

Paille et construction

Luc Floissac

GRECAU

*Groupe de Recherche Environnement Conception en Architecture et en Urbanisme
École Nationale Supérieure d'Architecture de Toulouse*

Compailleurs

Réseau Français des constructeurs en paille.



Montargis – Loiret – 45
(Oldest SB house knowed in Europe - 1921)

Choix des matériaux

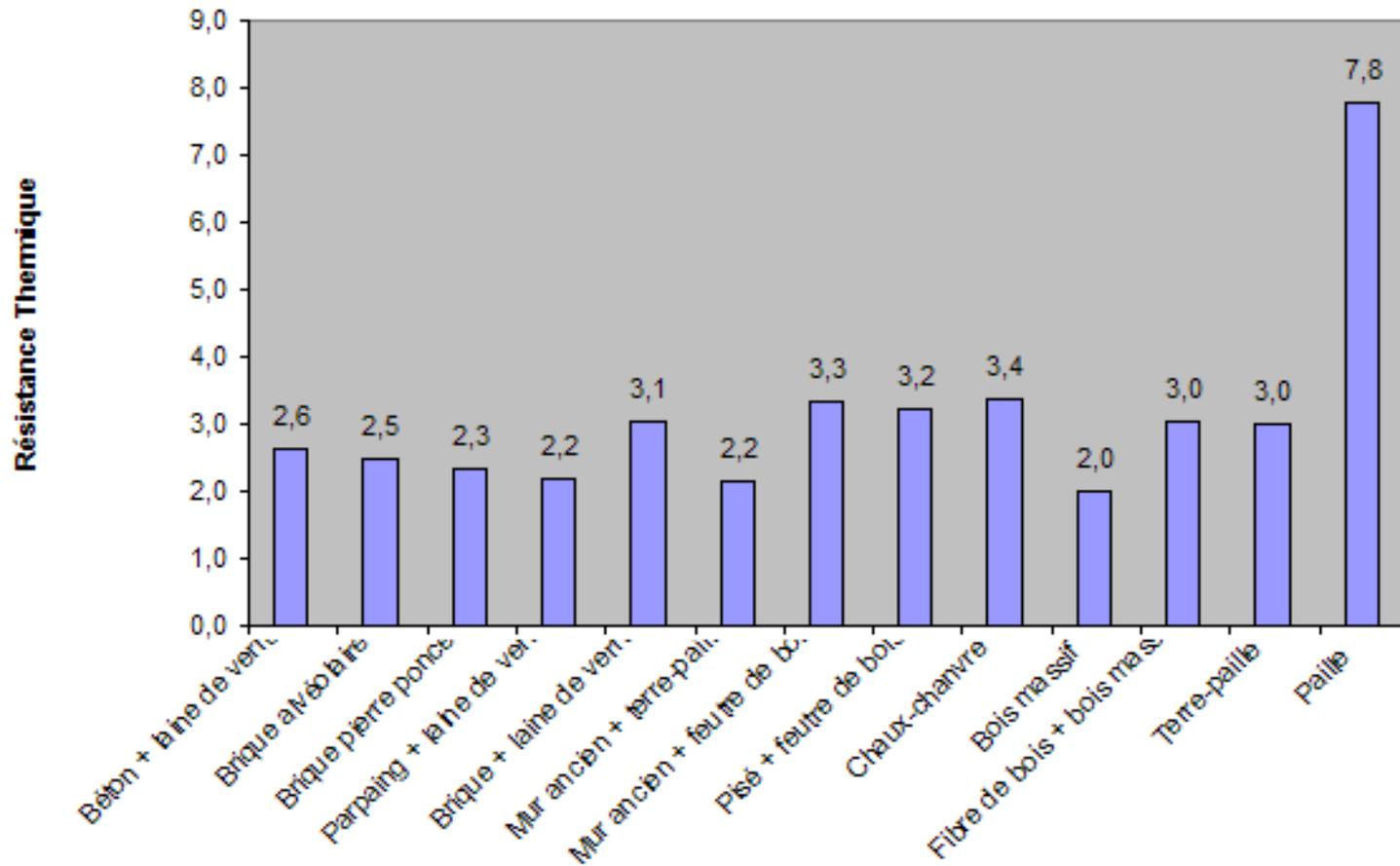
- Riz, Seigle, Tritical, blé, orge, avoine (ordre décroissant de résistance à la pourriture).
- Bottes saines et bien ficelées
- Stockage au sec (sur palettes), aéré si sous bâche
- Trier les bottes par dimension (gabarit)
- Prévoir 10% de « chutes »

Avantages

- Grande compatibilité bois / paille
- Isolation record
- Excellente régulation hygrothermique
- Rapidité du remplissage
- Exceptionnelle tenue en cas d'incendie
- Favorise l'auto-construction
- Déchets (volume / typologie)
- Bilan carbone

