de plafond côté mezzanine, est mis en place.

Pour des raisons de budget, le plafond du côté nord est terminé en plaque d'OSB. Une première couche de peinture a été anticipée au sol, histoire de moins se fatiguer. Ils pensaient également se faciliter les choses en utilisant des grandes plaques d'OSB ; au final, c'est beaucoup moins facile à installer que le lambris, et beaucoup plus lourd. Il a fallu être nombreux pour lever ces grandes plaques au plafond. De plus, les joints sont vilains et doivent être recouverts. Au final, cela revient au même prix que le lambris.

Octobre 2011 : le menuisier vient poser les deux dernières fenêtres pour l'étage de la façade sud. La maison est enfin hors d'eau, hors d'air.

Le déménagement est prévu pour la fin de l'année. Les autoconstructeurs sont sur tous les fronts pour finaliser le maximum de travaux avant l'installation.

Les cloisons continuent de se dresser : cloisons en terre/paille en bas ; cloisons sèches (OSB ou voliges douglas et isolant en fibres de bois) pour l'étage.

Le système de phyto-épuration est mis en place. Une étude, réalisée par une entreprise spécialisée[7], a déterminé l'emplacement des bassins, leur nombre, la pente nécessaire, ainsi que les plantes préconisées. Les propriétaires ont ensuite installé eux-mêmes leur système de filtres plantés.

Renaud-Guilloton
6.28

Renaud-Guilloton
6.29

Renaud-Guilloton
6.30

6.29
L'enduit terre sèche... mais pendant ce temps, les champignons décorent les murs. Ils disparaîtront dès la fin du séchage.

7 - *Entreprise Locibelle, adhérente de l'association Eau Vivante*

Eyrolles.

Le sol du rez-de-chaussée : une chape de béton allégé

Le sol du rez-de-chaussée est réalisé. Une chape de béton allégé est venue recouvrir la dalle bois. Ce mélange de ciment, vermiculite et perlite a une épaisseur de 4 cm et a ajouté un poids de 675 kg sur la dalle (15 kg/m² – il y a 45 m²). Ce ciment sert de chape pour la pose des tomettes.

Renaud Guilloton

6.31

Le choix des matériaux est très important lors de la phase conception : il sert à définir le dimensionnement de la structure et le calcul de la résistance des matériaux. Ici, les meneurs du projet avaient choisi de poser de la tomette ou du carrelage, sur une membrane de type Schlüter® – Ditra. Il s'agit d'une natte en polyéthylène pourvue de nervures entrecroisées permettant l'ancrage de la natte dans le mortier-colle appliqué sur le support. Cette membrane spécifique répond aux variations dimensionnelles de la dalle bois. Ce sont des matériaux qui ont été pris en compte lors des calculs de structure pour la dalle bois.

Après le coulage de la chape de béton, les hypothèses de calcul pour les poutres en I ont été vérifiées, en tenant compte du poids de tous les matériaux posés. La structure reste bien dimensionnée, car le béton mis en œuvre est allégé. D'ailleurs, l'élément défavorable pour les planchers n'est pas la flèche des solives mais l'effet vibratoire de la dalle ; c'est lui qui occasionne un dimensionnement plus important des solives.

Choix des matériaux de finition

Il est très important de faire des fiches spéciales concernant les matériaux de finition ; une méthode simple est de sortir une vue en plan de la maison, spécifique pour les finitions de sol. Avec des crayons de couleurs, on crée une légende et on détermine les matériaux. Cette démarche est intéressante pour différents points :

- **se poser la question des matériaux ;**
- **déterminer les éléments de support et leur épaisseur pour définir la hauteur du sol fini et/ou les complexes de cloisons ;**
- **déterminer des surfaces pour chiffrer le coût des finitions (on peut avoir des surprises si on s'en occupe seulement en fin de chantier !) ;**
- **permettre aux artisans de dimensionner leur structure et/où de conseiller sur les matériaux de support les mieux adaptés.**

L'isolation phonique des planchers

Les planchers de l'étage sont isolés avec des copeaux de douglas bien secs et de la chaux, avant d'être finis en parquet bois.

L'isolation phonique entre le rez-de-chaussée et l'étage est très importante, pour éviter des grincements à chaque pas, qui réveillent toute la maisonnée la nuit à cause d'un solivage pas du tout isolé ! Aujourd'hui, des techniques et matériaux apportent

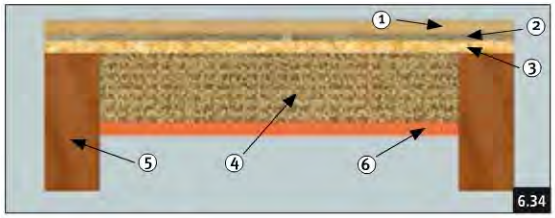
Eyrolles.

une solution à cet inconfort. Mais elle s'accompagne d'un coût financier supplémentaire.
Il existe plusieurs modes de transmission du bruit, qui rendent la gestion de l'isolation phonique complexe. Le son se propage :
• par voie solidienne : c'est-à-dire par vibrations dans les parois, les planchers, les plafonds, la structure, etc. ; quelle que soit la matière qui entre en contact avec le sol et/ou le mobilier, cela se transmet par vibrations ;
• par voie aérienne : quand on parle, le son passe par les parois, et leur voie favorite est l'air.
Pour un plancher, il faut traiter les deux sources de transmission, solidienne et aérienne.
Dans les projets de maisons réalisées en paille, le solivage est souvent apparent ; et, de fait, cela ne permet pas de profiter de l'épaisseur des solives pour appliquer un isolant acoustique. On traite le problème par-dessus le solivage.
L'idéal est de poser des plaques de phaltex, permettant d'atténuer les bruits solidiens, avec une double

6.32

rangée de tasseaux, limitant ainsi le contact bois sur bois (pont phonique). Ce croisement permet également de passer les gaines électriques, les tuyaux éventuels de plomberie... Il vaut mieux éviter de fixer les tasseaux avec le solivage en mettant en œuvre une pose flottante, afin d'éliminer tout bruit solidien que pourraient créer les vis ou les pointes reliant l'isolation phonique et le plancher structurel.

6.33



6.34

6.34
1. Plancher au choix
2. Phaltex 10 mm
3. OSB 18 mm
4. Chènevotte
5. Solive
6. Finition dessous au choix

Le vide de 9 cm environ, obtenu par la superposition des deux tasseaux de 45 mm, doit être comblé avec des matériaux isolants souples et légers. On peut utiliser du sable ou de la terre sèche ; toutefois, cette solution est peu employée car elle apporte des contraintes de charges importantes, impactant considérablement la section des solives.
Considérons l'hypothèse de calcul de l'exemple évoqué ci-dessus.

Eyrolles.

ÉTUDES DE CAS		
Solive sur deux appuis : longueur 4 m, calcul suivant Eurocode 8 avec le logiciel MD Bat		
	Étude de cas n° 1	**Étude de cas n° 2**
Charge d'exploitation	150 kg/m²	150 kg/m²
Charge : parquet sapin sur solive + panneaux fibre de bois (type Phaltex) + doubles tasseaux (5 mm en 45/40) + parquet chêne massif + cloison	72 kg/m²	72 kg/m²
Isolation phonique sur 9 cm	13,5 kg/m² pour les copeaux	153 kg/m² pour le sable
Section des solives en cm	Largeur 10/hauteur 20	Largeur 10/hauteur 22,5
Le critère dimensionnant la flèche est à 99 % pour les deux cas		
Cubage de bois pour 100 m² en m³	5,00	5,63

Ensuite, on pose des bandes de Phaltex sur les lambourdes, avant la pose du parquet massif ou de l'OSB (si pose de parquet flottant ou autre). On obtient alors un complexe phonique intéressant.
Dans le projet présenté ici, le complexe mis en œuvre est composé de 1 cm de bande de Pavatex, des tasseaux non fixés au plancher et, par-dessus, d'un parquet flottant.
Ce type d'isolation acoustique permet de traiter une toute petite partie des nuisances sonores. La grande et belle mezzanine ainsi que la cage d'escalier entraînent le bruit aérien. Ces bruits doivent être traités par les cloisons ; il faut veiller, par exemple, à bien désolidariser les plinthes du parquet, des cloisons…

Tableau indicatif

PRIX ET POIDS POUR PLANCHER ISOLÉ ENTRE LES SOLIVES			
	Quantité/m²	**Prix/m²**	**Poids/m²**
STRUCTURE PLANCHER			
Panneau phaltex	1	4,63 €	3,30 kg
OSB 18 mm	1	7,22 €	12,24 kg
SOUS-TOTAL		**11,86 €**	**15,54 kg**
PLANCHER (AU CHOIX)			
Parquet massif pin	1	18,50 €	12,60 kg
Parquet chêne	1	43,60 €	16,10 kg
OSB 18 mm	1	7,22 €	12,24 kg
Marmoleum	1	36,22 €	8,00 kg
SOUS-TOTAL		**43,60 €**	**16,10 kg**
FINITION SOUS SOLIVES (AU CHOIX)			
Plaque Fermacell	1	7,69 €	14,38 kg
Lambris	1	11,92 €	8,40 kg
OSB 9 mm	1	4,94 €	6,12 kg
SOUS-TOTAL		**11,92 €**	**8,40 kg**
ISOLANT (AU CHOIX)			
Liège en vrac	0,2	22,10 €	14,00 kg
Chènevotte	0,09	5,94 €	13,50 kg
Ouate de cellulose	1	26,05 €	8,00 kg
SOUS-TOTAL		**5,94 €**	**13,50 kg**
CLOISON SUR SOLIVAGE			
Cloison légère	1		40,00 kg
SOUS-TOTAL			**40,00 kg**
TOTAL		**73,31 €**	**93,54 kg**

La fin des travaux a été laborieuse : le temps qui manque, des problèmes avec l'électricité et la plomberie, la fatigue qui s'accumule… mais, en janvier 2012, la maison en paille est habitée. Il reste encore des travaux (enduits de finition intérieurs et extérieurs, placards, aménagements de la cuisine et de la salle de bains).

Eyrolles.

Le budget

La répartition des coûts

Le prix de revient de la construction est égal à 987 € TTC/m² habitable, ce qui reste modique compte tenu de la part importante des travaux réalisés par des artisans.

Le faible coût est le résultat d'une récupération systématique de matériaux, de meubles et d'outillages demandant une grande énergie et beaucoup de temps. Mais la contrepartie économique est là pour en prouver l'intérêt.

Le budget est révisé en cours de route ; au printemps 2010, 20 000 € sont de nouveau empruntés à la banque en supplément des 80 000 € déjà alloués aux travaux de la maison.

Budget global de la construction de la maison

NATURE DES TRAVAUX	PRIX TTC
Viabilisation et terrassement	9 720 €
Fondations	5 780 €
Dalle bois	14 880 €
Charpente	35 520 €
Couverture	1 675 €
Murs paille et précadres	3 340 €
Enduits	2 890 €
Huisseries	7 875 €
Électricité et plomberie	6 450 €
Isolation toiture	4 550 €
Finitions	8 320 €
Phytoépuration	1 920 €
Poêle	1 960 €
Aspiration centralisée	1 800 €
Enduits extérieurs	7 500 €
Outillage et matériaux	4 260 €
Total	**118 440 €**
Prix/m² de SHON	**987 €**
Prix/m² de SHOB	**665 €**
Prix/m³ chauffé	**322 €**
Travaux réalisés en autoconstruction	

Eyrolles.

La construction sur pilotis et la dalle bois

Les pilotis sont plus couramment utilisés dans les zones particulièrement humides, voire inondables. Toutefois, la construction sur pilotis peut être très intéressante et ce, pour plusieurs raisons :

- surélevée du sol, elle permet d'éviter toute remontée d'humidité et offre une isolation à l'habitation ;
- elle bénéficie d'une ventilation permanente de la dalle, éliminant ainsi les problèmes dus au radon ;
- l'accès à la dalle et aux canalisations, rendu possible, facilite les interventions (observation, surveillance et maintenance) ;
- en dégageant la maison du sol, elle apporte une dimension architecturale et esthétique ;
- enfin, elle permet de s'adapter à de nombreux terrains, notamment ceux qui ont une forte pente naturelle.

Le choix des pilotis

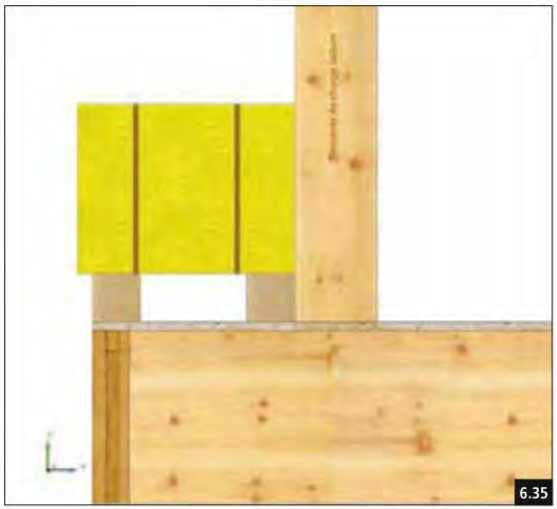
Les premières maisons sur pilotis ont été réalisées avec des pieux en bois.
Dans ce cas de figure, il faut protéger les pilotis de l'humidité. Les trente premiers centimètres sont les plus sensibles aux variations d'humidité. Deux possibilités existent : prendre du bois de classe 4, de type robinier, ou alors traiter le bois utilisé, solution moins écologique. Dans tous les cas, un système de drainage est à penser afin d'augmenter la durabilité de l'ensemble.
Les pilotis en béton sont plus couramment utilisés, car plus faciles à réaliser et plus résistants ; évidemment, l'impact écologique est plus important.
La solution des pieux vissés, type technopieux ou fondapieu est également intéressante ; on peut les comparer à de grandes vis, installées dans le sol par une machine spécialisée. Ces pieux sont enfoncés jusqu'à atteindre la capacité portante voulue. Ce pieu de fondation vissé garantit que la construction est bâtie sur du solide (rappelons que tout projet demande une étude de sol et/ou des études spécifiques qui doivent être réalisées par des professionnels compétents dans le domaine).

La pose

Pour le projet de maison présenté dans ce chapitre, une semelle de béton ferraillée a été coulée autour de la maison et une autre correspond à la ligne de faîtage. Onze plots ont ensuite été coulés.
Une question particulière se posait pour cette dalle bois, car la structure poteau poutre est désaxée, c'est-à-dire que les descentes de charges ne sont pas alignées avec l'extérieur.
Une console déportée pour reprendre la lisse extérieure aurait pu être réalisée, mais le plus simple et le plus économique était de faire des plots carrés plus importants afin de reprendre les lisses extérieures et la descente de charges.
Suivant l'étude de sol, le maçon sur place a souhaité faire un chaînage des pieds de poteaux. Il a donc réalisé une semelle filante, permettant de raccorder l'ensemble des poteaux béton entre eux (le ferraillage des plots et de la semelle étant relié).

Eyrolles.

Un mur a été monté côté est, afin de protéger les fondations et d'éviter aux cailloux du chemin de rouler sous la maison. C'est de ce côté que viendront se garer les véhicules. Puis, les terrassiers apportent du remblai, en appui contre le mur afin d'aménager un accès de plain-pied à la maison. Dans le cadre d'une dalle bois, le vide sanitaire devra être « bien ventilé » ; le DTU 31.2 impose une ventilation de 1/150 de la surface du plancher. De plus, la classe d'emploi des bois est de 2 de même que la classe de service, si la hauteur entre le terrain et le bois est de 30 cm minimum.


6.35

6.36

6.37

Renaud-Guilloton
6.38

Renaud-Guilloton
6.39

6.35
Vue en coupe, extérieur

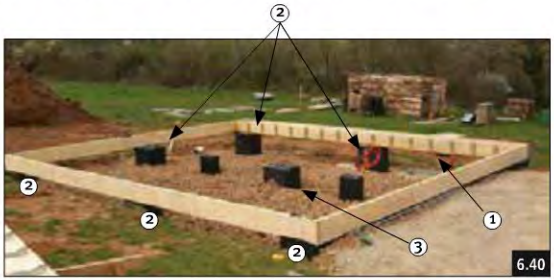
6.36
Vue en perspective

6.37
Vue en coupe, intérieur (détail porteuse Kerto et poutre en I)

6.38
Semelle coulée, coffrage pour plots et murs

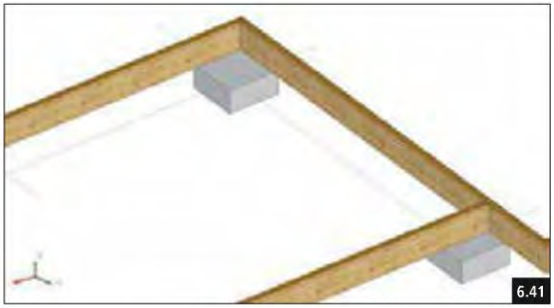
Eyrolles.

Les pilotis ont été enduits de bitume, afin d'éviter les remontées capillaires. Une bande d'arase est également posée sur la tête des plots, à la liaison béton/bois. La bande d'arase seule aurait suffi à empêcher les remontées capillaires du plot vers le bois.



6.40

La maçonnerie est réalisée, ainsi que le chemin d'accès.

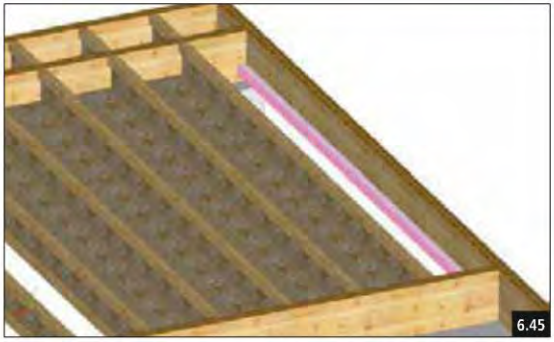

6.41

Les plots de la maçonnerie extérieure sont alignés avec le nu extérieur des poutres Kerto.

6.42

6.43

6.44


6.45

6.46

6.40
1. Passage des évacuations et arrivée eau, électricité, téléphone
2. Plots 65/65 minimum
3. Plots 50/50 minimum

6.42
Pose des ceintures en Kerto (ou en lamellé-collé) et du refend intérieur

6.43
Détail de raccord des ceintures extérieures

6.44
Pose des poutres en I pour le solivage

6.45
1. Tasseaux contre Kerto pour le repos de l'OSB de fond

6.46
Entailles pour passage du sabot métallique

Eyrolles.

6.47

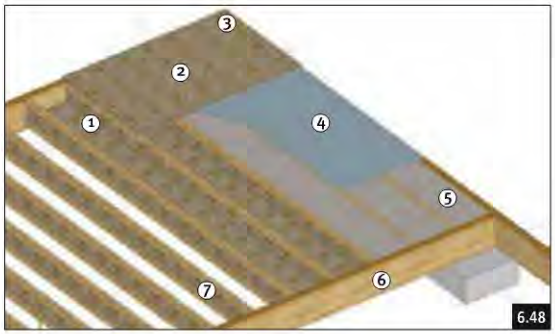
Les fourreaux sont d'abord passés dans des tubes PVC de diamètre 120 ou 200, afin d'ajouter un isolant complémentaire. L'étanchéité des gaines et des fourreaux est bien sûr réalisée. Les panneaux posés à joint décalé sur solivage (devant reposer sur trois appuis minimum) sont obligatoirement fixés avec des pointes – qui peuvent êtres lisses ou torsadées (ce qui est conseillé) – ou des vis. Les pointes doivent avoir une longueur d'au moins trois fois l'épaisseur du panneau (avec un minimum de 40 mm) et pour les vis, d'au moins deux fois l'épaisseur du panneau (avec un minimum de 50 mm). Attention : le clouage doit être complété par un vissage aux quatre angles du panneau ainsi qu'à mi- longueur.

Le complexe de la dalle bois

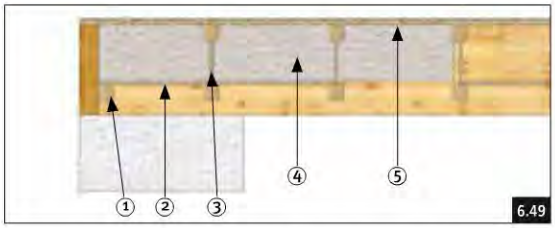
Cela représente 30 cm d'isolation en ouate dans les poutres en I.

Pour la préparation de l'isolation de la dalle par-dessous, on perce la dalle avec une scie cloche,

6.48a



6.48



6.49

6.48a et 6.48
Pose du frein-vapeur et de l'OSB rainure languette qui protège le frein-vapeur
1. OSB de fond.
2. OSB dalle 18 mm.
3. Ceinture Kerto.
4. Frein-vapeur.
5. Isolation pulsée quand le chantier est hors d'eau et hors d'air.
6. Refend Kerto.
7. Poutre en I

6.49
Vue en coupe du complexe de dalle.
1. Tasseaux sur Kerto pour reprise de l'OSB.
2. OSB de fond.
3. Poutre en I.
4. Isolation pulsée.
5. OSB dalle 18 mm

afin de pouvoir faire entrer le tuyau de la cardeuse-souffleuse, insufflant la ouate... Les positions demandées par cette technique sont loin d'être confortables. Pour les dalles bois, il est conseillé de réaliser systématiquement l'isolation de dalle lorsque le chantier et hors d'eau hors d'air. Cela paraît logique, cependant c'est rarement fait et cela occasionne des particularités : si l'isolation est réalisée avant la mise hors d'eau, il faut absolument se prémunir des infiltrations d'eau dans la dalle, qui ne permettraient pas ensuite le séchage de l'isolant. Il faut prévoir l'occultation des ouvertures, le bâchage...

Afin de pouvoir monter les murs de la maison, il faut que l'OSB de plancher soit posé, au minimum sur la périphérie de la maison. L'OSB est même souvent posé sur l'ensemble de la dalle, car il gère également le contreventement de la plateforme. Une fois l'OSB posé, l'accès aux caissons pour poser un isolant en rouleaux ou en panneaux n'est plus possible. De ce fait, l'isolation est à réaliser avant de monter les murs, la toiture et les menuiseries. Dans ce cas,

Eyrolles.

malgré tout le soin pris pour coller les dalles, poser un film... l'eau couplée au vent peut être particulièrement traîtresse. La construction n'est jamais à l'abri d'infiltrations d'eau ou d'imprévus de chantier, et la dalle peut rester plus longtemps que prévu exposée aux intempéries.

Pour cette raison, mieux vaut isoler lorsque la maison est hors d'eau hors d'air. Cela a pour conséquence l'obligation d'isoler avec un matériau pulsé. Il faut le pulser sous pression afin d'éviter tout tassement dans le temps : dans la gamme des biomatériaux certifiés, il n'existe que la ouate de cellulose capable de remplir cet office. Un trou de scie cloche par caisson et l'isolation est réalisée sans risque d'infiltrations futures.

La structure est isolée également par-dessous, grâce à la pose d'un frein vapeur-sous la dalle OSB. Cela permet de protéger le frein-vapeur de toute déchirure.

Renaud-Guilloton

6.50

6.51

6.51
Ne pas oublier le chevêtre et la trappe pour les arrivées de l'électricité et de la plomberie.

6.52
Installation des entretoises, permettant la pose de la future cloison

Si la décision est de poser le frein-vapeur sur les dalles OSB et d'isoler par le dessus, il faudra veiller à la bonne fermeture des trous d'insufflation. Cette solution implique également de porter une grande attention à la protection du frein-vapeur lors de la durée des travaux, afin d'éviter que le piétinement ne dégrade le film.

Le positionnement des cloisons

L'anticipation des cloisons est très importante, surtout dans le cas d'une dalle bois, car dans les maisons bien conçues, des murs à inertie (de type BTC, terre/paille...) sont souvent mis en œuvre. Ils sont plus lourds au mètre carré que des cloisons en laine minérale et plaques de plâtre et nécessitent un dimensionnement de la structure spécifique.

Quand les cloisons sont perpendiculaires au solivage, il n'y a pas d'inquiétude à avoir (sauf dans le cas de cloisons à inertie, comme dit précédemment). Par contre, pour celles qui sont parallèles aux solives, il faut ajouter des entretoises. Il est interdit de poser les cloisons uniquement sur l'OSB ; il fléchirait sous le poids de la cloison, aussi légère soit-elle.

Il est important de rappeler que de nombreux points doivent être validés dès la phase de conception, car tout découle de la position des cloisons :

- intégration des poteaux porteurs et cloisons de contreventement ;

6.52

Eyrolles.

• position du poêle à bois par rapport à la distance au feu réglementaire de la cloison et donc du chevêtre (effectué en phase de gros œuvre) ;
• position de la VMC, de la plomberie...

6.53

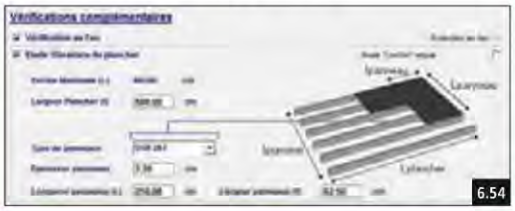
Certaines cloisons peuvent « bouger » de quelques centimètres en cours de réalisation, mis à part les cloisons lourdes et celles qui concernent le poêle à bois.
Ici, les propriétaires ont profité de la dalle bois pour passer un système d'aspiration centralisée. On peut voir les trois tuyaux blancs dépassant, qui correspondent à l'aspiration sur l'image.

L'effet vibratoire

Il faut être vigilant sur l'effet vibratoire des solivages et/ou des dalles bois, car, même si structurellement parlant une solive peut être valide, son effet vibratoire ne doit pas être négligé.
L'effet vibratoire est un mouvement vertical de va-et-vient qui est causé par des forces exercées directement sur le plancher par les personnes qui se déplacent. C'est une sensation très désagréable de marcher sur le sol et de faire vibrer les verres sur les étagères.
On prend en compte le platelage (parquet, panneaux de particules posés sur le solivage) qui accroît la rigidité du plancher et on lance le calcul (voir figure 6.54).

Éléments de calcul de l'effet vibratoire du plancher

Dans le logiciel de calcul MD Bat, voici les éléments demandés pour obtenir une note de calcul simplifiée.



6.54

Les solutions pour limiter le risque vibratoire peuvent être :
• l'ajout d'entretoises (pas pris en compte dans les normes de calcul de l'Eurocode 8) ;
• l'augmentation de la section des solives ;
• l'augmentation des panneaux ou du plancher sur le solivage ;
• la réduction de l'entraxe.
Ce problème doit être anticipé attentivement, car il est compliqué d'opérer une modification quand on se rend compte de la gêne occasionnée.

Protection du bois de la dalle

Le bois de la dalle bois doit impérativement être protégé, sauf s'il s'agit d'un bois de classe 4 ; il est cependant conseillé de le faire dans tous les cas, car c'est un bois de structure. Pour ce faire, on peut appliquer un enduit sur la dalle bois ou poser un bardage.
Il est également recommandé de poser un larmier sur la lisse basse ; ainsi, l'enduit sur le mur paille et l'enduit (ou autre) sur la dalle bois peuvent travailler de façon différente. Pour accrocher l'enduit sur la dalle bois, on utilise des panneaux de Fibralith, de Nergalto®, du lattis métallique Nerplac, de la trame de verre... Il est souhaitable que les autoconstructeurs se rapprochent de professionnels spécialisés dans le domaine afin d'obtenir le conseil le mieux adapté à la situation.

Eyrolles.

7 Une maison avec sa toiture isolée en paille

Cette maison est la deuxième maison bois et paille menée par l'entreprise. Très bien renseigné, Jef, le propriétaire travaillait depuis longtemps sur son projet de maison lorsqu'il l'a présenté. La principale contrainte était le budget, très limité : la somme globale de départ allouée aux travaux de la maison ne devait pas dépasser 50 000 euros, en tout et pour tout !

À partir de là, il était clair qu'il fallait oublier tous les jolis plans dessinés et tout repenser, concevoir un projet compact et simple. La symétrie permet de limiter les coûts de structure : comme toutes les pièces sont identiques, la taille est plus rapide. Certaines portées permettent de travailler de manière équilibrée... Le propriétaire et l'entreprise ont continué à travailler ensemble, en prévoyant que Jef participe à la taille en atelier afin de limiter les coûts. Cette expérience a été riche et intéressante, mais reste difficilement reproductible.

Lors de la conception de la structure, le propriétaire a demandé de passer de 1,40 m à 1,80 m sous rampant. Soit une augmentation de coût de 700 euros au niveau de la structure, mais qui se répercute également sur tous les autres postes de la construction : le volume à chauffer augmente de 25 m^3, la surface de mur de 15 m^2 (soit 45 bottes de paille supplémentaires pour monter les murs, sans parler de l'enduit !), les longueurs de gaines techniques augmentent aussi... Ce choix a donc eu un impact financier global réel.

Les grosses contraintes budgétaires ont eu pour effet de développer l'esprit d'analyse et de curiosité dans la conception, la réalisation et la réutilisation de matériaux...

Les avantages et inconvénients du projet

Les plus :

- les rencontres lors des chantiers participatifs, notamment ceux menés pour la paille ;
- grâce aux quatre jours de chantiers de formation paille des protocoles de mise en œuvre ont été, par la suite, une belle source d'informations et de formations pour les autres auto-constructeurs ;
- un travail de qualité et minutieux.

Les moins :

- les bâches laissées tout un hiver, par manque de temps pour la réalisation des enduits extérieurs ;
- la gestion des appuis en zinc ;
- l'isolation des soubassements en polystyrène non prévue, avec obligation de gérer un enduit spécifique.

7.1

7.1
Maison bois et paille à Anché (86)

Eyrolles.

La genèse du projet

Les propriétaires, Christel et Jef, veulent construire leur maison. Elle est graphiste indépendante et lui, professeur de musique. Ils ont plein d'idées et de rêves... et un petit budget pour les réaliser. Dès le départ, les choses sont claires : avec leurs économies et l'emprunt réalisé, en ôtant le coût du terrain, il leur reste 52 625 euros pour construire leur maison.
L'autoconstruction sera donc la clé de leur projet ; au départ, ils pensent acheter une maison bois en kit mais se rendent compte que l'idée n'est pas du tout compatible avec leur souci de l'écologie (kit de lointaine provenance, isolation minérale...). Les dessins continuent de fleurir, la paille est envisagée pour son confort thermique et son faible coût.
La simplicité sera également un maître mot de leur projet. On approche doucement de cette « sobriété heureuse », chère à Pierre Rabhi.
La construction n'est pas une passion pour ce couple qui souhaite toutefois construire un nid solide et sain pour leur tout jeune fils, même s'il ne dispose que d'un budget limité. Chacun continue ses activités professionnelles le temps des travaux de la maison.
Tout est pensé pour limiter les coûts et tous les travaux sont réalisés en autoconstruction, hormis la charpente : un choix qui a un impact direct sur le coût au mètre carré de la maison, mais aussi sur les délais de mise en œuvre... Sans le savoir, ils sont partis pour une aventure qui durera cinq ans.
Cinq ans avant d'emménager... cela peut sembler long, voire très long. La difficulté de la réalisation et la longue durée du chantier tiennent au manque de moyens financiers. Avec plus de « marge », ils auraient pu être accompagnés par des professionnels compétents pour réaliser les travaux, toujours en autoconstruction. Ces professionnels leur auraient permis d'apprendre en faisant, en bénéficiant d'un savoir-faire immédiat et, de fait, de gagner du temps.

Jef témoigne :

« La priorité donnée à la diminution des coûts a pour conséquence d'augmenter le temps de chantier et le stress qui l'accompagne. »

Portrait du projet

Maître d'œuvre et maître d'ouvrage : Christel et Jef
Dessinateur : Christel et Jef – pour se rendre compte des volumes, ils ont fait une maquette de leur maison... en carton.
Charpente : SARL Bois et Paille
Fournisseur paille : producteur local
Formation paille : E. Fruchard
Tout le reste des travaux a été fait en autoconstruction.
Surface : 109 m² habitables
Budget :
- 599 € TTC/m² Shon
- 457 € TTC/m² Shob
- 204 € TTC/m³ chauffé

7.1a

La chronologie et les différentes étapes

La préparation du chantier

En mars 2007, le terrain est acheté. Pendant un an, le couple travaille sur les plans de la maison, le dépôt du permis de construire, la préparation technique du chantier. Le propriétaire prend également le temps de se former et se rend sur trois chantiers paille dif-

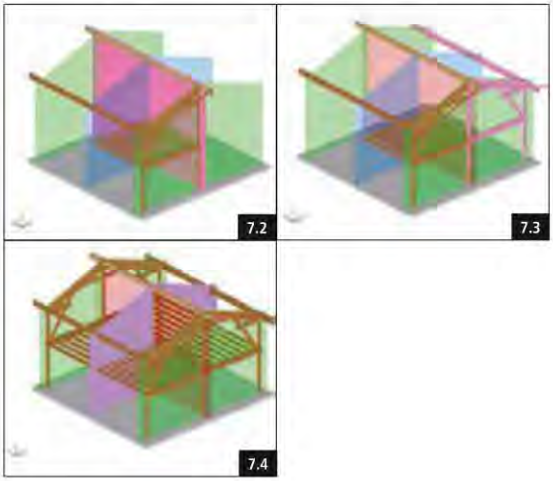
Eyrolles.

férents, afin d'acquérir les techniques et savoir-faire de différentes phases de chantier (fondations, lisses basses, enduits à la chaux...).
Ces différentes expériences lui auront surtout montré l'importance de la préparation du chantier en amont, tant pour la gestion des détails techniques et des matériaux que pour l'accueil des personnes lors des chantiers participatifs. Au total, c'est plus d'une centaine de personnes qui vont se succéder sur le chantier pour donner un coup de main... personnes pleines de volonté et d'enthousiasme, mais qu'il faut savoir accueillir, encadrer, former, sécuriser...

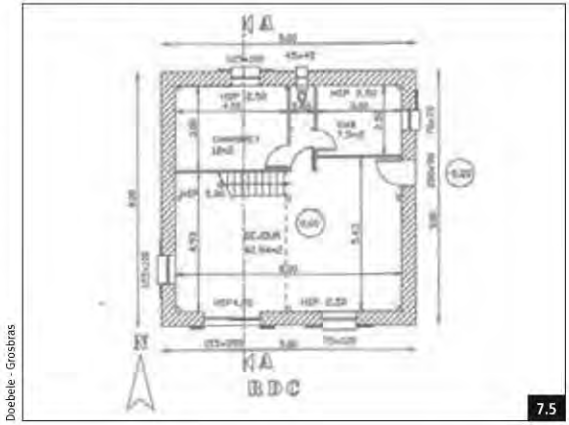
Les caractéristiques

Par rapport au budget très serré, il n'est pas question de « s'enflammer » sur la structure et la volumétrie de la maison, mais certainement d'optimiser au mieux les espaces par rapport à la structure bois. Ainsi, le point de départ de cette maison en paille est une base carrée qui permet de concevoir un quart de la maison, suivi d'un « copier-coller » pour avoir les trois autres quarts. Cette méthode est plus rapide pour tout le processus de fabrication des éléments, et représente par conséquent un gain de temps et de coût de construction.

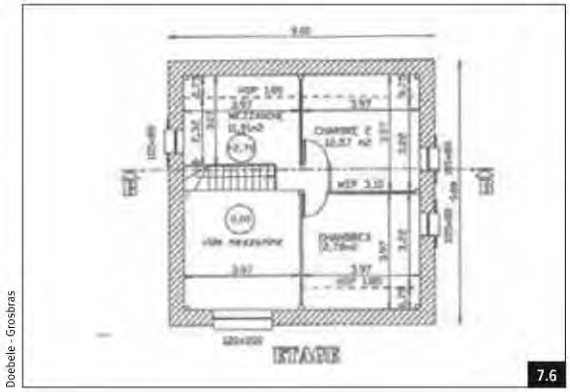
7.2 à 7.4
Explication de la base carrée en schéma



L'idée est de partir sur un écartement des fermes de 4 m, permettant une meilleure optimisation du bois par rapport aux sections.
Si l'on double la portée d'un bois, la flèche est multipliée par 16 et la résistance divisée par 4. Si on augmente la portée de 10 %, on augmente la flèche de 46 %. C'est pour cela que les portées comprises entre 3,5 m et 4 m sont bien adaptées. On peut faire plus, mais notre souci est toujours de trouver un équilibre entre les contraintes de structure (les charges permanentes, les contraintes climatiques...) et le coût final. Dans ce projet, la réelle contrainte est la recherche de la moindre économie.



Doebele - Grosbras



Doebele - Grosbras

Eyrolles.

Les heures de travail

Il aura fallu « quelques » heures de travail pour passer du rêve d'une maison à une maison de rêve !

Chronologie des travaux

Conception projet et acceptation PC : mars 2007 à janvier 2008 – 13 mois
Gros œuvre (fondations, maçonnerie, charpente…) : février 2008 à mars 2009 – 16 mois
Paille : août à fin octobre 2008 ; mars à mai 2009 – 6 mois
Enduit extérieur : septembre 2009 – 1 mois
Second œuvre et finitions : mai 2009 à février 2013 – 46 mois

Temps de chantier par poste de travail

Depuis le début des travaux, les temps de mise en œuvre de chaque tâche sont consciencieusement consignés. Ce travail de fourmi permet de présenter une chronologie détaillée du chantier, avec le nombre global d'heures effectuées pour chaque tâche.

Chronologie détaillée du chantier

Temps de chantier par poste de travail en heures

Terrassement	48 h
Fondations	568 h
Taille charpente	104 h
Levage charpente	56 h
Préparation toiture	168 h
Récolte paille	96 h
Isolation paille toit	288 h
Murs paille	936 h
Fignolage murs paille	424 h
Couverture	360 h
Menuiseries	400 h
Isolation dalle	96 h
Enduits extérieurs	632 h
Cloisons	252 h
Volige plafond	128 h
Mezzanine	52 h
Électricité	284 h
Enduits intérieurs	656 h
Plomberie	132 h
Fosse/égoût	128 h
Salle d'eau	92 h
Plancher	112 h
Tomettes	328 h
Nettoyage/rangement	216 h
Diverses finitions	76 h
Montage échafaudage	248 h

La répartition des heures par personne

Le total des heures travaillées sur le chantier est égal à **6 880 h, pour 109 m² de surface habitable, soit environ 63 h travaillées/m² habitables.**
Le propriétaire, Jef, a travaillé 3 027 heures, soit en moyenne 12 heures par semaine. Christel a travaillé 900 heures, soit en moyenne 4 heures par semaine.
Le reste des 2 953 heures de travail (soit environ 12 heures par semaine) a été réalisé lors de chantiers participatifs. Une centaine de personnes sont venues prêter la main à la réalisation de ce projet : des inconnus, de la famille ou des amis.
En conclusion, toutes ces heures de travail mélangées représentent une belle somme d'énergie.

La durée des différents travaux

Les deux premières années, les temps de travaux sont plus compacts ; en effet, le propriétaire est plus souvent et plus longtemps présent sur le chantier.

Eyrolles.

Au fur et à mesure de l'avancée du chantier, les tâches s'échelonnent sur la durée (par exemple, la volige de plafond a été réalisée de février 2010 à février 2012). Voici le temps de chantier par poste de travail en pourcentages.

Les travaux les plus longs

- Montage et fignolage des murs paille : 20 %
- Enduits intérieurs et extérieurs : 19 %
- Isolation et couverture pour la toiture : 11 %
- Fondations : 8 %

Le temps qu'on oublie en général

- Montage échafaudage : 4 %
- Nettoyage et rangement : 3 % (mais ces heures sont bien loin d'être toutes notées !)

Montage et dressage des murs paille

- **Au total**, pour 188,55 m² de murs paille (vides pour pleins), il y a eu 1 360 heures de travail, soit 7,21 h/m² ; il y a vraiment eu un gros travail de finition et de rebouchage.
- Sur l'ensemble des chantiers paille, **le temps de pose** va en moyenne de 2 h à 3 h 30/m². Ici, nous sommes à 7,21 h/m² de temps de pose, car ce temps comprend la pose de la lisse basse, la fabrication et la pose des précadres, la pose de l'étanchéité à l'air... et, facteur extérieur, la météo capricieuse. Ces heures intègrent également les quatre jours de chantier de formation mur paille.
- Il reste encore quelques heures de travail avant que tout soit fini, mais on peut les considérer comme anecdotiques par rapport au nombre d'heures déjà effectuées.

Le terrassement et la dalle

Les travaux de terrassement débutent en février 2008. Aucune étude de sol n'a été réalisée, faute de budget. Le propriétaire s'est renseigné auprès du paysan qui avait travaillé ce terrain et il s'est entouré d'amis professionnels de la construction, qui l'ont guidé et conseillé lors des travaux de terrassement et de mise en œuvre de la dalle. Il a reproduit le type de dalle étudié lors de sa participation à un chantier de construction paille. Comme pour chaque nouvelle tâche, le couple procède comme suit :

- lectures techniques ;
- validation des choix auprès de professionnels et amis ;
- mise en œuvre en suivant les consignes et processus des techniques validées.

Cette manière de travailler est solide, mais demande beaucoup de temps.

7.7 Doebele · Grosbras

7.8 Doebele · Grosbras

7.7
Mur de soubassement et coffrage pour plots

7.8
Détail d'un coffrage de plot

Eyrolles.

Doebele - Grosbras

Doebele - Grosbras

Une toupie de béton permet de couler les semelles, une fois l'implantation réalisée. Puis, les autoconstructeurs ont installé les soubassements en parpaings, les bidons de tôle récupérés (qui serviront de coffrage pour les neuf plots reprenant les charges de la structure bois) et ont armé l'ensemble.
L'ensemble des réseaux a également été anticipé. La dalle béton réalisée en autoconstruction a parfaitement respecté les normes de tolérance, le charpentier devant recevoir la maçonnerie et la valider comme bon support de sa charpente.

La dalle béton

Voici les tolérances à respecter.
Dimensions : + ou – 1 cm
Niveaux généraux : 1 cm sur 10 m
Décalage de niveaux : 1 cm sur 10 m
Équerrage : 0,1 %, sans dépasser 1,5 cm sur les diagonales
Aplombs : 3 mm sur 2,5 m
Planimétrie : + ou – 2 mm par ml
Cote hors sol minimale de la maçonnerie : 25 cm (garde au sol)
Hauteur des vides sanitaires : minimum 30 cm (hauteur conseillée pour les accès : 70 cm)

La charpente bois

En mai, tout est prêt pour accueillir la charpente bois en douglas, taillée en atelier.
Afin de diminuer les coûts liés à la charpente, le propriétaire a participé à quelques travaux de taille et de levage de la structure bois.
Il a réalisé différentes tâches en atelier : rabotage, réalisation des mortaises sur différentes pièces de bois, cassage d'arête et ponçage au besoin.
Au cours du levage, il a participé à l'assemblage des fermes et au chevronnage. Au total, ce sont 48 heures de travail qui ont été réalisées par Jef, autant d'heures déduites de la facture finale de la charpente.

7.9
Remblai avant la pose de l'isolant

7.10
Dalle béton prête à recevoir la charpente

7.11
Poteau avant la taille

Eyrolles.

Cette collaboration entre professionnels et auto-constructeur a été rendue possible grâce à l'ouverture et l'intelligence des deux parties. Le propriétaire a su accepter des tâches faciles à réaliser, demandant peu de temps d'apprentissage. De leur côté, les charpentiers ont veillé au bon déroulement des différentes étapes, l'intégrant dans leur équipe avec bienveillance.

7.12

7.13

7.12
Assemblage tête de poteau

7.13
Charpente traditionnelle

7.14
Protection de la toiture en cours

7.15
Une botteleuse de petites bottes en plein fonctionnement

La toiture et le montage des murs

Début juin, toutes les voliges sont clouées en débord de toit et le toit est bâché.

