

OPLEIDING DUURZAME GEBOUWEN

GEBOUWSCHIL:
DAKRENOVATIE

HERFST 2024

Waterdampdiffusie

- ▶ Dit boekje vormt een theoretische aanvulling op de presentatie “Bescherming tegen regen en kou”.
- ▶ Het belicht de aspecten verbonden aan de **waterdampdiffusie**.
- ▶ De spreker zal dit document slechts gebruiken bij een specifieke vraag ter zake.



Partiële waterdampdruk (p_v) [Pa]

- ▶ Lucht bevat altijd een beetje waterdamp (= gas) die bijdraagt tot de atmosferische druk. Het deel dat afkomstig is van de waterdamp wordt partiële druk genoemd.
- ▶ Bijv.: bij 20 °C en 50 %, $p_v = 1.170$ Pa (en $p_{\text{atm}} = 101.300$ Pa)

Verzadigingsdampdruk of dampspanning (p_{vs}) [Pa]

- ▶ Als de dampdruk zijn maximale waarde bereikt, is de lucht verzadigd en spreken we van partiële druk van de waterdamp bij verzadiging of van verzadigingsdruk p_{vs}



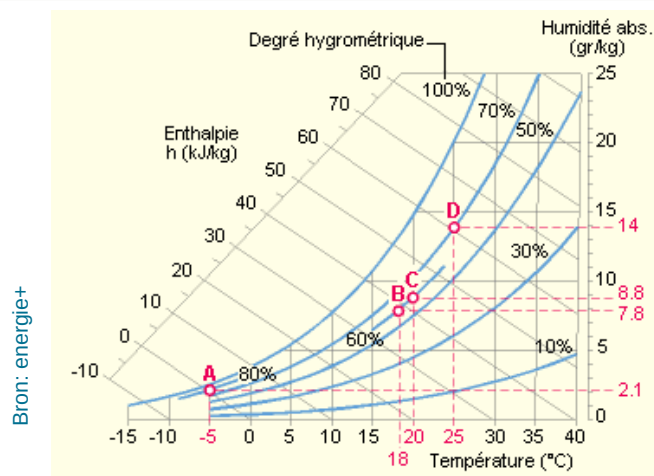
Absolute vochtigheid

(x, w of r)

 $[g_{\text{water}}/kg_{\text{droge lucht}}]$

- Aantal gram waterdamp in een bepaald volume in verhouding tot de droge-luchtmassa van dit volume uitgedrukt in kg

		Température [°C]	Humidité absolue en [g _{eau} /kg _{air sec}]
A	à l'extérieur en hiver (HR = 80 %)	-5	2,1
B	dans un local (HR = 60 %)	18	7,8
C	dans un local (HR = 60 %)	20	8,8
D	à l'extérieur en été (HR = 70 %)	25	14



Relatieve vochtigheid of *hygrometrische graad*

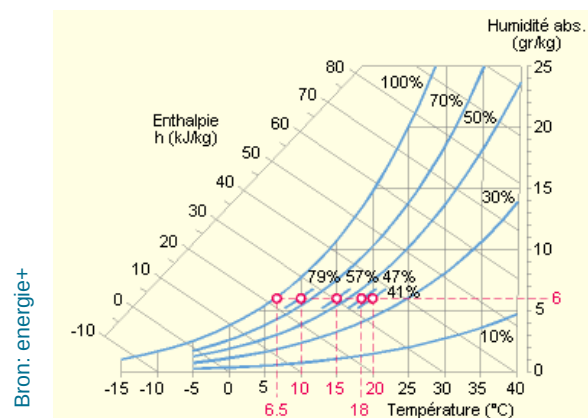
 (ϕ)

[%]

- Verhouding tussen de partiële waterdampdruk p_v en de verzadigingsdruk van de waterdamp p_{vs}

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

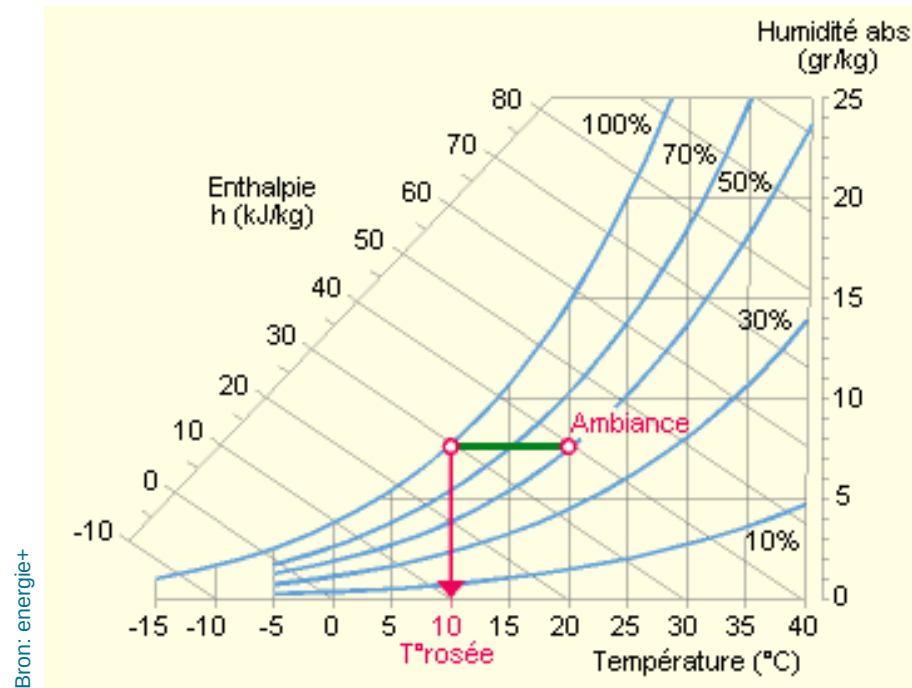
		Température [°C]	Humidité absolue [g _{eau} /kg _{airsec}]	Humidité relative [%]	Remarques
A	automne (matin)	6,5	6	100	brouillard ou pluie
B	automne	10	6	79	brouillard ou brume
C	chauffé à	15	6	57	
D	chauffé à	18	6	47	
E	chauffé à	20	6	41	



Dauwpunttemperatuur

(T_{dauw}) [°C]

- Bij handhaving van een constante absolute vochtigheid wordt de lucht gekoeld. Op de grafiek van de vochtige lucht stemt de dauwpunttemperatuur overeen met het snijpunt van de horizontale van het omgevingspunt met de verzadigingscurve.



Vochtigheid van materialen

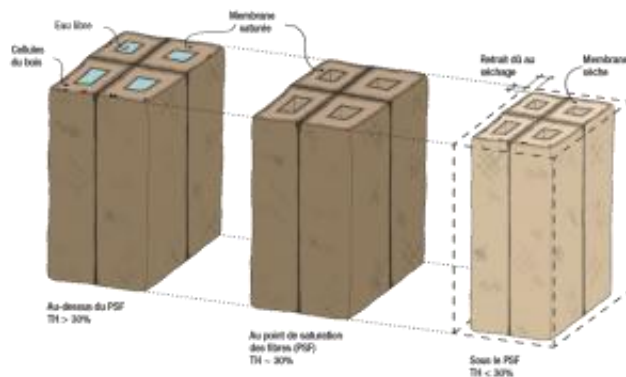
(W) [%]

- Index om het werkelijke watergehalte van de materialen op het ogenblik van de test te bepalen.

