



Journées nationales
maçonnerie

22-23 mars 2018 | Ifsttar | Marne-la-Vallée

ETUDE DU COMPORTEMENT HYGROTHERMIQUE D'UN HABITAT NEUF CONSTRUIT EN PIERRE NATURELLE

Brachelet F., Lapeyronnie D., Antczak E., Pallix D.



Laboratoire
Génie Civil
et géo-Environnement
Lille Nord de France

Terre et Pierre
Expertise et Innovation





Présentation de l'étude

Objectifs

- Etudier l'inertie thermique de la pierre naturelle (déphasage, amortissement) en fonction des conditions micro-climatiques
- Mesurer et comparer les propriétés thermiques de la pierre sur le cas réel d'une maison instrumentée sur une durée de 3 ans
- Analyser le confort hygrothermique de l'habitat



Valoriser l'inertie thermique de la pierre naturelle dans le domaine de l'habitat

Présentation de l'étude

Cas d'étude

Instrumentation de la maison : de février 2014 à septembre 2017
Instrumentation réalisée par le LGCgE



Données de l'étude :

- Villa située à Beauvoisin, dans la région de Nîmes
- Murs en pierre massive de Castillon
- Epaisseur des murs : 45 cm
- Isolation thermique : aucune

Présentation de la villa

Dimensions des éléments courants

Longueur : 2,00m

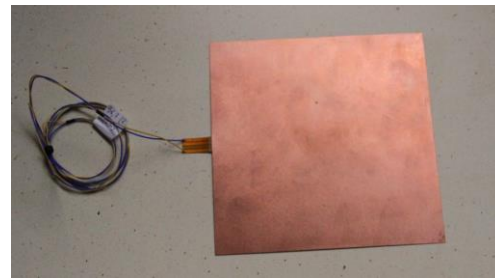
Hauteur : 1,00m

Epaisseur : 0,45m



Instrumentation

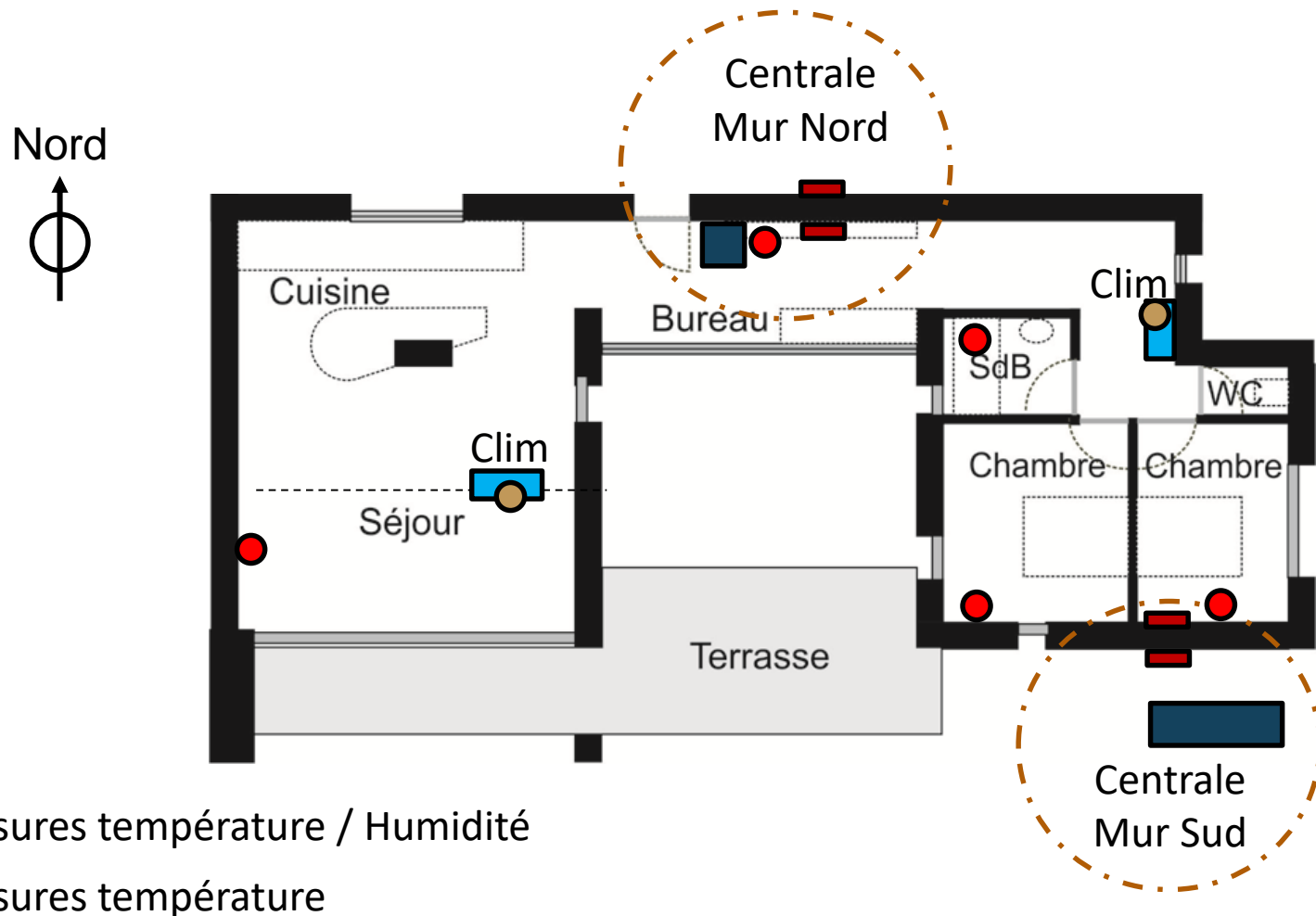
capteurs / centrales d'acquisition des données



