



# Qualiconsult®

Direction Technique Construction

## RAPPORT D'ENQUETE DE TECHNIQUE NOUVELLE CONCERNANT L'APTITUDE A L'EMPLOI DU PROCEDE **KNAUF THERM RENOVTOIT BA**

**REFERENCES:** 50 712 019 008

**NOM DU PROCEDE:** Knauf Therm Renovtoit BA

**DESTINATION :** Procédé d'isolation support d'étanchéité, en rénovation de couverture sèche en plaques métalliques nervurées ou ondulées ou en panneau sandwich métallique.

**DEMANDEUR :** **KNAUF**  
**Zone d'activités**  
**68600 WOLFGANTZEN**

**NOMBRE DE PAGES :** 12 + Cahier des clauses techniques Knauf Therm Renovtoit BA : Procédé d'isolation support d'étanchéité, en rénovation de couverture sèche en plaques métalliques nervurées ou ondulées ou en panneau sandwich métallique, Edition n° 8 du 28 octobre 2019 (19 pages).

Vélizy, le 6 novembre 2019

**REDACTEUR :**  
**Carole LE BLOAS**  
Directrice Technique Construction

[www.groupe-qualiconsult.fr](http://www.groupe-qualiconsult.fr)

Direction Technique Construction : Vélizy Plus - Bât E - 1 bis rue du Petit Clamart 78941 VELIZY CEDEX  
Tél : 01 40 83 75 75 – email : [dtc.qc@qualiconsult.fr](mailto:dtc.qc@qualiconsult.fr)

## SOMMAIRE

<b>1 - OBJET .....</b>	<b>3</b>
<b>2 - DESCRIPTION DU PROCEDE.....</b>	<b>4</b>
<b>3 - DOMAINE D'EMPLOI ACCEPTE.....</b>	<b>5</b>
3.1 Destination .....	5
3.2 Territorialité .....	5
3.3 Emploi en climat de plaine et de montagne .....	5
3.4 Stabilité vis-à-vis de l'exposition au vent et à la neige .....	5
3.4.1 Fixation dans la couverture existante .....	6
3.4.2 Revêtement d'étanchéité.....	6
3.4.3 Protection par végétalisation .....	6
3.5 Sécurité en cas de séisme .....	6
3.6 Sécurité au feu .....	7
3.7 Hygrométrie des locaux et risque de condensation.....	7
3.8 Accessibilité de la toiture .....	7
3.9 Supports admis .....	7
3.10 Rattachement au référentiel technique .....	8
3.10.1 Le Cahier des Clauses Techniques Knauf Therm Renovtoit BA .....	8
3.10.2 Documents de preuve associés au CCT Knauf Therm Renovtoit BA .....	8
<b>4 - MATERIAUX .....</b>	<b>9</b>
<b>5 - FABRICATION ET CONTROLES .....</b>	<b>9</b>
<b>6 - REFERENCES .....</b>	<b>9</b>
<b>7 - RECOMMANDATIONS ET PRESCRIPTIONS.....</b>	<b>10</b>
7.1 Mise en œuvre .....	10
7.2 Entretien et réparation.....	10
7.3 Etudes et assistance technique .....	11
<b>8 - CONCLUSION.....</b>	<b>11</b>
<b>9 - AVIS DE QUALICONSULT .....</b>	<b>12</b>

## **1 - OBJET**

La société Knauf a sollicité auprès de la Direction Technique Construction de QUALICONSULT une enquête d'aptitude à l'emploi (ETN) du procédé Knauf Therm Renovtoit BA.

Le présent rapport d'ETN, ainsi que le Cahier des clauses techniques Knauf Therm Renovtoit BA : procédé d'isolation support d'étanchéité, en rénovation de couverture sèche en plaques métalliques nervurées ou ondulées ou en panneau sandwich métallique, Edition n° 8 du 4 avril 2019 (24 pages), annulent et remplacent les documents suivants :

- Cahier des clauses techniques Knauf Therm Renovtoit BA : procédé d'isolation support d'étanchéité, en rénovation de couverture sèche en plaques métalliques nervurées ou ondulées ou en panneau sandwich métallique, Edition n° 7 du 23 octobre 2015 (18 pages).
- Rapport d'enquête de technique nouvelle QUALICONSULT n°50712015015 du 26 octobre 2015.

La nouvelle version du CCT apporte les modifications suivantes :

- Changement de la référence commerciale Knauf Therm TTI Th36 par Knauf Therm TTI Se bénéficiant du DTA n°5.2/18-2607\_V1.
- Procédé Knauf Termotoit bénéficiant d'une nouvelle version de DTA n°5.2/18-2622\_V1.
- Procédé Fesco-Knauf Therm bénéficiant d'une nouvelle version de DTA n°5.2/18-2621\_V1.

La mission de QUALICONSULT est strictement limitée à un avis concernant la solidité, l'étanchéité et la durabilité du procédé en tant qu'ouvrage de toiture.

### Exclusions :

La prestation de QUALICONSULT ne vise pas les performances acoustique, thermique, étanchéité à l'air, sécurité incendie, risque sismique et esthétique. Il appartient aux utilisateurs de ce procédé de s'assurer, dans chaque cas spécifique, de cette conformité, en fonction de la destination des locaux et édifices concernés.

Cette mission est concrétisée par la signature d'une convention d'enquête de technique nouvelle/Avis sur Procédé n°00071681800062 en date du 01/10/2018.

Elle constitue une Enquête de Technique Nouvelle de type " Avis de principe sur Procédé " portant sur une technique non courante dont les conditions sont définies par la convention précitée.

Le présent rapport n°50 712 019 008 établi le par QUALICONSULT DTC rend compte de l'enquête effectuée. Il précise la position adoptée par QUALICONSULT DTC au travers d'un avis de principe et indique que celui-ci doit être suivi d'un avis circonstancié émis par le contrôleur technique de l'opération de construction. Cet avis circonstancié concerne les ouvrages réalisés avec le procédé Knauf Therm Renovtoit BA dans le cadre de la loi 78-12 du 4 janvier 1978, selon les dispositions de la norme NF P 03-100 relative aux « Critères généraux pour la contribution du contrôleur technique à la prévention des aléas techniques dans le domaine de la construction » et peut être émis après étude particulière.

## **2 - DESCRIPTION DU PROCÉDE**

Le procédé Knauf Therm Renovtoit BA permet de réaliser la rénovation d'une couverture sèche existante constituée de :

- Plaques ondulées métalliques en acier revêtu selon DTU 40.32 ;
- Plaques nervurées issues de tôles d'acier revêtues selon DTU 40.35, de pente  $\geq 5\%$  pour les plaques à longueur de rampant ou pente  $\geq 7\%$  pour les plaques avec recouvrements transversaux ;
- Plaques nervurées d'aluminium prélaqué ou non selon DTU 40.36, de pente  $\geq 5\%$  pour les plaques à longueur de rampant ou pente  $\geq 7\%$  pour les plaques avec recouvrements transversaux ;
- Panneaux sandwiches à parements métalliques conformes à leur DTA.

Le complexe de rénovation comporte :

- La couverture existante décrite ci-dessus ;
- Le Knauf Therm Renovtoit BA comprenant 4 complexes possibles :
  - Knauf Therm Renovtoit BA 1 : 1 lit de panneaux Knauf Therm TTI Se d'épaisseur de 60 à 400 mm découpé au profil de la couverture existante support. L'épaisseur totale maximale du complexe est de 400 mm.
  - Knauf Therm Renovtoit BA 2 : languettes de remplissage des nervures en Knauf Therm TTI Se d'épaisseur minimale de 30 mm + 1 lit de panneau Knauf Therm TTI Se ou 1 lit de panneau Knauf Therm TTI Penté Se d'épaisseur de 30 à 370 mm. L'épaisseur totale maximale du complexe est de 400 mm.
  - Fesco-Knauf Therm Renovtoit BA : languettes de remplissage des nervures en perlite expansée Fesco C d'épaisseur minimale de 30 mm + 1 lit de panneau intermédiaire en perlite expansé à bords droit de Fesco C avec une épaisseur de 30 à 60 mm ou à bords feuillurés de Fesco C DO avec une épaisseur de 40, 50 ou 60 mm + 1 lit de panneau Knauf Therm TTI Se ou 1 lit de panneau Knauf Therm TTI Penté Se d'épaisseur de 30 à 300 mm. L'épaisseur totale maximale du complexe est de 360 mm.
  - Knauf Termotoit Renovtoit BA : languettes de remplissage des nervures en laine de roche d'épaisseur minimale de 40 mm + 1 lit de panneau intermédiaire en laine de roche de classe B ou C à bords droits d'épaisseur de 40 à 100 mm défini dans un DTA en cours de validité pour l'emploi envisagé ou en laine de roche à bords feuillurés sur les 4 côtés DDP RT LJ d'épaisseur minimale de 60 mm + 1 lit de de panneau Knauf Therm TTI Se ou 1 lit de panneau Knauf Therm TTI Penté Se d'épaisseur de 60 à 300 mm. L'épaisseur totale maximale du complexe est de 360 mm.

Les dispositions des DTA Knauf Therm TTI, Knauf Termotoit et Fesco-Knauf Therm référencés au chapitre 1 ci-avant sont applicables. Les panneaux isolants sont toujours fixés mécaniquement dans l'élément porteur formant la couverture à rénover. Les panneaux Knauf Therm TTI Se ont une dimension 1200 x 1000 mm.

- Un revêtement d'étanchéité bénéficiant d'un DTA visant l'emploi sur panneaux isolants en PSE posé sur élément porteur en TAN selon DTU 43.3. Le revêtement d'étanchéité est mis en œuvre en semi-indépendance soit par fixation mécanique, soit par auto-adhésivité selon les dispositions de son DTA. Un écran de séparation chimique peut être nécessaire, selon DTA du revêtement, afin de séparer le panneau PSE et le revêtement d'étanchéité.

La toiture ainsi réalisée constitue une toiture chaude.

#### **REMARQUES**

1. La mise en place d'autres types de complexes que ceux décrits ci-dessus n'est pas visée.
2. Le procédé ne doit jamais être mis en œuvre sur les plaques translucides éclairantes.
3. Les panneaux Knauf Therm TTI Se peuvent être à bords droits ou feuillurés en fonction du positionnement des joints entre panneaux par rapport aux nervures de la couverture sèche. Les différents cas sont indiqués à la figure 2 pour Knauf Therm Renvoit BA1 et à la figure 4 pour Knauf Therm Renvoit BA2. Pour ces deux cas, le tableau 2 indique les épaisseurs minimales à respecter.
4. Les panneaux Knauf Therm TTI Penté Se, découpés en usine dans les panneaux plans Knauf Therm TTI Se pour former une pente allant de 1 à 3 %, peuvent être utilisés dans les conditions des DTA de ces panneaux plans.

### **3 - DOMAINE D'EMPLOI ACCEPTE**

#### **3.1 Destination**

La présente ETN vise le procédé Knauf Therm Renvoit BA au-dessus des bâtiments industriels ou agricoles, des établissements recevant du public ou des installations classées pour la protection de l'environnement du point de vue de la solidité de l'ouvrage.

#### **3.2 Territorialité**

L'ETN est valable pour les chantiers installés sur le territoire de France Métropolitaine.

##### Cas des régions ultrapériphériques (DROM)

L'usage dans les climats tropicaux et équatoriaux (DROM) n'est pas visé.

#### **3.3 Emploi en climat de plaine et de montagne**

L'ETN est valable en climat de plaine (altitude  $\leq 900$  m). L'emploi en climat de montagne n'est pas admis.

#### **3.4 Stabilité vis-à-vis de l'exposition au vent et à la neige**

On retiendra comme limite d'emploi vis-à-vis des effets du vent, la plus faible valeur de dépression sous vent extrême obtenue dans les cas indiqués aux § 3.4.1, 3.4.2 et 3.4.3.

### *3.4.1 Fixation dans la couverture existante*

Pour les couvertures en plaques nervurées issues de tôles d'acier revêtues, la limite d'exposition au vent ne peut pas dépasser celle du DTU 40.35.

Pour les couvertures en panneaux sandwichs et en tôles nervurées aluminium, la limite d'exposition vis-à-vis des efforts dus au vent extrême est fixée à :

- la zone 3, en site normal pour un bâtiment fermé d'une hauteur inférieure à 10 m, lorsque la couverture existante est un panneau sandwich avec l'utilisation de l'attelage de fixation IFP2 - 6,7 + plaquettes IRP 82\*40 de la société SFS servant à fixer mécaniquement une membrane d'étanchéité synthétique, tel que référencé dans le CCT suite aux retours d'expériences de Knauf.
- la zone 2, en site normal pour un bâtiment fermé d'une hauteur inférieure à 10 m, lorsque la couverture existante est en tôles nervurées aluminium.

Ces limitations sont issues de l'expérience de Knauf.

Pour les couvertures en plaques ondulées métalliques en acier, une étude spécifique sera à prévoir au cas par cas concluant à la stabilité.

### *3.4.2 Revêtement d'étanchéité*

La limite d'emploi vis-à-vis de l'exposition au vent extrême est fixée par le DTA du revêtement d'étanchéité employé.

