

# Evolution de la norme NF DTU 31.2

## « Travaux de bâtiment - Construction de maisons et bâtiments à ossature en bois »

---

La norme NF DTU 31.2 « Travaux de bâtiment - Construction de maisons et bâtiments à ossature en bois » de janvier 2011 à été mise à jour **en mai 2019**. Ce document est composé de trois parties :

- Partie 1-1 : Cahier des clauses techniques types (CCT) ;
- Partie 1-2 : Critères généraux de choix des matériaux (CGM) ;
- Partie 2 : Cahier des clauses administratives spéciales types (CCS)

Les principaux changements traitent :

- de la classe d'emploi du bardage,
- de la gestion de l'étanchéité et de l'intégration des encadrements de baies,
- de l'étanchéité à l'air et résistance à la diffusion de vapeur d'eau par deux méthodes (la règle dite du « facteur 5 » et la règle dite du «  $S_d = 18 \text{ m}$  ») et l'utilisation des voiles travaillant en tant que barrière à la diffusion de vapeur d'eau en substitution des pare-vapeur souples,
- de la mise en œuvre du pare pluie et de la menuiserie,
- de la justification de la stabilité d'une maison à ossature bois vis-à-vis des effets du vent

## Sommaire

Classe d'emploi du bardage en fonction de la conception et des conditions climatiques .....	4
Etanchéité à l'air entre les baies et les menuiseries .....	7
Mise en œuvre du pare vapeur ou frein vapeur souple avant la menuiserie .....	7
Mise en œuvre du frein vapeur en panneau dérivé du bois avant la menuiserie .....	8
Mise en œuvre du pare vapeur ou frein vapeur souple après la menuiserie .....	9
Mise en œuvre du frein vapeur en panneau dérivé du bois après la menuiserie .....	10
Exemples de solutions de mise en œuvre du pare pluie et de la menuiserie.....	13
Menuiserie posée en applique intérieure avec un encadrement de la baie rapportée .....	13
Menuiserie posée en applique intérieure avec retour de bardage en tableau .....	14
Menuiserie posée en tunnel avec un encadrement de la baie intégrée à la menuiserie .....	15
Menuiserie posée en applique extérieure .....	15
Les différents types de parois avec frein vapeur (ou parois perspirantes).....	18
Paroi avec voile de contreventement à l'extérieur, isolation complètement intégrée et pare pluie souple .....	19
Paroi avec voile de contreventement à l'extérieur, complément d'isolation par l'extérieur réalisant simultanément la fonction de pare pluie rigide.....	20
La paroi avec voile de contreventement à l'extérieur, complément d'isolation par l'extérieur et pare pluie souple.....	21
La paroi avec voile de contreventement à l'intérieur et isolation complètement intégrée et pare pluie rigide.....	22
La paroi avec voile de contreventement à l'intérieur et complément d'isolation par l'extérieur faisant fonction de pare pluie rigide. ....	23
Justification de la stabilité d'une maison à ossature bois vis-à-vis des effets du vent. ....	24
Précautions constructives pour pouvoir appliquer la méthode.....	24
Dimensions du bâtiment .....	24
Résistance à la torsion.....	24
Trémies dans les planchers intermédiaires.....	25
Structure du bâtiment.....	26
Effets du vent sur les façades du bâtiment .....	27
La rugosité du terrain .....	28
La région de vent.....	29
Relief du terrain.....	29
Résistance d'une pointe ou agrafe.....	31
Exemple : vent sur le pignon d'une maison de plain-pied .....	31

Hypothèses de calcul.....	32
Détermination des effets du vent .....	33
Méthode de calcul de la résistance d'un panneau.....	34
Résistance du panneau 1 au contreventement .....	35
Résistance du panneau 2 au contreventement .....	35
Résistance du panneau 3 au contreventement .....	35
Résistance du mur et taux de travail.....	36
Effort de compression et de soulèvement de chaque panneau .....	36
Conditions de pince .....	36
Pour en savoir plus .....	37

## Classe d'emploi du bardage en fonction de la conception et des conditions climatiques

Le NF DTU 41.2 *Travaux de bâtiment - Revêtements extérieurs en bois*, décrit l'ensemble des profils permettant d'atteindre une conception drainante, moyenne ou piégeante. A chaque fois que cela est possible, il faut privilégier un bardage drainant pour limiter le risque d'altération par des champignons lignivores. Ce résultat est obtenu par un bardage posé à recouvrement des planches ainsi que par les profils des figures 3 à 5.



Figure 1 : Exemple de bardage drainant posé à recouvrement (Cadwork).



Figure 2 : Exemple de bardage drainant posé à clin (lame trapézoïdale et lame trapézoïdale avec feuillure) (Cadwork).



Figure 3 : Exemple de bardage drainant avec un profil sans élégie (Cadwork).

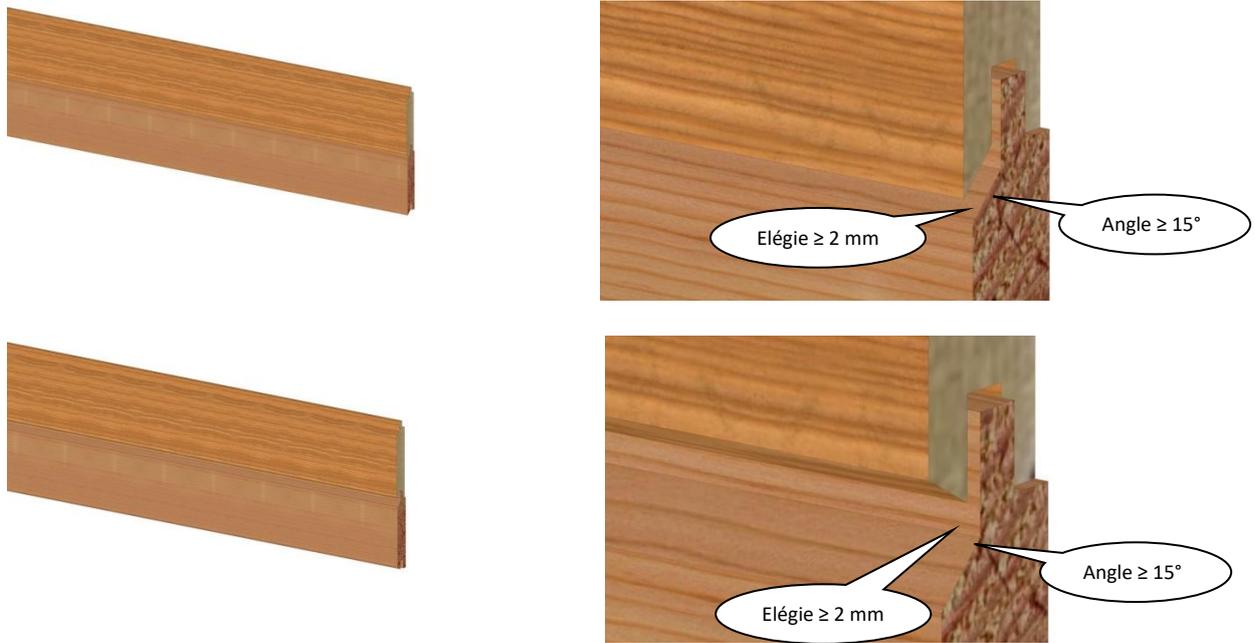


Figure 4 : Exemples de bardage drainant avec un profil avec une élégie (Cadwork).

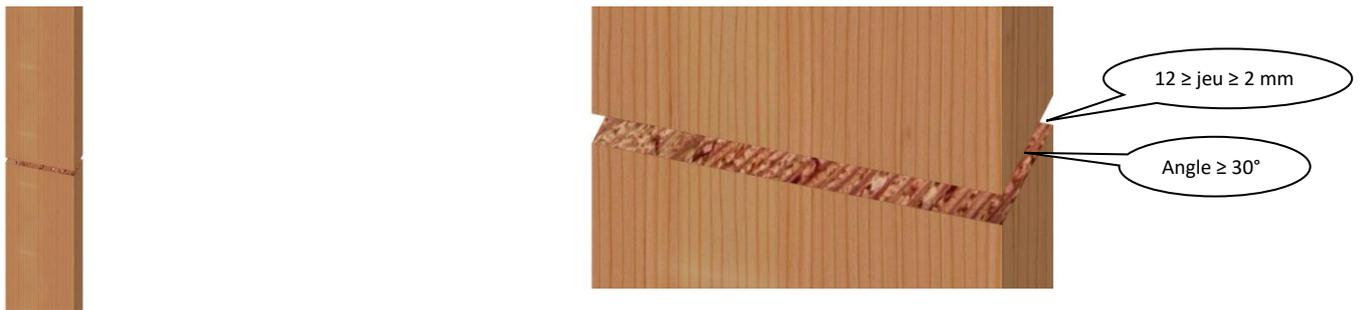


Figure 5 : Raccordement en bout des lames lors d'une pose verticale (Cadwork)

Les conditions climatiques d'humidification sont définies dans le fascicule de documentation FD P20-651. La figure 6 précise le nombre moyen de jours de précipitations supérieures à 1 mm.

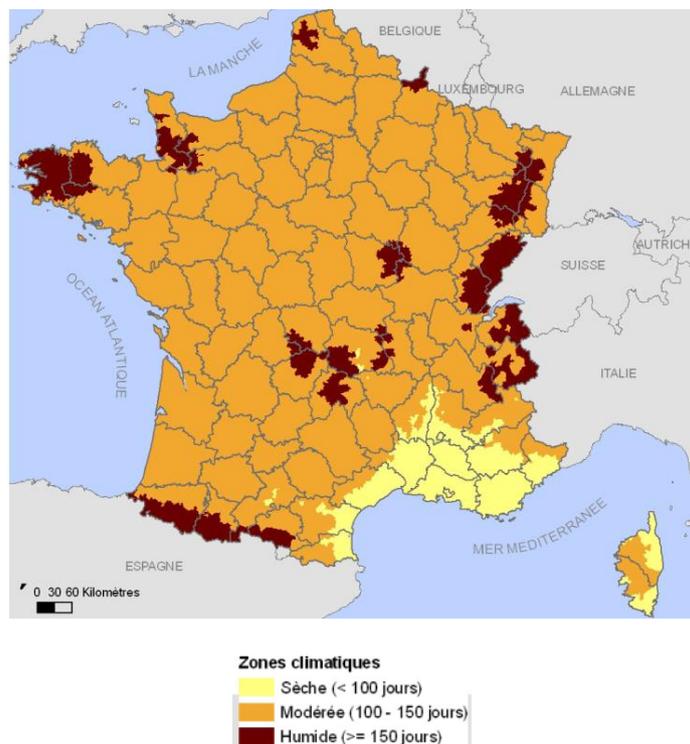


Figure 6 : Nombre de jours de précipitation (source Météo France 1971-2000 et FD P20-651)

Le tableau 1 précise la classe d'emploi du bardage en fonction de la conception et des conditions climatiques lorsque son épaisseur ne dépasse pas 28 mm

**Le tableau 1 : Classe d'emploi du bardage en fonction de la conception et des conditions climatiques lorsque son épaisseur ne dépasse pas 28 mm** (source NF DTU 41.2).

Conception	Zones climatiques		
	Sèche	Modérée	Humide
	<b>Classe d'emploi</b>		
<b>Drainante</b>	3a	3a	3a
<b>Moyenne</b>	3a	3a	3b
<b>Piégeante</b>	3a	3b	3b

La classe 3 est scindée en deux parties car, lorsque les bois sont à l'extérieur, la profondeur humidifiable du bois peut être considérée comme négligeable ou aller jusqu'à la totalité de l'épaisseur de la pièce de bois :

- classe d'emploi 3a (faible exposition). La zone humidifiable est peu profonde et le séchage de la pièce, rapide. L'eau peut ruisseler librement sans zone de rétention, avec une possibilité d'égouttage en partie basse. Dans ce cas, le risque d'attaque par des champignons lignivores est minime.
- classe d'emploi 3b (forte exposition). La zone humidifiable est plus profonde et le séchage est plus long.

## Étanchéité à l'air entre les baies et les menuiseries

Les précautions de mise en œuvre du pare vapeur ou du frein vapeur sont influencées par le mode de pose des menuiseries, tunnel ou en applique, par le type de frein vapeur, souple ou panneau dérivé du bois et du phasage des travaux, pose du pare vapeur ou du frein vapeur avant ou après les menuiseries.

### Mise en œuvre du pare vapeur ou frein vapeur souple avant la menuiserie

Lorsque la menuiserie est posée en tunnel, le pare vapeur ou frein vapeur souple est rabattu dans le chevêtre sur au moins 100 mm ou jusqu'à l'axe de la future fenêtre ou porte (figure 1).

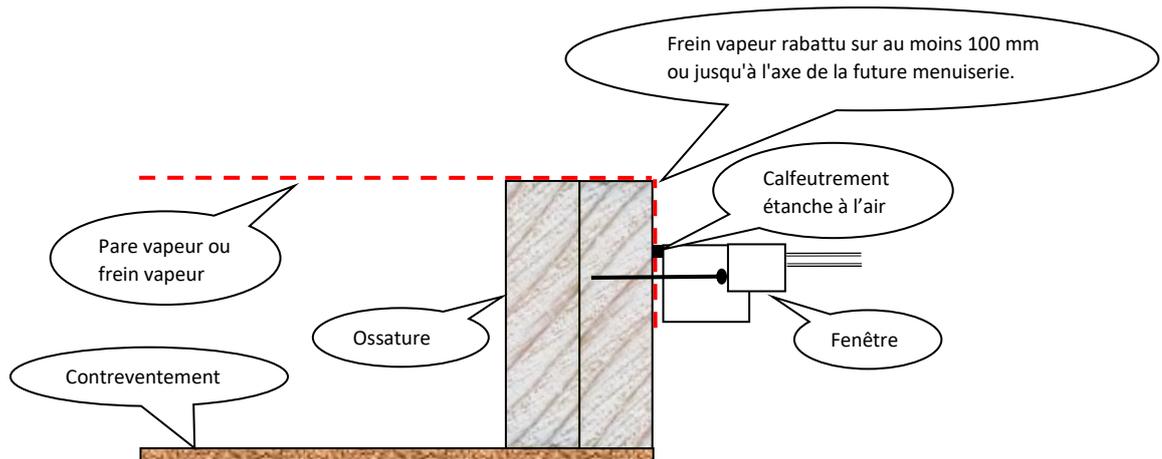


Figure 1 : Pare vapeur ou frein vapeur souple mis en œuvre avant une menuiserie posée en tunnel

Lorsque la menuiserie est posée en applique, la continuité du pare vapeur ou frein vapeur est assurée par une bande du même matériau (ou avec un Sd au moins aussi important). Elle est fixée par des bandes adhésives au dormant de la menuiserie et au pare vapeur ou frein vapeur. Ce dernier est rabattu dans le chevêtre (figure 2).

