

OPLEIDING DUURZAME GEBOUWEN

RENOVATIE MET HOGE
ENERGIE-EFFICIËNTIE IN DE
BRUSSELE CONTEXT

LENTE 2020

Focus op waterdampdiffusie

Pierre WILLEM
écoRce
INGENIEURSCONSULTANCE





- ▶ Het fenomeen van waterdampdiffusie en de mogelijke gevolgen ervan belichten
- ▶ Inzicht verstrekken in het fenomeen en helpen een strategie voor een duurzame aanpak uit te werken
- ▶ Een orde van grootte voor de gebruikte elementen aangeven



INLEIDING

- ▶ **Herinnering BK**

- ▶ Definities

CONDENSATIE

PRAKTIJKVOORBEELDEN

CONCLUSIES



- ▶ In de condensatieproblematiek kunnen we verscheidene mogelijke oorzaken onderscheiden:
 - Bouwknopen
 - Problemen verbonden aan de waterdampdiffusie in een scheidingsconstructie
 - Afwezigheid van verwarming in de ruimten, waardoor bepaalde scheidingsconstructies een te lage oppervlaktetemperatuur hebben
 - Te geringe luchtverversing gecombineerd met de productie van vocht, wat tot een hoge relatieve vochtigheid in de ruimte leidt.



INLEIDING

- ▶ Herinnering BK

- ▶ **Definities**

CONDENSATIE

PRAKTIJKVOORBEELDEN

CONCLUSIES



Partiële waterdampdruk (p_v) [Pa]

- ▶ Lucht bevat altijd een kleine hoeveelheid waterdamp (= gas) die mee de luchtdruk bepaalt. Het aan de waterdamp toe te schrijven deel wordt de partiële druk genoemd.
- ▶ Bijv. bij 20 °C en 50 %, $p_v = 1.170$ Pa (en $p_{\text{atm}} = 101.300$ Pa)

Verzadigde dampdruk of dampspanning (p_{vs}) [Pa]

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



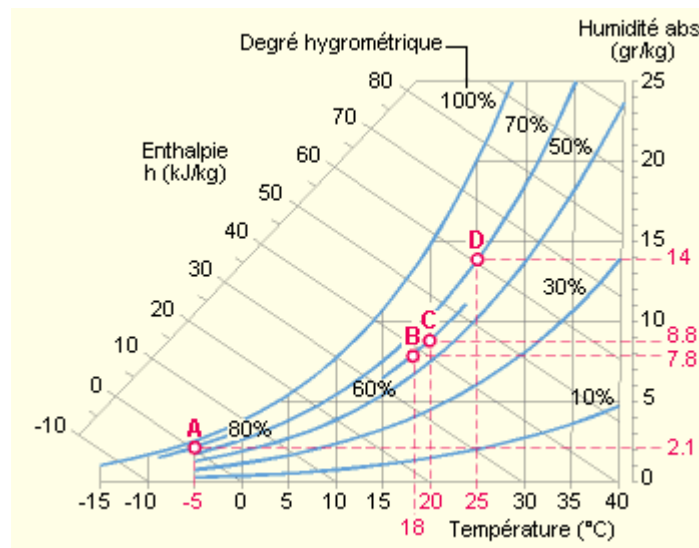
Absolute vochtigheid

(x, w of r)

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

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

		Température [°C]	Humidité absolue en [g _{eau} /kg _{air sec}]
A	à l'extérieur en hiver (HR = 90 %)	-5	2,1
B	dans un local (HR = 60 %)	18	7,8
C	dans un local (HR = 60 %)	20	9,8
D	à l'extérieur en été (HR = 70 %)	25	14

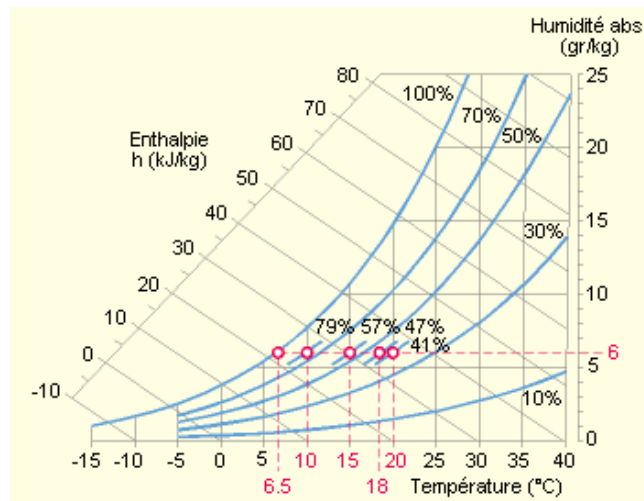


Relatieve vochtigheid of *hygrometrische graad* (ϕ) [%]

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

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

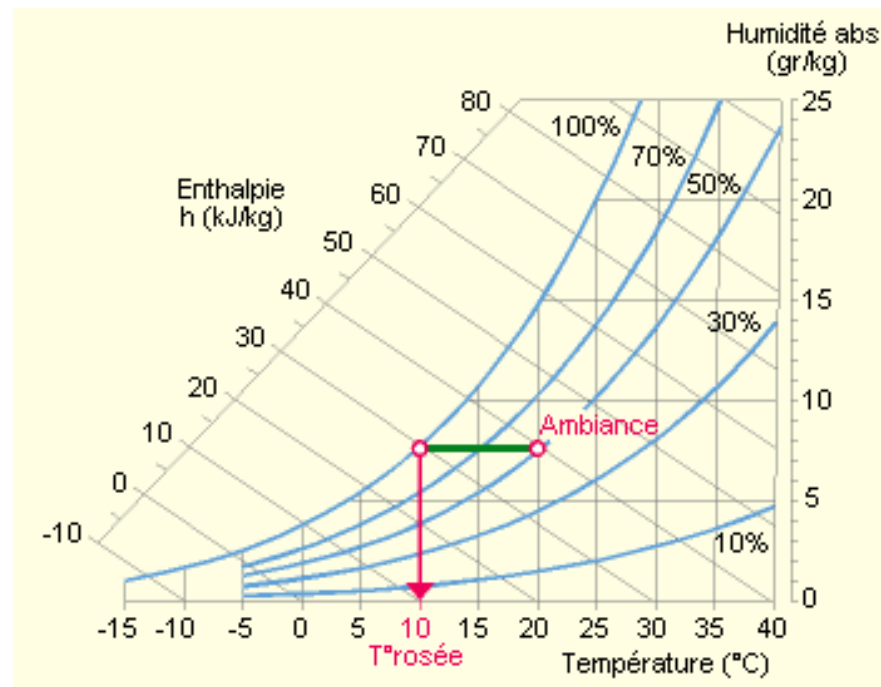
		Température [°C]	Humidité absolue [g _{eau} /kg _{airsec}]	Humidité relative [%]	Remarques
A	automne (matin)	6,5	6	100	brouillard ou pluie
B	automne	10	6	79	brouillard ou brume
C	chauffé à	15	6	57	
D	chauffé à	18	6	47	
E	chauffé à	20	6	41	



Dauwpunttemperatuur

(T_{dauw}) [$^{\circ}\text{C}$]

- Voor de 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 reële watergehalte van de materialen op het ogenblik van de test te bepalen.

