



INGENIEURS CONSEILS

26160 Pont de Barret

☎ 04 75 90 18 54 – contact@enertech.fr

Site Internet : www.enertech.fr

Migration d'humidité et de vapeur d'eau dans les parois du bâti ancien



climaxion
anticiper • économiser • valoriser



Grand Est
ALSACE CHAMPAGNE-ARDENNE LORRAINE



CeDRe

Centre de ressources pour les plateformes
de la rénovation énergétique en

Auvergne-Rhône-Alpes

Stéphane Moteau

*Présentation au Cedre, le
19/06/2018*

Un sujet, deux rapports récents



RECHERCHE - EXPERTISE

Priorités scientifiques et techniques

Guide de recommandations techniques HUMIBATex
Prise en compte des risques hygrothermiques en réhabilitation

Diffusé Janv. 2017



Migration d'humidité et de vapeur d'eau dans les parois du bâti ancien

Synthèse bibliographique pour la rénovation performante à destination des concepteurs et des artisans

Document rédigé par Enertech SCOP



Pour



En partenariat avec



Diffusé Déc. 2017

Objectif de l'étude



Etude réalisée pour **Climaxion** (Région Grand Est)
dans le cadre de **DORéMI** / Oktave



Objectif : **carnet de détail** pour toutes les parois
anciennes, à l'attention des **artisans et concepteurs**

Méthodologie : Etude bibliographique + simul. WUFI 2D

Comité de relecture : *Région Grand Est, ADEME Grand Est, Parc naturel régional des Vosges du Nord, Energivie.pro, Pays de l'Alsace du Nord, Institut négaWatt, Terranergie, Samuel COURGEY, François LIERMANN, Société 4as, CEREMA*

✓ Rénovation complète et performante

Isolation de toutes les parois, très bonne étanchéité à l'air

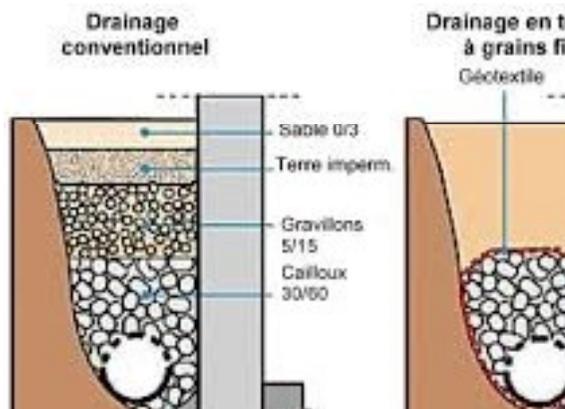


Schéma : Agence Qualité Construction

Ventilation mécanique indispensable

✓ Pas de remontées capillaires majeures



Photo : Enertech

Pas de climatisation



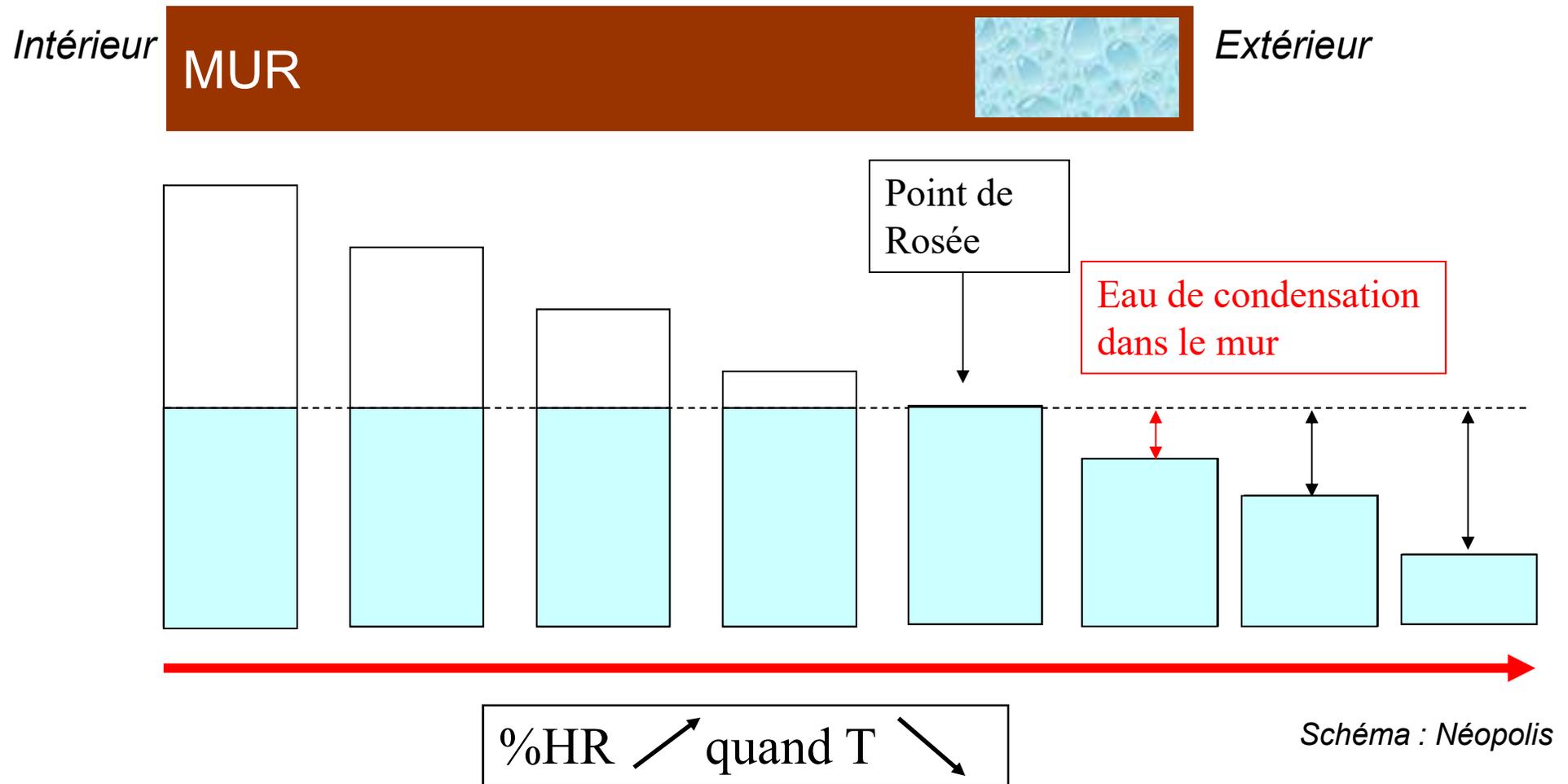
Définitions et grandeurs

Règles générales

Carnet de bonnes pratiques - exemples

Humidité relative et condensation

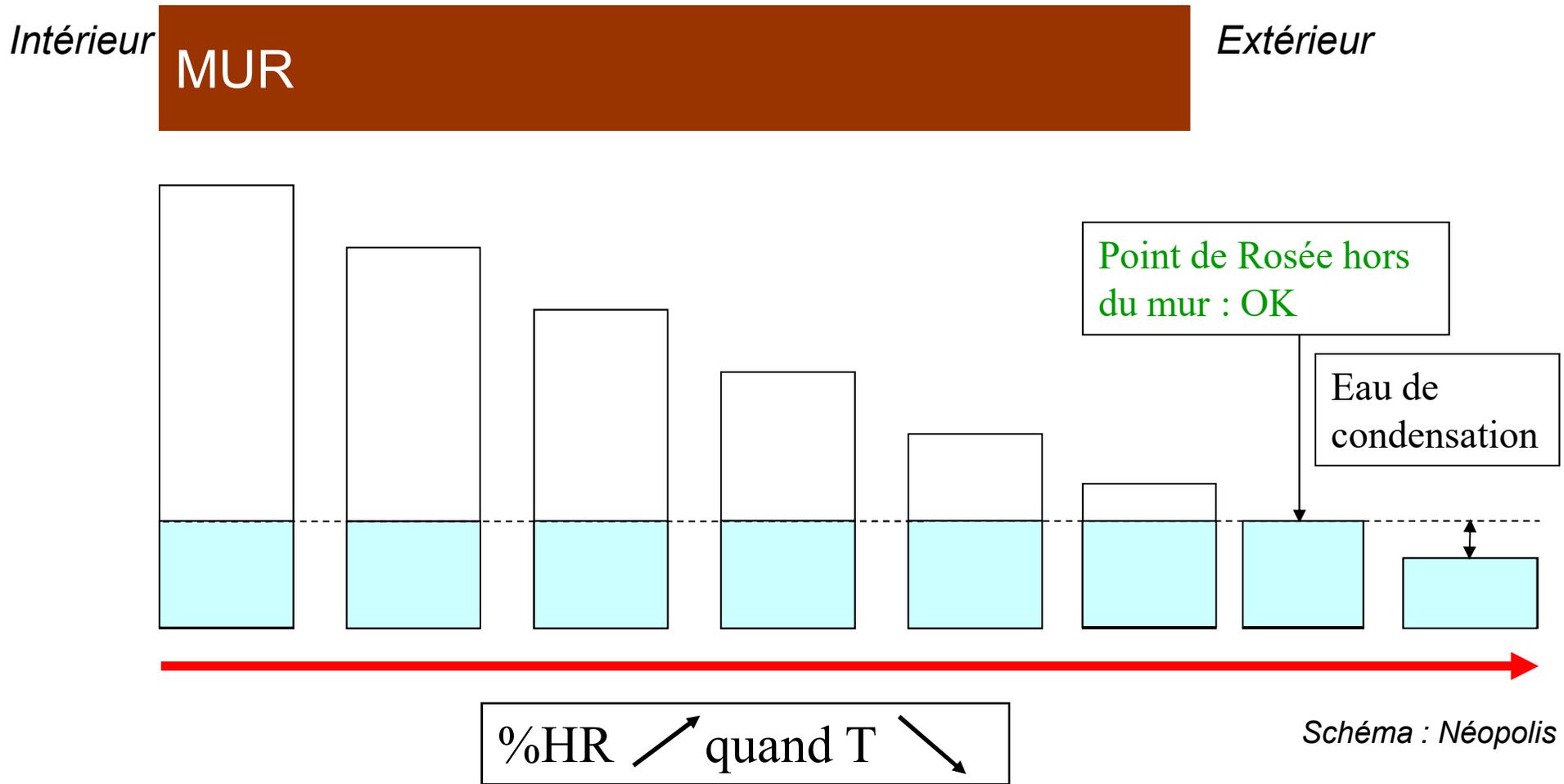
Si la **température diminue** la quantité de vapeur d'eau ne bouge pas mais la « **place disponible** » diminue



Humidité relative et condensation



Objectif : éviter que le point de rosée soit dans le mur
=> diminuer la quantité de vapeur d'eau à l'entrée dans le mur



