

Document Technique d'Application

Référence Avis Technique **5.2/19-2378_V1**

Annule et remplace l'Avis Technique 5/14-2378

*Panneau en laine de roche
(MWR) nue non
porteur support
d'étanchéité*

*Non-loadbearing bare rock
wool panels (MWR) for
waterproofing support*

PANOTOIT TEKFI 2

Relevant de la norme

NF EN 13162

Titulaire et SAINT-GOBAIN ISOVER
Distributeur : Les Miroirs
18 avenue d'Alsace
FR-92096 Paris la Défense

Tél. : 01 47 62 40 00
Fax : 01 47 62 42 15
Internet : www.isover.fr
E-mail : isover.fr@saint-gobain.com

Groupe Spécialisé n° 5.2

Produits et Procédés d'étanchéité de toitures, parois enterrées et cuvelage

Publié le 19 février 2020



Commission chargée de formuler des Avis Techniques et Documents Techniques
d'Application

(arrêté du 21 mars 2012)

Secrétariat de la commission des Avis Techniques
CSTB, 84 avenue Jean Jaurès, Champs sur Marne, FR-77447 Marne la Vallée Cedex 2
Tél. : 01 64 68 82 82 - Internet : www.ccfat.fr

Le Groupe Spécialisé n 5.2 « Produits et Procédés d'étanchéité de toitures, parois enterrées et cuvelage » de la Commission chargée de formuler les Avis Techniques a examiné, le 21 octobre 2019, le procédé PANOTOIT TEKFI 2 présenté par la Société Saint-Gobain Isover. Il a formulé, sur ce procédé, le Document Technique d'Application ci-après. Cet Avis a été formulé pour les utilisations en France métropolitaine. Ce document annule et remplace l'Avis Technique 5/14-2378.

1. Définition succincte

1.1 Description succincte

Le procédé PANOTOIT TEKFI 2 est constitué de panneaux isolants thermiques non porteurs en laine de roche nue, de dimensions utiles :

- Longueur x largeur :
 - Usuellement 1 200 mm x 1 000 mm*,
 - *la longueur pouvant aller de 800 à 1 800 mm ;
- D'épaisseur allant de :
 - 50 à 160 mm.

Ces panneaux s'emploient en :

- Un lit d'épaisseur maximale 160 mm ;
- Plusieurs lits d'isolant PANOTOIT TEKFI 2 d'épaisseur maximale 260 mm.

1.2 Mise sur le marché

Conformément au Règlement UE n 305/2011 (RPC), le produit PANOTOIT TEKFI 2 fait l'objet d'une déclaration des performances établie par le fabricant sur la base de la norme NF EN 13162.

Les produits conformes à cette DdP sont identifiés par le Marquage CE.

1.3 Identification

Les panneaux sont emballés en palette sous film polyéthylène étirable.

Chaque palette ou colis porte une étiquette sur laquelle sont indiqués :

- La dénomination commerciale,
- Les dimensions du panneau,
- Le nom de l'usine,
- La date de fabrication,
- Le code produit,
- Les propriétés intrinsèques du panneau,
- Le numéro du certificat ACERMI,
- Le numéro du Document Technique d'Application.

Les produits mis sur le marché portent le marquage CE accompagné des informations visées par l'annexe ZA de la norme NF EN 13162.

Pour garantir le sens de la pose sur les éléments porteurs en tôles d'acier nervurées à ouverture haute de nervure ≥ 70 mm conformes au CPT, les panneaux comportent un sens de pose repéré sur les panneaux.

2. AVIS

2.1 Domaine d'emploi accepté

Ces panneaux sont admis en tant que support direct de revêtements d'étanchéité de toiture terrasse sur éléments porteurs en :

- Maçonnerie, pentes conformes aux normes NF DTU 20.12 et NF DTU 43.1 y compris la pente nulle. Les toitures visées sont les :
 - toitures inaccessibles, y compris chemins de circulation,
 - toitures inaccessibles avec revêtement d'étanchéité avec modules souples photovoltaïques sous Avis Technique, uniquement en travaux neufs,
 - terrasses à zones techniques (sans chemin de nacelles),
 - terrasses techniques y compris les chemins d'accès,
 - terrasses et toitures végétalisées avec des procédés de végétalisation sous Avis Technique ;
- Bois et panneaux à base de bois conformes à la norme NF DTU 43.4 ou de supports non traditionnels bénéficiant d'un Avis Technique justifiant leur utilisation en tant que support d'étanchéité. Les toitures visées sont les :
 - toitures inaccessibles, y compris chemins de circulation,
 - toitures inaccessibles avec revêtement d'étanchéité avec modules souples photovoltaïques sous Avis Technique, uniquement en travaux neufs,
 - terrasses à zones techniques (sans chemin de nacelles),
 - terrasses et toitures végétalisées avec des procédés de végétalisation sous Avis Technique ;

- Béton cellulaire autoclavé, faisant l'objet d'un Avis Technique pour l'emploi en élément porteur d'isolation et d'étanchéité. Les toitures visées sont les :

- toitures inaccessibles, y compris chemins de circulation,
- toitures inaccessibles avec revêtement d'étanchéité avec modules souples photovoltaïques sous Avis Technique, uniquement en travaux neufs,
- terrasses à zones techniques (sans chemin de nacelles),
- terrasses et toitures végétalisées avec des procédés de végétalisation sous Avis Technique ;

- Tôles d'acier nervurées, pentes conformes à la norme NF DTU 43.3 P1-1 et tôles d'acier nervurées conformes au CPT commun « Panneaux isolants non porteurs supports d'étanchéité mis en œuvre sur éléments porteurs en tôles d'acier nervurées dont l'ouverture haute de nervure est supérieure à 70 mm » (*Cahier du CSTB 3537_V2* de janvier 2009). Les toitures visées sont les :

- toitures inaccessibles, y compris chemins de circulation,
- toitures inaccessibles avec revêtement d'étanchéité avec modules souples photovoltaïques sous Avis Technique, uniquement en travaux neufs,
- terrasses à zones techniques (sans chemin de nacelles),
- terrasses et toitures végétalisées avec des procédés de végétalisation sous Avis Technique.

Pour des travaux établis en :

- Climat de plaine ou de montagne sous porte-neige ;
- Travaux neufs ou en réfection selon la norme NF DTU 43.5.

Les panneaux PANOTOIT TEKFI 2 peuvent être :

- Fixés mécaniquement avec des attelages de fixations mécaniques solides au pas.

Le principe de la fixation mécanique, des panneaux isolants et/ou du revêtement, est exclu au-dessus de locaux à très forte hygrométrie ;

- Collage à froid par plots de colles sous protection lourde meuble ;
- Posés libres sous protection meuble jusqu'à une pression de vent extrême de 3 927 Pa.

Les revêtements d'étanchéités peuvent être :

- Indépendants sous protection lourde ou meuble rapporté,
- Apparents et fixés mécaniquement avec des fixations solides au pas.

Emploi en climat de montagne sous porte neige

Associé à un porte-neige, ce procédé peut être employé en partie courante dans les conditions prévues par la norme NF DTU 43.11 (avril 2014) sur les éléments porteurs en maçonnerie, et dans les conditions prévues par le « Guide des toitures en climat de montagne » (*Cahier du CSTB 2267-2*) de septembre 1988 pour les éléments porteurs à base de bois.

Le porte-neige est toujours liaisonné à la charpente.

2.2 Appréciation sur le procédé

2.2.1 Satisfaction aux lois et règlements en vigueur et autres qualités d'aptitude à l'emploi

Sécurité en cas d'incendie

Dans les lois et règlements en vigueur, les dispositions à considérer pour les toitures proposées ont trait à la tenue au feu venant de l'extérieur et de l'intérieur.

Vis-à-vis du feu venant de l'extérieur

Le comportement au feu des toitures mises en œuvre sous une protection lourde conformes à celles de l'arrêté du 14 février 2003 satisfont aux exigences vis-à-vis du feu extérieur (art. 5 de l'arrêté du 14 février 2003).

Le classement de tenue au feu des revêtements apparents est indiqué dans les Documents Techniques d'Application particuliers aux revêtements.

Vis-à-vis du feu intérieur

Les dispositions réglementaires à considérer sont fonction de la destination des locaux, de la nature et du classement de réaction au feu de l'isolant et de son support.