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

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

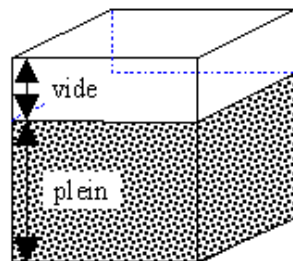
- De vochtigheidsgraad van de materialen is afhankelijk van tal van factoren, in het bijzonder de omgeving waarin ze worden opgeslagen, de wind, de temperatuur en de porositeit van het materiaal.



Porositeit

(n) [%]

- ▶ De porositeit is de eigenschap van een materiaal met poriën of kleine holtes die fluïda (vloeibaar of gasvormig) kunnen bevatten. Een poreuze structuur is hetzij:
 - gesloten, wanneer de poriën niet onderling verbonden zijn (bijv. schuimglas),
 - open, wanneer de poriën onderling verbonden zijn (bijv. baksteen, beton) en uiterst fijne kanaaltjes vormen.
- ▶ Een open structuur:
 - kan water absorberen: de kanalen gedragen zich als capillaire buisjes; men spreekt van capillaire materialen,
 - laat waterdamp door: men spreekt van waterdampdoorlatende materialen,
 - laat lucht door: men spreekt van luchtdoorlatende materialen.



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



Hygroscopiciteit

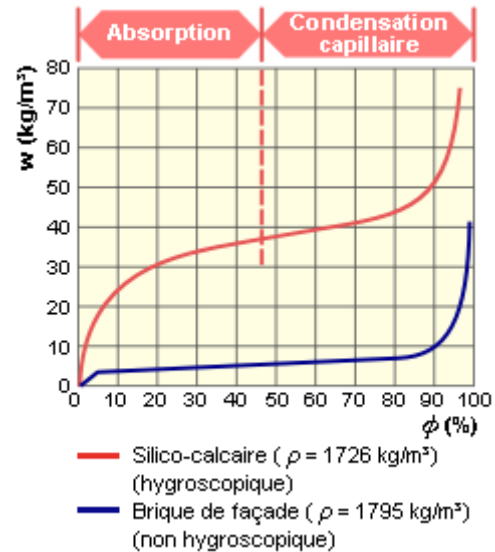
- ▶ Een bepaald poreus materiaal met open poriën dat in vochtige lucht wordt geplaatst, zal een zekere hoeveelheid vocht opnemen, die uitsluitend afhankelijk is van en in verhouding staat tot de relatieve vochtigheid van de lucht.

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

- ▶ 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 vanaf 76 %
 - op hout en wol: bij een $RV > 85 \%$
 - op katoen en glaswol: bij een $RV > 96 \%$



Hygroscopiciteit



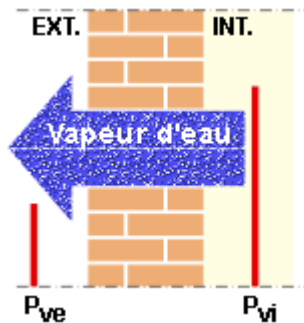
Matériau	Masse volumique (kg/m³)	Pourcentage de micropores (% du volume de matériau) en (m³/m³)
Brique	1 950	0,8 - 1,1
Béton cellulaire	40	4 - 12
Plafonnage de chaux	1 800	4,7
Plaques de plâtre	800 - 1 400	10
Bois résineux	500	12 - 15



Waterdampdiffusiecoëfficiënt

(μ) [-]

- Deze coëfficiënt bepaalt de waterdampdoorlatendheid van een materiaal. Hoe hoger de μ -waarde, hoe groter de weerstand. Een waarde lager dan 10 μ wijst op een goede waterdampdiffusie.



1

$\mu =$  25 à 75



10 000 à 100 000

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



INLEIDING

CONDENSATIE

- ▶ **aan de oppervlakte**
- ▶ in een scheidingsconstructie

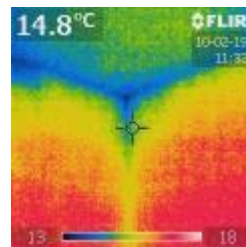
PRAKTIJKVOORBEELDEN

CONCLUSIES

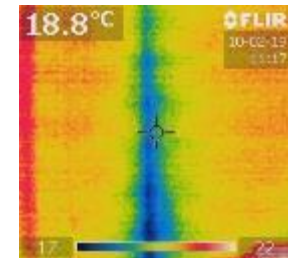


Illustraties

Bron: Fastral



$$\tau_{\min} = \frac{\theta_{o\min} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e}$$



INLEIDING

CONDENSATIE

- aan de oppervlakte
- **in een scheidingsconstructie**

PRAKTIJKVOORBEELDEN

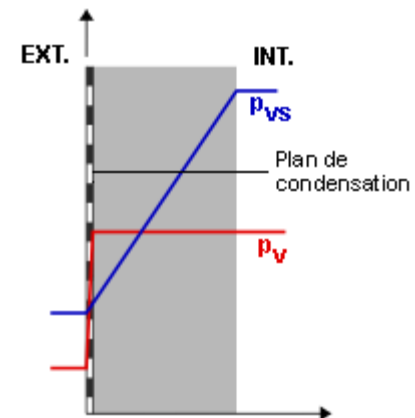
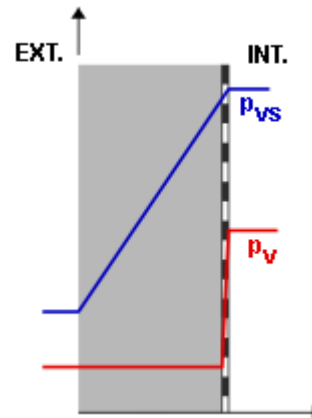
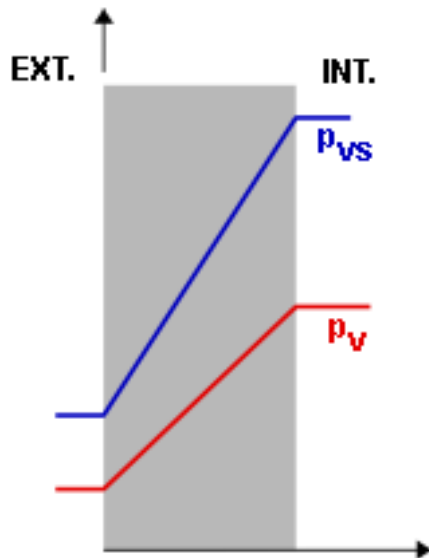
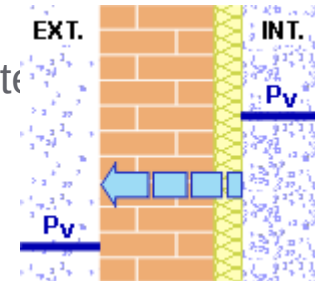
CONCLUSIES

