



Annexe 41 de l'AIE sur l'adsorption d'humidité dans les matériaux

Monika Woloszyn

CETHIL, Université de Lyon, Université Lyon 1, CNRS UMR5008, INSA Lyon



Plan

Pourquoi ?

- Contexte et enjeux

Comment ?

- Annexe 41 : présentation, modèles thermo-hygro-aérauliques, benchmarks de validation

Et après ?

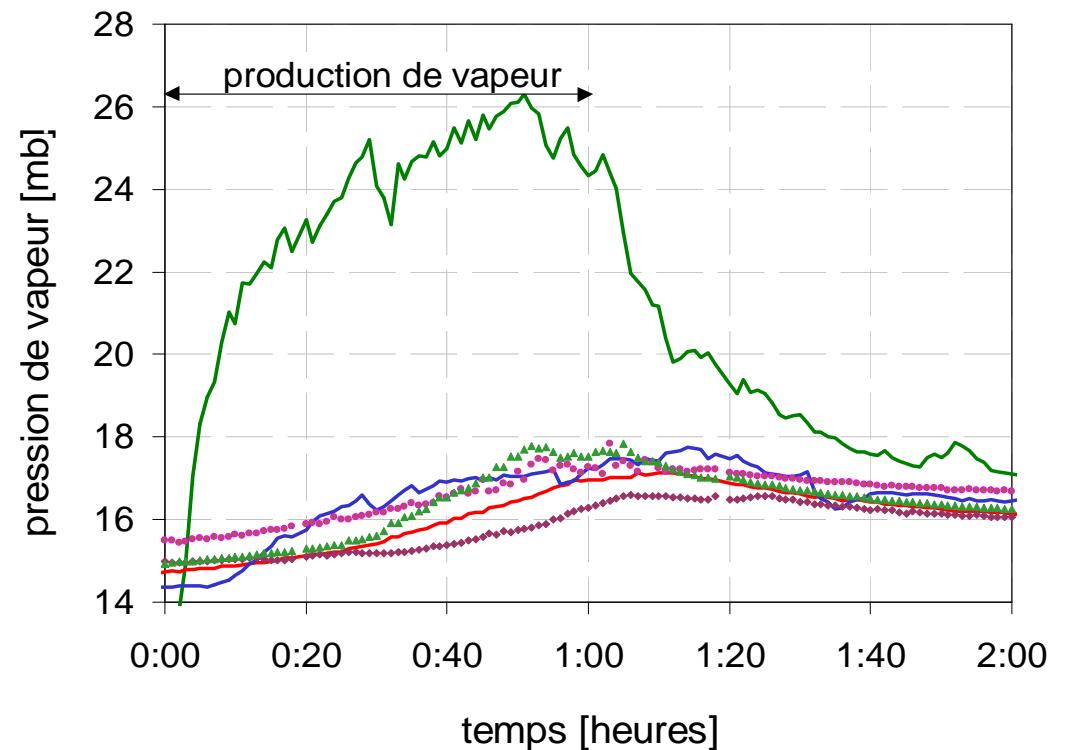
- Perspectives

Adsorption d'humidité – pourquoi ?



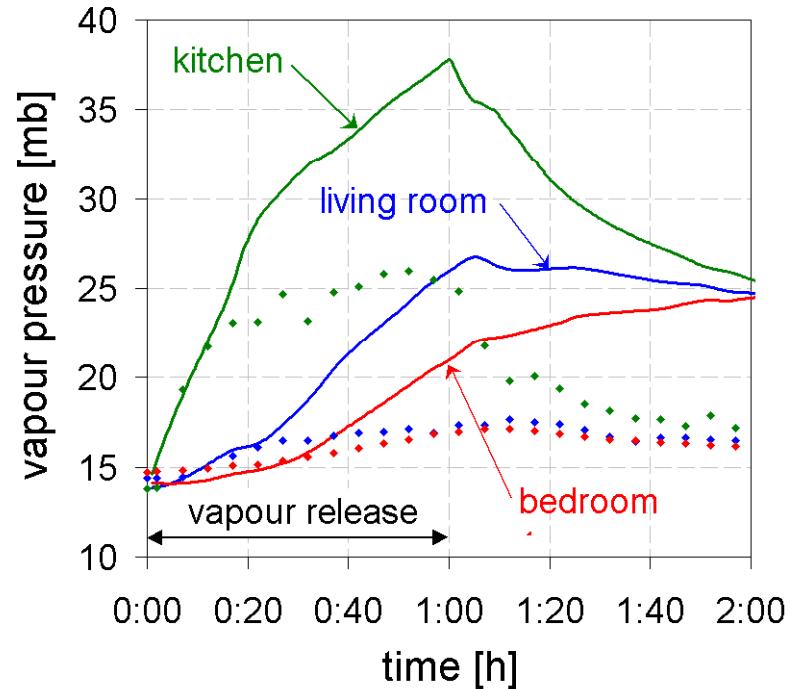
Injection de vapeur

- 1.7 kg/h
- 1 heure

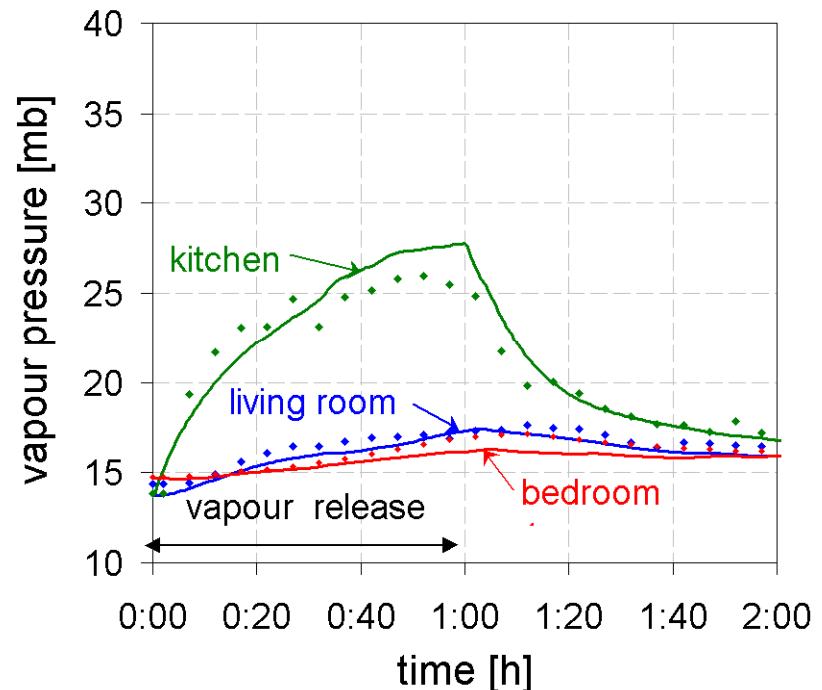


Adsorption d'humidité – pourquoi ?

