

# APPLICATIONS DE L'ARGILE CRUE EN CONSTRUCTION

---

Le projet AGROMOB

**GRIGOLETTO Sophie<sup>A</sup>, PAUL Julien<sup>C</sup>, LEBEAU Frédéric<sup>B</sup>, COURARD Luc<sup>A</sup>,  
MOUTSCHEN Patrick<sup>C</sup>**

A Génie Minéral, Matériaux et Environnement, Université de Liège, Belgique

B Gembloux Agro-BioTech, Université de Liège, Belgique

C MOBIC, Harzé, Belgique

Conférence NoMaD  
5 & 6 novembre 2015

# Plan de la présentation

- La terre crue: introduction
  - Histoire
  - Avantages
  - Applications
- Le matériau argile
- Le Projet AGROMOB
  - La construction à ossature bois et l'inertie thermique
  - Ambition du projet
  - Identification du mélange
  - Industrialisation de l'application en atelier
  - Evaluation du confort thermique
  - Solution mise en œuvre
- Conclusions

# Histoire de la terre crue

- Habitat en terre crue = **le plus répandu** dans le monde (1/3 de l'humanité)
- Permet de se loger dans des conditions très **confortables et durables**



Palais de l'Alhambra  
<http://www.histoire-fr.com>



Maison contemporaine en pisé  
Martin Rauch  
<http://www.thierry-guicherd.fr>



Constructions collectives  
Ville de Shibam, Yémen  
<http://whc.unesco.org/fr/list/192>

# Histoire de la terre crue

## Europe occidentale

- Premières traces de construction en terre crue : 6000 ans av. J.-C
- Abandon après la 2de guerre mondiale
  - recherche d'une mise en œuvre plus rapide,
  - matériaux industrialisés prêts à l'emploi et aux performances plus poussées,
  - construction déléguée à des professionnels,
  - lois imposant des standards peu flexibles.
- Chocs pétroliers des années 70: **recherche d'alternatives** à l'utilisation des ressources non-renouvelable



# Avantages de la terre crue

Avantages constructifs	Avantages environnementaux
<ul style="list-style-type: none"><li>• masse volumique élevée,</li><li>• bon régulateur de l'humidité ambiante,</li><li>• bonne résistance dans le temps,</li><li>• bonne résistance au feu.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• peu d'énergie requise et d'émissions de CO<sub>2</sub>,</li><li>• matériau abondant et renouvelable, souvent disponible localement,</li><li>• peu de déchet et possibilité de recyclage,</li><li>• pas d'impact négatif sur la santé.</li></ul>
Avantages économiques	Avantages sociétaux
<ul style="list-style-type: none"><li>• réduction de la fuite des devises par une substitution aux matériaux importés,</li><li>• production manuelle caractérisée par une Haute Intensité de Main d'œuvre.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• valorisation du patrimoine et du savoir-faire ancestral,</li><li>• réponse à la demande d'habitat dans les pays du Sud et lutte contre la précarité des populations.</li></ul>

# Applications de la terre crue

	Technique	Description
Matériau structurel	Adobe	Briques de terre crue moulées à la main et séchées au soleil, faites d'un mélange d'argile, d'eau et de débris végétaux.
	Pisé	Mélange de terre crue, de sable éventuellement de gravier compacté dans un coffrage, avec un pilon de bois ou un marteau pneumatique.
	Bauge	Terre crue mélangée à des fibres et empilée.
	BTC	Terre très légèrement humide fortement comprimée à l'aide d'une presse. Des additifs peuvent être ajoutés afin de la stabiliser.
Matériau de remplissage	Torchis	Mélange de terre, de paille et de sable que l'on enroule autour de lattes de bois, coincées ensuite dans une structure de bois porteuse.
	Terre-paille	Matériau constitué de paille (80%) et de terre-argileuse (20%) utilisé en remplissage d'une ossature bois
Enduit	Enduit	Mélange de terre, parfois avec de la chaux, généralement avec des fibres végétales (paille) ou animales.

