

Fiche de présentation d'une opération de qualité environnementale

**Maison bioclimatique à ossature bois et isolation écologique (paille, ouate de cellulose)
Sailly-en-Ostrevent (62)**



Maitre d'ouvrage

Monsieur Jean-Marc LEMAIRE

Maitre d'oeuvre

Entreprise : Les « écoconstructeurs »

Jean-Marc LEMAIRE (06.78.20.22.95),

Grégory SENECHAL (03.21.58.65.24),

Nicolas GREVET (06.19.40.28.16).

Nicolas LETERME

E-mail : ecoconstructeurs@gmail.com

Site Internet : [Http://ecococonstructeurs-npdc.blogspot.com](http://ecococonstructeurs-npdc.blogspot.com)



La paille, un matériau utilisé depuis toujours

Depuis toujours, un grand nombre de peuple construisent leur habitat en végétaux. La construction en paille, **sous-produit de culture produit en grande quantité**, se développe davantage depuis le XIX^{ème} siècle (USA) avec l'apparition des premières botteleuses mécaniques.

En France, ce type de construction facile et rapide à mettre en œuvre et proposant des performances thermiques intéressantes est proposé par **M. FEUILLETTE** après la première guerre mondiale comme solution de reconstruction. En 1921, la revue « La Science et la Vie » propose même un article sur la maison Feuillette, du nom de son concepteur, en vantant son **confort**, sa **rapidité** et **simplicité de construction** ainsi que son **coût abordable**.

[http://www.habitat-ecologique.org/doc/La Science et la Vie 56.pdf](http://www.habitat-ecologique.org/doc/La_Science_et_la_Vie_56.pdf)

Un concept remis au goût du jour

Depuis une dizaine d'année, les constructions en paille commencent à revenir avec l'apparition d'associations, de réseaux de professionnels et de nouvelles techniques. La paille est, en effet, un matériau laissant place à la créativité. Aujourd'hui en France, la construction paille est majoritairement à l'initiative **d'auto-construc-teurs** car cette technique ne fait pas encore l'objet de **DTU** ce qui rend l'obtention d'une garantie décennale difficile. L'insufflation de la ouate de cellulose étant régie quant à elle par un DTU ne présente pas de difficulté pour obtenir cette garantie.

Nous sommes, ici, en présence d'une maison « **ossature bois** » où les bottes de paille constituent le matériau de remplissage et l'isolation de la structure en bois.

Approche bioclimatique

La conception de la future maison de Jean-Marc LEMAIRE a fait l'objet d'une étude **bioclimatique** afin de récupérer le **maximum d'apports solaires passifs**.

Il est tout d'abord utile de préciser que l'habitation d'une surface au sol de 140m² a été conçue avec une forme rectangulaire afin de limiter la surface de murs en contact avec l'extérieur (**compacité**) pour **limiter les déperditions thermiques**. Il est également intéressant de remarquer que chaque façade est directement orientée vers un point cardinal permettant un traitement spécifique à chaque orientation

à Gestion des ouvertures (fenêtres, baies vitrées...)

Le **choix et positionnement** des vitrages sont importants dans une approche bioclimatique. En effet, il faut savoir que les vitrages sont moins isolants que les parois opaques. Le **solde** entre les **déperditions thermiques** et les **apports solaires** donne des résultats différents en fonction de **l'orientation**.

La façade **Nord**, ne faisant pas l'objet d'apports solaires directs, doit comporter le **moins d'ouvertures possibles** afin de limiter les déperditions surfaciques. Ici, elle ne comporte que trois fenêtres de taille limitée et la porte d'entrée.

La façade **Ouest** faisant face aux **vents dominants** et aux **rayons directs du soleil en fin de journée** fait l'objet de risques de **surchauffes d'été**. La théorie veut que les surfaces vitrées soient limitées ce qui est tout à fait respecté pour cette habitation qui ne comporte qu'une fenêtre étroite sur sa face Ouest et voit son garage constituer un espace tampon.

