La Construction en Paille :

Retours d'expériences de projets publics

Envirobat Grand Est / Bâti C2– Reims -

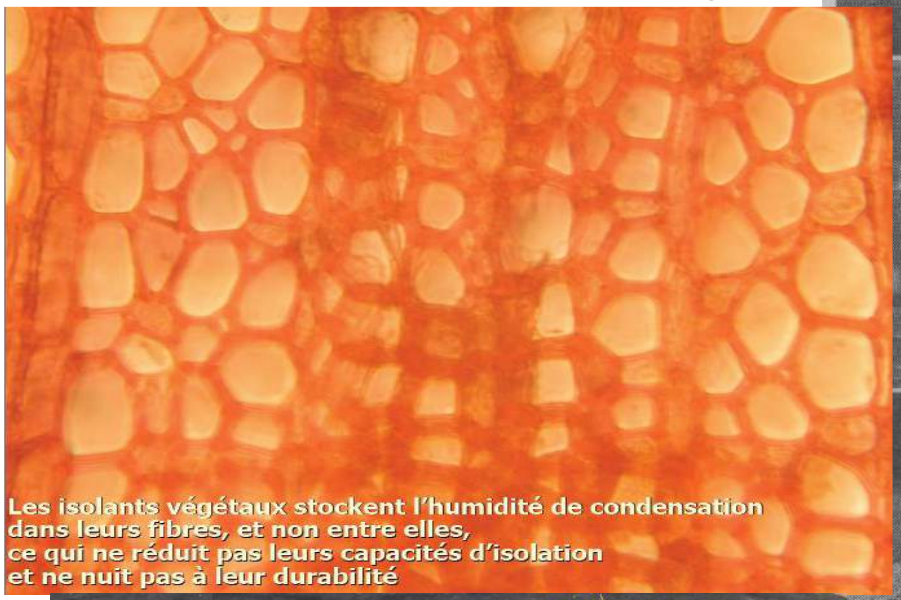
6/12/2019

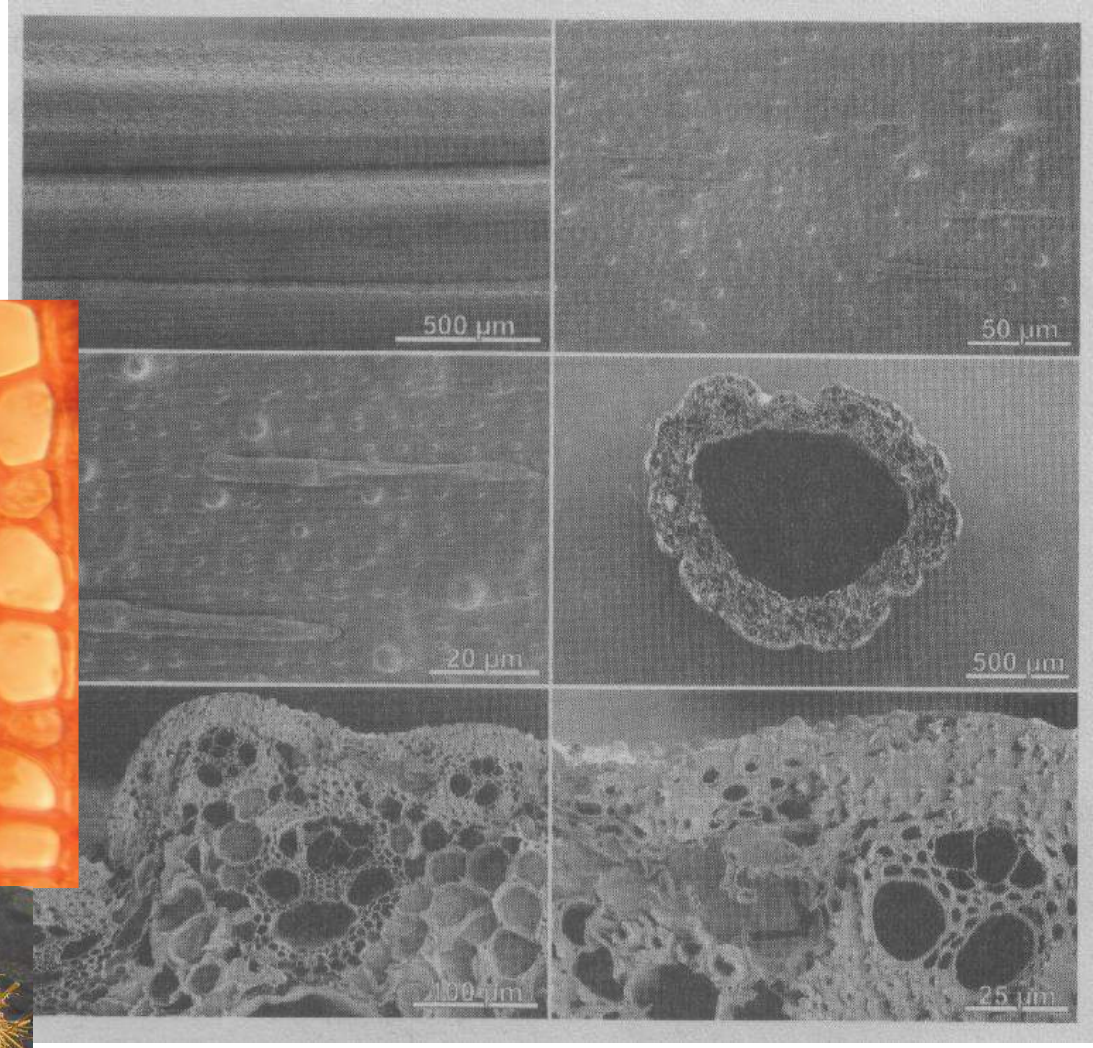
Terranergie - Vincent Pierré

Terranergie
Ecoconstruction
Efficacité énergétique

Quelques points de repère sur la paille

Au microscope





La ressource

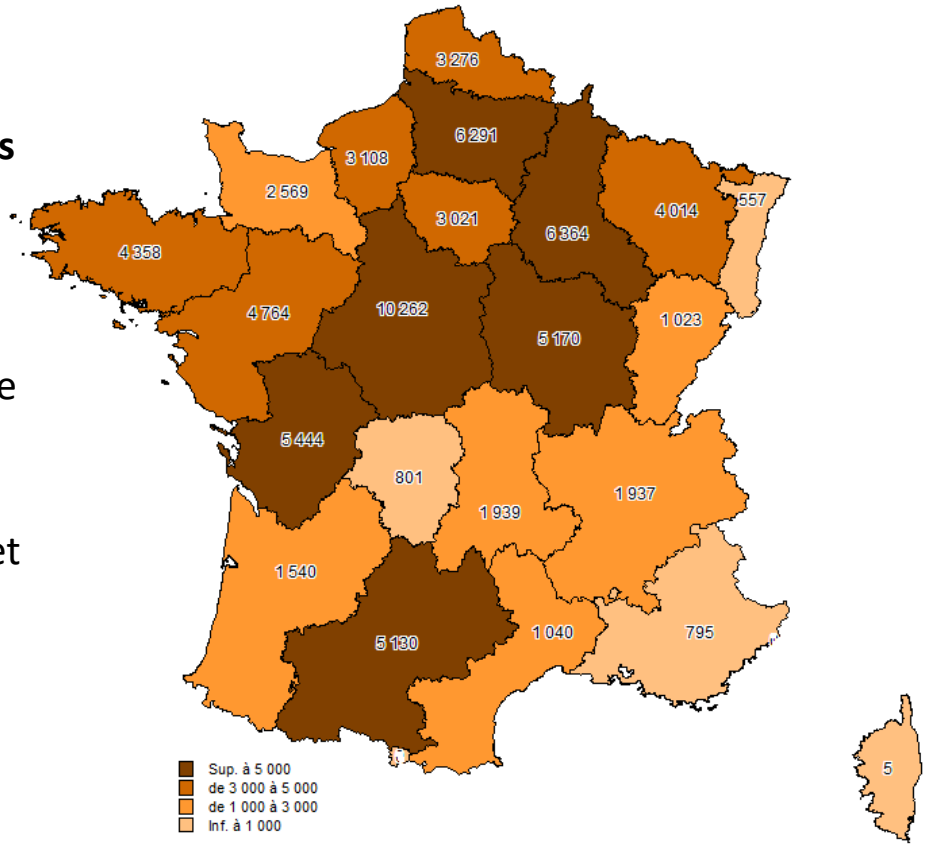
- Les céréales couvrent 60 % des terres arables françaises. La céréale la plus cultivée est le **blé tendre**, suivie du **maïs** et de **l'orge**.
- Les oléagineux (**colza, tournesol, soja, lin**).
- **Les pailles et cannes sont broyées et enfouies dans le sol, ou bruler ou mise en balles afin d'être exportées des parcelles. En ce qui concerne les protéagineux, la totalité des pailles est enfouie.**

Pour les céréales, le volume de pailles est estimé entre 6 et 10 tonnes de matière sèche par hectare selon l'espèce.

Il est considéré que 55 % des pailles sont récoltables et que le retour au sol minimum permettant le maintien du potentiel agronomique est de 50 % du volume récoltable, en tenant compte de la paille contenue dans le fumier.

Estimation des ressources : " résidus de cultures annuelles »

Disponibilité brute en paille de céréales (milliers de tMS/an)



Source :
- Etude FranceAgriMer 2013/2014
- les résidus de cultures annuelles. Fiches Agrice, Ademe, ITCF. 1998.
- les pailles de céréales, une solution énergétique durable locale renouvelable. Coopénergie 2011
- FranceAgriMer, Unité Grandes cultures, Etats Statistiques 2013-2014.
- Agreste conjoncture numéro 2011/138 : Des équilibres régionaux fragiles pour l'approvisionnement en paille des litières animales. SSP 2011.
- ratio de production de fanes = SOLAGRO/INDDIGO 2013

Valorisation de la ressource

La disponibilité brute en paille de céréale est de 24,5 millions de tonnes de matière sèche.

Les besoins en paille dans l'élevage français ont été estimés à 22,7 millions de tonnes sur la base des effectifs fournis par Agreste et des consommations fournies par l'Institut de l'élevage. Au niveau régional, la production de paille ne permet pas de répondre systématiquement aux besoins régionaux de l'élevage. Il existe d'importants flux de pailles interrégionaux.

Synthèse " résidus de cultures annuelles"

Source : FranceAgriMer

Estimations 2014						
volumes en milliers de tMS / an	Volume Total Produit	Volume Théorique Disponible (1)	Volume Usage 1	Volume Usage 2	Volume Usage 3	Volume Supplémentaire Disponible
			litière	matériaux	énergie	
Pailles de céréales	74 202	24 487	22 724 (73%)	quelques projets	quelques projets	~ 1 762
Pailles d'oléagineux	2 613	1 307				~ 1 307

Disponibilité : 3,1 millions de tonnes / an (densité 100 kg/m3 et épaisseur 0,37m)
84 000 000 m² d'isolation par an !

Qu’est ce qu’une botte de paille de construction

Les bottes doivent être exclusivement composées de paille.

