

FORMATION BATIMENT DURABLE

ENVELOPPE : ISOLATION DE LA FAÇADE À RUE

AUTOMNE 2023

Isolation par l'intérieur

Diffusion de vapeur d'eau et étanchéité à l'air



bruxelles
environnement
leefmilieu
brussel
.brussels

Pierre WILLEM
écorce
INGÉNIERIE & CONSULTANCE



- ▶ Comprendre le rôle de chacun des composants de la paroi
- ▶ Être capable de déterminer la tendance de durabilité de la paroi
- ▶ Savoir quels outils utiliser



INTRODUCTION

- ▶ **Définitions**
- ▶ **Outils**

PAROIS



DÉFINITIONS – ETANCHEITE A L'AIR VS VAPEUR

Etanchéité à l'air

- ▶ Contre les fuites d'air directes (via imperfection)
- ▶ Différence de pressions (vents,...)

Etanchéité à la vapeur

- ▶ Régulation de la vapeur d'eau (via les matériaux composant la paroi)
- ▶ Différence de pression **de vapeur d'eau**

En réalité... souvent le même composant qui joue (en partie) les 2 rôles...



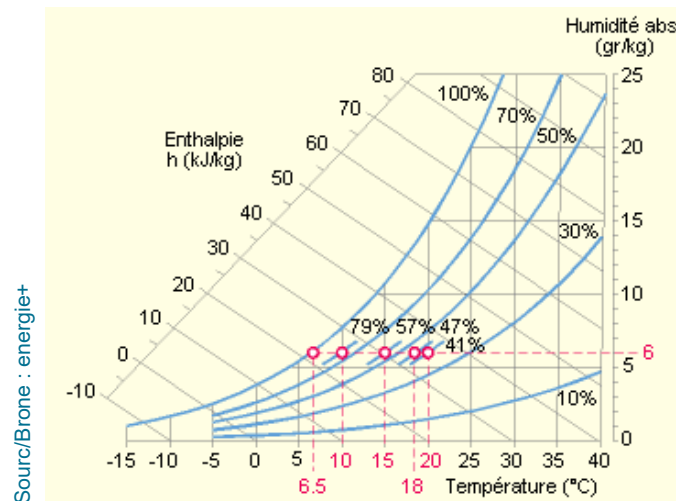
Humidité relative ou *degré d'hygrométrie*

(ϕ) [%]

- Rapport entre la pression partielle de vapeur d'eau " p_v " et la pression de saturation de la vapeur d'eau « p_{vs} »

$$\phi = 100 \times p_v / p_{vs}$$

		Température [°C]	Humidité absolue [g _{eau} /kg _{airsec}]	Humidité relative [%]	Remarques
A	automne (matin)	6,5	6	100	brouillard ou pluie
B	automne	10	6	79	brouillard ou brume
C	chauffé à	15	6	57	
D	chauffé à	18	6	47	
E	chauffé à	20	6	41	



DÉFINITIONS – LES MATÉRIAUX

Humidité de matériaux

(W) [%]

- Indice pour déterminer la teneur en eau réelle des matériaux au moment de l'expérience.

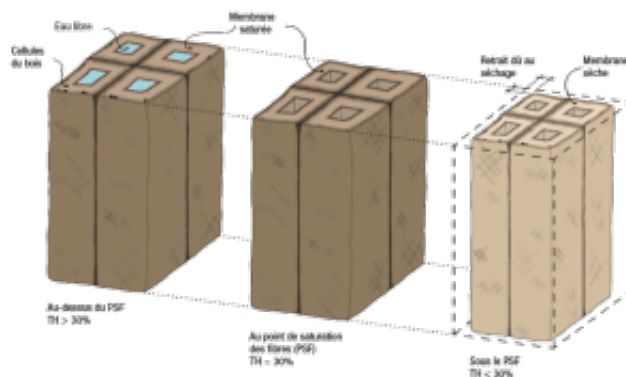
$$W = \frac{G_h - G_s}{G_s} \cdot 100\%$$

où

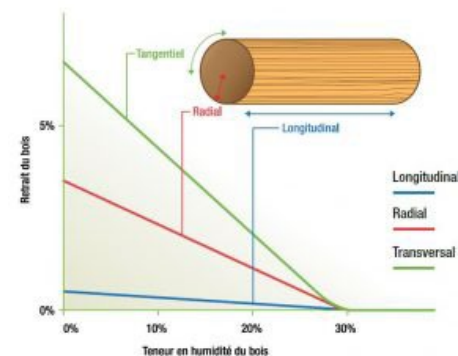
G_s – est la masse sèche d'échantillon (après passage à l'étuve)

G_h – est la masse humide d'échantillon.

- Le degré de l'humidité des matériaux dépend de beaucoup de facteurs, surtout de l'atmosphère où ils sont stockés, le vent, la température et de la porosité du matériau.



Sourc/Brone : cecobois.com





Détection de la présence d'humidité

► Humidimètre résistif

- < 100-200 €
- Pas cher mais attention à la sensibilité aux sels hygroscopiques



Source/Bron : www.cdiscout.com

Humidimètre capacitif



Source/Bron : www.conrad.fr



DÉFINITIONS – LES MATÉRIAUX

**Détection de la présence d'humidité**

- ▶ Bombe à carbure
 - 600-1.000 €
 - Seule mesure juridiquement recevable



Source/Bron : SODIF



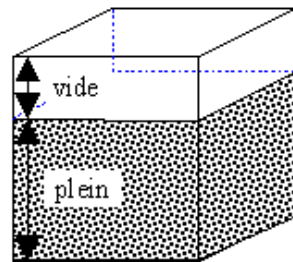
Porosité

(n) [%]

- La porosité est la propriété d'un matériau qui contient des pores ou cavités de petite taille et pouvant contenir des fluides (liquide ou gaz).

Une structure poreuse peut être :

- fermée, lorsque les pores ne sont pas reliés entre eux (exemple : le verre cellulaire),
 - ouverte, lorsque les pores sont reliés entre eux (exemples: brique, béton) et forment des canaux très fins.
- Lorsque la structure est **ouverte**, elle permet :
 - l'absorption d'eau : les canaux se comportent comme des tubes capillaires → matériaux capillaires,
 - la progression de la vapeur d'eau → matériaux perméables à la vapeur d'eau,
 - le passage de l'air matériaux perméables à l'air.



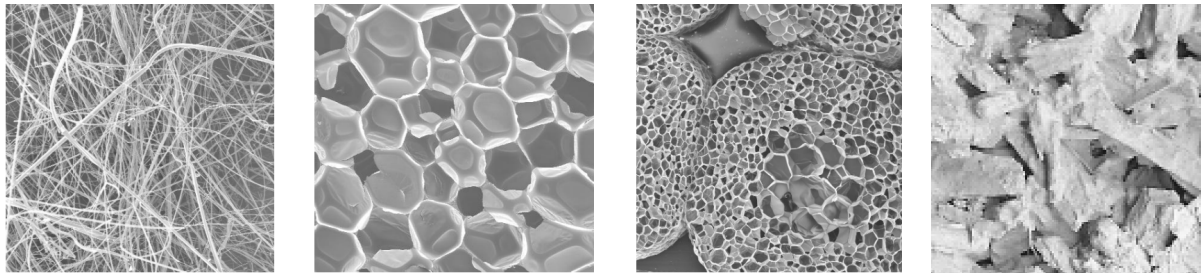
$$p = \frac{\text{volume de vide}}{\text{volume total}}$$



