

Avis Technique 5.2/17-2556_V1

*Procédé de végétalisation
des toitures étanchées
Vegetating flat roofs*

Vertige®

Titulaire et distributeur : Vertige
4, rue René Martrenchar
FR-33150 Cenon

Tél. : 05 57 61 00 40
Fax : 05 56 75 44 99
Courriel : contact@vert-tige.eu
Internet : www.vert-tige.eu

Groupe Spécialisé n° 5.2

Produits et procédés d'étanchéité de toitures-terrasses, de parois enterrées et cuvelage

Publié le 9 octobre 2017



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-terrasses, de parois enterrées et cuvelage » de la Commission chargée de formuler les Avis Techniques a examiné, le 22 mai 2017, le procédé « Vertige® » présenté par la Société Vertige Sarl. Il a formulé, sur ce procédé, l'avis ci-après. Cet Avis a été formulé pour les utilisations en France européenne.

1. Définition succincte

1.1 Description succincte

Le complexe Vertige® est un procédé de végétalisation avec un système d'irrigation automatique, pour toitures-terrasses et toitures inclinées inaccessibles de pente $\leq 20\%$, directement mis en œuvre sur le revêtement d'étanchéité.

Le complexe Vertige® a une épaisseur totale d'environ 4 cm, ou 9 cm avec le drainage granulaire complémentaire, comportant :

- Pour la végétalisation de toiture :
 - une nappe filtrante et drainante Enkadrain® B10-1s, et un drainage granulaire complémentaire d'épaisseur 50 mm en cas de pente $< 2\%$,
 - un tapis sec d'irrigation en chanvre Vertige®,
 - un tapis de sedums avec substrat ;

et

- Pour le système d'arrosage automatique :
 - des tuyaux d'irrigation placés dans le tapis d'irrigation en chanvre Vertige®,
 - une nourrice de distribution d'eau connectée, en aval aux tuyaux d'irrigation, en amont au réseau d'arrivée d'eau,commandé par un programmeur et un capteur d'humidité identifiés au *paragraphe 7.44* du Dossier Technique.

Il est utilisé en travaux neufs et en réfection, sur des éléments porteurs et supports en maçonnerie, dalles de béton cellulaire autoclavé armé, bois et panneaux à base de bois et supports isolés sur tôles d'acier nervurées.

1.2 Identification

L'emballage des produits permet leur identification.

2. AVIS

2.1 Domaine d'emploi accepté

Le complexe de végétalisation Vertige® est destiné aux toitures-terrasses et toitures inaccessibles inclinées de pente de 0 à $\leq 20\%$ avec un revêtement d'étanchéité réalisé au préalable en asphalte, mixte sous asphalte, feuilles bitumineuses ou membrane synthétique. Dans tous les cas, le système d'étanchéité sera muni d'un Document Technique d'Application visant l'usage en toitures-terrasses jardins ou en terrasses et toitures végétalisées.

Le complexe Vertige® est mis en œuvre en climat de plaine. L'utilisation en climat de montagne n'est pas revendiquée.

Le complexe Vertige® est mis en œuvre en France européenne. L'utilisation dans les Départements et Régions d'Outre-Mer (DROM) n'est pas revendiquée.

La charge maximale à prendre en compte du complexe Vertige® est indiquée aux *tableaux A1 - A2 - A3* en fin de Dossier Technique.

Le complexe Vertige® est utilisable jusqu'à une dépression au vent extrême de 3 793 Pa selon les Règles NV 65 modifiées.

Le taux de couverture initial du complexe Vertige® est compris entre 80 et 100 % lors du déroulage des tapis de culture pré-cultivés ; il est de 100 % au bout de 8 à 10 mois, selon la période de mise en œuvre.

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 au feu

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 satisfait

aux exigences vis-à-vis du feu extérieur (art. 5 de l'arrêté du 14 février 2003).

Le comportement au feu du procédé Vertige® n'est pas connu.

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.

Sécurité en cas de séisme

Selon la réglementation sismique définie par :

- Le décret n° 2010-1254 relatif à la prévention du risque sismique ;
- Le décret n° 2010-1255 portant 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 ou de l'entretien

Elle peut être normalement assurée.