La façade **Sud**, quant à elle, est celle recevant le plus de calories de la part du soleil, c'est pourquoi la surface vitrée doit y être **maximisée** afin de capter le maximum de chaleur. Ici, la façade sud a été conçue de manière à avoir plus de 50% de la surface de la façade vitrée. La face sud est également **dégagée** de toute **ombre** provenant d'autres maisons ou de végétation. De plus, une **serre froide** presque totalement vitrée a été mise en place du côté Ouest de la façade sud afin de capter le maximum de rayons solaires. Enfin, un **débord de toit** de 85 cm de longueur a été conçu de façon à **empêcher le soleil de frapper directement les vitrages en été**. Ainsi, il permet d'éviter les **surchauffes estivales** tout en n'empêchant pas les **apports solaires hivernaux**.

Pour finir, la façade **Est** recevant des calories seulement le matin, il y est également important de limiter les surfaces pour **réduire le risque de déperdition thermique**. Ici seulement six ouvertures ont été percées (cinq fenêtres étroites, une porte).



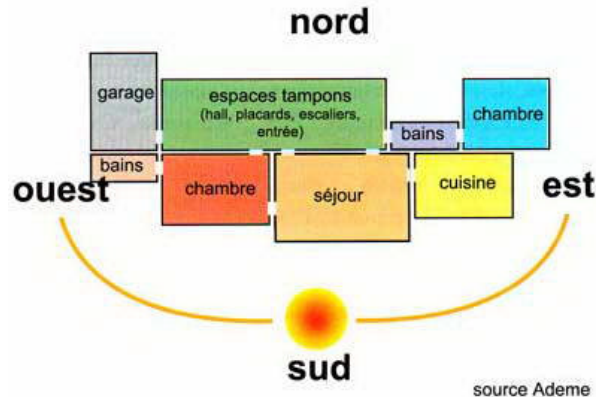
à La gestion des espaces internes

La répartition des pièces est également importante dans l'aménagement d'une maison bioclimatique. L'objectif, ici, est d'effectuer des économies **de chauffage et d'éclairage** en plaçant judicieusement les pièces en fonction de leur utilisation.

Au nord de l'habitat seront situés les pièces peu utilisées dans la journée et à faible température. Ces **pièces « tampons »** (garage, cellier, salle de bain...) joueront le rôle d'intermédiaires isolants entre l'extérieur de la maison et les pièces à vivre.

Du côté sud, seront situées les pièces les plus occupées dans la journée car elles pourront profiter des **apports passifs solaires**.

Principes bioclimatiques proposés par l'ADEME :



Au **Nord**, les futurs propriétaires ont choisi de placer le cellier et la salle de bain peu utilisée dans la journée. De plus, un sas « tampon » a été installé en prolongement de la porte d'entrée afin d'éviter l'introduction d'air froid à chaque entrée ou sortie de la maison. La cuisine a été placée à l'**Est** afin de bénéficier des rayons matinaux du soleil.

Côté **Sud-Est** est placé un grand bureau pouvant bénéficier des apports solaires presque toute la journée.

La façade **Sud** donne, quant à elle, sur la salle de séjour.

Enfin, sur le côté **Ouest** de l'habitation, nous pouvons trouver le garage vers le Nord et la serre bioclimatique côté sud.