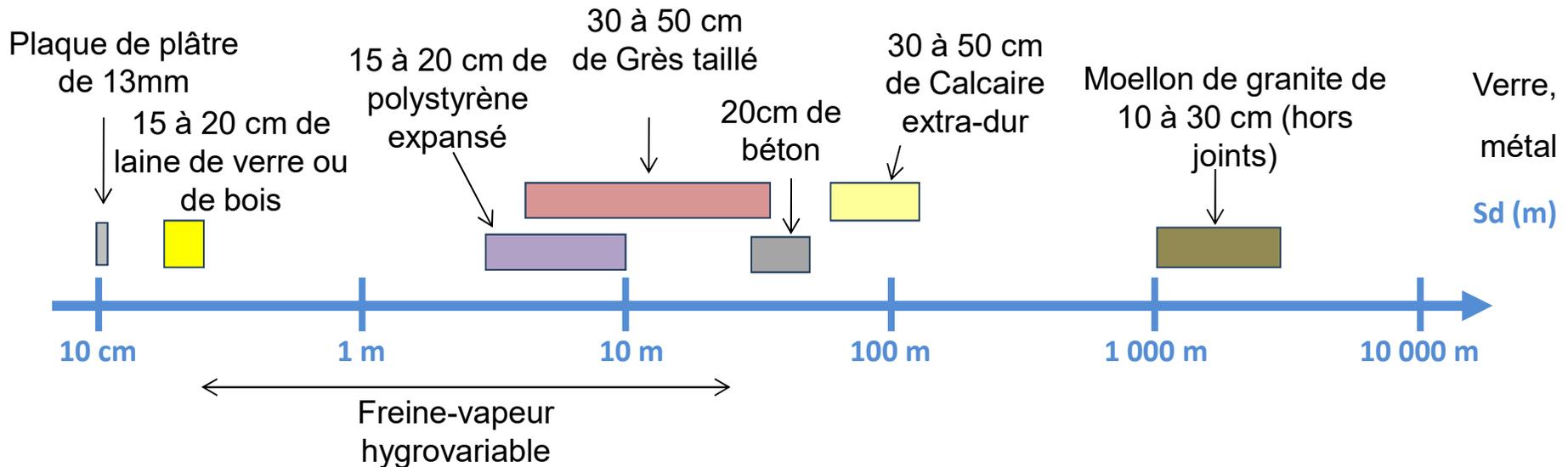
Résistance à la diffusion de vapeur



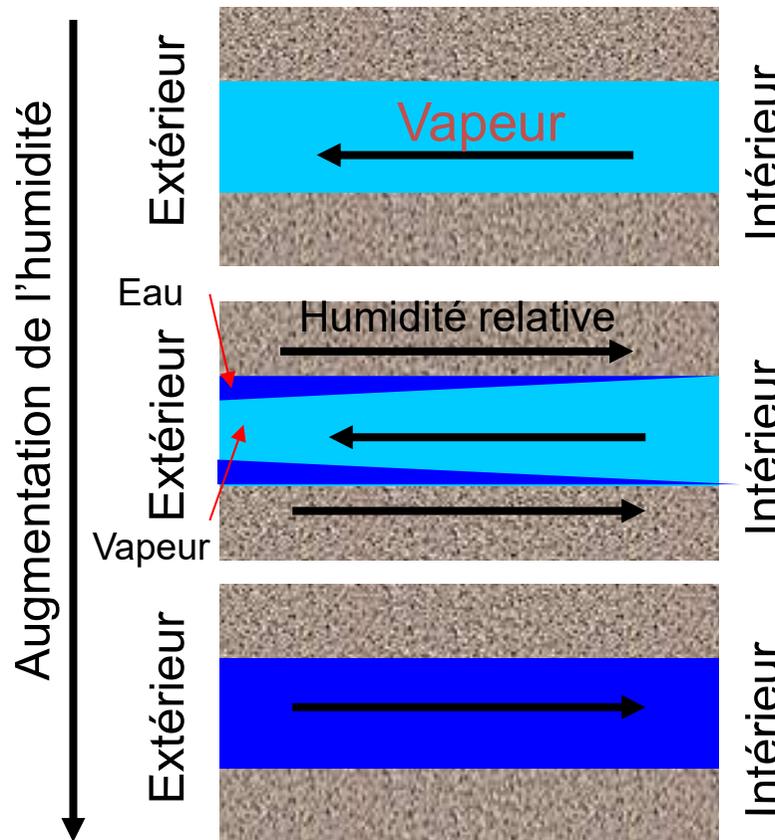
μ : coefficient de résistance à la diffusion de vapeur
 Sd : épaisseur d'air équivalente, $Sd = e \times \mu$



20cm de béton
 15 à 20 cm de laine de verre ou de bois
 Plaque de plâtre de 13mm
 15 à 20 cm de polystyrène expansé
 Vitrage
 Feuille de papier hydrovariable
 Moellon de granite de 10 à 30 cm



Modes de migration d'humidité



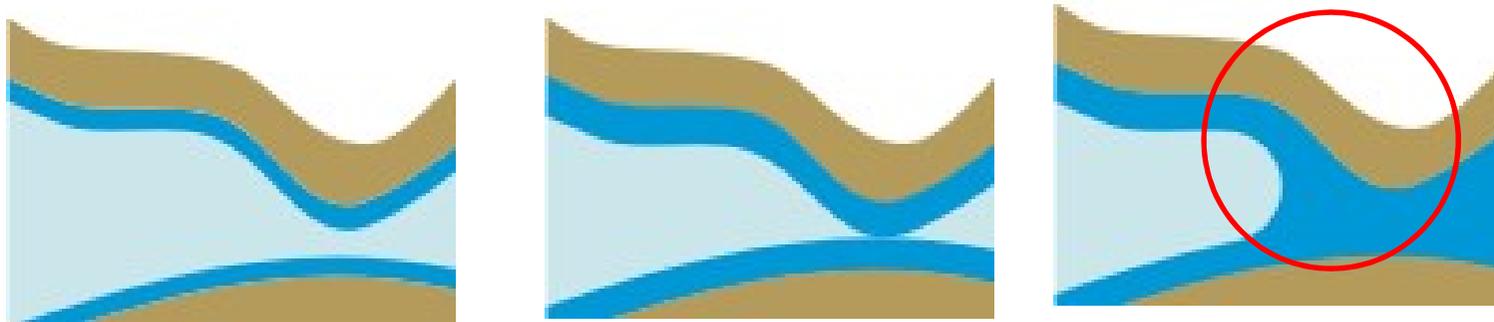
1 - Diffusion de vapeur par différence de pression partielle de vapeur d'eau

2 - Par diffusion de vapeur et transport d'eau adsorbée

3 - Par capillarité

Modes de migration d'humidité

- ✓ Plus les capillaires (ou pores) sont petits, plus vite apparaît la **condensation capillaire**.



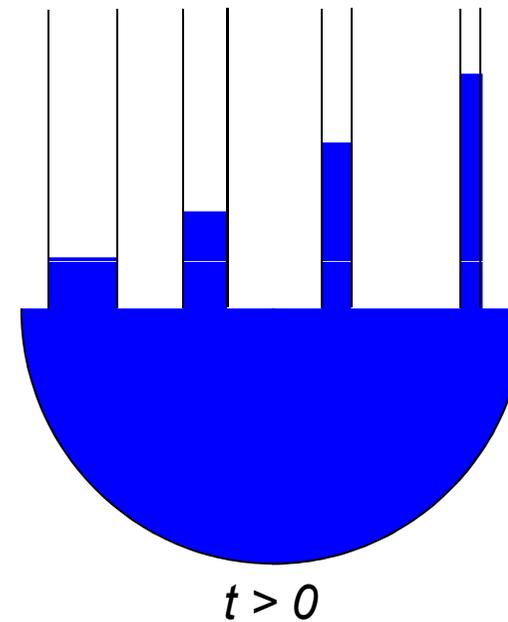
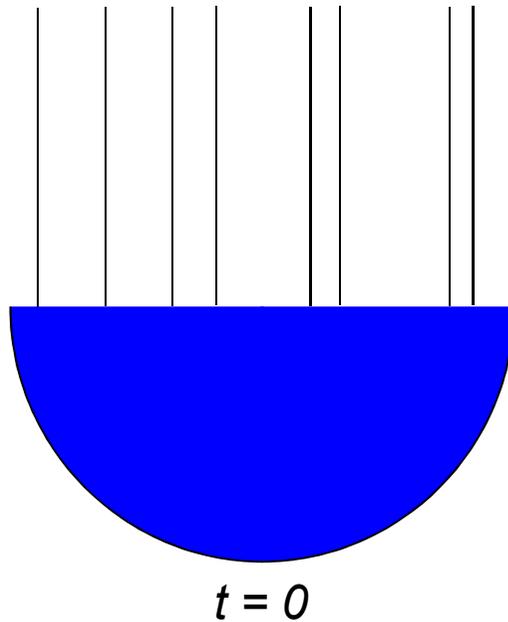
HR croissante

⚠ Retenir : il y a risque de condensation avant HR = 100 %



Capillarité

= transport d'eau liquide dans de petits « tuyaux » (les capillaires)
Plus les capillaires sont fins, plus l'eau « monte »



Tous les matériaux ne sont pas capillaires

Capillaire vs. hygroscopique



Laine minérale
Polystyrène
Béton cellulaire

Laine de bois
Ouate de cellulose
Liège

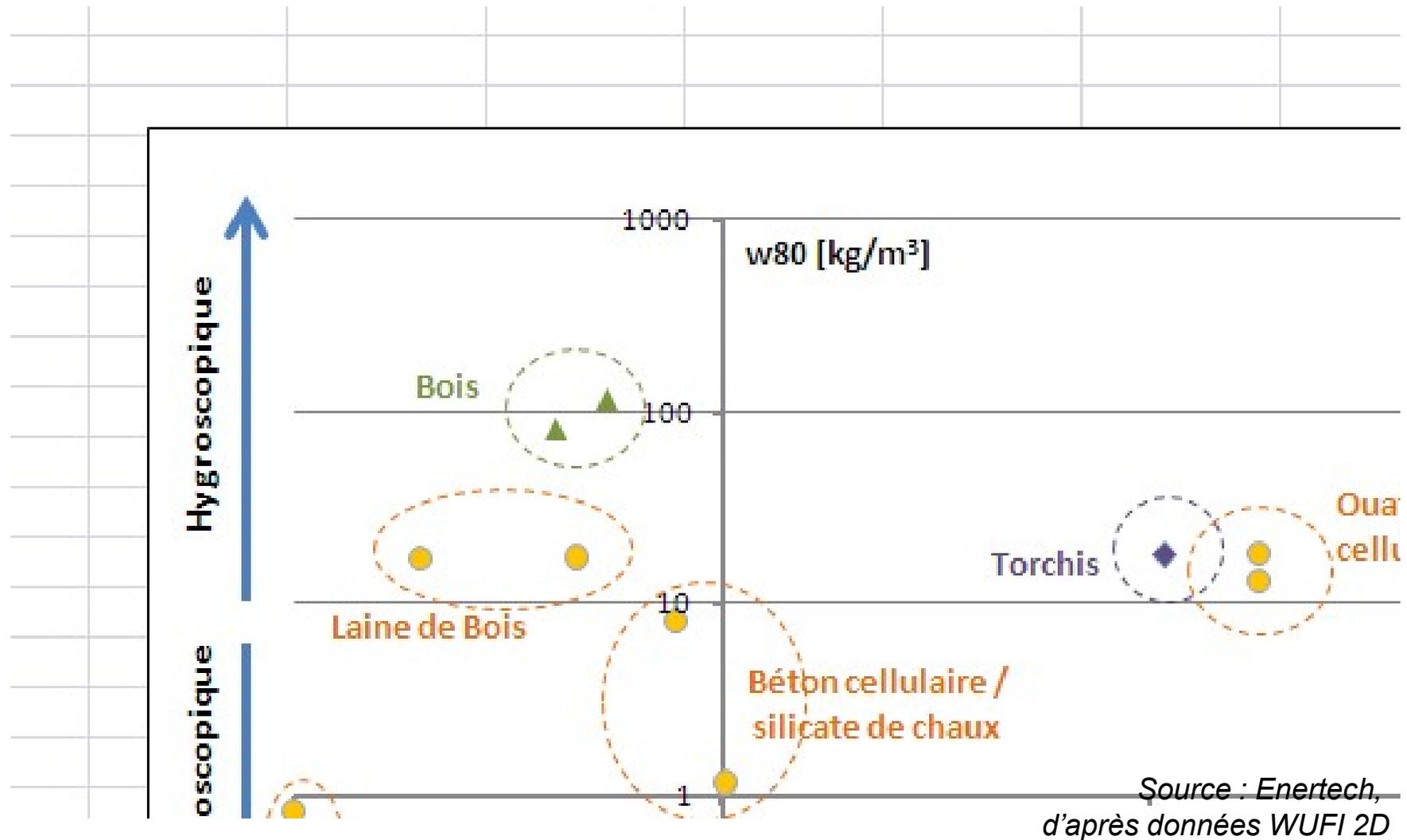
Enduit ciment
Enduit chaux

	Capillaire	Non capillaire
Hygroscopique	Laine de bois Ouate de cellulose	
Non hygroscopique	Béton cellulaire Enduit chaux	Laine minérale Polystyrène Liège Enduit ciment

Capillaire vs. hygroscopique



A : capillarité / absorption de l'eau de pluie battante, en $\text{kg/m}^2 \cdot \text{h}^{1/2}$
w80 : teneur en eau en kg/m^3 à 80% d'HR

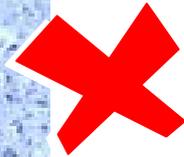
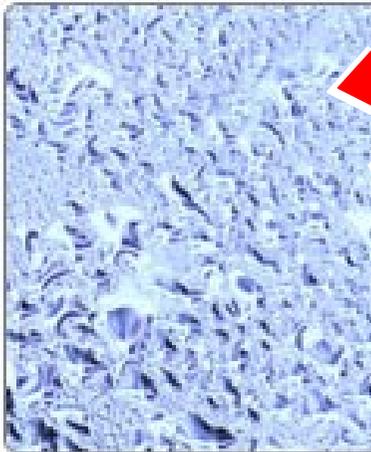


Définitions et grandeurs

Règles générales

Carnet de bonnes pratiques - exemples

Généralités # 1 : Ventilation



Humidité produite par l'occupation

Respiration, douche, cuisine...

(mais pas que...)

Rénovation : très bonne étanchéité à l'air

Confort, performance, protège l'isolant



Il faut évacuer l'humidité !

Ouvre-t-on la fenêtre pendant sa douche en hiver ?

=> Ventilation mécanique permanente

Illustration : www.avenuedesspecialistes.com



2 : Traiter les remontées humides



Photo : humidites.fr

Photo : Enertech dans DORÉMI

Ne jamais isoler un mur humide !