Pose en zones sismiques

Selon la réglementation sismique définie par :

- Le décret n° 2010-1254 relatif à la prévention du risque sismique ;
- Le décret n° 2010-1255 portant sur la délimitation des zones de sismicité du territoire français ;
- L'arrêté du 22 octobre 2010 modifié relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal ».

Le procédé peut être mis en œuvre, en respectant les prescriptions du Dossier Technique sur des bâtiments de catégorie d'importance I, II, III et IV, situés en zone de sismicité 1 (très faible), 2 (faible), 3 (modérée) et 4 (moyenne), sur des sols de classe A, B, C, D et E.

Prévention des accidents lors de la mise en œuvre

Le procédé dispose de Fiches de Données de Sécurité (FDS). L'objet des FDS est d'informer l'utilisateur de ce procédé sur les dangers liés à son utilisation et sur les mesures préventives à adopter pour les éviter, notamment par le port d'Équipements de Protection Individuelle (EPI). Les FDS sont disponibles à la Société Saint-Gobain Isover.

La manutention des panneaux de plus de 25 kg doit se faire par un minimum de deux personnes.

Données environnementales

Il existe une Déclaration Environnementale (DE) pour le produit PANOTOIT TEKFI 2 mentionnée au § C1 du Dossier Technique établi par le demandeur. Il est rappelé que cette DE n'entre pas dans le champ d'examen d'aptitude à l'emploi du produit.

Aspects sanitaires

Le présent Avis est formulé au regard de l'engagement écrit du titulaire de respecter la réglementation, et notamment l'ensemble des obligations réglementaires relatives aux substances dangereuses, pour leur fabrication, leur intégration dans les ouvrages du domaine d'emploi accepté et l'exploitation de ceux-ci. Le contrôle des informations et déclarations délivrées en application des réglementations en vigueur n'entre pas dans le champ du présent Avis. Le titulaire du présent Avis conserve l'entière responsabilité de ces informations et déclarations.

Isolation thermique

L'arrêté du 26 octobre 2010 et du 28 décembre 2012 (Réglementation Thermique 2012) n'impose pas d'exigence minimale sur la transmission thermique surfacique des parois. La transmission thermique surfacique des parois intervient comme donnée d'entrée dans le calcul du besoin bioclimatique (Bbio) et de la consommation globale du bâtiment pour lesquels l'arrêté fixe une exigence réglementaire. La vérification du respect de la réglementation thermique s'effectue au cas par cas en utilisant les règles de calculs réglementaires (Th-BCE et Th-bât).

Le § 3.33 du Dossier Technique donne les résistances thermiques du panneau isolant certifiées par l'ACERMI pour l'année en cours de validité. Il appartiendra cependant à l'utilisateur de vérifier que le certificat ACERMI est toujours valide ; faute de quoi, il y aurait lieu de se reporter aux Règles Th-U pour déterminer la résistance thermique utile de l'isolant.

Pour les constructions neuves qui entrent dans le champ d'application de la Réglementation Thermique, la paroi dans laquelle est incorporé l'isolant support d'étanchéité PANOTOIT TEKFI 2 devra satisfaire aux exigences du tableau VIII du fascicule 1/5 « Coefficient $U_{bât}$ » des Règles Th-U, qui définit le coefficient (U_p) surfacique maximum admissible pour la paroi-toiture.

Les constructions existantes sont soumises aux dispositions de l'arrêté du 22 mars 2017, relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants, qui définit la résistance thermique totale minimum que la paroi doit respecter lorsqu'il est applicable.

De plus, sur élément porteur en tôles d'acier nervurées, l'influence des fixations mécaniques du revêtement d'étanchéité fixé mécaniquement est à prendre en compte conformément aux dispositions prévues dans les Règles Th-U (Fascicule 4/5), avec le coefficient ponctuel du pont thermique intégré « $\chi_{fixation}$ » indiqué au Dossier Technique.

Acoustique

Les performances acoustiques des systèmes constituent des données nécessaires à l'examen de la conformité d'un bâtiment vis-à-vis de la réglementation acoustique en vigueur :

- Arrêté du 30 juin 1999 relatif aux bâtiments d'habitation ;
- Arrêté du 25 avril 2003 relatif aux hôtels, établissements d'enseignement et de santé ;
- Arrêté du 13 avril 2017 relatif aux travaux de rénovation en zones exposées au bruit.
- Les performances acoustiques du procédé envisagé au DTED ne sont pas connues.

2.22 Durabilité – Entretien

Dans le domaine d'emploi accepté, la durabilité du procédé isolant PANOTOIT TEKFI 2 est satisfaisante.

Entretien

cf. normes NF DTU série 43.

2.23 Fabrication et contrôle

Cet Avis est formulé en prenant en compte les contrôles et modes de vérification de fabrication décrits dans le Dossier Technique Établi par le Demandeur (DTED).

2.24 Mise en œuvre

La mise en œuvre est faite par les entreprises d'étanchéité qualifiées. Sous cette condition, elle ne présente pas de difficultés particulières.

Les grandes dimensions nécessitent un équipement particulier ou une grue de chantier pour le montage en toiture, ainsi que des précautions pour l'entreposage des palettes (poids pouvant atteindre 700 kg pour un colis constitué de deux demi-palettes) à l'aplomb des fermes.

La Société Saint-Gobain Isover apporte une assistance technique sur demande de l'entreprise de pose, notamment pour le calcul de la densité et du calepinage des fixations mécaniques sur les éléments porteurs.

2.25 Assistance technique

La Société Saint-Gobain Isover est tenue d'apporter une assistance technique sur demande de l'entreprise de pose.

2.3 Prescriptions techniques

2.3.1 Éléments porteurs en bois massif ou en panneaux à base de bois

La mise en œuvre du procédé sur un élément porteur en bois, de panneaux de contreplaqué, de panneaux de particules est possible, si le support est constitué d'un matériau conforme à la norme NF DTU 43.4 P1-2.

Pour les autres cas, le Document Technique d'Application de l'élément porteur à base de bois doit indiquer les conditions de mise en œuvre du procédé d'étanchéité : mode(s) de liaisonnement du revêtement sur le support, choix des attelages de fixation mécanique des panneaux isolants, limite au vent extrême du système selon les Règles NV 65 modifiées. En outre, dans le cas d'un support en panneaux sandwichs, le Document Technique d'Application précisera si l'ancrage doit se faire dans le parement supérieur ou inférieur du système.

2.3.2 Attelages de fixations mécaniques des panneaux isolants et/ou du revêtement

- a) L'emploi d'attelages de fixations mécaniques pour la liaison des panneaux isolants, et/ou celle du revêtement d'étanchéité, doit être précédé d'une vérification systématique des valeurs d'ancrage des fixations envisagées dans le cas de supports en bois et panneaux à base de bois, conformément à l'*e-Cahier du CSTB 3564* de juin 2006.
- b) L'usage de fixation mécanique est exclu au-dessus de locaux à très forte hygrométrie ($\frac{W}{n} > 7,5 \text{ g/m}^3$).
- c) Les attelages de fixations mécaniques doivent être solides au pas. Ces attelages sont munis d'un dispositif empêchant le dépassement de l'élément de liaison (vis par exemple) au-dessus de la plaquette ou rondelle de répartition. Les attelages répondant à la norme NF P 30-317 satisfont à cette condition.

2.3.3 Implantation des zones techniques

Pour les zones techniques, les Documents Particuliers du Marché précisent, lorsqu'il y a en toiture, des équipements qui justifient le traitement de la toiture en zone(s) technique(s), l'implantation et la surface de ces zones. Dans le cas de toitures sur éléments porteurs en tôles d'acier nervurées (TAN) ou en bois ou panneaux à base de bois, la surface unitaire de la zone technique ou de chaque partie constituant chaque zone technique ne sera jamais inférieure à 200 m².

2.3.4 Intervention des autres entreprises

Le stockage sur la toiture de matériaux et matériels, appartenant à des entreprises autres que celle d'étanchéité, est interdit.

L'intervention d'autres entreprises sur la toiture pendant et après la réalisation des ouvrages d'étanchéité est également interdite.

2.3.5 Cas de la réfection

Il est rappelé que la vérification au préalable de la stabilité de l'ouvrage dans les conditions de la norme NF DTU 43.5 vis-à-vis des risques d'accumulation d'eau, est à la charge du maître d'ouvrage.

Fixations mécaniques préalables des panneaux et définitives du revêtement d'étanchéité

L'emploi d'attelages de fixations mécaniques pour la liaison des panneaux isolants, et/ou celle du revêtement d'étanchéité, doit être précédée d'une vérification systématique des valeurs d'ancrage des fixations envisagées dans le cas de supports en bois et panneaux à base de bois conformément au *Cahier du CSTB 3564* de juin 2006.