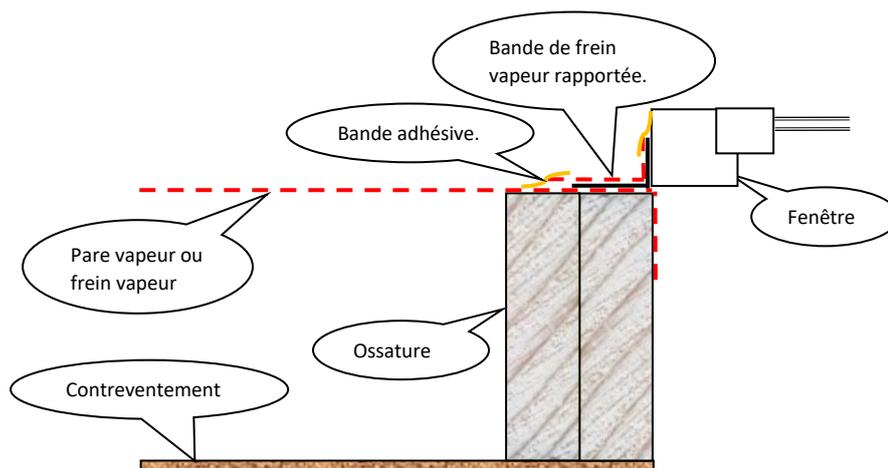


Figure 2 : Pare vapeur ou frein vapeur souple mis en œuvre avant une menuiserie posée en applique

### Mise en œuvre du frein vapeur en panneau dérivé du bois avant la menuiserie

Lorsque la menuiserie est posée en tunnel, la continuité du frein vapeur (le panneau) est assurée par une bande de frein vapeur souple avec un  $S_d$  au moins aussi important. Elle est rabattue dans le chevêtre sur au moins 100 mm ou jusqu'à l'axe de la future fenêtre ou porte et est fixée par des bandes adhésives au panneau (figure 3).

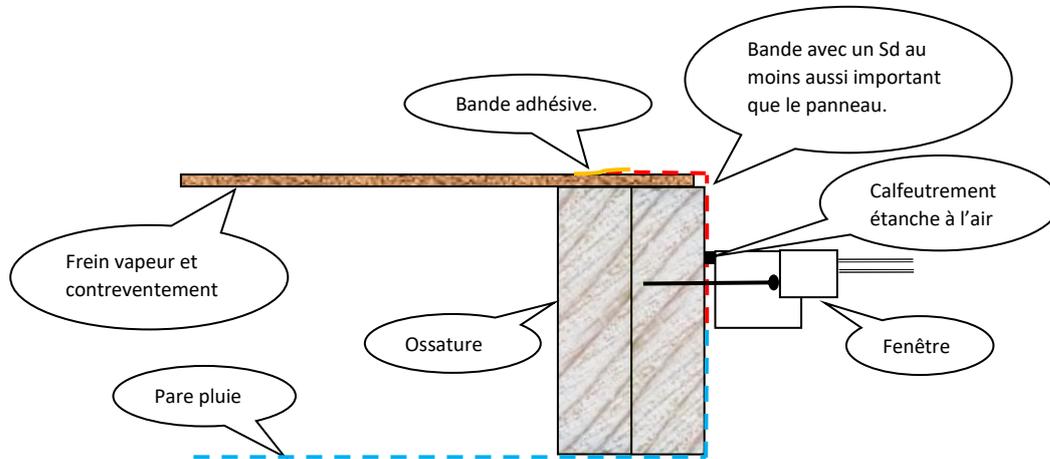


Figure 3 : Frein vapeur en panneau dérivé du bois mis en œuvre avant une menuiserie posée en tunnel

Lorsque la menuiserie est posée en applique, la continuité du pare vapeur ou frein vapeur est assurée par une bande du même matériau (ou avec un  $S_d$  au moins aussi important). Elle est fixée par des bandes adhésives au panneau et est rabattu dans le chevêtre (figure 4).

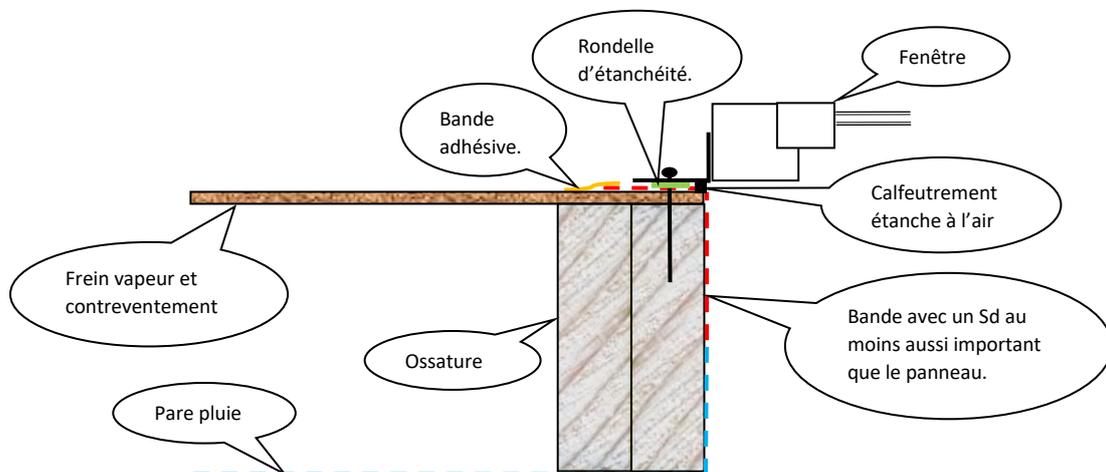


Figure 4 : Frein vapeur en panneau dérivé du bois mis en œuvre avant une menuiserie posée en applique.

### Mise en œuvre du pare vapeur ou frein vapeur souple après la menuiserie

Lorsque la menuiserie est posée en tunnel, la liaison est obtenue grâce à une bande de pare vapeur ou frein vapeur, avec un  $S_d$  au moins aussi important que le pare vapeur ou frein vapeur. Elle est placée avant la pose de la menuiserie, rabattue sur le mur sur au moins 100 mm et est fixée par du ruban adhésif (figure 5).

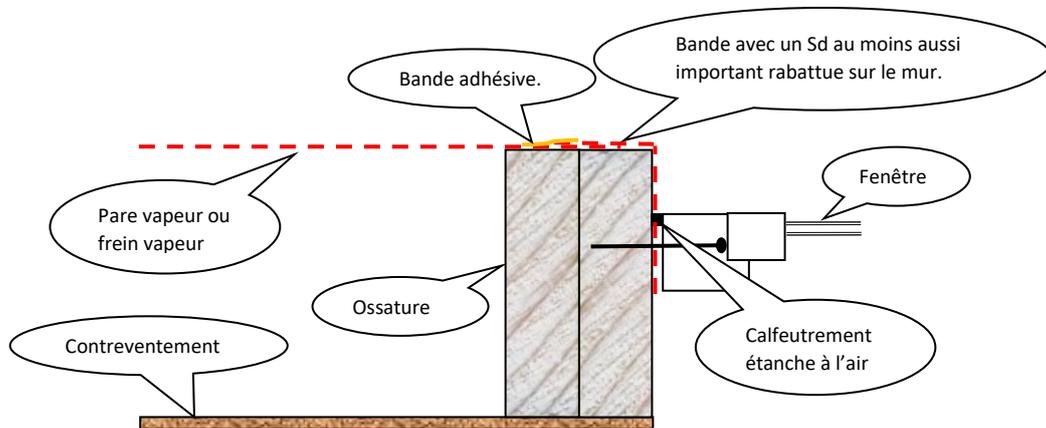


Figure 5 : Pare vapeur ou frein vapeur souple mis en œuvre après une menuiserie posée en tunnel

Lorsque la menuiserie est posée en applique, le pare vapeur ou frein vapeur est fixé par des bandes adhésives au dormant de la menuiserie (figure 6).

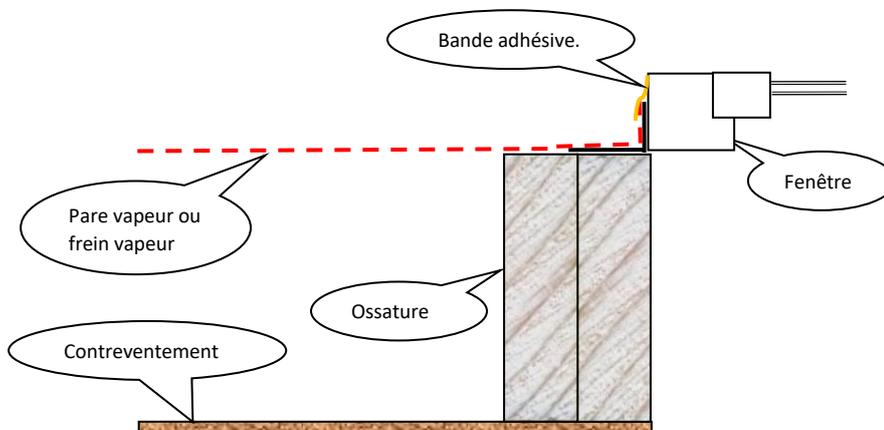


Figure 6 : Pare vapeur ou frein vapeur souple mis en œuvre après une menuiserie posée en applique

## Mise en œuvre du frein vapeur en panneau dérivé du bois après la menuiserie

Lorsque la menuiserie est posée en tunnel, la liaison est obtenue grâce à une bande de pare vapeur ou frein vapeur, avec un  $S_d$  au moins aussi important que le panneau dérivé du bois. Elle est placée avant la pose de la menuiserie, rabattue sur le mur sur au moins 100 mm et est fixée par du ruban adhésif (figure 7).

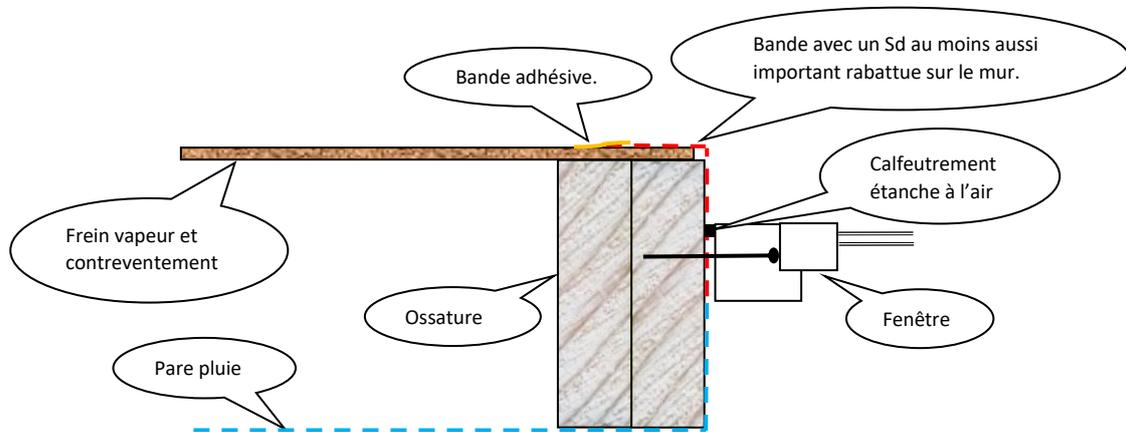


Figure 7 : Frein vapeur en panneau dérivé du bois mis en œuvre après une menuiserie posée en tunnel

Lorsque la menuiserie est posée en applique, la continuité du frein vapeur est assurée par une bande avec un  $S_d$  au moins aussi important. Elle est fixée par des bandes adhésives au dormant de la menuiserie et au panneau dérivé du bois (figure 8).

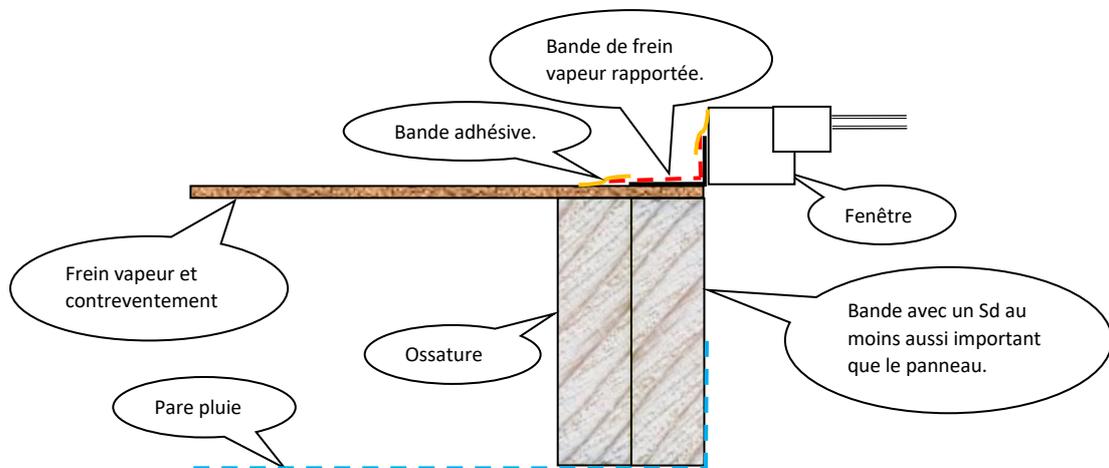


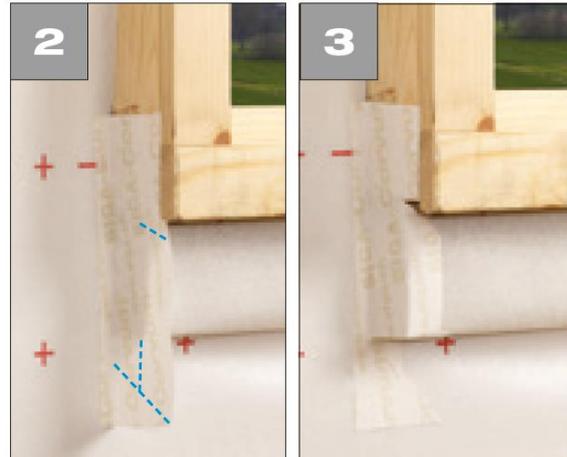
Figure 8 : Frein vapeur en panneau dérivé du bois mis en œuvre après une menuiserie posée en applique.