Traiter les remontées : débord de toit, drainage, injection, traitement osmotique... => *faire appel à un pro !*

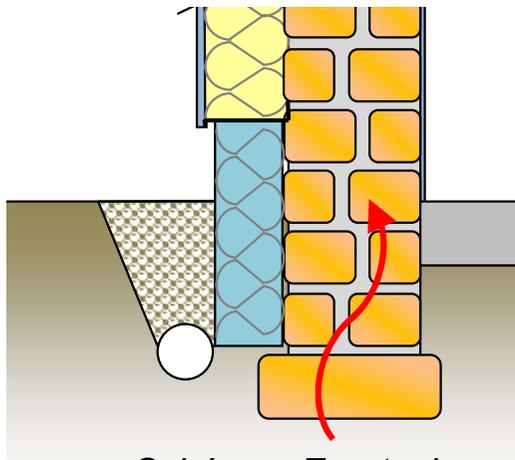


Schéma : Enertech



Photo : dakdurieux.be

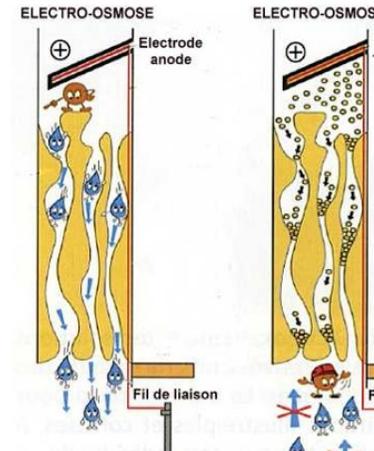


Schéma : legeniecivil.fr

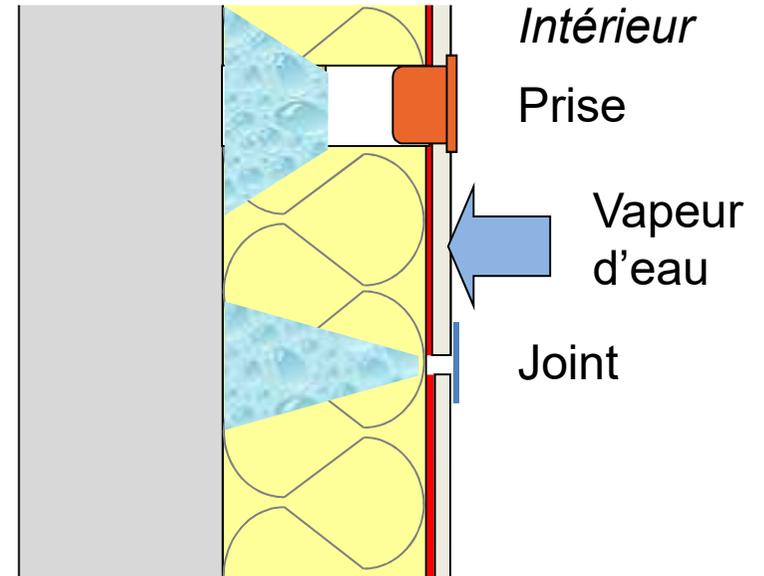
+ Laisser sécher avant d'isoler !

3 : prévoir des FV continus

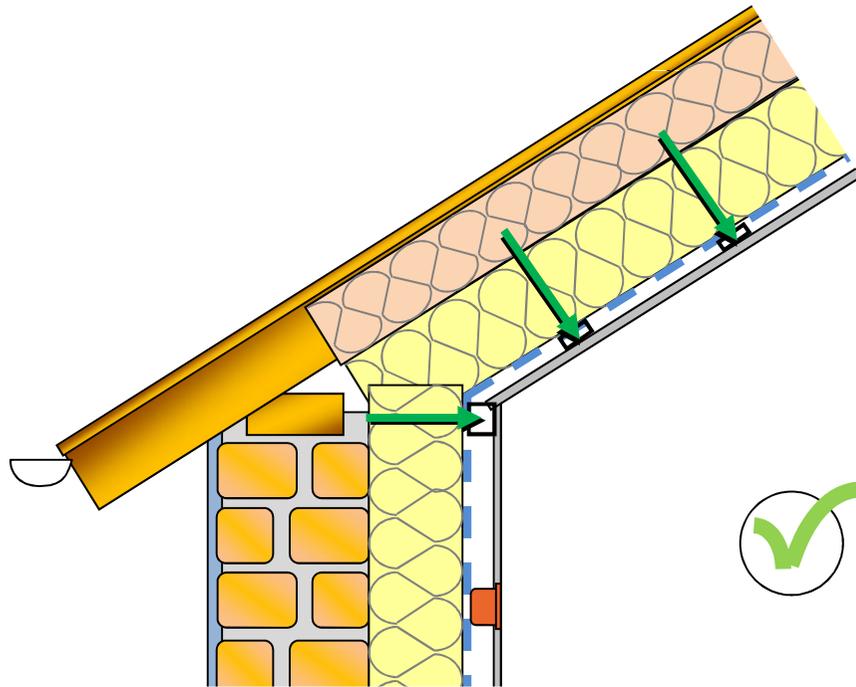


Proscrire les doublages collés

Extérieur



Doublage collé avec
pare-vapeur intégré



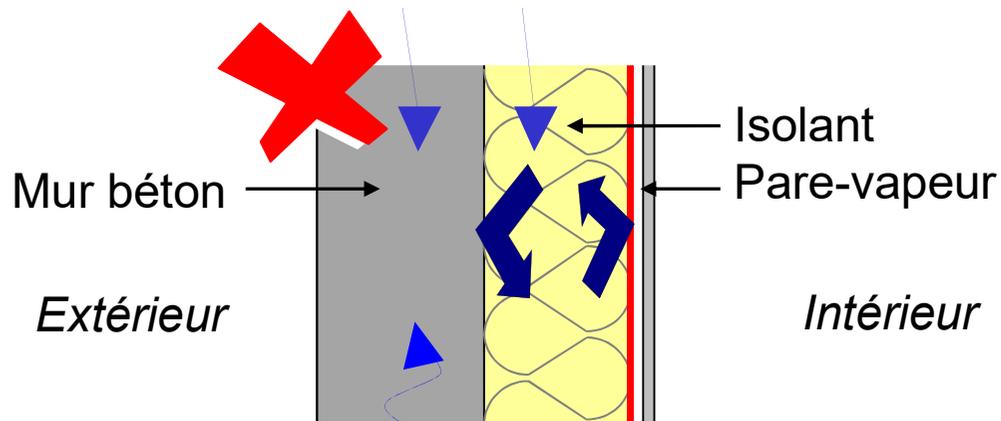
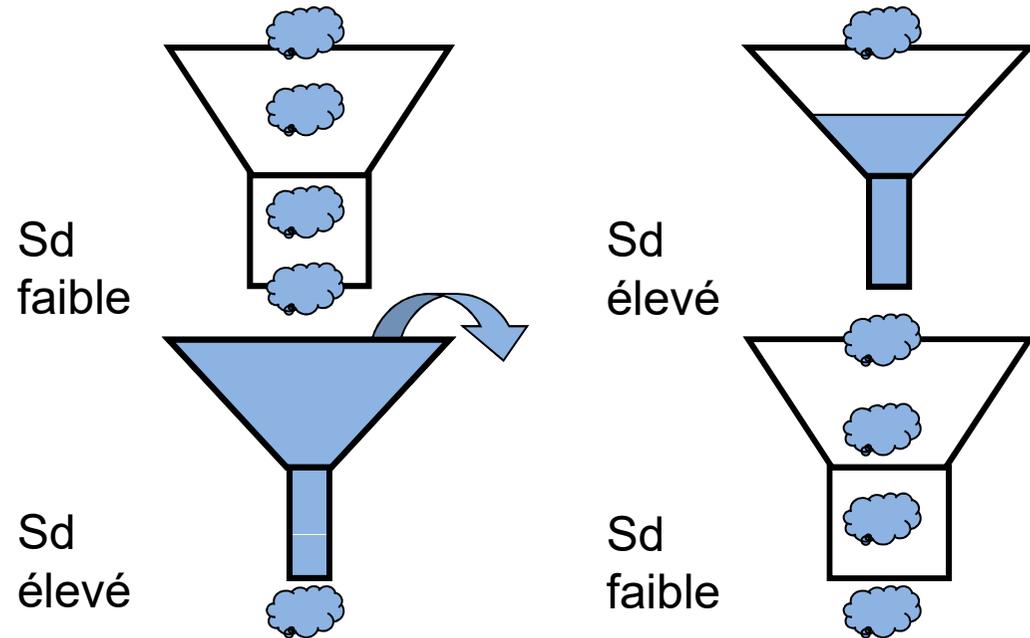
Solution : complexe sur ossature
avec freine-vapeur en lés

Schémas : Enertech

4 : perméabilité croissante et séchage

✓ Respecter la perméabilité croissante

Matériaux plus fermés à l'intérieur qu'à l'extérieur



Schémas : Enertech

✓ Maximiser la capacité de séchage

Matériaux le plus ouverts possibles

5 : protéger les façades de la pluie

✓ Identifier les parements vulnérables à la pluie

Grès, calcaire tendre, molasse, tuffeau, brique poreuse,...

✓ Les protéger

Débord de toit + gouttière + chéneau

Enduire les façades

*Enduit ouvert => enduit chaux (NHL),
à bien choisir pour qu'elle protège...*

Si la pierre ou la brique doit rester
apparente, imperméabilisant de façade

Protecteur : $A \leq 0,2 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}^{1/2}$

Ouvert : $Sd \leq 0,5 \text{ m}$

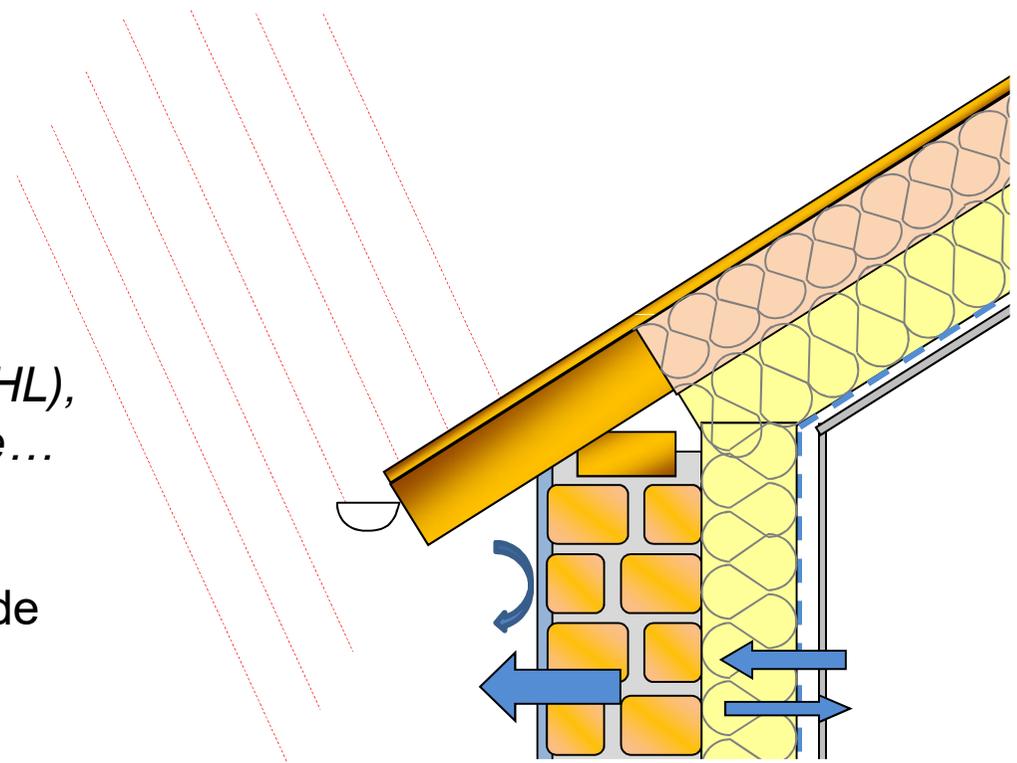


Schéma : Enertech



**Un imperméabilisant mal choisi peut dégrader le mur !
Faire appel à un spécialiste.**

Un outil : la pipe de Karsten



Permet de mesurer le facteur d'absorption d'eau liquide A

Outil Enertech
Mis à disposition

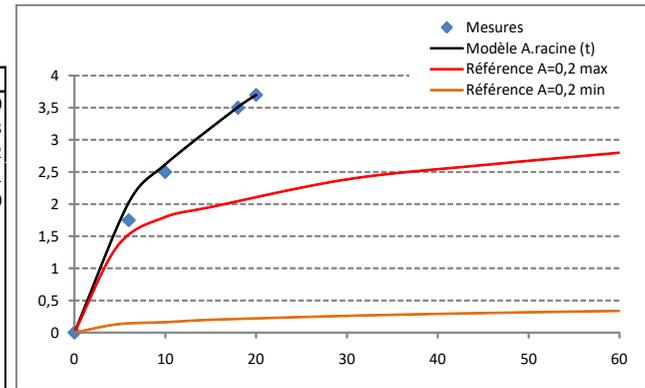
Test à la pipe de Karsten

Tableau valable uniquement pour une pipette de diamètre 37mm.
Compléter les cases en jaune uniquement. Résultats en vert.

