

TOITURES COMPACTES & TOITURES COMPACTES CHAUDES

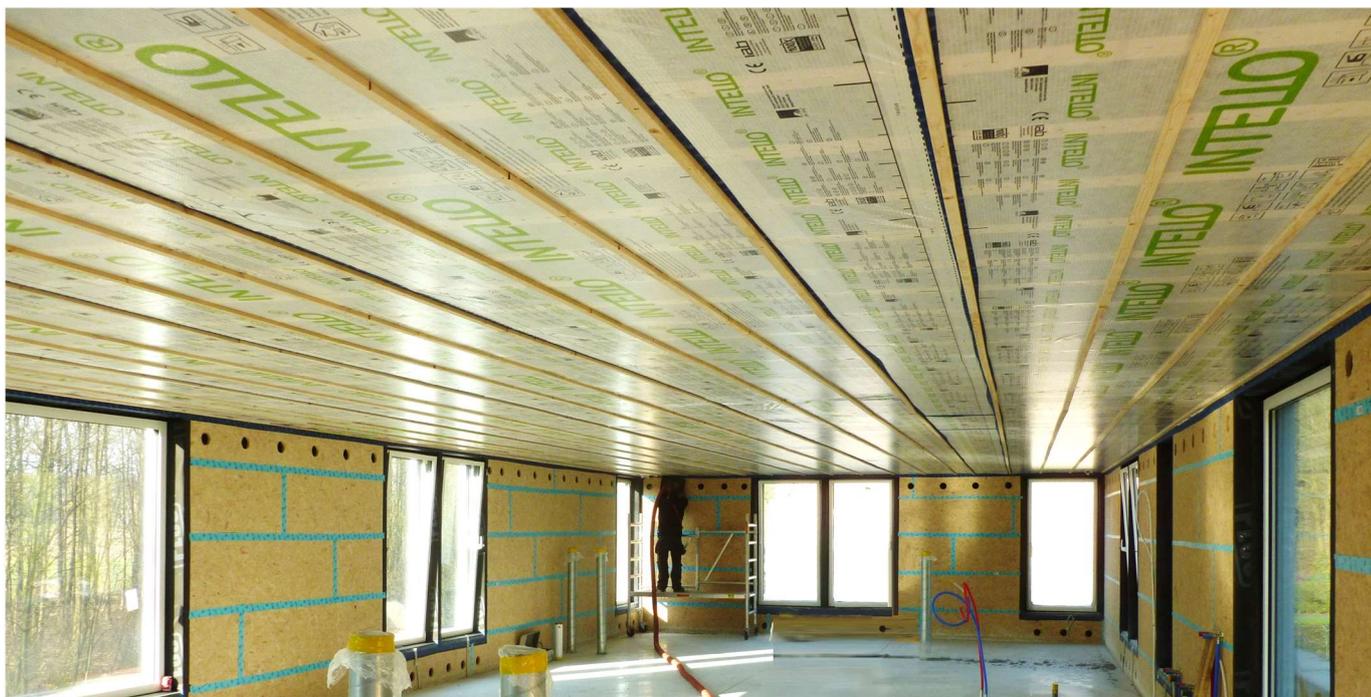
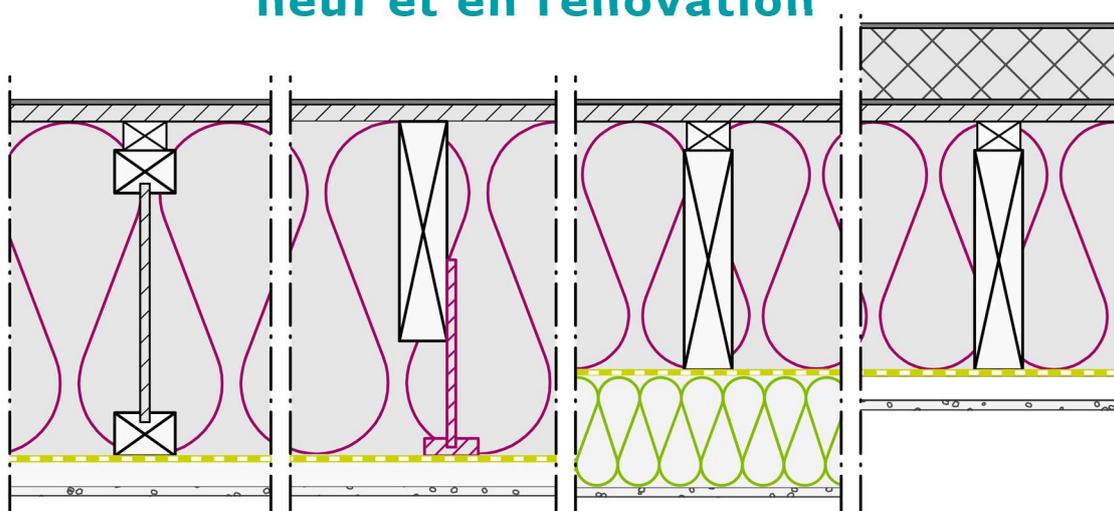


photo: chantier entreprise Bat-à-clan

Solutions efficaces, économiques, éprouvées et durables pour l'isolation des toitures plates en neuf et en rénovation



ISOPROC cvba/srl
Boterstraat 23a
2811 Hombeek (Mechelen)
België/Belgique

BTW/TVA BE 0474 142 631
RPR Brussel/Bruxelles
IBAN BE66 0016 4827 6843
BIC GEBA BE BB

T. +32 15 62 39 35
info@isoproc.be
www.isoproc.be

Préambule

Les membranes souples d'étanchéité à l'eau qui recouvrent les toitures plates sont toujours très résistantes à la diffusion de la vapeur d'eau (valeur μ d comprise entre 15m et plusieurs centaines de mètres). Par conséquent, l'humidité contenue dans une toiture plate peut difficilement s'échapper vers l'extérieur. Dans une toiture à versants au contraire, sélectionner une sous-toiture ouverte à la diffusion de vapeur d'eau permet ce séchage vers l'extérieur.

Lors de la construction d'une toiture plate, il convient donc d'apporter un soin particulier à la gestion de la quantité de vapeur d'eau qui est inévitablement contenue dans le complexe de toiture, compte tenu de la diffusion de vapeur, de la convection, de l'humidité présente pendant la construction, etc.

On distingue traditionnellement 3 types de toitures plates :

- la **toiture chaude**, est de loin le type le plus courant en Belgique ; on place l'isolant thermique au-dessus d'un pare-vapeur posé sur le plancher de toiture, et on le recouvre par l'étanchéité à l'eau,
- la **toiture inversée** ; on place l'isolation au-dessus de l'étanchéité à l'eau,
- la **toiture froide** ; on place l'isolation en-dessous du platelage, avec une lame d'air ventilée entre l'isolation et le platelage. Ce type est déconseillé au vu des risques de dégâts au bâtiment.

Le présent texte traite d'un **quatrième type** de construction de toiture plate : la **toiture compacte** et la variante **la toiture compacte chaude**¹. Ce type de construction ne peut être appliqué qu'aux toitures avec une structure portante en bois avec des solives.

¹ Depuis la parution fin 2022 de la NIT 280 du CSTC-Buildwise, pour éviter toute confusion, le terme « toiture duo » est remplacé par celui de « toiture compacte chaude » dans nos publications.

Table des matières

La toiture compacte.....	4
■ Principe de fonctionnement	4
■ Avantages et inconvénients de la toiture compacte	6
■ Quelques avantages	6
■ Quelques points d'attention.....	7
■ Règles à respecter lors de la construction d'une toiture compacte	7
■ Directives pour l'amélioration de la sécurité hygrométrique.....	8
La toiture compacte chaude	11
■ Principe de fonctionnement	11
■ Tableau avec l'isolation à prévoir au-dessus du platelage	12
■ Explications sur le tableau.....	13
■ Exemples de réalisation	14
Détails de raccord	16
■ Mur creux avec toiture compacte débordante	16
■ Ossature bois (type plateforme) et toiture compacte	17
■ Ossature bois (type balloon) et toiture compacte chaude	18
■ Application de la toiture compacte chaude en rénovation	18

LA TOITURE COMPACTE

■ PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Dans une toiture compacte le frein-vapeur est placé en continu sous la structure portante en bois, et l'espace entre le platelage, la structure et le frein-vapeur est intégralement rempli avec de l'isolant.

Le platelage est habituellement constitué de panneaux de construction (OSB, multiplex, fibre-ciment), mais pourrait aussi être constitué d'un voligeage.

Notons bien ici la différence fondamentale par rapport à une toiture froide : il n'y a aucune lame d'air, ventilée ou non, entre le plancher de toiture et l'isolant. Le but est d'éviter des courants de convection entre le platelage et l'isolant, et à travers l'isolant même.