Dans le cas où il existe une couche isolante existante, et à moins que la contrainte en compression à 10 % de déformation de ce support isolant ne soit connue ou lorsqu'elle est inférieure à 100 kPa (norme NF EN 826), les attelages de fixation doivent être de type « solide au pas ».

Conclusions

Appréciation globale

L'utilisation du procédé dans le domaine d'emploi accepté, est appréciée favorablement.

Validité

À compter de la date de publication présente en première page et jusqu'au 31 octobre 2026.

*Pour le Groupe Spécialisé n° 5.2
Le Président*

3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Il est rappelé que sont visées les toitures inaccessibles avec revêtement d'étanchéité avec modules souples photovoltaïques sous Avis Technique, uniquement en travaux neufs.

*Pour le Groupe Spécialisé n° 5.2
Le Rapporteur*

Dossier Technique

établi par le demandeur

A. Description

1. Principe

Le procédé PANOTOIT TEKFI 2 est constitué de panneaux isolants thermiques non porteurs en laine de roche nue, de dimensions utiles :

- Longueur x largeur :
 - Usuellement 1 200 mm x 1 000 mm*,
 - *la longueur pouvant aller de 800 à 1 800 mm ;
- D'épaisseur allant de :
 - 50 à 160 mm.

Ces panneaux s'emploient en :

- Un lit d'épaisseur maximale 160 mm ;
- Plusieurs lits d'isolant PANOTOIT TEKFI 2 d'épaisseur maximale 260 mm.

2. Domaine d'emploi

Ces panneaux sont admis en tant que support direct de revêtements d'étanchéité de toiture terrasse sur éléments porteurs en :

- Maçonnerie, pentes conformes aux normes NF DTU 20.12 et NF DTU 43.1 y compris la pente nulle. Les toitures visées sont les :
 - toitures inaccessibles, y compris chemins de circulation,
 - toitures inaccessibles avec revêtement d'étanchéité avec modules souples photovoltaïques sous Avis Technique, uniquement en travaux neufs,
 - terrasses à zones techniques (sans chemin de nacelles),
 - terrasses techniques y compris les chemins d'accès,
 - terrasses et toitures végétalisées avec des procédés de végétalisation sous Avis Technique ;
- Bois et panneaux à base de bois conformes à la norme NF DTU 43.4 ou de supports non traditionnels bénéficiant d'un Avis Technique justifiant leur utilisation en tant que support d'étanchéité. Les toitures visées sont les :
 - toitures inaccessibles, y compris chemins de circulation,
 - toitures inaccessibles avec revêtement d'étanchéité avec modules souples photovoltaïques sous Avis Technique, uniquement en travaux neufs,
 - terrasses à zones techniques (sans chemin de nacelles),
 - terrasses et toitures végétalisées avec des procédés de végétalisation sous Avis Technique ;
- Béton cellulaire autoclavé, faisant l'objet d'un Avis Technique pour l'emploi en élément porteur d'isolation et d'étanchéité. Les toitures visées sont les :
 - toitures inaccessibles, y compris chemins de circulation,
 - toitures inaccessibles avec revêtement d'étanchéité avec modules souples photovoltaïques sous Avis Technique, uniquement en travaux neufs,
 - terrasses à zones techniques (sans chemin de nacelles),
 - terrasses et toitures végétalisées avec des procédés de végétalisation sous Avis Technique ;
- Tôles d'acier nervurées, pentes conformes au NF DTU 43.3 P1-1 et tôles d'acier nervurées conformes au CPT commun « Panneaux isolants non porteurs supports d'étanchéité mis en œuvre sur éléments porteurs en tôles d'acier nervurées dont l'ouverture haute de nervure est supérieure à 70 mm » (*Cahier du CSTB 3537_V2* de janvier 2009). Les toitures visées sont les :
 - toitures inaccessibles, y compris chemins de circulation,
 - toitures inaccessibles avec revêtement d'étanchéité avec modules souples photovoltaïques sous Avis Technique, uniquement en travaux neufs,
 - terrasses à zones techniques (sans chemin de nacelles),
 - terrasses et toitures végétalisées avec des procédés de végétalisation sous Avis Technique.

Pour des travaux établis en :

- Climat de plaine ou de montagne sous porte-neige ;
- Travaux neufs ou en réfection selon la norme NF DTU 43.5.

Les panneaux PANOTOIT TEKFI 2 peuvent être :

- Fixés mécaniquement avec des attelages de fixations mécaniques solides au pas.

Le principe de la fixation mécanique, des panneaux isolants et/ou du revêtement, est exclu au-dessus de locaux à très forte hygrométrie ;

- Collage à froid par plots de colles sous protection lourde meuble ;
- Posés libres sous protection meuble jusqu'à une pression de vent extrême de 3 927 Pa.

Les revêtements d'étanchéités peuvent être :

- Indépendants sous protection lourde ou meuble rapporté,
- Apparents et fixés mécaniquement avec des fixations solides au pas.

3. Éléments et Matériaux

3.1 Désignation commerciale

PANOTOIT TEKFI 2.

3.2 Définition du matériau

Le produit PANOTOIT TEKFI 2 est constitué de laine de roche imprégnée de résines synthétiques thermodurcissables.

Le panneau PANOTOIT TEKFI 2 reçoit un marquage en continu sur une des faces du panneau, dans le sens de la longueur (sens production) réalisé par brûlage, afin d'identifier le sens de pose lors de la mise en œuvre sur tôles d'acier nervurées à ouverture haute de nervure > 70 mm (cf. 6.311).

3.3 Caractéristiques spécifiées du matériau

3.3.1 Spécifications du matériau

-Cf. tableau 1 en fin de Dossier Technique.

Les modalités d'essai sont celles du « Guide technique UEAtc pour l'agrément des systèmes isolants supports d'étanchéité des toitures plates et inclinées », CPT Commun du *Cahier du CSTB 2662_V2* de juillet 2010, et des normes européennes.

Le matériau est conforme à l'annexe ZA de la norme européenne NF EN 13162.

3.3.2 Résistances thermiques

Le tableau 2 du Dossier Technique donne, pour les épaisseurs 50 à 160 mm, la résistance thermique utile à prendre en compte pour le calcul des coefficients de déperdition thermique. Les valeurs sont celles du certificat ACERMI n° 10/018/680 en cours de validité en 2019. Il appartiendra à l'utilisateur de se référer au certificat ACERMI de l'année en cours.

À défaut d'un certificat valide, les résistances thermiques de l'isolant seront calculées en prenant la conductivité thermique utile selon les Règles Th-U, soit en utilisant une valeur par défaut, soit en multipliant par 0,85 la résistance thermique déclarée (R_D).

3.3.3 Épaisseur minimale sur TAN

Sur tôles d'acier nervurées conforme à la norme NF DTU 43.3 et présentant une largeur haute de vallée maximale de 70 mm, l'épaisseur minimale du panneau isolant est de 50 mm.

Sur éléments porteurs en tôles d'acier nervurées à ouverture haute de nervure > 70 mm conformes au *Cahier du CSTB 3537_V2* de janvier 2009, l'épaisseur minimale du panneau isolant PANOTOIT TEKFI 2 est de 80 mm. Se reporter au § 6.311 et au tableau 11.

3.3.4 Tassement absolu (mm) sous charges d'utilisation réparties sur élément porteur en maçonnerie

Le *tableau 10* est utilisable jusqu'à un tassement de 2 mm admis pour les revêtements d'étanchéité.

3.4 Autres matériaux

3.4.1 Accessoires de fixation

On utilise :

- Des attelages de fixations mécaniques, solides au pas, prescrits par la norme NF DTU série 43 ou par l'Avis Technique de la dalles de béton cellulaire autoclavé armé et conformes au CPT Commun du *e-Cahier du CSTB 3564 «Résistance au vent des isolants, supports de systèmes d'étanchéité de toitures »* de juin 2006.

Nota : système de fixation « solide au pas » : ce terme s'applique à un attelage composé d'un élément de liaison et d'une plaquette de répartition servant à assurer la fixation mécanique d'un isolant ou d'un revêtement d'étanchéité sur un support. Cet attelage est muni d'un dispositif permettant d'éviter, en service, le désaffleurement de la tête de l'élément de liaison (par exemple : vis) de la partie supérieure de la plaquette de répartition. Les attelages répondant à la norme NF P 30-317 satisfont cette condition.