Début juillet, le plancher en OSB 18 mm est posé sur le solivage de l'étage, ainsi que la sous-toiture en OSB. Les panneaux sont posés sous chevrons et permettent de gérer l'étanchéité à l'air et servent de support pour les bottes de paille, qui seront posées par-dessus.

7.14

Fin juillet, les mille bottes de paille sont récoltées et ramenées sur le chantier. La paille est stockée à l'intérieur de la maison. À partir du moment où les bottes sont stockées sous un toit (maison en cours de construction, hangar...), il ne faut pas les bâcher, afin d'assurer une bonne ventilation et d'éviter ainsi les problèmes de condensation. Il faut faire attention toutefois aux façades ouest et sud, exposées aux vents violents, pouvant faire entrer la pluie.

Isolation de la toiture avec des bottes de paille

Début août, c'est le commencement du chantier participatif pour isoler la toiture avec des bottes de paille. Ce chantier se déroulera jusqu'à la fin du mois de septembre, en raison des conditions climatiques défavorables. Les travaux de la toiture alterneront donc avec le montage des murs en paille.

7.15

T. Sacré

Eyrolles.

Mi-août, plusieurs couples de futurs autoconstructeurs viennent se former sur le chantier. Accompagnés sur plusieurs jours, ils deviennent des « pailleux » avertis.
L'ambiance est studieuse. Mise en place des bottes, sens de pose, compression, âme intermédiaire, coulisse liaisonnant le mur à la structure bois... il ne faut rien oublier. Dans le doute, Jef prend des notes. Voici quelques détails de la technique bois et paille, qui est expliquée dans le chapitre 1.
Les angles de compression sont des éléments en bois posés avant la mise en œuvre du mur en bottes de paille, afin de permettre la compression de l'isolant, le montage des murs à l'aplomb, ainsi qu'un maintien sûr et stable pour les bâches.

7.16

L'extérieur est en épicéa 45/220, ce qui permet de rigidifier l'angle de compression. Il faut le couper à la hauteur du mur (de 3 à 5 m, en fonction de la hauteur de la maison). On y ajoute une bande d'OSB 12 mm, d'une largeur d'environ 30 cm. Cette bande d'OSB permet le maintien de la botte de paille lors du montage des murs. Les autoconstructeurs réutilisent ces bois à la fin du chantier, pour faire une partie des cloisons intérieures ou les tablettes de menuiseries intérieures.

7.17

Doebele - Grosbras

7.16
1. Angle de compression
Angle de compression

7.17
Mise en place de l'angle de compression

Eyrolles.

Exemple d'un mur paille avec lisse de chaînage, coulisse de liaisonnement, sangles de compression et angle de compression

Noter que la lisse est encastrée dans les bottes de paille, afin d'éviter tout pont thermique.

Doebele - Grosbras

7.18

Mise en place des bottes sous chevrons

Le cric permet de glisser en force la botte de paille de l'avant-dernier rang.

7.19

7.18
Lisse de chaînage

7.20
Protection hivernale sommaire

7.21
Raccord de Fermacell

Étanchéité de la paille

Le montage de la paille est fini en novembre 2008. Il est trop tard pour envisager de réaliser les enduits extérieurs à la chaux dans de bonnes conditions. La maison passera donc l'hiver sous les bâches qui résistent aux tempêtes, mais il faut quand même régulièrement les rafistoler.

Les travaux ralentissent, laissant à la petite famille le temps de se reposer. Pendant les deux premières années de chantier, le propriétaire travaille aussi les week-ends sur la maison. Cependant, une pause de trois mois est faite pendant la période hivernale, en raison des conditions climatiques.

La maison reste alors sous des bâches bleues, dont la bonne étanchéité reste sous haute surveillance.

Doebele - Grosbras

7.20

Pour gérer l'étanchéité à l'air, du Fermacell a également été mis en place ; cinq ans avant la parution des *Règles professionnelles de construction en paille*, les pratiques de bonne conduite sont déjà mises en œuvre (voir figure 3.39 au chapitre 3).

Doebele - Grosbras

7.21

Eyrolles.

Doebele - Grosbras 7.22

Doebele - Grosbras 7.23

Doebele - Grosbras 7.24

Pendant le printemps et l'été 2009, on assiste à la fabrication et l'installation des appuis de fenêtre. En effet, les menuiseries achetées n'étaient pas composées de l'ensemble des précadres (habillages extérieurs). Il a fallu réfléchir au type d'appuis de fenêtre à installer (terre cuite, alu, bois...). Un ami travaillant le zinc, le choix s'est porté sur ce matériau. Attention toutefois, car le zinc se dilate énormément. L'enduit étant raccordé aux appuis, la gestion de l'étanchéité à l'eau est rendue compliquée. Sans compter que les pliages alu restent plus accessibles économiquement.

Le propriétaire a anticipé la pose des volets. De la fibralith est ensuite posée sur le bois, afin de favoriser

7.25

Doebele - Grosbras 7.26

Doebele - Grosbras 7.27

7.22
Appui bois recouvert de zinc

7.23
Assemblage terminé

7.24
Mise en place du précadre

7.25
Fenêtre posée

7.26
Fibralith sur les tableaux

7.27
Enduit avec gestion des tableaux

l'accroche de l'enduit, le choix étant d'effectuer un retour d'enduit sur les tableaux.

Préparation des murs

Un grand soin est également apporté à la préparation des murs paille avant la mise en œuvre de l'enduit extérieur.

Tous les trous sont consciencieusement rebouchés, à l'aide de poupées de torchis terre/paille. La barbotine est préparée en conséquence.

On peut voir également un « outil » très souvent présent sur les chantiers paille : les baignoires de

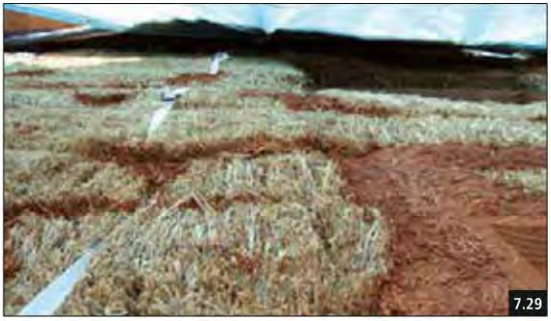
Eyrolles.

récupération, servant à la préparation de la terre pour les enduits !

Doebele - Grosbras

7.28

Le rebouchage des trous est indispensable. Cependant, si les bottes de paille sont belles, bien préparées et si la compression est bonne, ce travail sera limité.


Doebele - Grosbras

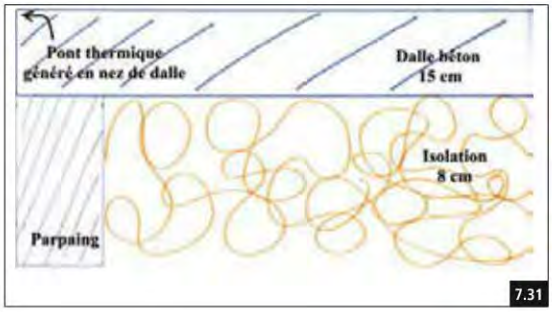
7.29

La dalle est également isolée durant cette période, avant l'appel à chantier participatif pour la réalisation du gobetis et de la couche de corps, fin août 2009.

Doebele - Grosbras

7.30

L'inconvénient de la dalle béton, avec une isolation sous dalle, est le pont thermique (flèche) généré en nez de dalle.
D'où le parti pris d'isoler par l'extérieur, en polystyrène. Mais la dalle n'étant pas prévue pour cela, cela induit un problème de gestion d'enduits. En effet, le polystyrène crée une surépaisseur par rapport à la dalle.



7.31

7.32

7.28
Baignoire pour préparer les enduits terre

7.29
Rebouchage des irrégularités en cours

7.30
Isolation du nez de dalle

7.32
La maison au début du printemps. Le débâchage de la maison est enfin réalisé.

La réalisation de l'enduit

Pour le gobetis : prévoir une brouette, mélanger six seaux de sable, un seau de chaux hydraulique moins rempli, un seau de chaux aérienne et un seau d'eau, voire plus pour avoir un mélange assez liquide (voir photo 7.33).

Eyrolles.

Doebele - Grosbras

L'équipe est composée de cinq personnes dont voici les postes :
- le mélangeur ;
- le livreur (avec sa brouette, il emmène le mélange en bas de l'échafaudage et le verse dans des seaux) ;
- le « réceptionniste » (il prend le seau et le verse dans la gâche) ;
- le projeteur ;
- le « régleur » (avec sa règle, il fait en sorte que l'enduit soit droit).

Ce dernier poste n'est pas nécessaire pour la couche d'accroche, le gobetis ; quatre personnes suffisent.

Retour d'expérience

Par expérience, il faut du temps pour bien protéger le chantier des enduits, ainsi que pour démonter les installations de protections (les échafaudages). Les autoconstructeurs notent également que la deuxième couche prend un peu plus de temps, car il faut dresser l'enduit.

À la fin des huit jours de chantier, les quatre façades ont leur gobetis et leur couche d'accroche.

Doebele - Grosbras

Doebele - Grosbras

Doebele - Grosbras

Les ossatures des cloisons sont en préparation et un soin particulier est apporté à l'isolation acoustique des cloisons (pose de bandes de liège au niveau des lisses hautes et des lisses basses, pour éviter le contact bois/bois, propagateur de sons).

Doebele - Grosbras

7-33
Le gobetis

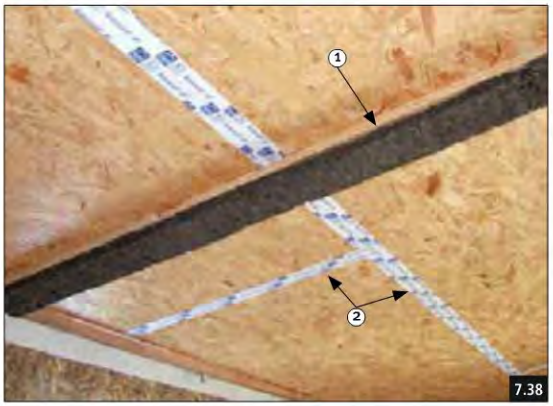
7-34
« Gorette » ou sablon

7-35
Gobetis sur pignon ouest

7-36
La maison avec son enduit chaux

7-37
Cloison d'étage

Eyrolles.



7.38

7.38
1. Bande résiliente en liège.
2. Étanchéité de toiture (adhésif)

7.39
Le poêle installé

7.40
Finitions autour des menuiseries

7.41
L'enduit de finition vient couvrir la couche de corps.

Les chantiers, ensuite, se succèdent et se chevauchent : enduits intérieurs à la chaux, électricité… et, moment symbolique, l'installation du foyer en décembre 2010. Le poêle à bois, d'une puissance de 6 kW/h, n'est pas situé au milieu de la maison, comme habituellement dans les autres maisons. Il est placé sous l'ouverture de la mezzanine, afin de bien chauffer les pièces à l'étage. Au cours du premier hiver passé dans la maison, seulement un stère et demi de bois a été utilisé, les occupants bénéficiant de températures ambiantes plus qu'agréables (19-20 °C).

7.39

L'enduit de finition

En 2011, les chantiers électricité et plomberie continuent d'avancer, ainsi que celui des enduits de finition intérieure. Si les deux premières couches

7.40
Doebele - Grosbras

7.41
Doebele - Grosbras

Eyrolles.

peuvent sembler ingrates et physiques, « l'enduit de finition est vraiment une récompense : doux, facile à appliquer et couvrant ! », explique la propriétaire, Christel, qui a pris en charge toute la réalisation des enduits.

Le cas des sols en terre cuite

Les carreaux de terre cuite ont de nombreux avantages :

- **perspiration du support ;**
- **grande inertie thermique ;**
- **qualité esthétique ;**
- **production pouvant être locale.**

Un traitement approprié et écologique rend l'entretien et le nettoyage très aisés.

Sur ce projet, les tomettes ont subi un traitement avec un imperméabilisant Libéron, pas trop cher, et un mélange de cire d'abeille et de térébenthine, pour garder une tomette mate et qui ne fonce pas.

Les couleurs fleurissent sur les murs, grâce aux enduits de finition. Christel demande conseil pour des recettes d'enduits à une amie stucatrice. Se rendant compte qu'il est difficile d'obtenir des couleurs soutenues en teintant l'enduit dans la masse, elle opte alors pour une finition au badigeon.

Doebele - Grosbras

En 2012, les finitions se terminent. L'emménagement a lieu en septembre, même s'il reste encore des travaux qui seront réalisés après l'installation : l'escalier, la rambarde de la mezzanine, la douche à l'italienne (il y a une baignoire aussi dans la salle d'eau), la cuisine, les placards, la terrasse et la pergola.

7.42
Badigeon à la chaux : un enduit de finition à la chaux est réalisé, sans rajout de couleur. Puis un badigeon à la chaux pigmenté est passé sur l'enduit de finition.

7.43
Charpente apparente

Eyrolles.

Autre moment fort en septembre 2012 : l'arrivée de l'eau chaude dans la maison… et la mise en œuvre de l'enduit de finition à l'extérieur.

Recette de l'enduit de finition extérieur

- 3 seaux de sable fin
- 1 seau de chaux aérienne NHL2
- de l'eau en conséquence pour obtenir un enduit onctueux

Il est très important de bien reboucher les fissures apparues dans la couche de corps, s'il y en a.
De plus, si ces fissures sont vraiment importantes, il ne faut pas hésiter à désolidariser l'enduit de finition de la couche de corps, sinon la finition fissurera au même endroit.
Il faut également prévoir les lignes d'arrêt pour l'enduit, car une reprise est toujours visible. Il faut l'anticiper, pour ne pas se retrouver en fin de journée au milieu d'un mur. Les professionnels cherchent un arrêt au niveau des menuiseries ou autres. On peut également créer des lignes d'arrêt, avec un bandeau d'enduit de couleur différente.

7.44

7.45

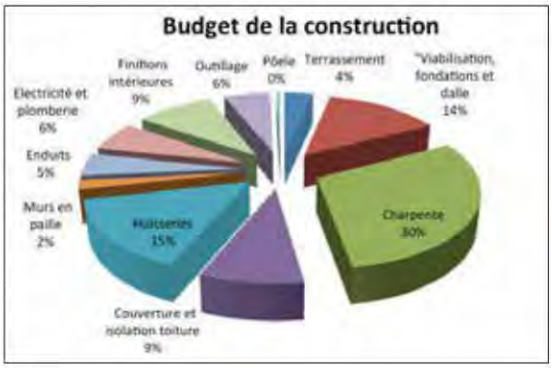
Doebele - Grosbras

7.44
Enduit de finition sur pignon ouest

7.45
Enduit de finition, vue sud-est

La répartition des coûts

Le prix de revient de la construction est égal à 599 € TTC/m² Shon. Ce projet de construction est le moins onéreux, alliant sobriété économique et énergétique. En effet, les performances thermiques atteintes sont tout à fait remarquables et génèrent un coût de fonctionnement minime au quotidien. Les cinq années d'efforts et d'énergie fournis sont bien récompensées.



Eyrolles.

Budget global de la construction de la maison

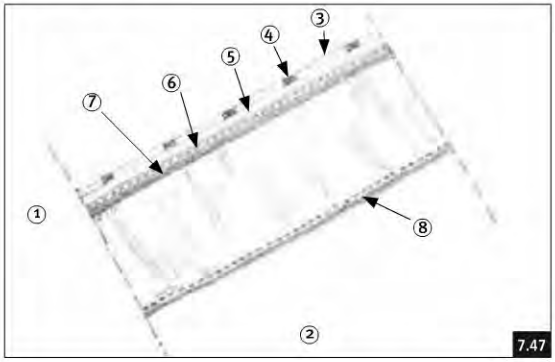
NATURE DES TRAVAUX	PRIX TTC
Terrassement	2 100 €
Viabilisation, fondations et dalle	8 320 €
Charpente	18 260 €
Couverture et isolation toiture	5 300 €
Murs en paille	1 200 €
Enduits	2 940 €
Huisseries	9 120 €
Électricité et plomberie	3 810 €
Finitions intérieures	5 620 €
Pôele	270 €
Travaux à finir : rambarde, douche, cuisine, placard, terrasse, finition enduits	5 000 €
Outillage	**3 360** €
Total	**65 300 €**
Prix/m² Shon	**599 €**
Prix/m² Shob	**457 €**
Prix/m³ chauffé	**204 €**
* travaux réalisés en autoconstruction	
** travaux non réalisés	

7.46
Le parquet économique valorisé par la peinture

Eyrolles.

Isolation de la toiture en paille

Le chapitre 3.11 des *Règles professionnelles de construction en paille* traite de l'isolation thermique des toits et plafonds avec de la paille[1]. Les différents paragraphes rappellent le contexte normatif, les domaines d'application et les conditions préalables à l'exécution des travaux (structure porteuse en place, protection contre les intempéries à disposition, chevêtres réalisés...).



7.47

7.47
Figure extraite des *Règles professionnelles de construction en paille*, redessinée par C. Hamelin
1. Extérieur
2. Intérieur
3. Couverture
4. Lattage
5. Contre-lattage
6. Pare-pluie
7. Protection extérieure
8. Support paille + freine-vapeur + étanchéité à l'air

La protection inférieure est composée d'une protection antifeu conforme aux exigences réglementaires et d'un freine-vapeur étanche à l'air. La protection supérieure est pourvue d'une protection contre l'intrusion des animaux, d'une protection antifeu conforme aux exigences réglementaires, de dispositifs spécifiques aux toitures chaudes et aux toitures froides, dont un pare-pluie.

La mise en place des bottes de paille respecte les mêmes consignes que pour le montage de murs.
Dans le cadre de ce projet, le chantier participatif pour isoler la toiture avec des bottes de paille débute en août 2008. Des baignoires sont remplies de barbotine (mélange de terre et d'eau), afin de pouvoir tremper une face des bottes de paille. Le propriétaire, Jef, souhaite ainsi ajouter une protection au feu. Cette protection n'était pas nécessaire, car elle est assurée par les panneaux et/ou la finition intérieure. Toutefois, cela permet d'apporter une inertie thermique, donc un déphasage supplémentaire. Le côté négatif est le poids supplémentaire apporté aux bottes, rendues beaucoup moins maniables.

7.48

Doebele - Grosbras

7.48
« Trempage » d'une face des bottes de paille

1 - Règles professionnelles de construction en paille, *Le Moniteur, 2011.*

Eyrolles.

Importance de la résistance à la vapeur d'eau

Comme il est écrit dans les *Règles professionnelles de construction en paille* : « La prise en compte des problématiques de transfert de vapeur d'eau au travers de parois et de gestion de la vapeur d'eau au sein des bâtiments est d'un grand intérêt pour le confort des usagers et cruciale pour la longévité des ouvrages. »[2] Dans le cas de cette toiture isolée en paille, la résistance à la vapeur d'eau (valeur Sd) doit être exprimée de la sorte : $Sd_{ext} < Sd_{int}/5$.

7.49

Doebele - Grosbras

FACE	MATÉRIAUX	ÉPAISSEUR (EN MM)	ÉPAISSEUR (EN M)	COEFFICIENT DE DIFFUSION À LA VAPEUR D'EAU	SD
Intérieure	OSB	18	0,018	217	3,90
Extérieure	Pare-pluie Delta Vent				0,05

La règle est respectée, car la paroi est 78 fois plus ouverte à l'extérieur qu'à l'intérieur.
Cependant, mieux vaut choisir un panneau pare-pluie rigide (de type panneau Agepan DWD ou DFP, d'une épaisseur de 16 mm), ou bien un manteau isolant et pare-pluie (de type Isolair de chez Pavatex). Ces panneaux permettent qu'on marche dessus sans les dégrader, tout en proposant un contact optimum avec la paille.
Il faut veiller à remplir tous les vides et à bien plaquer les bottes de paille contre le support. Les bottes de paille sont recoupées au besoin, et les trous restant sont rebouchés à l'aide de paille en vrac au maximum compressé. Afin de créer une vraie liaison des bottes entre elles, on peut, après la pose des bottes, couper les ficelles, créant ainsi un léger effet ressort, les fibres venant alors s'imbriquer les unes dans les autres.

7.50

Doebele - Grosbras

Le chantier est régulièrement interrompu, à cause des conditions climatiques. La pluie est généreuse au cours de cet été 2008. C'est l'un des inconvénients de la technique d'isolation par le dessus ; l'isolant n'étant pas protégé par la structure, il faut donc impérativement bénéficier d'un temps sec lors de la mise

7.49
Sous-face en OSB en toiture. Sur cette photo, on voit bien la sous-face en OSB mise en œuvre sous les chevrons. Ces plaques d'OSB de 18 mm correspondent au support paille + frein-vapeur + étanchéité à l'air. On voit donc que la structure porteuse est en place, le chevêtre réalisé. On peut commencer à installer les bottes de paille entre les chevrons.

7.50
Pose des bottes de paille en toiture

2 - Op. cit. *p. 52.*

Eyrolles.

en œuvre et avoir à disposition les bâches nécessaires pour la protection de la paille en cas de pluie. La paille est bien arasée, avant la pose du pare-pluie et des tasseaux. À noter toutefois qu'il aurait été préférable de mettre des contre-liteaux sur les liteaux, afin de créer une lame d'air et de permettre à d'éventuels résidus et/ou à la condensation de s'écouler en bas de pente.

Doebele · Grosbras

7.51

7.51
Toiture nord prête à recevoir la couverture

7.52
Toiture sud couverte en fibrociment

Fin septembre 2008, le toit est terminé, les plaques de fibrociment sont posées en couverture. Ce choix a été effectué pour des raisons économiques et de rapidité de pose. Les plaques de fibrociment ont été ensuite recouvertes de chapeaux en tuile de récupération.

Doebele · Grosbras

7.52

Les avantages et inconvénients de la toiture en paille

Tout choix de techniques, de matériaux, d'entreprises, etc. a toujours des avantages et des inconvénients. Et pour chaque projet, ces avantages et inconvénients varieront. Afin de bien visualiser les différents points à envisager, on peut facilement poser les avantages et les inconvénients dans un tableau.

À titre d'exemple, voici dans le tableau ci-dessous la comparaison de la toiture isolée en paille de ce projet et d'une toiture isolée en ouate de cellulose pulsée.

En fonction du profil des autoconstructeurs, les avantages et les inconvénients peuvent varier. Par exemple, dans le cas des agriculteurs qui peuvent avoir de la paille « gratuitement », les surcoûts de structure sont alors amortis. Ils ont aussi les engins nécessaires à la manipulation des bottes de paille en toiture. Le critère manutention sera donc en vert contrairement à la ouate qui passera en rouge.

De même, suivant la surface à isoler et la hauteur de la construction, les critères peuvent passer du rouge au vert... Chaque cas de figure est unique ; ce principe de tableau fonctionne pour l'ensemble des choix à faire pour un projet de construction.

Eyrolles.

Tableau comparatif entre l'isolation en paille et en ouate de cellulose d'une toiture

CRITÈRES	PAILLE	LES -	LES +	OUATE DE CELLULOSE PULSÉE	LES -	LES +
Épaisseur	35 cm			27 cm		
Poids	90 kg/m³ x 0,35 m = 31,5 kg/m³			55 kg/m³ x 0,27 m = 14,85 kg/m³		
Déphasage	14 h 56			10 h 50		
Énergie grise	1 kWh/m³			6 kWh/m³		
Coût	[Si 1 botte = 3 €] 6,70 € TTC/m²			[Si ouate pulsée à 55 kg/m³] 17 € TTC/m²		
Manutention	Monter en toiture			Au sol (ouate transportée par la machine à pulser)		
Machine liée	Manutention toiture pour la monte des matériaux : environ 150 €			Location machine à pulser : environ 100 €		
Risque d'intempérie	Bâche de protection intempérie			Travail hors d'eau hors d'air		
Risques individu	Travail en hauteur			Travail au sol		
Planning pour intervention	Avant le couvreur, par beau temps			Peu importe, phase hors d'eau hors d'air		
Action à mettre en place avant	Panneaux support sous chevrons	=	=	Freine-vapeur et tasseaux, phase hors d'eau	=	=
Structure faîtage appuis 4 mètres	Section Eurocode : 10/31 cm			Section Eurocode : 10/29 cm		
Cubage chevrons (pour 100 m²)	3,9 m³			3 m³		
Densité	80 kg/m³			55 kg/m³		

Mise en œuvre en autoconstruction

Voici les points essentiels à considérer dans le cadre d'un chantier bois et paille en autoconstruction :

• La plupart du temps, les autoconstructeurs ne sont disponibles que durant les vacances d'été et, parfois seulement pendant 1 mois. La priorité est donc donnée à la mise en œuvre des murs et des enduits (et/ou du bardage), avant les périodes de pluie ou de froid.

• En isolant entre les chevrons et par-dessous, ils peuvent réaliser cette tâche durant l'hiver, époque où le mauvais temps limite le travail à l'extérieur. Le travail du charpentier en amont va alors jusqu'à la pose des panneaux pare-pluie ; quand ils quittent le chantier, la toiture est hors d'eau et le couvreur peut intervenir immédiatement. Le « chapeau » de la maison est réalisé, permettant le stockage de la paille ou le travail à l'abri pour le montage des murs.

• Mais, si l'autoconstructeur souhaite réaliser lui-même l'isolation de sa toiture en paille, le travail du charpentier s'arrête à la pose des chevrons, ou à la pose des panneaux de support de l'isolation. Les autoconstructeurs doivent ensuite s'occuper de la mise en œuvre de l'isolation de toiture, repoussant le travail du couvreur. Le crédit temps des beaux jours est consacré à la toiture et non aux murs et aux enduits, ce qui est souvent un point critique.

Bien sûr, ce raisonnement n'est valable que si l'isolation de la toiture est faite en autoconstruction et non par un professionnel, qui dispose des engins de levage, du personnel et peut envisager une préfabrication en atelier.

Eyrolles.

8 Une maison à la toiture végétalisée

Le projet est mené par un couple, David et Nathalie ; tous deux salariés d'une association, ils viennent de terminer un documentaire sur l'agriculture biologique (*La Bio-Utopie*)... Ils ont tout naturellement continué leur chemin de réflexion par la construction de leur propre habitat.

David a fait un gros travail préparatoire de recherche de documentation, car il est extrêmement conscient de sa responsabilité en tant qu'autoconstructeur : c'est lui qui pilote son projet, les quelques artisans référents étant un appui technique. Un soutien indispensable sur le plan technique, certes, mais qui reste simplement un appui.

Un terrain à Béruges, dans le département de la Vienne (86), correspond à leurs attentes : proche de Poitiers, à la campagne, dans un « nid » de maisons atypiques et d'autoconstructeurs.

Venant d'une location grande et particulièrement « inchauffable », ils sont très sensibles aux questions d'isolation. Une construction paille et bois leur paraît en adéquation avec leurs exigences : performance thermique, écologie, économie et convivialité lors des chantiers participatifs.

Avant de se lancer, le couple fait un tour afin de rencontrer des autoconstructeurs paille, implantés localement et en Bretagne.

La préparation de leur projet s'est étendue du mois d'août 2008 à juin 2009. Ensuite, jusqu'à l'emménagement en août 2010, 80 % de leur temps est consacré à la construction de leur maison et 20 % à leur activité professionnelle. Le jeune couple n'a pas d'enfant.

Les avantages et inconvénients du projet

Les plus :

- structure bois simple ;
- volume intérieur optimisé avec la toiture monopente ;
- toiture végétalisée, pour son impact écologique et esthétique ;
- surfaces réduites et évolutives (anticipation d'une extension) ;
- casquette, pour masque solaire et protection contre les intempéries.

Les moins :

- levage de la structure bois tardif dans l'année ;
- toiture végétalisée apportant un surcoût pour le poste charpente, du fait du poids généré ;
- choix de baies vitrées non adaptées à l'ossature bois ;
- peu d'isolation de plancher donnant sur le vide sanitaire.

8.0

8.0
Maison en paille à Béruges (86)

Eyrolles.

La genèse du projet

Du point de vue du charpentier

La rencontre avec les propriétaires s'est faite grâce au dispositif Envie d'Agir (dont j'ai été lauréat en 2007) pour la région Poitou-Charentes. Ce dispositif permet d'aider financièrement des initiatives de jeunes souhaitant développer un projet personnel (création d'une entreprise innovante, développement d'un projet de coopération…).
Nathalie et David ont eux aussi bénéficié de ce même dispositif, leur permettant de partir quelques mois en Chine, afin de réaliser un carnet de voyage. Leurs écrits relatent leur expérience d'étrangers dans un pays dont l'écriture et la langue leur sont incompréhensibles.

Définition du projet

Le projet initial était de construire une maison en mitoyenneté avec des amis. Mais il n'a pas pu aboutir, faute d'un terrain répondant aux attentes de tous. Il était cependant intéressant, car il fallait réfléchir à une construction compacte et économique qui intègre deux familles, avec des compromis à trouver entre les deux couples et non plus seulement au niveau de la cellule familiale. De plus, les contraintes réglementaires liées à la construction de maisons mitoyennes entraînaient également des choix stimulants et innovants.
Par la suite, le couple a trouvé un terrain qui lui a convenu ; leur projet de construction s'est simplifié, pour réduire les coûts et faciliter les nombreux travaux à mener en autoconstruction. Avant d'arriver au projet tel qu'il est présenté dans ce livre, une première ébauche avait été proposée avec deux chambres supplémentaires à l'étage. Cela nécessitait l'installation d'un escalier, des raccords de toiture et d'étanchéité plus complexes à gérer et, par conséquent, des coûts supplémentaires. L'idée a très vite été abandonnée.
Une fois les besoins finalisés et la surface habitable déterminée (80 m), restait à définir le « chapeau » de la construction.

Le choix du type de toiture

Le couple n'était décidé ni sur l'architecture ni sur l'esthétique du projet. Deux options ont été étudiées financièrement : une structure pour toiture monopente végétalisée et une toiture deux pans pour couverture en tuiles.
La toiture deux pans occasionnait un surcoût de 10 % sur la structure par rapport à la toiture monopente. Leur budget est réduit et ils trouvent la toiture végétalisée séduisante, le choix s'est naturellement porté sur le toit monopente.
L'intérêt premier d'une toiture monopente est d'optimiser la volumétrie du projet. Aussi, les objectifs recherchés ont été totalement atteints : il s'agit, à ce jour, de la construction la plus simple que nous ayons réalisé. J'aime particulièrement le volume créé : il m'inspire dans ma recherche d'habitation à proposer aux primo-accédants en réponse à une demande de logement « simple » et performant.
Les avantages structurels sont pluriels :
– il n'y a pas de surface de mur supplémentaire de pignons, induite par une toiture deux pentes ;
– le monopente est une structure bois peu onéreuse, car son d'architecture est simple, même si, dans ce cas, la toiture végétalisée a apporté quelques contraintes de poids supplémentaires.
Des imprévus ont retardé le commencement des travaux dans la saison, le levage de la structure ne se réalisant qu'au mois d'août. Toutefois, les enduits sont réalisés dans les temps, car les surfaces de murs sont petites et facilement accessibles.

Présence sur le chantier

Les autoconstructeurs ont mené leur projet de façon idéale, consacrant 80 % de leur temps à la construction de leur maison. Cela permet de limiter la durée du chantier dans le temps, tout en ménageant de grandes plages horaires disponibles pour réaliser chaque tâche (c'est moins facile quand on y consacre uniquement les week-ends et les vacances).
Le choix d'être présent quotidiennement permet aussi d'aborder les différents éléments techniques sur le chantier, même si la conception et les réunions en amont permettent de limiter les prises de décision à la dernière minute. Être présents sur le terrain permet aux autoconstructeurs d'appréhender au mieux les différentes phases de chantier et de réellement se les approprier.

Eyrolles.

Portrait du projet

Maître d'œuvre et maître d'ouvrage : Nathalie et David, les propriétaires

Dessinateur : Nathalie et David

Maufras-Sorin

8.1

8.3
Le terrain, avant les travaux

Maçonnerie : Ets Kiener

Charpente : SARL Bois et Paille

8.2

Fournisseur paille : agriculteur bio à Saint-Julien-l'Ars (25 km du chantier)

Formation paille : E. Fruchard

Le reste des travaux a été réalisé en autoconstruction.

Surface : 80 m² habitables

Budget :

- 929 € TTC/m² Shon
- 711 € TTC/m² Shob
- 230 € TTC/m³ chauffé

La chronologie du chantier et les différentes étapes

Terrain et plans

Le choix du terrain à Béruges, dans le Centre-Ouest de la France, correspond à une belle rencontre. La municipalité de cette commune, située dans le département de la Vienne en région Poitou-Charentes, accorde d'ailleurs beaucoup de liberté aux constructeurs responsables. Autant d'éléments qui vont aider les propriétaires à concrétiser leur projet de construction.

8.3

Maufras-Sorin

Les plans, ainsi que le permis de construire (PC) lui-même, ont été réalisés par le couple autoconstructeur. Ils ont suivi la trame d'un PC emprunté à des amis.

8.4

Maufras-Sorin

Eyrolles.

Pour des raisons économiques, le couple veut limiter le plus possible l'intervention des artisans dans leur projet. Leur souhait est de faire appel à seulement deux artisans, un maçon et un charpentier, pour la réalisation des fondations, de la dalle et de la structure bois. La rencontre avec d'autres couples, vivant ou ayant vécu cette même expérience d'autoconstruction, les a incités à choisir de ne pas tout faire eux-mêmes, pour ne pas s'épuiser physiquement et moralement dès le début des travaux. Bénéficier d'une garantie décennale a été un argument supplémentaire dans cette décision.

Chronologie des travaux

Conception projet et acceptation PC : août 2008 à juin 2009 – 11 mois
Gros œuvre (fondations, maçonnerie, charpente...) : juin 2009 à septembre 2009 – 4 mois
Paille : septembre 2009 – 1 mois
Enduit : octobre 2009 – 1 mois
Second œuvre et finitions : novembre 2009 à septembre 2010 – 11 mois
À noter : du mois d'août 2009 au mois de septembre 2010, 80 % du temps des autoconstructeurs est consacré à la construction de leur maison. Au moment de leur emménagement, la maison est encore « en travaux ».

Exemples de temps effectif de travaux réalisés

ACTION	NOMBRE DE PERSONNES	HEURES CUMULÉES	SURFACE VIDE POUR PLEINS EN M²	MINUTES/M²
Mise en œuvre gobetis intérieur	2	70	129	33
Mise en œuvre couche de corps extérieur	4	294	129	137
Mise en œuvre ouate de cellulose	2	21,5	86	20

ACTION	NOMBRE DE PERSONNES	HEURES CUMULÉES
Rabotage 4 faces et taille de la charpente de la casquette par des professionnels	1	29
Levage de la charpente de la casquette par des professionnels	3	35

Fondations et dalle

À la lecture de nombreux ouvrages, ils ont bien noté qu'il fallait toujours être présent sur le chantier lors de la venue des artisans. Conseil qu'ils suivent à la lettre à l'occasion des interventions des maçons, puis des charpentiers.

L'étude de sol, conseillée par le maçon, préconisait d'aller chercher une « argile à silex » stable, générant la création d'un vide sanitaire de 1,50 m. Au final, ils décident de faire un sous-sol un peu plus haut, soit de 1,77 m, sous le plancher hourdis, afin de pouvoir l'exploiter comme local de rangement.

Pour tenir les délais et les objectifs, un planning précis est établi dès le début du chantier : il faut travailler de belle manière et à un bon rythme, car l'emménagement est prévu un an plus tard, au mois d'août 2010.

Le chantier commence par la construction sur le terrain de toilettes sèches, d'une part, et d'une cabane en ossature bois, d'autre part. Ces deux réalisations ont servi de test et d'entraînement, avant de commencer le travail de longue haleine. Le couple a également suivi, au préalable, une journée de formation technique à la construction paille. À cette occasion, ils ont notamment vu la réalisation d'un précadre pour les menuiseries.

Eyrolles.

La fabrication des précadres en épicéa va d'ailleurs être le premier gros chantier qu'ils mèneront seuls. Ils réalisent eux-mêmes les plans et ont bien anticipé cette étape de fabrication dès le mois de juillet, après la maçonnerie et avant l'arrivée, début août, de la structure bois. Pour faciliter la mise en œuvre des précadres, le charpentier a fourni un plan de vissage et les cotes nécessaires, initiative qu'il a généralisée par la suite.

La charpente bois

Pendant ce temps, la charpente doit être taillée. La feuille de débit éditée par les charpentiers permet de se rendre compte de la quantité de bois utilisée pour une telle structure : 6,34 m³ de bois sont nécessaires pour la réalisation de la charpente douglas en elle-même (hors panneau de toiture, précadre, cloisons et lisses).

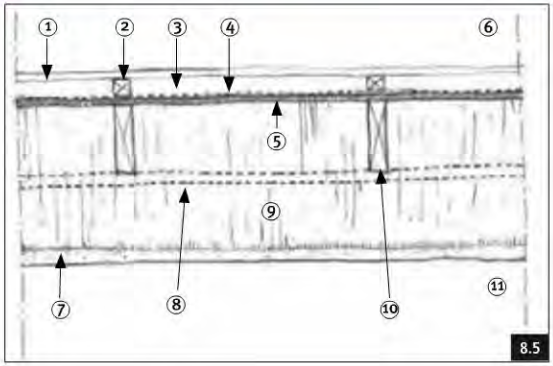
PIÈCES DE CHARPENTE	FERMES				
	LARGEUR EN MÈTRES	HAUTEUR EN MÈTRES	LONGUEUR EN MÈTRES	NOMBRE DE PIÈCES	TOTAL EN MÈTRES CUBES
Poteau sablière	0,15	0,15	2,3	3	0,155 25
Poteau sablière	0,1	0,1	2,3	2	0,046
Croix sablière	0,1	0,2	4,3	4	0,206 4
Panne	0,15	0,15	2,7	5	0,303 75
Panne	0,1	0,1	2,7	3	0,081
Croix panne	0,1	0,1	4,8	2	0,096
Poteau faîtière	0,15	0,15	3,1	3	0,209 25
Poteau faîtière	0,1	0,1	3,1	3	0,093
Croix faîtière	0,1	0,1	3,5	4	0,14
Arbalétrier	0,08	0,2	9	3	0,432
Jambe de force	0,08	0,2	2,5	12	0,48
Liens	0,08	0,15	1,6	4	0,078
				Total cubage	**2,319 45**
	PIÈCES FILANTES				
Panne	0,1	0,25	13,5	1	0,337 5
Faîtière	0,1	0,25	13,5	1	0,337 5
Sablière	0,1	0,25	13,5	1	0,337 5
				Total cubage	**1,012 5**
	CHEVRONS				
Chevron	0,045	0,22	10,6	25	2,623 5
				Total cubage	**2,623 5**
	ENTRETOISES				
Entretoise	0,045	0,22	13	3	0,386 1
				Total cubage	**0,386 1**
				Total global	**6,341 55**

Eyrolles.

Comparaison des débits bois entre une maison à structure poteau poutre et une maison à ossature bois

À performance identique et dimensions égales, voici un tableau comparatif de deux types de structures bois : une « structure poteau poutre », comme le projet de cette maison (technique bois et paille) et une « ossature bois », comme référencée dans les *Règles professionnelles de construction en paille.*

STRUCTURE POTEAU POUTRE		MAISON OSSATURE BOIS	
Chevronnage	3,30 m³	Chevronnage	3,30 m³
Panneaux de contreventement toiture	2,8 m³	Panneaux de contreventement toiture	2,80 m³
Pannes	1 m³	Pannes	0,4 m³
Charpente	2 m³	Ossature bois, hypothèse : ossature bois section 45/145 pour recevoir botte de paille (environ 4 ml/m²)	3,30 m³
Cloison intérieure, reprise des efforts	0,4 m³	Cloison intérieure, reprise des efforts	0,90 m³
Précadre, pour soutenir les menuiseries	1,10 m³	Précadre, pour soutenir les menuiseries	0 m³, car dans les murs ossature bois
Panneaux (type OSB ou DFP)	0,10 m³	Panneaux de contreventement DFP en 16 mm	2 m³
Lisse basse et lisse de compression	1 m³	Lisse basse complémentaire et tasseaux de maintien des bottes	0,75 m³
Total	**11,6 m³**		**13,45 m³**



8.5

8.5
1. Bardage.
2. Montant.
3. Espace ventilé.
4. Pare-pluie.
5. Plaque de protection.
6. Extérieur.
7. Enduit intérieur.
8. Dispositif de maintien de compression.
9. Paille.
10. Montant.
11. Intérieur
Exemple de remplissage d'une ossature excentrée côté extérieur avec bardage : vue en plan – redessiné par C. Hamelin, schéma 3.34 de l'ouvrage *Règles professionnelles de construction en paille* (RFCP), éditions Le Moniteur, 2012

Le cubage prend en compte tout le bois utilisé dans la construction, hors bois permettant de fixer les matériaux de finitions (bardage, lambris, couverture...).
On aurait pu penser qu'une structure poteau poutre serait plus vorace en mètres cubes de bois ; c'est finalement l'ossature bois qui en consomme le plus, du fait des panneaux de contreventement, panneaux industriels indispensables à la structure même de l'ossature bois.

Eyrolles.

Levage de la charpente bois

Août 2009, l'équipe des charpentiers arrive avec la structure bois qui a été taillée en atelier.
Les quatre charpentiers repartent au bout de trois jours de travail.

8.6

Les murs paille

La paille a été ramassée et chargée par le couple et quelques bras amis. Le prix de revient de la botte de paille est de 2 €, transport compris (le champ se situe à 25 km du chantier). Il faut environ trois bottes par mètre carré de mur (pour des longueurs de bottes de 1 m).
La maison est prête à recevoir la paille ; les lisses basses sont installées, ainsi que le DFP en toiture (la suite de la toiture végétalisée viendra plus tard).

Bottes de paille et coûts

Le tarif des bottes de paille est très variable d'un projet à un autre. Et, même si la somme engagée reste très faible (en raison du nombre de bottes utiles, entre 500 et 800 par projet), il est important de faire un point sur le coût d'une botte de paille.
À ce jour, le nombre de maisons en paille est en pleine croissance, mais la demande de petites bottes pour la construction reste faible. Il s'agit, pour les défenseurs de ce type de construction, d'une démarche de proximité pour valoriser la matière première locale. De ce fait, ce sont des agriculteurs locaux qui sont sollicités. Eux-mêmes n'ont pas forcément de notion concernant le prix de la botte et annoncent un tarif dans une fourchette allant de 1 à 5 € par botte de paille. Dans ce contexte, comment se repérer pour définir un juste prix ?
De nombreux paramètres entrent en ligne de compte, mais le premier recouvre la valeur sociale et humaine de notre démarche. Il faut savoir qu'en achetant la botte de paille à 1 €, le travail de l'agriculteur n'est pas payé. D'autant plus que la construction paille nécessite un matériau de qualité. En effet, le cahier des charges demandé est très spécifique, avec des paramètres qui ont une incidence sur le coût de la matière et du travail à réaliser :

- régularité des dimensions et des densités des bottes de paille en relation avec les techniques de construction ;
- liage (ou type de ficelle) spécifique ;
- respect d'un taux d'humidité inférieur à 20 % ;
- stockage propre (que ce soit chez le producteur ou sur le chantier du constructeur) ;
- absence de graines dans la paille.

De même que le pressage doit être effectué en dehors des grosses chaleurs (en fin de matinée ou fin d'après-midi), le matériel de récolte utilisé doit permettre de ne pas briser la paille.
Le prix prend en compte le fait que la matière première est une paille biologique ou non. Cette réflexion s'inscrit dans une démarche de développement durable qui associe l'écologie, l'économie et le social.
Quand il s'agit de chantiers menés par des autoconstructeurs, qui organisent leur chantier de manière locale et en fonction de la moisson, le prix de la botte est de l'ordre de 1,5 € à 2 € TTC. Dans ce cas de figure, l'agriculteur est largement investi dans le projet.

Eyrolles.