En cas de pose du revêtement d'étanchéité par semi-indépendance par auto-adhésivité, le DTA du revêtement devra viser la pose sur le panneau Knauf Therm TTI Se fixé mécaniquement spécifiquement. Le panneau Knauf Therm TTI Se sera fixé mécaniquement à l'élément porteur selon DTU 43.3 (la pose collée n'est pas visée). Dans ce cas, le procédé est limité aux toitures établies à une hauteur de 20 m au plus et dans les zones de vent définies par la NF DTU 43.3 P1-1.

### *3.4.3 Protection par végétalisation*

Le DTA du procédé de végétalisation peut imposer une limitation d'emploi vis-à-vis des effets du vent extrême.

## **3.5 Sécurité en cas de séisme**

L'emploi de ce procédé dans une zone de sismicité n'a pas été évalué par la présente ETN.

### **REMARQUE**

5. Il est recommandé de se reporter à la fiche COPREC intitulée « Mission PS et Eléments Non Structuraux (ENS) » qui indique le texte approprié pour ce type de couverture donnant les dispositions constructives à respecter pour répondre à la réglementation sismique.

### **3.6 Sécurité au feu**

L'ETN ne vise pas l'aspect de la sécurité contre les risques d'incendie. Ce point doit faire l'objet d'un avis de la part du contrôleur technique de chaque opération, en fonction de la réglementation applicable à l'ouvrage et des procès verbaux de comportement au feu des produits ou complexes mis en œuvre.

En outre, la compatibilité du complexe de toiture devra être vérifiée en fonction de la réglementation de sécurité contre l'incendie, et notamment avec les exigences réglementaires particulières, si le bâtiment est classé ICPE, qui peuvent ne pas autoriser l'emploi direct des isolants en polystyrène expansé sur un support de toiture en tôle d'acier nervuré.

### **3.7 Hygrométrie des locaux et risque de condensation**

Le procédé est employé sur les locaux à faible ou moyenne hygrométrie au sens du DTU 43.3.

Le procédé ne s'applique pas aux parois de toiture directement en contact avec un local à basse température d'une chambre froide.

La toiture réalisée avec le procédé Knauf Therm Renovtoit BA constitue une toiture chaude. Ainsi, il convient d'apporter un soin particulier à la mise en œuvre du complexe afin de limiter le risque de condensation, et plus particulièrement au droit des points singuliers. Knauf doit apporter son assistance technique afin de limiter ce risque.

Une étude hygrothermique de la toiture doit être réalisée afin de valider la faisabilité de transformation de la couverture selon DTU 40.35, avec présence d'une isolation et éventuellement d'un pare vapeur en sous face, en toiture étanchée selon DTU 43.3.

Cette étude hygrothermique devra notamment indiquer la nécessité de mise en œuvre d'un pare vapeur sur la couverture existante avant la pose des panneaux isolants. Elle pourra aussi conclure à la dépose de l'isolant thermique existant en sous face dans le cas où cette part est trop importante.

### **3.8 Accessibilité de la toiture**

Le procédé est utilisé pour les toitures inaccessibles en apparent, avec chemins de circulation et pour les toitures végétalisées.

Le complexe Knauf Termotoit Renovtoit BA n'est pas admis pour les toitures végétalisées.

### **3.9 Supports admis**

Les couvertures existantes admises sont celles décrites au §1 du CCT Knauf Therm Renovtoit BA.

Une étude de diagnostic préalable, selon DTU 43.5, devra être réalisée et conclure favorablement à la compatibilité avec le procédé Knauf Therm Renovtoit BA (exemples : compatibilité du mode de pose avec le support existant, portance du support, y compris le cas échéant des éléments de charpente, compte tenu des charges supplémentaires à prendre en compte (notamment charges du nouveau complexe, de la végétalisation si prévue), test de tenue des fixations, hauteur des relevés tenant compte de l'épaisseur de l'isolant thermique à mettre en œuvre, risques d'accumulation d'eau, hygrométrie des locaux, etc..).

Afin de vérifier la résistance à l'arrachement de l'attelage de fixation dans la couverture existante, des essais d'arrachement réalisés in situ sont obligatoires et doivent être réalisés selon la méthodologie du cahier CSTB n° 3564 pour les fixations des panneaux isolants et selon le cahier CSTB n° 3563 pour les fixations du revêtement d'étanchéité. La valeur moyenne calculée en fonction des résultats d'essais doit être supérieure ou égale à 90 daN.

La couverture existante devra être vérifiée et conclure à sa bonne stabilité, notamment en référence au DTU de la série 40 concernée ou à l'avis technique du procédé existant. De plus, il n'est pas permis de supprimer des dispositifs liés à sa fixation lors de la mise en œuvre du complexe d'étanchéité.

La compatibilité du revêtement de protection, présent en sous face de la couverture métallique existante, devra être vérifiée en fonction des conditions d'ambiance du local.

### **3.10 Rattachement au référentiel technique**

#### *3.10.1 Le Cahier des Clauses Techniques Knauf Therm Renovtoit BA*

Le procédé Knauf Therm Renovtoit BA fait l'objet d'un Cahier des clauses techniques Knauf Therm Renovtoit BA : procédé d'isolation support d'étanchéité, en rénovation de couverture sèche en plaques métalliques nervurées ou ondulées ou en panneau sandwich métallique, Edition n° 8 du 28 octobre 2019 qui comporte 19 pages de texte, tableaux, figures, rédigé par Knauf.

La page première de couverture porte une estampille QUALICONSULT avec mention de la date du début de validité du rapport d'ETN. Les autres pages sont marquées d'une puce QUALICONSULT indiquant que ce document est visé dans le cadre d'une Enquête de Technique Nouvelle.

Ce document originel peut faire l'objet d'un fac-similé intégral, en version imprimée et/ou numérique destinée à la diffusion, pour autant qu'il soit accompagné du présent rapport.

Ce CCT indique les prescriptions générales, la définition des différents composants du système, leur mise en œuvre ainsi que la fabrication, les contrôles et l'assistance technique.

#### *3.10.2 Documents de preuve associés au CCT Knauf Therm Renovtoit BA*

- DTA n°5.2/18-2607\_V1 Knauf Therm TTI
- DTA n°5.2/18-2622\_V1 Knauf Termotoit
- DTA n°5.2/18-2621\_V1 Fesco-Knauf Therm
- Certificat ACERMI n°03/007/182

#### **4 - MATERIAUX**

Les caractéristiques des différents constituants du procédé sont indiquées au § 2 du CCT Knauf Therm Renovtoit BA.

Les panneaux Knauf Therm TTI Se sont évalués dans le cadre du DTA n°5.2/18-2607\_V1. Les panneaux utilisés pour le procédé Therm Renovtoit BA sont découpés en usine dans les panneaux entiers Knauf Therm TTI Se.

#### **REMARQUES**

1. L'ETN ne vise pas les ouvrages qui sont réalisés avec des produits qui ne sont pas décrits dans le CCT Knauf Therm Renovtoit BA.
2. Nous attirons l'attention sur le fait que notre ETN ne vise pas l'aspect de la sécurité contre les risques d'incendie. Ce point doit faire l'objet d'un avis de la part du contrôleur technique de chaque opération en fonction de la réglementation applicable à l'ouvrage et des procès verbaux de comportement au feu des produits ou complexes mis en œuvre.
3. La présente ETN valide le procédé Knauf Therm Renovtoit BA en association avec des procédés bénéficiant d'un avis technique (ATec), document technique d'application (DTA) ou Appréciation technique d'expérimentation favorable (ATEX) en cours de validé visant le domaine d'emploi prévu pour ce procédé ainsi que son mode de pose. Les procédés évalués par un autre mode d'évaluation ne sont pas envisagés par la présente ETN à l'exception de ceux évalués favorablement dans le cadre d'une enquête de technique nouvelle établie par la DTC QUALICONSULT.

#### **5 - FABRICATION ET CONTROLES**

Les sites de production de la société Knauf où sont fabriqués les panneaux Knauf Therm font l'objet d'une certification ISO 9001 :2015 gage de la mise en œuvre d'un système de contrôle qualité de la fabrication de ces panneaux isolants.

Dans le cadre de la vérification de la conformité du certificat ACERMI, un contrôle annuel est réalisé par le CSTB.

Le contrôle de production en usine est réalisé selon le DTA n°5.2/18-2607\_V1.

#### **6 - REFERENCES**

Le procédé a fait l'objet de plusieurs réalisations ayant donné satisfaction en matière de procédé d'isolation de toiture.

Dans le cadre de notre enquête sur ce procédé, nous avons visité un certain nombre de chantiers dont certains ayant les caractéristiques suivantes :

- Couverture en plaques nervurées d'aluminium rénovée en 2005 avec procédé Knauf Therm Renovtoit BA1 fixé mécaniquement par rivets à expansion et membrane bitumineuse fixée mécaniquement (Var – zone 2 (hauteur < 10 m)).
- Couverture en panneaux sandwiches avec mousse PU rénovée en 2012 avec procédé Knauf Therm Renovtoit BA1 fixé mécaniquement et membrane d'étanchéité synthétique fixée mécaniquement (Alpes-Maritimes – zone 2 (hauteur < 10 m)).
- Couverture en tôle d'acier nervurée rénovée en 2014 (en cours de réalisation) avec procédé Knauf Therm Renovtoit BA1 fixé mécaniquement et membrane d'étanchéité synthétique fixée mécaniquement (Var – zone 2 (hauteur < 10 m))

Nous n'avons pas constaté de désordres apparents.

L'usine fabrique depuis 1996 le procédé Knauf Therm Renovtoit BA. Une liste de références chantiers peut être fournie par la société Knauf.

Depuis 2016, environ 200 000 m<sup>2</sup> de Knauf Therm Renovtoit BA ont été posés sur des couvertures métalliques existantes en France.

## **7 - RECOMMANDATIONS ET PRESCRIPTIONS**

La mise en œuvre du procédé Knauf Therm Renovtoit BA objet du présent rapport doit tenir compte du Cahier des clauses techniques Knauf Therm Renovtoit BA : procédé d'isolation support d'étanchéité, en rénovation de couverture sèche en plaques métalliques nervurées ou ondulées ou en panneau sandwich métallique, Edition n° 8 du 28 octobre 2019 (19 pages).

Une attention particulière doit être accordée au respect des conditions suivantes :

### **7.1 Mise en œuvre**

- La stabilité dimensionnelle des panneaux doit être vérifiée et formalisée dans le registre de contrôle de la qualité des produits finis avant expédition. Une fiche de contrôle du lot concerné peut être fournie selon demande par Knauf.
- Un écran de séparation chimique peut être nécessaire entre les panneaux en polystyrène et le revêtement d'étanchéité. Le DTA du revêtement d'étanchéité précisera sa nécessité et sa nature.
- Afin d'éviter le contact direct de la flamme avec les panneaux isolants, des précautions spécifiques décrites dans le DTA du revêtement d'étanchéité sont à prendre (exemple : mise en place d'un écran thermique).
- Lorsque le revêtement d'étanchéité est posé par fixation mécanique, les lignes de fixations sont placées perpendiculairement aux nervures ou ondes des plaques métalliques supports existantes.
- Vérification de la stabilité des tôles pliées, utilisées comme support de noue, et de leur fixation à la couverture existante afin de tenir compte du phénomène d'accumulation d'eau est à réaliser par chantier.
- L'implantation des évacuations des eaux pluviales devra être réalisée conformément à l'annexe E du DTU 43.3.

### **7.2 Entretien et réparation**

- L'entretien régulier du procédé d'étanchéité doit être assuré conformément au DTU 43.3. Il doit être précisé et défini explicitement par écrit au maître de l'ouvrage.
- En cas de réparation, l'assistance technique de Knauf est requise.

### 7.3 Etudes et assistance technique

- Une étude de calepinage est essentielle pour la découpe à l'usine des panneaux aux formats de la couverture existante. L'assistance technique de Knauf est nécessaire.
- L'ensemble des détails au niveau des points singuliers présents dans le CCT doit être considéré comme un guide qui ne préfigure pas de l'ensemble des problèmes et des solutions à mettre en œuvre, mais un guide de base à adapter au cas par cas.
- La société Knauf est tenue d'apporter une assistance technique aux utilisateurs qui en font la demande en vue de la conception des toitures utilisant ce système ainsi que de leurs justifications.
- Les entreprises de pose doivent employer du personnel agréé ou qualifié et formé par le fabricant à la mise en œuvre du procédé Knauf Therm Renovtoit BA.
- L'ETN ne vise pas l'assistance technique assurée par la société Knauf.

### 8 - CONCLUSION

L'examen du Cahier des clauses techniques Knauf Therm Renovtoit BA : procédé d'isolation support d'étanchéité, en rénovation de couverture sèche en plaques métalliques nervurées ou ondulées ou en panneau sandwich métallique, Edition n° 8 du 28 octobre 2019 (19 pages), les éléments d'information fournis par la société Knauf et la visite d'un certain nombre de réalisations, nous permettent de conclure que la solidité et la durabilité du procédé peuvent être assurées moyennant la prise en compte des éléments explicités dans la présente ETN.

## **9 - AVIS DE QUALICONSULT**

QUALICONSULT émet un avis favorable concernant l'emploi du procédé, objet de la présente enquête, conformément aux prescriptions du Cahier des Clauses Techniques Knauf Therm Renovtoit BA : procédé d'isolation support d'étanchéité, en rénovation de couverture sèche en plaques métalliques nervurées ou ondulées ou en panneau sandwich métallique, Edition n° 8 du 28 octobre 2019 (19 pages), dans les limites arrêtées par le présent rapport.