Basisprincipe: steeds meer open voor dampdiffusie van binnen naar buiten



Baksteenmetselwerk

- ▶ $P_{\text{binnendamp}} > P_{\text{buitendamp}} \rightarrow$ dampmigratie van binnen naar buiten
- ▶ Eenvoudig gedrag
- ▶ Wat als het element geen diffusie toelaat?
 - Dampwerend
 - Waterwerend

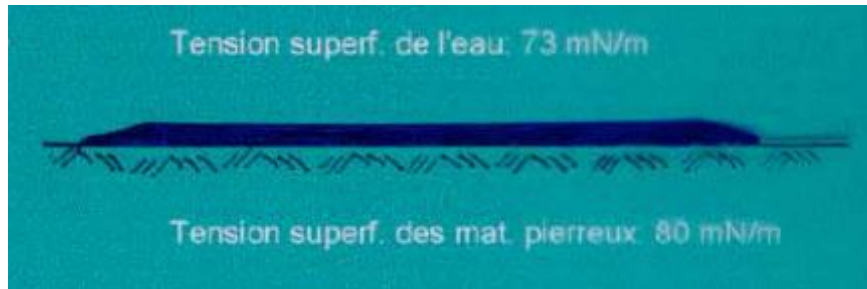


Bron: energie+



Baksteenmetselwerk

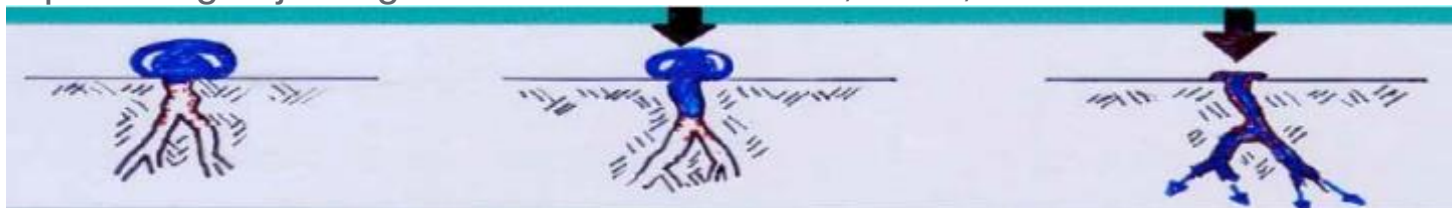
- ▶ Waterwerende oppervlaktebehandeling (onzichtbaar) – TV 224
 - Oppervlaktespanning (de oppervlakte wordt vochtig)



- Hydrofoob principe (de oppervlakte wordt niet nat, het water 'parelt')



- Opmerking: bij hevige wind en scheuren > 0,3 mm, infiltratie



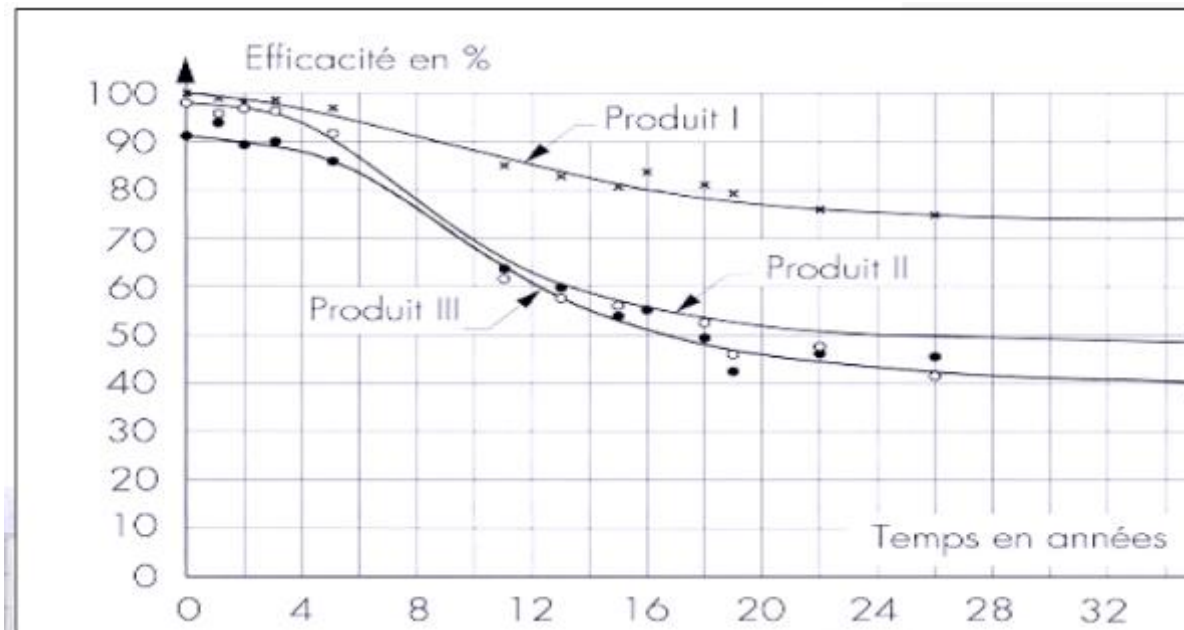
Baksteenmetselwerk

- ▶ Waterwerende oppervlaktebehandeling (onzichtbaar) – TV 224
 - Meervoudige doelstelling:
 - ▶ Gezondheid
 - Vochtigheid van de materialen beperken
 - De hygrometrische omgevingsvoorwaarden verbeteren
 - Schimmels in materialen (rottend houtwerk) bestrijden
 - ▶ Duurzaamheid
 - Vorstbestendigheid verbeteren
 - Aantasting door vervuiling tegengaan
 - Biologische ontwikkelingen afremmen
 - ▶ Isolatie: de isolatie van massieve ruwe muren (max. winst van 25 %) lichtjes verbeteren
 - ▶ Aanzicht
 - Zelfreiniging bevorderen
 - Indringing van vuil verminderen
 - Onderhoud met zachte middelen vergemakkelijken



Baksteenmetselwerk

- ▶ Waterwerende oppervlaktebehandeling (onzichtbaar)
 - Duurzaamheid van de behandeling
 - ▶ Silanen (monomeren) – delicate reactie

