

## Concept énergétique adapté à la conservation d'objets historiques et d'archives

### Le choix de la **simplicité** comme réponse à la **complexité**

Michel Bonvin  
michel.bonvin@hevs.ch

**Musée de Valère**

/

**Magasin d'archives**

1. Le bâtiment
2. Contraintes, opportunités
3. Concept énergétique
  4. Résultats
  5. Conclusions

1. Le bâtiment



bom / Uni GE / 23 mars 2017

Energie Environnement 2016/2017

3

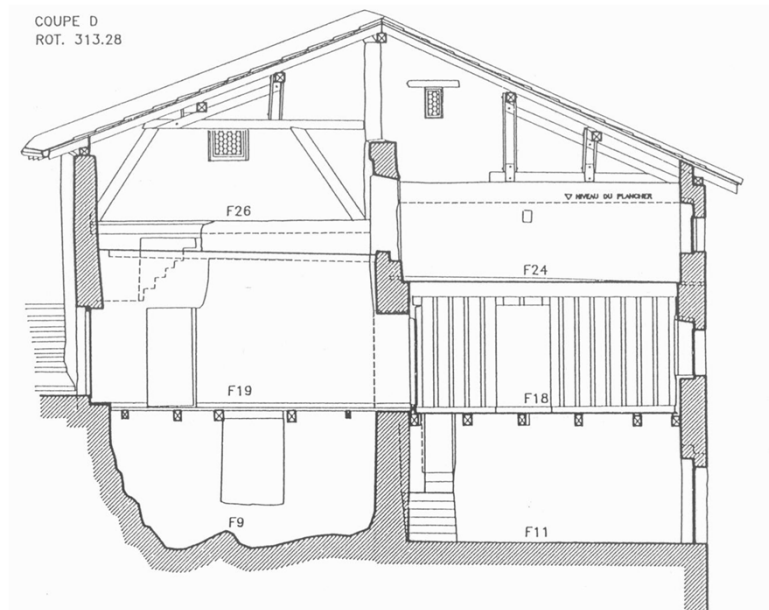
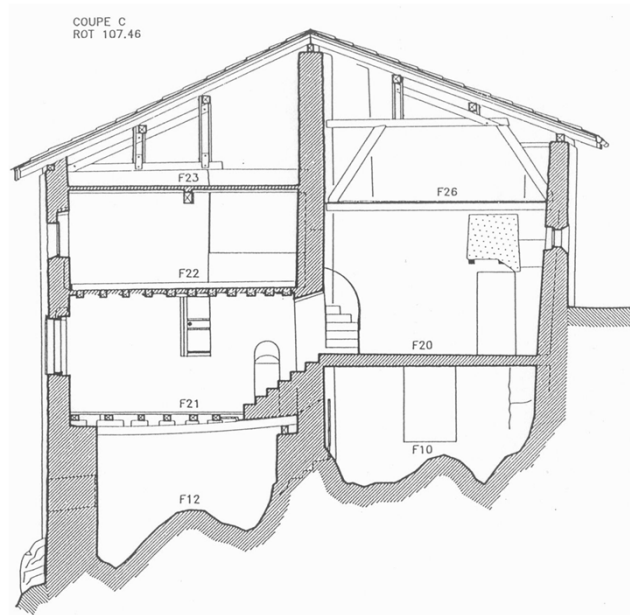
1. Le bâtiment