3.42 Membrane pare-vapeur

La membrane pare-vapeur et son jointement sont définis :

- Dans les normes NF DTU 43.1, NF DTU 43.3+A1, NF DTU 43.4, NF DTU 43.11 et NF DTU 43.5.
- Dans les Avis Technique des dalles de béton cellulaire autoclavé pour l'emploi en élément porteur d'isolation et d'étanchéité.
- Dans les Documents Techniques d'Application du revêtement d'étanchéité.

L'écran pare-vapeur et son jointolement sont définis par la norme NF DTU série 43 ou par le Document Technique d'Application du revêtement.

3.43 Matériaux d'étanchéité

On utilise les revêtements d'étanchéité non traditionnels lorsque leurs Documents Techniques d'Application particuliers prévoient l'application sur la laine de roche, fixé mécaniquement avec des attelages de fixations solides au pas, ou en indépendance sous protection lourde.

Les limites d'emploi et les prescriptions concernant les performances des revêtements d'étanchéité selon l'emploi figurent dans les tableaux 3, 4 et 4bis du Dossier Technique.

4. Fabrication - Contrôles

4.1 Centre de fabrication

La fabrication est effectuée dans l'usine de la Société EUROCOUSTIC à Genouillac (23350).

4.2 Description de la fabrication

La fabrication comporte les principales étapes suivantes :

- la préparation de fibres de roche,
- l'encollage des fibres,
- le pressage et la polymérisation du mat en tunnel,
- le découpage,
- l'emballage et palettisation.

4.3 Contrôles de fabrication

L'autocontrôle est réalisé conformément à la norme NF EN 13162, et fait l'objet d'un suivi dans le cadre de la certification ACERMI. Les autocontrôles portent notamment sur les points suivants :

- a) Sur chaîne de fabrication en continu : poids, aspects ;
- b) Sur produit fini :
 - à raison de 1 panneau / 2 heure : dimensions (longueur, largeur, épaisseur), compression à 10 %, perte au feu, traction perpendiculaire, équilibrage.
 - à raison de 1 panneau / 1 heure : densité,
 - à raison de 1 panneau / 8 heures : conductivité thermique,
 - à raison de 1 panneau par mois : absorption d'eau par immersion,
 - à raison de 3 épaisseurs de panneaux par mois, épaisseurs mini - intermédiaire - maxi fabriquées : charges statiques concentrées selon § 5 du Cahier du CSTB 3537_V2.

4.4 Conditionnement, marquage

4.4.1 Conditionnement

Pour les épaisseurs strictement inférieures à 80 mm, les panneaux supports sont emballés en colis unitaires sous film polyéthylène thermorétracté. Les colis unitaires sont livrés sur palettes housées ou protégées par un banderolage en film plastique.

Pour les épaisseurs supérieures ou égales à 80 mm, les panneaux supports sont empilés sur palettes housées ou protégées par un banderolage en film plastique.

Les colis ou palettes sont de hauteur maximale de 2,40 m.

4.4.2 Marquage

Chaque palette porte une étiquette précisant : marque commerciale, dimensions, surface, résistance thermique ACERMI, référence de fabrication et d'origine, numéro de DTA et marquage CE.

Un marquage en continu sur une des faces du panneau, dans le sens de la longueur (sens production), par brûlage, permet son identification.

5. Prescriptions préalables à la mise en œuvre

5.1 Prescriptions relatives aux éléments porteurs

- Les éléments porteurs en maçonnerie sont conformes aux normes NF DTU 20.12 et NF DTU 43.1.

Sur les formes de pente en béton lourd ou léger, les voiles précontraints, les voiles minces préfabriqués, les corps creux avec ou sans chape de répartition, les planchers à chauffage intégré, les planchers comportant des distributions électriques noyées, les éléments porteurs de type D, ni l'isolant, ni le revêtement d'étanchéité ne peuvent être fixés mécaniquement.

En outre, les fixations mécaniques sont prohibées sur des locaux à très forte hygrométrie ;

- Les éléments porteurs en béton cellulaire autoclavé armé sont conformes aux Avis Technique en cours de validité des dalles de toiture en béton cellulaire autoclavé armé lorsque leur emploi est prévu avec isolation rapportée ;
- Les éléments porteurs en tôles d'acier nervurées sont conformes à la norme NF DTU 43.3 ou à leurs Avis Techniques particuliers ;
- Les éléments porteurs en tôles d'acier nervurées d'ouverture haute de nervure (Ohn) > 70 mm sont conformes aux prescriptions du *Cahier du CSTB 3537_V2* de janvier 2009 ou à leurs Avis Techniques particuliers ;
- Les éléments porteurs en bois et panneaux à base de bois sont conformes à la norme NF DTU 43.4 ou à leurs Avis Techniques ou DTA particuliers.

5.2 Prescriptions relatives aux supports constitués par d'anciens revêtements d'étanchéité

Ce sont d'anciennes étanchéités type asphalte - multicouche traditionnel ou à base de bitume modifié - ciment volcanique - enduit pâteux, membrane synthétique pouvant être sur différents éléments porteurs : bacs aciers, bois et panneaux à base de bois, maçonnerie, béton cellulaire autoclavé, isolants sur les éléments porteurs précités (cf. tableau 12).

Les critères de conservation et de préparation de ces anciennes étanchéités sont définis dans la norme NF DTU 43.5.

Les critères de conservation et de préparation des autres éléments de la toiture (éléments porteurs, pare-vapeur, isolant thermique, protection) doivent respecter également ce document.

6. Mise en œuvre

6.1 Généralités et conditions d'emploi

Les palettes non déhousées peuvent être stockées à l'extérieur pendant 1 mois environ. Les emballages doivent être ouverts à proximité du lieu de pose.

Aucun panneau ne devra être utilisé s'il est humidifié dans son épaisseur. En cas d'orage, les panneaux devront être protégés d'une bâche ou, mieux, avoir été recouverts par la première couche d'étanchéité dès leur pose. Au cas où la surface seule du panneau est légèrement humide, un séchage est nécessaire, avant la pose de la première couche d'étanchéité.

Les prescriptions de mise en œuvre des normes DTU série 43 correspondant à l'élément porteur ou les prescriptions de mise en œuvre des Avis techniques des dalles de toitures armées en béton cellulaire autoclavé s'appliquent.

Les panneaux sont disposés en quinconce et fixés à l'élément porteur selon les prescriptions du tableau 5 (cf. § 6.3 du Dossier Technique).

Le revêtement d'étanchéité peut être mis en œuvre selon l'une des méthodes décrites dans le tableau 8 (cf. § 6.4 du Dossier Technique).

Pour ne pas détériorer les panneaux qui reçoivent un passage fréquent pendant les travaux, il convient de les recouvrir provisoirement d'une protection rigide, d'un platelage en bois par exemple.

6.2 Mise en œuvre de la barrière de vapeur

On se conformera aux prescriptions de la norme NF DTU série 43 concernée, aux Avis Techniques des dalles de toitures armées en béton cellulaire autoclavé armé, ou à celles des Documents Techniques d'Application particuliers aux revêtements.

6.3 Mise en œuvre des panneaux isolants

6.3.1 Mode de liaison à l'élément porteur

Se reporter aux tableaux 5 à 7 en fin de Dossier Technique.

Les PANOTOIT TEKFI 2 sont mis en œuvre, en quinconce, sur l'élément porteur selon l'une des modalités prescrites dans le tableau 5 du Dossier Technique.

La pente maximale d'emploi est de 5 % sous protection lourde, et 100 % sous revêtement apparent.

Dans le cas de fortes isolations, les panneaux peuvent être utilisés en plusieurs lits avec joints des lits supérieurs décalés de ceux des lits inférieurs, jusqu'à une épaisseur d'au plus 260 mm. La mise en œuvre doit être conforme aux tableaux 6 et 7 du Dossier Technique.

Pose sous revêtement fixé mécaniquement

Dans le cas de la mise en œuvre d'un complexe d'étanchéité fixé mécaniquement, le panneau est préalablement fixé sur versants plans par 1 fixation mécanique en position centrale par panneau de longueur $\leq 1\ 500$ mm et 2 fixations par panneau de longueur $> 1\ 500$ mm et $\leq 1\ 800$ mm, ou 4 fixations au moins par panneau sur versants courbes.