Que le pare vapeur ou frein vapeur soit souple ou en panneau dérivé du bois, la continuité dans les angles est obtenue avec des bandes adhésives et pièces de pare vapeur de même nature.

Chaque fabricant fourni une notice de pose de ces produits qui inclut notamment des informations décrivant les précautions de mise en œuvre. A titre d'information, nous reproduisons les recommandations éditées par l'entreprise SIGA.

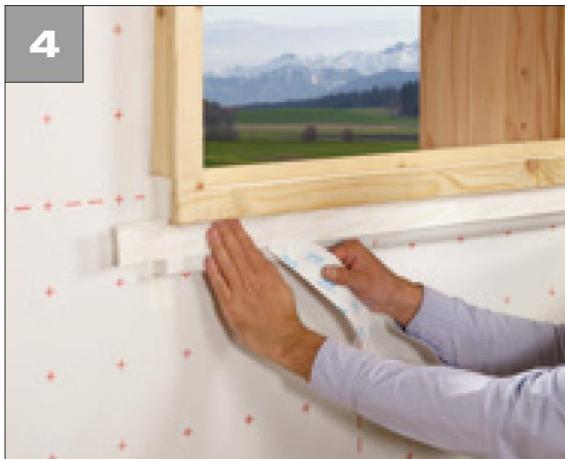


- Inciser le frein-vapeur en laissant environ 10 cm en partie basse
- Poser la menuiserie + le précadre
- Positionner le frein-vapeur de manière à couvrir l'appui de fenêtre



Placer verticalement un morceau de corvum 12/48 sur le chant de l'appui de fenêtre, côté étroit sur le pare vapeur

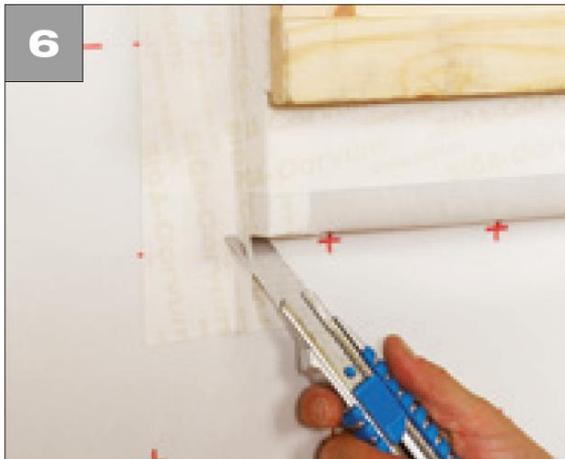
- Prévoir un débord suffisant de chaque côté
- Inciser comme indiqué
- **Rabattre Corvum12/48 sur l'appui de fenêtre**



- Coller le côté étroit de fentrim 12/48 sur le bas du dormant de menuiserie
- Prévoir un débord suffisant de chaque côté
- Retirer le papier de séparation
- Inciser le côté étroit au niveau de l'angle, appliquer en frottant bien



- Coller le côté étroit sur le côté du dormant
- Prévoir un débord de chaque côté
- Retirer la bande séparation, appliquer en frottant bien



- Inciser la partie qui dépasse à 45° et appliquer en frottant
- Répéter l'opération sur l'autre côté puis en partie haute



Voici le résultat :

- La fenêtre posée dans un mur en ossature bois est raccordée

## Exemples de solutions de mise en œuvre du pare pluie et de la menuiserie

La mise en œuvre du pare pluie et de la menuiserie sont influencées par le type d'encadrement de la menuiserie, baie rapportée, baie intégrée ou retour de bardage et le mode de pose de la menuiserie, en applique intérieur, en applique extérieur ou en tunnel.

### Menuiserie posée en applique intérieure avec un encadrement de la baie rapportée

Il existe deux variantes, la menuiserie peut-être posée contre une feuillure reconstituée par la baie rapportée (figure 1) ou en applique intérieure.

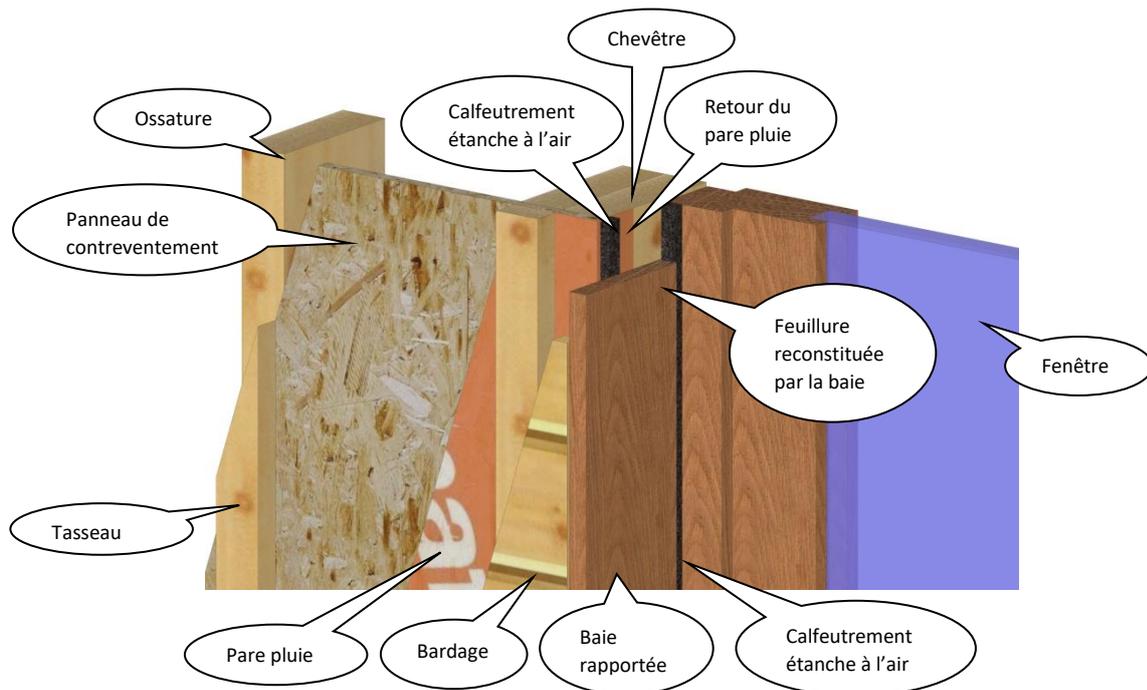


Figure 1 : Menuiserie posée contre une feuillure reconstituée par la baie rapportée

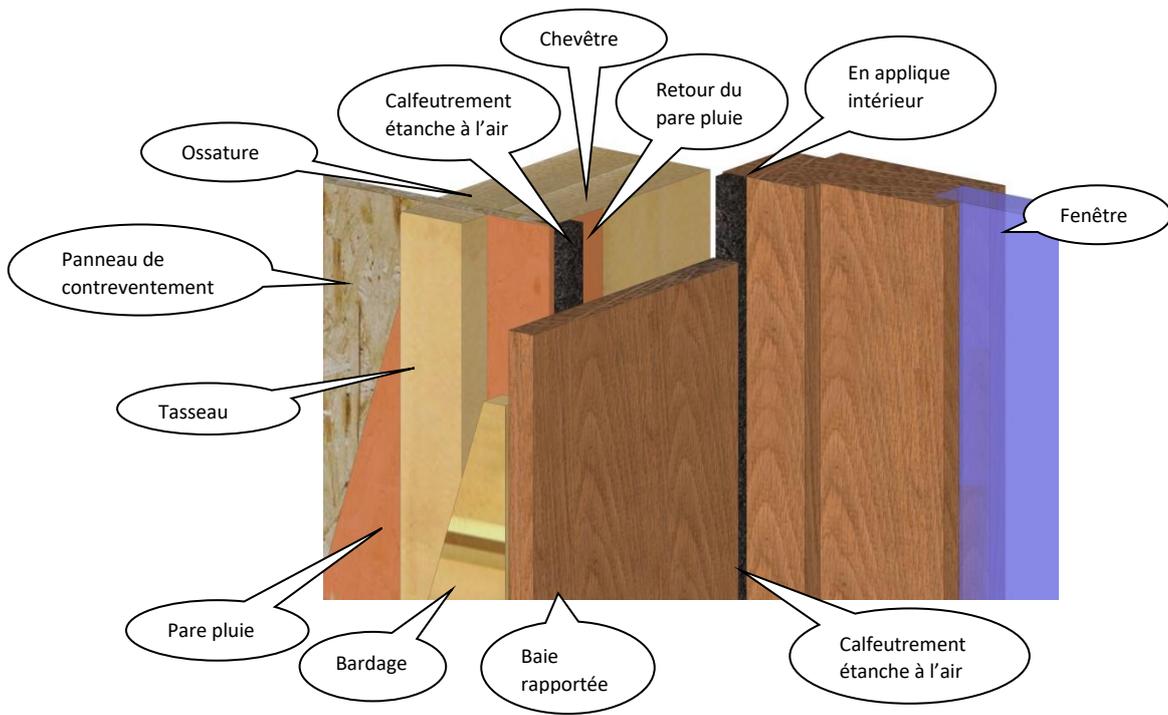
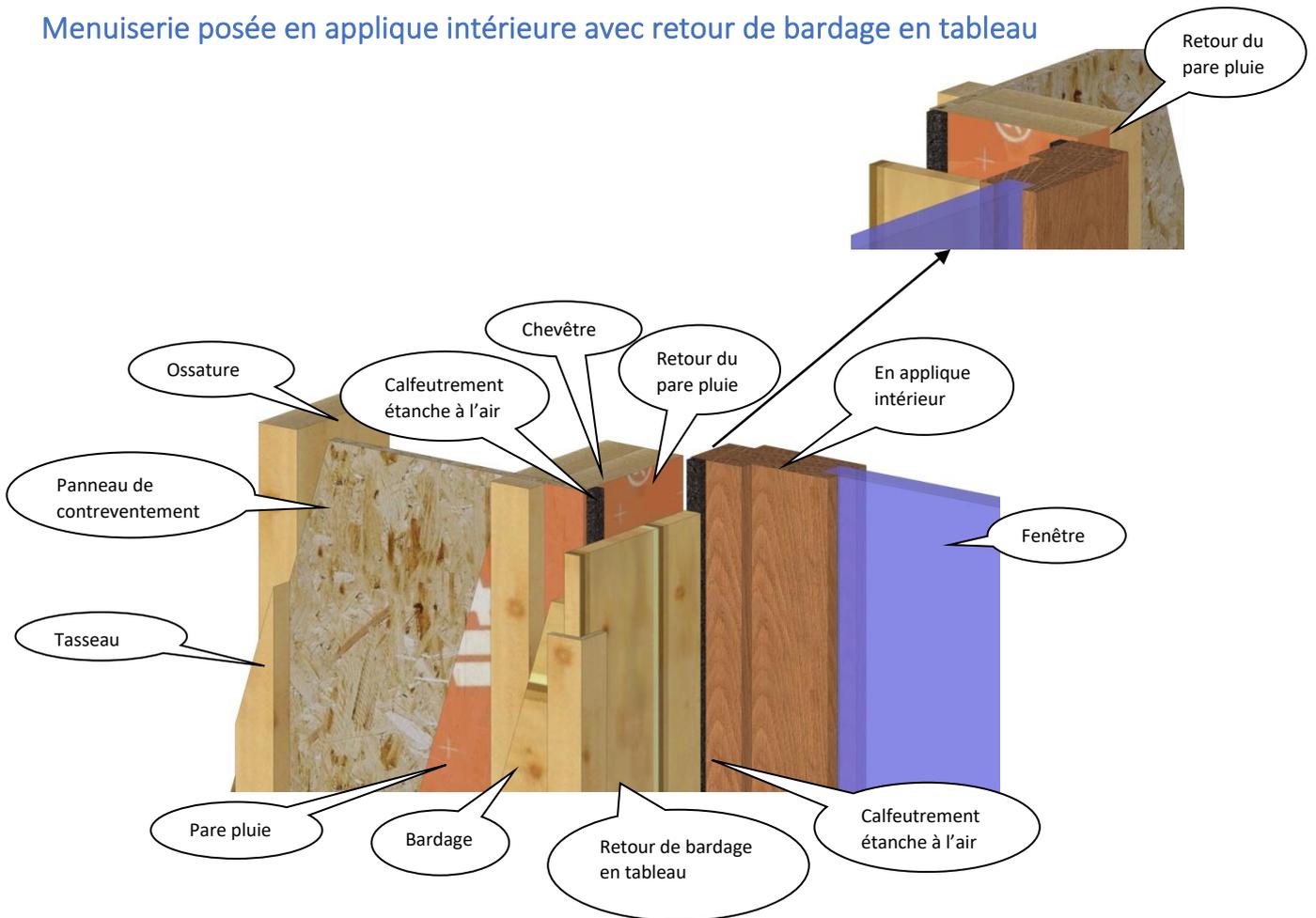
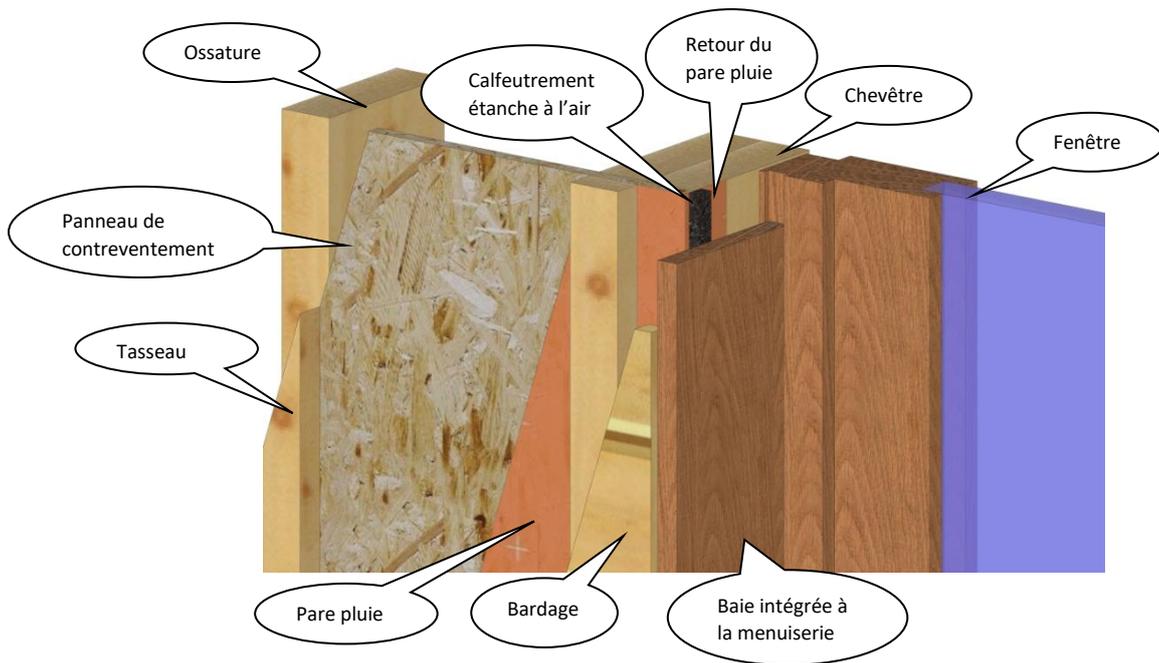