Porosité

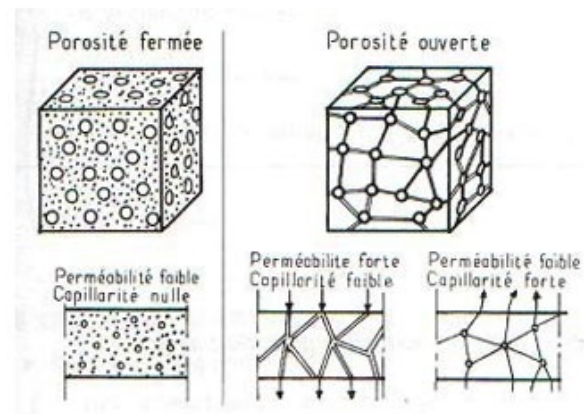
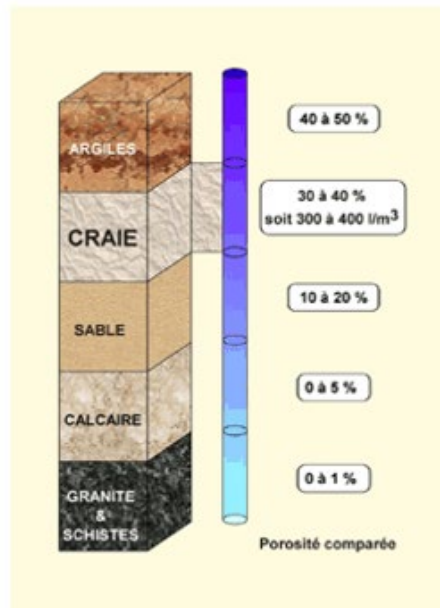
(n)

[%]



Source/Bron : A. Evrard

Source/Bron : Insulation materials, éd. Details

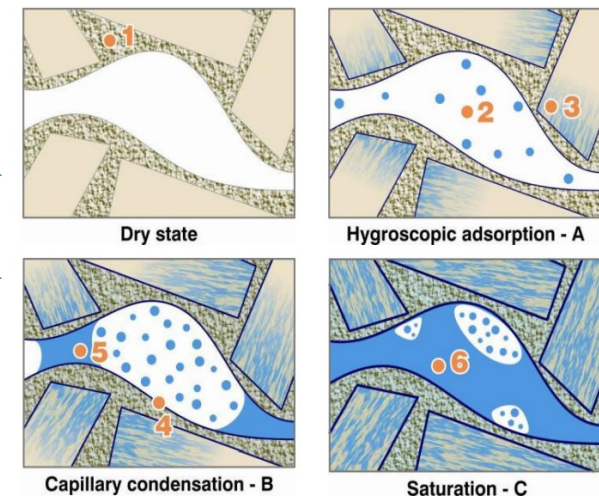
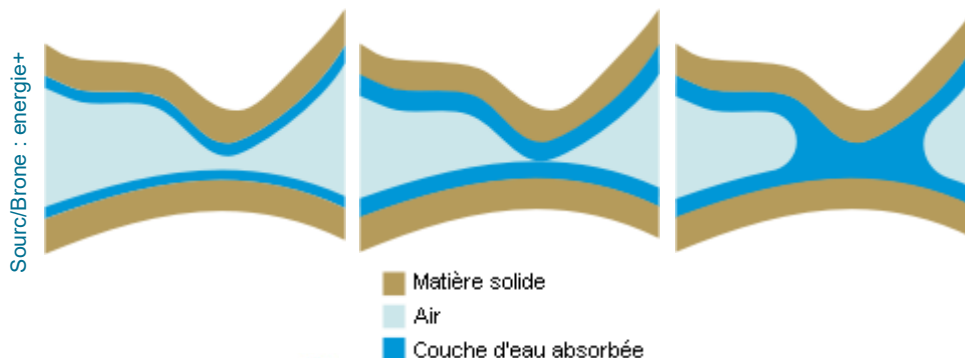


Source/Bron : LAB'cercle

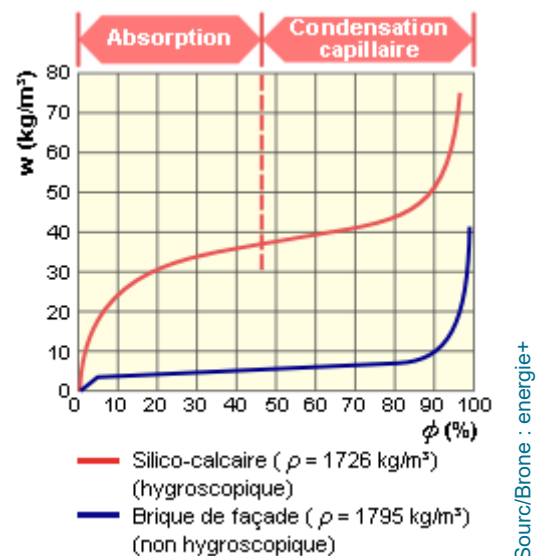


Hygroscopicité

- ▶ Un matériau **poreux et à pores ouverts** placé dans un air humide va absorber une certaine quantité d'humidité qui dépend uniquement de l'humidité relative de l'air et qui lui est proportionnelle. Ainsi, un matériau tout à fait sec placé dans l'air humide voit sa masse augmenter. Un état d'équilibre s'établit après un certain temps.
- ▶ Lorsque l'humidité relative de l'air est élevée, la teneur en humidité à l'équilibre des matériaux hygroscopique est si élevée qu'elle favorise le développement de moisissures.
- ▶ Des moisissures apparaissent :
 - sur des objets en cuir : pour une humidité relative (HR) à partir de 76 %
 - sur du bois et de la laine : pour $HR > 85 \%$
 - sur du coton et de la laine de verre : pour $HR > 96 \%$



Hygroscopicité



Matériau	Masse volumique (kg/m³)	Pourcentage de micropores (% du volume de matériau) en (m³/m³)
Brique	1 950	0,8 - 1,1
Béton cellulaire	40	4 - 12
Plafonnage de chaux	1 800	4,7
Plaques de plâtre	800 - 1 400	10
Bois résineux	500	12 - 15



Perméance

(W)

[ng/s·m²·Pa]

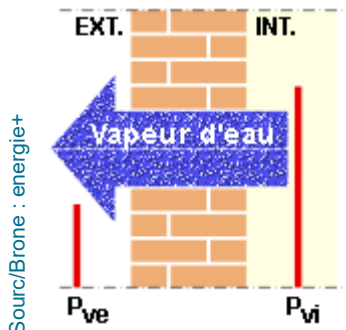
- ▶ degré auquel un matériau permet un flux de matière, dans ce cas-ci, de vapeur d'eau.
- ▶ On l'exprime en mesurant la masse d'eau qui traverse un matériau par unité de temps, de surface et de différence de pression de vapeur de part et d'autre du matériau.
- ▶ Plus cette valeur est élevée, plus la vapeur traverse aisément la paroi.
- ▶ UNITE [Perm]
 - « Perm US », utilisé aux États-Unis et encore au Canada, dans une certaine mesure, qui s'exprime en grains/pi²·h·po Hg*
 - « Perm métrique », en unité du SI (g/jour·m²·mmHg).

La correspondance entre les deux est simple :

1 perm US = 0,659045 perm métrique = 57 ng/s·m²·Pa

1 perm métrique ≠ 57 ng/s·m²·Pa.

1 perm métrique ≈ 86,8 ng/s·m²·Pa.

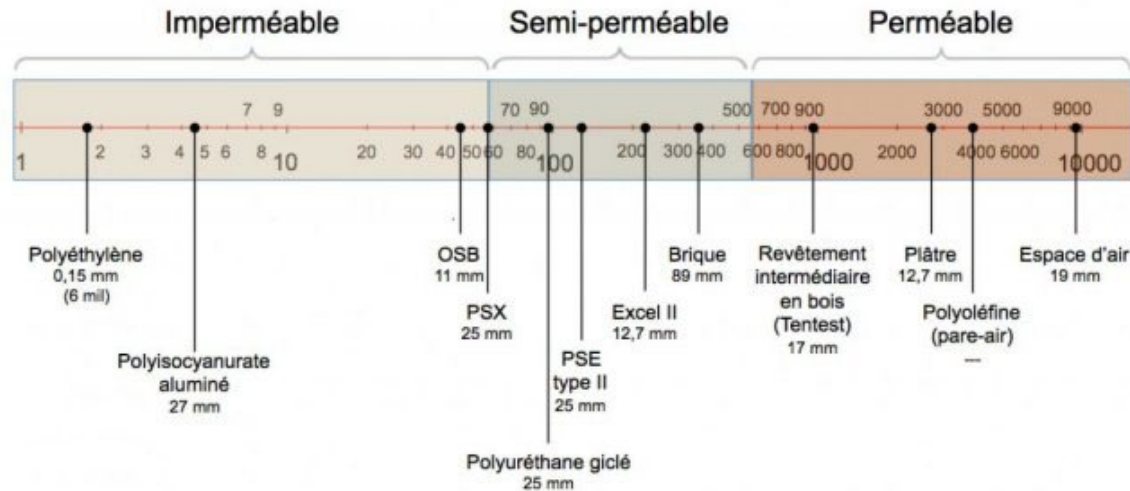


Perméance

(W)

[ng/s·m²·Pa]

- Un matériau est dit
- « imperméable » si sa perméance < 1 perm US ou 57 ng/s·m²·Pa.
 - semi-imperméable entre 57 et 570 ng/s·m²·Pa (1 – 10 perm US).
 - perméable au-dessus de 570 ng/s·m²·Pa (> 10 perm US).