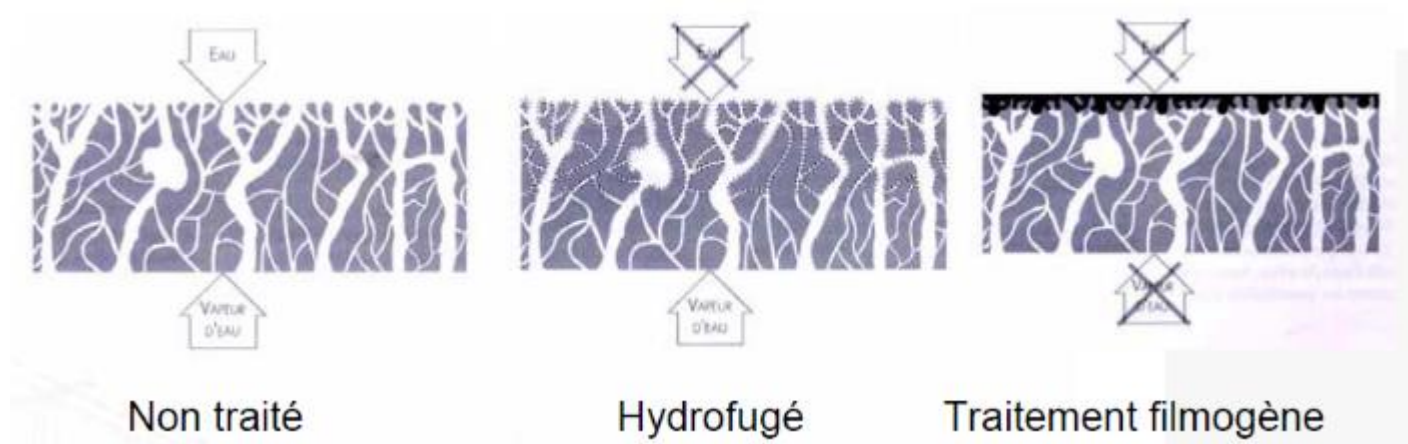


Bron: Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf (WTCB)



Baksteenmetselwerk

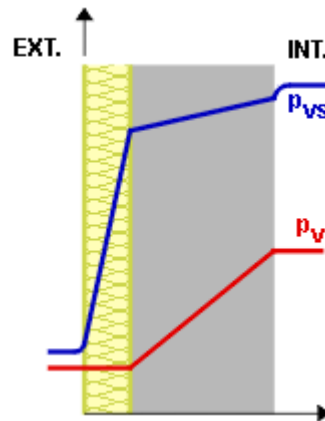
- ▶ Waterwerende oppervlaktebehandeling (onzichtbaar)
 - ▶ = impermeabilisering die niet veel verandert aan de waterdampdiffusie noch aan het aanzicht van de poreuze bouwmaterialen
 - ▶ Samenstelling:
 - Silanen (monomeren) – delicate reactie
 - Siloxanen (oligomeren) - de meest courante (80 %)
 - Aluminiumstearaten, gefluoreerde copolymeren, ...
 - ▶ Oplossing: 5 tot 10 % aangelengd, met solventen, in waterfase of in gel



Aan buitenzijde geïsoleerd baksteenmetselwerk

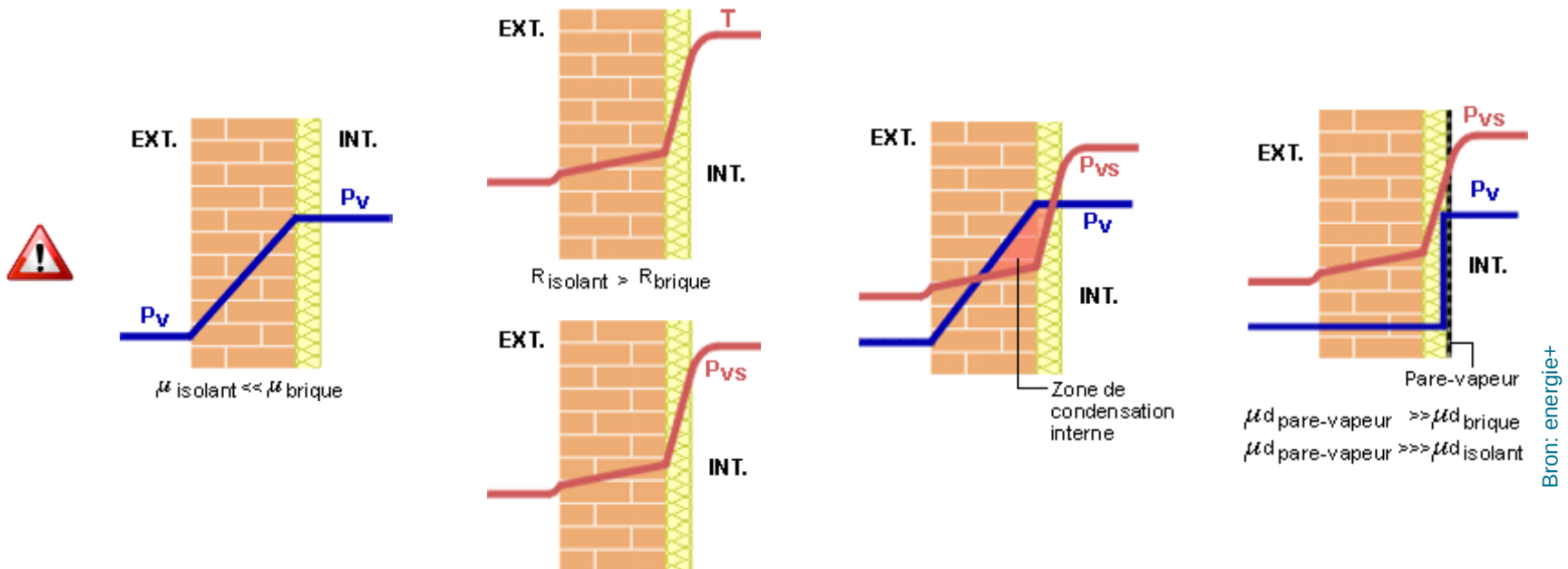
- Belang van de aard van
 - de isolatie
 - de buitenbepoistering

Indien te gesloten, kan er in de isolatie condensatie optreden



Aan binnenzijde geïsoleerd baksteenmetselwerk

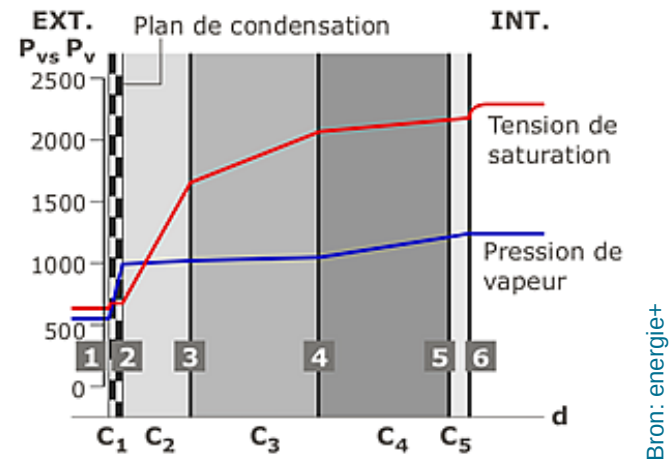
- ▶ Samenstelling of opbouw van scheidingsconstructie van doorslaggevend belang!
 - Dampdiffusiecoëfficiënt (μ)
 - Positie van isolatie en van dampscherm/-rem
- ▶ Vaak voorkomend probleem bij isolatieopbouw aan binnenzijde (renovatie)



Andere gevallen

- ▶ Aan buitenzijde geïsoleerd dak
 - Plat dak (beton)