Par contre, pour une structure professionnelle qui a besoin de quantités de matière première plus importantes pour du stockage et qui doit faire preuve de réactivité dans l'approvisionnement, le prix de la botte peut augmenter de façon significative.
Nous allons étudier, grâce au tableau suivant, le coût d'une botte de paille selon différents critères (manutention, stockage, transport…).
La botte vendue dont nous parlons répond aux critères suivants :

- hauteur : 37 cm ;
- largeur : 47 cm ;
- longueur : 95 cm ;
- humidité : 15 % ;
- masse volumique sur base sèche : 89 kg/m³ ;
- paille non bio et non revalorisée par l'exploitation ;
- tonnage paille par hectare : 3 t ;
- nombre de bottes par hectare : 176 U ;
- coût horaire du matériel : 16 €/h ;
- coût horaire de la façon : 15 €/h.

Coût d'une botte de paille

DÉSIGNATION	QUANTITÉ	UN	PRIX UNITAIRE	MONTANT HT EN EUROS
1 – Paille prise derrière la presse par le client				
Botte de paille de 17 kg	1	U	0,37	0,37
Ficelle : 6,5 ml/botte	1	U	0,07	0,07
Andainage : 3 hectares/heure	1	U	0,09	0,09
Pressage : 130 bottes/heure	1	U	0,28	0,28
			Sous-total	**0,81**
2 – Paille stockée par l'agriculteur				
Botte de paille de 17 kg	1	U	0,37	0,37
Ficelle : 6,5 ml/botte	1	U	0,07	0,07
Andainage : 3 hectares/heure	1	U	0,09	0,09
Pressage : 130 bottes/heure	1	U	0,28	0,28
Chargement (du champ sur remorque) : 150 bottes/heure	1	U	0,47	0,47
Livraison à la ferme	1	U	0,14	0,14
Rangement sous le hangar : 140 bottes/heure	1	U	0,62	0,62
			Sous-total	**2,04**
3 – Paille stockée en hiver par l'agriculteur puis livrée chez le client				
Botte de paille de 17 kg	1	U		
Ficelle : 6,5 ml/botte	1	U	0,07	0,07
Andainage : 3 hectares/heure	1	U	0,09	0,09
Pressage : 130 bottes/heure	1	U	0,28	0,28
Chargement (du champ sur remorque) : 150 bottes/heure	1	U	0,47	0,47
Livraison à la ferme	1	U	0,14	0,14
Rangement sous le hangar : 140 bottes/heure	1	U	0,62	0,62
Reprise pour chargement sur remorque : 80 bottes/heure	1	U	0,65	0,65
Livraison chez le client (env. 30 km) : 2 h (une remorque peut contenir 200 bottes de paille)	1	U	0,25	0,25
			Sous-total	**2,57**

Eyrolles.

On constate que le coût d'une botte de paille est principalement défini par le nombre de manutentions (stockage…) et par le prix du transport. Le bon sens veut donc une fois de plus que nous cherchions la matière première au plus près de chez nous !

Montage des murs en paille

Un des atouts de la paille est la convivialité que génère sa mise en œuvre.

Les propriétaires souhaitaient réellement créer du lien familial grâce à leur projet de vie. La paille demande peu de technicité, mais de la main-d'œuvre motivée… Les parents sont venus prêter main-forte et ce, tout au long du chantier. Pour un tel projet, le soutien familial et amical est souvent un gage de réussite.

Ils ont aussi passé des annonces pour l'organisation de leurs différents chantiers participatifs. Annonces diffusées dans les Biocoop locales, sur leur blog, « la Maison écologique » et au sein de leur réseau de connaissances personnel. Ainsi, ils ont vu leur chantier s'ouvrir à l'international : Ukrainiens, Polonais… en plus des proches, des copains de copains… Au final, beaucoup d'inconnus ont participé aux différentes phases du chantier et ce fut une expérience très positive. Ce partage de temps, d'aide, de repas reste un excellent souvenir pour le couple, qui a su gérer l'organisation de ces chantiers avec efficacité, chacun y trouvant sa place.

Au total, 350 bottes ont servi à isoler tous les murs, représentant une surface de 109 m², ouvertures déduites. Cela équivaut, en moyenne, à 3,21 bottes de paille par mètre carré de mur isolé.

Le chantier s'est déroulé sur huit jours complets, regroupant entre six et douze personnes par jour (être trop nombreux ne fait pas forcément avancer le chantier plus vite).

Les propriétaires s'étaient fait la main lors d'un autre chantier participatif, pour le montage de murs en paille d'une maison à étage.

Les enduits à la chaux

À la suite de la paille, d'autres chantiers participatifs se succèdent. Lors de la préparation des murs en vue de la première couche d'enduit, douze personnes se sont amusées pendant une journée entière à malaxer un mélange de terre et de paille, utilisé par la suite pour boucher les trous présents dans les murs. L'argile a été récupérée sur un autre chantier de maison paille et les fibres de paille proviennent des chutes de l'isolation.

Ensuite, les murs sont mis d'aplomb et bien taillés, afin de faciliter l'accroche de l'enduit. Il est beaucoup plus facile de tailler une botte de paille pour éviter les bosses et les creux, que de rattraper le niveau d'un mur à l'aide de l'enduit ! Cette phase du chantier n'est pas à négliger, car elle apporte un très grand confort de travail pour la suite, en plus d'un résultat meilleur. Les bois sont alors protégés ou recouverts de toile à enduire si besoin, pour que l'enduit tienne bien dessus.

De nombreux professionnels appliquent cette trame sur toute la surface des murs dans les enduits chaux, afin de limiter les fissurations et d'assurer une bonne fixation de l'enduit.

Autre point essentiel : il faut absolument désolidariser l'enduit et la structure bois, car celle-ci travaille dans le temps, ce qui peut entraîner des fissurations dans l'enduit si les deux sont solidaires.

Il est important de savoir que si la terre est travaillée à mains nues, la chaux, quant à elle, demande de bonnes précautions et protections. Gants et lunettes sont de rigueur, ainsi que des combinaisons ou vieux habits de travail. La chaux brûle, qu'on se le dise.

Un petit conseil : avoir du vinaigre blanc à portée de gant pour se rincer dès que l'on sent un picotement. Le mieux est encore d'éviter tout picotement, donc toute brûlure : pour cela, il est fortement conseillé de porter des vêtements à manches longues, des gants, voire une double paire…

Eyrolles.

Pour la réalisation de la couche d'accroche et de la couche de corps, les propriétaires ont loué un compresseur et une gamelle. Quatre week-ends sont nécessaires pour réaliser les deux passes, avec cinq personnes à l'œuvre : deux à la bétonnière et trois pour tourner à la projection.
Le travail s'est révélé difficile (avec un échafaudage un peu improbable), ingrat (il a même plu), fatigant… Comme le dit la propriétaire :

« Les enduits, c'est des kilos de chaux, de sable, d'eau à brasser… et surtout beaucoup de courage. »

Mais l'aide apportée lors des chantiers participatifs a créé des moments forts :

« La maison a été apprêtée, massée, frottée, passée au gant… Que du bonheur, faire corps avec cette œuvre collective. »

Arrive le mois de novembre, un moment charnière de la construction : la maison est hors d'eau et hors d'air ! C'est toujours une grande étape pour les autoconstructeurs.
Leurs menuiseries viennent de deux fournisseurs différents. Les baies vitrées sont mixtes, bois et aluminium, les autres ouvertures sont uniquement en chêne. La mise en place des menuiseries ne leur a posé aucun problème. À l'usage cependant, ils reconnaissent avoir commis une petite erreur, en posant les seuils directement sur la dalle béton ; cela génère de la condensation en bas des menuiseries. Il aurait fallu intégrer une petite couche isolante entre les deux.
Le mois de décembre est très doux : les propriétaires sont en T-shirt sur leur chantier deux jours avant Noël ! Ce beau temps leur donne l'idée et l'envie de fignoler l'enduit de leur façade sud, là où étaient apparues quelques fissurations. Ils repassent un enduit à la chaux sur toute la façade, rebouchant consciencieusement chaque fissure, redressant le mur au besoin. Une bien mauvaise idée ! Deux jours après, le gel arrive et s'installe pour quinze jours.
Résultat : l'enduit tout frais a gelé et la paille s'est dégradée. Les dégâts se révéleront au printemps, au grand désespoir du couple, qui devra déposer l'enduit. La paille de cette façade, elle, sera maintenue en place, suite à une bonne taille ; elle n'a en effet subi qu'une humidité superficielle. Ils en profiteront toutefois pour enlever la paille au-dessus des baies, qui leur semblait inesthétique (elle n'était pas humide à cet endroit). Elle sera remplacée par une isolation en ouate de cellulose, et bardée ensuite.
Au printemps, l'enduit de la façade sud est donc entièrement cassé. Fin mai, un maçon intervient pour refaire la couche de corps à la place du couple qui laisse percevoir des signes de fatigue. Ce gros aléa de chantier a été difficile à gérer et à assumer. Ils surmontent cette épreuve et se rendent compte que l'autoconstruction, c'est aussi cela : « le droit d'expérimenter et d'échouer ».
Le propriétaire trouve qu'ils ont également trop lissé et massé la couche de corps au moment de l'application. De ce fait, la laitance est ressortie en surface ; le liant n'était donc plus dans la charge. Ce facteur a peut-être aggravé les conséquences de la pose de l'enduit en décembre.

Électricité et plomberie

De novembre à avril, le couple d'autoconstructeurs avance sur plusieurs fronts : plomberie, pose du frein vapeur et des tasseaux, grand nettoyage, protection des bois pour le prochain chantier d'enduit chaux à l'intérieur…
Ils font le choix de mettre en œuvre un circuit d'électricité biocompatible, encore appelée bio-électricité, qui a pour principe de limiter les émissions de champs magnétiques et électriques. Dans ce type de circuit, les fils de phase sont blindés : ils sont entourés d'aluminium et sont donc trois fois plus gros que les autres. On est également relié à la terre en amont

Eyrolles.

et en aval de chaque circuit. Les boîtiers blindés sont enrobés de peinture contenant des particules métalliques et sont eux aussi reliés à la terre. Ce principe permet de capter et de renvoyer les champs électriques et magnétiques à la terre.

Fixation des boîtiers électriques dans un mur en paille en trois photos

1. Dans un premier temps, tailler de beaux bouts de bois.
2. Puis, percer la paille et la garnir de plâtre pour une bonne fixation du bout de bois.
3. Poser le boîtier étanche.

Maufras-Sorin

Concernant les matériaux, l'électricité blindée n'est pas beaucoup plus chère que l'électricité classique. Le coût supplémentaire sur ce chantier, imputé à l'électricité blindée, s'élève à 80 €. Par contre, la mise en œuvre est beaucoup plus longue puisque tout doit être connecté à la terre. Pour la mise en place du réseau, un électricien de métier est venu leur prêter main-forte, ce qui a été une aide très précieuse.

Les vingt jours de congés qui ponctueront cette période seront un temps propice pour changer d'air, se ressourcer, faire le plein d'énergie, apporter de nouvelles idées... S'accorder des temps de pause permet aux autoconstructeurs de tenir sur la durée pour que cette fantastique aventure reste aussi légère que possible !

Début avril, avant les grandes manœuvres de l'enduit intérieur, les circuits des murs chauffants sont installés, avec trois paires de bras amis, connaisseurs du sujet. Les longs serpentins rouges sont incrustés dans les murs du salon, de la salle de bains et des deux chambres.

L'objectif, à terme, est d'alimenter ces circuits par de l'eau chauffée avec un poêle bouilleur ou des panneaux solaires. L'eau chaude serait stockée dans un ballon de 800 L. Ce système de chauffage n'a pas encore été mis en œuvre (courant 2014) ; en attendant, les propriétaires utilisent deux stères de bois, en moyenne, pour se chauffer l'hiver (à l'aide d'un petit poêle à bois de 8 kWh, situé au milieu de la maison).

8.10 Maufras-Sorin

Eyrolles.

Règles générales pour le passage des canalisations

D'une manière générale, et autant que possible, le passage des canalisations est réalisé en dehors des bottes de paille.

En cas de risque de condensation de la vapeur d'eau des canalisations, qui se trouvent dans la paroi isolante, un gainage avec un matériau isolant non sensible à l'eau est nécessaire. Il faut rester très vigilant quant aux problèmes de condensation qui peuvent avoir lieu avec des gaines ou tuyaux qui véhiculent des fluides (gaine de VMC, évacuation pour hotte, plomberie, etc.).

Les conseils indispensables

Il est vivement déconseillé de poser des tuyaux de plomberie dans les murs en paille (et pas seulement en paille d'ailleurs). Sachant qu'un risque important de la construction est lié à l'eau, à l'état liquide ou sous forme de condensation, pourquoi ne pas s'en prémunir ?

Les autoconstructeurs sont invités à réfléchir, dès la conception, au passage des gaines dans la dalle, dans les cloisons intérieures ou dans des coffres techniques. Nous ne sommes jamais à l'abri d'une erreur humaine ou d'une défaillance technique (problème de pose, mauvaise qualité des produits, défaut de fabrication, fuite dans le temps, vieillissement).

En effet, il est arrivé, dans le cadre d'une rénovation, que des personnes subissent un dégât des eaux lié à une fuite dans des tuyaux. Elles ont été obligées de démonter tout le doublage et l'isolant du mur en question. Les dégâts et la durée des travaux seront d'autant plus importants que le mur porte des finitions sur les deux faces, et c'est le cas pour un mur paille avec enduit extérieur et intérieur.

Enduits chaux intérieurs et cloisons

Toujours en avril 2010, une petite dizaine de personnes motivées (du cercle familial) viennent à bout de la couche d'accroche à la chaux, sur les murs intérieurs. Cette fois-ci, tout est fait manuellement ou à la tyrolienne.

8.11 Maufras-Sorin

À la fin du mois d'avril, ils sont encore une dizaine pour réaliser la couche de corps à la chaux, également projetée à la main ou à la tyrolienne. L'opération dure quatre jours. Le couple passe ensuite une journée pour assurer les finitions autour des ouvertures, ainsi que pour le haut et le bas des murs.

8.12 Maufras-Sorin

8.12
Sur le chantier, les protections sur les bois ne sont pas inutiles !

Courant mai, la toiture végétalisée est mise en place. Reportez-vous à la technique détaillée p. 196.

Puis, arrive le moment, en juin, où les propriétaires abandonnent leur location à Poitiers et s'installent sur leur terrain, dans une petite caravane. L'objectif est de réaliser le plus de travaux possible avant l'emménagement dans leur maison, programmé en septembre.

Les travaux s'enchaînent donc, et les cloisons prennent forme dans la maison. Nathalie témoigne : « Les lignes de nos pièces de vie passent du papier au réel. Ce n'est pas vraiment un cloisonnement, car chaque séparation fait apparaître le volume des pièces et la circulation entre ces différents volumes. On s'approprie notre maison maintenant. »

Des plaques de Fermacell (mélange de gypse et de cellulose) viennent habiller les murs paille de la cuisine et de la salle de bains et servent également pour les cloisons de distribution. Elles permettent d'obtenir des murs bien droits pour les différents éléments à

Eyrolles.

poser, mais également pour une accroche solide, tout en protégeant bien la paille dans la salle de bains. Il est impératif à ce stade de bien gérer l'étanchéité à l'air, car une fois les plaques posées, plus aucune intervention n'est possible.
Les plaques de Fermacell ont également des avantages hygrométriques et acoustiques.

8.13 Maufras-Sorin

Les cloisons entre les pièces sont isolées à l'aide de panneaux mixtes, en fibres de bois et chanvre.

La ouate de cellulose

Courant juin, l'isolation de la toiture en ouate de cellulose est l'affaire d'un jour et demi de chantier pour le couple. La ouate est soufflée entre les chevrons et retenue par le frein-vapeur posé en hiver.

Note du charpentier sur l'isolation en ouate de cellulose

L'isolation en ouate de cellulose pulsée sous pression (insufflation) est une technique qui est de plus en plus utilisée par les professionnels du bâtiment. Elle entre de plus en plus en concurrence (économique) avec les laines minérales et autres.

Pourquoi ?

- C'est un matériau facile à trouver, conditionné et compressé en vrac dans des sacs.
- La ouate de cellulose permet de régler la densité d'insufflation et donc de créer de l'isolation dans des caissons hermétiques (évitant tout risque de tassement).
- Elle assure une bonne isolation contre le froid et un bon déphasage contre le chaud.
- Aucun calepinage d'ossature n'est à réaliser ; le matériau s'adapte à tous les angles et tous les types d'entraxes.
- La technique a été mise à l'épreuve : au Canada depuis un siècle et en Allemagne depuis 70 ans.
- Ce matériau présente l'avantage d'être produit en France.

Rappel : le terme densité, couramment utilisé, n'est pas le terme approprié. Il s'agit précisément de la masse volumique ; toutefois, tout le monde utilise ce mot, nous en ferons donc usage également.

Les différentes techniques

La technique de soufflage (à utiliser uniquement pour isoler les combles perdus) : on calcule l'épaisseur d'isolant souhaitée, en prenant en compte un tassement de 20 à 25 %.
Note : il est déconseillé de réaliser un défibrage à la main, car dans ce cas l'isolant ne serait pas homogène. Utiliser obligatoirement une cardeuse, qui décompactera la ouate de cellulose compressée.

La technique du flocage permet de mettre en œuvre de la ouate imprégnée d'eau. On applique une isolation à caisson ouvert, avec une densité minimale de 35 à 45 kg/m³ sans tassement (car l'eau permet d'activer les liants naturels de la ouate de cellulose et de la coller au support).

La technique d'insufflation est une technique spécifique à la ouate de cellulose (car il existe très peu de matériaux autres dont on peut contrôler la densité aussi facilement). Cette technique permet l'insufflation sous pression dans des caissons. La densité peut aller de 40 à 70 kg/m³, densité à contrôler en fonction de différents paramètres :

Eyrolles.

- hauteur, largeur et épaisseur des caissons ;
- inclinaison du caisson (mur et toiture) ;
- déphasage souhaité (plus la ouate sera dense, plus il y aura de déphasage).

La technique d'insufflation utilisée pour les caissons

Simple à première vue, la technique de l'insufflation demande cependant une connaissance technique du matériau, de la machine (attention : les fournisseurs de produit ont rarement les machines adaptées à cette technique). Notre entreprise a suivi une formation de deux jours sur l'isolation en ouate de cellulose, dispensée par un organisme agréé. Auprès de ses clients, elle propose de mettre en œuvre leur isolation en autoconstruction, à la condition expresse d'accepter un accompagnement de quatre heures au minimum et de mettre en place un autocontrôle régulier.

Les fournisseurs de ouate de cellulose doivent procurer un abaque, permettant de déterminer (en fonction de différents critères) la densité minimale à mettre en œuvre. Critère à respecter impérativement afin d'assurer une bonne application et ne pas générer de tassement dans le temps.

1 – Comment régler la machine

Prenons l'exemple d'un caisson type sur ce projet, dont voici la composition :

- panneaux rigides DFP 16 mm (pas de déformation) ;
- chevrons porteurs 22 cm (l'espace entre deux chevrons est égal à 45 cm) ;
- membrane frein-vapeur (souplesse donc déformation, mais permet de visualiser la matière dans le caisson).

Note : par habitude, rajouter 2 cm sur le caisson, pour prendre en compte la déformation du frein vapeur.

Calcul du volume d'un caisson :

- longueur versant : 3,15 m ;
- largeur : 0,45 m ;
- épaisseur : 0,22 + 0,02 m
- on obtient un volume de 0,34 m³.

Il faut ensuite suivre la prescription du fournisseur de ouate : densité minimale suivant un fournisseur quelconque pour une pente (5 %) : minimum de 50 kg/m³.

Dans le cas de figure du projet, le choix est d'insuffler avec une densité de 55 kg/m³, soit 0,34 m³ x 55 kg/m³, soit un total de 18,7 kg de ouate de cellulose pour un caisson type.

Sachant qu'un sac pèse 12,5 kg, il faudra un sac et demi.

L'opérateur à la machine prépare donc un sac et demi ; un préréglage est effectué en fonction de l'expérience de l'applicateur et de l'abaque fourni avec la machine.

Le caisson devra être totalement rempli quand les sacs seront passés :

- si le caisson n'est pas plein : la densité est trop forte, supérieure à 55 kg/m³ ou le calcul de départ n'est pas bon ;
- si le caisson est rempli avant la fin des sacs : la densité est trop faible (inférieure à 55 kg/m³).

Il faut affiner le réglage sur trois ou quatre caissons, en vérifiant systématiquement la longueur et la largeur du caisson.

Une fois la machine réglée, vous terminerez les caissons tests. Votre réglage est bon tant qu'il n'y a pas de changement significatif (épaisseur de caisson).

Cette opération est à renouveler chaque matin, avant de reprendre le travail.

Il existe un « kit » pour mesurer le degré de densité.

Mode d'emploi :

1. Placer le tube d'essai vide sur la balance et la mettre à zéro avec la tare.
2. Percer le trou avec un cylindre de perçage, de préférence de 106,5 mm, à l'endroit à tester.
3. Pour retirer de l'isolant, enfoncer prudemment le tube d'essai, la partie tranchante en avant, au moyen d'un mouvement de rotation jusqu'à la paroi arrière.
4. À partir de la gauche, lire la profondeur enfoncée se trouvant sur l'échelle.
5. Retirer prudemment le tube d'essai avec un mouvement de rotation et peser sur la balance.
6. Déterminer le degré de compactage en kg/m³ sur le tableau.

2 – Temps de mise en œuvre

Pour insuffler de la ouate dans une épaisseur de 22 cm, il faut compter environ 15 min/m² (pour 2 personnes) : soit 0,25 h/m² comprenant la préparation de chantier et le nettoyage.

Sur le projet, pour les 86 m² d'isolation à réaliser, il a fallu 21,5 h, soit une journée et demie à deux pour mettre en œuvre toute la ouate de cellulose en toiture.

3 – Coût au mètre carré

Sac de ouate de cellulose (janvier 2014) : 1,15 € TTC/kg soit 21,50 € TTC/m² pour 22 cm d'isolation, équivalant à un R = 5,36 (faible pour la RT2012).

Eyrolles.

Terre/paille

Courant juillet, les propriétaires se lancent dans la fabrication d'un muret en terre/paille, pour créer une petite séparation entre la cuisine et le salon.

La technique est simple : il s'agit de mélanger de la fibre dans une barbotine de terre un peu épaisse et de la laisser ainsi détremper toute une nuit sous une bâche ; puis, le mélange est monté en banchage entre deux planches. Rien de plus facile en somme, mais l'expérience leur a semblé longue : cinq jours pour venir à bout de l'édification de ce « petit » muret, presque une tonne de terre et de nombreux sacs de paille en vrac.

Le couple tenait à ce muret pour deux raisons.

Premièrement, l'idée est de passer un serpentin à l'intérieur, afin d'apporter le chauffage côté cuisine. Le côté « gras » du matériau terre/paille favorise l'inertie. Plus on ajoute de fibres, plus le mélange est isolant. À l'inverse, moins on met de fibres, plus le mélange est dense et apporte de l'inertie.

Deuxièmement, ils souhaitaient faire un test, avant de se lancer dans la mise en œuvre d'une dalle terre de finition pour le sol. Ce test a été révélateur : ils ont abandonné l'idée, beaucoup trop longue à réaliser de leur point de vue. Reste que le résultat est réussi et porteur de nouvelles idées pour les sols !

Dalle plâtre

Fin août, c'est parti pour la réalisation de la première dalle en plâtre de la maison. En effet, le couple se lance dans une nouvelle expérimentation pour le cellier, les toilettes et le salon (ce qui représente une surface d'environ 30 m²). Ils ont fait beaucoup de recherches sur Internet et se sont inspirés du site Deco Verone (www.deco-verone.com) pour la recette de leur dalle plâtre. Ils ont même joint la stucatrice au téléphone, qui leur a gentiment donné des conseils.

Des tests ont été réalisés afin de déterminer la bonne proportion des éléments, ainsi que la teinte finale de la dalle (par ajout de pigments), avec les ingrédients suivants : plâtre gros, chaux, sel d'alun (à doses homéopathiques) et pigments mélangés à de l'eau savonneuse.

Ils réalisent en premier lieu une dalle grossière en plâtre/sable de 3 cm d'épaisseur sur des panneaux de liège de 4,5 cm. Puis vient la couche de finition : il s'agit de plâtre/pigments de 1,5 cm d'épaisseur. Une fois la réalisation des deux dalles achevée, il faut laisser sécher deux mois avant de passer plusieurs couches d'huile dure, et ainsi rendre le sol imperméable et facile d'entretien.

Ils sont satisfaits du résultat, même s'ils ont dû « essuyer les plâtres ! » soulignent-ils. Malgré quelques maladresses de novices, ils ont bien réussi à stuquer la dalle, c'est-à-dire à la lisser au platoir quand le plâtre fait sa prise, afin d'obtenir une surface très dure. Cependant, la mise en œuvre reste longue.

Le prix de revient au mètre carré est de 13 €.

Le déménagement a lieu à la fin du mois de septembre 2010. Un an après le début du chantier, le plus gros est réalisé, même si beaucoup de travaux restent à faire.

En novembre, ils font venir une pelle mécanique sur le terrain pour réaliser toutes les tranchées de raccordement nécessaires, ainsi que les trous prévus pour l'installation de la phyto-épuration. Ainsi, la maison est raccordée à l'eau et à l'électricité dès la fin du mois, ce qui est un grand soulagement avant l'arrivée de l'hiver (maintenant que l'eau est là, la vaisselle devient une partie de plaisir).

Le temps des finitions

Les travaux de finition continuent ensuite au gré du travail et des envies des propriétaires : les enduits décoratifs prennent vie sur les murs saison après saison, la dalle plâtre de la cuisine est réalisée pendant l'été 2011, une casquette en douglas vient protéger des rayonnements solaires au sud dès 2012… La deuxième chambre reste en friche et sert d'atelier.

Eyrolles.

Un projet qui ouvre de nouveaux horizons professionnels

Les propriétaires, Nathalie et David, ont aimé construire une maison à leur mesure, en partageant, en essayant...
... à tel point qu'ils ont tous les deux éprouvé l'envie de changer d'horizon professionnel. Elle a suivi une formation de stucatrice et créé sa propre activité ; aujourd'hui, elle réalise, selon les demandes, des enduits chaux, des tadelakts, des stucs... Lui aussi a monté une petite entreprise, une structure d'installation de kits électriques pour vélo.
Construire sa maison est une expérience unique, riche de sens et d'ouverture.

Réalisation de la casquette en douglas

La casquette a été réalisée un an après l'emménagement. Ils ont eu besoin d'environ 1,30 m³ de douglas, ce qui représente un coût de 760 € TTC pour le bois uniquement. Avec l'aide de copains charpentiers, ils ont ensuite taillé et levé la structure, puis posé la volige en douglas.
L'objectif de cette casquette est triple :
- protection solaire pour l'été ;
- protection contre l'eau ;
- esthétique, pour casser le côté rectangulaire du projet.

La casquette permet vraiment de changer le volume global de la maison de plain-pied, apportant une vraie signature architecturale. Attention toutefois aux « coups de crayon » sur certains projets, qui peuvent embellir la maison, certes, mais très vite coûter cher (exemple : des poteaux de structure qui traversent la toiture, des décrochements de façade...).

Le budget

La répartition des coûts

Le prix de revient de la construction est égal à 929 € TTC/m² Shon. Nous insistons toutefois sur le fait que 41 % des travaux (en termes de budget) ont été réalisés en autoconstruction ; seul le coût des matériaux est pris en compte pour cette part.

Budget de la construction en pourcentages

Budget global de la construction de la maison

NATURE DES TRAVAUX	PRIX TTC
Viabilisation et terrassement	2 520 €
Fondations et dalle	19 520 €
Charpente	22 130 €
Toiture végétalisée	4 670 €
Murs en paille	1 320 €
Enduits	2 190 €
Enduits de finition extérieurs	1 140 €
Huisseries	7 940 €
Électricité et plomberie	4 370 €
Isolation/étanchéité toiture	3 100 €
Finitions intérieures	3 510 €
Phyto-épuration	580 €
Cabane à outils	990 €
Toilettes sèches extérieures	370 €
Total	**74 350 €**
Prix/m² Shon	**929 €**
Prix/m² Shob	**711 €**
Prix/m³ chauffé	**230 €**
Travaux réalisés en autoconstruction	
Travaux réalisés avec accompagnement par un professionnel	

Eyrolles.

La toiture végétale

Intérêt de ce type de couverture

Une toiture végétalisée... pourquoi pas ? Car elle présente un réel intérêt, à la fois écologique et sanitaire :
• le matériau utilisé est végétal, ce qui crée un puits à carbone (diminution de CO_2) ;
• une telle toiture favorise une biodiversité, inexistante sur les autres types de couvertures ;
• c'est un moyen de récupérer une partie de la surface naturelle perdue à cause de l'occupation du sol par le bâtiment ;
• dans les grandes villes, elle sert à la rétention d'eau, évitant ainsi d'engorger les égouts ;
• elle apporte un air de meilleure qualité, car la végétation fixe les poussières, les pollens et les polluants.

8.14

L'intérêt de la toiture végétalisée est également constructif :
• ajout d'une isolation hivernale supplémentaire ;
• ajout surtout d'un confort estival imbattable ;
• isolation phonique intéressante (à l'intérieur comme à l'extérieur de la construction) ;
L'intérêt architectural est également notable :
• mise en œuvre facile en ville, où les toitures sont de plus en plus plates ;
• intégration paysagère discrète ;
• esthétique : c'est tout simplement « joli ».

8.15

Il existe cependant quelques contraintes :
• le poids est beaucoup plus important (principalement du fait de la rétention d'eau) ;
• la nécessité d'utiliser une membrane PVC ou EPDM (éthylène-propylène-diène terpolymère), dont l'écobilan est moins performant que pour d'autres types de couverture ;
• limitation de la pente de toiture, souvent de 3 à 10 %, avec un maximum de 35 %.
Une fois ce bilan dressé, les propriétaires ont entrepris de multiples recherches sur Internet, pour collecter l'information nécessaire à l'autoconstruction de leur

Eyrolles.

toiture végétale. Ils se sont énormément inspirés du site d'un autre autoconstructeur, qui détaille les différentes étapes de mise en œuvre de ce type de toiture. David a également récolté des informations techniques utiles sur le site de Firestone, concernant l'encollage de l'EPDM.

Technique de mise en œuvre

Déroulons, étape par étape, la mise en œuvre de la toiture végétalisée sur la maison paille.

1. Au mois d'août 2010, les panneaux pare-pluie sont posés sur les chevrons, ainsi que les liteaux, qui assureront une lame d'air entre les panneaux DFP et l'OSB 4 à venir.

Maufras-Sorin

8.16

2. Des acrotères en bois douglas sont vissés sur les débords de toit, à l'est, au sud et à l'ouest, pour maintenir la végétalisation.

3. La bâche EPDM est dépliée et posée sur le toit, pour bien la positionner ; elle est ensuite repliée.

Maufras-Sorin

8.17

4. Des rouleaux de géotextile (400 g/m²) sont posés entre l'OSB et la bâche, contre le poinçonnement. Des passages sont laissés libres pour pouvoir encoller l'EPDM sur l'OSB.

5. Une tonne de cailloux roulés est étendue en bord de toiture, sur une bande de géotextile. Ce cadre assurera un drainage à la toiture.

6. La bâche EPDM est fixée mécaniquement le long des acrotères est, sud et ouest. Une barre en aluminium est vissée dans les acrotères, contre la bâche, puis recouverte de Coverstrip et collée pour éviter toute infiltration d'eau.

8.18

7. De l'Enkadrain a ensuite été placé sur l'EPDM et avant le substrat végétal. Il s'agit d'une matière plastique se présentant sous forme de bandes et qui a pour vocation de remplacer les graviers roulés, permettant un drainage efficace de l'eau sous la terre.

8. 3 m³ de terre végétale et 3 m³ de pouzzolane sont montés sur la toiture, mélangés au sol pour une meilleure répartition. Cela correspond à une couche de 5 à 6 cm d'épaisseur sur les 100 m² que représentent la terrasse.

9. Il n'y a plus qu'à planter les 1 600 sedums !

Il existe différentes techniques de végétalisation, pour différentes pentes de toit et différentes intégrations paysagères. L'exemple cité dans ce chapitre l'est à titre indicatif et doit être envisagé comme tel. Il n'est en aucun cas une fiche technique. Il convient aux meneurs d'un tel projet d'approfondir leurs connaissances, pour choisir la technique la mieux adaptée au projet.

Eyrolles.

9 Une maison chauffée avec un poêle de masse

Le projet s'ancre dans un petit hameau de neuf habitations, dans une commune des Deux-Sèvres. Le jeune couple repère un terrain et vient l'observer pendant six mois afin de se rendre compte de l'environnement, de la lumière, du voisinage...

9.1
Maison bois et paille à Beaussais (79)

Début décembre 2008, les plans sont réalisés et l'emménagement est prévu fin 2010. Les conditions et objectifs de la construction sont clairement définis, grâce au travail mené avec une association d'autoconstructeurs, les Fourmis'Colos, et à la rencontre de professionnels investis dans l'écoconstruction. Le but est de construire une maison en bois et paille, avec peu de technologie et beaucoup d'autoconstruction ! Le couple conserve son activité salariée à plein temps (Xavier travaille dans le bâtiment, Stéphanie maîtrise la gestion de projet) et n'a pas d'enfant.
À la question « Pourquoi la paille ? », voici la réponse de Stéphanie :

« J'ai craqué lorsque j'ai vu la maison d'André de Bouter en Charente, ma première maison en paille et j'ai su que c'était ce que je voulais. Les enduits en terre donnent l'impression d'être "dans" la nature, c'est chaleureux, les angles arrondis sont doux, autant à voir qu'à ressentir. L'aventure (car c'en est une) de la construction en paille nous tentait. »

Les avantages et les inconvénients

Les plus :
- l'efficacité thermique de la grande baie au sud ;
- la luminosité de la maison ;
- le volume global de la maison ;
- le cellier au nord (dans le choix des matériaux et la taille optimisés) ;
- l'esthétique de l'escalier ;
- le confort et l'efficacité du poêle de masse (70 €/an de chauffage) ;
- l'esthétique apportée par la charpente à l'intérieur de la maison.

Les moins :
- le soubassement en monomur ;
- la dalle isolante en chaux/chanvre sur solivage (délai de séchage) ;
- les difficultés de finition ;
- l'isolation phonique de l'étage peu satisfaisante ;
- la pose des panneaux pare-pluie (de type DFP) en toiture par les autoconstructeurs (difficile et dangereuse sur la charpente « vide ») ;
- l'emprise du poêle de masse.

Eyrolles.

Portrait du projet

Maître d'œuvre et maître d'ouvrage : Stéphanie et Xavier, les propriétaires
Dessinateur : Rodolphe Perrat, Éco-Plans

9.2 R.Perrat-Eco-Plan

Maçonnerie : Ets David Fournet
Charpente : SARL Bois et Paille

9.3

Fournisseur paille : E. Ingrand
Formation paille : E. Fruchard
Électricité : Ets A. Largeau
Dalle chaux/chanvre : Isol'Chanvre
Isolation toiture/étanchéité : SARL Bois et Paille
Poêle de masse : S. Laplace
Le reste des travaux a été réalisé en autoconstruction.
Surface : 130 m² habitables
Budget :
- 1 185 € TTC/m² Shon
- 858 € TTC/m² Shob
- 477 € TTC/m³ chauffé

La chronologie

Plans et fondations

Le permis de construire est accordé en mars 2009. La maison respecte évidemment les principes du bioclimatisme : orientation sud, pas d'ouverture au nord, mais de larges baies au sud pour bénéficier d'un apport solaire maximal.

9.4 R.Perrat-Eco-Plan

9.4a R.Perrat-Eco-Plan

Eyrolles.

La chronologie de la construction

Conception projet et acceptation PC : décembre 2008 à mars 2009 – 4 mois
Gros œuvre (fondations, maçonnerie, charpente...) : avril 2009 à juillet 2009 – 4 mois
Paille : août 2009 – 1 mois
Enduits : septembre à novembre 2009 – 3 mois
Second œuvre et finitions : décembre 2009 à novembre 2010 – 12 mois

À noter : le temps de conception du projet est aussi long que le temps des travaux de gros œuvre ! Et la partie second œuvre/finitions prend facilement trois fois plus de temps que les travaux de gros œuvre ! À bon entendeur !

Exemples de temps effectif de travaux réalisés

ACTION	NBRE. DE PERSONNES	HEURES CUMULÉES	SURFACE VIDE POUR PLEINS EN M²	MINUTES/ M²
Mise en œuvre du mur paille en autoconstruction	2	350	177	119
Enduit de finition extérieur par des professionnels	4	112	177	38

Après la mise en œuvre de la semelle, les fondations sont réalisées en briques monomur et plots béton. Les propriétaires recherchaient une isolation périphérique performante, d'où l'utilisation de la brique monomur en fondation. Les briques supportent la charge de l'isolation paille et des enduits (soit 200 kg/ml), ainsi qu'une transmission des charges climatiques (vent).

Les autres charges sont reprises par la structure poteau poutre, qui prend appui sur des plots béton. Structurellement, la brique monomur peut reprendre les charges demandées, mais, avec du recul, son utilisation comporte des inconvénients majeurs :

- elle est fragile et peut facilement subir des détériorations, notamment lors du gros œuvre (mise en œuvre de la charpente) ;
- elle n'a pas de chaînage en tête, il est donc difficile d'assurer une fixation mécanique de la lisse bois, pour le repos des bottes de paille.

Sauvée-Thomas
9.5

9.6

9.6
Création de plots béton dans la brique, afin de pouvoir fixer les vis de la lisse basse

Eyrolles.

Sauvée-Thomas

Tout est prêt pour la réception de la charpente.

Charpente et paille

La structure poteau poutre, avec assemblages traditionnels, en douglas du Limousin, est levée en quatre jours.

La buanderie, située au nord, servira d'espace tampon à la maison (en effet, la façade sud de la maison est plus chauffée par le soleil que celle située au nord ; ainsi, il est stratégique de disposer les pièces où l'on passe le moins de temps au nord, comme le cellier, le garage... ou la buanderie). Les larges débords de toit servent de protection supplémentaire au mur paille. À prendre en compte également : la structure est à l'intérieur des fondations en briques monomur. Les

9.7
Installation de la bande de capillarité (film plastique) et de la lisse sur la brique monomur

9.8
Mise en place des gaines techniques, du drain et de l'aération du poêle

Eyrolles.

bottes de paille viendront se poser sur les briques, formant une coquille étanche et protectrice autour de la structure. On évite ainsi les ponts thermiques et la structure bois reste apparente à l'intérieur.

Aller plus loin

Pour revoir en détail la technique bois et paille, reportez-vous au chapitre 1.

La couverture en tuiles est posée sur le complexe de toiture suivant : pare-pluie rigide de type DFP, contre-liteaux et liteaux. Puis, les lisses basses sont installées, tout comme les précadres pour les ouvertures ; il s'agit de cadres fixes permettant la fixation des menuiseries dans les murs.

Sauvée Thomas

9.11
Isolation paille autour du précadre

9.13
Gobetis

Il faudra ensuite 22 jours à deux personnes (soit 350 heures) et 500 bottes de paille (80 x 45 x 35 cm) pour réaliser les murs de la maison.

9.12

Les enduits

En septembre 2009, la pose de la paille est achevée. Il est important de bien la protéger avant l'arrivée du froid et du mauvais temps, c'est pourquoi il est décidé de mettre en œuvre les enduits extérieurs, à la chaux.

Aller plus loin

Reportez-vous au chapitre 12 et à son focus pour plus d'informations sur les enduits chaux.

La couche d'accroche, appelée aussi gobetis, est un mélange de chaux, de sable et d'eau, projeté ou

Sauvée Thomas

Eyrolles.

envoyé sur le mur paille à l'aide d'une projeteuse. Le but de cette première couche d'enduit est d'entrer en profondeur dans les fibres ; cette pellicule fine servira d'accroche à la couche de corps. Attention : la chaux est un matériau irritant par son PH élevé ; il est impératif de bien se protéger avant sa mise en œuvre (gants, combinaison, lunettes de protection).

Sauvée-Thomas 9.14

9.16

Sauvée-Thomas 9.15

Après le gobetis, la couche de corps (soit 5 cm d'épaisseur en chaux/sable) est mise en œuvre. Une trame fibrée a été installée aux endroits les plus délicats (comme les angles, les arrondis, les jonctions de matériaux), afin de bien structurer le support et éviter les fissurations.

L'expérience a montré qu'appliquer une fibre sur toute la surface des murs permettait d'éviter les fissurations éventuelles. Ainsi, la couche de corps est une enveloppe protectrice pour les murs paille, qui aide également à redresser les murs, si cela s'avère nécessaire. Toutefois, afin de réaliser une bonne application de l'enduit, il est primordial de bien dresser le mur paille au préalable et de finir au taille-haie et à la débroussailleuse, pour créer un mur vertical, sans bosse ou creux.

Pendant l'hiver 2009, une succession de travaux variés seront réalisés : la première couche d'enduit intérieur en terre, l'électricité, la plomberie, l'isolation de la toiture en ouate de cellulose, la pose du lambris en plafond, celle des huisseries bois... Le travail ne manque pas pendant les week-ends et les vacances !

9.14
Trame fibrée

9.15
Couche de corps

La dalle chaux/chanvre

Une des particularités de ce chantier est la mise en œuvre d'une dalle chaux/chanvre, au rez-de-chaussée comme à l'étage. Ce type de chape est une bonne

9.17 Sauvée-Thomas

Eyrolles.

solution, performante et écologique, pour une réalisation légère, isolante et résistante. C'est aussi un bon isolant phonique, d'où son utilisation à l'étage également.

Le point de vue de P. Brasset, artisan

« Ma recette actuelle est un mélange de 120 L de chènevotte de chanvre standard (non tassée), de 25 kg de Batichanvre gris et de 25 L d'eau. Le tout est mélangé dans notre malaxeur. »
La dalle chaux/chanvre nécessite de faire extrêmement attention aux remontées d'humidité. Sur certains chantiers, le choix est d'intégrer un drain de ventilation qui passe en serpentant dans la dalle (et ressort d'un côté et de l'autre de la maison). Ce drain doit permettre de constamment aérer la dalle en empêchant toute stagnation d'humidité, évitant ainsi le pourrissement du chanvre.
« Je ne procède jamais ainsi, car dans la réalité ce drain peut très vite se transformer en piège à eau en canalisant les eaux de pluie. Un drain extérieur, en revanche, placé en périphérie de la maison, est plus bas que le sol extérieur, il peut donc capter les eaux de pluie. »
Conseil : il faut toujours garder en mémoire que l'humidité est un des plus grands ennemis de l'habitat, et prendre les décisions en conséquence.

Cloisons et enduits terre intérieurs

Au printemps 2010, l'intérieur de la construction prend sa forme définitive, avec l'installation des cloisons. Le couple choisit de les réaliser en briques plâtrières de 5 cm d'épaisseur, collées au plâtre. Les briques apportent de l'inertie, mais sont moyennement performantes en tant qu'isolant phonique. Faciles à mettre en œuvre, elles se découpent aisément. De plus, l'avancée des travaux se voit très rapidement, ce qui compte beaucoup, surtout en autoconstruction !
Une fois les cloisons montées, reste à réaliser la finition des murs. Dans ce projet, la première couche d'enduit à l'intérieur était composée de terre. Attention ! Quand on parle de terre, on parle bien

9.18 Sauvée-Thomas

d'une couche de « terre profonde » (contenant notamment de l'argile et composée quasi uniquement d'éléments minéraux) ; elle convient pour les terrassements et fondations, mais, sans matières organiques, elle est impropre aux cultures. On ne parle donc pas ici de « terre végétale » (comprenant une proportion d'humus qui rend la terre fertile).