On appelle « botte de paille » le produit fabriqué par une botteleuse, à partir de paille en vrac.

Pour façonner la botte, la botteleuse comprime les tiges de paille en couches de 10 cm environ, appelées « galettes ».

Plusieurs galettes sont ainsi poussées les unes contre les autres jusqu’à obtenir la longueur désirée. La machine lie ensuite l’ensemble avec 2 ou 3 ficelles afin de former une botte.

La pression avec laquelle la machine comprime la paille, est réglable.

Caractéristiques botte de paille :

Paille : tige des céréales une fois les grains récoltés

Céréale : Blé, orge, seigle, avoine…

Densité : entre 80 et 120 kg/m^3

Taux d’humidité relative : <20% et exempte de moisissure

Un taux de graines et de mauvaises herbes très faible.

Les avantages de la construction paille

Sous-produit de l'agriculture abondant : 5% de la paille = 500 000 logements (2018 : 398.100 logements	Produit local Minimisation du transport	Compostable ou réutilisable en fin de vie	Très bon isolant	Stocke le carbone	Faible énergie grise

Les murs peuvent être perspirants

La paille : apport d'inertie

Déchets de chantiers réduits

Valorisation du travail humain

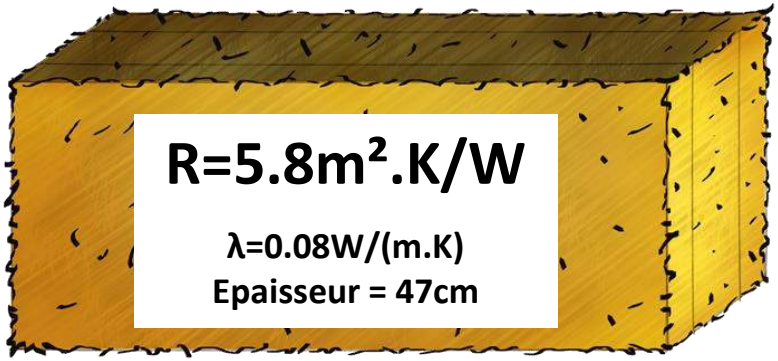
Emission COV : A+

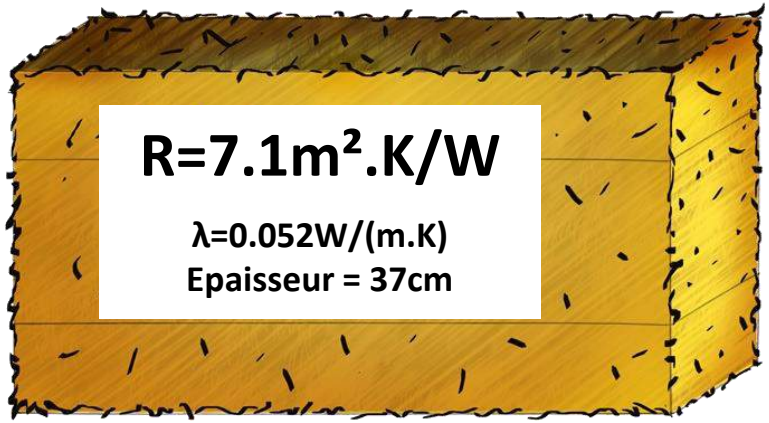
Bilan carbone positif

Caractérisation du matériau botte de paille

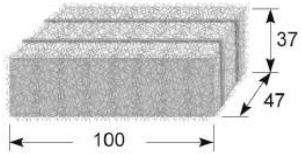
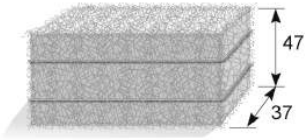
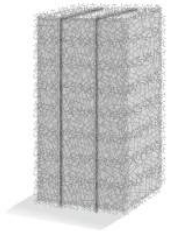
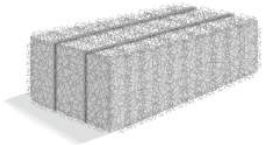
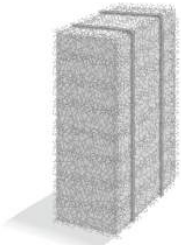
Caractéristiques thermiques

Bottes posées à plat

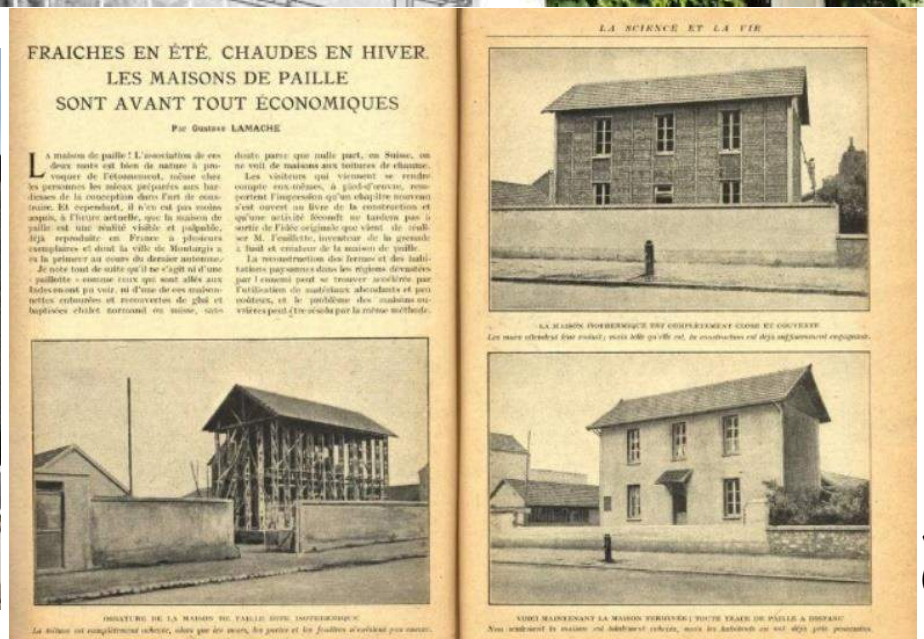




Bottes posées sur chant

Partie de la botte de paille visible au premier plan	Avantages	Inconvénients
À plat, chant visible 	Facilite : - l'empilement des bottes - la réalisation des parois courbes - l'obtention de la planéité - la mise en compression des parois	- Épaisseur de la paroi - Nombre non optimal de bottes utilisées par m² de paroi
Sur chant, face visible 	- Moindre épaisseur de la paroi - Nombre optimal de bottes par m² de paroi	Empilement plus difficile qu'à plat
Debout, face visible 	- Régularité de l'entraxe de l'ossature - Rapidité de mise en oeuvre - Facilitation de la réalisation des angles - Calepinage serré - Préfabrication facilitée	Fixation des bottes plus délicate dans le cas d'une ossature non traversante
À plat, bout visible 	- Maîtrise de l'épaisseur de la paroi (après découpe des bottes) - Contrôle aisé de la longueur des bottes en découpant et reficelant celles-ci - Maîtrise complète des dimensions des bottes	Découpage quasi systématique des bottes
Debout, chant visible 	- Contrôle aisé de la longueur des bottes en découpant et reficelant celles-ci - Maîtrise complète des dimensions des bottes	Découpage quasi systématique des bottes

Maison Feuillette : la plus ancienne maison en paille d'Europe



FRAICHES EN ÉTÉ, CHAUDES EN HIVER.
LES MAISONS DE PAILLE
SONT AVANT TOUT ÉCONOMIQUES

Par Gustave LAMACHE

LA SCIENCE ET LA VIE

« La Science et la Vie » (mai 1921, n° 56).

Résultats de l'étude scientifique 'Paille' Montholier

. Essai au feu d'un élément de toiture

Le feu a duré une vingtaine de minutes. Les températures en surfaces étaient de l'ordre de 800 à 900°C. Durant le test, le panneau est resté stable et aucune combustion n'a pu débuter dans la paille. Les températures mesurées à l'intérieur du coffre ont été :
de 230 °C maximum à l'interface entre le parement bois et la paille
de 75 °C maximum à l'intérieur du remplissage en paille.

Résultats de l'étude scientifique 'Paille' Montholier

. Essai au feu d'un élément de mur

Le feu d'heptane a duré 1 h 25 minutes. La couche superficielle de l'enduit à l'endroit léché par les flammes (8 à 900°C) a cloqué et s'est effondrée au bout de 45 minutes. La couche suivante n'a pas été significativement endommagée durant l'essai. Après 40 minutes, une combustion a été repérée dans la paille. Cette combustion ne s'est que très lentement et partiellement propagée à l'intérieur du mur. L'ossature bois n'a pas été attaquée.

Maison passive R+1 en Suisse – Werner Schmitt

Grosse botte de paille porteuse technique « Nebraska » moderne et pose du toit préfabriqué Maison hors d'eau en 2 jours

LES DIFFÉRENTES TECHNIQUES

Technique : remplissage

1. OSSATURE BOIS
2. BOTTES DE PAILLE
3. PANNEAU DE CONTREVENTEMENT
4. PARE-PLUIE
5. PAREMENT EXTÉRIEUR : bardage ou enduit

Technique : préfabrication

1. OSSATURE BOIS
2. BOTTES DE PAILLE
3. PANNEAU PARE-PLUIE
4. CAISSON
5. PAREMENT EXTÉRIEUR : bardage ou enduit

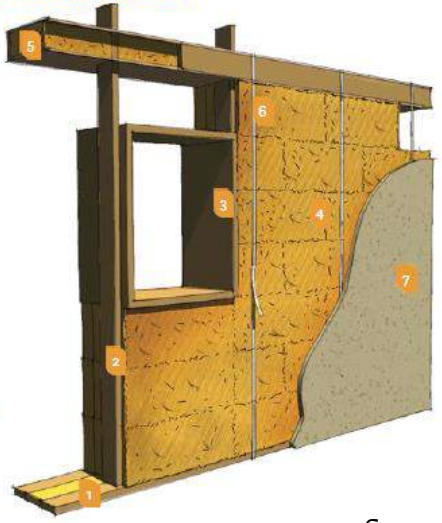
Technique : Isolation Thermique par l'Extérieur

1. MUR EXISTANT
2. SOUBASSEMENT
3. ISOLATION COMPLÉMENTAIRE
4. OSSATURE EN BOIS
5. BOTTES DE PAILLE
6. PAREMENT EXTÉRIEUR : bardage ou enduit

Technique : paille structurelle

1. LISSE BASSE
2. SUPPORT DU PRÉCADRE DE MENUISERIE
3. PRÉCADRE DE MENUISERIE
4. BOTTES DE PAILLE
5. LISSE HAUTE
6. GROSSE SANGLE DE COMPRESSION
7. PAREMENT EXTÉRIEUR

À savoir :
Il est également possible d'utiliser la botte de paille en isolant de toiture (plafonds rampants ou combles perdus).