Transport par l'air

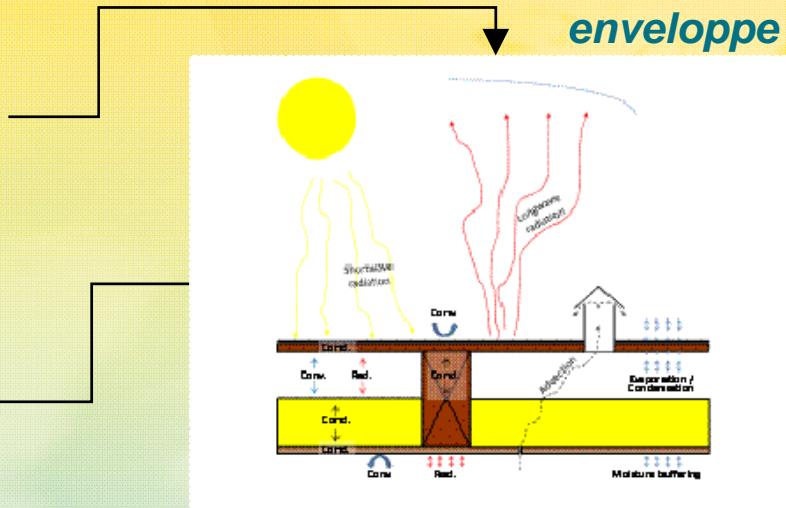
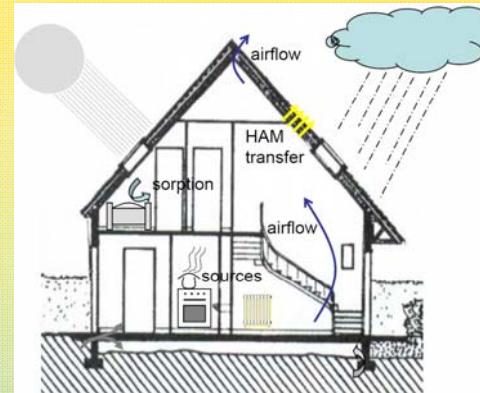


Transport + adsorption

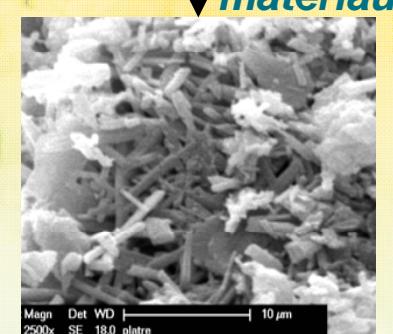


importance de l'adsorption d'humidité
~45% de vapeur produite

Adsorption d'humidité – pourquoi ?



Différentes échelles liées



matériaux

AERAULIQUE
ventilation, infiltrations
mouvements d'air inter-
zones

masse volumique
transport

THERMIQUE
enveloppe, chauffage

condensation, absorption
contribution enthalpique

masse volumique
transport

HYGRIQUE
sources de vapeur
absorption (matériaux)

Différents phénomènes liés

Annex 41 (MOIST-EN)

Whole Building Heat, Air and Moisture Response

2003-2007 - *operating agent: H. Hens, KUL, Leuven, Belgique*

Objectifs:

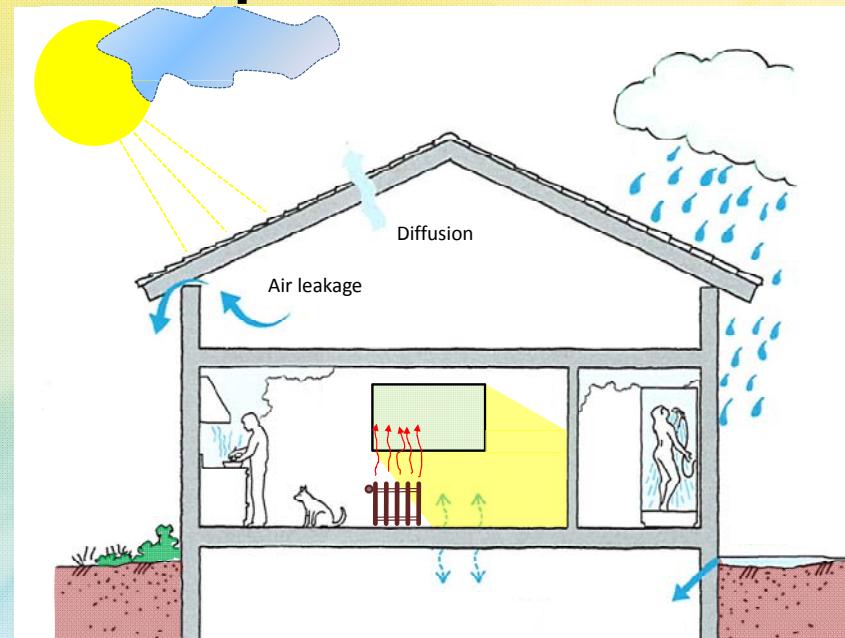
- améliorer les **connaissances scientifiques**
- analyser les effets de la **réponse couplée thermo-hygro-aéraulique des bâtiments** sur le **confort** des occupants, les **consommations énergétiques** et la **durabilité** de l'enveloppe