Il est nécessaire d'avoir au minimum 2 fixations par panneaux lorsque la ligne de fixation des revêtements d'étanchéité ne passe pas par un panneau isolant.

Le nombre final de fixations est donné par le DTA du revêtement.

6.311 Sur éléments porteurs en tôles d'acier nervurées

Se reporter aux tableaux 5 et 6 du Dossier Technique.

L'ensemble des prescriptions de la norme NF DTU 43.3 s'applique.

La ligne continue des joints entre panneaux doit être perpendiculaire aux nervures.

Cas des éléments porteurs en tôles d'acier nervurées à ouverture haute de nervure > 70 mm conformes au Cahier du CSTB 3537_V2 de janvier 2009

L'épaisseur du panneau en fonction de la largeur haute de vallée doit être conforme au § 3.33 du Dossier Technique.

L'épaisseur minimale d'isolant est définie au tableau 11 en fonction de l'ouverture haute de nervure (Ohn).

La ligne continue marquée sur le panneau est obligatoirement parallèle aux nervures des TAN (cf. figure 1).

Exemple de marques commerciales de TAN dites à ouverture haute de nervure > 70 mm :

- HACIERCO 39 TSE (Ohn 72 mm) ;
- HACIERCO 118 HP (Ohn 110 mm) ;
- HACIERCO 109 HP (largeur 122 mm).
- PML 158 SE (Ohn 131 mm) ;

6.312 Sur éléments porteurs en bois et à base de bois

Se reporter aux tableaux 5 et 6 du Dossier Technique.

La mise en œuvre doit être conforme aux prescriptions de la norme NF DTU 43.4.

Lorsque les panneaux sont posés en un seul lit, ils peuvent être posés libres sous protection meuble jusqu'à une pression de vent extrême de 3 927 Pa (selon les Règles NV 65 modifiées), sans limitation de surface à condition qu'une organisation spécifique du chantier permette de prévenir à tout moment, et en particulier en fin de journée, l'humidification de l'isolant. La pose du pare-vapeur, de l'isolant, du revêtement d'étanchéité et du lestage sont coordonnées pour assurer la mise hors d'eau et le lestage dans une même opération.

6.313 Sur éléments porteurs en maçonnerie

Se reporter aux tableaux 5 et 7 du Dossier Technique.

La longueur des panneaux est limitée à 1 200 mm.

La mise en œuvre doit être conforme aux prescriptions de la norme NF DTU 43.1.

Sous protection lourde rapportée, la fixation en un seul lit peut se faire par plots de colle à froid, dans les conditions décrites par les DTA particuliers aux revêtements d'étanchéité non traditionnels associés.

Lorsque les panneaux sont posés en un seul lit, ils peuvent être posés libres sous protection lourde jusqu'à une pression de vent de 3 927 Pa (selon Règles V 65 modifiées), sans limitation de surface à condition qu'une organisation spécifique du chantier permette de prévenir à tout moment, et en particulier en fin de journée, l'humidification de l'isolant. La pose libre du lit supérieur sous protection lourde est également envisageable, dans les mêmes conditions que la pose d'un lit unique. La pose du pare-vapeur, de l'isolant, du revêtement d'étanchéité et du lestage est coordonnée pour assurer la mise hors d'eau et le lestage dans une même opération.

Dans le cas de la fixation mécanique sur l'élément porteur en maçonnerie (toutes pentes), l'ensemble des prescriptions de la norme NF DTU 43.1 s'applique.

6.314 Sur éléments porteurs en béton cellulaire

Se reporter aux tableaux 5 et 7 du Dossier Technique.

La longueur des panneaux est limitée à 1 200 mm.

La mise en œuvre doit être conforme aux Avis Techniques en cours de validité des dalles de toitures en béton cellulaire autoclavé armé lorsque leur emploi est prévu avec isolation rapportée.

Pose libre des panneaux : se reporter au § 6.313.

6.32 Pose sur toiture courbe (uniquement TAN conformes à la NF DTU 43.3 et en un lit d'isolant)

La mise en œuvre sur toitures courbes sera conforme aux dispositions suivantes :

- Panneau fixé mécaniquement :

Le rayon de courbure minimum est déterminé, dans les *tableaux* 9 et 9bis du Dossier Technique, pour chaque épaisseur de panneau maintenu préalablement par 4 fixations mécaniques (solides au pas) au minimum réparties à chaque angle, à 15 cm de chacun des bords du panneau ;

- Pour les autres cas, on distingue trois possibilités :

1) Panneaux de largeur réduite $L \leq \sqrt{R/100}$ (en mètres). Les panneaux sont fixés préalablement par 1 fixation / panneau et 2 fixations / grands panneaux (longueur > 1500 mm). Les fixations définitives sont celles du revêtement, selon son DTA.

2) Panneaux entiers, qui permettent un léger cintrage éventuellement facilité par des entailles en sous face à l'écartement de $\sqrt{R/100}$ (en mètres). Les panneaux sont fixés préalablement par 4 fixations / panneau. Les fixations définitives sont celles du revêtement, selon son DTA.

3) Panneaux entiers, qui permettent un léger cintrage éventuellement facilité par des entailles en sous face à l'écartement de $\sqrt{R/50}$ (en mètres). Les bandes entre entailles sont fixées préalablement par 4 fixations / bande. Les fixations définitives sont celles du revêtement, selon son DTA.

6.33 Précautions d'emploi pour les panneaux de grande dimension (> 1 500 mm)

Lorsque l'une des dimensions des panneaux dépasse 1 500 mm, il y a lieu de prendre les dispositions suivantes dans l'organisation du chantier :

- Accès au chantier et déchargement : prévoir une aire de déchargement et de stockage à pied d'œuvre, plate et facilement accessible aux camions. Décharger les palettes au chariot (grue...) à fourches. Le déchargement manuel est exclu ;
- Stockage au sol : le gerbage n'est pas admis. Les palettes non déhousées peuvent être stockées à l'extérieur pendant 1 mois environ ;
- Montage sur la toiture : la manutention des panneaux individuels n'est admise que sur la toiture et pour la pose immédiate ; il y a donc lieu d'approvisionner la toiture par palettes entières. Deux modes d'approvisionnement sont indiqués comme exemples :
 - a) Montage des palettes non déhousées à la grue et entreposage des palettes entières (2 x 350 kg). Dans ce cas, la pose des panneaux peut être différée. Les palettes sont réparties sur la toiture au droit des fermes de façon à constituer une charge de montage admissible, en accord avec le bureau d'études. Elles sont éventuellement posées sur un platelage.
 - b) Montage des palettes non déhousées à la grue et entreposage des palettes entières (2 x 350 kg) au bord de la toiture. Dans ce cas, les panneaux individuels sont repris manuellement pour leur mise en œuvre immédiate sur la toiture ;
- Manutention : compte tenu des grandes dimensions, toutes précautions doivent être prises pour éviter d'abîmer les panneaux, par exemple :
 - la manutention nécessite au minimum 2 personnes,
 - des chariots de manutention spécifiques peuvent faciliter les opérations. Dans ce cas, les panneaux doivent être transportés sur chant.

6.4 Mise en œuvre des revêtements d'étanchéité

Le revêtement d'étanchéité doit être appliqué sur l'isolant sec. Les prescriptions de performances selon les emplois figurent sur les tableaux 3, 4 et 4bis du Dossier Technique.

Le tableau 8 du Dossier Technique indique les différents modes possibles de mise en œuvre du revêtement d'étanchéité.

Les conditions de pose sur isolant en laine de roche figurent dans les Avis Techniques ou DTA particuliers aux revêtements. L'interposition d'un écran d'indépendance est cependant inutile dans le cas de revêtement indépendant.

6.5 Protection lourde éventuelle de l'étanchéité

Se reporter aux prescriptions des normes / DTU, ou aux Avis Techniques ou DTA des revêtements d'étanchéité.

La protection lourde est dure ou meuble.

En toitures techniques et zones techniques, la protection est dure uniquement.

Se reporter à l'Avis Technique du procédé de végétalisation dans le cas de terrasses et toitures végétalisées.

7. Emploi en climat de montagne

L'emploi du PANOTOIT TEKFI 2 est possible en climat de montagne.

On se reportera aux prescriptions du NF DTU 43.11 (Avril 2014) sur les éléments porteurs en maçonnerie, ou aux DTA correspondants et à celles prévues dans le « Guide des toitures en climat de montagne » (Cahier du CSTB 2267-2 de septembre 1988) pour les éléments porteurs en TAN et en panneaux à base de bois.