# Le matériau argile

- La terre crue doit posséder une bonne cohésion naturelle  
→ **teneur en argile** suffisamment élevée.
- Argile = roche sédimentaire meuble constituée d'un ensemble de particules fines ( $\emptyset < 2 \mu\text{m}$ ).
- Minéraux argileux formés d'un empilement de feuillets, entrecoupé par un espace interfoliaire  
→ particulièrement **sensibles à l'eau**  
→ généralement nécessaire d'adapter le rapport argile/sable et de stabiliser la terre crue (mécaniquement et/ou chimiquement)



Plaquettes de kaolinite vues en microscopie électronique à balayage.  
<http://www.espace-sciences.org>



# Le projet AGROMOB

## Construction à ossature bois et inertie thermique

- En **plein essor** en Belgique depuis + de 15 ans grâce à différentes mesures favorisant les constructions durables et écologiques
- Système constructif
  - basé sur une ossature en bois: poteaux verticaux maintenus par des lisses
  - 1<sup>er</sup> niveau monté sur une dalle en béton et servant de plate-forme pour les suivants
  - renforcé par des panneaux de contreventement
  - espace entre montants et panneaux accueille isolant et ensemble des câbles et installations techniques.
- **Avantages:** construction rapide et permettant également la préfabrication en usine
- **Limitations:** faible masse → faible capacité thermique → problèmes de surchauffe durant la saison chaude





# Le projet AGROMOB



- **Titre du projet :**

Amélioration de l'inertie thermique des bâtiments à ossature bois par incorporation de matériaux bio-sourcés au moment de la préfabrication

- **Objectifs:**

- Identification et mise au point d'un mélange de matériaux bio-sourcés conférant une inertie thermique satisfaisante
- Industrialisation de l'application en atelier (préfabrication) dans les parois en ossature
- Evaluation du confort thermique.

- **Durée :** 24 mois (01/12/2011 - 30/11/2013)

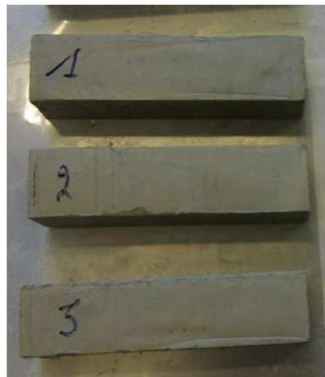
- **Partenaires :**



# Le projet AGROMOB

## Identification d'un mélange de départ

- Caractéristiques requises:
  - Suffisamment malléable
  - Résistance mécanique à court terme élevée
  - Masse volumique élevée (+/- 2000 kg/m<sup>3</sup>)
- Mélange identifié: à base d'argile, de chaux aérienne et de sable
- Performances mécaniques tout à fait satisfaisantes:
  - résistance à la compression après 24h > 1MPa
  - résistance à la flexion  $\approx$  0,4MPa.



# Le projet AGROMOB

## Essais d'extrusion en atelier

- 1<sup>ers</sup> essais d'industrialisation lourds à mettre en œuvre car ajustements nécessaires des pièces de l'extrudeuse
- Ajout d'éléments de manutention, mise au point d'un système d'application du matériau et programmation et optimisation du séquençage des opérations



- Extrusion sous forme d'un galet ( $\varnothing$  12,5 cm – ép. 5 cm)