Outil réalisé par Enertech
Version du 10/08/2017

Echantillon :	Calcaire tendre (jaune) Surface un peu poudreuse, s'effrite.	Photo :	
Lieu :	Pont de Barret, enrochement		
Date :	09/08/2017		

Mesures		Modèle $A \cdot t^{1/2}$	
Temps (min)	ml	ml	
0	0	0,00	
6	1,75	2,03	
10	2,5	2,62	
18	3,5	3,51	
20	3,7	3,70	



Résultat :

Valeur A par la méthode 15-5

2,5 kg/m².h^{1/2}

Valeur A par la méthode 15-5 interpolé

1,35 kg/m².h^{1/2}

Facteur A méthode A.racine(t)

1,49 kg/m².h^{1/2}

Ces méthodes sur-estiment un peu le facteur A

Comparer également les points aux courbes de référence A=0,2.

NB : la courbe orange correspond à un matériau de $A=0,2 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}^{1/2}$, avec une faible masse d'eau à saturation ($w_f=30 \text{ kg/m}^3$) et une humidité initiale très forte (80% de wf).

La courbe rouge correspond à un matériau de $A=0,2 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}^{1/2}$, avec une forte masse d'eau à saturation ($w_f=300 \text{ kg/m}^3$) et une humidité initiale nulle.

Focus sur la chaux



La chaux dans la biblio : $A = 3$ à $11 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}^{1/2}$
Ne respecte pas le critère $A \leq 0,2 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}^{1/2}$



La chaux... quelle chaux ?

Chaux	Sous-famille	
Aérienne	CL	Chaux calcique
	DL	Chaux dolomitique
Hydraulique	NHL	Chaux hydraulique naturelle
	NHL Z	Mélange chaux et ciment
	HL	Mélange chaux et autre (ciment pouzzolane, adjuvant...)
	FL	chaux formulée : chaux aérienne et/ou chaux hydraulique naturelle avec des matériaux hydrauliques et/ou pouzzolaniques ajoutés

D'après NF EN 459-1



Qualité reconnue sur le bâti ancien

Rôle d'enduit sacrificiel

Enjeux : élasticité, porosité, critère de tenue au gel...

Focus sur la chaux

Enduit préparés à base de chaux, « pour le bâti ancien » :

Nom commercial	Description	Support	Perméance		Absorption d'eau	A	Compression
Weber							
weber.mep plus	Corps d'enduit allégé à la chaux aérienne	brique, pierre, pisé, adobe, mâchefer	NC	NC	W1 selon EN 15824	NC	CS II
Parexlanko							
Chaux patrimoine	chaux hydraulique naturelle blanche NHL 3,5	brique, pierre tendre à dure, pisé, adobe, mâchefer, torchis...	NC	NC	NC	NC	NHL 3,5
Parlumière clair	sous-enduit de restauration À la CHauX	pierre yc tendre, pisé adobe, mâchefer, torchis	V1	Sd= 0,12 m	Wc0 selon EN 998-1		CS I
Parexal	Enduit de restauration à la chaux – grain fin	pierre yc tendre, pisé adobe, mâchefer, torchis	V1	Sd= 0,10 m	Wc2 selon EN 998-1	A<1,5	CS I

 Conforme à $Sd \leq 0,5$ m et $A \leq 0,2$

 Ne permet pas de conclure

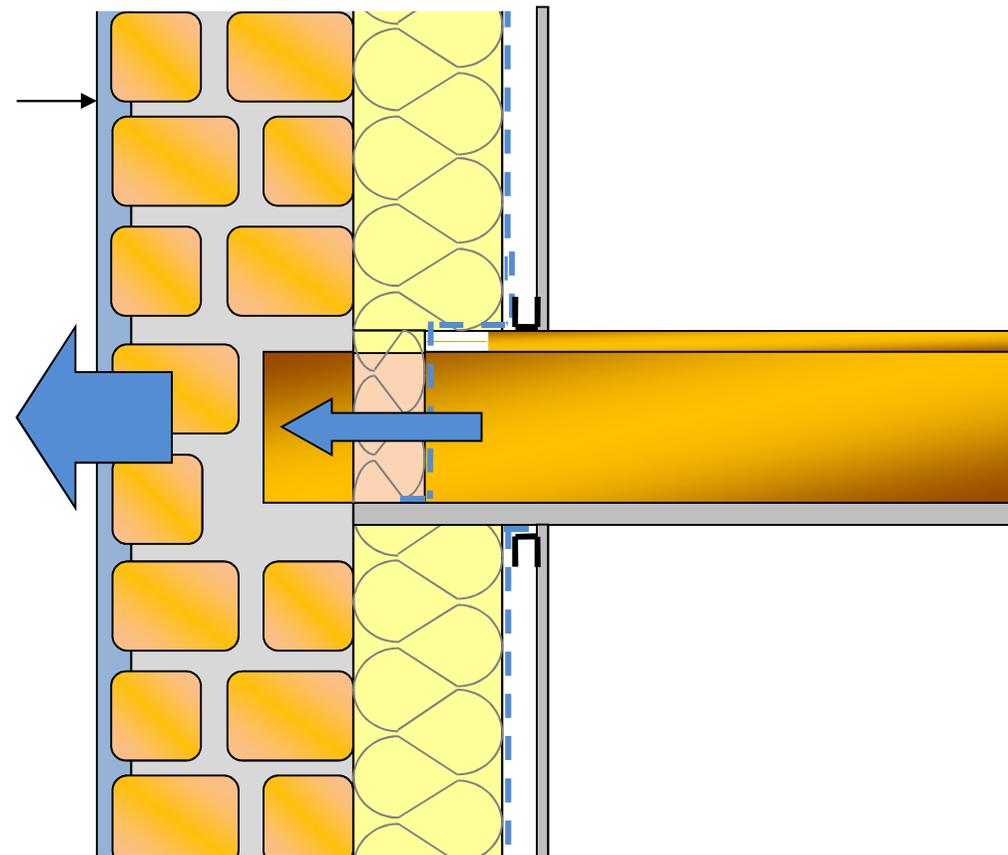
 Non conforme

Source : Enertech, d'après les documentations des fabricants en sept 2017

6 : planchers creux en ITI



Plancher bois



Traitement du pont thermique et de l'étanchéité à l'air

6 : planchers creux en ITI

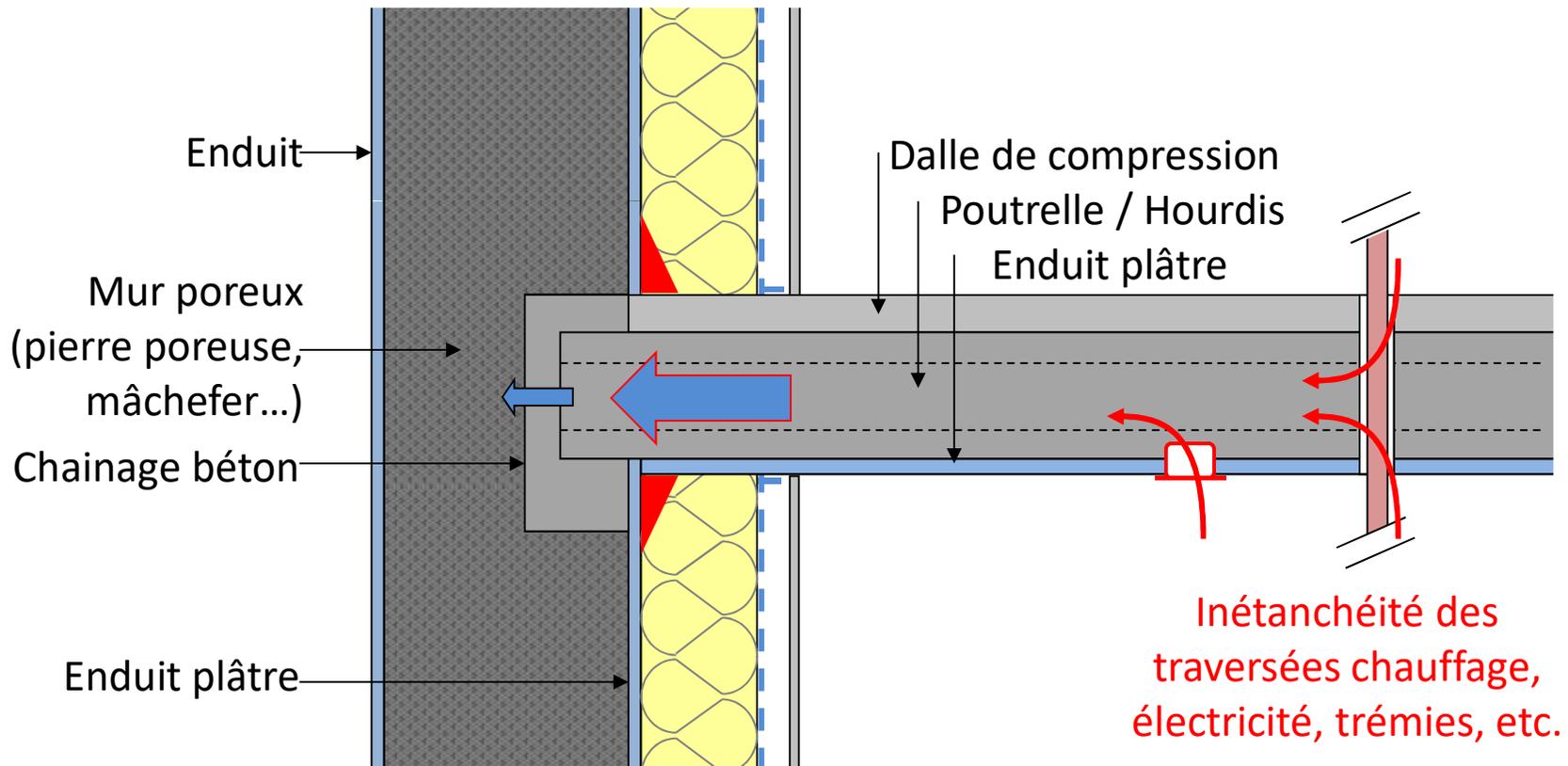


Dalle hourdis

Il faudrait pouvoir traiter parfaitement l'étanchéité à l'air



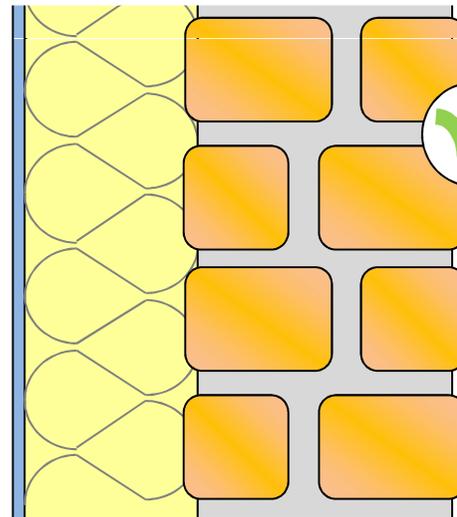
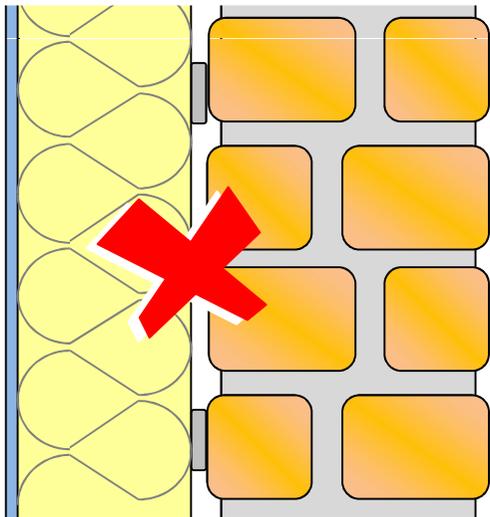
=> Semble impossible en pratique



7 : bonne mise en œuvre ITI et ITE

- ✓ Respecter les règles de l'art
- ✓ Protection des ouvrages pluie et soleil (notamment PSE graphité)

Assurer la continuité capillaire :



✓ Isolants souples sur parois non plane
(en ITI comme en ITE)