Isolation record

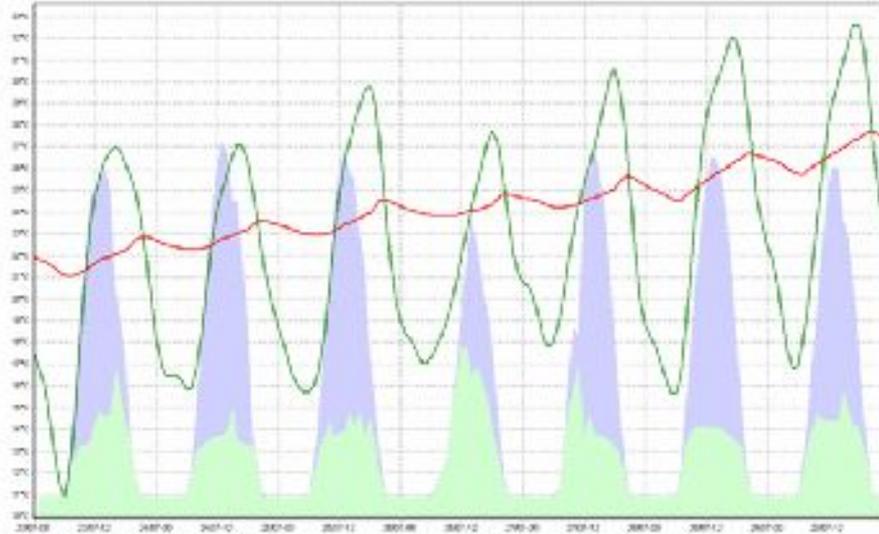
Résistance thermique



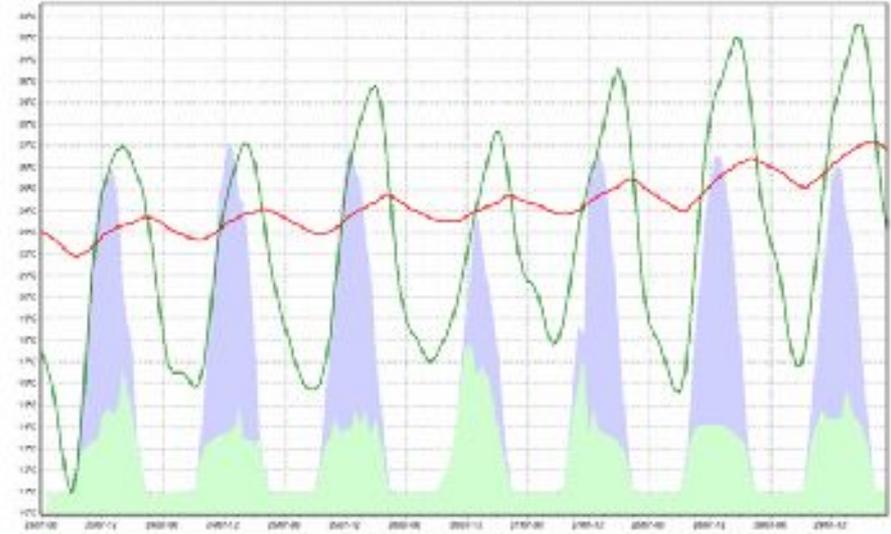
NB: Il semble que les bottes sont plus isolantes sur chant.

Résistance à la canicule

Comparaison des températures dans une maison durant la semaine la plus chaude de l'année.



Evolution de la température au cours d'une canicule dans une maison en briques monomur.



Evolution de la température au cours d'une canicule dans une maison en paille avec 5 cm de terre crue à l'intérieur.

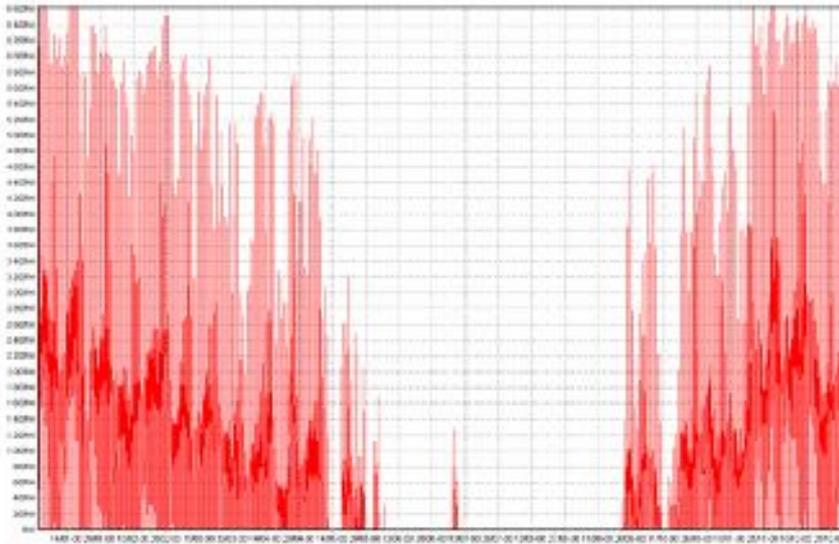
Simulation numérique réalisée avec le logiciel Pleiades.

- Maison de 85 m²
- Histogrammes = rayonnement horizontal (direct en bleu, diffus en vert).
- Courbe verte = évolution des températures extérieures.
- Courbe rouge = évolution des températures intérieures.

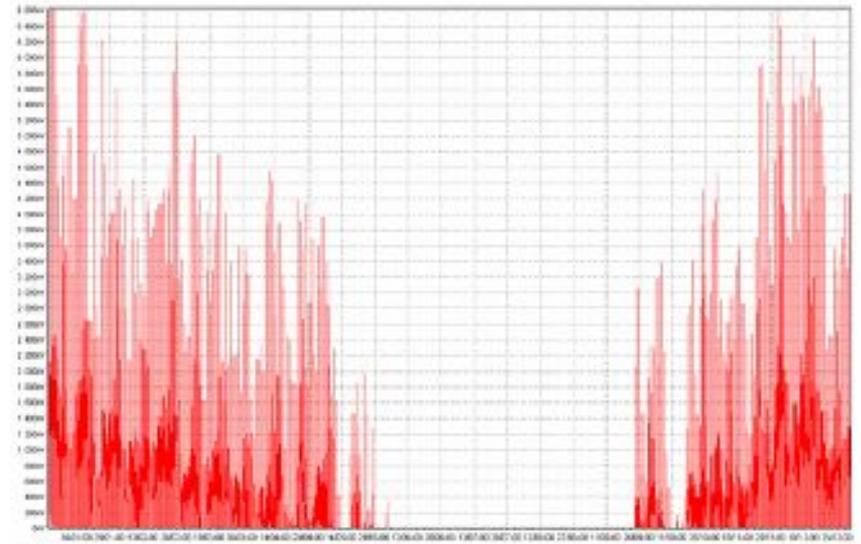
- Enduit extérieur 3 cm
- Bottes de paille
- Enduit intérieur 5 cm de terre crue

Meilleur comportement que briques monomur

Besoins de chauffage



Besoin de chauffage annuel d'une maison en monomur
5794 kWh



Besoin de chauffage annuel d'une maison en bottes de paille.
3069 kWh

- Besoins de chauffage 1,8 fois inférieur à une maison en monomur.
- 3069 kwh pour 85 m² = 36 kwh / m²

Excellente régulation hygrothermique

Résultats de l'étude scientifique 'Paille'. Montholier

Pour une masse volumique = 80 kg/m³ : λ utile = 0,070 W/m.K

Cette performance est relativement mauvaise (la plupart des données étrangères oscillent entre 0,040 et 0,065 W/m.K).