Les rouleaux de plus de 45 kg doivent être portés par deux personnes.

Les fiches de données de sécurité sont disponibles auprès de la Société Vertige Sarl.

Données environnementales

Il n'existe pas de DE. Il est rappelé que la DE n'entre pas dans le champ d'examen d'aptitude à l'emploi du procédé.

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 produits pouvant contenir des 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

Le procédé n'apporte pas de solution permettant de participer à la réglementation concernant les constructions neuves et existantes.

Stabilité aux charges des éléments porteurs

Les *tableaux A1, A2 et A3* du Dossier Technique donnent les poids du complexe Vertige®.

Résistance aux effets du vent

Les dispositions prévues permettent d'escompter un comportement satisfaisant jusqu'à une dépression au vent extrême de 3 793 Pa selon les Règles NV 65 modifiées.

2.2.2 Durabilité - entretien

Dans le domaine d'emploi proposé, la durabilité du procédé de végétalisation des toitures Vertige® peut être appréciée comme satisfaisante.

Sachant que le comportement du complexe Vertige® est dépendant du fonctionnement de son système d'irrigation automatique, un contrat d'entretien systématique du complexe Vertige®, intégrant le système d'arrosage automatique, doit être prévu conformément au *paragraphe 6.1* du Dossier Technique.

Entretien et réparations

cf. les normes P 84 série 200 (référence DTU série 43). Ce procédé peut être facilement réparé en cas de blessure accidentelle.

Le maître d'ouvrage, assisté de son maître d'œuvre, doit indiquer dans les Documents Particuliers du Marché (DPM) (cf. *paragraphe 4.1* du Dossier Technique) :

- L'accès à la toiture nécessaire aux futures opérations d'entretien prévu par le maître d'œuvre ;
- Les dispositifs destinés à assurer la sécurité du personnel contre les chutes, comme pour toute toiture inaccessible.

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

Les travaux de végétalisation avec le complexe Vertige® sont à réaliser sous la responsabilité de l'entreprise d'étanchéité, avec la possibilité de co-traitance ou de sous-traitance.

La mise en œuvre est faite par l'entreprise Vertige Sarl ou par des entreprises formées et qualifiées par ses soins. Sous cette condition, elle ne présente pas de difficulté particulière. Vertige Sarl apporte son assistance technique sur demande de l'entreprise de pose.

Les palettes du tapis de substrat avec sedums 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 6 kN - 5,8 kN/m²) à l'aplomb des fermes. Les palettes ne doivent pas être déposées sur le revêtement d'étanchéité des toitures.

2.3 Prescriptions Techniques

2.31 Éléments porteurs (hors charpente) en bois massif ou en panneaux à base de bois

- a) Lorsque la pente est inférieure à 7 % sur plans, une charge forfaitaire de 100 daN/m² sera ajoutée aux charges permanentes pour le dimensionnement des seuls éléments porteurs.

Cette charge forfaitaire de 100 daN/m² correspond à la charge de sécurité de 15 daN/m², majorée d'une charge complémentaire de 85 daN/m² pour tenir compte du fluage naturel des éléments porteurs.

- b) La mise en œuvre du procédé sur un élément porteur en bois, de panneaux de contreplaqué, de panneaux de particules est possible, si l'élément porteur est constitué d'un matériau conforme au NF DTU 43.4 P1-2.

Pour les autres cas, le Document Technique d'Application du support 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, limite au vent extrême du système selon les Règles NV 65 modifiées. En outre, dans le cas d'un élément porteur en panneaux sandwichs, le Document Technique d'Application précisera si l'ancrage doit se faire dans le parement supérieur ou inférieur du système.

2.32 Cas de la réfection

Il est rappelé qu'il appartient au maître d'ouvrage ou à son représentant de faire vérifier au préalable la stabilité de l'ouvrage dans les conditions de la norme NF P 84-208 (référence DTU 43.5) vis à vis des risques d'accumulation d'eau.

Les revêtements d'étanchéité doivent être résistants aux racines et les panneaux isolants supports doivent être de classe de compressibilité C minimale.

Conclusions

Appréciation globale

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

Validité

Jusqu'au 31 mai 2022.