Définitions et grandeurs

Règles générales

Carnet de bonnes pratiques - exemples

Murs entre 1948 et 1975

Mur en béton	ITI	ITE
Mur en parpaing	ITI	ITE

Murs d'avant 1948

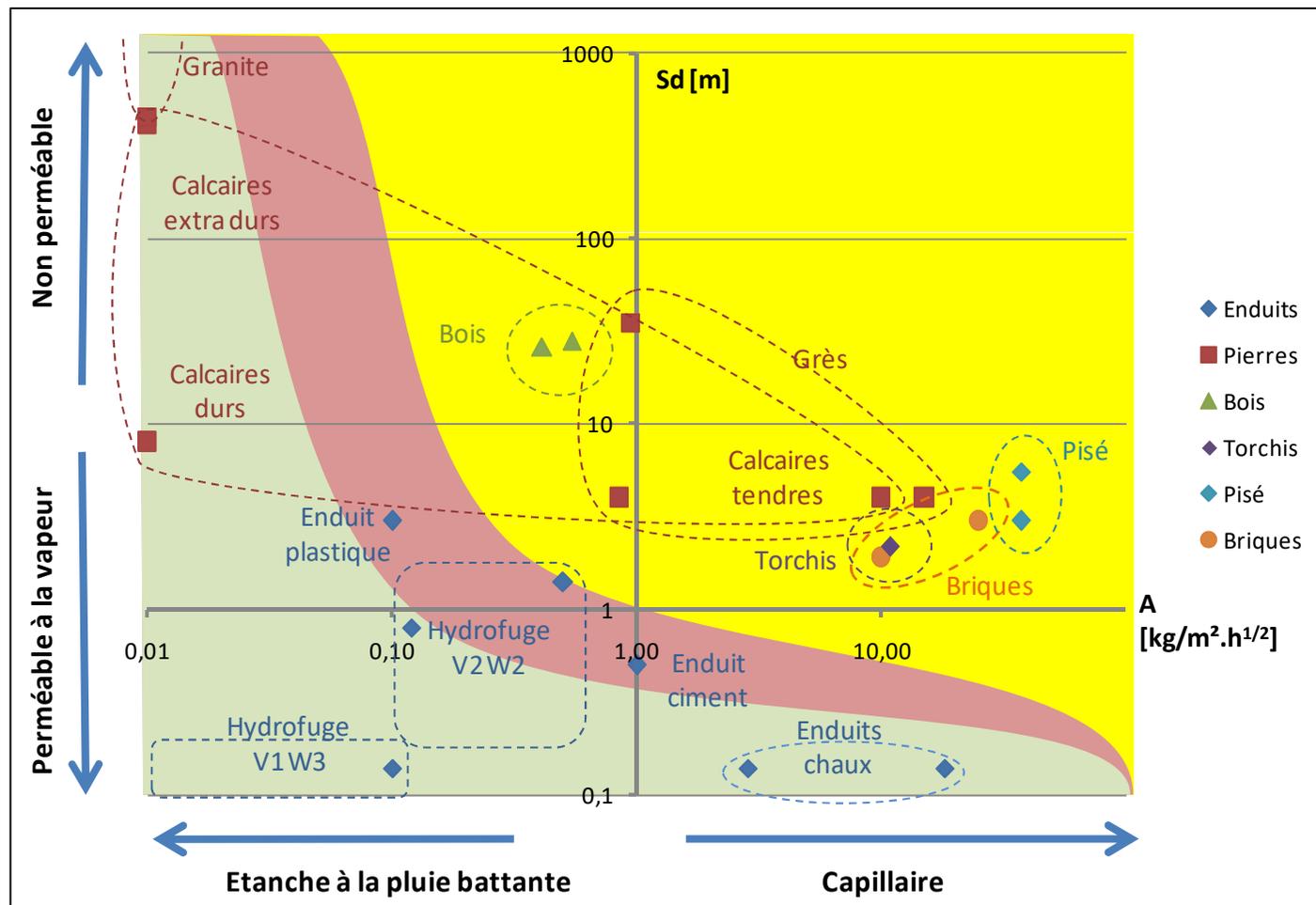
Mur en pierre	<u>ITI</u>	<u>ITE</u>
Mur en brique pleine	<u>ITI</u>	<u>ITE</u>
Mur en mâchefer	<u>ITI</u>	<u>ITE</u>
Mur en pisé	<u>ITI</u>	<u>ITE</u>
Mur à pan de bois	<u>ITI</u>	<u>ITE</u>

Toitures

Comble perdu	<u>Isolation à l'horizontale</u>	
Charpente à isoler	<u>Rampant</u>	<u>Sarking</u>

ITI sur Mur en pierre

Groupe 1 : pierres ouvertes (μ inférieur à 70)	Groupe 2 : pierres peu ouvertes (μ entre 100 et 300)	Groupe 3 : pierres très fermées (μ supérieur à 500)
Calcaire tendre, mollasse, tuffeau, grès tendres	Calcaires durs, ...	Schiste, ardoise, granite, basalte, calcaire très dur...

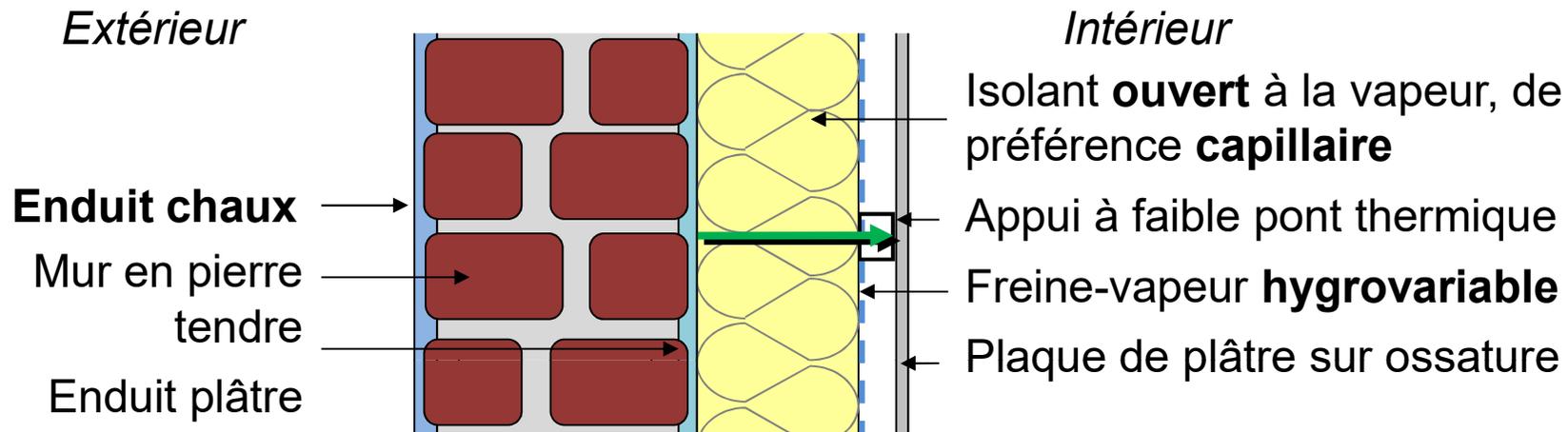


Classement des matériaux de façade selon A et Sd

Source : Enertech, d'après données WUFI 2D

ITI sur Mur en pierre

Groupe 1 : pierres ouvertes (μ inférieur à 70)



Protection contre la pluie

Enduit chaux, Enduit à pierre vue,
Imperméabilisant ouvert à la vapeur et adapté à la pierre



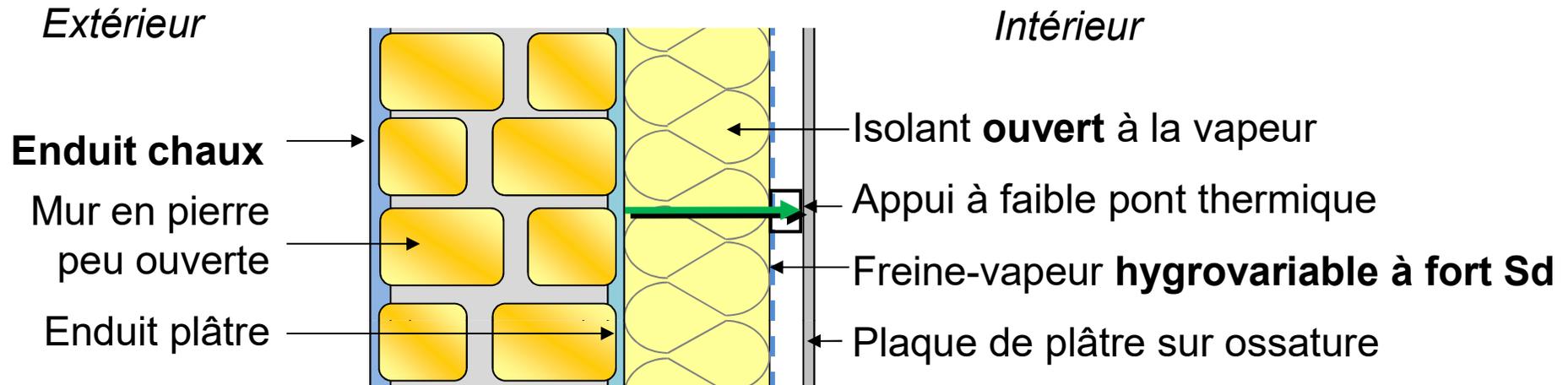
Un isolant capillaire (biosourcé) fonctionne mieux



Il est *recommandé* de traiter les ponts thermiques de refend

ITI sur Mur en pierre

Groupe 2 : pierres peu ouvertes (μ entre 100 et 300)



Protection contre la pluie

Enduit chaux, Enduit à pierre vue,
Imperméabilisant ouvert à la vapeur et adapté à la pierre