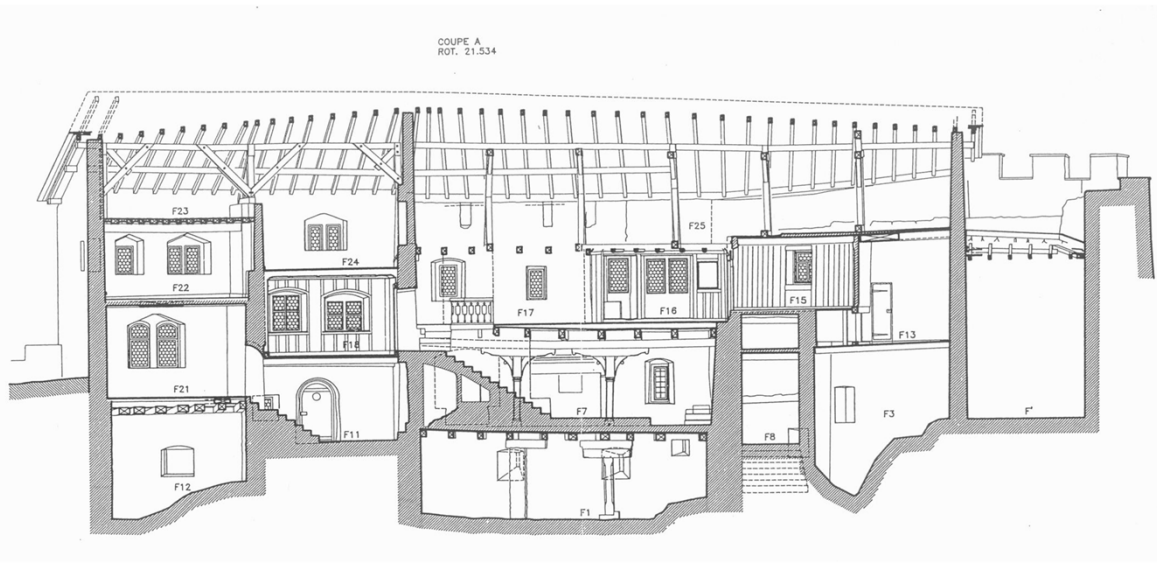
bom / Uni GE / 23 mars 2017

Energie Environnement 2016/2017

4



1. Le bâtiment



bom / Uni GE / 23 mars 2017

Energie Environnement 2016/2017

7

1. Le bâtiment



bom / Uni GE / 23 mars 2017

Energie Environnement 2016/2017

8

1. Le bâtiment



bom / Uni GE / 23 mars 2017

Energie Environnement 2016/2017

9

1. Le bâtiment



bom / Uni GE / 23 mars 2017

Energie Environnement 2016/2017

10



1. Le bâtiment



bom / Uni GE / 23 mars 2017

Energie Environnement 2016/2017

11

1. Le bâtiment



bom / Uni GE / 23 mars 2017

Energie Environnement 2016/2017

12

1. Le bâtiment



bom / Uni GE /

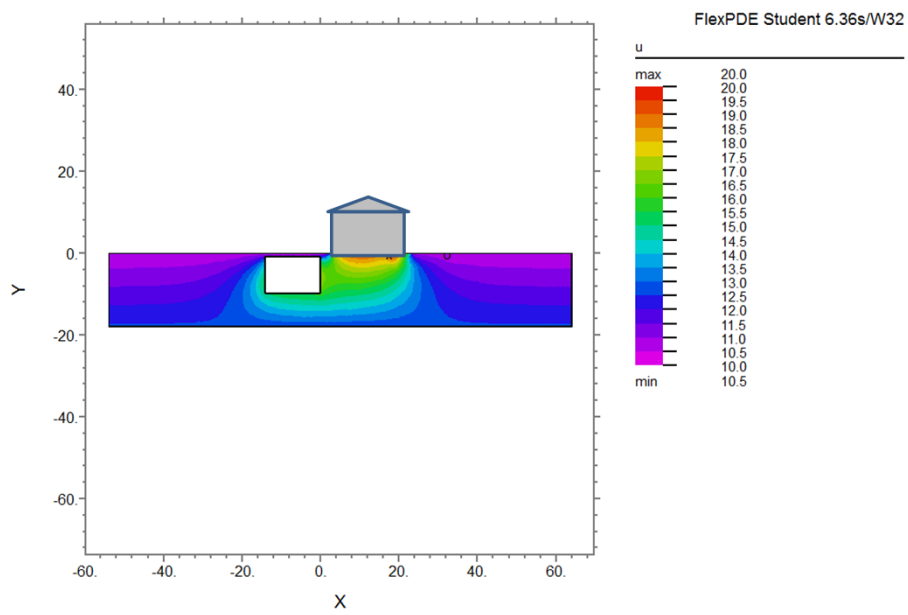
1. Le bâtiment



bom / Uni GE / 23 mars 2017

Energie Environnement 2016/2017

1. Le bâtiment



1. Le bâtiment





## Climat intérieur : Cahiers des charges

- 40 % < HR < 60 % (si possible !)
- HR aussi stable que possible
- T aussi stable que possible
- Technique : installations légères, réversibles
- 45 % < HR < 55 % (obligatoire !)
- $\Delta(HR)_{24\text{ h}} < 1\%$
- $\Delta T_{24\text{ h}} < 1\text{ K}$
- Fiabilité maximale et simplicité des installations techniques