La mise en œuvre de la protection de l'étanchéité est assurée conformément à la technique du porte-neige, quel que soit l'élément porteur.

8. Détermination de la résistance thermique utile

Les modalités de calcul de « U_p » ou coefficient de déperdition par transmission à travers la paroi-toiture sont données dans les Règles Th-Bât / Th-U. Pour le calcul, il faut prendre en compte la résistance thermique utile des panneaux isolants donnée au *tableau 2*.

Les ponts thermiques intégrés courants doivent être pris en compte, conformément au Cahier des Prescriptions Techniques communes « Ponts thermiques intégrés courants des toitures métalliques étanchées » (*e-Cahier du CSTB 3688* de janvier 2011), les panneaux PANOTOIT TEKFI 2 étant fixés mécaniquement, ainsi que ceux du revêtement d'étanchéité lorsqu'il est fixé mécaniquement :

$$U_p = U_c + \Delta U_{\text{fixation}}$$

avec :

$$\Delta U_{\text{fixation}} = \frac{\sum \chi_{\text{fixation}}}{A} = \text{densité de fixation (}/m^2) \times \chi_{\text{fixation}}$$

dans laquelle :

- χ_{fixation} : coefficient ponctuel du pont thermique intégré, en W/K, fixé par le CPT Commun de l'*e-Cahier du CSTB 3688* (janvier 2011), en fonction du diamètre des fixations :
 - $\varnothing 4,8 \text{ mm} \rightarrow \chi_{\text{fixation}} = 0,006 \text{ W/K}$,
 - $\varnothing 6,3 \text{ mm} \rightarrow \chi_{\text{fixation}} = 0,008 \text{ W/K}$;
- A : surface totale de la paroi, en m^2 ;
- Le coefficient majorateur $\Delta U_{\text{fixation}}$ calculé, en $W/(m^2.K)$, doit être arrondi à deux chiffres significatifs ; exemple : $0,006 \times 8 \rightarrow 0,05$, $0,008 \times 8 = 0,06$.

Le nombre de fixations par m^2 , outre celle(s) préalable(s), est déterminé dans les DTA particuliers des revêtements d'étanchéité.

Exemple d'un calcul thermique

Hypothèse de la construction de la toiture : bâtiment fermé et chauffé, à Brest (Finistère) (zone climatique H2)	avec $U_c = \frac{1}{\sum R}$
- toiture plane avec résistances superficielles ($R_{si} + R_{se} = 0,140 \text{ m}^2.K/W$)	$\Rightarrow 0,140 \text{ m}^2.K/W$
- élément porteur TAN crevée avec pare-vapeur - 2 lits de panneau PANOTOIT TEKFI 2 de dimension 1 200 x 1 000 mm et d'épaisseur 130 mm chacun ($R_{\text{certifié}} = 3,25 \text{ m}^2.K/W$) - étanchéité bicouche bitumineuse d'épaisseur 5 mm	} $6,50 \text{ m}^2.K/W$ $0,029 \text{ m}^2.K/W$
Fixations mécaniques $\varnothing 4,8 \text{ mm}$: 1 fixation préalable du panneau isolant PANOTOIT TEKFI 2 du lit inférieur, 1 fixation préalable du panneau isolant PANOTOIT TEKFI 2 du lit supérieur. Fixations mécaniques $\varnothing 4,8 \text{ mm}$: 4 fixations définitives du revêtement d'étanchéité. d'où un coefficient majorateur : $\Delta U_{\text{fixation}} = \text{nombre de fixation du lit inférieur} \times \chi_{\text{fixation}} \text{ du lit inférieur} + \text{nombre de fixation du lit supérieur} \times \chi_{\text{fixation}} \text{ du lit supérieur} + \text{nombre de fixation du revêtement d'étanchéité} \times \chi_{\text{fixation}} \text{ du revêtement d'étanchéité, soit :}$ $\Delta U_{\text{fixation}} = (1/1,2) \times 0,006 \text{ W}/(m^2.K) + (1/1,2) \times 0,006 \text{ W}/(m^2.K) + 4 \times 0,006 \text{ W}/(m^2.K) = 0,029 \text{ W}/(m^2.K)$	
Le coefficient de transmission surfacique global de la toiture : $U_p = U_c + \Delta U_{\text{fixation}} = 0,149 + 0,029 = 0,178 \text{ soit } 0,18 \text{ W}/(m^2.K)$	

B. Résultats expérimentaux

• Rapports du CSTB :

- Classement européen de réaction au feu (norme NF EN 13501-1) n° RA19-0240 de décembre 2019, PANOTOIT TEKFI 2, classement A1,
- n° RSET 09-26021277/1 du 25 septembre 2009 sur panneaux d'épaisseur 160 mm : masse volumique, compression à 10 % (NF EN 826), et classe de compressibilité (UEAtc),
- n° RSET 10-26022310/1 du 04 janvier 2010 sur panneaux d'épaisseur 160 mm : masse volumique, compression à 10 % (NF EN 826), et traction perpendiculaire (NF EN 1607),
- n° RSET 10-26023534 du 07 juin 2010 sur panneaux d'épaisseur 100, 120 et 160 mm : masse volumique, compression à 10 % (NF EN 826), traction perpendiculaire (NF EN 1607) et classe de compressibilité en 2 lits (UEAtc),
- n° R2EM-ETA-11-26029751-2 du 20/09/2011 sur panneaux d'épaisseur 100 et 160 mm : Essai de comportement sous charge maintenue à 50 °C en 2 lits (*e-Cahier du CSTB 3669*),
- n° RSET 08 26011914 du 21 août 2008 Essai de porte à faux ,
- n° RSET 08-26016593 du 2 décembre 2008, : Essai de comportement sous charge maintenue en température
- Certificat ACERMI n° 10/018/680 : Résistance thermique ;

• Rapports du Bureau Veritas Industrie :

- n° BV 2176574/1A-1B-1C et 1D du 26 et 27 juillet 2010 sur panneaux d'épaisseur 100 et 160 mm : masse volumique, compression à 10 % (NF EN 826), traction perpendiculaire (NF EN 1607) et classe de compressibilité (UEAtc).

C. Références

C.1. Données Environnementales (1)

Les produits PANOTOIT TEKFI 2 d'épaisseur 120 et 130 mm font l'objet d'une Déclaration Environnementale (DE) individuelle. Cette DE a été établie en novembre 2019 par Saint-Gobain Isover. Elle a fait l'objet d'une vérification par tierce partie indépendante selon l'arrêté du 31 août 2015 le 3 mars 2017 et est déposée sur le site www.declaration-environnementale.gouv.fr.

Les données issues des DE ont notamment pour objet de servir au calcul des impacts environnementaux des ouvrages dans lesquels les produits (ou procédés) visés sont susceptibles d'être intégrés.

C2. Références de chantiers

L'usine de Genouillac produit des panneaux isolants PANOTOIT TEKFI 2 depuis 2011.

À ce jour, près de 300 000 m² de toitures ont été isolées avec les panneaux PANOTOIT TEKFI 2 en France.

(1) Non examiné par le Groupe Spécialisé dans le cadre de cet Avis.

Tableaux du Dossier Technique

Tableau 1 – Caractéristiques spécifiées

Caractéristiques	Spécifications	Unité	Normes de référence ou observations
Pondérales Masse volumique : - 50 mm ≤ épaisseur ≤ 55 mm - 60 mm ≤ épaisseur ≤ 105 mm - 110 mm ≤ épaisseur ≤ 130 mm - 135 mm ≤ épaisseur ≤ 160 mm	≥ 155 (moyenne 175 kg/m ³) ≥ 145 (moyenne 160 kg/m ³) ≥ 135 (moyenne 145 kg/m ³) ≥ 130 (moyenne 140 kg/m ³)	kg/m ³ kg/m ³ kg/m ³ kg/m ³	NF EN 1602
Dimensionnelles Longueur Largeur Épaisseur Défaut d'équerrage	800 à 1 800 ± 5 1 200 ± 2 50 à 160 ± 2 ≤ 3	mm mm mm mm	NF EN 822 NF EN 822 NF EN 823 de 5 en 5 mm NF EN 824 – sur un bras de 1m
Mécaniques Contrainte de compression à 10 % 50 mm ≤ épaisseur ≤ 100 mm 100 mm < épaisseur ≤ 160 mm Tassement sous charge répartie 4 N/cm ² Charge maximale pour un tassement de 2 mm Résistance à la traction perpendiculairement aux faces	≥ 80 ≥ 70 Classe C Se reporter au Tableau 10 TR10 et >12 ≥ 6	kPa kPa kPa kPa kPa	NF EN 826 Cahier du CSTB 2662_V2 Toutes épaisseurs NF EN 1607 Après traitement d'humidification 24 h à 70 °C 100 % HR suivi de 24 h à l'ambiance
Comportement à l'eau Absorption d'eau à court terme par immersion partielle	WS	/	NF EN 1609
Hygrothermique Conductivité thermique utile Résistance thermique utile	0,040 Voir tableau 2	W/m.K m ² .K/W	Certificat ACERMI n° 10/018/680
Réaction au feu Euroclasse	A1		RA19-0240 de décembre 2019

