

Migration de la vapeur d'eau dans les parois



Collectif Paille

Hauts-de-France

Rencontre régionales bois et paille
Jeudi 5 octobre 2023
Ennevelin

A man is shown from the chest up, wearing a dark blue jacket and a bright red raincoat. He is looking slightly to the right with a thoughtful expression. The background is solid black. A white text box is overlaid on the right side of the image.

Nous avons tous eu cette expérience
?

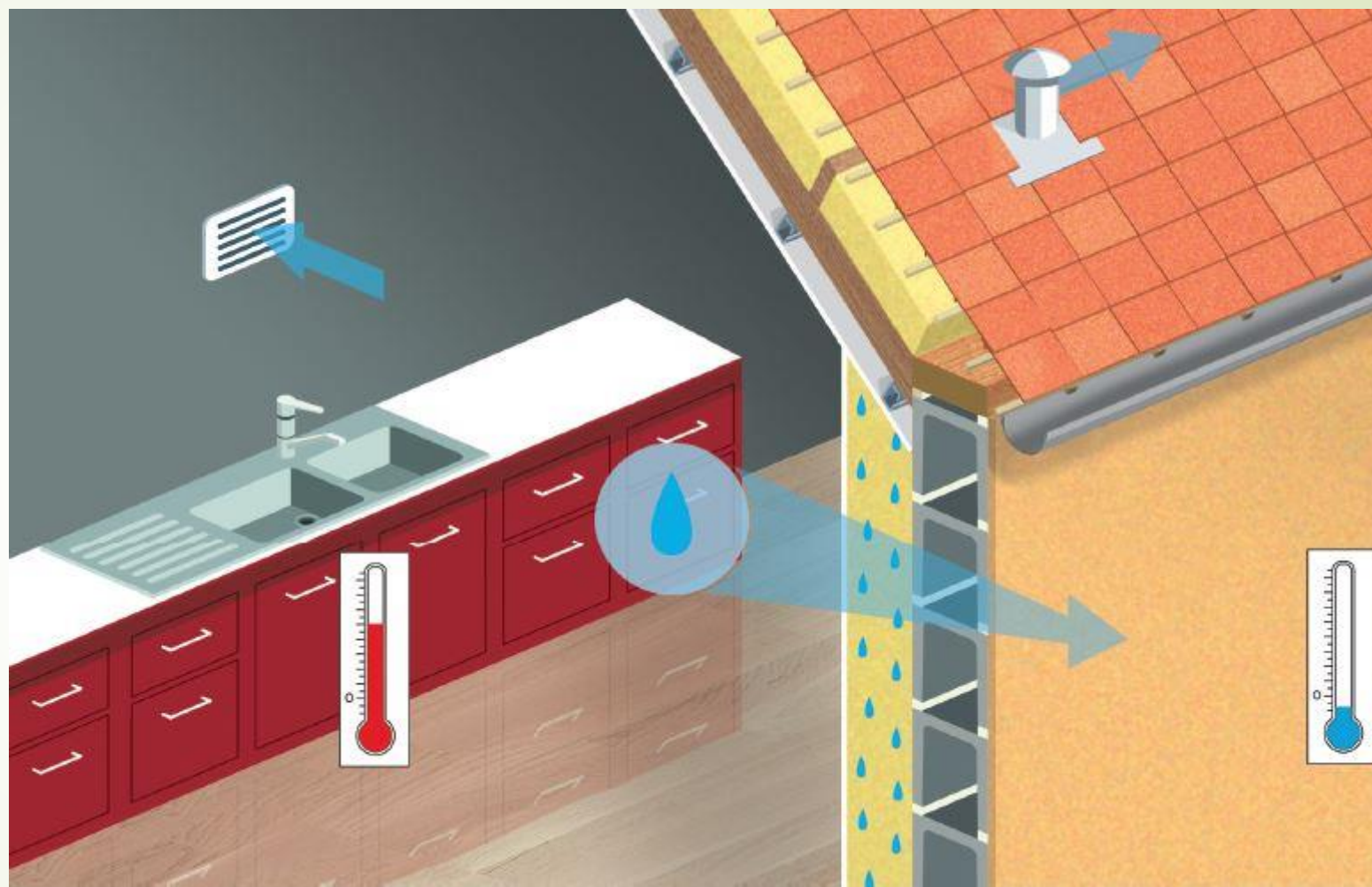
Pourquoi s'intéresser à la vapeur d'eau ?

- Eviter le risque de condensation dans les parois
- Pathologies exemplaires
- Tassement des isolants
- Toiture chaude
- Pas de restitution des caractéristiques lors du séchage pour isolants minéraux

Matériau	λ [W/(m.K)]	λ [W/(m.K)] à saturation	Facteur d'augmentation
Laine de roche	0,04	0,604	15,1
PSE	0,04	0,6	15,0
Laine de verre	0,035	0,6	17,1
Fibre de bois	0,038	0,165	4,3
Ouate de cellulose	0,037	0,6	16,2
Paille	0,063	0,784	12,4

D'où vient la vapeur d'eau ?

Sources		Unité
Personne au repos	40-60	mL/h.pers
Personne en activité	80-250	mL/h.pers
Douche	300-500	mL/pers
Lessive, toilette & Cuisine	5-20	L/j
TOTAL	10-25	L/j



La théorie de l'air humide

La température

Température sèche :

- Température réelle de l'air et celle de météo-France

Température humide :

- Température ressentie tenant compte de l'humidité



La capacité de l'air à stocker l'eau

Humidité absolue ou spécifique (g d'eau / kg d'air humide) :

- Masse d'eau contenue dans 1kg d'air humide ne pouvant dépasser sa valeur à saturation



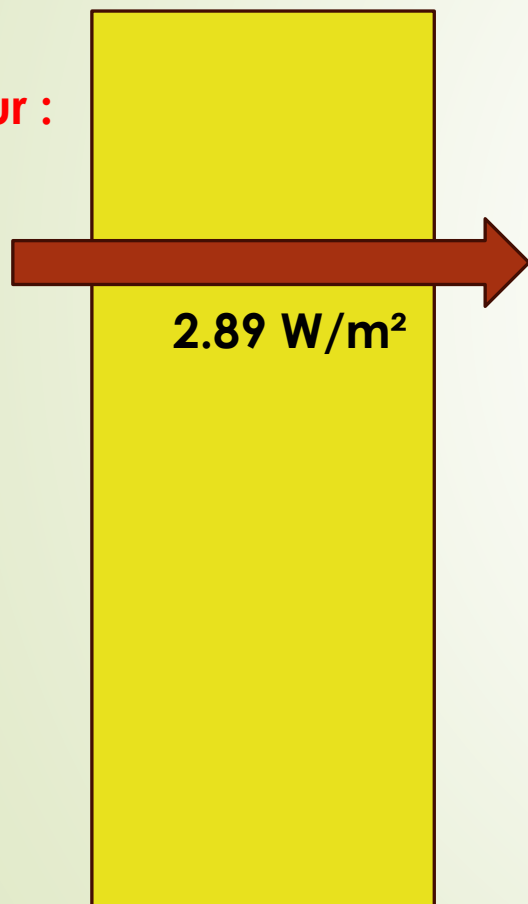
Humidité relative (%) :

- Rapport entre l'humidité absolue et l'humidité absolue à saturation

La théorie de l'air humide

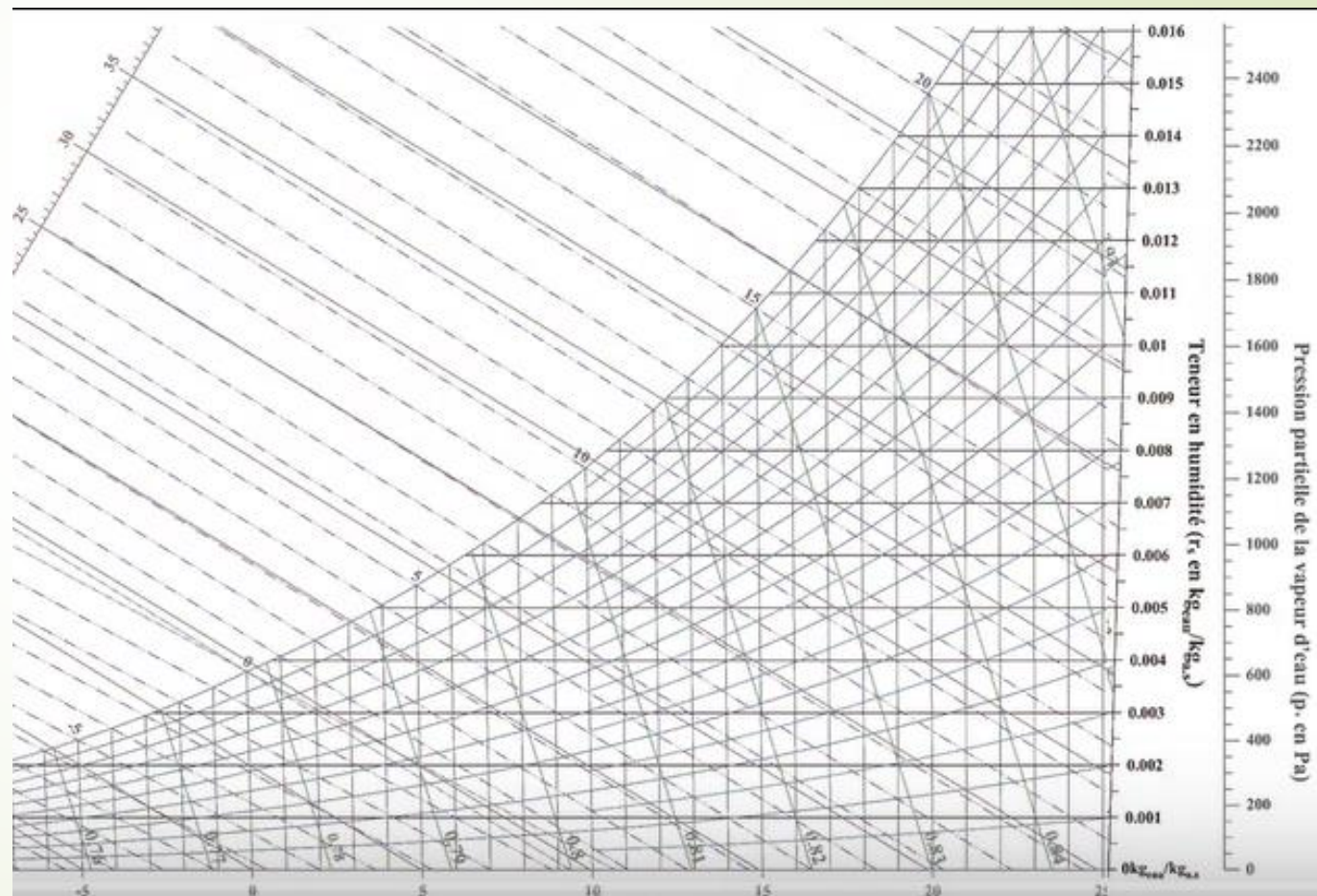
Les différences de pressions entre l'air extérieur et l'air intérieur