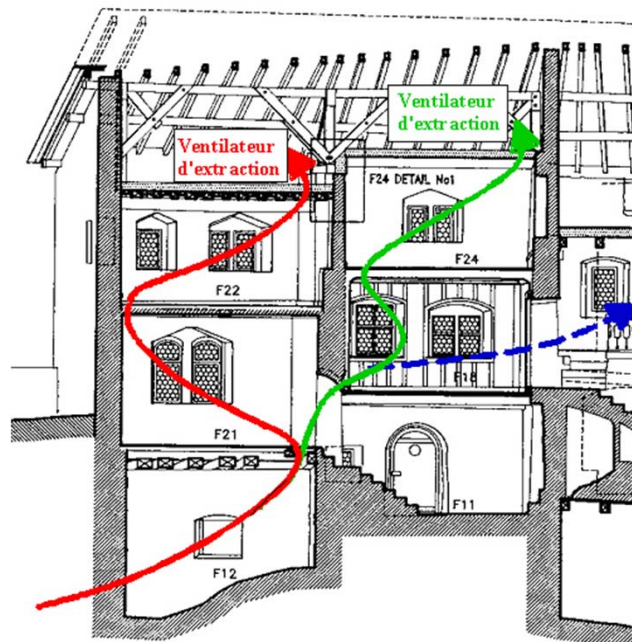
## Contraintes ou opportunités

- Bâtiment historique existant :
  - Mauvaise protection thermique (vitrages)
  - Inertie thermique différenciée par pièce
  - Incompatibilité avec installations techniques conventionnelles
- Charges thermiques importantes (visiteurs, éclairage)
- Charges hydriques importantes (visiteurs)
- Bâtiment neuf aménageable à souhait:
  - Protection thermique
  - (Inertie thermique)
- Charges thermiques nulles
- Charges hydriques importantes (assèchement du béton)

## Valère : Concept énergétique

(P. Hollmuller, B. Lachal et W. Weber, Université de Genève)

- **Isolation thermique** des combles, localement crépis isolant en façade
- Optimisation de **l'inertie thermique** (aménagement intérieur)
- Optimisation des circulations (éviter les concentrations de personnes dans les pièces boisées)
- Diminution des charges thermiques liées à l'éclairage (choix des luminaires et programme d'enclenchement)
- Ventilation verticale pour **réglage de l'humidité intérieure**
- En été, ventilation pour **rafraîchissement nocturne**
- **Consigne de chauffage variable** :  $(T_i - T_e) \approx 10 \text{ K}$ , c.à.d.  $T_{\text{consigne}} = 14 \text{ }^\circ\text{C}$ , avec abaissement à  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  si  $T_e < 0 \text{ }^\circ\text{C}$
- (Humidification ponctuelle possible, mais jamais utilisée !)



3. Concept énergétique : Valère



bom / Uni GE / 23 mars 2017

Energie Environnement 2016/2017

21

3. Concept énergétique : Valère



bom / Uni GE / 23 mars 2017

Energie Environnement 2016/2017

22

3. Concept énergétique : Valère



bom / Uni GE / 23 mars 2017

Energie Environnement 2016/2017

23

3. Concept énergétique : Valère



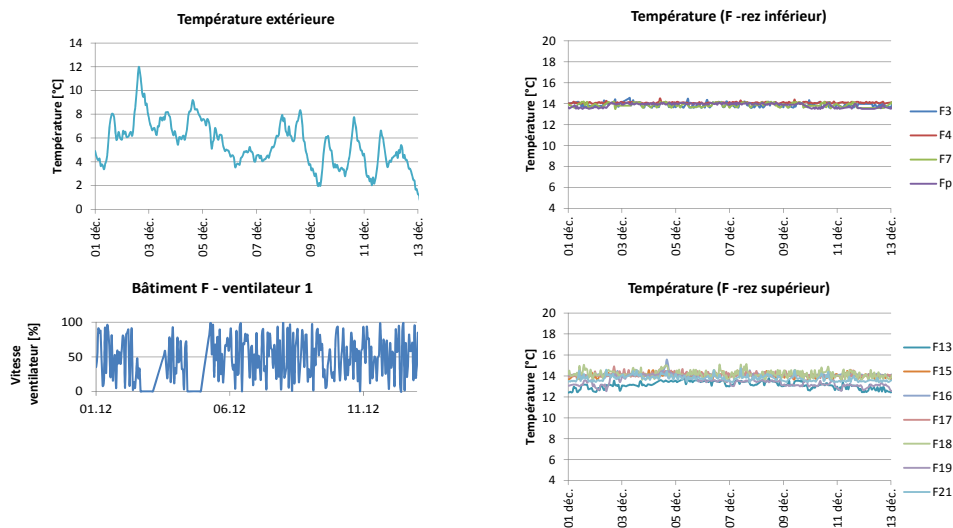
bom / Uni GE / 23 mars 2017

Energie Environnement 2016/2017

24

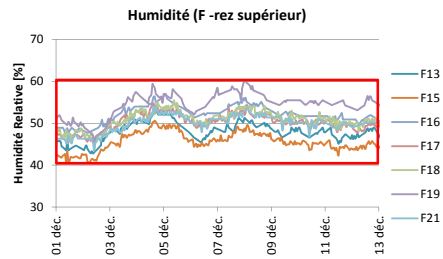
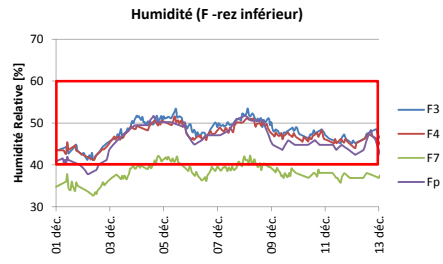
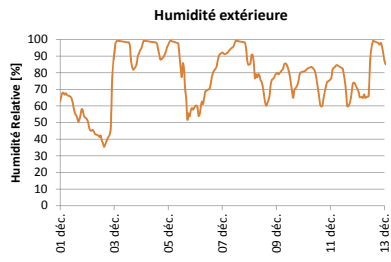
## Valère : Résultats