Aller plus loin

Reportez-vous au chapitre 11 et à son focus pour plus d'informations sur la terre et ses enduits.

La première couche fine d'accroche est donc un mélange terre/eau, très liquide. La deuxième couche, la « couche de corps », a une épaisseur de 3 à 8 cm, (entre 5 et 8 cm pour dresser le mur dans les creux) afin d'apporter de l'inertie thermique. Il s'agit là d'un mélange consistant d'argile, de sable, de fibres (paille, foin) et d'eau. Les recettes d'enduits terre sont nombreuses, à tester soi-même afin de trouver celle qui convient ; en effet, les dosages sont fonction du pourcentage d'argile dans la terre.

Eyrolles.

Sauvée Thomas

9.19

L'utilisation des enduits terre présente des intérêts multiples :
• utilisation de la terre des fondations de la maison en projet ;
• pas de coût écologique et économique ;
• matière vivante très agréable à travailler et à retravailler si besoin grâce à un séchage lent qui permet de prendre son temps.
Le travail se fait à la main et s'avère chronophage : environ deux heures par mètre carré, en comptant la préparation de l'enduit, l'application, le talochage et le nettoyage !

9.20

Pour les enduits de finition, le choix s'est porté sur des enduits terre/chanvre/lin, déjà formulés (par une briqueterie de Vendée, la société Argilus) : prêts à l'emploi, ces enduits sont faciles à mettre en œuvre et offrent une palette de coloris variée. Cette couche de finition est en général fine (2 à 3 mm) selon les besoins du mur. Elle peut se talocher ou se lisser à l'éponge, selon la finition souhaitée.

La valse des finitions

Sauvée Thomas

9.21

Le long travail des finitions suit son cours tout au long de l'année 2010. Les revêtements choisis pour les sols ont été directement collés sur la dalle chaux/chanvre, au rez-de-chaussée comme à l'étage.
Le rez-de-chaussée est fini en carrelage, l'étage en parquet bois massif pour toutes les pièces sauf la salle de bains, qui est en jonc de montagne.
Il faut bien insister sur la notion de temps dans la construction. En effet, le temps est relatif... suivant les travaux abordés (plus ou moins spectaculaires dans l'avancement quotidien), l'humeur du jour, la fatigue accumulée, les erreurs commises, le nombre de bras disponibles, le rythme de travail de chacun... Chaque projet est réellement différent, car nous sommes tous différents ! Les temps de travail peuvent ainsi varier

Eyrolles.

9.22

9.23

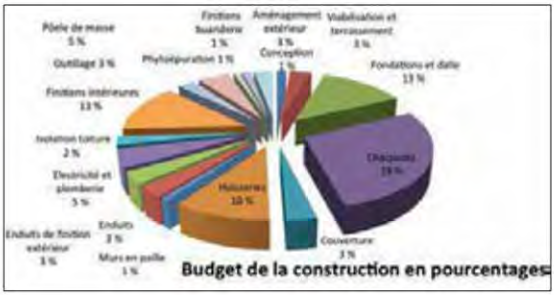
9.22
Novembre 2010 : le salon ! Les délais sont tenus et l'emménagement a bien eu lieu.

9.23
Rambarde et vide sur séjour

énormément : en fonction du rythme, des équipements, des exigences… de chacun. Les expériences ou autres projets trouvés ici ou ailleurs sont des exemples potentiels, des guides éventuels pour un nouveau projet. À chacun de les adapter, les transformer et les faire vivre dans son projet personnel.
Sur ce projet, le couple a souhaité emménager dans une maison achevée car il a pu voir, sur d'autres chantiers, la difficulté de continuer les travaux une fois installé dans les murs. Ce choix est possible pour eux d'un point de vue financier, ce qui n'est pas toujours le cas, évidemment.

La répartition des coûts

Le prix de revient de la construction est égal à 1 185 € TTC/m² Shon. Il est important de préciser, toutefois, que 43 % des travaux (en termes de budget) ont été réalisés en autoconstruction ; ce qui signifie que, pour cette part, seul le coût des matériaux est pris en compte.
En 2012, la pergola/terrasse et l'atelier en bois ont été montés en autoconstruction. Le prix de revient des matériaux de ces deux structures bois est de 15 000 € TTC (conception et plans réalisés par Bois et Paille).



Eyrolles.

Budget global de la construction de la maison

NATURE DES TRAVAUX	PRIX TTC
Conception	2 200 €
Viabilisation et terrassement	5 125 €
Fondations et dalle	20 265 €
Charpente	43 510 €
Couverture	5 100 €
Murs en paille	1 375 €
Enduits	4 500 €
Enduits de finition extérieurs	5 000 €
Huisseries	16 000 €
Électricité et plomberie	7 500 €
Isolation/étanchéité toiture	3 700 €
Finitions intérieures	20 200 €
Poêle de masse	7 500 €
Phyto-épuration	1 500 €
Finitions buanderie	2 050 €
Aménagement extérieur	4 565 €
Outillage	4 000 €
Total	**154 090 €**
Prix/m² Shon	**1 185 €**
Prix/m² Shob	**858 €**
Prix/m³ chauffé	**477 €**
Travaux réalisés en autoconstruction	

Le point de vue du charpentier

Chose surprenante dans ce type de démarche, Stéphanie et Xavier ne s'étaient ni formés, ni très bien documentés sur le sujet de la construction paille.

Ils sont arrivés avec l'envie de construire en paille et avec leur propre vécu de la construction ; ils avaient déjà rénové une ancienne maison. Ils savaient ce qu'ils voulaient et ne voulaient pas.

Au fil des échanges, le profil du couple se précise. Lui est du bâtiment, menuisier de métier. Il a donc une bonne connaissance et une logique technique qui évitent nombre d'erreurs. Elle est très bien organisée et, maîtrisant bien la gestion de projet (grâce à son métier), très présente pour structurer et articuler au mieux les étapes du projet. Complémentaires, ils s'épaulent tout au long du chantier.

Xavier est plus orienté vers la construction conventionnelle, en raison de son activité professionnelle. Stéphanie est très sensible à l'écoconstruction et à l'utilisation de matériaux sains. Ces deux sensibilités différentes ont permis, à l'un comme à l'autre, de faire des compromis pertinents au cours des différentes phases de construction.

Résultat : une maison terminée dans des délais de construction courts, au vu de la part importante d'autoconstruction et du fait que l'un comme l'autre conservent leur activité professionnelle à temps plein. Et surtout une maison « finie », avec quelques détails de finitions intérieures à réaliser après l'emménagement, et le confort de ne pas vivre dans les travaux et la poussière.

Il s'agit d'une belle maison, une réalisation que le charpentier a eu l'occasion de voir et revoir.

« Pour avoir passé plusieurs moments chez eux, une fois les travaux terminés, j'ai pu goûter au confort doux et feutré, propre à la construction paille. Confort accentué par la faible largeur de la maison et la douce chaleur par rayonnement du poêle de masse, créant un petit cocon douillet. »

Eyrolles.

Le poêle de masse

Un moyen de chauffage : retour sur expérience

Comme moyen de chauffage, le choix s'est porté sur un poêle de masse dans ce projet. Les propriétaires de la maison expliquent pourquoi et livrent leur ressenti après deux ans d'utilisation :

« La paille n'est pas un matériau efficace en soi. C'est un bon isolant par son épaisseur, mais il devient vraiment performant lorsqu'il est associé, dans une approche globale de la maison, dès la conception, à des enduits terre et un mode de chauffage par rayonnement. Ces trois éléments, avec l'orientation de la maison et la très grande baie vitrée au sud, forment un tout cohérent. »

Dans le cas de cette maison, on peut poser l'équation suivante :
Paille + enduits terre + poêle de masse = maintien de la chaleur pendant longtemps.
Par exemple, une chauffe ou une flambée de deux heures permet de chauffer pendant quarante-huit heures environ, lorsqu'il fait 10 °C dehors sans soleil, ce qui signifie que les propriétaires peuvent ne faire qu'une flambée tous les deux jours (durée qui double si le temps est ensoleillé, en raison du bioclimatisme). Le poêle fonctionne avec des délignures de scierie, sous-produits de bois qui sont peu chers : 25 € TTC par fagot de 700 kg. Il faut deux à deux fagots et demi par hiver pour une maison de 130 m^2, soit une dépense de 50 à 75 € par an pour le chauffage !

« Ça sent bon le feu de bois ! On a choisi un poêle artisanal fait sur mesure, à notre goût. Un fauteuil chauffant a été intégré, permettant de se réchauffer les fesses et le dos en hiver. »

Sa chaleur se diffuse dans toute la pièce de vie et, grâce au vide sur séjour, très bien à l'étage. Le poêle suffit à chauffer toute la maison ; la régulation de la température dans les pièces est contrôlée par simple ouverture ou fermeture des portes.

« À l'usage, faire du feu est un plaisir. Lorsque le poêle rayonne, on a tendance à rester autour ; il porte alors bien son nom de foyer (dans tous les sens du terme). Nous avons choisi de mettre une plaque de verre transparente pour voir les flammes pendant la chauffe et, avec le recul, je n'en mettrais pas aujourd'hui, car c'est dangereux pour les enfants en bas âge. Par contre, il est impossible de se brûler avec le reste du poêle. »

« La chauffe est un peu contraignante : il faut surveiller la flambée pendant la première heure. Mais après deux années dans la maison, nous avons appris à optimiser le fonctionnement du poêle et à trouver les astuces pour avoir moins à le surveiller. »

« Il est presque surdimensionné au regard de l'efficacité de la maison (bioclimatisme), un plus petit poêle à bois aurait peut-être été suffisant. Mais quel confort ! Nous n'avons plus jamais froid et n'avons pas à faire de chauffes très souvent. Il rayonne en notre absence et, à ce prix-là, on peut se permettre de faire une chauffe par simple plaisir ! »

Eyrolles.

La construction d'un poêle de masse

Les autoconstructeurs, Stéphanie et Xavier, ont choisi de réaliser leur propre poêle de masse. Ils ont travaillé avec un artisan, S. Laplace, car concevoir et construire un tel poêle demande de fortes compétences, nécessitant d'être accompagné d'un professionnel.
Le poêle est composé de deux à trois tonnes de briques de terre, compressées et collées à l'argile. Le foyer est en béton réfractaire. Une fois monté, il a été recouvert de terre.

Sauvée-Thomas

9.25

Le poêle de masse chauffe par rayonnement et non par convection de l'air. On peut l'appeler également « poêle à inertie » ; sa forte masse permet d'emmagasiner la chaleur en quelques heures, puis de la restituer lentement par rayonnement.
Ce mode de chauffage est très sain, car il ne met pas l'air en mouvement, avec toute sa batterie de poussière. Grâce à sa deuxième chambre de combustion, le foyer assure une combustion rapide et optimale, générant très peu de cendres. La chaleur des fumées de combustion est récupérée, en circulant dans un réseau de canaux internes.
Il s'agit donc d'un moyen de chauffage écologique performant, ne nécessitant, au plus froid de la saison, qu'une seule flambée dans la journée.
D'autres matériaux peuvent être utilisés pour la réalisation d'un poêle de masse, s'ils respectent les critères suivants :

- pour le foyer, un matériau capable de supporter de très hautes températures, puis de restituer cette chaleur (briques réfractaires, béton réfractaire...) ;
- la paroi externe transmet le rayonnement et donne la forme finie du poêle (briques, céramiques, enduit chaux, enduit terre, pierre volcanique...).

Un poêle de masse pèse en moyenne 800 kg. Pour déterminer la taille d'un poêle, il faut tenir compte de différents paramètres, comme l'isolation de la maison, l'emplacement du poêle... mais surtout de la qualité des parois avec lesquelles le poêle va échanger sa chaleur. Les murs paille enduits en terre, qui constituent cette maison, sont des parois idéales pour la conserver.
On considère que 100 kg de masse correspondent à une heure et quart de restitution de chaleur. Cette moyenne est évidemment à modérer en fonction de la température extérieure.
À noter : malgré ses nombreux avantages, ce système de chauffage comporte quelques inconvénients :

- la taille : un tel poêle prend de la place, devenant certainement le « meuble » le plus volumineux de la pièce ; il faut porter une attention particulière pour déterminer son emplacement et sa forme esthétique ;
- le poêle est difficile à régler, compte tenu de sa masse ; il est possible de faire une petite chauffe, mais c'est surtout le cumul avec le soleil qui est difficile à gérer si on n'anticipe pas bien ;
- pour conclure, les prix d'un poêle de masse varient de 4 000 à 15 000 € en moyenne. Il est aussi tout à fait possible de l'autoconstruire en respectant les règles de l'art, naturellement !

Eyrolles.

10 La maison paille selon la technique Greb

Dans ce projet, le chantier a été particulièrement bien anticipé. Les autoconstructeurs ont su se documenter et se former, mais ils ont également été à la rencontre des professionnels référents, sur lesquels ils ont pu s'appuyer, pour mettre en pratique le choix d'une méthode de construction originale, la technique Greb. Elle utilise de la paille et peut être employée en autoconstruction. Cependant, chaque réalisation est différente des autres : chaque structure est particulière, en fonction des ouvertures choisies. Dans ce projet, la réalisation d'une ossature bois spécifique, notamment avec l'utilisation du Kerto en façade sud, motivée par la présence des différentes baies, découle des échanges entre les propriétaires e différents spécialistes de la construction paille.

L Fouché

10.1
Maison paille à Bignoux (86)

C'est une vraie démarche participative qui est mise en œuvre et qui permet à tous (autoconstructeurs comme professionnels) de progresser dans la qualité des réalisations.
Cette capacité d'ouverture leur a également permis de rebondir rapidement au début de la phase de réalisation du mortier. Ils n'ont pas hésité à remettre en cause leur choix initial, à réfléchir à d'autres possibilités et à changer de technique en cours de route (notamment pour le choix des panneaux de fibres de bois extérieurs pour le contreventement et le pare-pluie de la structure).
Le choix des finitions extérieures, qui sont peu courantes (bardage en bas et enduit en haut), est également une particularité de ce chantier, une touche personnelle des autoconstructeurs.

Les avantages et inconvénients du projet

Les plus :

- très bonne préparation du projet ;
- adaptation en cours de chantier ;
- belle intégration en cœur de village.

Les moins :

- choix de finition extérieure avec bardage au rez-de-chaussée et enduit à l'étage, créant une jonction plus difficile à gérer ;
- mise en œuvre de l'isolation paille ne permettant pas de mettre le chantier hors d'eau (couverture) immédiatement ;
- coulage du mortier banché long et plus compliqué, qui a fait changer le choix de mise en œuvre en cours de chantier.

Eyrolles.

La genèse du projet

Virginie et Ludovic rêvent depuis des années de construire leur « chez eux », pour être plus libres dans le choix de leur lieu de vie, tout en « gaspillant moins de sous ».
Une visite à l'Écocentre du Périgord leur fait découvrir la construction et les matériaux écologiques ; le projet prend forme, à l'aide de recherches documentaires et de collaboration à des chantiers participatifs. Leur sensibilité les amène vers la construction paille et plus précisément vers la technique du Greb (Groupe de recherches écologiques de la Baie), venant du Canada. En France, c'est l'association Approche Paille qui diffuse cette technique.

Plusieurs raisons les ont amenés à ce choix :
- la possibilité de réaliser l'ossature bois en autoconstruction, ce qui est beaucoup plus compliqué lorsqu'il s'agit d'une structure poteau poutre ;
- une technique limitant les ponts thermiques, car les bottes de paille sont posées en continu dans l'ossature bois, sans rupture de matériaux ;
- la présence de montants d'ossature placés tous les 60 cm, permettant de diversifier les types de finition (bardage ou enduit).

Le choix d'une technique constructive est vraiment très personnel, comme en témoigne Ludovic :

« Outre l'approche technique, le coût, le bilan écologique, il faut trouver une technique avec laquelle on se sent en cohérence. »

Ici, l'autoconstruction trouve sa cohérence : la démarche stimule le couple dans un apprentissage tout au long du chantier, et représente un défi personnel. Ils gardent tous les deux leur activité salariée pendant le temps de la construction.

Portrait du projet

Maître d'œuvre et maître d'ouvrage : Virginie et Ludovic
Dessinateur : Virginie et Ludovic

10.2 L Fouché

Maçonnerie : SARL Kiener
Charpente : autoconstruction et accompagnement réalisé par Bois et Paille

10.3 L Fouché

Fournisseur paille : V. Grollier, agriculteur biologique
Tout le reste des travaux a été réalisé en autoconstruction.
Surface : 147 m² habitables
Budget :
- 818 € TTC/m² Shon
- 607 € TTC/m² Shob
- 401 € TTC/m³ chauffé

La chronologie

Les bases et les valeurs du projet

Chez ce couple, l'autoconstruction est une démarche motivée pour répondre à des valeurs éthiques et humaines, tout en étant définie par un budget restreint.

Eyrolles.

Toutefois, deux postes de travaux leur semblent difficiles à réaliser seuls :

- la réalisation de la dalle autoportée : cette part des travaux ne semble pas à leur mesure, ils préfèrent déléguer ce poste à un professionnel, une entreprise locale de maçonnerie ;
- ils ont réalisé les plans de leur maison eux-mêmes, en bénéficiant de l'accompagnement de notre entreprise artisanale ; ils ont ainsi eu des conseils pour la conception technique de la charpente (entre autres sur les assemblages) et sur certains points sensibles de l'ossature.

Concernant la pièce la plus technique de l'ensemble de la structure, soit la porteuse centrale de dix mètres (avec poteaux et liens), ils ont préféré déléguer le travail de taille et de pose aux charpentiers. En effet, cette pièce demande certains assemblages complexes, restant apparents ensuite dans la structure.

Pour le reste, une seule devise : l'autoconstruction. Une autre base essentielle du projet est le chantier participatif :

> *« Notre chantier est ouvert à toutes les personnes qui souhaitent venir découvrir et s'essayer à la technique de construction Greb. Il ne faut pas de compétences spécifiques, juste l'envie de partager et d'apprendre. De la réalisation de l'ossature bois à la mise en place de la paille et du mortier, les initiations peuvent être multiples. Sans oublier par la suite la couverture, la pose des menuiseries, du bardage bois... »*

Cet échange de savoirs, ce partage de convivialité et de travail sont essentiels pour les porteurs de ce projet qui, avant leur propre chantier, ont pu apprendre sur les chantiers des autres (technique Greb, enduits chaux/chanvre...).

Chronologie des travaux

Conception projet et acceptation PC : janvier 2010 à août 2010 – 8 mois
Gros œuvre (fondations, maçonnerie, charpente...) : septembre 2010 à juillet 2011 – 11 mois
Paille : août 2011 – 1 mois
Enduit : septembre 2011 à octobre 2011 – 2 mois
Second œuvre et finitions : novembre 2011 à avril 2013 – 18 mois

Le projet prend racine en juin 2010, quand le terrain est acheté : 1 000 m² aux portes de la forêt.

L Fouché

10.4

Premiers travaux

Le chantier est lancé en juillet 2010, avec la récolte et le stockage de la paille dans un hangar proche du terrain. Cette anticipation de la récolte leur permettra

10.5

10.4
Terrain trouvé

10.5
Ramassage des petites bottes

Eyrolles.

de lancer le chantier mur paille dès qu'ils seront prêts, sans être dépendants du calendrier agricole et des conditions climatiques. C'est donc environ 600 bottes de paille de 35 cm d'épaisseur, 45 cm de large et 70 cm à 1 m de long qui sont stockées à l'abri.
Premier appel aux bonnes volontés... les amis sont présents, sous le fort soleil, pour brasser les bottes de paille.

10.6

10.7

Le terrassement est réalisé en septembre 2010, suivi de la dalle autoportée. Le choix s'est fait après l'étude de sol qui a révélé un terrain argileux. La dalle sera donc portée par les murs de soubassement, le remblai permettant de bénéficier de l'inertie du sol. Les semelles sont ainsi coulées à 1,20 m de profondeur et les propriétaires en profitent pour récupérer et conserver à l'abri la terre profonde des fondations.
La dalle est isolée en périphérie intérieure à l'aide de plaques de polystyrène expansé. Choix peu écologique, mais le propriétaire s'en explique :

> *« Ce matériau n'est effectivement pas très écologique, mais son coût reste nettement inférieur au liège pour un coefficient thermique lambda proche, et un projet d'autoconstruction demande de faire certains compromis. »*

Les plaques font 60 cm d'épaisseur pour un R = 1,55. Le point faible est le pont thermique subsistant au niveau haut de la dalle, qui sera corrigé par la mise en place d'un chaînage isolant.
Du remblai vient ensuite remplir le vide entre les murets de soubassement. Les gaines des réseaux sont passées, les plaques de polystyrène posées à plat sur le remblai. Les maçons posent alors sur toute la périphérie de la dalle un chaînage isolant de

10.8

10.6
Pose de l'isolant périphérique

10.7
Mise en place de l'isolation

10.8
Installation des réseaux

Eyrolles.

60 mm d'épaisseur afin de limiter le pont thermique de la dalle béton. Puis, la dalle béton est coulée. Ce chaînage coffré permet également de contenir les 18 cm de dalle, le temps de sa prise.

10.9
Pose de l'isolant sur remblai

10.10
Isolation et coffrage

10.11
Dalle coulée

10.12
Stockage du bois

Une cuve de récupération d'eau de pluie est également installée : en béton, d'une contenance totale de 4 000 L, elle est remplie à moitié, avant d'être raccordée, afin d'éviter qu'elle ne remonte en cas de pluie. Ainsi se terminent les derniers travaux pour l'année 2010 ; le chantier reste en attente jusqu'au mois de mars 2011.

L'ossature bois et la technique du Greb

Après que l'étanchéité des fondations en parpaings a été réalisée, à l'aide d'un enduit bitumeux, et la viabilisation du terrain finie (raccordement à l'eau, à l'électricité et au tout-à-l'égout), les autoconstructeurs se lancent dans la réalisation de l'ossature bois. 16 m^3 de douglas non traité sont livrés sur le terrain, en majorité des sections de 4 x 10 cm pour les montants d'ossature, mais aussi de 10 x 22 cm pour les solives et les pannes.

L'emplacement de chaque tas de bois a été réfléchi, afin de limiter les manutentions (et donc les efforts !) inutiles.

Le propriétaire a suivi un week-end de formation sur la technique du Greb avec l'association Approche Paille, ce qui lui a permis de bien visualiser les différents points techniques.

Le système constructif est simple ; il repose sur l'insertion des bottes de paille dans une double ossature. Les bottes sont ensuite enfermées dans

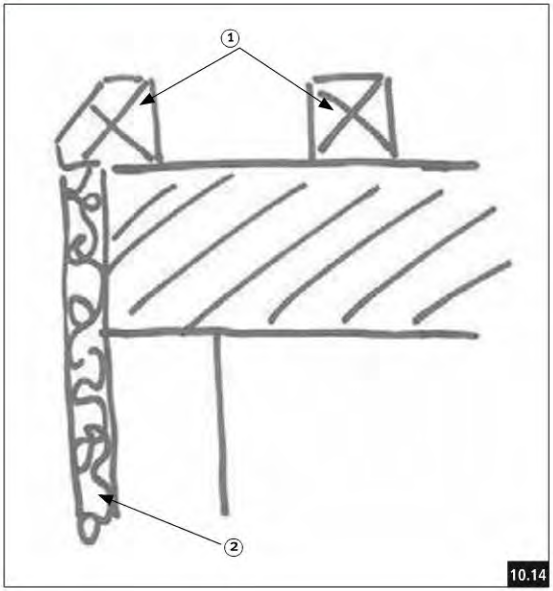
Eyrolles.

une couche de mortier coulé, qui sert également de contreventement à l'ensemble de la structure bois. Nous allons étudier pas à pas cette technique, en suivant l'évolution du chantier de ce projet.

La pose des lisses basses

10.13

Schéma explicatif de la lisse extérieure coupée en biseau



10.14

Le levage du portique et l'ossature du rez-de-chaussée

Un portique constitué d'un Kerto de 10 m de long, 4,5 cm d'épaisseur et 36 cm de large (un Kerto est formé de placages d'épicéa collés à chaud) et de poteaux d'ossature est levé en premier. Ce portique, situé au sud, est spécifique pour la reprise de charge des quatre ouvertures situées sur la façade sud.

10.15

10.13
Lisse basse et barrière de capillarité

10.14
1. Lisses
2. Isolant périphérique
Les lisses font 8 cm d'épaisseur. Les lisses extérieures sont taillées en biseau, pour leur permettre de recouvrir les 5 cm d'isolant périphérique.

10.15
Levage du linteau

Après quatre jours de travail à deux personnes, environ un quart de la structure du rez-de-chaussée est monté. Ludovic témoigne :

> *« Nous n'avons pas rencontré de grosses difficultés et en fin de semaine, nos gestes étaient déjà devenus un peu plus précis et rapides. On peut dire qu'on est plutôt satisfaits de notre semaine. C'est vrai que l'assemblage de l'ossature est une partie assez valorisante, car on obtient rapidement les volumes qui dessinent la future maison. »*

Eyrolles.

En un peu plus de deux semaines à deux personnes, le rez-de-chaussée est quasiment terminé.

10.16

La poutre porteuse, taillée par les charpentiers (coupe à sifflet) est posée, en appui sur les murs est et ouest, ainsi que sur deux poteaux intermédiaires. L'aspect d'un assemblage traditionnel tenon/mortaise donne du cachet à l'ensemble.
Un des avantages de la technique du Greb est qu'elle ne nécessite pas d'engin de levage. L'ossature bois est légère et permet des manutentions manuelles.

L Fouché
10.17

10.16
Ossature du rez-de-chaussée

10.17
Levage par les charpentiers de la porteuse de solivage

10.18
Solivage en cours

10.19
Pignon d'ossature en cours de réalisation

Le solivage

Chaque solive pèse environ 75 kg ; il faut de la main-d'œuvre pour les mettre en place. En une seule journée de travail à cinq personnes, toutes les solives sont taillées et mises en place. Reste ensuite à les ajuster, les fixer à la porteuse et à l'ossature, et à positionner les entretoises entre les solives. Il faudra également créer les deux trémies, nécessaires à l'escalier et au conduit du poêle.
Après toutes ces étapes, le plancher provisoire peut être installé. Il s'agit de panneaux d'OSB, qui serviront ensuite pour le banchage du mortier sur la paille.

10.18
L Fouché

L'ossature de l'étage

À l'étage comme au rez-de-chaussée, l'ossature repose sur une lisse basse. Les poteaux sont ensuite minutieusement mis d'aplomb, afin de recevoir les arbalétriers. Cette partie des travaux nécessite de

10.19
L Fouché

Eyrolles.

prendre confiance dans le travail en hauteur. De plus, il faut respecter la pente de la toiture tout en manipulant des arbalétriers de huit mètres de long.

L Fouché
10.20

L Fouché
10.21

La mise en œuvre des pannes et des chevrons

Les pannes de cinq mètres sont découpées et manipulées manuellement, ce qui occasionne un peu de fatigue.

Au moment de la pose des pannes, une erreur est relevée : un des arbalétriers n'a pas la même pente que les autres. Afin de ne pas tout démonter, la solution adoptée est d'entailler l'arbalétrier concerné avant de fixer les pannes.

La dernière panne faîtière, la plus haute, est posée avec émotion, puis vient le tour des chevrons. L'OSB est posé également sur le mur de refend de l'étage.

10.22

10.23
L Fouché

Au total, il aura fallu cinq mois de chantier pour mener à bien la mise en œuvre de l'ossature bois et la bâcher en vue de l'arrivée de la paille. En effet, les bottes de paille devant être glissées dans la double ossature, on ne peut pas réaliser la couverture définitive dès le départ. Cela implique une bonne gestion de la protection des murs en paille, tant au niveau de la toiture que des murs.

10.24
L Fouché

10.20
Pignon achevé

10.21
Vue générale de l'ossature bois

10.22
Pannes et chevrons

10.23
Ossature intérieure de refend

10.24
Bâchage de la toiture et des façades, pour protéger la pose des bottes de paille

Eyrolles.

Le bâchage

Le bâchage de la structure a pris deux jours et demi. Le moment choisi n'était pas le meilleur, avec un vent constant à 50 km/h, des rafales parfois plus violentes et un peu de pluie. En tout cas, cela aura servi à constater la nécessité d'arrimer solidement l'ensemble !

Les murs en paille

Avant d'installer les premières bottes, il a fallu passer des gaines électriques et prévoir l'emplacement des futurs boîtiers du rez-de-chaussée. Deux rangs de paille sont ensuite montés, avant le câblage des interrupteurs. Les bottes de paille sont acheminées au fur et à mesure des besoins, à l'aide d'une petite remorque.

L Fouché
10.25

10.25
Ravitaillement en petites bottes

10.26
Bâchage de la toiture, permettant la protection et la mise en œuvre aisée des bottes

10.27
Feuillard métallique liaisonnant les ossatures intérieure et extérieure

La mise en œuvre de la paille

Poser les bottes de paille ne représente rien de bien compliqué, les découpes sont peu nombreuses et se

L Fouché
10.26

font assez facilement. Ils en ont profité pour remplir les différents poteaux et colonnes de l'ossature, ce qui a demandé un peu de démontage. La mise en place des feuillards et des clous semble aussi longue que celle de la paille.

Chaque botte est installée entre les montants de l'ossature, fortement compressée sur les précédentes.

Des feuillards métalliques sont vissés entre les montants d'ossature. Ils structurent le mur en évitant une éventuelle déformation des montants, tout en permettant de maintenir la paille sans tassement. En septembre 2011, les dernières bottes de paille sont positionnées à l'étage, avant de mettre en œuvre les panneaux pare-pluie en fibres de bois sur les chevrons.

10.27
L Fouché

Banchage et mortier

Différents tests de composition de mortier sont réalisés, afin d'atteindre le bon mélange. Les plaques d'OSB sont ensuite vissées au poteau d'ossature, afin de servir de banche au mortier. Un espace de 4 cm entre la botte de paille et la banche est bien respecté, pour laisser l'espace nécessaire au mortier.

Il aura ensuite fallu une semaine et demie à cinq personnes pour couler le premier rang de mortier. Cette première expérience permet de se rendre compte du

Eyrolles.

temps nécessaire à la mise en œuvre, d'autant plus qu'il ne s'agit que du rez-de-chaussée, où il n'y a pas trop de manutention de matériaux.

L Fouché

10.28

Suite à ce constat, ils décident de changer de technique et d'utiliser des panneaux de fibres de bois, pour assurer le contreventement extérieur et la fonction de pare-pluie, en remplacement du mortier banché. Cela leur permettra d'être plus rapidement à l'abri des intempéries, et de réaliser le mortier quand il y aura suffisamment de main-d'œuvre.

En retirant l'ensemble des banches intérieures, une mauvaise surprise les attend : le mortier est plus que friable. Hormis une fine couche solide de quelques millimètres en surface, l'intérieur s'effrite et redevient poussière... En attendant les résultats des nouveaux tests, il faut retirer toute la première rangée intérieure.

L Fouché

10.29

La recette du mortier, retour d'expérience

La recette du mortier Greb classique est de 2 volumes de liant (0,5 de ciment, 1,5 de chaux hydraulique NHL 3,5) et de 7 volumes d'agrégats (3 de sable et 4 de sciure de bois).
La sciure était un peu trop fine, donc la quantité de liant n'était pas suffisante pour associer toutes ces surfaces d'agrégats.
Il a été décidé de remplacer 2 des 4 volumes de sciure par 2 volumes de chènevotte fine, celle qui est utilisée pour les enduits de finition. La granulométrie de l'ensemble sciure/chènevotte était cette fois-ci correcte et le mortier solide.
Attention : en fonction du type de scie utilisée en scierie, la granulométrie peut ne pas être adaptée. Les autoconstructeurs sur ce chantier ne le savaient pas, et toutes les scieries de la région travaillaient avec les mêmes machines.

Fin septembre, le rez-de-chaussée est terminé ; puis, l'étage est achevé au bout de cinq demi-journées, à trois personnes. La surface à bancher est nettement moindre qu'à l'étage.

L Fouché

10.30

10.28
Test de composition du mortier

10.29
Débanchage du premier rang

10.30
Mortier du rez-de-chaussée

Eyrolles.

Pose des panneaux de contreventement extérieur

L Fouché

10.31

Les panneaux de fibres de bois (type DFP, de marque Kronospan) sont posés en deux semaines, fixés sur les montants d'ossature. Ils seront ensuite recouverts d'un pare-pluie, de tasseaux, puis d'un bardage. La pose de ce matériau en fibres de bois ne génère pas de difficultés.

10.31
Panneaux de contreventement en fibres de bois

10.32
Couverture en cours

Pose de la couverture

Quelque 1 500 tuiles sont montées sur le toit (ayant préalablement reçu les contre-liteaux et les liteaux), puis réparties en paquets de neuf sur l'ensemble du toit.

L Fouché

10.32

Le choix des matériaux

La spécificité de cette technique du Greb tient dans la mise en œuvre de la paille et du mortier. Pour la suite des travaux, le choix des matériaux et des techniques adoptés s'apparente aux choix réalisés par la majorité des auto et écoconstructeurs :

- pose de menuiseries bois ;
- pose d'un frein vapeur hygroréglable ;
- isolation du plancher et des rampants (30 cm) en ouate de cellulose ;
- cloison banchée en chaux/chanvre ;
- cloisons en BTC...

Le plafond du rez-de-chaussée est réalisé en plaques de Fermacell, composées de gypse à 80 %, le reste étant de la cellulose recyclée. Au préalable, des fourrures ont été positionnées, afin de pouvoir fixer les différentes plaques. Un lève-plaque a été nécessaire, les plaques de Fermacell étant particulièrement lourdes. La découpe se réalise facilement à l'aide d'une scie circulaire ; il faut toutefois prévoir une aspiration si elle se fait en intérieur, car cela génère beaucoup de poussière.

Dans le salon, les propriétaires décident de laisser apparente la partie basse des solives, afin d'obtenir une autre esthétique.

Ce complexe de plafond permet ensuite d'isoler phoniquement le plancher de l'étage entre solives, ici avec une isolation en ouate de cellulose de 20 cm (cela aurait pu être des copeaux, de la chènevotte...). Une fois le Fermacell posé, il reste tout le travail de finition à réaliser (bandes, ponçage, peinture...

Les installations provisoires

Lors d'un chantier de construction, on passe également beaucoup de temps à réaliser des travaux qui ne sont pas définitifs, soit parce qu'il faut protéger ses réalisations (bâchage de la maison, protection pour les enduits...), soit parce qu'on aménage son chantier pour le rendre plus confortable (toilettes sèches, cuisine d'extérieur, cuisine temporaire...). Cela fait

Eyrolles.

partie intégrante du bon déroulement d'un chantier et permet d'avancer comme il faut. N'hésitez jamais à leur consacrer du temps !

Les cloisons et finitions intérieures

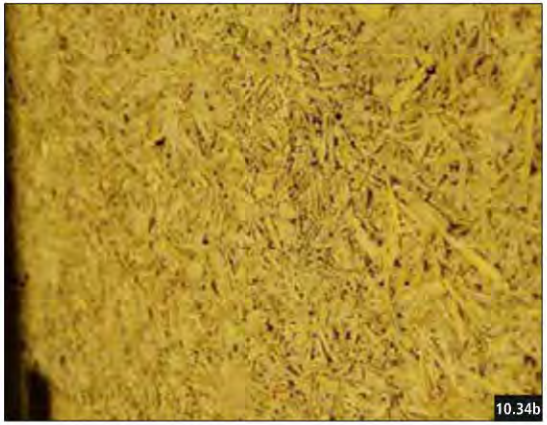
300 BTC (briques de terre crue) ont été commandées, pour être maçonnées en cloisons, afin d'apporter de l'inertie. Elles sont liées entre elles avec de la terre concassée et du sable.

L Fouché

10.33

L Fouché

10.34a


L Fouché

10.34b

Le travail est nouveau et plutôt agréable pour les autoconstructeurs. On avance à son rythme, car le mortier de terre a l'avantage de pouvoir être réutilisé quel que soit son stade de séchage.

Pour le béton de chanvre, ils ont réutilisé les vieilles banches qui avaient servi pour les murs Greb. La technique est relativement longue, car elle nécessite de compresser assez fermement le mélange chaux/chanvre par couches successives de quelques centimètres. En revanche, il est possible de retirer les banches immédiatement après le coulage et de visualiser le résultat. Le séchage sera long. Il est estimé à trois mois, avant qu'on puisse appliquer un enduit de finition.

Des panneaux de Fermacell sont posés sur les murs du rez-de-chaussée, venant recouvrir les murs paille. Des tasseaux fixés sur l'ossature servent de support aux plaques. Le travail n'est pas compliqué, hormis les nombreuses découpes liées aux ouvertures. Une fois toutes les plaques posées, il faut réaliser les joints de raccord. À certains endroits un enduit de lissage est appliqué, là où la finition sera une simple couche de peinture. Ce travail s'avère délicat et il faut s'entraîner avant de commencer les finitions du plafond.

10.33
Cloison en BTC

10.34a
Cloison chaux/chanvre

10.34b
Zoom sur le mélange chaux/chanvre

Eyrolles.

Enduit chaux/chanvre de finition : la mise en œuvre selon Ludovic

« Nous avons décidé de réaliser des enduits chaux/chanvre sur plusieurs de nos murs intérieurs. Il a d'abord été nécessaire de couvrir les montants en bois de l'ossature avec une trame de verre, afin de permettre l'accroche de l'enduit. Ensuite, nous avons réalisé un gobetis à même le mur Greb. Cette étape consiste à appliquer sur l'ensemble des murs, avec un bon coup de poignet (à la truelle ou au balai), un mélange assez liquide de chaux hydraulique et de sable.

Le gobetis facilite l'accroche de la couche d'enduit par sa surface rugueuse. C'est donc une couche peu épaisse (5 à 7 mm) qui doit rester rugueuse pour assurer une bonne accroche aux couches suivantes. Il doit être encore frais quand on y applique l'enduit. On le réalise la veille.

Quant à l'enduit, il est composé de 2 volumes de chaux aérienne CL 90 et de 1/2 volume de chaux hydraulique NHL 3,5 pour 4 volumes de chènevotte. Pour permettre un bon mélange des matériaux, nous commencions par réaliser un lait de chaux dans la bétonnière pour finir par la chènevotte. Nous complétions ensuite en eau jusqu'à obtenir la texture adéquate.

L'enduit était appliqué à la taloche, de bas en haut, fermement plaqué contre le mur, en le faisant vibrer légèrement pour favoriser l'accroche.

Nous avons constaté qu'il est très important de réaliser ce type d'enduit pendant les beaux jours, pour favoriser le temps de séchage qui est assez long et nécessite de bien ventiler la maison. »

Des enduits à la terre seront également réalisés sur les cloisons en BTC.

L'escalier

Deux crémaillères sont fixées à l'ossature chaux/chanvre déjà réalisée. Les contremarches définitives sont installées, afin de consolider la structure.

Astuce de récup' : des chutes de bois d'ossature font office de marches le temps du chantier.

10.35

10.35
Les deux marches et le palier de l'escalier ont été réalisés avec des chutes de douglas.

10.36
Enduit en cours

La finition extérieure

Seules les façades supérieures sud et est sont enduites. Tout le reste de la maison sera bardé de douglas, posé horizontalement.

La finition en enduit a dû être adaptée en fonction des choix réalisés en cours de chantier.

Ainsi, l'enduit a été réalisé sur des panneaux de fibres de bois Gutex. Il s'agit de panneaux réservés à cet

10.36

L Fouché

Eyrolles.

L Fouché

usage. Ils sont vissés par-dessus le contreventement (panneaux de DFP) dans les montants de l'ossature. On applique ensuite un premier mortier-colle d'une épaisseur de 3 ou 4 mm, dans lequel on noie un treillis en fibres de verre. On applique ensuite une seconde couche liquide, permettant l'imperméabilisation du support et « l'hivernation », avant d'appliquer l'enduit de finition à la spatule. L'épaisseur de l'enduit sera celle du grain, 2 mm dans le cas de ce chantier. Tous les produits sont de marque Gutex.

Dans un premier temps, seule la façade sud est recouverte de l'enduit définitif ; pour la façade est, il faut attendre les beaux jours...

Avec la technique Greb, on peut enduire directement le mur brut, avec un enduit traditionnel à la chaux. Comme il avait été décidé de contreventer la maison avec des panneaux de DFP afin de gagner beaucoup de temps et d'énergie (par rapport au coulage d'un mortier Greb), il n'était plus possible d'enduire directement ce support. Il y a donc un surcoût, mais l'étanchéité à l'eau est, semble-t-il, moins aléatoire. Et les quantités de mortier à monter sur l'échafaudage sont bien inférieures !

Fin de chantier

Le temps passe, les finitions aussi... à l'automne 2012, l'emménagement se profile.

L Fouché

L Fouché

Les matières se mélangent : paille, chanvre, chaux, bois, terre... et leurs différentes qualités participent à l'harmonie de la maison et au bien-être qui s'en dégage.

Pour le chauffage, le poêle définitif n'est pas choisi. Le poêle de chantier sera encore conservé, le temps de prendre une décision. Reste qu'un poêle de 6 kW sera suffisant. Avec le poêle actuel et la VMC double flux, ils chauffent l'étage lorsque le poêle fonctionne en continu, avec 2 °C de différence en moyenne avec le rez-de-chaussée.

10.37
Enduit terminé

10.38
Pose des tomettes

10.39
Tomettes

10.40
Charpente apparente et enduit terre

Eyrolles.

En avril 2013, les propriétaires emménagent dans leur maison en paille.

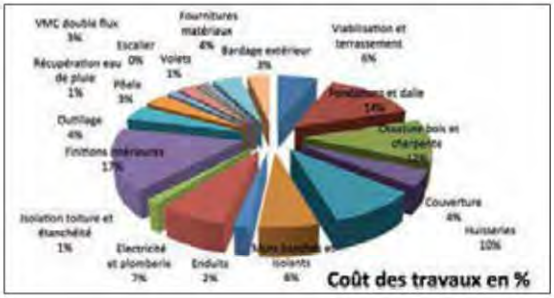
L Fouché

10.41
Détail des finitions : embrasure de fenêtre

Le budget

La répartition des coûts

Le prix de revient de la construction est égal à 818 € TTC/m² Shon. On aurait pu s'attendre à un coût moins élevé, dans la mesure où la majeure partie des travaux a été réalisée en autoconstruction. Cet exemple montre bien que l'utilisation de matériaux de qualité a un coût non négligeable dans le budget.



Budget global de la construction de la maison

NATURE DES TRAVAUX	PRIX TTC
Viabilisation et terrassement	7 300 €
Fondations et dalle	16 710 €
Ossature bois et charpente	13 925 €
Couverture	5 070 €
Murs banchés et isolants	7 615 €
Enduits	1 870 €
Huisseries	11 620 €
Électricité et plomberie	8 710 €
Isolation/étanchéité toiture	1 650 €
Finitions intérieures	20 040 €
Escalier	560 €
VMC double flux	3 090 €
Récupération eau de pluie	1 785 €
Poêle	4 185 €
Volets	1 680 €
Bardage extérieur	4 000 €
Outillage	5 110 €
Fourniture de matériaux	5 280 €
Total	**120 200 €**
Prix/m² Shon	**818 €**
Prix/m² Shob	**607 €**
Prix/m³ chauffé	**401 €**
Travaux réalisés en autoconstruction	
Travaux restant à réaliser	

Eyrolles.

L'outillage

Il est intéressant d'insister sur l'importance du coût de l'outillage, quand on se lance dans un tel projet de construction. Une liste précise des outils achetés pour les travaux est établie et reproduite ci-après.

Conseil

Il est bien utile d'établir des listes d'outillage, en fonction des tâches à effectuer, tout comme une liste d'outils à emprunter. Cela permet de bien anticiper les différentes phases du chantier.