# Le projet AGROMOB

## Evaluation du confort thermique

### A. Etude expérimentale

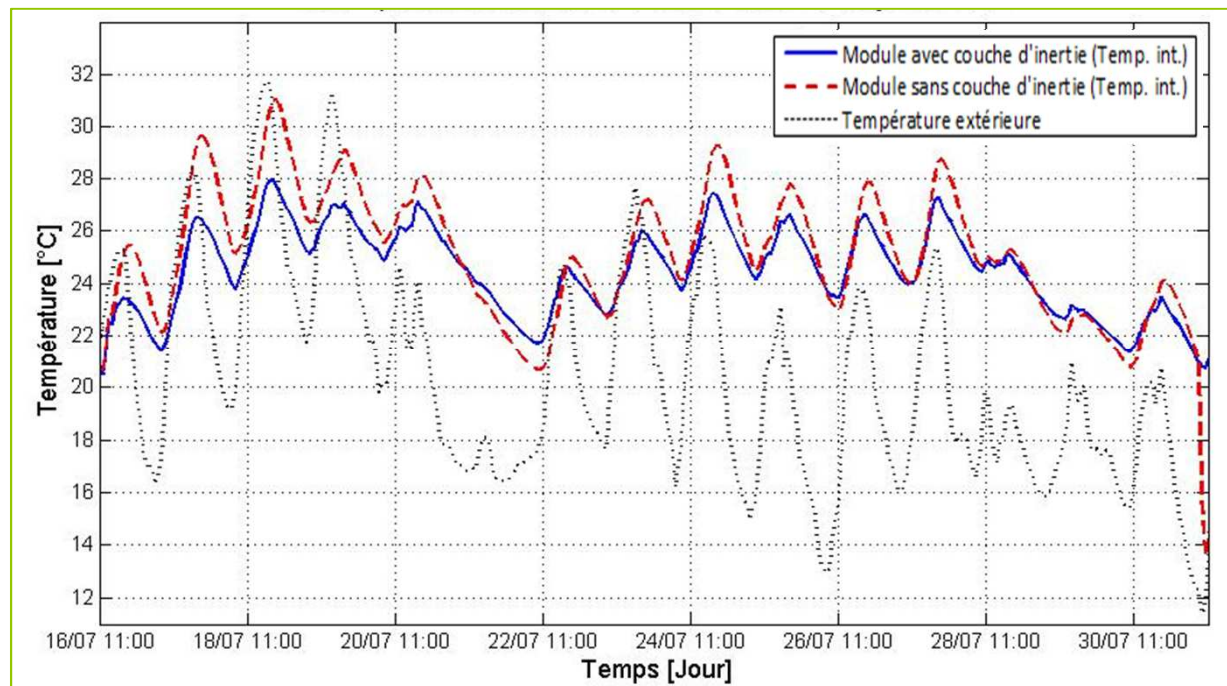
- **Objectif** : quantifier l'impact du matériau sur l'amélioration du confort thermique au sein des constructions à ossature bois
- **Expérimentation**
  - 2 modules expérimentaux
    - L'un des modules est caractérisé par la mise en place du matériau du côté intérieur des parois (vide technique)
  - Instrumentation (climat intérieur et climat extérieur)



# Le projet AGROMOB

## Evaluation du confort thermique

### A. Etude expérimentale



→ Réduction des pics de  $t^\circ$  de +/- 3°C en période estivale

→ Réduction des amplitudes journalières

*Températures moyennes intérieures et température extérieure du 16 au 30 juillet 2014*

# Le projet AGROMOB



## Evaluation du confort thermique

### B. Simulations numériques

- **Objectif** : quantifier les bénéfices sur les surchauffes en été, les réductions des consommations énergétiques en hiver pour divers scénarii.
- Réalisées au moyen d'EnergyPlus, programme de simulation dynamique des échanges thermiques et des bilans d'énergie au sein de bâtiments.