*Pour le Groupe Spécialisé n° 5.2
Le Président*

3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

- a) Le présent document fait suite à l'Avis Technique 5/10-2102. Il vise le procédé de végétalisation comprenant la végétalisation et son système d'irrigation.
- b) Le complexe Vertige® a fait l'objet en 2010 d'un examen par le Groupe Spécialisé n° 17 « Réseaux et épuration » pour ce qui concerne le réseau d'irrigation sous la végétalisation. Pour l'irrigation faite à partir de l'eau de pluie, il rappelle les dispositions de l'arrêté du 21 août 2008 relatif à la récupération de l'eau de pluie et à son usage à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments.
- c) Comme pour tous les procédés d'étanchéité avec végétalisation, la mise en œuvre du procédé d'étanchéité et de la protection doit être réalisée sous la responsabilité de l'entreprise d'étanchéité.
- d) Le dossier technique ne vise pas les revêtements indépendants autoprotégés ou non. Le complexe d'étanchéité (éléments porteurs, pare-vapeur, isolant, revêtement d'étanchéité...) doit tenir seul aux effets du vent.
- e) Les dispositifs de séparation définis au *paragraphe 5.33* du Dossier Technique n'ont pas de rôle de retenue mécanique du système de végétalisation.
- f) En l'absence d'irrigation, une dégradation majeure de la végétalisation et un risque d'envol sont probables. Le système d'irrigation est indissociable de la protection végétalisée. Les revêtements d'étanchéité autoprotégés sont prescrits.

Le Rapporteur du Groupe Spécialisé n° 5.2

Dossier Technique

établi par le demandeur

A. Description

1. Principe

Le complexe Vertige® est un procédé léger de végétalisation, avec un système d'arrosage automatique, pour toitures-terrasses et toitures inclinées de pente $\leq 20\%$ en neuf et en réfection. Il est mis en place directement sur le système d'étanchéité.

Le complexe Vertige® se compose de 3 couches : une nappe filtrante et drainante Enkadrain® B10-1s, un tapis sec d'irrigation en chanvre Vertige®, un tapis de substrat avec sedum.

L'épaisseur totale du complexe est d'environ 4 cm selon l'épaisseur des plaques de sedum (hauteur en fleurs comprise entre 7 et 10 cm).

Épaisseur de chaque élément :

- Nappe filtrante et drainante Enkadrain® B10-1s : 9 mm ;
- Tapis de sedums constitué :
 - d'un tapis sec d'irrigation en chanvre Vertige® : 10 mm,
 - d'un tapis de sedums avec substrat : 2 cm (hauteur des sedums : 3 à 6 cm).

Le complexe Vertige® est mis en œuvre au-dessus du revêtement d'étanchéité de la toiture (prévu à cet effet) et est utilisable :

- Sur des toitures-terrasses et toitures inclinées inaccessibles de pente $\leq 20\%$;
- En travaux neufs, et en réfection sur une étanchéité réalisée selon la norme NF P 84-208 (référence DTU 43.5) après dépose totale du complexe d'étanchéité jusqu'à l'élément porteur ou sur un revêtement d'étanchéité résistant aux racines et isolants de classe C minimum ;
- Sur éléments porteurs ou supports en maçonnerie, en dalles de béton cellulaire autoclavé armé, en bois et panneaux à base de bois, et éléments porteurs en tôles d'acier nervurées isolées. L'élément porteur est dimensionné pour supporter les charges permanentes - d'exploitation et les charges du complexe de végétalisation Vertige® (cf. *tableaux A1 - A2 - A3* en fin de Dossier Technique).

La pente de l'élément porteur est conforme aux prescriptions des normes NF P 10-203-1 (référence DTU 20.12 P1) et P 84 série 200 (référence DTU série 43). La pente nulle sur élément porteur (ou support) en maçonnerie peut être envisagée avec le complexe Vertige® dans la mesure où le système d'étanchéité et de drainage sont prévus à cet effet. Pour des pentes $< 2\%$, le système de drainage par nappe Enkadrain® B10-1s est complété par un drainage granulaire minéral d'épaisseur 50 mm.

