

Gaujardtechnologie scop

Bureau d'études spécialisé dans l'enveloppe et la structure des bâtiments en bois

Rencontres professionnelles « SOIR&BOIS »

GESTION DE LA VAPEUR D'EAU DANS LA CONSTRUCTION EN BOIS

ECHIROLLES – 29 septembre 2010

Rencontres professionnelles « SOIR&BOIS »

GESTION DE LA VAPEUR D'EAU DANS LA CONSTRUCTION EN BOIS

Flux thermiques et flux de vapeur d'eau

Vapeur d'eau : principes et ordre de grandeur

Unités : définition et application

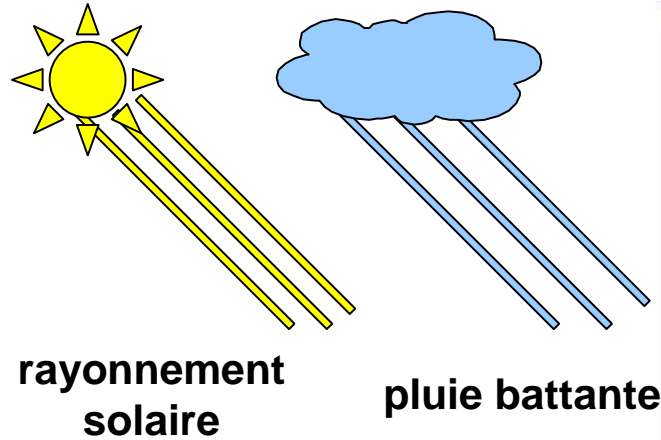
Modèle de Glaser et autres modèles

Modélisation hygrothermique, modification de paramètres

Règles de base

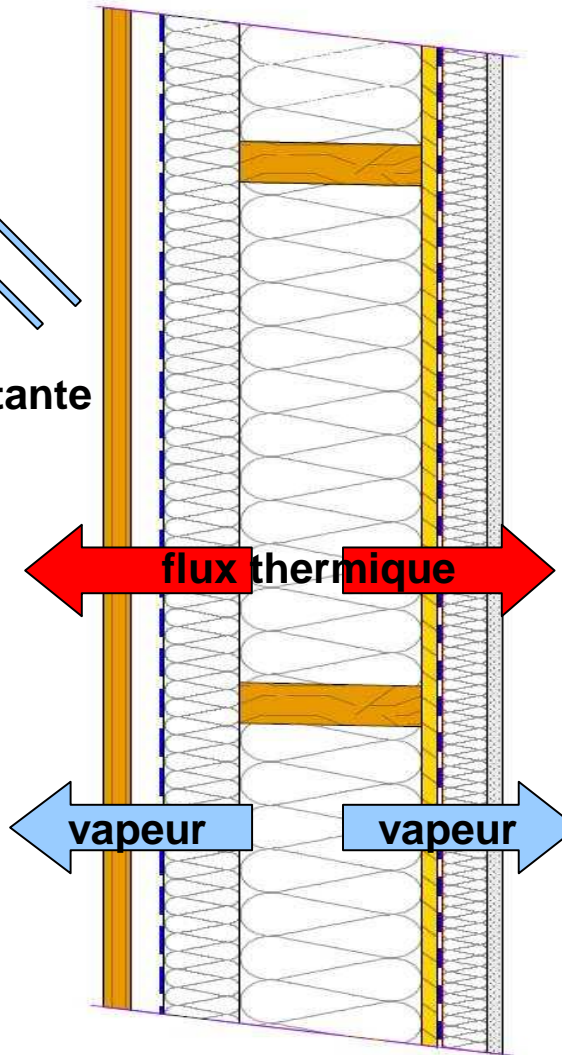
Quelques exemples

flux thermiques et flux d'humidité



température extérieure :
de - 20°C à + 40°C

humidité absolue extérieure
en gr/kg d'air sec :
de 1 gr/kg à 30 gr/kg



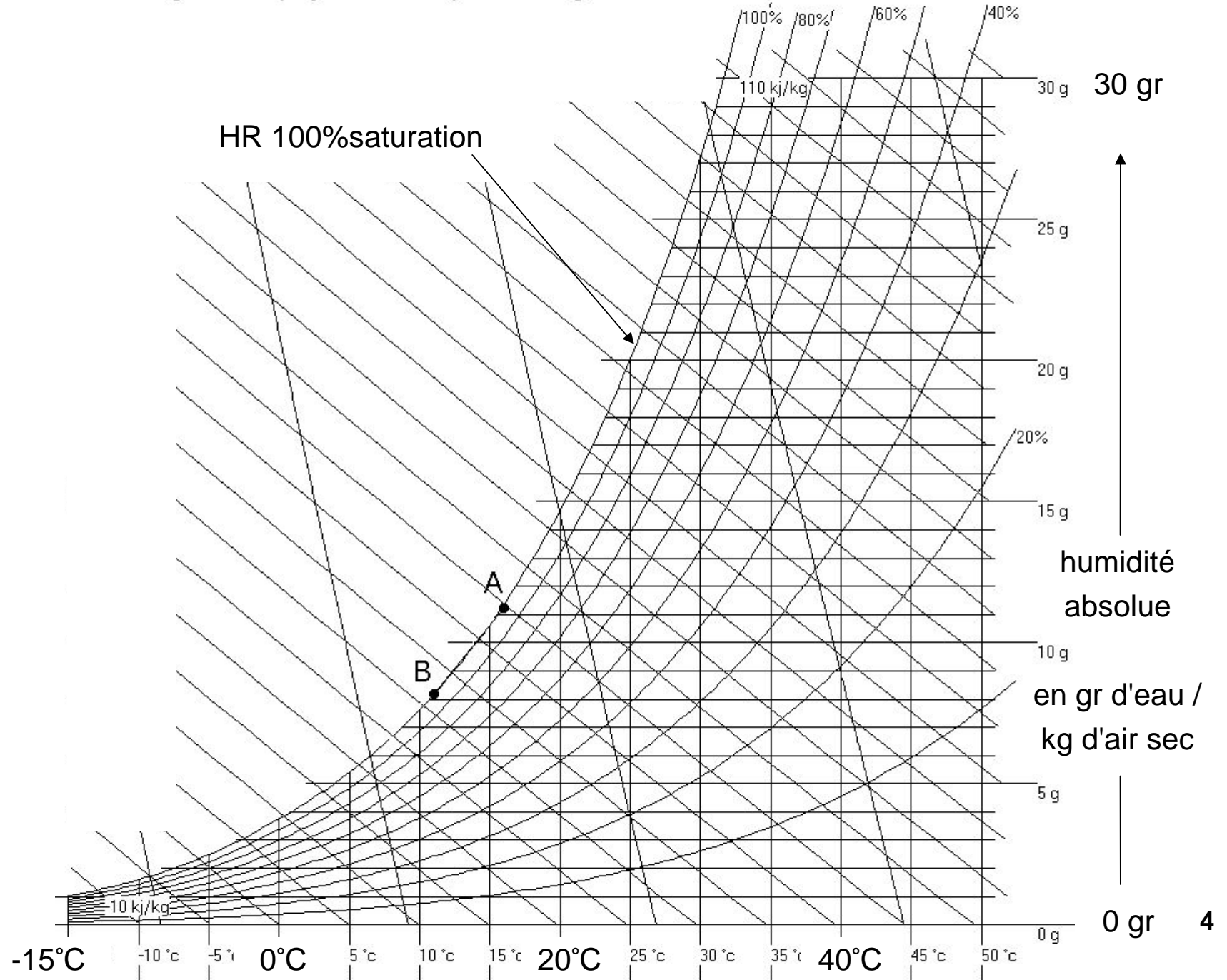
production de vapeur d'eau :

- respiration
- cuisine
- salle d'eau

température intérieure :
De + 12°C à + 27°C

humidité absolue intérieure
en gr/kg d'air sec :
de 5 gr/kg à 22 gr/kg

Diagramme psychrométrique ou diagramme de Mollier



Production de vapeur d'eau dans une habitation

une famille de 4 personnes produit 32 litres par 24 h

| | | |
|--------------------|--|-----------------|
| respiration | une personne produit de 50 à 80 cl/h soit | 8 litres |
| | les animaux produisent environ | 2 litres |
| | les plantes produisent environ | 2 litres |
| usages | repas | 3 litres |
| activités | douche, bain | 5 litres |
| | machine à laver | 3 litres |
| | séchage du linge | 9 litres |