- Capteurs fluxmétriques placés en vis-à-vis sur les faces intérieures et extérieures des parois (mesure du flux thermique et de la température sur chaque face d'accès)
- Thermo-hygromètres positionnés dans chaque pièce (mesure de la température ambiante et de l'humidité relative)

Instrumentation

Implantation des capteurs / centrales d'acquisition des données





Instrumentation de la villa

Objectifs / Contraintes de l'instrumentation

Objectifs :

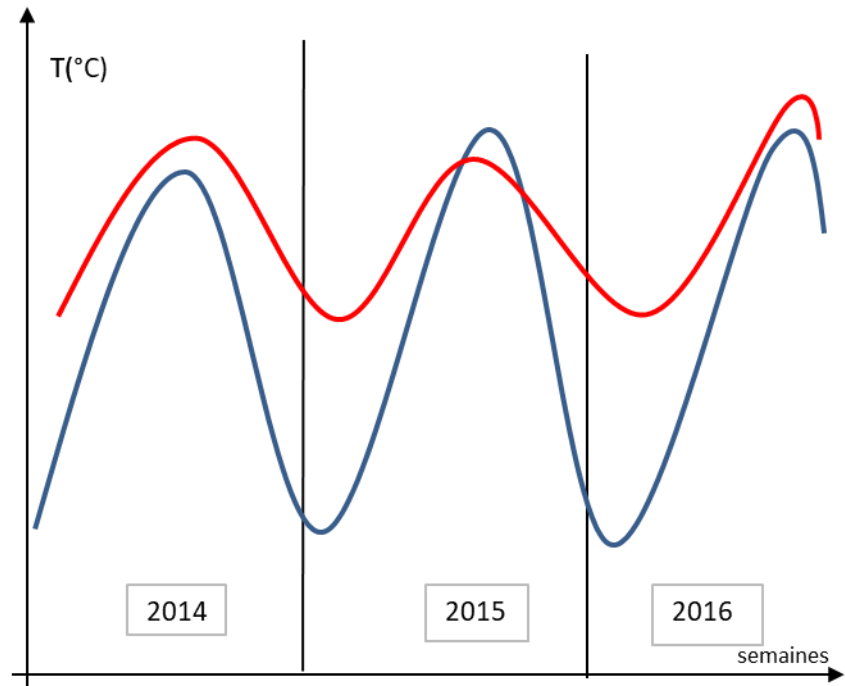
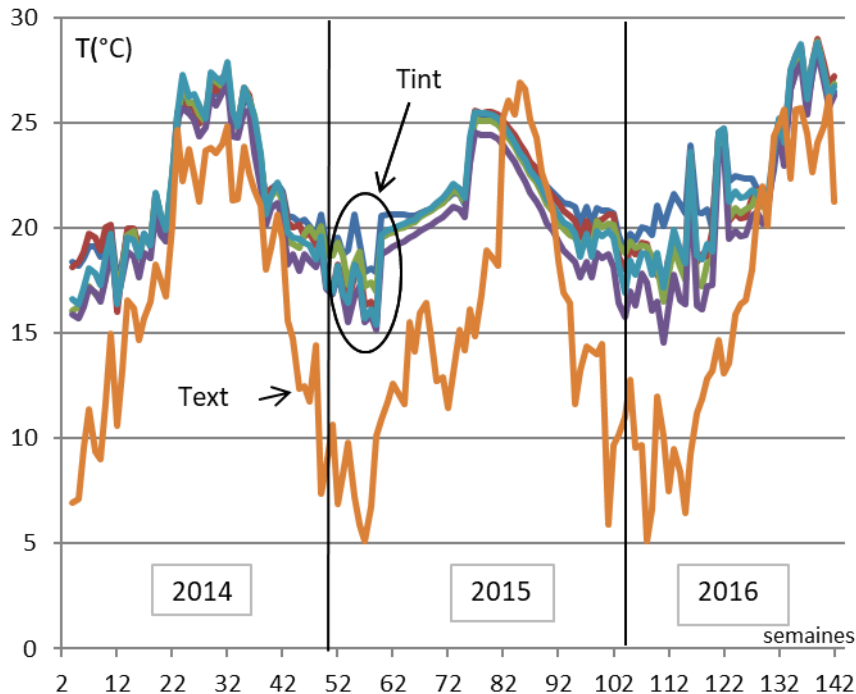
- Mesurer l'évolution de la conductivité thermique sur les façades Nord & Sud de la villa.
- Evaluation des conditions de confort thermique dans la villa.

Contraintes :

- Acquisition de différentes grandeurs physiques en différents points de la Villa.
- Eloignement du site de mesure.
- Autonomie et robustesse des acquisitions et des alimentations.
- Installation « propre » ayant un faible impact sur le bâti.