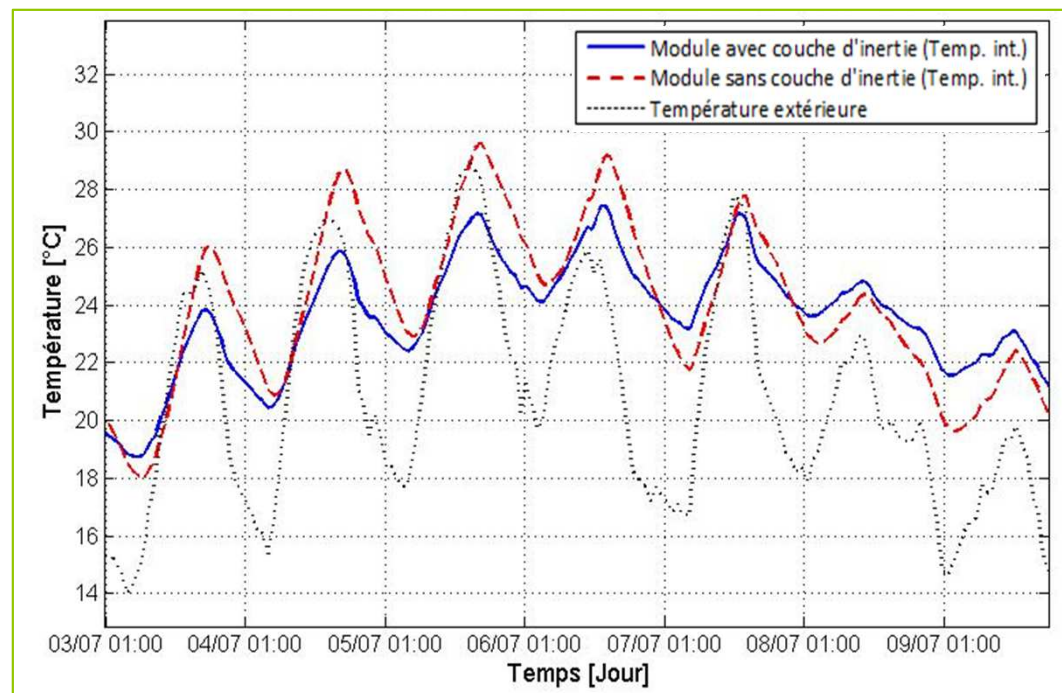


# Le projet AGROMOB

## Evaluation du confort thermique

### B. Simulations numériques

- Période estivale



- Diminution des pics journaliers de  $t^{\circ}$
- Réduction des fluctuations journalières de  $t^{\circ}$

*Températures moyennes intérieures simulées et température extérieure du 3 au 9 juillet 2014.*