Tableau 2 – Résistance thermique utile (1)

Épaisseur en mm	R _{UTILE} en m ² .K/W	Épaisseur en mm	R _{UTILE} en m ² .K/W	Épaisseur en mm	R _{UTILE} en m ² .K/W
50	1,25	90	2,25	130	3,25
55	1,35	95	2,35	135	3,35
60	1,50	100	2,50	140	3,50
65	1,60	105	2,60	145	3,60
70	1,75	110	2,75	150	3,75
75	1,85	115	2,85	155	3,85
80	2,00	120	3,00	160	4,00
85	2,10	125	3,10		

(1) Selon certificat ACERMI n° 10/018/680

Tableau 3 – Toitures inaccessibles et chemins de circulation

Élément porteur	Pente (%)	Protection lourde	Revêtement apparent
		Revêtement sous DTA (2)	Revêtement sous DTA fixé mécaniquement (3) (4)
Maçonnerie selon DTU 43.1 et Avis Techniques	0 (1) à 5	I4	L3 (6) et selon DTA du revêtement
	> 5 (5)		
Béton cellulaire sous Avis Technique	1 à 5	I4	
	> 5 (5)		
Bois et panneaux à base de bois selon NF DTU 43.4 et DTA	Conforme NF DTU 43.4 et ≤ 5	I3	
	> 5 (5)		
Tôles d'acier nervurées conformes au NF DTU 43.3 et Avis Techniques	Conforme NF DTU 43.3 et ≤ 5	I3	
	> 5 (5)		
Tôles d'acier nervurées conformes au <i>Cahier du CSTB 3537_V2</i>	Conforme NF DTU 43.3 et ≤ 5	I3	
	> 5 (5)		

Les cases grisées correspondent à des exclusions d'emploi.

(1) Pente minimale 1% en climat de montagne selon NF DTU 43.11 avec la technique du porte neige.
(2) Dans tous les cas, l'indice minimum I4 est requis si le revêtement est un monocouche.
(3) L4 avec monocouche
(4) Avec attelages de fixations mécaniques « solides au pas »
(5) Et ≤ 50% pour les chemins de circulation
(6) L4 pour les chemins de circulation

Tableau 4 – Toitures inaccessibles ou zones techniques

Élément porteur	Pente (%)	Protection lourde	Revêtement apparent
		Revêtement sous DTA	Revêtement sous DTA fixé mécaniquement (2)
Maçonnerie selon DTU 43.1 et Avis Techniques	0 (1) à 5	I4	L4 et selon DTA du revêtement
Béton cellulaire sous Avis Technique	1 à 5	I4	
Bois et panneaux à base de bois selon NF DTU 43.4 et DTA	Conforme NF DTU 43.4 et ≤ 5	I4	
	> 5 à ≤ 7		
Tôles d'acier nervurées conformes au NF DTU 43.3 et Avis Techniques	Conforme NF DTU 43.3 et ≤ 5	I4	
Tôles d'acier nervurées conformes au <i>Cahier du CSTB 3537_V2</i>	Conforme Cahier du CSTB 3537_V2 et ≤ 5	I4	

Les cases grisées correspondent à des exclusions d'emploi.

(1) Pente minimale 1 % en climat de montagne selon NF DTU 43.11 avec la technique du porte neige.
(2) Avec attelages de fixations mécaniques « solides au pas »

Tableau 4 bis – Terrasses et toitures végétalisées hors climat de montagne

Élément porteur	Pente (%)	Revêtement sous DTA (4)
Maçonnerie selon DTU 43.1 et Avis Techniques (1)	0 à 3	15
	> 3 à 5 (3)	
	> 5 à 20 (3)	
Béton cellulaire sous Avis Technique	1 à 3	
	> 3 à 5 (3)	
	> 5 à 20 (3)	
Bois et panneaux à base de bois selon NF DTU 43.4 et Document Technique d'Application (1)	> 3 à 5 (3)	
	> 5 à 20 (3)	
Tôles d'acier nervurées conformes au NF DTU 43.3 et Avis Techniques (2)	> 3 à 5 (3)	
	> 5 à 20 (3)	
Tôles d'acier nervurées conformes au Cahier du CSTB 3537_V2	Conforme Cahier du CSTB 3537_V2 et ≤ 5	

Les cases grisées correspondent à des exclusions d'emploi.

- (1) Document Technique d'Application visant favorablement son emploi en tant qu'élément porteur pour toiture avec revêtement sous protection lourde.
 (2) Les Tôles d'acier nervurées conformes au NF DTU 43.3 et Avis Techniques sont fixées à l'ossature comme si elles recevaient un revêtement apparent.
 (3) Admis jusqu'à 5 % pour certains revêtements à base d'asphalte dans le cadre de leur Document Technique d'Application.
 (4) Le revêtement d'étanchéité est fixé mécaniquement selon le Document Technique d'Application du revêtement d'étanchéité, lorsqu'est prévue la pose sous végétalisation. Cependant, la mise en œuvre en indépendance dans le cas d'éléments porteurs en maçonnerie ou en béton cellulaire, jusqu'à une pente de 5% maximum, est possible si, à la fois, le Document Technique d'Application du revêtement d'étanchéité et l'Avis Technique du procédé de végétalisation, l'envisagent favorablement.

Tableau 5 – Isolation en 1 seul lit - mode de fixation en toiture à versant plan

Élément porteur	Mode de pose du revêtement d'étanchéité	Mode de pose des panneaux PANOTOIT TEKFI
Tôles d'acier nervurées	Indépendant sous protection lourde	1 fixation préalable
	Apparent et fixé mécaniquement	1 , 2 fixation(s) préalable(s)
Bois et panneaux à base de bois	Indépendant sous protection lourde	Libre (1) ou 1 fixation préalable
	Apparent et fixé mécaniquement	1 ou 2 fixation(s) préalable(s) (4)
Maçonnerie et béton cellulaire	Indépendant sous protection lourde	Libre (1) ou Collé à froid (4)
	Apparent et fixé mécaniquement	1 ou 2 fixation(s) préalable(s)

Les cases grisées correspondent à des exclusions d'emploi.

- (1) Pose libre, cf. § 6.312 ou 6.313 du Dossier Technique. Limitée à une dépression de vent de 3 927 Pa.
 (3) Selon répartition et densité requise dans la norme NF DTU 43.1, NF DTU 43.3 ou 43.4 correspondante et aux Avis Technique de la dalle de béton cellulaire autoclavé armé.
 (4) cf. § 6.31 et 6.32 du Dossier Technique.

Tableau 6 – Isolation en plusieurs lits (épaisseur totale maximale 260 mm) - fixation des isolants, éléments porteurs en tôles d'acier nervurées et bois et à base de bois (non visé en toitures courbes)

Sous protection lourde		Sous revêtement fixé mécaniquement	
Lit inférieur	Lit(s) supérieur(s)	Lit inférieur	Lit(s) supérieur(s)
1 fixation mécanique / panneau	1 fixation mécanique / panneau	fixation mécanique 1 ou 2 / panneau (1)	fixation mécanique 1 ou 2 / panneau (1)
1 fixation mécanique / panneau	Pose libre		

Les cases grisées correspondent à des exclusions d'emploi.
 (1) 1 ou 2 fixations selon la longueur du panneau, cf. § 6.31 et 6.32 du Dossier Technique.