Intérieur :
20°C
50 %



Extérieur :
0°C
90 %

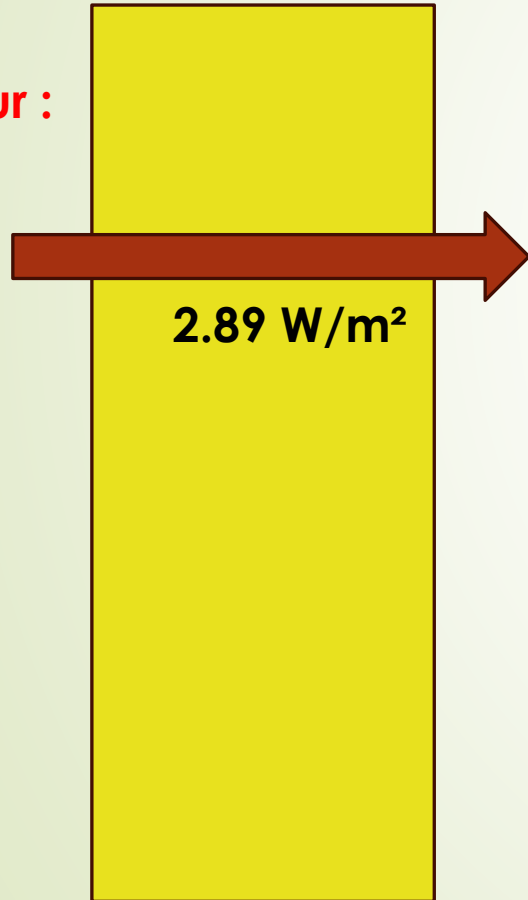
Échange Gazeux



La théorie de l'air humide

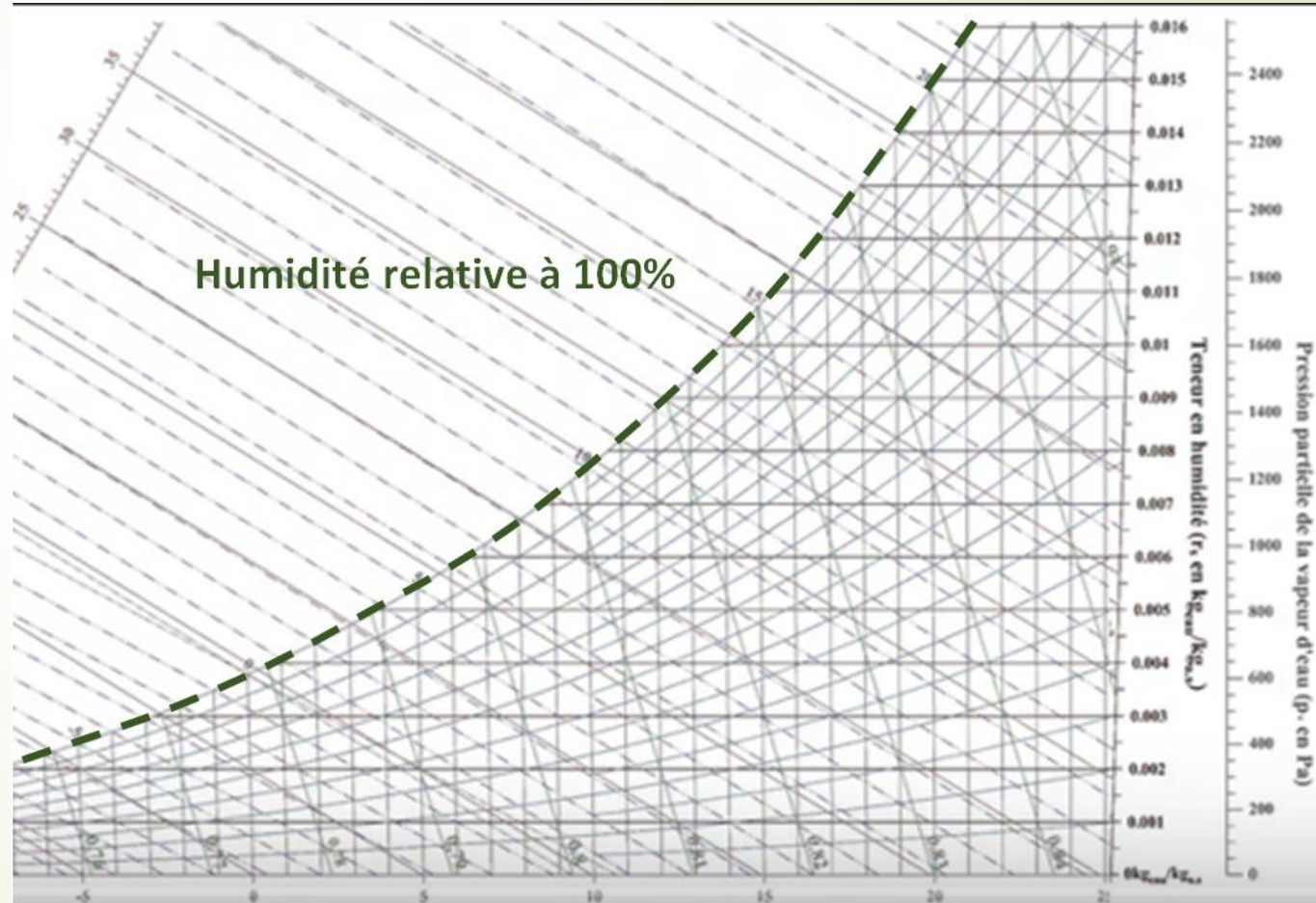
Les différences de pressions entre l'air extérieur et l'air intérieur

