

Les qualités thermiques de la pierre naturelle - Villa YFS, un retour d'expérience

Résultats de l'étude

Emmanuel Antczak – LGCgE – Université d'Artois

Les données mesurées

- flux de chaleur en surface de paroi (fluxmètres)
- Températures de surface (thermocouples)
- Températures d'air (thermo-hygromètres)
- Humidité relative (thermo-hygromètres)

Dans quel but ?

- Exploiter directement les valeurs (évolutions saisonnières, journalières)
- Interpréter des couples de valeur (température/hygrométrie)
- Analyser et traiter les données de mesures (méthode inverse)

Mesures de températures intérieur / extérieur

Extérieur



Température ambiante

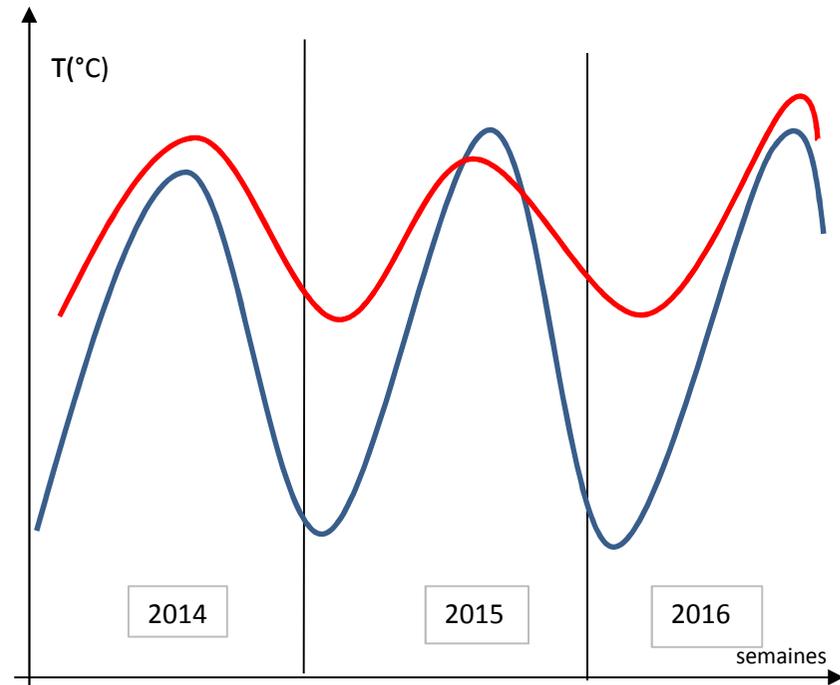
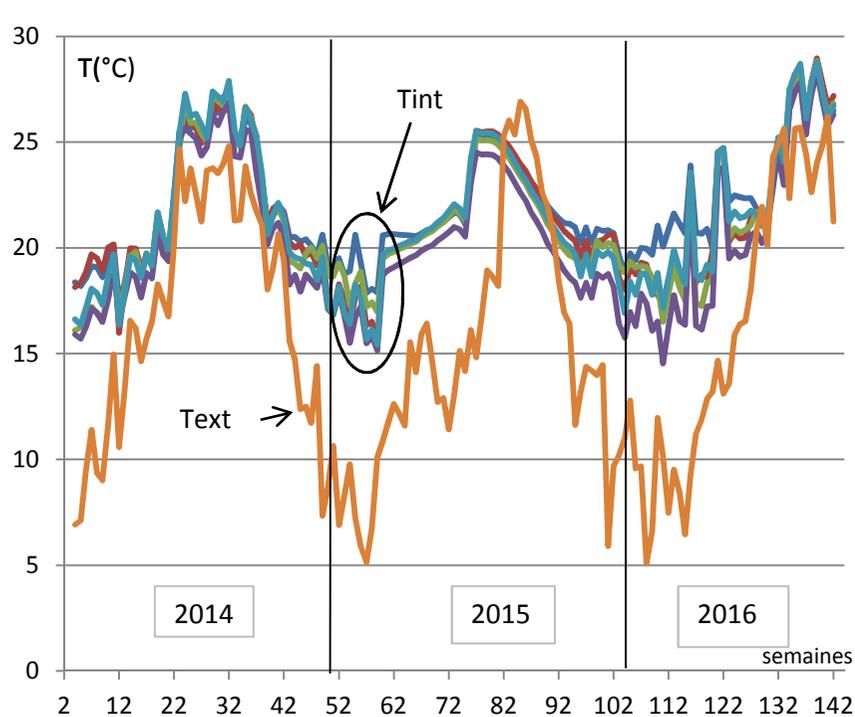