39 *instituts* – 19 *pays*, dont *CETHIL, LEPTIAB, CSTB*

Contenu

1. Modélisation et exercices de comparaison

3. Conditions aux limites (intérieur/extérieur)



2. Investigations expérimentales

4. Applications : QAI, énergie, durabilité

Modélisation et exercices de comparaison

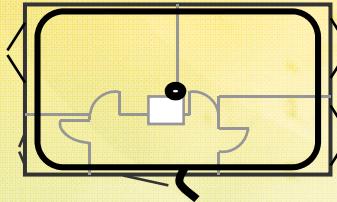
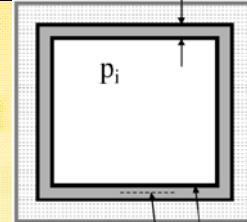
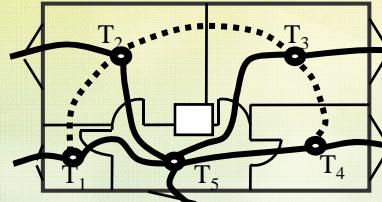
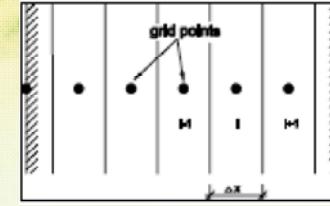
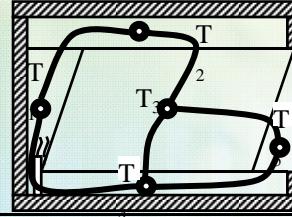
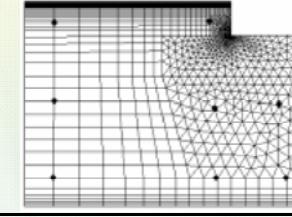
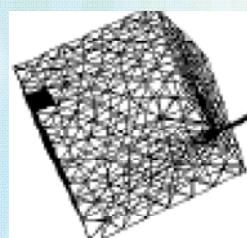
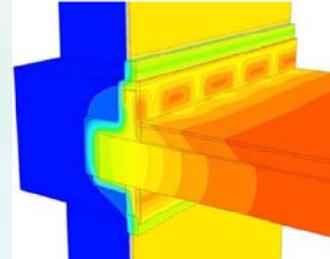
Objectif

- **amélioration** de codes existants,
- **développement** de nouveaux modèles,
- **validation** (exercices de comparaison)

Organisation :

- exercices de comparaison (les **benchmarks**) + études associés
- travaux originaux de **modélisation** (« *free papers* »)

Niveaux de discréétisation spatiale

Approche	Zone d'air	Enveloppe
Simplifié	Mono-zone 	fonction de transfert 
Intermédiaire	Multi-zone 	1D 
Fine	Zonal 	2D 
Très fine	CFD 	3D 

Associations types Air-Enveloppe

Air	Enveloppe			
	Simplifié	Intermédiaire	Fine	Très fine
Simplifié	X	X	X	X
Intermédiaire	X	X	X	X
Fine		X		
Très fine	X	X		X

Développés à partir des outils
de simulations énergétiques

Trnsys, Energy-Plus, ESP-r

Développés à partir de codes de simulation de
l'enveloppe

Delphin, Power-Domus, Wufi+, HAM-Tools

Développés à partir
des codes CFD

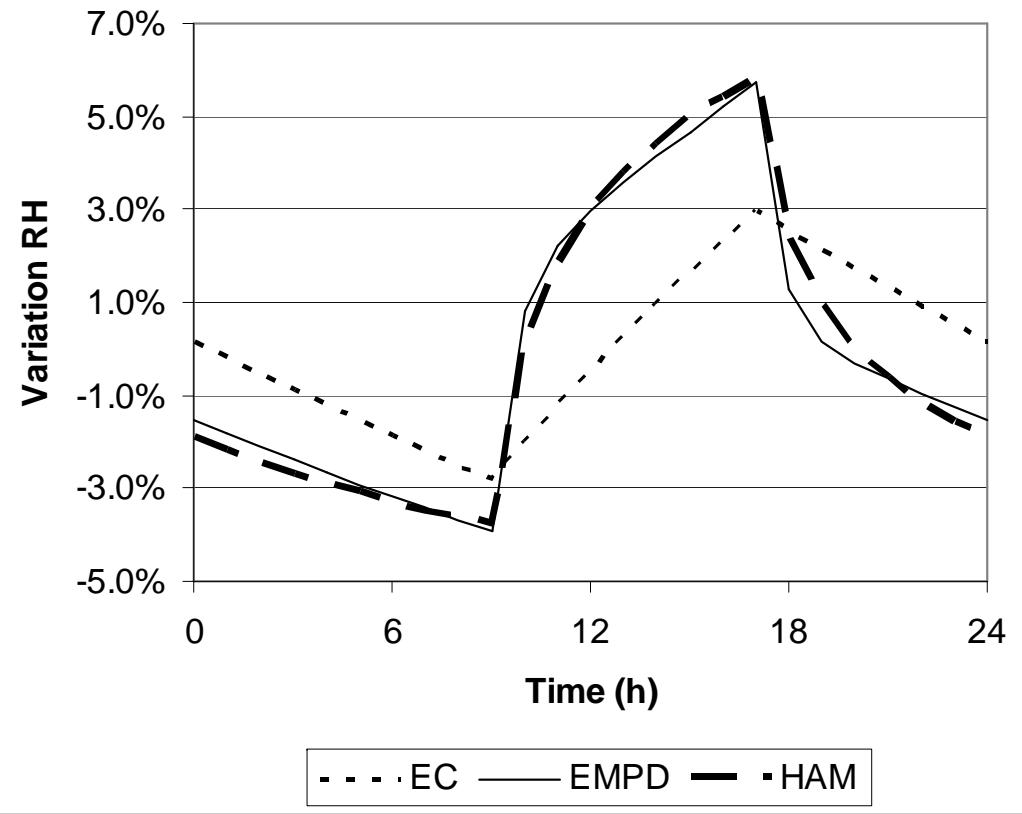
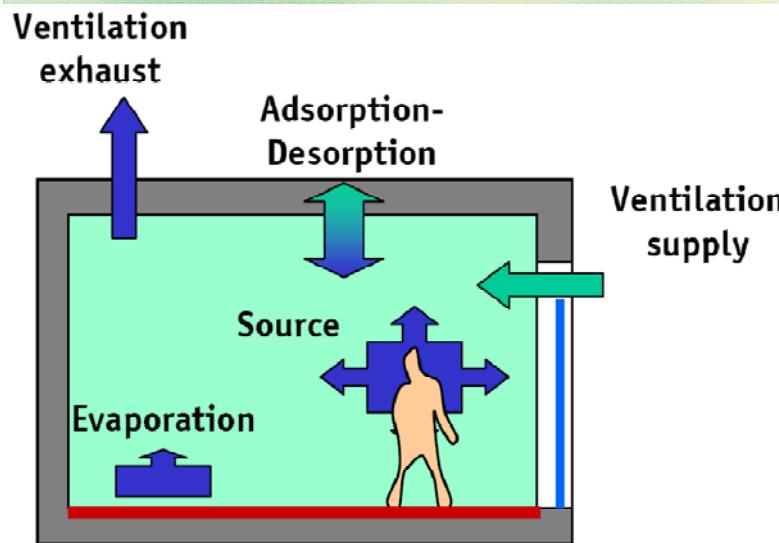
Fluent