Intérieur :
20°C
50 %



2.89 W/m²

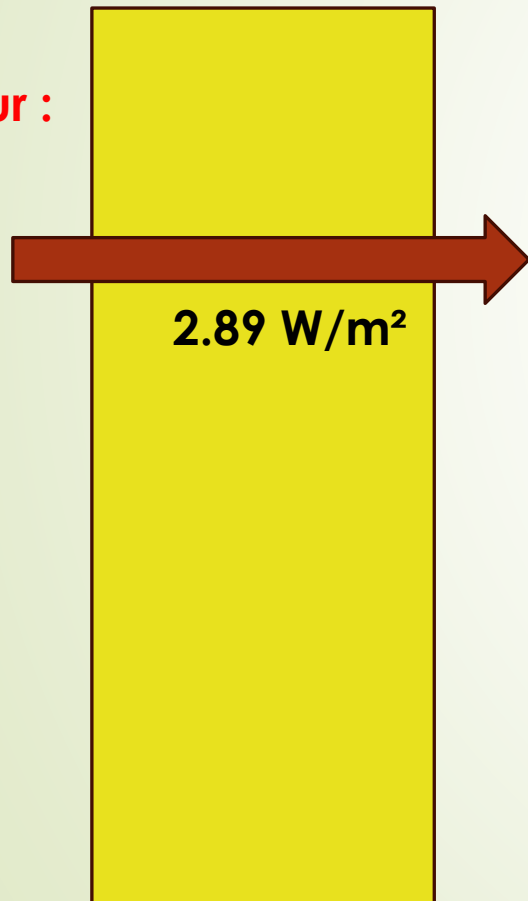
Extérieur :
0°C
90 %



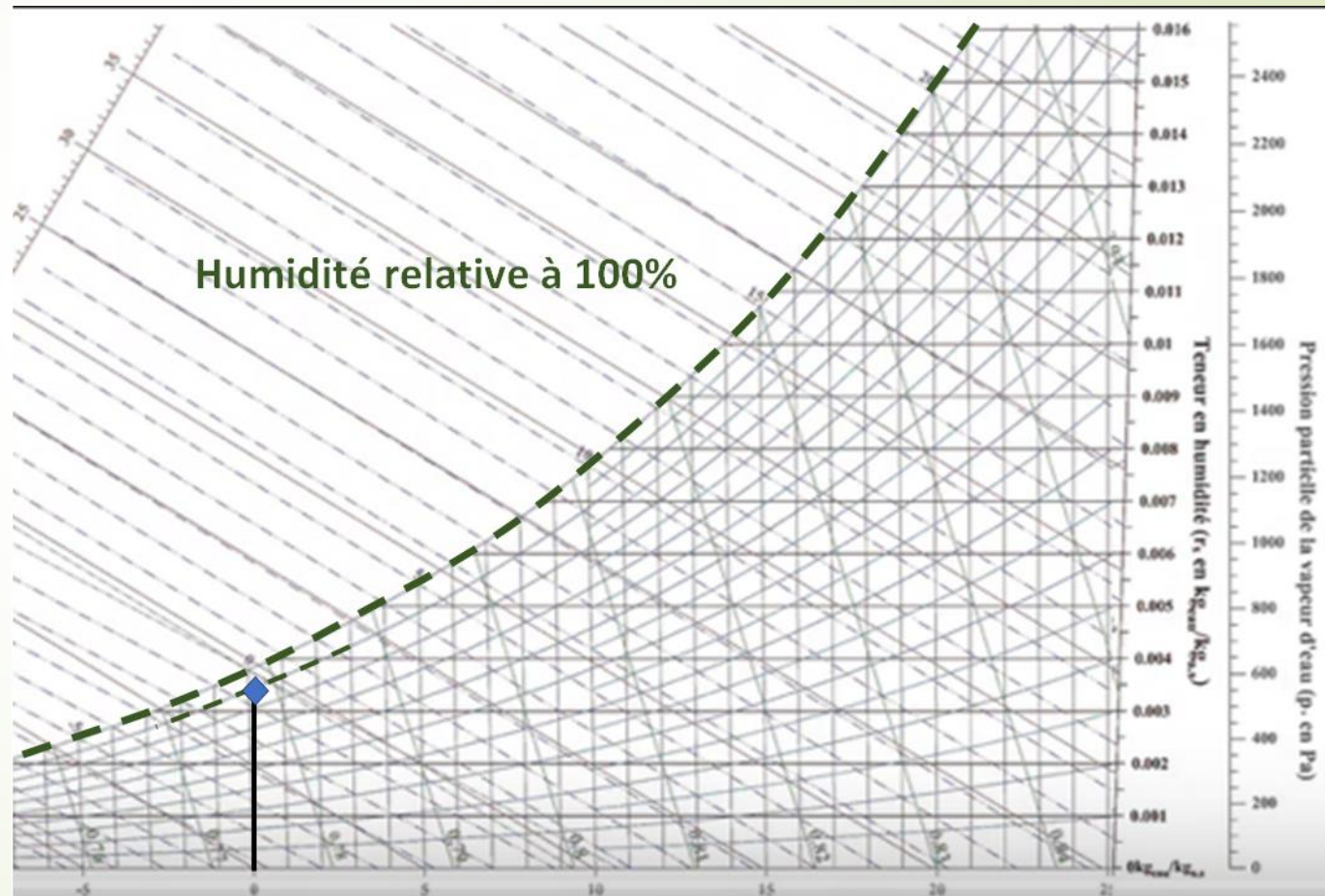
La théorie de l'air humide

Les différences de pressions entre l'air extérieur et l'air intérieur

Intérieur :
20°C
50 %



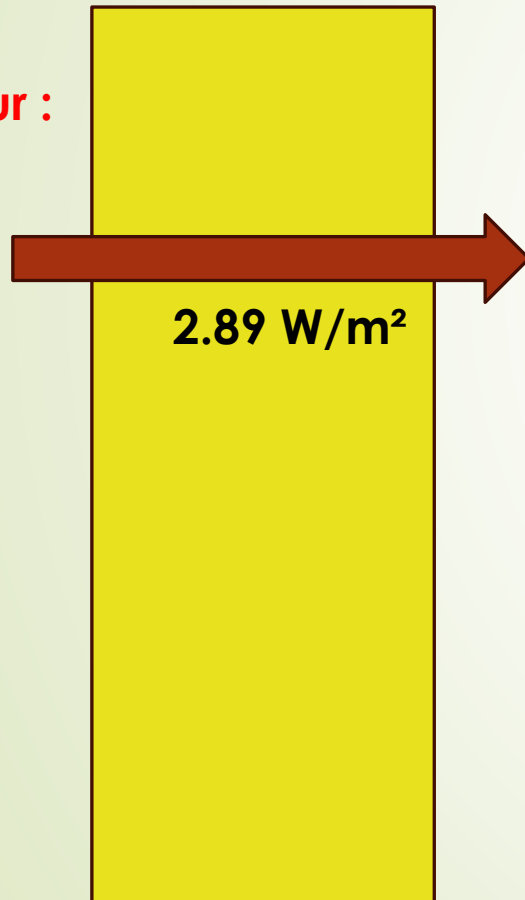
Extérieur :
0°C
90 %



La théorie de l'air humide

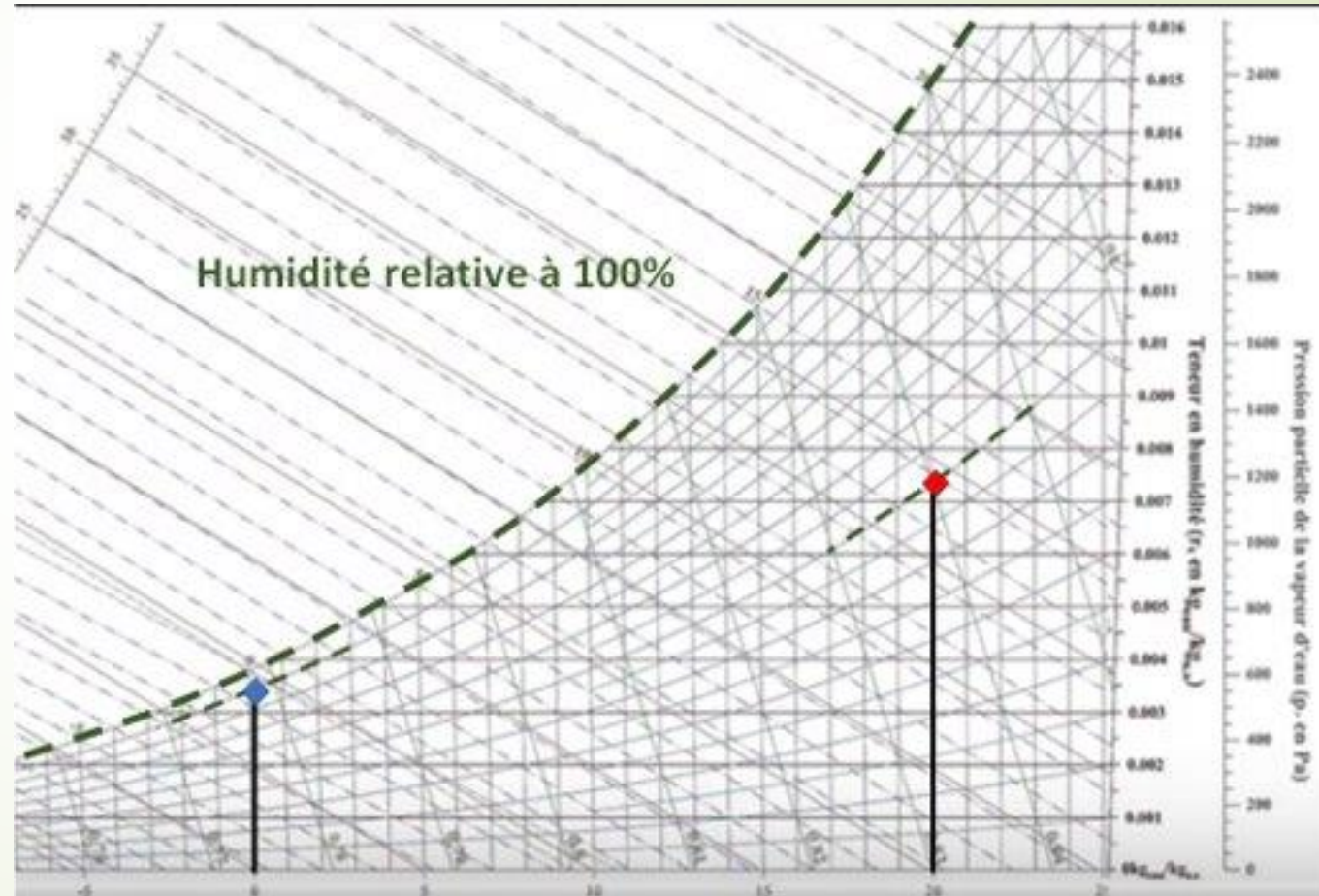
Les différences de pressions entre l'air extérieur et l'air intérieur