Cette appréciation est valable jusqu'au 15/03/2020.

En absence d'anomalie signalée par la société KNAUF, elle est tacitement reconductible tous les ans avec une date d'expiration fixée au 15/03/2021.

Cette reconduction annuelle est assujettie à la spécificité suivante : un point annuel sera fait avec la société KNAUF et QUALICONSULT pour échanger sur les différents points listés ci-dessous.

Le présent avis reste valable pour autant :

- qu'un document technique d'application couvrant les domaines d'emploi envisagés par la présente enquête ne soit pas obtenu avant la date du 15/03/2021.
- que le procédé ne soit pas identifié comme générateur de désordres.
- que tout désordre soit porté à la connaissance de QUALICONSULT.
- qu'aucune modification de la réglementation en vigueur ne s'oppose à l'emploi d'un procédé tel que défini dans le Cahier des clauses techniques Knauf Therm Renovtoit BA : procédé d'isolation support d'étanchéité, en rénovation de couverture sèche en plaques métalliques nervurées ou ondulées ou en panneau sandwich métallique, Edition n° 8 du 28 octobre 2019 (19 pages).
- qu'aucune modification ne soit apportée au procédé par rapport au dossier soumis à l'appréciation de QUALICONSULT.

Fin du rapport d'ETN

## TITULAIRE

Société Knauf  
Zone d'Activités  
F 68600 Wolfgantzen  
Support Technique  
tel : 08 09 40 40 68  
e-mail: support.technique@knauf.fr  
www.knauf.fr

## SOMMAIRE

### A. DESCRIPTION

1. Destination - domaine d'emploi	p.2
2. Description	p.3
3. Fabrication et contrôles	p.5
4. Conditionnement	p.6
5. Description de la mise en œuvre	p.6
6. Assistance Technique	p.9
7. Détermination de la performance thermique	p.9
8. Démarche environnementale	p.9

### B. JUSTIFICATIFS

p.9

### C. REFERENCES

p.9

Figures 1 à 9	p.10 à 15
Tableaux 1 à 7	p.16 à 19



## A. DESCRIPTION

### 1. Destination - domaine d'emploi

Procédé d'isolation thermique en panneau de polystyrène expansé disposé en un lit qui peut être associé à des languettes de remplissage en polystyrène expansé ou à un écran thermique protecteur en perlite expansée (fibrée) ou en laine de roche avec languettes de remplissage, support direct de revêtements d'étanchéité de toitures inclinées:

- inaccessibles, sauf pour l'entretien normal,
- en rénovation de couverture sèche de :
  - plaques ondulées métalliques en acier, conformes au DTU P34-201 (DTU 40.32),
  - plaques nervurées issues de tôles d'acier revêtues, conformes à la norme NF P 34-205 (DTU 40.35), de pentes minimales 5% (plaques à longueur de rampant) ou 7% (plaques avec recouvrements transversaux),
  - plaques nervurées d'aluminium prélaqué ou non, conformes à la norme NF P 34-206 (DTU 40.36), de pentes minimales 5% (plaques à longueur de rampant) ou 7% (plaques avec recouvrements transversaux),
  - panneaux sandwichs à parements métalliques, conformes à leur Document Technique d'Application,
- au-dessus des bâtiments industriels ou agricoles, des établissements recevant du public ou des installations classées pour la protection de l'environnement avec interposition d'un écran thermique protecteur si nécessaire (voir tableau 1),
- en France européenne, en zone de sismicité nulle ou non nulle,
- en climat de plaine (altitude inférieure ou égale à 900 m),
- sur des locaux à faible ou moyenne hygrométrie

Les panneaux isolants sont fixés mécaniquement dans l'élément porteur formant la couverture à rénover.

Les revêtements d'étanchéité à base de feuilles bitumineuses ou synthétiques sont apparents ou sont protégés par de la végétalisation<sup>(1)</sup>. Ils sont mis en œuvre par fixation mécanique ou par auto-adhésivité en semi-indépendance, en se reportant au Document Technique d'Application (« D.T.A. » dans la suite du document) ou à une Enquête de Techniques Nouvelles bénéficiant de l'approbation d'un organisme indépendant (« E.T.N. » dans la suite du document).

Les limites au vent extrême du procédé Knauf Therm Renovtoit BA sont les suivantes :

- cas des revêtements d'étanchéité mis en œuvre par fixation mécanique: ces limites doivent être validées par le fabricant du revêtement d'étanchéité, à partir des informations figurant dans le D.T.A. ou l'E.T.N. en vigueur du procédé d'étanchéité et des valeurs d'arrachement de l'attelage de fixations dans la couverture existante.
- cas des revêtements mis en œuvre par auto-adhésivité en semi-indépendance sur les panneaux de polystyrène expansé fixés mécaniquement : le procédé est limité aux toitures établies à une hauteur de 20 m au plus et dans les zones de vent définies par la norme NF P 84-206-1-1 (DTU 43.3).

Dans le cas de revêtements d'étanchéité à base de bitume, l'isolant est protégé de la flamme du chalumeau.

Nota : le procédé permet éventuellement d'augmenter les pentes de la toiture, dans les limites des normes NF-DTU ou des Document Technique d'Applications respectifs.

Exclusion : les plaques de couvertures translucides ne doivent absolument pas être recouvertes par les panneaux isolants ; elles doivent être au préalable remplacées par des plaques de couverture de même nature qu'en partie courante ou par des dispositifs d'éclairage naturel, tels que des lanterneaux.

<sup>(1)</sup> les classes de compressibilité de l'isolant sont définies dans les Règles Professionnelles, D.T.A. ou E.T.N. correspondants

Remarque : le présent Cahier des Clauses Techniques précise, complète ou modifie les différents référentiels cités en fonction des propriétés et des caractéristiques du procédé et de ses composants.



## 2. Description

### 2.1 Désignation commerciale

Le procédé Knauf Therm Renovtoit BA comprend quatre systèmes:

- Knauf Therm Renovtoit BA 1 (voir figures 1 et 2) : panneau découpé dans des panneaux Knauf Therm TTI Se au profil de la couverture support, d'épaisseur 60 à 400 mm
- Knauf Therm Renovtoit BA 2, système de deux panneaux (voir figures 3 et 4):
  - languette de remplissage entre les nervures des plaques de couverture, en Knauf Therm TTI Se d'épaisseur minimale 30 mm
  - panneau supérieur en Knauf Therm TTI Se ou en Knauf Therm TTI Penté Se destiné à augmenter la pente de la toiture, d'épaisseur minimale 30 mm
  - l'épaisseur totale du système est de 400 mm
- Fesco-Knauf Therm Renovtoit BA, système de trois panneaux (voir figure 5):
  - languette de remplissage entre les nervures des plaques de couverture, en perlite expansée (fibrée) Fesco C d'épaisseur minimale 30 mm,
  - panneau intermédiaire en perlite expansée (fibrée) à bords droit, référence Fesco C d'épaisseur 30 à 60 mm, ou à bords feuillurés, référence Fesco C DO d'épaisseur 40, 50 ou 60 mm
  - panneau supérieur en Knauf Therm TTI Se ou en Knauf Therm TTI Penté Se destiné à augmenter la pente de la toiture, d'épaisseur 30 à 300 mm
  - l'épaisseur totale du système est de 360 mm
- Knauf Termotoit Renovtoit BA, système de trois panneaux (voir figure 5):
  - languette de remplissage entre les nervures des plaques de couverture, en laine de roche d'épaisseur minimale 40 mm,
  - panneau intermédiaire en laine de roche à bords droits d'épaisseur 40 à 100 mm ou en laine de roche à bords feuillurés, référence DDP RT LJ
  - panneau supérieur en Knauf Therm TTI Se ou en Knauf Therm TTI Penté Se destiné à augmenter la pente de la toiture, d'épaisseur 60 à 300 mm
  - l'épaisseur totale du système est de 360 mm

### 2.2 Définition des panneaux en polystyrène expansé

Les panneaux et languettes Knauf Therm TTI Se font l'objet d'une déclaration des performances établie par la Société Knauf sur la base de la norme NF EN 13163 ; ils sont certifiés par l'ACERMI et visés par le D.T.A. en vigueur n°5.2/18-2607\_V1 en tant que support de revêtement d'étanchéité.

Les panneaux Knauf Therm Renovtoit BA font l'objet d'une déclaration des performances établie par la Société Knauf sur la base de la norme NF EN 13163 ; ils sont découpés dans des panneaux Knauf Therm TTI Se.

Les panneaux Knauf Therm TTI Penté Se font l'objet d'une déclaration des performances établie par la Société Knauf sur la base de la norme NF EN 13163; ils sont découpés dans des panneaux Knauf Therm TTI Se et présentent les mêmes caractéristiques. Chaque panneau a une épaisseur mini et maxi, définie selon un plan de calepinage de la toiture, de façon à créer une pente en surface du panneau allant de 1 à 3%

#### 2.21 Nature chimique

Polystyrène rigide expansé obtenu en blocs par moulage selon le procédé dit par voie humide discontinue de polystyrène expansible ignifugé. Les blocs sont ensuite stockés, puis découpés en panneaux au fil chaud.

#### 2.22 Spécifications

voir tableau 2, figures 2 et 4



## 2,23 Autres caractéristiques (à titre indicatif)

voir tableau 3

## 2,24 Résistance thermique

Le tableau 4 donne, pour chaque épaisseur, la résistance thermique forfaitaire de l'isolant recouvrant les nervures et entre nervures, à prendre en compte pour le calcul des coefficients de déperdition thermique.

Ces valeurs sont celles du Knauf Therm TTI Se, objet du Certificat ACERMI 03/007/182 en cours de validité en 2019. Il appartiendra à l'utilisateur de se référer au Certificat ACERMI de l'année en cours. A défaut d'un certificat valide, les résistances thermiques de l'isolant seront calculées en prenant la conductivité selon les Règles Th-U.

Sur consultation du Support Technique Knauf, la valeur de résistance thermique utile du procédé Knauf Therm Renovtoit BA peut être calculée par la méthode des réseaux maillés, avec prise en compte de l'isolant entre nervures et de la géométrie du bac : des exemples de résistances thermiques utiles figurent aux tableaux 5,6 et 7.

## 2,3 Définition des panneaux en perlite expansée (fibrée)

2,31 Panneau de perlite expansée (fibrée) à bords droits, référence « Fesco C », objet d'une déclaration des performances sur la base de la norme NF EN 13169 et visé par un D.T.A. en vigueur comme support de revêtement d'étanchéité. Les languettes, découpées dans ces panneaux, sont de longueur maximale 1200 mm.

2,32 Panneau de perlite expansée (fibrée) à bords feuillurés sur les 4 côtés, référence « Fesco C-DO », objet d'une déclaration des performances sur la base de la norme NF EN 13169 et visé par le D.T.A. n° 5-2/18-2621\_V1 en vigueur « Fesco-Knauf Therm » comme support de revêtement d'étanchéité.

## 2,4 Définition des panneaux en laine de roche

2,41 Panneau de laine de roche à bords droits objet d'une déclaration des performances sur la base de la norme NF EN 13162, de classe de compressibilité B ou C et visé par un D.T.A. en vigueur comme support de revêtement d'étanchéité. Les languettes, découpées dans ces panneaux, sont de longueur maximale 1200 mm.

2,42 Panneau de laine de roche à bords feuillurés sur les 4 côtés, référence « DDP RT LJ », objet d'une déclaration des performances sur la base de la norme NF EN 13162 et visé par le D.T.A. n° 5.2/18-2622\_V1 en vigueur « Knauf Termotoit » comme support de revêtement d'étanchéité.

## 2,5 Autres matériaux

### 2,51 Matériaux d'étanchéité

Revêtements d'étanchéité non traditionnels apparents ou sous végétalisation, fixés mécaniquement ou autoadhésifs par semi-indépendance, en feuille bitumineuse ou synthétique et matériaux pour relevés, définis par le D.T.A. ou E.T.N. en vigueur. Ils doivent être validés par les fabricants pour une application sur le polystyrène expansé et les éléments porteurs en tôle d'acier nervurée conforme à la NF P 84-206 (DTU 43.3).

Le classement « FIT » des revêtements d'étanchéité est défini dans son D.T.A. en vigueur en fonction de la destination de la toiture.

### 2,52 Couche de séparation chimique

Se reporter au D.T.A. ou l'E.T.N en vigueur du revêtement d'étanchéité: voile de verre, non tissé polyester....

### 2,53 Ecran thermique sous le revêtement d'étanchéité

- pour les parties courantes :
  - feuille de bitume modifié par élastomère SBS, d'épaisseur minimale 2,5 mm, avec armature voile de verre et autoprotection minérale définie dans le D.T.A. ou l'E.T.N. en vigueur du revêtement d'étanchéité,
  - ou tout autre système décrit dans le D.T.A. ou l'E.T.N. en vigueur du revêtement d'étanchéité.



- pour les relevés et émergences :
  - écran thermique de même nature qu'en partie courante,
  - ou tout autre système décrit dans D.T.A. ou l'E.T.N. en vigueur du revêtement d'étanchéité.