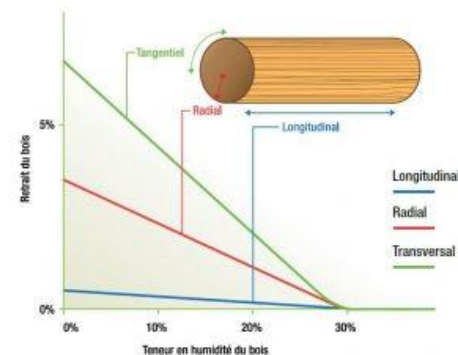
$$W = \frac{G_k - G_s}{G_s} \cdot 100\%$$

waarin G_s de droge massa van het monster is (na droging)
 G_h de vochtige massa van het monster is.

- De vochtigheidsgraad van de materialen is afhankelijk van tal van factoren, vooral van de omgeving waarin ze opgeslagen zijn, van de wind, van de temperatuur en van de porositeit van het materiaal.



Bron: cecobois.com





Detectie van vocht

► Resistieve vochtmeter

- < € 100 - 200
- Niet duur maar opgelet voor de gevoeligheid voor hygroscopische zouten



Bron: www.cdiscount.com

Capacitieve vochtmeter



Bron: www.conrad.fr

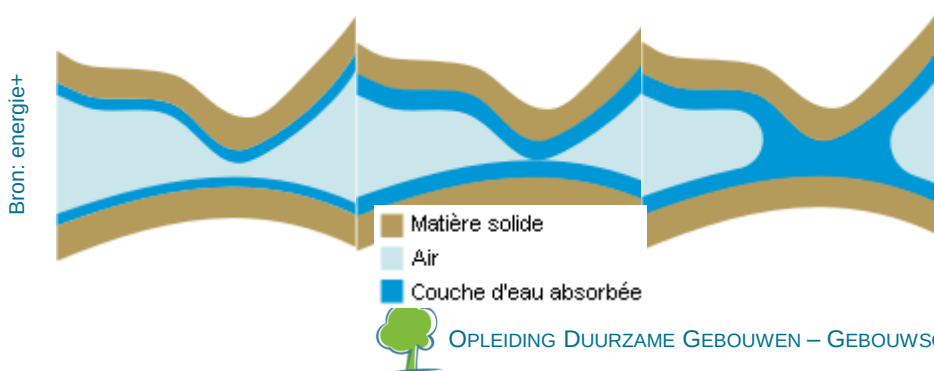


Hygroscopiciteit

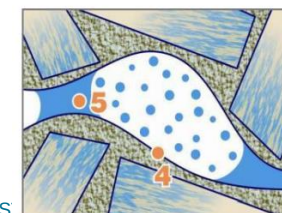
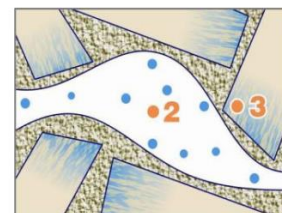
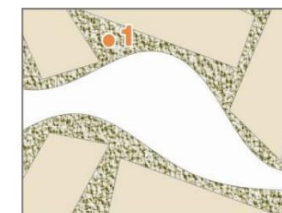
- ▶ Een **poreus materiaal met open poriën** dat in vochtige lucht wordt geplaatst, zal een zekere hoeveelheid vocht opnemen die uitsluitend afhankelijk is van en in verhouding staat tot de relatieve vochtigheid van de lucht.

Zo zal de massa van een volledig droog materiaal dat in vochtige lucht wordt geplaatst, toenemen. Na enige tijd ontstaat er een evenwichtstoestand.

- ▶ Bij een hoge relatieve luchtvochtigheid is het vochtgehalte bij het evenwichtspunt van de hygroscopische materialen zo hoog dat het de ontwikkeling van schimmels bevordert.
- ▶ Er verschijnen schimmels:
 - op lederen voorwerpen: bij een relatieve vochtigheid (RV) vanaf 76 %
 - op hout en wol: bij een RV > 85 %
 - op katoen en glaswol: bij een RV > 96 %



Bron: A. Evrard, PhD UCL, 2008

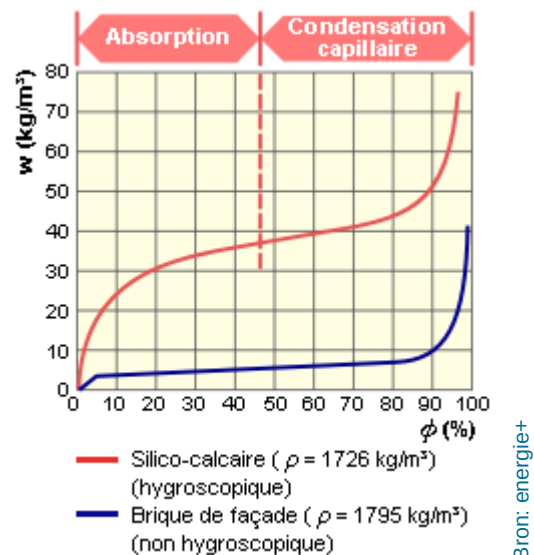


Hygroscopiciteit

- ▶ Weinig capillair hygroscopisch materiaal: hout
 - jaarlijkse schommeling van de vochtigheidsgraad overeenkomstig vochtige en droge periodes
 - geen probleem zolang
 - * er geen restvochtigheid is die zich jaar na jaar ophoopt
 - * de vochtigheidsgraad niet leidt tot de ontwikkeling van schimmels of tot het rotten van het materiaal (< 20 % voor hout)
- ▶ Weinig hygroscopisch capillair materiaal: baksteen
 - vochtige zone over een bepaalde dikte
 - geen probleem zolang
 - er een evenwicht is tussen vochtig worden en drogen (vochtige zone breidt zich niet te sterk uit)
 - het materiaal vorstvast is
 - er geen zouten zijn → risico van uitbloeiingen
- ▶ Niet-capillair niet-hygroscopisch materiaal: XPS
 - geen opslagcapaciteit
 - druppels blijven op het oppervlak staan tot het er te veel zijn en het water afvloeit
 - schade als er geen afvoer is (voorbeeld: gedraineerde spouw)



Hygroscopiciteit



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



Permeantie

(W)

[ng/s·m²·Pa]

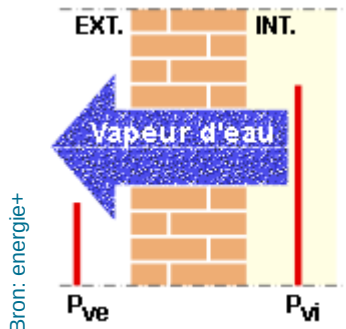
- ▶ Mate waarin een materiaal een materie doorlaat, in dit geval waterdamp.
- ▶ De permeantie wordt uitgedrukt door de meting van de watermassa die doorheen een materiaal gaat per tijdseenheid, per oppervlakte-eenheid en per eenheid van dampdrukverschil langs weerszijden van het materiaal.
- ▶ Des te hoger deze waarde, des te makkelijker de waterdamp doorheen de scheidingsconstructie gaat.
- ▶ EENHEID [Perm]
 - “US Perm” - gebruikt in de VS en in zekere mate ook in Canada, en uitgedrukt in grains/pi²·h·po Hg*
 - “Metric perm” - uitgedrukt, in SI-eenheid, in g/dag·m²·mmHg.