Intérieur

Température ambiante

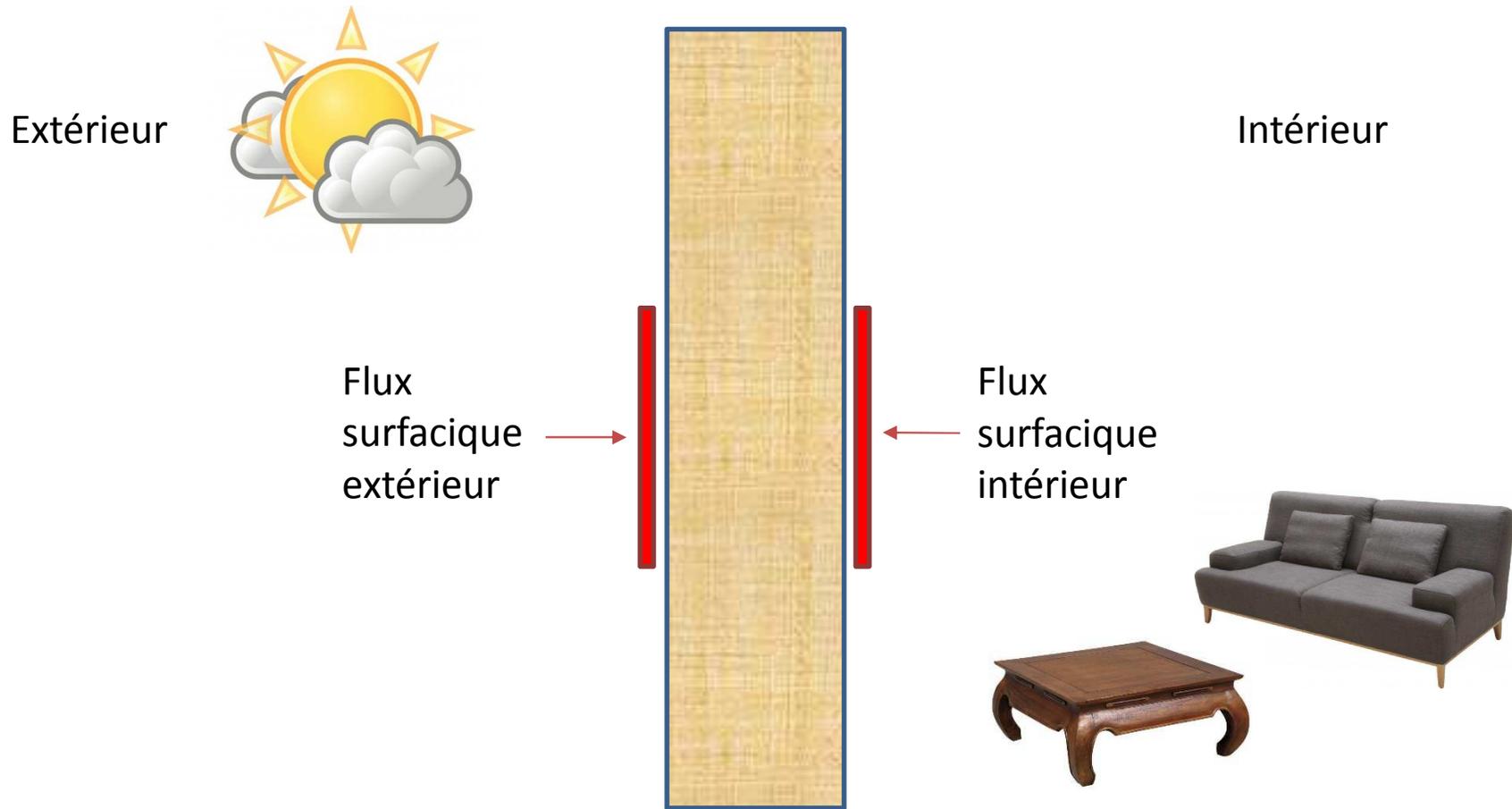


Comparaison des mesures de températures intérieur/extérieur

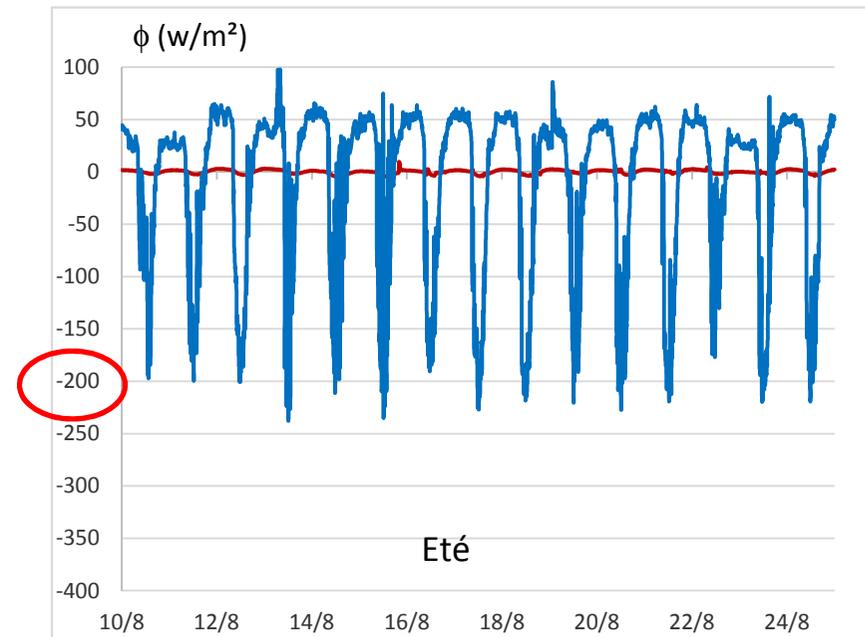
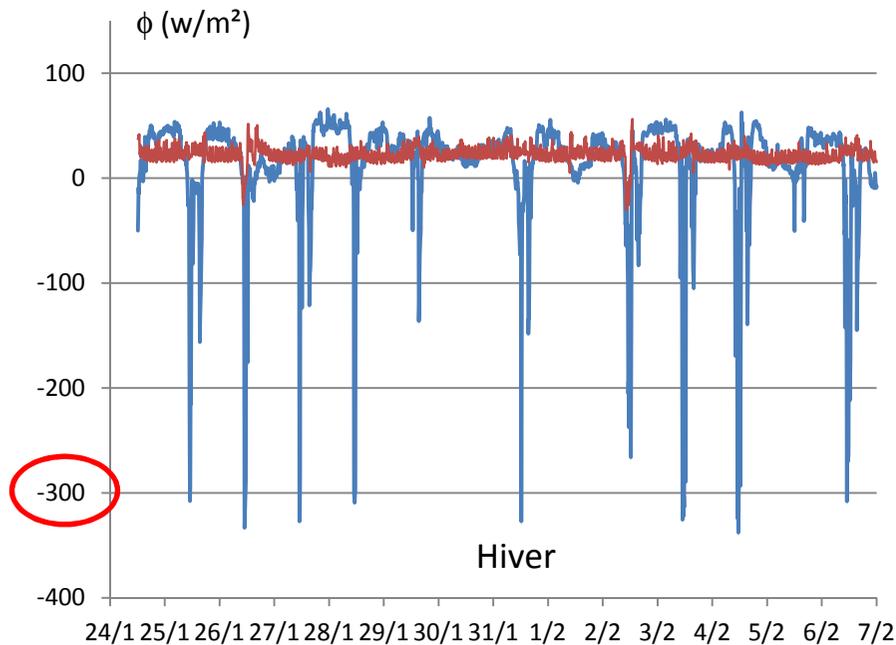


- Les évolutions moyennes de la température annuelle montrent les influences saisonnières sur la température à l'intérieur du logement malgré la présence d'une climatisation réversible
- Les amplitudes à l'intérieur sont relativement importantes
- Influence des apports gratuits

Mesures de flux surfaciques intérieur / extérieur

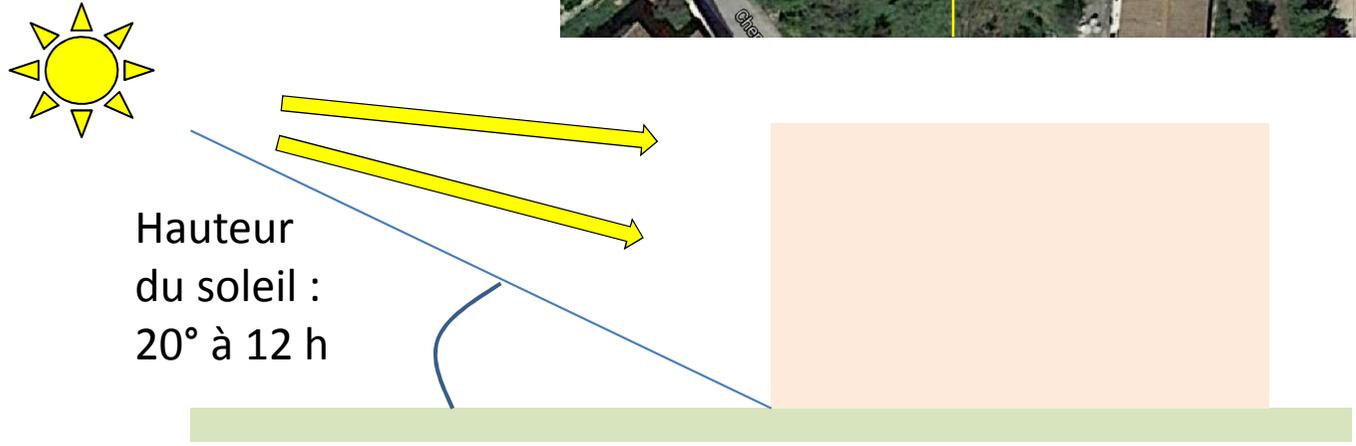
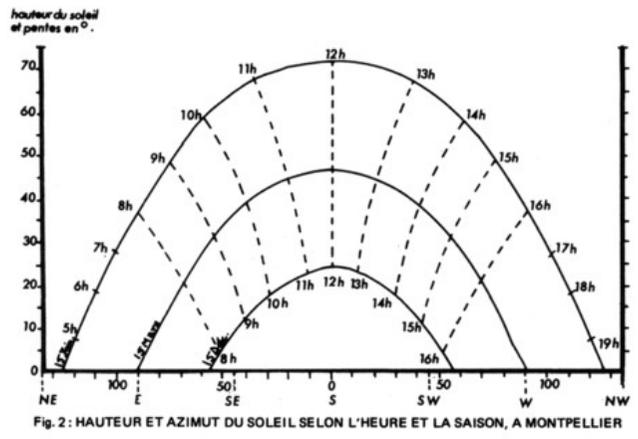