Figure 2 : Menuiserie posée en applique intérieure

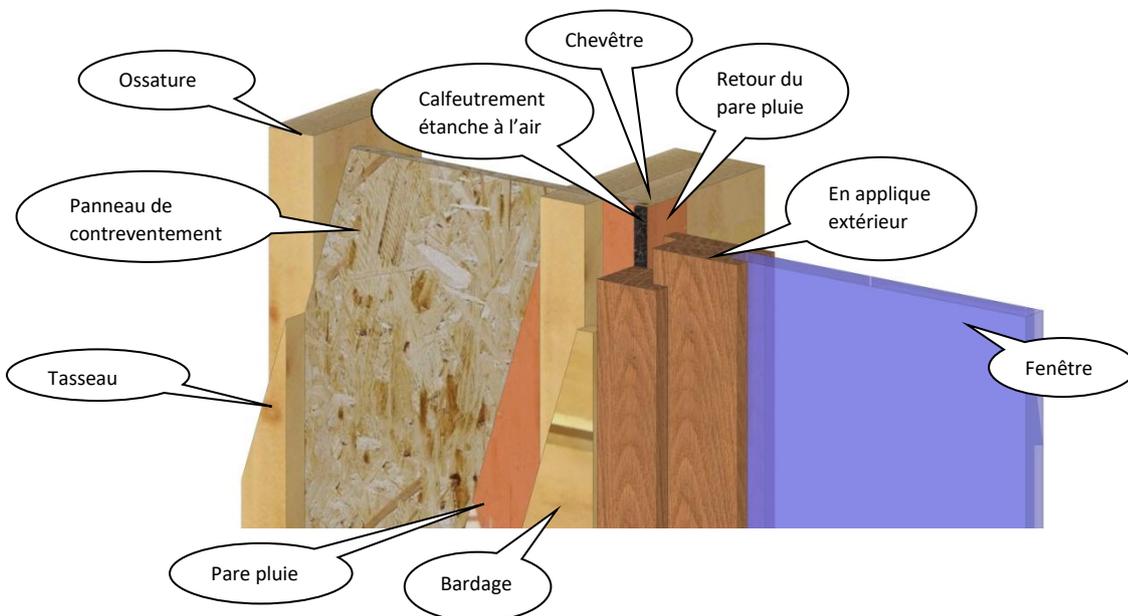
### Menuiserie posée en applique intérieure avec retour de bardage en tableau



## Menuiserie posée en tunnel avec un encadrement de la baie intégrée à la menuiserie

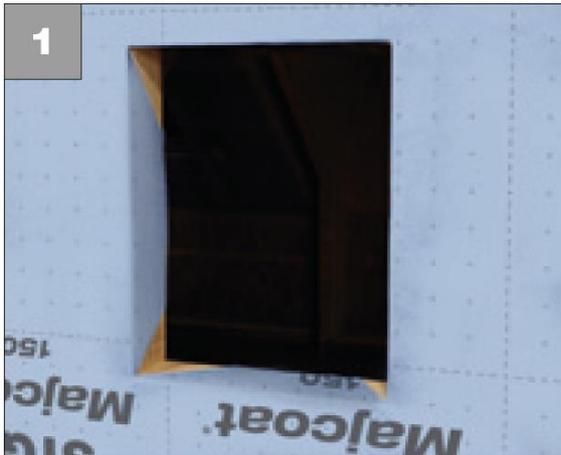


## Menuiserie posée en applique extérieure



Chaque fabricant fournit une notice de pose de ces produits qui inclut notamment des informations décrivant les précautions de mise en œuvre. A titre d'information, nous reproduisons les recommandations éditées par l'entreprise SIGA.

## Préparation du chevêtre de menuiserie



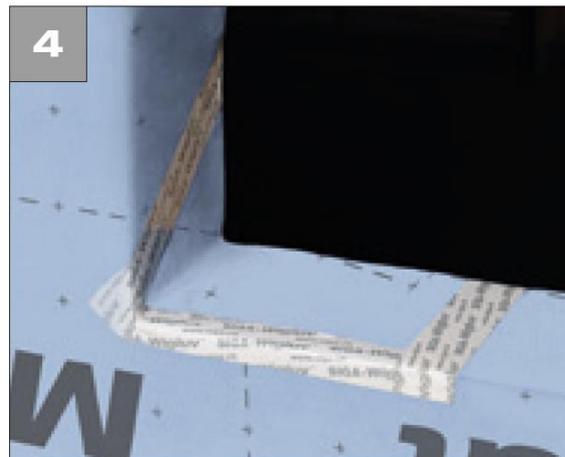
- Découper le pare-pluie selon les diagonales de la baie
- Les lès triangulaires ainsi découpés sont rabattus dans le chevêtre et recoupés à l'affleur intérieur du chevêtre



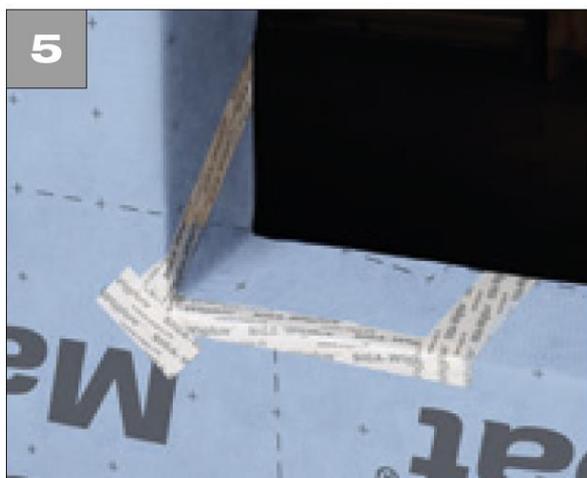
- Couper un morceau de Majcoat 150 de dimension suffisante pour combler le manque de pare pluie dans l'angle
- Positionner le morceau de Majcoat 150 de manière à bien respecter le sens de l'écoulement de l'eau



- Détacher la bande de séparation de la bande adhésive Wigluv
- Coller dans l'angle en remontant de 2 cm env.
- Retirer la bande de séparation
- Coller wigluv sans traction ni pli et appliquer fortement en frottant



- Coller l'adhésif Wigluv au niveau du recouvrement en biais
- Prévoir une sur longueur de 6 cm côté façade pour un collage sure.
- Coller l'adhésif wigluv au niveau du recouvrement restant



- Coller un morceau d'adhésif Wigluv de 10 cm environ comme indiqué
- Procéder de la même manière dans les autres angles



**Voici le résultat :**

- Le chevêtre préparé est préparé de manière étanche à la pluie battante et au vent

## Les différents types de parois avec frein vapeur (ou parois perspirantes)

Comme pour les parois avec pare vapeur, il existe de nombreuses variations de compositions de parois à ossature bois. Les caractéristiques d'isolation ne sont pas impactées par le remplacement du pare vapeur par un frein vapeur. Par contre la gestion de la migration de la vapeur d'eau est différente, la position du voile de contreventement, à l'intérieur ou à l'extérieur a une forte influence.

Le nouveau DTU 31.2 « Travaux de bâtiment - Construction de maisons et bâtiments à ossature en bois », permet ce mode de construction. Il permet un échange hygrothermique entre la paroi et l'air. Le DTU propose la règle dite du «Facteur 5 », c'est-à-dire que le Sd de la barrière à la diffusion de vapeur d'eau côté intérieur doit être au moins 5 fois plus élevé que le Sd de la barrière à la diffusion de vapeur d'eau côté extérieur.

Si le contreventement est à l'extérieur, le Sd du frein vapeur doit être au moins 5 fois plus élevé que les Sd du voile de contreventement et du pare pluie.

Si le contreventement est à l'intérieur, le Sd du frein vapeur souple et/ou du panneau de contreventement doit être au moins 5 fois plus élevé que le Sd du pare pluie.

Si le contreventement est sur les deux faces le Sd côté intérieur du frein vapeur et/ou panneau de contreventement doit être au moins 5 fois plus élevé que le Sd du voile extérieur et du pare pluie.

La valeur Sd est la résistance à la diffusion de vapeur équivalente à l'épaisseur d'une lame d'air (en m). Sd ce calcul avec la formule suivante :

$Sd = \mu \times d$  (m), avec :

- $\mu$  : coefficient de résistance à la diffusion de vapeur d'eau
- d est l'épaisseur du matériau en mètres

Exemple :

- Un panneau OSB de 9 mm avec  $\mu = 118$  à un Sd de  $118 \times 0,009 = 1,06$  m
- Un panneau OSB de 12 mm avec  $\mu = 217$  à un Sd de  $217 \times 0,012 = 2,6$  m

Le Sd du frein vapeur est compris entre 1 et 18 m (exclu), à partir de cette valeur, le matériau est qualifié de pare-vapeur.

**Remarque :**

- *Lorsque le contreventement est à l'intérieur, le contreventement fait office de frein vapeur. La même règle « du facteur 5 » doit être respectée.*
- *Le Sd d'une membrane (frein vapeur ou pare pluie) superposée à un panneau est la somme des Sd des deux produits.*

## Paroi avec voile de contreventement à l'extérieur, isolation complètement intégrée et pare pluie souple

Lorsque le voile de contreventement est situé dans une zone froide, il est indispensable d'employer un frein vapeur pour éviter un risque de condensation (figure 1). Le Sd du contreventement doit être faible pour freiner le moins possible la sortie de la vapeur d'eau, exemple :

- un OSB de 9 mm avec un Sd de 1,5 m et un pare pluie souple avec un Sd de 0,18 m, soit un Sd total de 1,68 m nécessitera un frein vapeur supérieur à  $1,68 \times 5 = 8,4$  m.
- un contreplaqué de 9 mm avec un Sd de 1,7 m et un pare pluie souple avec un Sd de 0,18 m, soit un Sd total de 1,88 m nécessitera un frein vapeur supérieur à  $1,88 \times 5 = 9,4$  m.