Source : rfcp

Techniques conventionnelles

- Selon DTU 31.2
- Finition enduits ou bardage

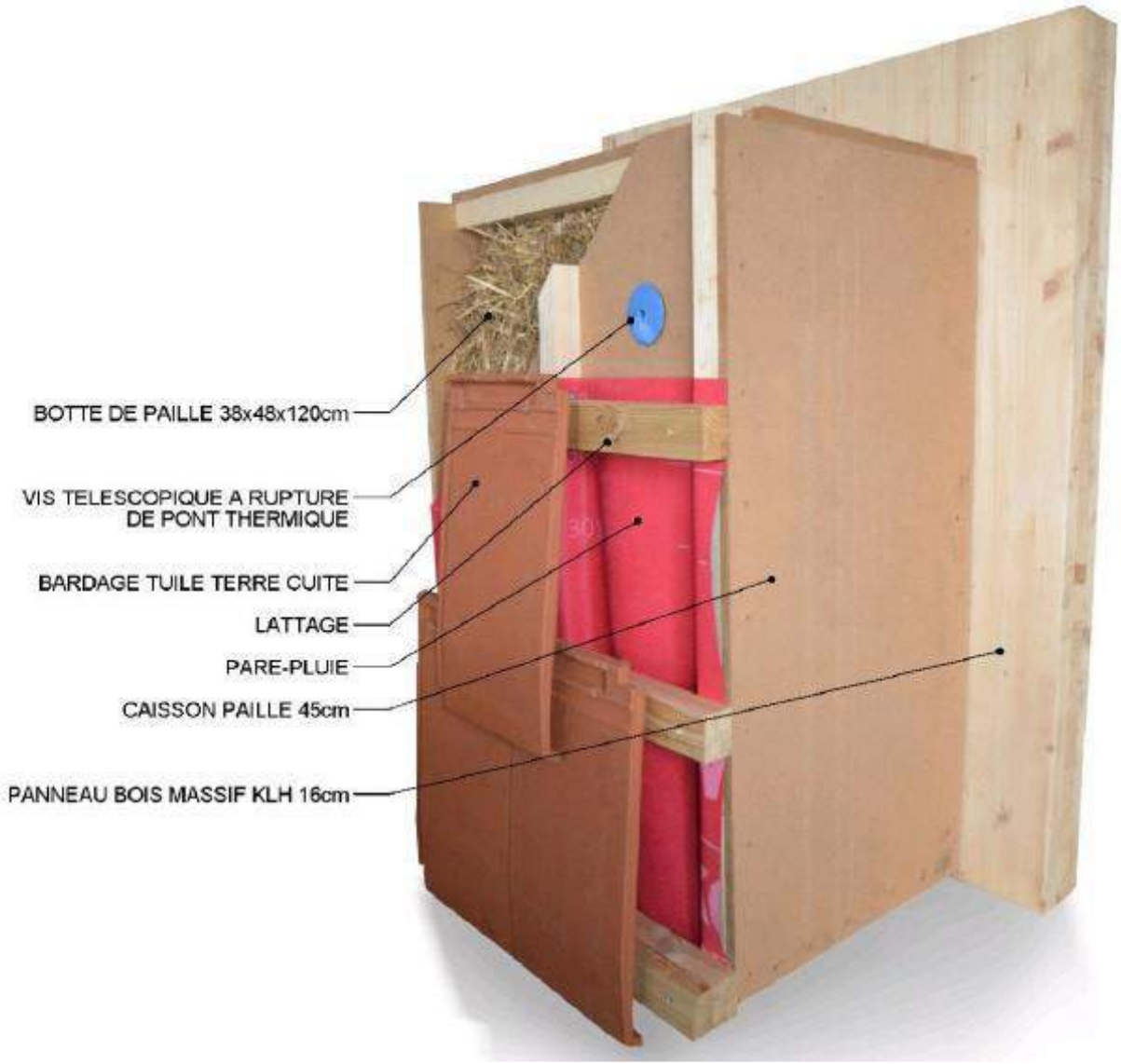
Techniques conventionnelles

- Poteaux-Poutres

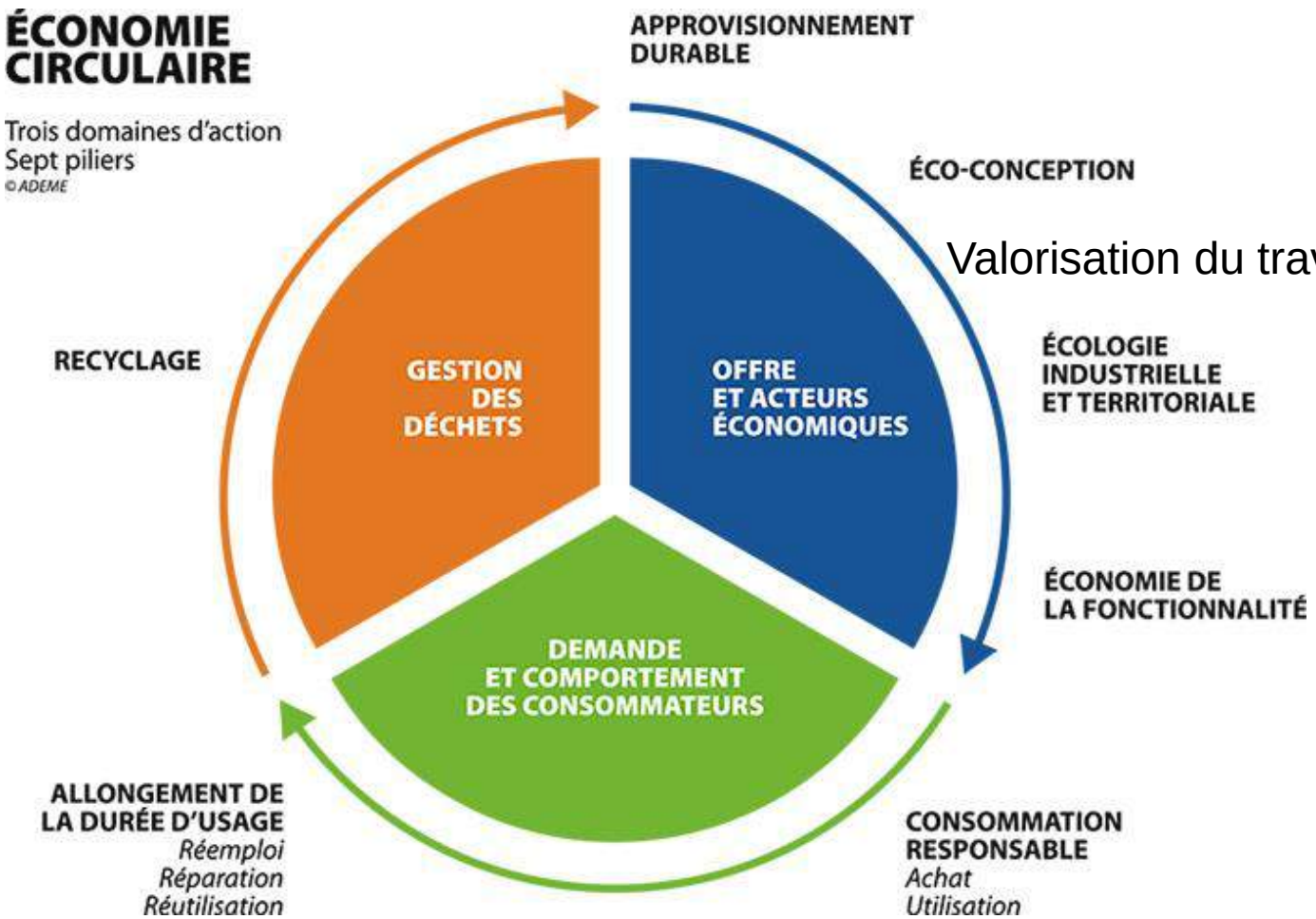
Techniques conventionnelles

- Préfabrication Atelier (Caissons)