Résultats de l'étude

Comparaison des mesures de température intérieur / extérieur

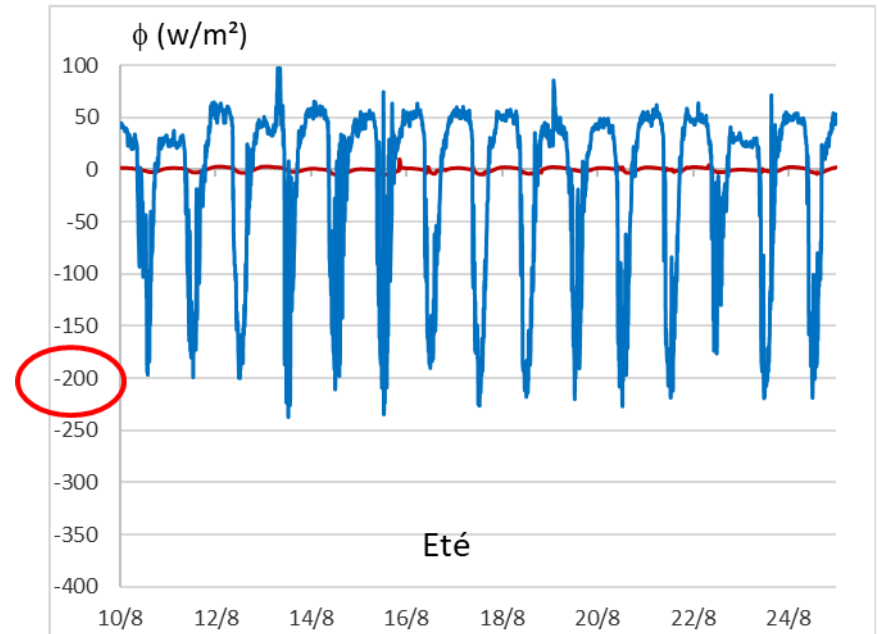
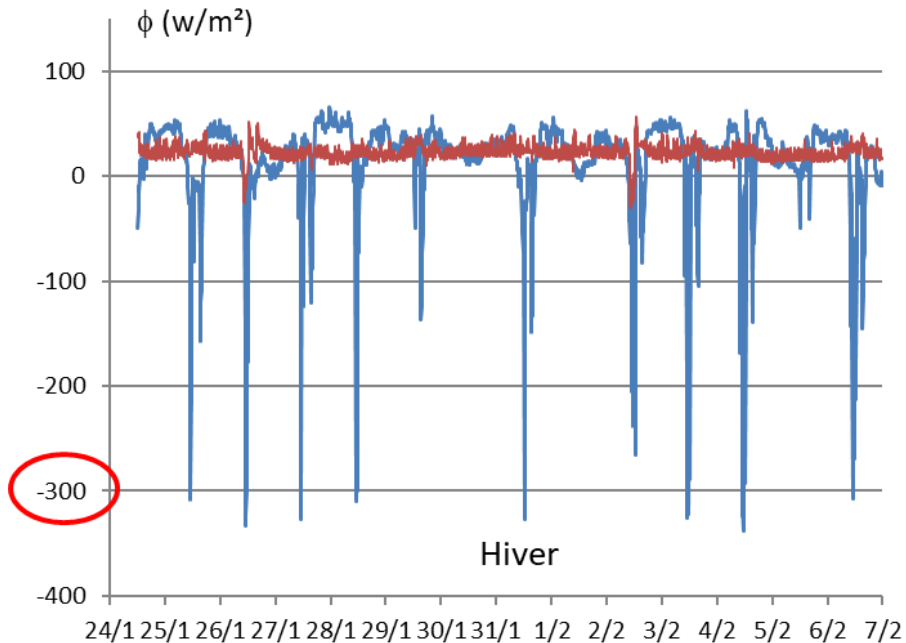


- Les évolutions moyennes de la température annuelle montrent les influences saisonnières sur la température à l'intérieur du logement malgré la présence d'une climatisation réversible