Mesures de flux sur les parois (mur sud)



- 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

Mesures de flux sur les parois (mur sud) en hiver

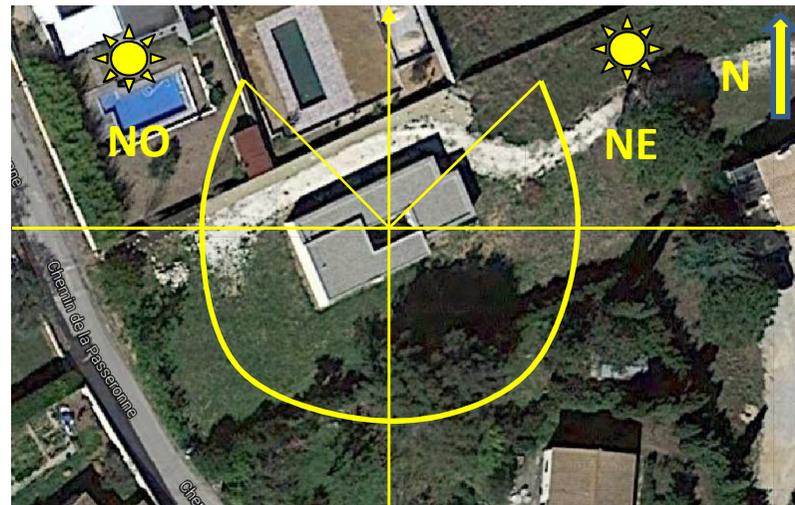
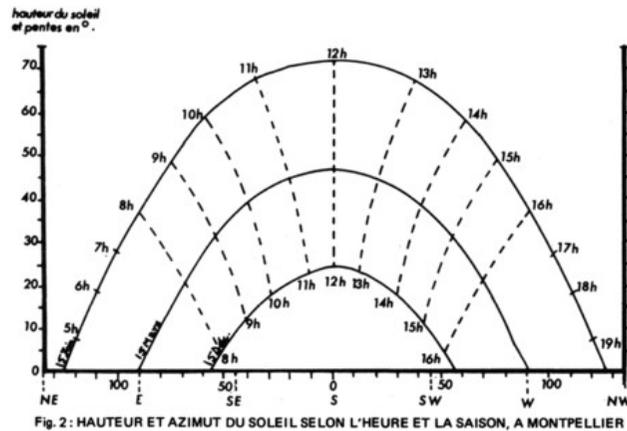


- En hiver le rayonnement solaire est proche de la perpendiculaire par rapport à la paroi
- La durée d'ensoleillement est plus faible

Mesures de flux sur les parois (mur sud) en été



Hauteur
du soleil :
70° à 12 h

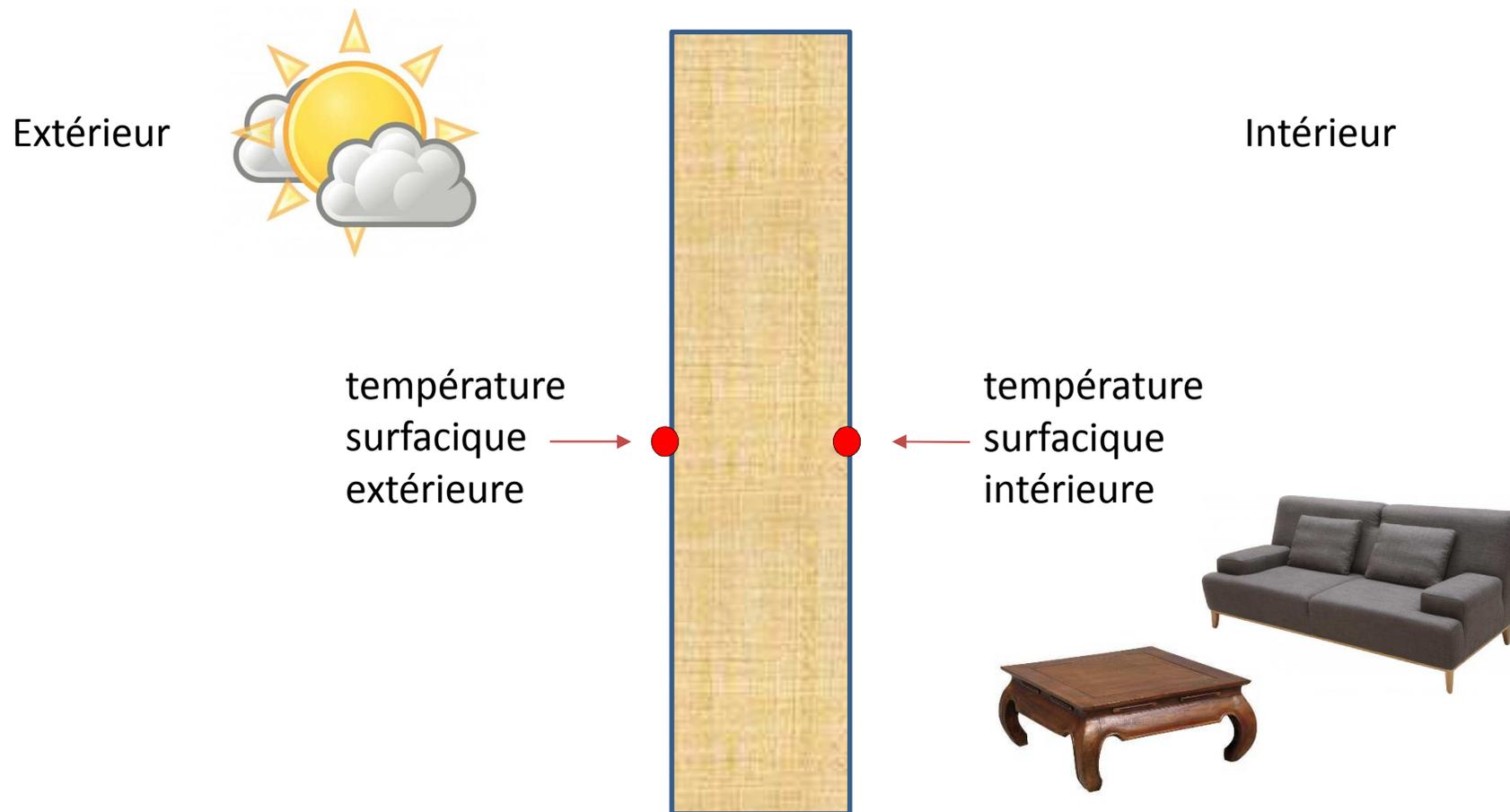


- En été le rayonnement solaire est fortement incliné par rapport à une paroi verticale
- La course du soleil représente les $\frac{3}{4}$ de la rose des vents

Que penser de l'orientation du bâtiment par rapport au soleil ?