Figure 1 – Perméance de divers matériaux [ng/s·m²·Pa]

Perméabilité à la vapeur d'eau**(δ)****[ng/s·m·Pa]**

- ▶ quantité de vapeur d'eau traversant un matériau ayant un mètre d'épaisseur par unité de temps et de différence de pression de vapeur de part et d'autre du matériau.
- ▶ propriété intrinsèque d'un matériau (ne varie pas avec l'épaisseur)
- ▶ Plus la perméabilité d'un matériau est élevée, plus le matériau est apte à laisser la vapeur d'eau passer librement.
- ▶ On calcule la perméance W d'un matériau ayant une épaisseur d à partir de la perméabilité du matériau comme suit :

$$W = \delta_{\text{matériau}} / d$$

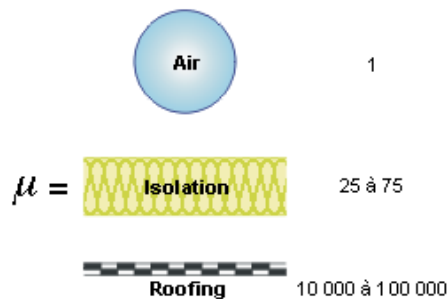


Coefficient de la diffusion à la vapeur d'eau (μ) [-]

- Rapport entre la perméabilité à la vapeur d'eau de l'air δ_{air} sur la perméabilité à la vapeur d'eau du matériau $\delta_{\text{matériau}}$:

$$\mu = \delta_{\text{air}} / \delta_{\text{matériau}} \quad \text{où } \delta_{\text{air}} = 187,5 \text{ ng/s}\cdot\text{m}\cdot\text{Pa}$$

- Ce coefficient détermine la perméabilité d'un matériau à la vapeur d'eau. Plus μ est élevé, plus la résistance est grande.
- Une valeur inférieure à 10 correspond à une bonne diffusion de la vapeur d'eau.



		<i>Résistance diffusion vapeur d'eau</i>
<i>Isolants écologiques</i>	<i>Chanvre</i>	<i>1</i>
	<i>Paille</i>	<i>1</i>
	<i>Bois</i>	<i>5</i>
	<i>Lin</i>	<i>1</i>
<i>Isolants non écologiques</i>	<i>polystyrène</i>	<i>60(expansé) et 150(extrudé)</i>
	<i>Polyuréthane</i>	<i>150 (mousse)</i>
	<i>Laine de verre</i>	<i>1</i>
	<i>Laine de roche</i>	<i>1</i>

Source/Brone : energie+



DÉFINITIONS – LES MATÉRIAUX

Valeurs S_d (S_d) [m]

- Épaisseur, en m, d'une couche d'air immobile ayant la même perméance que l'épaisseur spécifiée d'un matériau donné

$$S_d = \mu \cdot d_{\text{matériau}} = \delta_{\text{air}} / W,$$

où $d_{\text{matériau}}$ est l'épaisseur du matériau

- Plus S_d est grand, plus la résistance à la diffusion de vapeur du matériau est élevée.

Matériau	Épaisseur (e)	Valeur S_d ($\mu \times e$)
Air – valeur de référence	1m	1m
Plâtre	0,015 m	0.06 à 0,15 m
Laine minérale	0,2 m	0,2 m
Ouate de cellulose	0,2 m	0,4 m
Panneau de sous-toiture isolant en fibre de bois	0,022 m	0,11 m
Panneau OSB	0,022 m	0.066 à 4,4 m
Frein-vapeur	0,001 m	4,5 m
Frein-vapeur à S_d variable	0,0002 m	0,25 à 10 m*
Pare-vapeur	0,0002 m	10 m*
Béton armé	0,2 m	20 m
Polyéthylène	0,00015 m	50 m
Feuille d'aluminium	0,00005 m	1500 m
Feuille de PE (agrafée)	0.00015	8 m
Verre	0,006 m	+ ∞



Matériau	Ép. (mm)	W (ng/s·m ² ·Pa)	δ (ng/s·m·Pa)	μ (-)	Sd (m)
Plâtre	12,7	2600	33	5,66	0,072
OSB	11	44	0,484	387,4	4,26
EPS type II	25,4	123	3,12	60	1,52
Espace d'air	19	9870	187,5	1	0,019

Pourquoi parler de toutes ces équivalences ?

- ▶ saisir ce que signifient les données techniques d'un matériau
- ▶ savoir traduire ces données dans un autre système d'unités, si requis.



- ▶ la perméance d'un matériaux n'est généralement pas une constante, mais elle varie plutôt tant avec la température qu'avec le taux d'humidité !!!



Coefficient d'absorption

(A)

[kg/m².h^{1/2}]

- = perméance (degré auquel un matériau permet un flux de matière) de l'eau.

Matériau	Masse volumique kg · m ⁻³	w kg · m ⁻² · h ^{-1/2}
Brique	1'150	8 à 9
Calcaire	1'650	env. 7,5
Béton cellulaire	640	5 à 8
Béton	env. 2'400	1
Enduit de ciment	1'900	env. 2,5
Dispersion synthétique	-	env. 0,15

Tab.3.7: Coefficient d'absorption d'eau w d'une sélection de matériaux de construction

Fortement absorbant	w > 2,0	kg · m ⁻² · h ^{-1/2}
Inhibiteur d'eau	w ≤ 2,0	kg · m ⁻² · h ^{-1/2}
Hydrofuge	w ≤ 0,5	kg · m ⁻² · h ^{-1/2}
Imperméable	w ≤ 0,001	kg · m ⁻² · h ^{-1/2}
Remarque: imperméable ne signifie pas simultanément étanche à la vapeur!		

Tab.3.8: Caractérisation des matériaux de construction selon leur coefficient d'absorption d'eau par contact avec de l'eau liquide

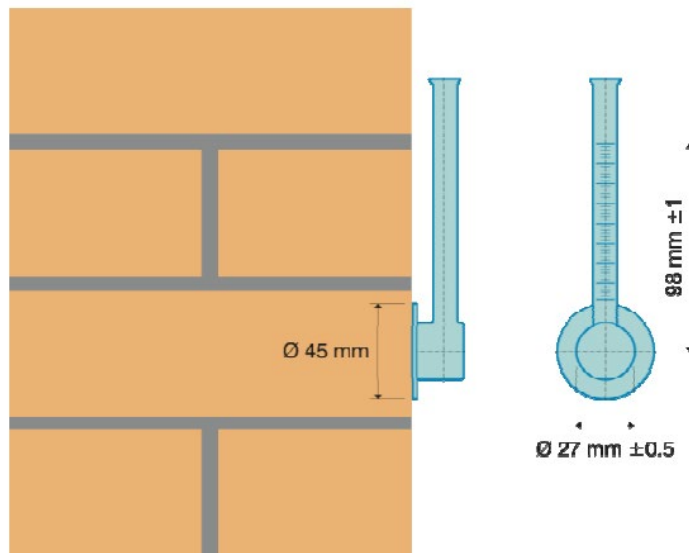
Sourc/Brone : enbau-online.ch





Coefficient d'absorption

► Pipe de Karsten



(A)

[kg/m².h^{1/2}]

$$Q \text{ [N/m}^2\text{]} = \frac{v^2 \text{ [m/s]}^2}{1.6}$$

Q = pression d'eau exercée sur la surface
v = vitesse de vent correspondante, perpendiculaire à la surface



- eau absorbée entre et la 5^{ème} et la 15^{ème} minute
- /1000 (ml → kg)
- x 2000 (5 cm² → 1 m²)
- / √600s