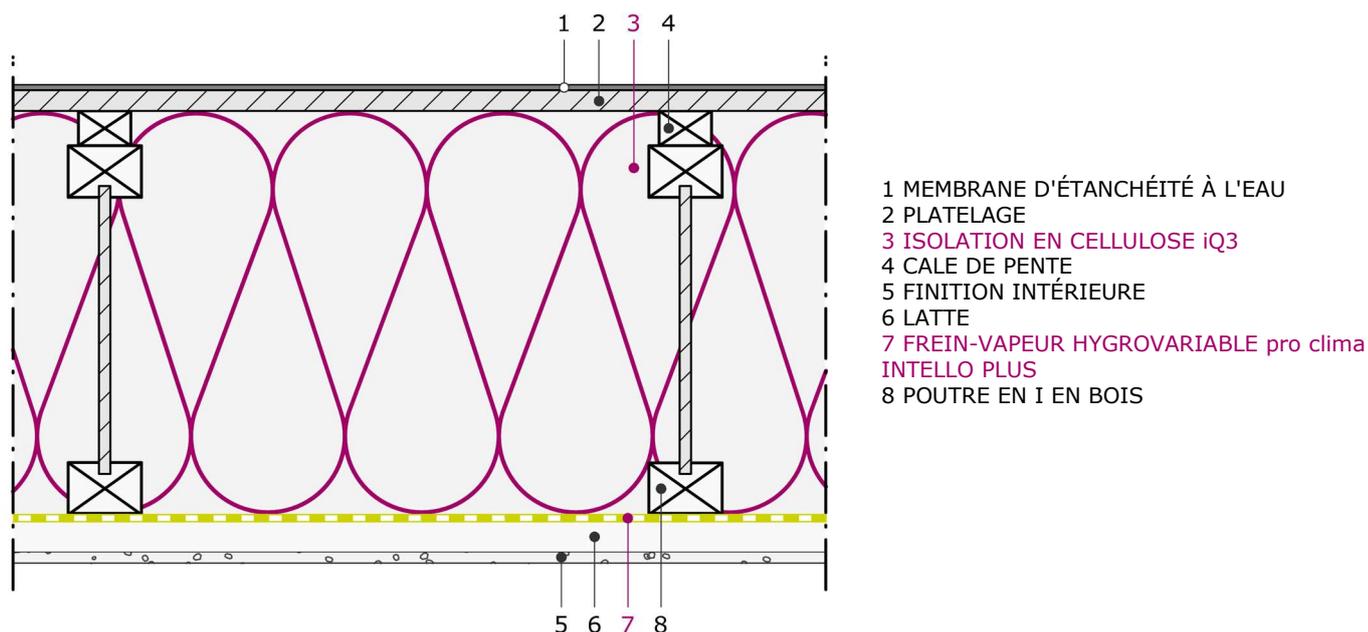


Figure 1: exemple de toiture compacte, ici avec des poutres en I.

Pour comprendre comment ce type de toiture réagit à l'humidité, on analyse d'une part la situation pendant l'hiver, et d'autre part la situation pendant l'été.

En hiver il fait généralement plus froid à l'extérieur qu'à l'intérieur. Cela implique une migration d'humidité depuis le côté chaud vers le côté froid de la toiture. Cette humidité s'accumule dans le platelage, dans la partie supérieure de la structure portante en bois, et éventuellement dans la partie supérieure de l'isolant s'il est hygroscopique. Cette migration d'humidité fait baisser la pression de vapeur d'eau juste au-dessus du frein-vapeur.

En-dessous du frein-vapeur la pression de vapeur d'eau est plus élevée car il y fait relativement chaud, avec plus d'humidité dans l'air. La différence de pression en-dessous et au-dessus du frein-vapeur induit une diffusion de vapeur à travers le frein-vapeur, du local vers la toiture, ce qui fait augmenter la quantité totale d'humidité dans la toiture pendant l'hiver.

D'autres sources d'humidité, comme p.ex. de la convection d'air à travers des fuites dans le frein-vapeur, absolument non souhaitables, peuvent impliquer que le taux d'humidité dans la toiture augmente encore davantage en hiver.

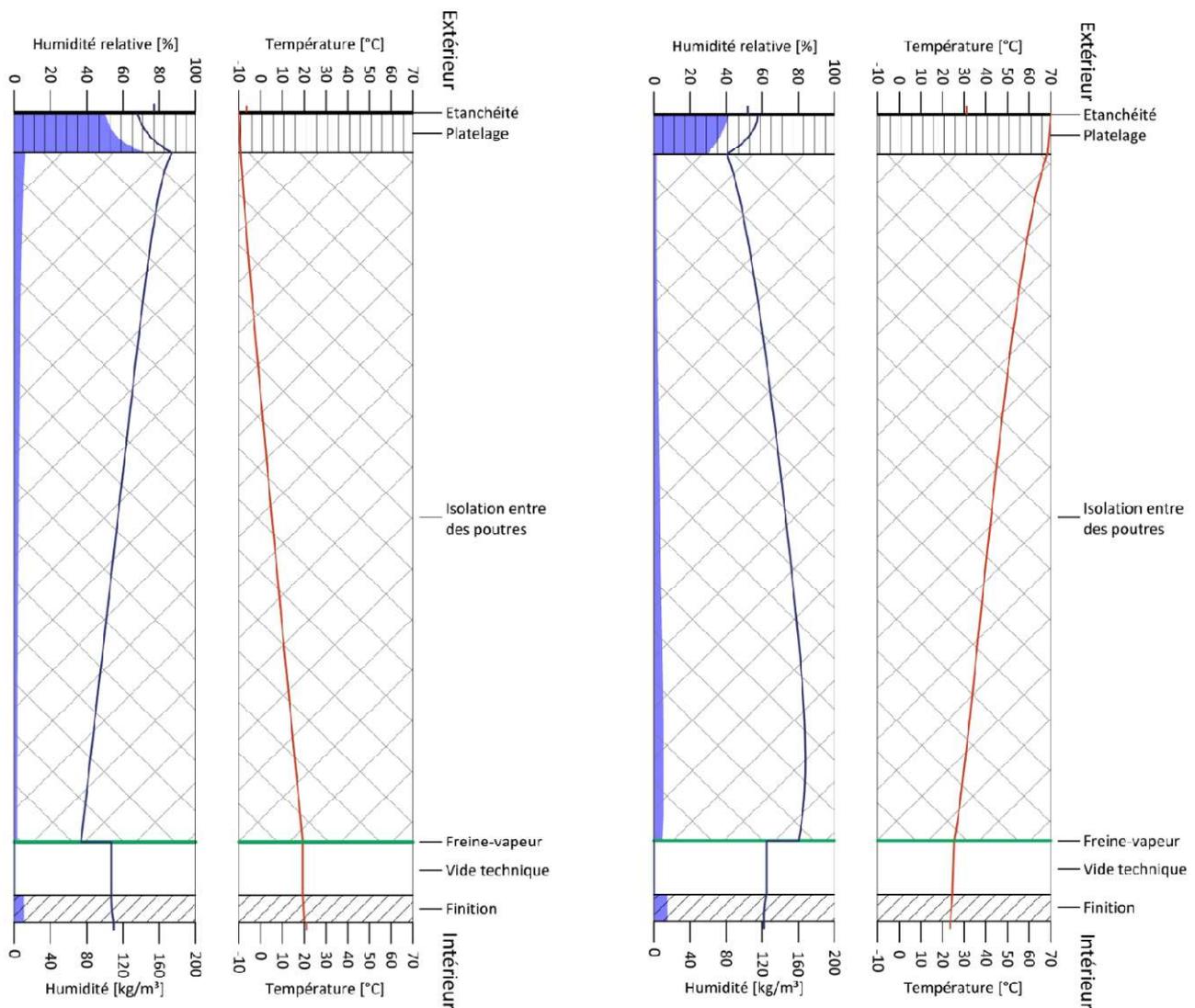


Figure 2: situation typique d'hiver durant la nuit (partie gauche) et typique pour un jour en été (partie droite) dans une toiture compacte. Ligne rouge = température ; ligne bleue = humidité relative ; surfaces bleues = taux d'humidité local.

En été, le rayonnement solaire peut provoquer une (très) forte augmentation de la température de la surface du toit. L'humidité stockée pendant l'hiver dans la zone supérieure de la toiture est en grande partie libérée, provoquant une forte augmentation locale de la pression de vapeur et une migration d'humidité vers le côté intérieur de l'isolation.

Juste au-dessus du frein-vapeur, la pression de vapeur d'eau devient alors plus grande qu'en-dessous du frein-vapeur. La diffusion de vapeur à travers le frein-vapeur a lieu à présent du haut vers le bas, et la toiture sèche.

Si le taux d'humidité local reste assez bas, et si l'humidité dans la toiture n'augmente pas année après année (l'assèchement estival de la toiture égale donc au moins l'humidification hivernale), il n'y aura pas de dégâts dus à une condensation interne.