Les zones traitées en végétalisation extensive sont inaccessibles et non destinées à un piétinement régulier. Elles ne peuvent recevoir qu'une circulation réservée à l'entretien à l'exclusion d'engins autres que des engins légers de poids ≤ 30 kg. Elles peuvent côtoyer ou intégrer des zones non végétalisées, non circulables ou circulables ; un garde-corps normalisé complètera le dispositif de séparation lorsqu'il existe un risque de chute depuis les zones circulables.

Organisation de la mise en œuvre et assistance technique

La mise en œuvre du complexe Vertige® est faite par la Société Vertige Sarl ou confiée aux entreprises formées et qualifiées aux complexes de végétalisation extensive.

Suivant la distribution des lots du chantier, le système d'étanchéité de la toiture et le complexe de végétalisation auto-irrigué Vertige® sont placés sous la responsabilité du lot Étanchéité, avec possibilité de co-traitance ou de sous-traitance avec d'autres lots (plomberie, végétalisation par exemple).

La Société Vertige Sarl dispense une formation sur la végétalisation de toiture en général où sont étudiés dans un premier temps les différents systèmes de végétalisation existants et dans un second temps la mise en œuvre du complexe Vertige®. Cette formation se déroule en région bordelaise, sur 3 jours dont 2 théoriques sur la végétalisation de toiture et 1 sur « terrain » pour l'apprentissage de la mise en œuvre du complexe, et comprenant une visite de toitures végétales.

La formation fait l'objet d'une convention de formation. Les entreprises formées bénéficieront d'un certificat d'aptitude à la mise en œuvre du complexe Vertige®. La liste des entreprises aptes à poser le système Vertige® est disponible sur demande.

La Société Vertige Sarl fournit sur demande une assistance à la conception de l'ouvrage, à la réalisation et à l'entretien.

Répartition des travaux de mise en œuvre ⁽¹⁾

| Travaux d'étanchéité | Lots |
|---|---|
| Alimentation en eau de la toiture : Réseau, pompe de relevage, filtre éventuel, et robinet pour alimentation et vidange du réseau | Lot Plomberie |
| Réseau d'eau depuis l'attente du lot Plomberie : Électrovanne et programmateur à piles, capteur d'humidité, station météo éventuelle Système de végétalisation auto-irriguée : Drainage (nappe Enkadrain® B10-1s + drainage granulaire minéral éventuel), nourrice de distribution d'eau, tapis sec d'irrigation en chanvre Vertige® avec ses tuyaux d'irrigation, tapis de sedum avec substrat | Lot Étanchéité, avec possibilité de co-traitance ou de sous-traitance |

(1) Se reporter à la *figure 8* en fin de Dossier Technique.

2. Domaine d'emploi

Le complexe de végétalisation Vertige® est destiné aux toitures-terrasses et toitures inclinées de pente de 0 à $\leq 20\%$ avec un revêtement d'étanchéité réalisé au préalable, asphalte, mixte sous asphalte, feuilles bitumineuses ou membranes synthétiques. Dans tous les cas, le revêtement d'étanchéité doit disposer d'un DTA visant l'usage en toiture-terrasse jardin ou végétalisée. Les revêtements d'étanchéité semi-indépendants, fixé mécaniquement, ou adhérents admis sont ceux visés pour l'emploi en terrasses et toitures végétalisées dans leur Document Technique d'Application.

Le complexe Vertige® est mis en œuvre en France européenne, en climat de plaine.

La charge maximale à prendre en compte du complexe Vertige® est indiquée aux *tableaux A1 - A2 - A3* en fin de Dossier Technique.

Le complexe Vertige® est utilisable jusqu'à une dépression au vent extrême de 3 793 Pa selon les Règles NV 65 modifiées.

Le taux de couverture initial du complexe Vertige® est compris entre 80 et 100 % lors du déroulage des tapis de culture préculтивés ; il est de 100 % au bout de 8 à 10 mois, selon la période de mise en œuvre.

Le *tableau 1* définit les pentes admissibles par rapport à l'élément porteur :

Tableau 1 – Éléments porteurs et pente

| Élément porteur | Pente | | |
|---|--------------------|--------------------|--------------------|
| | 0 % | 1 à 3 % | ≥ 3 à 20 % |
| Maçonnerie | Oui ⁽²⁾ | Oui ⁽²⁾ | Oui ⁽¹⁾ |
| Dalles de béton cellulaire autoclavé armé | Non | Oui ⁽²⁾ | Oui ⁽¹⁾ |
| Tôles d'acier nervurées | Non | Non | Oui ⁽¹⁾ |
| Bois et panneaux à base de bois | Non | Non | Oui ⁽¹⁾ |

(1) Admis jusqu'à 5 % pour certains revêtements à base d'asphalte dans le cadre de leur Avis Technique.