Modélisation simplifié

état quasi-permanent par 3 modèles :

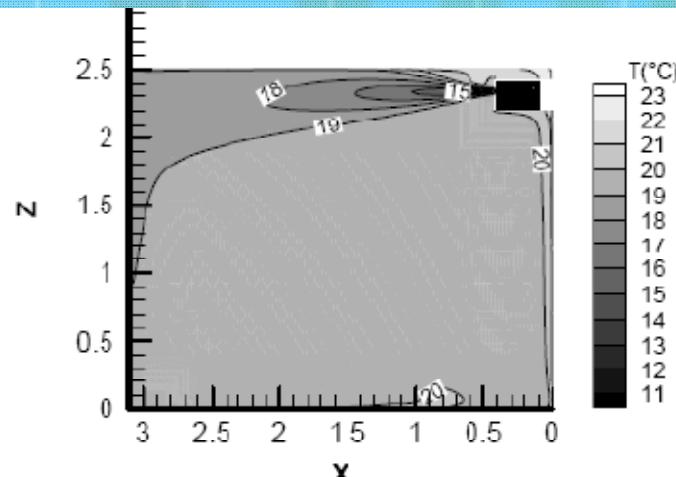
- effective capacitance (EC) – **modèle réduit 1R**
- effective moisture penetration depth (EMPD) – **modèle réduit 2R1C**
- modèle couplé thermo-hygro-aéraulique (HAM) – **modèle complet**

(d'après Janssens and De Paepe, 2005)

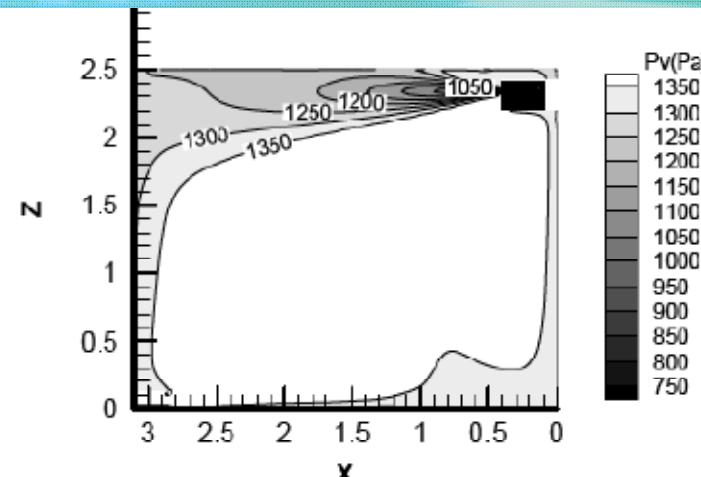


Couplage CFD - parois

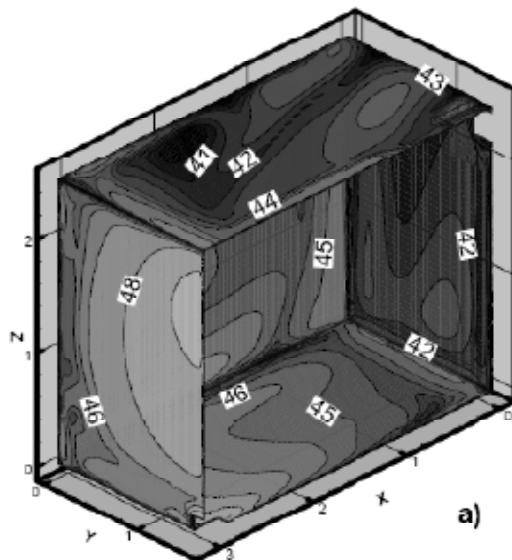
Steeman et al. 2006



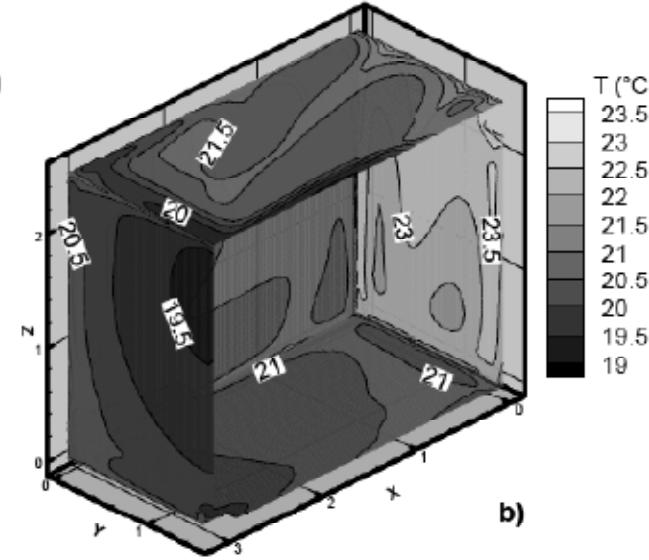
a)



b)



a)



b)