En général, ce résultat est plus facile à atteindre si on utilise un frein-vapeur **hygrovariable** tel que le [pro clima INTELLO \(PLUS\)](#), une membrane dont l'étanchéité à la diffusion de vapeur augmente quand l'humidité relative diminue.

En hiver, l'humidité relative de l'air dans l'environnement direct de la membrane est normalement plus faible² qu'en été. L'effet freinant à la vapeur de la membrane sera par conséquent plus important qu'en été³. Résultat : en remplaçant le pare-vapeur traditionnel par le frein-vapeur hygrovariable [pro clima INTELLO \(PLUS\)](#), l'humidification en hiver reste restreinte, tandis que l'assèchement en été est fortement facilité.

■ AVANTAGES DE LA TOITURE COMPACTE ET POINTS D'ATTENTION

La toiture compacte présente des avantages et des inconvénients par rapport à d'autres types de toitures, spécifiquement la toiture chaude.

■ QUELQUES AVANTAGES

■ COÛT AVANTAGEUX

- La toiture compacte est souvent de loin la solution la plus économique, surtout en cas de rénovation (il n'est pas nécessaire de rehausser les acrotères etc., les évacuations d'eau peuvent être maintenues, ...) et pour de petites surfaces (arrière-bâtiment en ville, toit mansardé, etc.).
- Vu que l'isolant est placé dans l'épaisseur de la structure, même avec des épaisseurs d'isolant importantes, on obtient des toitures moins épaisses.
- L'isolant à placer entre les gîtes ne doit pas être résistant à la compression, et est donc généralement moins cher qu'un isolant à placer sur le platelage. En outre, on utilise dans les toitures compactes souvent des isolants insufflés comme la [cellulose iQ3](#), ce qui permet de combiner un placement rapide et sans déchets avec un remplissage sans vides ou fentes, même dans le cas de compartiments avec une forme complexe, par exemple en appliquant des cales de pente sur les poutres ou des profils épaississants tels que le [iQ3-profil](#) sous les poutres.

■ SÛR ET SEC

- La mise en œuvre (pose et fixation) de l'étanchéité à l'eau est plus facile sur une surface continue et dure comme un plancher de toit, que sur un isolant.
- Contrairement aux toitures chaudes, l'isolant est placé par l'intérieur après réalisation complète de l'étanchéité à l'eau de la toiture. Aucun risque d'humidification lié aux intempéries.
- Malheureusement, il arrive fréquemment que la couverture extérieure du toit depuis le début n'est pas 100% imperméable à l'eau, ou qu'après la pose se produisent de petites fuites par lesquelles de l'eau pénètre sporadiquement. Avec les toitures chaudes, les petites fuites n'apparaissent pas, parce que le pare-vapeur sous l'isolation agit souvent comme une deuxième couche d'étanchéité à l'eau. Et quand elles apparaissent quand-même, il n'est souvent pas évident de les localiser. La structure sous-jacente n'est sans doute pas dégradée, mais l'isolation est (peut-être dès le début) humide⁴.

² Réchauffer l'air extérieur froid et sec entraîne une diminution de l'humidité relative dans les habitations en hiver (donc en-dessous du frein-vapeur). Simultanément la vapeur d'eau au-dessus de la membrane migre vers les couches extérieures de la toiture.

³ Dans des conditions laboratoires l'effet freinant à la vapeur du [pro clima INTELLO \(PLUS\)](#) varie d'un facteur 100. Dans des conditions réelles la valeur μ_d varie entre $\pm 0,25m$ en été et $\pm 10m$ en hiver.

⁴ Étant donné que la possibilité de séchage par diffusion de l'eau qui serait située dans des toitures chaudes entre la peau extérieur du toit et le pare-vapeur côté intérieur est très limitée, compte tenu de la forte étanchéité à la diffusion de ces couches, la NIT 229 de Buildwise (p. 58) suggère

Dans le cas d'une toiture compacte au contraire, en cas de défauts lors de la pose de l'étanchéité de la toiture qui engendreraient des infiltrations, ceux-ci peuvent être détectés, localisés et donc réparés avant la pose de l'isolant et du frein-vapeur. Dans le cas d'une infiltration d'eau faible exceptionnelle par après, le toit peut encore sécher vers l'intérieur, ce qui est pratiquement impossible avec une toiture chaude.

■ ÉTANCHE À L'AIR

- Étant donné que la couche d'étanchéité à l'air de la toiture (le frein-vapeur) se trouve en-dessous de la structure du toit, il est aisé de la relier soigneusement à la couche étanche à l'air du côté intérieur des murs. A l'inverse, une toiture chaude impose en général de poser des membranes d'attente pendant les travaux de gros-œuvre⁵. En cas de rénovation celles-ci font défaut, ce qui occasionne souvent des flux d'air extérieur circulant entre les gîtes, donc du côté chaud de l'isolant.
- Le placement correct du frein vapeur peut être testé en plaçant le bâtiment en dépression (par exemple avec un appareil [BlowerDoor](#)) et les fuites peuvent être réparées. Dans le cas d'une toiture chaude, avec le pare-vapeur sur le plancher du toit, c'est beaucoup moins évident.

■ ÉCOLOGIQUE

À comparer : l'analyse en détail avec TOTEM de la prestation écologique d'une toiture compacte avec comme isolant de la ouate de [cellulose iQ3](#) et un frein-vapeur hygrovariable [pro clima INTELLO \(PLUS\)](#) à base de polyoléfines, vis-à-vis d'une toiture chaude avec un isolant synthétique ou un isolant à haute densité à base de fibres de roche placé sur un pare-vapeur. La [cellulose iQ3](#) a été le premier produit à disposer d'une Déclaration de la Performance Environnementale Belge (EPD-B).

■ QUELQUES POINTS D'ATTENTION

- En ce qui concerne la régulation hygrométrique du toit, il existe un certain nombre de règles à respecter, aussi à long terme, lorsqu'on choisit une toiture compacte (voir ci-dessous). Le toit compact n'est donc pas universellement applicable.
- Comme le frein-vapeur n'est pas posé sur une surface plane comme dans le cas d'une toiture chaude, le placement demande plus d'attention.
- Du fait que l'isolation se trouve entre les poutres, ces dernières forment des ponts thermiques (relativement limités). Cet effet peut être considérablement réduit en appliquant une structure portante croisée (avec, par exemple, des cales de pente transversales) ou en isolant p.ex. avec des [panneaux flexibles à base de fibres de bois NATIVO FLEX](#) le vide technique de p. ex. 60mm, réalisé avec un lattis placé transversalement. Cette dernière technique réduit également le risque de dommages au frein-vapeur inférieur. (Voir ci-dessous Directives pour l'amélioration de la sécurité hygrométrique)

■ RÈGLES À RESPECTER LORS DE LA CONSTRUCTION D'UNE TOITURE COMPACTE

Afin de s'assurer que le potentiel d'assèchement du toit compact soit suffisamment grand, et que par ailleurs l'humidification reste limitée, il faut suivre les règles suivantes.

qu'un point d'évacuation soit prévu dans chaque compartiment d'isolant pour les toitures vertes. Nous le recommandons vivement pour tous les types de toitures chaudes.

⁵ Voir NIT 280 de Buildwise, §4.2.1.5.

1. La toiture doit être totalement ensoleillée. Les toitures qui, pendant l'été, sont ensoleillées au moins 4 heures par jour, incluant (suivant l'heure d'été) la période de 13 à 15h, sont assimilées à des toitures ensoleillées.
2. Utiliser une couche d'étanchéité à l'eau forcée avec un coefficient d'absorption α_{short} de minimum 80% pour un rayonnement à courtes ondes.
3. Prévoir une pente de toit de minimum 2% après une éventuelle déformation de la couche supérieure, afin d'éviter la stagnation d'eau sur la membrane. L'inclinaison ne peut toutefois pas dépasser 40° vers le Nord, l'Est ou l'Ouest.
4. Le taux d'humidité du bois ou de dérivés de bois utilisés dans la toiture ne peut excéder 18%. Organiser le planning et la coordination des travaux pour éviter les reprises d'humidité dues aux intempéries.
5. Veiller à ce que l'espace entre le platelage, le frein-vapeur et les poutres soit complètement rempli d'isolant pour éviter une convection d'air indésirable. Utiliser toujours un isolant ouvert à la vapeur, avec une densité jusqu'à 62kg/m³, et limiter la hauteur à 450mm.
6. Utiliser le frein-vapeur hygrovariable [pro clima INTELLO \(PLUS\)](#). Cette membrane ne peut fonctionner correctement que si les finitions sont ouvertes à la vapeur ($\mu d \leq 0,5m$). Par exemple des plaques de plâtre parachevées avec une peinture ouverte à la vapeur, ou bien des planchettes minces en bois massif. L'utilisation de panneaux de bois aggloméré, multiplex et d'OSB est fortement déconseillée à cause de leur forte étanchéité à la vapeur, même s'ils n'ont qu'une épaisseur de 8mm.
7. Éviter la convection d'air de l'intérieur du bâtiment vers la toiture, en plaçant soigneusement la membrane [pro clima INTELLO \(PLUS\)](#), et en la reliant correctement avec la couche étanche à l'air de la face intérieure des murs. La qualité du placement doit être contrôlée au moyen d'un test d'infiltrométrie (p.ex. test [BlowerDoor](#)) qui permet de détecter d'éventuelles fuites dans la couche d'étanchéité à l'air. Ces fuites doivent être corrigées.
8. Le climat intérieur ne peut pas être plus humide qu'un climat intérieur de classe 3⁶.