(2) Le drainage par nappe d'Enkadrain® B10 1S seule n'est autorisée que pour des pentes $\geq 2\%$. Pour des pentes $< 2\%$ un drainage granulaire complémentaire est prévu afin d'éviter les stagnations d'eau sur la toiture.

Les règles et clauses des normes NF P 10-203 (référence DTU 20.12) et P 84 série 200 (référence DTU série 43) non modifiées par l'AVIS sont applicables, en tenant compte des règles propres aux éléments porteurs et/ou aux panneaux isolants qui pourront restreindre le domaine d'application.

3. Prescriptions concernant les éléments porteurs et supports du complexe Vertige®

Le complexe de végétalisation Vertige® est mis en œuvre sur le revêtement d'étanchéité de la toiture-terrasse ou toiture inclinée. Le revêtement d'étanchéité doit disposer d'un Avis Technique ou Document Technique d'Application visant l'usage en toiture végétalisée.

Les éléments porteurs, supports et système d'étanchéité doivent être conformes aux prescriptions des normes - DTU ou aux Documents Techniques d'Application correspondants.

3.1 Éléments porteurs et supports du système d'étanchéité

Les pentes des éléments porteurs admissibles sont celles vues au *tableau 1*, § 2 ci-avant.

Les charges maximales de stockage lors du chantier sont apportées par les palettes de tapis de culture pré-cultivés avec sedums. Charge maximale par palette : 6 kN soit 5,8 kN/m².

3.11 En maçonnerie

Ils doivent être conformes aux prescriptions de la norme NF P 10-203 (référence DTU 20.12) ou à celles de leurs Avis Techniques, notamment en ce qui concerne les pentes, les états de surface, les dimensionnements et stabilité des ouvrages annexes.

3.12 En dalles de béton cellulaire autoclavé armé

Ils doivent être conformes à leur Avis Technique avec pente minimale de 1 % sur plans.

3.13 En Tôles d'Acier Nervurées (TAN)

Ils doivent être conformes aux prescriptions du NF DTU 43.3 P1, ou d'un Document Technique d'Application, avec pente minimale de 3 % sur plans.

Dans le cas de TAN à grande ouverture haute de nervure (70 mm < *Ohn* ≤ 200 mm), les TAN et leurs fixations doivent être conformes au CPT Commun des « Panneaux isolants non porteurs supports d'étanchéité mis en œuvre sur éléments porteurs en TAN dont l'ouverture est supérieure à 70 mm, dans les départements européens » de l'e-Cahier du CSTB 3537_V2 de janvier 2009.

3.14 En bois et panneaux à base de bois

Ils doivent être conformes aux prescriptions du NF DTU 43.4 P1 ou bénéficier d'un Document Technique d'Application visant favorablement cet emploi.

Dans tous les cas, la pente des versants doit être ≥ 3 % sur plans.

Lorsque la pente est inférieure à 7 % sur plan, et pour tenir compte du fluage naturel de l'élément porteur, une charge forfaitaire de 85 daN/m² complètera la charge de sécurité (15 daN/m²), soit un total de 100 daN/m² ; cette charge de 100 daN/m² est à prendre en compte pour le dimensionnement des seuls éléments porteurs en bois ou en panneaux à base de bois.

3.15 Supports isolants thermiques non porteurs

Ils sont définis conformément à leurs Documents Techniques d'Application particuliers en supports d'étanchéité de toiture, qui prescrivent notamment les conditions de mise en œuvre et leur limite d'emploi concernant la pose collée, fixée mécaniquement ou libre (si le revêtement d'étanchéité supérieur est fixé mécaniquement par fixations traversantes).

Les panneaux isolants admis sont de Classe C (compressibilité selon Guide UEAtc) et sont visés, sur l'élément porteur considéré, pour un emploi en support de revêtement de toitures-terrasses jardins, terrasses et toitures végétalisées par leur Document Technique d'Application.