Construction neuve en ITE



Aspects sociales, écologiques et économiques

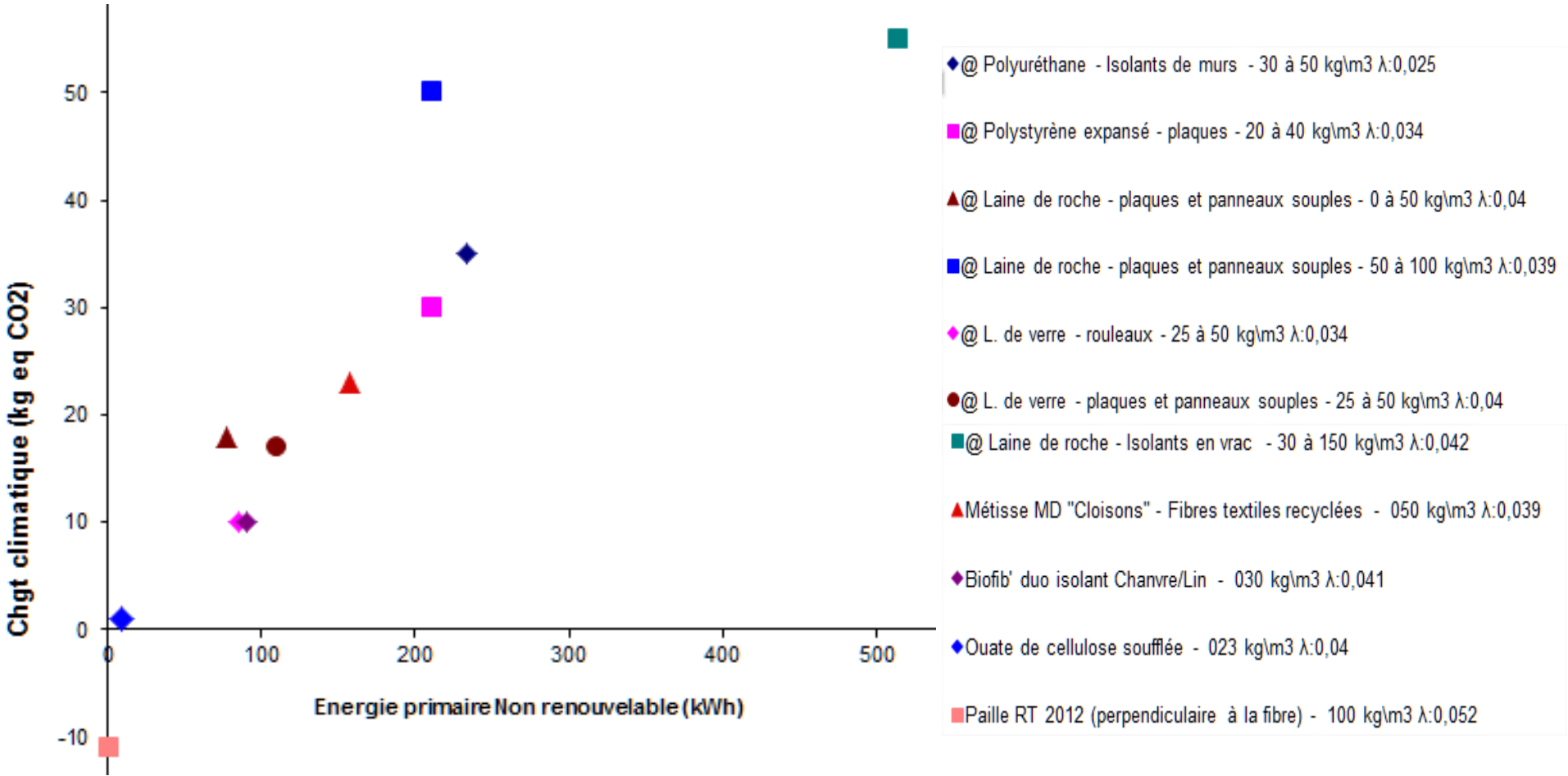


Valorisation du travail humain

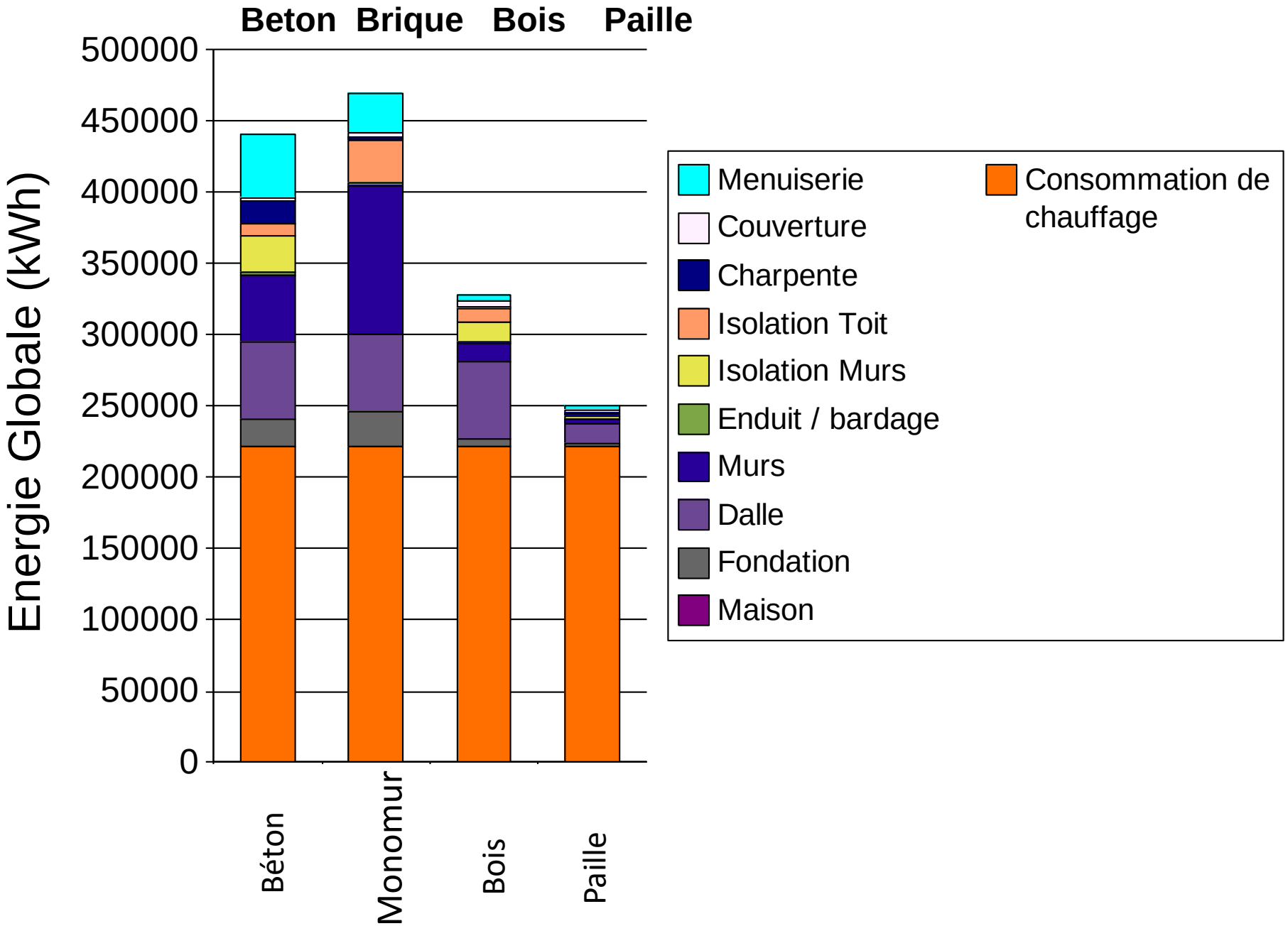
Energie grise et empreinte carbone

Énergie grise = Énergie consommée pour fabriquer et transporter le matériau (kWh/m3)

IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX : ISOLATION R = 5



Bilan sur 100ans



Etudes de cas et exemples

PARTOUT DANS LE MONDE

Manoir Burrit Alabama 1938

École en Chine

Auditorium RABOBANK
300 PLACES

Névada Arkin-Tilt Architectes

Suisse

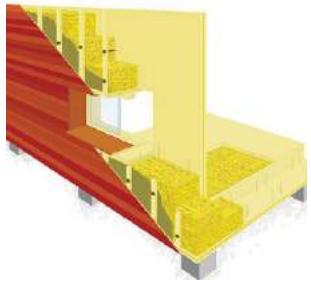
Allemagne

Irlande

Roumanie

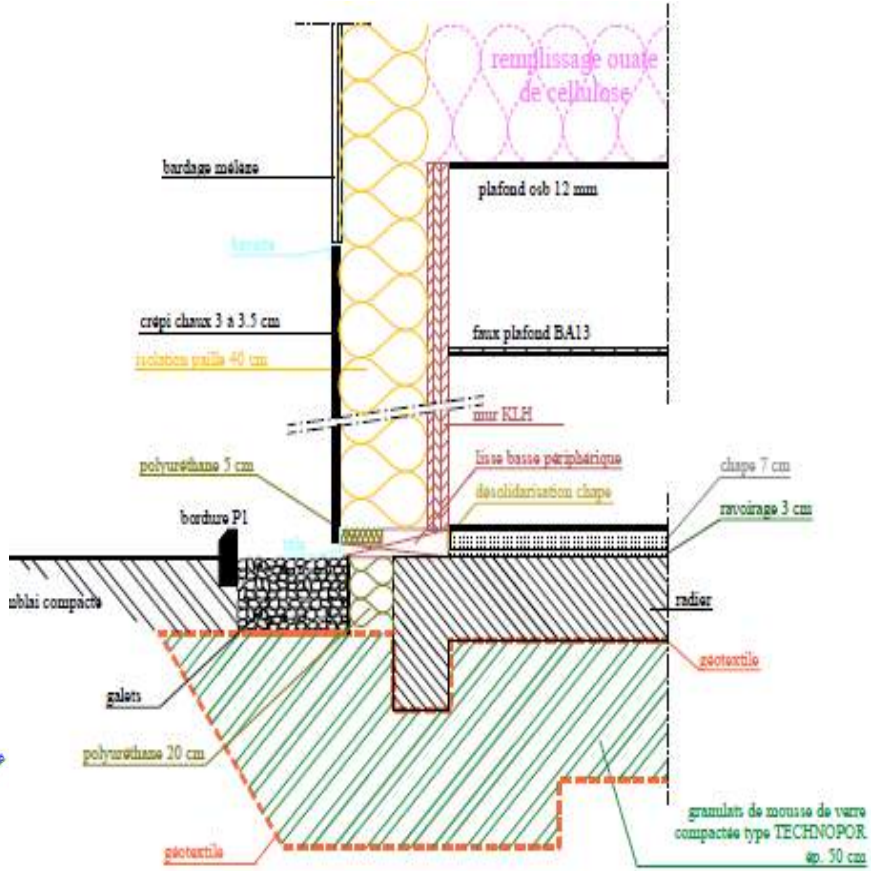
Italie

DIFFÉRENTS SYSTÈMES

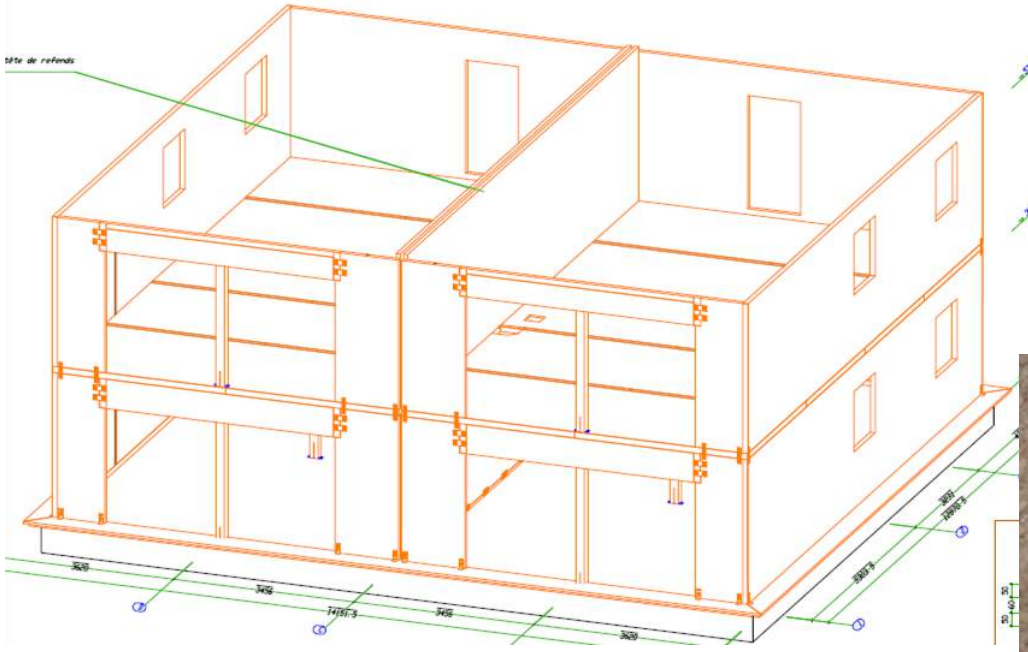


Construction d’un bâtiment passif bois / paille de 4 logements sociaux à 650m d'altitude

Labélisation Passive
Système constructif Bois
Massif + Paille
300m² habitable
Construction : Juin 2009



DETAIL DE PRINCIPE
SUR MUR COURANT



MAISONS INDIVIDUELLES

M. ET MME HUBER (67)

Maison individuelle – 2010

Maître d'œuvre : Architecture & Paysages sarl (67)

Localisation : 67350 Pfalzweyer

SHON : 158 m²

MAISONS INDIVIDUELLES

M. ET MME HUBER (67)

LOGEMENTS COLLECTIFS

ECOLLINE 10 LOGEMENTS

Habitat collectif - 2011

Localisation :
St Dié des Vosges (88).

Maître d'ouvrage : Ecolline.

Maître d'œuvre : Ascendense architecture (88),
BET Terranergie (88).

Entreprises en relation avec la paille : Arts Home (murs), Sertelet (caissons préfa).

SHON : 50 m².