1 famille de 4 personnes produit ~ 32 litres de vapeur / 24h

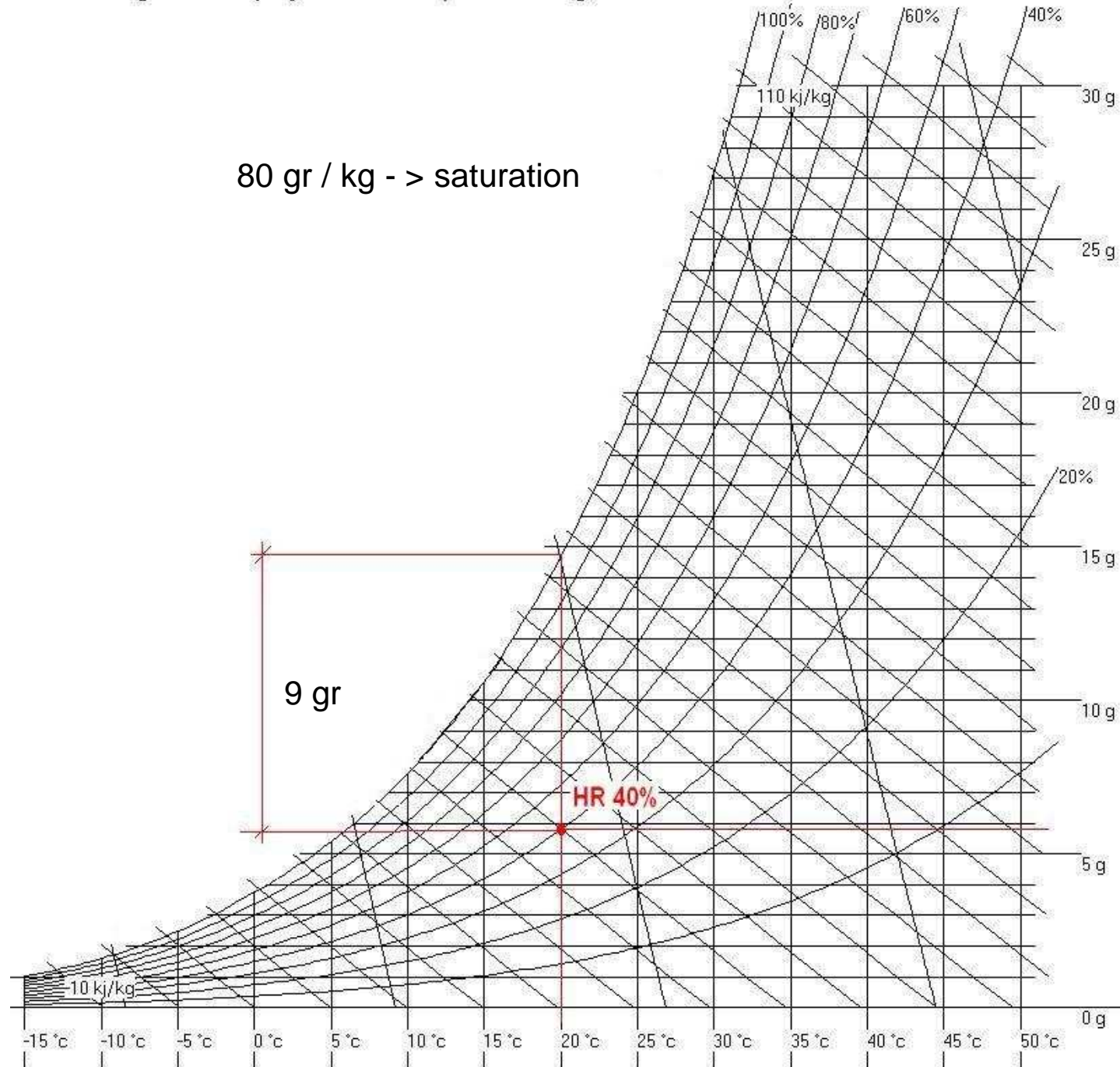
Surface habitable 120 m² => volume 320 m³

32 litres vapeur / 320 m³ => 0,1 litre vapeur / m³ air sec

1 m³ d'air sec pèse ~ 1,2 Kg => 0,08 litre vapeur / kg air sec

80 gr de vapeur / kg d'air sec . 24h

Diagramme psychrométrique ou diagramme de Mollier



Quelques valeurs qui caractérisent les matériaux

Pi : coefficient de perméabilité à la vapeur d'eau

caractérise le matériau

s'exprime en unités très différentes :

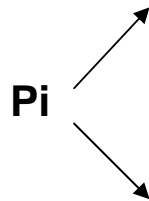
kg / Pa . m . s

gr / mm-Hg . m . h

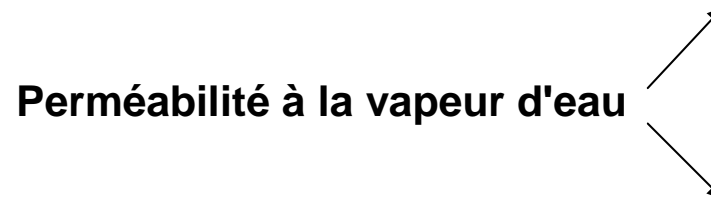
Pi de l'air : C = ~ 1,85 e⁻¹⁰ kg / (Pa.m.s)

similitude avec la valeur « Lambda » en thermique

Pi



Perméabilité à la vapeur d'eau



Mu : coefficient de résistance à la diffusion de la vapeur d'eau

$$\text{Mu} = \frac{C \text{ (pi de l'air)}}{p_i \text{ (du matériau)}}$$

propre à chaque matériau

coefficient sans unité



Sd : épaisseur d'une lame d'air
équivalente en m

$$\mathbf{Sd = \mu \cdot e \quad (en \ m)}$$



Quelques valeurs Sd :

Pare pluie : **Sd ≤ 0,18 m**

Pare-vapeur : **Sd ≥ 18 m**

Panneau OSB3 15 mm : **Sd : 3,2 m**

Panneau DWD **Sd : 0,1 m**

Rd : résistance à la diffusion de vapeur d'eau

$$R_d = \frac{e}{p_i} = \frac{e \cdot \mu}{C (p_i \text{ de l'air})} \frac{\text{Pa} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}}{\text{kg}}$$

similitude avec la résistance thermique : $R = e / \lambda$

$$\text{flux traversant} = \frac{\text{m}^2 \cdot \Delta P_{ve}}{R_d} \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Quantité de vapeur d'eau qui traverse une paroi par unité de temps.

1 famille de 4 personnes produit ~ 32 litres de vapeur / 24h

Quelle proportion évacuée par jour au travers des parois perméables à la vapeur ?
Pour trois types de paroi de Sd : 1m, 10m, 100m.

Surface de paroi pour SHON 120m² : (12 + 10)m x 2 x 2,6m + 120m² = 235 m²

flux traversant l'épaisseur d'air équivalente

$C(\bar{p}_i \text{ de l'air}) \cdot \text{Surface (m}^2) \cdot \text{Temps (s)} \cdot \Delta P_{ve} \text{ (Pa)}$

e (épaisseur de lame d'air)

Flux traversant pour 235 m² avec un : $\Delta P_{ve} = 810 \text{ Pa}$ (-5°C extérieur)

Sd = 1 m 2 600 gr / 24 h

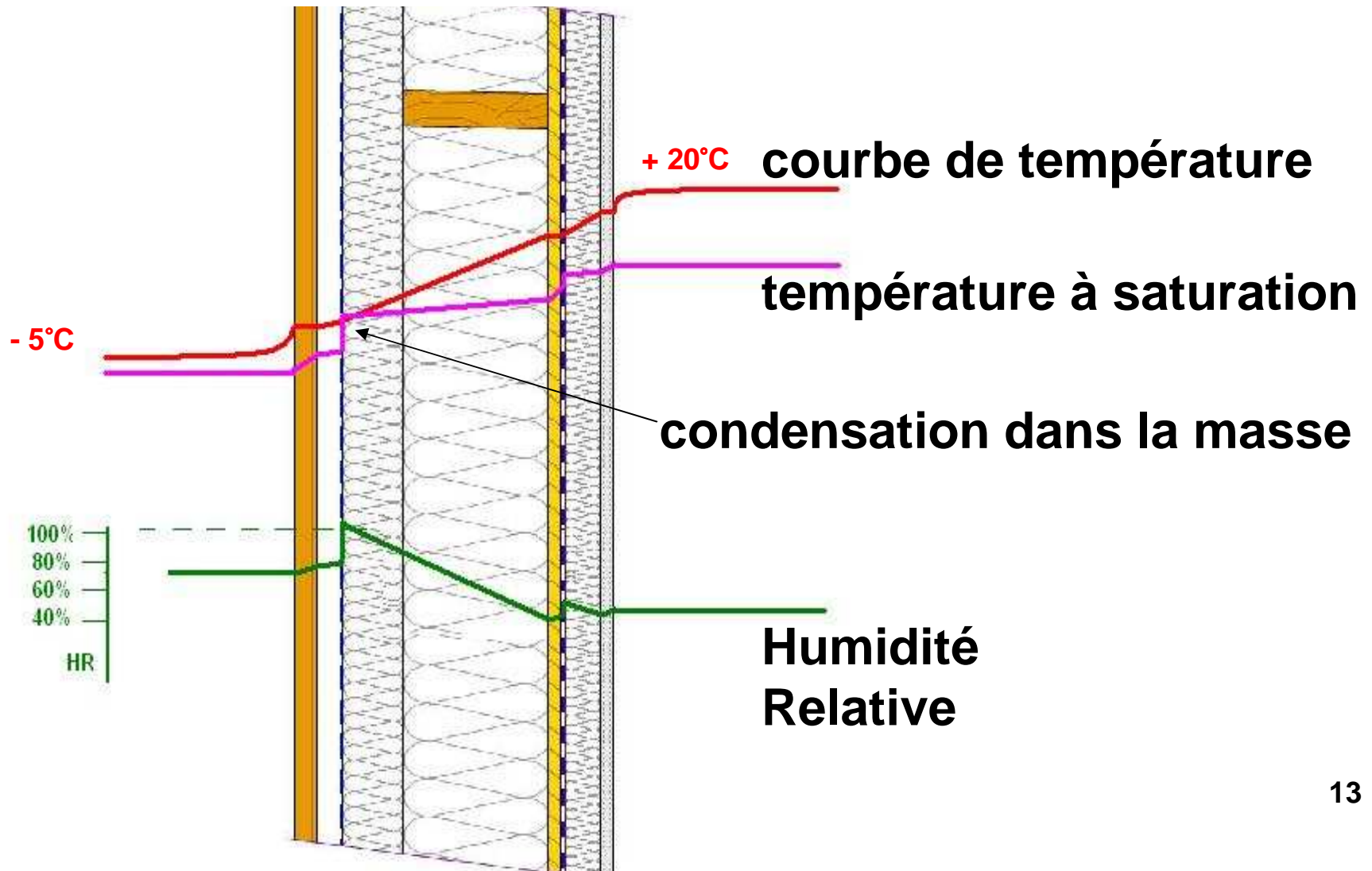
Sd = 10 m 260 gr / 24 h

Sd = 100 m 26 gr / 24 h

Même dans le cas d'une paroi très perspirante, seulement 8% de la production de vapeur d'eau est évacuée.