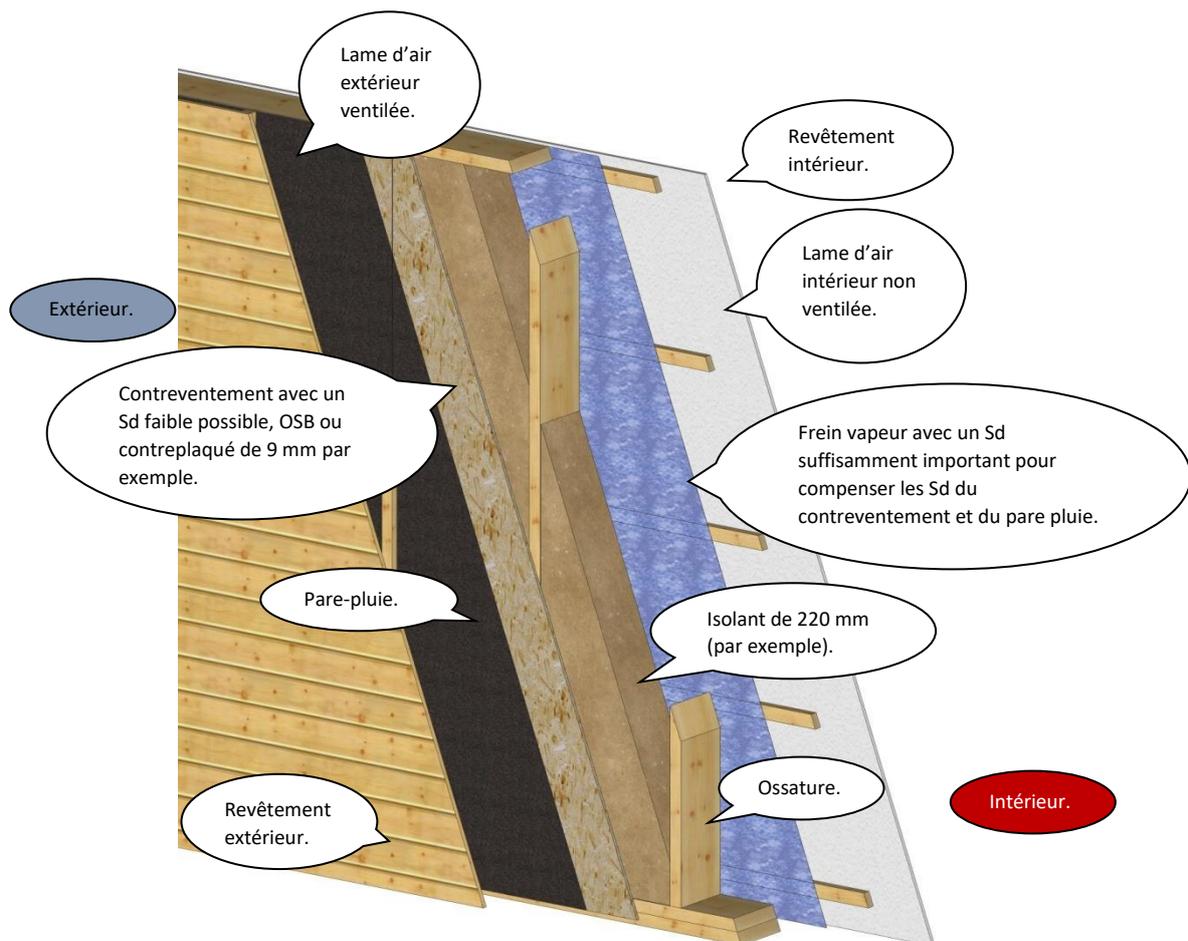


Figure 1 : Paroi avec voile de contreventement à l'extérieur avec isolation complètement intégrée

## Paroi avec voile de contreventement à l'extérieur, complément d'isolation par l'extérieur réalisant simultanément la fonction de pare pluie rigide.

La gestion de la migration de vapeur d'eau est similaire à la paroi avec un pare pluie souple. Il faut tenir compte du Sd du contreventement et du pare pluie rigide pour sélectionner le frein vapeur. Voici un autre exemple, le panneau de fibres employé en contreventement a un Sd de 0,2 m et le pare pluie rigide en panneaux de fibres a un Sd de 0,26m, soit un Sd total de 0,46 m. Le Sd minimum du frein vapeur sera de  $0,46 \times 5 = 2,3$  m (figure 2).

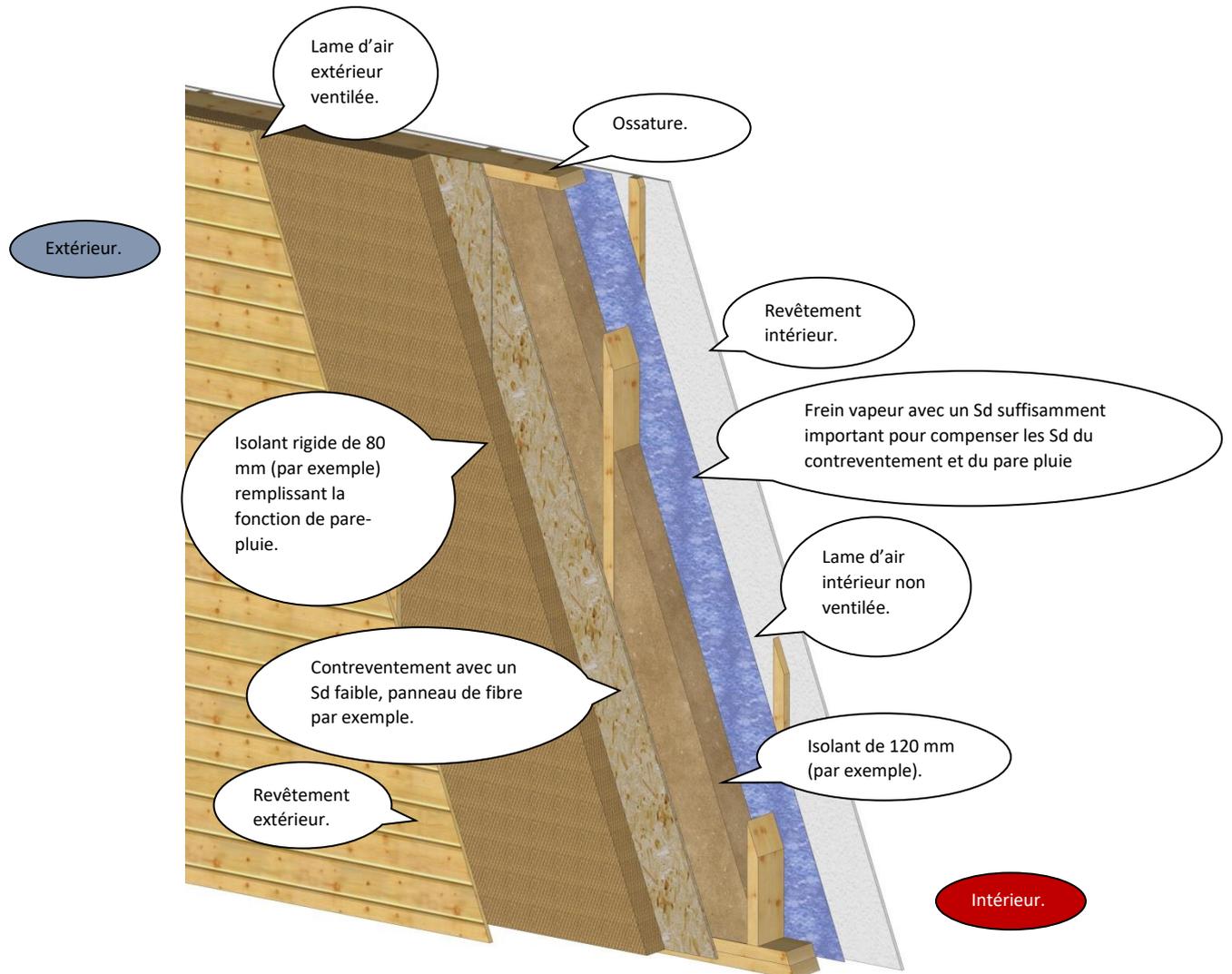


Figure 2 : Paroi avec voile de contreventement à l'extérieur avec complément d'isolation par l'extérieur réalisant simultanément la fonction de pare pluie rigide.

## La paroi avec voile de contreventement à l'extérieur, complément d'isolation par l'extérieur et pare pluie souple.

Voici un autre exemple de paroi où le complément d'isolation extérieur nécessite un pare pluie souple. Les  $S_d$  du panneau de contreventement, de l'isolant et du pare pluie s'ajoutent. Soit un panneau de fibres employé en contreventement avec un  $S_d$  de 0,2 m, l'isolant extérieur avec un  $S_d$  de 0,16 m et le pare pluie souple avec un  $S_d$  de 0,18 m, soit un  $S_d$  total de 0,54 m. Le  $S_d$  minimum du frein vapeur sera de  $0,54 \times 5 = 2,7$  m (figure 3).

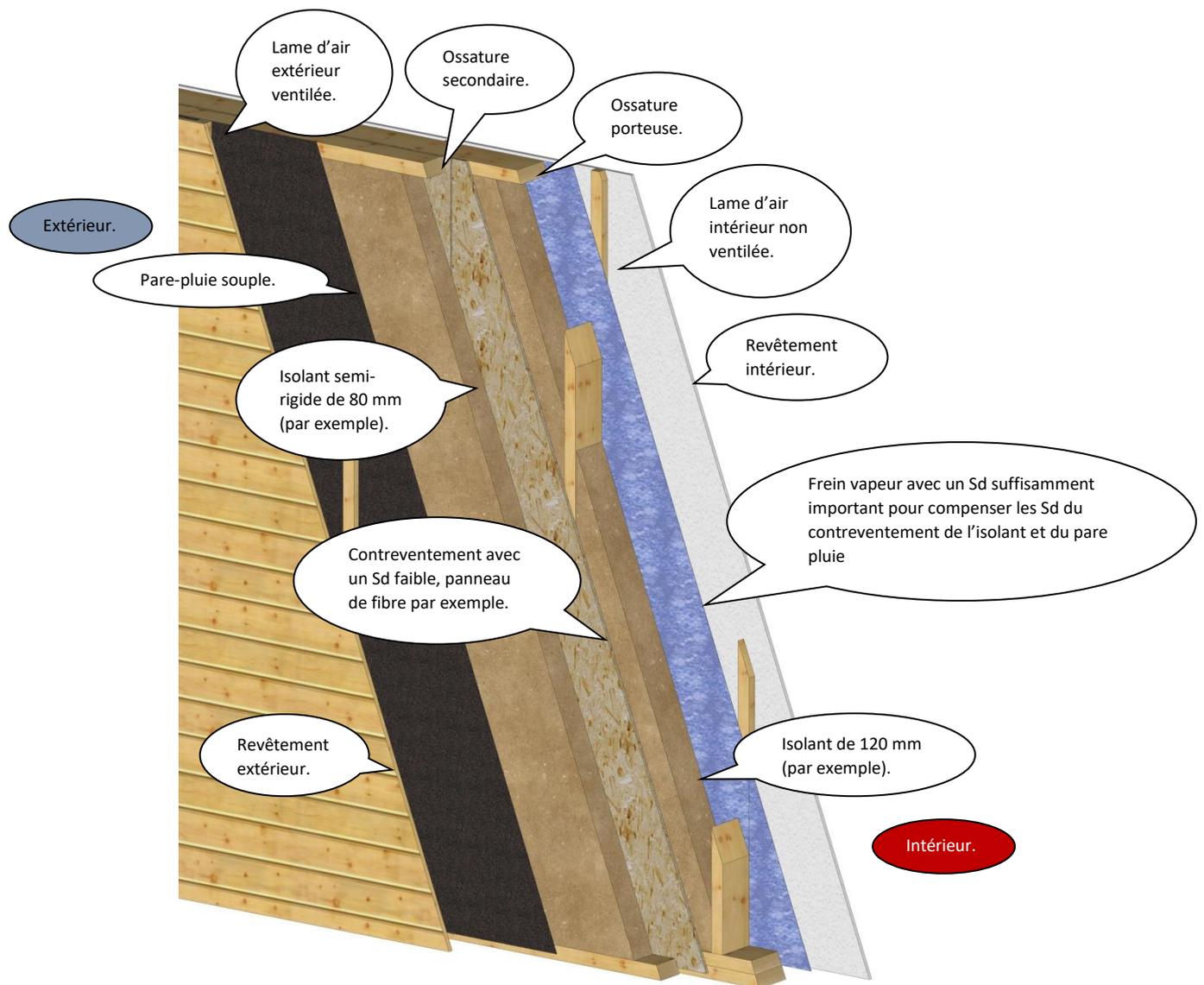


Figure 3 : Paroi avec voile de contreventement à l'extérieur avec complément d'isolation par l'extérieur et pare pluie souple.

## La paroi avec voile de contreventement à l'intérieur et isolation complètement intégrée et pare pluie rigide

Lorsque le voile de contreventement est situé à l'intérieur de la construction (dans la zone chaude), il peut faire fonction de frein vapeur à condition que la valeur de son  $S_d$  permette de respecter la règle du « facteur 5 ». Le  $S_d$  du contreventement doit être suffisamment important pour freiner la vapeur d'eau avant qu'elle ne traverse la paroi. Un exemple, un OSB de 12 mm avec un  $S_d$  de 2,6 m permettra d'employer un pare pluie avec un  $S_d$  maximum de  $2,6/5 = 0,52$ . un panneau de fibre de bois avec un  $S_d$  de 0,26 m (figure 4) ou un pare pluie souple avec un  $S_d$  de 0,18 m conviennent.