Ceci s'explique sans doute par le sens des fibres choisies et par le protocole d'essai utilisé. (voir www.fasba.de essai Allemands qui donnent soit 0.040 ou 0.065 selon sens des fibres)

Des essais thermiques ont été réalisés avec de la paille sèche (0% d'Humidité Relative) et de la paille humide (50 puis 90% HR). Les résultats sont :

$$0,064 \text{ (0\% d'HR)} \leq \lambda \text{ utile} \leq 0,069 \text{ à } 0,072 \text{ (90\% HR)}$$

Les performances thermiques de la paille ne s'altèrent que très peu en présence d'humidité. Cette information est de première importance puisque l'on travaille généralement, avec des remplissages isolants en paille, en parois perspirantes.

Résultats de l'étude scientifique 'Paille'. 2/6

- . La perméabilité du matériau à la vapeur est très grande : $\mu = 1$

Cette valeur nous éclaire en partie sur les raisons pour lesquelles la paille semble si peu sensible à la présence d'humidité.



- . Comportement de la vapeur d'eau à l'intérieur des murs.

Pose d'une sonde pour le suivi hygrothermique

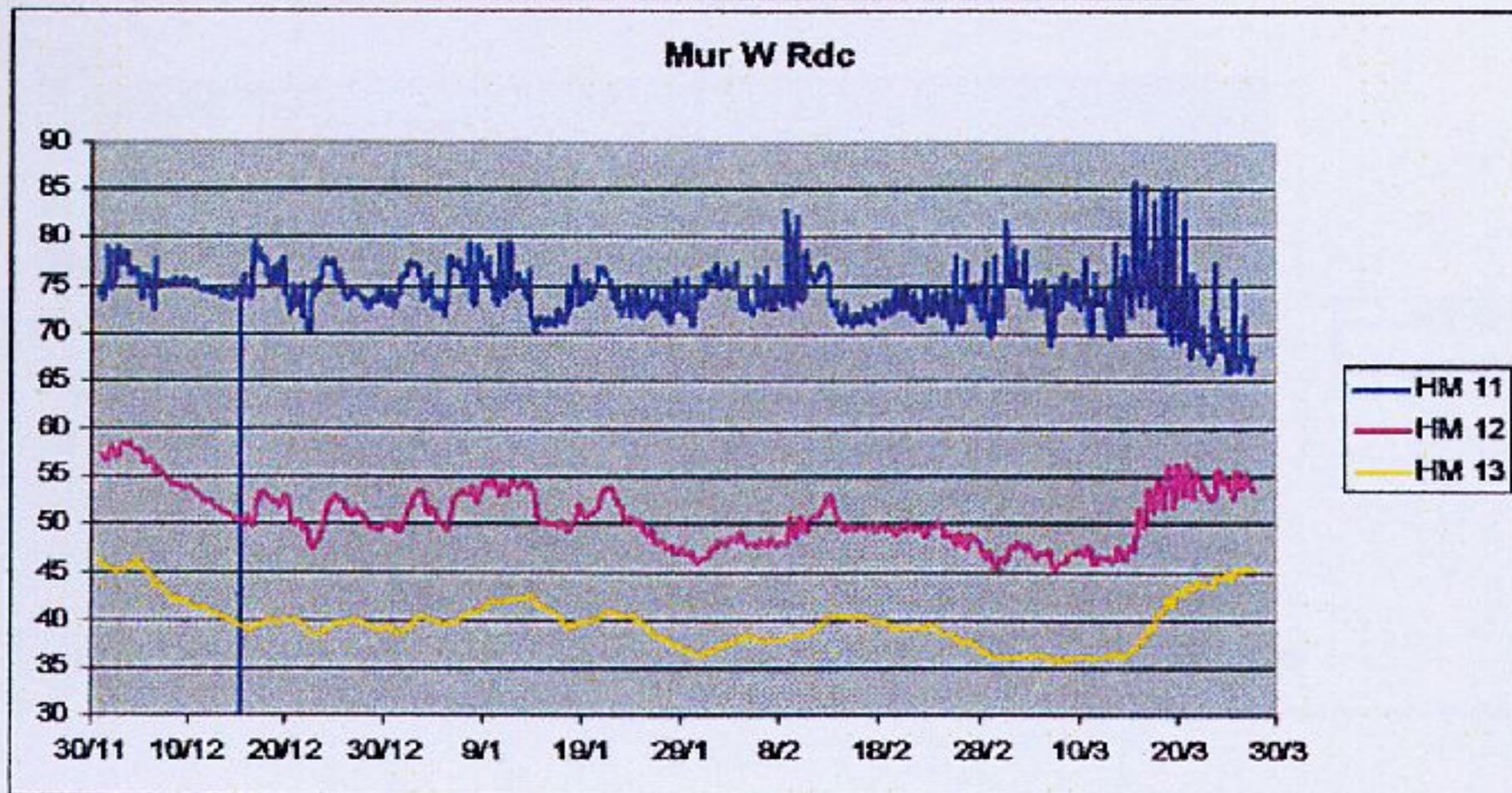
Perspiration

- La perméabilité du revêtement intérieur doit être inférieure ou égale à celle du revêtement extérieur.
- <http://projects.bre.co.uk/moisture/>

Intérieur	Extérieur
Enduit terre	Enduit terre (si protégé) Bardage bois
Enduit terre + chaux	Enduit terre + chaux (moins hydraulisé). Bardage bois
Enduit chaux aérienne	Enduit chaux (moins hydraulisé). Enduit terre (si protégé) Bardage bois
Enduits chaux hydraulique Plaques de plâtre ou fermacell Bardage bois ventilé sur frein vapeur	Enduit chaux (moins hydraulisé). Enduit terre (si protégé) Bardage bois