Intérieur :
20°C
50 %



2.89 W/m²

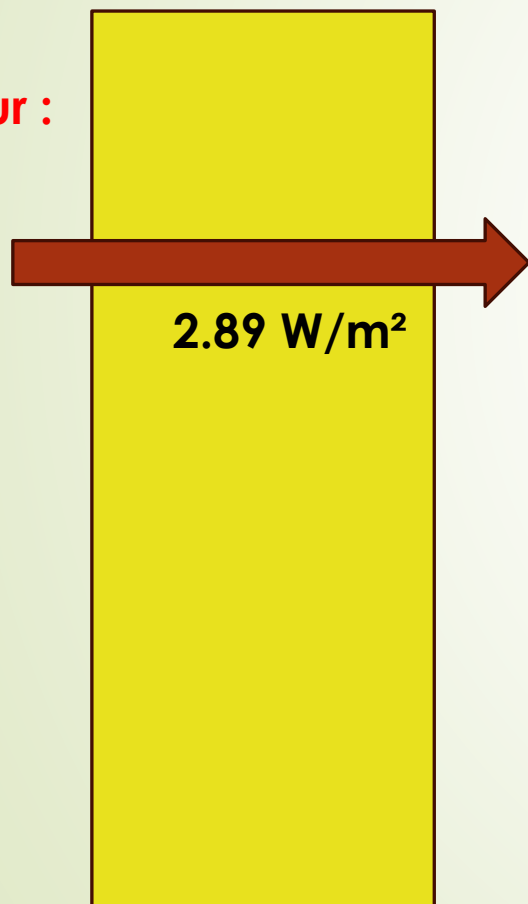
Extérieur :
0°C
90 %



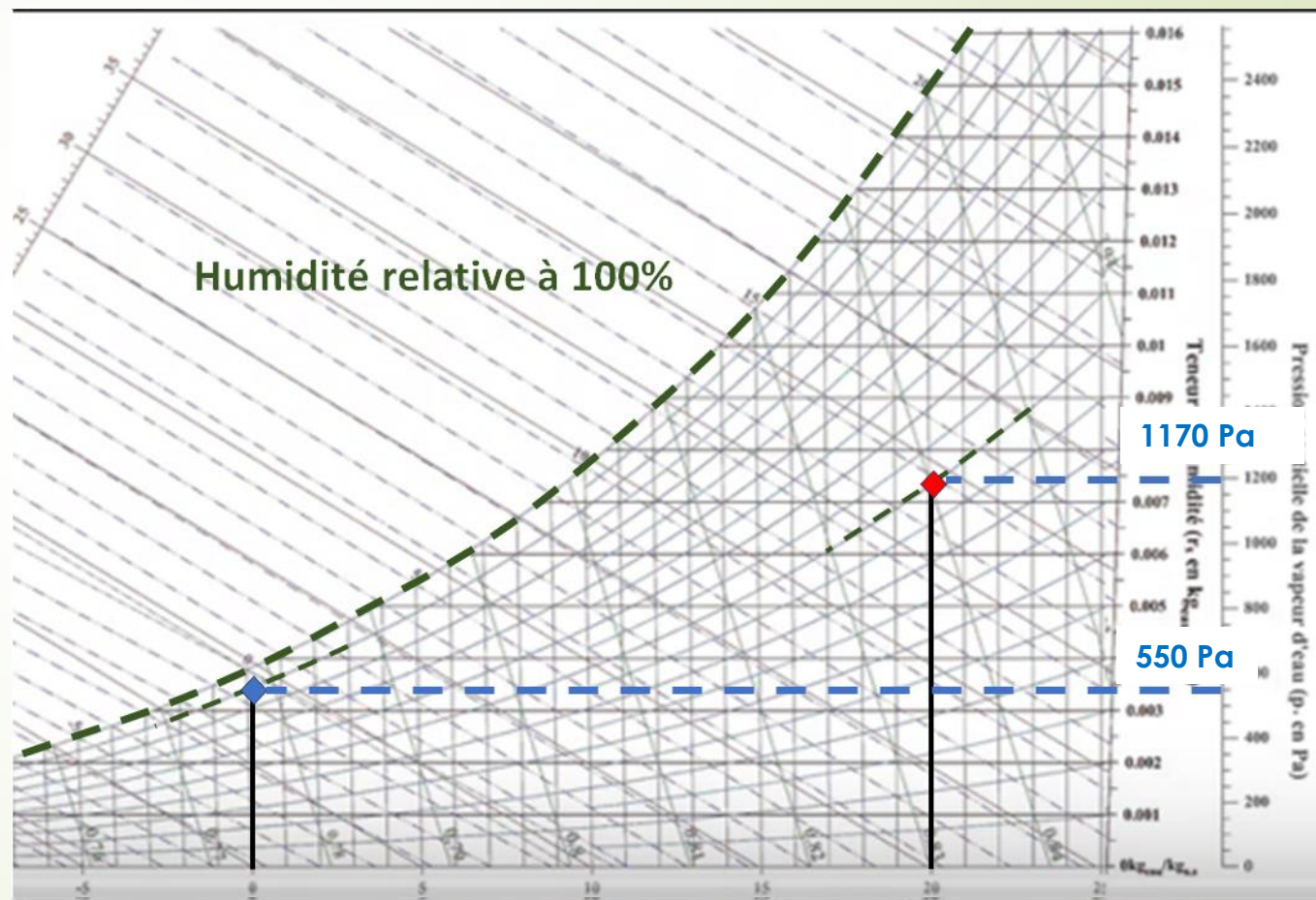
La théorie de l'air humide

Les différences de pressions entre l'air extérieur et l'air intérieur

Intérieur :
20°C
50 %

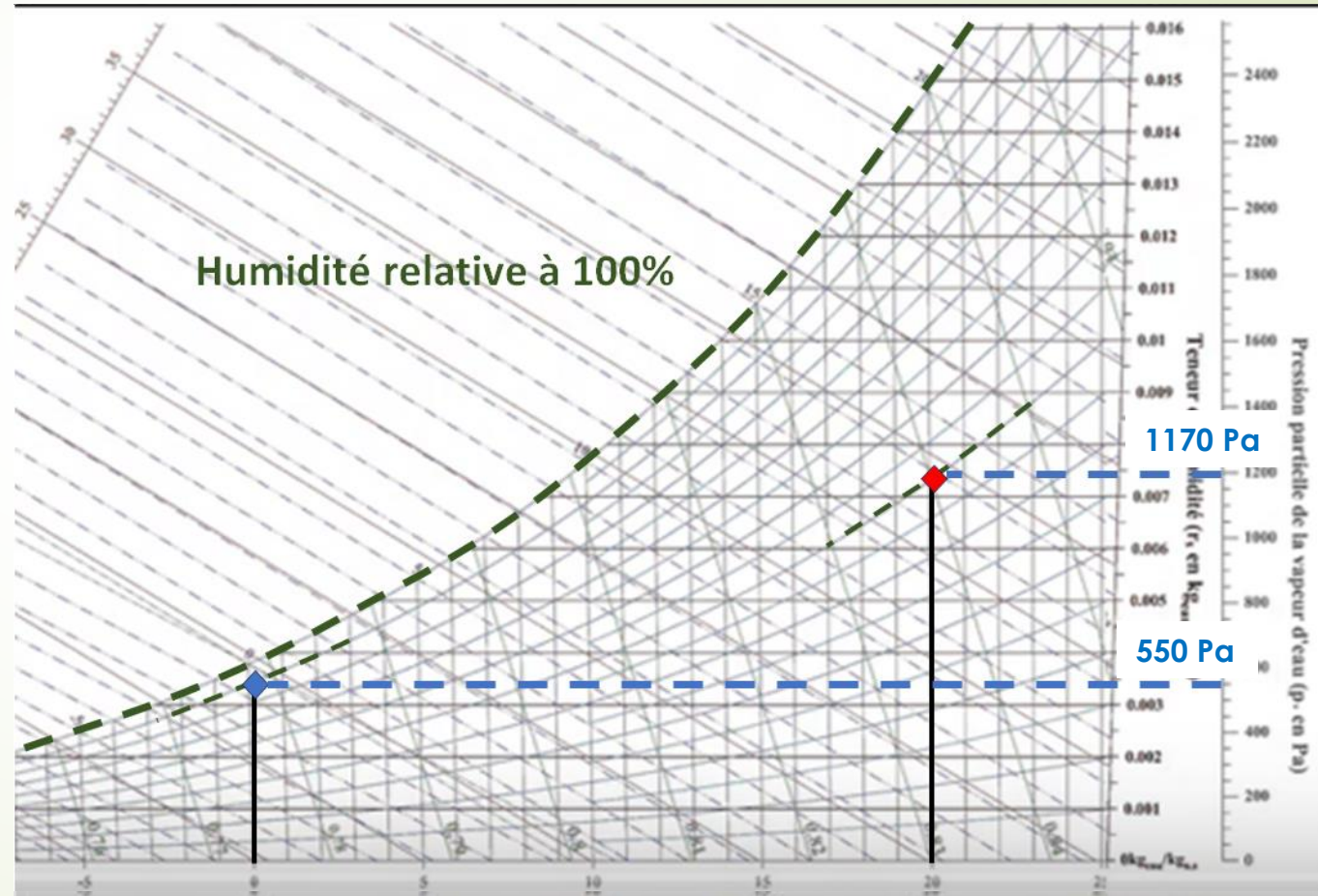
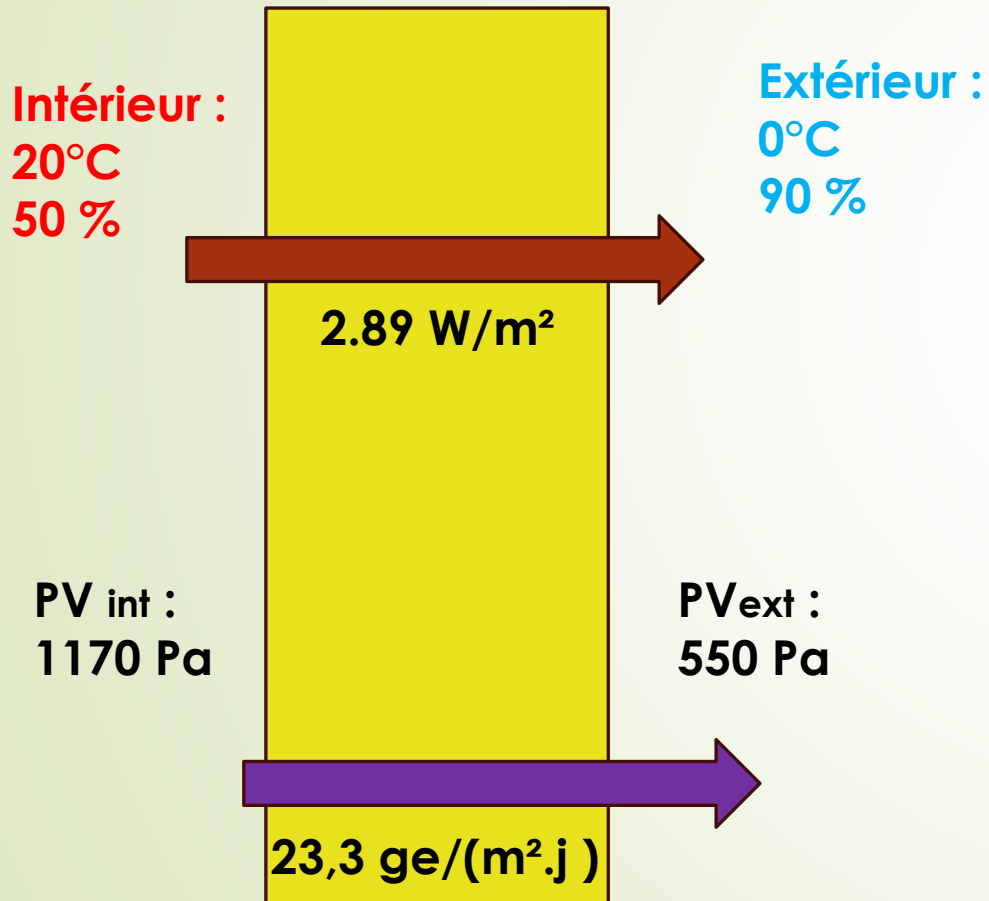