Surface isolée en paille murs 1350 m² + toiture 715 m².

LOGEMENTS COLLECTIFS

ECOLLINE 10 LOGEMENTS

Système constructif
Ossature en bois massif, contreventement par voligeage, caissons toiture préfabriquées et une partie utilisant des bottes matelas.

Type de parement
Bardage mélèze, bardage douglas, enduit chaux, enduit terre.

Ecole Elémentaire de Bernwiller

BATIMENT PAILLE AVEC ETANCHÉITÉ À L'AIR EN ENDUIT TERRE

Maîtrise d'Ouvrage : SIVOM d'Ammertzwiller et Bernwiller
Coût des travaux : 1 094 000 € HT
Surface SHON : 760 m2
Missions assurées : Base + exe + opc

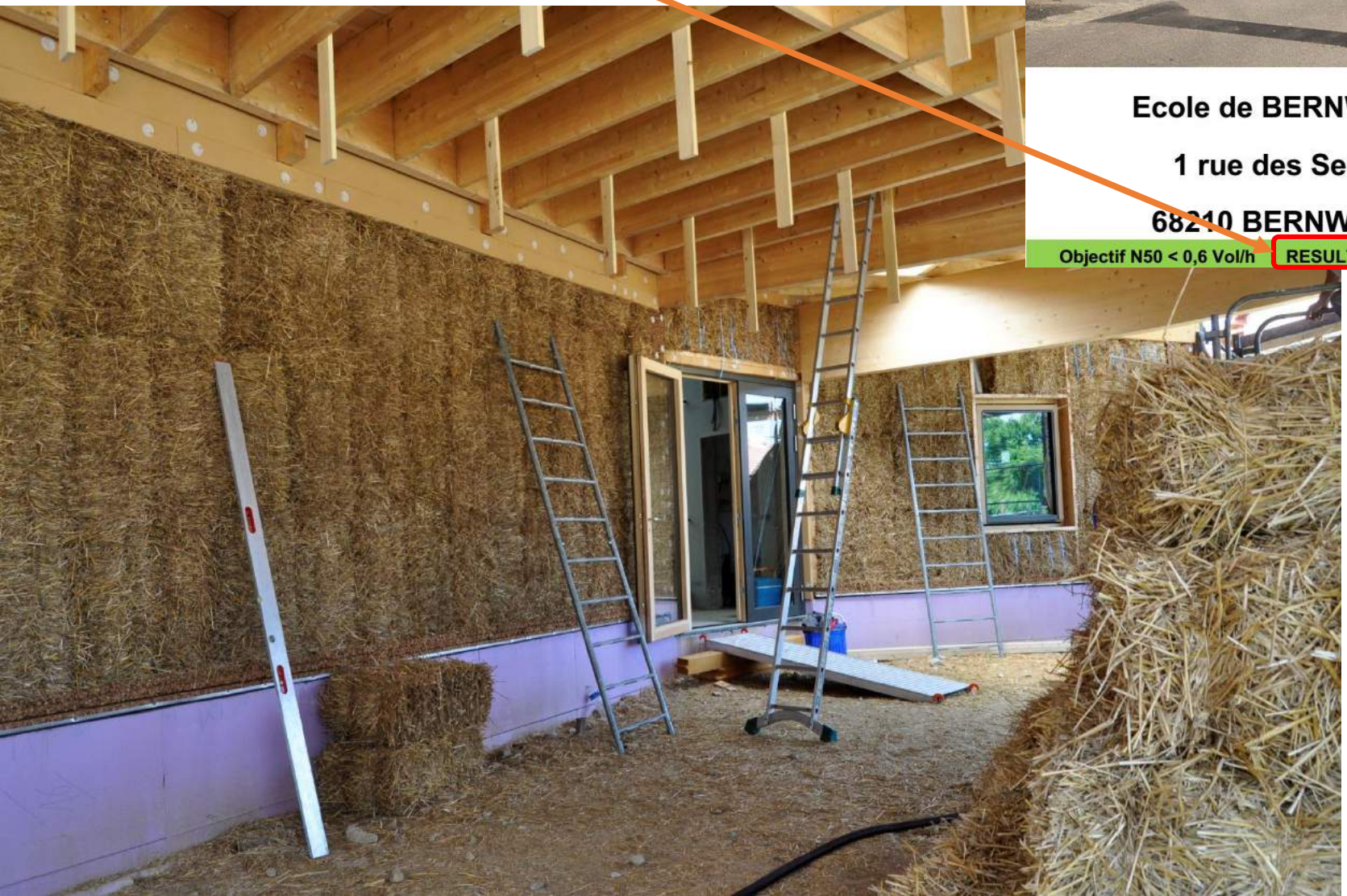
TEST D'ETANCHEITE A L'AIR 1,5FOIS MEILLEUR QUE LES OBJECTIFS DU LABEL PASSIF.

Ecole de BERNWILLER

1 rue des Seigneurs

68210 BERNWILLER

Objectif N50 < 0,6 Vol/h	RESULTAT N50 = 0,41 Vol/h



Terranergie
Ecoconstruction
Efficacité énergétique

Maîtrise d'Ouvrage : Association L'Atre de la Vallée

Coût des travaux : 3 200 000 € HT

Surface SHON : 3 000 m2

Missions assurées : Base + exe + opc

Terranergie
Ecoconstruction
Efficacité énergétique

Architecte : Atelier Dform

Essai au feu (IT 249)

Etanche au feu 1H (Ei → o 60)

CSTB
le futur en construction

APPRECIATION DE LABORATOIRE N°AL15-169 CONCERNANT LE COMPORTEMENT AU FEU D'UN ELEMENT DE FAÇADE

Demandeur de l'étude
L'Atre de la Vallée
4, rue des Feignes
68370 ORBEY

Référence
26053497

Auteur(s)	Vérificateur	Approbateur	Version	Date
Erich BERGER	Dominique PARDON	Stéphane HAMEURY	1.0	09/11/2015

RECONSTRUCTION DU COLLEGE JEAN LAMOUR à Nancy

Collège de 12 divisions soit 360 élèves et 1 section ULIS (Unité Localisée d'Inclusion Scolaire) de 10 élèves

- Récupération d'énergie sur les eaux grises,
- réutilisation sur place de 9 000 tonnes de gravats de la démolition du précédent bâtiment,
- gestion de la qualité de l'air intérieur,
- gestion des eaux de pluie par infiltration et rétention,
- organisation de la filière de tri au sein de la restauration en vue de créer une filière de compostage sur le collège.
- Utilisation importante de matériaux naturels ou biosourcés (bois, paille et ouate de cellulose, pierre naturelle…)
- Performances techniques : enveloppe et étanchéité passive ; système de traitement d'air optimisé…
- Confort d'usage (lumière, acoustique et fluidité des espaces)

Et tout cela pour 3000 € TTC par an de frais de chauffage et d'ECS (pour 3600 m²).

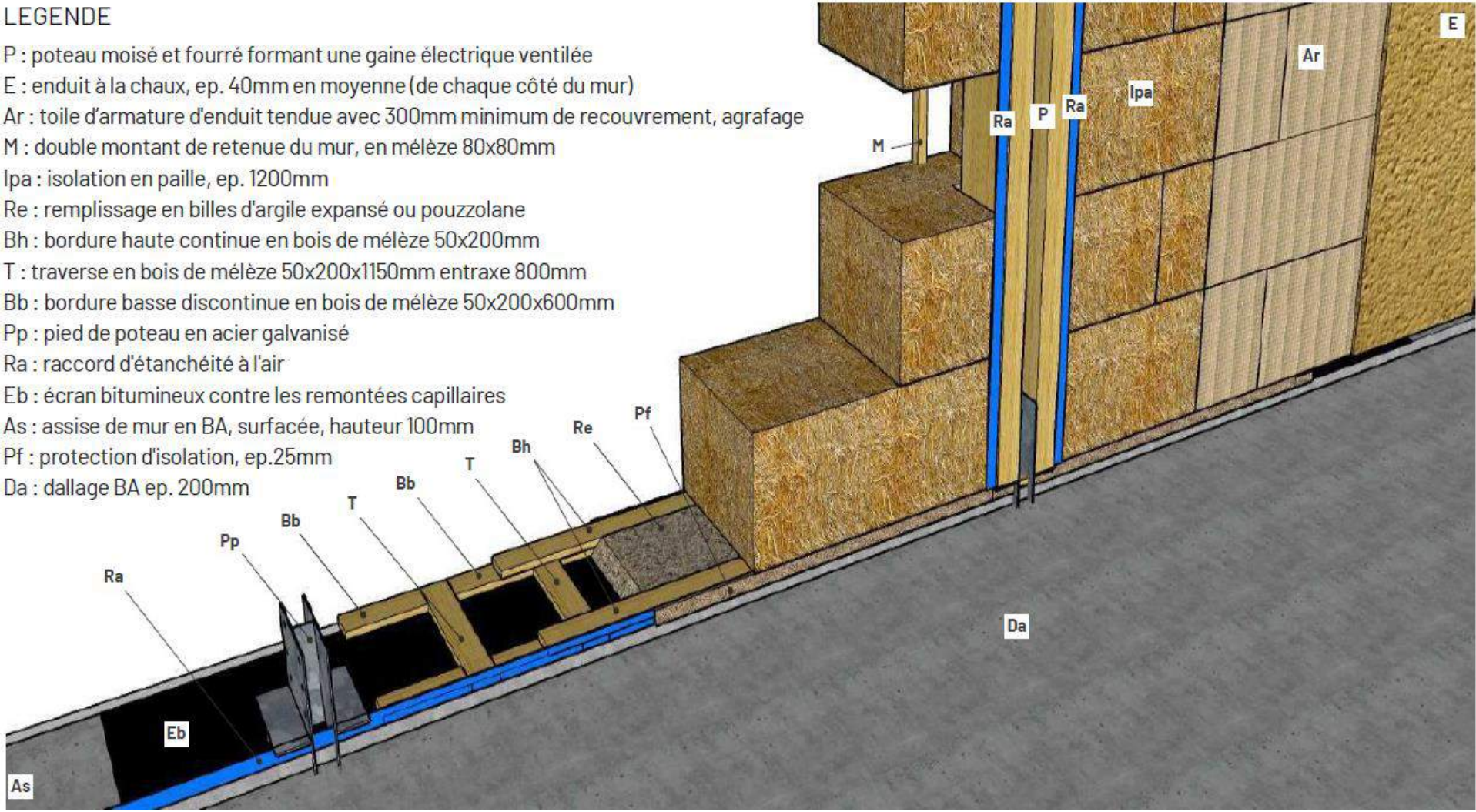
Un chai passif en paille pour le domaine viticole Achillée - Scherwiller

Maître d’ouvrage : EARL Dietrich Yves
Architectes : Architecture & Paysages, Christophe Köppel