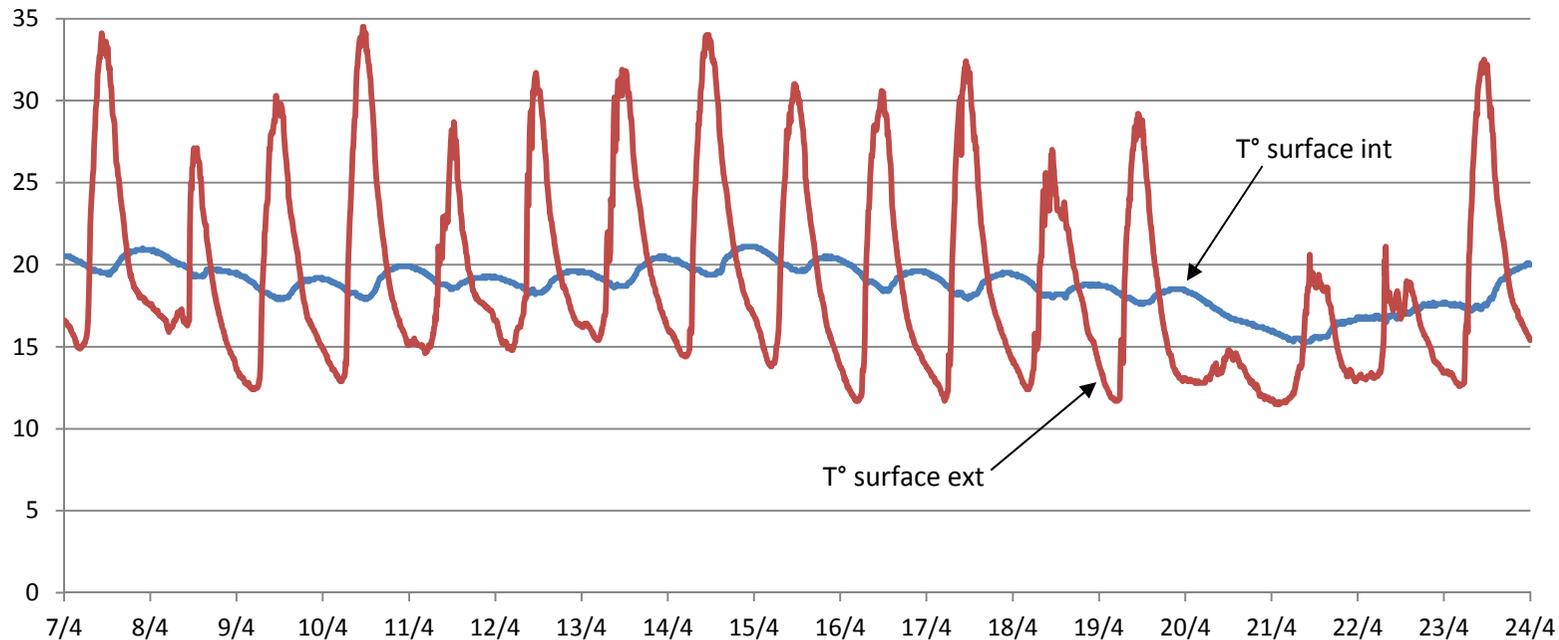
- Pour favoriser les apports gratuits en hiver, il faut valoriser les baies vitrées en façade sud (réduction des apports artificiels de chauffage à l'intérieur)
- Pour se protéger des surchauffes dues au rayonnement solaire en été, il faut :
 - Équiper les baies vitrées orientées sud d'avancées de toitures, casquettes solaires, volets extérieurs (comme dans le cas de la villa YFS)
 - Réduire les surfaces vitrées en orientation Est et Ouest, les équiper de protections (casquettes solaires, volets extérieurs) contre le rayonnement solaire en début et en fin de journée (rayonnement perpendiculaire à la paroi)
 - Renforcer l'isolation de la toiture qui est fortement sollicitée par le rayonnement solaire, favoriser l'isolation extérieure et l'adjonction de systèmes thermiques naturels (évapotranspiration)

Mesures de températures de surfaces intérieur / extérieur



Le comportement thermique de la paroi

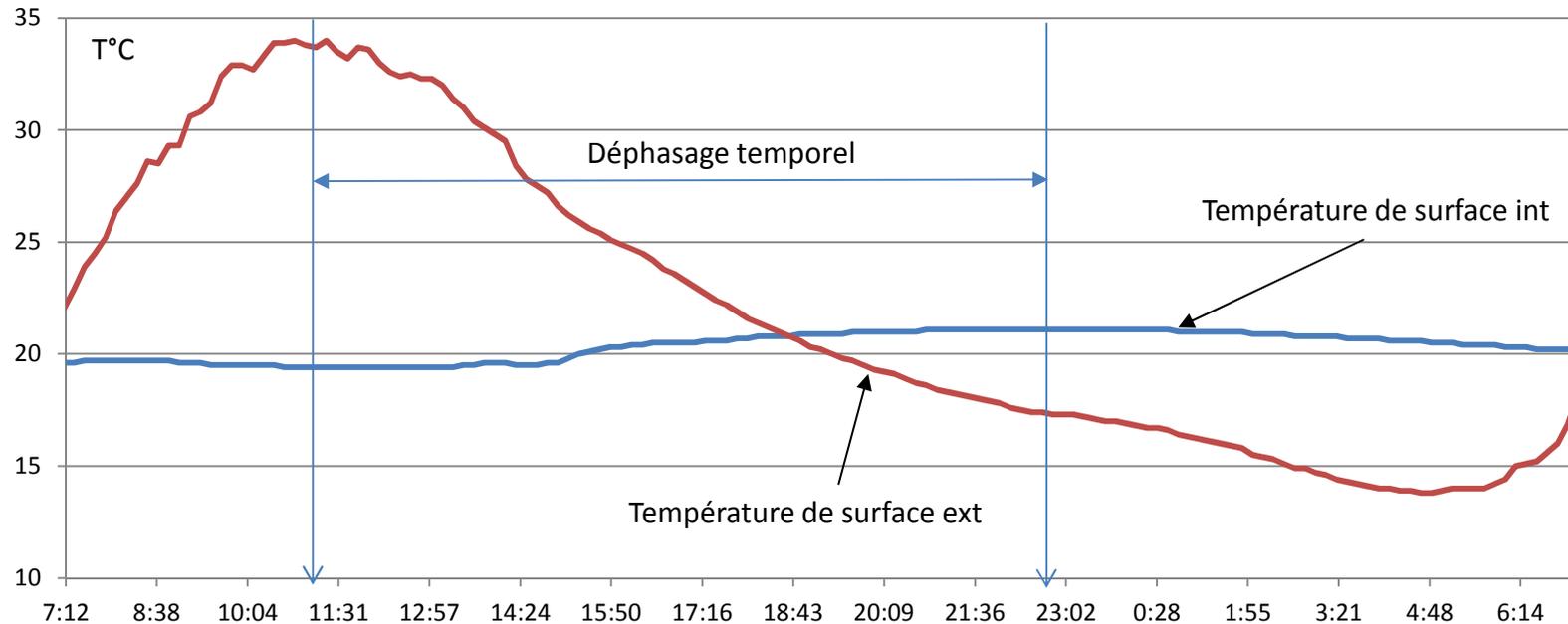
Mesures de températures de surface du mur sud



- On observe bien les variations des cycles jour/nuit
- L'amortissement des amplitudes entre l'extérieur et l'intérieur est évident
- Le décalage temporel entre les sollicitations mesurées à l'extérieur et celles mesurées à l'intérieur est perceptible