■ DIRECTIVES POUR L'AMÉLIORATION DE LA SÉCURITÉ HYGROMÉTRIQUE

En plus des obligations précédentes, quelques directives (donc pas des règles, mais des conseils) permettent d'améliorer encore la sécurité hygrométrique.

1. Essayer de maintenir la valeur μd de la membrane d'étanchéité à la pluie aussi basse que possible. Des membranes d'étanchéité d'une valeur μd de moins de 20m sont actuellement disponibles. Par contre il est désavantageux d'utiliser une étanchéité d'une valeur μd relativement basse en cas de toiture verte (voir toiture compacte chaude) car il peut y avoir un transport d'humidité par diffusion inversée de l'environnement extérieur vers le toit.
2. Choix de l'isolant.
 - 2.1 Utiliser une isolation à insuffler plutôt qu'une isolation en matelas pour être certain que l'espace entre le plancher de toit, frein-vapeur et poutres portantes (avec souvent des cales de pente) est entièrement rempli. Ceci est presque une nécessité en cas d'application de poutres en I.
 - 2.2 Un avantage de l'insufflation de la [ouate de cellulose iQ3](#) est que celle-ci augmente l'étanchéité à l'air interne des compartiments : un défaut dans l'étanchéité à l'air du frein-vapeur ou sur les côtés verticaux des compartiments entrainera moins de convection que dans le cas d'application d'isolants moins étanches.

⁶ Voir NIT 280 de Buildwise pour une définition des classes de climat intérieur.

3. Prévoir un bon planning et une bonne coordination des travaux. Essayer éventuellement de travailler avec des éléments préfabriqués (y compris étanchéité du toit).
4. En hiver, il est important dans le cas de l'utilisation d'une isolation sous forme de matelas de poser le frein-vapeur immédiatement après le placement de l'isolation pour limiter l'accumulation d'humidité dans le plancher de toiture.
5. Essayer de limiter les sections des bois, surtout dans la partie inférieure du toit, p. ex. en utilisant des poutres en I ou les profilés en T [iQ3-profil ES](#)⁷.

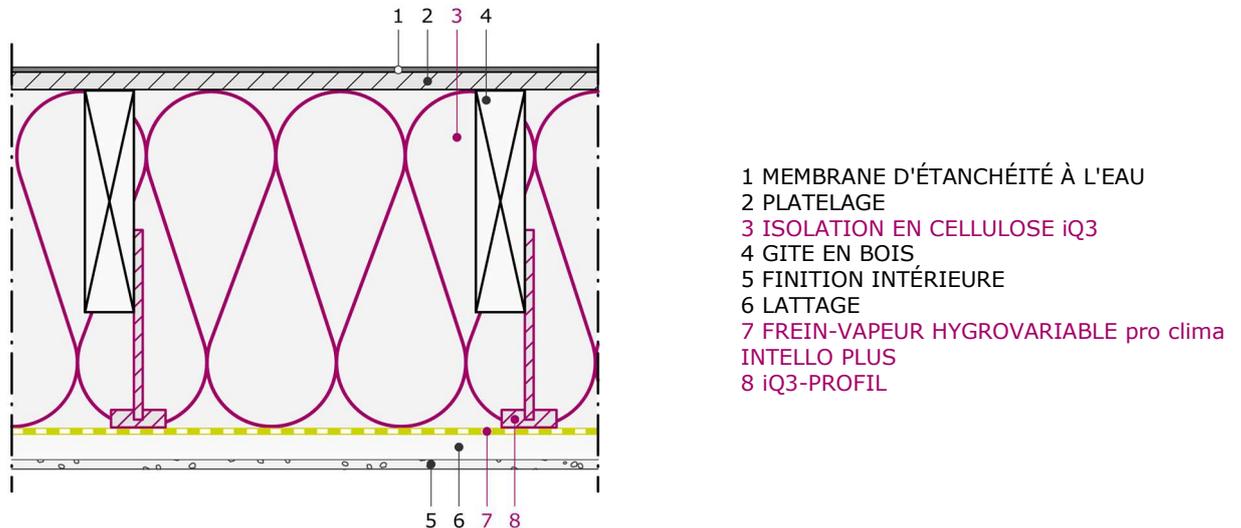


Figure 3 : toiture compacte avec profilés en T iQ3-profil.

6. Limiter l'épaisseur de l'isolant entre le platelage et le frein-vapeur.
 - 6.1 Placer éventuellement une partie de l'isolant en-dessous du frein-vapeur. Le toit séchera plus facilement si on limite la masse hygrométrique au-dessus du frein-vapeur. De plus, l'utilisation de l'interdépendance à la température du frein-vapeur est plus profitable et il y a moins de risques de perforation du frein-vapeur. Pour le climat intérieur de la classe 2, on peut utiliser jusqu'à 1/3 de la valeur d'isolation totale en-dessous du frein-vapeur. Dans le cas de climat intérieur de la classe 3, il faut limiter la valeur d'isolation sous le frein-vapeur à 1/4 de la valeur R totale.

⁷ iQ3-profil ES se compose d'une gamme de profilés T inversés légers qui permettent d'épaissir et de niveler le toit vers le bas. Par exemple, ils peuvent être utilisés pour les toits plats où la pente du toit n'est pas réalisée à l'aide de cales de pente placées au-dessus des poutres, mais en plaçant les poutres elles-mêmes directement sous la pente désirée et puis de niveler le plafond en plaçant des profilés iQ3-profil d'une façon inversée contre les poutres.

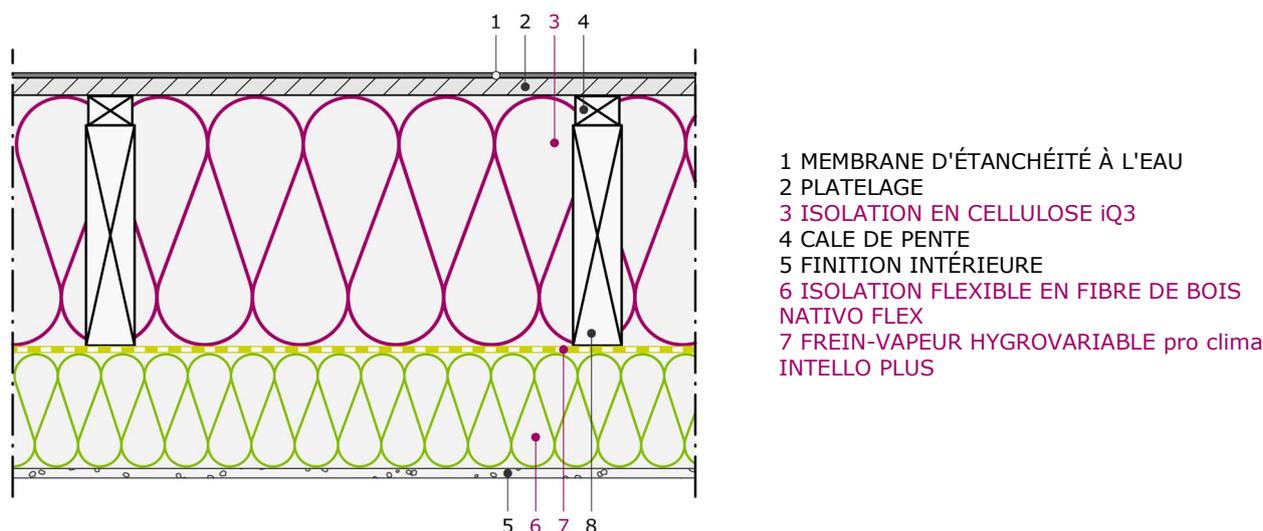


Figure 4 : toiture compacte avec isolation supplémentaire dans la gaine technique.

6.2 Placer éventuellement une partie de l'isolation sur le plancher de toiture, ce qui résulte dans ce qu'on appelle une TOITURE COMPACTE CHAUDE (voir plus loin) : la combinaison d'une toiture compacte avec une toiture chaude⁸. L'effet obtenu sur la sécurité hygrométrique de la toiture n'est cependant pas toujours positif. Bien que d'une part, le plancher de toiture sera moins froid durant les mois d'hiver et accumulera donc moins d'humidité, d'autre part, la toiture sèchera moins bien durant les périodes chaudes à cause de cette couche isolante supplémentaire.