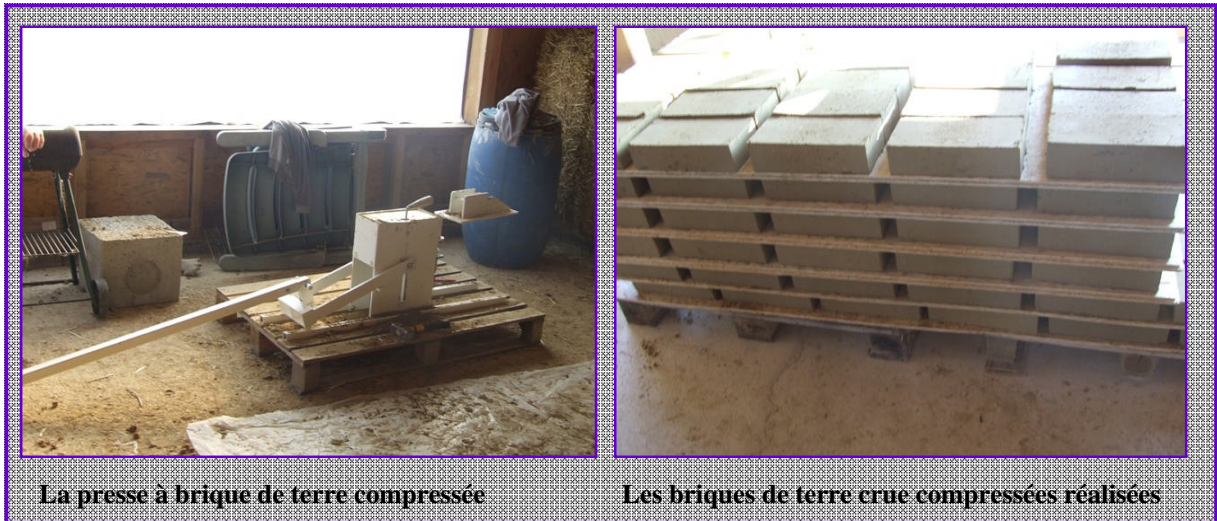
L'accumulation de chaleur/Confort

Un **mur capteur** ou **accumulateur thermique** est un mur construit dans un matériau apte à recevoir et à stocker la chaleur (ou le froid) qu'il peut ensuite restituer en se comportant comme une source de chaleur (ou de fraîcheur).

Dans le but de **capter et d'accumuler l'énergie** gratuite provenant du rayonnement solaire, les « Ecoconstructeurs » ont décidé de remplir l'ossature bois des murs de refend de l'habitation en **briques de terre crue**. Celles-ci possèdent deux propriétés importantes les rendant capable d'une d'accumuler la chaleur et de la **restituer** par la suite, en fin de journée et pendant la nuit :

- leur capacité thermique importante (plus la capacité thermique est importante, plus le matériau peut stocker de calories avant que sa température ne monte d'un degré) ;
- leur faible diffusivité thermique (vitesse de déplacement des calories dans les matériaux). Plus la diffusivité thermique est faible, plus la durée de déphasage est élevée ;
- leur **effusivité** importante (Vitesse de réchauffement d'un matériau). Plus cette valeur est élevée, plus le matériau peut stocker de chaleur sans se réchauffer.

Ces briques de terre crue sont réalisées par les « écoconstructeurs » eux-mêmes à l'aide d'une **presse manuelle** et de la terre récupérée directement dans le jardin.



La presse à brique de terre compressée

Les briques de terre crue compressées réalisées

L'inertie du bâtiment et l'accumulation des calories solaires sont également **renforcées** par la **chape** chaux/sable.

L'enveloppe du bâtiment

Prenons les trois éléments constitutifs de l'enveloppe :

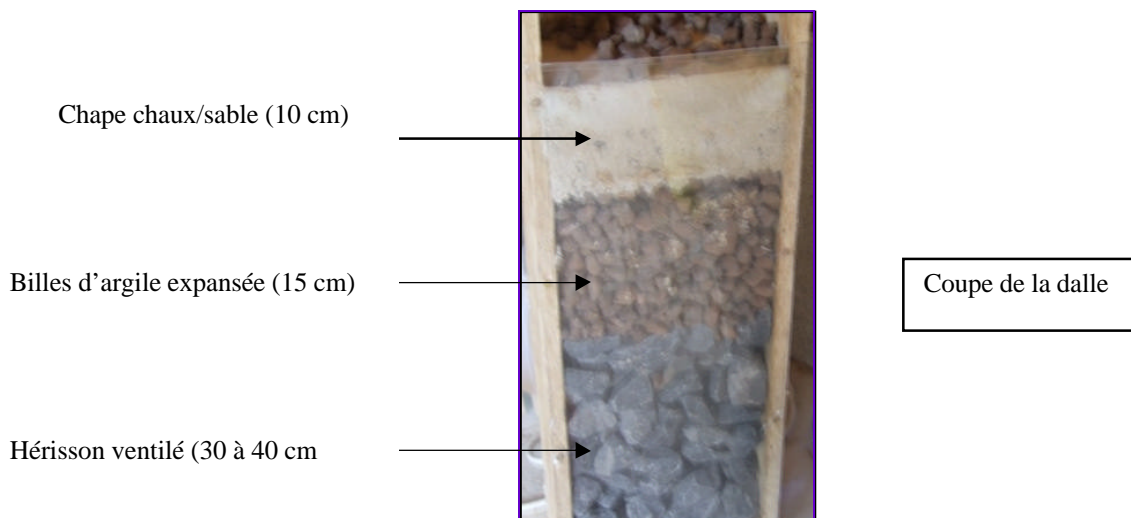
- le sol,
- les murs,
- la toiture.