De overeenstemming tussen beide is eenvoudig:

$$1 \text{ US perm} = 0,659045 \text{ metric perm} = 57 \text{ ng/s} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Pa}$$

$$1 \text{ metric perm} \neq 57 \text{ ng/s} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Pa}.$$

$$1 \text{ metric perm} \approx 86,8 \text{ ng/s} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Pa}.$$



Permeantie

(W)

[ng/s·m²·Pa]

- Een materiaal wordt
 - ondoorlatend genoemd bij een permeantie < 1 US perm of 57 ng/s·m²·Pa.
 - semi-ondoorlatend genoemd tussen 57 en 570 ng/s·m²·Pa (1 – 10 US perm).
 - doorlatend genoemd boven 570 ng/s·m²·Pa (> 10 US perm).

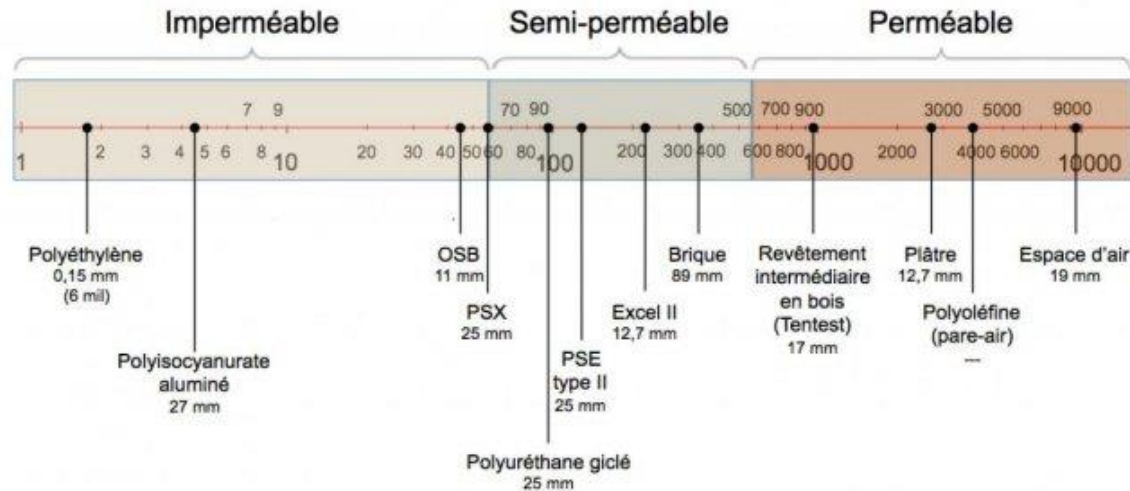


Figure 1 – Perméance de divers matériaux [ng/s·m²·Pa]



Waterdampdiffusieweerstand (Z) [s·m²·Pa/ng]

- ▶ Het omgekeerde van de permeantie

$$Z = 1/W$$

- ▶ // thermische weerstand = moeilijkheid voor de waterdamp om doorheen een scheidingsconstructie te gaan
- ▶ des te kleiner de weerstand, des te makkelijker zal de waterdamp door het materiaal gaan
- ▶ een scheidingsconstructie = verscheidene lagen; het is belangrijk de dampdiffusieweerstand van elke laag te kennen omdat de totale weerstand van de scheidingsconstructie gelijk is aan de som van de weerstand van alle lagen.



Waterdampdoorlatendheid**(δ)****[ng/s·m·Pa]**

- ▶ Hoeveelheid waterdamp die doorheen een materiaal van 1 m dik gaat per tijdseenheid en per eenheid van dampdrukverschil langs weerszijden van het materiaal.
- ▶ Intrinsieke eigenschap van een materiaal (varieert niet met de dikte).
- ▶ Des te groter de doorlatendheid van een materiaal, des te makkelijker het materiaal de waterdamp vrij doorlaat.
- ▶ De permeantie W van een materiaal met dikte d wordt berekend op basis van de doorlatendheid van het materiaal, en wel als volgt:

$$W = \delta_{\text{materiaal}} / d$$



Waterdampdiffusiecoëfficiënt

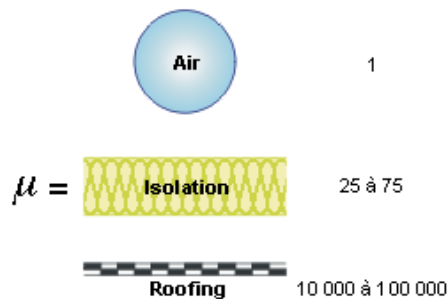
(μ) [-]

- ▶ Verhouding tussen de waterdampdoorlatendheid van de lucht δ_{lucht} en de waterdampdoorlatendheid van het materiaal $\delta_{\text{materiaal}}$.

$$\mu = \delta_{\text{lucht}} / \delta_{\text{materiaal}}$$

waarin $\delta_{\text{lucht}} = 187,5 \text{ ng/s} \cdot \text{m} \cdot \text{Pa}$

- ▶ Deze coëfficiënt bepaalt de waterdampdoorlatendheid van een materiaal. Des te hoger de μ -waarde, des te groter de weerstand.
- ▶ Een waarde lager dan 10 stemt overeen met een goede waterdampdiffusie.



		Waterdampdiffusie- weerstand
Ecologische isolatiematerialen	Hennep	1
	Stro	1
	Hout	5
	Vlas	1
Niet-ecologische isolatiematerialen	Polystyreen	60 (geëxpandeerd) en 150 (geëxtrudeerd)
	Polyurethaan	150 (schuim)
	Glaswol	1
	Steenwol	1

Bron: energie+



S_d-waarden**(S_d)****[m]**

- Dikte, in m, van een onbeweeglijke luchtlaag met dezelfde permeantie als de gespecificeerde dikte van een bepaald materiaal

$$S_d = \mu \cdot d_{\text{materiaal}} = \delta_{\text{lucht}} / W,$$

waarin $d_{\text{materiaal}}$ de dikte van het materiaal is

- Des te groter de S_d-waarde, des te hoger de dampdiffusieweerstand van het materiaal.