Et puis, un conseil de bon sens : qualité est synonyme de durabilité !

Liste de l'outillage

OUTILLAGE	TOTAL TTC EN EUROS
Marteaux	20,18
Maillet	6,70
Agrafeuse	16,00
Clefs	17,85
Serre-joints	123,16
Seaux	23,70
Gâche	14,95
Compas	43,81
Mètres	77,79
Truelles/outils à main pour maçonnerie et enduits	138,53
Pistolet silicone	41,26
Cutter	3,95
Scie égoïne	13,60
Scie japonaise	10,79
Rouleaux à peinture	17,15
Pince PER	4,50
Peigne à colle	2,75
Platoirs	30,69
Spatule + taloche terre	26,63
Râteau	16,83
Raclettes, pinces électriques	37,50
Tire-fils	7,20
Jokari (dénudeur de câble)	14,15
Ciseau à brique	8,16
Ciseau à bois + râpe	23,60
Rapporteur d'angle	24,52
Tamis	9,90
Établi	57,98

Eyrolles.

Tréteaux	17,80
Servante	29,90
Pelle	2,50
Cale de ponçage	10,90
Spatules Fermacell	32,77
Scie à onglet radiale	242,41
Scie sauteuse	200,14
Perceuse	79,95
Ponceuse excentrique	121,56
Rabot	170,00
Visseuse	147,98
Batteries	140,27
Cloueur de finition	265,00
Accessoires cloueur	26,04
Bétonnière	229,00
Scie circulaire Festool	332,86
Perforateur	54,90

Aspirateur	99,90
Rabot Bosch	142,59
Malaxeur	93,10
Lunettes de protection	1,92
Masques de protection	0,00
Protections auditives	4,43
Chaussures de sécurité	111,71
Gants	39,29
Fil à plomb	8,63
Règle de maçon	20,82
Niveaux	24,90
Niveau laser	170,05
Niveau à eau	16,11
Fausse équerre	10,28
Réglet Inox	9,90
Recharge Cordex	4,65
Échafaudage/échelle	79,90

Eyrolles.

Bâches	405,55
Cordes/Sandows	112,10
Sangles	23,80
Tuyau d'arrosage	52,88
Raccords lance d'arrosage	28,55
Rallonges/multiprises	117,27
Lames de scie sauteuse	19,47
Malaxeur de peinture	21,53
Embouts de vissage	145,51
Forets	48,38
Fraises	39,90
Lames de scie à métaux	8,70
Lame de scie circulaire	27,95
Lames de scie sabre	11,45
Scie trépan	97,75
Cisaille à tôle	16,98
Pinces étaux	5,08

Disques à métaux	13,85
Bandes de ponçage	18,00
Brosses balais	3,95
Total TTC en euros	**5 109,39**

Eyrolles.

La VMC double flux

Ventilation et réglementation

La ventilation est le véritable poumon de la maison. Elle permet d'apporter l'oxygène nécessaire aux habitants et aux appareils de combustion, d'évacuer la vapeur d'eau (respiration, douche, cuisson…), d'éliminer les mauvaises odeurs et les polluants.

Par exemple : une famille de quatre personnes rejette de 10 à 25 litres d'eau par jour dans l'atmosphère de sa maison. Il est donc essentiel de bien ventiler son intérieur.

Auparavant, la question ne se posait pas : le mauvais ajustement des menuiseries et les défauts d'étanchéité suffisaient amplement au renouvellement d'air, avec le défaut évident de consommer énormément d'énergie pour se chauffer. Actuellement, avec les nouvelles réglementations thermiques et les améliorations apportées en termes d'isolation et d'étanchéité à l'air, on se trouve confronté à une difficile gestion de la ventilation.

De nombreux logements (surtout dans le bâti ancien) souffrent d'une mauvaise ventilation, entraînant une humidité permanente, le développement de champignons, de moisissures, etc.

Les différents types de ventilation

On peut ventiler sa maison de différentes façons, avec un respect des performances, thermiques et énergétiques, de plus en plus concluant.

- Tout d'abord, on peut **naturellement ventiler** sa maison en ouvrant les fenêtres, au minimum quelques minutes toutes les heures. Ce système reste empirique et peu concluant en termes d'économie d'énergie.
- Il existe ensuite la **VMR, ventilation mécanique répartie**, extrayant l'air vicié par plusieurs points, grâce à de petits ventilateurs électriques – système non centralisé, sans gaine. Ce système est bruyant, consomme énormément d'électricité et a des débits d'extraction trop élevés.
- La **VMI, ventilation mécanique par insufflation**, insuffle l'air extérieur préchauffé par un seul point. La surpression évacue l'air pollué par les grilles des fenêtres.
- On trouve également des **VMC simple flux**, autoréglables : simples et peu onéreuses. Les entrées d'air aspirent l'air extérieur vers les pièces principales, et les bouches d'extraction de l'air pollué (situées dans les pièces de service, telles la salle de bains et la cuisine) sont reliées par des gaines à un groupe d'extraction motorisé, qui rejette l'air vers l'extérieur. Ce type de VMC possède de nombreux défauts : il est énergivore (rejet à l'extérieur de l'air chauffé en hiver sans récupération de calories et entrée directe d'air froid) et d'un emploi peu souple, ne tenant pas compte des variations d'humidité et d'occupation du logement.
- Il existe également la **VMC hygroréglable**, réglant le débit d'air selon le taux d'humidité des pièces. Elle est moins énergivore que la VMC simple flux, mais manque encore de souplesse dans son utilisation (surventilation nocturne, problème des demi-saisons…).

Eyrolles.

Les normes en vigueur

Il faut savoir que l'aération des logements neufs est réglementée par les arrêtés du 24 mars 1982 et du 28 octobre 1983.

Ces arrêtés imposent que l'aération soit générale et permanente et qu'elle circule des pièces principales vers les pièces de sortie, en balayant le logement.

Des débits minimaux d'extraction sont fixés :

- 15 m³/h pour la salle de bains et les WC (logement de 1 ou 2 pièces principales) ;
- 30 m³/h pour la salle de bains (3 à 5 pièces et plus) et les WC (4 à 5 pièces et plus) ;
- de 75 m³/h (1 pièce) à 135 m³/h (5 pièces et plus) pour la cuisine.

On peut installer des systèmes de réglage pouvant moduler les débits totaux extraits.

La VMC double flux

Caractéristiques techniques

Parlons maintenant de la VMC double flux : l'air vicié est aspiré dans les pièces de service, mais avant d'être rejeté à l'extérieur, il croise l'air « neuf » (aspiré à l'extérieur par un autre ventilateur) ; il se passe alors un échange thermique, l'air entrant se chargeant des calories de l'air sortant. Selon les modèles, on peut aller de 60 à 99 % d'efficacité quant à l'échange thermique. La quantité d'air expulsé est réglable pour chaque pièce.

10.42

10.43

Inconvénient et avantages

Ce système nécessite de nombreuses gaines, requiert un logement performant au niveau de l'étanchéité (une mauvaise étanchéité à l'air réduit les performances de rendement de la VMC) et un entretien régulier des filtres (coût d'entretien annuel d'environ 70 € pour le renouvellement des filtres).

Toutefois, sur le plan thermique, il s'agit du système de ventilation le plus efficace actuellement. On peut atteindre une économie de chauffage de 15 à 20 %. En moyenne, une VMC double flux consomme électriquement 158 kWh/an, alors qu'une VMC simple flux consomme 300 kWh/an.

Les autres avantages de ce système sont qu'il ne génère ni courant d'air ni bruit et que l'air est filtré.

Réchauffer l'air froid en hiver peut assurer 25 à 35 % des besoins de chauffage d'une habitation classique, voire 50 % si la maison est très bien isolée. Depuis quelques années apparaissent des VMC double flux améliorées, assurant 100 % du chauffage d'une maison passive (double flux enthalpique, double flux couplé avec un puits canadien, avec des capteurs solaires...).

Le confort d'été est aussi un avantage de la VMC double flux, car l'air entrant est rafraîchi par l'air extrait, avec la possibilité, en outre, d'augmenter le débit de ventilation la nuit (by-pass en mode *night cooling*) pour profiter des nuits fraîches et ainsi apporter de la fraîcheur.

Eyrolles.

Dimensionnement et installation

La ventilation dans l'habitation est un véritable enjeu de santé et de confort et les règles d'étanchéité évoluant, le bon dimensionnement de la ventilation reste un calcul primordial.

Il est important de bien prévoir, dès la conception, l'installation de sa ventilation double flux. En effet, le réseau de tuyaux nécessaire à de telles installations, ainsi que le diamètre des tuyaux, demandent une validation précise des endroits où passeront les différentes arrivées et extractions d'air. Il peut être astucieux de créer des goulottes techniques, afin de garder un accès permanent au système (dans les placards par exemple, dans de fausses poutres…). Attention à bien penser à l'isolation phonique des tuyaux et à se faire accompagner par des professionnels compétents dans le domaine pour la conception du réseau.

Nous insistons sur l'importance de ventiler sa construction ; si vous faites le choix de ne pas installer de VMC double flux, prévoyez au minimum les réseaux, pour vous plus tard, ou pour les futurs propriétaires en cas de revente.

VMC et maison paille : l'avis des autoconstructeurs

On entend souvent dire que les maisons paille n'ont pas besoin de VMC, car elles « respirent ». On doit d'ailleurs plutôt parler de murs perspirants, c'est-à-dire de murs qui permettent à la vapeur d'eau de traverser leurs différentes couches.

L'expérience de deux autoconstructeurs permet de comprendre pourquoi ils ont fait le choix d'une VMC double flux, plus onéreuse, alors que la paille et les enduits apportent déjà une bonne régulation thermique et hydrique.

Témoignage de Ludovic (maison en paille, technique du Greb)

« Des matériaux susceptibles de réguler l'hygrométrie ambiante et d'amortir les variations de température ont été choisis lors de la conception de la maison. Plusieurs cloisons de terre crue ont ainsi été édifiées dans la pièce de vie au rez-de-chaussée. Un muret de terre crue d'environ deux tonnes a également été construit derrière le poêle à bois. Son rôle est bien entendu d'apporter de l'inertie, mais la terre crue a également la propriété de réguler le taux d'humidité de la pièce.

« Malgré ces précautions et le fait que les murs d'une maison en paille sont par nature perspirants, nous avons choisi d'installer une VMC double flux. Aujourd'hui, nous ne regrettons pas ce choix. »

Raisons du choix de la VMC double flux

Renouvellement d'air performant

Le confort en termes de renouvellement d'air est particulièrement remarquable dans la salle de bains (extraction) et dans les chambres (insufflation). Quelle qu'en soit l'utilisation, le miroir de la salle de bains n'est jamais recouvert de buée et, au réveil, l'atmosphère de la chambre est aussi saine et fraîche qu'après une aération matinale ; tout cela en limitant considérablement les pertes de calories.

Bonne répartition de la chaleur

Mais le réel atout de la VMC double flux, dans le cas de cette construction, est de permettre une bonne répartition de la chaleur dans la maison. Un petit système permettant de récupérer quelques degrés près du conduit du poêle a été bricolé. L'hiver dernier, l'air neuf venu de l'extérieur sortait à 17 °C des bouches de l'étage, alors qu'à l'extérieur on ne dépassait pas 5 °C.

La VMC fait donc partie intégrante du système de chauffage de cette maison.

Eyrolles.

La diminution des écarts thermiques

Ce n'est pas un choix qui se fait dans une approche uniquement financière. Cet équipement n'est jamais rentable, mais limite l'impression de chauffer l'extérieur. Les écarts thermiques dans l'air ambiant sont moindres.

Pour aller plus loin

Ce système serait davantage cohérent s'il était relié à un puits canadien. Cela permettrait de limiter encore les déperditions en hiver, et de maintenir une température fraîche en été. Mais le budget était trop serré dans ce projet pour en permettre la réalisation.

Conseils d'installation

L'emplacement

- Une VMC double flux est relativement **encombrante**. Le modèle installé mesure environ 2 000 x 65 x 35 cm. Il faut donc lui réserver une place dès la conception de la maison, surtout si l'on ne possède pas de combles.
- La motorisation peut être **bruyante**, là aussi le choix de l'emplacement est primordial, ainsi que l'isolation phonique. La VMC a été installée dans les combles.

L'équipement : gaines souples ou rigides ?

Pour des raisons budgétaires, il a été décidé de passer des gaines souples. « Je conseillerais d'éviter ce type de matériaux et d'utiliser des gaines rigides. Elles sont bien plus chères, mais elles sont moins fragiles, et vous serez à l'abri des pertes de charges liées à un écrasement du conduit par exemple. »

Témoignage de Ludovic (maison en paille, structure mixte)

« Il y a le confort, la qualité de l'air, les échanges thermiques dans la maison. Je reste toujours gêné de voir des menuiseries très performantes par leur structure et leur vitrage, mais avec un trou au-dessus. »

Conseils sur l'équipement

C'est peut-être un choix qui reste encore discutable, au même titre que le triple vitrage dans notre région. Attention aussi aux VMC double flux premier prix.

L'entretien et la maintenance

Ce sont des équipements qui demandent de l'attention et de la maintenance. Aussi, un modèle à placer dans les combles et difficile à entretenir risque rapidement de baisser en performance et de vous décevoir. Il vaut mieux dans ce cas choisir une VMC simple flux de bonne gamme, plus fiable probablement.

Eyrolles.

11 La maison paille selon la technique Cellule sous tension (CST)

Savoir se faire aiguiller pour les points techniques est une pratique sage en autoconstruction. C'est exactement la démarche qui a été suivie dans le cas de cette maison. Des spécialistes de la construction paille ont accompagné les propriétaires pour la vérification de la structure, le détail des assemblages et le calcul de quelques éléments de charpente (solives, porteuses, chevrons), selon les différentes hypothèses (sable sur solivage pour isolation phonique, panneaux en fibres de bois...).

Il s'agit d'un beau projet de maison, avec une organisation solide et une bonne anticipation des postes de travail. Les plans ont été imaginés et conçus par les propriétaires, et le caractère architectural obtenu est digne du coup de crayon d'un architecte.

En outre, l'intégration et l'aménagement du terrain dans ce lotissement sont particulièrement réussis. Cela prouve qu'avec une volonté commune des élus et des citoyens, on peut réaliser de beaux lotissements, habitats groupés des plus logiques en ces temps de recherche d'économie d'énergie. Et mettre de bonnes pratiques en avant : limiter les maisons parallèles au bord de la route si elles ne sont pas orientées sud, refuser les murs de séparation en maçonnerie, favoriser la plantation de haies ou l'installation de barrières en bois... Actuellement, la ligne d'urbanisme est de refuser le mitage, car les terrains construits empiètent sur le territoire agricole. C'est le défi des constructeurs d'aujourd'hui d'imaginer et de créer des espaces dans un groupement ouvert sur les autres, tout en pensant aux espaces d'intimité pour se ressourcer.

Ce projet de maison répond à tous ces critères : un petit nid douillet qui permet de profiter des avantages d'un centre-ville très proche, de voisins immédiats, tout en étant dans un environnement privilégié.

Que dire d'autre sur ce projet ? Que le propriétaire, après avoir terminé sa maison, a souhaité continuer comme charpentier et a intégré notre équipe de charpentiers pour partager et mettre à profit les savoir-faire.

Les avantages et inconvénients du projet

Les plus :

- un accompagnement sur les postes techniques ;
- une réserve financière incluse dans le budget pour la part en autoconstruction ;
- une architecture simple et esthétique ;
- les différentes cloisons phoniques permettant d'avoir un très bon regard sur leurs performances.

Les moins :

- le manque d'isolation en toiture ;
- l'enduit terre sur la façade ouest.

11.1 Mazé-Jacq

11.1
La maison paille à Melle (79)

Eyrolles.

La genèse du projet

Depuis très longtemps, ce couple rêve de construire une maison en paille. Ils abordent différents systèmes constructifs (bois cordé, chaux/chanvre, paille...) lors d'un stage d'une semaine (sept jours pour une maison), encadré par Alain Richard, un professionnel spécialisé en bioconstruction, biorénovation et isolation, qui utilise la paille depuis 1993. Au bout du stage, la paille reste l'élément privilégié pour leur projet de maison.

Ils trouvent un terrain, dans un lotissement, en plein centre-ville pour pouvoir accéder aux services et aux écoles, à pied ou à vélo.

Les terrains du lotissement appartiennent à la commune, qui souhaite valoriser les conceptions écologiques et bioclimatiques. Ainsi, toute maison respectant les règles du bioclimatisme bénéficiera d'une dérogation générale quant au principe constructif et à l'aspect extérieur (toiture plate, bac acier, toiture végétalisée, bardage, enduit...).

La maison dessinée reste toutefois dans les schémas de la maison classique... sauf qu'elle est en paille !

Le projet sera réalisé en autoconstruction avec un accompagnement professionnel spécialisé dans la construction en paille. Le propriétaire, qui a une expérience de trois ans en charpente/menuiserie, va travailler pendant deux ans à plein temps sur la maison (en moyenne 50 heures par semaine). Sa compagne, quant à elle, se consacre au projet pendant un an, 16 heures par semaine, puis reprend son activité professionnelle. Le couple a deux enfants en bas âge et se réserve les week-ends pour la famille.

Portrait du projet

Maître d'œuvre et maître d'ouvrage : Cécile et Alexandre, les propriétaires
Dessinateur : Cécile et Alexandre
Terrassement : société STPM
Maçonnerie : Nocquet
Fournisseur paille : Emmanuel Ingrand, agriculteur bio
Électricité et plomberie : Ouvrard
Zinguerie : Couverture Joseph
Fumiste : Domus Habitat
Tout le reste des travaux a été réalisé en autoconstruction.
Surface : 100 m² habitables
Budget :
- 857 € TTC/m² Shon
- 708 € TTC/m² Shob
- 312 € TTC/m³ chauffé

La chronologie

La préparation du chantier

Conception et plans

L'année 2008 est entièrement consacrée à la conception et la préparation du chantier, les meneurs du projet continuant chacun leur activité professionnelle.

11.2 Mazé-Jacq

Eyrolles.

Chronologie de la phase de conception et de préparation

Janvier à avril :

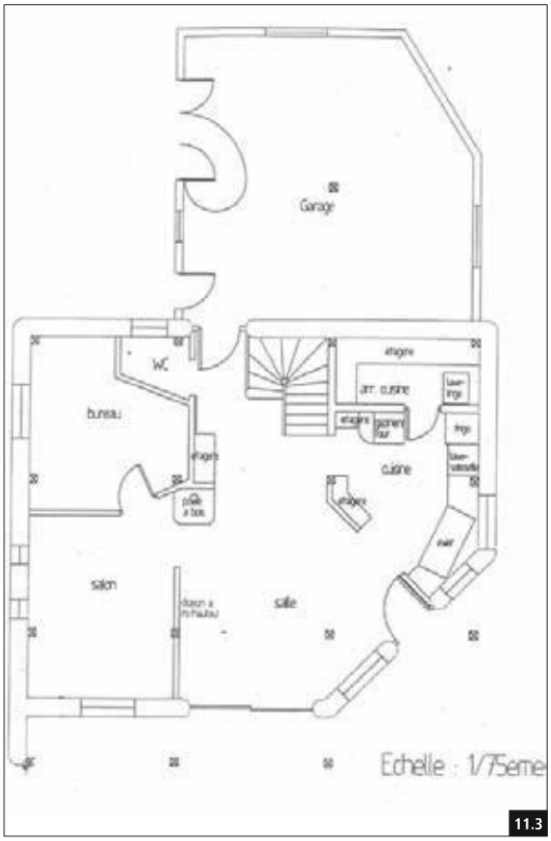
- conception et chiffrage de la maison : quels volumes ? quels matériaux ? quelles techniques ?
- demande de devis aux artisans et aux vendeurs de matériaux.

Mai à juin :

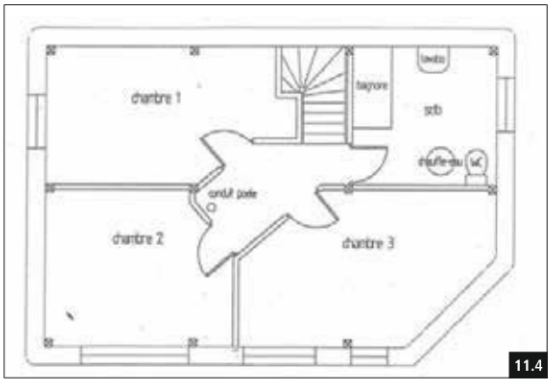
- conception précise pour la réalisation du permis de construire, déposé début juillet ;
- stage sur la technique paille et les enduits terre, au sein d'un chantier participatif encadré par Botmobil.

Juillet à décembre :

- confection et stockage des bottes de paille avec le paysan bio ;
- planification des travaux ;
- signature des devis avec les artisans et commande des matériaux ;
- conception des détails techniques de la construction : liaisons mur/toiture, bardage/enduit, enduit/menuiserie, habillage des précadres en intérieur, etc. ;
- réalisation des plans de charpente par le propriétaire : sans formation spécifique en charpente ou menuiserie, il a travaillé trois ans dans ce secteur d'activité, avant d'entreprendre son projet. Mais pour s'assurer de la pérennité de la structure, il fait appel à notre entreprise pour calculer les sections de charpente nécessaires. Le choix de la structure s'est de toute manière portée sur une structure simple, avec assemblage traditionnel.



11.3



11.4

Beaucoup de temps a été consacré à la conception des volumes, afin d'obtenir une maison fonctionnelle, sur la plus petite surface possible. L'objectif était de réduire les coûts au minimum, ainsi que le temps de mise en œuvre, tout en créant une maison sans perte d'espace.

La préparation du chantier passe également par la « case récupération » : les brocantes d'Emmaüs sont des mannes pour récupérer baignoires, fenêtres, portes de garage, petit outillage en tout genre… Un vieux ferrailleur proche de chez eux leur fournit également des poignées de fenêtres et des fixations pour

Eyrolles.

les pieds de poteaux. Ces équipements seront utilisés pour la construction du cabanon et de la maison, et pour l'outillage en général. L'échafaudage provient aussi de la récupération.
À partir de 2009, l'autoconstructeur se consacre entièrement au projet de construction. Les délais pour finir les travaux sont fixés à deux ans ; un apport personnel de 24 000 € a été précieusement conservé (en dehors de l'emprunt pour la maison), afin d'assurer un salaire mensuel à la famille durant ce temps de chantier.

Chronologie de la construction

Conception projet et acceptation PC : janvier 2008 à décembre 2008 – 12 mois
Gros œuvre (fondations, maçonnerie, charpente...) : janvier 2009 à mai 2009 – 5 mois
Paille : juin 2009 à juillet 2009 – 2 mois
Enduits : août 2009 à octobre 2009 – 3 mois
Second œuvre et finitions : novembre 2009 à décembre 2010 – 14 mois

Exemples de temps effectifs de travaux réalisés

ACTION	HEURES CUMULÉES	SURFACE VIDE POUR PLEINS EN M²	MINUTES/M²
Taille de la charpente en autoconstruction	528	X	X
Levage de la charpente (hors chevronnage et solivage) en autoconstruction	80	X	X
Levage de l'ossature bois, chevronnage et solivage de la maison en autoconstruction	231	X	X
Pose de l'isoroof, de la couverture et de la volige en autoconstruction	186	80	139,5
Pose de la paille en autoconstruction	598	145	247
Pose des menuiseries en autoconstruction	68	21 menuiseries	194 min/ menuiserie
Enduit de corps à la terre, intérieur et extérieur, en autoconstruction	792	260	183
Dalle chaux/chanvre en autoconstruction	70	54	78
Pose des tomettes en autoconstruction	92	42	131
Enduit de finition à l'étage	90	50	108

Les fondations et le terrassement

Une entreprise de maçonnerie est venue réaliser le terrassement et les fondations sur semelle filante, avec différents plots béton pour reprendre la charge des poteaux de charpente.
Pendant ce temps-là, les meneurs du projet construisent leur cabanon, avec un maximum de matériaux de récupération.

11.5 Mazé Jacq

Eyrolles.

11.6 Mazé-Jacq

11.7 Mazé-Jacq

11.8 Mazé-Jacq

La taille et le levage de la charpente

Le bois douglas a été commandé dans une scierie locale et le couple d'autoconstructeurs taille la charpente, sur la plate-forme réalisée par les maçons. Deux mois de taille, deux jours de levage à cinq personnes et la charpente est en place (hors chevronnage et solivage).

Sur ce chantier, le parti pris est de lever la charpente de façon manuelle. Le propriétaire a conçu une charpente sans ferme, le faîtage étant porté par les poteaux, pour faciliter l'opération et ne pas employer d'engin de levage. Le solivage liaisonne les porteuses, les pannes et les chevrons sont également porteurs. Des liens viennent en outre contreventer les pannes faîtières. Cela permet de lever des éléments structurels simples à l'aide de cordes.

11.9 Mazé-Jacq

11.10 Mazé-Jacq

Eyrolles.

Mazé-Jacq

11.11

Il est tout à fait envisageable de lever des structures à la main, à l'aide d'un échafaudage, de cordes et de poulies. Par contre, cette option nécessite plus de main-d'œuvre. Or, aujourd'hui, le coût de la main-d'œuvre est la part la plus importante de la construction ; les machines de levage permettent donc de limiter les temps d'intervention sur chantier et de préparer des assemblages de charpente plus lourds. En limitant les manutentions manuelles, les machines ont également l'avantage de minimiser les efforts fournis par les charpentiers.
Le propriétaire a participé à de nombreux levages de chapiteaux de cirque. Il a également travaillé dans une entreprise de charpente, ce qui lui a permis d'obtenir les compétences nécessaires au levage manuel d'un chantier : apprendre les nœuds, le comportement des éléments que l'on élève, pour éviter tout accident.

Mazé-Jacq

11.12

L'ossature bois, servant de garage et d'atelier, permet également de contreventer la structure.
Des panneaux en fibres de bois sont ensuite placés en toiture, avant la pose des tuiles mécaniques. Le bardage de l'étage de la façade sud est réalisé en douglas. On attend l'arrivée de la paille, pour commencer la construction en paille selon la technique CST.

La technique CST (Cellule sous tension)

Principe et mise en œuvre

Cette technique de construction en paille a été développée et diffusée par Tom Rijven, un des pionniers de la construction paille et des enduits terre. Le but est de compresser une botte de paille entre des montants, afin d'obtenir une tension horizontale et verticale. Par exemple, si une botte de paille mesure 80 cm, on l'installera entre deux montants espacés de 75 cm. Les montants sont pris en sandwich entre les bottes de paille, ce qui permet d'obtenir la tension horizontale. La tension verticale est obtenue par l'encastrement de deux liteaux dans la botte de paille. Ces deux liteaux sont ensuite vissés dans les montants verticaux. Les deux tensions donnent aux bottes de paille leurs capacités porteuses et contreventantes. L'enduit terre appliqué par la suite empêche les forces latérales de déformer le mur.

Utilisation et atouts

De manière générale, la technique CST nécessite uniquement une ossature bois légère, encastrée dans les bottes de paille.
Dans ce projet, le propriétaire a fait le choix de mixer les techniques, puisqu'il a levé une structure poteau poutre porteuse, afin de bénéficier de l'esthétique de la charpente apparente, d'une plus grande variété de volumes et, enfin, pouvoir faire la couverture avant la mise en œuvre de la paille. Dans cette structure poteau poutre, il a ensuite mis en œuvre la technique CST, à l'aide de montants verticaux, de liteaux et de bottes de paille.

Eyrolles.

Taux minimal de compression et maintien des bottes

TYPE DE PAROI	TYPE DE POSE	MASSE VOLUMIQUE MINIMALE DES BOTTES (KG/M³)	NOMBRE MINIMAL DE DISPOSITIFS DE MAINTIEN DU TAUX DE COMPRESSION	TAUX MINIMAL DE COMPRESSION DES BOTTES EN PAROI (% DE LA HAUTEUR DES BOTTES)
Paroi enduite	À plat	≥ 80	À chaque rangée de bottes	0
		≥ 120	Toutes les 7 rangées de bottes au minimum	2
		≥ 100		4
		≥ 80		7
	Sur chant	≥ 80	À chaque rangée de bottes	0
	Verticale	≥ 80	À chaque rangée de bottes	0
			Toutes les 3 rangées de bottes au minimum	3
Paroi non enduite	Tous types de pose	≥ 80	Sans objet	2

Extrait : RFCP, *Règles professionnelles de construction en paille – Règles CP 2012*, éditions Le Moniteur, 2011, p. 65, tableau 3.8

Compression et maintien des bottes

Si la paroi paille est enduite, les bottes posées à plat, et la densité des bottes de paille supérieure ou égale à 100 kg/m³, il faut poser un dispositif de maintien (exemple : tasseau bois) tous les sept rangs de bottes de paille, tout en comprimant d'environ 4 % soit environ 10 cm.

La technique CST est très connue dans le milieu de la construction paille, surtout du point de vue de l'auto-construction. Elle a été largement utilisée et vulgarisée pour sa fonction secondaire, qui est le maintien des bottes de paille, et non pour sa capacité à porter les charges de la maison.

Il faut être vigilant quant à sa mise en œuvre : si les montants et les tasseaux ne sont pas suffisamment encastrés, les murs se retrouvent mal montés. Les joints sont alors comblés par un mélange terre/paille, moins performant qu'un contact botte sur botte.

Cependant, la technique CST a des avantages non négligeables :

- utilisation de la botte à chant, limitant l'épaisseur du mur ;
- possibilité de désaxer l'ossature, permettant de fixer facilement un complexe pare-pluie/tasseaux/bardage.

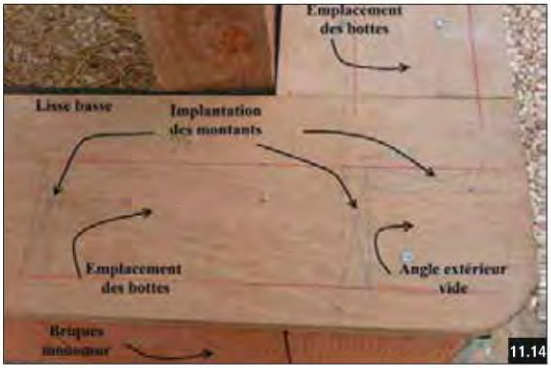
La pose des bottes de paille

Afin de préserver les bottes de paille des remontées capillaires et de possibles risques d'inondations ménagères, on les installe 5 cm au-dessus du niveau du sol fini (4 cm selon le règles pros). Pour cela,

11.13 Mazé-Jacq

Eyrolles.

Cécile et Alexandre posent un rang de briques monomurs, isolées en complément par l'intérieur avec des plaques de liège de 4,5 cm d'épaisseur. (Voir *Règles professionnelles de construction en paille*, p. 42, chapitre 3.4 : Gestion des soubassements et des liaisons entre étages.)



Mazé-Jacq

Mazé-Jacq

Les montants servant à mettre les bottes de paille sous tension sont installés et fixés à la structure poteau poutre.

Afin de limiter la quantité de bois utilisée pour ces montants, le propriétaire a choisi d'assembler des montants d'épaisseurs différentes, laissant un vide entre les deux. Ce vide est ensuite comblé par les bottes de paille sous tension.

Pour récapituler, le soubassement en briques monomurs est là, les montants sont installés, la paille est stockée à l'abri… il manque un élément avant de pouvoir monter le mur en paille : la terre !

Mazé-Jacq

Mazé-Jacq

11.14
Détails et traçage des montants de la lisse basse
1. Lisse basse.
2. Implantation des montants.
3. Emplacement des bottes.
4. Emplacement des bottes.
5. Briques monomur.
6. Angle extérieur vide.
7. Détail et traçage des montants et de la lisse basse

11.15
Détail des montants entre bottes de paille

11.16
Terre de fondation

11.17
Préparation de la barbotine

Eyrolles.

11.18 Mazé-Jacq

11.18
Trempage des bottes avant la pose

11.19 et 11.20
Mise en place des bottes et compression

11.21
Vue de dessus

La terre profonde des fondations a été précieusement conservée, elle servira de base aux enduits de la maison. Une barbotine est préparée. Les bottes sont trempées sur les deux faces, avant d'être montées en murs (se référer à la partie consacrée aux enduits terre en fin de chapitre).
Un système de poulie a été mis en place pour monter les bottes à l'étage, car le fait de tremper les deux côtés peut doubler le poids d'une botte !

11.19 Mazé-Jacq

11.20 Mazé-Jacq

La pose des bottes trempées se fait à chant et en force, entre les montants. Il ne faut pas hésiter à monter dessus afin de bien les mettre en place. Lorsqu'elle est installée, on encastre un bois de la grosseur d'un liteau dans la botte de paille. Ce liteau est vissé aux montants. On obtient ainsi une tension verticale et horizontale.
La pose des bottes de paille s'étale de début juin au 20 juillet ; il faudra ensuite trois mois pour enduire entièrement la maison de la couche de corps en terre. Le couple travaille ensemble la plupart du temps, sauf lors d'une journée de chantier participatif, où ils ont

11.21 Mazé-Jacq

Eyrolles.

voulu partager l'expérience de la paille avec leurs amis proches.
La pose de la paille, tout comme l'application manuelle de la couche de corps en terre, nécessite beaucoup de temps de main-d'œuvre. Ce sont souvent les tâches pour lesquelles des chantiers participatifs sont organisés, d'autant plus que ces deux types de travaux ne demandent pas de compétences techniques spéciales et qu'ils sont ludiques et agréables à réaliser.
Toutefois, le couple préfère s'investir seul dans ces travaux, redoutant la « lourdeur » de l'organisation inhérente aux chantiers participatifs. D'autant plus que le propriétaire, en disponibilité pendant deux ans pour construire la maison, a le temps.
Les ficelles sont coupées et la tension est alors reprise par le montant et les liteaux. Le fait de couper les ficelles amène un léger effet ressort, permettant d'expanser la paille. Il n'y a ensuite pas de taille des murs à gérer, en raison de la position à chant des bottes. On ne peut donc pas corriger d'imperfections sur le mur, mais les bottes sur le chant sont de toute manière plus régulières. Il y a moins de brins « rebelles » pouvant gêner l'enduit.

La pose des menuiseries

Les menuiseries en chêne sont fournies par un artisan local. Pour modérer les coûts, ils ont joué sur les différentes possibilités d'ouverture (une baie fixe est moins onéreuse qu'une baie coulissante), des fenêtres fixes, des tailles standards de vitrage (d'ailleurs, plus il y a de vitrage dans une menuiserie et moins elle sera chère)... Ils ont ensuite posé eux-mêmes l'ensemble des menuiseries et des appuis de fenêtre en terre cuite.

11.22 Mazé-Jacq

La pose du bardage

L'une des spécificités de la maison est qu'elle est bardée à l'étage. Cela induit la pose de tasseaux à l'extérieur du mur paille pour cette partie de la maison. Ces tasseaux sont repris sur les montants bois encastrés entre les bottes de paille. L'enduit de corps est ensuite mis en œuvre sur toutes les façades. Ainsi, la différence entre l'étage et le rez-de-chaussée est bien visible : à l'étage, les tasseaux sont à fleur de l'enduit de corps, bien apparents.

11.23 Mazé-Jacq

11.24 Mazé-Jacq

11.23
Façade ouest

11.24
Façade ouest enduite

Eyrolles.

Une fois la couche de corps bien sèche à l'étage, il est nécessaire de fixer un pare-pluie sur les tasseaux, afin de protéger le mur. De nouveaux tasseaux sont fixés ensuite, pour laisser une lame d'air entre le mur et le bardage, une étape nécessaire pour la ventilation. Le bardage permet de protéger la façade de la frappe d'eau, mais n'est pas considéré comme étanche à 100 %. C'est pour cette raison que l'on ajoute un pare-pluie rigide ou géotextile.
Du bardage clin douglas brut de sciage est ensuite posé.

Mazé-Jacq

Mazé-Jacq

11.25 et 11.26
Bardage en cours

Fin décembre 2009, la maison prend forme.

La dalle chaux/chanvre

Pour la mise en œuvre de la dalle chaux/chanvre, ils décident de réaliser un drainage périphérique des murs extérieurs, ainsi qu'un empierrement ventilé et compacté. Cela permettra de bien répartir les charges et d'éviter les problèmes d'humidité et de remontées capillaires.

Mazé-Jacq

Les fondations pour les cloisons en BTC sont réalisées ; des « plots » de chaux/chanvre sont répartis au sol, afin de définir des points de niveau de la dalle à obtenir.

La recette

Le mélange, réalisé à l'aide d'une bétonnière, est composé de :

- 45 litres d'eau ;
- un sac de chaux NHL 5 ;
- 100 litres de chènevotte.

Mazé-Jacq

Eyrolles.

Ces proportions sont à adapter en fonction du liant ; le mieux est de se référer aux fiches conseils des fabricants des matériaux.
Ici, les autoconstructeurs ont d'abord mélangé l'eau et la chaux, pendant 4 à 5 minutes, puis ajouté les fibres de chanvre pour obtenir un mélange homogène.

Le mélange chaux/chanvre est déversé sur le sol et étalé, sans trop le compacter. Des lambourdes sont installées au sol, cela permet de « tirer » la dalle. En passant une règle dessus, on enlève progressivement le surplus de matière.
Toute la difficulté de la mise en œuvre est d'obtenir la bonne consistance ! Le mélange ne doit pas être liquide (ce qui le rend plus difficile à niveler), sinon il se compacte au séchage. Et, dans le cas d'un compactage trop important, la dalle perd de ses propriétés acoustiques et thermiques.
Lorsqu'on a fini une zone, on retire les lambourdes et on remplit les vides, en veillant à ne pas marcher directement sur la dalle nouvellement réalisée et risquer de l'affaisser. L'astuce est d'installer des chemins de planches.

11.29 Mazé-Jacq

La dalle chaux/chanvre, d'une épaisseur de 15 cm, doit ensuite sécher pendant environ un mois, selon les conditions climatiques.

D'après les *Règles professionnelles d'exécution – Construire en chanvre*, une dalle de 15 cm a un R = 1,5 et une conductivité thermique égale à 0,10.

11.30 Mazé-Jacq

Point sur l'isolation de la toiture et de la structure
Les murs sont en paille, il y a une dalle chaux/chanvre au rez-de-chaussée... et pour la toiture et l'ossature sud de l'étage, le couple choisit d'insuffler de la laine de chanvre en vrac, après avoir posé un frein vapeur. L'opération semble un peu longue et fastidieuse pour eux.
La toiture bénéficie ainsi d'une isolation de 22 cm de laine de chanvre entre chevrons ; à cela, il faut ajouter les 5 cm d'isoroof posé en toiture. Résultat : on obtient 27 cm d'isolant pour un R = 6,88, y compris le pont thermique occasionné par les chevrons. Le déphasage, quant à lui, équivaut à 11 heures.

Le poêle à bois

Le choix s'est porté sur un modèle de poêle à bois en fonte, d'une puissance de 6 kW/h.
Les propriétaires n'ont pas installé de VMC, préférant gérer le renouvellement d'air par la ventilation naturelle, c'est-à-dire par l'ouverture et la fermeture des fenêtres, en hiver comme en été. Toutefois, la maison est toujours un minimum ventilée par l'ouverture située sous le poêle et par le Velux situé au point le

Eyrolles.

plus haut de la maison, restant toujours en position semi-ouverte. Malgré les déperditions de chaleur dues à ce mode de fonctionnement en période froide, la maison ne consomme que deux à trois stères de bois par an, en fonction de l'ensoleillement. En effet, à partir du moment où les journées sont ensoleillées, même si elles sont froides, la maison conserve et restitue les calories du soleil (grâce à la forte inertie apportée par la terre), minimisant ainsi les consommations de chauffage.

Les différents types de cloisons

Différents matériaux ont été utilisés pour la réalisation des cloisons, en fonction des attentes des meneurs du projet, en termes de performances thermiques et acoustiques.
Voici le détail technique des complexes de cloisons, ainsi que le ressenti et les points positifs et négatifs analysés, après trois ans de vie dans la maison.

Principe du système masse/ressort/masse

Petit rappel pour comprendre les raisons d'une bonne (ou d'une mauvaise) isolation phonique.
Comme il est clairement expliqué dans l'ouvrage **L'isolation phonique écologique**[1], le système masse/ressort/masse doit être bien pensé pour atteindre une bonne isolation phonique.
Le principe est simple :
- une première paroi rigide (masse) réfléchit une partie du bruit, laissant le reste passer ;
- un isolant souple (ressort) absorbe le bruit restant ;
- puis, une deuxième paroi rigide (masse) réfléchit, vers l'isolant souple, une part du bruit.

Le bruit qui arrive à traverser la cloison n'est ainsi qu'une petite part du bruit initial.
Maintenant, il est temps d'observer les différents types de cloisons et de voir si ce principe masse/ressort/masse est appliqué. (Attention : les schémas suivants ne respectent pas d'échelle.)

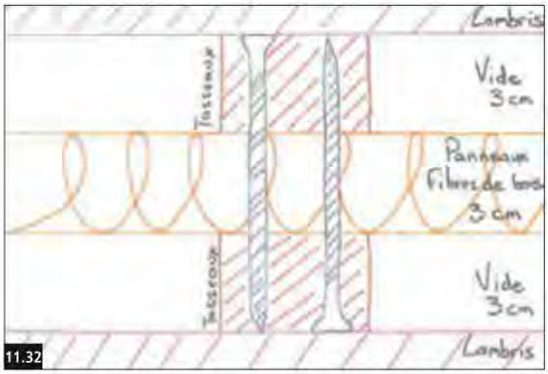
Type 1 : BTC

Les cloisons séparant la cuisine du salon et de l'escalier ont été maçonnées en BTC, afin d'apporter un matériau lourd et donc de générer de l'inertie. De la même manière, la cloison positionnée derrière le poêle est réalisée en BTC.

11.31 Mazé-Jacq

Type 2 : lambris et (panneaux de) fibres de bois

Ce type de cloison a été réalisé entre le bureau et la salle de séjour, au rez-de-chaussée.
L'avantage est la facilité de réalisation, par contre c'est assez inefficace au niveau de l'isolation phonique (3 cm de fibres de bois). Les deux parois sont liaisonnées entre elles ; lorsque du bruit fait vibrer une paroi d'un côté, l'autre vibre de la même manière.



11.32

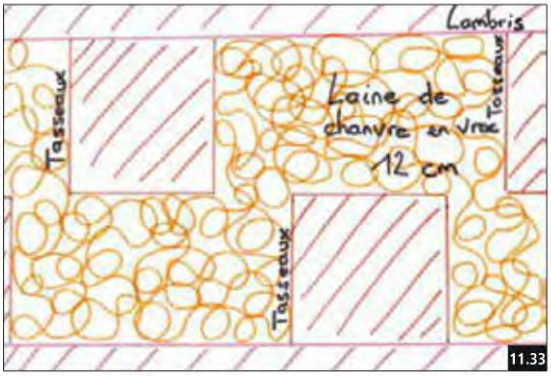
1 - L'isolation phonique écologique *(JL. Beaumier, Éd. Terre Vivante)*

Eyrolles.

Type 3 : lambris et laine de chanvre

L'isolation phonique et thermique est bonne. Le coût économique n'est pas très élevé. Cela permet le passage de la pieuvre électrique et des tuyaux de plomberie.

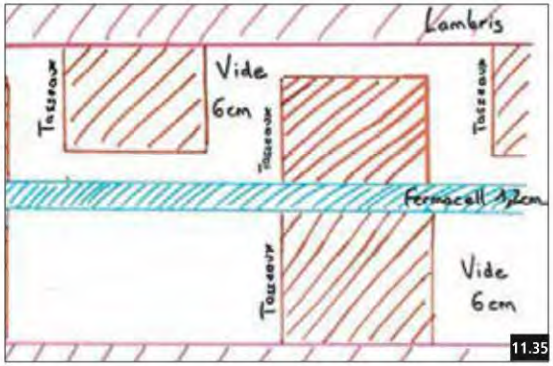
Ce type de cloison a été réalisé entre la cuisine et l'arrière-cuisine : le bruit de la machine à laver est donc bien isolé ; de plus, cette réserve est isolée de la chaleur de la maison, un bon point pour conserver la nourriture et le vin.