Caractéristiques des matériaux	d(m)	λ (W/(m x K))	μ (-)
C1 : Roofing	0,01	0,17	2 000
C2 : Mousse PUR	0,05	0,03	30
C3 : Béton de pente	0,10	0,35	10
C4 : Béton	0,12	2,00	70
C5 : Enduit	0,015	0,70	20

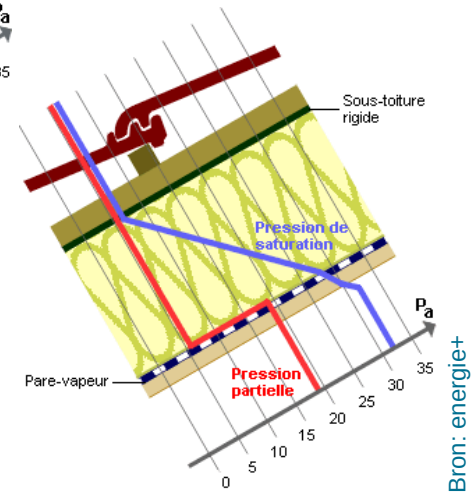
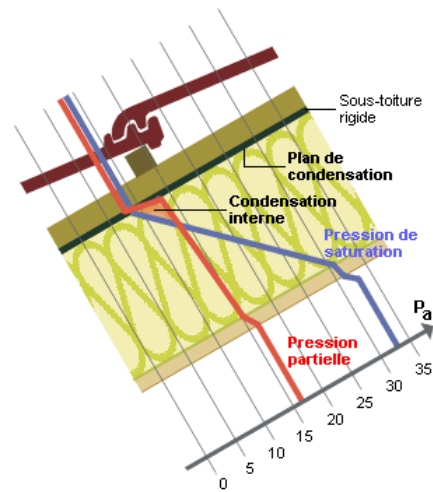
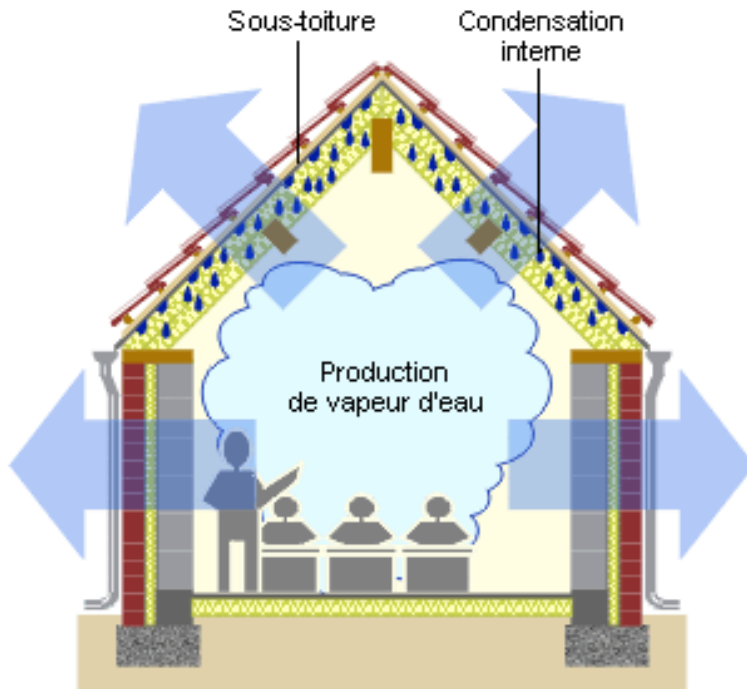


- Berekening door middel van statische simulatie. Waarom werkt dit in de praktijk?
- Verscheidene verschijnselen worden niet in acht genomen (herdistributie, capillariteit, bezonning, ...)



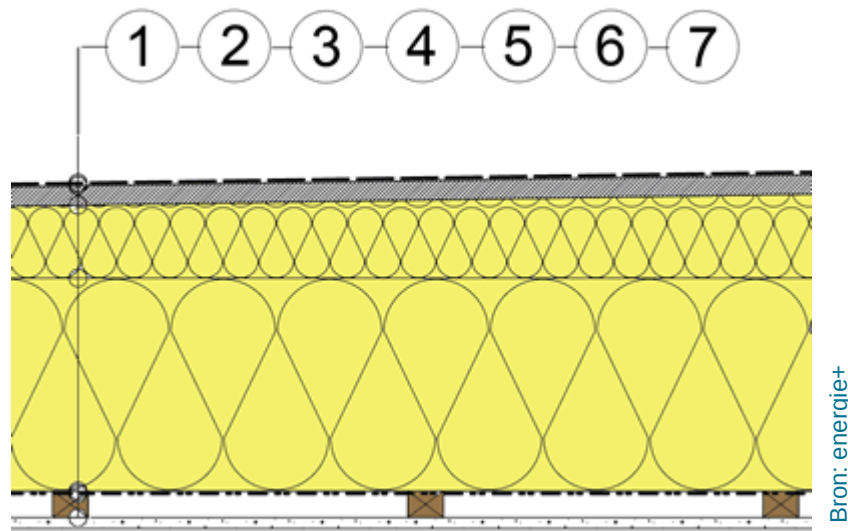
Andere gevallen

- Aan binnenzijde geïsoleerd dak
 - Hellend dak (gesloten onderdak type visqueen)

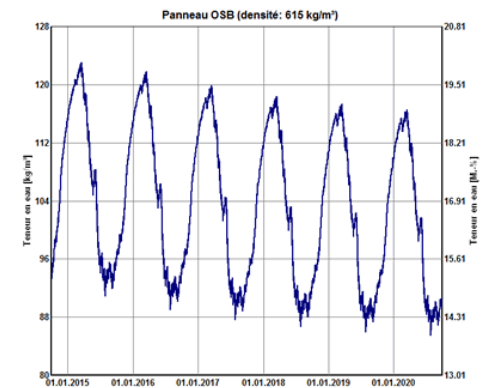


Andere gevallen

- Aan binnenzijde geïsoleerd dak
 - Plat dak (compact)