Matériau	Épaisseur (e)	Valeur S _d (μ x 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	+ ∞



Materiaal	Dikte: (mm)	W (ng/s·m ² ·Pa)	Z (s·m ² ·Pa/ng)	δ (ng/s·m·Pa)	μ (-)	Sd (m)
Gips	12,7	2600	0,000385	33	5,66	0,072
OSB	11	44	0,02273	0,484	387,4	4,26
EPS type II	25,4	123	0,008	3,12	60	1,52
Luchtruimte	19	9870	0,0001	187,5	1	0,019

Waarom over al deze equivalenties spreken?

- ▶ vatten wat de technische gegevens van een materiaal betekenen
- ▶ deze gegevens indien vereist naar een ander eenhedensysteem kunnen omzetten
- ▶ de permeantie van een materiaal is meestal geen constante; ze varieert zowel volgens de temperatuur als volgens de vochtigheidsgraad!!!





STATISCH: Glaser (gebruikelijk)

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

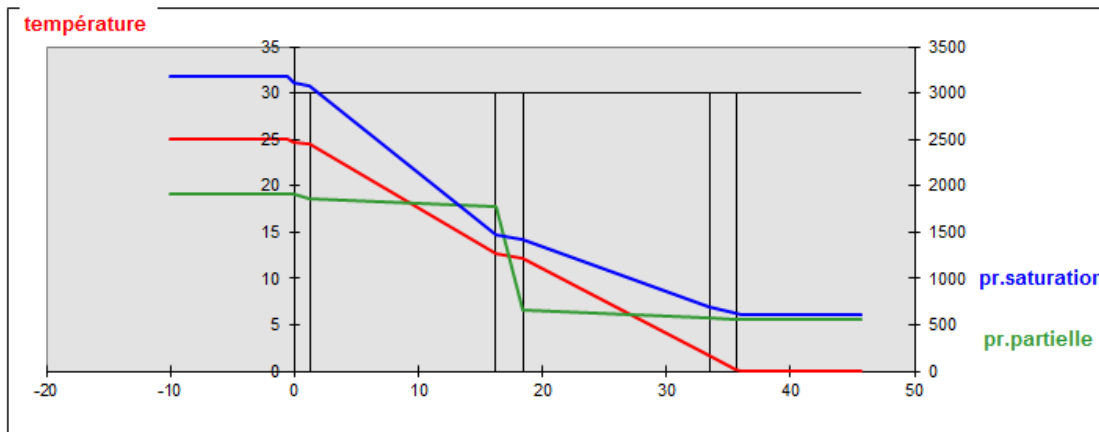
Caractéristiques de la paroi:

intérieur	épaisseur (m)	lambda (W/mK)	Rx (m2 K/W)	Rtot (m2 K/W)	mu	Zx $\times 5,4 \cdot 10^9$	Ztot $\times 5,4 \cdot 10^9$	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 chal. 2,8 W/m2
Flux vap 7,0E-08 kg / m2.s
6,1 gr / m2.jour
0,4729

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)





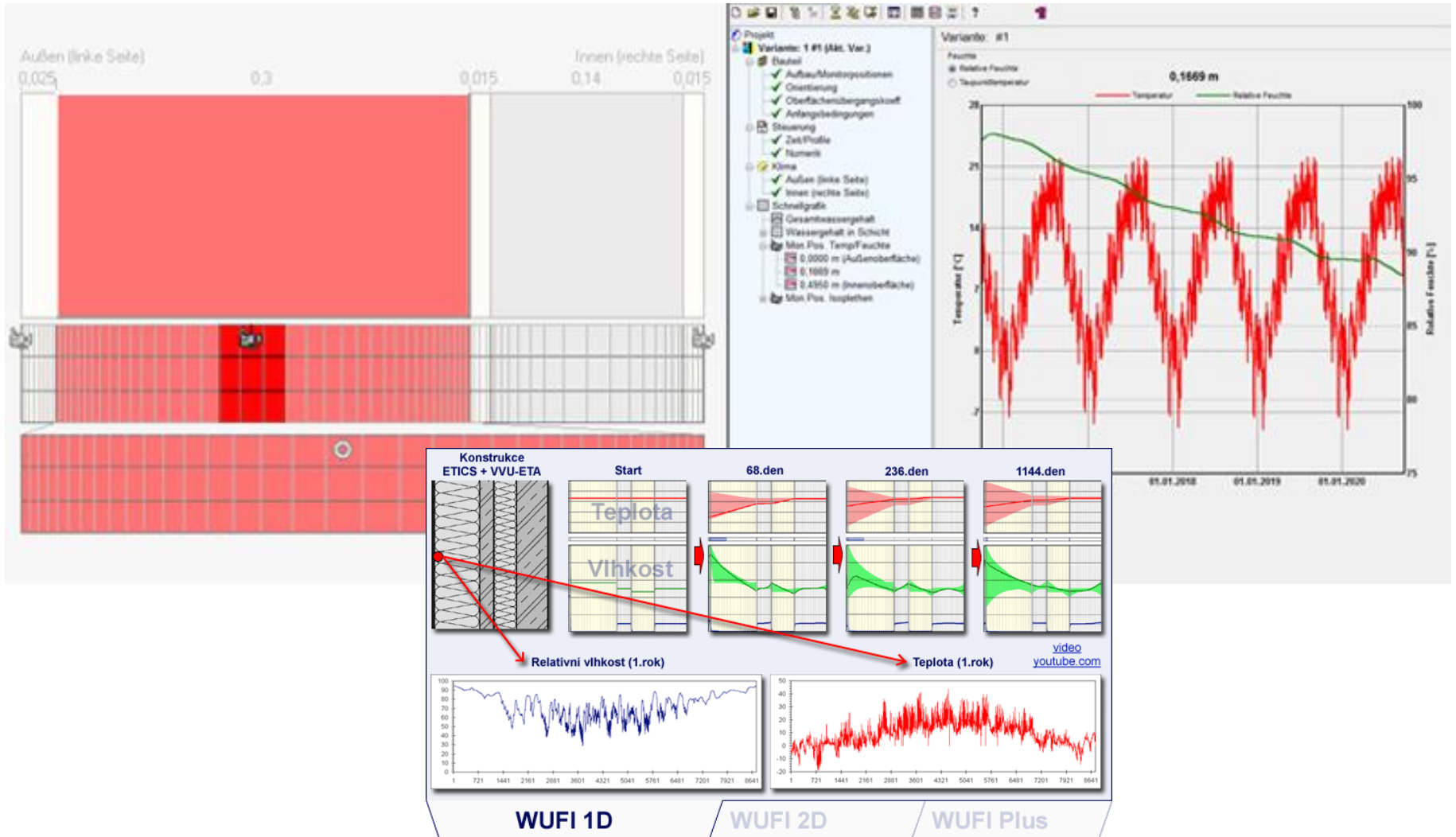
STATISCH: Glaser (gebruikelijk)