Extérieur :
0°C
90 %



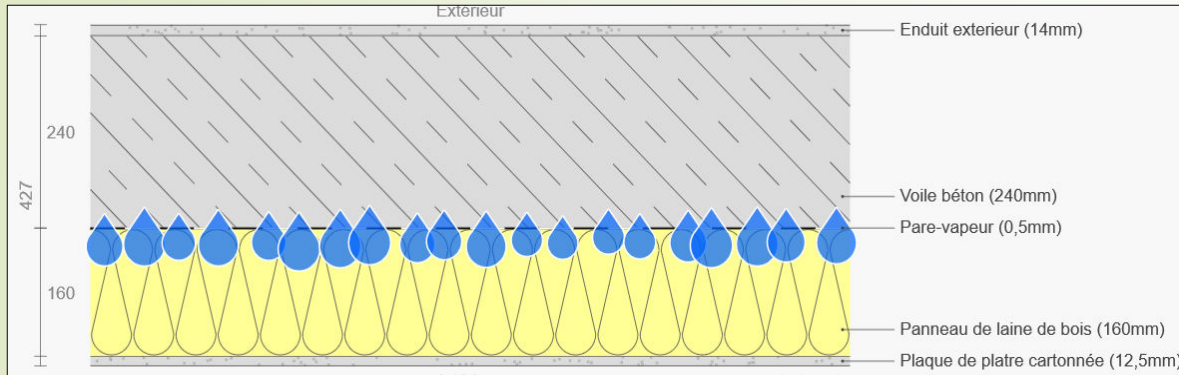
La théorie de l'air humide

Les différences de pressions entre l'air extérieur et l'air intérieur

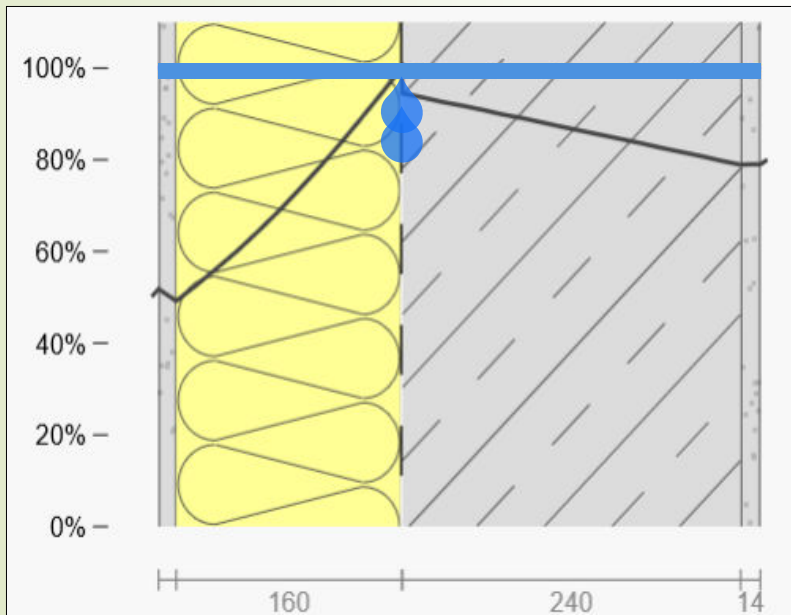


Méthode d'analyse statique : selon le diagramme de Glaser

avec une Isolation intérieure

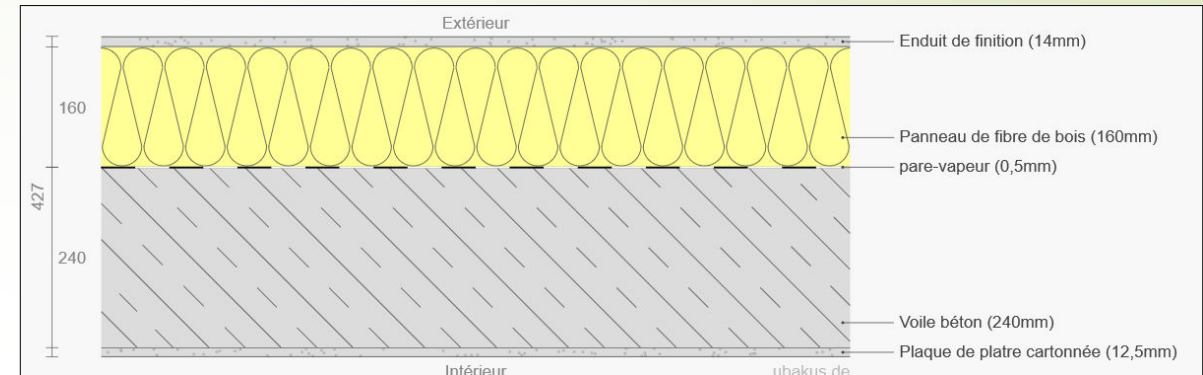


Intérieur

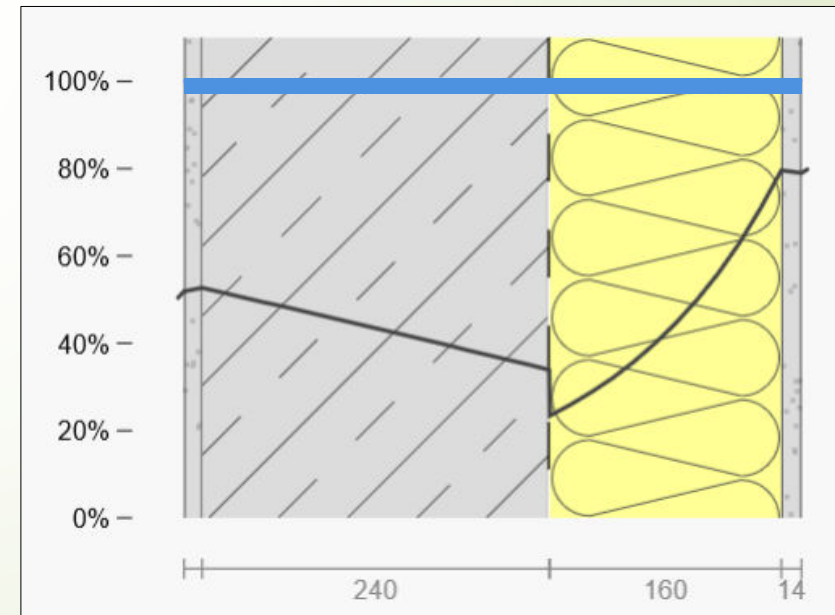


Extrémeur

avec une Isolation extérieure



Intérieur



Extrémeur

Diffusion de la vapeur d'eau

Mesure et identification d'un flux de vapeur d'eau

Q_{vap} : Flux de vapeur d'eau

La vapeur d'eau est poussée par le différentiel de pression
En général de l'intérieur vers l'extérieur

μ : Coefficient de résistance à la diffusion de la vapeur d'eau (sans unité)

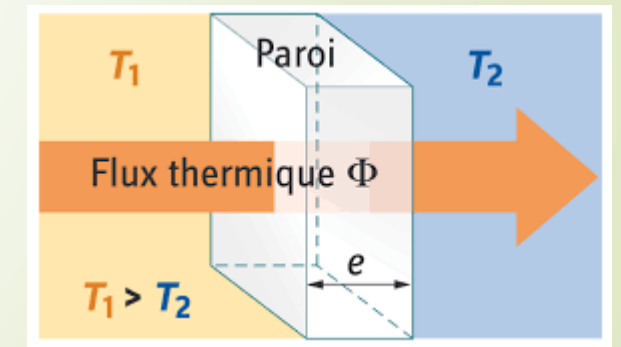
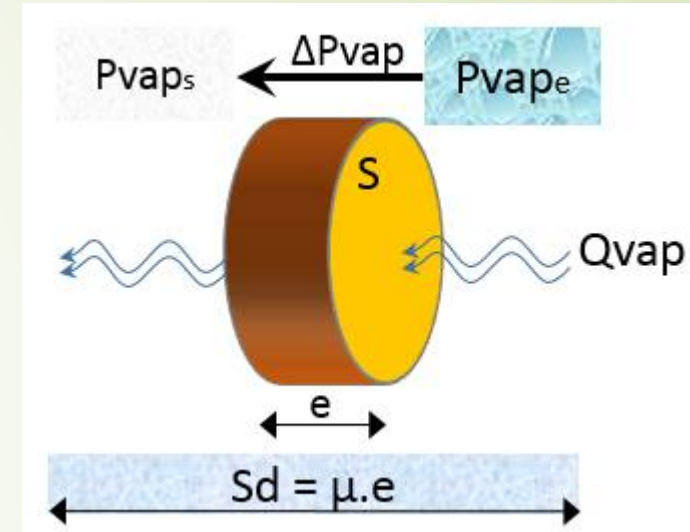
Faible : Ouvert à la migration de vapeur d'eau

Elevé : Fermé à la migration de vapeur d'eau

S_d : Résistance à la diffusion de la vapeur d'eau (m)

C'est l'expression de l'épaisseur d'air équivalente
au passage de la vapeur d'eau.

$$R = e/\lambda \rightarrow S_d = \mu \cdot e$$



$$R = e/\lambda$$

Diffusion de la vapeur d'eau

Exemples chaux/ciment

Enduit à la chaux aérienne	
μ	13
Epaisseur (en m)	0.02
Sd	0.26 m



Enduit au ciment	
μ	25 à 40
Epaisseur (en m)	0.02
Sd	0.5 à 0.8 m



$$\mu \times \text{ép (en m)} = \text{Sd (en m)}$$

Diffusion de la vapeur d'eau

Exemple paille / polystyrène

Paille	
μ	1.15
Epaisseur (en m)	0.37
Sd	0.42 m



Polystyrène expansé	
μ	15 à 150
Epaisseur (en m)	0.24
Sd	3.6 à 36 m



$$\mu \times \text{ép (en m)} = \text{Sd (en m)}$$

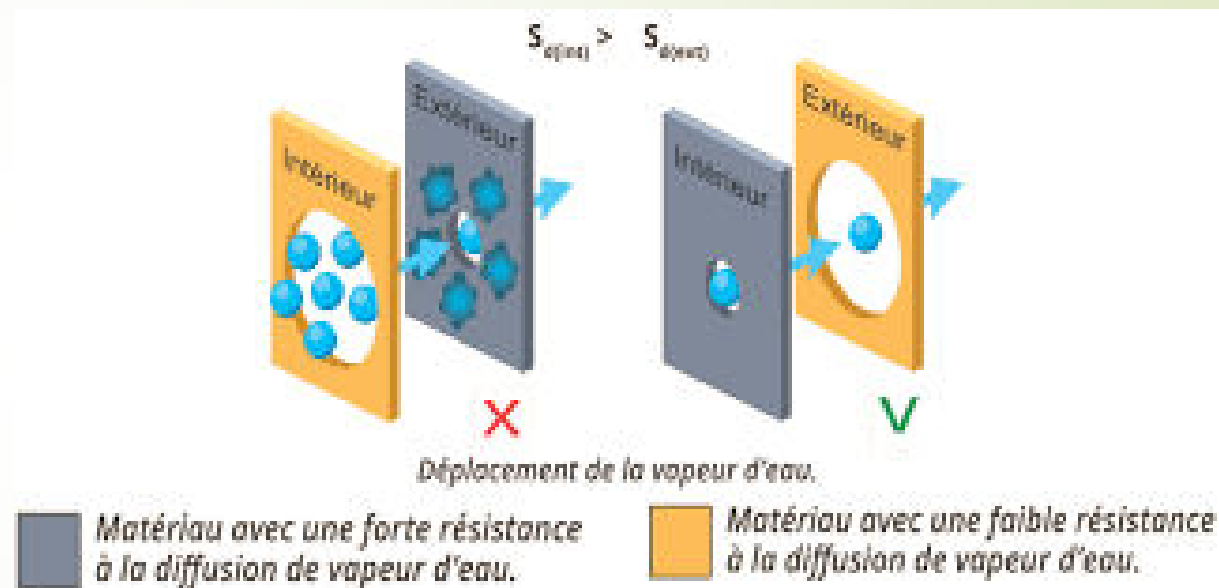
Diffusion de la vapeur d'eau

Principe de l'entonnoir

- Une paroi doit toujours être plus ouverte à l'extérieur qu'à l'intérieur

Règle du 5 pour 1

- Une paroi doit être 5 fois plus ouverte à l'extérieur qu'à l'intérieur



Diffusion de la vapeur d'eau

► Règle du 1/3 - 2/3

La résistance du complexe isolant situé côté chaud du pare vapeur ne doit pas excéder 1/3 de la résistance total de la paroi.

► Les règles évoluent :

- Ancien DTU ossature bois : $Sd_{int} > 100m$
- Actuel DTU ossature bois : $Sd_{int} > 18m$
- Règles pro-paille : $Sd_{int} > 5m$ et $Sd_{ext} < 1m$

► Une forte perspiration de la paroi permet de réduire l'impact des défauts et aléas



Il ne faut pas confondre les Etanchéité (s)

- **Etanchéité à l'eau**
- **Etanchéité à la vapeur d'eau**
- **Etanchéité à l'air**

Mêmes si ces notions sont très liées elles n'en sont pas pour autant équivalentes

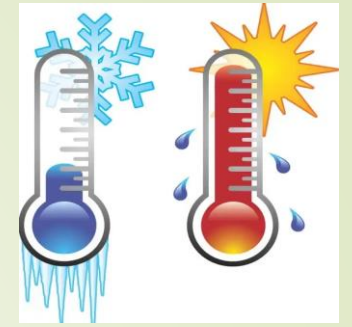
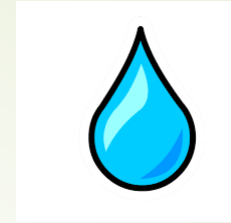
Une membrane pare pluie ne laisse pas passer l'eau mais est très ouverte à la vapeur d'eau

Une membrane frein vapeur ne laisse pas passer l'air mais peut être ouvert à la vapeur d'eau (selon Sd)

Plus la valeur Sd est faible, plus le produit est perméable à la vapeur d'eau.