Risque de condensation dans la paroi

Diagramme de Glaser



Paramètres des transferts de chaleur et de vapeur d'eau :

Glaser

- flux de chaleur par conduction thermique
 - flux de vapeur d'eau
-

autres paramètres à prendre en compte

- accumulation de chaleur dans les matériaux
- chaleur latente
- transport d'eau capillaire dans le composant
- capacité de sorption de vapeur
- porosité, transfert d'eau liquide
- Inertie thermique de matériaux
- rayonnement solaire
- pluie battante
- modélisation dynamique (1 donnée par heure)

Projet/Cas: Assises Maison Passive/Mur Oss-bois sans PV

Maillage, moniteurs | Orientation/Inclinaison/Hauteur | Coefficients surfaciques | Conditions initiales

Assemblage

Nom de la Couche: Laine Minérale (Cond. Th.: 0,04 W/mK) | Epaisseur [m]: 0,2

Exterieur (coté gauche): 0,015 | Interieur (coté droit): 0,013

0,2

Données matériaux

Sources et pertes

Nouvelle Couche

Dupliquer

Effacer

Editer maillage par:

Graphes

Tableau

Attribuer à partir de

Base de Données Matériaux

Exemple

Maillage

Maillage Automatique

Grossier

Moyenne

Fin

Projet

Cas: 1 Mur Oss-bois sans PV (Act.)

Composant

- Maillage, moniteurs
- Orientation, inclinaison
- Coefficients surfaciques
- Conditions initiales

Simulation

- Chronologie
- Options du calcul

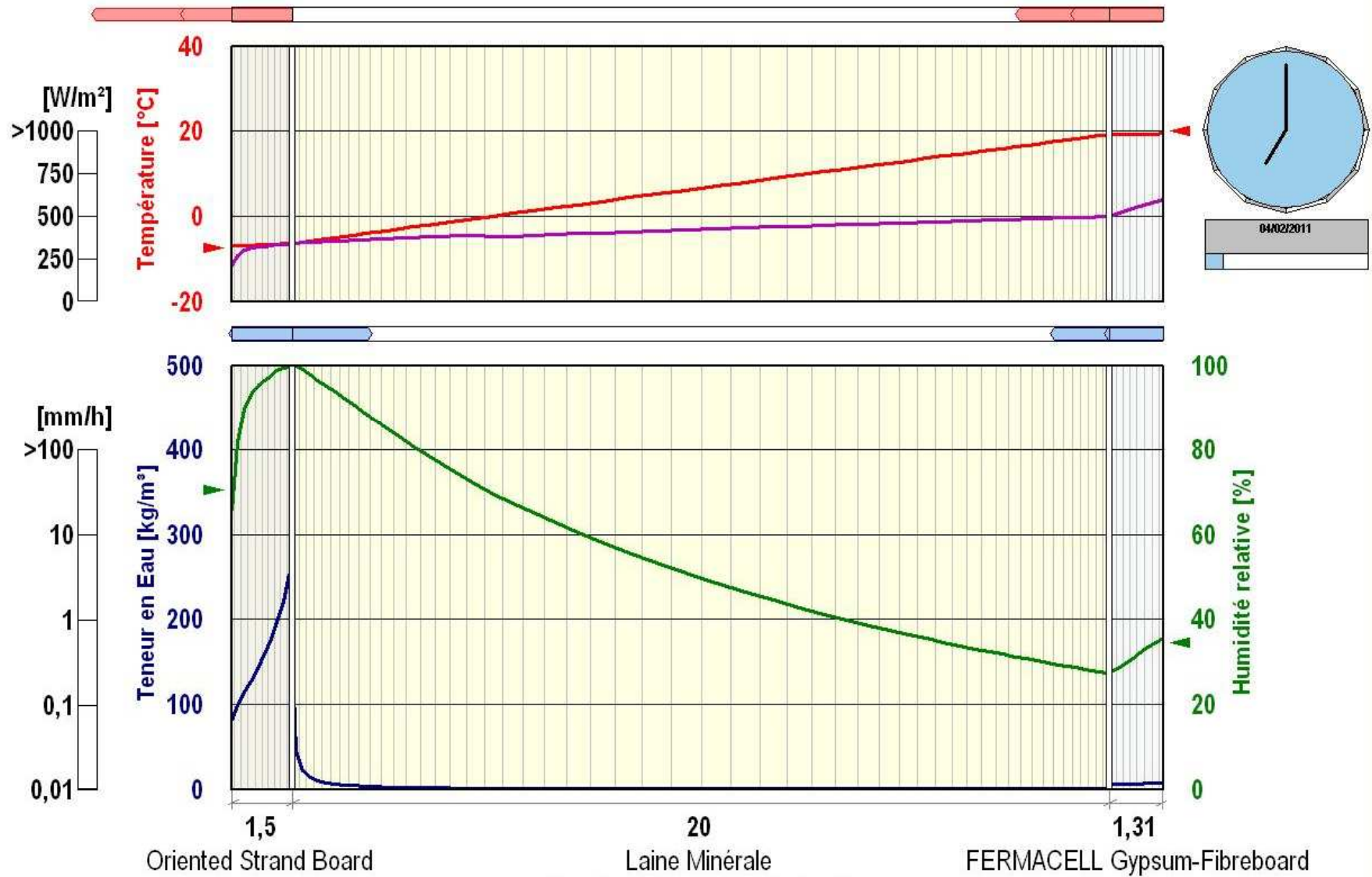
Climat

- Extérieur (coté gauche)
- Intérieur (coté droit)

Graph. Rapide

- Teneur en eau totale
- Teneur en eau des couches
 - Oriented Strand Board (densité)
 - Laine Minérale (Cond. Th.: 0,04)
 - FERMACELL Gypsum-Fibrebois
- Moniteurs: Temp/Temp de rosée
 - 0,0000 m (face Externe)
 - 0,0075 m
 - 0,0175 m
 - 0,1041 m
 - 0,2280 m (face Interne)
- Moniteurs: Isopleths

modélisation de paroi sans pare-vapeur
isolant minéral



condensation dans la masse

Paramètres pour les modélisations conformes à la norme NF EN 15026

- orientation et inclinaison des composants et parois de bâtiment**
- paramètres et fonctions hygrothermiques des matériaux**
- climats intérieur et extérieur : température, humidité, rayonnement, précipitations**
- état initial, période de calcul**

Phénomènes vérifiés :

- séchage de l'humidité initiale liée à la construction**
- accumulation d'humidité par condensation dans la masse**
- pénétration d'humidité due à l'exposition à la pluie battante**
- condensation estivale due à la migration de l'humidité**
- condensation superficielle à l'extérieur**
- pertes de chaleur par transmission et évaporation d'humidité.**

Paramètres des matériaux

- densité
- porosité
- chaleur massique
- conductivité
- mu résistance à la diffusion
- stockage d'humidité (sorption)
- Transfert d'eau liquide (succion)
- Transfert d'eau liquide (redistribution)
- modélisation dynamique (1 donnée par heure)

Projet/Cas: Assises Maison Passive/Mur Oss-bois sans PV

Maillage, moniteurs | Orientation/Inclinaison/Hauteur | Coefficients surfaciques | Conditions initiales

Assemblage

Nom de la Couche: Laine Minérale (Cond. Th.: 0,04 W/mK) | Epaisseur [m]: 0,2

Exterieur (coté gauche): 0,015 | Intérieur (coté droit): 0,013

0,2

Données matériaux

Sources et pertes

Nouvelle Couche

Dupliquer

Effacer

Editer maillage par:

Graphe

Tableau

Attribuer à partir de

Base de Données Matériaux

Exemple

Maillage

Maillage Automatique

Grossier

Moyenne

Fin

Projet

Cas: 1 Mur Oss-bois sans PV (Act.)