- Il est possible d'exploiter un musée en ayant recours à une **technique minimale** (ventilation et chauffage)
- Quelques phénomènes de condensation au **bas des vitrages**
- Aucune condensation ni moisissure **à l'arrière des boiseries**
- Valeurs des **températures et humidités relatives** tout à fait en accord avec les résultats de simulation (images suivantes : année 2011)

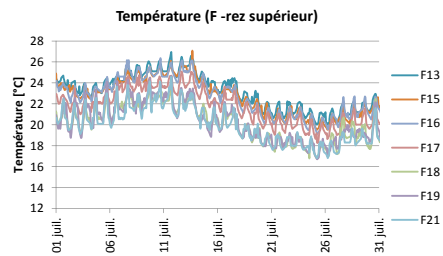
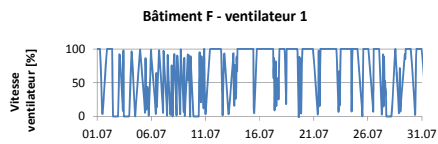
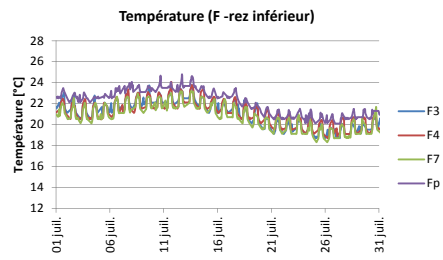
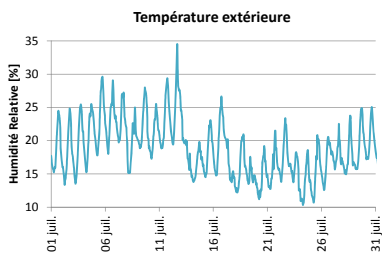


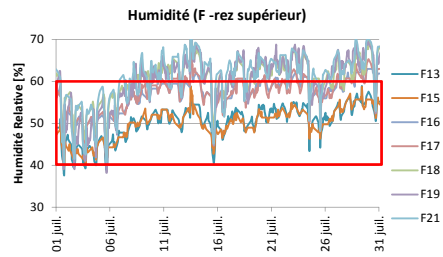
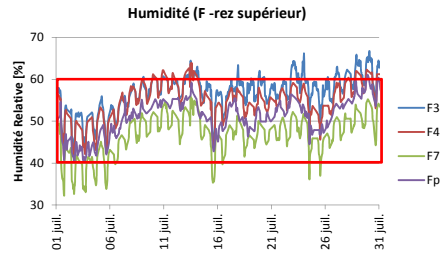
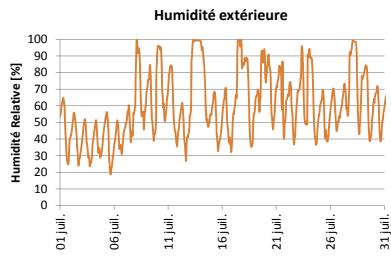