## 2,54 Fixations mécaniques

### 2,541 Attelages de fixations pour l'isolant

Vis auto-perceuse ou rivet à expansion et plaquette de répartition métallique (de forme carrée de côtés 64x64 mm ou circulaire de diamètre 70 mm), ou attelages de fixation mécanique à rupture de pont thermique avec ajout d'une plaquette de répartition métallique (de forme circulaire de diamètre 70mm) conformes à la NF P 84-206 (DTU 43.3) et au Cahier des Prescriptions Techniques Communes (*Cahier du CSTB 3564*).

Dans le cas des procédés Fesco-Knauf Therm Renovtoit BA et Knauf Termotoit Renovtoit BA, la longueur du fût en plastique des attelages de fixation mécanique à rupture de pont thermique est inférieure ou égale à l'épaisseur du panneau Knauf Therm TTI Se ou Knauf Therm TTI Penté Se.

L'ensemble de la fixation constitué de la rondelle et du dispositif de liaison (vis ou rivet) doit présenter une résistance caractéristique à l'arrachement d'au moins 90 daN dans la couverture existante (voir § 5,3). Le choix du dispositif de liaison doit répondre à cet objectif, en particulier dans le cas de tôle de parement extérieur des panneaux sandwichs d'épaisseur 0,5 ou 0,6 mm. La vis de référence IFP2-6,7 (SFS) présente par exemple des valeurs caractéristiques à l'arrachement Pk de 120 daN dans une tôle neuve d'épaisseur 0,5 mm et de 134 daN dans une tôle neuve d'épaisseur 0,6 mm.

Dans le cas de mise en œuvre sous l'isolant Knauf Therm Renovtoit BA d'un écran thermique protecteur en laine de roche, les attelages de fixation des isolants sont de type « solide au pas ».

### 2,542 Attelages de fixations pour le revêtement d'étanchéité fixée mécaniquement

Vis auto-perceuse ou rivet à expansion et plaquette de répartition, ou attelages de fixation mécanique à rupture de pont thermique conformes à la NF P 84-206 (DTU 43.3) et au Cahier des Prescriptions Techniques Communes (*Cahier du CSTB 3563*).

Dans le cas des procédés Fesco-Knauf Therm Renovtoit BA et Knauf Termotoit Renovtoit BA, la longueur du fût en plastique des attelages de fixation mécanique à rupture de pont thermique est inférieure ou égale à l'épaisseur du panneau Knauf Therm TTI Se ou Knauf Therm TTI Penté Se.

Les attelages de fixation mécanique des kits d'étanchéité sont conformes au D.T.A. ou à l'E.T.N du revêtement d'étanchéité.

L'ensemble de la fixation constitué de la rondelle et du dispositif de liaison (vis ou rivet) doit présenter une résistance caractéristique à l'arrachement d'au moins 90 daN dans la couverture existante, conformément à la norme NF P 84-206 (DTU 43.3) (voir § 5,3). Le choix du dispositif de liaison doit répondre à cet objectif, en particulier dans le cas de tôle de parement extérieur des panneaux sandwichs d'épaisseur 0,5 ou 0,6 mm. La vis de référence IFP2-6,7 (SFS) présente par exemple des valeurs caractéristiques à l'arrachement Pk de 120 daN dans une tôle neuve d'épaisseur 0,5 mm et de 134 daN dans une tôle neuve d'épaisseur 0,6 mm.

Dans le cas de mise en œuvre sous l'isolant Knauf Therm Renovtoit BA d'un écran thermique protecteur en laine de roche, les attelages de fixation du revêtement d'étanchéité sont de type « solide au pas ».

## 3. Fabrication et contrôles

### 3,1 Centres de fabrication

Knauf Est	(68190 Ungersheim)
Knauf Ile de France	(77130 Marolles Sur Seine)
Knauf Sud-Est, site de Saint André le Gaz	(38490 Saint André le Gaz)
Knauf Sud Ouest	(31770 Colomiers)
Knauf Sud-Est, site de Rousset	(13790 Rousset)
Knauf Ouest	(56204 Cournon-La Gacilly)
Knauf Ouest, site de Saint-Philbert-du-Peuple	(49160 Saint-Philbert-du-Peuple)

Le système de management de la qualité de ces usines est certifié ISO 9001-2015 et OSAS 180001 :2007.



### 3.2 Fabrication

Expansion en discontinu par voie humide, suivie d'un stockage, coupe aux dimensions sur découpeuse à fils chauds, emballage.

### 3.3 Contrôle de fabrication (autocontrôle)

#### a) Sur matières premières

Vérification de la traçabilité de la matière première

#### b) En cours de fabrication

- Après pré expansion : masse volumique apparente.
- Sur blocs : pesée.

#### c) Sur produits finis, selon les spécifications et les normes d'essais figurant au tableau 2

- à chaque production : dimensions, épaisseur, densité, équerrage, planéité,
- une fois par semaine : compression à 10%, réaction au feu (allumabilité), conductivité thermique,
- au moins une fois par mois: variation dimensionnelle selon EN 1604,
- une fois par semestre : traction perpendiculaire,
- au mois une fois par an : variation dimensionnelle selon le Cahier du CSTB 2662\_V2

### 3.4 Contrôle externe

Il est effectué par le CSTB, dans le cadre de la vérification annuelle de conformité au certificat ACERMI du Knauf Therm TTI Se et du niveau d'attestation de conformité 3 du marquage CE.

## **4. Conditionnement**

### 4.1 Conditionnement

Il se fait sous film polyéthylène en colis de 1 m<sup>3</sup> environ.

### 4.2 Identification et étiquetage

Chaque colis porte une étiquette précisant nom du produit, usine d'origine, épaisseur, dimensions, nombre de panneaux, numéro de lot, conductivité thermique déclarée et certifiée ACERMI, Euroclasse et marquage CE.

### 4.3 Stockage

Les blocs et les panneaux en colis sont stabilisés en usine avant expédition de façon à respecter les spécifications de variation dimensionnelle du tableau 2. La durée de stockage en usine des blocs et des panneaux, de cinq jours au moins, est validée par des mesures de variations dimensionnelles effectuées selon le plan de contrôle interne.

Un stockage sous emballage d'origine est demandé à tous les dépositaires ainsi qu'aux entrepreneurs sur les chantiers.

## **5. Description de la mise en œuvre**

### 5.1 Vérification préalable du fonctionnement hygrothermique de la toiture

La transformation d'une couverture sèche en toiture chaude support d'étanchéité à l'aide du procédé Knauf Therm Renovtoit BA nécessite de vérifier au préalable les précautions à prendre contre les risques de condensation. En référence à la norme NF P 34-205-1 (DTU 40.35), les cas suivant peuvent se présenter :

5,1,1 Toiture froide : couverture avec isolation sous panne et plenum ventilé avec l'ambiance extérieure

L'ajout du procédé Knauf Therm Renovtoit BA sur la couverture n'apporte un gain d'isolation thermique à la toiture que si la ventilation du plenum avec l'extérieur est supprimée.



Une étude hygrothermique devra vérifier que la présence de l'isolation existante en sous-face de la couverture permet d'avoir le point de rosée au-dessus de la couverture existante, afin de valider l'absence de risque de condensation (se reporter par exemple au § 6.5.1.1 de la norme NF P 34-205-1).

Cette couverture constitue en effet le pare-vapeur de l'élément porteur en tôle d'acier nervurée d'une toiture réalisée selon la norme NF P 84-206 (DTU 43.3) support d'isolant et d'étanchéité, sur locaux à faible ou moyenne hygrométrie.

En première approximation, cette disposition conduit à prévoir une répartition de l'isolant avec un ratio d'environ 2/3 de la résistance thermique totale de la paroi au-dessus de la couverture existante et de 1/3 au dessous.

5,1,2 Toiture chaude : couverture avec isolation sur pannes ou entre pannes, sans ventilation

L'ajout du procédé Knauf Therm Renovtoit BA sur la couverture nécessite une étude particulière validant l'absence de risque de condensation : se reporter au § 6.5.1.1 de la norme NF P 34-205-1 (DTU 40.35).

Cette étude permettra de déterminer la résistance thermique requise du procédé Knauf Therm Renovtoit BA, en fonction de :

- l'hygrométrie des locaux
- de la performance du pare-vapeur, de la résistance thermique et des dispositions relatives à l'isolation existante
- du taux de renouvellement d'air du local
- des données météorologiques locales

## 5.2 Principe

Les panneaux isolants sont fixés mécaniquement dans la couverture en plaques métalliques ou en panneaux sandwichs métalliques par les attelages de fixations.

**RAPPEL** : les plaques de couvertures translucides ne doivent absolument pas être recouvertes par les panneaux isolants ; elles doivent être au préalable remplacées par des plaques de couverture de même nature qu'en partie courante ou par des dispositifs d'éclairage naturel, tels que des lanternes.

Le revêtement d'étanchéité est mis en œuvre par fixation mécanique ou par auto-adhésivité en semi indépendance, conformément à leur D.T.A. ou à leur E.T.N. en vigueur.

La mise en œuvre de cet ensemble relève de la compétence d'entreprises d'étanchéité qualifiées.

- prescriptions de stockage et de manutention des matériaux : se reporter aux prescriptions de la NF P 84-206 (DTU 43.3)
- sécurité du personnel ; se reporter aux prescriptions:
  - des normes DTU des couvertures définies au § 1,
  - du Guide CSFE de prévention des risques professionnels sur les chantiers,
  - de la fiche de données sécurité du Knauf Therm SE.

Préalablement à la réalisation des travaux, l'entreprise doit :

- fournir à la Société Knauf le plan et la référence du profil de couverture sèche afin de définir les cotes des panneaux Knauf Therm Renovtoit BA 1 et des languettes du Knauf Therm Renovtoit BA 2,
- valider les panneaux Knauf Therm Renovtoit BA 1, soit à partir du plan, soit à partir d'un test sur chantier réalisé à l'aide de panneaux prototypes.

## 5.3 Réception du support

Un contrôle de la capacité porteuse de la couverture doit être réalisé selon l'Annexe A de la norme NF P 84-208 (DTU 45.5) ainsi que des éléments d'ossature selon l'annexe A de la norme NF P 84-208-1 (DTU 43.5); les tableaux 5, 6 et 7 précisent la masse surfacique totale des isolants du procédé Knauf Therm Renovtoit BA.

Un essai d'arrachement de l'attelage de fixation des panneaux isolants et du revêtement d'étanchéité dans la couverture doit être effectué sur site avant réalisation des travaux: la résistance caractéristique à l'arrachement Pk de l'attelage de fixation, mesurée selon l'Annexe 4 des Cahiers CSTB n° 3563 et 3564, doit être d'au moins 90 daN.

## 5.4 Mise en œuvre des panneaux isolants

- Knauf Therm Renovtoit BA 1



Les panneaux sont posés jointifs sur la couverture, en relation avec le revêtement d'étanchéité. Ils sont fixés mécaniquement dans l'élément porteur à raison de :

- au moins une fixation préalable au centre de chaque panneau, dans le cas de revêtement d'étanchéité fixé mécaniquement
  - 5 à 12 fixations par m<sup>2</sup> selon la norme NF P 84-206 (DTU 43.3), dans le cas de revêtement d'étanchéité auto-adhésif
- Knauf Therm Renovtoit BA 2

Chaque lit est posé jointif et est fixé mécaniquement dans l'élément porteur:

- languettes de remplissage : au moins une fixation préalable au centre de chaque languette de longueur maximale 1200 mm et au moins deux fixations préalables dans chaque languette de longueur supérieure à 1200 mm et inférieure à 2500 mm; cette fixation n'est pas requise lorsque la pose des panneaux du lit supérieur suit immédiatement celle des languettes,
  - lit supérieur en panneaux Knauf Therm TTI Se:
    - o au moins une fixation préalable au centre de chaque panneau, dans le cas de revêtement d'étanchéité fixé mécaniquement
    - o 5 à 12 fixations par m<sup>2</sup> selon la norme NF P 84-206 (DTU 43.3), dans le cas de revêtement d'étanchéité auto-adhésif
- Fesco-Knauf Therm Renovtoit BA et Knauf Termotoit Renovtoit BA

Chaque lit d'isolant est posé jointif et est fixé mécaniquement dans l'élément porteur:

- languettes de remplissage en écran thermique protecteur: au moins une fixation au centre de chaque languette; cette fixation n'est pas requise lorsque la pose des panneaux du lit supérieur suit immédiatement celle des languettes
- 1<sup>er</sup> lit supérieur en écran thermique protecteur: au moins une fixation métallique au centre de chaque panneau
- 2<sup>e</sup> lit supérieur en panneaux Knauf Therm TTI Se
  - o au moins une fixation préalable au centre de chaque panneau, dans le cas de revêtement d'étanchéité fixé mécaniquement
  - o 5 à 12 fixations par m<sup>2</sup> selon la norme NF P 84-206 (DTU 43.3), dans le cas de revêtement d'étanchéité auto-adhésif

Le traitement des points singuliers (costières, traversées, recoupements...) est réalisé conformément aux D.T.A. en vigueur des procédés Fesco-Knauf Therm et Knauf Termotoit.