- Les amplitudes à l'intérieur sont relativement importantes
- Influence notable des apports gratuits

Résultats de l'étude

Mesures de flux surfaciques intérieur / extérieur

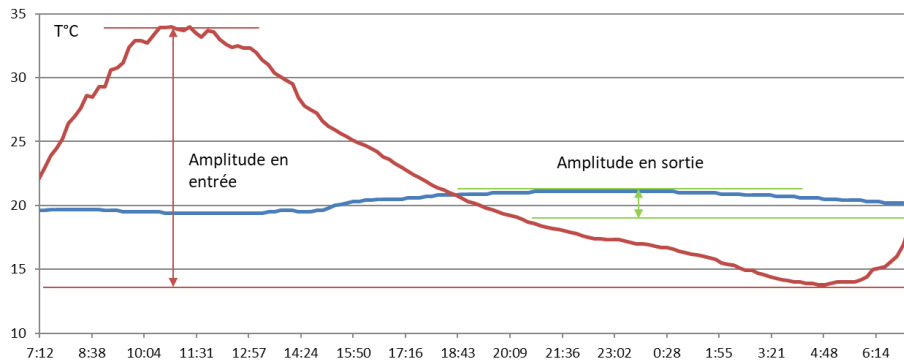
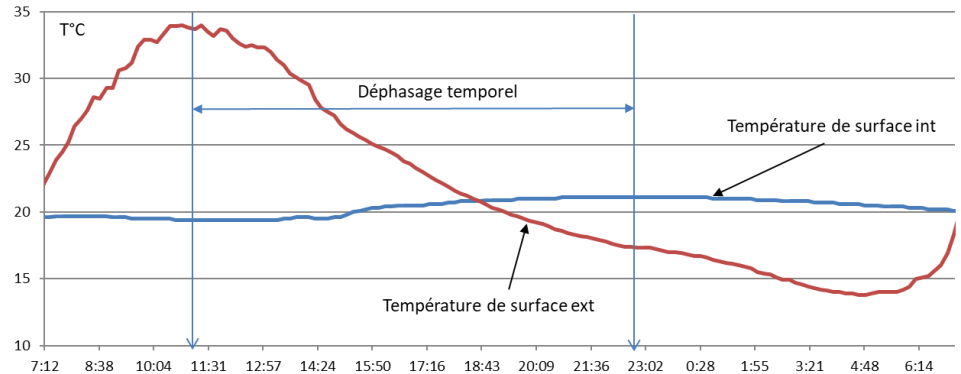
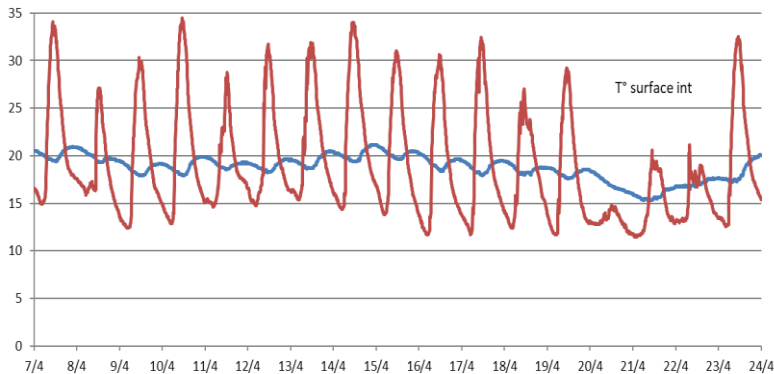
Mur Sud