4. Résultats: Valère

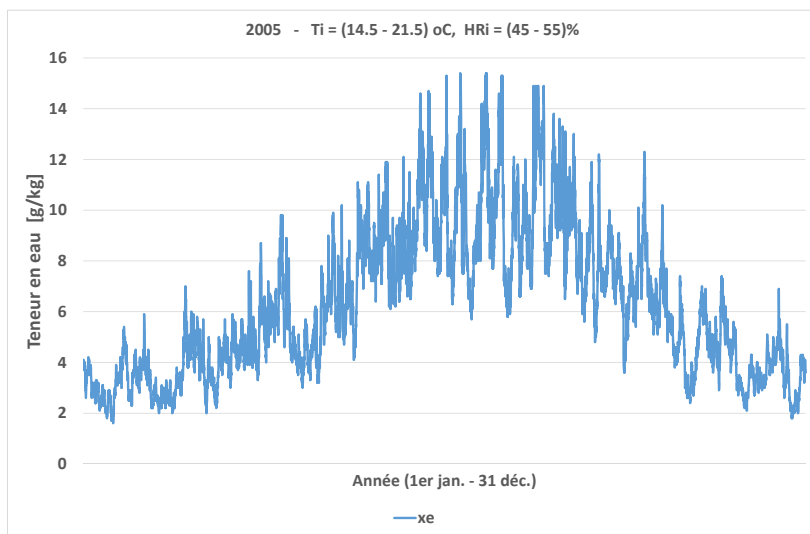


4. Résultats: Valère

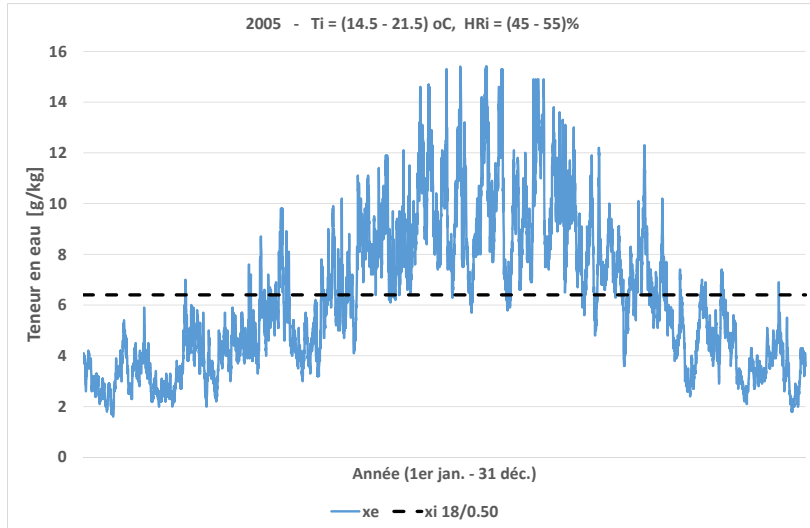




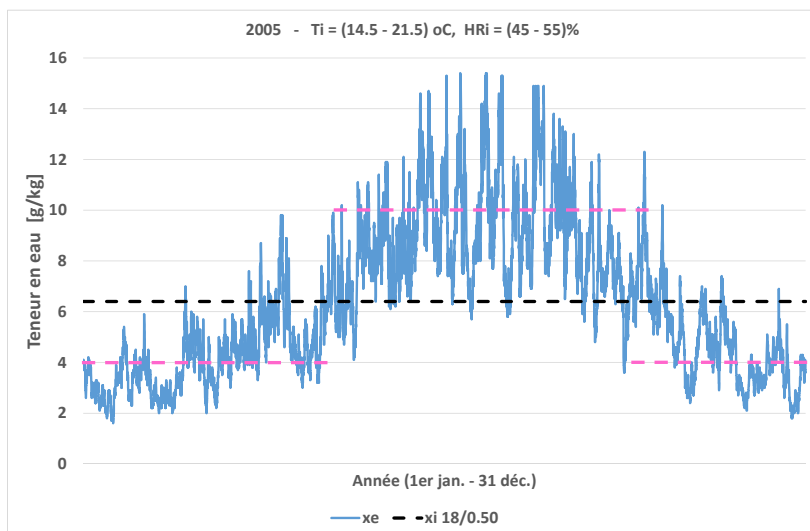
### Contrôle de H<sub>Ri</sub> à l'aide de la ventilation (1)



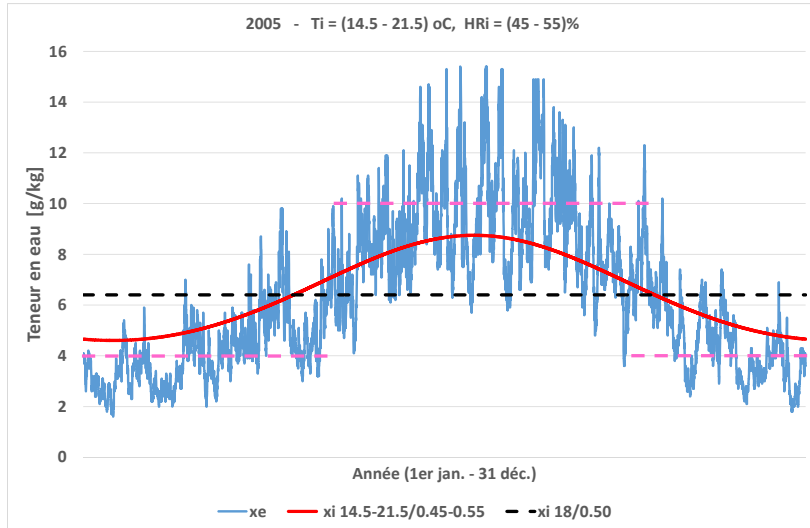
## Contrôle de H<sub>Ri</sub> à l'aide de la ventilation (2)