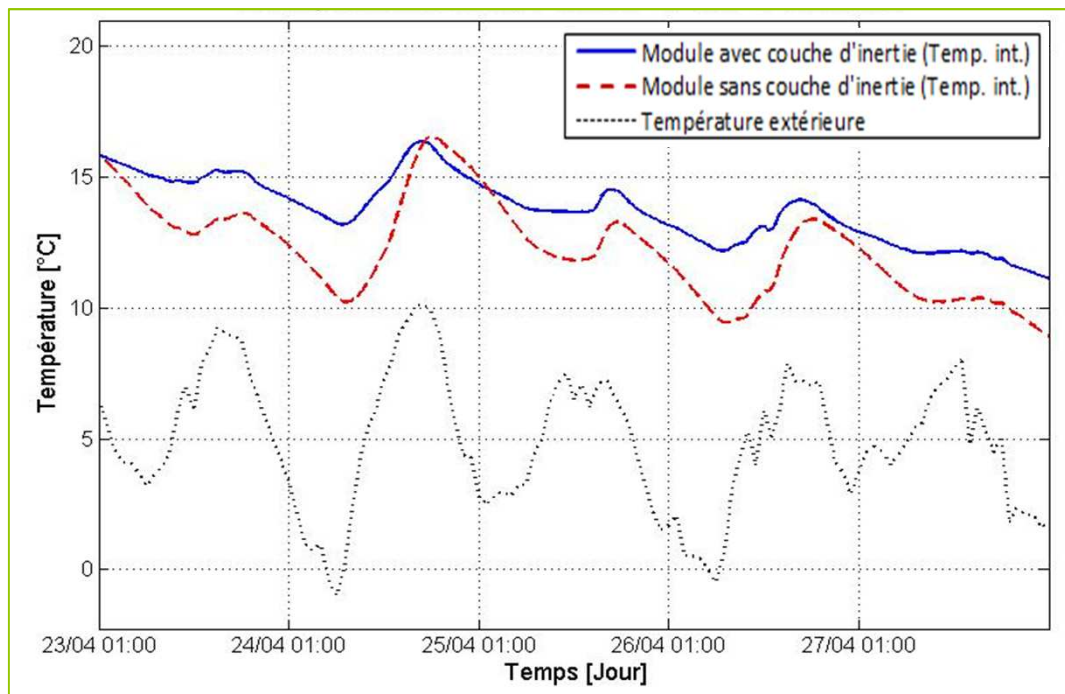


# Le projet AGROMOB

## Evaluation du confort thermique

### B. Simulations numériques

- Mi-saison



*Températures moyennes intérieures simulées et température extérieure du 23 au 27 avril 2014.*

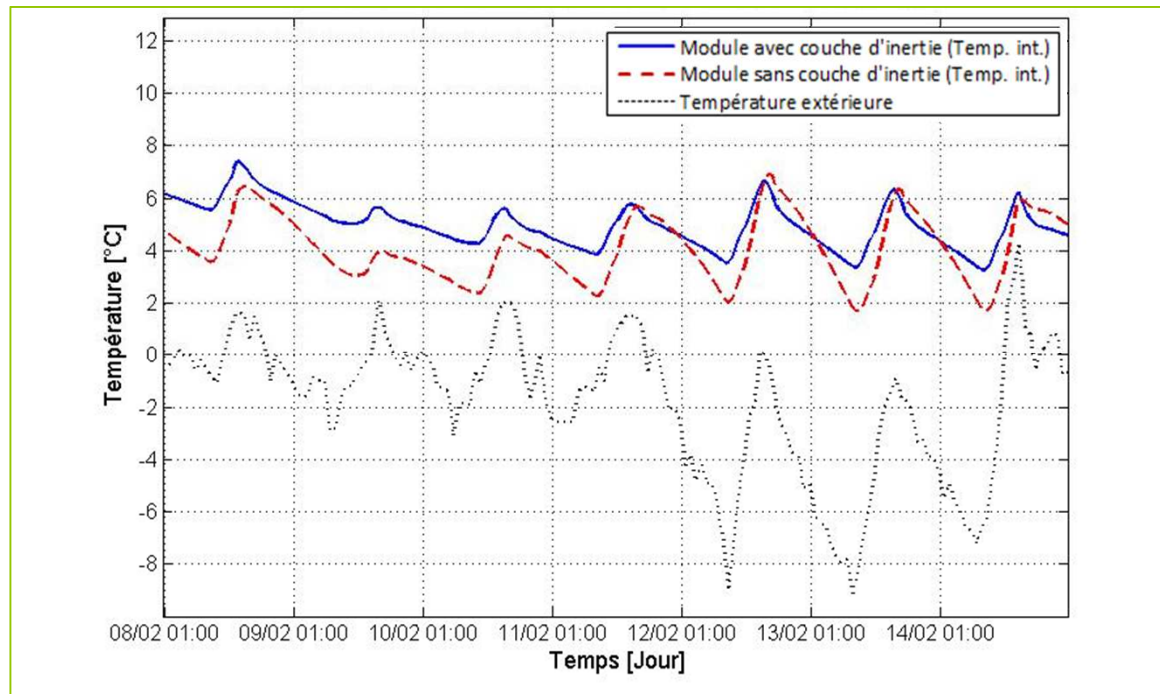
- Réduction de la diminution de  $t^\circ$  intérieure et  $t^\circ$  min plus élevées
- Réduction des fluctuations journalières de  $t^\circ$
- $T^\circ$  matinale plus élevée au lendemain d'une nuit froide