Le sol

La **chape** est constituée de bas en haut par :

- un **hérisson ventilé** (sur 30 à 40 cm) composé de cailloux de schiste noir ayant un diamètre de 30 à 50 mm. Ces cailloux proviennent d'entreprise de travaux publics locales et sont bien nettoyés avant leur déversement afin d'**éviter** tout risque de **remontée d'eau par capillarité**.
- Des **billes de schiste** provenant de la société GEM (<http://gem.xper.net/>) en Mayenne (sur une épaisseur de 15 cm) liées entre elles par de la **chaux**. Les billes d'argiles expansées étant poreuses, elles permettent d'isoler le plancher avec un coefficient de transmission thermique $U=0.66 \text{ K.m}^2/\text{W}$ pour cette épaisseur.
- Une **chape chaux-sable** (d'une épaisseur de 10 cm) apportant de l'inertie à la construction. La chaux Hydraulique Naturelle Bâtardée NHL 5-Z utilisée provient de la société CHAUX MICHEL BOEHM ET CIE en Alsace (03 88 38 11 60). La chape est donc constituée par un mélange de 8 seaux de chaux pour 4 seaux de sable.

Sur tout le tour de la chape, une **isolation intérieure** est réalisée en **plaques de liège expansé** et d'épaisseur 5 cm sur une profondeur de 50 cm afin de gérer le pont thermique mur/dalle. La résistance thermique du liège jouant le rôle de rupteur de pont thermique pour la chape possède un $R=0.8 \text{ K.m}^2/\text{W}$.



Les parois

Deux types de parois différents sont mis en place dans cette construction, selon le niveau.

Au rez-de-chaussée, le remplissage des montants à ossature bois en **pin douglas non-traité** (bois de classe 3) s'effectue avec des ballots de paille posés sur le mur de fondation. Entre celui-ci et les ballots de paille, sont disposés un film bitumeux Soprema SOTEX 27 ([fiche technique](#)) et une **épaisseur de liège expansée** afin **d'inhiber les remontées capillaires**.

Le liège provient, quant à lui de la société TINATUR (<http://www.tinatur.com/>), fournisseur de matériaux de construction écologiques en Bretagne (Côtes d'Armor).

Les ballots de paille sont posés à **plat** (fibres horizontales) ce qui est plus pratique pour la pose d'enduit par rapport à la pose sur chant et sont **comprimés à environ 10%**. Ils proviennent des agriculteurs locaux et reviennent à environ **3€ par mètre carré de façade**. Il est difficile d'avoir une valeur exacte de la densité et des performances thermiques pour un ballot de paille, le matériau étant produit par différents agriculteurs. D'après Jean-Pierre Oliva dans l'ouvrage « la conception bioclimatique » (aux éditions Terre Vivante), la botte de paille à plat possède un μ de 0.070 contre 0.040 pour la botte de paille posée sur chant ; tout cela pour une densité moyenne de 75kg/m³.

De chaque côté de la paroi est ensuite posé un enduit **chaux-sable perspirant et étanche à l'air et à l'eau**. Il est composé de 6 seaux de sable pour un seau et demi de chaux sur une épaisseur de 3 à 4 cm.