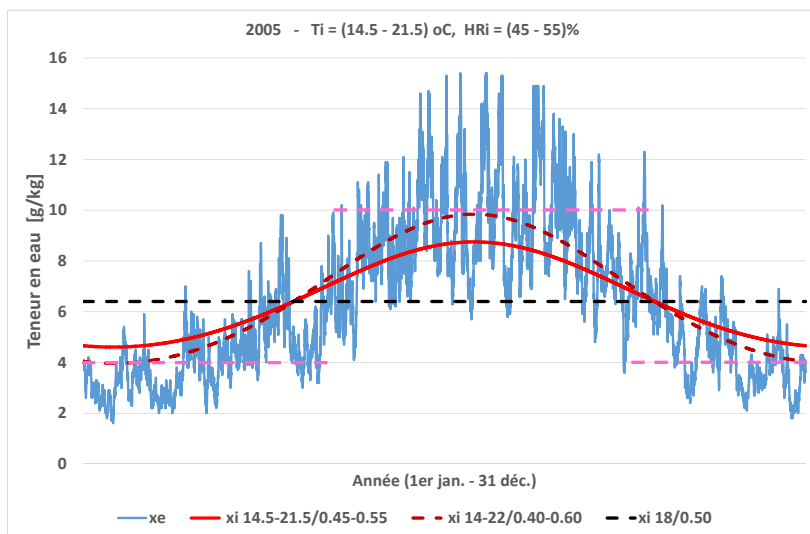
## Contrôle de H<sub>Ri</sub> à l'aide de la ventilation (3)



### Contrôle de HRI à l'aide de la ventilation (4)



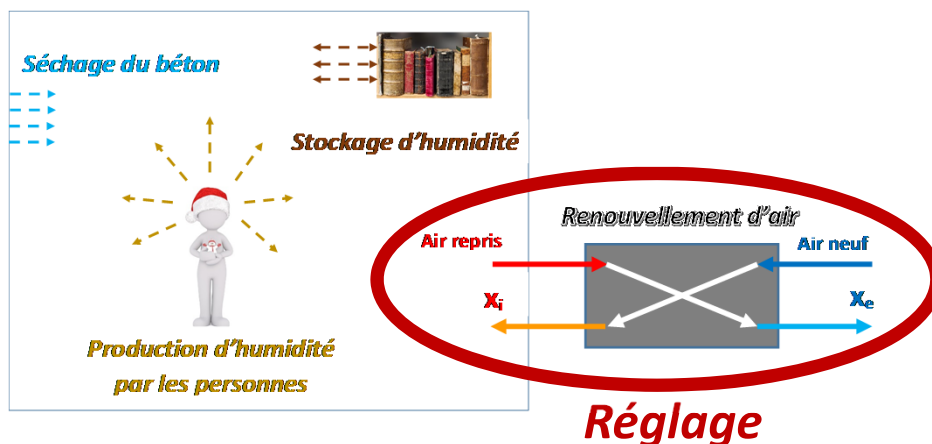
### Contrôle de HRI à l'aide de la ventilation (5)



## Magasin d'archives : Concept énergétique

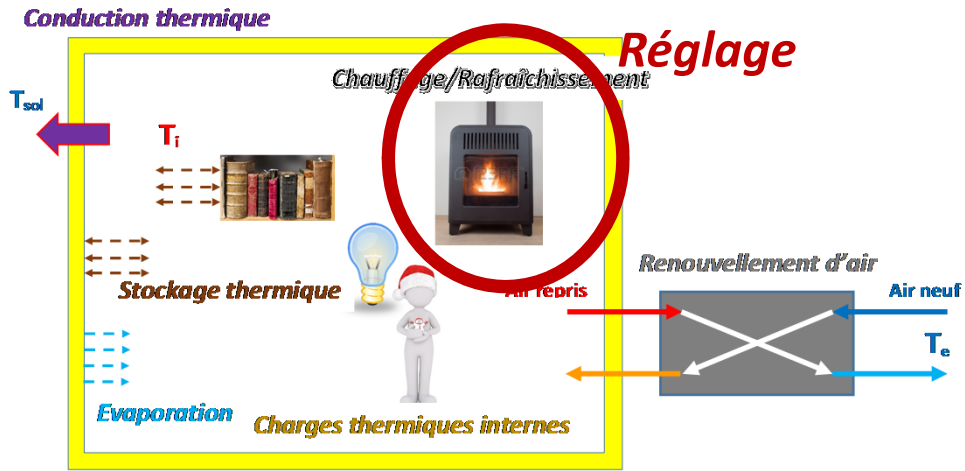
- **Ventilation** dédiée uniquement au réglage de l'humidité intérieure
- Minimisation des **charges thermiques**, entre autres solaires et liées à l'éclairage
- Optimisation de **l'isolation thermique**, entre autres vers l'extérieur et contre locaux chauffés
- Inertie thermique du bâtiment sans grande importance (300 kg/m<sup>2</sup> de matériel d'archive !)
- **Chauffage et/ou refroidissement minimes** pour gérer la variation saisonnière de  $T_i$