Benchmarks de validation

- CE0: Validation des aspects **thermiques** des modèles utilisés (BESTEST)
- CE1: **Hygro-BESTEST** (y compris une solution analytique).
- CE2: basé sur des données **expérimentales** d'une cellule climatique en conditions gardées (Japon).
- CE3: basé sur un double essai de chambre climatique soumise au **climat extérieur**, (Allemagne)
- CE4: CE3 + ventilation **hygroréglable** et des matériaux hygroscopiques
- CE5: étude de **cas réel**
- CE6: cellule climatique à **deux niveaux** située à (Canada)

17 outils de simulations participants

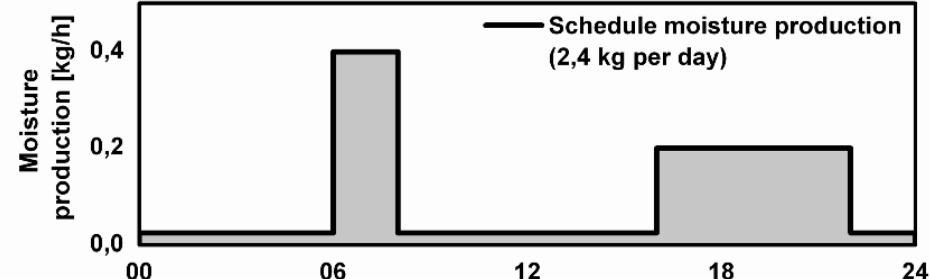
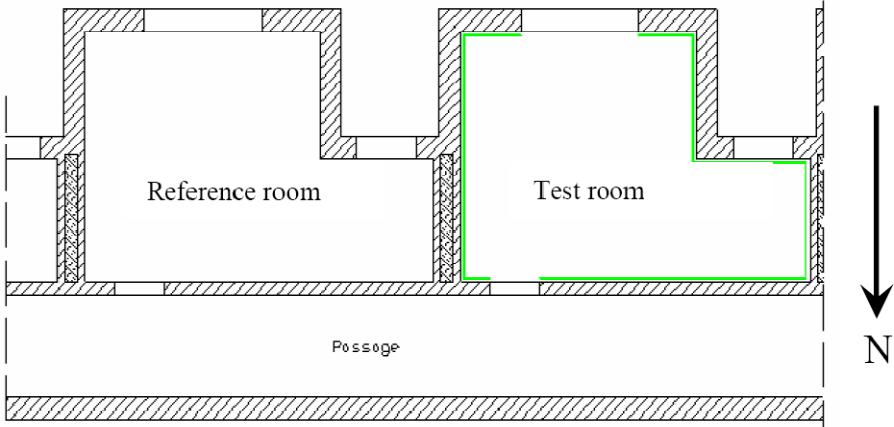
CE3 : Présentation

Lengsfeld et al. 2008

foil faced test room



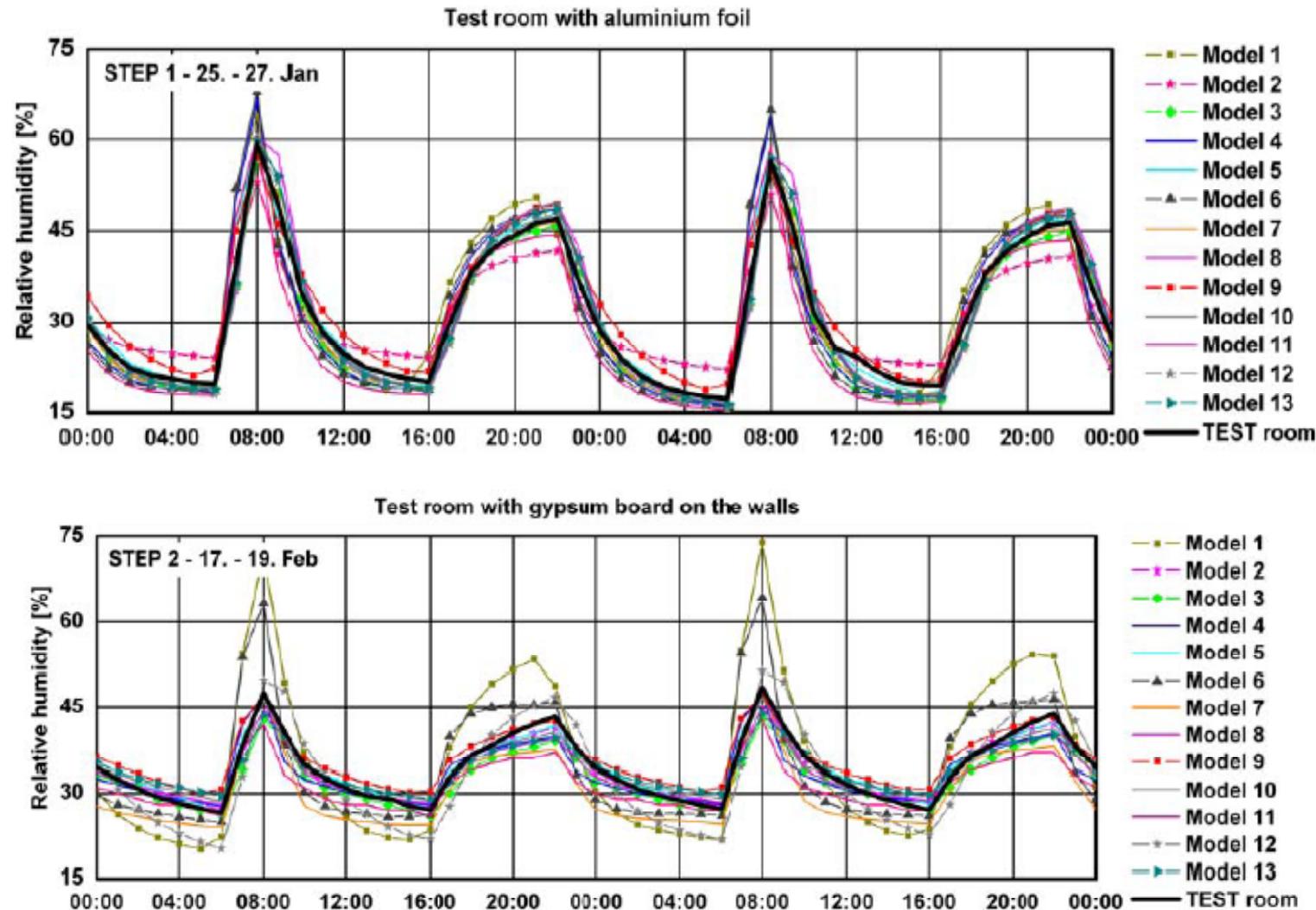
reference room



Cellule	Etape 1	Etape 2	Etape 3
Reference	Enduit plâtre peint	Enduit plâtre peint	Enduit plâtre peint
Test	Aluminium	Plaque de plâtre (<i>Parois</i>)	Plaque de plâtre (<i>Parois + plafond</i>)