Le comportement thermique de la paroi : Déphasage

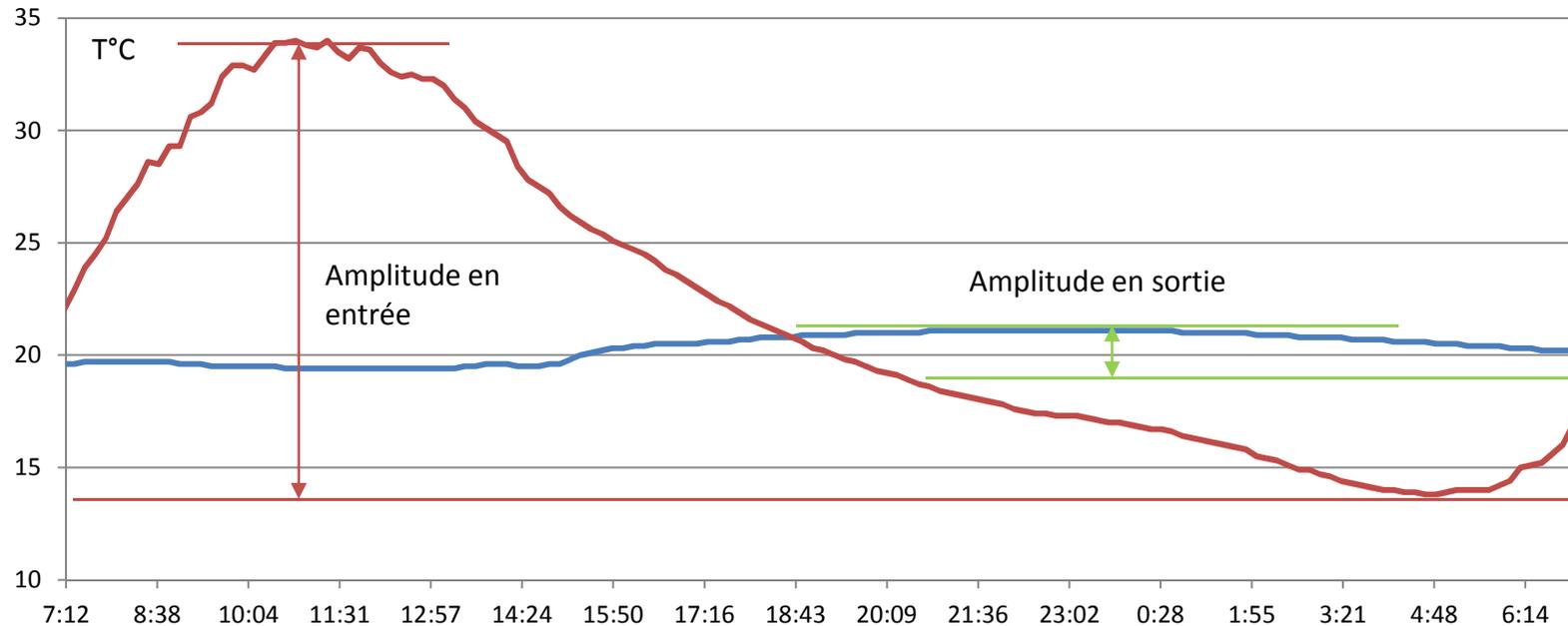
Zoom sur une journée



- Le déphasage temporel de la sollicitation se traduit par un décalage dans le temps du pic de température observé entre l'entrée de paroi (surface extérieure) et la sortie (surface intérieure)
- La valeur observée graphiquement est de **11H30** pour une pierre de 45 cm (**12H par le calcul**). C'est une valeur optimale en terme de gestion de flux.

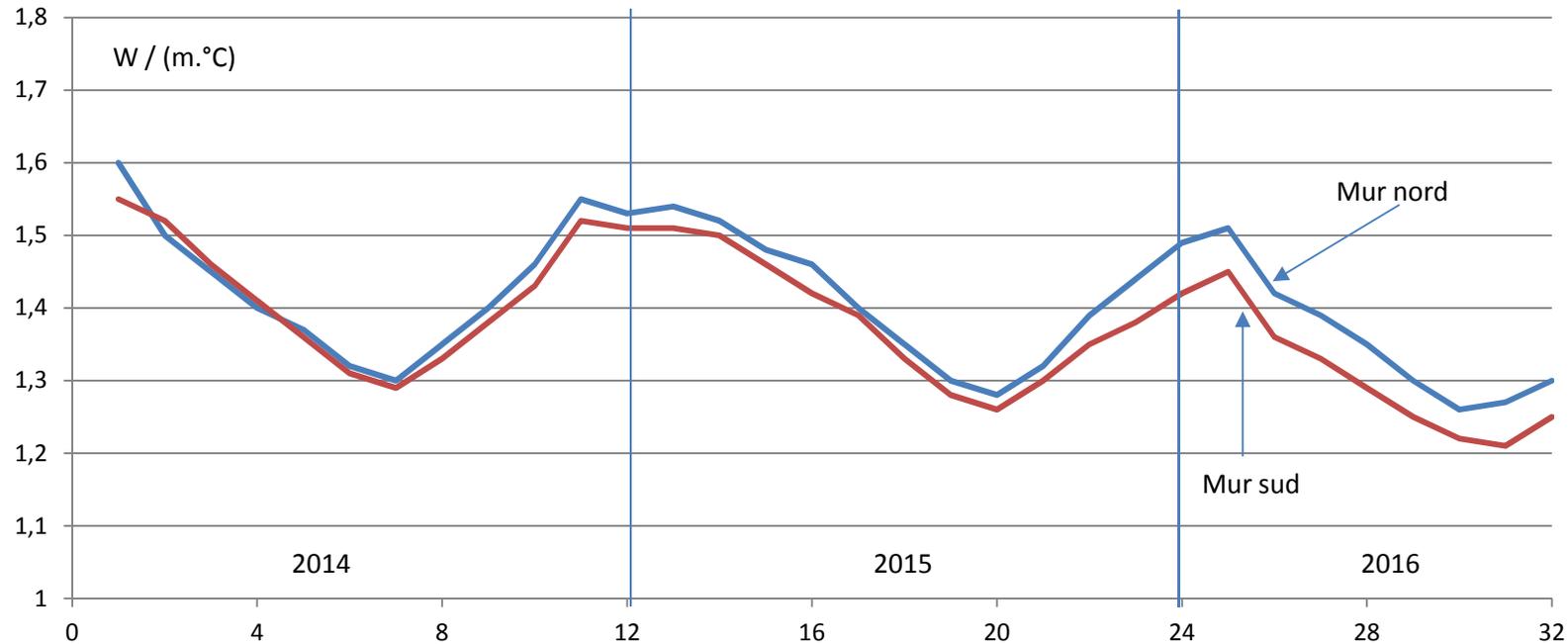
Le comportement thermique de la paroi : Amortissement

Zoom sur une journée



- L'amortissement est le rapport entre l'amplitude de la sollicitation en entrée et l'amplitude de la sollicitation en sortie
- Dans le cas présent, il y a 20°C d'amplitude en entrée et 2°C d'amplitude en sortie, cette amplitude de sollicitation a donc été divisée par 10. Cela caractérise une paroi performante.