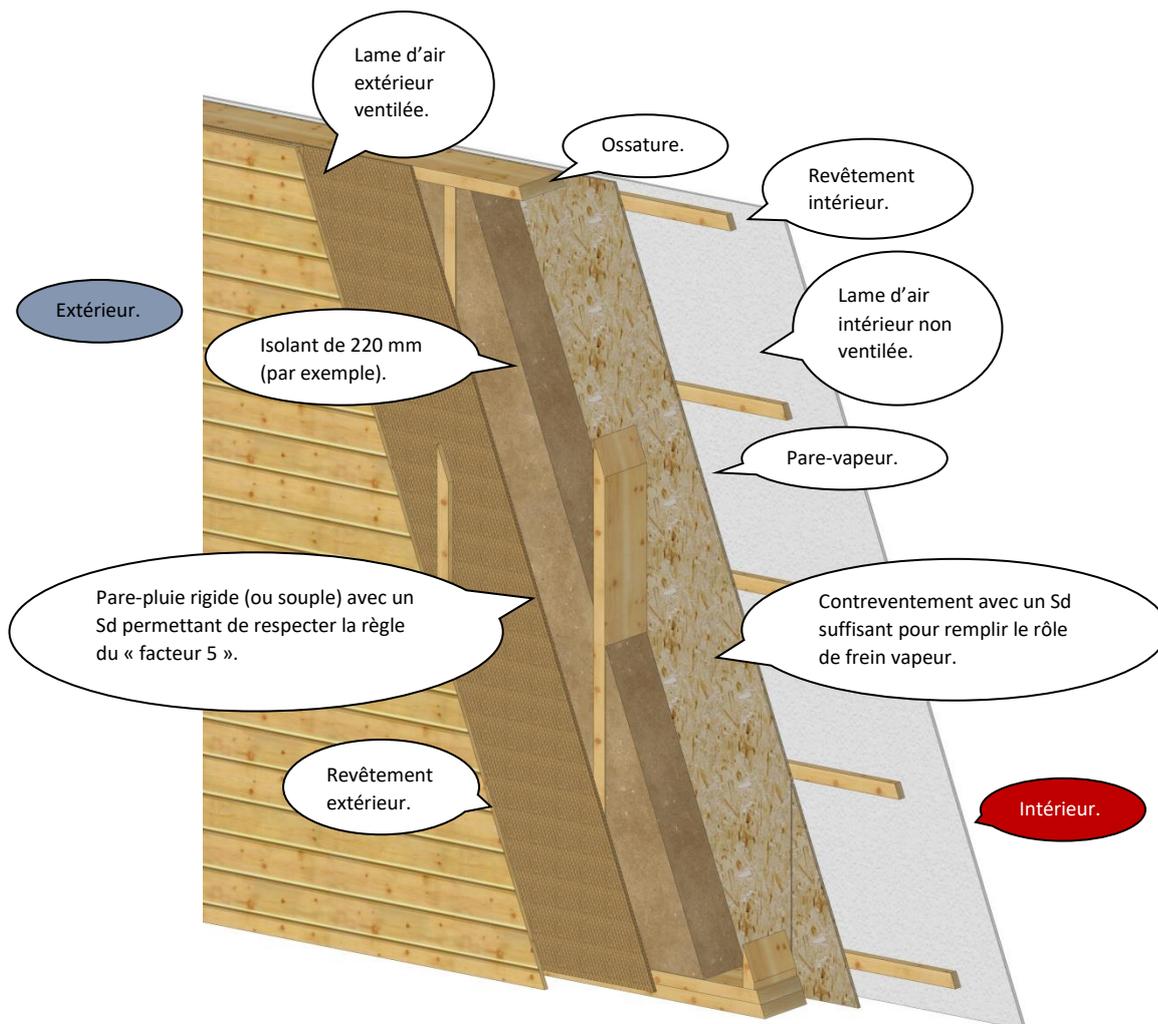


Figure 4 : Paroi avec voile de contreventement à l'intérieur et isolation complètement intégrée et pare pluie rigide.

## La paroi avec voile de contreventement à l'intérieur et complément d'isolation par l'extérieur faisant fonction de pare pluie rigide.

Voici un autre exemple où le pare pluie rigide joue également le rôle d'isolant. Comme pour l'exemple précédant, le Sd du contreventement doit être suffisamment important pour freiner la vapeur d'eau avant qu'elle ne traverse la paroi. Un exemple, un OSB de 12 mm avec un Sd de 2,6 m permettra d'employer un pare pluie avec un Sd maximum de  $2,6/5 = 0,52$  m. Un panneau de fibre de bois de 80 mm d'épaisseur faisant fonction de pare pluie mais aussi d'isolant avec un Sd de 0,40 m (figure 5) convient.

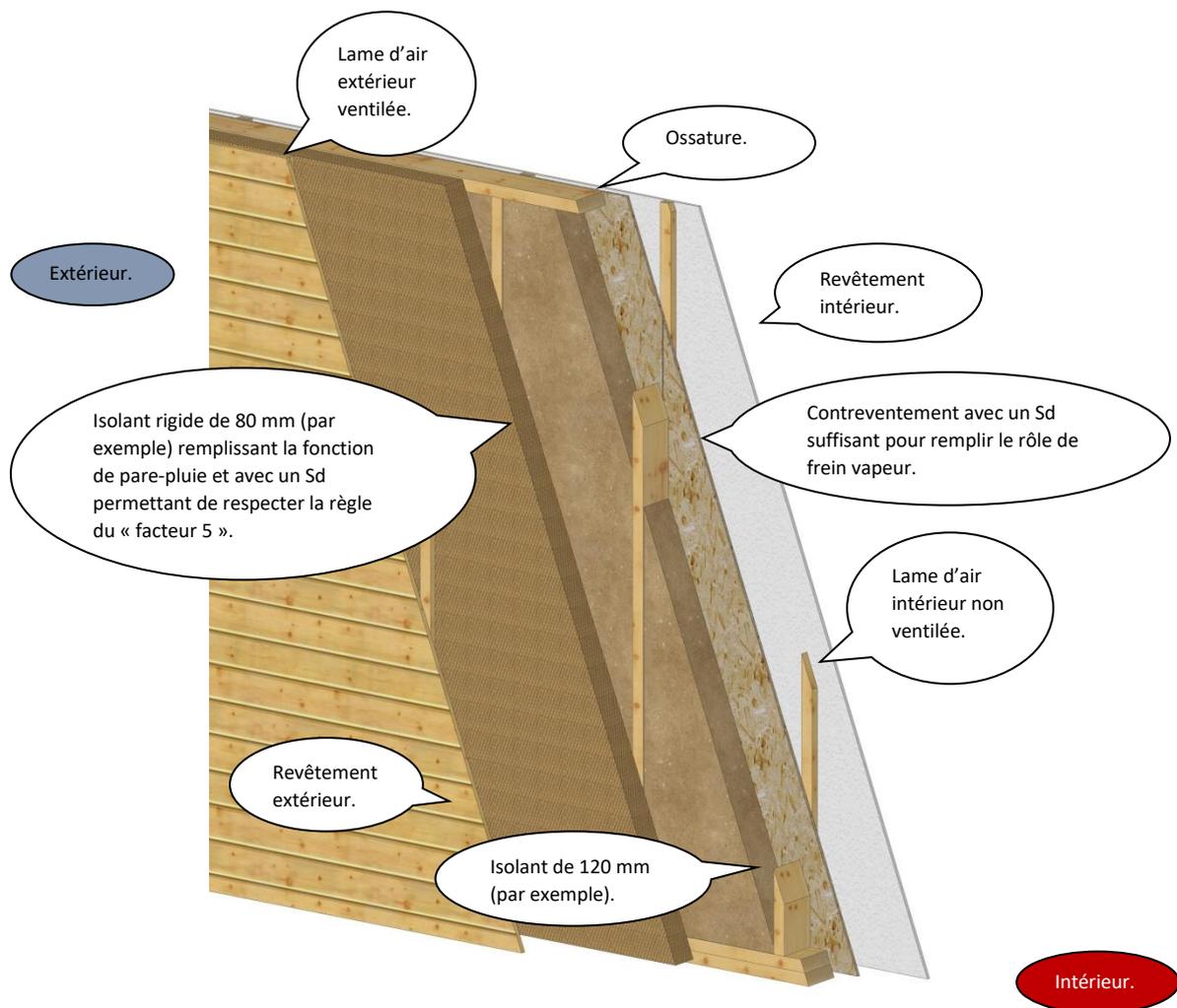


Figure 5 : Paroi avec voile de contreventement à l'intérieur et complément d'isolation par l'extérieur faisant fonction de un pare pluie rigide.

## Justification de la stabilité d'une maison à ossature bois vis-à-vis des effets du vent.

L'eurocode 5 « conception et calcul des structures en bois » et le DTU 31.2 « Travaux de bâtiment - Construction de maisons et bâtiments à ossature en bois » définissent comment justifier des structures en bois. Voici une méthode de calcul simplifiée pour le contreventement d'une maison à ossature bois.

### Précautions constructives pour pouvoir appliquer la méthode

Les précautions constructives concernent l'architecture et la structure de la maison. Ces informations sont essentiellement issues du DTU 31.2.

*Remarque : est nommé « mur » un voile de contreventement, c'est-à-dire un élément capable de reprendre des efforts horizontaux, contrairement aux cloisons.*

### Dimensions du bâtiment

Les restrictions dimensionnelles concernent la hauteur, la distance entre deux murs et le rapport entre la longueur et la largeur de la construction (figure 1).

- La hauteur de niveau est comprise entre 2,5 et 3 m (distance entre les sols finis du RDC et de l'étage)
- La distance entre deux murs parallèles est inférieure ou égale à 10 m (cloisons exceptées). S'il y a un mur de refend, celui-ci est placé entre  $0,25 \times A$  et  $0,75 \times A$ .
- La hauteur de la toiture ne dépasse pas 5 m.
- Le rapport entre la longueur et la largeur est inférieur ou égal à 2,5.

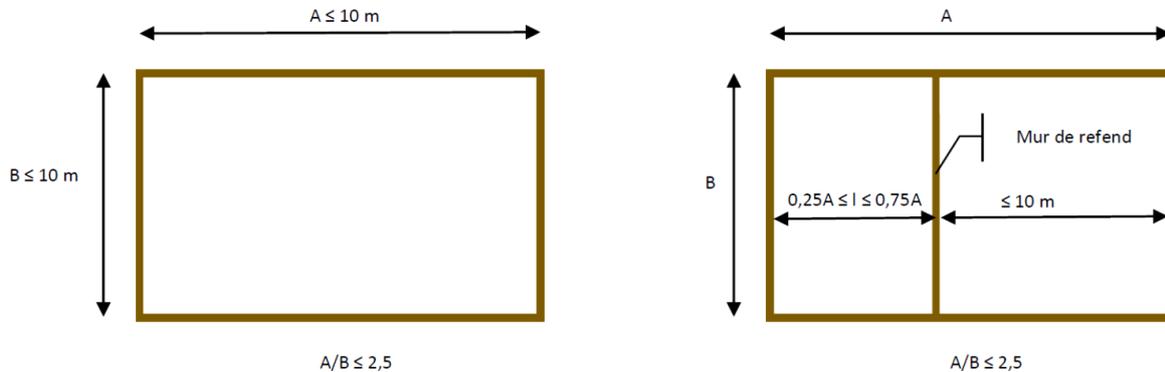


Figure 1 : Restrictions dimensionnelles du bâtiment (Vue en plan du bâtiment)

### Résistance à la torsion

Pour limiter le risque de torsion du bâtiment sous l'effet du vent, il faut appliquer les principales précautions suivantes (figure 2) :

- Chaque façade et chaque pignon comportent au minimum un mur de contreventement.
- Rappelons que la longueur ne dépasse pas 2,5 fois la largeur du rectangle capable de contenir la construction.
- Les façades et les pignons comportent des murs sensiblement parallèles, c'est-à-dire lorsque l'angle ne dépasse pas  $15^\circ$ .
- La somme des longueurs des murs sur une face du bâtiment est supérieure à 0,5 fois la totalité des longueurs de murs située sur la face opposée.

- Il ne doit pas en avoir plus de 6 retraits. Ils sont comptabilisés dans un polygone convexe (figure 2). Leur surface est limitée à 10% de la surface du plancher et la surface totale des retraits ne doit pas excéder 30 % de la surface du plancher.
- Lorsqu'un mur du pignon est à l'intérieur du rectangle AB, sa distance au mur opposé est supérieure ou égale 0,75 fois la longueur de la façade. La distance est prise au centre du mur.
- Inversement, lorsqu'un mur de la façade est à l'intérieur du rectangle AB, sa distance au mur opposé est supérieure ou égale 0,75 fois la longueur du pignon. La distance est prise au centre du mur.

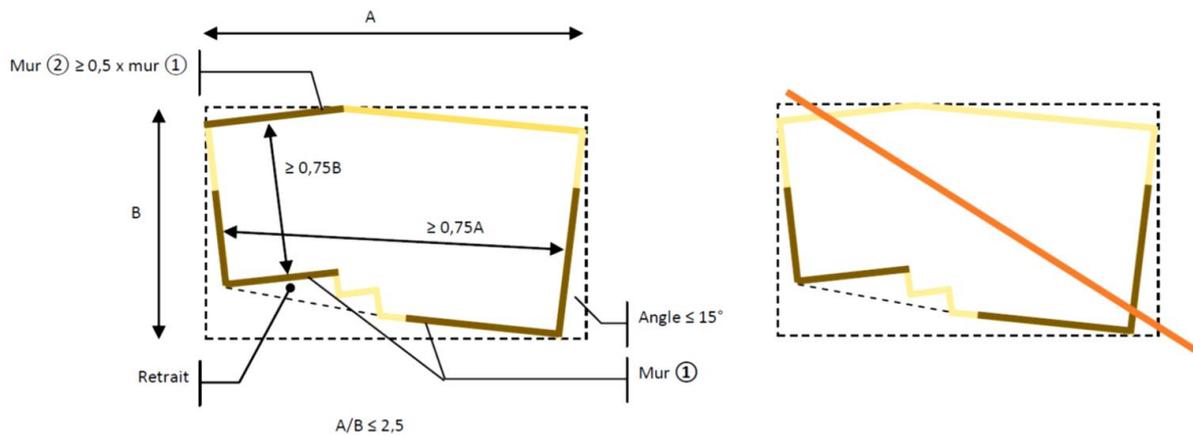


Figure 2 : Vue en plan du bâtiment, résistance à la torsion (figures contreventement)

*Remarque : les ouvrages irréguliers en élévation (porte-à-faux d'étage par exemple) nécessitent une étude spécifique.*

### Trémies dans les planchers intermédiaires

Les planchers jouent un rôle essentiel dans la stabilité du bâtiment car ils remplissent la fonction de diaphragme horizontal et transmettent les efforts du vent sur la façade aux pignons et les efforts du vent sur le pignon aux façades. Lorsque les ouvertures sont trop importantes, le plancher perd de sa rigidité et ne transmet plus convenablement ces efforts.