- ▶ op ogenblik T
- ▶ houdt geen rekening met de initiële toestand van de scheidingsconstructie
- ▶ verscheidene verwaarloosde elementen:
 - het watergehalte van een materiaal uur na uur: bij migratie van damp van binnen naar buiten toe kan het watergehalte van de isolatie of de baksteen geleidelijk aan toenemen, dag na dag, week na week.
 - de absorptie van water (vloeibare vorm) van buitenaf (regen) en de afgifte ervan in de scheidingsconstructie.
 - de hoeveelheid waterdamp die een materiaal kan opslaan volgens de relatieve vochtigheid waaraan het is blootgesteld: daarom spreken we van ademende materialen. De materialen kunnen een deel van de waterdamp opslaan en deze terug afgeven bij gunstige hygrothermische omstandigheden. Deze eigenschap wordt uitgedrukt door de sorptie-isotherm.
 - de evolutie van het isolatievermogen van een materiaal volgens de vochtigheid waaraan het is blootgesteld. Als een materiaal uur na uur vochtig wordt, zal zijn warmtegeleidende vermogen toenemen, waardoor het minder goed isoleert.





Dynamische simulatie



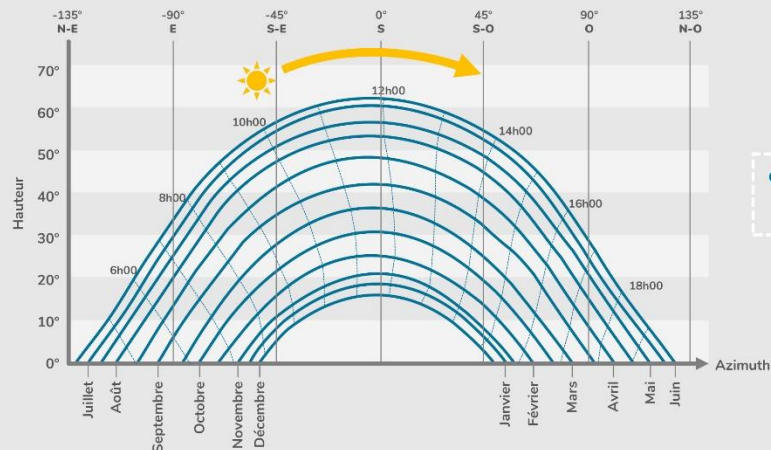


Dynamische simulatie

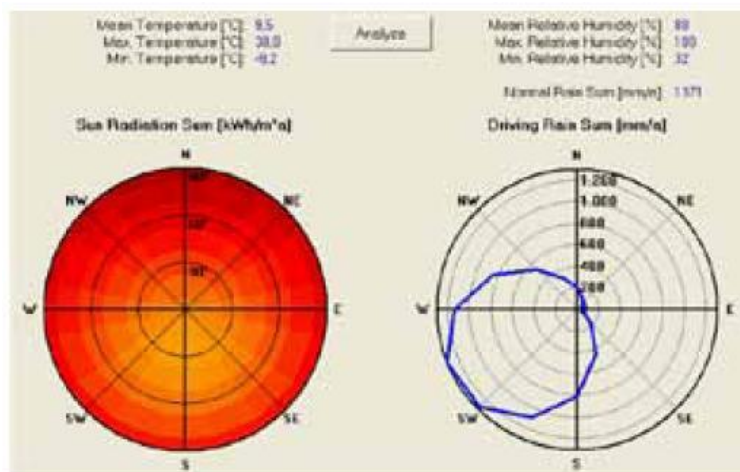
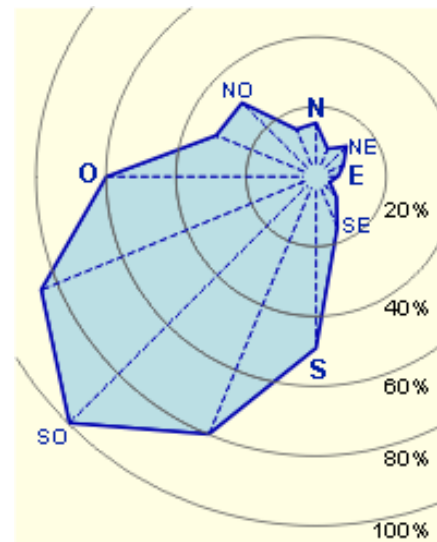
- ▶ berekening voor elk uur van elke dag van elke maand van het jaar
- ▶ houdt rekening met een dynamisch hygrothermisch gedrag van de scheidingsconstructie, jaar na jaar.
- ▶ 5 jaar (-> 10 jaar)
- ▶ voorgestelde oplossing voldoet aan een langetermijndoelstelling.
- ▶ visualiseren als een film: het geheel van de stromen op het niveau van de scheidingsconstructie (watergehalte, warmte en migratie van waterdamp op elk punt van de scheidingsconstructie, maar ook de regenbuien of de bezonningsperiodes, enz.)
- ▶ Verschillende softwareprogramma's
 - WUFI (Pro – 2D – Bio)
 - Delphin
 - MOIST
 - MATCH



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



Bron: Gids Duurzame Gebouwen



Analyse van de nabije omgeving

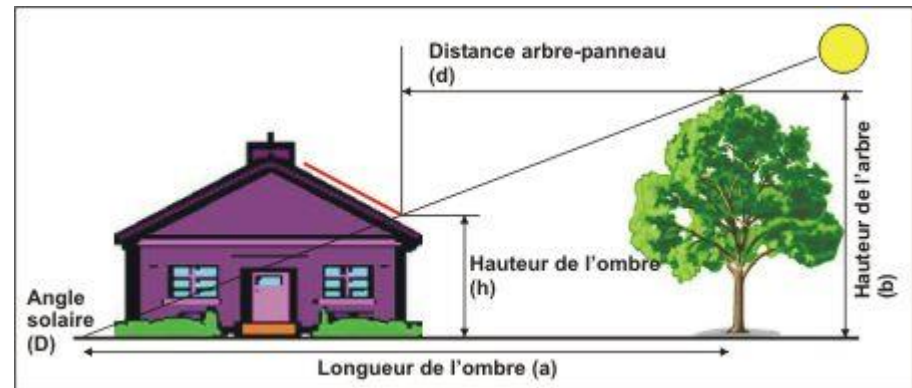
- ▶ hoogte van het gebouw
- ▶ vis-à-vis (plantengroei, bestaand of ... in de toekomst!,...)
- ▶ technische installaties geïnstalleerd op het dak