## Le modèle - Humidité

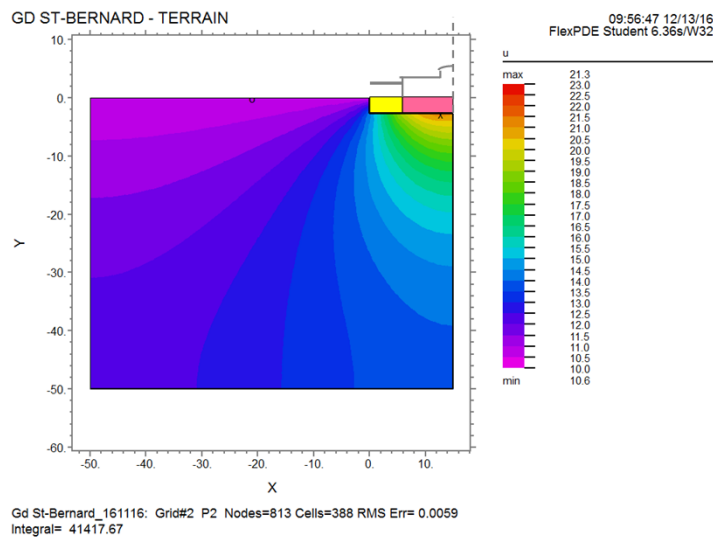


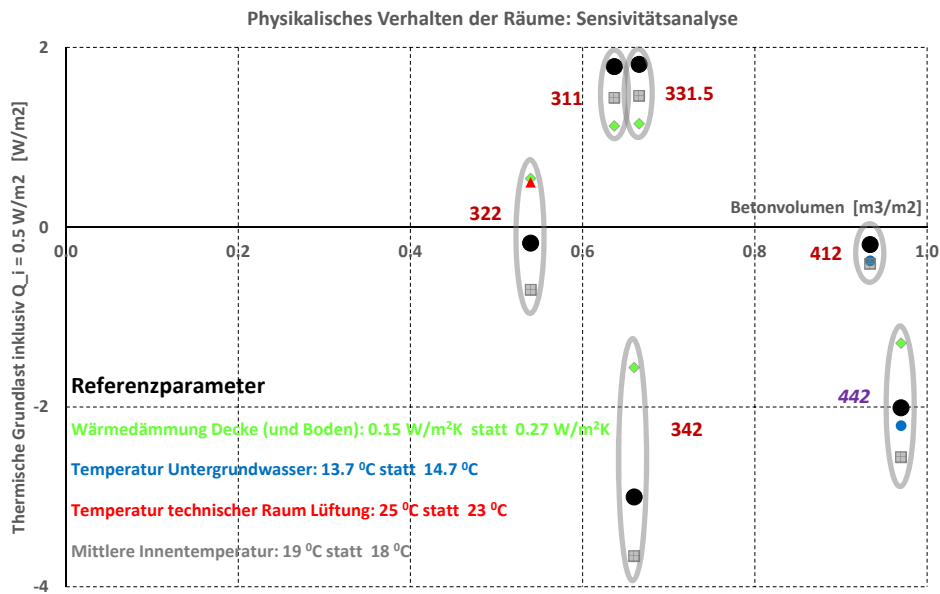


## Le modèle - Chaleur



## Température dans le sol : calcul par éléments finis

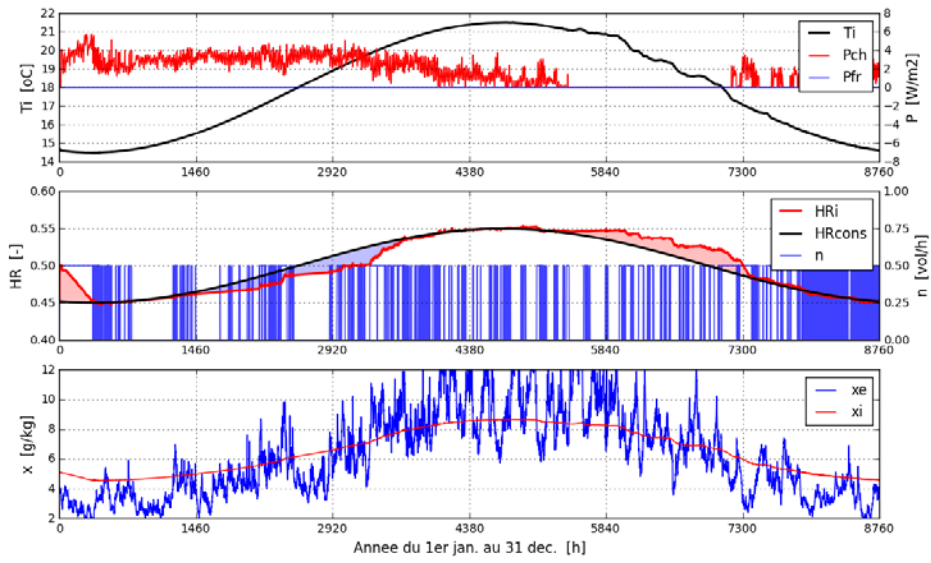




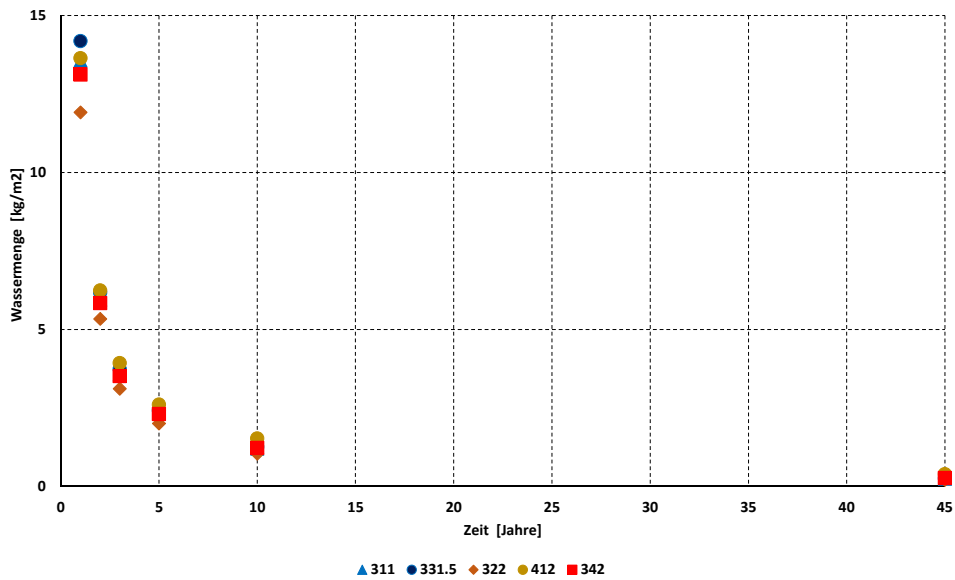
## Magasin d'archive : Résultats

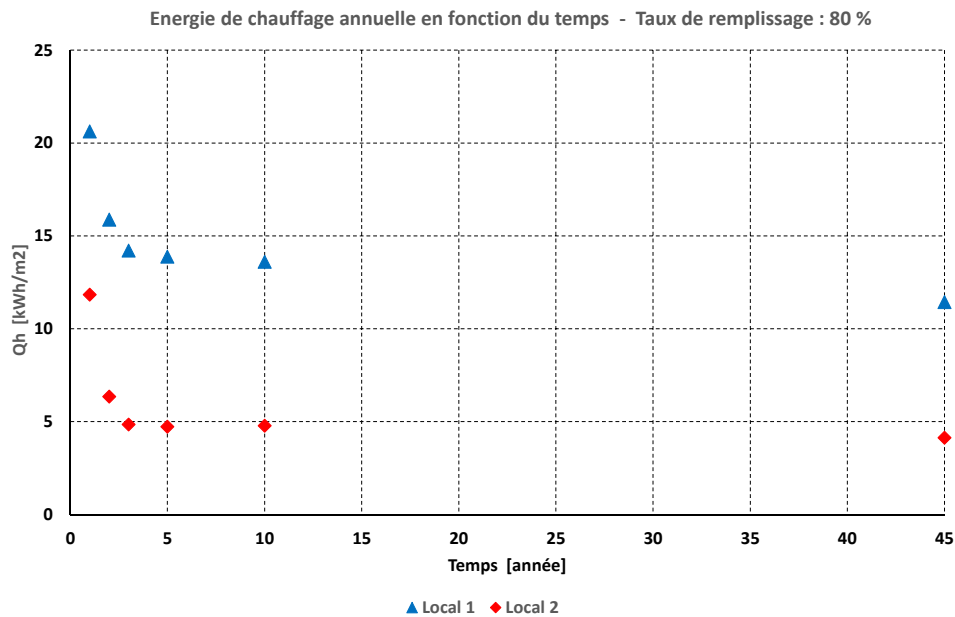
- Il est possible d'exploiter un magasin d'archives avec toute la précision souhaitée dans la gestion de la température et de l'humidité intérieure en ayant recours à une technique minimale : **ventilation intelligente** et **chauffage**

SB, Local 1, Choix technique 1, Bypass 'on', Remplissage 0.8, Année 2



Jährliche Feuchteproduktion in Funktion der Zeit - 80 % Füllungsgrad





## Conclusion

1. Pour des bâtiments aux **exigences particulièrement élevées** (p.ex. musée, magasins d'archives), il est possible conduire le climat intérieur en n'ayant recours qu'à des **installations techniques simples**, si on dispose d'une certaine flexibilité en ce qui concerne la température intérieure (**variations saisonnières possibles**)
2. Ceci a **rendu possible le transformation** des bâtiments de Valère en musée
3. Ceci représente un triple avantage pour un magasin d'archives :
  - **Budget d'investissement réduit** grâce à des installations techniques simplifiées
  - **Budget de fonctionnement réduit** en raison de ressources énergétiques diminuées
  - **Fiabilité augmentée** en raison d'installations simplissimes