Tableau 7 – Isolation en plusieurs lits (épaisseur totale maximale 260mm) - fixation des isolants, éléments porteurs en maçonnerie et béton cellulaire

Sous protection lourde		Sous revêtement fixé mécaniquement	
Lit inférieur	Lit(s) supérieur(s)	Lit inférieur	Lit(s) supérieur(s)
1 fixation mécanique / panneau	1 fixation mécanique / panneau	1 fixation mécanique / panneau	1 fixation mécanique / panneau
1 fixation mécanique / panneau	Pose libre		
Collage à froid (1)	Pose libre		

Les cases grisées correspondent à des exclusions d'emploi.
 (1) , cf. § 6.313 ou 6.314 du Dossier Technique

Tableau 8 – Mise en œuvre du revêtement d'étanchéité

Revêtement d'étanchéité		
Sous protection lourde	Apparent	
Indépendant	Semi-indépendant	Fixé mécaniquement
Oui	Non	Oui

Tableau 9 – Pose sur toiture courbe - densité des fixations des panneaux PANOTOIT TEKFI 2 en épaisseur 50 mm jusqu'à 130 mm (pose en 1 lit d'isolant uniquement)

Épaisseur des panneaux (mm)	Dimension dans le plan de courbure (1)		Rayon de courbure minimum en mètres	Nombre de fixations minimum par panneau de 1 200 mm x 1 000 mm	Position des fixations	
	Largeur	Longueur				
50	1 200 mm	L = (2)	10	4	4 fixations par panneaux : une à chaque angle, à 15 cm de chacun des bords du panneau	
60			10	4		
70			15	4		
80			20	4		
90			25	4		
100			25	4		
110						
120						
130						
						§ 6.32 du Dossier Technique

(1) Nervures du bac acier perpendiculaires au plan de courbure.
 (2) L est inférieur ou égal à 1,20 m si L dans le plan de courbure.

Tableau 9 bis – Pose sur toiture courbe - densité des fixations des panneaux PANOTOIT TEKFI 2 d'épaisseur 135 à 160 mm

Épaisseur des panneaux (mm)	Dimension dans le plan de courbure (1)		Rayon de courbure minimum en mètres	Nombre de fixations minimum par panneau de 1 200 mm x 1 000 mm	Position des fixations
	Largeur	Longueur			
135	1 200 mm	L = (2)	cf. NF DTU 43.3	cf. NF DTU 43.3	4 fixations par panneaux : une à chaque angle, à 15 cm de chacun des bords du panneau
140					
145					
150					
155					
160					

(1) Nervures du bac acier perpendiculaires au plan de courbure.
(2) L est inférieur ou égal à 1,20 m si L dans le plan de courbure.

Tableau 10 – Tassement absolu (mm) pour utilisation en toiture technique et toitures et terrasses végétalisées sur élément porteur en maçonnerie *

Charge (kPa)	Épaisseurs (mm)										
	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
10	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7
15	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,0
20	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4
40	0,9	1,1	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0				
60	1,4	1,6	1,9								
Charge	Épaisseurs (mm)										
	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260
10	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2
15	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,6	1,7	1,8
20	1,5	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0				
40											
60											

* Dans le cas des toitures terrasses végétalisées, il convient de prendre en compte les charges CME (capacité maximale en eau) données dans l'Avis Technique du procédé végétalisé et le maximum de la charge de neige ou d'exploitation, (neige selon la NV 65 pour les éléments porteurs bois et N 84 modifiés pour les TAN) pour le dimensionnement des éléments porteurs suivant :

- Élément porteur en bois 200 daN/m² de charge maximale admissible.
- Élément porteur en TAN 240 daN/m² de charge maximale admissible

Tableau 11 – Ouverture haute de nervure (Ohn) maximale utilisable avec panneaux PANOTOIT TEKFI 2 selon les épaisseurs

Ohn maxi (en mm)	180	200	200	200	200	200	200	200	200
Épaisseur du panneau (mm) PANOTOIT TEKFI 2	80	90	100	110	120	130	140	150	160
Charge de rupture en porte-à-faux (N) (VDF) (1)	1 200 (2)			1 700 (3)	2 140 (4)				

(1) Valeur de rupture à l'issue de l'essai de porte-à-faux du § 5 du CPT commun « Panneaux isolants non porteurs supports d'étanchéité mis en œuvre sur éléments porteurs en tôles d'acier nervurées dont l'ouverture haute de nervure est supérieure à 70 mm », e-Cahier du CSTB 3537_V2 de janvier 2009.
(2) Valeur de rupture en VLF ≥ 1 000 N.
(3) Valeur de rupture en VLF ≥ 1 400 N.
(4) Valeur de rupture en VLF ≥ 1 700 N.

Tableau 12 – Mode de liaisonnement des panneaux TEKFI 2 en travaux de réfection

Anciens revêtements (1)	Liaisonnement des panneaux isolants (2)		
	Pose libre sous protection lourde	Collage à froid sous protection lourde (cf. § 5.4)	Fixations mécaniques solides au pas en apparent
Asphalte	OUI	OUI	OUI
Bitumineux indépendants			OUI
Bitumineux semi-indépendants	OUI	OUI (3)	OUI
Bitumineux adhérents	OUI	OUI (3)	OUI
Ciment volcanique, enduit pâteux (4)	OUI		OUI
Membrane synthétique (5)	OUI		OUI

Les cases grisées correspondent à des cas de non emploi.

(1) Anciens revêtements conservés selon la norme NF DTU 43.5.
(2) cf. § 6.3 pour la mise en œuvre des panneaux isolants.
(3) Autoprotection métallique (ou mixte) délardée ; l'autoprotection minérale est brossée selon la norme NF DTU 43.5.
(4) Nouveau pare-vapeur obligatoire : indépendant, ou cloué sur bois et panneaux à base de bois.
(5) Nouveau pare-vapeur obligatoire (sauf sur TAN pleines sur locaux à faible et moyenne hygrométrie) : indépendant, ou cloué sur bois et panneaux à base de bois.

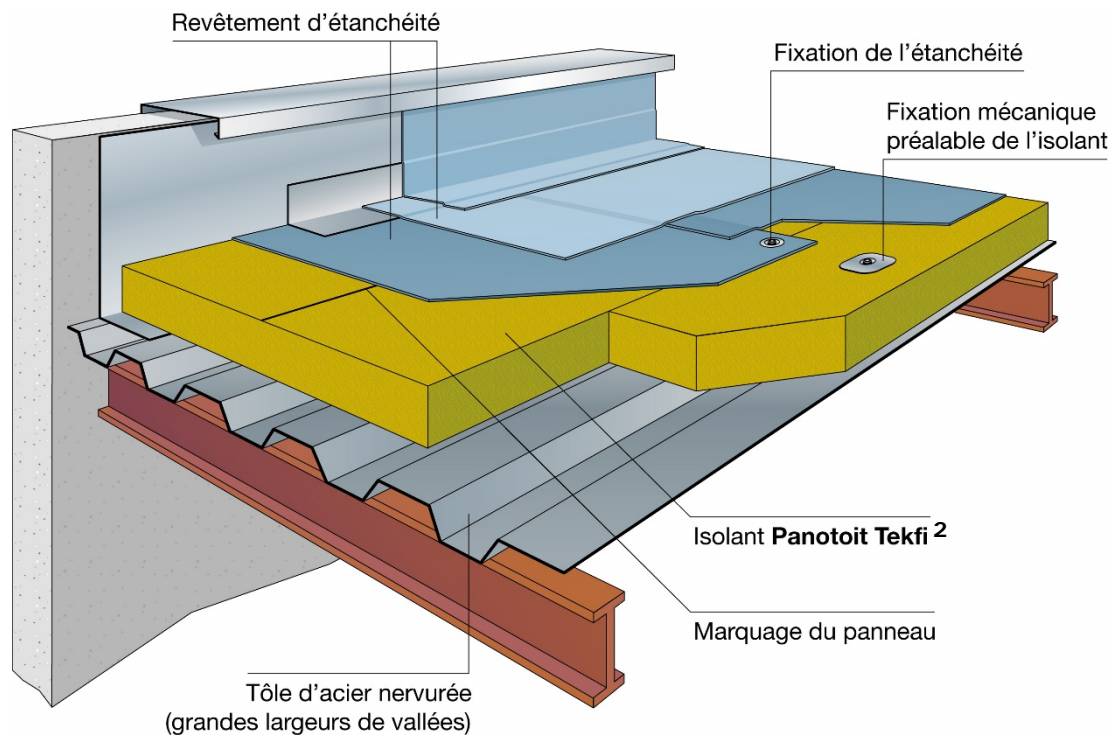


Figure 1 – Principe de mise en œuvre sur tôles d'acier nervurées dont l'ouverture haute de nervure est > 70 mm » e-Cahier du CSTB 3537_V2 de janvier 2009.