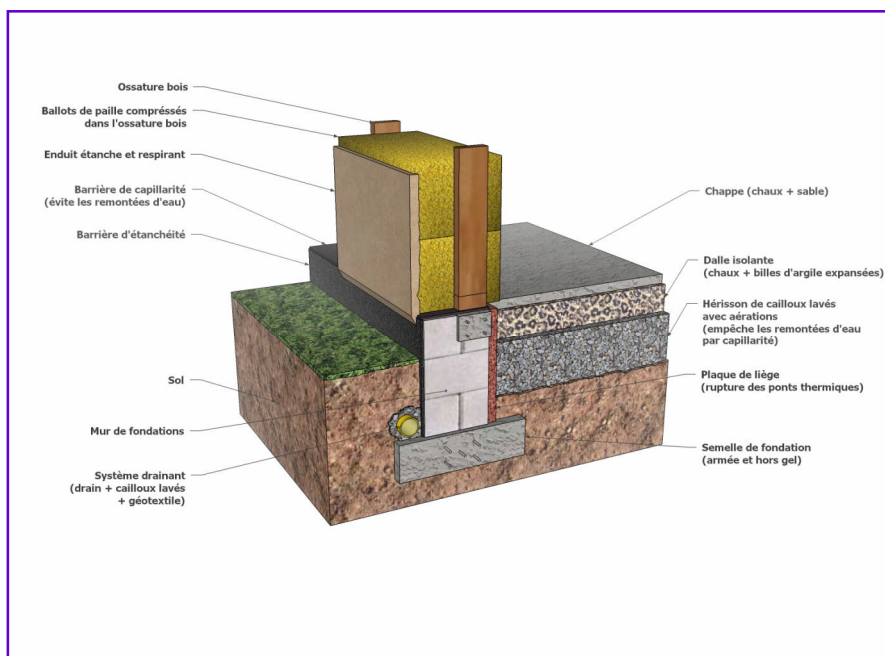
L'enduit se posera en **trois couches de composition différente** pour être de moins en moins résistants à la diffusion de vapeur d'eau et permettre **l'évacuation plus facile de la vapeur d'eau vers l'extérieur de la paroi**. L'enduit est **armé** à chaque angle de la maison et à proximité des menuiseries pour éviter les fissurations de celui-ci.

Composition des trois couches d'enduits :

- 1 mi-chaux hydraulique/mi-chaux aérienne et sable
- 1 avec plus de chaux aérienne que de chaux hydraulique et sable
- **enduit de finition** 1 avec que de la chaux aérienne avec sable plus fin pour que la paroi paraisse plus lisse

Les parois d'une épaisseur totale de **45 cm** présentent un coefficient de transmission thermique (U) de **0.17 W/K.m²** et sont totalement **ouvertes à la diffusion de vapeur d'eau** d'un côté à l'autre de la paroi. La chaux est un matériau hygroscopique pouvant **absorber le surplus d'humidité** de l'atmosphère ambiante et **la restituer** quand celle-ci s'assèche.

Les « Ecoconstructeurs » sont encore allés plus loin dans cette démarche de murs « perspirants » en posant dans la salle de bain (où l'émission de vapeur d'eau est la plus importante) un **enduit terre** en couche de finition pour encore améliorer la diffusion de vapeur d'eau de la paroi (la terre est encore **plus hygroscopique** que la chaux).



Le schéma ci-dessus, disponible sur le site des « écoconstructeurs », reprend les caractéristiques des murs du rez-de-chaussée et des fondations précédemment décrites. Il est intéressant d'y constater la gestion du **pont thermique mur/dalle** par la pose d'une plaque de **liège expansée** de 5 cm d'épaisseur sur une profondeur de 50 cm.

La paroi entre le mur et la salle de bain sépare un espace chauffé d'un espace non-chauffé; c'est pourquoi il doit être isolé contrairement aux autres murs de refend. Les « Ecoconstructeurs » ont donc choisi d'insuffler de la **ouate de cellulose** de marque Bellouate sur une épaisseur de 15 cm entre un **panneau OSB** côté garage et des plaques de **Fermacell** (pour ses propriétés « perspirantes » et antimicrobiennes) côté salle de bain.



Les murs à l'étage sont quant à eux constitués de l'intérieur vers l'extérieur :

- **Lambris** ou plaque de **gypse/cellulose** de type Fermacell,
- **Freine-vapeur Sisalex 500 d'Ampack** (http://www.ampack.ch/fr_fr/produkte.php?prod_id=21). Par endroits, un **freine-vapeur intissé dit** « méthode canadienne » a été également utilisé pour maintenir la ouate avant la pose du Fermacell,
- **Ouate de cellulose** de la marque « Bellouate » **insufflée** entre les montants en bois séparés de 60 cm sur une épaisseur de 15 à 20 cm;
- **Panneau OSB en contreventement extérieur**,
- **Lame d'air**,
- **Bardage en mélèze** provenant de l'est de la France et commercialisé par la société Meneboo (Beaurains-62).