Typologie des locaux

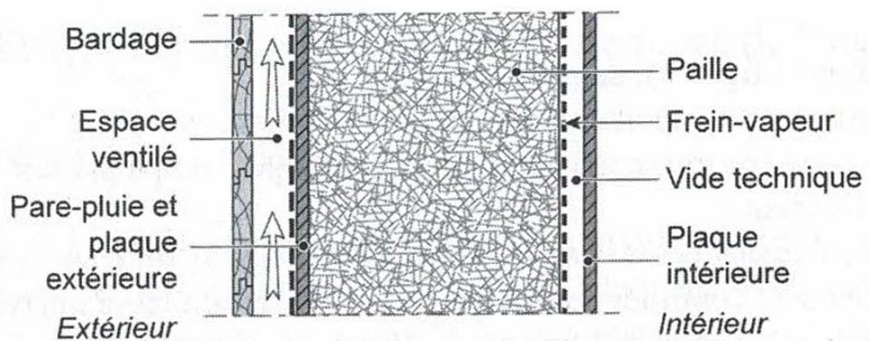
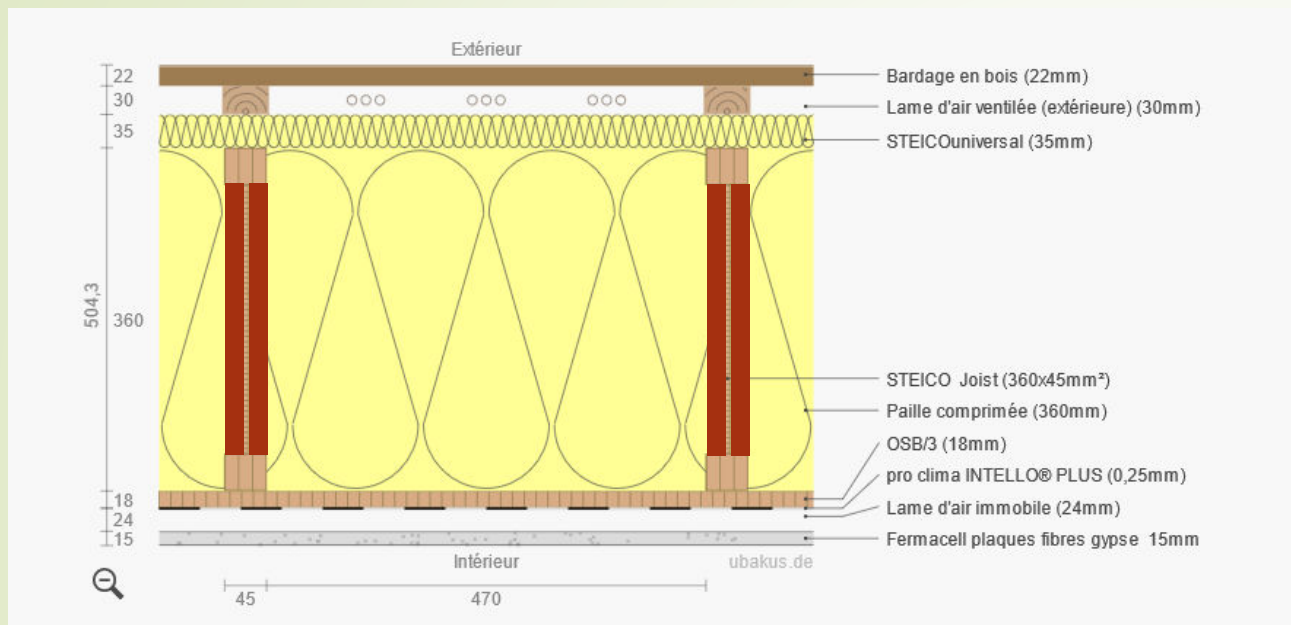


- Cahier du CSTB 3567 de mai 2006, classement des locaux en fonction de l'exposition à l'humidité des parois

LES TYPES DE LOCAUX

- > EA : Locaux secs ou faiblement humides
- > EB : Locaux moyennement humides
- > EB+p : Locaux humides à usage privatif
- > EB+c : Locaux humides à usage collectif
- > EC : Locaux très humides à ambiance non agressive

Solutions constructives selon Règles PRO

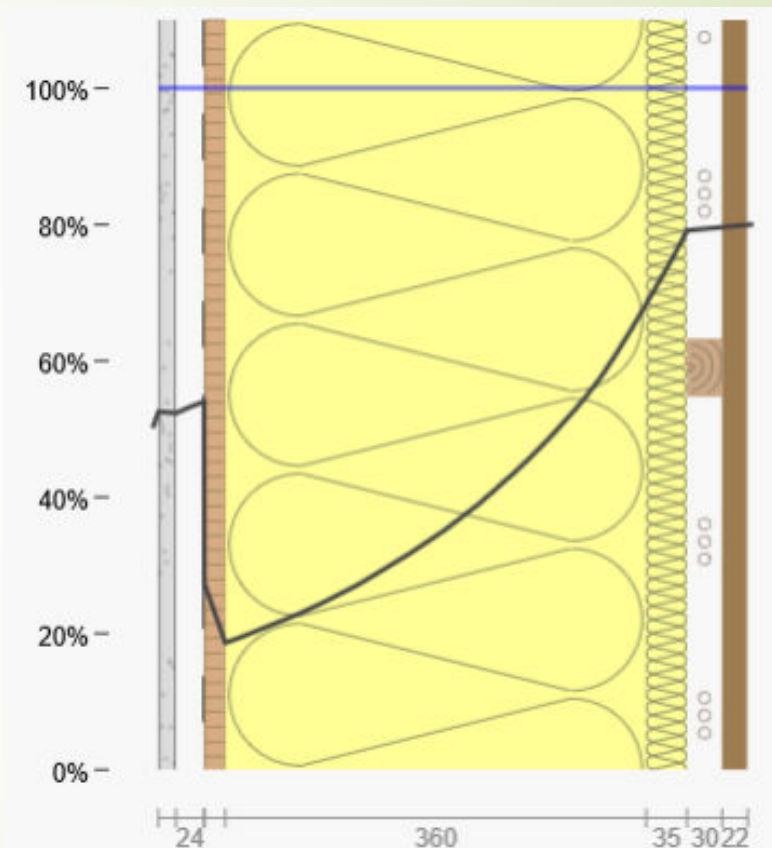


Règle à observer

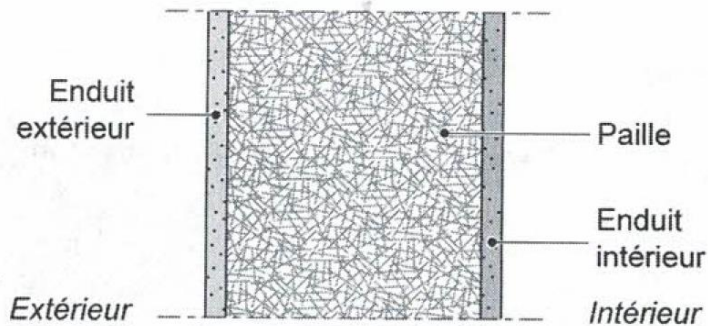
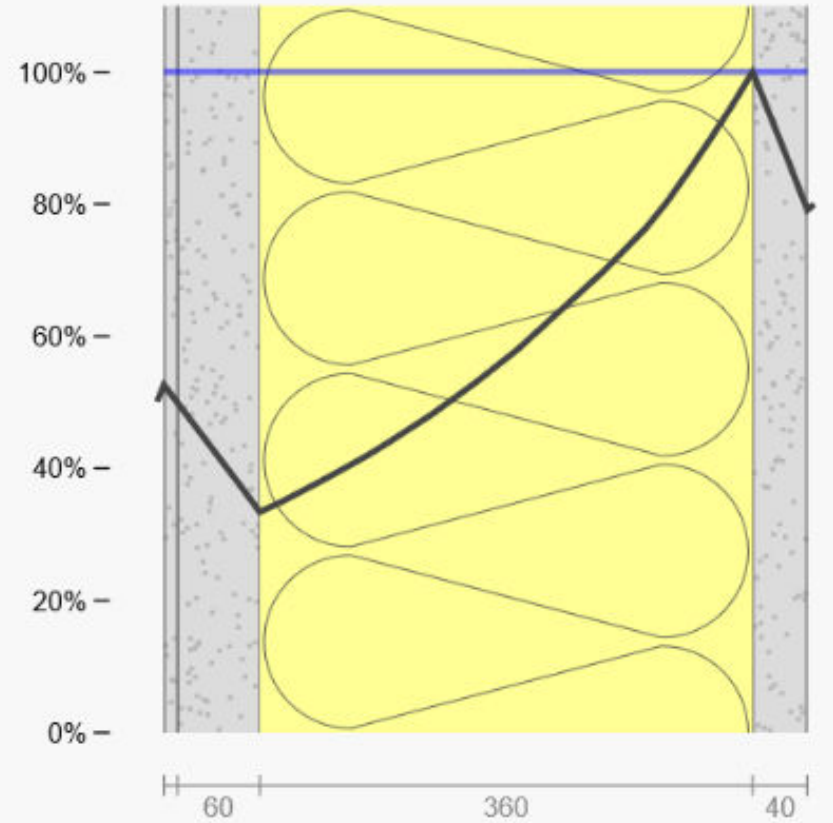
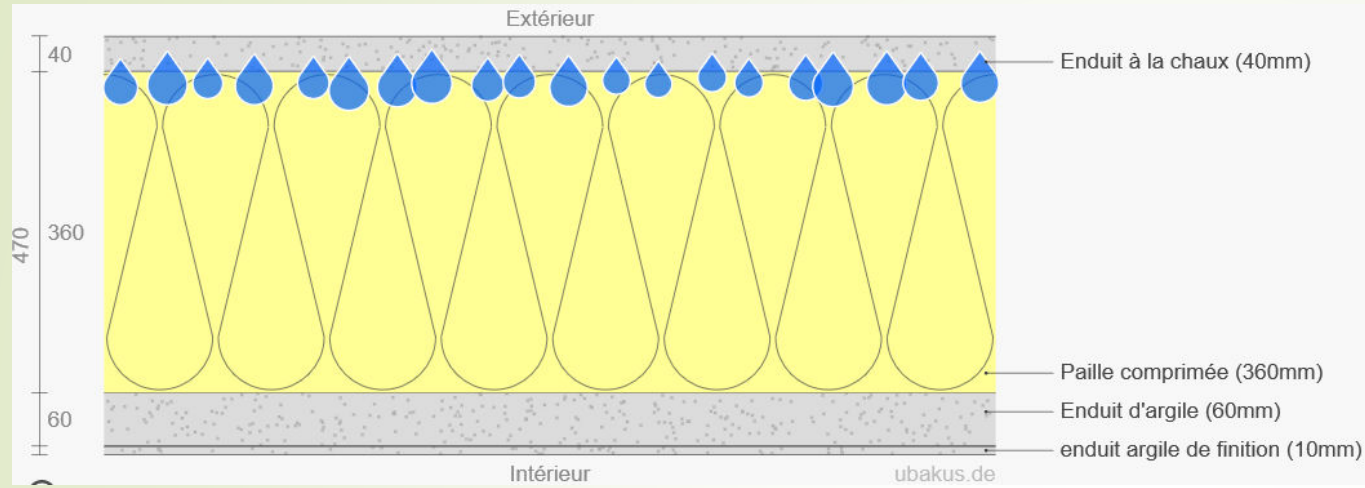
$$Sd_{ext} \leq Sd_{int}/3$$

$$\text{et } Sd_{ext} \leq 1 \text{ m}$$

Fig. 3.10. Différence entre extérieur et intérieur de résistance à la vapeur d'une paroi avec parement (bardage, tuiles, etc.) ventilé et plaques à l'extérieur et à l'intérieur