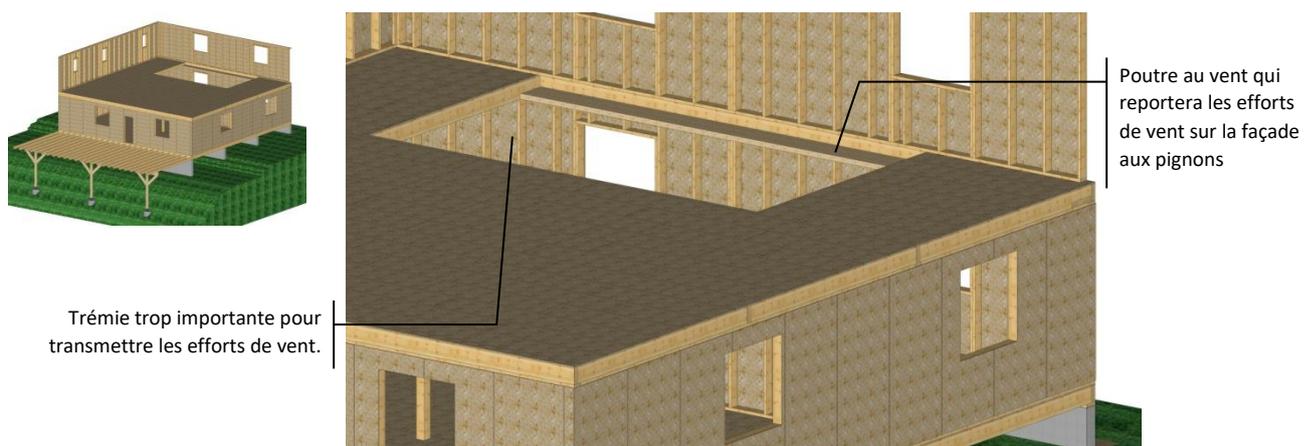


Figure 3 : Exemple de trémie trop importante

Les planchers resteront suffisamment rigides si les trémies respectent les conditions précisées dans la figure 4.

Dans le cas contraire, il sera nécessaire de mettre en œuvre des procédés constructifs permettant de reprendre et transmettre les efforts entre 2 diaphragmes horizontaux, pouvant être constituées par :

- Poutre au vent horizontale
- Mur à ossature de grande hauteur (montants continus d'appui à appui)
- Portique
- ...

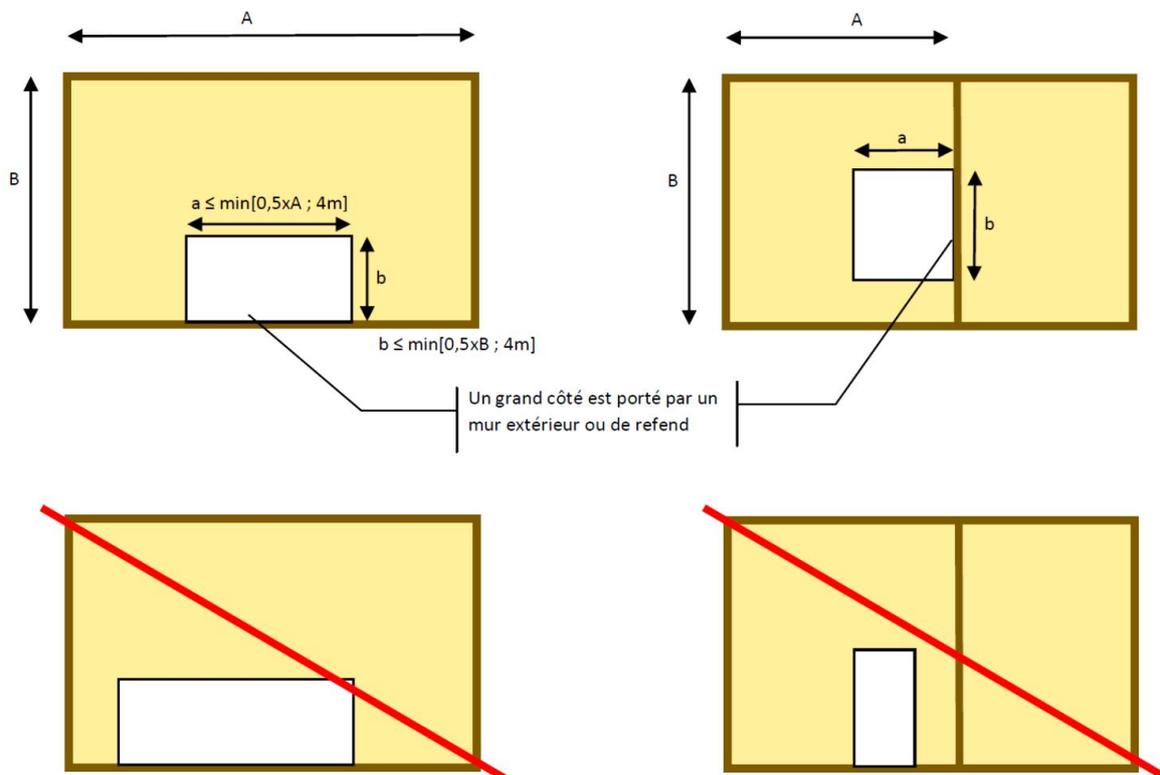


Figure 4 : Caractéristiques des trémies

### Structure du bâtiment

Pour assurer la stabilité de la construction, chaque niveau doit comporter des murs capables de reprendre des efforts de vent. Les voiles de contreventement peuvent être réalisés avec :

- des panneaux de contreplaqués d'épaisseur supérieure ou égale à 7 mm ;
- des panneaux d'OSB 3 d'épaisseur supérieure ou égale à 9 mm ;
- des panneaux d'OSB 4 d'épaisseur supérieure ou égale à 8 mm ;
- des panneaux de particules d'épaisseur supérieure ou égale à 10 mm ;
- ou des panneaux de LVL (Lamibois) avec au minimum 5 plis dont au minimum 2 croisés, d'épaisseur supérieure ou égale à 15 mm.

Les voiles travaillants sont fixés sur l'ossature par des pointes non lisses ou des agrafes. Leur longueur permet une pénétration supérieure ou égale à 35 mm dans l'ossature. La distance entre les montants de l'ossature ne doit pas dépasser 600 mm. Le classement mécanique minimal des bois de l'ossature est pour les résineux C18 et pour les feuillus D18.

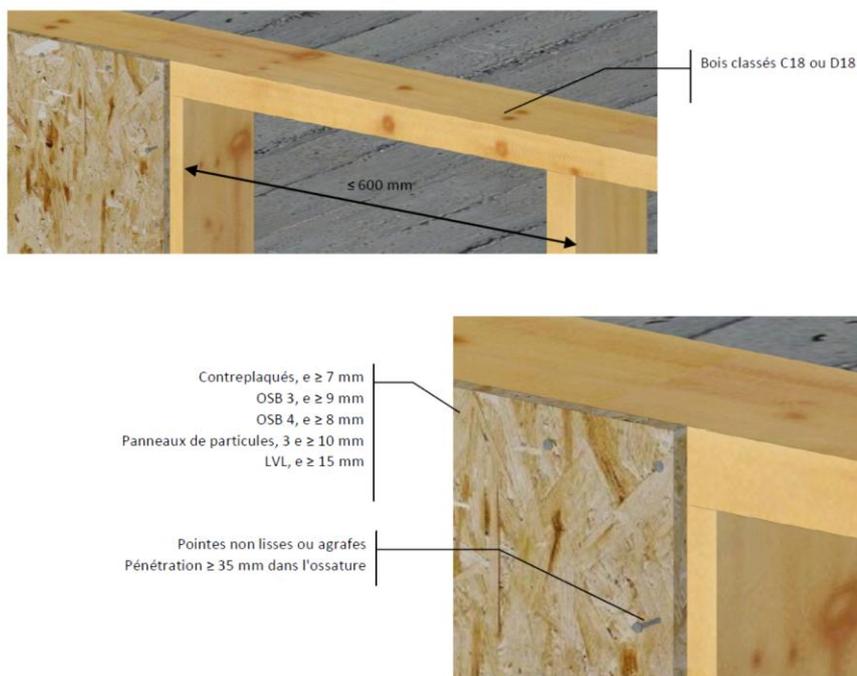
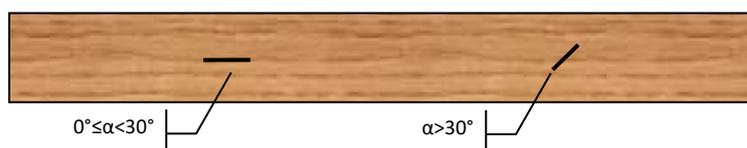


Figure 5 : Caractéristiques de l'ossature

Le tableau 1 précise l'épaisseur minimum des bois d'ossature situés à la périphérie des panneaux. Elle dépend du diamètre des pointes et des agrafes ainsi que de l'orientation de la tête de l'agrafe.

Tableau 1 : Epaisseur minimum des bois								
	Pointes				Agrafes $0^\circ \leq \alpha < 30^\circ$		Agrafes avec $\alpha > 30^\circ$	
Diamètre (mm)	2,1	2,5	2,8	3,1	1,5	1,8	1,5	1,8
Epaisseur (mm)	46	54	60	66	34	40	64	76



### Effets du vent sur les façades du bâtiment

Les tableaux 3 à 6 précisent l'effort de vent en daN/m<sup>2</sup> en fonction de la situation géographique, de la rugosité et du relief du terrain. Pour obtenir l'effort total repris par le mur de contreventement, il suffit de multiplier cet effort par m<sup>2</sup> par la surface considérée (voir le paragraphe « Exemple de vérification de la stabilité d'une structure à ossature bois vis-à-vis des effets du vent »).

### La rugosité du terrain

La rugosité du terrain est définie dans le tableau 2. Elle a une forte influence sur les effets du vent sur un bâtiment (tableaux 3 à 6).

**TABLEAU 2 : RUGOSITE DU TERRAIN.**

<b>Catégorie 0</b>	Mer ou zone côtière exposée au vent ; lacs et plans d'eau parcourus par le vent sur une distance d'au moins 5 km.	 <p>(Le Havre ©La ville du Havre)</p>
<b>Catégorie II</b>	Rase campagne, avec ou non quelques obstacles isolés (arbres, bâtiments...) séparés les uns des autres de plus de 40 fois leur hauteur.	 <p>(II ©AFNOR)</p>
<b>Catégorie IIIa</b>	Campagne avec des haies, bocage, vignoble, habitat dispersé.	 <p>(IIIa ©AFNOR)</p>
<b>Catégorie IIIb</b>	Zones habitées ou industrielles, bocage dense, vergers.	 <p>(IIIb ©AFNOR)</p>  <p>(IIIb ZI ©AFNOR)</p>

<p><b>Catégorie IV</b></p>	<p>Zones urbaines dont au moins 15 % de la surface sont recouvertes de bâtiments dont la hauteur moyenne est supérieure à 15 m, forêts.</p>	 <p>(IV ville ©AFNOR)</p>  <p>(IV forêt ©AFNOR)</p>
----------------------------	---	---

### La région de vent

La France est classée en quatre zones avec un ordre croissant des effets du vent de la région 1 à la région 4 (figure 6).

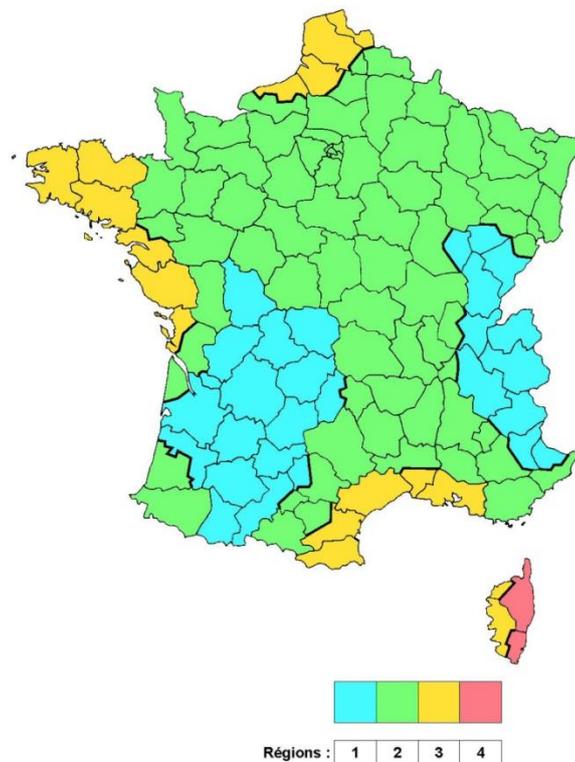


Figure 6 : Carte des régions de vent

### Relief du terrain

Par simplification, deux cas de figure sont présentés dans les tableaux 3 à 6, un terrain plat ou sensiblement plat ( $C_0 = 1$ ) et un terrain vallonné ( $C_0 = 1,15$ ).

Les hypothèses de calculs des tableaux 3 à 6 sont :

- Bâtiment avec des façades et des pignons de 7 m (en moyenne, l'effort de vent par m<sup>2</sup> est plus faible pour des dimensions plus importantes).
- Les efforts des parois au vent et sous le vent sont additionnés, le coefficient de corrélation de 0,85 est appliqué,

*Remarque : 1 daN est provoqué par la masse de 1kg*

Zone	Terrain	Rugosité				
		0	II	IIIa	IIIb	IV
1	plat	73	56	42	40	38
	Vallonné	91	68	51	48	46
2	plat	87	67	49	47	45
	Vallonné	108	81	60	57	55
3	plat	103	78	58	55	53
	Vallonné	127	95	71	67	64
4	plat	119	91	67	65	62
	Vallonné	147	111	81	77	75

Zone	Terrain	Rugosité				
		0	II	IIIa	IIIb	IV
1	plat	85	67	50	43	41
	Vallonné	105	81	61	52	50
2	plat	101	79	60	51	49
	Vallonné	125	97	72	62	60
3	plat	119	93	77	60	58
	Vallonné	147	114	85	73	70
4	plat	138	108	81	70	67
	Vallonné	171	132	98	84	81

Zone	Terrain	Rugosité				
		0	II	IIIa	IIIb	IV
1	plat	91	72	55	44	43
	Vallonné	112	88	67	53	51
2	plat	108	86	66	53	51
	Vallonné	133	104	79	63	61
3	plat	127	100	77	62	59
	Vallonné	156	123	93	74	71
4	plat	147	117	89	72	69
	Vallonné	181	142	108	86	83

Zone	Terrain	Rugosité				
		0	II	IIIa	IIIb	IV
1	plat	97	78	61	47	43
	Vallonné	119	95	73	56	52
2	plat	116	92	72	56	52
	Vallonné	142	113	87	66	62
3	plat	135	108	85	65	61
	Vallonné	167	133	102	78	73
4	plat	157	124	98	75	70
	Vallonné	193	154	119	90	84

### Résistance d'une pointe ou agrafe

La résistance d'une pointe ou agrafe est précisée dans le tableau 7. Les hypothèses sont :

- bois d'ossature classée C18 ;
- OSB de 9 mm ;
- Pointe ou agrafe en acier classé 6-8 de 50 mm de longueur ;
- Effet de corde pris en compte ;
- Agrafe positionnée dans le sens du fil pour limiter l'épaisseur du bois (voir le tableau 1).