Le comportement thermique de la paroi : Conductivité thermique équivalente



- La conductivité thermique équivalente est sensible aux variations saisonnières (humidité)
- 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

Le confort de l'habitat

Extérieur



Intérieur

Température
ambiante

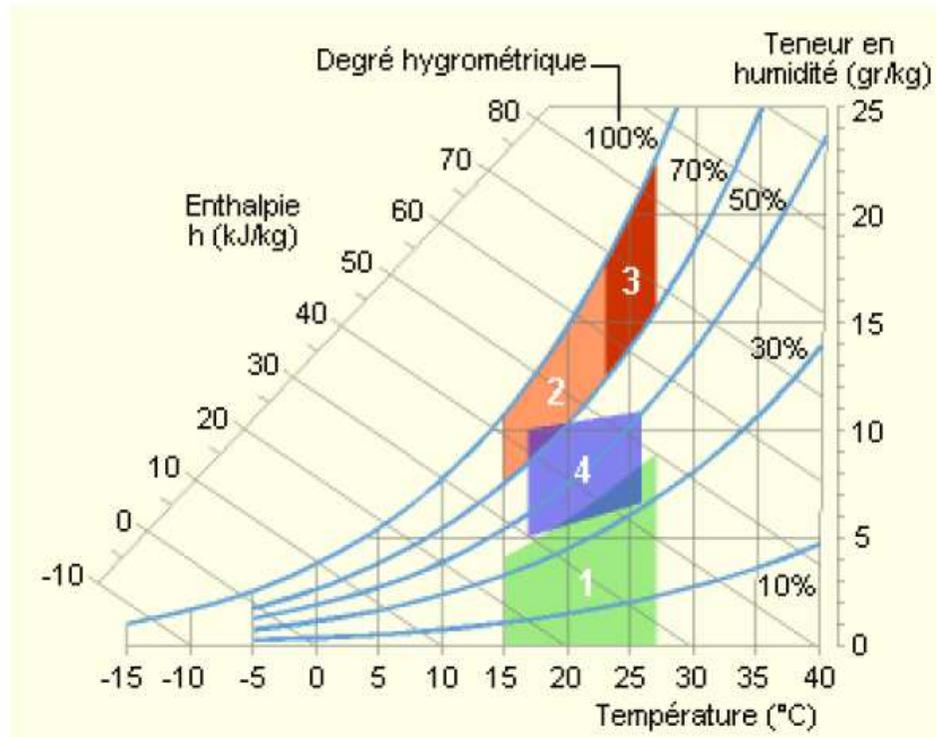


Humidité
relative



Le confort thermique 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 de VMC ici).
On utilise le diagramme de l'air humide (indice de satisfaction retenu pour une majorité d'occupants)



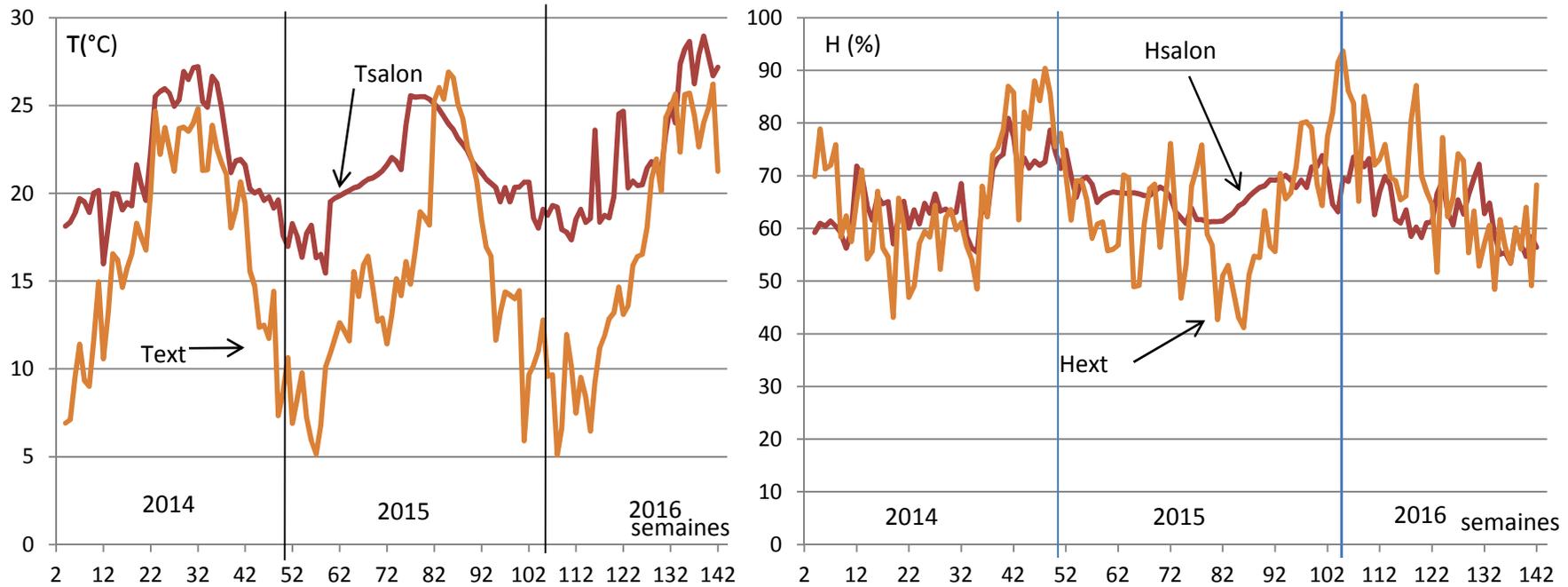
1 : Zone à éviter vis-à-vis des problèmes de sécheresse.