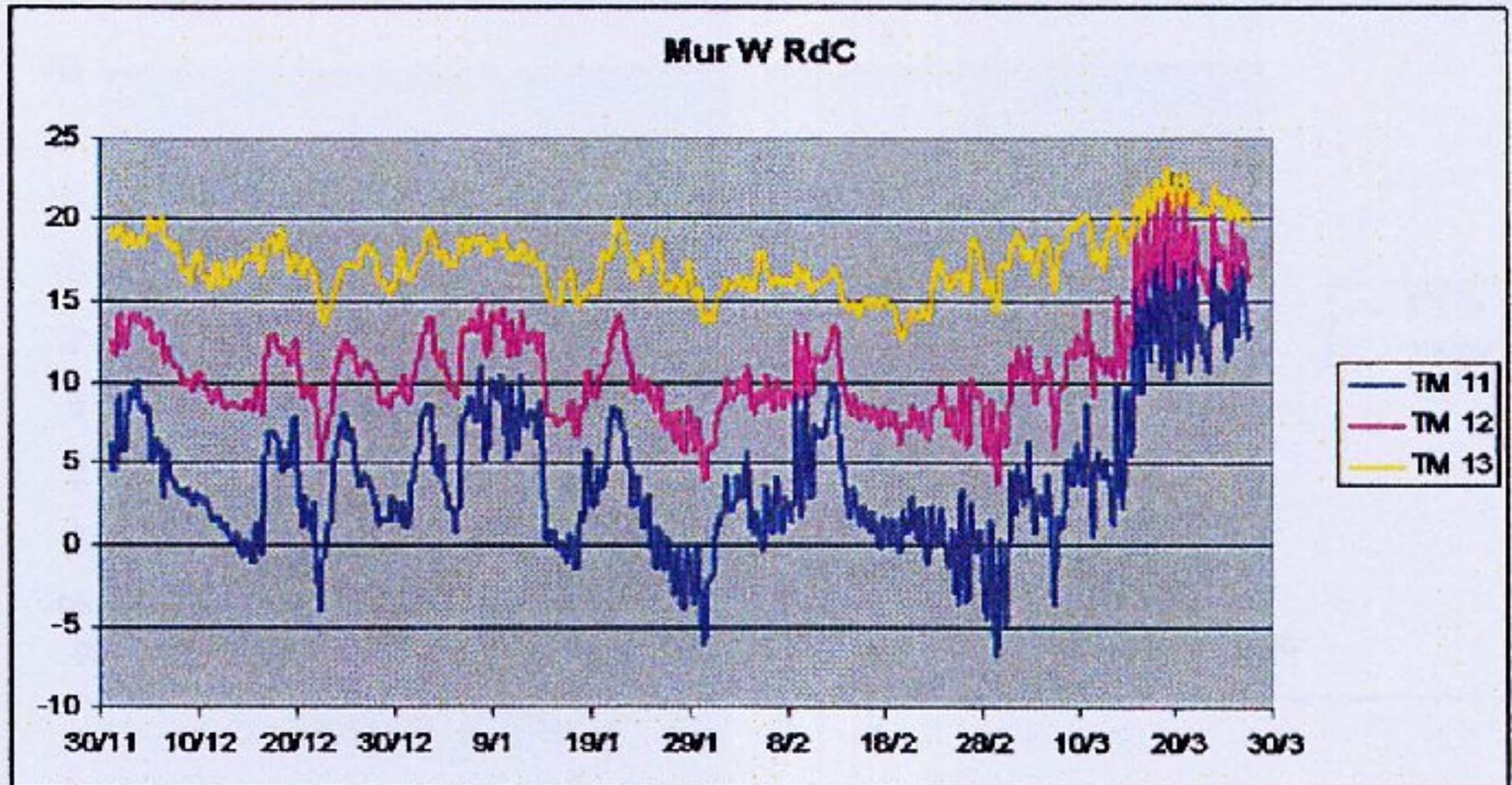
% taux d'Humidité Relative dans mur paille

Figure 109 Humidité relative paroi P1



Température dans mur paille

Figure 110 Températures paroi P1



Résultats de l'étude scientifique 'Paille'. 3/6

. Résistance à l'arrachement des enduits

0,01 MPa pour un enduit 'chaux et chanvre'

0,08 MPa pour un enduit 'chaux et sable' traditionnel

Ces valeurs, inférieures à la valeur imposée par le DTU pour les enduits sur maçonneries traditionnelles (0,3 Mpa) représente tout de même une résistance à la traction de :

- 1 t par m² soit près de 25 fois la masse des enduits pour la première;
- 8 t par m² soit près de 200 fois la masse des enduits pour la seconde.

Bottes de paille



DIVISION PRODUITS DE LA CONSTRUCTION
Domaine de Saint-Paul
102 route de Limours
37171 SAINT-TOMY LES CHATEAUX

DIRECTION SCIENTIFIQUE

UTILISATION DE LA PAILLE EN PAROIS
DE MAISONS INDIVIDUELLES
A OSSATURE BOIS

Extraits du Rapport final
Tome 2 – Expérimentations en laboratoire
Instrumentation in situ

Figure 21: Généralisation de la mise en œuvre



Figure 22: Mise en œuvre en situation réelle



Figure 23: Chauffage à l'eau chaude



Figure 24: Chauffage à l'eau chaude



Figure 25: Chauffage à l'eau chaude



Figure 26: Chauffage à l'eau chaude



Résistance thermique d'un mur en botte de paille entre 5 et 8 m².K/W (9 maisons neuves sur 10 n'excèdent pas un R=1,5 et quasiment aucune au-delà de R = 3.

Excellente tenue au feu !