Solutions constructives selon Règles PRO



Règle à observer

$$Sd_{\text{ext}} < Sd_{\text{int}}$$

ou

$$Sd_{\text{ext}} \leq 1 \text{ m}$$

Fig. 3.8. Différence entre extérieur et intérieur de résistance à la vapeur d'une paroi avec enduits à l'extérieur et à l'intérieur

Méthode d'analyse dynamique :

- Prise en compte les variations d'humidité journalières et saisonnières
- Considération du séchage de la condensation
- Prise en compte les effets de rayonnement des matériaux
- Prise en compte l'effet de l'absorption d'humidité par les matériaux

Logiciels :



Vigilances de chantier

- Variabilité du S_d d'un produit à l'autre
- Défaut d'étanchéité à l'air
- Apport en saturation en eau des interventions d'une filière humide
- Modification du comportement d'une paroi existante en terme d'isolation
- Ponts thermiques linéiques ou ponctuels
- Rayonnement froid et inconfort thermique



Effet de l'air humide sur le confort

Confort et hygiène des usagés

- **1** : air trop sec
- **2** : développement de bactéries et microchampignons
- **3** : développement d'acariens
- **4** : zone de confort

Conséquences

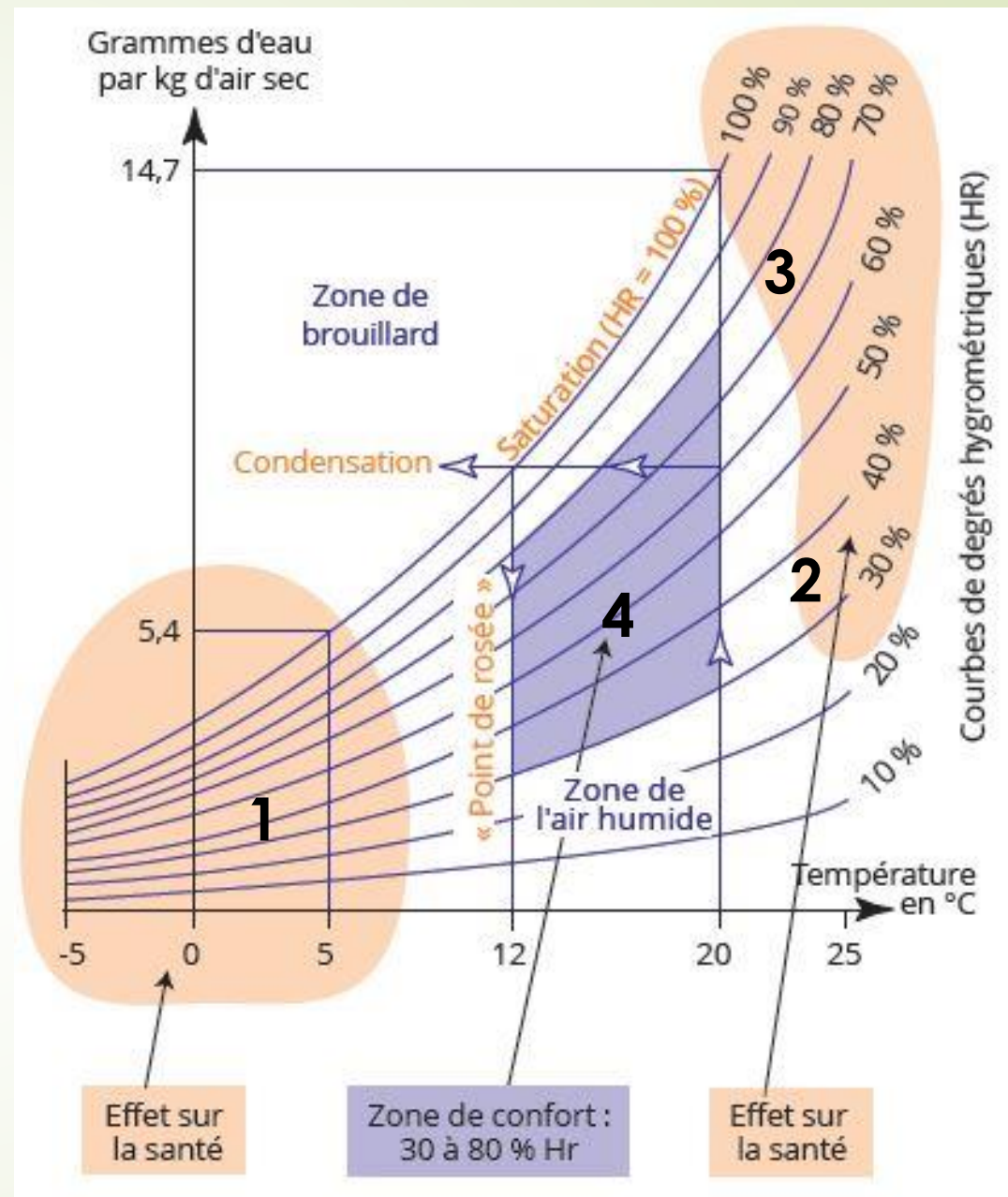
- Moisissures
- Perte d'isolation
- Toute conséquence d'un dégât des eaux

Economie de chauffage

- **1 joule** chauffe 1g d'**air sec** de 1°C
- **1 calorie** chauffe 1g d'**eau** de 1°C

- **1 calorie** = **4,18 joules**

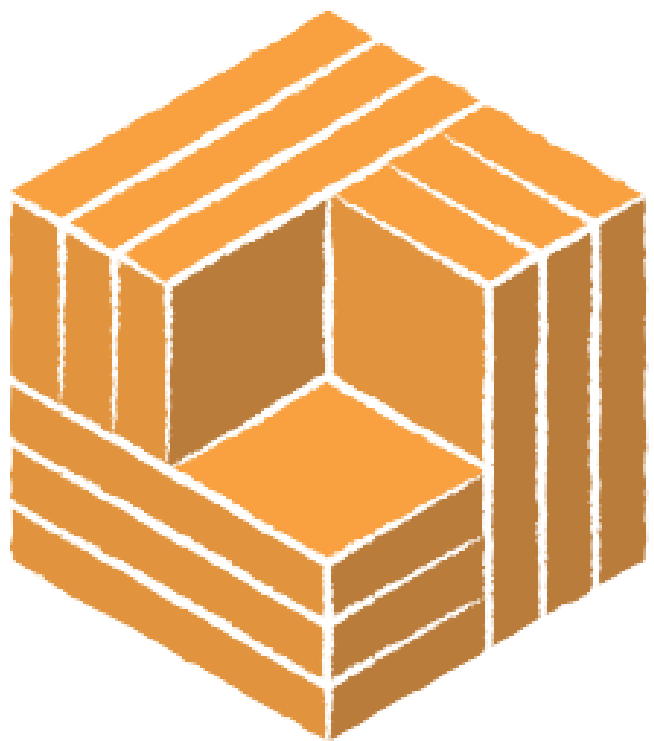
Il faut donc **2 à 3 fois plus d'énergie pour chauffer de l'air humide que de l'air sec**



Mesures préventives en conclusion

- **Permettre l'évacuation de l'humidité** ou l'empêcher d'entrer dans la paroi.
- **Anticiper la gestion de l'humidité courante et exceptionnelle dès la conception.**
- **Surveiller la mise en œuvre.**





Collectif Paille

Hauts-de-France

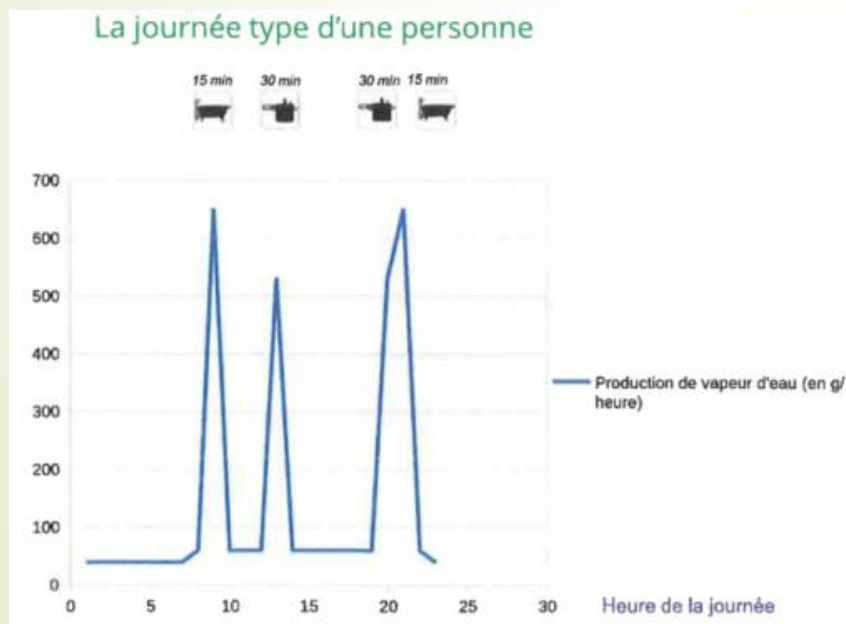
MERCI !