- A. Pour les toitures ensoleillées avec une couche d'étanchéité sombre, ce second effet négatif pèsera plus lourdement que le premier effet positif cité lorsqu'il s'agit d'une couche isolante supplémentaire ajoutée à la toiture. Toutefois, s'il s'agit d'une partie de l'isolation déplacée de l'espace entre les poutres du toit vers le plancher de toiture (dont les poutres sont rabaissées afin que l'espace entre le plancher de toiture et [pro clima INTELLO \(PLUS\)](#) soit complètement rempli avec l'isolation), on obtient souvent un effet positif net. Lorsque l'on pose une partie de l'isolation au-dessus du plancher de toiture, cette couche isolante doit avoir une valeur R d'au moins 1/5 de la valeur R de l'isolation entre plancher de toiture et freine-vapeur.
- B. Entre le plancher de toiture et la couche isolante supplémentaire, il faut placer un pare-vapeur d'une valeur $\mu_d \geq 100m$. Ce pare-vapeur doit être relié hermétiquement à la couche d'étanchéité selon les règles de la NIT 280, § 6.3.4.

7. Assurer la continuité de l'étanchéité à l'air entre le frein-vapeur hygrovariable [pro clima INTELLO \(PLUS\)](#) et la couche d'étanchéité extérieure (ou, dans le cas d'une TOITURE COMPACTE CHAUDE, entre le frein-vapeur hygrovariable et le pare-vapeur) pour limiter encore plus le risque de convection d'air. Ceci exige généralement l'utilisation de membranes d'attente ou d'un produit étanche à l'air liquide tel que le [pro clima AEROSANA VISCONN \(FIBRE\)](#). De cette façon, le risque de convection d'air à travers des dommages dans le frein-vapeur est considérablement réduit, parce que l'air qui s'infiltrerait depuis l'intérieur dans la structure du toit ne peut pas s'échapper vers l'extérieur. D'ailleurs, selon la NIT 280, cette connexion est obligatoire pour les toits plats chauds avec platelage en bois.

⁸ Une autre possibilité est d'ajouter de l'isolant dans la structure porteuse d'une toiture chaude existante, en respectant les règles décrites pour la toiture compacte chaude.

LA TOITURE COMPACTE CHAUDE (combinaison d'une toiture chaude et d'une toiture compacte)⁹

■ PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Dans le cas des toitures qui sont (partiellement) ombragées, ou équipées de couches supplémentaires comme une terrasse ou une toiture verte, l'ensoleillement estival est atténué, et l'assèchement de la toiture est limité, ce qui réduit la sécurité d'une toiture compacte.

En ajoutant sur le platelage un pare-vapeur (avec valeur $\mu_d \geq 100m$) et une couche d'isolation supplémentaire, on obtient une **toiture compacte chaude**, qui peut être une construction sûre.

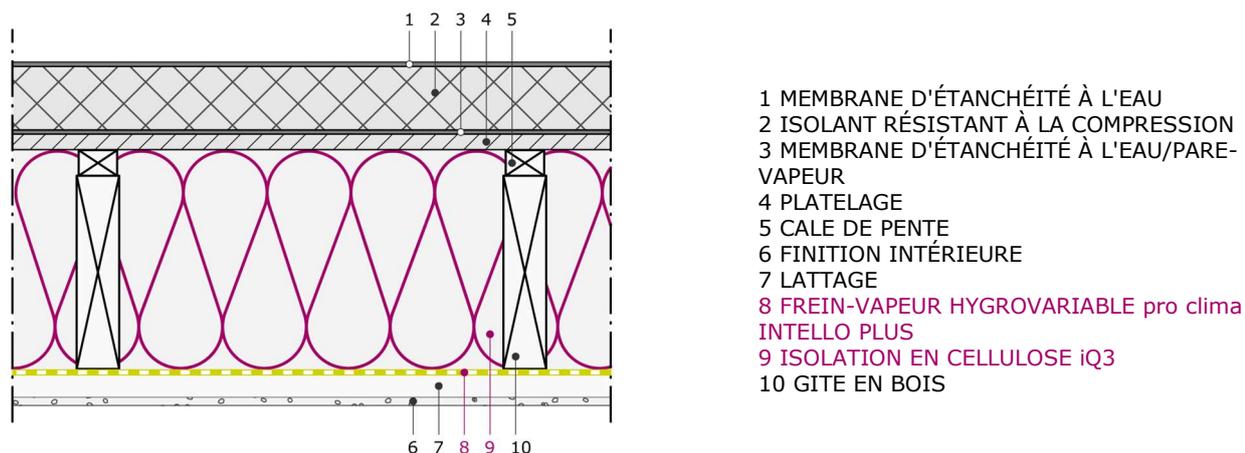


Figure 5 : la toiture compacte chaude.

La couche isolante supplémentaire permet que le platelage absorbe moins d'humidité pendant l'hiver et donc réduit l'exigence de séchage estival. La résistance thermique de l'isolant supplémentaire dépend de plusieurs facteurs comme le climat intérieur, la situation extérieure, l'épaisseur d'isolant sous le platelage, etc. Le tableau ci-dessous reprend les épaisseurs d'isolation supplémentaire nécessaires dans les cas courants, exprimées en

- valeur R minimale, en $(m^2 \cdot K)/W$
- épaisseur minimale en mm, dans le cas d'un matériau isolant avec une valeur λ de $0,025W/(m \cdot K)$
- épaisseur minimale en mm, dans le cas d'un matériau isolant avec une valeur λ de $0,040W/(m \cdot K)$.

Il est important que la valeur R minimale de la couche d'isolation supplémentaire au-dessus du platelage soit maintenue à long terme : l'isolant doit être suffisamment résistant à la compression et doit rester sec. Comme l'eau qui pourrait être présente dans cette zone (par exemple, l'humidité présente dans l'isolant pendant la phase de construction avant la mise en œuvre de la membrane d'étanchéité à l'eau, ou bien de l'eau d'infiltration) peut difficilement s'échapper par diffusion (elle est emprisonnée entre 2 pare-vapeurs), nous recommandons de prévoir la possibilité de drainer cette eau gravitationnellement. Nous recommandons donc

- de placer le plancher de toit en pente,
- d'utiliser un isolant hydrophobe non capillaire,
- dans le cas de surfaces importantes : de compartimenter l'isolation,
- de prévoir un point de vidange dans chaque compartiment (tel que recommandé dans la NIT 229 – toits verts – de Buildwise, p. 58).

⁹ Depuis la parution fin 2022 de la NIT 280 de Buildwise, pour éviter toute confusion, le terme « toiture duo » est remplacé par celui de « toiture compacte chaude » dans nos publications.

■ TABLEAU AVEC L'ISOLATION À PRÉVOIR AU-DESSUS DU PLATELAGE⁽⁴⁾

		épaisseur maximale d'isolant entre platelage et frein-vapeur ⁽¹⁾								
		200mm			300mm			400mm		
		isolation à prévoir au-dessus du platelage								
		Valeur R	$\lambda = 0,025$ W/(m.K)	$\lambda = 0,040$ W/(m.K)	valeur R	$\lambda = 0,025$ W/(m.K)	$\lambda = 0,040$ W/(m.K)	valeur R	$\lambda = 0,025$ W/(m.K)	$\lambda = 0,040$ W/(m.K)
situation à l'extérieur	matière du platelage	au-dessus d'espaces secs ⁽²⁾								
		[m ² .K/W]	[mm]	[mm]	[m ² .K/W]	[mm]	[mm]	[m ² .K/W]	[mm]	[mm]
terrasse	OSB	1,2	30	50	2,0	50	80	2,8	70	115
	fibrociment	0	0	0	1,0	25	40	2,0	50	80
panneaux solaires	OSB	1,2	30	50	2,0	50	80	2,8	70	115
	fibrociment	0,8	20	35	1,4	35	60	2,0	50	80
toiture verte ⁽⁵⁾	OSB	1,6	40	65	2,8	70	115	4,0	100	160
	fibrociment	0,8	20	35	1,6	40	65	2,6	65	105
couche de ballast ⁽⁶⁾	OSB	2,2	55	90	3,4	85	140	5,0	125	200
	fibrociment	1,6	40	65	2,6	65	105	4,0	100	160
ombrage partiel ⁽⁷⁾	OSB	1,6	40	65	2,4	60	100	3,4	85	140
	fibrociment	1,0	25	40	1,8	45	75	2,6	65	105
ombrage complet ⁽⁸⁾	OSB	2,4	60	100	3,6	90	145	demandez conseil		
	fibrociment	1,8	45	75	3,0	75	120			
membrane d'étanchéité claire ⁽⁹⁾	OSB	2,8	70	115	4,2	105	170	demandez conseil		
	fibrociment	2,0	50	80	3,4	85	140			
		au-dessus de salles de bains ⁽³⁾								
terrasse	OSB	1,8	45	75	3,0	75	120	4,0	100	160
	fibrociment	0,8	20	35	2,0	50	80	3,0	75	120
panneaux solaires	OSB	1,8	45	75	3,0	75	120	4,0	100	160
	fibrociment	1,2	30	40	2,4	60	100	3,2	80	130
toiture verte ⁽⁵⁾	OSB	2,4	60	100	4,0	100	160	5,4	135	220
	fibrociment	1,4	35	60	2,6	65	105	3,8	95	155
couche de ballast ⁽⁶⁾	OSB	3,0	75	120	5,0	120	200	6,4	160	260
	fibrociment	2,2	55	90	3,6	90	145	5,2	130	210
ombrage partiel ⁽⁷⁾	OSB	2,4	60	100	3,6	90	145	5,0	125	200
	fibrociment	1,6	40	65	2,6	65	105	3,6	90	145
ombrage complet ⁽⁸⁾	OSB	3,2	80	130	5,0	125	200	demandez conseil		
	fibrociment	2,6	65	105	4,0	100	160			
membrane d'étanchéité claire ⁽⁹⁾	OSB	3,6	90	145	5,4	135	220	demandez conseil		
	fibrociment	2,8	70	115	4,6	115	185			