Résultats de l'étude scientifique 'Paille'. 4/6



. 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'. 5/6



. Essai au feu d'un élément de mur

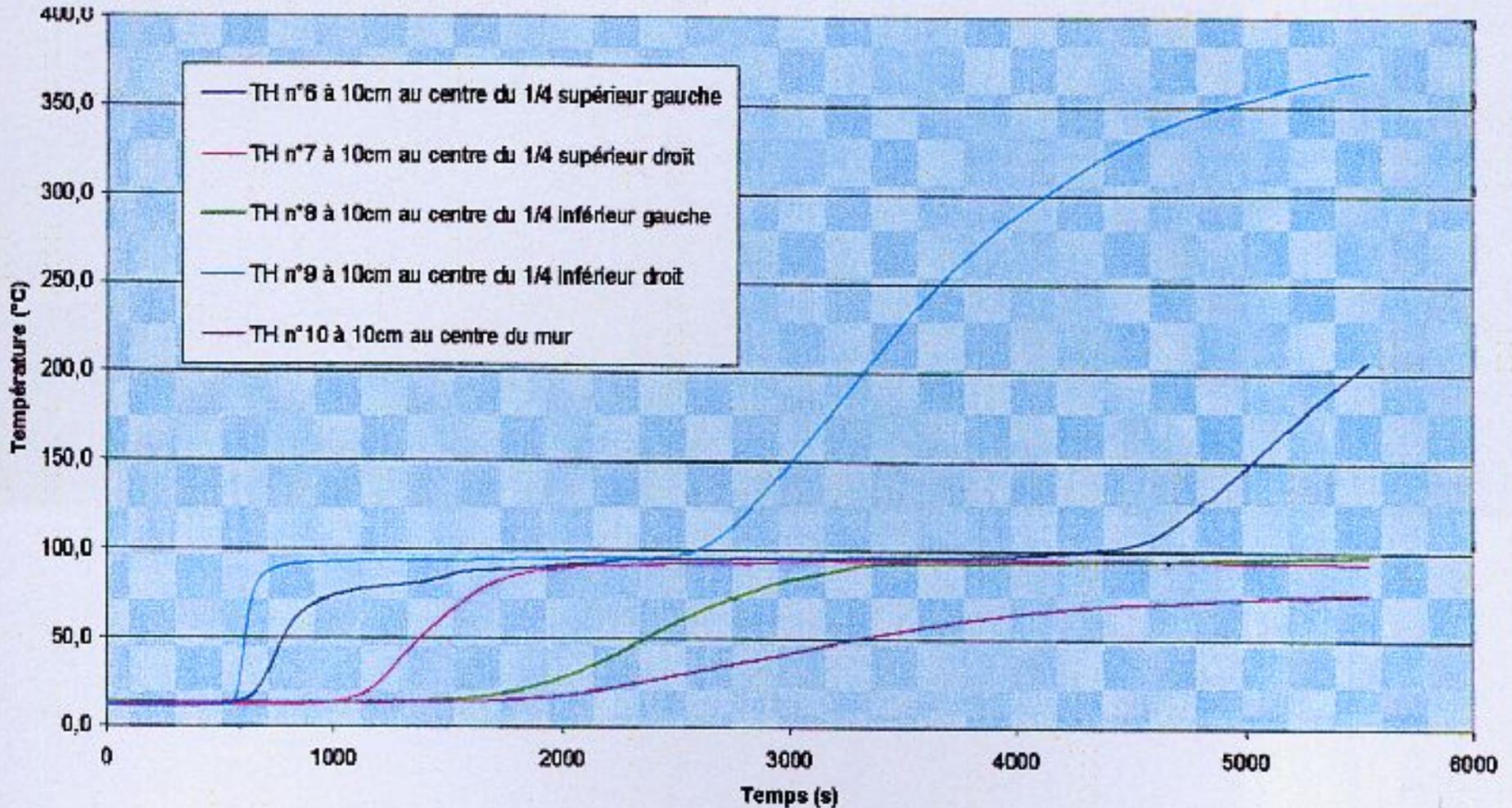
Le feu d'heptane a duré 1 h 25 minutes. La couche superficielle de l'enduit à l'endroit léché par les flammes (8 à 900°C) a cloqué et s'est effondrée au bout de 45 minutes. La couche suivante n'a pas été significativement endommagée durant l'essai. Après 40 minutes, une combustion a été repérée dans 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.

Essai feu sur maquette mur

Maquette mur - thermocouples sur la face intérieure à 10 cm

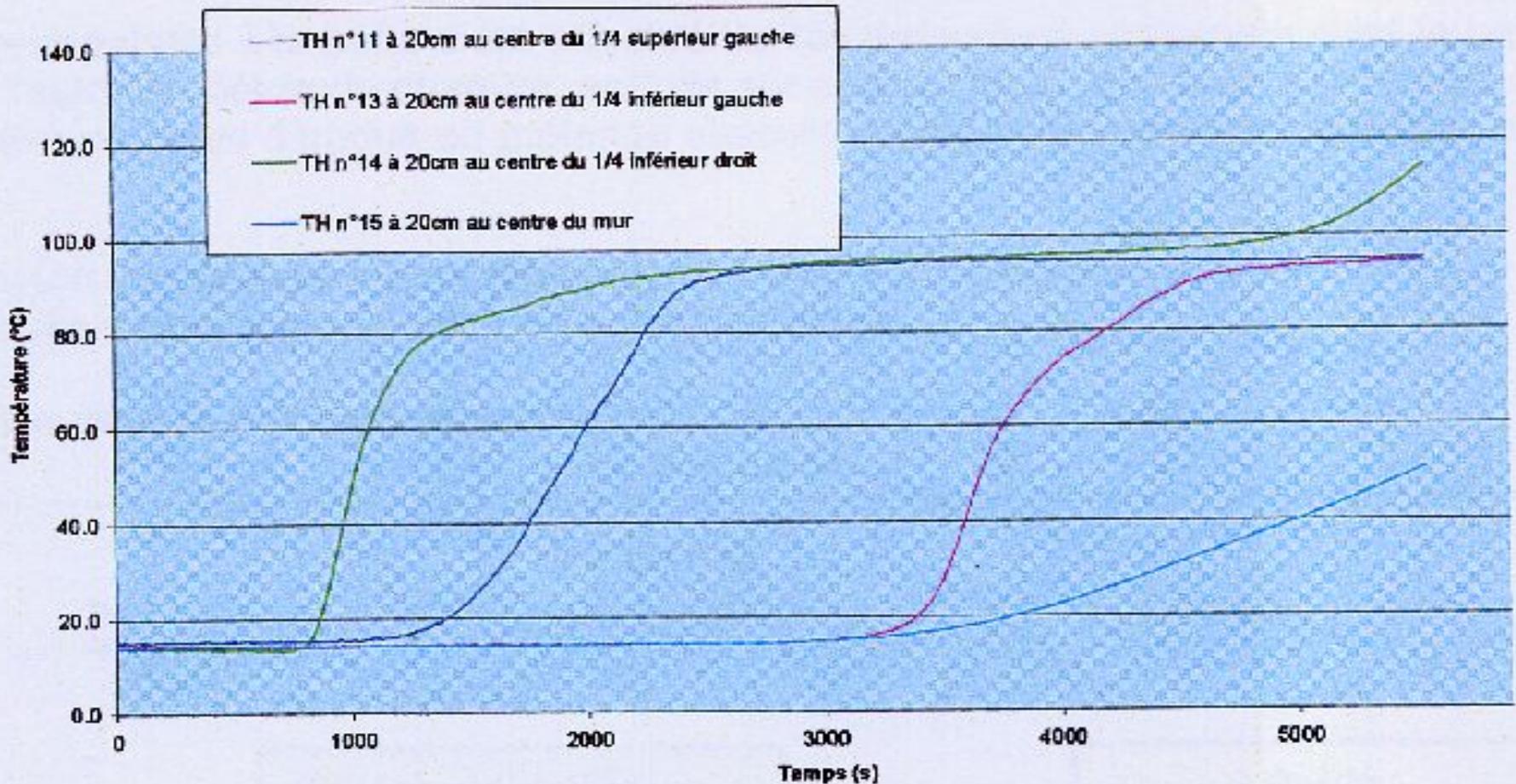
Figure 47



Essai feu sur maquette mur

Figure 54

Maquette de mur - thermocouples sur la face Intérieure à 20 cm



Résultats de l'étude scientifique 'Paille'. 6/6

Performances acoustiques des parois en paille*

Par rapport aux bruits extérieurs, la réglementation française demande un isolement supérieur à 30.db (A). Sur la maison 'bois/paille de Montholier les diverses performances enregistrées s'échelonnent entre