La toiture

La toiture sera, tout comme le mur d'étage, isolée par de la ouate de cellulose insufflée. Elle sera constituée de l'intérieur vers l'extérieur par :

- **Lambris** ou **plaque de gypse/cellulose** de type Fermacell;
- **Freine-vapeur Sisalex 500 d'Ampack** ou **freine-vapeur intissé** méthode canadienne ;
- De la **ouate de cellulose** insufflée 25 cm;
- Un **pare-pluie rigide** de 18 mm d'épaisseur rainuré-bouveté en fibres de bois de marque STEICO. En plus d'isoler, ce type de panneau est étanche à l'air et à l'eau.

Document technique STEICO Universal

http://www.steico.de/download/pdf/products/data/steico_datenblatt_0187.pdf

Manuel de prescription de mise en œuvre

http://www.steico.de/download/pdf/products/data/steico_datenblatt_0183.pdf

Le coefficient de transmission thermique de la paroi est $U = 0.14 \text{ W/K.m}^2$.

Le toit est recouvert de **bardeaux en bois de red-cedar** provenant du Canada. Ces bardeaux sont résistants et ont la même durée de vie que des tuiles classiques. Ils sont garantis 20 ans.



Les menuiseries

Concernant les menuiseries, elles proviennent tous de la grande distribution (marque **Lapeyre- Menuiseries "tradition chêne"**). Les huisseries sont en **chêne provenant de forêts certifiées durablement** (label FSC- <http://www.fsc-france.org/>). Nous sommes en présence d'une **double-vitrage de 24 mm d'épaisseur** (4-16-4) avec **lame d'argon** recouverts d'**oxydes métalliques**. Ce type de vitrage possède un **Ug de 1,2 W/m².K**. Le coefficient de **transmission thermique Uw** est de **1.6 W/m².K**.



Il faut noter que la **serre bioclimatique** (non isolée) sera séparée des pièces chauffées par des **portes vitrées avec le même type de double-vitrage** pour isoler l'habitation des températures froides en hiver et des surchauffes en été.

Les appuis de fenêtres seront, par la suite, habillés de zinc pour protéger les appuis en bois et gérer l'écoulement de l'eau qui pourrait stagner.

La « perspiration » des parois : comportement et usage

Du fait de l'activité humaine à l'intérieur de l'habitation (respiration, douche, cuisine...), l'air se charge non seulement en **humidité** mais aussi en **polluants** divers et variés.

L'intérêt, ici, est donc de concevoir des parois «perspirantes», c'est-à-dire laissant la **vapeur d'eau migrer de l'intérieur à l'extérieur de l'habitation**. Ce concept passe d'abord par le **choix des matériaux** en fonction de leur **coefficient de transmission de vapeur d'eau** noté « μ » ; pour qu'un matériau soit dit respirant, il faut que son coefficient μ soit inférieur à 10.

De plus, il faut également porter une réflexion sur **l'association des matériaux** en mettant en œuvre **les matériaux plus « perspirants » du côté extérieur de l'habitation** pour ainsi faciliter l'évacuation de la vapeur d'eau provenant de l'habitation.

Idéalement, il faudrait prendre en compte la règle du 5/1 : le coefficient « μ » des matériaux situés sur la face extérieure de la paroi doit être cinq fois plus faible (plus ouvert à la diffusion de vapeur d'eau) que celui des matériaux situés du côté de la face intérieure.

Ici, le choix des matériaux s'inscrit dans cette logique de « perspiration » des murs puisque la paille a un coefficient μ de 1 et l'enduit à la chaux un μ pouvant aller jusque 7.

Le maître d'œuvre n'a pas souhaité installer de Ventilation Mécanique Contrôlée (VMC) dans un souci d'économie d'énergie.

En effet, il estime que la **capacité des murs à « perspirer » jouera en partie le rôle de régulateur de l'humidité intérieure. D'autre part, la ventilation naturelle**, par ouverture des fenêtres permettra **le renouvellement de l'air intérieur et contribuera à conserver une atmosphère saine** dans la demeure.

L'absence de VMC au sein d'une habitation nécessite un comportement réfléchi de la part des habitants pour conserver un air sain : l'utilisation de produits ne contenant pas de substances polluantes (COV, formaldéhydes...) pour la décoration et l'entretien de la maison ou l'ouverture des fenêtres lors d'activités particulièrement émettrices de vapeur d'eau (douche, cuisine...) par exemple.