#### 5.5 Protection des tranches des panneaux au droit des relevés et émergences

Dans le cas de revêtements d'étanchéité à base de bitume soudés à la flamme, les tranches des panneaux sont protégées au droit des relevés et émergences par une équerre rapportée selon le D.T.A. ou l'E.T.N. en vigueur du revêtement d'étanchéité.

#### 5.6 Mise en œuvre de la couche de séparation chimique, et de l'écran thermique sous le revêtement d'étanchéité

- sous revêtement d'étanchéité synthétique, mise en œuvre lorsque nécessaire de la couche de séparation chimique (§ 2,52) à recouvrements, selon le D.T.A. ou l'E.T.N. en vigueur du revêtement d'étanchéité
- sous revêtement d'étanchéité utilisant la soudure à la flamme entre lés pour le soudage des joints, mise en œuvre de l'écran thermique (§ 2,53) à recouvrements de 10 cm, selon le D.T.A. ou l'E.T.N. en vigueur du revêtement d'étanchéité
- dans d'autres cas, se reporter au D.T.A. ou l'E.T.N. en vigueur du revêtement d'étanchéité

#### 5.7 Mise en œuvre des revêtements d'étanchéité

La mise en œuvre du revêtement d'étanchéité et de la végétalisation éventuelle ainsi que les limites de pente d'emploi et d'exposition aux effets du vent, sont conformes au D.T.A., à l'E.T.N. en vigueur et aux prescriptions des fabricants.

Dans le cas de revêtement d'étanchéité fixé mécaniquement, les feuilles d'étanchéité sont fixées mécaniquement à l'élément porteur au travers de l'isolant. Sauf dispositions particulières propres aux documents de référence de l'élément porteur, les lignes de fixations sont placées perpendiculairement aux nervures, ou ondes des plaques métalliques existantes.

#### 5.8 Ouvrages particuliers



Des dispositions constructives doivent être mises en œuvre afin d'adapter la couverture sèche à une toiture support d'étanchéité, notamment vis-à-vis de l'évacuation des eaux pluviales, de la présence de neige ainsi qu'à toute traversée et point singulier.

5,8,1 exemple de noue centrale et de noue de rive (voir figures 6 et 7)

Le chéneau existant est remplacé par une tôle pliée fixée mécaniquement, de part et d'autre des rives, comme support du complexe isolant et du revêtement d'étanchéité. Le dimensionnement de cette tôle doit être réalisé afin d'assurer la stabilité mécanique de la noue sous le phénomène d'accumulation d'eau. De même une vérification de l'ossature porteuse des éléments de couverture dans la noue ainsi que de l'implantation des dispositifs d'évacuation d'eaux pluviales doivent être réalisés, selon les annexes D et E de la norme NF DTU 43.3 P1-1.

5,8,2 exemple de faîtage (voir figure 8)

Les faîtières existantes à angles vifs peuvent être conservées.

Les faîtières à boudin sont remplacées par une tôle pliée fixée mécaniquement, de part et d'autre des rives de la couverture, comme support du complexe isolant et du revêtement d'étanchéité. Le dimensionnement de cette tôle doit être réalisé afin d'assurer la stabilité mécanique du faîtage sous l'action des charges descendantes et ascendantes.

5,8,3 exemple de raccordement en pignon (voir figure 9)

Les bandes de rive sont remplacées par une costière métallique dimensionnée selon la norme NF DTU 43.3 P1-1.

- dans le cas des procédés Knauf Therm Renovtoit BA 1 et BA 2, cette costière repose et est fixée mécaniquement sur la tête des ondes de la couverture
- dans le cas des procédés Fesco-Knauf Therm Renovtoit BA et Knauf Termotoit Renovtoit BA, le talon de la costière repose sur le panneau intermédiaire en perlite expansée (fibrée) ou en laine de roche de la classe de compressibilité C et est fixée mécaniquement sur la tête des ondes de la couverture; d'autres dispositions figurent dans les D.T.A. en vigueur des procédés Fesco-Knauf Therm et Termotoit-Knauf Therm

## 6. Assistance Technique

La Société Knauf peut fournir, à la demande des entreprises qui en font la demande pour le démarrage d'un chantier, une assistance technique afin de préciser les particularités de mise en œuvre du procédé et de ses composants. Cette assistance ne peut être assimilée ni à la conception de l'ouvrage, ni à la réception des supports, ni à un contrôle des règles de mise en œuvre.

## 7. Détermination de la performance thermique

La performance thermique du procédé Knauf Therm Renovtoit BA doit répondre aux exigences de la réglementation thermique applicable aux travaux de rénovation. Les Règles Th-U donnent la méthode de calcul du coefficient de déperdition thermique d'une toiture-terrasse.

Des exemples de résistance thermique utile et de coefficient de déperdition thermique du procédé Knauf Therm Renovtoit BA figurent aux tableaux 5,6 et 7.

## 8. Démarche environnementale

Les impacts environnementaux et sanitaires des panneaux Knauf Therm Renovtoit BA ont été déterminés conformément à la norme NF P 01-010 suite à une analyse du cycle de vie. Ils figurent dans les fiches de déclaration environnementale et sanitaire (FDES) des panneaux Knauf Therm TTI Se disponibles sur le site internet [www.inies.fr](http://www.inies.fr) ou [www.knauf.fr](http://www.knauf.fr).

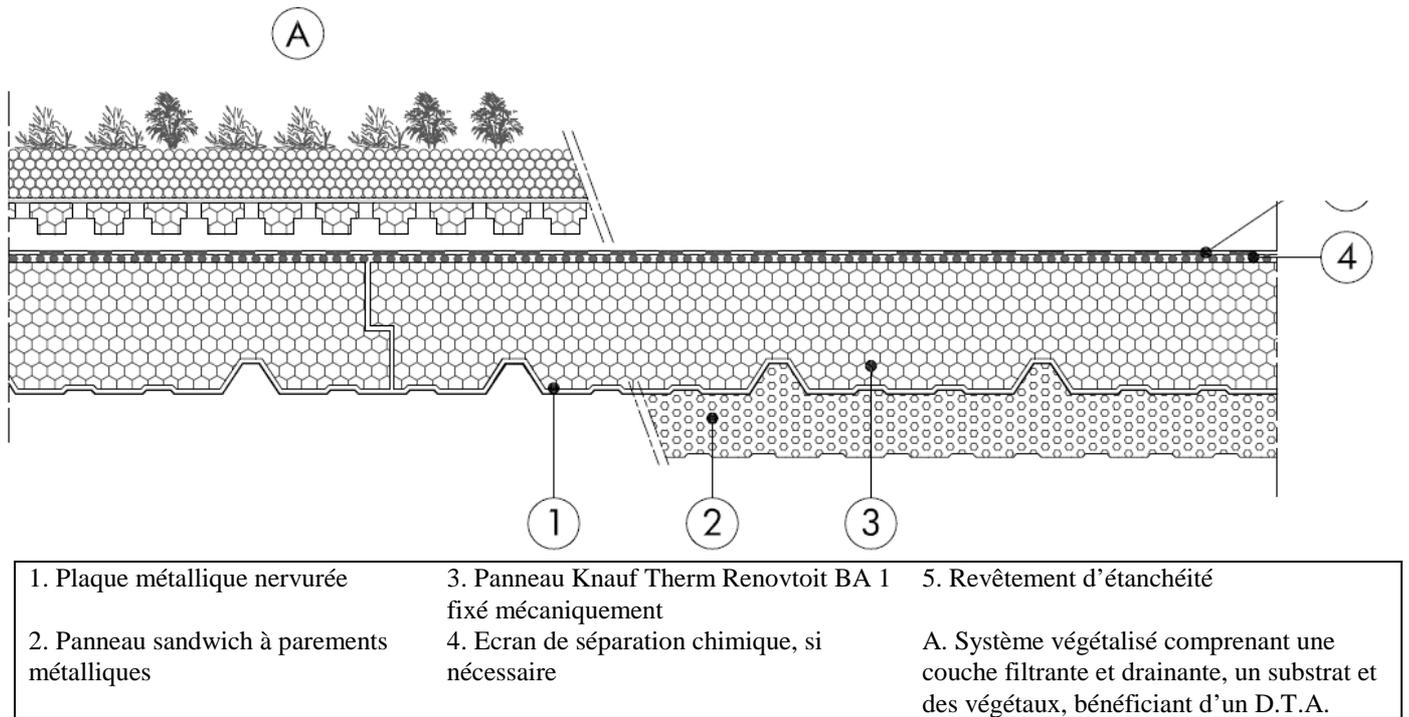
## B. JUSTIFICATIFS

- Rapports d'essais cités dans les D.T.A. des panneaux Knauf Therm TTI Se, Fesco-Knauf Therm et Knauf Termotoit
- Rapport de classement européen de réaction au feu Euroclasse E des panneaux Knauf Therm TTI Se : n° RA16-041 du CSTB
- Rapport de classement européen de réaction au feu Euroclasse D-s3, d0 des panneaux Knauf Therm TTI Se d'épaisseur 60 mm : n° RA18-0097 du CSTB
- Certificat ACERMI n° 03/007/182 des panneaux Knauf Therm TTI Se
- Déclarations des performances des panneaux Knauf Therm TTI Se, Knauf Therm TTI Penté Se et Knauf Therm Renovtoit BA
- Fiche de données de sécurité des panneaux de la gamme Knauf Therm SE

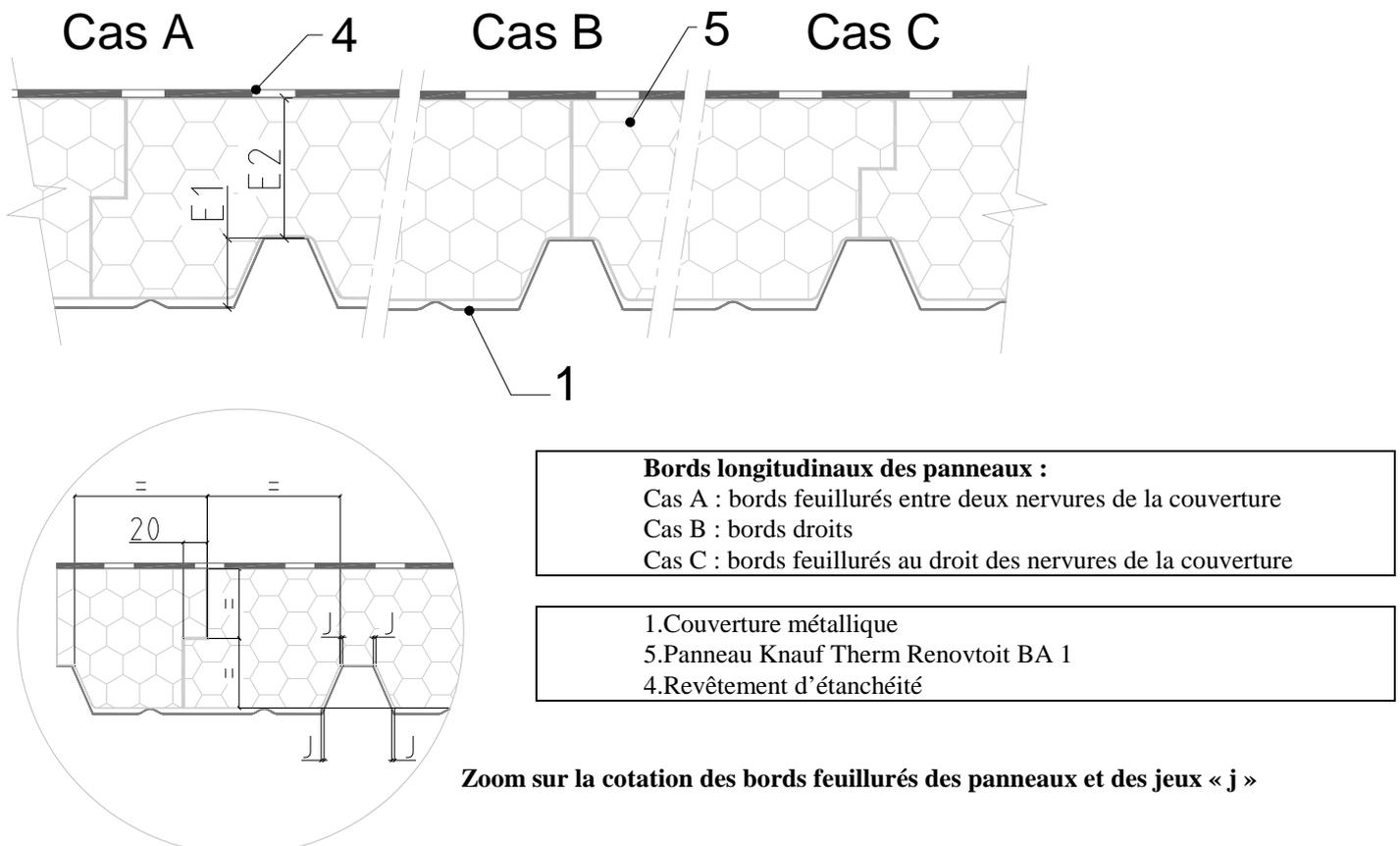
**C. REFERENCES**

L'ensemble des usines Knauf produisent régulièrement depuis 1983. Le procédé Knauf Therm Renovtoit BA a été appliqué depuis 1996 sur plus de 600 000 de m<sup>2</sup> de toitures en rénovation de couvertures métalliques.