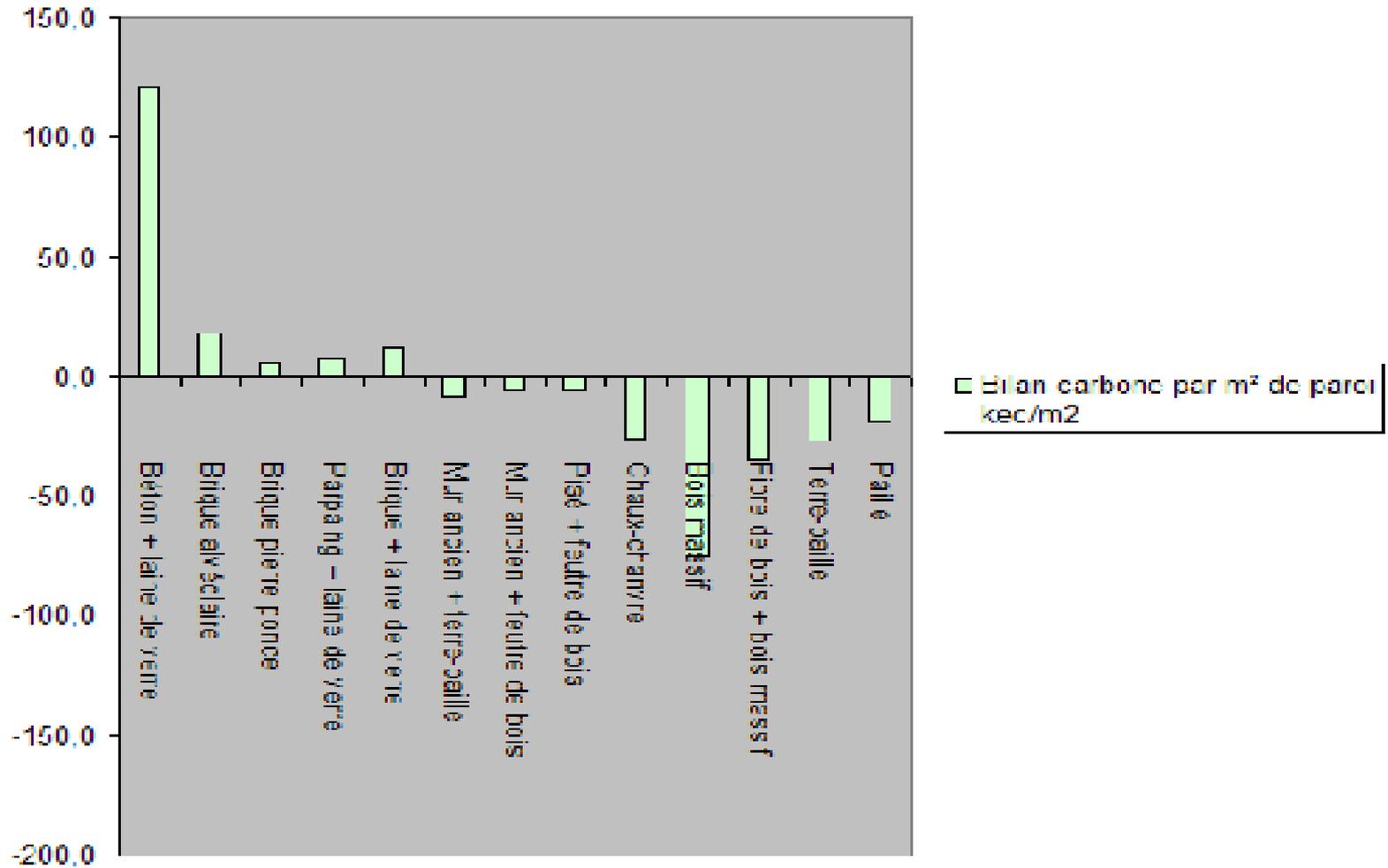
48 et 57.3.dB (A).

Ces résultats sont donc très rassurants.