Les énergies renouvelables

à Production d'électricité

Le pan de toit incliné à **38 degrés**, orienté **plein Sud** et ne faisant pas l'objet d'ombrages, la situation est idéale pour la pose de panneaux solaires thermiques. Environ **20 m²** de **panneaux solaires photovoltaïques sous forme de 15 modules CONERGY S200P** (<http://www.conergy.fr/desktopdefault.aspx>) ont donc été installés avec une **puissance totale de 3 kWc**.

L'énergie produite est pour l'instant **revendue** en totalité à EDF car le propriétaire ne souhaite pas installer de batteries pour l'instant.

Dans un an environ, l'électricité produite servira, en partie, pour alimenter un **système d'ECS** qui n'a pas été acheté aujourd'hui car le plafond des crédits d'impôts a déjà été atteint cette année.

à Production d'énergie

Un **poêle à bois** va être installé dans la salle de séjour en cas de besoin. Ce poêle, de marque **HASE** modèle **Lisboa** fonctionne avec des **bûches de bois** et a un **rendement de 85%**. La consommation est estimée à **5 stères par an** au maximum. L'air consommé par le poêle à bois provient **de l'extérieur** pour éviter **toute dépression** dans l'habitation et donc l'entrée d'air froid par d'éventuelles fuites.

Présentation du poêle LISBOA (Hase) http://www.hase.fr/dn_lisboa/

Le poêle sera placé à proximité des **murs de refend**, constitués de briques de terre crue qui ont trois propriétés intéressantes expliquées précédemment:

- une **forte capacité thermique** avec $pC = 667 \text{ Wh/m}^3.K$;
- une **diffusivité thermique faible** ;
- une **effusivité thermique importante**.

Les briques de terre crue, ayant donc une capacité thermique élevée et une diffusivité faible, seront capables **d'accumuler les calories** émises par le poêle (mais aussi celles provenant du rayonnement solaire) et de les **restituer progressivement** plusieurs heures plus tard. Ce principe est intéressant car il permet de **limiter la consommation d'énergie de chauffage et d'éviter les pics de température**.



Gestion des eaux

Un système de récupération d'eau de pluie a été mis en place avec **deux cuves** d'une capacité de **3000 L** chacune.

Cette eau servira à alimenter les **toilettes** et le **lave-linge** de l'habitation, mais sera destinée également pour **l'arrosage du jardin**.

Concernant le traitement des eaux usées, l'habitation ne sera pas reliée au réseau d'assainissement collectif et s'effectuera par **épandage sur lit drainant**.



Pour un coût estimé actuellement entre **1400€ et 1500€ par mètre carré**, la future maison de M. LEMAIRE a été conçue dans une démarche complète d'éco-construction. Avec une **approche bioclimatique** exhaustive, nous sommes en présence d'une maison pouvant capter et accumuler le maximum de calories gratuites provenant de l'extérieur.

La logique de construction a été respectée en assurant tout d'abord une **isolation efficace** avec les ballots de paille, la pose de **double-vitrage ITR** sur toute l'habitation, l'économie d'énergie en concevant des **murs «perspirants»** (enduits chaux/sable) permettant l'évacuation de la vapeur d'eau et **évitant** donc **l'installation d'une VMC**. La problématique du chauffage a été étudiée en **dernier** comme **élément d'appoint** en cas de besoin; par ailleurs celui-ci fonctionne à l'aide d'énergies renouvelables (bois).

De plus, la maison a été conçue avec des **matériaux** ayant le **moins d'impact possible** sur l'environnement comme l'utilisation de **bois local** (à part les bardeaux), de **paille** qui est un co-produit de l'activité agricole, de **terre provenant du jardin** pour les briques compressées ...

La production et bientôt l'utilisation d'énergie solaire pour le chauffage de l'eau sanitaire finissent de compléter cette démarche de construction respectueuse de l'environnement.



Vous recherchez des informations sur les éco-matériaux ? sur l'éco-construction ?
ou d'une manière générale, sur l'environnement en Nord-pas-de-Calais ?
Consultez le site du cd2e ! => www.cd2e.com

Réseau d'information et d'animation régionale de l'Eco-construction en région Nord Pas de Calais.
Rejoignez le groupe de discussion ! => <http://fr.groups.yahoo.com/group/ecoconstructionnpdc/>
Demande à faire auprès de M. Alain LUCAS a.lucas@cd2e.com