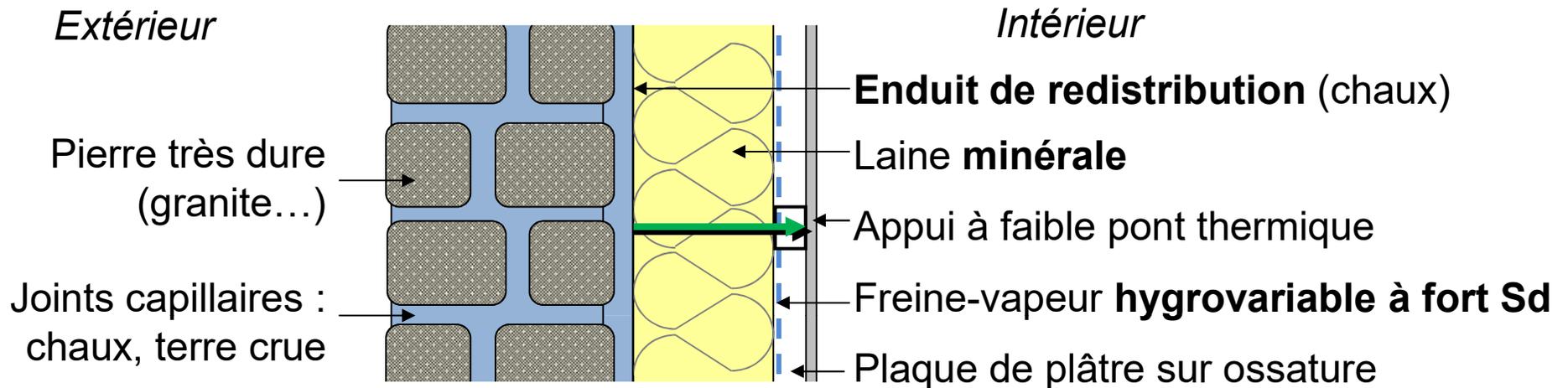


Un isolant capillaire (biosourcé) fonctionne mieux



Il est *recommandé* de traiter les ponts thermiques de refend

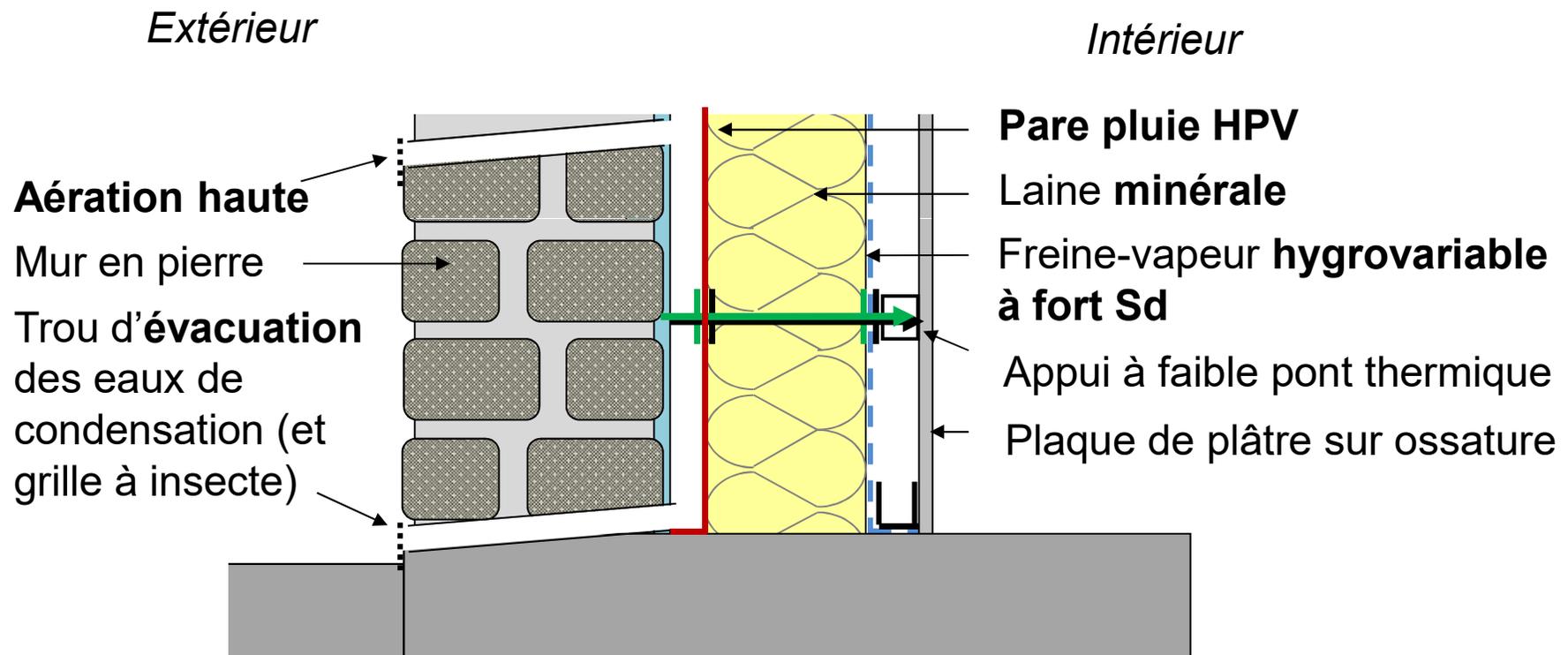
Groupe 3 : pierres très fermées (μ supérieur à 500)



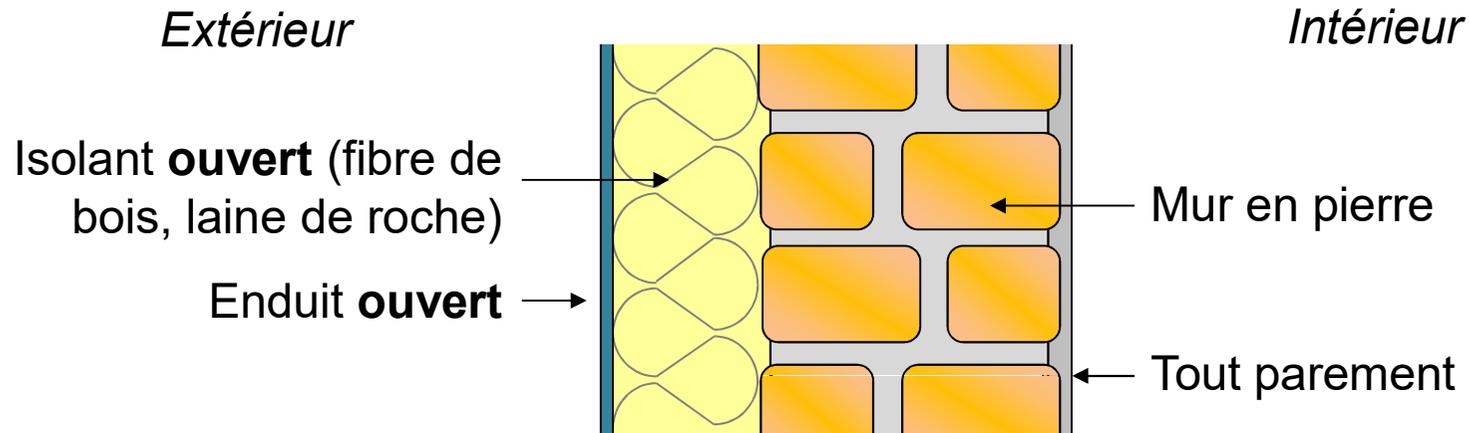
- Protection contre la pluie inutile (sauf piège à eau)
- Perméabilité croissante : « autoroute capillaire » et fort Sd
- Un isolant hygroscopique est plus risqué (« effet éponge »)
- Il est *recommandé* de traiter les ponts thermiques de refend

Groupe 3 : pierres très fermées (μ supérieur à 500)

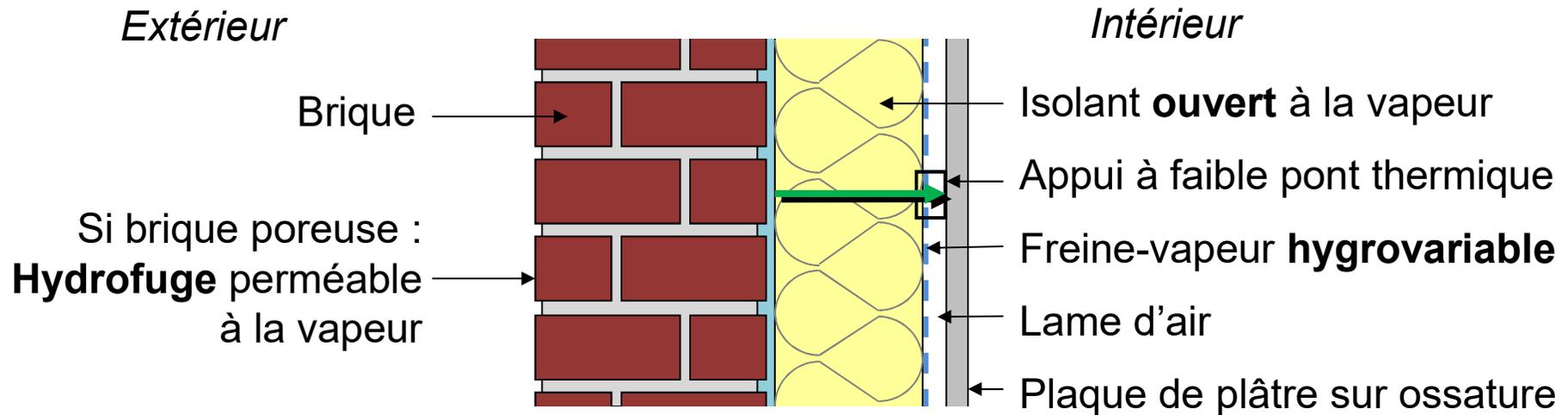
En l'absence de joints capillaires entre les pierres :



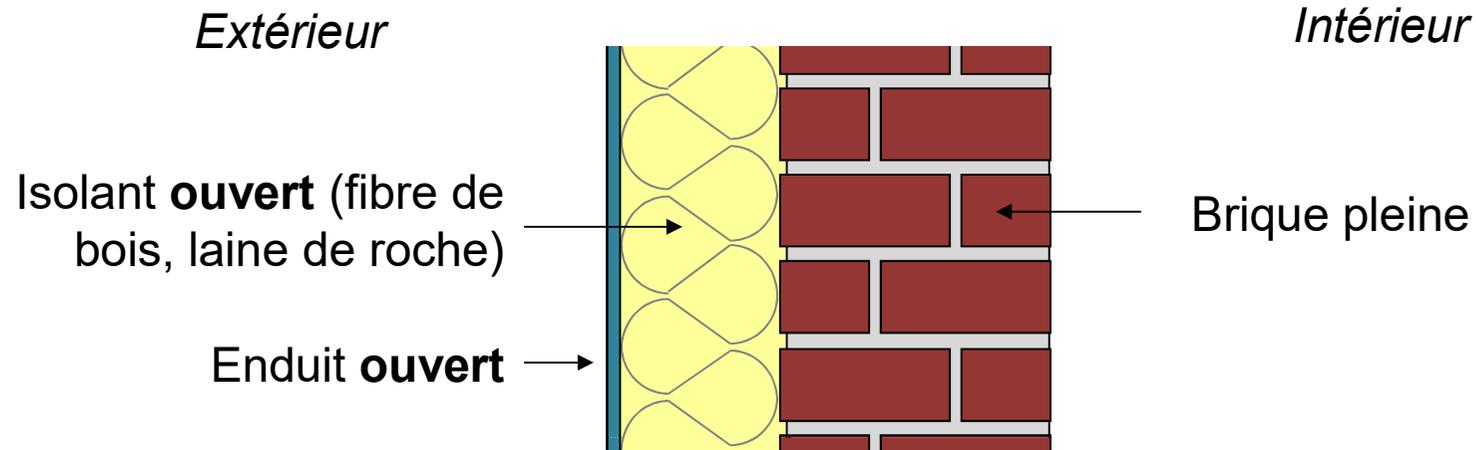
Tout type de pierres



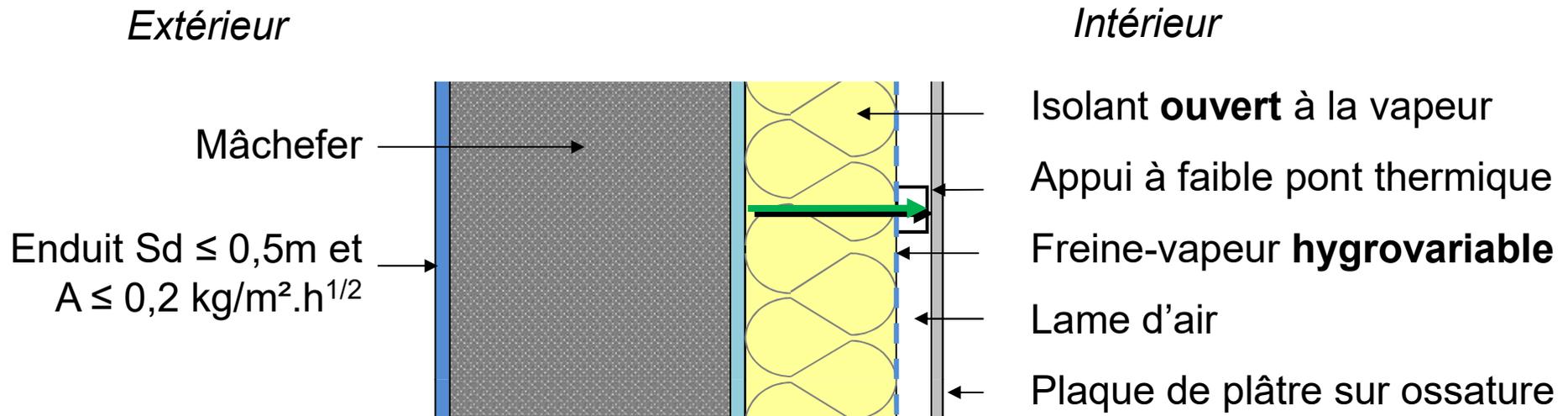
- ✓ Isolant ouvert à la diffusion de vapeur, surtout pour les pierres du groupe 1 et 2)
- ✓ Enduit ouvert (Sd de l'ordre de 0,5m pour les pierres du groupe 1)



- ✓ Si la brique est poreuse : protection contre la pluie
Enduit chaux, Peinture ouverte à la vapeur,
Imperméabilisant ouvert à la vapeur et adapté à la brique ancienne
- ✓ Un isolant capillaire (biosourcé) fonctionne mieux une fois le mur protégé de la pluie
- ✓ Il est *recommandé* de traiter les ponts thermiques de refend



- ✓ Isolant ouvert à la diffusion de vapeur (fibreuse)
- ✓ Enduit ouvert (ordre de grandeur : $S_d < 2 \text{ m}$)