→ Coefficient d'absorption A





STATIQUE : Glaser (fréquent)

Données de calcul:

Ri	Ti	HRi	pi	Re	Te	HRe	pe
0,125	25	60	1905	0,043	0	90	552

pvx : pression partielle d'

psx : pression de saturati

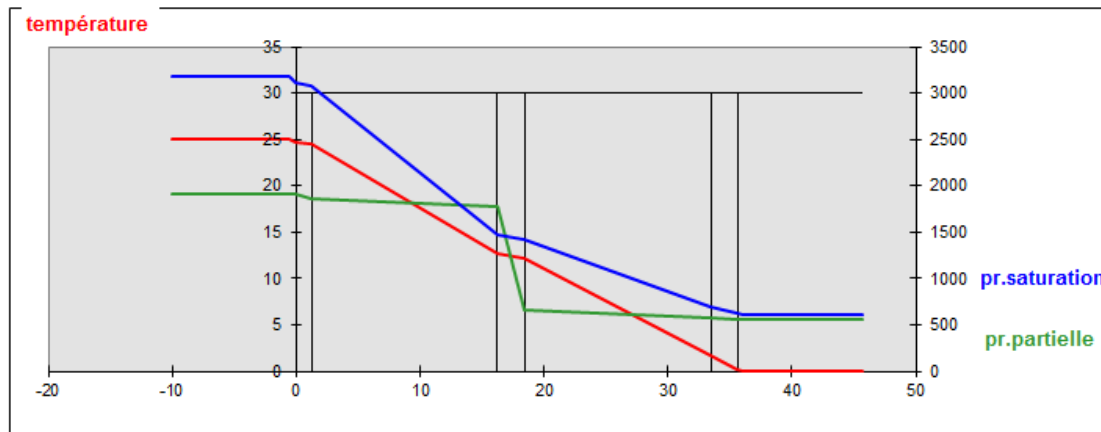
Caractéristiques de la paroi:

intérieur	épaisseur (m)	lambda (W/mK)	Rx (m ² K/W)	Rtot (m ² K/W)	mu	Zx (x 5,4.10 ⁹)	Ztot (x 5,4.10 ⁹)	T°x (°C)	pvx (Pa)	psx (Pa)	HR (%)
Ri			0,13	0,13				25	1905	3174	60%
1 Plaque plâtre	0,0125	0,2	0,06	0,19	8,3	0,1038	0,1038	24,6	1905	3108	61%
2 Laine de lin	0,15	0,036	4,17	4,35	1,5	0,225	0,33	24,5	1865	3076	61%
3 OSB	0,022	0,12	0,18	4,54	134	2,948	3,28	12,7	1780	1476	121%
4 Cellulose	0,15	0,04	3,75	8,29	1,5	0,225	3,50	12,2	662	1427	46%
5 Cellit	0,022	0,04	0,55	8,84	2,9	0,0638	3,57	1,7	576	692	83%
Re			0,04	8,88				0,1	552	619	89%
extérieur								0	552	613	90%

impossible, condensation !

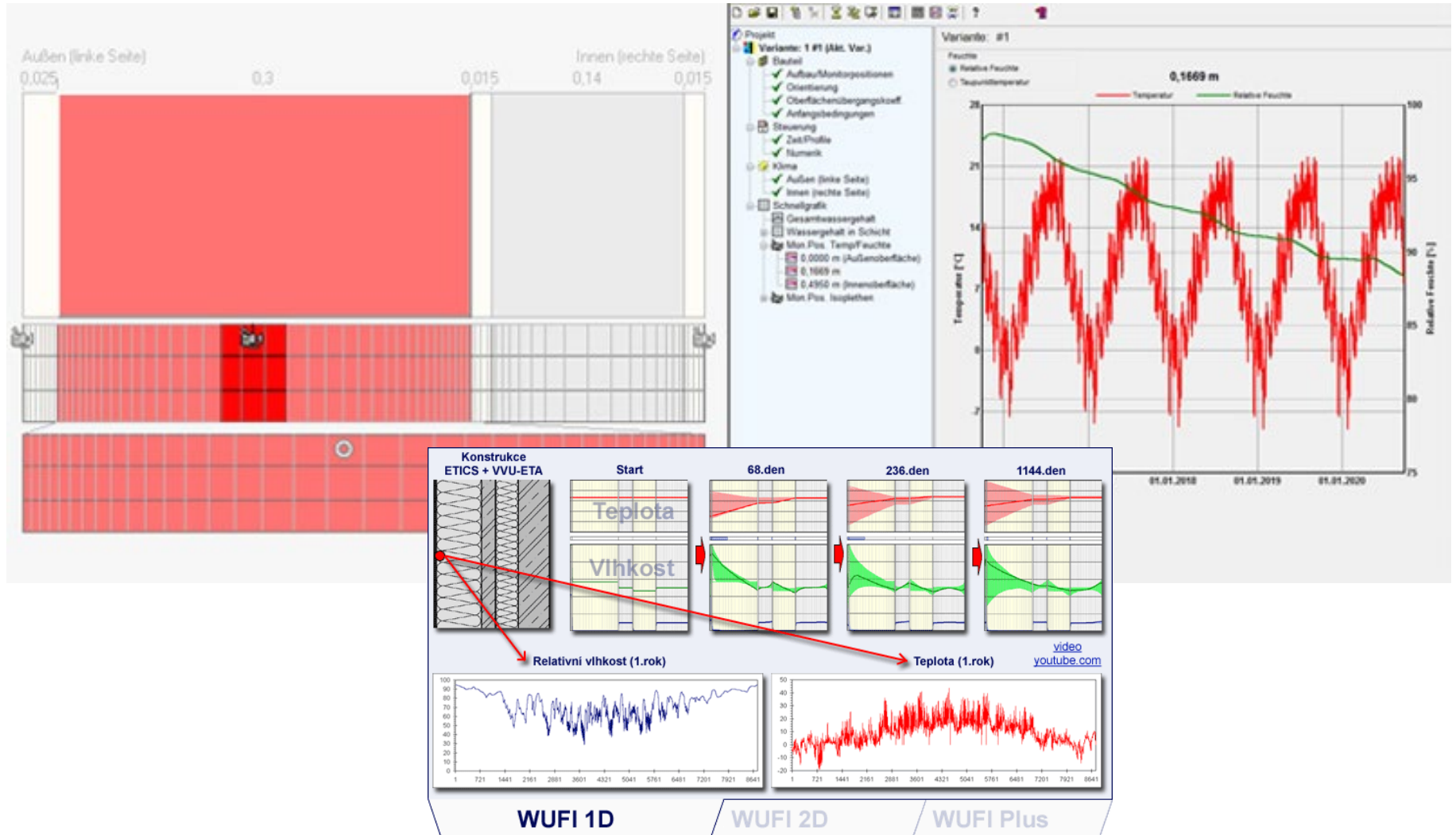
k paroi 0,11 W/m².K Flux vap 7,0E-08 kg / m².s
flux chal. 2,8 W/m² 1,7026 0,4729 6,1 gr / m².jour

Remarque: les valeurs indiquées pour les pressions de saturation sont légèrement différentes de celles données par le diagramme de l'air humide (formule mathématique approchée)





Simulation dynamique

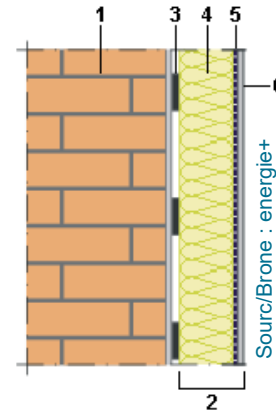
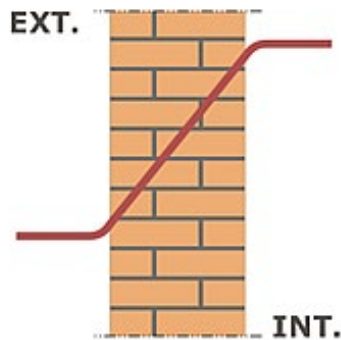
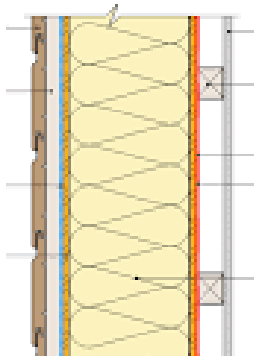