DETAIL D'UNE JONCTION MUR / PLANCHER BAS

LEGENDE

P : poteau moisé et fourré formant une gaine électrique ventilée
E : enduit à la chaux, ep. 40mm en moyenne (de chaque côté du mur)
Ar : toile d'armature d'enduit tendue avec 300mm minimum de recouvrement, agrafage
M : double montant de retenue du mur, en mélèze 80x80mm
Ipa : isolation en paille, ep. 1200mm
Re : remplissage en billes d'argile expansé ou pouzzolane
Bh : bordure haute continue en bois de mélèze 50x200mm
T : traverse en bois de mélèze 50x200x1150mm entraxe 800mm
Bb : bordure basse discontinue en bois de mélèze 50x200x600mm
Pp : pied de poteau en acier galvanisé
Ra : raccord d'étanchéité à l'air
Eb : écran bitumineux contre les remontées capillaires
As : assise de mur en BA, surfacée, hauteur 100mm
Pf : protection d'isolation, ep.25mm
Da : dallage BA ep. 200mm



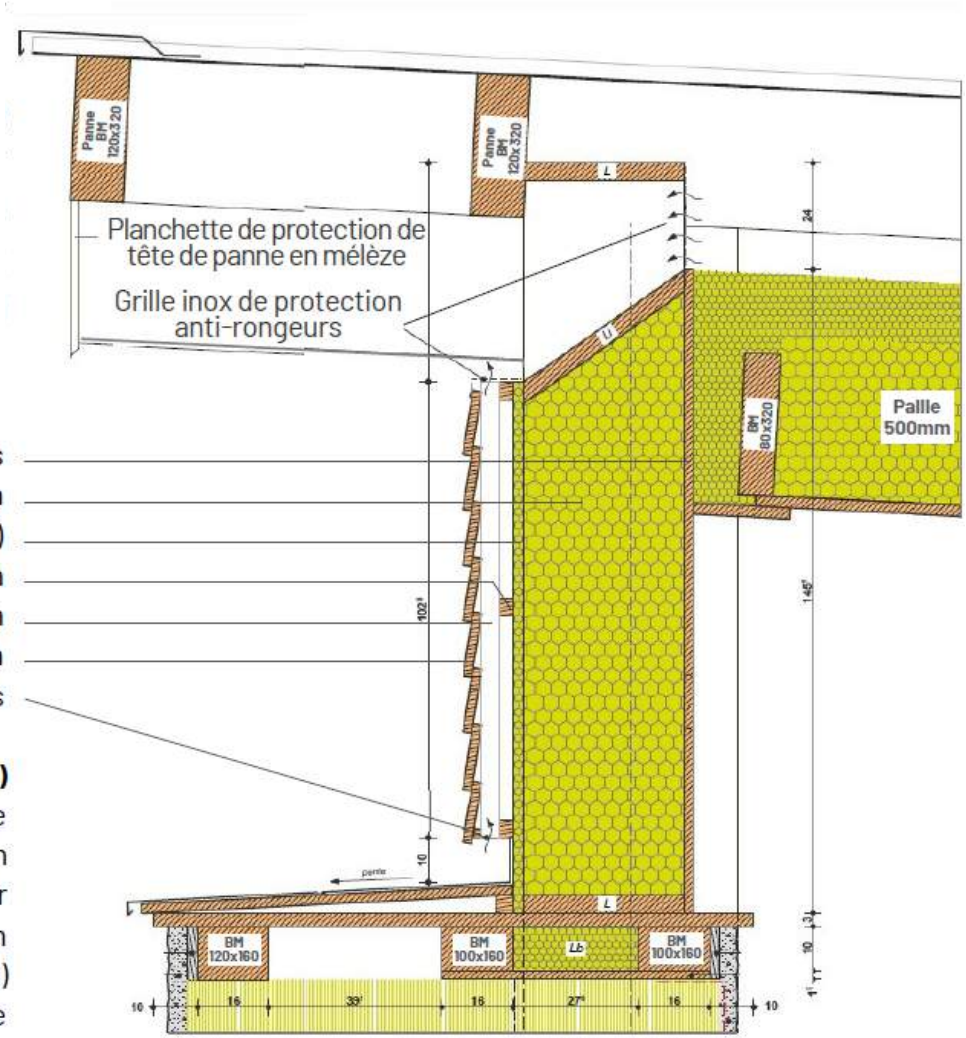
Le choix d'une structure en paille autoportée

L'épaisseur des murs de 1.2m a trois avantages :

- les murs deviennent autoportés (la paille n'est porteuse que du poids propre des murs extérieurs et de certains ouvrages secondaires),
- l'enveloppe thermique est plus performante,
- la découpe des bottes de paille est minime.

COUPE VERTICALE : JONCTION MUR / TOITURE

« La technique de paille autoportée est proposée comme modèle d'auto-construction aux agriculteurs ayant des produits à valeur ajoutée à stocker dans des conditions stables de température et d'hygrométrie ».



Voile travaillant en panneaux OSB3 19mm avec adhésifs couvre-joints
Isolation en paille comprimée (80kg/m3) entre ossatures en bois 350mm
Ecran pare-pluie en panneaux de laine de bois bitumineux (joints collés)
Ossature horizontale de bardage mini 30mm
Ossature verticale de bardage mini 30mm
Planchette de protection de tête de panne (mélèze purgé d'aubier) 25mm
Grille inox de protection anti-rongeurs et anti-insectes

Mur extérieur en paille autoportée (de l'intérieur à l'extérieur)
Enduit à la chaux 40mm en moyenne
Panneau d'accrochage 25mm
Raccord d'étanchéité a l'air
Isolation en paille autoportée 1200mm
Voile travaillant en panneaux OSB3 19mm (avec adhésifs couvre-joints)
Enduit à la chaux 40mm en moyenne

Caractéristiques de la paille utilisée
Provenance : Ferme Oberfeld — Geispolsheim (à environ 40km du chantier)
Poids et formats : 229 tonnes (174 tonnes en 1200x900mm et 54 tonnes en 700x1200mm)
Densité : 160 kg/m3 à 180 kg/m3 en paille porteuse et 80 kg/m3 à 180 kg/m3 en paille non porteuse

chai passif en paille

13 logements Passif en béton/bois/paille – PHCCA - ASP

13 logements Passif en béton/bois/paille

13 logements Passif en béton/bois/paille

13 logements Passif en béton/bois/paille

13 logements Passif en béton/bois/paille

13 logements Passif en béton/bois/paille

Résidence Jules Ferry

BATIMENTS TOUT BOIS/PAILLE 8 NIVEAUX - LABELLISE PASSIVHAUS

- PLUS HAUT IMMEUBLE D'HABITATION EN BOIS EN FRANCE
- BATIMENTS LABELLISES PASSIV HAUS
- UTILISATION ESSENTIELLEMENT DE MATERIAUX BIO-SOURCES
- EAU CHAUDE ET CHAUFFAGE = 95% GRATUIT 100% ENERGIES RENOUVELABLES

MAITRE D'OUVRAGE	**LE TOIT VOSGIEN** 6 rue breuil 88100 Saint-Dié-des-Vosges Tél : 03 29 55 15 10 Mél : contact@toitvosgien.fr
ARCHITECTE ECONOMISTE OPC MANDATAIRE	**ASP ARCHITECTURE** 18 rue A de St Exupéry 88100 Saint-Dié-des-Vosges Tél : 03 29 56 86 78 Mél : contact@asparchitecture.fr
BE THERMIQUE ET ECO-CONSTRUCTION	**TERRANERGIE** 1 rue du Kemberg 88580 Saulcy-sur-Meurthe
BE STRUCTURE BOIS	**INGENIERIE BOIS** 1 rue du Marais 67800 Bischheim

Utilisation de matériaux de construction bio-sourcés :

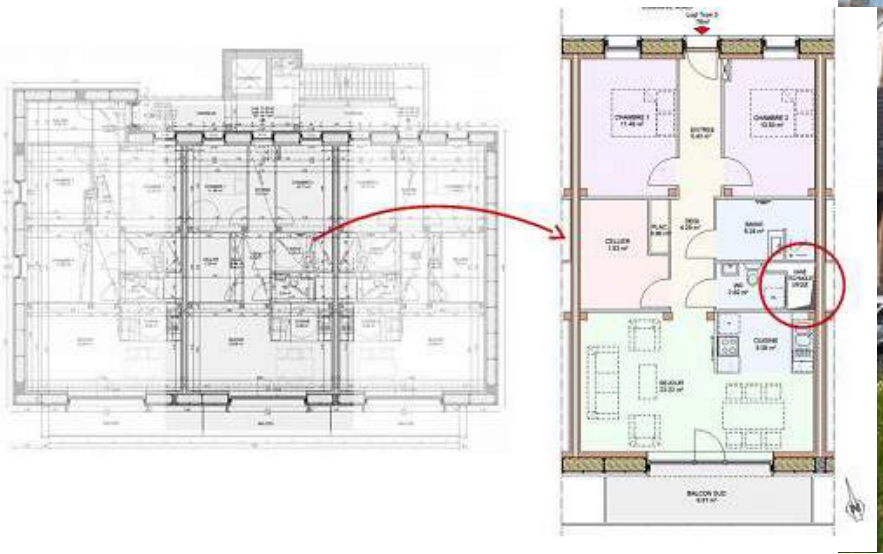
<u>bilan carbone de la construction positif de 1100T de CO2 !</u>

- -1000T de CO2 stockées dans les 1000m³ de bois utilisés
- - 200T de CO2 stockées dans les 600m³ de paille utilisés
- - 100T de CO2 consommées lors de la construction

PROGRAMME

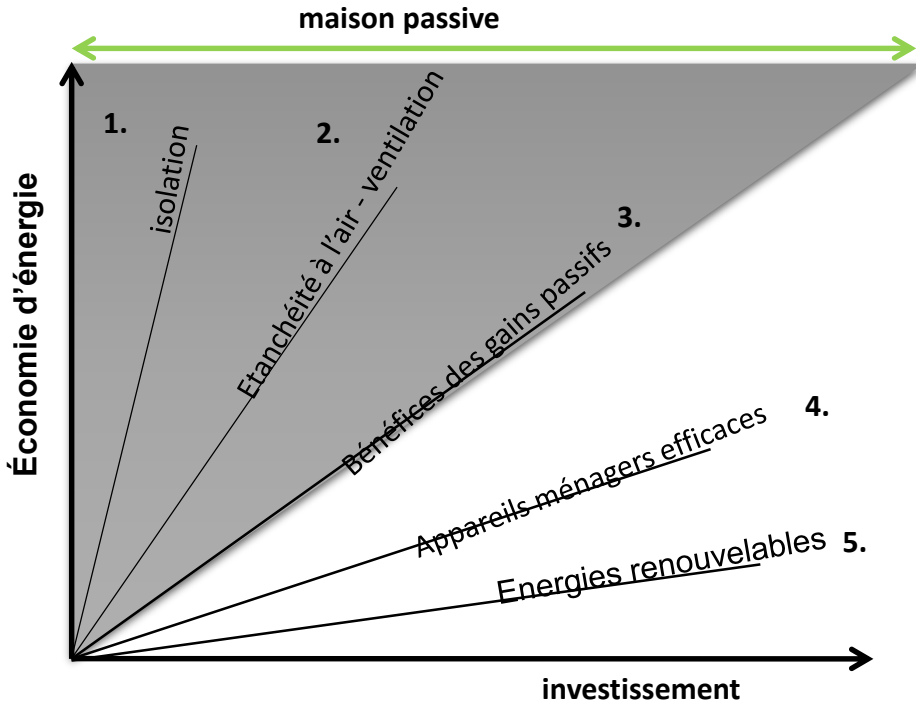
26 logements sociaux PLUS-PLAI de types T3 (76m²) et T4 (90m²)