Composant

- Maillage, moniteurs
- Orientation, inclinaison
- Coefficients surfaciques
- Conditions initiales

Simulation

- Chronologie
- Options du calcul

Climat

- Extérieur (coté gauche)
- Intérieur (coté droit)

Graph. Rapide

- Teneur en eau totale
- Teneur en eau des couches
 - Oriented Strand Board (densité)
 - Laine Minérale (Cond. Th.: 0,04)
 - FERMACELL Gypsum-Fibrebois
- Moniteurs : Temp/Temp de rosée
 - 0,0000 m (face Externe)
 - 0,0075 m
 - 0,0175 m
 - 0,1041 m
 - 0,2280 m (face Interne)
- Moniteurs : Isopleths

modélisation de paroi sans pare-vapeur
isolant minéral

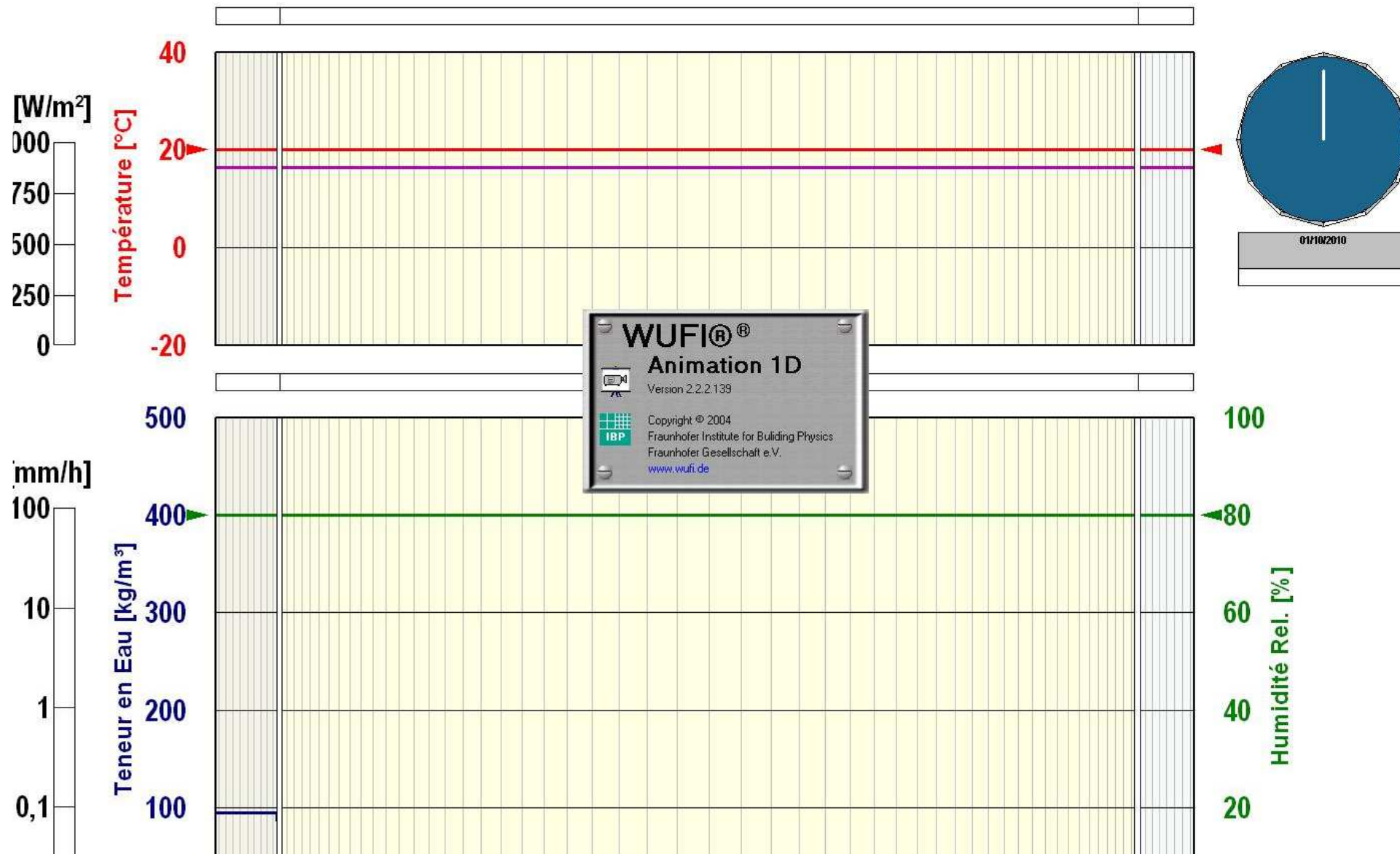
Résultats

- température, variations et répartition du flux thermique

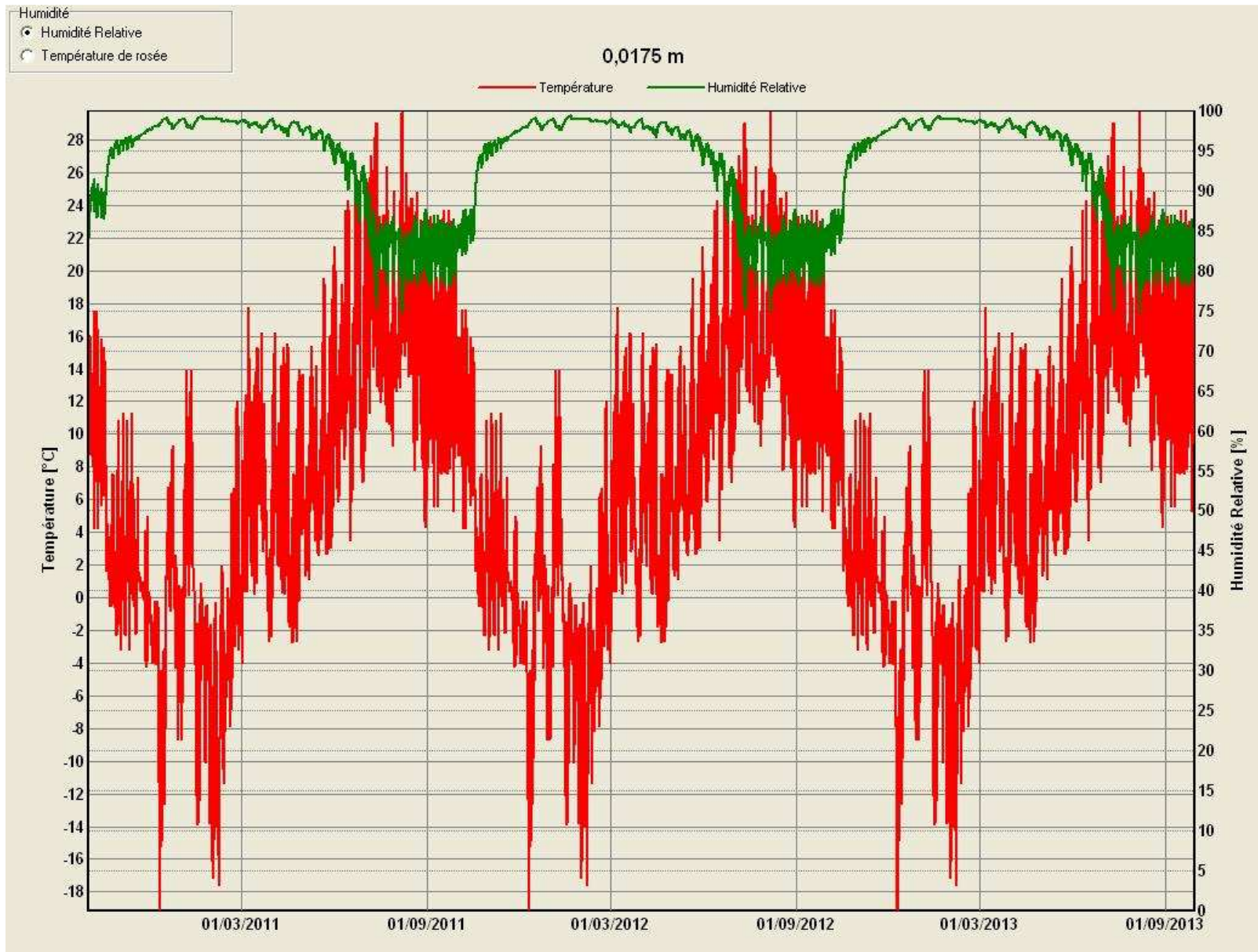
- Teneur en eau, humidité relative

1 donnée par heure, pour une couche entière de matériau ou à l'emplacement précis d'un capteur de température / humidité.