INTRODUCTION

PAROIS

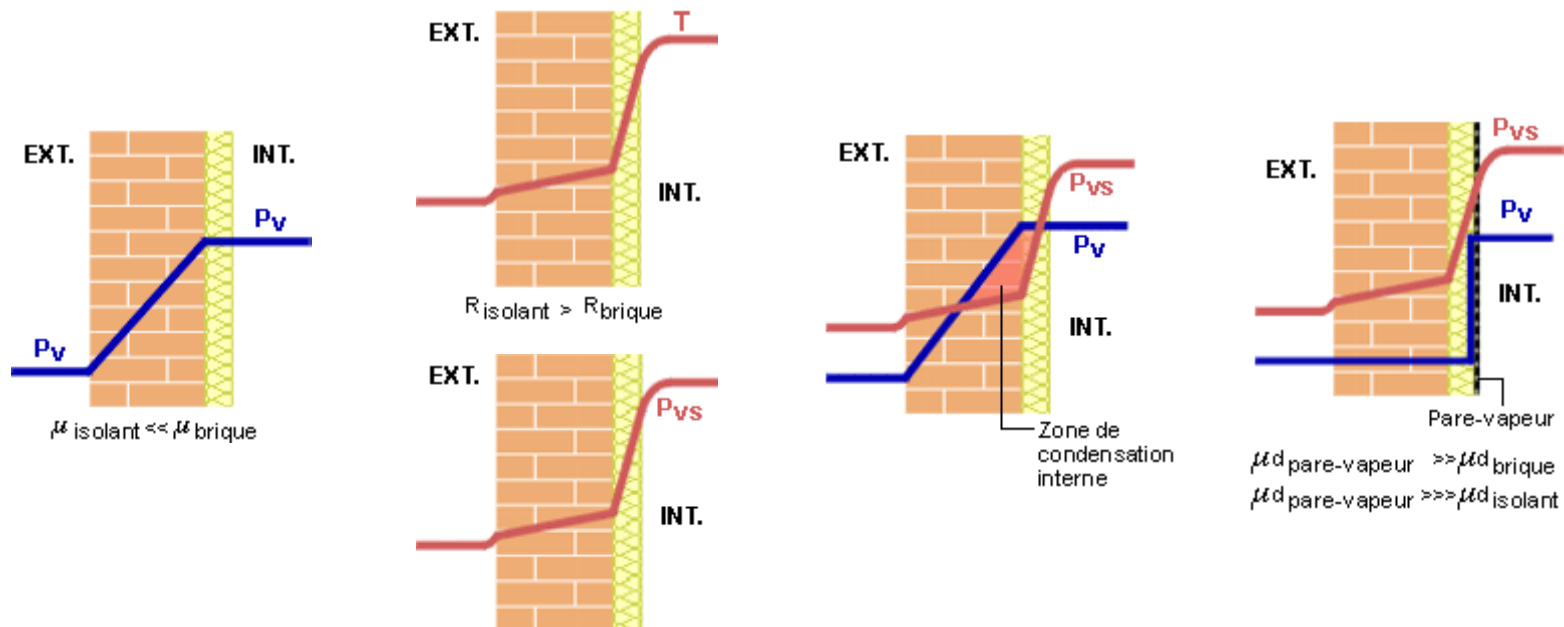


Principe de base :
de plus en plus ouvert à la diffusion de la vapeur
de l'intérieur vers l'extérieur
avec « $S_{d \text{ int}} = 6 \text{ à } 15 \times S_{d \text{ ext}}$ »



Maçonnerie en brique isolé par l'intérieur

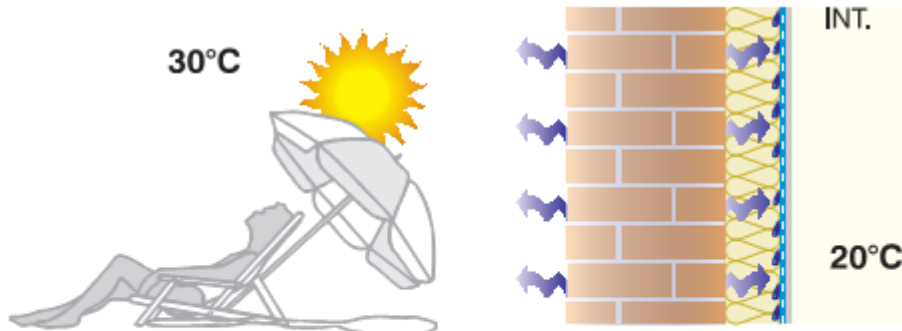
- ▶ Composition de paroi prépondérante !
 - Coefficient de diffusion de vapeur (μ)
 - Position de l'isolation et du pare/frein-vapeur
- ▶ Problème fréquent dans un complexe d'isolation intérieure (rénovation)



Source : energie+



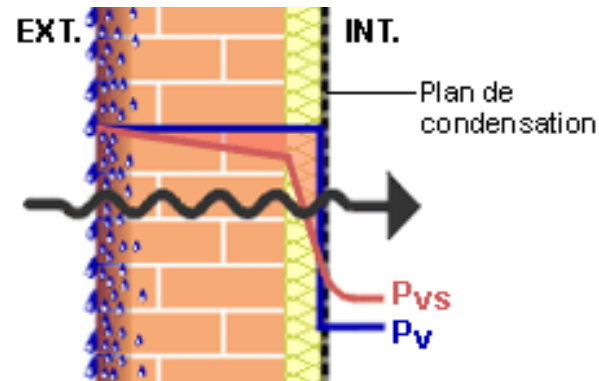
Risque de condensation en été



Risque de condensations internes en été si une membrane pour réguler la vapeur empêche la migration de vapeur vers l'intérieur..



Exemple de moisissures à l'arrière de la membrane pour réguler la vapeur.



Source / Bron : outil Isolin (Architecture et Climat)



PARAMETRES

- ▶ Environnement extérieur
 - Orientation/exposition
 - Ensoleillement

- ▶ Composition de la paroi
 - Composants
 - Taux d'humidité initial

- ▶ Environnement intérieur
 - Ambiance humide ?