Bron: Gids Duurzame Gebouwen



Bron: SMA France



Bron: eclecticsite.fr

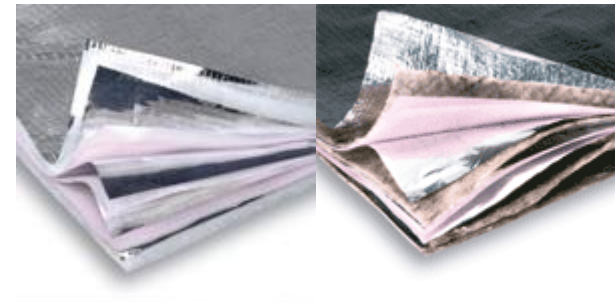


8 parameters die het hygrothermische gedrag beïnvloeden

▶ densiteit	(ρ)	[kg/m ³]
▶ porositeit	(ϵ)	[%]
▶ warmtegeleidend vermogen	(λ)	[W/mK]
▶ dampdiffusieweerstandsfactor	(μ)	[-]
▶ vochtigheidsgraad bij 80 % RV	(w80)	[kg/m ³]
▶ vochtigheidsgraad bij capillaire verzadiging	(w _f)	[kg/m ³]
▶ soortelijke warmte	(c)	[J/kg]
▶ absorptiecoëfficiënt	(A)	[kg/m ² s ^{1/2}]



- ▶ Afhankelijk van de te bereiken prestaties en van de beschikbare ruimte in de te isoleren lokalen → dikte en type van de aan te brengen isolatie.
- ▶ Noodzaak van een technische goedkeuring (ATG, ETA, EN, ISO 10456)
- ▶ Weerkaatsende dunne producten vermijden
 - Studie van het WTCB wordt bevestigd door verscheidene wetenschappelijke studies in diverse Europese landen.
 - De bevestiging van een equivalent van 20 cm minerale wol is onbetrouwbaar. In het beste geval een equivalent van 4 tot 6 cm, vaak onvoldoende.
 - Voordelen: zeer snelle plaatsing (hechting onder druk), grote doorlopende stroken, wat de bewoner de indruk van een zekere kwaliteit geeft ...





► 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

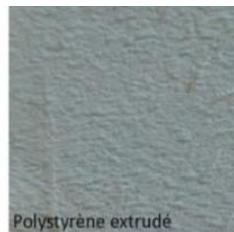
Panneau de laine de roche	100	0,09	9	0,035	1030	103,00	0,34	60,04	2	1	[0]
Panneau de laine de verre	50	0,09	4,5	0,035	1030	51,50	0,68	42,46	2	1	[0]
Panneau de verre cellulaire	110	0,10	11	0,040	1000	110,00	0,36	66,33	[∞]	[∞]	[0]
Panneau de silicate de calcium	270	0,18	48,6	0,070	1000	270,00	0,26	137,48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

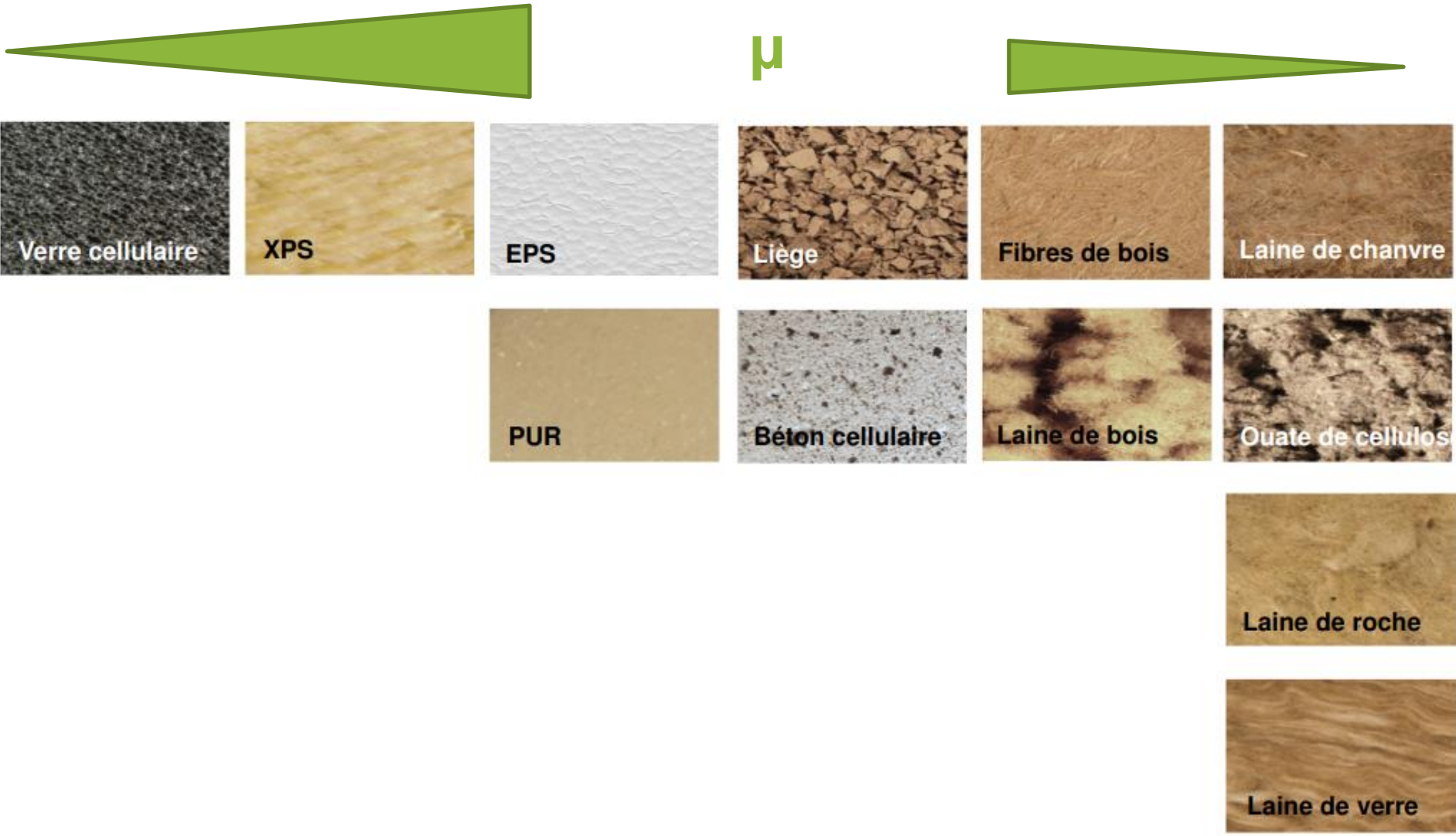
ISOLANTS A BASE DE FIBRES NATURELLES

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



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



	Hygroscopisch en capillair	Weinig of niet hygroscopisch en capillair
Onrotbaar	 Béton cellulaire	    
Onrotbaar maar kwetsbaar (bij sterke aanwezigheid van water)		 
Rotbaar en kwetsbaar (bij overschrijding van kritiek gehalte)	   	



Luchtscherm

- ▶ element met luchtdoorlatendheid $< 0,1 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ bij drukverschil van 50 Pa