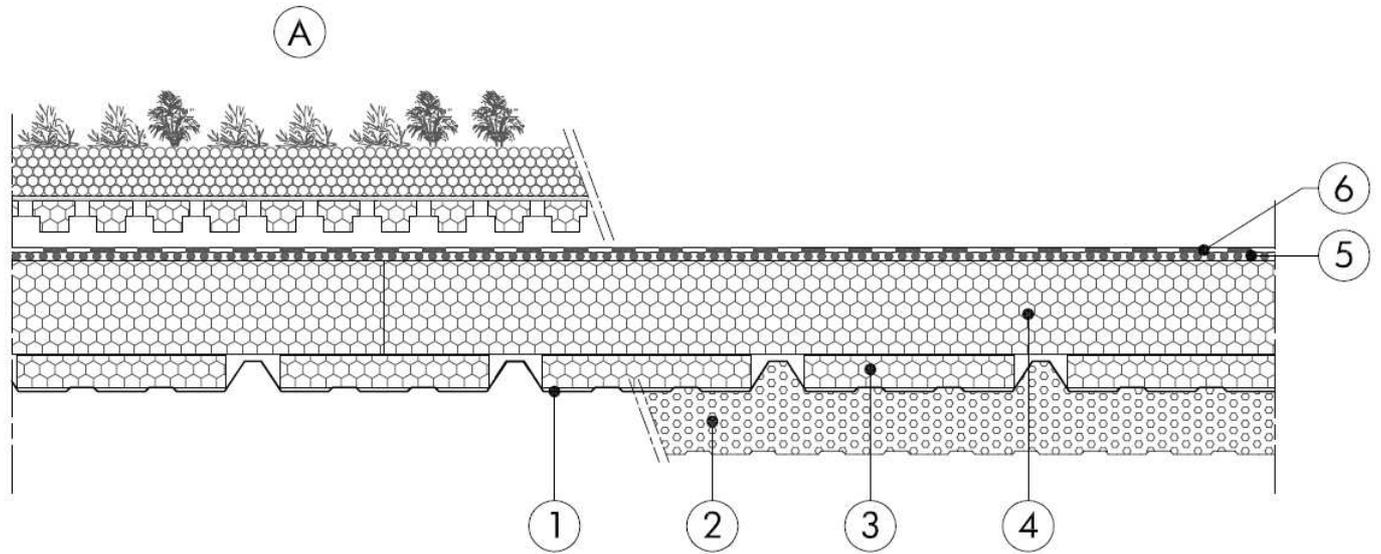
**Figure 1 : procédé Knauf Therm Renovtoit BA 1 ; schéma de principe**



**Figure 2 : procédé Knauf Therm Renovtoit BA 1; cotation et bords des panneaux (se reporter également au tableau 2)**



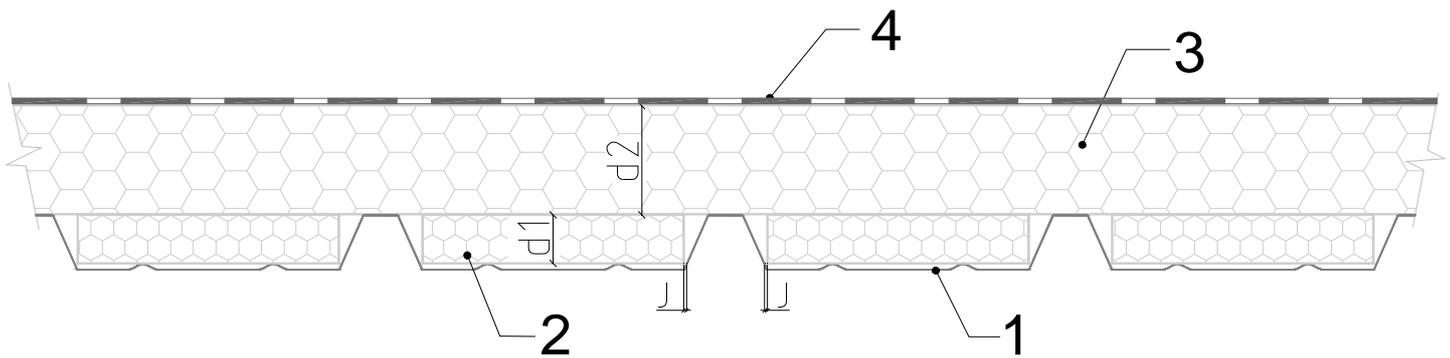
**Figure 3: procédé Knauf Therm Renovtoit BA 2; schéma de principe**



1. Plaque métallique nervurée	3. Languette de Knauf Therm TTI Se fixée mécaniquement	5. Ecran de séparation chimique, si nécessaire
2. Panneau sandwich à parements métalliques	4. Panneau Knauf Therm TTI Se fixé mécaniquement	6. Revêtement d'étanchéité

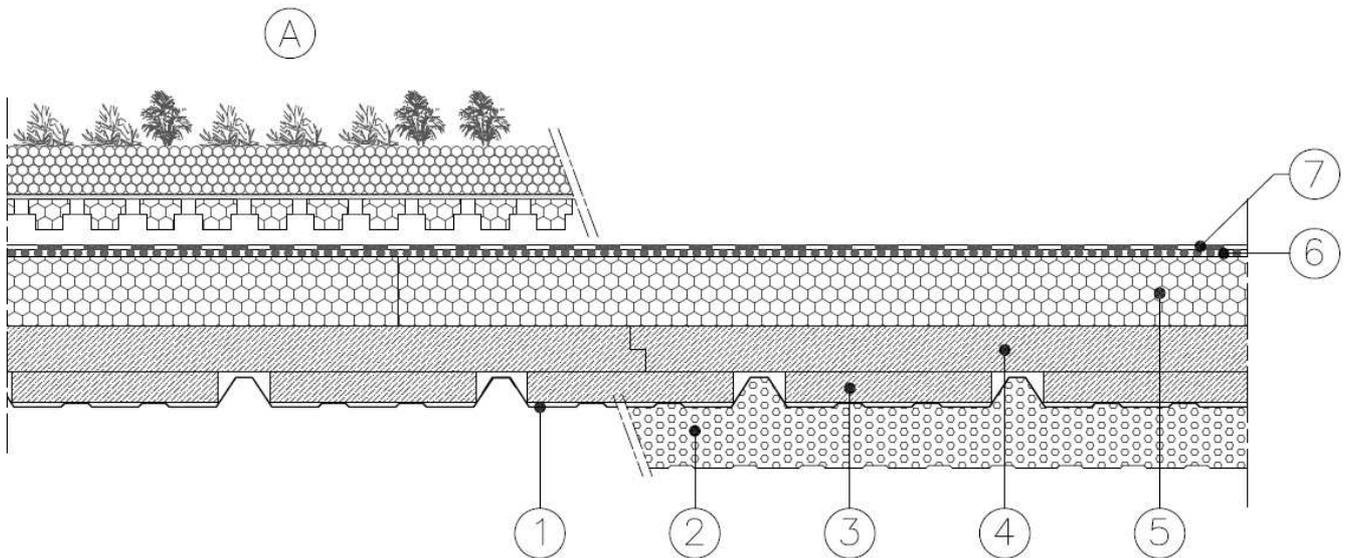
A. Système végétalisé comprenant une couche filtrante et drainante, un substrat et des végétaux, bénéficiant d'un D.T.A.

**Figure 4: procédé Knauf Therm Renovtoit BA 2; cotation (se reporter également au tableau 2)**



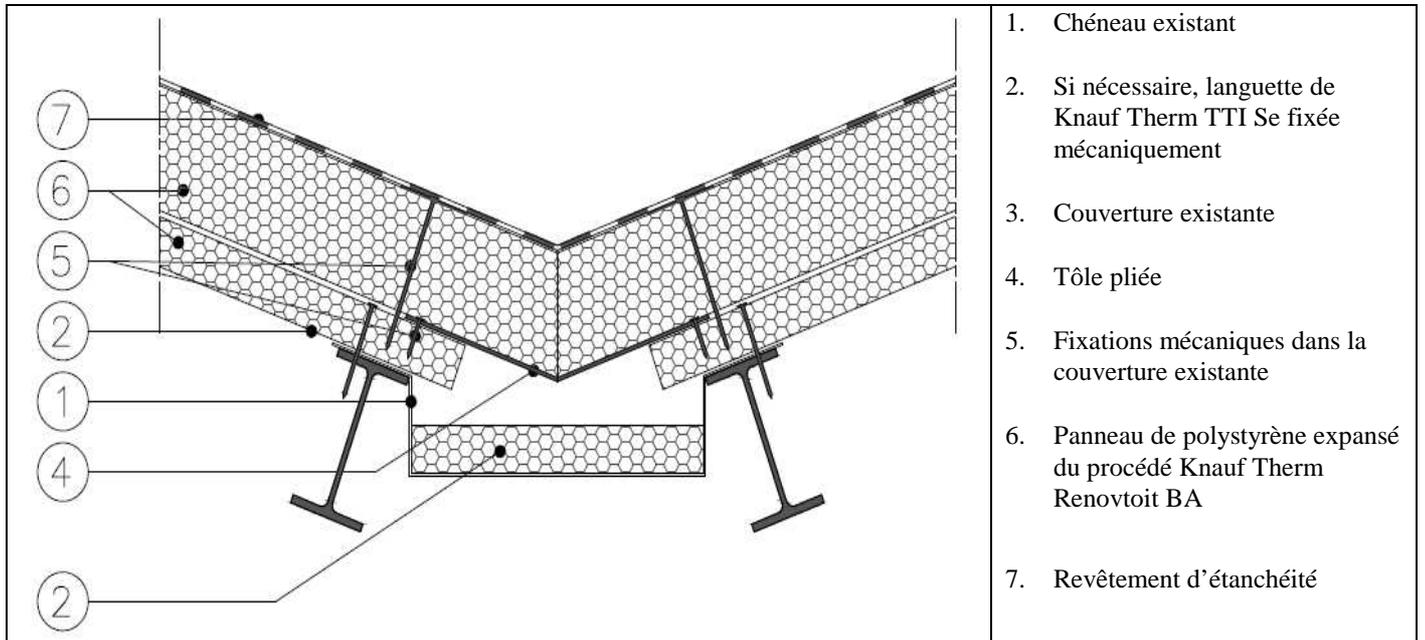
1. Couverture métallique
2. Languette de Knauf Therm TTI Se fixée mécaniquement
3. Panneau Knauf Therm TTI Se fixée mécaniquement
4. Revêtement d'étanchéité

**Figure 5: procédé Fesco / Termotoit Knauf Therm Renovtoit BA; schéma de principe**



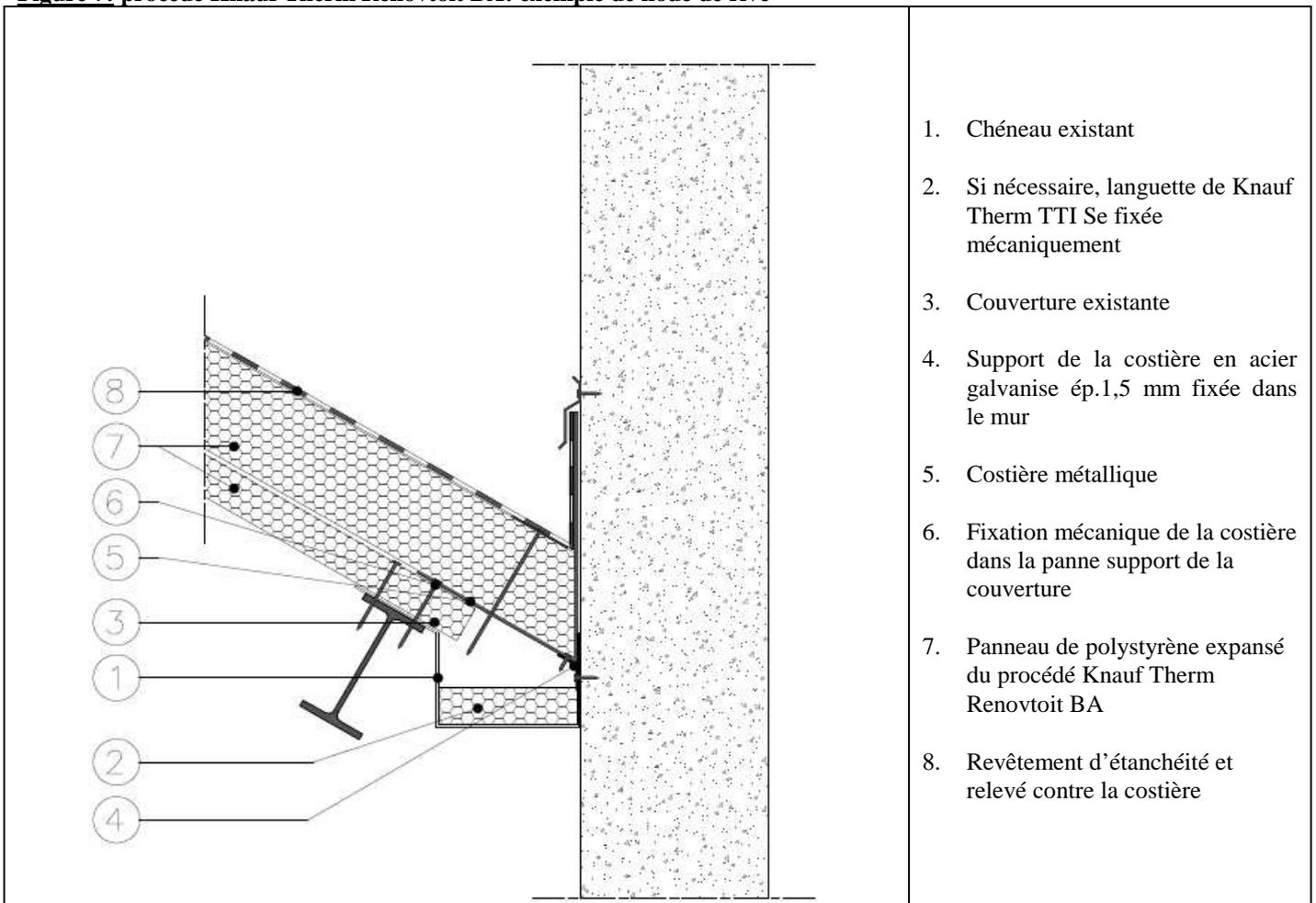
1. Plaque métallique nervurée	3. Languette en perlite expansée (fibrée) Fesco C en laine de roche fixée mécaniquement	5. Panneau supérieur Knauf Therm TTI Se fixé mécaniquement
2. Panneau sandwich à parements métalliques	4. Panneau intermédiaire en perlite expansée (fibrée) Fesco C ou Fesco C DO ou en laine de roche DDP RT LJ fixé mécaniquement	6. Ecran de séparation chimique, si nécessaire
7. Revêtement d'étanchéité	A. Système végétalisé comprenant une couche filtrante et drainante, un substrat et des végétaux, bénéficiant d'un D.T.A.	