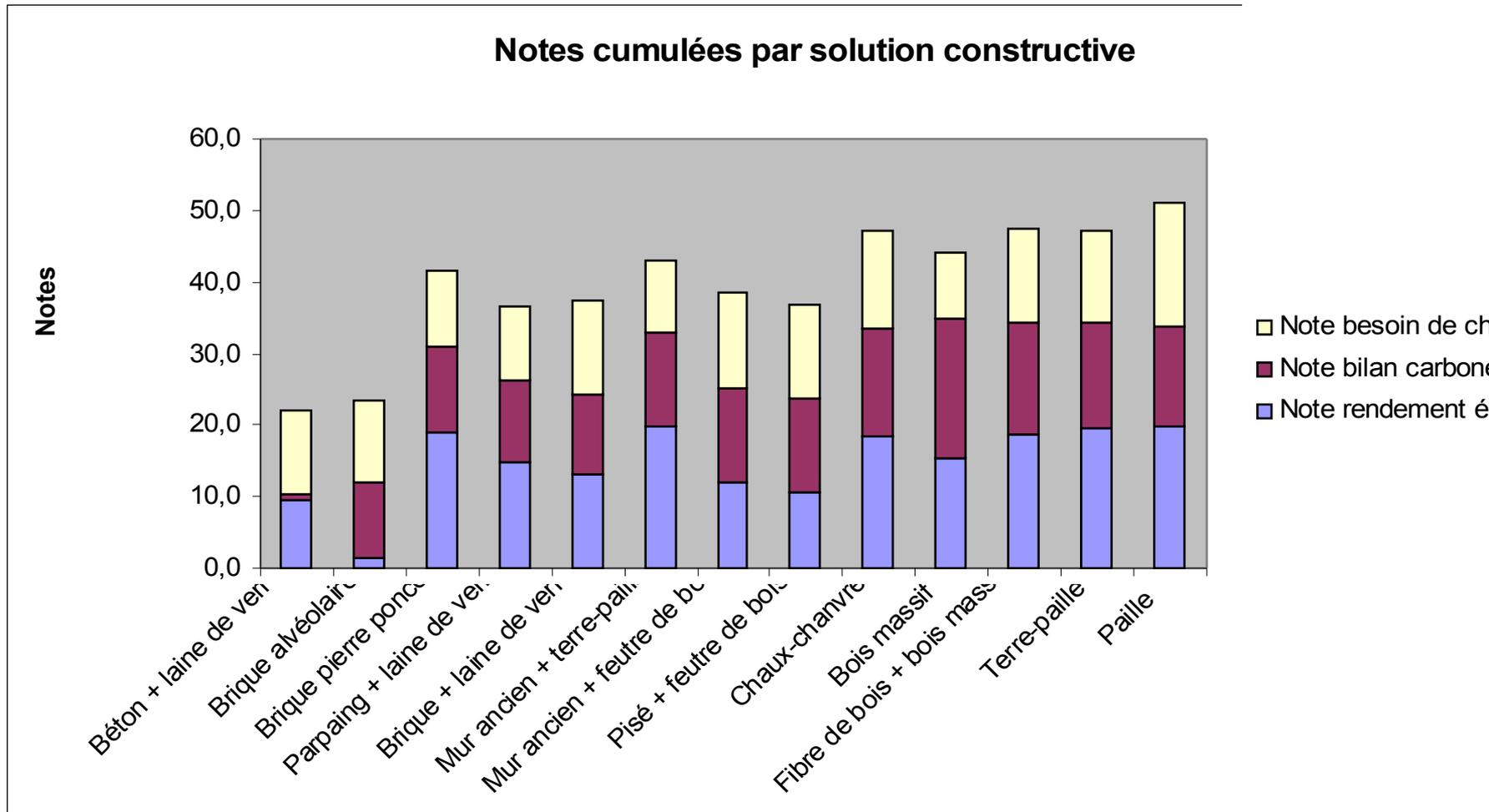
*Essais réalisés en marge du programme 'CEBTP' par Xavier Campeyron de l'ENTPE (Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat)

Bilan carbone

Bilan carbone par m² de paroi kec/m²



Comparaison de solutions constructives



Barrières psychologiques

- Bâtiment léger
- Effraction
- Feu
- Rongeurs
- Insectes



Point réglementaire

- Construction individuelle
 - < 170 m² architecte facultatif
 - Permis de construire = aspect extérieur
 - Auto construction possible sans contrôle
- ERP Note de sécurité obligatoire (protection au feu des structures).
- Assurances
- Contrôle technique à la mutation.
- Règles professionnelles (en cours de rédaction au sein des Compailleurs – début d'échanges avec le CSTB).

Terre / Paille - réalisations

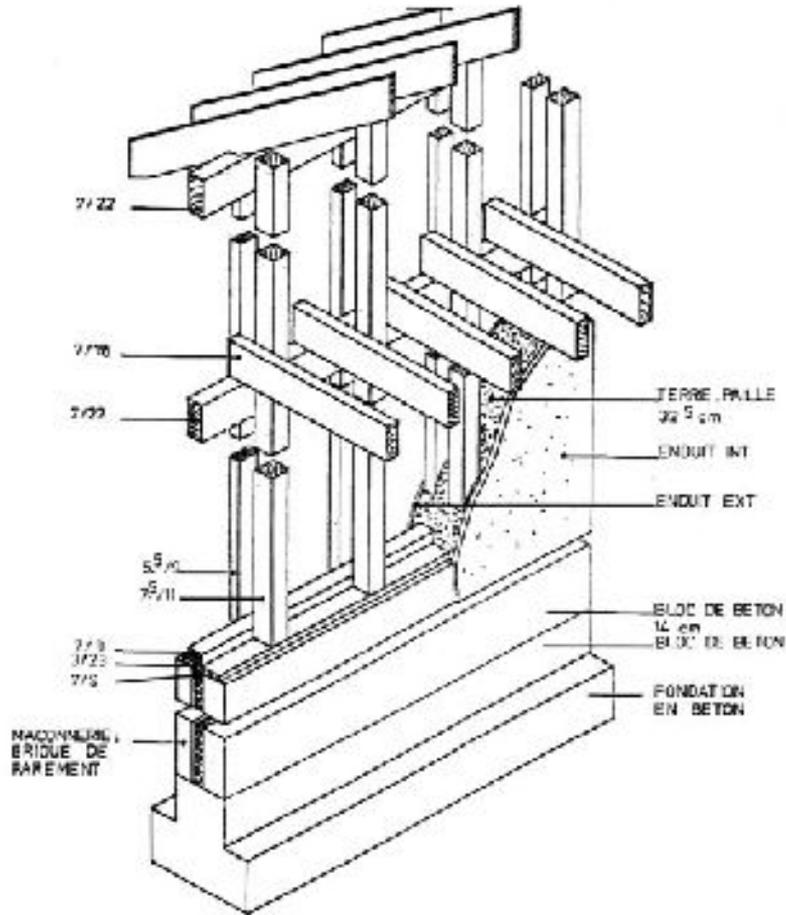


**Maison Kohlman (Belgique
Viviane et Robert Kohlman.
Tél.: +32 (0)19/63 54 46)**



Terre-Paille - technique

Ossature de liteaux de bois (6x6 cm)



Système constructif: bureau Synergy International

De la paille est mélangée avec de la terre argileuse.



Mur de démonstration réalisé par Eric Pauporté
Photographie : Paul De Neyer 2003

Terre-paille – technique de mélange

A la main, dans une baignoire...



Avec le tracteur...



Avec un malaxeur horizontal, fait maison...



Terre-paille – technique - murs

Une ossature de bois permet d'armer les murs.