Dampscherm

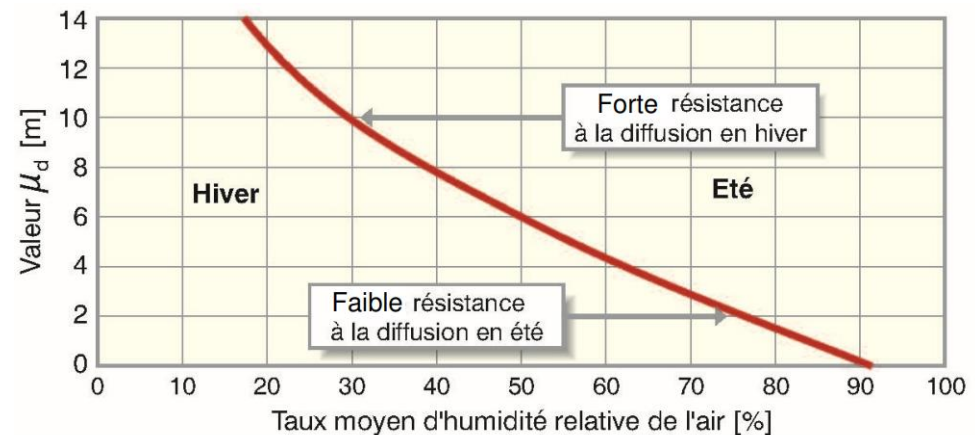
- ▶ gewoonlijk gelijkgesteld met een hoge vaste S_d -waarde
- ▶ → zal de dampdiffusie aanzienlijk beperken, ongeacht de gebruiksomstandigheden

Damprem

- ▶ handelsbenaming
- ▶ gewoonlijk gelijkgesteld met een lagere S_d -coëfficiënt, waarvan de grenswaarde echter niet vastligt

Hygrovariabele damprem

- ▶ gekenmerkt door een S_d -waarde die varieert volgens de relatieve vochtigheid (RV) en de temperatuur van de omgeving langs weerszijden van het product (of van de laag)



Wanneer moet er een dampdichting worden voorzien?

- ▶ Bij dampdoorlatende isolatie
→ VERPLICHT!
- ▶ Als de isolatie weinig of niet dampdoorlatend is (EPS, XPS, PUR, CG), op het metselwerk gelijmd is EN als de binnenlucht niet tussen isolatie en metselwerk circuleert
 - is het niet verplicht een dampdichting aan te brengen
 - bij isolatie tussen latten → VERPLICHT!

Welke dichting kiezen?

- ▶ Bij Glaser → dampscherm!
- ▶ Indien dynamisch: nuancering → 'intelligente' damprem (voldoende in de winter, tegen het fenomeen in de zomer)
- ▶ Invloed van de afwerking (hygroscopisch zoals ongebakken aarde) → 'hygrische inertie' maar moeilijk te kwantificeren!
Voorbeeld: hennep



Continuïteit van de dichtheid/dichting

- ▶ Platen – messing en groef +
 - ofwel kleefband,
 - ofwel spuitschuim,
 - ofwel kit.

- ▶ Bij membraan: overlapping +
 - ofwel kleefband,
 - ofwel samengedrukte naden.



- ▶ Verificatie: middel gebruikt voor dichte aansluiting = gevraagde dichtheidsklasse.





waterdampdoorlatendheid ≠ luchtdoorlatendheid



► Is een dampscherm ook een luchtscherm?

- Ja, in elk geval.

Lucht is de eerste transportvector van damp.

De voornaamste functie van een dampscherm is dan ook een afscherming tegen lucht te vormen.

► Is een luchtscherm ook een dampscherm?

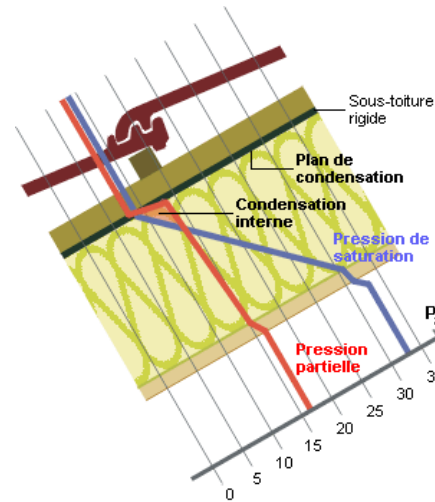
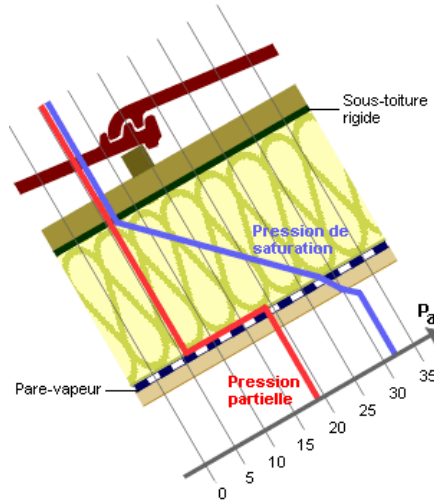
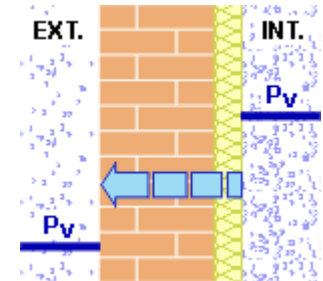
- Niet systematisch.

Bepaalde onderdaken bijv. kunnen zowel een goed luchtscherm als een goed windscherm vormen, maar moeten voldoende doorlatend zijn voor de diffusie van waterdamp (waardoor ze in geen geval een dampscherm vormen!)



Dampscherm? Onderdak?

- ▶ $P_{\text{vap.int}} > P_{\text{vap.ext}} \rightarrow$ migratie van damp van binnen naar buiten toe
- ▶ Eenvoudig gedrag