**Figure 6: procédé Knauf Therm Renovtoit BA: exemple de noue centrale**



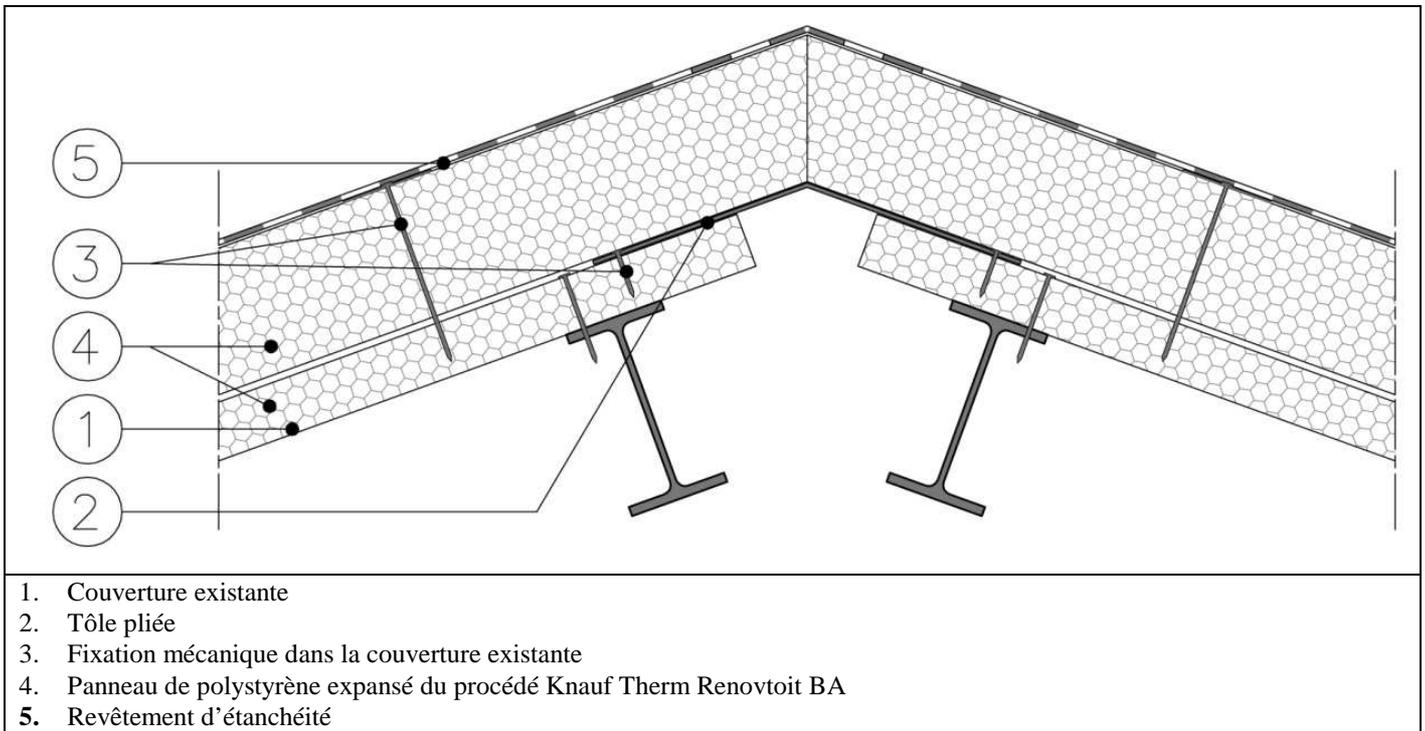
1. Chéneau existant
2. Si nécessaire, languette de Knauf Therm TTI Se fixée mécaniquement
3. Couverture existante
4. Tôle pliée
5. Fixations mécaniques dans la couverture existante
6. Panneau de polystyrène expansé du procédé Knauf Therm Renovtoit BA
7. Revêtement d'étanchéité

**Figure 7: procédé Knauf Therm Renovtoit BA: exemple de noue de rive**

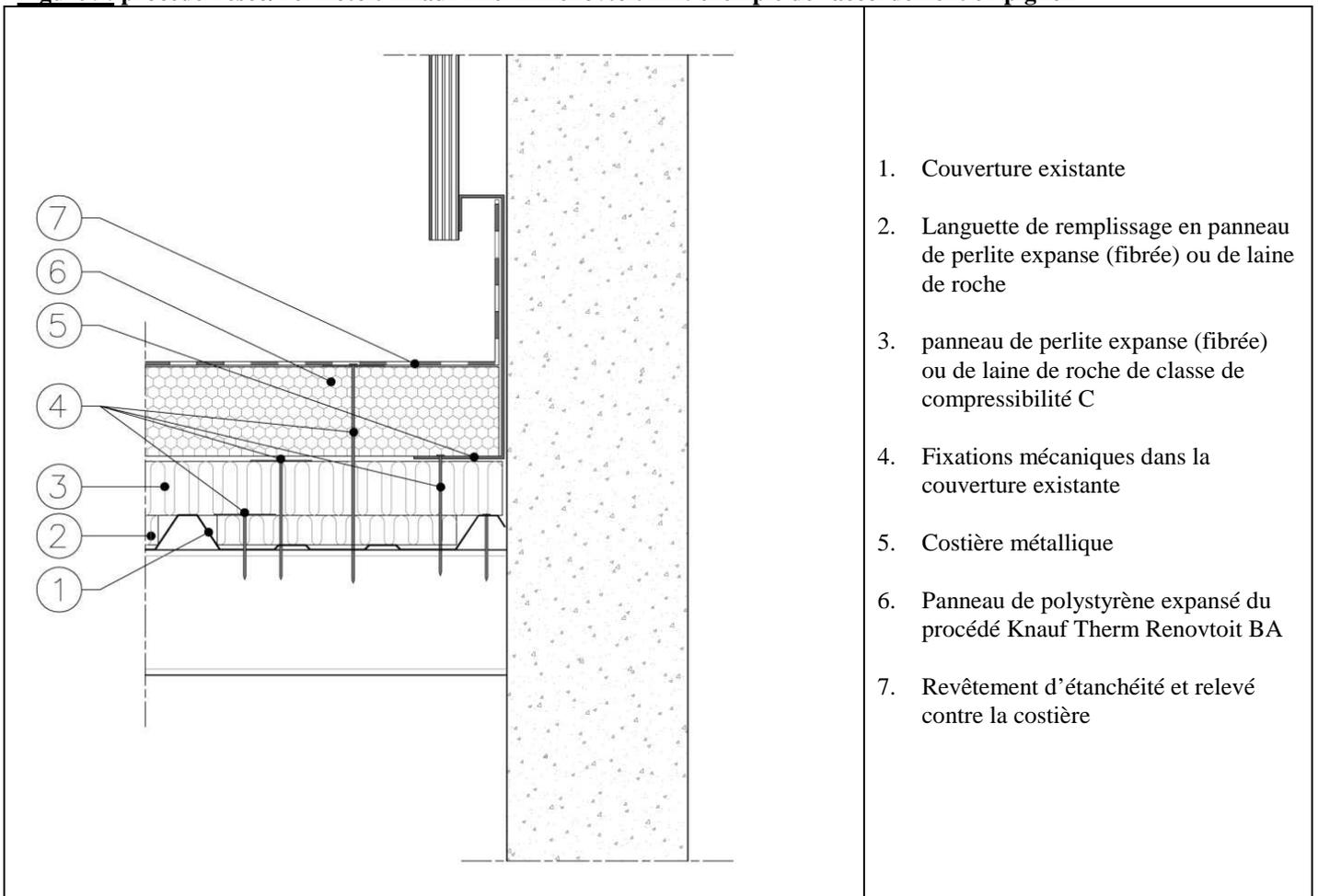


1. Chéneau existant
2. Si nécessaire, languette de Knauf Therm TTI Se fixée mécaniquement
3. Couverture existante
4. Support de la costière en acier galvanisé ép.1,5 mm fixée dans le mur
5. Costière métallique
6. Fixation mécanique de la costière dans la panne support de la couverture
7. Panneau de polystyrène expansé du procédé Knauf Therm Renovtoit BA
8. Revêtement d'étanchéité et relevé contre la costière

**Figure 8: procédé Knauf Therm Renovtoit BA: exemple de faîtage**



**Figure 9: procédé Fesco/Termotoit Knauf Therm Renovtoit BA: exemple de raccordement en pignon**




**Tableau 1 :** domaine d'emploi du Knauf Therm Renovtoit BA en fonction de la destination du bâtiment

Destination du bâtiment et réglementation de sécurité incendie applicable	Systèmes		
Bâtiments industriels ou agricoles relevant du code du travail dont le plancher bas du dernier niveau est situé à une hauteur inférieure ou égale à 8 m du sol (décret n° 2008-244 du 7 mars 2008)	Knauf Therm Renovtoit BA 1 ou Knauf Therm Renovtoit BA 2	Fesco-Knauf Therm Renovtoit BA : <i>panneau intermédiaire Fesco C d'épaisseur minimale 30 mm (1)</i>	Knauf Termotoit Renovtoit BA : <i>panneau intermédiaire de laine de roche d'épaisseur minimale 30 mm (1)</i>
Bâtiments industriels ou agricoles relevant du code du travail dont le plancher bas du dernier niveau est situé à une hauteur supérieure à 8 m du sol (décret n° 2008-244 du 7 mars 2008) Bâtiments d'habitation de la 1 <sup>ère</sup> à la 4 <sup>ème</sup> famille, relevant de l'arrêté du 31 janvier modifié		Fesco-Knauf Therm Renovtoit BA : <i>panneau intermédiaire Fesco C DO d'épaisseur minimale 40 mm</i>	Knauf Termotoit Renovtoit BA <i>panneau intermédiaire DDP RT LJ d'épaisseur minimale 60 mm ou deux panneaux de laine de roche d'épaisseur minimale 30 mm posés à joints croisés</i>
Etablissements recevant du public de la 1 <sup>ère</sup> à la 5 <sup>ème</sup> catégorie, relevant de l'arrêté du 6 octobre 2004 modifié par celui du 4 juillet 2007, et de l'arrêté du 24 septembre 2009 complété par l'avis du CECMI du 27 janvier 2009		Fesco-Knauf Therm Renovtoit BA : <i>panneau intermédiaire Fesco C DO d'épaisseur minimale 50 mm ou deux panneaux Fesco C d'épaisseur minimale 30 mm posés à joints croisés</i>	Knauf Termotoit Renovtoit BA avec un <i>panneau intermédiaire DDP RT LJ d'épaisseur minimale 60 mm ou deux panneaux de laine de roche d'épaisseur minimale 30 mm posés à joints croisés</i>
Installations classées pour la protection de l'environnement sous la rubrique 2661 soumise à la procédure d'enregistrement (arrêté du 27 décembre 2013) et sous les rubriques 1510, 1530, 2662, 2663 et 1532 soumises à la procédure de déclaration, d'enregistrement ou d'autorisation (arrêté du 11 avril 2017)		Fesco-Knauf Therm Renovtoit BA : <i>panneau intermédiaire Fesco C d'épaisseur minimale 30 mm</i>	Knauf Termotoit Renovtoit BA : <i>panneau intermédiaire de laine de roche d'épaisseur minimale 30 mm</i>
(1) pas d'exigence réglementaire en protection incendie de rapporter un écran thermique protecteur			