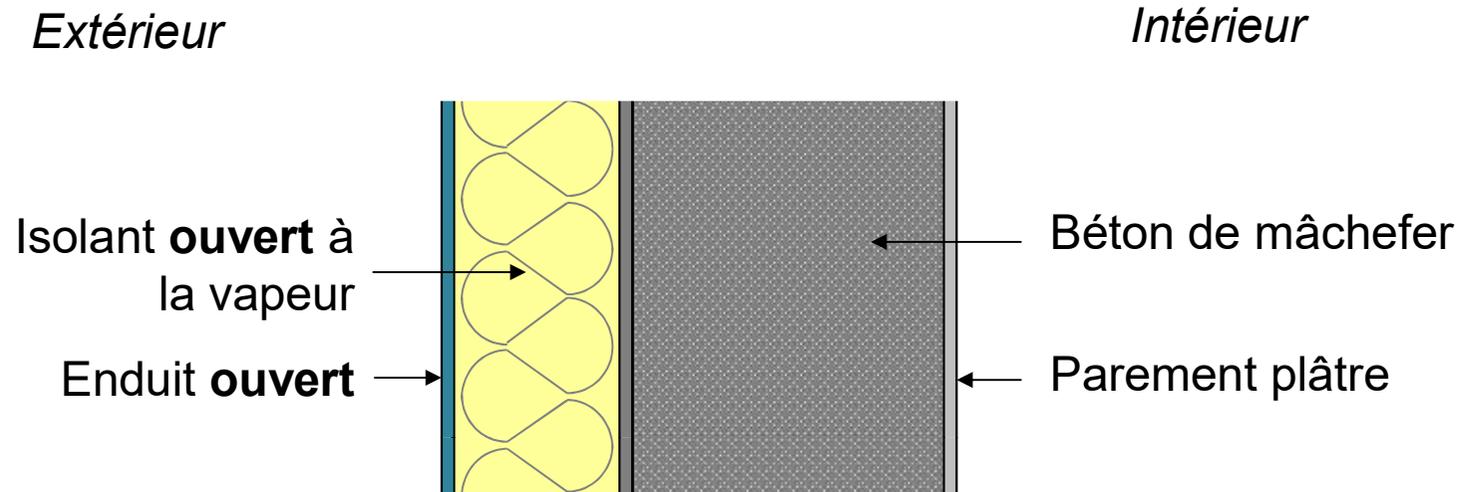
Protection contre la pluie



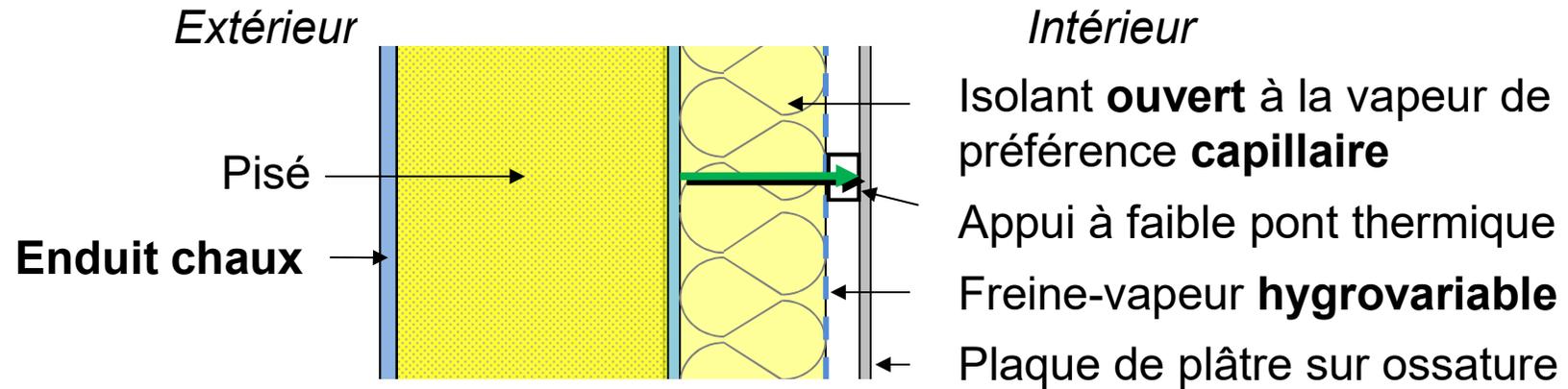
Isolant ouvert à la diffusion (fibreuse)



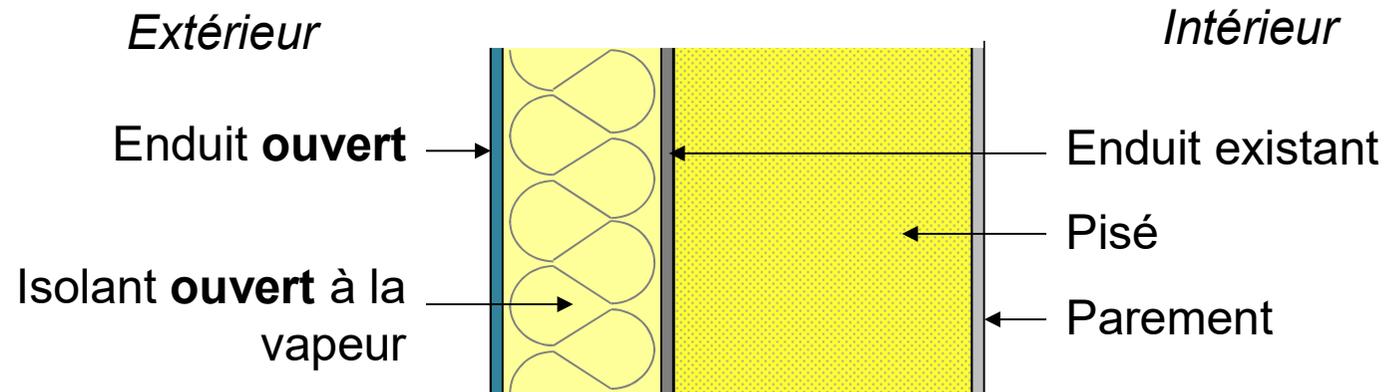
Attention aux plancher intermédiaires en poutrelle-hourdis



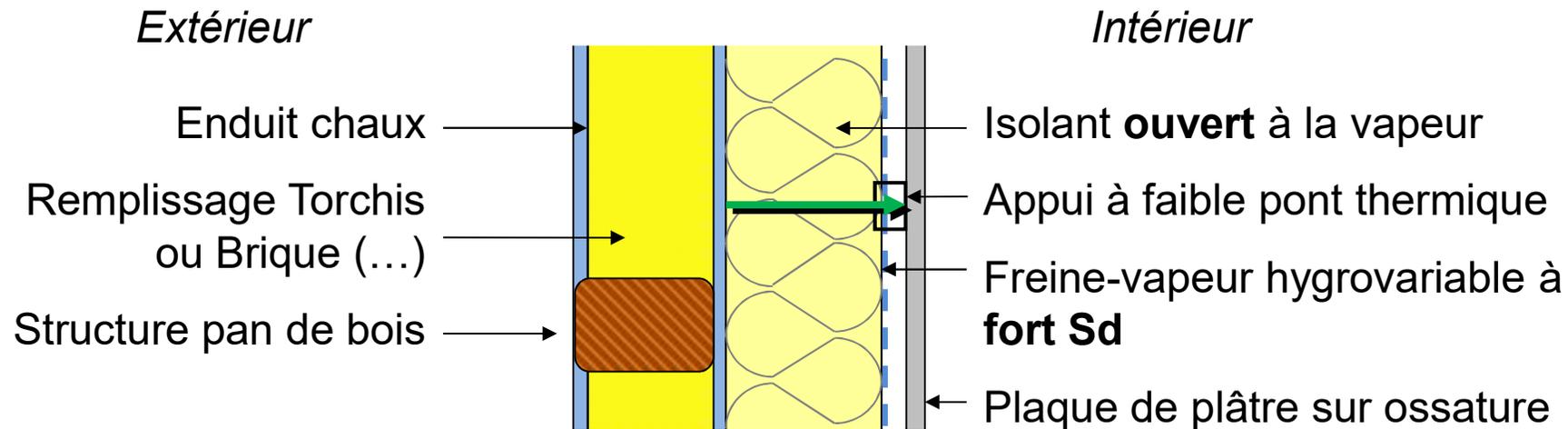
- ✓ Isolant ouvert à la diffusion de vapeur (fibreux)
- ✓ Enduit ouvert (ordre de grandeur : $S_d < 2 \text{ m}$)



- ✓ Protection contre la pluie, souple et ouverte (décrouter enduit ciment)
- ✓ Neutraliser tout pare vapeur intérieur (papier peint vinyle, etc.)
- ✓ Isolant ouvert, de préférence capillaire
- ✓ Il est *vivement recommandé* de traiter les ponts thermiques de refend, par une **correction thermique**



- ✓ Décrouter un enduit existant fissuré. Sinon il peut être conservé.
- ✓ Isolant ouvert (fibreuse)
- ✓ Enduit sur isolant ouvert (Sd de l'ordre de 0,5m)
- ✓ Bien choisir des chevilles adaptées au pisé



- ✔ Protection contre la pluie Rétablir les débords de toit
Supprimer les pièges à eau
Reprendre l'enduit des miroirs s'il est fissuré
- ✔ Neutraliser tout pare vapeur intérieur (papier peint vinyle, etc.)
- ✔ Isolant ouvert (fibreux)
- ✘ Un isolant hygroscopique est possible mais semble plus risqué (« effet éponge »). Béton cellulaire allégé possible mais continuité capillaire impérative (difficile en pratique)
- ✔ Il est *vivement recommandé* de traiter les ponts thermiques de refend

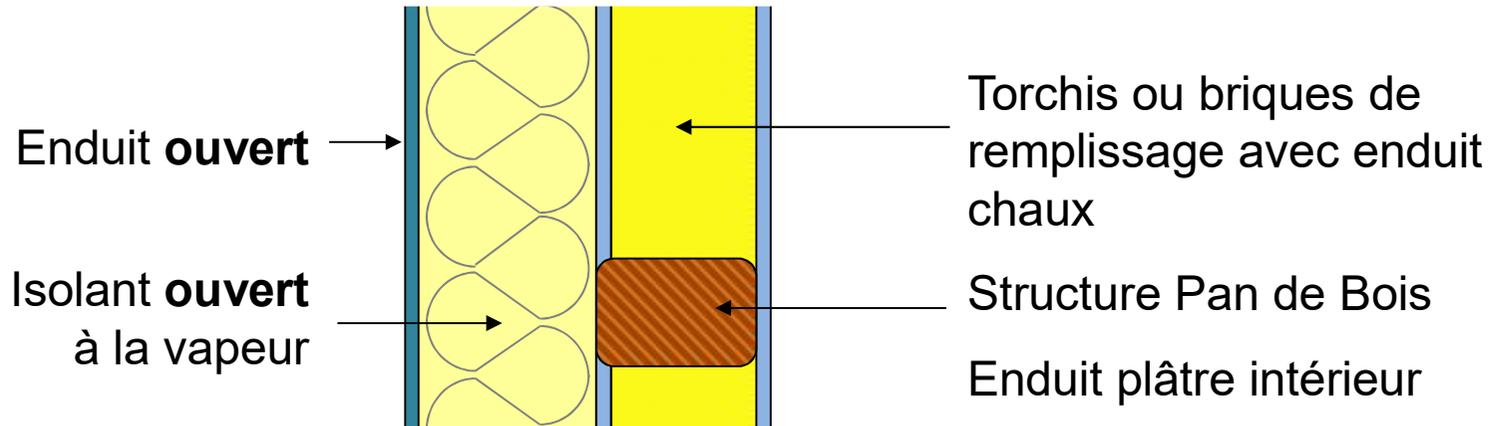
ITE sur Mur à pan de bois (?)