- On observe bien les sollicitations diurnes/nocturnes (période de 24 H) : courbe bleue côté extérieur
- La courbe rouge représente les mesures à l'intérieur : cycles de chauffage en hiver, pas de sollicitations en été
- Les pics de flux (apports solaires) ont des intensités plus élevées en hiver sur les parois verticales, en été la toiture-terrasse est la paroi la plus sollicitée

Résultats de l'étude

Paramètres thermiques caractérisant la paroi – mur sud



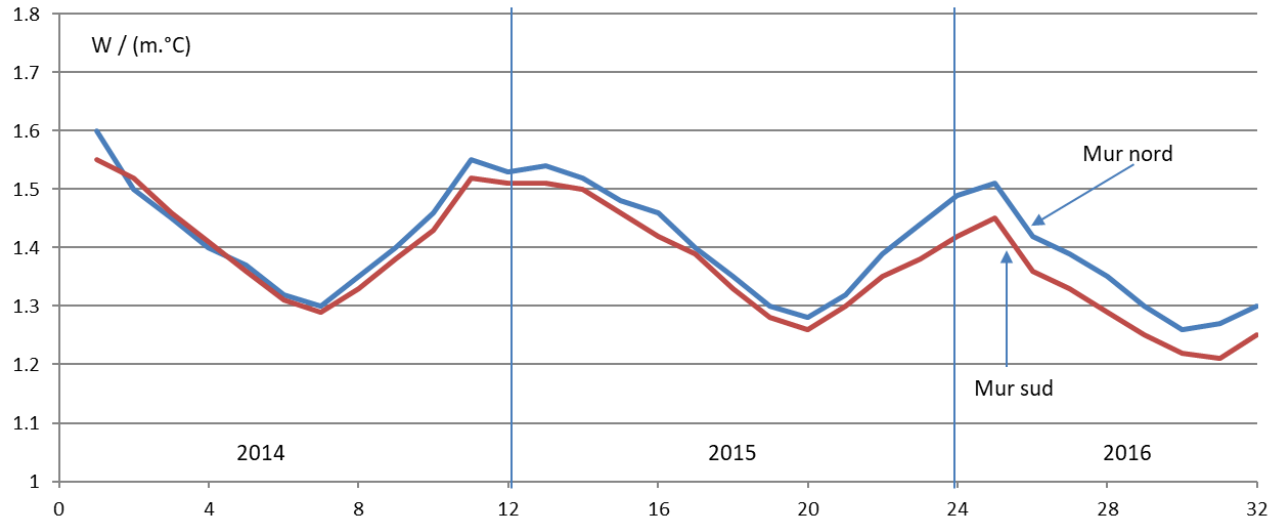
- Amortissement : 20°C d'amplitude en entrée et 2°C d'amplitude en sortie, le rapport 10 caractérise une paroi performante.
- Déphasage : 11H30 pour une pierre de 45 cm (12H par le calcul). C'est une valeur optimale en terme de gestion de flux.

diffusivité thermique $a = \lambda / (\rho \cdot c)$ [m²/s]. Une faible diffusivité améliore le déphasage.

effusivité thermique $b = \sqrt{\lambda \cdot \rho \cdot c}$ [J/(°C⁻¹·m⁻²·s^{-1/2})]. Une effusivité élevée améliore l'inertie.