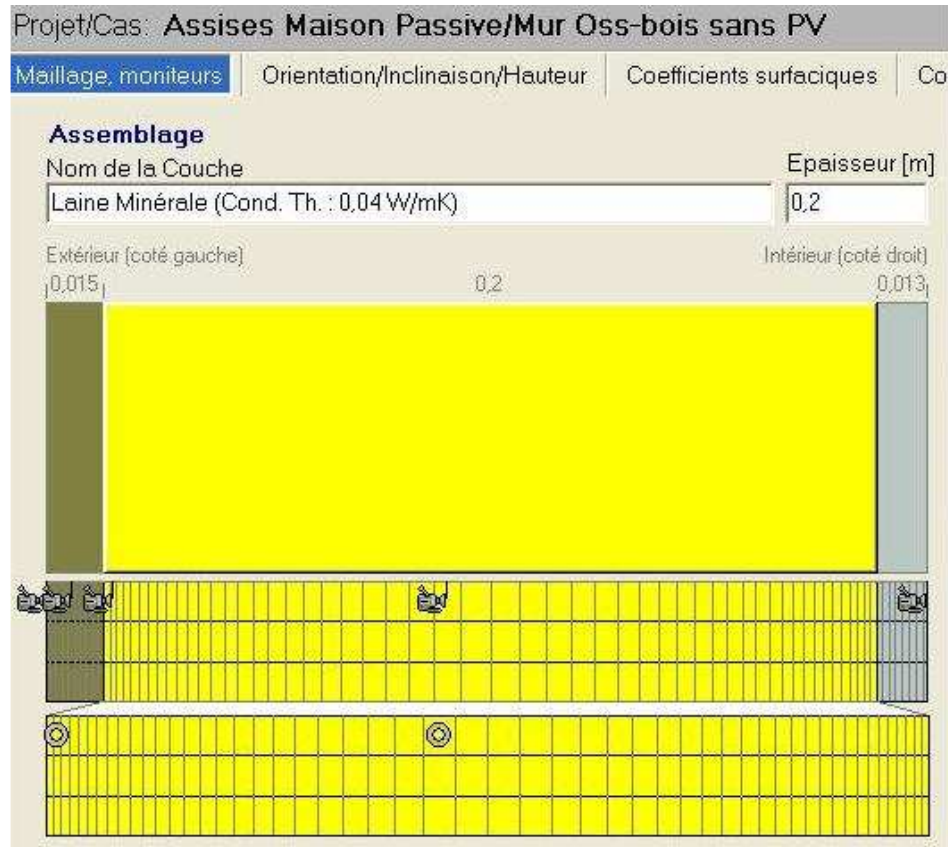
Mur Oss-bois sans PV



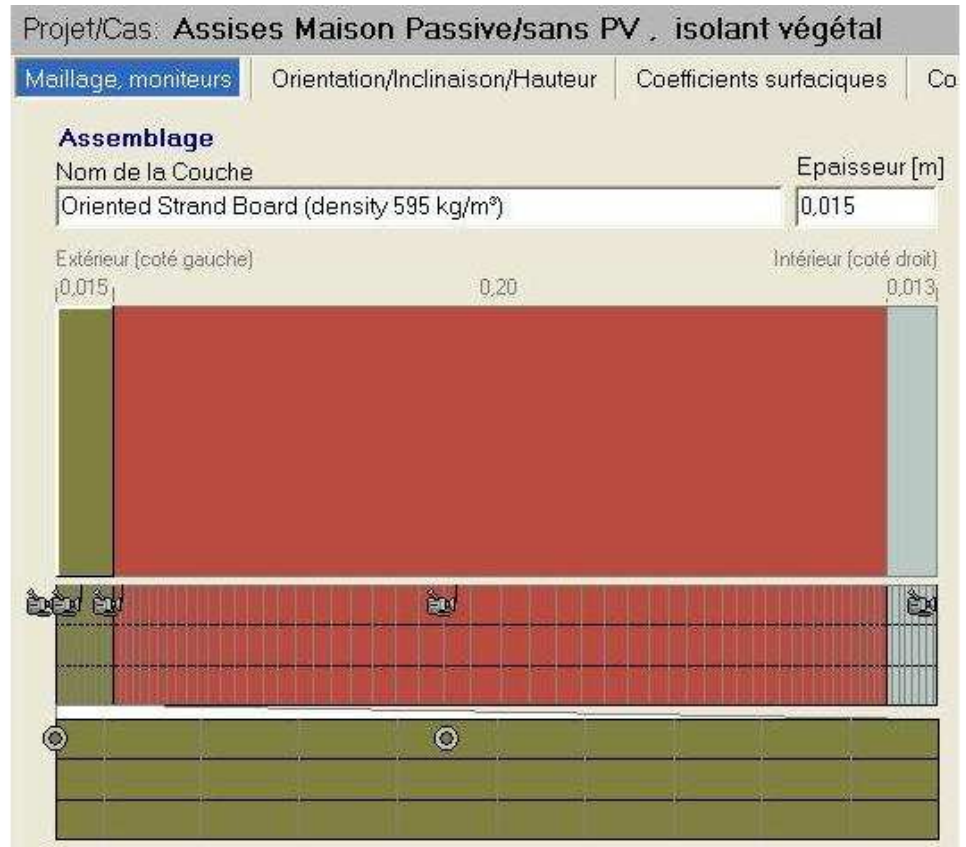
Wufi 4.2



capteur température-humidité dans
l'isolant coté extérieur (sans P.V.)