# Le projet AGROMOB

## Evaluation du confort thermique

### B. Simulations numériques

- Hiver



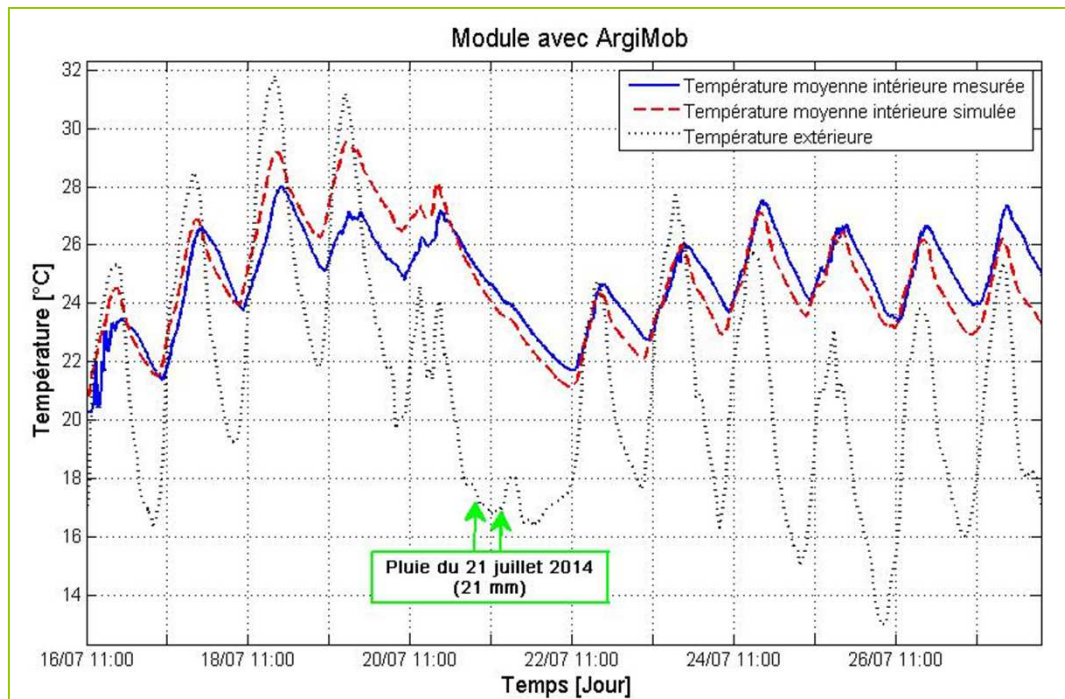
→ T° minimales journalières plus élevées

*Températures moyennes intérieures simulées et température extérieure du 8 au 14 février.*