■ EXPLICATIONS SUR LE TABLEAU

- (1) **épaisseur maximale d'isolant entre platelage et frein-vapeur** :
 - le tableau est établi pour les toits dont le matériau d'isolation sous le platelage a une densité maximale de 62kg/m^3 ;
 - pour déterminer l'épaisseur maximale d'isolant, nous tenons compte d'un supplément de 20 mm pour les isolants soufflés, pour prendre en compte le bombement du frein-vapeur dû à la pression exercée par l'isolant.
- (2) **Espaces secs** : séjour, chambre à coucher, cuisine, bureau, local de classe, local de conférence, chambre de soins, etc. où on suppose que le taux d'humidité ne dépassera pas le taux prévu en cas d'utilisation normale de ces espaces.
- (3) **Salle de bains** : la salle de bain est habituellement l'espace le plus humide d'une habitation. Il est supposé que le climat intérieur ne soit pas plus humide que dans 80% des salles de bains belges.
- (4) **L'isolant sur le platelage** doit être non hygroscopique et convenir pour les toitures chaudes.
- (5) Le tableau est uniquement valable pour les **toitures vertes** extensives avec un substrat de 10cm d'épaisseur maximum.
- (6) La **couche de ballast** a une épaisseur maximale de 8cm et un coefficient d'absorption α_{short} de minimum 50% pour un rayonnement à courtes ondes.
- (7) Par **toiture partiellement ensoleillée** il faut entendre que des parties de la toiture sont éventuellement ombragées pendant une partie de la journée, mais que l'entièreté de la surface de la toiture est au moins ensoleillée quelques heures par jour. Les toitures qui, pendant l'été, sont ensoleillées au moins 4 heures par jour, incluant la période de 13 à 15h, sont assimilées à des toitures ensoleillées.
- (8) Les toitures dont certaines parties sont ombragées pendant l'entièreté de la journée sont considérées comme subissant un **ombrage complet**.
- (9) Une **membrane d'étanchéité blanche** a un coefficient d'absorption α_{short} d'environ 20% pour un rayonnement à courtes ondes.

■ EXEMPLES DE RÉALISATION



Figure 6: crèche Gabrielle Petit, arch. R2D2, Laeken, 2000.



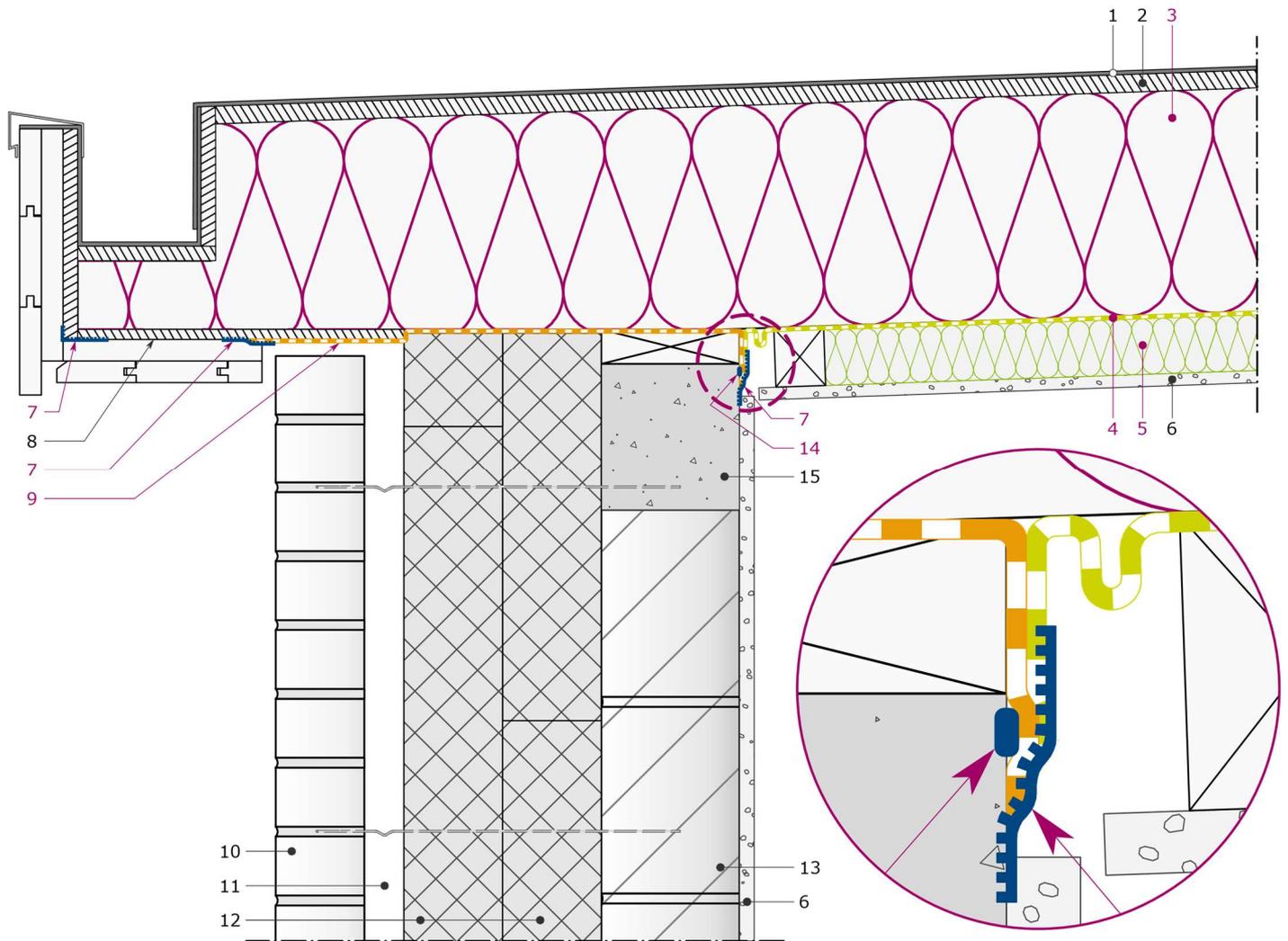
Figure 7: crèche, toit plat et cintré, arch. Traits, Genval, 2006



Figure 8: bureaux CIT Blaton, premier bâtiment tertiaire passif en Belgique, arch. A2M, Brussel, 2006