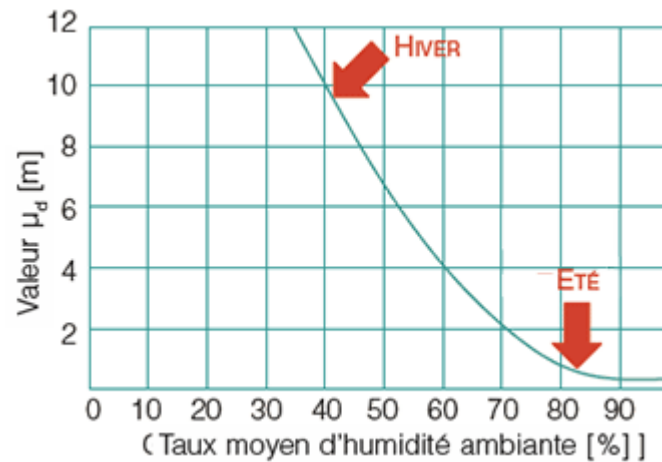
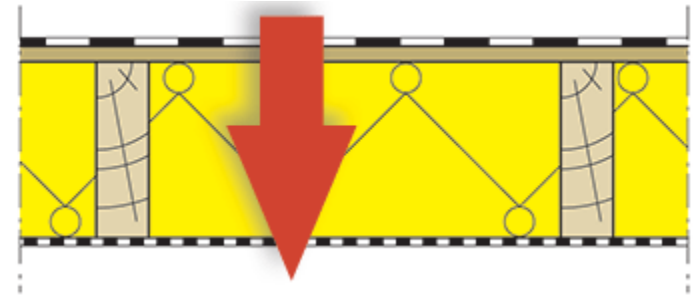
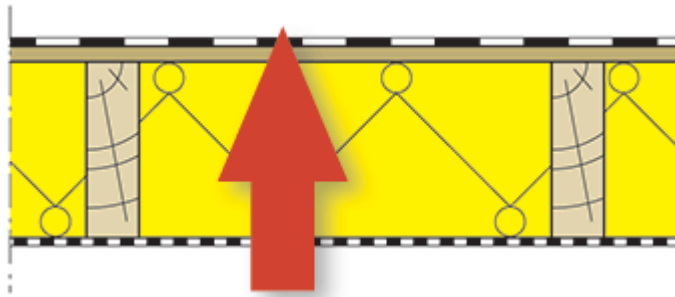


1. Membrane TPO.
2. Panneau OSB 22 mm.
3. Cales de pente + cellulose.
4. Gîtage en bois + cellulose 22 cm.
5. Frein-vapeur souple.
6. Lattage.
7. Finition intérieure.



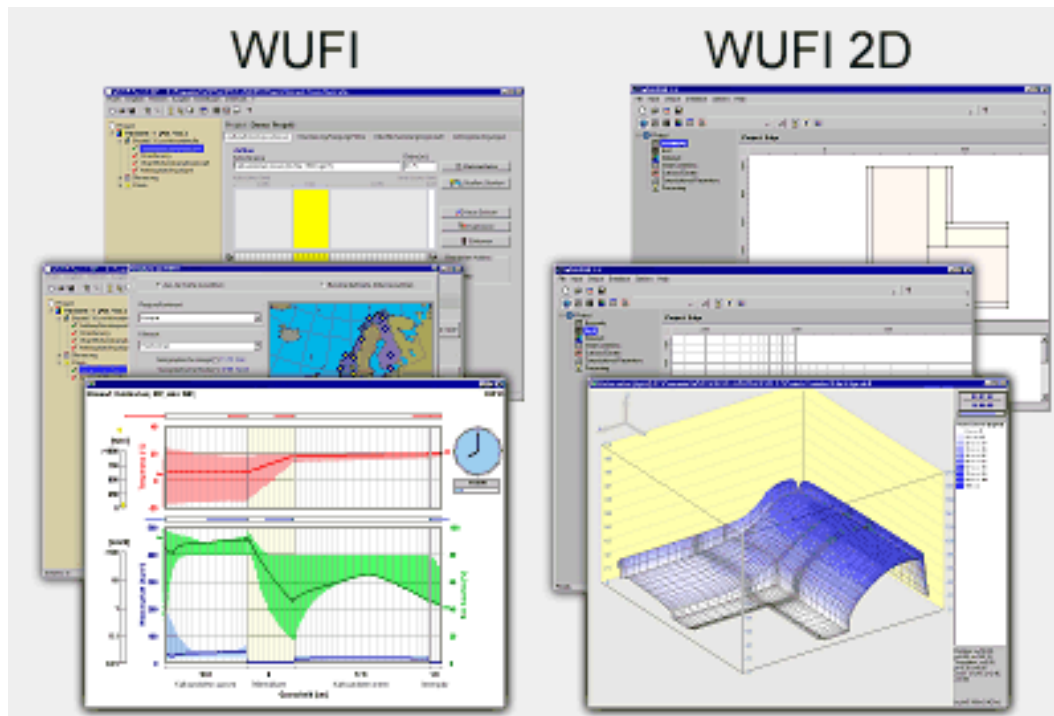
Andere gevallen

- Aan binnenzijde geïsoleerd dak
 - Plat dak (compact)



Tools

- Dynamische methode (WUFI, Dolphin ...)
 - Meer 'aanvaardbare' gevallen door rekening te houden met het dynamische gedrag van de materialen



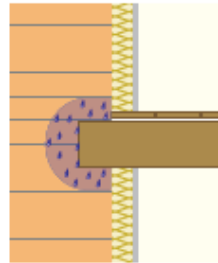
Bron: wufi.de





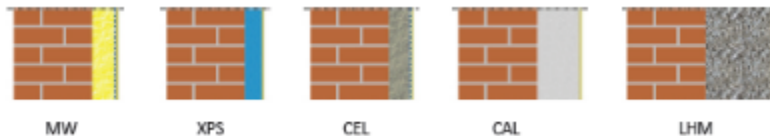
Tools

► Publicatie Waals Gewest



Risques de condensation
au droit de l'appui des gîtes
dans le mur.

- ✓ – **POSITIF** : Signifie que le système d'isolation par l'intérieur est considéré comme valide au sens des hypothèses émises. Ce ne sera le cas que si la paroi analysée n'a reçu de réponse négative à aucun des critères, et que 2 critères au maximum annoncent un risque ;
- ! – **RISQUE** : Signifie que le système d'isolation par l'intérieur présente un risque. Ce sera le cas si 2, 3 ou 4 critères annoncent un risque, et que la paroi analysée n'a reçu de réponse négative à aucun des critères ;
- ✗ – **NEGATIF** : Signifie que le système d'isolation par l'intérieur correspondant doit être rejeté. C'est le cas si la paroi analysée a reçu une réponse négative à au moins un des critères, ou que 5 critères ou plus annoncent un risque.



	PROBLÈMES	PISTES DE SOLUTION
Prises électriques et canalisations		
Châssis, linteaux et tablettes de fenêtres		
Dalles d'étage en béton		

Bron : ISOLATION THERMIQUE PAR L'INTERIEUR DES MURS EXISTANTS EN BRIQUES PLEINES, DGO4, Architecture et Climat