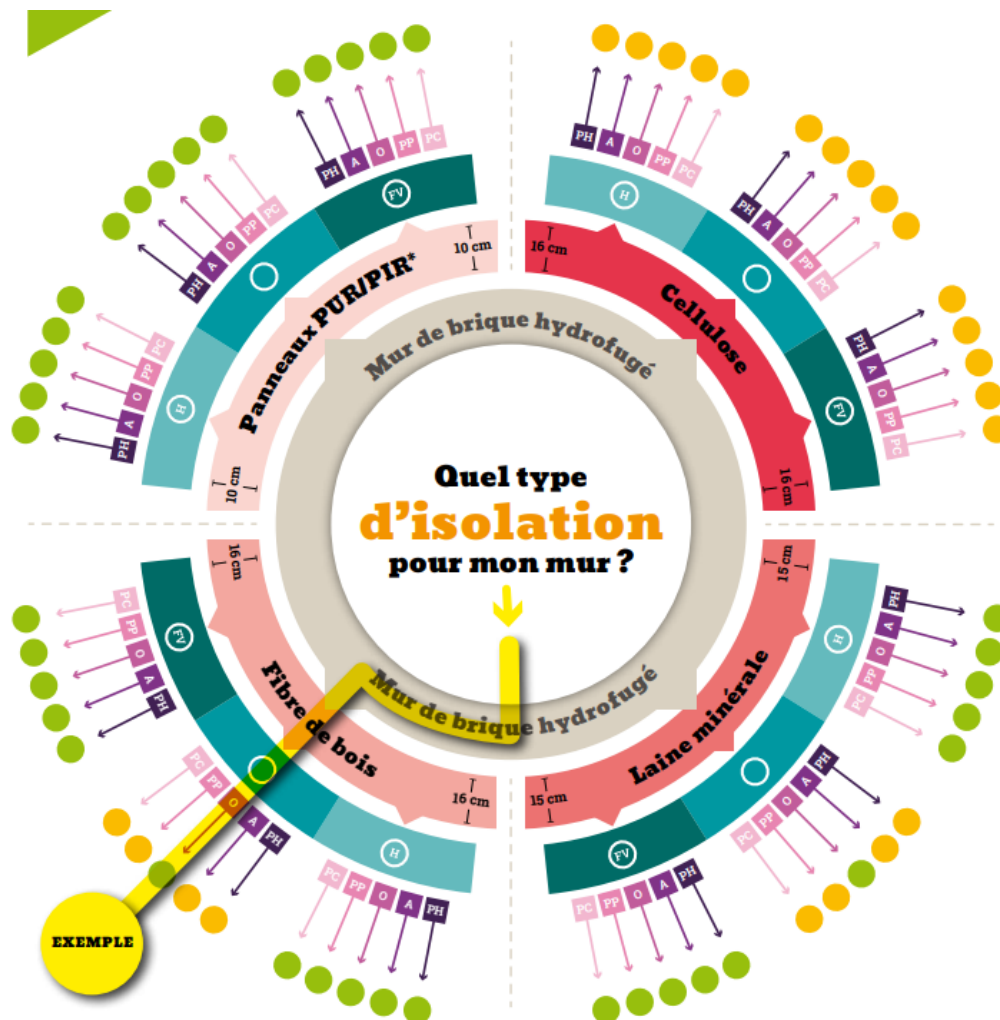


Toujours pour une paroi(-type) correctement réalisée !
(sans irrégularités, imperfections,...)



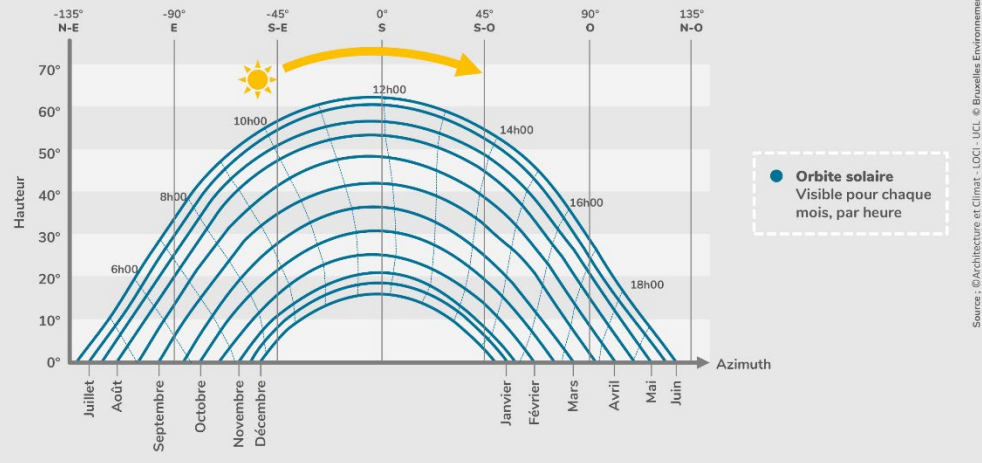


- <https://www.objectifzero.be/ressources/publications/>

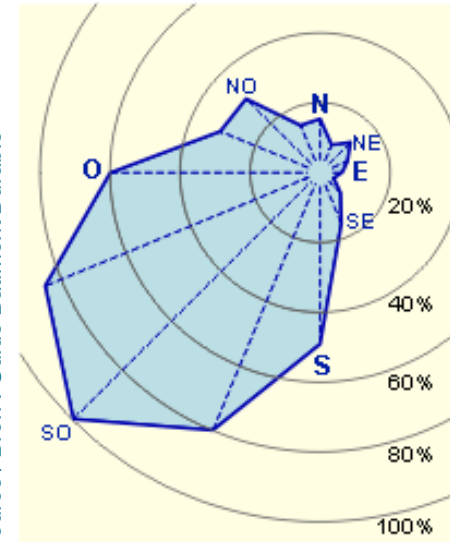


PARAMETRES - Environnement extérieur - *orientation*

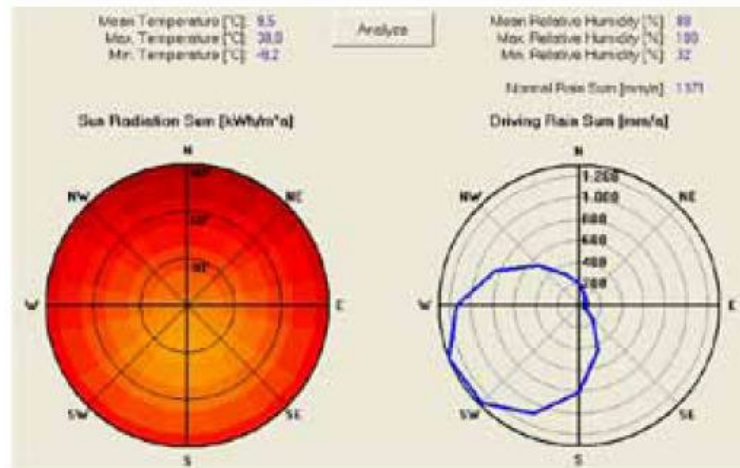
HAUTEUR DU SOLEIL EN FONCTION DE L'ORIENTATION ET DU MOIS À UCCLE



Source / Bron : Guide Batiment Durable



Source / Bron : energie+



Source / Bron : WUFI ©



Analyse de l'environnement direct

- hauteur du bâtiment
- vis-à-vis de façade (végétation, existant ou... futur !,...)



Source / Bron : libres de droits (google)



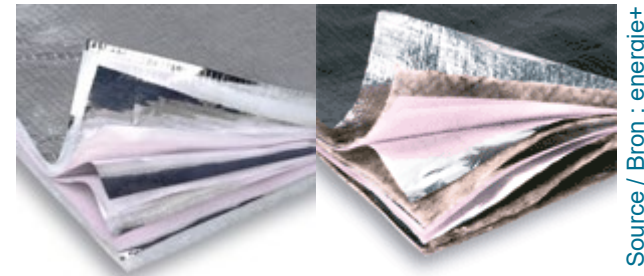
8 paramètres influençant le comportement hygrothermique

► densité	(ρ)	[kg/m ³]
► porosité	(ε)	[%]
► conductivité thermique	(λ)	[W/mK]
► facteur de résistance à la diffusion de vapeur	(μ)	[-]
► taux d'humidité à 80 % HR	(w80)	[kg/m ³]
► taux d'humidité à saturation capillaire	(w _f)	[kg/m ³]
► chaleur spécifique	(c)	[J/kg]
► coefficient d'absorption	(A)	[kg/m ² s ^{1/2}]



PARAMETRES – Composants – *isolant*

- ▶ dépend des performances à atteindre et de l'espace disponible dans les locaux à isoler → épaisseur et type d'isolant à mettre en œuvre.
- ▶ Nécessité d'un agrément technique (ATG, ETA, EN, ISO 10456)
- ▶ Eviter les produits minces réfléchissants
 - étude du CSTC confirmée par plusieurs études scientifiques dans divers pays européens.
 - L'affirmation d'un équivalent de 20 cm de laine minérale est fantaisiste. Dans le meilleur des cas, équivalent de 4 à 6 cm, souvent insuffisant.
 - Avantages mis en avant : pose très rapide (agrafage sous pression), grandes bandes continues, impression d'une certaine qualité pour l'occupant...