DÉTAILS DE RACCORD

■ MUR CREUX AVEC TOITURE COMPACTE DÉBORDANTE



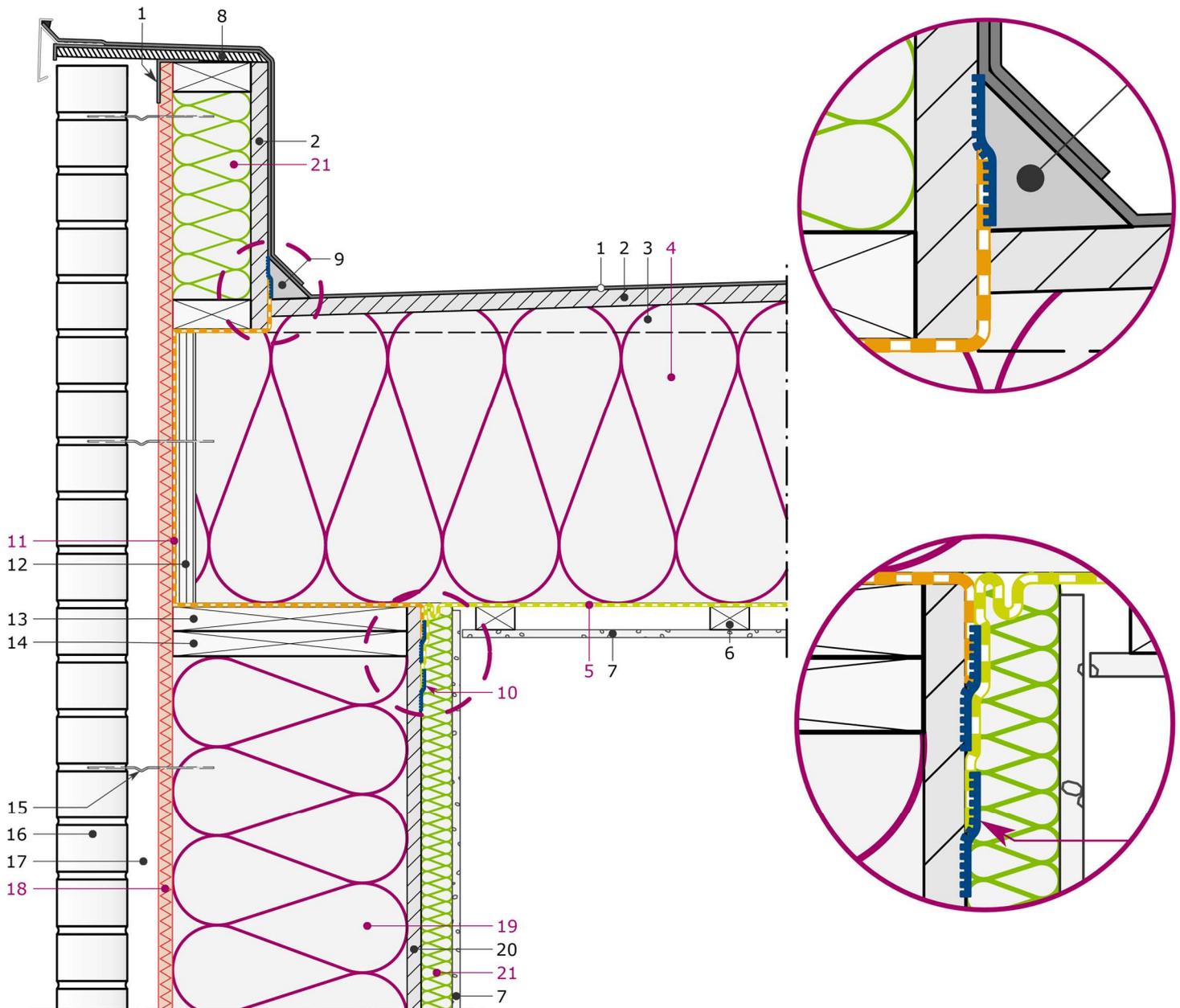
- 1 MEMBRANE D'ÉTANCHÉITÉ À L'EAU
- 2 PLATELAGE
- 3 ISOLATION EN CELLULOSE IQ3
- 4 FREIN-VAPEUR HYGROVARIABLE pro clima INTELLO PLUS
- 5 ISOLATION SEMI-RIGIDE NATIVO FLEX
- 6 FINITION INTÉRIEURE
- 7 RUBAN ADHÉSIF ÉTANCHE À L'AIR pro clima TESCON VANA
- 8 PANNEAU DE CONSTRUCTION 10MM

- 9 MEMBRANE PARE-PLUIE ÉTANCHE À L'AIR ET FREIN-VAPEUR P.EX. pro clima INTELLO X
- 10 PAREMENT EXTÉRIEUR
- 11 COULISSE VENTILÉE
- 12 ISOLANT RIGIDE
- 13 MAÇONNERIE STRUCTURELLE
- 14 COLLE pro clima ORCON
- 15 CEINTURE DE BÉTON

Figure 9: toiture compacte débordant un mur de parement.

■ OSSATURE BOIS (TYPE PLATEFORME) ET TOITURE COMPACTE

Dans ce mode constructif, la toiture est placée sur le mur extérieur. Puis l'acrotère est ajouté.



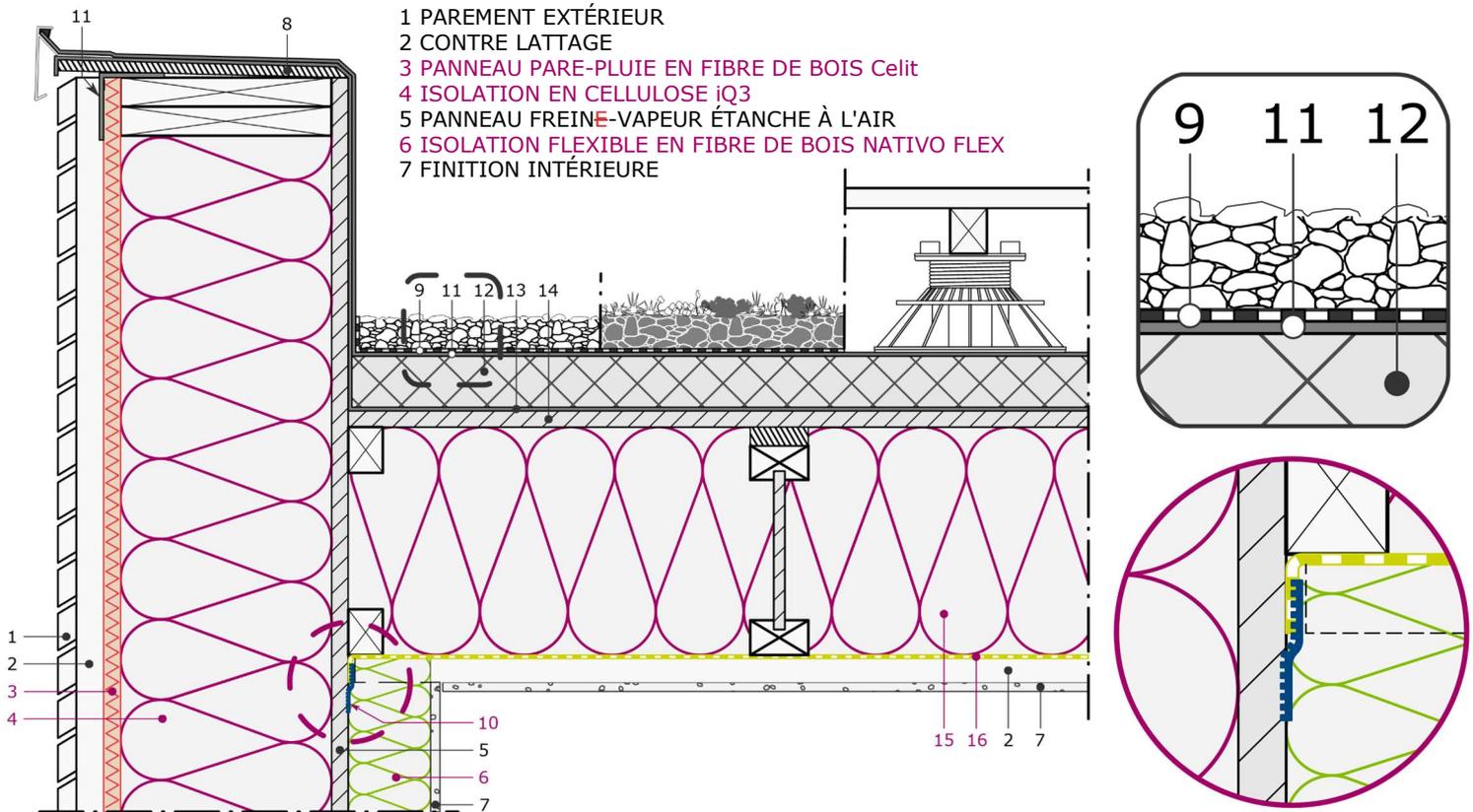
- 1 MEMBRANE D'ÉTANCHÉITÉ À L'EAU
- 2 PLATELAGE
- 3 CALES DE PENTE
- 4 ISOLATION EN CELLULOSE IQ3
- 5 FREIN-VAPEUR HYGROVARIABLE pro clima INTELLO PLUS
- 6 CONTRE LATTAGE
- 7 FINITION INTÉRIEURE
- 8 PANNEAU RÉSISTANT À L'HUMIDITÉ
- 9 LATTE D'ANGLE
- 10 RUBAN ADHÉSIF ÉTANCHE À L'AIR pro clima TESCON VANA

- 11 MEMBRANE PARE-PLUIE ÉTANCHE À L'AIR OUVERTE À LA DIFFUSION DE VAPEUR P.EX. pro clima SOLITEX MENTO PLUS
- 12 POUTRE DE CEINTURE
- 13 POUTRE DE LIAISON
- 14 LISSE HAUTE
- 15 ATTACHE MÉTALLIQUE
- 16 BRIQUE DE PAREMENT
- 17 COULISSE VENTILÉE
- 18 PANNEAU PARE-PLUIE EN FIBRE DE BOIS Celit
- 19 ISOLATION EN CELLULOSE IQ3
- 20 PANNEAU FREIN-VAPEUR ÉTANCHE À L'AIR
- 21 ISOLATION SEMI-RIGIDE NATIVO FLEX

Figure 10: toiture compacte montée sur les parois ossature bois.