INLEIDING

CONDENSATIE

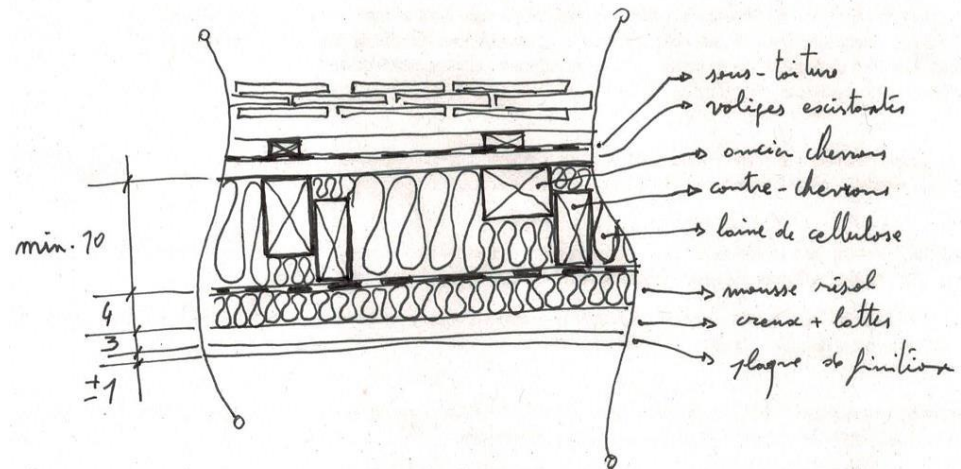
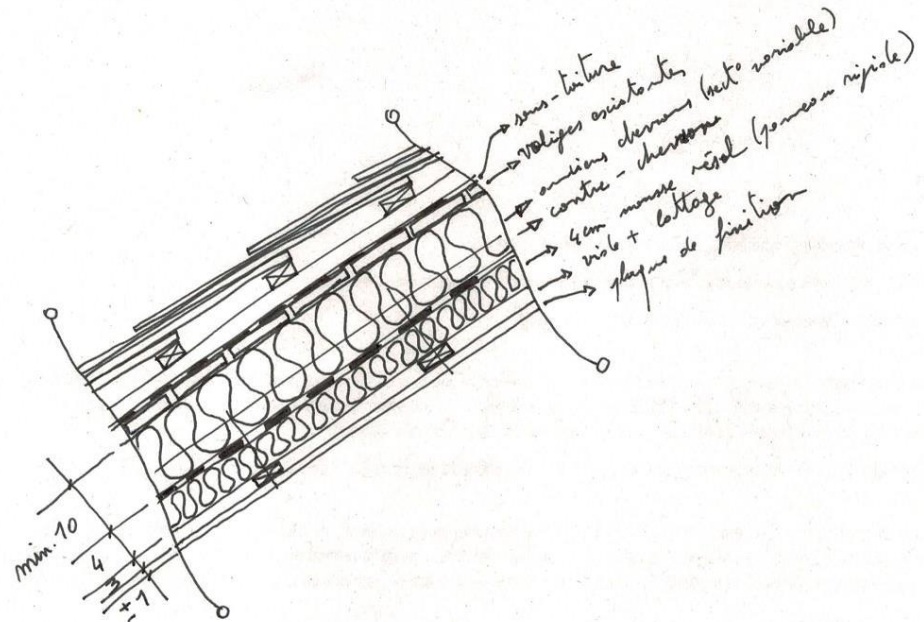
PRAKTIJKVOORBEELDEN

CONCLUSIES



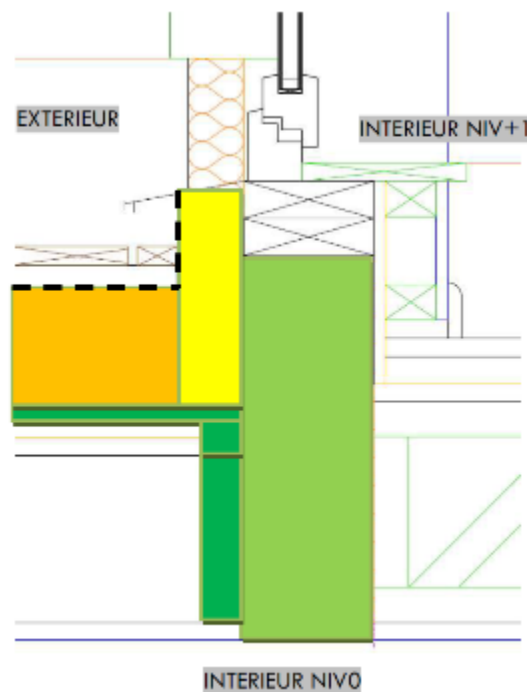
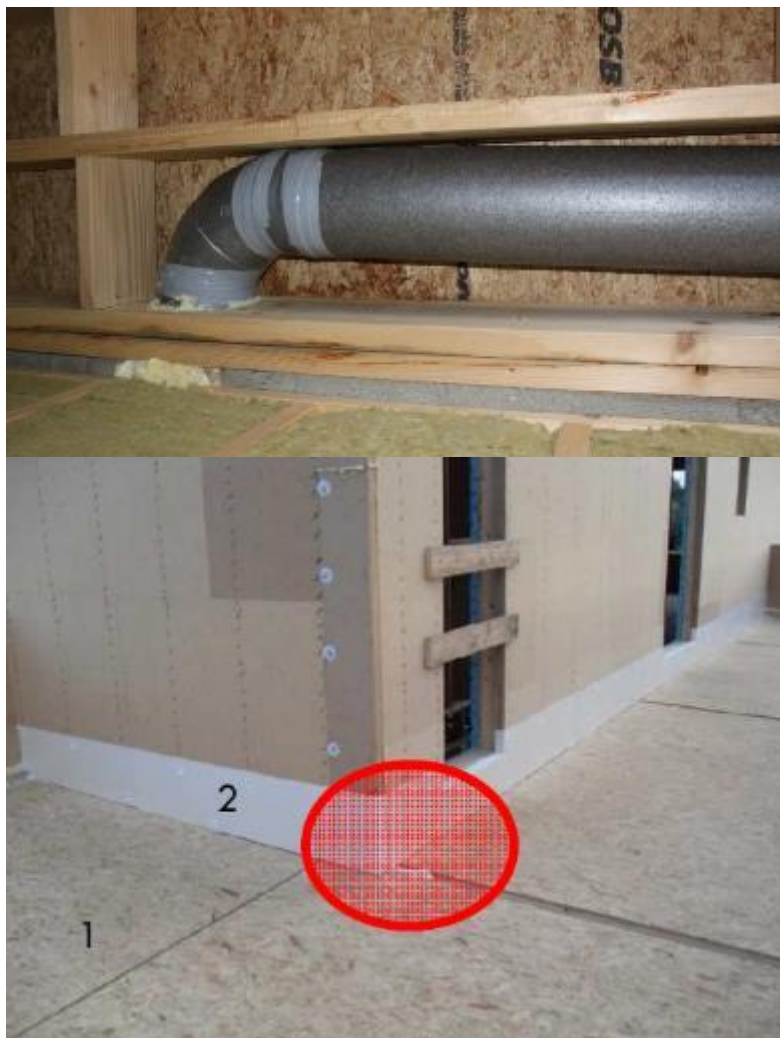