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

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

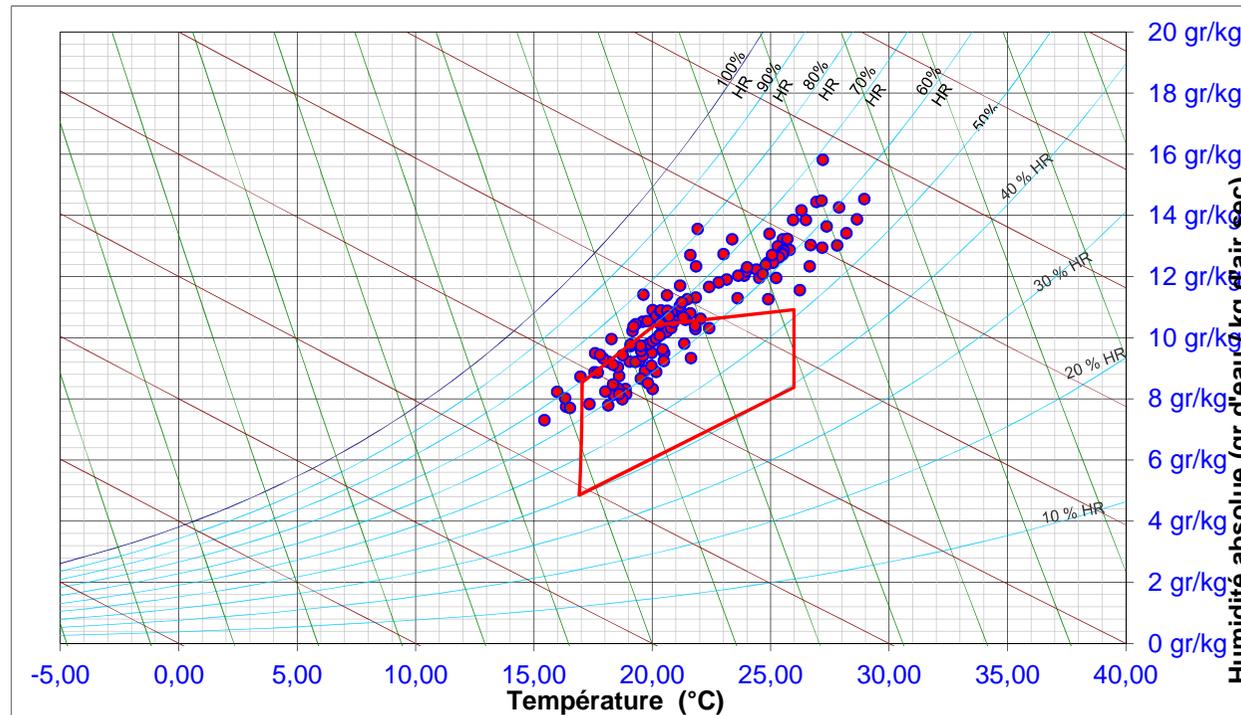
4 : Polygone de confort hygrothermique

Cas du salon



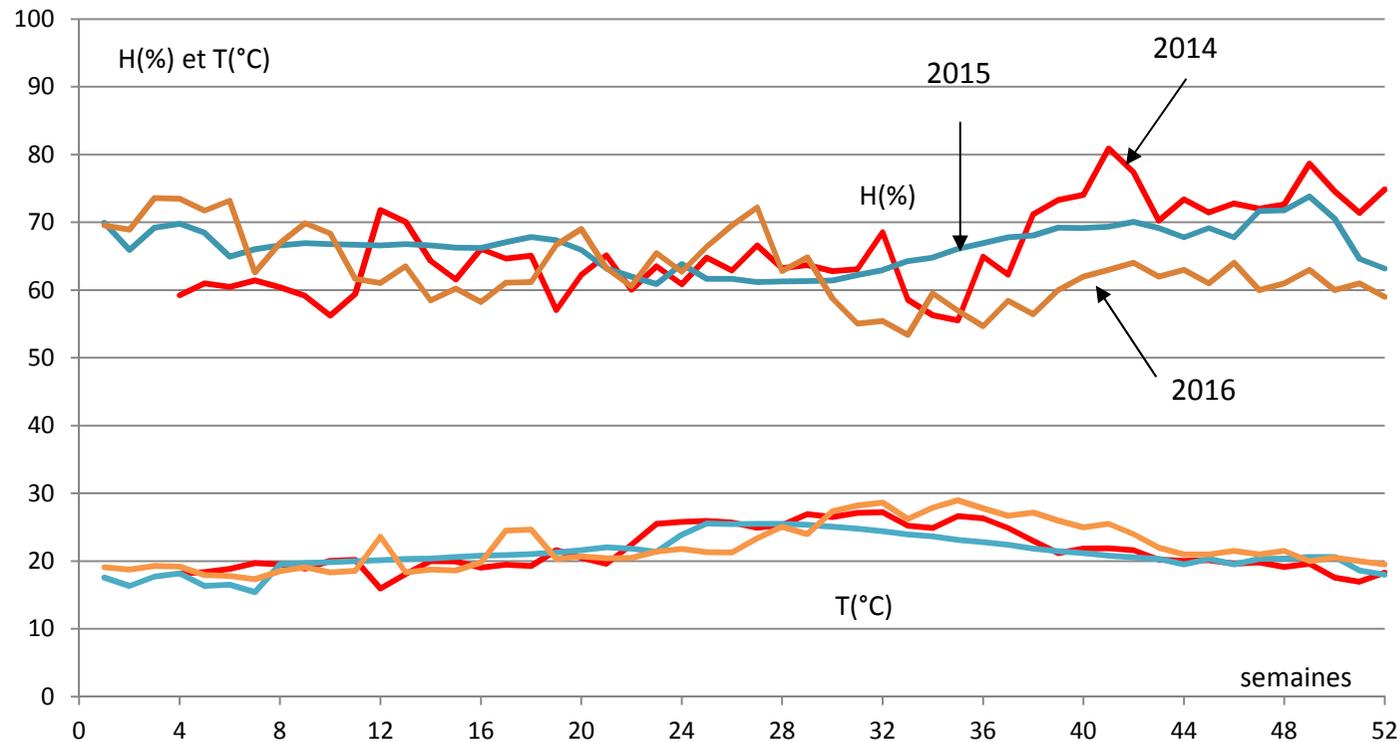
- La courbe de température du salon et la courbe d'humidité relative suivent la même dynamique que la température et l'humidité relative extérieure
- Les niveaux d'humidité relative sont assez élevés, surtout en hiver
- La moyenne globale est stable

Cas du salon



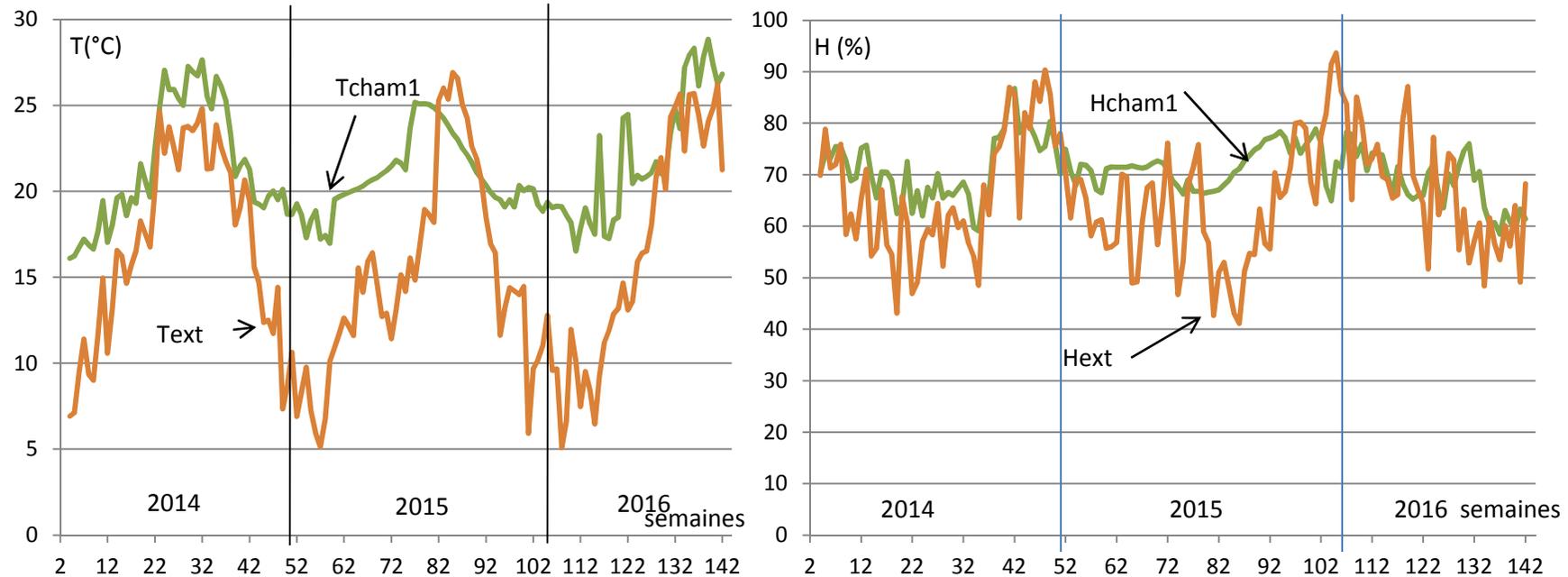
- La courbe montre la corrélation entre le polygone de confort et les couples humidité/température mesurés
- Sur les 3 années cumulées, le pourcentage de points situés dans le polygone de confort est de 53 %
- La moyenne de l'hygrométrie sur les 3 années pour le salon est de 65 %