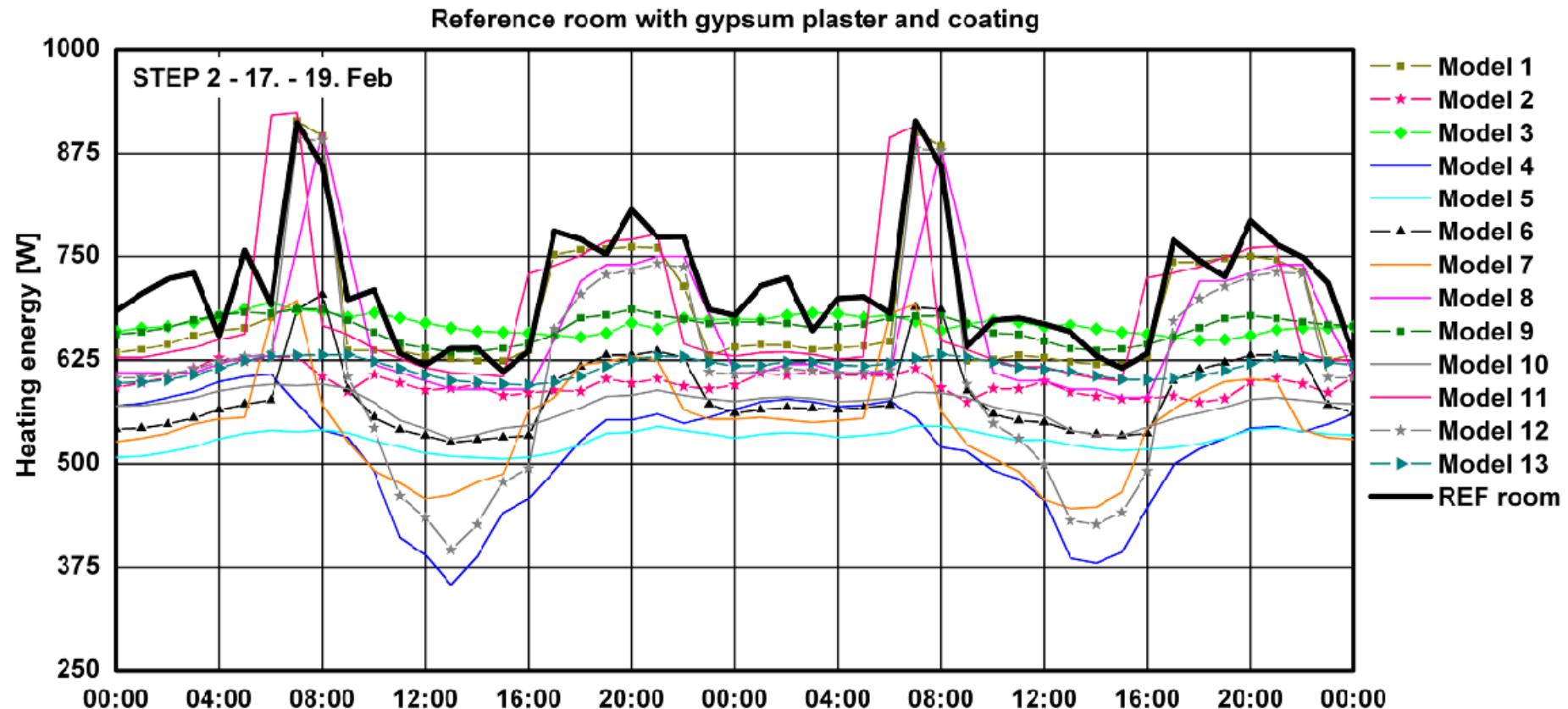
CE3 : Humidité relative

Lengsfeld et al. 2008



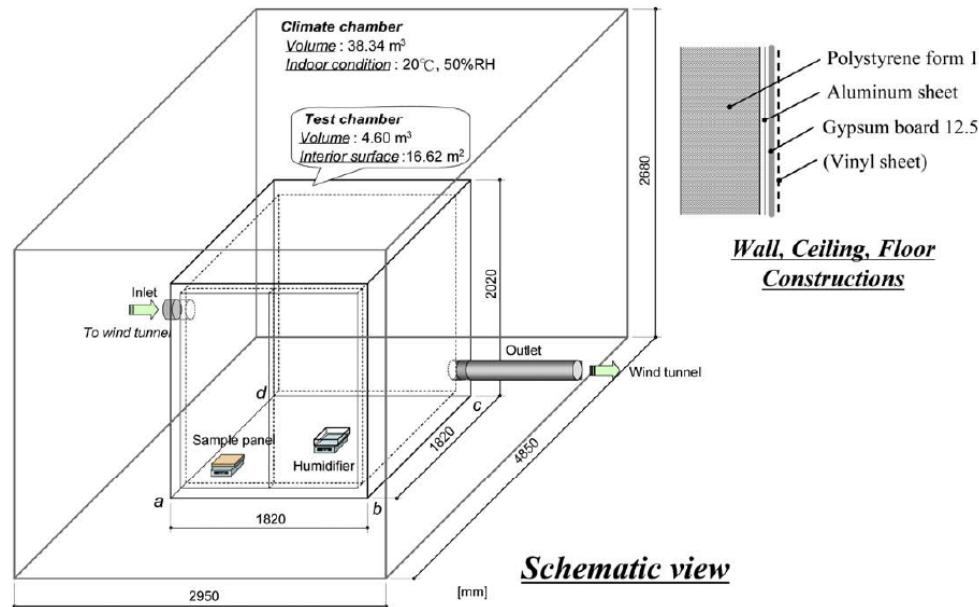
CE3 : Puissance de chauffage

Lengsfeld et al. 2008



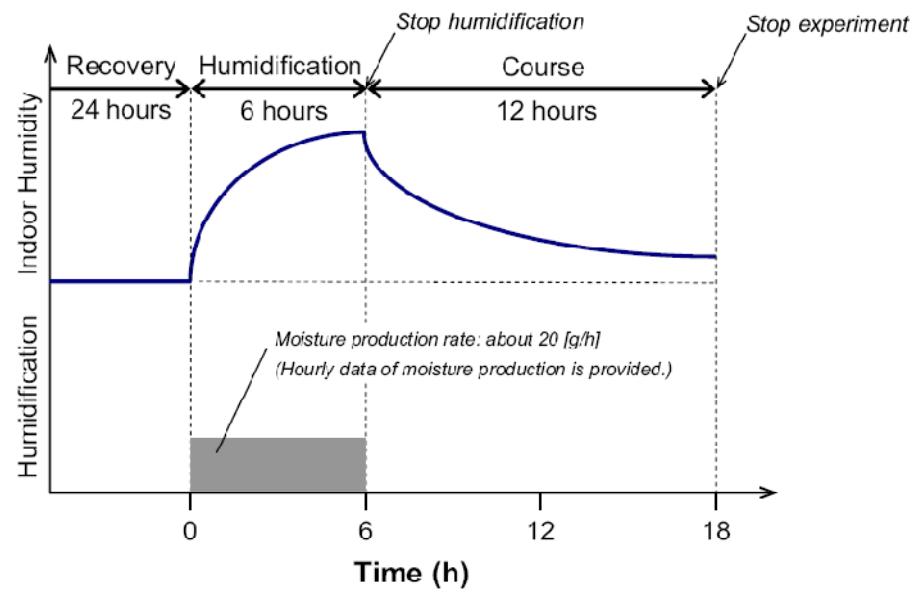
CE2 : Présentation

Yoshino et al. 2009