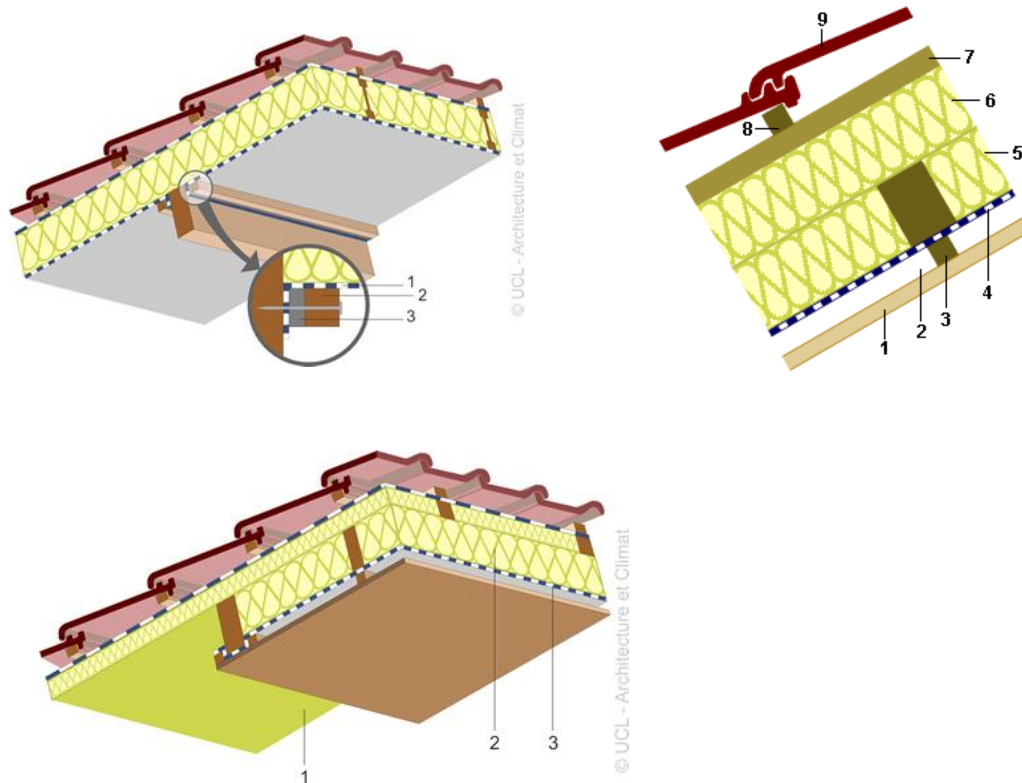


Bron: energie+



Dampscherm? Onderdak?

- ▶ $P_{\text{vap.int}} > P_{\text{vap.ext}} \rightarrow$ migratie van damp van binnen naar buiten toe
- ▶ Eenvoudig gedrag
- ▶ Continuïteit?

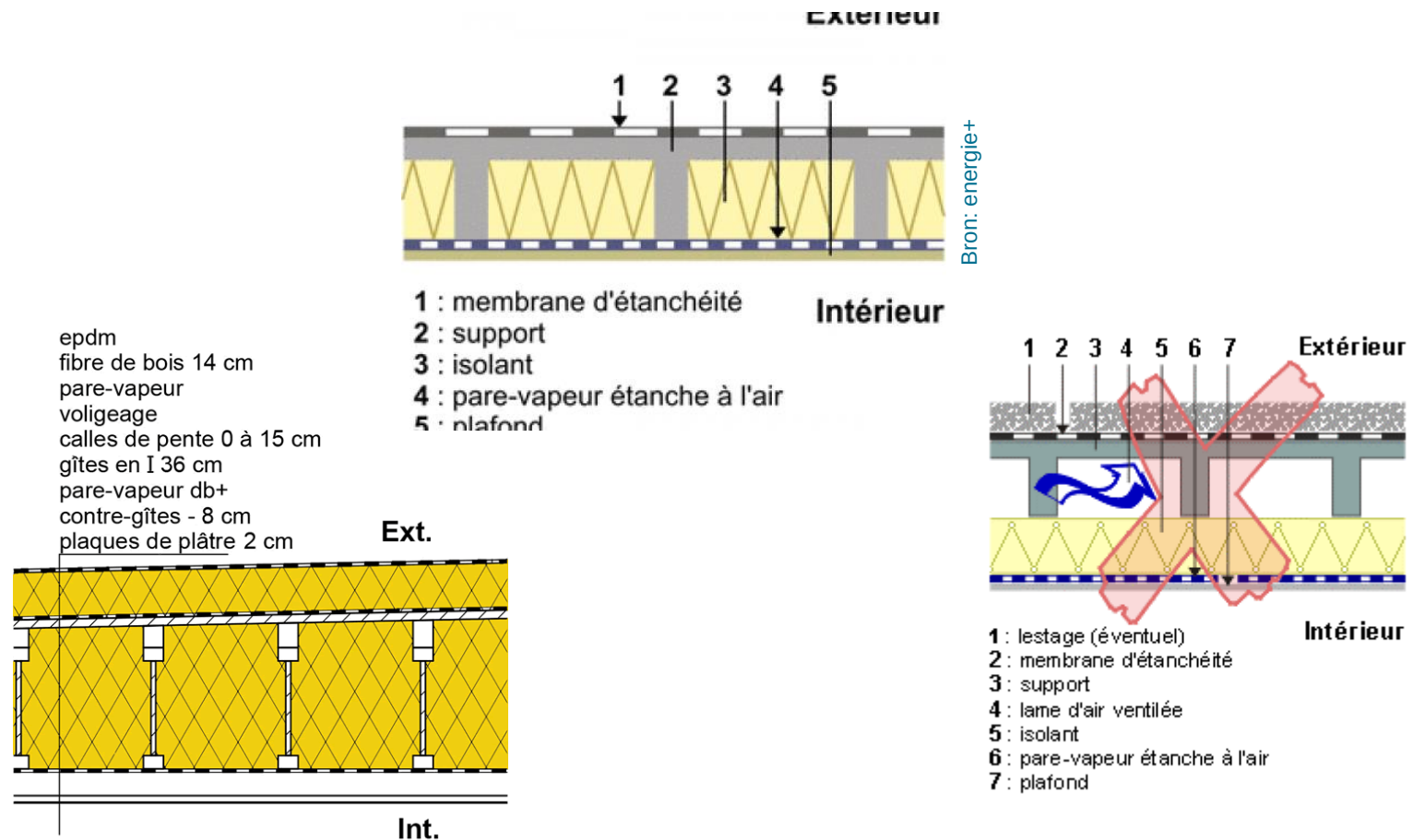


Bron: energie+



Compact dak

- ▶ $P_{\text{vap.int}} > P_{\text{vap.ext}} \rightarrow$ migratie van damp van binnen naar buiten toe
- ▶ Eenvoudig gedrag



Functie van het gebouw

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	$1100 < p_i < 1165$	I
Bâtiment bien ventilé avec une production de vapeur limitée.	• habitations de grande dimension • écoles • magasins • bureaux non climatisés • unités de soins hospitaliers	$1165 < p_i < 1370$	II
Bâtiment d'utilisation intense.	• habitations sociales • flats • maisons de soins • bâtiments faiblement climatisés (HR < 60 %)	$1370 < p_i < 1500$	III
Bâtiment avec une production de vapeur élevée.	• piscines • locaux industriels humides • blanchisseries • bâtiments fortement climatisés (HR > 60 %)	$1500 < p_i < 3000$	IV

Bron: energie+





Websites

- ▶ <https://energieplus-lesite.be/ameliorer/isolation/ameliorer-isolation-toiture-a-versant/choisir-le-pare-vapeur-d-un-versant-isole/>





Gids Duurzame Gebouwen

<https://www.gidsduurzamegebouwen.brussels/>

- ▶ <https://www.gidsduurzamegebouwen.brussels/isolatie-binnenzijde-hellende-daken>



Websites

- ▶ Energie+

[Diffusion de vapeur d'eau](#)

[Toiture inclinée](#)



Opleidingen

Opleiding WUFI-software (construction21, PMP,...)



Pierre WILLEM

Projectingenieur

écorce sa

 + 32 4 226 91 60 info@ecorce.be

BEDANKT VOOR UW AANDACHT