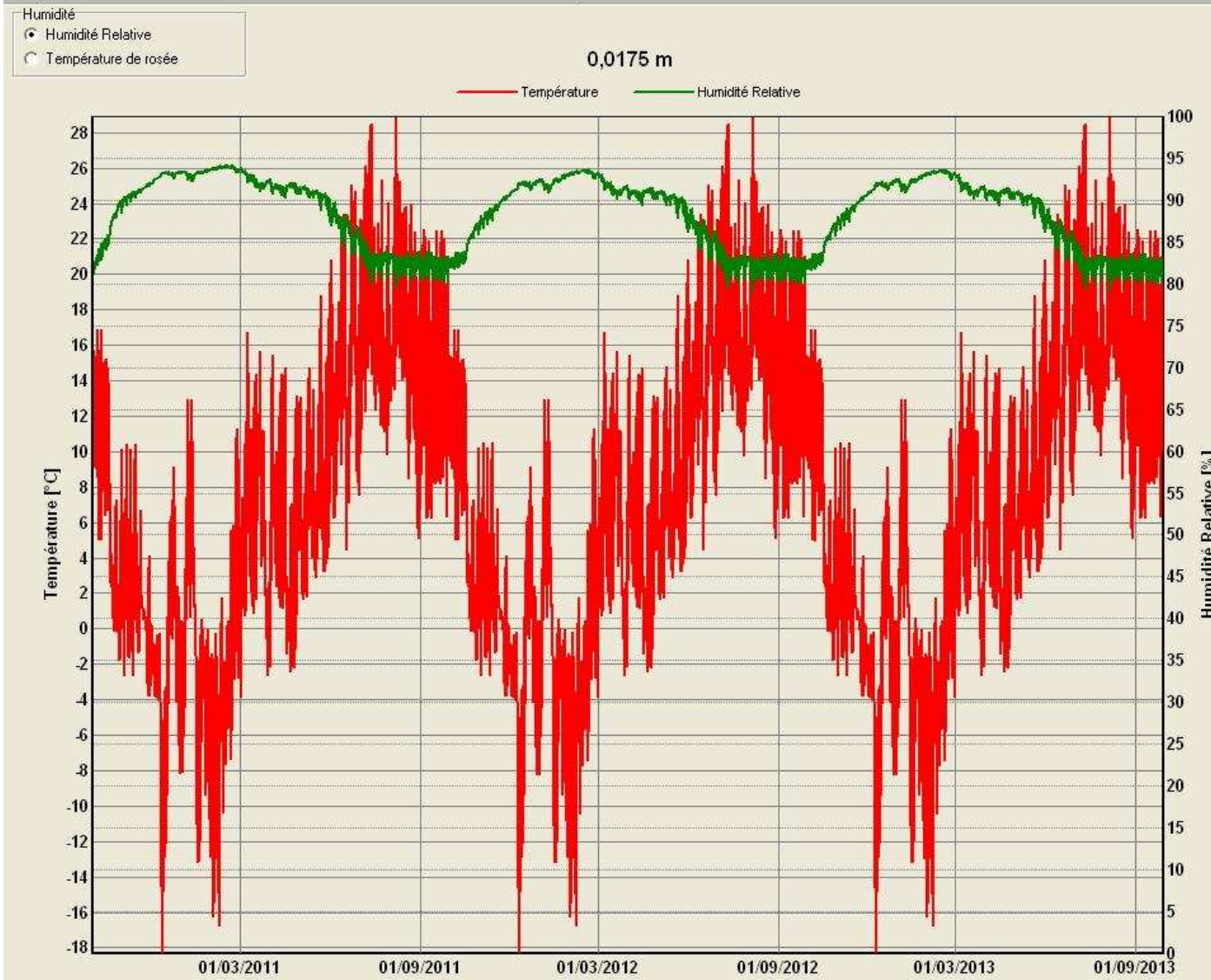


Isolant
laine minérale

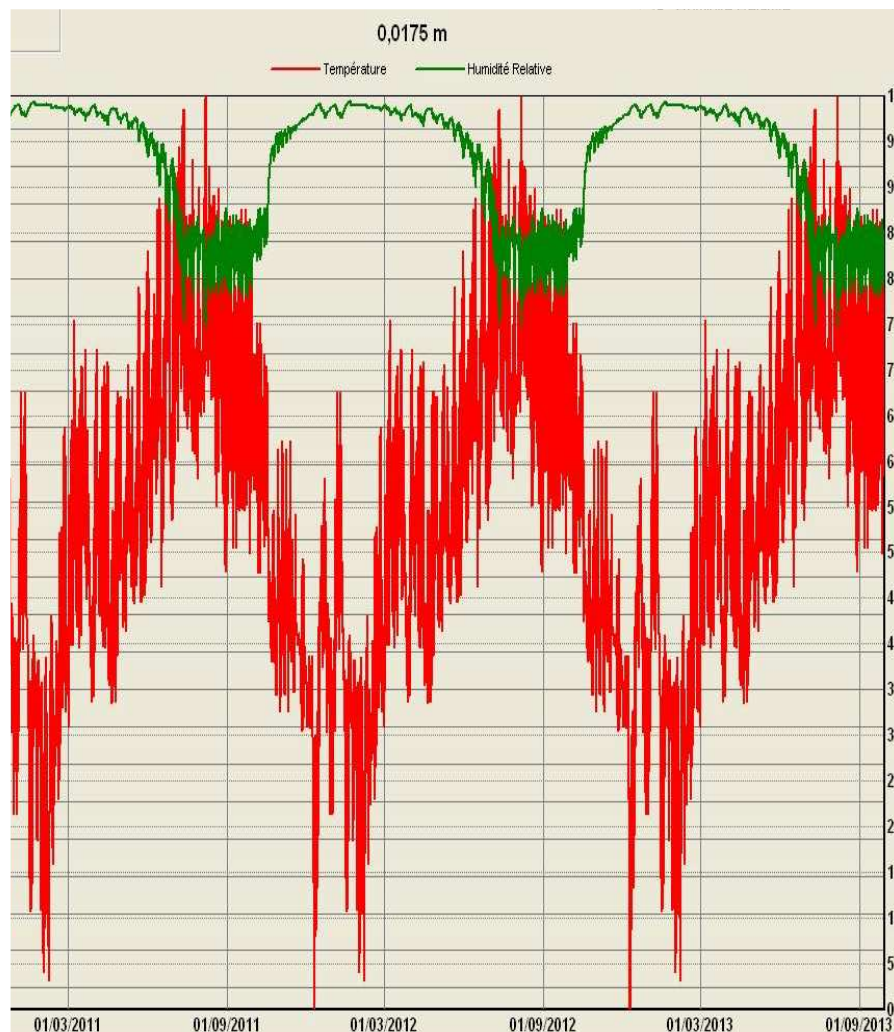


Isolant
fibre de bois

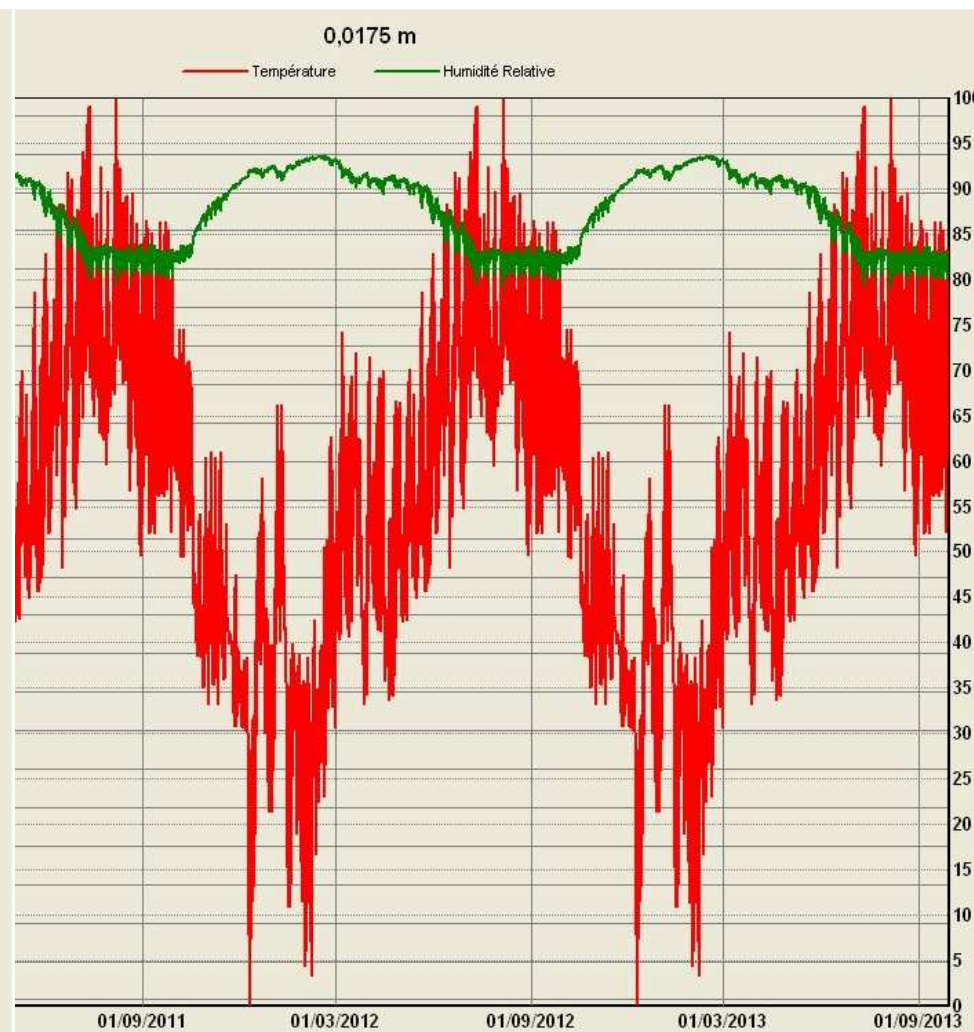
Modification d'un paramètre : l'isolant



Isolant fibre de bois - capteur température-humidité
dans l'isolant coté extérieur



Isolant
laine minérale



Isolant
fibre de bois

un seul paramètre modifié : la nature de l'isolant

Projet/Cas: **Assises Maison Passive/Avec PV et isolant minéral**

Maillage, moniteurs | Orientation/Inclinaison/Hauteur | Coefficients surfaciques | Con

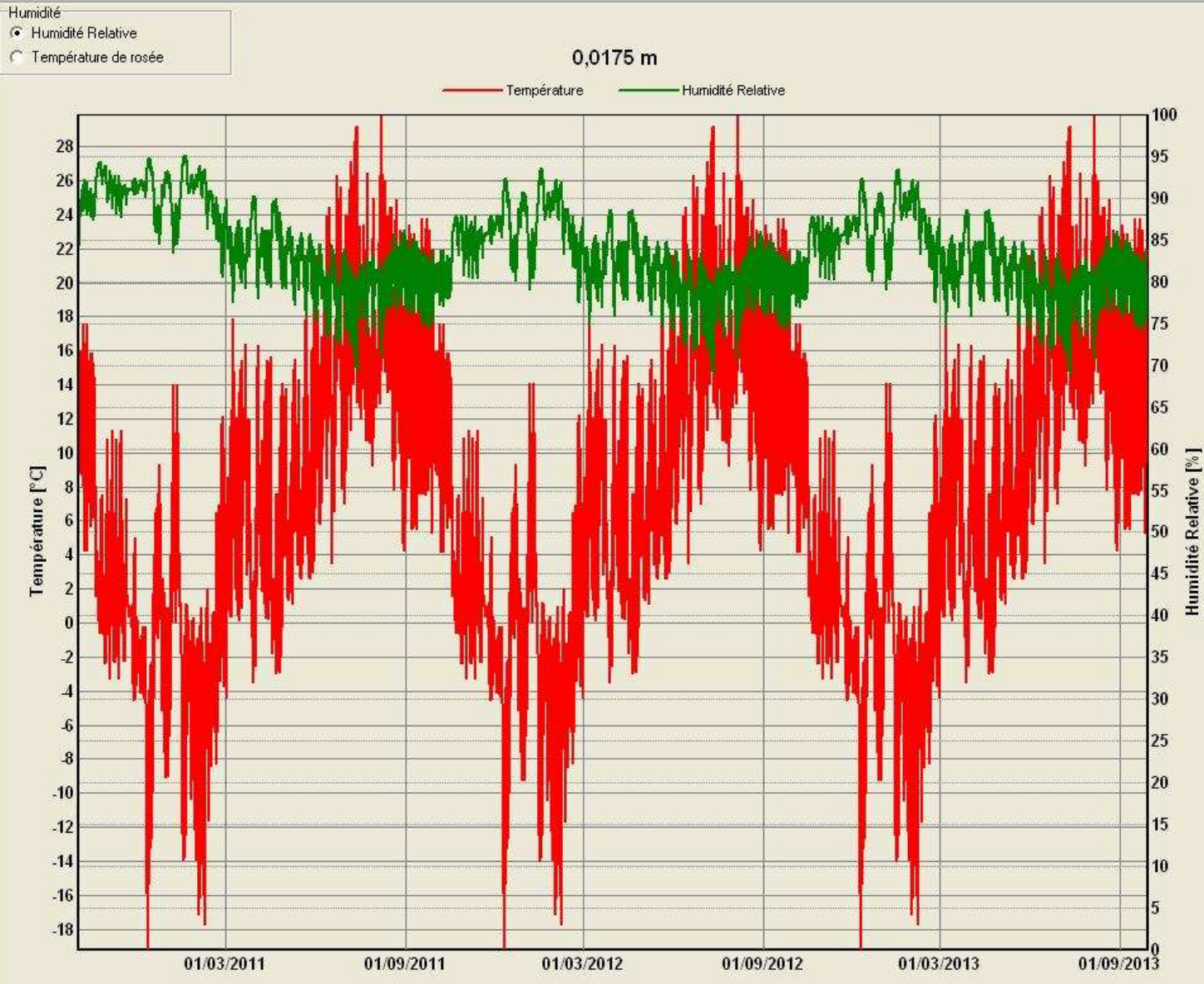
Assemblage

| Nom de la Couche | Epaisseur [m] |
|--------------------------|---------------|
| vapour retarder (sd=20m) | 0,001 |