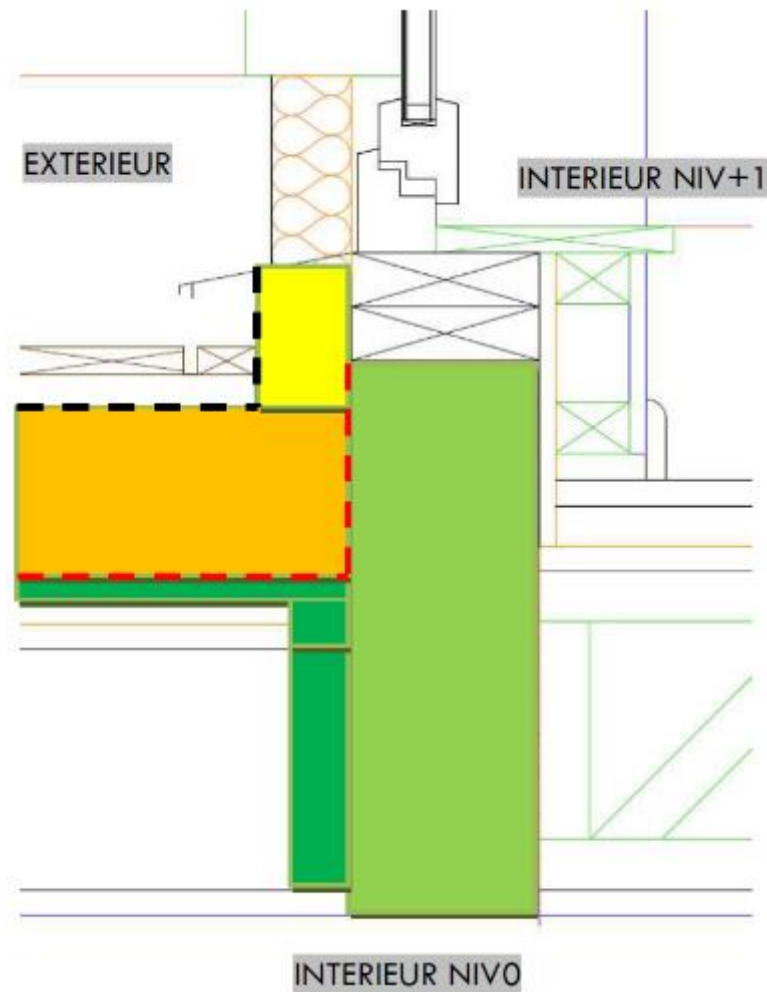
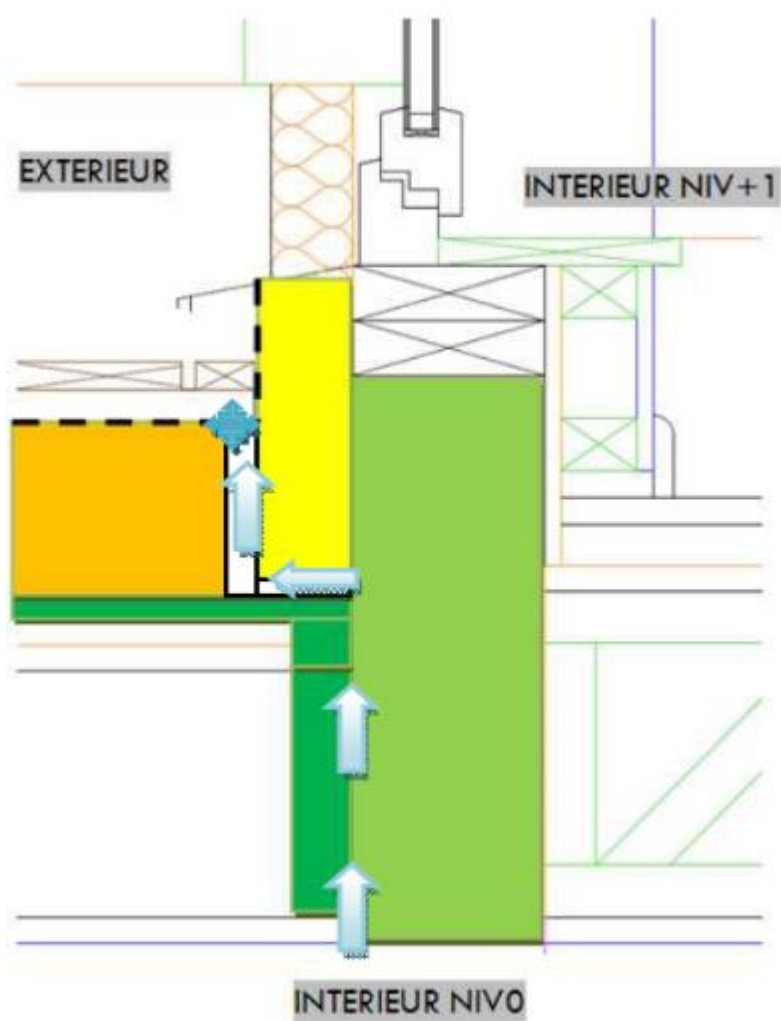
ILLUSTRATIES – “Lg01”



HELLENDE DAKEN







INLEIDING

CONDENSATIE

PRAKTIJKVOORBEELDEN

CONCLUSIES



- ▶ Elk geval is specifiek!
- ▶ Alle isolatiewerken in of aan een gebouw zullen de initiële waterdampdiffusie verstoren.
- ▶ Om problemen te voorkomen, moeten materialen met de juiste eigenschappen worden gebruikt, afhankelijk van het geval.
- ▶ Het ene dampscherm is het andere niet en dat geldt ook voor het gebruikte isolatiemateriaal! Er moet aandacht worden besteed aan de technische eigenschappen van de producten.





- ▶ Bouwprincipe: steeds meer waterdampdoorlatend van binnen naar buiten.
- ▶ In geval van een waterwerende oppervlaktebehandeling: altijd waterdampdoorlatend! Ook rekening houden met de duurzaamheid.
- ▶ Men KAN aan binnenzijde isoleren met specifieke inrichtingen en kennis van het beoogde gedrag van het systeem.
- ▶ Grotere isolatiediktes vereisen specifieke berekeningen voor het betreffende geval: geen standaardformule dus, maar eerder principes van goede praktijk.





Websites

- ▶ (FR) Website van het Waals Gewest
<http://energie.wallonie.be/fr/isolation-thermique-par-l-interieur-des-murs-existants-en-briques-pleines.html?IDC=8605&IDD=41922>
Bevat tools voor de berekening van het condensatierisico
- ▶ (DE) Franhauser Institut
www.wufi.de
Website van de dynamische-simulatiesoftware (demoversie beschikbaar)
- ▶ (FR) Energie+, website
<http://www.energieplus-lesite.be/>





Gids Duurzame Gebouwen

- Thema Welzijn, comfort & gezondheid
[Dossier | Het ademcomfort verzekeren](#)
[Case studie | Koninklijke Sinte-Mariastraat](#)



Artikels

- (FR) Région Wallonne (2014), *Isolation thermique par l'intérieur des murs existants en briques pleines*
- WTCB, (2012), *Compactdaken, een nieuwe trend ?*, Contact nr. 34 (2-2012)
- (FR) ISOPROC, (2014), *La toiture compacte*





Pierre WILLEM

Projectingenieur

écorce sa

☎ + 32 4 226 91 60

✉ info@ecorce.be



BEDANKT VOOR UW AANDACHT