[Retour
liste](#)

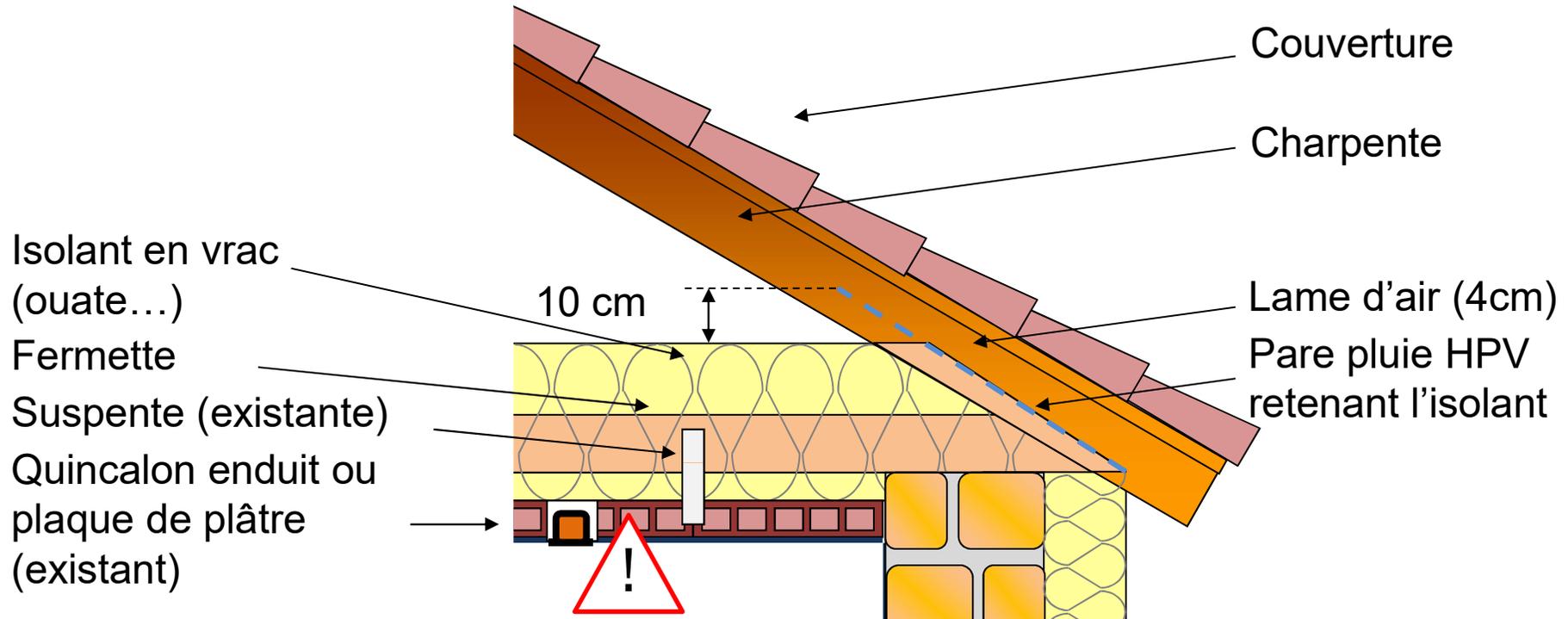


Extérieur

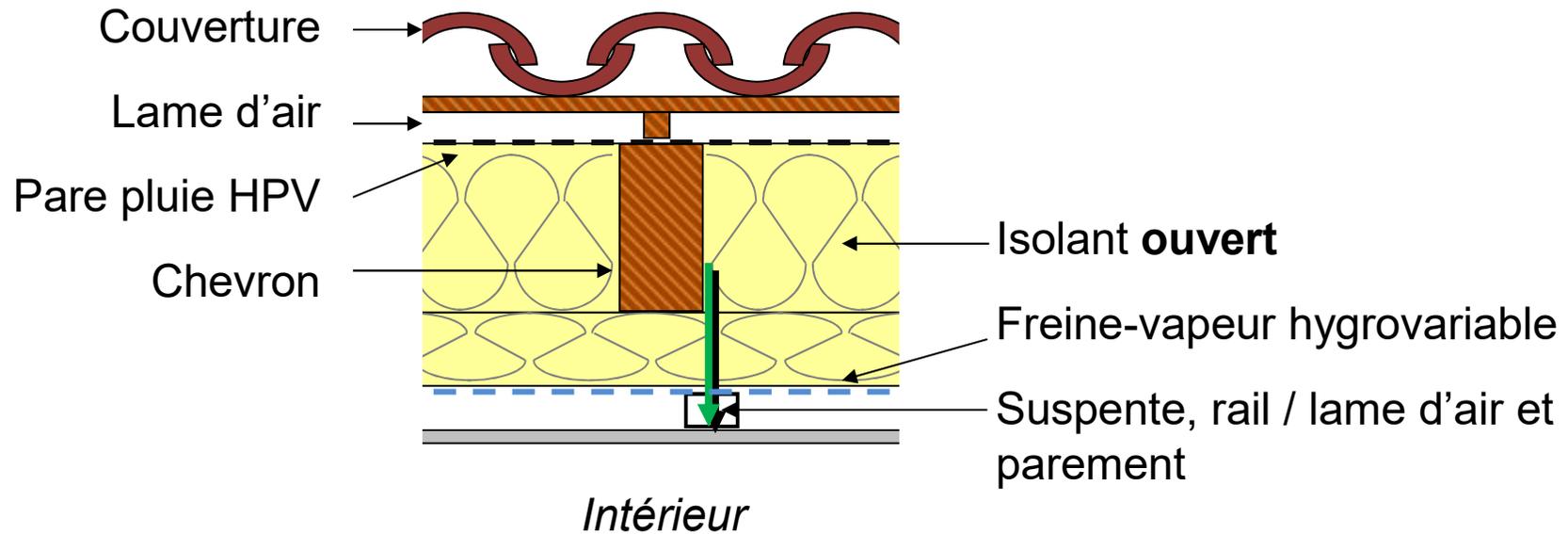
Intérieur



- ✓ Il est préférable sur supprimer tout pare-vapeur ou enduit non capillaire (ciment)
- ✓ Isolant ouvert (fibreuse)
- ✓ Enduit sur isolant ouvert (Sd de l'ordre de 0,5m)
- ✓ Bien choisir des chevilles adaptées
- ✗ L'ITE n'assure pas l'étanchéité à l'air. Prévoir le cas échéant un freine vapeur entre le mur et l'isolant.

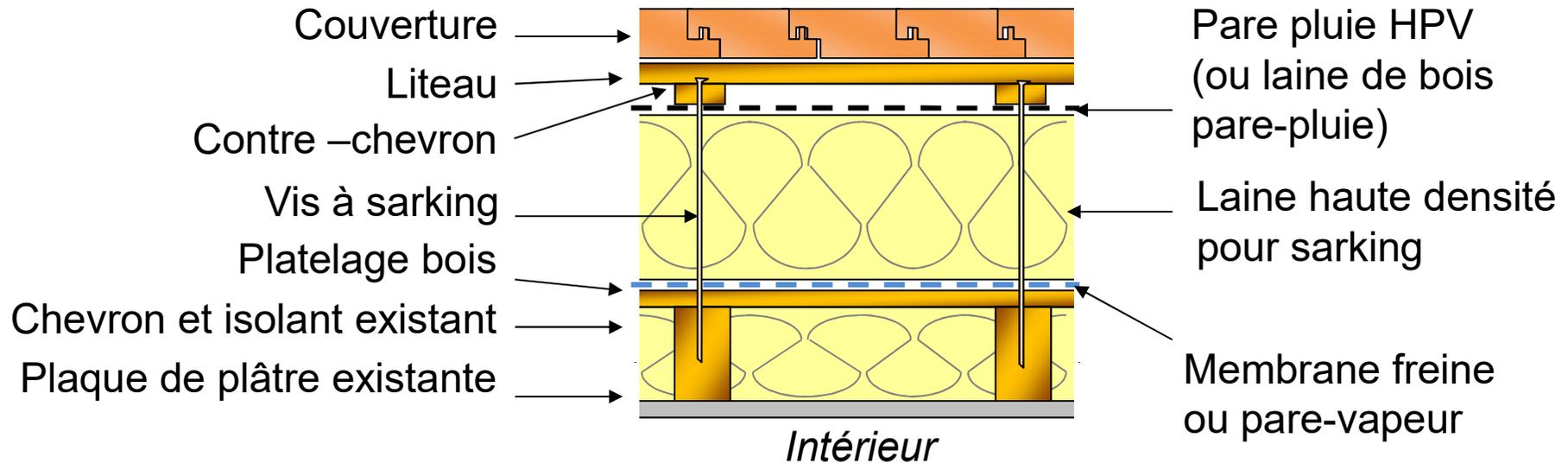


- ✓ Le plâtre suffit à réguler le flux de vapeur si le comble est ventilé
- ✓ Assurer une excellente étanchéité à l'air !
- ✓ En ITE, l'isolant doit recouvrir la tête de mur.



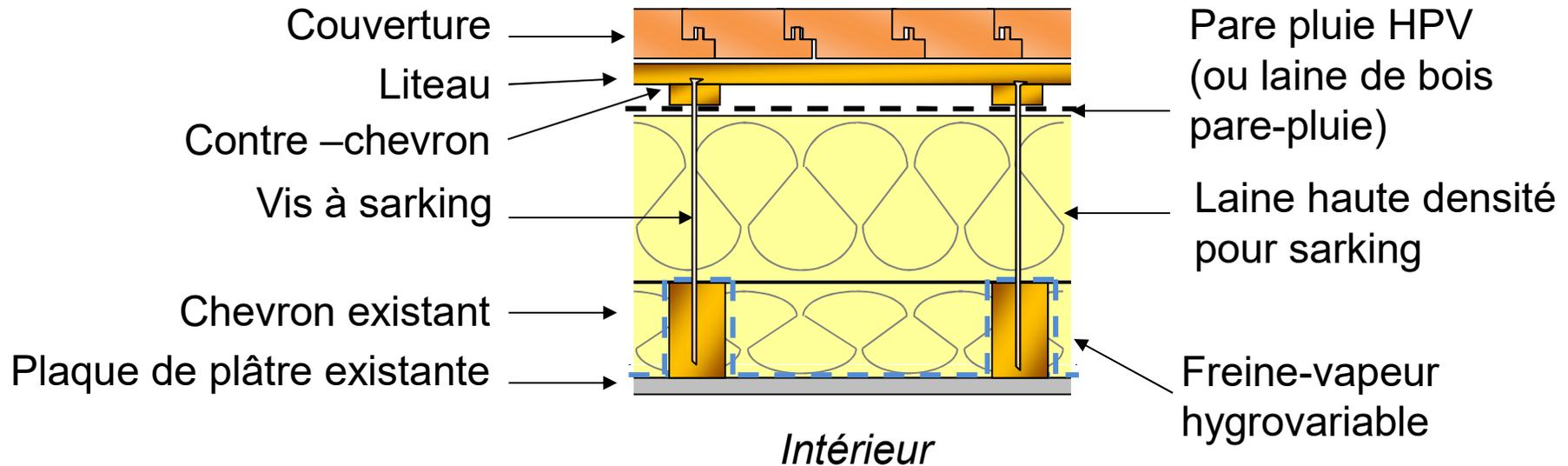
- ✓ Suspentes à faible pont thermique
- ✓ Isolant ouvert à la diffusion de vapeur (laines, ouate...)
- ✓ Freine vapeur hygrovariable sous avis technique

Climat de plaine :



- ✓ Isolant et membrane selon préconisation du fabricant
(généralement $S_d \geq 18m$ en plaine)
- ✓ Prise en compte de l'isolant existant pas toujours explicite.
En principe on peut appliquer la règle des 1/3 - 2/3 en plaine

Climat de plaine : *pose « en boucle »*



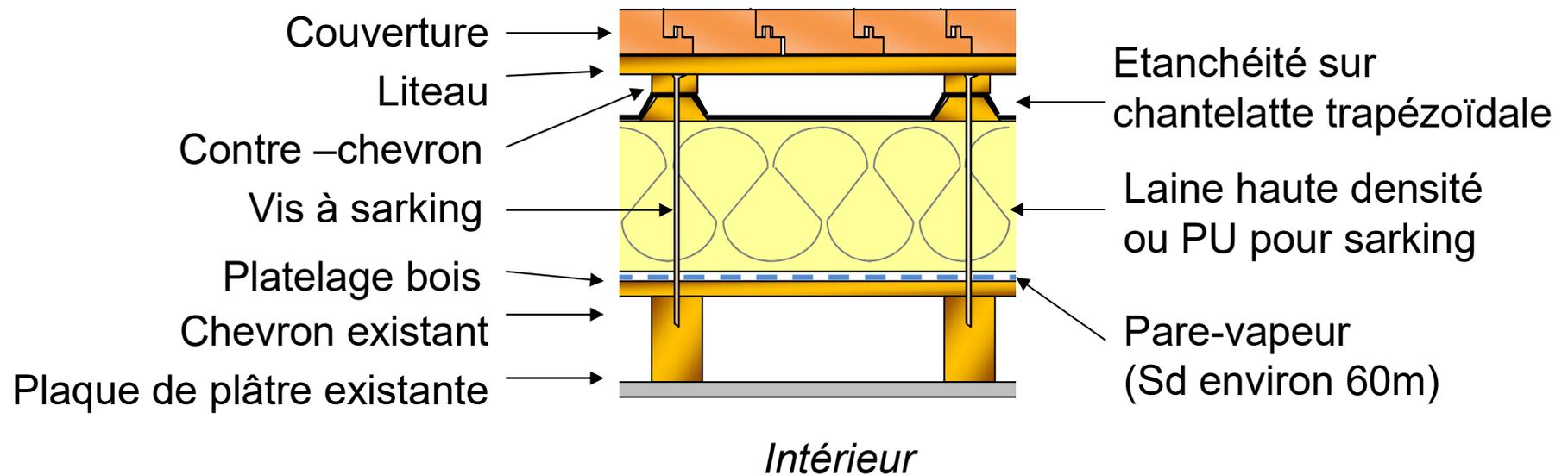
Soigner l'étanchéité à l'air



Isolant et membrane selon préconisation du fabricant

Ici : étude ProClima

Climat de montagne



Isolants non putrescibles intéressants (voir Avis techniques).



Nécessite un pare-vapeur (généralement $S_d \geq 60m$)



Certains fabricants préconisent une étanchéité sur chantelatte trapézoïdale, voire une pose « double ventilation »

Merci de votre attention



Plus d'informations :

www.enertech.fr

<http://leblog.enertech.fr>