Résultats de l'étude

Conductivité thermique équivalente



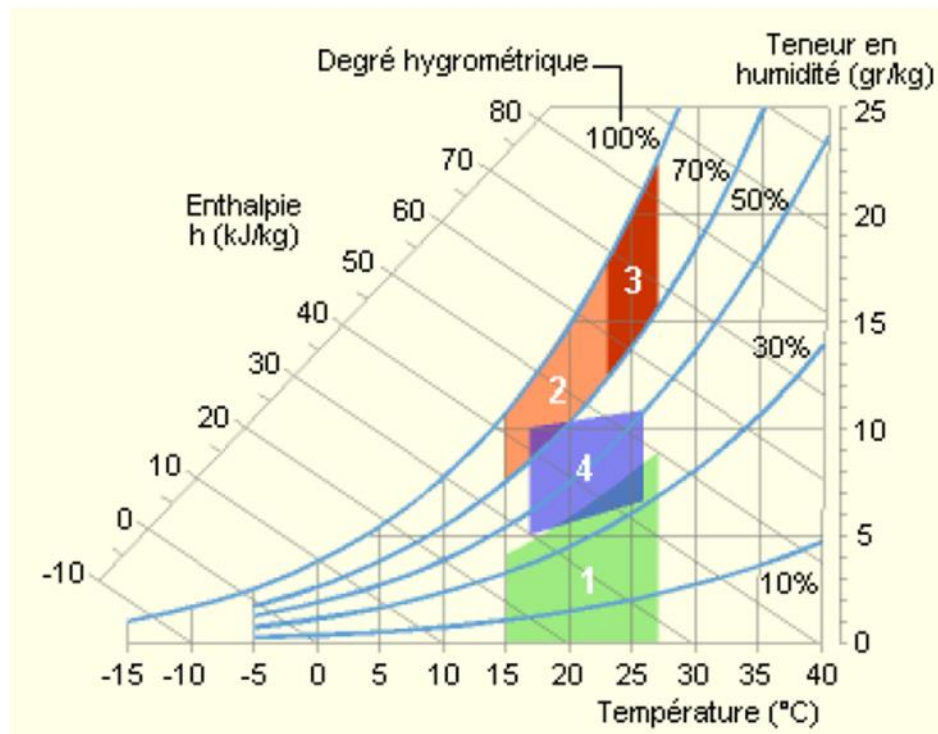
- La conductivité thermique équivalente est sensible aux variations saisonnières (humidité relative de l'air, teneur en eau du matériau)
- Les valeurs obtenues pour la conductivité thermique équivalente sont dans la gamme de celles que l'on peut trouver dans la littérature, entre 1 W/(m.°C) et 1.5 W/(m.°C) pour une pierre calcaire sèche à humide
- Obtenue par méthode inverse, par calage d'un modèle de comportement sur les données expérimentales de flux et de température

Résultats de l'étude

Confort de l'habitat

Le confort dans l'habitat est principalement lié aux conditions de température et d'humidité, mais également à la vitesse d'air (pas dans ce cas, absence de VMC).

On utilise le diagramme de l'air humide (indice de satisfaction retenu pour une majorité d'occupants)



1 : Zone à éviter vis-à-vis des problèmes de sécheresse.