11.33

Type 4 : lambris et Fermacell

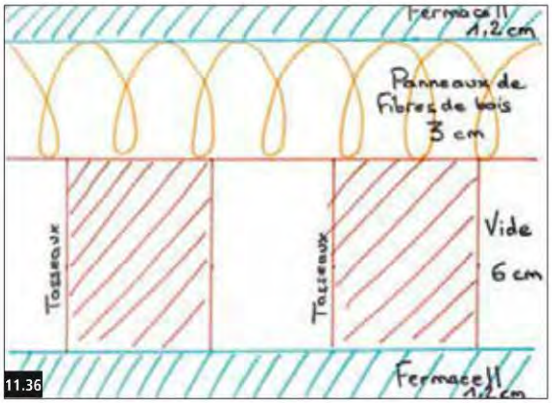
L'isolation phonique obtenue par ce type de cloison est moyenne, car il n'y a pas réellement d'isolation phonique, mais du vide, occasionnant un effet tambour. Ces cloisons sont situées entre les chambres.



11.35

Type 5 : Fermacell et (panneaux de) fibres de bois

Ce complexe de cloisons permet une bonne isolation phonique. Il est assez facile à mettre en œuvre, sauf pour les finitions au niveau des jonctions du Fermacell. Ce type de paroi revient assez cher...mais pourrait être nettement amélioré en remplissant le vide par un isolant souple.

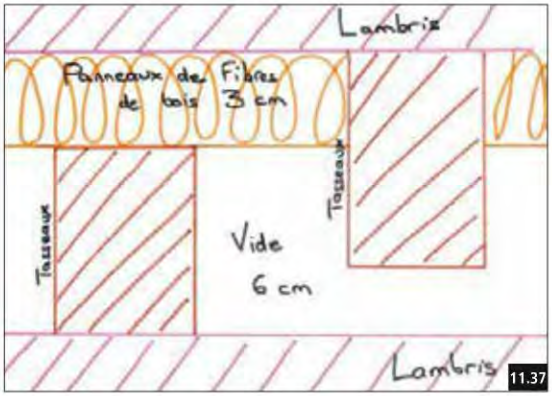


11.36

Type 6 : lambris et (panneaux de) fibres de bois

L'isolation phonique obtenue est moins performante que celle obtenue avec deux plaques de Fermacell de chaque côté.

Mais elle est plus facile à mettre en œuvre au niveau des finitions. Ce type de paroi revient assez cher.

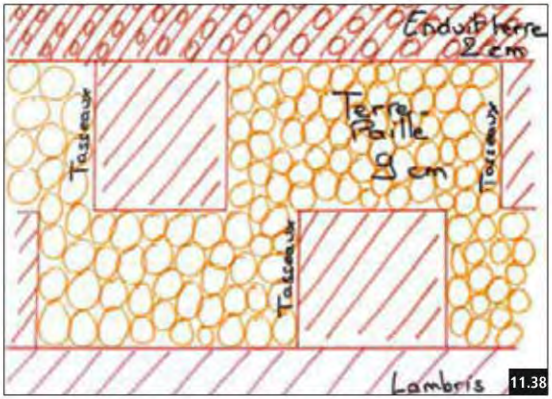


11.37

Eyrolles.

Type 7 : Lambris, terre/paille, enduit terre

Le terre/paille a été particulièrement tassé. L'isolation phonique obtenue uniquement avec un mélange terre/paille n'est pas bonne. Par contre, en ajoutant un enduit terre d'un côté et/ou un lambris/Fermacell de l'autre, on obtient une isolation phonique performante.



11.38

La mise en œuvre, en revanche, est longue et contraignante (travaux salissants, temps de séchage important...).

11.39 et 11.40
Petit clin d'œil : lors du très long temps de séchage de la cloison terre/paille, le végétal s'en est donné à cœur joie !

Mazé-Jacq
11.39

Mazé-Jacq
11.40

Les différentes finitions pour le sol

Pour le rez-de-chaussée, le choix s'est porté sur un matériau lourd, les tomettes, afin d'emmagasiner les calories du soleil apportées par les larges baies vitrées au sud.

Mazé-Jacq
11.41

Pour la partie salon, un parquet en châtaignier a été retenu, afin d'apporter une rupture esthétique dans les matériaux, en termes de matière et de couleur.

Mazé-Jacq
11.42

À l'étage, l'isolation acoustique a été gérée par la pose de deux couches de panneaux de fibres de bois (de 3 et 4 cm d'épaisseur).

Mazé-Jacq
11.43

Eyrolles.

L'isolation obtenue est satisfaisante mais, à refaire, ils superposeraient un panneau de fibres de bois et un panneau de Fermacell, pour une meilleure performance et la réduction des bruits aériens. La finition a été réalisée en parquet de pin maritime des Landes. Au moment de l'emménagement, tous les travaux étaient terminés, jusque dans les moindres détails de finition.

11.44 Mazé-Jacq

11.45

11.45a Mazé-Jacq

Retour d'expérience

Avec trois ans de recul, voilà le regard posé par Cécile et Alexandre sur leur expérience d'autoconstructeurs.

CE QUE L'ON A RÉUSSI	CE QUE L'ON FERAIT DIFFÉREMMENT
La conception et le volume de la maison – maison fonctionnelle et confortable, sans surface perdue et facilement chauffable, pour un coût économique optimisé.	On ne choisirait pas les enduits extérieurs terre, mais plutôt un parement bardage bois pour l'ouest.
Le financement d'un « arrêt de travail » de 2 ans pour la réalisation des travaux – très confortable.	Pas de cloison en terre/paille (mise en œuvre et temps de séchage trop longs, travail salissant, mauvaise performance phonique)
Le respect des délais de chantier et du budget prévu, l'emménagement dans une maison finie	

Le budget

La répartition des coûts

Le prix de revient de la construction est égal à 857 € TTC/m² Shon ; en intégrant l'apport de 24 000 € pour compenser l'arrêt de l'activité professionnelle du propriétaire, le temps du chantier (le coût de son travail en somme), on atteindrait 1 096 € TTC/m² Shon. On aurait pu s'attendre à un coût moins élevé, étant donné la part très importante en autoconstruction, notamment la réalisation de la charpente.

Le coût du chauffe-eau a une influence tout comme l'outillage nécessaire à la bonne réalisation des travaux.

Budget global de la construction de la maison

NATURE DES TRAVAUX	PRIX TTC
Viabilisation, terrassement et fondations	14 450 €
Dalle chaux/chanvre	2 900 €
Charpente	6 500 €
Couverture	3 000 €
Zinguerie	2 000 €
Murs en paille	2 800 €
Enduits	2 400 €
Huisseries	7 100 €
Bardage	1 500 €
Électricité et plomberie	7 200 €
Chauffe-eau solaire	6 000 €
Isolation/étanchéité toiture	3 200 €
Finitions intérieures	12 000 €
Poêle	3 900 €
Cuve eau de pluie	750 €
Aménagement extérieur	3 800 €
Outillage	6 180 €
Total	**85 680 €**
Prix/m² Shon	**857 €**
Prix/m² Shob	**708 €**
Prix/m³ chauffé	**312 €**
Travaux réalisés en autoconstruction	

11.45
La maison, trois ans après la fin des travaux

11.45a
Gestion des arrondis de fenêtre, permettant d'augmenter l'apport lumineux

Eyrolles.

Les enduits à la terre

Quand on a la chance de récupérer de la belle argile de ses fondations, on peut se permettre de faire des enduits terre !
À la différence des enduits à base de chaux, la terre offre un grand confort de mise en œuvre : elle peut être manipulée à main nue (c'est d'ailleurs très agréable), se laisse modeler et remodeler facilement (on peut donc travailler un même enduit sur plusieurs jours) et sa plasticité nous permet d'exprimer notre créativité.

11.46 Mazé-Jacq

Caractéristiques techniques

De la même manière que pour les enduits à la chaux, on appliquera trois couches différentes d'enduits terre :
1. la barbotine (mélange liquide d'argile et d'eau à bien faire pénétrer dans la paille) ;
2. la couche de corps (mélange d'argile et de fibres de consistance pâteuse et d'une épaisseur d'environ 3 à 5 cm) ;
3. et enfin, l'enduit de finition (couche de quelques millimètres donnant la couleur finale au support).

À noter :
- pour l'extérieur, on ne réalise généralement pas d'enduit de finition à la terre, ce matériau étant trop facilement érodé par la pluie (l'enduit terre est classé comme le moins protecteur des enduits par les *Règles professionnelles de construction en paille*[2]) ;
- on peut faire (pour l'extérieur) les deux premières couches avec un enduit terre, la finition étant réalisée à base de chaux ;
- pour l'intérieur, par contre, les trois couches peuvent se faire à base de terre.

Attention, quand on parle d'enduit terre, il s'agit bien d'enduit à base d'argile et de sable.
Lorsqu'on souhaite récupérer la terre du jardin, il faut creuser en dessous de la couche de terre végétale et atteindre celle de la terre profonde, qui contient peut-être l'argile nécessaire à la bonne réalisation des enduits. Il est impératif de réaliser des tests et des échantillons au préalable, afin d'obtenir la bonne consistance d'enduit. Il existe également, dans le réseau des vendeurs de matériaux écologiques, des enduits tout formulés. Le coût ne sera évidemment pas le même.

2 - Règles professionnelles de construction en paille, *p. 30*

Eyrolles.

La terre a un grand intérêt hygrométrique : elle permet en effet de réguler le taux d'humidité de la maison, ainsi que la chaleur. La terre emmagasine la chaleur en journée, pour la restituer progressivement quand les températures extérieures baissent. Ce matériau lourd apporte de l'inertie à la maison paille.
Le seul frein que l'on peut rencontrer pour le développement des enduits terre est l'application manuelle et longue, voire très longue (il existe toutefois des machines pour projeter les enduits terre et gagner du temps de mise en œuvre).
En termes de matériau, le coût économique d'un enduit terre peut être quasiment nul. Par contre, le temps de main-d'œuvre qu'il génère peut créer des blocages. Ce sont des choix à réaliser, à l'heure où les produits industrialisés (qui demandent beaucoup d'énergie grise pour leur transformation et le transport) coûtent moins cher que le travail de l'homme. La terre est un matériau de construction ancestral, aux dimensions symboliques, l'occasion de réflexions pendant les longues heures d'application manuelle des enduits ! La mise en œuvre des enduits terre permet la valorisation du métier manuel et du temps humain, au lieu de favoriser l'industrialisation.
Pour ce projet, les propriétaires ont opté pour des enduits en terre à l'intérieur et l'extérieur de leur maison en bottes de paille, avec une finition terre/chaux pour l'extérieur.

Pour la barbotine

La barbotine, mélange d'argile et d'eau, doit avoir une consistance liquide et former un léger « film » de terre sur la main quand on la retire du mélange (le phénomène du « gant »). On peut prétremper les bottes de paille dans la barbotine, afin de faciliter la pénétration de l'enduit dans la botte. Une fois posées, les bottes seront de nouveau recouvertes d'une fine couche de barbotine, mais sans avoir à appuyer pour faire pénétrer l'enduit.

Cette solution nécessite :
- une grande rigueur dans les multiples manipulations, pour éviter de les abîmer et de multiplier les risques d'erreur et de calibrage ;
- un espace de stockage conséquent.

Le prétrempage double le poids d'une botte et la rend ainsi plus difficile à manipuler, surtout quand il faut monter les bottes à l'étage.

11.47 Mazé-Jacq

Pour la couche de corps

La réalisation d'enduits terre est plus facile d'accès que la réalisation d'enduits à la chaux. Elle demande toutefois de la préparation et des tests, afin de déterminer le bon mélange à appliquer.
La composition de la couche de corps est un mélange d'argile, de fibres et de sable. Il faut trouver l'équilibre entre les différents matériaux : l'apport de fibres permet de bien structurer l'enduit et l'argile donnera de l'inertie. Il faut souvent essayer plusieurs recettes, en fonction de la quantité d'argile contenue dans la terre à disposition, avant de trouver les bonnes proportions des ingrédients les uns par rapport aux autres.

Eyrolles.

Recette de la couche de corps

3 volumes de terre très argileuse
3 volumes de sable
3 volumes de paille hachée
1 volume de foin
1 louche de ferment (ensilage de maïs)
Volume d'eau en fonction du temps, pour obtenir un mélange pas trop humide.

11.48

La couche de corps peut être préparée à l'avance, avec une bétonnière (mais son usage n'est absolument pas pratique) ou un malaxeur planétaire. Elle doit ensuite être stockée à l'abri de l'air (sous des bâches en général), afin d'éviter qu'elle ne se dessèche. Le fait d'ajouter du jus de fermentation et de préparer l'enduit à l'avance permet d'accélérer le processus de fermentation de l'enduit, et donc d'en augmenter la solidité.

Point sur l'utilisation du ferment

Le ferment dans la couche de corps n'est plus utilisé : en extérieur, on ajoute dorénavant de la chaux, ce qui permet d'assurer une bonne liaison avec l'enduit chaux de finition, tout en participant à la solidité de l'enduit et en faisant disparaître les champignons.

11.49 Mazé-Jacq

Étapes d'application et rendu

La couche de corps peut s'appliquer de haut en bas (mais pas nécessairement), à la main, sur un mur humidifié au préalable (si la barbotine est sèche), afin d'améliorer l'adhérence entre le mur et l'enduit. L'enduit est ensuite dressé pour respecter l'aplomb des murs (on peut aussi choisir de faire des murs ondulés, en faisant attention à ne pas créer des pièges à eau !). L'enduit est également serré, pour enfermer et resserrer la texture.
Ce n'est pas seulement la force du bras qui travaille, tout le corps doit accompagner le bras pour appliquer de l'enduit.

11.50 Mazé-Jacq

Ces deux photos montrent bien l'évolution de l'enduit dans le temps. Sur la photo du dessus, on voit le mur de droite qui vient juste d'être enduit avec la couche de corps en terre. Les propriétaires s'appliquent à bien tasser et lisser l'enduit, afin qu'il adhère correctement au mur paille et pour obtenir des murs lisses. Le mur du fond, sur la même photo, a été enduit quelque temps plus tôt et on voit déjà apparaître des moisissures et des fissures.

11.51 Mazé-Jacq

11.51
Rebouchage des fissures

Eyrolles.

Au bout du séchage complet, on constate la disparition des moisissures et la présence de grosses fissures. Il faut alors reboucher les fissures à l'aide d'un mélange terre/paille, en allant bien au fond de la fissure et en n'hésitant pas à en casser les bords s'ils sont friables, afin de garantir un rebouchage efficace.

Pour ou contre les fissures ?

Il existe plusieurs « écoles ». Tom Rijven, qui a développé la technique de construction CST (Cellule sous tension) utilisée pour le projet présenté dans ce chapitre, associe réussite de l'enduit et fissuration. Par contre, André de Bouter, un autre spécialiste de la construction en paille préconise, lui, l'application d'un enduit presque sec, ne faisant apparaître aucune fissuration ensuite (il considère que les fissures ne sont d'aucune utilité).

André de Bouter

Spécialiste de la construction en paille depuis 1998, il est l'auteur de *Bâtir en paille* et, plus récemment, *Concevoir des bâtiments en bottes de paille*. Il dirige la maison d'édition La Maison en paille et un organisme de formation pour les professionnels et autoconstructeurs. Il a organisé les premières rencontres nationales de la construction en paille qui ont donné naissance au Réseau français de la construction en paille, Les Compaillons.

Que l'on soit pour ou contre les fissures, il est de toute manière obligatoire de les reboucher une fois que le mur est sec et stabilisé, afin d'éviter tout désordre lié à l'humidité et d'obtenir une finition réussie.

Les critères de réalisation et de mise en œuvre des enduits, ainsi que la procédure de validation de leur tenue au cisaillement[3] sont définis dans les *Règles professionnelles de construction en paille*.

3 - Règles professionnelles de construction en paille *(à partir de la p. 137)*

Le retour d'expérience des meneurs du projet

Au fil de l'avancée et du séchage des enduits terre, les autoconstructeurs se rendent compte que le rebouchage des fissures est un travail long et fastidieux. De plus, ils constatent qu'en cas de forte épaisseur, lorsqu'il y a trop d'argile dans l'enduit, ce dernier risque de se déformer en séchant et son adhérence au mur paille peut s'en trouver compromise.

Face à ce constat, ils ont largement augmenté la quantité de sable et de fibres dans l'enduit de corps au fur et à mesure. Le résultat a été probant, puisque l'enduit obtenu n'a quasiment plus fissuré. Mais l'augmentation des fibres et du sable rend l'enduit moins collant, donc plus difficile à appliquer. Toutefois, en le stockant au moins deux semaines avant l'application, il retrouve ses qualités de souplesse, d'homogénéité et d'adhérence.

Le point de vue du professionnel sur la fissuration

L'association Botmobil

Il s'agit d'une association pour le développement des constructions en fibres végétales et terre, créée en avril 2006, suite à différents chantiers participatifs initiés avec Tom Rijven. Botmobil accompagne et aide les autoconstructeurs à se former à la construction en paille et terre, en les mettant en relation avec des professionnels, par le biais de son réseau d'entraide.

Les différents types de chantiers sont :

- montage des murs en paille et couche de corps en terre ;
- enduits de finition en terre ;
- ossature bois adaptée à la paille ;
- rénovation, réhabilitation en paille et terre.

Botmobil souhaite mettre en commun les savoir-faire et les fruits de ses recherches sur ces techniques de construction. Botmobil est un espace d'échanges, de rencontres et de coopération. La paille et la terre nous offrent énormément de libertés. Soyons vigilant(e)s, préservons-les.

Botmobil est adhérente du Réseau français de la construction en paille (www.compaillons.eu).

Eyrolles.

Depuis un certain temps, ce spécialiste de la construction paille, Botmobil, s'efforce de réaliser une couche de corps sans fissure.
Selon Botmobil, les fissures ne sont pas nécessaires et provoquent au minimum du temps de rebouchage et, au pire, des désordres d'infiltration d'eau en extérieur, si ces fissures ne sont pas rebouchées suffisamment tôt.

Point particulier : la gestion des angles extérieurs
Le montage des bottes de paille entre les montants laisse un vide extérieur aux angles des murs ; il faut gérer ce vide de manière efficace, pour éviter les ponts thermiques et assurer un rendu esthétique.

Démonstration
Pour faire un angle, on met de la paille dure, un tasseau. Puis, on applique de la barbotine sur cette paille et on la joint aux bottes adjacentes. On fixe des pointes sur le tasseau tous les 5 cm. Ensuite, on met de l'enduit terre/paille le long du tasseau.
L'angle est prêt à recevoir la couche de corps, qui formera un bel arrondi.

11.52 Mazé-Jacq

11.53 Mazé-Jacq

Un conseil pour plus de facilité à la mise en œuvre : il est important de gérer les angles dès la conception.

Gestion d'un autre type d'angle
On fixe des pointes sur le bois. On banche et on remplit de terre/paille pour obtenir un bel arrondi.

11.54 Mazé-Jacq

Eyrolles.

Mazé-Jacq
11.55

Mazé-Jacq
11.56

La réalisation de la couche de corps, intérieure et extérieure, a duré trois mois. Les propriétaires ont pris le temps de sculpter leur maison à différents endroits.

11.57
Mazé-Jacq

Les enduits de finition

Une fois que la couche de corps a bien séché, que la maison prend forme, on peut envisager de démarrer la couche d'enduits de finition. En moyenne, il faut attendre six mois, voire un an, afin de réaliser les enduits de finition dans les bonnes conditions. Les *Règles professionnelles de construction en paille* sont claires à ce sujet :

> *« La durée de séchage est dépendante des liants, des conditions atmosphériques et de l'épaisseur. Le séchage est considéré comme atteint lorsque l'enduit atteint son taux d'équilibre en humidité. Le risque de gel est exclu un mois après son exécution au moins. »*[4]

4 - Règles professionnelles de construction en paille *(p. 114)*

Eyrolles.

Il est important de préparer son support et de prendre le temps de boucher les fissures si besoin. À savoir : une fissure mal rebouchée réapparaîtra au niveau de l'enduit de finition.
Comme pour l'enduit de corps, il faut procéder à de nombreux tests, afin de déterminer le bon mélange ne fissurant pas, avec la couleur souhaitée.

Retour d'expérience : une réalisation en chantier participatif

Les meneurs de ce projet ont fait le choix d'organiser un chantier participatif pour la réalisation des enduits de finition, avec l'association Botmobil, pour plusieurs raisons :
• retrouver autour de leur propre maison la convivialité qu'ils ont connue sur d'autres chantiers participatifs ;
• contribuer au développement des techniques d'enduit pratiquées par cette association.
En échange du gîte et du couvert, les bénévoles ont mis en œuvre les enduits, mélange de chaux et de terre, sous la direction d'une professionnelle, dispensant son savoir et ses pratiques.
Résultat : en quinze jours, les enduits de finition extérieurs sont terminés dans leur intégralité, ainsi que ceux du rez-de-chaussée à l'intérieur.

Mazé-jacq
11.58

Un badigeon à la chaux est passé au préalable sur le mur, pour faire un liant entre l'enduit de corps à la terre et l'enduit de finition, mélange de chaux et de terre.
Malheureusement, au cours du deuxième hiver, un désordre s'est produit dans l'enduit extérieur et a abouti à la fissuration de l'enduit de finition sur la façade ouest. Des zones de la couche de corps se sont même détachées du mur sur cette façade.
Il a donc fallu rebâcher les murs, afin de les protéger avant la mise en œuvre d'un nouvel enduit. Selon le propriétaire, l'argile de la couche de corps est particulièrement gonflante et l'enduit de finition n'était pas étanche. La couche de corps s'est donc gorgée d'eau, les murs augmentant ainsi de volume et entraînant des fissurations.

Recommandations des professionnels

Suite à cette expérience et à la mise en œuvre d'autres chantiers, l'association Botmobil fait les recommandations suivantes.
• Ne plus faire d'arrondis en bas de mur, qui fragilisent l'enduit, en ayant tendance à faire venir l'eau vers l'interface soubassement/lisse basse. Il faut préférer une finition au droit avec une bavette en bas.
• Ne pas appliquer les enduits de finition sur les façades très exposées aux intempéries. Les *Règles professionnelles de construction en paille* préconisent d'ailleurs uniquement la mise en œuvre d'un bardage pour les façades exposées en front de mer et pour les façades exposées de 3 à 6 mètres de haut.
• Tramer systématiquement les enduits de finition aux points de traction et aux angles des menuiseries.
• L'application d'enduit chaux est un métier et ne se prête pas à un chantier participatif ; faire appel à un professionnel.
• Le mélange chaux/terre ne s'improvise pas : une argile trop gonflante, des proportions chaux/terre mal maîtrisées, une application mal adaptée (enduit trop lissé ; processus de la « prise » de l'enduit chaux pas assez maîtrisé...) entraînent des désordres.

Eyrolles.

L'été suivant ces désordres, tous les enduits de finition sont enlevés et les quelques endroits où la couche de corps était abîmée sont restaurés. Ensuite est appliquée une sous-couche, mélange de chaux NHL, de sable et d'eau.

Mazé-Jacq

11.59

Une trame en fibres de verre est intégrée dans la sous-couche sur toute la surface des murs, afin d'assurer une bonne stabilité de l'enduit de finition et d'éviter toute fissuration.
Un enduit de finition, uniquement à base de chaux NHL 2, de sable et de pigments est alors appliqué.

Eyrolles.

12 Une maison avec un grand préau pour protéger l'ouest

Ce projet est marqué par l'importance de la phase conception ; elle a été particulièrement longue (environ trois ans). Du temps précieux a été consacré aux choix techniques, afin de trouver des solutions pertinentes.
Les propriétaires sont allés très tôt chercher conseils et appuis auprès de professionnels, qui les ont aidés à faire évoluer leurs réflexions. Ils ont surtout su se former et se faire accompagner : en tant que membres des Fourmis'Colos, ils ont suivi, pendant deux ans, un chantier complet de maison paille, ce qui leur a permis d'appréhender les différents matériaux (paille, enduit...). Leur participation à d'autres chantiers les a ouverts à différents types d'organisation et de techniques.
Il est important de bien s'approprier le projet, de se faire accompagner, de suivre des stages et de participer à des chantiers. Chacun aura besoin (ou non) d'un temps plus ou moins long...
Le projet s'inscrit dans une démarche « écoconstructive ». Un des maîtres mots de ce chantier est la récupération : de nombreuses actions de recyclage ancrent le projet dans une réelle démarche d'écoconstruction (récupération de portes, de vieux bois pour les cloisons...). Elle a orienté certains des choix techniques ou de mise en œuvre, générant des temps de travaux parfois plus longs. Mais il s'agit de choix volontaires et assumés, qui en valaient la peine.
Autre particularité de ce chantier : les travaux se passent en deux temps. L'aménagement du rez-de-chaussée a été réalisé avant l'étage. Ce choix est intéressant, car cela permet de créer un volume facile à habiter, en étalant l'effort et les finances dans le temps.

Évidemment, il faut savoir se remotiver quand une partie est déjà aménagée ; se relancer dans les travaux, la poussière... est parfois peu enthousiasmant ! Mais la trémie de l'escalier peut être bouchée facilement, cela limite donc les nuisances.

Les avantages et inconvénients du projet

Les plus :

- la phase de préparation du projet ;
- la récupération de matériaux pour le chantier ;
- le préau à l'ouest ;
- le grand cellier au nord ;
- le volume compact et de type longère ;
- l'évolution dans le temps du projet ;
- l'achat d'un tracteur limitant les efforts physiques de manutention.

Les moins :

- le choix de la brique en monomur pour le soubassement ;
- la gestion des menuiseries et des pièces d'appuis ;
- la couverture en tuiles de récupération (écologiquement très intéressante mais générant plus d'entretien dans le temps).

12.1

12.1
Maison bois et paille à Saint-Georges-de-Noisné (79)

Eyrolles.

La genèse du projet

Naturalistes par passion, mais pas bricoleurs... c'est ainsi que se définissent les propriétaires et constructeurs de cette maison, projet réalisé dans les Deux-Sèvres.

Elle aimerait une maison de 50 m2 et lui imagine une grande maison. Leur première idée est de commencer par construire une petite maison de 50 m², avec le projet d'en bâtir une autre à côté, ultérieurement. Mais, en se renseignant, ils se rendent compte que la démarche en deux temps induirait des coûts supplémentaires. Aussi, c'est une grande maison de 122 m² avec étage qu'ils dessinent. Et pour satisfaire tout le monde, il est prévu de faire le rez-de-chaussée, de s'y installer et, par la suite, d'envisager tranquillement de finir les travaux à l'étage.

Tous les deux travaillent pour l'Éducation nationale et disposent des vacances scolaires.

Le choix de la paille est venu naturellement, après la visite de la ferme du vieux chêne à Chizé (79) et celle de l'écocentre du Périgord.

Enfin, ils ont à cœur de récupérer un maximum de matériaux, « la plus belle forme d'écologie » selon le couple.

Portrait du projet

Maître d'œuvre et maître d'ouvrage : Cécile et Florian, les propriétaires

Dessinateur : Rodolphe Perrat, Eco Plan

12.2

R. Perrat-Ecoplans

Maçonnerie : artisan

Charpente : SARL Bois et Paille

12.3

Formation paille : E. Fruchard

Électricité : artisan

Le reste des travaux a été réalisé en autoconstruction.

Surface : 122 m² habitables

Budget :

- 987 € TTC/m² Shon
- 585 € TTC/m² Shob
- 396 € TTC/ m³ chauffé

La chronologie et les différentes étapes

Conception et plans

Les autoconstructeurs ont fait appel à un dessinateur, qui les a accompagnés dans la conception et la réalisation de leur demande de permis de construire (PC). Ils recherchent quelque chose de simple : une grande pièce de vie en bas, pour pouvoir y dresser une très grande tablée et passer de bons moments

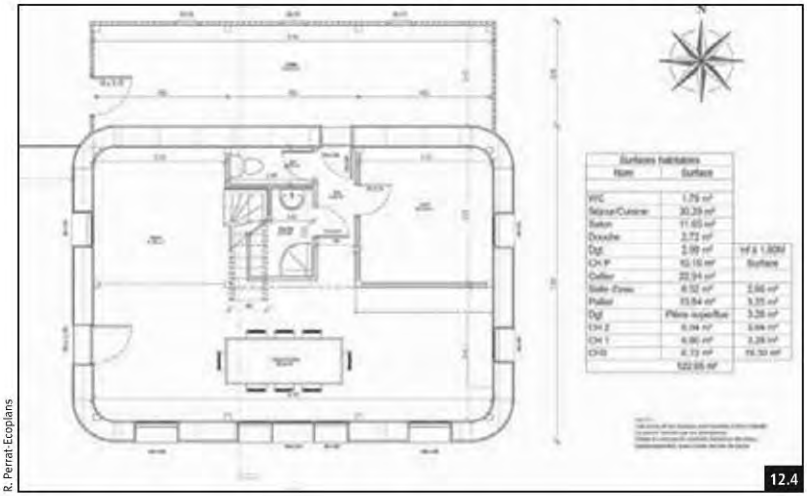
Eyrolles.

conviviaux, en famille et entre amis. Le plan prévoit un grand préau à l'ouest de l'habitation (pour des raisons techniques, qui seront développées plus loin dans le chapitre) ; si besoin, ce préau pourrait servir de base à une extension. De même, le cellier de 23 m², parfaitement isolé en ouate (R = 3,30, y compris les ponts thermiques générés par l'ossature bois), peut recevoir une mezzanine, ce qui permettrait d'augmenter encore les capacités d'accueil de la maison.

12.4
Rez-de-chaussée

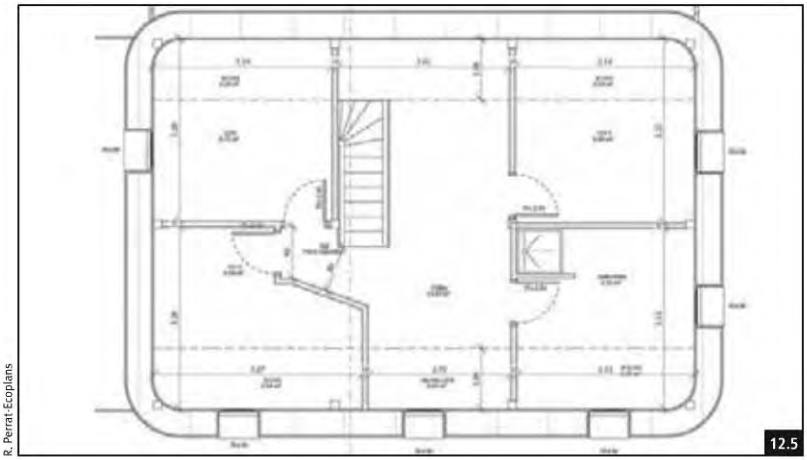
12.5
Étage

12.6
Une « tondeuse » écolo !



R. Perrat-Ecoplans

12.4



R. Perrat-Ecoplans

12.5

Chronologie des travaux

Conception projet et acceptation PC : janvier 2007 à octobre 2009 – 34 mois
Gros œuvre (fondations, maçonnerie, charpente...) : novembre 2009 à mai 2010 – 7 mois
Paille : juin 2010 à juillet 2010 – 2 mois
Enduit : septembre 2010 – 1 mois
Second œuvre et finitions : novembre 2010 à avril 2012 – fin des travaux du RDC. En 2014, les travaux à l'étage sont toujours en cours de réalisation.

La maison est construite sur un terrain de 5 000 m² environ, très boisé et en pente. Un travail important de défrichage est à prévoir avant de commencer ; il sera exécuté par de gentilles biquettes !

12.6

Eyrolles.

Exemples de temps effectif de travaux réalisés par des professionnels

ACTION	MINUTES/ M²
Pose de bardage de type horizontal, rainure/ languette	50
Pose de lattis de châtaignier, comme dans le cellier (petites lames)	65
Pose de bardage de type horizontal, à couvre-joint	60
Pose de baguettes d'angle	15/ML
Ossature secondaire pour bardage rapporté (exemple sur mur paille enduit)	55
Pose d'un frein vapeur et de tasseaux en toiture	15
Pose d'ouate de cellulose sur 24,5 cm d'épaisseur	15
Pose de la finition lambris rainure/languette (suivant complexité)	45 à 60
Pose de Fermacell petit format 12,5 mm sur ossature bois verticale (sans finition, ni ponçage)	25
Pose de Fermacell petit format 12,5 mm en plafond	30 à 50
Cloison en plaque de type Fermacell, vissée sur une ossature métallique de 70 mm, comprenant l'isolation de type laine de bois	50
Cloison en brique de terre cuite alvéolaire, largeur de 7 cm (sans enduit)	30
Enduit plâtre sur support mur, finition d'aspect lissé	25

Les porteurs du projet, qui ne sont pas bricoleurs (ce qu'ils assument non sans taquineries de l'entourage !), ne souhaitent pas s'équiper de trop de matériel... un choix tout à fait respectable. Ils entreprennent leur chantier en respectant leurs engagements de vie : simplicité et sobriété. Ils investissent modestement dans un vieux tracteur, qui leur rend de gros services, une visseuse et une meuleuse. Le reste est emprunté, loué à la demande, ou inexistant : ils travaillent sans matériel. Un chantier qui va à son rythme, à cadence « humaine ».

Les fondations

Un terrassier est intervenu, puis un maçon, pour réaliser la semelle et les plots béton nécessaires à la structure bois. Au regard du nombre de cailloux présents dans leur terrain, les propriétaires ont regretté ne pas avoir envisagé de réaliser des fondations cyclopéennes.

Il s'agit d'un type de fondation traditionnelle, constituant la majorité de nos constructions. On dépose en fondation de gros blocs de pierres, les interstices étant comblés de pierres de plus petite taille. Chaque rang est noyé dans un lit de chaux de type NHL 2. Ces fondations sont souples et permettent d'accepter les déformations du sol. Mais cette technique ne permet qu'une accroche difficile pour nos constructions en ossature bois ou poteau poutre, qui demandent un ancrage régulier dans la maçonnerie, afin de reprendre les efforts du vent et sismiques.

En voyant le travail de la semelle, ils ont également regretté de ne pas l'avoir fait eux-mêmes, trouvant cela tout à fait réalisable.

La semelle et les plots béton sont en place. Les autoconstructeurs ont monté le soubassement en briques monomurs (les inconvénients de cette technique sont présentés dans le chapitre 9 : Plans et fondations). Les briques délimitent le pourtour de la maison ; les plots laissés à l'extérieur recevront le cellier en ossature bois, isolé en ouate et bardé en bois.

M. Migault

12.7
Les fondations

Eyrolles.

La charpente bois

Pendant ce temps, le travail des charpentiers continue.

Une fois les plans de la structure bois dessinés, la commande de bois est passée auprès d'un scieur local, à Coutières (79).

Viennent ensuite la réalisation de la structure en douglas et la réception des sections de bois, brut de sciage.

Reste toute la charpente à construire, de manière artisanale et traditionnelle : rabotage des sections, taille des différentes pièces de structure (pannes, chevrons, faîtière, sablière…), réalisation des tenons et des mortaises, cassage d'arête, ponçage…

Réalisation de la structure bois

Le travail en atelier permet de tailler la charpente en bénéficiant de tous les outils nécessaires et en étant à l'abri des intempéries.

Lorsque la taille est achevée, les charpentiers procèdent à une « mise dedans » : ils assemblent les pièces afin de voir si ça « biche » bien (c'est-à-dire si tout va bien !). Cela évite des déconvenues sur le chantier de levage, en cas d'erreur de taille !

Tout est ensuite désassemblé, chargé sur une remorque… direction le chantier !

La construction de la maison aura nécessité environ 9 m³ de bois, ce qui représente autour de 7,5 grumes moyennes (une grume moyenne mesure 14 m de long et 38 cm de diamètre environ).

Commande de bois massif

N°	DÉNOMINATION	NOMBBRE	LARGEUR	HAUTEUR	LONGUEUR	VOLUME
26	Lien	9	8,5	12,5	0,85	0,081
25	Lien	48	8,5	12,5	1,2	0,612
24	Jambe de force	10	8,5	16,5	2,05	0,288
23	Jambe de force	2	8,5	16,5	2,8	0,079
22	Entrait retroussé	10	8,5	18,5	3,4	0,535
21	Arbalétrier	10	8,5	18,5	3,45	0,543
6	Poteau	1	15	15	1	0,021
5	Poteau	4	15	15	2,55	0,221
4	Poteau	4	15	15	3,2	0,275
3	Poteau	4	15	15	3,5	0,297
2	Poteau	10	15	17,5	4,6	1,155
	Total charpente					**4,107**
20	Sablière	3	8,5	22,5	3,6	0,207
19	Sablière	1	8,5	22,5	4	0,076
18	Sablière	1	8,5	22,5	4,45	0,085
17	Sablière	2	8,5	22,5	4,6	0,176

Eyrolles.

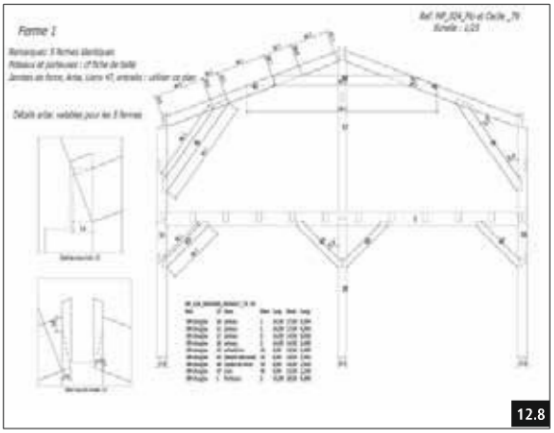
12	Sablière	2	10,5	22,5	3,6	0,17
11	Sablière	1	10,5	22,5	4,45	0,105
10	Sablière	1	10,5	22,5	4,6	0,109
9	Faîtage	2	10,5	24,5	3,65	0,188
8	Faîtage	1	10,5	24,5	4,45	0,114
7	Faîtage	1	10,5	24,5	4,65	0,12
	Lisse basse	2	10,5	10,5	10,5	0,23
	Lisse basse	2	10,5	10,5	750	0,16
	Total pièces filantes					**1,74**
16	Solive	4	9,5	18,5	2,1	0,148
15	Solive	31	9,5	18,5	3,1	1,689
14	Trémie	1	9,5	20,5	2,7	0,053
13	Trémie	2	9,5	20,5	3,1	0,121
1	Porteuse	4	15	24,5	6,55	0,963
	Total solivage					**2,974**

12.8
Détail de la première ferme

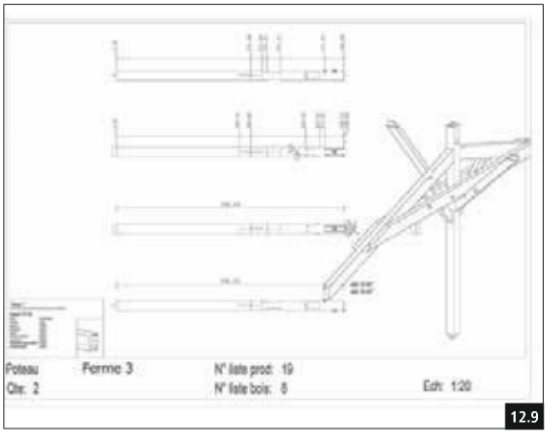
12.9
Fiche de taille d'un poinçon

Les fiches de taille

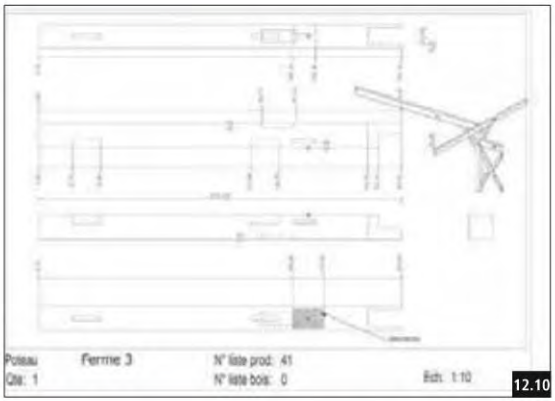
Chaque pièce de bois possède sa propre fiche de taille ; autant dire que cela fait de gros classeurs pour un chantier complet !



12.8



12.9



12.10

12.11

12.12

12.10
Fiche de taille d'un poteau

12.11
Taille des liens en série

12.12
Mise dedans de la structure

12.13
Transport de la structure bois

12.14
Assemblage sur chantier

12.15
Deuxième ferme

Assemblage sur chantier et levage

La structure bois est prête et les autoconstructeurs ont trouvé de l'aide pour le transport. Un tracteur, auquel une remorque agricole est attelée, fera le trajet entre l'atelier et le lieu du chantier, situé à une quinzaine de kilomètres.

Concernant l'action de levage, un engin élévateur a été loué le temps de lever les fermes assemblées et les autres éléments de la charpente.

12.13

12.14

12.15

Eyrolles.

La charpente est assemblée au sol, les fermes s'accumulent ! Dans le même temps, l'implantation est réalisée sur la maçonnerie. Les cotes sont bien reprises, les équerrages bien visualisés et l'emplacement des pieds de poteaux symbolisé au sol.
Il est temps de lever l'ensemble.

Le grand préau situé à l'ouest : note de détail architectural

Nous ouvrons une parenthèse afin d'expliquer le choix du grand préau (20 m²) à l'ouest ; ce choix vient d'une réflexion menée sur les enduits à la chaux sur mur paille et sur les dangers à éviter.
Les enduits à la chaux traditionnels sont difficiles à maîtriser pour les non-professionnels et demandent une sérieuse expérience en ce qui concerne les proportions à suivre et la mise en œuvre à appliquer.
De plus, les temps de séchage sont importants ; plusieurs facteurs peuvent être défavorables :

- souvent, les enduits sont réalisés (par les autoconstructeurs de notre région) au mois de septembre, période pendant laquelle le séchage des murs peut être trop rapide (à cause du soleil couchant en façade ouest) ;
- on peut rencontrer des problèmes suite à l'exposition aux intempéries dès l'application de l'enduit, lorsque aucune protection n'est prévue ;
- on peut également avoir une mauvaise ventilation de l'enduit à cause de la bâche servant de protection (l'usage d'un filet serait a priori mieux adapté pour un bon séchage de l'enduit et une protection contre la pluie) ;

12.16
Troisième ferme

12.17
Pose de la sablière du cellier

12.18
Levage de la première ferme

12.19
Levage des trois fermes

Eyrolles.

• enfin, les enduits sont parfois réalisés trop tard en octobre, voire novembre, lorsque les températures descendent en dessous de 5 °C.

Les enduits à la chaux peuvent subir des fissurations, du fait d'un mouvement de la structure et du mur. Ce mouvement est normal et est pris en compte pour l'application des enduits de finition (les enduits de finition doivent être réalisés sur un corps non armé dans un délai de séchage de plus de six mois et, sur un corps armé, dans un délai de séchage de plus de trois mois (voir *Règles professionnelles de construction en paille*, p. 107).

Ces fissurations doivent être rebouchées régulièrement car, forcément, qui dit fissuration dit pénétration de l'eau entre le corps d'enduit et la paille. Imaginez de l'eau avec du gel : ça gonfle et décolle votre belle couche de corps (attention : il existe une procédure à respecter pour le rebouchage des fissurations).

Des microfissurations peuvent apparaître, non visibles à l'œil nu. Celles-ci se rebouchent au cours de la carbonatation de l'enduit (sauf si l'enduit n'est pas protégé durant cette carbonatation et qu'une pluie battante vient toucher la façade). Des fissures un peu plus grosses que les microfissures peuvent être rebouchées par traitement au badigeon (qui était auparavant réalisé régulièrement sur certaines constructions). L'inconvénient est que le badigeon doit être renouvelé tous les cinq ans en fonction de l'exposition.