PARAMETRES – Composants – *isolant*

► Isolants

Densité	Epaisseur	Masse par m ²	Isolation	Inertie					Humidité		
ρ	d	m	λ	C	ρC	Diffusivité	Effusivité	μ sec	μ hum.	A	
kg/m ³	m	kg/m ²	W/mK	J/kgK	kJ/m ³ K	m ² /s	J/m ² Ks ^{1/2}	/	/	kg/m ² s ^{1/2}	

ISOLANTS A BASE MINERALE

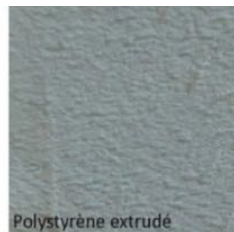
Panneau de laine de roche	100	0,09	9	0,035	1030	103,00	0,34	60,04	2	1	[0]
Panneau de laine de verre	50	0,09	4,5	0,035	1030	51,50	0,68	42,46	2	1	[0]
Panneau de verre cellulaire	110	0,10	11	0,040	1000	110,00	0,36	66,33	[∞]	[∞]	[0]
Panneau de silicate de calcium	270	0,18	48,6	0,070	1000	270,00	0,26	137,48	3	1	1,2

ISOLANTS A BASE SYNTHETIQUE

Panneau de polystyrène expansé (EPS)	25	0,09	2,25	0,035	1450	36,25	0,97	35,62	100	40	[0]
Panneau de polystyrène extrudé (XPS)	38	0,08	3,04	0,032	1450	55,10	0,58	41,99	200	80	[0]
Panneau de polyuréthane	30	0,06	1,8	0,023	1400	42,00	0,55	31,08	100	30	[0]

ISOLANTS A BASE DE FIBRES NATURELLES

Cellulose en vrac	40	0,11	4,4	0,041	2150	86,00	0,48	59,38	2	1	0,3
Matelas souple de cellulose	50	0,10	5	0,040	2150	107,50	0,37	65,57	2	1	0,3
Matelas souple de fibres de bois	75	0,10	7,5	0,038	2100	157,50	0,24	77,36	5	3	
Panneau rigide de fibres de bois	160	0,10	16	0,040	2100	336,00	0,12	115,93	5	3	0,007
Panneau de liège	120	0,10	12	0,040	1600	192,00	0,21	87,64	30	5	[0]
Panneau semi-rigide de fibres de chanvre	30	0,10	3	0,040	1600	48,00	0,83	43,82	2	1	
Mélange chaux-chanvre	440	0,28	123,2	0,110	1560	686,40	0,16	274,78	5	3	0,07



Source / Bron : architecture et climat





μ

Verre cellulaire

XPS

EPS

Liège

Fibres de bois

Laine de chanvre

PUR

Béton cellulaire

Laine de bois

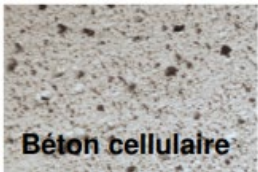
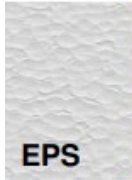
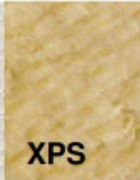
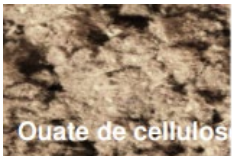
Ouate de cellulose

Laine de roche

Laine de verre



PARAMETRES – Composants – *isolant*

	Hygroscopique et capillaire	Peu ou pas hygroscopique et capillaire
Non putrescible	 Béton cellulaire	    
Non putrescible mais alterable (si forte présence d'eau)		 
Putrescible et alterable (si teneur critique dépassée)	   	



PARAMETRES – Composants – étanchéité

Pare-air

- ▶ élément dont la perméabilité à l'air $< 0,1 \text{ m}^3/(\text{h}.\text{m}^2)$ sous une différence de pression de 50 Pa

Pare-vapeur

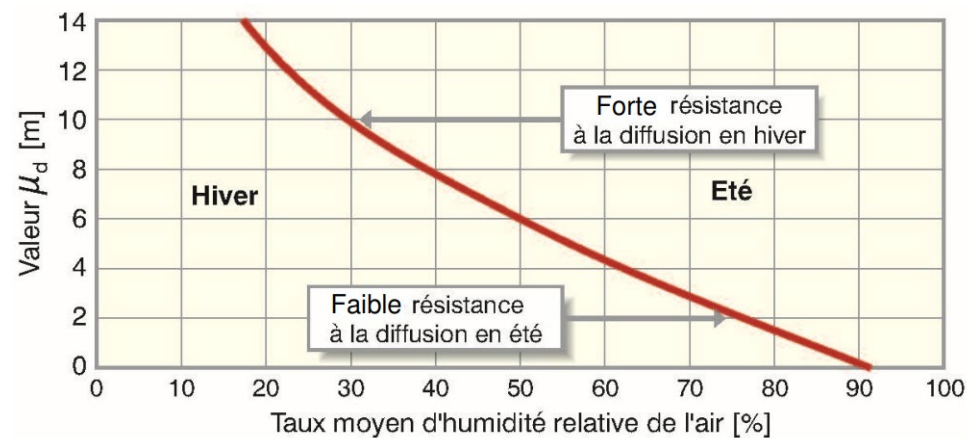
- ▶ généralement assimilé à une valeur S_d fixe élevée
- ▶ → va donc limiter de manière importante la diffusion de la vapeur, quelles que soient les conditions d'utilisation

Frein-vapeur

- ▶ appellation commerciale
- ▶ généralement assimilé à un coefficient S_d plus faible, dont la valeur limite n'est cependant pas fixée

Frein-vapeur hygrovariable

- ▶ caractérisé par une valeur S_d variable selon le taux d'humidité relative (HR) et la température des ambiances situées de part et d'autre du produit (ou de la couche)



Quand doit-on prévoir une étanchéité à la vapeur ?

- ▶ Si isolant perméable à la vapeur
→ OBLIGATOIRE !
- ▶ Si isolant peu ou pas perméable à la vapeur (EPS, XPS, PUR, CG) collé sur la maçonnerie, ET si air intérieur ne circule pas entre isolant et maçonnerie
→ ne nécessite pas obligatoirement une étanchéité à la vapeur
→ si isolant entre lattes → OBLIGATOIRE !

Quelle étanchéité choisir ?

- ▶ Si Glaser → pare-vapeur !
- ▶ Si dynamique : nuance → freine-vapeur 'intelligent' (suffisant en hiver, contre le phénomène en été)
- ▶ Influence de la finition (hygroscopique t.q. terre crue) → « inertie hydrique » mais difficilement quantifiable !
Exple : chanvre



Continuité de l'étanchéité

- ▶ Panneaux – rainure languette +
 - Soit avec bandes adhésives,
 - Soit avec mousse injectée,
 - Soit avec mastic.

- ▶ Si membrane : recouvrement +
 - Soit avec bandes adhésives,
 - Soit avec joints comprimés.

- ▶ Vérification : produit de jonction = classe de l'étanchéité demandée.



**perméabilité à la vapeur d'eau $\neq$ perméabilité à l'air**

► Un pare-vapeur est-il pare-air ?

- Oui, dans tous les cas.

Le premier vecteur de transport de la vapeur est l'air;

Ainsi, le rôle principal d'un pare-vapeur est de faire barrière à l'air.

► Un pare-air est-il pare-vapeur ?

- Pas systématiquement.

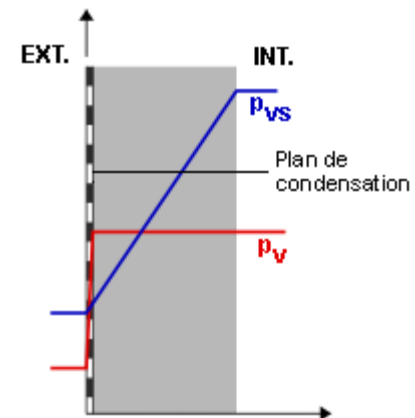
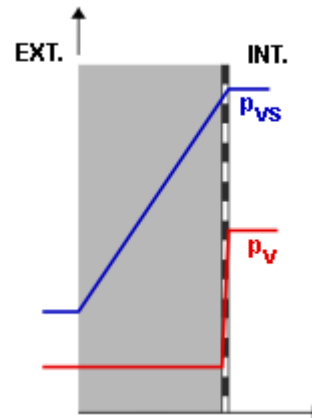
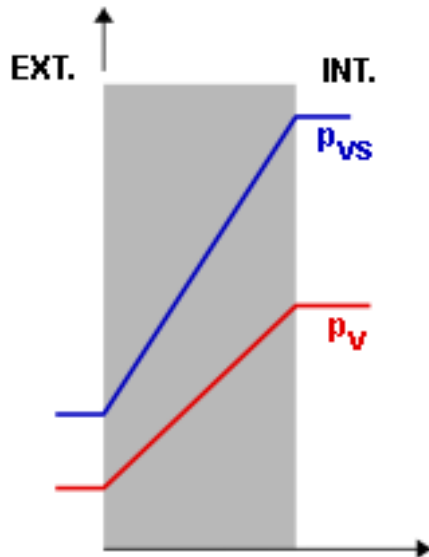
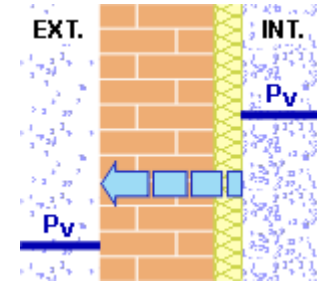
Certaines sous-toitures, par exemple, peuvent constituer à la fois un bon pare-air et un bon pare-vent, mais elles doivent être suffisamment perméables à la diffusion de vapeur d'eau (et ne sont donc en aucun cas des pare-vapeur!)