Diamètre (mm)	Pointes				Agrafes	
	2,1	2,5	2,8	3,1	1,5	1,8
$F_{f,v,Rd}$	35,8	43	49	55,4	36,7	44,7

Si la tête des agrafes est positionnée à plus de 30° par rapport au fil, la résistance peut être multipliée par 1,4. Attention l'épaisseur minimum des bois d'ossature augmente sensiblement (tableau 1).

**Important : Les pointes lisses ne doivent pas être employées pour fixer les voiles travaillants sur la structure porteuse.**

### Exemple : vent sur le pignon d'une maison de plain-pied

La vérification de la structure à l'ELU consiste à calculer la résistance du mur. Elle doit être supérieure à l'effort provoqué par le vent, soit :

$$F_{v,Rd} \geq F_{v,Ed}$$

Avec :

- $F_{v,Rd}$  la résistance totale du mur en daN ;
- $F_{v,Ed}$  l'effet du vent sur le mur en daN ;

La résistance du mur dans son ensemble correspond à la somme des résistances calculées pour chaque panneau soit :

$$F_{v,Rd} = \sum_i F_{i,v,Rd}$$

Avec :

- $F_{v,Rd}$  la résistance totale du mur en daN ;
- $F_{i,v,Rd}$  la résistance du panneau  $i$  en daN ;

Les panneaux découpés ou dont la largeur restante est inférieure au quart de la hauteur ( $h/4$ ) ne sont pas pris en compte.

Pour justifier la stabilité du bâtiment lorsque le vent souffle sur le pignon il faut que la résistance du long pan soit supérieure à la force du vent sur le pignon.

### Hypothèses de calcul

Considérons une maison à ossature bois (figure 7) située dans la campagne de la Creuse. La structure est composée des éléments suivants :

- montants :  $145 \times 46$  mm classé C18 ;
- panneaux : OSB3 de 9 mm d'épaisseur;
- fixation : pointes annelées de  $2,1 \times 50$  mm.
- Charpente en fermes industrialisées à comble perdu, avec contreventement horizontal dans le plan des entrails (dans le cas de toiture avec plafond rampant, le calcul sera identique mais les murs à ossature bois des pignons devront être réalisés avec des montants de toute hauteur).



Figure 7. Maison à ossature bois étudiée

La figure 8 précise les dimensions du bâtiment et des panneaux de contreventement. Attention, seuls les panneaux dont la largeur est  $\geq h/4$  sont retenus. Dans notre exemple, la hauteur des panneaux est de 2 800 mm. Tous ceux qui ont une largeur inférieure à  $2\,800 / 4 = 700$  mm sont rejetés. Seuls les panneaux numérotés 1, 2 et 3 sont conservés pour le calcul de la résistance du mur (voir figure 8).



Figure 8 : Seuls les panneaux dont la largeur est  $\geq h/4$  sont retenus

#### Détermination des effets du vent

Rapellons que la bâtiment est de plain pied, avec une pente inférieure à 50%, situé dans la Creuse (zone 1) et dans la campagne vallonnée avec des haies (rugosité IIIa). Le tableau 3 indique que le bâtiment subira un effort de 51 daN/m<sup>2</sup>. Il est nécessaire de déterminer la surface du pignon provoquant des efforts sur le long pan. La surface offerte au vent du pignon reprise par chaque long pan est de :  $[(11,95 \times 3) / 4] + [(11,95 / 2) \times 2,115] / 2 = 15,3 \text{ m}^2$  (figures 8 et 9).



Figure 9 : Surface du pignon provoquant des efforts sur le long pan (Vent pignon)

*Remarque : Les efforts provoqués par la surface de la partie basse des panneaux du pignon seront repris par la lisse basse du pignon.*

La vérification étant réalisée à l'ELU (état limite ultime), il est nécessaire de pondérer la force du vent par un facteur de 1,5. L'action du vent devient :

$$F_{v,Ed} = 1,5 \times W \times S$$

avec :

- $F_{v,Ed}$  : Actions de calcul sur le pignon en daN ;
- $W$  : effet du vent en daN/m<sup>2</sup> ;
- $S$  : Surface en m<sup>2</sup>

Soit pour notre exemple :  $F_{v,Ed} = 1,5 \times 51 \times 15,3 = 1170 \text{ daN}$

#### Méthode de calcul de la résistance d'un panneau

Un « panneau » est composé d'une ossature (en C18 dans notre exemple) et d'un panneau dérivé du bois (l'OSB dans notre exemple). Les efforts du pignon sont transmis au long pan par son ossature. L'équerrage des panneaux étant indéformable, leur fixation sur l'ossature (pointes ou agrafes) doit être suffisante pour transmettre les efforts de l'ossature aux panneaux (figure 10). Par ailleurs, le non-flambement du panneau est assuré par le respect de la distance maximale entre montant de 600 mm et le clouage du panneau sur le montant intermédiaire.

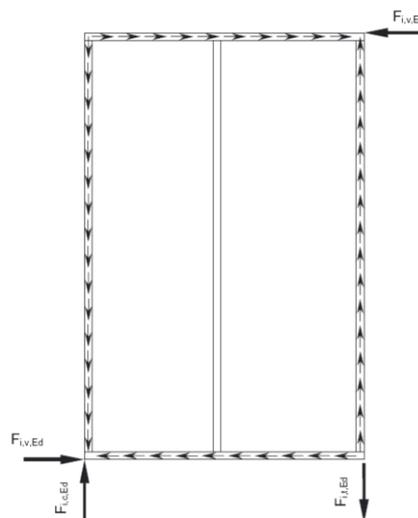


Figure 10. Transmission des efforts de l'ossature au panneau et équilibre du panneau

Avec :

- $F_{i,v,Ed}$  : effet du vent sur l'ossature en tête de panneau et cisaillement de l'ancrage en pied de panneau.
- $F_{i,c,Ed}$  : compression de l'ossature sur la dalle.
- $F_{i,t,Ed}$  : traction de l'ancrage sur la dalle.

Chaque petite flèche représente l'effort repris par chaque pointe ou agrafe.

La résistance de chaque mur est calculée à partir de sa largeur, de la résistance au cisaillement de chaque pointe, vis ou agrafe, et de l'espacement entre les organes de fixation. La capacité résistante d'un panneau au contreventement vaut :

$$F_{i,v,Rd} = \frac{F_{f,v,Rd} \times 2b^2}{s \times h}$$

Avec :

- $F_{i,v,Rd}$  la résistance du panneau en daN ;
- $F_{f,v,Rd}$  la résistance d'une pointe ou agrafe en daN ;
- $b$  la largeur du panneau en mm ;
- $h$  la hauteur du panneau en mm ;
- $s$  la distance entre les pointes en mm comprise entre 75 et 150 mm.

La figure 8 montre qu'il y a quatre panneaux larges de 1 200 mm (panneau 1), un panneau large de 1 032 mm (panneau 2) et un autre de 1 017 mm (panneau 3). Il faut calculer la résistance de chaque panneau  $i$ ,  $F_{i,v,Rd}$ , pour obtenir la résistance globale du mur.

#### Résistance du panneau 1 au contreventement

La résistance au contreventement du panneau 1 est calculée comme suit :

$$F_{i,v,Rd} = \frac{F_{f,v,Rd} \times 2b^2}{s \times h} = \frac{35,8 \times 2 \times 1200^2}{150 \times 2800} = 245,5 \text{ daN}$$

Avec :

- $F_{i,v,Rd}$  la résistance du panneau en daN ;
- $F_{f,v,Rd} = 35,8$  daN, la résistance de la pointe (tableau 7) ;
- $b = 1200$  mm, la largeur du panneau 1 ;
- $h = 2800$  mm la hauteur du panneau ;
- $s = 150$  mm, la distance entre les pointes.

#### Résistance du panneau 2 au contreventement

La résistance au contreventement du panneau 2 est calculée comme suit :

$$F_{i,v,Rd} = \frac{F_{f,v,Rd} \times 2b^2}{s \times h} = \frac{35,8 \times 2 \times 1032^2}{150 \times 2800} = 181,6 \text{ daN}$$

Avec :

- $F_{i,v,Rd}$  la résistance du panneau en daN ;
- $F_{f,v,Rd} = 35,8$  daN, la résistance de la pointe (tableau 7) ;
- $b = 1032$  mm, la largeur du panneau 1 ;
- $h = 2800$  mm la hauteur du panneau ;
- $s = 150$  mm, la distance entre les pointes.

#### Résistance du panneau 3 au contreventement

La résistance au contreventement du panneau 3 est calculée comme suit :

$$F_{i,v,Rd} = \frac{F_{f,v,Rd} \times 2b^2}{s \times h} = \frac{35,8 \times 2 \times 1017^2}{150 \times 2800} = 176,3 \text{ daN}$$

Avec :

- $F_{i,v,Rd}$  la résistance du panneau en daN ;
- $F_{f,v,Rd} = 35,8$  daN, la résistance de la pointe (tableau 7) ;
- $b = 1017$  mm, la largeur du panneau 1 ;
- $h = 2800$  mm la hauteur du panneau ;
- $s = 150$  mm, la distance entre les pointes.

### Résistance du mur et taux de travail

La résistance du mur est la somme de la résistance des panneaux, soit :

$$F_{v,Rd} = (245,5 \times 4) + 181,6 + 176,3 = 1340 \text{ daN.}$$

Le taux de travail est le rapport de l'effort subit par le long pan sur sa résistance :

$$\Psi = F_{v,Ed} / F_{v,Rd} = 1170/1340 = 0,87.$$

*Remarque : si le taux de travail est supérieur à 1, la résistance étant proportionnelle à la distance entre les pointes, il est aisé d'adapter cette distance en fonction de la résistance nécessaire.*

### Effort de compression et de soulèvement de chaque panneau

Prenons comme hypothèse que l'effort horizontal réel équilibré par chaque panneau est proportionnel à sa résistance :

$$F_{i,v,Ed} = F_{i,v,Rd} \times \Psi, \text{ soit pour notre exemple, } F_{1,v,Ed} = 245,5 \times 0,87 = 213,6 \text{ daN ;}$$

avec :

$F_{1,v,Ed}$  : effort provenant du vent repris par le panneau 1 ;

$F_{1,v,Rd}$  : capacité résistante du panneau ;

$\Psi$  : taux de travail.

La force d'arrachement la plus importante sera sur le panneau 1 car il reprend le plus d'effort provenant du vent.

L'action du vent provoque un basculement du panneau 1. L'équilibre du panneau 1 sous l'action de  $F_{1,v,Ed}$  est assuré par l'action  $F_{1,t,Ed}$ . Chaque montant extrême de mur doit être solidarisé avec la partie inférieure de la construction pour empêcher ce soulèvement (figure 9). Cet effort est déterminé selon :

$$F_{i,c,Ed} = F_{i,t,Ed} = \frac{F_{i,v,Ed} \times h}{b_i}$$

avec :

- $F_{i,c,Ed}$  : effort de compression du montant sur la traverse provoqué par le vent en daN;
- $F_{i,t,Ed}$  : effort de traction du montant sur la traverse provoqué par le vent en daN ;
- $F_{i,v,Ed}$  : effort provenant du vent repris par le panneau i en daN ;
- h : hauteur du panneau en mm ;
- $b_i$  : largeur de panneau assurant du contreventement en mm ;

soit pour le panneau 1 :

$$F_{1,c,Ed} = F_{1,t,Ed} = \frac{213,6 \times 2800}{1200} = 498,4 \text{ daN}$$

avec :

- $F_{1,v,Ed} = 213,6$  daN, effort provenant du vent repris par le panneau 1 ;
- h = 2 800 mm ;
- $b_1 = 1 200$  mm.

### Conditions de pince

Les espacements entre les pointes varient de 75 mm à 150 mm pour la fixation en périphérie du panneau (150 mm pour notre exemple). Cette valeur double pour fixer le montant intermédiaire.

Les rives sont à considérer comme non chargées (voir figure 10). Les distances de rive non chargées, nommées  $a_{4c}$ , sont, pour une pointe (figure 11) :

$a_{4c} = 5 d$  ( $3 d$  si le panneau est du contreplaqué).

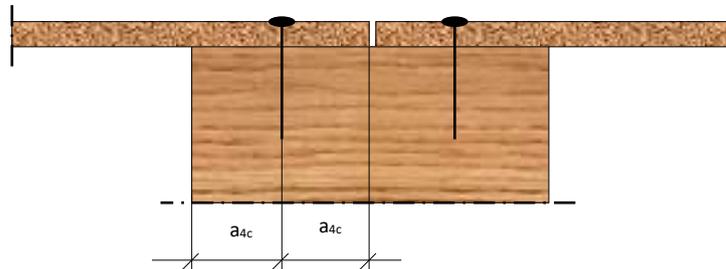


Figure 11. Distance entre la rive et la pointe

Pour notre exemple, l'épaisseur minimale de l'ossature (tableau 1) sera donc de  $5 d \times 4 + 4$  mm de jeu entre les panneaux, soit :  $5 \times (2,1 \times 4) + 4 = 46$  mm.

### Pour en savoir plus

La maison à ossature bois par les schémas - Manuel de construction visuel – Yves BENOIT - Editions Eyrolles - 400 pages, parution le 03/09/2020 (2<sup>ème</sup> édition)