Les enduits chaux demandent une connaissance, une technicité et un savoir-faire ; de plus, il faut y être attentif après leur réalisation.

Les propriétés de la chaux induisent également des conséquences.

La chaux a une capacité d'absorption importante. L'absorption est l'aptitude de l'enduit à absorber l'eau sous forme liquide. L'enduit chaux absorbe l'eau par capillarité ; cette porosité permet à un enduit de sécher rapidement. La structure de l'enduit ne change pas, même lorsqu'il est mouillé, ce qui entraîne, par capillarité, le transport de l'humidité jusqu'à son support (la paille ou le bois…).

Ce phénomène n'a pas lieu avec des enduits à la terre, qui sont très hydrophiles. Ils absorbent l'eau, ce qui fait gonfler l'argile pour former une barrière imperméable. La terre retient l'eau dans l'enduit au lieu de la faire migrer vers le support (mais l'enduit reste sensible à l'érosion).

Afin de limiter la capacité d'absorption de l'enduit chaux, les anciens utilisaient de la caséine (fromage blanc, petit lait…).

Aujourd'hui, nous pouvons utiliser un traitement de surface, le silane ou le siloxane, des composés qui s'appliquent à la brosse ou par projections.

Ce traitement imprègne la chaux et permet une minéralisation. La minéralisation consiste à faire pénétrer par capillarité des solutions à catalyseur, dont la réaction de durcissement aboutit à la formation de silice. Cela constitue ainsi une structure nouvelle et durable. Point très important, ce traitement réduit de 90 % la capacité d'absorption et diminue de 8 à 10 % la diffusion de la vapeur d'eau. Une entreprise dans les Deux-Sèvres a été créée et commercialise ces produits particuliers, souvent utilisés pour les monuments historiques.

La technicité liée aux enduits à la chaux a décidé Cécile et Florian à protéger la façade ouest de leur maison, à l'aide d'un grand préau. Ainsi, l'enduit chaux, même s'il présente des fissurations, ne pourra pas être altéré et dégrader ensuite le mur paille.

D'ailleurs, les *Règles professionnelles de construction en paille* confirment la pertinence technique de ce choix, en répertoriant divers critères par tableau (voir *Règles professionnelles de construction en paille*, p. 30).

1. Un tableau indique les types de protection en fonction de de la typologie d'exposition (abritée, semi-abritée et exposée).
2. Un autre tableau classifie les types de protection des revêtements (enduit terre 1, enduit terre + finition chaux 2, enduit chaux 2, bardage ou vêture 3).

Eyrolles.

3. Le dernier tableau indique le revêtement recommandé en fonction de la hauteur de construction, de la typologie du terrain.
Pour un enduit en façade ouest sans protection (c'est-à-dire sans grande avancée), donc exposé, voici ce qui est recommandé :
• moins de 3 mètres : revêtement de classe 2 ou 3 (chaux, bardage) ;
• de 3 à 6 mètres : revêtement de classe 3 (bardage) ;
• au-delà de 6 mètres : revêtement de classe 3 (bardage).
En conclusion, pour une façade ouest avec pignon, il faut barder le pignon ou toute la façade ; le rez-de-chaussée peut être laissé en enduit à la chaux.

12.20

La couverture, la paille et les enduits

Fidèles à leur principe d'utiliser le plus possible de matériaux de récupération, les propriétaires trouvent auprès d'un voisin les chapeaux de tuiles en tiges de bottes. Ils n'ont ensuite qu'à acheter les courants, avec ergots... et monter sur le toit pour installer le tout. Ils sont non seulement satisfaits de cette récup', mais trouvent la tuile en tiges de bottes beaucoup plus esthétique que la tuile mécanique, même si elle demande plus d'entretien.

12.21 M. Balage

12.22 M. Balage

12.21
Tuiles « de courant »

Le chantier suit son cours : installation des lisses basses, des précadres, des évacuations... La paille commandée auprès d'un agriculteur bio est récoltée et stockée. Malheureusement, une déconvenue attend nos pailleux : il y a énormément d'herbe verte

12.23 M. Migault

Eyrolles.

12.24
Projection au sablon de l'enduit à la chaux

12.25
Couche de corps à la chaux terminée

12.26
Rectification des appuis de fenêtres en terre cuite

dans la paille, ce qui rend les bottes inutilisables ! Grâce à un réseau d'amis et à l'association des Fourmis'Colos, d'autres bottes sont trouvées à proximité. Le dressage des murs peut continuer.
Lorsque la pose de la paille est finie, les murs sont dressés et les menuiseries bois installées. Ils avaient pensé utiliser des menuiseries de récupération, mais préfèrent finalement miser sur la performance thermique de leurs ouvertures. Un choix qui s'avère judicieux car, si la paille est un bon isolant, elle doit être

M. Migault
12.24

12.25
M. Migault

accompagnée de solutions adéquates pour chauffer facilement une maison.
Il est temps de mettre en œuvre l'enduit chaux à l'extérieur, afin de protéger les murs avant l'hiver.

Les appuis de fenêtres

Lorsque l'enduit extérieur est terminé, les menuiseries débarrassées de leur protection... ils se rendent compte que les appuis de fenêtres en terre cuite sont trop petits ! Les appuis ne dépassent pas l'enduit, ce qui est fort problématique pour l'évacuation de l'eau de pluie. Une solution sera trouvée : des tuileaux en terre cuite sont re-maçonnés, afin d'allonger l'appui, et de placer la goutte d'eau au plus loin de l'enduit.

12.26
M. Migault

Eyrolles.

Gestion de l'étanchéité des appuis de fenêtres

Selon l'ouvrage *Règles professionnelles de construction en paille* :

« Les appuis sont conçus et réalisés de façon à rejeter, par rejingot, larmier, etc., ou à conduire, par raccord étanche, toutes les eaux reçues et ruisselant sur leur surface vers l'extérieur. » Page 81.

« Paragraphe 4.1.4 : Surfaces horizontales ou de faible pente exposées à l'eau et aux intempéries.

Ces surfaces sont intégralement pourvues :

- d'une protection à l'eau ;
- d'une étanchéité à l'air.

Les surfaces horizontales exposées aux intempéries sont conçues de façon à récupérer et évacuer les eaux ruisselant sur toutes surfaces verticales situées immédiatement au-dessus, de telle sorte que les eaux de ruissellement :

- ne puissent s'introduire dans la paroi ;
- soient rejetées devant le revêtement extérieur par un dispositif adéquat : larmier, goutte d'eau, jet d'eau, etc.

Leur pente minimale est :

- supérieure ou égale à 10 % pour les matériaux non hygroscopiques : métal, PVC, verre, maçonnerie, etc. ;
- supérieure ou égale à 20 % pour les matériaux hygroscopiques : bois, etc. »

Mode de vie et art de la récup'

Les propriétaires organisent leur chantier en respectant leur rythme de vie et leur caractère. Ils ont décidé de continuer à vivre et à entretenir une vie sociale, pendant les deux années de chantier, sans faire l'impasse sur les week-ends amicaux et les soirées de danses traditionnelles : un moyen pour eux de vivre leur projet de manière harmonieuse et épanouissante, en gardant le moral et la santé physique. C'est d'ailleurs l'une des raisons qui les ont poussés à réaliser les travaux en deux temps, différant l'aménagement de l'étage afin de s'économiser sur la durée. Les travaux sont également ponctués de nombreux coups de main et de chantiers participatifs, dans un cadre qui leur ressemble : une atmosphère bienveillante pour un chantier convivial.

Une dalle chaux/chanvre est réalisée dans la maison comme dans le cellier, qui est bardé en lattis de châtaignier pour un très bel effet.

M. Migault

M. Migault

12.27
Dalle chaux/chanvre

12.28
Bardage en lattis de châtaigner

Les propriétaires ne souhaitent pas investir dans un système de chauffage à ce stade, sans savoir comment la maison se comportera par rapport à la température extérieure. Ils ont peur de se retrouver avec un chauffage surdimensionné par rapport à leurs besoins et préfèrent vivre un hiver dans la maison, avant d'envisager un quelconque achat. Une belle cuisinière à bois, acquisition faite dans le réseau familial, installée au milieu de la maison, fera office de source de chaleur et de cuisinière l'hiver. Une cuisinière à

Eyrolles.

gaz supplémentaire pour les saisons sans chauffe est ajoutée, avec la bouteille dans un angle mort, complètement impraticable, pour éviter de perdre de la place. Le propriétaire a judicieusement ajouté un système de poulie et de corde sur une solive située au-dessus, afin de changer la bouteille de gaz sans effort.

M. Migault
12.29

12.30
M. Migault

12.29 et 12.30
Coin cuisine... habilement aménagé pour le rangement et la manutention de la bouteille de gaz

Pendant la progression du projet, des idées concernant le chauffage leur viennent à l'esprit ; ils s'interrogent notamment sur l'installation d'un poêle bouilleur et de radiateurs en fonte à l'étage... L'un des intérêts de réaliser sa maison en deux temps est justement de se laisser du temps pour que le projet mûrisse et que les changements puissent être entrepris.

Eyrolles.

Le chantier se poursuit au fur et à mesure des récupérations et du temps libre. Ainsi, la porte de la chambre a été récupérée, décapée et poncée. Ensuite, la propriétaire a recherché des recettes naturelles de peinture, à base de pigments et de caséine.
Et maintenant, une petite devinette : que peut-on faire avec les matériaux suivants :
• de vieux chevrons en chêne, récupérés sur une charpente écroulée ;
• des briques en terre compressée (BTC), surplus d'un chantier ami et/ou fabriquées sur place ;
• de l'argile, venue des fondations et/ou du terrain des parents ;
• de la paille en vrac, vestige du chantier des murs ;
• une vieille porte ?
La réponse est simple : des cloisons, celles qui délimitent la chambre au rez-de-chaussée, et ce pour un coût financier nul. Esprit écologique, quand tu nous tiens !

M. Migault

Du terre/paille a également servi de remplissage, pour remplacer les BTC qui venaient à manquer.
On dit souvent que le terre/paille est très long à réaliser : la propriétaire n'est pas de cet avis et trouve cette activité très agréable.
À noter toutefois : après l'installation, les cloisons sont très sonores et n'isolent pas trop du reste de la maison en termes d'acoustique.

Les enduits terre intérieurs

Pour la couche de corps, les murs intérieurs ont reçu un enduit à base d'argile. Ce long travail a été agrémenté de quelques pauses réservées à la création artistique, pour doter la maison d'un univers personnel. La propriétaire témoigne de l'importance de s'accorder ces temps de rêverie et de création, pendant les travaux de longue haleine :
« Prendre le temps de chercher la pierre qui va, le bois qui épousera les formes désirées... au final, nous nous imprégnons de notre lieu de vie et notre lieu de vie s'imprègne de nous, doucement. »

M. Migault

M. Migault

12.31
La cloison vue du salon

12.32
Application de la couche de corps

12.33
Un mur paille recouvert de la couche de corps

Eyrolles.

M. Migault

12.34
Détail de la cloison

La propriétaire réalise de nombreux tests de couleurs, mélangeant argile et chaux, pour obtenir différentes teintes d'enduits à sa convenance. Ce mélange de matières donne aux murs un aspect velouté, particulièrement agréable.

Finitions et travaux supplémentaires

Un léger regret subsiste concernant le schéma électrique. Ils n'ont pas pris assez de temps pour le concevoir et des erreurs de « confort » au niveau de son utilisation se sont glissées (position des interrupteurs et des va-et-vient). C'est vrai qu'il est difficile de se rendre compte par anticipation de la circulation dans la maison... ces déplacements à l'intérieur des pièces ont des incidences sur le positionnement des éclairages et de leurs commandes, il ne faut donc pas hésiter à prendre le temps de bien s'imaginer en situation.

Les propriétaires se sont également autorisé certaines dépenses, un peu « extraordinaires ».

• Installation d'une cuve de récupération d'eau de pluie, avec le projet, à terme, de rendre l'eau potable (cela vient dans la continuité de leur choix d'installation sanitaire en toilettes sèches et phyto-épuration). Le budget actuel ne permet pas l'investissement imminent, mais il sera fait plus tard, pour répondre à leurs engagements écologiques.

• Réalisation d'une douche en bois. Des parois de douche en bois permettent d'avoir un matériau dit « paroi chaude », à faible effusivité thermique. « Les matériaux dont l'effusivité est basse sont dits subjectivement chauds, leur température de surface s'adapte presque instantanément à celle de leur environnement. » (*Isolation thermique écologique*, Éd. Terre Vivante). Cela évite d'avoir à surchauffer la pièce, tout en gardant un réel confort thermique. Ce choix amène un surcoût financier, par rapport à de la faïence par exemple.

• Appel à un artisan pour la pose des tomettes, pour soulager les autoconstructeurs qui en avaient posé la moitié et, arrivés en fin de chantier, se retrouvaient découragés !

Au moment de l'aménagement, tous les travaux sont finis au rez-de-chaussée ; par contre, il reste tout l'étage à faire, la paille est même encore apparente. Mais la toiture a tout de même été isolée en ouate de cellulose, pour profiter, déjà, d'une bonne isolation.

Le couple est content de la programmation en deux temps. Ils profitent de la pause pour apporter des évolutions à leur projet.

En effet, après quelques mois d'installation, l'envie de changer d'ambiance à l'étage se fait sentir. Ils avaient initialement prévu de monter des cloisons en terre/paille, avec des enduits de finition, comme pour le bas. Finalement, ils souhaitent autre chose à l'étage, afin de créer deux atmosphères de vie différentes. Ils installent des cloisons en bois, avec une finition qui reste à trouver (bois brut, peinture...). Surtout, ils prennent en compte la notion d'isolation acoustique et entreprennent un réel travail de ce côté-là.

Pour conclure, très heureux de cette expérience de vie, le couple a trouvé ce projet épanouissant :

« Travailler de manière manuelle et physique génère de bonnes et saines énergies, sans jamais avoir été malade pendant les deux années de travaux. »

Eyrolles.

M. Migault

12.35

M. Migault

12.36

La répartition des coûts

Le prix de revient de la construction est égal à 987 € TTC/m² Shon. Les propriétaires ont emprunté 110 000 €, hors terrain. 114 425 € ont déjà été dépensés, sans compter les 6 000 € prévus pour les travaux de l'étage à terminer. Ce budget supplémentaire sera financé hors emprunt. Il était important pour eux de ne pas trop emprunter en prévision de leur désir de travailler à mi-temps dans le futur.

Budget global de la construction de la maison

NATURE DES TRAVAUX	PRIX TTC
Conception	2 000 €
Viabilisation et terrassement	12 750 €
Fondations et maçonnerie	11 650 €
Charpente	36 900 €
Couverture et zinguerie	4 450 €
Murs en paille, lisses et précadres	2 985 €
Enduits	1 800 €
Huisseries	14 650 €
Dalle chaux/chanvre	2 030 €
Isolation toiture	3 040 €
Électricité et plomberie	5 170 €
Finitions	5 810 €
Phyto-épuration	1 185 €
Récupération eau de pluie	3 650 €
Outillage	1 330 €
Enduits de finition extérieurs par professionnel	5 025 €
Escalier, cloisons étage, lambris étage + peinture**	6 000 €
Total	120 425 €
Prix/m² Shon	987 €
Prix/m² Shob	585 €
Prix/m³ chauffé	396 €
Travaux réalisés en autoconstruction	
Travaux restant à réaliser	

12.35
Coin salon, avec la création de petites niches dans le mur paille

12.36
Cloison en matériaux de récupération, séparant la chambre de la cuisine

Eyrolles.

Les enduits à la chaux

Nous allons aborder un sujet complexe et qui représente une étape des plus importantes pour une construction en bottes de paille avec enduits : recouvrir les murs avec des enduits à la chaux.
Nous présenterons les retours d'expérience de nos clients, en suivant trois grands thèmes :
• les recettes d'enduits utilisées (pour chaque couche) ;
• les astuces de mise en œuvre ;
• les temps de chantier.

Point technique sur la chaux

Pour commencer, un petit point technique sur la chaux. Une quantité importante d'ouvrages existent sur le sujet, je serai donc bref.
• **Les chaux aériennes** durcissent avec l'air. On appelle cette étape la carbonatation, car le calcium durcit en reprenant le CO_2 de l'air ambiant.
• Chaux CL 90 dans le document.
• **Les chaux hydrauliques naturelles** ont un début de durcissement avec l'eau (d'où l'hydraulicité), puis un durcissement par carbonatation, car ce sont des chaux.
• NHL 2/NHL 3,5/NHL 5.
• **Les chaux hydrauliques artificielles** peuvent être hydraulifiées avec tout hydraulifiant, sans le déclarer.
• NHL 3,5Z ou HL (non présentées dans le document et d'utilisation déconseillée pour la paille).

Murs en bottes de paille

Quand les bottes de paille sont posées à plat, il faut tailler le mur (taille-haie, débroussailleuse) afin d'en dresser la surface. L'enduit ne doit corriger que de petites différences d'épaisseur. De plus, il est bien plus facile de corriger les murs paille que de charger et dresser un enduit.
Il est important de faire le gobetis sur les faces extérieure et intérieure du mur en même temps car, en séchant, l'enduit va tirer la paille (comme quand on fait une peinture sur du bois : il faut faire les deux faces).

Qualité du sable

Il faut être attentif au calibrage du grain de sable, pour utiliser une taille dégressive de sable, du gobetis vers la finition.
Le sable doit avoir une granulométrie variée, de la plus petite jusqu'à la plus grande (par exemple, un sable 0/2 est constitué de grains de 0,1 mm, 0,3 mm... jusqu'à 2 mm). Or, certains sables du commerce sont trop triés et pas suffisamment hétérogènes ; en les utilisant, on obtiendra un enduit moins résistant.

Arrachement de l'enduit sur la paille

Les résultats des tests à l'arrachement des enduits (voir les règles pros, p. 141) ont donné, sur la paille, une résistance de 0,8 mégapascals alors que le DTU n'en impose que 0,3.

Eyrolles.

Consigne

Première étape

Se procurer les *Règles professionnelles de construction en paille*, rédigées par le RFCP.
Article en référence :

> **Réf. 3.13.3 : adaptation aux conditions climatiques**
> Les règles professionnelles de la construction paille déterminent l'utilisation des différents parements en fonction de l'exposition de la façade (exposition), sa situation (campagne, front de mer...) et la hauteur de construction.
> Chapitre 5 : Revêtements

Deuxième étape : les conditions climatiques défavorables

Les enduits peuvent se faire toute l'année, en respectant les températures de travail comprises entre 5 et 35 °C.

Le froid : en règle générale, il ne faut pas enduire lors des périodes de froid (saison hivernale et conditions de gel).

Le vent fort entraîne aussi des désordres (dessèchement par évaporation de l'eau et apparition d'un faïençage).

L'exposition au soleil est également néfaste, pouvant griller l'enduit et donc l'effriter.

La pluie a pour conséquence un risque de lavage de l'enduit.

12.37

Protection individuelle

Les chaux sont des produits fortement basiques, il est donc recommandé d'utiliser des gants, lunettes de protection et vêtements couvrants, pour éviter toute brûlure.

Protection des abords du bois et des menuiseries

L'application des enduits peut être relativement salissante, il est donc important de protéger l'environnement afin de pouvoir récupérer les chutes d'enduit (pour le gobetis et les couches de corps uniquement). La chaux sur le bois de structure (comme le douglas ou le chêne) le brûle (apparition de taches noires sur le bois, très difficiles à faire disparaître). Il faut donc prendre le temps de bien le protéger avec des rubans adhésifs suffisamment collants, mais pas trop, pour ne pas risquer de décoller la fibre de bois lors du retrait. On peut également utiliser des bâches, comme on le voit ci-après.

12.37
Utilisation de filet coupe-vent

12.38
Protection des menuiseries
Protection de la structure. Extrait du blog unemaisonenpaille.wordpress.com/

12.38

M. Drochon Mlle Passebon

Eyrolles.

Détails divers

12.39

12.40

12.41

12.39
Contact avec l'enduit de soubassement, favorisant les remontées capillaires (à ne pas faire).

12.40
Favoriser une séparation franche avec un larmier métallique.

12.42 et 12.43
Trame dans le corps d'enduit

Les fixateurs à appliquer sur le bois permettent une **accroche « provisoire »** de l'enduit sur le support bois. Cela permet à l'enduit de se « maintenir » avant son séchage. C'est la structure de l'enduit (fibré) ou l'ajout d'une trame de verre qui permet à l'enduit de se tenir.

Nous favorisons même une désolidarisation de l'enduit avec les éléments structurels bois, afin que le bois puisse travailler sans tirer ou contraindre l'enduit.

12.42

12.43

Les sables et agrégats

Les granulométries

Le gravier est de diamètre supérieur à 10 mm ; par exemple, le gravier 10/30 est composé de graviers de 10 à 30 mm de diamètre.

- En dessous de 5 mm, on parle de sable.
- Le sable 0/4 est constitué de grains dont le diamètre est compris entre 0 (fines) et 4 mm.
- Le sable 0/2 est constitué de grains dont le diamètre est compris entre 0 et 2 mm. Il s'achète ou bien (pratique la plus courante) s'obtient en tamisant du sable 0/4 au tamis n° 12 (1,8 mm de maille)... ou à la moustiquaire (si si, ça marche bien).
- Le sable 0/0 est constitué de grains de diamètre très fin.

Eyrolles.

• Les fines ont un diamètre systématiquement inférieur au millimètre. Exemple : la poudre de marbre, dont les granulométries sont classées de 0/0,2 à 0/0,6 (diamètre entre 0 et 0,6 mm, le plus « gros » des poudres de marbre donc).
On utilise le sable gros sur les premières couches (gobetis), et du sable de plus en plus fin en se rapprochant de l'enduit de finition.
Classiquement, on utilise pour le gobetis et le corps d'enduit du sable en 0/4, et pour l'enduit de finition du sable en 0/2, voire plus fin pour les stucs. Toutefois, on peut aussi utiliser en finition du sable en 0/4, donnant une finition plus granuleuse, correspondant à celle que l'on peut trouver traditionnellement sur les maisons de pays.

Faire faire ou se faire accompagner

Je vous invite, autoconstructeurs, à faire réaliser les enduits par des professionnels ou du moins, à vous faire accompagner par des professionnels. La maîtrise de l'enduit est un « art » particulièrement compliqué, d'autant plus avec l'utilisation de matériaux naturels comme la chaux, la terre, le plâtre... Il ne s'agit pas d'enduits prêts et formulés. L'enduiseur doit en permanence faire varier sa recette, en fonction des conditions climatiques, du support, de l'exposition, de l'usage... C'est un beau métier qui requiert une bonne connaissance et de l'expérience.

12.44

Machine ou pas machine ?

Souvent, les amateurs souhaitent utiliser des machines car ils pensent qu'elles leur feront gagner du temps.

	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
Main	• L'utilisation d'une bétonnière électrique suffit, donc la nuisance sonore est minime. • Peu de projections donc peu de temps pour protéger les bois et le chantier. • Valorisation du travail humain au lieu de financer un système de mécanisation. • Toute l'équipe applique les enduits, pour éviter qu'un seul équipier fasse la manutention.	• Travail moins impressionnant qu'avec une machine. • Besoin d'obtenir le geste et le coup de main pour l'application donc temps de « formation » à prévoir pour les chantiers participatifs. • Une seule personne peut réaliser les enduits, mais cela confronte à la solitude face au nombre de mètres carrés à réaliser.
Machine	• Mise en place de l'enduit plus rapide car les travailleurs sont plus nombreux. • Travaux de manutention donc besoin de main-d'œuvre non qualifiée pour cette tâche (si chantier participatif, appliquer des enduits à la main demande quelques heures d'habitude). • Bonne pénétration pour le gobetis (suivant le réglage, la densité des bottes de paille et le sens de pose).	• Temps de logistique long (récupération du compresseur chez le loueur, nettoyage correct de l'outillage, retour chez le loueur) ; il s'agit d'un temps de travail rarement comptabilisé mais qui demande pourtant de l'énergie humaine et du gasoil. • Chantier plus salissant donc protection de la structure et des hommes plus importante et longue. • Mise en place de l'enduit plus rapide (car les travailleurs sont plus nombreux), donc un besoin d'échafaudage plus important en mètres carrés.

Eyrolles.

L'utilisation de machines adaptées (de type machine à enduire à piston ou à vis) peut être intéressante. Cela permet de limiter les efforts de manutention ; la machine réalise directement le mélange et elle le transporte, contrairement aux sablons (ou gorettes). Dans ce dernier cas, il faut faire le mélange en bétonnière, puis le transporter avec des brouettes et ensuite remplir et amener les seaux au poste de travail.

La voix des pros

La boîte à bâtir

Pour le gobetis

« Nous avons projeté au sablon un enduit très liquide pour rentrer le plus possible dans la paille (pose à plat). Nous talochions à l'avancée pour faire rentrer encore plus l'enduit dans la paille, sans chercher à couvrir l'ensemble des brins qui sortaient, mais en mettant de la chaux partout.

Le travail au sablon est difficile, c'est vrai, mais intéressant pour cette étape.

L'enduit est constitué de 1 volume de chaux NHL 3,5 + 2 volumes de sable 0/8 (sable de rivière).

Le sable de rivière est très intéressant car il permet de charger un peu plus le mur sans que l'enduit ne tombe. »

Pour la couche de corps

La projection au sablon est intéressante mais peut être évitée : elle casse la tête et le dos. Avec la projection manuelle, il faut avoir le coup de main, mais la chaux reste plus souple plus longtemps.

Un gros défaut du sablon est qu'il assèche plus rapidement l'enduit (du fait qu'il envoie de l'air comprimé pour le projeter). Si l'on insiste pour projeter l'enduit à la machine, il faut régler le compresseur entre 2 et 3 bars.

Pour cette étape, qui est censée redresser le mur le plus possible, il est très important que les bottes soient bien montées ou du moins bien retaillées dès la fin de leur pose.

Cette étape englobe donc la charge et la pose de treillis pour armer l'enduit.

La couche de corps est composée de 1 volume de chaux NHL 3,5 + 2,5 volumes de sable 0/8 (sable de rivière). »

Pour la finition

« Avec ajout de terre locale pour la teinte.

Application manuelle avec finition taloche éponge (beaucoup plus facile pour rattraper les petits défauts qui apparaissent au fur et à mesure de l'avancée de l'enduit). Ce n'est pas la finition que je préfère, mais elle est mieux adaptée aux enduits extérieurs, surtout à la chaux, car elle unifie bien l'enduit du point de vue esthétique.

Je n'utiliserais pas de chaux aérienne : bien qu'elle semble être la meilleure, son emploi est beaucoup trop contraignant.

Cette phase est peut-être la plus délicate (pas la plus dure, mais la plus stressante) et requiert une très bonne coordination.

La finition nécessite 1 vol. de NHL 2 + 3,5 vol. de sable 0/2. La terre locale donne la teinte. »

Eyrolles.

Bâtisse & Co

Recette pour enduit sur mur de paille au Crer 79, bâtiment public

« Notre volonté était à la fois de concilier perspirance, étanchéité et résistance mécanique car nous intervenons pour une collectivité qui n'aura peut-être pas la « veille » d'un autoconstructeur pour identifier rapidement les désordres éventuels. Nous avons donc privilégié une chaux plus hydraulique et plus résistante mécaniquement. »

Pour le gobetis

« 1 volume de chaux hydraulique NHL 5 pour 2,5 volumes de sable (0/4) + fibres de paille pour les fortes épaisseurs.

Nous avons réalisé un «gobetis» manuel, afin de pénétrer au mieux dans la fibre, en complétant lorsque cela était nécessaire par un mélange chaux/sable avec de la paille pour combler les trous. Cette première couche, que l'on ne peut pas vraiment appeler un « gobetis » mais plutôt une «couche d'accroche», a permis de réaliser une bonne accroche et de redresser en partie le mur. Après application, il faut nécessairement « remonter » le mortier à la truelle pour assurer l'accroche de la couche de corps. »

Pour la couche de corps

« 1 volume de chaux hydraulique NHL 3,5 pour 3 volumes de sable (0/4), complétés d'une trame en fibre synthétique (10 x 10 mn).

Après avoir étalé une première couche de 0,8 cm de mortier, nous avons appliqué la trame en fibre synthétique, que nous avons recouverte par une seconde couche de mortier (0,8 cm). Ce travail doit se réaliser « frais sur frais » pour que la fibre soit parfaitement solidaire du mortier. Pour assurer une bonne accroche à la couche de finition, il faudra veiller à relever l'enduit à la truelle. »

Pour la finition

« 1 volume de chaux hydraulique NHL 3,5 voire NHL 2 pour 3,5 volumes de sable (0/4), riche en argile pour avoir une coloration « ocrée naturelle » de l'enduit. Possibilité d'intégrer des graviers colorés pour l'esthétique. La couche de finition ne devra pas dépasser 0,5 à 0,8 cm pour éviter toute fissure. La finition est brossée (à la brosse métallique) lorsque l'enduit commence à faire sa prise. »

Comparatif du temps de mise en œuvre d'un enduit extérieur chaux

Utilisation du sablon
Projection à la main
Utilisation d'une machine à enduire

	GOBETIS MIN/M²	COUCHE DE CORPS MIN/M²	NOMBRE DE PERSONNES
Claire et Alexandre	20	55	3
Philippe et Sylvie Chap.3	18	45	3
Alain Richard	20	55	2
Céline et Nicolas	20	60	3
Norbert et Élodie	25	45	3
Cécile et Florian Chap.12	35	75	3
Florent et Marie Chap.4	17	50	6
Éric et Stéphanie	13	26	5
Tony et Manu	26	26	2
Temps moyen	32	62	

Conclusion

Le temps d'application ne varie pas entre une application manuelle et une application à l'aide d'un sablon. Ceci s'explique par le nombre de personnes et la manutention demandée lors de l'utilisation du sablon.

Eyrolles.

Le nombre de personnes est couramment de trois sur un chantier. L'application des enduits au sablon mobilise trois personnes au minimum, voire plus ; l'application à la main, une à trois personnes (pas de contrainte minimale de main-d'œuvre).

La recette utilisée par Bâtisse & Co pour le Crer, ERP en Deux-Sèvres, dont le mur nord est isolé en paille (voir le focus sur les fiches d'autocontrôle du chapitre 4)

- Gobetis : 1 vol. NHL 5 pour 2,5 vol. de sable (0/4)
- Corps : 1 vol. NHL 3,5 pour 3 vol. de sable (0/4) + trame (voir conseil pro)
- Finition : 1 vol. NHL 3,5 ou NHL 2 pour 3,5 vol. de sable (0/4) riche en argile (teinte)

Temps passé pour 72 m² de surface réelle (pas de gestion d'ouverture)

Botte à chant (donc gobetis plus compliqué à mettre en œuvre)

COUCHE	NOMBRE D'HEURES	MIN/ M²	TYPE D'APPLICATION	NOMBRE DE PERSONNES
Gobetis	32	26	Manuelle, taloche	2 pros à la main
Couche de corps en 2 passes	32	26	Manuelle, taloche	2 pros à la main
Finition	40	33	Manuelle, taloche et brosse métallique	2 pros à la main

12.45

Particularités :

- échafaudage de façadier installé sur toute la façade ;
- spécialiste des enduits chaux ;
- gestion des enduits simples car bandeaux en bardage pour les fenêtres.

La recette utilisée par Ludovic et Virginie (chapitre 2)

- Gobetis : 7 seaux de sable pour 1 sac de chaux
- Couche de corps : 1/3 vol. CL 90 + 2/3 vol. NHL 3 pour 3 vol. sable de Vienne 0/4

Le sable de rivière, ici sable de Vienne, est à privilégier par rapport au sable de carrière. N'étant pas concassé, il est de forme plus ronde et « roule » plus facilement sous la taloche ou la règle. Le sable de Loire convient aussi, avec des teintes ocres, alors que celui de Vienne tend vers le jaune.

Temps passé pour une surface de 117 m² (mur nord non compris de 39 m²) avec 91 m² hors ouvertures

COUCHE	NOMBRE D'HEURES	MIN/ M²	TYPE D'APPLICATION	NOMBRE DE PERSONNES
Gobetis + dégrossi			Au sablon	1 projette 1 charge 1 fait la colle
Couche de corps	168	86	Au sablon	Sur 3 jours à 7 personnes

Particularité : échafaudage fixe de professionnels permettant un travail en toute sécurité.

Les plus : Jean-Michel et Laurent sont venus avec leur précieux savoir-faire pour enduire sur la paille, une bonne connaissance de la chaux et aussi un sérieux coup de règle.

12.46

M. Drochon Mlle Passebon

Eyrolles.

La recette utilisée par Cécile et Florian (chapitre 12)

- Gobetis : 1 vol. NHL 3,5 pour 2 vol. de sable de Vienne
- Couche de corps : 2/3 vol. NHL 3,5 + 1/3 vol. CL 90 pour 3 vol. de sable de Vienne
- Finition : à faire

Temps passé pour une surface de 157 m² environ

COUCHE	NOMBRE D'HEURES	MIN/ M²	TYPE D'APPLICATION	NOMBRE DE PERSONNES
Gobetis + dégrossi (attention, prévoir protection)	96	37	Au sablon	3
Couche de corps	192	75	Au sablon	3
Finition	À faire par pro.			

Particularité : maison à étage, murs nord et ouest protégés par un préau

Paille	560	210	À la main	4

12.47 M. Migault

Tracteur + benne pour le transport du sable
Compresseur pour le sablon
Bétonnière électrique

La recette utilisée par Stéphanie et Xavier (chapitre 9)

- Gobetis : 1 vol. NHL 3,5 pour 2 vol. de sable
- Couche de corps : 1/2 vol. NHL 3,5 + 1/2 vol. CL 90 pour 3 vol. de sable de Vienne
- Finition : 1 vol. NHL 2 + 3 vol. de sable 0/2

Temps passé pour une surface de 177 m² environ

COUCHE	NOMBRE D'HEURES	MIN/ M²	TYPE D'APPLICATION	NOMBRE DE PERSONNES
Gobetis Couche de corps	Données manquantes		Au sablon	
Protection ouvertures	4			
Finition (par pro.) talochée, épongée	112	38	À la main	2 jours de 8 h à 3 personnes 1 jour de 9 h à 4 personnes 1 jour de 7 h à 4 personnes

Particularité : utilisation d'un échafaudage professionnel

12.48

Eyrolles.

13 Une maison et sa phyto-épuration, au cœur d'un éco-hameau

Ce projet est avant tout une aventure humaine et idéologique qui voit enfin le jour, au terme de plusieurs années de démarches.

La propriétaire, Anne-Marie, est venue avec sa maquette pour présenter sa future maison. Elle était accompagnée d'Alain Richard, connu pour sa longue expérience professionnelle dans le milieu de l'écoconstruction. Il a d'ailleurs accompagné et suivi le projet et également réalisé une bonne partie des travaux. C'était l'occasion pour lui, qui n'en était pas à sa première construction paille (environ 60 projets menés) de mettre en œuvre la technique de construction bois et paille.

La rencontre a eu lieu à la fin de l'élaboration de son projet, alors que le PC était déjà accepté, situation n'étant pas des plus faciles pour travailler sur les plans (d'autant plus qu'ils étaient conçus et pensés pour un projet de type briques monomurs). Il a donc fallu ajuster le projet (complexe de solivage, hauteur sous plafond...).

C'est le projet le plus rapide en termes de réalisation : huit mois se sont écoulés entre le début des travaux de terrassement et l'emménagement dans une maison finie ! Un tel délai n'est possible que si le projet a été très bien anticipé, avec une phase de conception importante. Il s'agissait également de la deuxième maison de l'éco-hameau. Toutes les personnes étaient disponibles pour le projet d'Anne-Marie.

Autre avantage, le projet étant autofinancé, il a pu être lancé rapidement, ce qui a permis à l'ensemble des artisans d'étaler leurs différentes interventions au sein de l'éco-hameau et de valider des techniques auprès des auto-entrepreneurs présents pour les chantiers à suivre.

En conclusion, le projet est une belle maison, avec une volumétrie optimisée, permettant de limiter le volume à chauffer. Pour ce premier hiver, elle a consommé deux stères de bois uniquement ! Encore un projet performant digne d'une maison basse consommation et qui pourtant ne respecte pas tous les critères « administratifs ».

Les avantages et les inconvénients

Les plus :

- un professionnel a coordonné et organisé l'ensemble des travaux, permettant un gain de temps et une qualité de réalisation incomparables ;
- les gens disponibles dans le nouvel éco-hameau ;
- un autofinancement qui facilite les interventions des artisans ;
- une belle volumétrie.

Les moins :

- un projet déjà élaboré et un PC accepté qui rendent les travaux sur plans moins aisés ;
- des plans conçus et pensés pour un projet de type briques monomurs ;
- façade sud vitrée et fabrication maison.

13.1

13.1
Maison bois et paille à Bernay-Saint-Martin (17)

Eyrolles.

La genèse du projet

Le projet d'Anne-Marie s'enracine dans le désir de développer un habitat groupé, respectueux de l'écologie et de l'humain :

« Depuis le début de l'aventure (2007 !), il y a eu, comme dans tout projet, quelques sorties et de nouvelles entrées... les situations personnelles ou professionnelles exigeant parfois des changements de cap ! Malgré tout, un noyau solide a permis que ces changements se fassent dans de très bonnes conditions. À ce jour, nous sommes six hommes, sept femmes et un enfant (neuf «célibataires» et deux couples). Les rencontres mensuelles, les moments festifs, les chantiers, nous ont permis de bien nous connaître et de tisser des liens solides. Si nous avons en commun de partager, évidemment, tous les points qui apparaissent dans la charte, nous avons aussi nos différences qui sont autant de richesses à partager. »

À la retraite, cette femme souhaite s'investir dans la construction de sa maison, en choisissant les différents matériaux utilisés et les artisans intervenants. De plus, elle donnera la main sur de menus travaux lors des chantiers participatifs. Toutefois, une grande part de son énergie sera prise par la logistique des travaux et des chantiers participatifs (repas et hébergement pour de nombreuses personnes).
Le projet de l'éco-hameau a mis cinq ans à sortir du sol. Cinq longues années de réflexion et d'actions, pour arriver à mettre ses rêves en forme. Ce n'est pas seulement une maison, mais un projet global, unissant des hommes et un lieu.

Portrait du projet

Maître d'œuvre et maître d'ouvrage : Anne-Marie, la propriétaire
Dessinateur : Anne-Marie et mise en forme par l'architecte N. Lambert

M. Martin

Terrassement, fondations, maçonnerie, couverture : Ets Janny Robert
Charpente : SARL Bois et Paille

Fournisseur paille : M. Rousseau, agriculteur bio
Formation paille : E. Fruchard
Murs paille et second œuvre : M. Richard
Électricité : Ets Ecodomotik
Plomberie : M Kbida
Menuisier : M.Baron
Gouttières : M.Harel
Surface : 120 m² habitables
Budget :
- 1 844 € TTC/m² Shon
- 1 135 € TTC/m² Shob
- 584 € TTC/m³ chauffé

Eyrolles.

La chronologie

Principes d'un éco-hameau : terrains et plans

La genèse du projet prend sa source en juin 2007, au moment où une quinzaine de personnes décident de vivre l'expérience riche et forte de construire leur lieu de vie en commun, pour vivre différemment.
Déjà un terrain est repéré, répondant à leurs attentes... Malheureusement, les recherches reprennent quand les contraintes imposées par les architectes deviennent trop pesantes.
En décembre 2007, l'association Hélioterre est créée ; une quarantaine de terrains sont visités, trois sont retenus. Le groupe doit trouver un « terrain » d'entente !

Les caractéristiques

En juin 2008, la décision est prise : l'éco-hameau fera ses racines à Saint-Martin-de-la-Coudre, sur un terrain idéalement exposé. Le maire est favorable à ce projet et l'agriculteur vendant le terrain se chargera de la viabilisation. Le travail peut continuer. En effet, la création d'un tel projet représente un fort investissement en temps et en énergie et « l'ordre du jour de chaque réunion mensuelle est toujours bien fourni ». Malgré des freins rencontrés à certains niveaux (ERDF, Syndicat des Eaux...) et des lenteurs administratives, les bases de l'éco-hameau restent solides : le traitement des eaux usées se fera par phyto-épuration (obligeant à l'utilisation de toilettes sèches) et chacun restera libre de choisir son principe constructif. Mais il n'y a pas que des obstacles : les futurs habitants ont été soutenus par la mairie et la sous-préfecture de Saint-Jean-d'Angély, ainsi que par l'architecte conseil. Au fur et à mesure de l'avancée du projet, chacun vient s'installer sur la commune ou aux alentours ; cette période de location permet déjà de tisser des liens, de s'inscrire dans le territoire bien avant la construction, tout en facilitant les démarches.
Les futurs éco-habitants organisent, tout au long du projet, des moments de partage afin de continuer à construire ensemble une belle relation (vacances dans le Jura, soirées...).
En juillet 2011 a été donné le premier coup de pelle pour la viabilisation.
En septembre 2011, le premier permis de construire est déposé.

13.4 Atelier Lambert

13.5 M. Martin

13.4 et 13.5
En janvier 2012, la maquette de l'éco-hameau est construite.

En mars 2012, neuf compromis de vente sont signés. Les artisans ont commencé à être contactés dès 2011.

« Un des moments les plus délicats est le passage à l'acte : quand il faut ouvrir le porte-monnaie, et s'engager véritablement ! C'est la phase où il faut se défendre auprès des banques et prendre des risques ! »

Eyrolles.

Actuellement, il reste un terrain disponible sur l'éco-hameau ; six maisons sont construites et deux nouvelles maisons sont en cours de construction. La moyenne d'âge est de 55 ans et les éco-habitants espèrent voir venir des personnes plus jeunes, avec des enfants, afin de favoriser la mixité sociale et intergénérationnelle.

Il leur a fallu beaucoup de persévérance pour en arriver là aujourd'hui ; nous allons suivre plus particulièrement l'évolution de cette maison bois et paille, mais c'est d'une aventure collective dont on parle.

Chronologie des travaux

Conception projet et acceptation PC : de juin 2007 à avril 2012 – 58 mois

Gros œuvre (fondations, maçonnerie, charpente…) : d'avril 2010 à juin 2012 – 3 mois

Paille : juillet 2012 – 1 mois

Enduits + second œuvre et finitions : août 2012 à novembre 2012 – 4 mois

Exemples de temps effectif de travaux réalisés

ACTION	HEURES CUMULÉES	SURFACE VIDE POUR PLEINS EN M²	MINUTES/M²
Mise en œuvre des murs paille par les auto-entrepreneurs et en chantier participatif	415	180	138
Gobetis et couche de corps par les auto-entrepreneurs	541	180	180
Finition par les auto-entrepreneurs	263	180	88

La charte

La charte de l'éco-hameau : charte habitat regroupé en écoquartier

Voici la charte définissant les attentes de cet habitat groupé en écoquartier.

Principaux objectifs

- S'engager dans la diminution de l'empreinte écologique à tous les niveaux.
- Adhérer à un projet d'habitat regroupé permettant de concilier des espaces de vie privés avec la mutualisation d'espaces et d'équipements collectifs.
- Favoriser le lien social à l'intérieur de l'écoquartier et avec l'environnement dans lequel il est inséré.

Présentation générale

Le projet s'inscrit au sein d'un village et non comme élément isolé. Il se présente comme un élément original permettant de pousser aussi loin que possible la démarche environnementale et sociale.

Les personnes qui s'inscrivent dans ce projet partagent les trois objectifs définis ci-dessus.