	Hygrothermal materials	Volume rate [m ² /m ³]	Target of ventilation rate [1/h]
Case 2-1	all walls, ceiling, floor	2.99	1.0
Case 2-2	floor	0.53	
Case 2-3	one side of walls	0.63	
Case 2-4	3 sides of walls	1.88	
Case 2-5	ceiling	0.56	
Case 2-6	none	0.00	

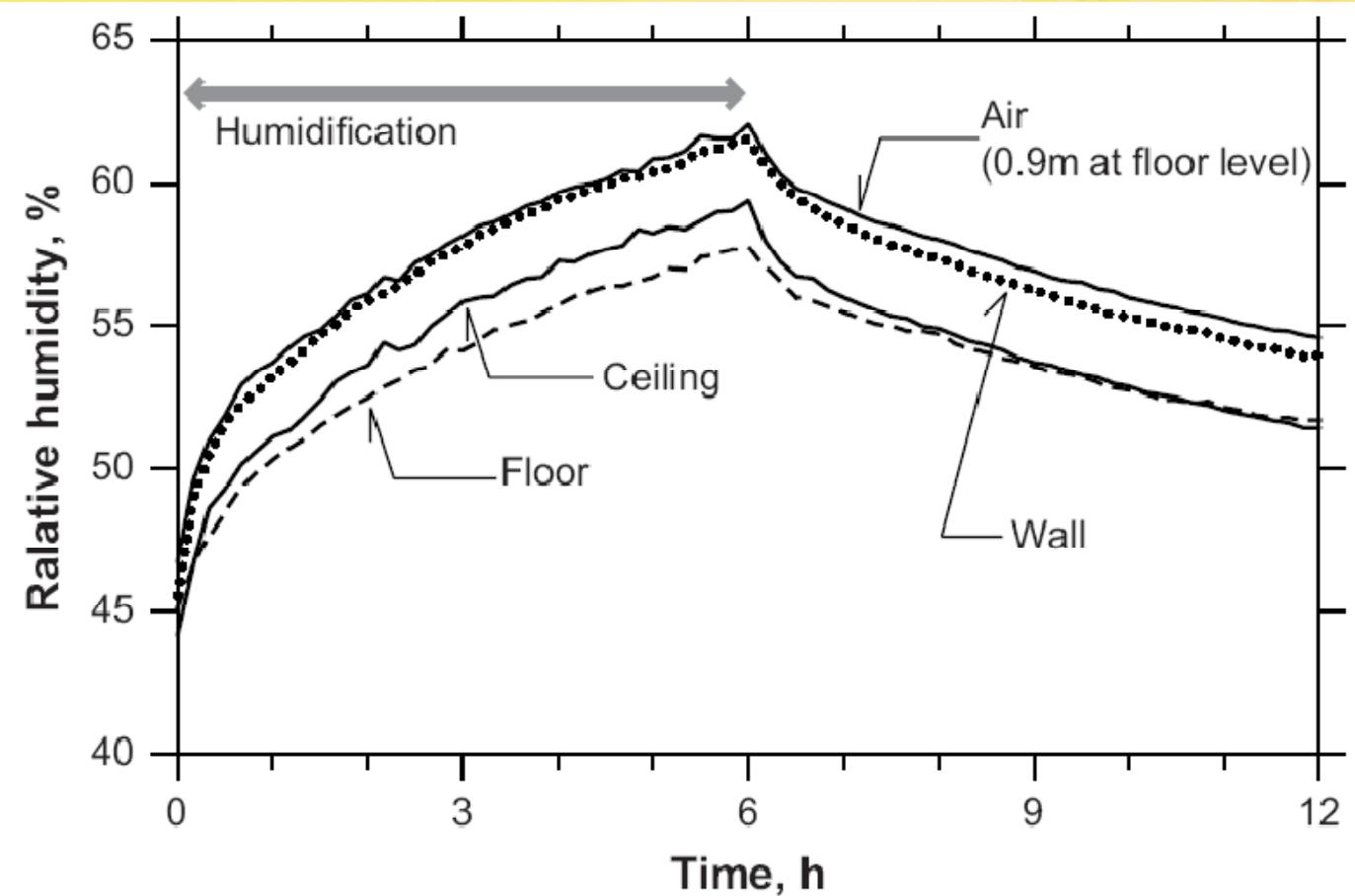
Répartition des matériaux hygroscopiques