41 PARAMETRES – Composants – *étanchéité eau*

Hydrofuge

- ▶ $P_{\text{vap.int}} > P_{\text{vap.ext}} \rightarrow$ migration de vapeur de l'int. vers l'ext.
- ▶ Comportement simple



Source : energie+



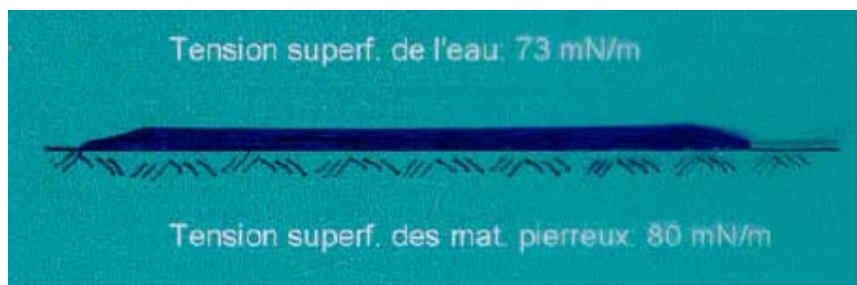
42 PARAMETRES – Composants – *étanchéité eau*

▮ NBN
NIT 224
▮ ▮

▮ NBN
EN 1504-2
▮ ▮

Hydrofuge

- Tension superficielle (la surface s'humidifie)



- Principe hydrophobe (la surface ne se mouille pas, l'eau « perle »)



- Remarque : si vents violents et fissures > 0,3 mm, infiltration



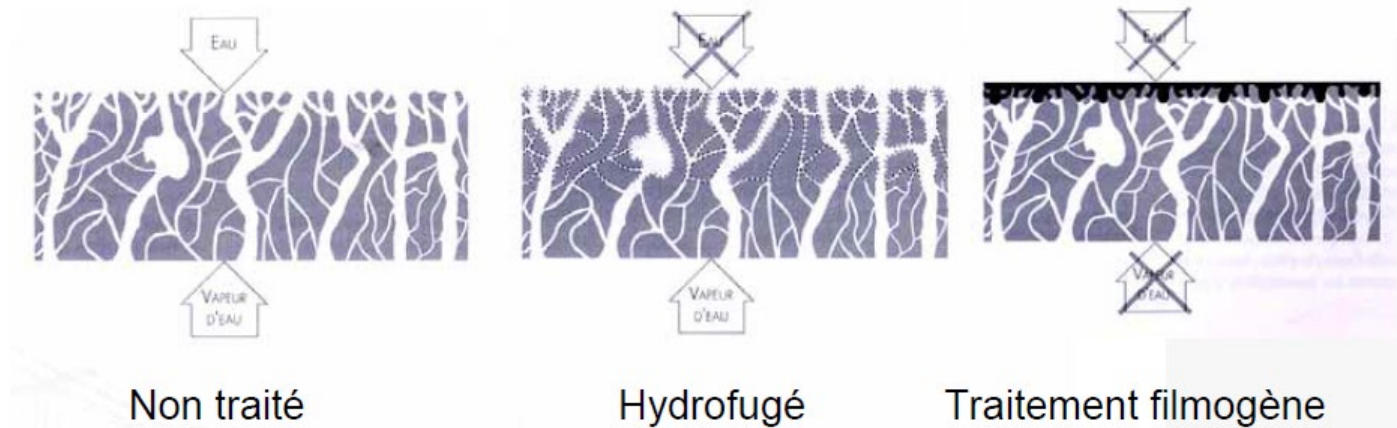
43 PARAMETRES – Composants – étanchéité eau

▮ NBN
NIT 224
▮ ▮

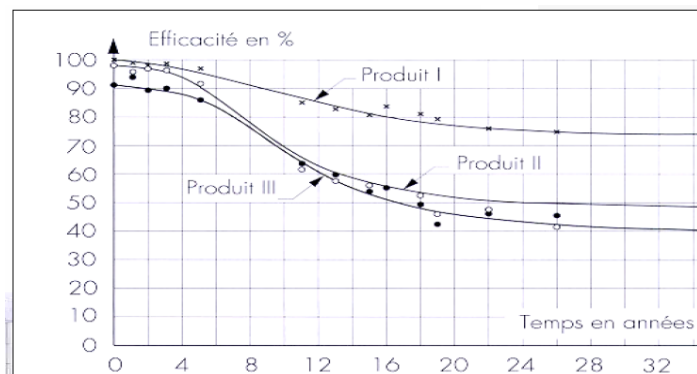
▮ NBN
EN 1504-2
▮ ▮

Hydrofuge

- ▶ = Imprégnation hydrophobe à base de silane/siloxane (sans solvant)
- ▶ à base de composés organo-siliciés n'obturent pas les pores de la surface des supports minéraux, mais forment un film ultramince sur les parois des pores.



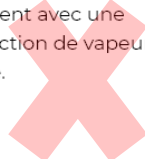
- ▶ Attention ! Tenue dans le temps !



Source/Bron : CSTC



Fonction du bâtiment

Définition du bâtiment	Exemples	P_i	Classe
Bâtiment avec une production de vapeur nulle ou faible.	• lieux de stockage pour marchandises sèches • églises • salles de sport d'utilisation modérée	$1\,100 < p_i < 1\,165$	I
Bâtiment bien ventilé avec une production de vapeur limitée.	• habitations de grande dimension • écoles • magasins • bureaux non climatisés • unités de soins hospitaliers	$1\,165 < p_i < 1\,370$	II
Bâtiment d'utilisation intense. 	• habitations sociales • flats • maisons de soins • bâtiments faiblement climatisés (HR < 60 %)	$1\,370 < p_i < 1\,500$	III
Bâtiment avec une production de vapeur élevée. 	• piscines • locaux industriels humides • blanchisseries • bâtiments fortement climatisés (HR > 60 %)	$1\,500 < p_i < 3\,000$	IV

Source /Bron: energie+





Fonction du bâtiment

- ▶ Monitoring du climat existant VS profil-type
- ▶ Possibilité de supprimer l'humidité à la source ?
- ▶ Mise en place d'une stratégie de ventilation ?
- ▶ ...

Au plus on disposera de détails, au plus précis sera la simulation





Réaliser une **isolation par l'intérieur**...

- ▶ Technique plus délicate qui nécessite des études hygrothermiques préalables et parfois des travaux préalables
- ▶ Tenir compte du type de mur existant: béton, brique pleine,...
- ▶ Importance
 - du matériau d'isolation, favoriser les matériaux respirants
 - du pare-vapeur
- ▶ Approche empirique :
 - Respect de la règle de base
 - Supprimer les sources d'humidité
 - Eviter les condensations (NC)
 - Garantir le séchage





Guide bâtiment durable

www.guidebatimentdurable.brussels

Dispositif I [Isolation d'un mur par l'intérieur](#)



Sites internet

- Energie+

<https://energieplus-lesite.be/techniques/enveloppe7/techniques-d-isolation/murs/isolation-par-l-interieur/>



Ouvrages

- [CSTC, 2012, Isolation des murs existants par l'intérieur : diagnostic., Les dossiers du CSTC](#)
- [Guide ISOLIN, Région Wallonne](#)
- <https://www.objectifzero.be/ressources/publications/>

Formations

Formation logiciel WUFI (construction21, PMP,...)



Pierre WILLEM

Ingénieur projet
écorce sa

☎ + 32 4 226 91 60

✉ info@ecorce.be



MERCI POUR VOTRE ATTENTION