Les isolants de Classe C à 60 °C titulaires d'un DTA mentionnant l'usage en terrasses et toitures végétalisées sont également admis.

Le pare-vapeur est conforme à la norme P 84 série 200 (référence DTU série 43) ou au Document Technique d'Application du revêtement d'étanchéité.

3.2 Revêtements d'étanchéité

Le système d'étanchéité, support isolant et revêtement d'étanchéité, doit résister aux efforts dus à la dépression du vent extrême quel que soit le taux de couverture de la végétalisation. Le système d'étanchéité est mis en œuvre sur les panneaux isolants en système adhérent ou semi-indépendant.

Les revêtements d'étanchéité semi-indépendants ou adhérents admis sont ceux, résistants aux racines, visés pour l'emploi en terrasses et toitures végétalisées dans leur document de référence (cf. § 2).

Le revêtement d'étanchéité est posé en respect des prescriptions des normes P 84 série 200 (référence DTU série 43), soit en adhérence totale, soit en semi-adhérence par autoadhésivité ou par fixation mécanique, conformément à son Document Technique d'Application.

4. Préparation du complexe Vertige®

4.1 Préparation préalable à la conception d'un projet

À la conception d'un projet avec le complexe de végétalisation Vertige®, il est nécessaire de :

- Prendre en compte le contexte de la toiture (zones d'ombre permanente, protection des eaux de pluie, réflexion solaire, vent...) ;
- Définir les zones stériles (cf. § 5.32) ;
- Réaliser un schéma de calepinage de pose :
 - de la nappe filtrante et drainante Enkadrain® B10-1s,
 - du tapis sec d'irrigation en chanvre Vertige®,
 - du tapis de sedums avec substrat,en fonction des spécificités de la toiture (obstacles, pente, zones stériles...) ;
- Prévoir la situation de ou des arrivée(s) d'eau sur la toiture, ainsi que la position de la ou des nourrices d'alimentation.

Les Documents Particuliers du Marché (DPM) indiquent :

- L'accès à la toiture nécessaire aux futures opérations d'entretien prévu par le maître d'œuvre ;
- Les dispositifs destinés à assurer la sécurité du personnel contre les chutes, comme pour toute toiture inaccessible conformément à la réglementation en vigueur.

Zones particulières

Les zones localisées subissant des contraintes particulières (absence de pluie, absence de soleil, couloir de vent, réflexion solaire intense ...) peuvent être des zones inadéquates pour le complexe de végétalisation.

Elles sont donc à considérer comme des zones singulières ne devant pas être végétalisées et traitées comme zone stérile (cf. § 5.32 du Dossier Technique).

4.2 Préparation préalable à la pose du complexe Vertige®

Avant la mise en œuvre du complexe de végétalisation Vertige®, il est nécessaire de :

- S'assurer que la structure a été dimensionnée pour recevoir les charges permanentes et d'exploitation, incluant les charges de neige, et celles indiquées aux *tableaux A1 - A2 - A3* en fin de Dossier Technique ;
- S'assurer que la classe de compressibilité (UEAtc) de l'isolant support du revêtement d'étanchéité est adéquat (au § 3.15 ci-avant) ;
- Prévoir tous les moyens nécessaires pour une mise en œuvre du complexe en toute sécurité (harnais, ligne de vie, garde-corps...) ;
- S'assurer de l'accessibilité du chantier par les engins de levage et de livraison des tapis ;
- Prévoir un moyen de levage adéquat pour l'approvisionnement de tous les équipements et matériaux sur la toiture (cf. § 5 ci-après) ;
- S'assurer que le délai entre la livraison des palettes des tapis de culture sur le chantier et leur pose *in situ* soit inférieur à 24 heures.

5. Mise en œuvre du complexe de végétalisation Vertige®

Le complexe de végétalisation Vertige® est mis en œuvre sur le nouveau revêtement d'étanchéité de la toiture.