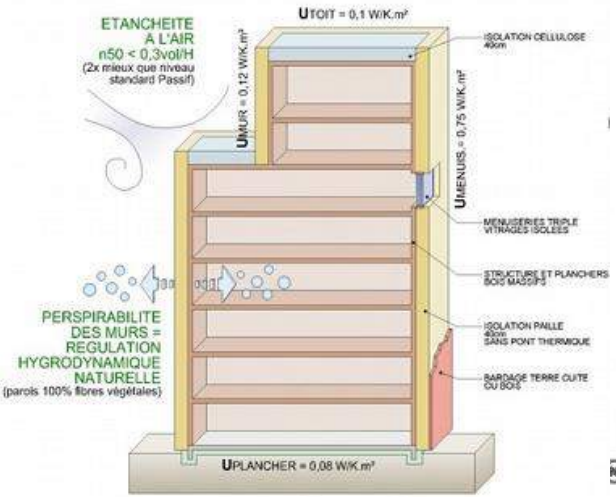
- Études 2012 (12 mois) – Travaux 2013 (12 mois)
- 2 bâtiments disposés de façon optimum par rapport à l'ensoleillement
- Conception simple avec superposition systématique du programme = descentes de charges + distribution des fluides optimisées
- Conception des pièces « humides » autour d'une gaine technique unique



STRATEGIE

- Equipe de Maîtrise d'Œuvre solidaire, collaborant et échangeant dès l'esquisse
- Démarche de conception hiérarchisée ayant pour objectif une efficacité réelle et concrète
- Démarche inverse à celle d'additionner à posteriori sur un projet architectural des systèmes ou régulations énergétiques pour compenser une conception globale manquant de cohérence





1
ENVELOPPE PERFORMANTE ET SAINE

2
CONCEPTION BIOCLIMATIQUE

3
RECUPERATION D'ENERGIES

4
ENERGIES RENOUVELABLES

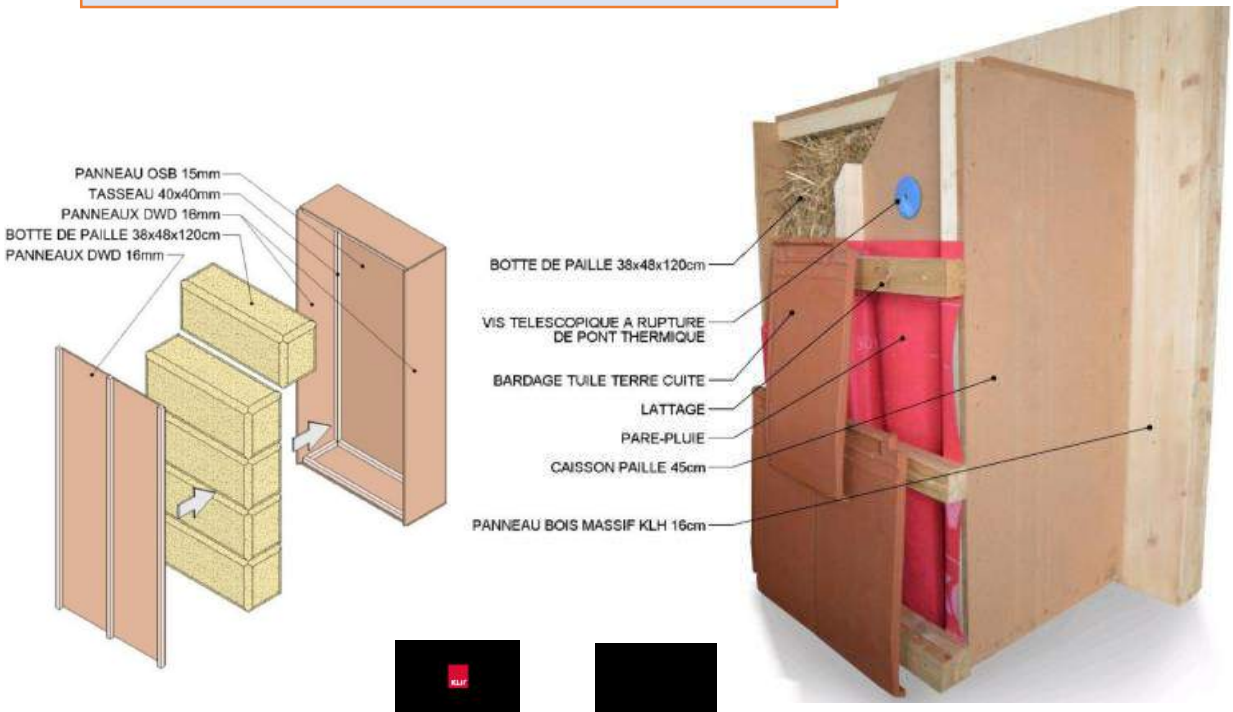
BILAN CARBONE POSITIF

- **bilan carbone de la construction positif de 1100T de CO_2**
  1000T de CO2 stockées dans les 1000m³ de bois utilisées
  200T de CO2 stockées dans les 600m³ de paille utilisées
  -100T de CO2 consommées lors de la construction

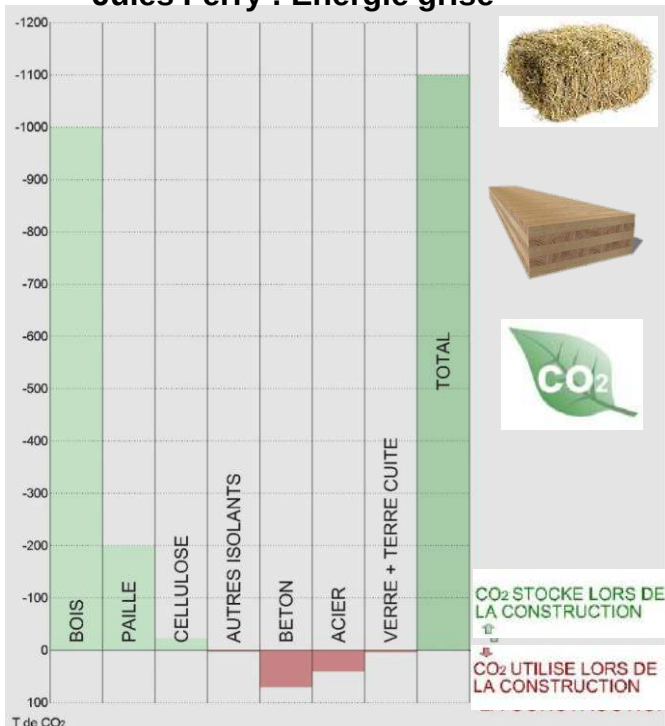
- **Pour comparaison, construction du <u>même bâtiment en solution classique</u> (béton / polystyrène / PVC) = 600 T CO_2**

- soit l'équivalent de <u>50 ans de chauffage et d'eau chaude</u> de ce bâtiment performant <u>s'il utilisait du gaz</u>
<u>- ou 6 millions de kms parcourus par une voiture récente</u> !
(150 fois le tour de la terre)

Jules Ferry
50ans d'exploitation toutes énergies = 700 Tonnes



Jules Ferry : Energie grise



Auto contrôle de mise en œuvre

- Fiche d'auto contrôle
  - renseignée durant mise en œuvre
  - copie
    - > au RFCP
    - > au maître d'ouvrage
  - modèle + exemples téléchargeables sur **www.rfcp.fr**

ANNEXE A1

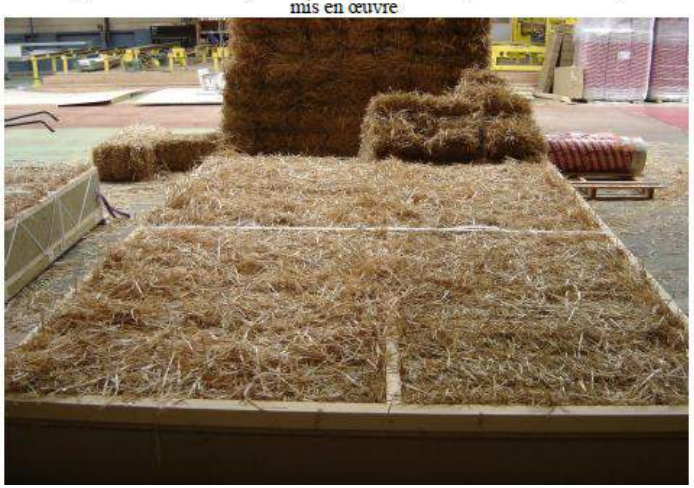
Cahier des charges pour l'utilisation des bottes de paille dans la construction

1 er livraison (397 bottes) Date : 9/05/2016				
Botte n°	Longueur (mm)	poids (kg)	Densitée kg/m3:	H %
1	1100	18,6	102	< 8%
2	1100	18,5	102	< 8%
3	1090	17	94	< 8%
4	1120	19	102	< 8%
5	1090	16,7	93	< 8%
6	1100	18,6	102	< 8%

ANNEXE A2

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

Contrôle réalisé	Remarques
Absence de vide entre les bottes	Les Bottes de pailles sont serrée entres elles à la masse
Absence de vide entre les bottes et leur interface avec d'autres matériaux	Les bottes sont rentrées en force, les vides éventuels sont comblés à la main avec de la paille en vrac et les ficelles sont coupées avant de fermer le caisson

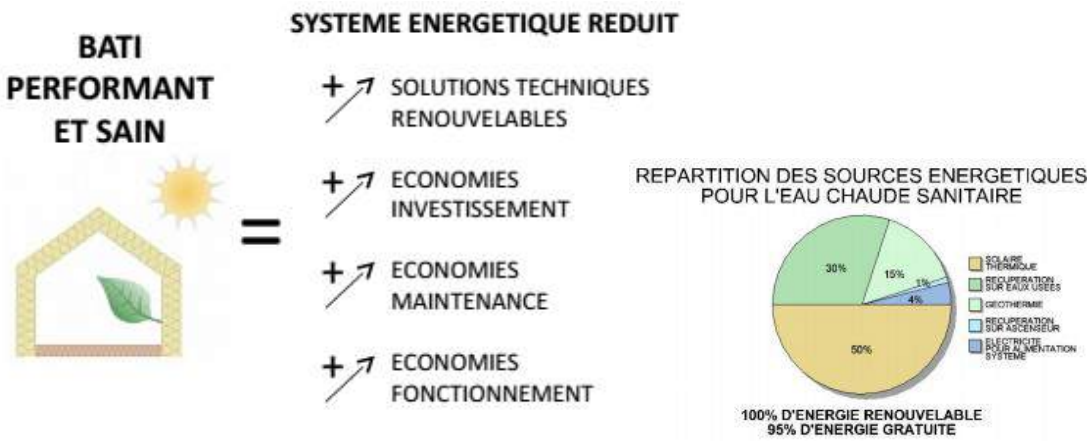
Contrôle réalisé	Remarques
L'isolant paille est solidaire de son support *Joindre un croquis de principe ou une photo d'un dispositif typique utilisé pour le maintien et/ou la compression des bottes de paille*	La paille est compactée dans un volume fermé. La paille ayant une densité élevée, elle exerce une pression importante sur les montants en poutre I. Quand les montants se déformés, on équipe le caisson d'une sangle pour assurer la géométrie de ce dernier avant de le fermer avec le panneau d'isorel. Les sangles n'ont une utilité que durant la phase chantier, les caissons étant jointifs une fois mis en œuvre 