Extérieur (coté gauche) | Intérieur (coté droit)

| | | |
|-------|-----|-----------|
| 0,015 | 0,2 | 0,010,013 |
|-------|-----|-----------|

Composition de paroi avec pare-vapeur
 $S_d=20m$ et isolant minéral



Isolant fibre de bois - capteur température-humidité
dans l'isolant coté extérieur

Projet/Cas: **Assises Maison Passive/Avec isol végétal et paroi respirante**

Maillage, moniteurs | Orientation/Inclinaison/Hauteur | Coefficients surfaciques | Conditions

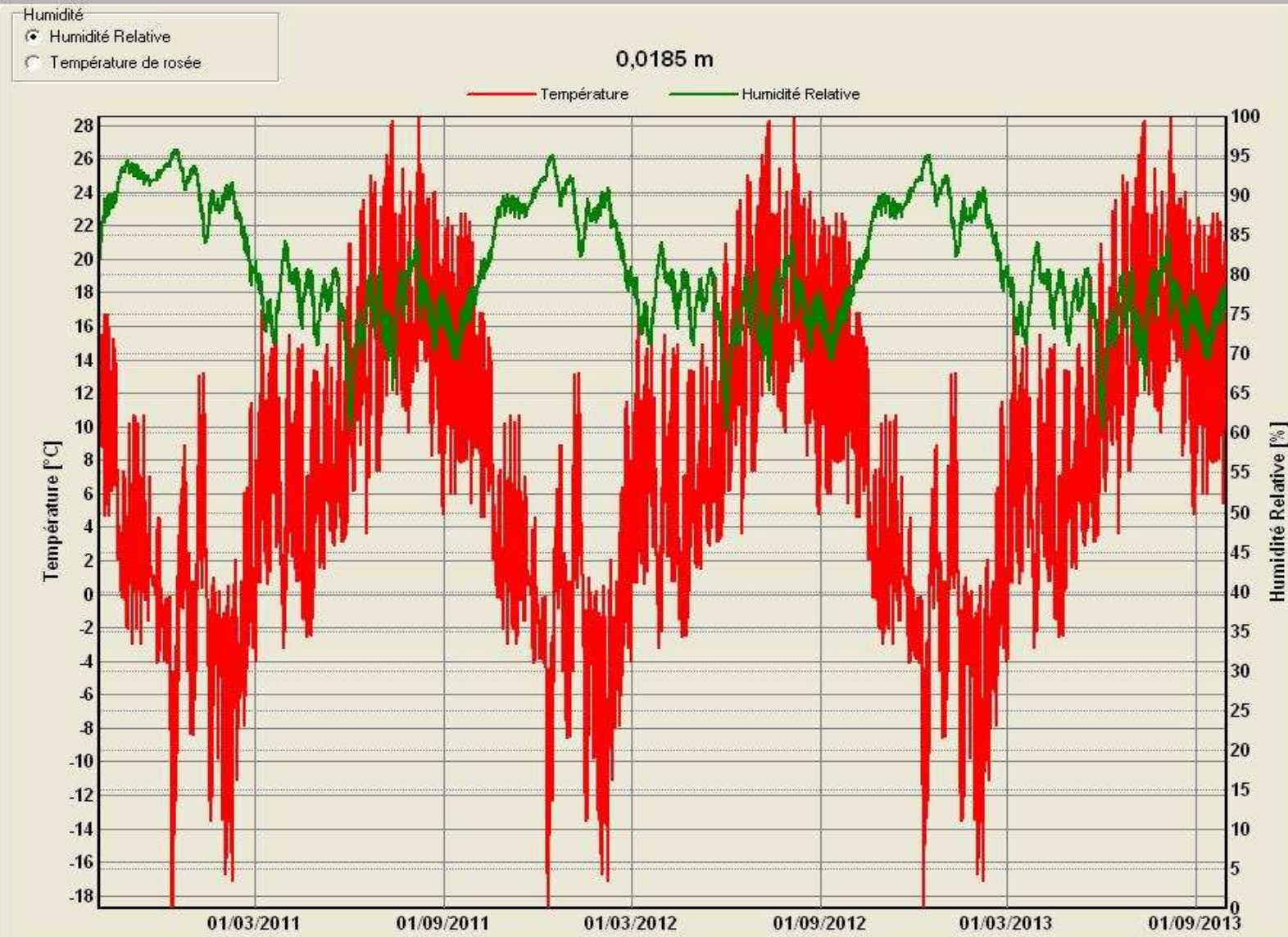
Assemblage

| Nom de la Couche | Epaisseur [m] |
|------------------|---------------|
| Agepan DWD 16mm | 0,016 |

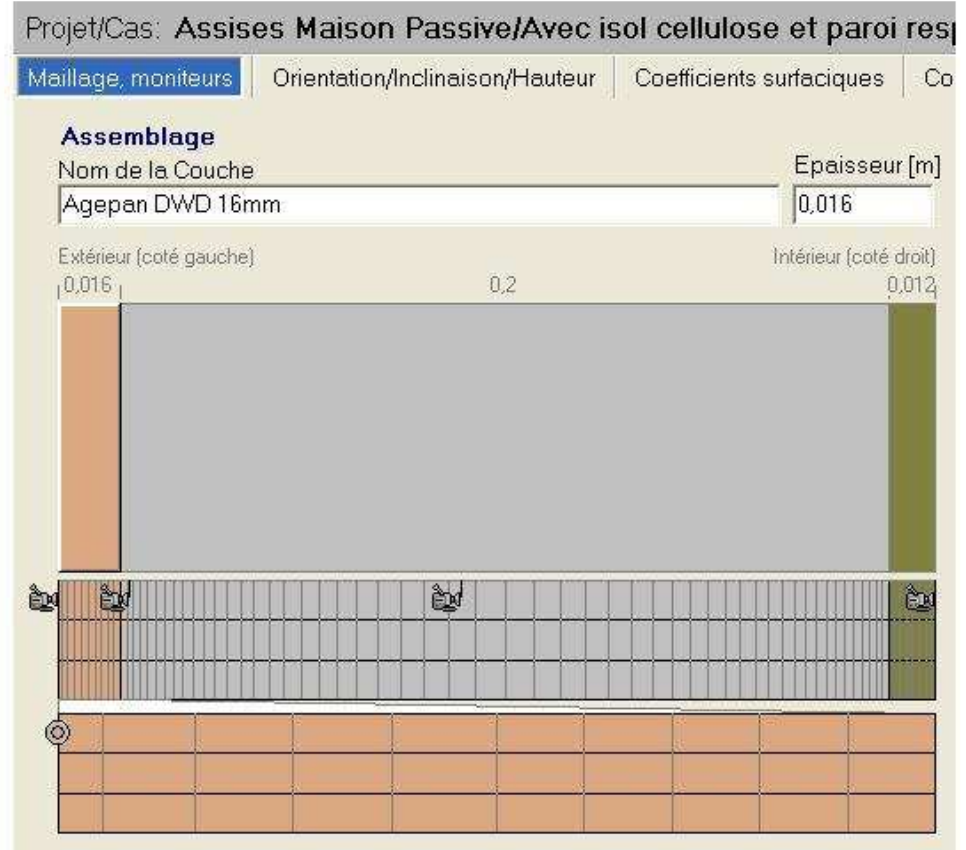
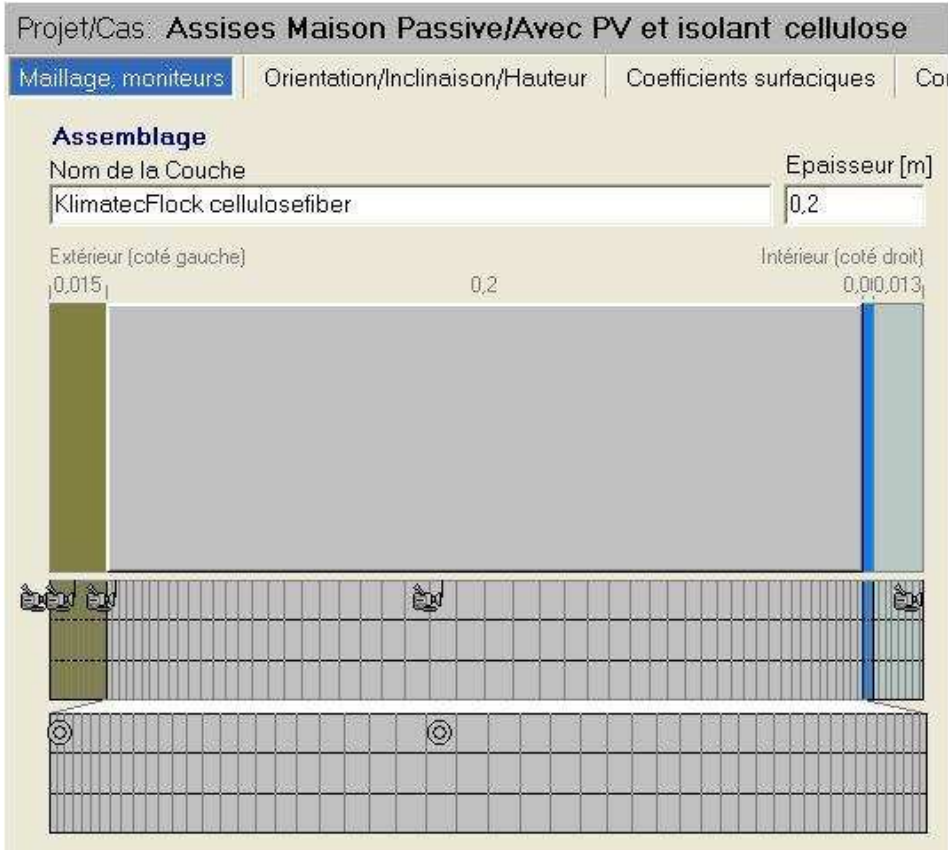
Extérieur (coté gauche) | Intérieur (coté droit)