# Le projet AGROMOB

## Evaluation du confort thermique

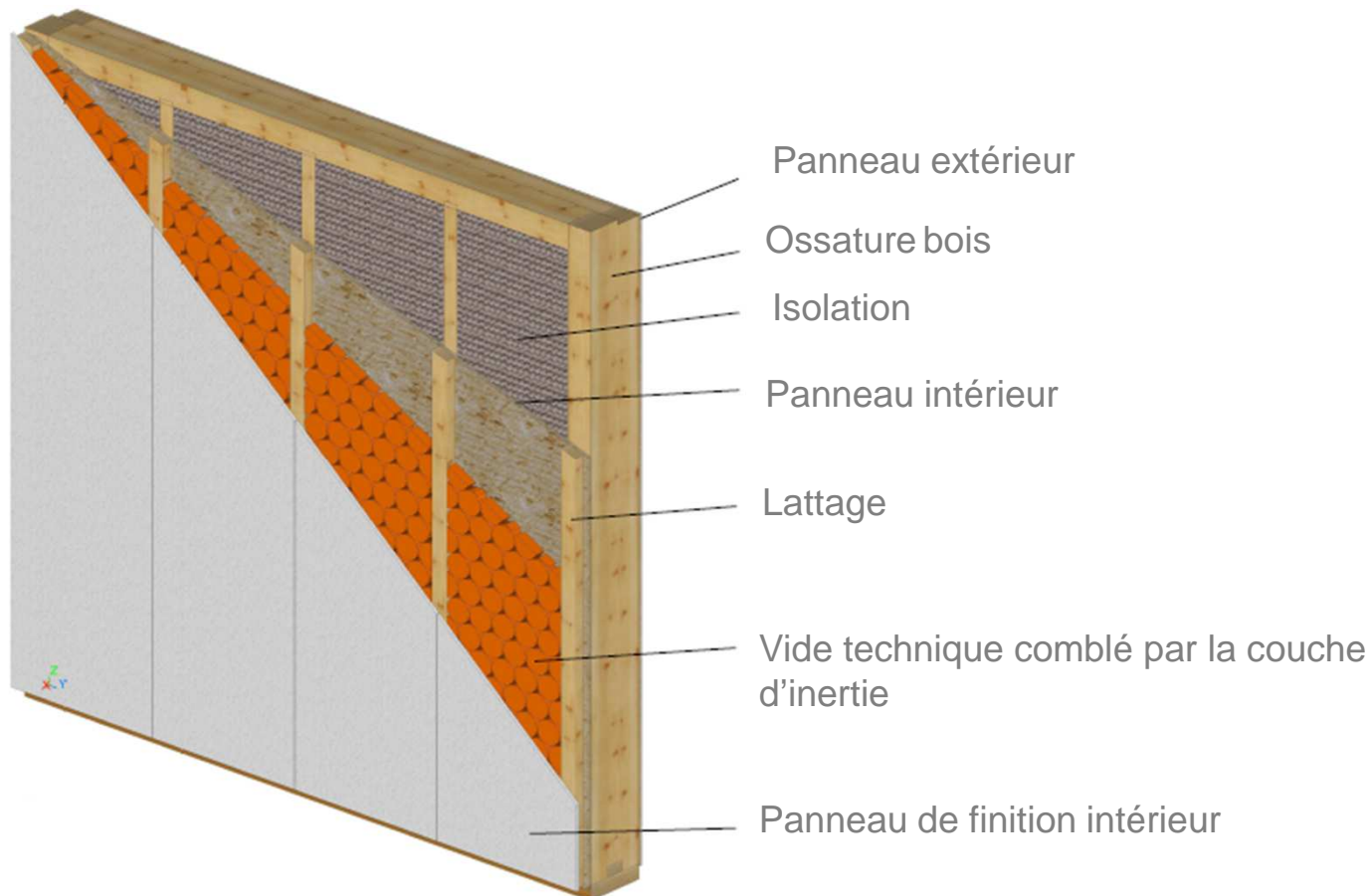
### C. Validation du modèle



Températures moyennes intérieures et température extérieure du 16 au 27 juillet.

- De manière générale, bonne concordance entre les deux courbes
- Cependant, lors de la période la plus chaude le modèle surestime la  $t^{\circ}$  int.
- Lors de la période la moins chaude, la simulation sous-estime la  $t^{\circ}$