Cas du salon : évolution sur 3 années successives



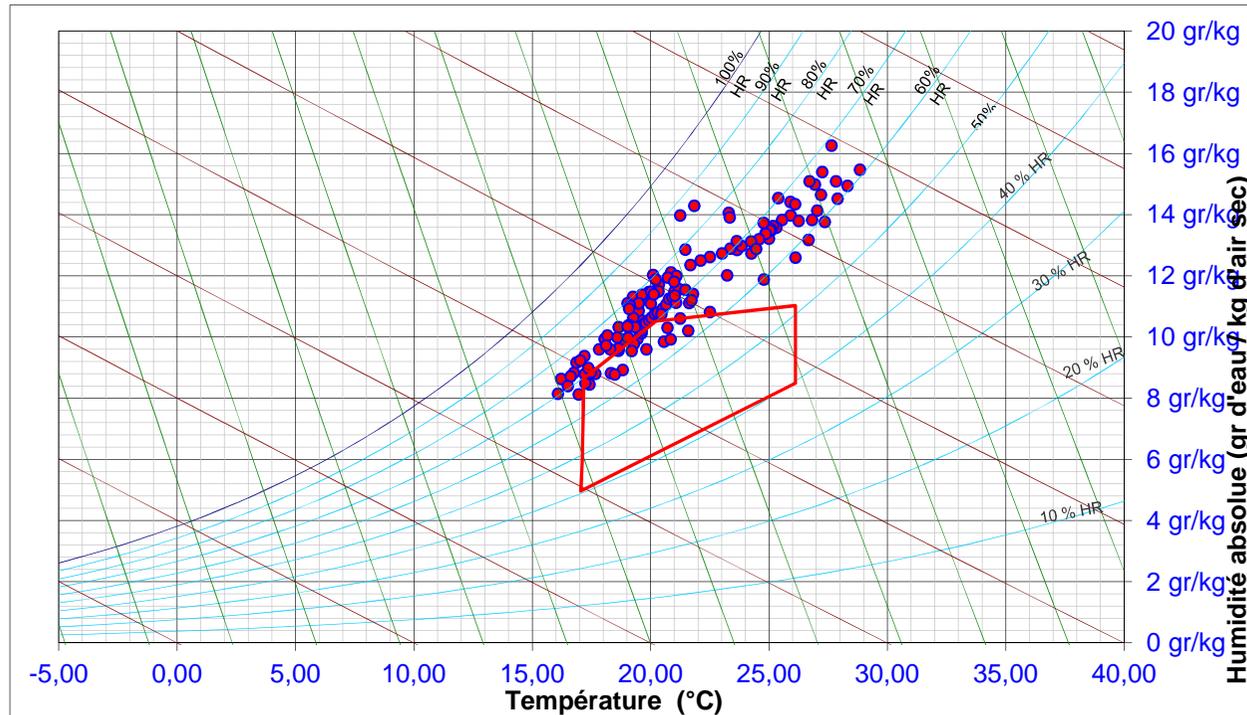
- Les niveaux d'humidité relative sont assez élevés en hiver (2014-2015)
- L'été 2016 (très chaud) semble faire paraître une tendance à la baisse de l'hygrométrie pour le 2eme semestre 2016

Cas d'une chambre



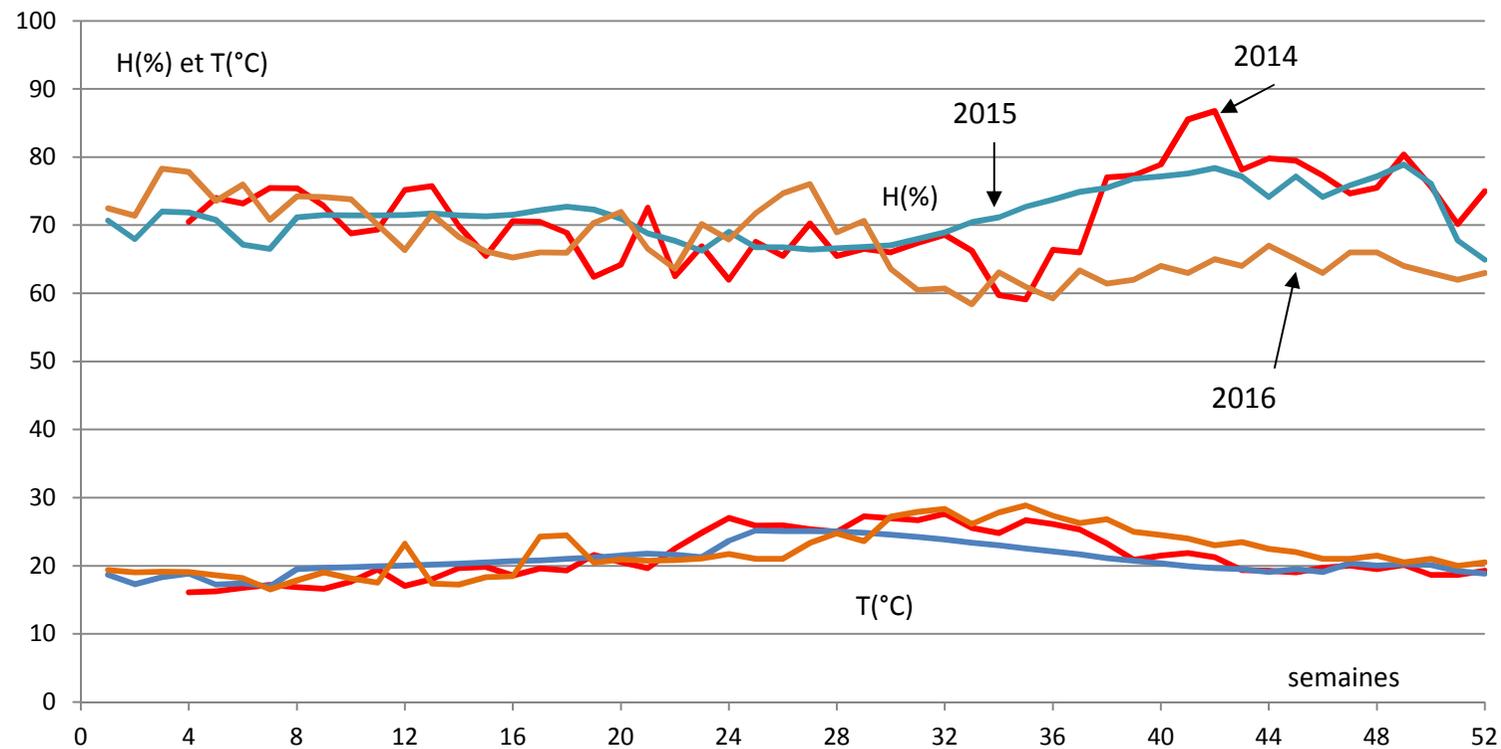
- La courbe de température du salon et la courbe d'humidité relative suivent la même dynamique que la température et l'humidité relative extérieure
- Les niveaux d'humidité relative sont assez élevés, surtout en hiver
- La moyenne globale est stable

Cas d'une chambre



- La courbe montre la corrélation entre le polygone de confort et les couples humidité/température mesurés
- Sur les 3 années cumulées, le pourcentage de points situés dans le polygone de confort est de 21 %
- La moyenne de l'hygrométrie sur les 3 années pour la chambre est de 71 %

Cas d'une chambre : évolution sur 3 années successives



- 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

Conclusion

- 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 réduites par rapport à la température de confort ambiant souhaitée
- L'humidité relative moyenne à l'intérieur du bâtiment est trop élevée au regard des taux de satisfaction habituellement rencontrés
- Cette humidité résiduelle est sans doute due à l'humidité originelle de la pierre (coupe, stockage, chantier)
- Un système de ventilation permanent devrait accélérer l'amélioration des conditions de confort en début d'occupation

Merci pour votre attention