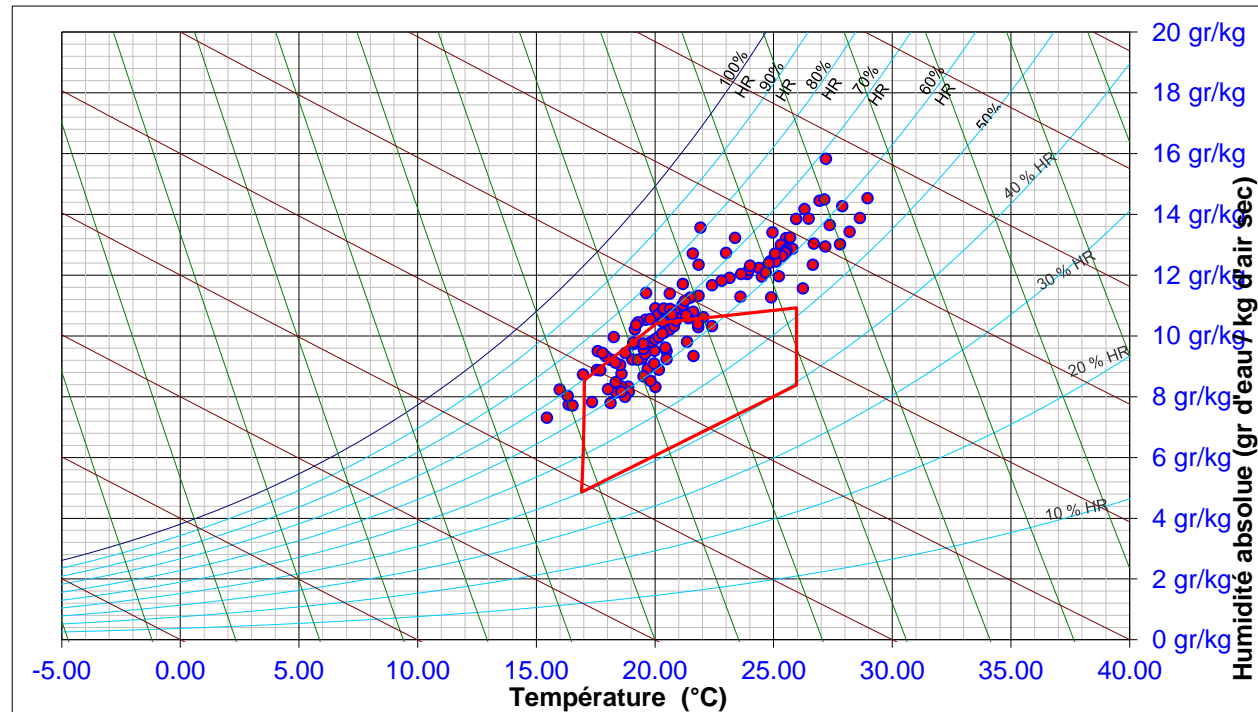
2 et 3 : Zones à éviter vis-à-vis des développements de bactéries et de microchampignons.

3 : Zone à éviter vis-à-vis des développements d'acariens.