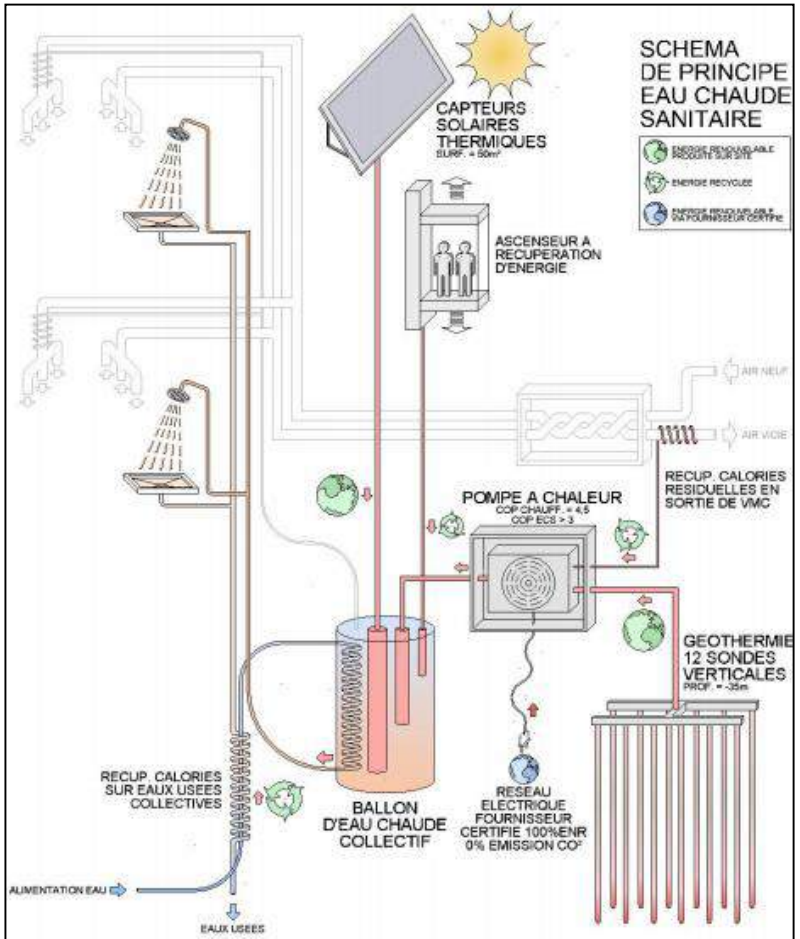
SYSTÈME ÉNERGÉTIQUE

Objectif : Zéro perte !

- Grâce à une bonne conception du bâti (compacité, isolation, orientation …) les besoins énergétiques sont très faibles
- Réduction des besoins à la source (distribution ultra-directe, bouclage ultra-isolé, robinetteries performantes…)
- suppression des émetteurs de chauffage classiques (radiateurs, planchers,…)
- <u>fusion du chauffage avec la ventilation double flux</u>
- Système énergétique pour les 26 logements =

- Récupération de chaleur collective sur les eaux grises
- Centrale double flux collective à haut rendement
- 50m² de capteurs solaires thermiques
- 1 petite pompe à chaleur de 30 kW





INVESTISSEMENTS

les économies du système énergétique (absence d'émetteurs de chaleur, distributions courtes, faible puissance…) investies dans l'enveloppe du bâtiment (plus durable)

- confère au bâti des qualités intrinsèques indépendantes de toute technologie et le préserve des risques de mauvais usages (utilisateurs, intervenants extérieurs, dérèglements…)
- garantit durablement de très faibles coûts d'entretien et de fonctionnement
- Garantit également la pérennité des ouvrages

		COUT TRAVAUX HORS VRD-ESPACES VERTS	COUT TRAVAUX TCE
		4 124 430,00 €HT	4 274 285,00 €HT
SHON	2707 m²	1 523,62 €HT/m²	1 578,97 €HT/m²
SUtile	2305 m²	1 789,34 €HT/m²	1 854,35 €HT/m²

Note : Dans ces prix, sont comprises des prestations spécifiquement demandées par Le Toit Vosgien, non liées aux performances du bâtiment. Ces prestations représentent 7 % de l'opération :

* Cuisines intégrées et en plus équipées (classe A : four, plaque à induction et hotte)
* SDB et WC entièrement carrelés
* Instrumentation de chaque logement
* Balcons largement dimensionnés …

CONSOMMATIONS ENERGETIQUES REELLES

- Seule la modélisation complète et la simulation thermique-dynamique permettent de concevoir un projet performant et de garantir que les valeurs estimées se confirment dans l'usage réel et libre des logements
- La labellisation PassivHaus est une excellente certification car l'approche scientifique basée exclusivement sur la réalité physique du bâtiment
- Après plus d'un an de fonctionnement, les estimations des consommations énergétiques ont été confirmées

CHARGES LOCATIVES ANNEE 2014

CHARGES ENERGIES INDIVIDUELLES	EAU CHAUDE	**13,50**	**18,50**	**€/mois/logement**
	CHAUFFAGE *			
	VMC			
	ENTRETIEN SYST. ENERG.			
CHARGES ENERGIES COLLECTIVES	ECLAIRAGE COMMUNS, POMPES, ASCENSEUR…	**5,00**		
AUTRES CHARGES	EAU VILLE POUR ECS	12,00	43,00	€/mois/logement
	ENTRETIEN ASCENSEUR	10,00		
	ESPACES VERTS	4,00		
	TAXE ORD. MENAGERES	17,00		

* La température moyenne de chauffage relevée dans les logements est de 22,8°

– ↘

DIMINUTION DES CHARGES =

+ ↗ POUVOIR D'ACHAT DES MENAGES

+ ↗ INVESTISSEMENT DANS L'ECONOMIE LOCALE

+ ↗ COMPORTEMENTS ECO-RESPONSABLES

– ↘ LOYERS IMPAYES

4 logements sociaux bois/paille passifs

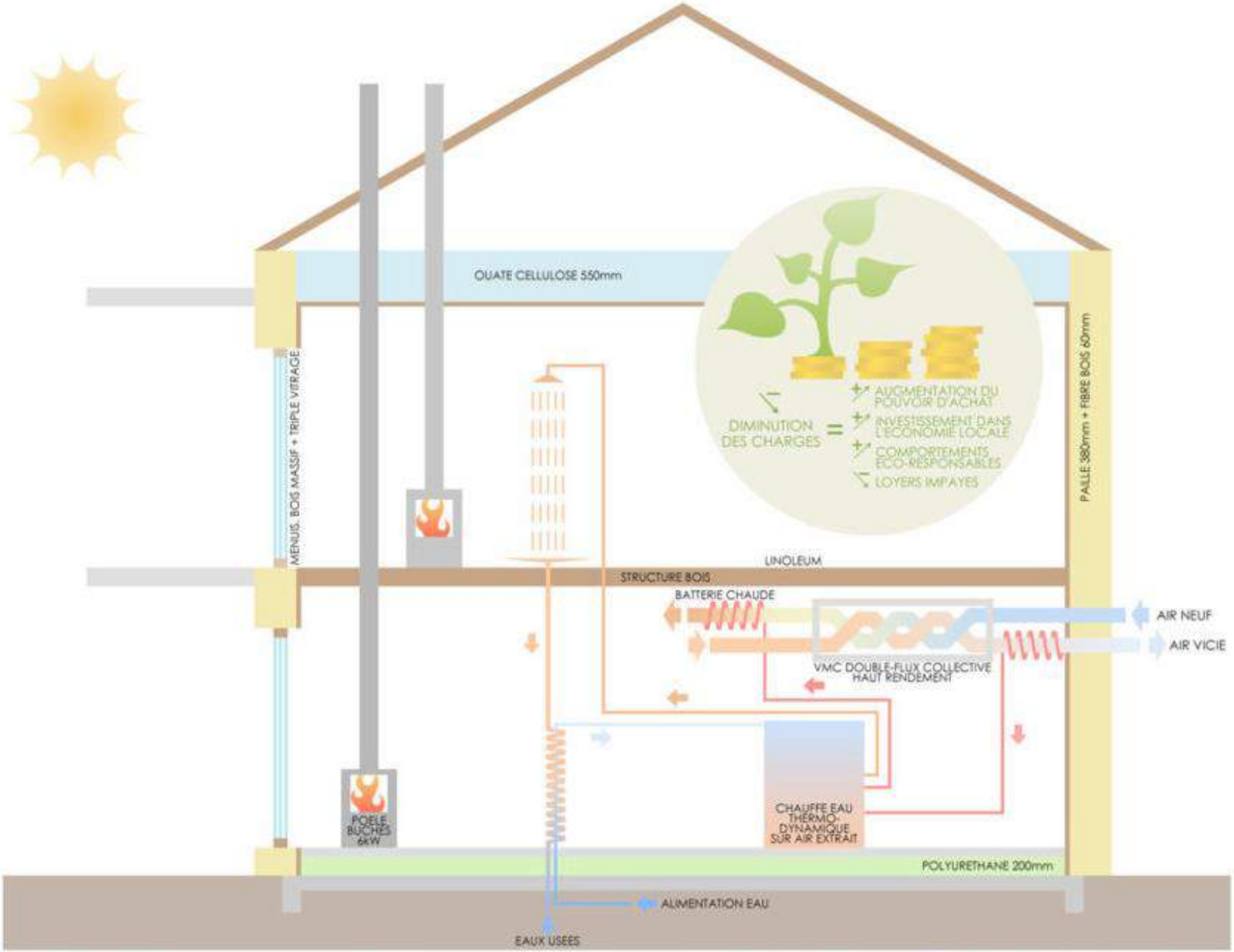
Maître d'ouvrage : **Le Toit Vosgien**
Date de réalisation : **2018**
Délais d'exécution : **8 mois**

Coût de réalisation des travaux : **487 000 €HT**
Surface traitée : **317 m2**

LE TOIT VOSGIEN

Terranergie
Ecoconstruction
Efficacité énergétique

ASO architecture



BIOCLIMATISME

ENVELOPPE ULTRA-PERFORMANTE ET BIO-SOURCEE

RECUPERATION CALORIES SUR EAUX GRISES

RECUPERATION CALORIES SUR VENTILATION DOUBLE FLUX