0,016 | 0,2 | 0,012

Composition de paroi OSB intérieur, panneau extérieur : $S_d = 0,1\text{m}$, isolant cellulose



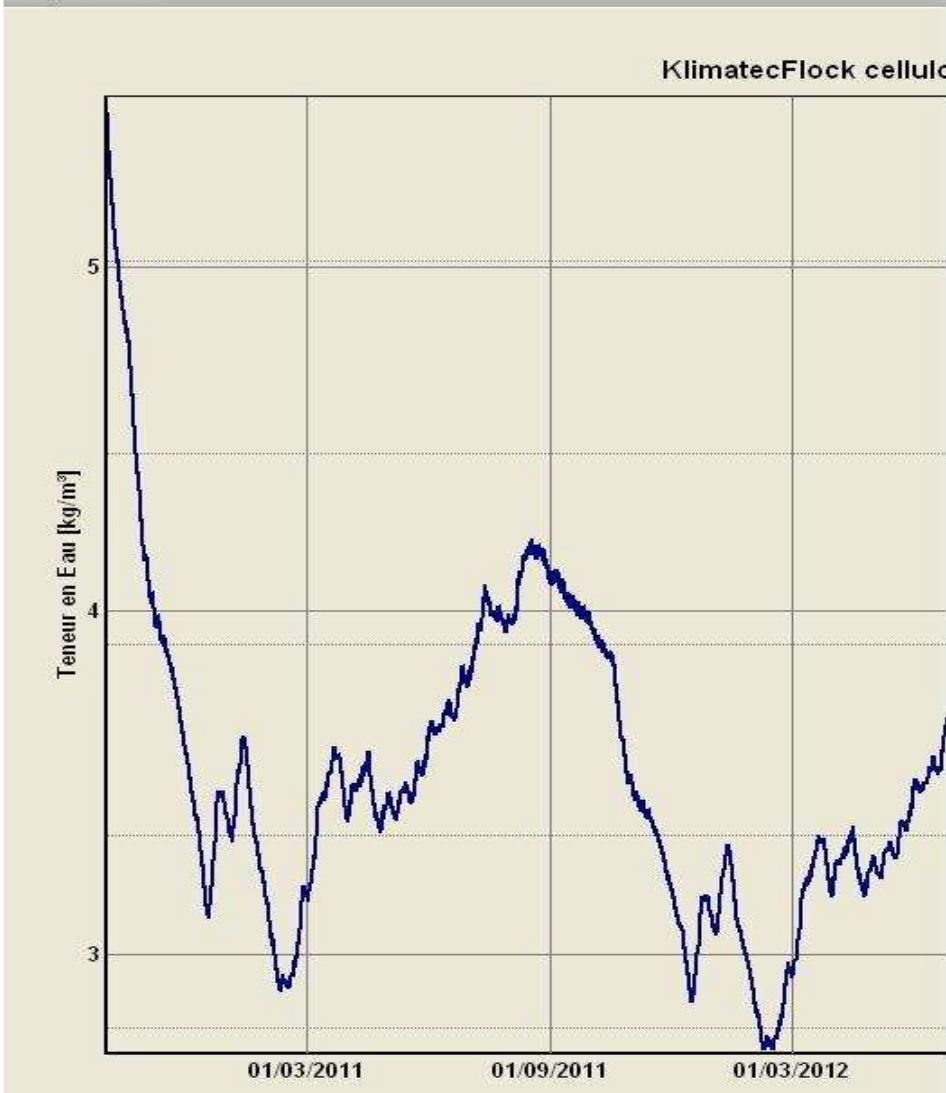
Composition de paroi OSB intérieur, panneau extérieur : $S_d = 0,1\text{m}$, isolant cellulose



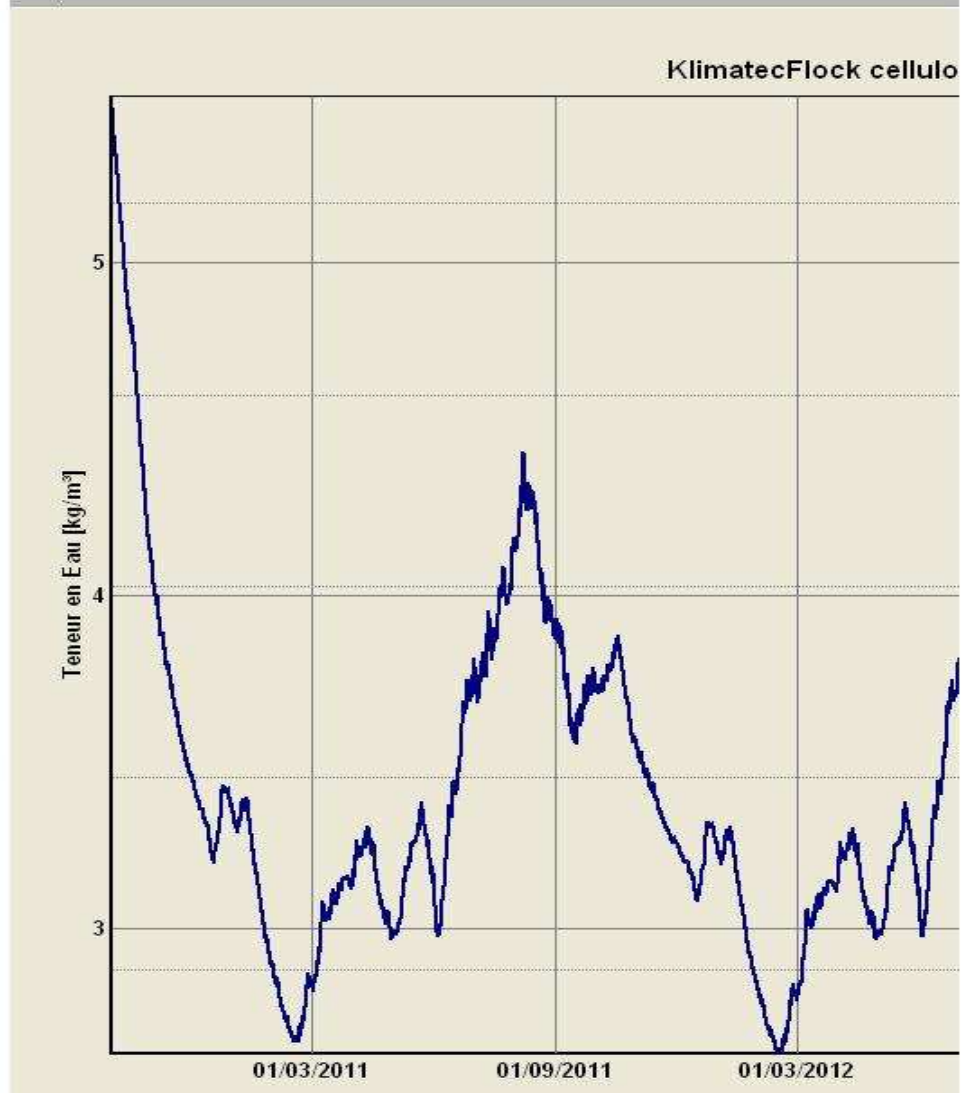
- OSB 15mm
- isolant
- pare-vapeur $S_d = 1500m$
- plaque plâtre

- panneau extérieur $S_d = 0,1m$
- isolant
- OSB 12mm

même isolant ouate de cellulose



Pare-vapeur Sd = 1500m



DWD – Isolant - OSB

Capacité de séchage d'une paroi perméable

Règles de base :

perméabilité croissante de l'intérieur vers l'extérieur

attention aux conditions extrêmes :

- climat extérieur**
- climat intérieur humide**
- pluies battantes**
- humidité au moment de la mise en œuvre**
- cas particulier des « toitures chaudes »**

rapport des valeurs Sd de 1 à 5 entre les écrans intérieurs et les écrans extérieurs.

respecter la continuité du freine-vapeur ou du pare-vapeur

Gaujardtechnologie scop

Bureau d'études spécialisé dans l'enveloppe et la structure des bâtiments en bois



merci de votre attention

Hubert Fèvre

10 avenue de la Croix Rouge - 84000 Avignon / tél 04.90.86.16.96 - contact@bet-gaujard.com