Terre-paille – technique - toit

Coffrage provisoire sous toiture



De simples tasseaux permettent d'armer / supporter le terre paille

Remplissage par dessus



Fermeture de l'isolant (parquet)



Vue de dessous (débanchage immédiat)



Source: A. Marcom

Terre-paille / Panneaux préfabriqués (1)

- Fabrication de moules.
- Remplissage terre-paille.
- Tassage mélange



Terre-paille / Panneaux préfabriqués (2)

- Démoulage immédiat



- Séchage à l'air = prise



Terre-paille – Panneaux préfabriqués (3)

- Sciage si nécessaire



- Pose



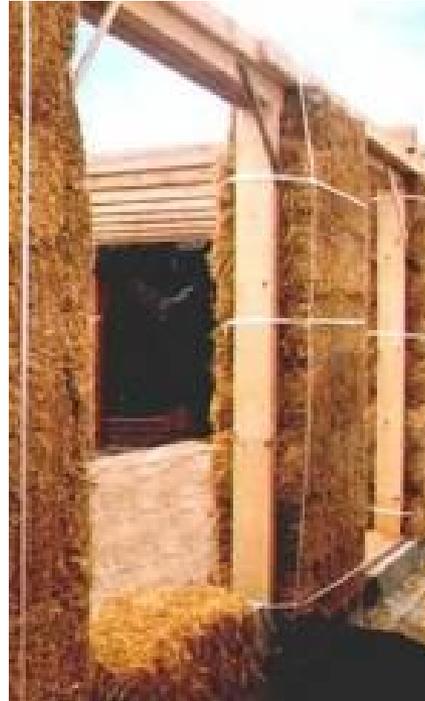


Bottes de paille

Structure = ossature bois

Murs = bottes de paille

Enduit = terre / chaux



Isolation thermique des murs dans la masse

- Constructions en ballots de bottes de paille
 - Technique Maison Feuillette en France - 1921
 - Ossature porteuse (en bois)
 - Enduit perméable à la vapeur d'eau (terre / chaux)
 - Excellente résistance au feu (avec enduit).
 - Bonne isolation phonique ($R_w=53$ dB)



Etude CEBTP ADEME CSTB: « Utilisation de la paille en parois de maisons individuelles à ossature bois »

Isolation thermique des murs dans la masse

- Technique Autrichienne (blocs sandwich OSB-Paille)



- Paille aux Pays bas (Rabobank)



Technique du GREB



Système constructif d'origine Canadienne:

- Ossature bois
- Remplissage paille
- Mortier banché en sciure de bois / ciment / chaux.

- Livre: Construire son habitation en paille

Panneaux préfabriqués en paille



Préfabrication de bâtiments



Paille – Isolation par l'extérieur



Paille – Isolation par l'extérieur



Isolation thermique des toits par le dessus: bottes de paille

- Technique rapide
- Grande facilité de travail
- Excellent gestion des ponts thermiques.
- Excellente isolation
- Impose de travailler de bas en haut
- Pare pluie = feutre de bois



Densité paille: 100 Kg/m³

λ : 0.045 W/m.K

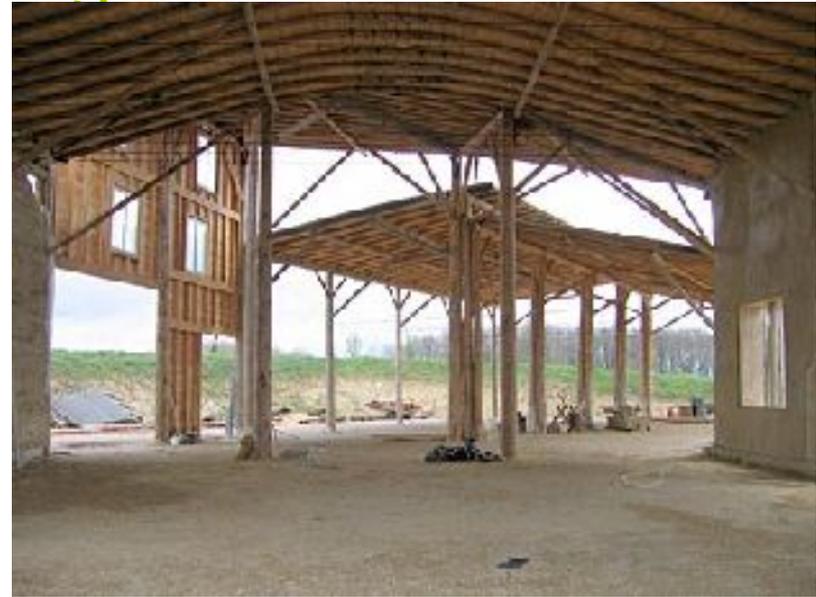
Énergie grise: 5 kWh/m³

Prix paille: 2 € / m²



Paille / bâtiment agricole

Brasserie "en Kanette" chez Christian GARLAN – ALGANS (81)



Paille / bâtiment agricole



Bottes géantes



Bottes géantes



Productions agricoles en France (2005)

	Ha	Rendements paille (qx/ha)	Production de paille (en tonnes)
Blé tendre	4 859 319	65	31 585 574
Blé dur	421 428	65	2 739 282
Seigle	31 447	75	235 853
Orge	1 602 409	60	9 614 454
Avoine	111 378	70	779 646
Maïs	1 622 640	95	15 415 080
Triticale	330 376	80	2 643 008
Riz	17 880		50 000*
Tournesol	643 729	60	3 862 374
Lin oléagineux	11 507		

1 maison de 100m² ≈ 100 m² de mur + 130 m² de toiture ≈ 500 bottes de paille ≈ 10 tonnes

soit

2 ha de blé

Sources :

- AGRESTE – ITAB
- INRA Montpellier (*)

Construction en France (2005)

Type de logements	Nb de créations
Individuels	266 348
Collectifs	221 735

Surface moyenne d'un logement :
Individuel = 130 m ²
Collectif = 73 m ²

Paille nécessaire :
- Individuel ≈ 3 015 246 de T (10% la paille blé tendre)
- Collective ≈ 1 599 508 de T (5 % paille de blé tendre)

Type de	Surfaces (en m ²)
Logements Individuels	34 846 000
Logements collectifs	16 251 000
bureaux	4 658 000
commerces	5 656 000
bât. industriels	9 682 000
Stockage non agricole	3 760 000
Stockage agricole	2 763 000
Constructions agricoles hors stockage	10 478 000
Equipements collectifs	5 926 000