Variations dans le temps

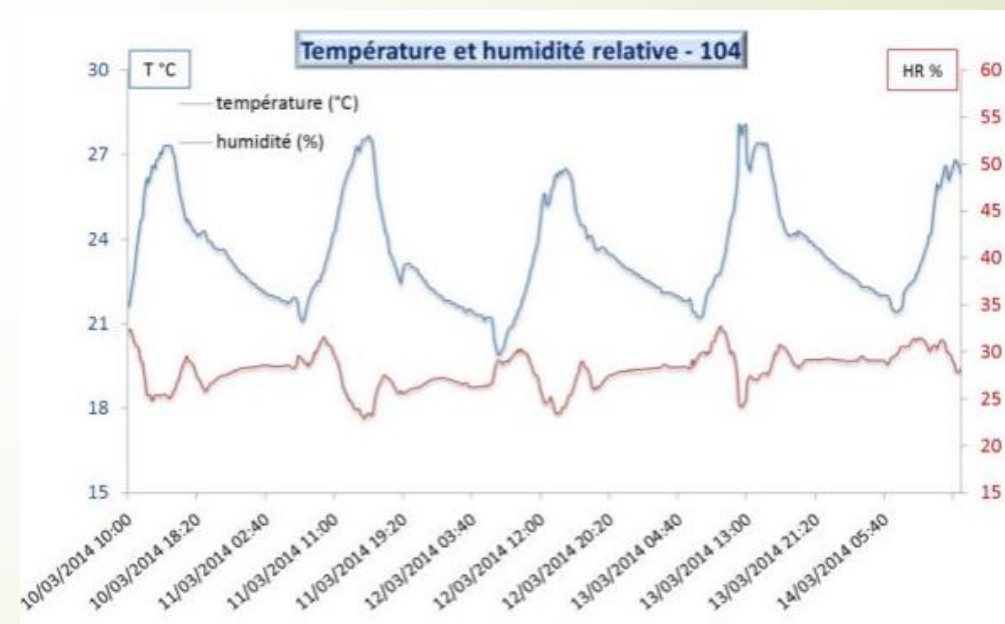
J'y pense, la température et l'humidité ça change tout le temps, non ?

Production journalière à **l'intérieur de habitat** :

- Salle de bains
- Cuisine
- Séchage du linge



Source : document de formation formawood

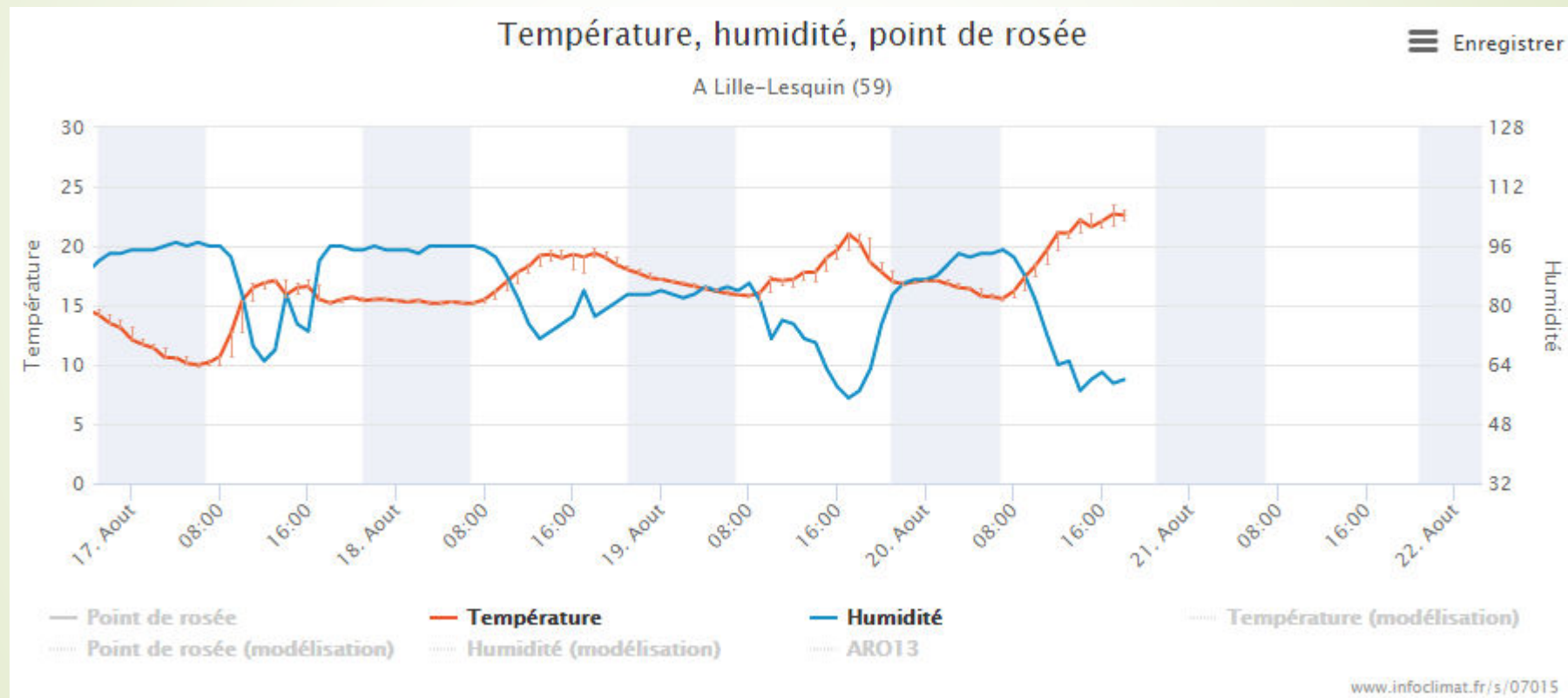


Source : http://www.atmo-alsace.net/medias/produits/Suivi_de_la_qualite_de_8.pdf

Variations dans le temps

J'y pense, la température et l'humidité ça change tout le temps, non ?

Variation journalière en **extérieur** :

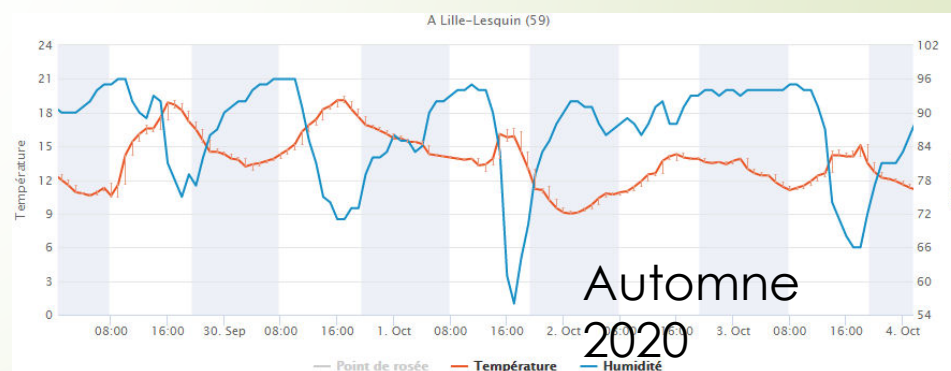
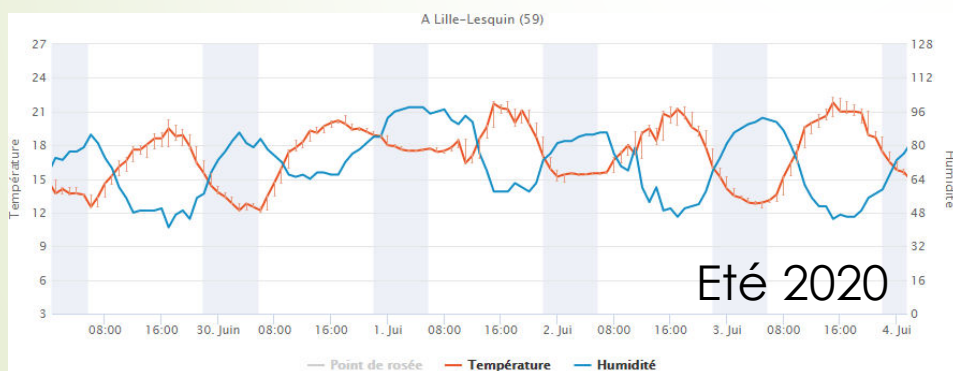
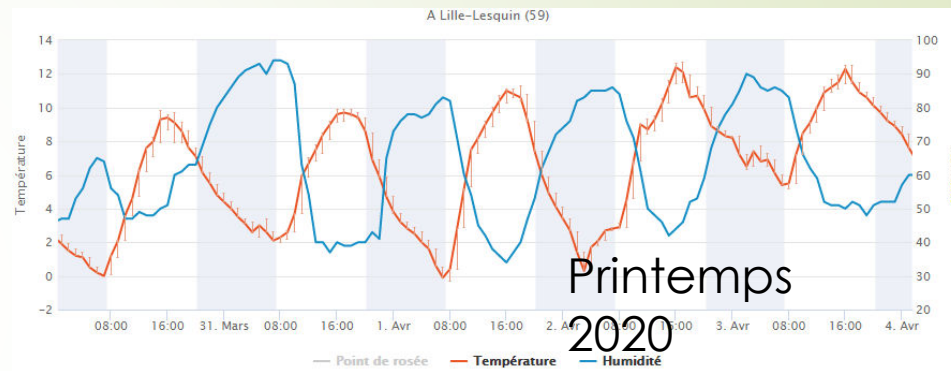
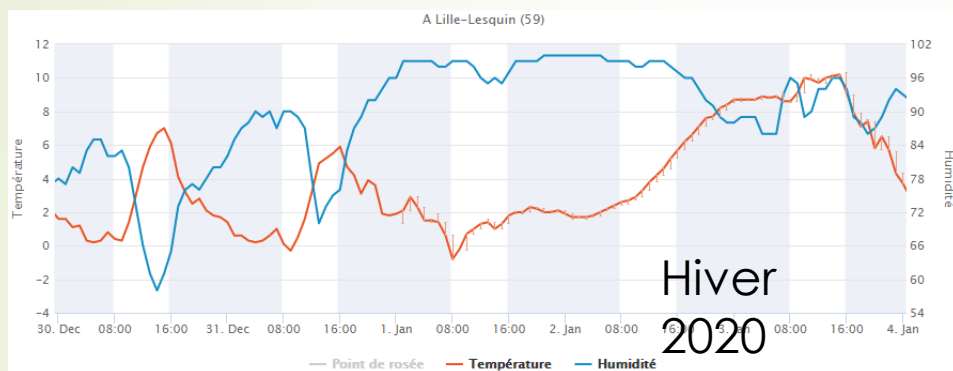


Source : <https://www.infoclimat.fr/>

Variations dans le temps

J'y pense, la température et l'humidité ça change tout le temps, non ?

Variation saisonnière en **extérieur** :



Source : <https://www.infoclimat.fr/>

Variations dans le temps

C'est quand même compliqué, je dois tenir compte de tous ces changements ?

Valeurs à retenir dans des conditions standard :

Hiver

- Intérieur : $T^{\circ} = 20^{\circ}\text{C}$ Hr = 50 % (60% pour les salles d'eau)
- Extérieur : $T^{\circ} = -5^{\circ}\text{C}$ Hr = 80 %



Eté

- Intérieur : $T^{\circ} = 20^{\circ}\text{C}$ Hr = 50 % (60% pour les salles d'eau)
- Extérieur : $T^{\circ} = 30^{\circ}\text{C}$ Hr = 70 %



Les variations journalières sont lissées car rapidement variables

Variations météo

Ca n'est pas si compliqué en fin compte, c'est toujours **valable** ?

Inversion du flux de vapeur d'eau en conditions météo exceptionnelles

- Forte chaleur
- Orages
- Brouillard