■ OSSATURE BOIS (TYPE BALLOON) ET TOITURE COMPACTE CHAUDE

Dans ce mode constructif, la toiture est placée entre les murs extérieurs.



- 1 PAREMENT EXTÉRIEUR
- 2 CONTRE LATTAGE
- 3 PANNEAU PARE-PLUIE EN FIBRE DE BOIS Celit
- 4 ISOLATION EN CELLULOSE iQ3
- 5 PANNEAU FREINE-VAPEUR ÉTANCHE À L'AIR
- 6 ISOLATION FLEXIBLE EN FIBRE DE BOIS NATIVO FLEX
- 7 FINITION INTÉRIEURE

8 PANNEAU RÉSIDANT À L'HUMIDITÉ

9 GÉOTEXTILE

10 RUBAN ADHÉSIF ÉTANCHE À L'AIR pro clima TESCON VANA

11 MEMBRANE D'ÉTANCHEITÉ À L'EAU

12 ISOLANT RÉSIDANT À LA COMPRESSION

13 MEMBRANE D'ÉTANCHEITÉ À L'EAU/PARE-VAPEUR

14 PLATELAGE

15 ISOLATION EN CELLULOSE iQ3

16 FREIN-VAPEUR HYGROVARIABLE pro clima INTELLO PLUS

Figure 11: toiture compacte chaude insérée entre parois ossature bois.

■ APPLICATION DE LA TOITURE COMPACTE CHAUDE EN RÉNOVATION

Dans le cas où il y a déjà une toiture chaude en bon état, il est possible de compléter l'isolation existante avec la [cellulose iQ3](#) (fig. 12).

Les travaux suivants doivent être réalisés :

- étanchéification de la maçonnerie autour des appuis des poutres, au moyen d'une couche liquide d'étanchéité à l'air [pro clima AEROSANA VISCONN](#) (fig. 13)
- placement d'une membrane frein-vapeur [pro clima INTELLO PLUS](#), raccordée de façon étanche en périphérie
- placement des contrelattes
- insufflation de [cellulose iQ3](#) entre le gîtes.

On peut également, en option, isoler le mur en maçonnerie.

- 1 FINITION INTÉRIEURE
- 2 CONTRE LATTAGE
- 3 FREIN-VAPEUR HYGROVARIABLE pro clima INTELLO PLUS
- 4 ISOLATION EN CELLULOSE iQ3
- 5 (ANCIEN) PLATELAGE
- 6 (ANCIENNE) MEMBRANE D'ÉTANCHÉITÉ À L'EAU
- 7 ISOLANT RÉSISTANT À LA COMPRESSION
- 8 MEMBRANE D'ÉTANCHÉITÉ À L'EAU
- 9 RUBAN ADHÉSIF ÉTANCHE À L'AIR pro clima TESCON VANA
- 10 COUCHE LIQUIDE ÉTANCHE À L'AIR AEROSANA VISCONN (FIBRE)
- 11 MAÇONNERIE STRUCTURELLE
- 12 OUATE DE CELLULOSE iQ3
- 13 ISOLATION FLEXIBLE EN FIBRE DE BOIS NATIVO FLEX

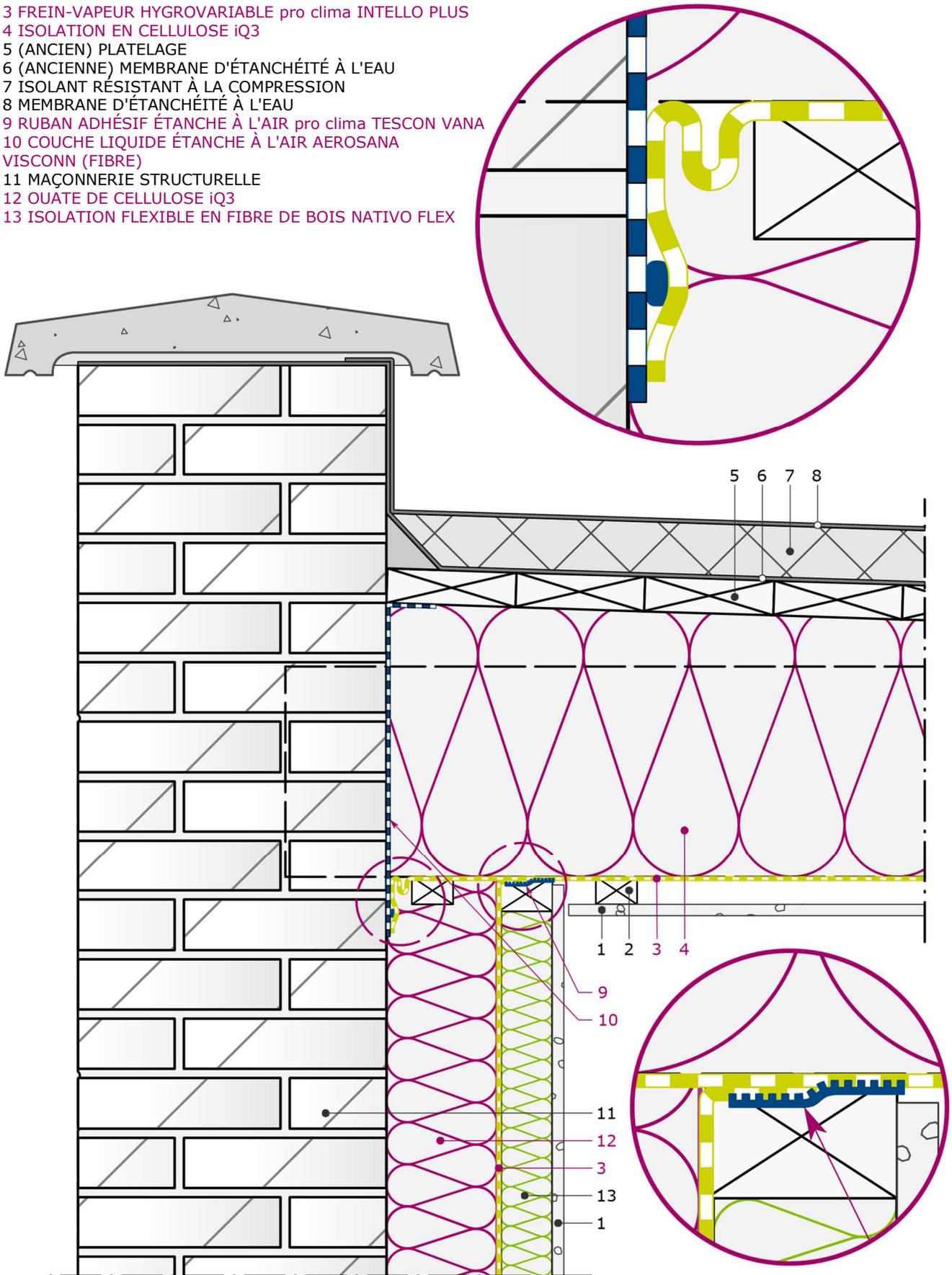


Figure 12: toiture compacte chaude en rénovation, combinée à une isolation intérieure



Figure 13 : étanchéification autour et entre les gîtes avec pro clima AEROSANA VISCONN (FIBRE)

DEMANDEZ CONSEIL

Si la composition de votre toiture n'est pas décrite par le tableau ou si vous avez une question complémentaire, vous pouvez nous contacter au +32 15 62 19 35 ou sur technical@isoproc.be. Si nécessaire ISOPROC peut réaliser une simulation hygrothermique de la composition de votre toiture plate.

RESPONSABILITÉ

Les informations reprises dans ce document sont basées sur l'état de connaissance actuel. ISOPROC et le fabricant de pro clima se réservent le droit de modifier les règles prescrites ici sans annonce préalable. Seule la dernière version peut être considérée comme valable. Nous vous remercions d'avance pour vos remarques et suggestions permettant d'améliorer ce document. ISOPROC garantit la justesse des avis donnés sur les constructions pour autant que

- les prescriptions relatives aux constructions concernées soient respectées
- la mise en œuvre soit réalisée sans défauts
- et avec les produits techniquement appropriés de la gamme ISOPROC.

ISOPROC est couvert par une assurance couvrant sa responsabilité en cas de dommages à la construction consécutifs à un avis erroné. Depuis sa fondation en 2001 ISOPROC n'a jamais dû recourir à cette assurance.

Ni ISOPROC ni pro clima ne peuvent être tenus responsables de dégâts occasionnés par des avis donnés par des tiers.