Production de vapeur

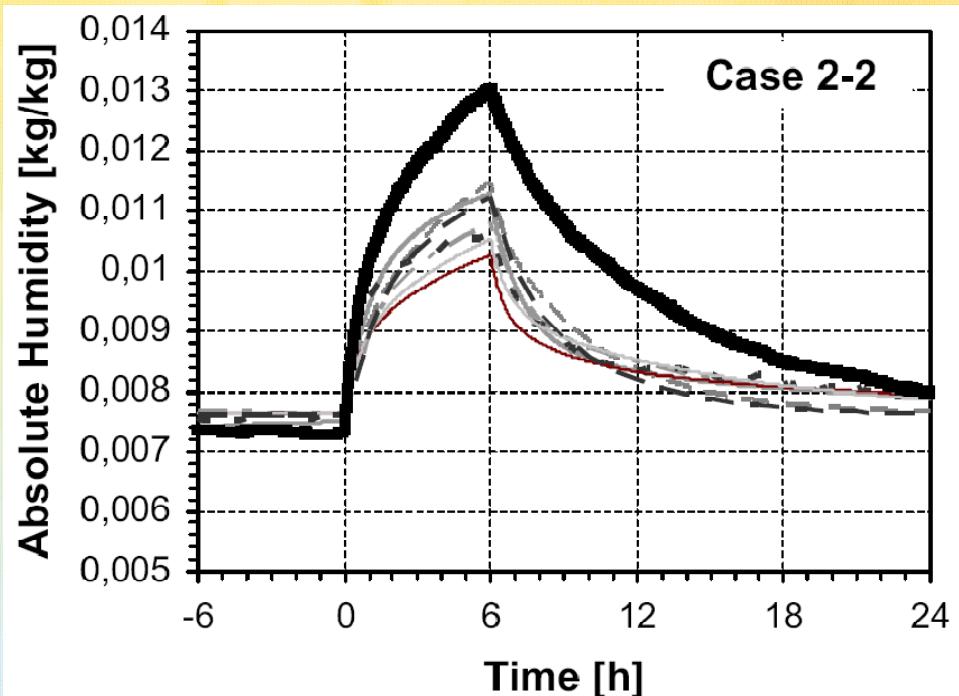
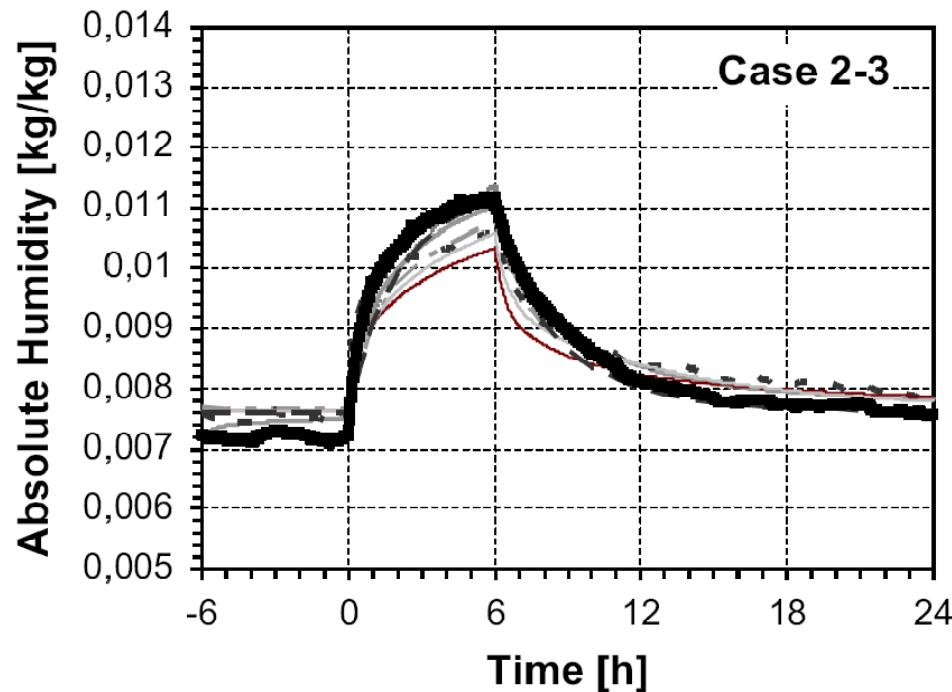
CE2 : Humidité relative

Yoshino et al. 2009



CE2 : Humidité absolue

Yoshino et al. 2009



Matériaux hygroscopiques sur un mur

Matériaux hygroscopiques sur le plancher

Stratification ?

Annexe 41 - Principaux résultats

Importance de l'interaction hygrique matériaux - air

Existence d'outils d'analyse

- **Complémentarité** entre les différentes approches
 - Modélisation **simplifié** : estimation correcte de HR intérieure, si les paramètres du modèle sont correctes
 - Modélisation **intermédiaire** : permet l'analyse des interactions entre énergie – air intérieur – enveloppe
 - **CFD** + parois hygrothermique : prometteuse pour l'analyse locale
- Recensement de 17 outils de simulation (modélisation intermédiaire)
- 7 benchmarks : base de **validation** des codes de simulation thermo-hygro-aérauliques

... et après ?

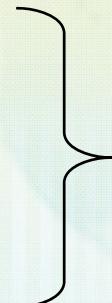
Propositions pour continuer...

Application de modèles
Analyse des risques
Rénovation énergétique



RAP-RETRO
(C.E. Hagentoft)

Modélisation globale QAI
Plateformes de simulation
Optimisation énergétique



Whole BEE
(C. Rode)