Chaque personne ou famille dispose de son habitat privé. Il n'y a pas de prérequis idéologique pour partager ce projet, si ce n'est de se retrouver dans les trois objectifs de la charte. Notre projet n'est pas celui d'un habitat communautaire. Nous sommes dans un cadre comparable à celui d'une résidence privée, avec des appartements privés et des parties communes en copropriété gérées collectivement.

La construction d'un écoquartier implique que les personnes qui s'y engagent, partagent une direction commune, des objectifs communs. Direction signifie « aller vers » : il ne s'agit donc pas d'imposer un modèle ou des normes. Cependant, quelques curseurs concrets peuvent nous servir de points de repère. Ces curseurs sont définis collectivement dans un document annexe, évolutif en fonction du mûrissement du projet.

Objectifs partagés

Dimension environnementale

Les bâtiments : bâtiments sains à énergie renouvelable ; exemples de moyens envisageables :

- conception bioclimatique ;
- bâtiments économes ;

Eyrolles.

- utilisation des énergies renouvelables ;
- utilisation de matériaux de construction sains et autant que possible locaux.

Les terrains :
- pas d'utilisation de pesticides ;
- recherche de pratiques d'aménagement paysager et/ou cultural se fondant sur les principes de l'agrobiologie.

L'eau :
- eau potable de qualité, gestion économe de l'eau, rejet des eaux usées épurées (phyto-épuration) ;
- récupération et traitement écologique des eaux de pluie.

Les transports :
- forte réduction de la consommation d'énergie fossile ;
- utilisation du vélo ;
- organisation de covoiturage.

Les déchets :
- réduction de la quantité de déchets sortants ;
- lieux de tri et de compostage.

Dimension collective

Il s'agit ici de penser un ou des projets d'habitat regroupé pour 5 à 15 foyers. Chacune de ces unités autonomes recherchera à concilier des habitations à usage privé et la réalisation d'espaces partagés par tout ou partie des habitants.

Les espaces collectifs seront utilisés sur réservation et selon les besoins : salles polyvalentes, espaces créatifs, équipements collectifs (buanderie, local de tri et recyclage des déchets, local de bricolage, entretien, réparation, cabane de jardin…).

Ces parties et équipements collectifs complètent les espaces privés : petites maisons et maisons-appartements peu consommatrices d'espace, économiques dans leur réalisation et leur entretien.

Il s'agit de mutualiser les moyens pour éviter la surconsommation.

L'habitat est conçu pour favoriser les échanges.

L'habitat regroupé a pour avantage espéré de favoriser les échanges au quotidien : revenir à une forme de partage intergénérationnelle qui dépasse le cadre de la famille parents-enfants, entre les habitants de l'écoquartier et avec les habitants de la commune dans laquelle s'intégrera la structure. Pas question pour autant de fonder une communauté. Le partage d'espaces et de projets collectifs est toujours laissé à la libre appréciation de chacun. L'insertion dans un tissu social est aussi la raison qui nous conduit à construire en lisière d'un village. Nous souhaitons participer activement à l'animation de ce bourg tout en bénéficiant des équipements collectifs dont il est doté.

En résumé

Les trois objectifs définis au début de la charte sont interdépendants. Le point de départ pour tendre vers ces résultats est un urbanisme, une architecture et une construction adaptés.

Les futurs résidents sont cooptés sur la base de la charte commune. Chaque participant doit être porteur des valeurs de la charte et doit essayer de les mettre en œuvre. Il le fera à sa façon, avec ses priorités et ses compromis (la recherche, pour chacun, d'un mode de vie conforme à des valeurs coopératives et responsables ne se décrétant pas).

Ce que nous mettons en œuvre par ce projet relève de la volonté personnelle de chaque participant dans son désir de parvenir à une plus grande cohérence entre ses valeurs et ses choix de vie.

La maison et le rôle de l'architecte

La propriétaire a déjà restauré une maison en ruines de A à Z. Sachant très bien quel volume elle souhaite occuper et quel espace doit prendre sa maison, elle dessine entièrement ses plans. Toutefois, afin de donner du poids et du sérieux au projet de l'éco-hameau, elle souhaite faire formaliser ses plans par un cabinet d'architecte.

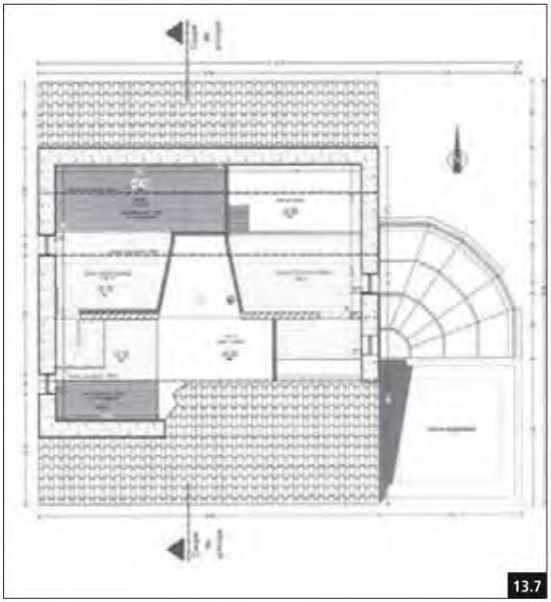
L'échange avec l'architecte se passe bien, dans le respect des idées et de ses choix éthiques.

La surface habitable de la maison est environ égale à 120 m² seulement, car la plus grande partie de l'étage n'est pas prise en compte. En effet sont considérées comme surfaces habitables les surfaces ayant au minimum 1,80 m de hauteur sous plafond. L'étage est aménagé sous rampant, ce qui permet presque de considérer que la surface « habitable », en comptant l'étage, équivaut à la surface Shob, soit 195 m². Cela change évidemment tout !

Eyrolles.

Atelier Lambert

13.6


Atelier Lambert

13.7

L'architecte peut être perçu comme le grand maître de la construction, d'autres le considèrent comme un individu qui prend beaucoup d'argent en se faisant plaisir avec de jolis coups de crayon. Et bien ce n'est ni l'un ni l'autre.

En effet, l'architecte a son rôle dans la construction, tout comme chaque intervenant. Et, lorsqu'il s'agit d'un projet collectif, il faut créer un esprit transversal et un partenariat entre les entreprises, l'architecte et le maître d'ouvrage, dès les premières esquisses du projet. Il faut que chacun ait une vision globale du projet, de ses contraintes et du cahier des charges, afin de proposer un projet cohérent et maîtrisé.
Une telle démarche est bien présente sur des projets à caractère environnemental fort et à haute performance thermique. Mais ce n'est pas toujours le cas sur les projets de particuliers...
Pour conclure, il est conseillé de choisir un architecte qui s'appuie sur tous les acteurs de la construction, voire qui s'implique dans la démarche de l'éco-hameau.

Le terrain et les fondations

Les travaux ont commencé par la viabilisation du terrain, prise en charge par le vendeur. La phyto-épuration mise en œuvre est un point fort dans la réalisation de ce projet.
La maison est la deuxième à se construire, après l'écoquille d'Alain Richard, spécialiste en écoconstruction.

13.8

13.6
Rez-de-chaussée

13.7
Étage

Eyrolles.

Les fondations parpaings/dalle béton ont été réalisées et les charpentiers ont taillé la structure poteau poutre en atelier.

13.9

La charpente et la couverture

En quinze jours durant le mois de mai, la structure poteau poutre en douglas est levée, les chevrons sont posés, ainsi que le panneau isolant pare-pluie et la volige pour les débords de toit... La structure est prête à recevoir la couverture.

13.10

13.11

Pose de la couverture

Les travaux s'enchaînent rapidement, des professionnels intervenant pour la pose de la couverture et des gouttières et les travaux de second œuvre étant encadrés et réalisés par Alain Richard. Les lisses basses sont installées, ainsi que les précadres des ouvertures.

Le 28 juin, la paille arrive !

La paille

Deux semaines de chantier participatif sont organisées début juillet pour la pose de la paille. Avec, au départ, une demi-journée de formation afin de s'assurer de la bonne mise en œuvre des bottes de paille.

13.12

M. Martin

Eyrolles.

Éco-hameau et chantier participatif

Mise en place et fonctionnement

La mise en place de chantiers participatifs rentre tout à fait dans la philosophie et l'éthique de l'éco-hameau : partage, échange, apprentissage, convivialité... L'organisation de ces chantiers a toutefois été l'objet de nombreux débats lors des réunions mensuelles des habitants, notamment en ce qui concerne les questions financières. En effet, de nombreuses « formules » existent pour les chantiers participatifs : accueil gratuit, formation par un professionnel en échange d'une participation financière, engagement pour une durée déterminée, « obligation » de travailler six heures en échange du couvert et du gîte...

Il a été décidé au sein de l'éco-hameau d'organiser un chantier de six jours consécutifs, en demandant une participation financière aux bénévoles pour les repas. Les personnes s'engageant sur le chantier bénéficient de la formation d'un professionnel compétent, doivent rester les six jours, sont logées gratuitement et donnent une petite participation pour les repas.

Ces décisions n'ont pas forcément été faciles à prendre ; toutefois, pour qu'un chantier participatif fonctionne bien, il est impératif de l'organiser. De tels chantiers demandent « de l'humanité, de la rigueur et de l'ouverture ». Il faut donc savoir s'adapter aux différentes personnes, tout en définissant un cadre de travail.

L'expérience reste enthousiasmante, mais le travail en collectif n'est pas des plus faciles. De plus, il faut vraiment être encadré par une personne compétente (professionnelle ou pas), afin de mener à bien les tâches demandées.

La propriétaire regrette également (d'une manière générale) de ne pas avoir été plus présente sur le chantier : elle a dû faire face à la logistique du repas des travailleurs.

En moyenne, les tablées comptaient huit à dix personnes ; on tombe vite alors dans la spirale « courses-cuisine-vaisselle ». Mais là encore, la structure de l'éco-hameau permet de ne pas être seul. L'esprit coopératif a fonctionné à plein régime et une personne a toujours été présente pour l'aider à la préparation des repas.

Lors du chantier participatif, les bénévoles ont également été logés chez les uns et les autres, dans un bel esprit d'accueil et de solidarité.

13.13 M. Martin

13.14 M. Martin

13.13 et 13.14
Tous les moyens sont bons pour mettre la paille en place.

Deux chantiers participatifs étaient prévus durant l'été : un pour la paille, l'autre pour les enduits. Au final, seul le chantier participatif paille a eu lieu, faute de participants pour le deuxième. Personne n'a vraiment pris le temps de diffuser l'information et de faire fonctionner les réseaux.

Eyrolles.

Assurer son chantier et ses chantiers participatifs

Il est tout à fait recommandé d'assurer son chantier, afin de se prémunir en cas d'accident. Se renseigner auprès de sa propre assurance, afin de connaître les démarches à suivre pour couvrir le travail en autoconstruction sur le chantier, pour soi et tous les bénévoles qui peuvent passer.

Certaines associations d'autoconstructeurs garantissent les activités de leurs adhérents, à l'exemple de l'association les Fourmis'Colos. Dans le cas présent :

« L'association a souscrit un contrat de responsabilité civile (RC) auprès de la Maif. Ce contrat garantit les activités de l'association, par exemple les réunions qui sont organisées, également les activités liées à l'objet social de l'association pour les membres adhérents. Ainsi ont été déclarés les activités de l'association ou les chantiers participatifs, les formations qui seraient organisées par l'association. Lorsqu'une «fourmi» demande une aide sur son chantier, l'assurance de la Maif la garantit en RC pour tous les membres de l'association qui participent, en cas d'accident. Il n'est pas nécessaire de faire une déclaration de chantier préalablement. »

Anne-Marie, adhérente de cette association, a offert l'adhésion aux bénévoles présents sur son chantier, leur garantissant ainsi une couverture en cas d'accident... et leur ouvrant les portes d'un réseau d'autoconstructeurs actifs et engagés.

Coordination et encadrement

Les chantiers participatifs forment une part importante de la construction écologique et de la construction paille. Ils ont permis de diffuser l'information et l'image positive de la paille, grâce à ces moments de découverte, de transmission de savoir et de travail productif.

Attention, le maître d'ouvrage d'un chantier participatif est là pour recevoir les gens (organiser les repas, l'accueil, l'aménagement des toilettes...). Il est responsable de la sécurité du chantier et des personnes, et doit veiller à assurer son chantier, comme décrit plus haut. De plus, les gens qui participent n'ont pas forcément d'expérience professionnelle ; il faut prévoir de passer du temps à expliquer et apprendre les bons gestes... et surtout, être disposé à accepter les erreurs des autres et les manières de faire de chacun. Dans l'autre sens, les personnes stagiaires doivent accepter d'être accueillies dans des conditions de chantier. Ne s'agissant pas d'une formation classique dans un centre de formation, il faut se préparer à apprendre, via une personne qui n'est pas forcément très pédagogue. Il faut être attentif aux consignes de sécurité et respecter les choix du maître d'ouvrage, en se rappelant que c'est son projet et sa maison.

Le conseil en plus

Il peut être très compliqué pour un propriétaire de transmettre un savoir-faire, souvent peu maîtrisé, et d'organiser tout le reste. Il est préférable de déléguer et faire encadrer les chantiers participatifs par un professionnel formateur qui saura prendre en charge la dimension pédagogique. Le professionnel apportera qualité et gain de temps supplémentaire.

Les murs et les cloisons

Début août, la pose de la paille est terminée et le travail d'arasement des murs réalisé.

13.15 M. Martin

Eyrolles.

M. Martin

13.16

Début août, le gobetis chaux/sable sur les murs intérieurs est également terminé. On peut noter une fois de plus les protections installées sur les bois.

M. Martin

13.17

Les cloisons en briques sont mises en œuvre.

Les filets de protection

Les travaux continuent de défiler.

Le 27 août, le corps d'enduit recouvre le gobetis, les cloisons du rez-de-chaussée sont montées, prêtes à être enduites. Des filets brise-vent protègent les façades ouest et sud.

Les filets protègent le mur paille de la pluie ; ils serviront également à protéger l'enduit à la chaux de tout délavement et à assurer une meilleure ventilation pour son séchage.

13.18

L'option des bâches et ses inconvénients

Les fameuses bâches que l'on voit sur tous les chantiers, bleues, noires, vertes... ne représentent pas une option satisfaisante :

- elles sont peu résistantes lors de vents violents ;
- elles ne permettent pas une bonne ventilation quand l'enduit est appliqué ;
- elles sont toujours posées contre le mur pour permettre un maintien correct et doivent par conséquent être relevées pour travailler, ce qui nécessite de la manutention supplémentaire.

Eyrolles.

La solution des filets et ses avantages

Cela fait des années qu'on recherche une solution simple, efficace et à coût réduit pour protéger les murs paille en cours de travaux.

Une solution en deux temps a été trouvée et mise en place sur le chantier de ce projet :

- création d'une structure légère en bois d'ossature, posée en haut sur les chevrons et en bas directement sur le sol ;

13.19

- maintien des filets par le vissage de tasseaux contre les bois d'ossature.

Les avantages de la pose des filets :

- une grande accessibilité pour travailler et poser un échafaudage ;
- des filets spéciaux permettant de laisser passer le vent, mais coupant la frappe d'eau ;
- la ventilation du support (entre autres pour le séchage de l'enduit) ;
- le passage de la lumière : on peut donc les laisser en place pour travailler ;
- la protection contre les rayons du soleil (ombrage), qui évite le séchage trop rapide de l'enduit ;
- un filet peu cher et réutilisable si la mise en œuvre est soignée.

Les enduits

Courant août et septembre, les enduits à la chaux sont réalisés à l'extérieur.

Tous les travaux sont menés de front par une équipe d'auto-entrepreneurs, dirigée par Alain Richard. Chacun est payé en fonction de ses compétences et de ses qualifications. Il est toutefois intéressant de noter cette particularité. Afin de bien montrer les différences de budget générées par l'emploi d'auto-entrepreneurs ou de professionnels, nous allons comparer les prix pratiqués.

Mise en œuvre des enduits par des auto-entrepreneurs (pour 180 m² de murs, hors ouvertures) Coût de la main-d'œuvre hors matériaux

DÉNOMINATION	TEMPS DE TRAVAIL EN HEURES	BUDGET TTC EN EUROS	HEURES/M²	EUROS TTC/M²
Gobetis et couche de corps	541	8 066	3,01	44,81
Enduits de finition	263	5 060	1,46	28,11
Total des 3 couches	**804**	**13 126**	**4,47**	**72,92**

Mise en œuvre des enduits par des professionnels (pour 180 m² de murs, hors ouvertures) Coût de la main-d'œuvre hors matériaux

DÉNOMINATION	TEMPS DE TRAVAIL EN HEURES	BUDGET TTC EN EUROS	HEURES/M²	EUROS TTC/M²
Gobetis et couche de corps	189	9 221	1,05	48,79
Enduits de finition	162	6 781	0,90	41,86
Total des 3 couches	**351**	**16 002**	**1,95**	**90,65**

Eyrolles.

Nous pouvons remarquer que les professionnels mettent moins de temps pour la mise en œuvre que les auto-entrepreneurs, ce qui s'explique par l'habitude et l'expérience acquises tout au long des chantiers.

Prix unitaire des matériaux/m², vendus par un artisan (prix HT avec marge)

DÉNOMINATION	MATÉRIAUX	U/M²	PU HT EN EUROS	EUROS/M2
Gobetis	Sable 0/4 m³	0,001 0	42	0,43
Gobetis	Chaux NHL 3,5 ; sac de 35 kg	0,155	12,70	1,968
Couche de corps	Sable 0/3 m³	0,029 6	43	1,27
Couche de corps	Chaux NHL 2 ; sac de 25 kg	0,38	12,90	4,9
Finition	Sable 0/2 m³	0,017 5	44	0,77
Finition	Chaux NHL 2 ; sac de 25 kg	0,14	12,90	1,80

Mise en œuvre des enduits par des professionnels
Coût de la main-d'œuvre hors matériaux

DÉNOMINATION	MINUTES/M²	HEURES/M²	PU HT EN EUROS	EUROS HT/M2
Gobetis	12	0,20	39	7,80
Couche de corps	51	0,85	39	33,00
Finition	54	0,9	39	35,00

Mise en œuvre des enduits par des professionnels
Coût de la main-d'œuvre et et des matériaux/m²

DÉNOMINATION	MATÉRIAUX HT EN EUROS	TEMPS DE TRAVAIL EN HEURES	TOTAL HT EN EUROS	TOTAL TTC EN EUROS
Gobetis	2,40	7,80	10,2	12,20
Couche de corps	6,17	33,00	39,17	46,85
Finition	2,57	35,00	37,57	44,93
Total	**11,14**	**75,80**	**86,94**	**103,98**

Eyrolles.

Les professionnels prennent, en moyenne et en règle générale, 38 à 45 € HT/heure. Dans le cas présent, le coût horaire est de 39 € HT/m².
Attention, le prix des enduits est compris en général entre 70 et 90 € HT/m² (soit entre 84 et 108 € TTC/m²) ; ce prix dépend :
- du nombre de mètres carrés à couvrir (plus la surface est grande, plus le prix sera diminué) ;
- de la complexité (courbe, angle saillant...) ;
- du nombre et du type d'ouvertures ;
- de l'accès de la maison (plain-pied ou étage nécessitant un échafaudage) ;
- de la planéité du support paille ;
- des choix de finition ;
- de l'expérience du professionnel.

Le statut d'auto-entrepreneur existe depuis 2008 et est beaucoup décrié par les confédérations du bâtiment. Il s'agit cependant d'un statut qui perdure et qui, pour certaines activités, peut être intéressant. Le coût facturé d'un auto-entrepreneur varie entre 25 et 35 euros TTC.
Si vous employez un auto-entrepreneur, il faut bien vérifier ses compétences sur le travail demandé, ainsi que ses garanties décennales. Les travaux de gros œuvre, en cas de sinistre, coûtent très cher...

13.20

Les finitions

Octobre : le mois des finitions. Les meubles de cuisine en hêtre et les escaliers, commandés à un artiste (S. Kramp), sont installés. Le sol en pierre ancre définitivement cette maison au sol. Anne-Marie ressent vraiment le besoin, pour se sentir bien dans sa maison, d'être entourée par une structure et un sol solides ! Une maison bien charpentée, dans laquelle elle emménage au mois de novembre, soit huit mois après le début des travaux !

13.21

Au moment de l'emménagement, il ne reste que quelques finitions à réaliser (véranda et finitions du cellier). Anne-Marie souhaite faire elle-même une deuxième couche de finitions à l'intérieur, pour varier les couleurs et les matières. Elle prendra le temps de s'approprier « ces espaces de créativité ». Après tous ces mois de grande énergie et de grosse activité, Anne-Marie subit un petit contrecoup... Le temps d'apprivoiser sa nouvelle maison et de laisser le printemps arriver !

13.22

M. Martin

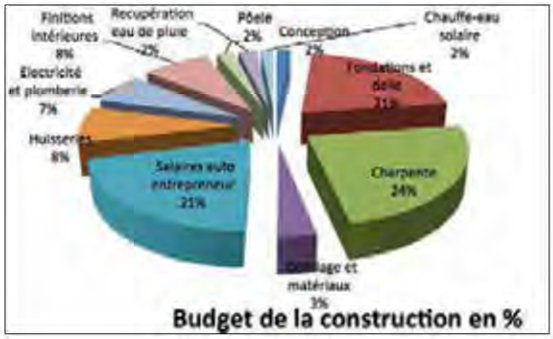
Eyrolles.

Ce qui est chouette dans la maison d'Anne-Marie, c'est qu'on peut monter par un escalier, passer dans les différentes pièces de l'étage... et redescendre par le deuxième escalier, de l'autre côté de la maison... on peut circuler de manière... circulaire !

Le budget

La répartition des coûts

Le prix de revient de la construction est égal à 1 844 € TTC/m² Shon. Cela reste un prix de revient tout à fait acceptable, quand on prend en considération le choix d'une cuve de récupération d'eau de pluie et d'un chauffe-eau solaire, ainsi que le salaire des différents intervenants. Nous insistons également sur le fait que la surface habitable est de 120 m², du fait d'une hauteur sous plafond inférieure à 1,80 m à l'étage. Toutefois, considérant l'aménagement sous rampant des différentes pièces de l'étage, on pourrait estimer que la surface habitable est plutôt de 195 m², ce qui équivaut à un prix de revient de 1 135 € TTC/m², difficile à concurrencer pour une réalisation de cette qualité.



Budget de la construction en %

Il est intéressant de noter, sur ce projet qui ne comporte aucune autoconstruction (mais un chantier participatif), que le coût du salaire des auto-entrepreneurs représente 46 275 euros, soit 21 % du budget global. Les postes mur paille et enduits ne sont pas ici détaillés dans le budget, dans la mesure où ils sont englobés dans les deux secteurs salaire auto-entrepreneurs et outillage/matériaux. On peut tout de même spécifier que le coût de la mise en place de la paille par les auto-entrepreneurs revient à 4 530 euros. On peut également ajouter que, grâce à des achats en gros dans le cadre de l'éco-hameau, le coût des matériaux a pu être diminué.

Budget global de la construction de la maison

NATURE DES TRAVAUX	PRIX TTC
Conception	3 830 €
Fondations et dalle	46 350 €
Charpente	53 420 €
Salaire des auto-entrepreneurs	46 275 €
Huisseries	17 760 €
Électricité et plomberie	14 550 €
Outillage et matériaux	7 480 €
Finitions intérieures	18 380 €
Poêle	4 700 €
Récupération de l'eau de pluie	5 160 €
Chauffe-eau solaire	3 360 €
Total	**221 265 €**
Prix/m² Shon	**1 844 €**
Prix/m² Shob	**1 135 €**
Prix/m³ chauffé (379 m³)	**584 €**

Eyrolles.

Les toilettes sèches et la phyto-épuration

Dans le cadre de ce projet, les habitants de l'éco-hameau souhaitent avoir une empreinte la plus faible possible sur leur environnement. Ce souhait s'inscrit dans une démarche de vie globale.
C'est donc tout naturellement qu'ils se sont orientés vers l'installation de toilettes sèches chez eux, ainsi que d'une épuration des eaux ménagères par des filtres plantés (ou phyto-épuration).
La gestion de cette partie des travaux a été menée par le vendeur du terrain lui-même, qui s'était engagé à viabiliser la parcelle et, donc, à créer l'assainissement.

Aquatiris

13.23

Les démarches pour créer une phyto-épuration pour un tel hameau sont spécifiques ; nous mettrons ici l'accent sur un exemple d'un type de phyto-épuration individuelle (de type Eau Vivante – voir bibliographie), applicable à une famille équipée de toilettes sèches à litière.

Les toilettes sèches à litière biomaîtrisée (TLB)

Le principe

L'utilisation des toilettes sèches à litière biomaîtrisée (TLB) est très simple et facile.
Déposer dans le seau environ 5 cm de sciure au départ, puis à chaque visite ajouter environ une tasse de sciure.
L'idéal est d'utiliser de la sciure mélangée à des copeaux de bois, car la sciure absorbe les odeurs tandis que les copeaux de bois permettent au compost une bonne aération.
On peut y mettre le papier hygiénique dans la mesure où il est sans colorant et non parfumé.
Le seau peut être en inox, mais cela n'est ni nécessaire, ni obligatoire. Une fois le seau plein, il est vidé sur le carré à compost, puis nettoyé avant réutilisation.

Les différents types de toilettes (à litière, à séparation, à déshydratation, à lombricompostage...)

Quand on parle de toilettes sèches, on se trouve parfois confronté à des réactions excessives ! Les gens imaginent les toilettes d'antan, au fond du jardin, malodorantes et insalubres. Cette image est totalement fausse.
Le choix des toilettes sèches vaut pour trois bonnes raisons :

- ne pas polluer l'eau ;

Eyrolles.

• ne pas appauvrir le cycle de transformation de la matière (en ne valorisant pas nos déchets organiques) ;
• économiser l'eau, souvent potable.

Il existe différents types de toilettes sèches, nécessitant ou pas un vidage régulier du seau. Chacun peut donc trouver la solution qui lui conviendra ! Les toilettes sèches sont d'ailleurs officiellement reconnues par la réglementation française depuis septembre 2009.

Ce type de toilettes n'est plus une installation à la marge ; selon l'association Toilettes du Monde, on recensait en France, en 2010, entre 3 000 et 6 000 foyers équipés. Selon la région Rhône-Alpes, pour l'ensemble des installations d'assainissement non collectif existantes, les toilettes sèches étaient utilisées dans 0,04 % des cas en 2010 et 0,06 % des cas en 2011. Pour les installations nouvelles, les toilettes sèches représentent 0,1 % des cas en 2010 et 2011 et les filtres plantés 0,6 % des cas en 2011. (Source : magazine Spanc Info n° 25).

Gestion des déchets par compostage

La gestion des déchets des toilettes sèches se fait par compostage. Le contenu des toilettes sèches est vidé sur le compost, avec tous les déchets du jardin. À chaque fois, on recouvre avec de la matière carbonée sèche (paille, tonte de gazon...).

Il faut être attentif à l'excès d'humidité ou de sécheresse. Quand le bac est plein, on transvase le contenu du premier bac dans un second bac, en ayant déposé au préalable une couche de paille. Les matières les plus fraîches se trouveront alors en dessous.

Il faut laisser ce tas évoluer pendant un an, tout en utilisant le premier bac pour les nouveaux déchets. Le compost obtenu au bout de deux ans convient à tous les usages du jardin (potager, espace vert) sans le moindre risque sanitaire.

13.24

Les bacs à compost

Même si cela fait débat, la réglementation française demande aujourd'hui à ce que le contenu des toilettes sèches soit « régulièrement vidé sur une aire étanche conçue de façon à éviter tout écoulement et à l'abri des intempéries ».

De manière générale, en plus de ces deux points concernant le côté sanitaire, l'accès au compost doit être protégé. Dans le cas d'une structure en palette, les doigts, les pattes et les becs peuvent avoir accès aux matières fécales brutes. Certains Spanc (Service public d'assainissement non collectif) appliquent de manière stricte la réglementation et peuvent refuser la conformité d'une installation sur ce dernier critère.

L'entretien

La maison ainsi équipée de toilettes sèches à litière n'émet pas d'eaux-vannes, le mélange des matières fécales, urine et litière carbonée retournant à la nature grâce au compostage.

Eyrolles.

On doit utiliser des produits d'entretien et d'hygiène facilement biodégradables. Il faut également se concentrer sur la limitation des biocides contenus dans les produits (pas seulement l'eau de Javel, mais aussi les antibiotiques, les huiles essentielles, etc.). Cette remarque est valable et nécessaire pour les filtres plantés, ainsi que pour toute installation d'assainissement biologique (utilisant les bactéries… c'est-à-dire la quasi-totalité des systèmes).

Implantation des filtres plantés (assainissement et phyto-épuration)

L'emplacement

L'emplacement choisi pour l'implantation des filtres plantés tient compte de la pente du terrain, dans la mesure où il faut chaque fois respecter un dénivelé entre deux filtres plantés.

Ensuite, les eaux grises sont envoyées dans une chaîne de filtres parfaitement étanches, remplis de galets et de graviers à l'entrée et à la sortie, puis de pouzzolane (matière volcanique) au centre. Ils sont plantés de végétaux aquatiques, auxiliaires permettant le décolmatage, le bon développement de la flore bactérienne, l'oxygénation passive et active du filtre. Les bactéries se fixent sur les racines, mais surtout sur le granulat ; ce sont bien les bactéries qui assurent la fonction épurative du système.

Dimensionnement de l'installation

Le dimensionnement de l'installation doit se faire en fonction d'un nombre d'équivalents habitants de la famille, sachant qu'il est préconisé d'avoir une surface de filtres d'environ 2 m² par personne.

La réglementation française pour l'assainissement non collectif distingue deux cas :

• les installations de capacité supérieure à 20 équivalents habitants par l'arrêté du 22 juin 2007 (obligation de résultat – arrêté en cours de révision, publication attendue) ;

• les installations de capacité inférieure ou égale à 20 équivalents habitants par l'arrêté du 7 mars 2012 (obligation de moyens).

L'obligation de moyens prévue par l'arrêté du 7 mars 2012 demande la mise en place d'une installation avec dispositif de traitement par le sol (selon DTU XP 64.1) ou bien avec dispositif agréé (liste disponible sur le portail interministériel www.assainissement-non-collectif.developpement-durable.gouv.fr).

Plusieurs dispositifs composés de filtres plantés sont aujourd'hui agréés, mais aucun ne l'est spécifiquement pour le traitement des eaux grises.

Il y a donc trois cas de figure, pour les usagers de toilettes sèches en zone d'assainissement non collectif, souhaitant un dispositif de traitement par les filtres plantés.

1. Les usagers optent pour un dispositif agréé et adapté aux toilettes à eau, sans tenir compte de l'utilisation de toilettes sèches.
2. Les usagers optent pour un dispositif agréé adapté aux toilettes à eau, mais dimensionné en conséquence, c'est-à-dire en tenant compte de la réduction de la pollution et de la quantité d'eau rejetée.
3. Les usagers optent pour un dispositif dérogatoire spécifiquement adapté au traitement des eaux ménagères, sous réserve d'accord du maire et/ou du Spanc (ce qui n'est pas systématique) et souvent encadré par convention avec obligation de résultat via analyses régulières à la charge de l'usager.

Conception et mise en place de bassins horizontaux, de type « Eau Vivante »

Dans tous les cas, la conception de la filière par un bureau d'études spécialisé (obligatoire dans certains départements) permettra de faciliter les démarches.

Selon le type de dispositif, l'autoconstruction est possible (sous réserve d'un accompagnement par le titulaire de l'agrément le cas échéant).

• Vannes manuelles en amont du système et installation des bacs de 850 L.

Eyrolles.

13.25

13.26

• Mise en place des galets roulés de différents calibres et de la pouzzolane. Les tôles permettent le positionnement des matériaux et sont retirées au fur et à mesure du remplissage.

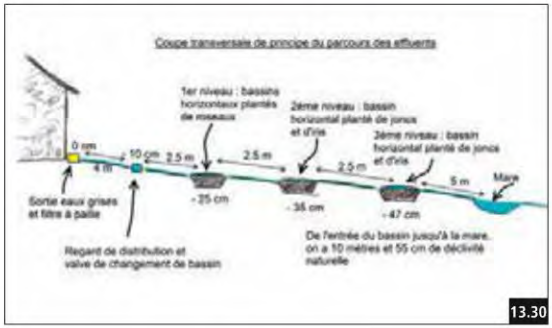
13.27

• Les gros galets à l'arrivée forcent l'eau à descendre tout au fond du filtre et donc à bien se répandre dans tout l'espace. À la sortie, un tube PVC a été troué en maints endroits, afin de permettre de prélever et tester la qualité de l'eau.

13.28

• Pour terminer l'installation et être conforme aux prescriptions techniques réglementaires, les tuyaux d'arrivée et les regards devront être protégés, afin d'empêcher tout accès accidentel aux effluents.

13.29



13.30

13.30
Coupe transversale de principe du parcours des effluents

Eyrolles.

Mise en place de la phyto-épuration

Il existe différents procédés techniques concernant les toilettes sèches et la mise en place de la phyto-épuration (bassins horizontaux, bassins verticaux). Nous vous invitons à consulter la bibliographie pour développer vos connaissances par rapport à ces techniques et connaître les différents systèmes actuellement agréés.

La plantation

La plantation se fait après la mise en eau du système et directement dans la pouzzolane.

En général, on met sept plantes par mètre carré : des roseaux communs (phragmites *communis*) sont souvent plantés à l'exclusion de toute autre plante dans les deux premiers bassins.

Toutes les plantes aquatiques sont toutefois de bons auxiliaires ; on peut donc incorporer d'autres espèces aux autres niveaux, ainsi qu'à la mare d'agrément optionnelle (menthe d'eau, carex, joncs, iris...).

13.30

L'intégration paysagère

Un an après la plantation de la phyto-épuration, le système fonctionne de manière optimale ; l'intégration paysagère est également réussie, tout simplement parce que les plantes des filtres plantés nous offrent de belles couleurs et de beaux mouvements ! À la fin du système, on peut intégrer une mare, qui collecte les eaux épurées. Cette mare est, à de nombreux points de vue, intéressante (notamment en termes de biodiversité), mais représente également des contraintes supplémentaires (en termes de réalisation et d'entretien), tout en ne dispensant pas toujours d'un autre exutoire. De plus, la tendance de la réglementation se durcit sur les aspects de salubrité : en termes de bactériologie (la mare ne répond pas aux critères de qualité baignade ou potable) ; en termes de limitation des gîtes à moustiques (remontée vers le nord du moustique tigre, vecteur potentiel de la dengue et du chikungunya), et en termes de sécurité des personnes (noyade, etc.). Sur ces trois aspects, la mare est de moins en moins bien perçue par les Spanc. Il est ainsi possible qu'il soit demandé un jour aux propriétaires de clôturer leur mare. Enfin, une mare peut croupir même si le traitement de l'eau est très bon, tout comme elle peut croupir avec de l'eau de pluie ; elle n'est donc pas nécessairement un bon indicateur du fonctionnement du dispositif.

13.31

Eyrolles.

Autres exemples d'installations de filtres plantés

13.32

13.33

Aquatiris

13.34

Aquatiris

Eyrolles.

A

absorption 264
accrocheur 36, 88
acoustique 13, 152, 171
angle de compression 39, 144, 167

B

bâches de protection 80. Voir filets
barbotine 148
bardage 46, 185, 220, 237, 241, 242, 259, 267
barrière de capillarité 12, 26, 78, 215
Bbio 67, 72
Bbiomax 67
Bepos 74
bioclimatisme 17, 73, 96, 97, 130, 199, 233, 283
botteleuse 166
briques de terre comprimée (BTC) 145

C

Cep 67, 72, 73
Cepmax 67, 73
charpente 185
chaux 79, 81, 82
chaux/chanvre 25
chaux/pouzzolane 80
chènevotte 152
chevêtre 158, 177
chevron 32, 168, 177, 179, 193
chevronnage 55
cliquet 43, 44
cloison 10, 158, 185
compression des bottes 143
Conception. Voir bioclimatisme
confort thermique 75, 86
contre-chevron 32
contrôle de qualité 106
couche de corps 47, 48, 81, 147, 148, 172, 203, 204
  recette 63
couche fine d'accroche 204
coulisse 41, 42, 168
CST (Cellule sous tension) 14-15, 232, 237, 251

D

dalle 79, 80, 88, 89, 94, 95, 159, 164, 170, 183
  béton 25, 55, 76, 88, 119, 165, 286
  bois 16, 132, 140, 154, 157
  chaux/chanvre 28, 55, 99, 100, 242, 267
  chaux/pouzzolane 25, 79
débord de toiture 33
déphasage 102
documents de référence 107
dressage des murs 44, 164, 266
DTU 87

E

effet vibratoire 151, 159
électricité biocompatible 189
enduit 11, 148, 202
  chaux 12, 47, 103, 191
  de finition 174
  terre 12, 16, 46, 148
entretoise 28, 29, 34, 159, 216
ép. (épaisseur en mètres) 88
étanchéité 46
  à l'air 31, 38, 67, 72, 76, 88, 92, 93, 94, 228, 267
  à l'eau 33, 37
  au vent 46
  tapée 61
  test 38
étude thermique 70, 118

F

Fermacell 38, 58, 92, 93, 191, 245
ferme 32, 33
fibralith 58, 159, 169
fiche d'autocontrôle 107
filets 290
filtres plantés 294, 296, 298
finition 150
fondation 24
fondations 54, 55, 97, 99, 110, 119, 183, 199
frein vapeur 177
frein-vapeur 157
  raccord 90

G

gobetis 46, 47, 48, 61, 81, 88, 103, 146, 147, 170, 171, 202, 272, 273, 275, 276, 277
Greb (Groupe de recherches écologiques de la Baie) 211, 212, 216, 220, 223
  mortier 219
  ossature bois 214

H

humidité 86

I

inertie 102, 130, 194, 204, 209, 221, 244
  laine de chanvre 102
isolation
  phonique 150, 244
Isoroof 32, 55, 141

K

Kerto 155, 156, 157

L

laine de chanvre 101, 245
  inertie 102
lame d'air 142
larmier 26, 31, 48, 49, 159, 274
lattis métallique 159
linteau 33, 34, 40, 215
lisse
  basse 14, 26, 27, 28, 30, 31, 33, 95, 159, 185, 200, 215, 239
  de chaînage 41, 42, 168
  de compression 185
  haute 14, 42
  intermédiaire 40, 41, 42

M

MD Bat. Voir effet vibratoire
menuiseries 37, 89, 172, 212, 273
  étanchéité 69
  pose 59, 241
  protection 273
  raccord 90, 95
Monomur 26, 198, 200, 201, 239, 256

Eyrolles.

N

n50 74
Nergalto® 159

O

OSB 91, 152, 157, 158, 177
  cloisons 158
ouate de cellulose 13, 21, 23, 152, 158, 179, 192

P

paille 103, 185, 208
  contrôle de qualité 106
  étanchéité 168
  isolation 116, 179, 202
  murs 58, 80, 164
  pose 80, 143, 286
  pose des bottes 177
  protection 138, 178, 289
  stockage 179
  temps de pose 164
  test d'humidité 138
  toiture 160, 178
  trempage 176
pare-pluie 32, 141, 142, 178, 185
  panneau 177
  pose des panneaux 179
pare-vent 142
performance thermique 130
perméabilité 72, 74
  RT 2012 72
  test 74
perméance 87
persuadeur 44, 147
phaltex 152
phyto-épuration 270, 280, 284, 285, 294, 296
  mise en place 298
pièce d'appui 39, 40, 59, 90
pilotis 132, 154, 156
  béton 154
poêle à bois 159
poêle de masse 82, 198, 208, 209
  construction 209
pouzzolane 79
précadre 33, 34, 169, 202
Proclima 90

Q

Q4 74

R

résistance
  à l'humidité 12
  au feu 11
  aux insectes et rongeurs 13
  thermique 12
résistance à la vapeur d'eau 177
résistance thermique
  calcul 101
RT 2012 38, 68, 72, 74, 75
  consommation moyenne 73
  énergie renouvelable 75
  isolation thermique 72
  orientation 75
  perméabilité 72
  projet d'extension 75
  protection solaire 75
  système de chauffage 75

S

sabot métallique 156
sangles de compression 168
Sd 88, 177. Voir vapeur d'eau
solivage 79, 151, 156, 158, 159, 216, 236
  isolation 151

T

tapée 61
  étanchéité 61
  extérieure 37, 95
technique
  bois et paille 14
  CST (Cellule sous tension) 15
  du Greb 15
  Nebraska 14
technopieux 154
terre/paille 149, 169, 194, 238, 246
test d'étanchéité 70, 74, 94. Voir étanchéité
  RT 2012 74
test d'humidité 138
Tic (température intérieure conventionnelle) 73
tige de botte 141
toilettes sèches 294
toilettes sèches à litière biomaîtrisée (TLB) 294
toiture 160, 166
  étanchéité 172
  isolation 176
  paille 160, 166, 176
  toiture végétalisée 180
Toptex 138
torchis 14
trame de verre 36, 46, 159, 222, 274
tuiles 141
  pose avec ergot sur volige 142

U

U (appelé coefficient de transmission surfacique) 102

V

valeurs de référence. Voir Q4 et n50
vapeur d'eau 87, 177
ventilation 87
vermiculite 58
vibration Voir effet vibratoire
VMC double flux 230
volets 38

Eyrolles.

Aller plus loin

Références bibiographiques

Règles professionnelles de construction en paille – Règles CP 2012, RFCP - Éditions du Moniteur, 2011.

La construction en paille, Luc Floissac - Editions Terre Vivante, 2012.

Enduits de terre crue, Sylvain Moréteau - Editions Terre Vivante, 2012.

Rocket stoves – Feux de bois et poêle de masse (2ème édition), Pascal Burnet - Editions Pascal Burnet, 2012

L'isolation phonique écologique, J.L Beaumier - Editions Terre Vivante, 2011.

Guide pratique : les enduits de façade, chaux, plâtre, terre - Editions Eyrolles, 2011.

Construire son habitation en bottes de paille, J-B Thévard et V. Brossemain - Edition Brossamain, 3ème édition, 2011.

Habitat passif et basse consommation, Principes fondamentaux, études de cas en neuf et rénovation, Philippe Lequenne et Vincent Rigassi - Editions Terre Vivante, 2011.

Fosse septique, roseaux, bambous ? Traiter écologiquement ses eaux usées, S. Cabrit-Leclerc - Editions Terre Vivante, 2010.

L'assainissement durable, S. Lanoë - Editions Goutte de Sable, 2009.

Concevoir des bâtiments en botte de paille, André de Bouter et Bruce King - Editions Eyrolles, La maison en Paille, 2009

Végétalisation extensive des terrasses et toitures, François Lasalle - Editions Le Moniteur, 2008.

Entre paille et terre, Tom Rijven - Editions Goutte de Sable, 2007.

La conception bioclimatique, Des maisons confortables et autonomes, Samuel Courgey et Jean-Pierre Oliva - Editions Terre Vivante, 2006.

Bâtir en paille, André de Bouter - Editions La maison en paille, 2004.

Les sites internet

Réseau Français de la Construction paille : www.rfcp.fr

Centre National de la Construction Paille : http://cncp-feuillette.fr/

L'ADEME : *www.ademe.fr*

L'association Eau Vivante : http://eauvivante.net/ (association œuvrant pour la gestion écologique de l'eau, qui propose l'épuration des eaux de lavage par bassins-filtres à plantes aquatiques.

Le site dédié aux autoconstructeurs : http://eddy.fruchard.fr/

Nous vous invitons également à vous rapprocher du CAUE (Conseil d'architecture, d'urbanisme et d'environnement), dont la mission est de vous conseiller sur vos choix et orientations constructives. Le CAUE des Deux-Sèvres a, par exemple, diffusé des plaquettes très instructives et pédagogiques sur « Construire avec le climat ».

N° d'éditeur : 9100