**Tableau 2 : caractéristiques spécifiées**

Caractéristiques		Valeurs spécifiées	Unités	Normes de référence	Réf. essai
Masse volumique sèche en tous points		19 à 22	kg/m <sup>3</sup>	EN 1602	autocontrôle
BA 1	Longueur L	1200 ± 2	mm	EN 822	autocontrôle
	Largeur l, multiple du pas du bac	≤ 1050 ± 2	mm	EN 822	autocontrôle
	Épaisseur : e1	mini 30 et hauteur de nervure +2 ; 0	mm	EN 823	autocontrôle
	Épaisseur : e2, par pas de 5 mm	30 (A,B) ou 40 (C) à 370 ± 2	mm	EN 823	autocontrôle
	Épaisseur totale e1 + e2	60 à 400	mm	EN 823	autocontrôle
	Jeu latéral : j	5 ± 2	mm	EN 823	
BA 2	Longueur L : languettes	1200 (standard) à 2500	mm	EN 822	autocontrôle
	Longueur L : panneau	1200	mm	EN 822	autocontrôle
	Largeur l : languettes	plage du support	mm	EN 822	autocontrôle
	Largeur l : panneau	1000	mm	EN 822	autocontrôle
	Épaisseur : d1	mini 30 et hauteur de nervure +2 ; 0	mm	EN 823	autocontrôle
	Épaisseur : d2	30 à 370 ± 2	mm	EN 823	autocontrôle
	Épaisseur totale d1 + d2	60 à 400	mm	EN 823	autocontrôle
Largeur feuillure (sens long)		20 ± 4	mm	EN 822	autocontrôle
Equerrage		± 2 mm/m	mm	EN 824	autocontrôle
Planéité		± 3		EN 825	autocontrôle
Contrainte de compression à 10% de déformation		≥ 100 [niveau CS(10)100]	kPa	EN 826	autocontrôle (1)
Classes de compressibilité		B (20 kPa à 80°C sous revêtement apparent) C (40 kPa à 60°C sous végétalisation)	/	Cahier du CSTB 2662_V2	(2)
Contrainte de rupture en traction perpendiculaire		≥ 180 [niveaux TR180]	kPa	EN 1607	autocontrôle (1)
Variation dimensionnelle résiduelle à 20° sur panneau éprouvette après stabilisation à : 60 °C, sous végétalisation 80°C, sous revêtement apparent		≤ 2,8 ≤ 3,8	mm/m mm/m	Cahier du CSTB 2662_V2	autocontrôle (2)
Variation dimensionnelle sur éprouvette après 48h à 80°C		≤ 3,8	mm/m	EN 1604	autocontrôle
Incurvation sous un gradient de température 80/20°C sur panneau entier de 1200x1000 mm		≤ 3	mm/m	Cahier du CSTB 2662_V2	(2)
Résistance thermique		voir § 2.24	m <sup>2</sup> .K/W	EN 12667	autocontrôle (1)
Conductivité thermique		0,036	W/m.K		
Réaction au feu		Euroclasse E, pour épaisseur totale d'isolant de 400 mm maximum	EN 13501-1		autocontrôle (3)
		Euroclasse D-s3,d0, pour épaisseur conventionnelle d'isolant de 60 mm	EN 13501-1		(4)
(1) Certificat Acermi n° 03/007/182 (2) Rapport d'essai n°17/15493-2669 de APPLUS (3) Rapport de classement n° RA16-041 du CSTB (4) Rapport de classement n° RA18-0097 du CSTB					

**Tableau 3 : caractéristiques indicatives**

Caractéristiques		Valeurs indicatives	Unités	Normes de référence	Réf. essai
Hygrothermiques	Absorption d'eau en immersion totale 28 j	2 à 3	%	NF EN 12087	Knauf PRD
	Transmission de vapeur d'eau	MU 30 à 70	/	NF EN 12086	Certificat Acermi n° 03/007/182



**Tableau 4 : résistance thermique certifiée par l'Acermi « R isolant » du panneau Knauf Therm TTI Se**

Ep. e2 ou d2 (mm)	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
R isolant (m <sup>2</sup> .K/W)	0,80	0,95	1,10	1,25	1,40	1,55	1,65	1,80	1,95	2,10	2,25
Ep. e2 ou d2 (mm)	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135
R isolant (m <sup>2</sup> .K/W)	2,40	2,50	2,65	2,80	2,95	3,10	3,20	3,35	3,50	3,65	3,80
Ep. e2 ou d2 (mm)	140	145	150	155	160	165	170	175	180	185	190
R isolant (m <sup>2</sup> .K/W)	3,95	4,05	4,20	4,35	4,50	4,65	4,80	4,90	5,05	5,20	5,35
Ep. e2 ou d2 (mm)	195	200	205	210	215	220	225	230	235	240	245
R isolant (m <sup>2</sup> .K/W)	5,50	5,60	2,75	2,90	6,05	6,20	6,35	6,45	6,60	6,75	6,90
Ep. e2 ou d2 (mm)	250	255	260	265	270	275	280	285	290	295	300
R isolant (m <sup>2</sup> .K/W)	7,05	7,20	7,30	7,45	7,60	7,75	7,90	8,05	8,15	8,30	8,45
Ep. e2 ou d2 (mm)	305	310	315	320	325	330	335	340	345	350	355
R isolant (m <sup>2</sup> .K/W)	8,60	8,75	8,85	9,00	9,15	9,30	9,45	9,60	9,70	9,85	10,00
Ep. e2 ou d2 (mm)	360	365	370	375	380	385	390	395	400		
R isolant (m <sup>2</sup> .K/W)	10,15	10,30	10,45	10,55	10,70	10,85	11,00	11,15	11,25		

**Tableau 5 : exemples de résistance thermique utile « R isolant utile », coefficient de déperdition thermique « U toiture » et masse surfacique nominale du procédé Knauf Therm Renovtoit BA1 ou BA2**

Epaisseur (mm)	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130
	(40+30)	(40+35)	(40+40)	(40+45)	(40+50)	(40+55)	(40+60)	(40+65)	(40+70)	(40+75)	(40+80)	(40+85)	(40+90)
R isolant utile (m <sup>2</sup> .K/W)	1,40	1,55	1,70	1,85	2,00	2,10	2,25	2,40	2,55	2,70	2,85	2,95	3,10
U toiture (W/m <sup>2</sup> .K)	0,65	0,59	0,55	0,51	0,49	0,46	0,43	0,41	0,38	0,37	0,35	0,34	0,32
Masse surfacique (kg/m <sup>2</sup> )	1,21	1,31	1,41	1,51	1,61	1,71	1,81	1,91	2,01	2,11	2,21	2,31	2,41

Epaisseur (mm)	135	140	145	150	155	160	165	170	180	190	200	210	220
	(40+95)	(40+100)	(40+105)	(40+110)	(40+115)	(40+120)	(40+125)	(40+130)	(40+140)	(40+150)	(40+160)	(40+170)	(40+180)
R isolant utile (m <sup>2</sup> .K/W)	3,25	3,40	3,55	3,70	3,80	3,95	4,10	4,25	4,50	4,80	5,10	5,35	5,65
U toiture (W/m <sup>2</sup> .K)	0,31	0,30	0,29	0,28	0,27	0,26	0,25	0,25	0,23	0,22	0,21	0,20	0,19
Masse surfacique (kg/m <sup>2</sup> )	2,51	2,61	2,71	2,81	2,91	3,01	3,11	3,21	3,41	3,61	3,81	4,01	4,21

Epaisseur (mm)	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340
	(40+190)	(40+200)	(40+210)	(40+220)	(40+230)	(40+240)	(40+250)	(40+260)	(40+270)	(40+280)	(40+290)	(40+300)
R isolant utile (m <sup>2</sup> .K/W)	5,95	6,20	6,50	6,80	7,05	7,35	7,65	7,90	8,20	8,50	8,75	9,05
U toiture (W/m <sup>2</sup> .K)	0,18	0,18	0,17	0,16	0,16	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13
Masse surfacique (kg/m <sup>2</sup> )	4,41	4,61	4,81	5,01	5,21	5,41	5,61	5,81	6,01	6,21	6,41	6,61

Le calcul des valeurs « R isolant utile » prennent en compte :

- des languettes de largeur 190 et d'épaisseur 40 mm à entraxe 250 mm sur un support en plaque métallique PAB 4-40-1000,
- la conductivité thermique lambda 90/90 certifiée ACERMI de 35,4 mW/(mK) pour le Knauf Therm TTI Se.

Le calcul des valeurs « U toiture » prennent en compte les ponts thermiques de 4 vis métalliques de diamètre 4,8 mm / m<sup>2</sup>.



**Tableau 6 : exemples de résistance thermique utile « R isolant utile », coefficient de déperdition thermique « U toiture » et masse surfacique nominale du procédé Fesco-Knauf Therm Renovtoit BA**

Epaisseur (mm)	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210
	(40+50+30)	(40+50+40)	(40+50+50)	(40+50+60)	(40+50+70)	(40+50+80)	(40+50+90)	(40+50+100)	(40+50+110)	(40+50+120)
R isolant utile (m <sup>2</sup> .K/W)	2,25	2,55	2,85	3,10	3,40	3,70	3,95	4,25	4,55	4,80
U toiture (W/m <sup>2</sup> .K)	0,43	0,38	0,35	0,32	0,30	0,28	0,26	0,25	0,23	0,22
Masse surfacique (kg/m <sup>2</sup> )	12,66	12,86	13,06	13,26	13,46	13,66	13,86	14,06	14,26	14,46

Epaisseur (mm)	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310
	(40+50+130)	(40+50+140)	(40+50+150)	(40+50+160)	(40+50+170)	(40+50+180)	(40+50+190)	(40+50+200)	(40+50+210)	(40+50+220)
R isolant utile (m <sup>2</sup> .K/W)	5,10	5,35	5,65	5,90	6,20	6,50	6,75	7,05	7,35	7,60
U toiture (W/m <sup>2</sup> .K)	0,21	0,20	0,19	0,18	0,18	0,17	0,16	0,16	0,15	0,15
Masse surfacique (kg/m <sup>2</sup> )	14,66	14,86	15,06	15,26	15,46	15,66	15,86	16,06	16,26	16,46

Epaisseur (mm)	320	330	340	350	360
	(40+50+230)	(40+50+240)	(40+50+250)	(40+50+260)	(40+50+270)
R isolant utile (m <sup>2</sup> .K/W)	7,90	8,20	8,45	8,75	9,05
U toiture (W/m <sup>2</sup> .K)	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13
Masse surfacique (kg/m <sup>2</sup> )	16,66	16,86	17,06	17,26	17,46

**Tableau 7 : exemples de résistance thermique utile « R isolant utile », coefficient de déperdition thermique « U toiture » et masse surfacique nominale du procédé Termotoit-Knauf Therm Renovtoit BA**

Epaisseur (mm)	160	170	180	190	200	210	220
	(40+60+60)	(40+60+70)	(40+60+80)	(40+60+90)	(40+60+100)	(40+60+110)	(40+60+120)
R isolant utile (m <sup>2</sup> .K/W)	3,80	4,05	4,35	4,65	4,90	5,20	5,50
U toiture (W/m <sup>2</sup> .K)	0,27	0,26	0,24	0,23	0,22	0,21	0,20
Masse surfacique (kg/m <sup>2</sup> )	13,40	13,60	13,80	14,00	14,20	14,40	14,60

Epaisseur (mm)	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320
	(40+60+130)	(40+60+140)	(40+60+150)	(40+60+160)	(40+60+170)	(40+60+180)	(40+60+190)	(40+60+200)	(40+60+210)	(40+60+220)
R isolant utile (m <sup>2</sup> .K/W)	5,75	6,05	6,35	6,60	6,90	7,20	7,45	7,75	8,05	8,30
U toiture (W/m <sup>2</sup> .K)	0,19	0,18	0,17	0,17	0,16	0,16	0,15	0,15	0,14	0,14
Masse surfacique (kg/m <sup>2</sup> )	14,80	15,00	15,20	15,40	15,60	15,80	16,00	16,20	16,40	16,60

Epaisseur (mm)	330	340	350	360
	(40+60+230)	(40+60+240)	(40+60+250)	(40+60+260)
R isolant utile (m <sup>2</sup> .K/W)	8,60	8,85	9,15	9,45
U toiture (W/m <sup>2</sup> .K)	0,13	0,13	0,13	0,12
Masse surfacique (kg/m <sup>2</sup> )	16,80	17,00	17,20	17,40

Le calcul des valeurs « R isolant utile » prennent en compte :

- des languettes de largeur 190 et d'épaisseur 40 mm à entraxe 250 mm sur un support en plaque métallique PAB 4-40-1000,
- les conductivités thermiques lambda 90/90 certifiées ACERMI de 35,4 mW/(mK) pour le Knauf Therm TTI Se , et de 50 mW/(m.K) pour le Fesco C (tableau 6)
- les conductivités thermiques lambda 90/90 certifiées ACERMI de 35,4 mW/(mK) pour le Knauf Therm TTI Se , de 39 mW/(m.K) pour les languettes de laine de roche d'épaisseur 40 mm et de 38 mW/(m.K) pour les panneaux de laine de roche d'épaisseur 60 mm (tableau 7)

Le calcul des valeurs « U toiture » prennent en compte les ponts thermiques de 4 vis métalliques de diamètre 4,8 mm / m<sup>2</sup>.