4 : Polygone de confort hygrothermique

Résultats de l'étude

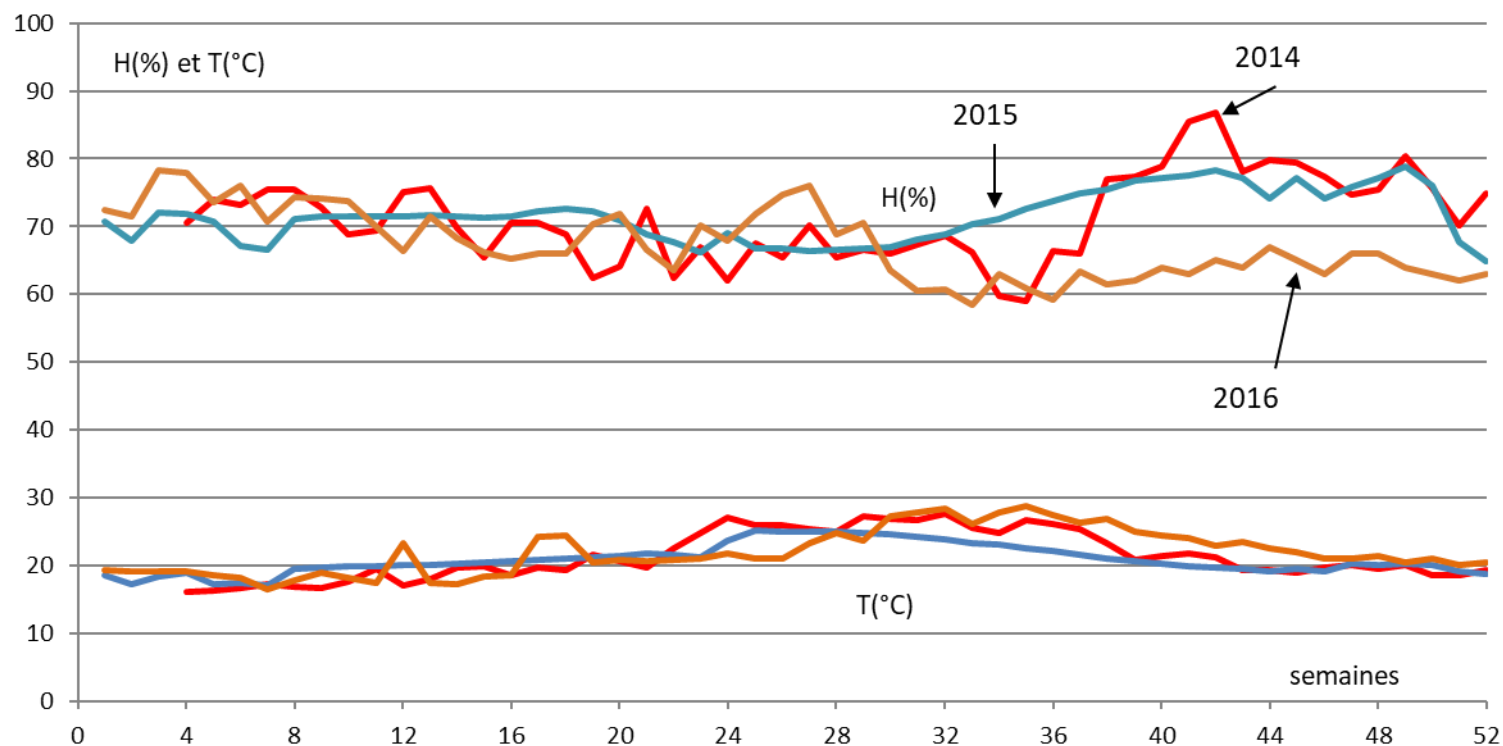
Analyse du confort hygrothermique dans le salon



- La courbe montre l'adéquation entre le polygone de confort et les couples humidité relative/température mesurés
- Sur les 3 années cumulées, le pourcentage de points situés dans le polygone de confort est de 53 %
- La moyenne de l'hygrométrie sur les 3 années pour le salon est de 65 %

Résultats de l'étude

Evolution du confort thermique sur les 3 années de mesures



- Les niveaux d'humidité relative sont assez élevés en 2014-2015
- L'été 2016 (très chaud) semble faire paraître une tendance à la baisse de l'hygrométrie à partir du 2eme semestre 2016, cette évolution favorable se poursuit en 2017



Conclusion

Bilan de l'étude

- Les performances de la pierre en termes de déphasage de sollicitation et d'amortissement d'amplitude sont élevées
- La résistance thermique de la pierre est assez faible ce qui induit des températures de surfaces de parois intérieures assez faibles au regard de la température ressentie de confort souhaitée
- L'humidité relative moyenne à l'intérieur du bâtiment est trop élevée au regard des taux de satisfaction habituellement rencontrés, mais la tendance est à la baisse
- Cette humidité résiduelle est sans doute due à l'humidité originelle de la pierre (coupe, stockage, chantier)
- Un système de ventilation permanent aurait pu accélérer l'amélioration des conditions de confort en début d'occupation. La ventilation naturelle par ouverture des baies n'est pas suffisant



Merci de votre attention !!!

Contacts :

Damien LAPEYRONNIE
CTMNC
17, rue Letellier
75015 Paris
lapeyronnie.d@ctmnc.fr

Emmanuel ANTCZAK
LGCgE
Université d'Artois Technoparc Futura
62400 Béthune
emmanuel.antczak@univ-artois.fr