# Solution mise en œuvre

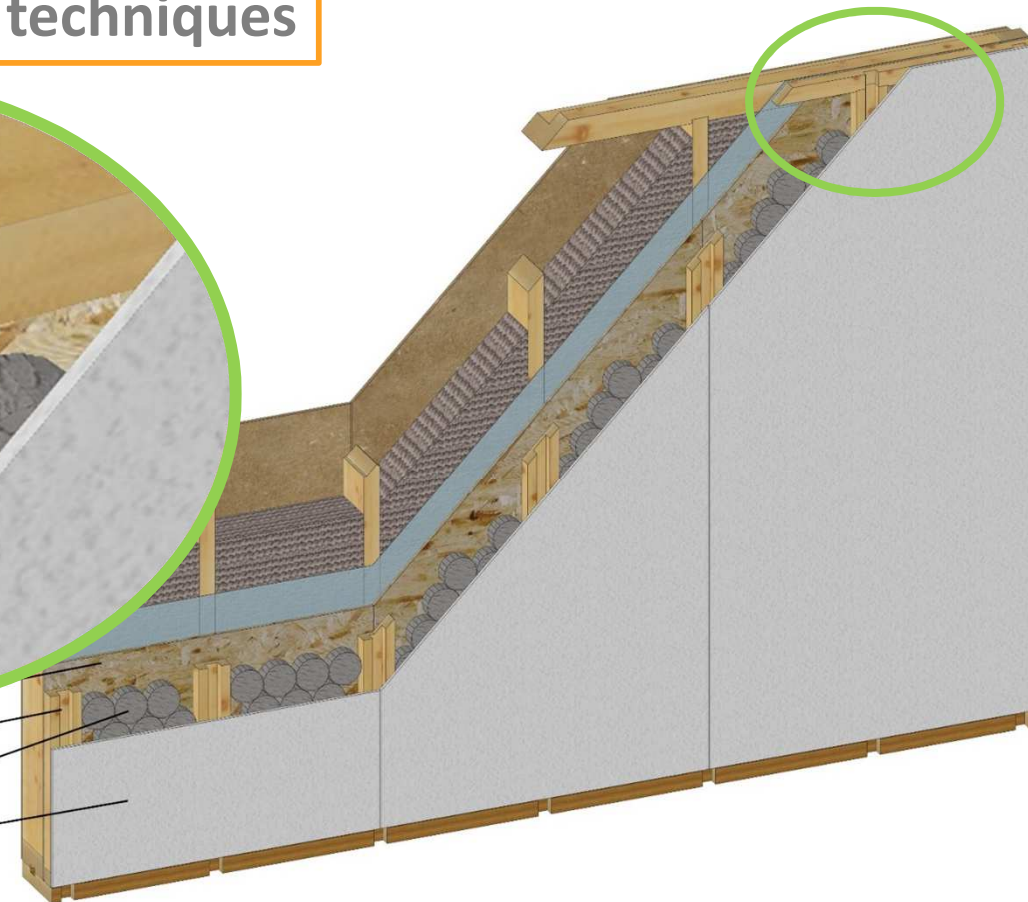


# Solution mise en œuvre

## Passage des éléments techniques



Montant profilé  
Galets d'argile  
Panneau de plâtre





# Conclusions

Réapparition de la **terre crue** en construction

- qualités constructives
- réponse aux enjeux environnementaux actuels.

Essor de la constructions à **ossature bois**, mais faible capacité thermique.



**Projet AGROMOB**: mise au point un mélange de matériaux bio-sourcés à base d'argile inséré au sein des parois dans la chaîne de production robotisée.

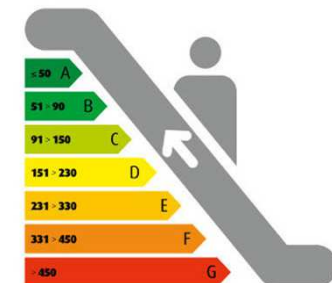
Impacts de cette couche d'inertie évalués via 2 approches (expérimentales et simulations dynamiques) :

- t° int. max. journalières réduites de 2 à 3 ° en période estivale
- réduction des minimas journaliers durant les périodes froides.

➔ Association terre crue + ossature bois très intéressante:

- confort thermique
- construction + respectueuse de l'environnement

➔ Perspectives d'avenir prometteuses.



# Merci pour votre attention!

sophie.grigoletto@ulg.ac.be  
+32 4 366 92 24



Julien.Paul@mobicsa.be  
+32 474 98 68 96  
www.mobicsa.be



*Le projet AGROMOB fait partie du programme CWALity de la DGO6 - Région wallonne (recherche collaborative entre une PME et un organisme de recherche).*