La mise en œuvre du complexe de végétalisation Vertige® se déroule en quatre phases principales :

- 1) Pose de la couche drainante et filtrante (nappe Enkadrain® B10-1s) sur les zones à végétaliser ;
- 2) Pose des tapis secs d'irrigation en chanvre Vertige® ;
- 3) Installation de la nourrice de distribution d'eau, en toiture, à partir de l'alimentation en eau et raccord aux tapis d'irrigation par Colliers de Prise en Charge (C.P.C.) ;
- 4) Pose des tapis de sedums avec substrat.

Pour la livraison des palettes de tapis sec d'irrigation, tapis de sedum, nappe drainante et divers matériels, le chantier doit disposer selon les cas d'un engin mobile de levage adapté (flèche 17 à 21 m) ou d'une grue.

Dans la mesure du possible, les palettes sont maintenues sur l'équipement de levage pendant que les rouleaux sont déchargés et installés sur la toiture. En cas d'impossibilité (conditions climatiques, circulation autour de l'engin, surcharge de la grue...), les palettes sont posées une à une sur la toiture pour être déchargées.

Petit matériel nécessaire à la pose des tapis et au branchement des raccords d'irrigation : cutter, sécateur ou cisailles à haie, mètre à ruban, pinces, tournevis.

Nota : les découpes ne doivent pas être effectuées sur l'étanchéité.

5.11 Evacuation des eaux pluviales

Les évacuations d'eau pluviales sont conformes aux normes P 84 série 200 (référence DTU série 43).

5.12 Alimentation contrôlée en eau de la toiture

L'alimentation en eau de la toiture est effectuée par le lot Plomberie. Il livrera une alimentation en eau (robinet avec filetage mâle 3/4 de pouce dans un boîtier hors gel) au niveau le plus haut de la toiture végétalisée.

Le réseau d'alimentation en eau de la toiture est muni d'une électrovanne pilotée par un programmeur autonome type WP1 (Rain Bird) avec station météo RSD-Bex (Rain Bird) éventuelle.

Un programmeur WP1 et une l'électrovanne associée doivent être prévus tous les 250 m² de toiture ou pour chaque pan de toiture.

La pression d'arrivée de l'eau en toiture doit être comprise entre 1,2 et 2 bars. En cas de pression trop faible, un kit WP1 électrovanne basse pression peut être installé.

L'eau d'irrigation peut provenir du réseau d'eau potable de la ville, d'une cuve de récupération d'eau de pluie ou d'un forage.

5.2 Pose du complexe de végétalisation Vertige® sur la toiture

5.21 Pose de la nappe filtrante et drainante Enkadrain® B10-1s

5.211 Support de pente < 2 %

Pour des pentes < 2 %, la solution se compose d'une nappe Enkadrain® B10 1s et d'une couche de drainage granulaire minéral définie au § 7.12 du Dossier Technique (cf. figures 10 - 11 en fin de Dossier Technique).

Le drainage granulaire minéral d'épaisseur minimum 50 mm est mis en œuvre sur le revêtement d'étanchéité.

Les rouleaux de la nappe Enkadrain® B10-1s sont déroulés sur le drainage granulaire minéral, d'après le schéma de calepinage préalable réalisé selon le § 4.1 ci-avant. La maille noire de la nappe Enkadrain® B10-1s est positionnée vers le bas, le film filtrant vers le haut.

L'Enkadrain® B10-1s posé ne doit pas faire de plis ou « bullage » et doit être en contact avec la couche de drainage granulaire sur toute sa surface.

Les lés sont recouverts par les rabats (largeur 20 cm) de la nappe Enkadrain® B10-1s.

Les découpes de l'Enkadrain® B10-1s sont réalisées aux gros ciseaux en veillant à ne pas détériorer l'étanchéité.

5.212 Support de pente ≥ 2 %

Pour des pentes ≥ 2 %, la solution se compose de la nappe Enkadrain® B10 1s seule (cf. figures 9, 12 à 14bis en fin de Dossier Technique).

Les rouleaux de la nappe Enkadrain® B10-1s sont déroulés sur le revêtement d'étanchéité de la toiture, d'après le schéma de calepinage réalisée selon le § 4.1 ci-avant. La maille noire de la nappe Enkadrain® B10-1s est positionnée vers le bas, le film filtrant vers le haut.

L'Enkadrain® B10-1s posé ne doit pas faire de plis ou « bullage » et doit être en contact avec le revêtement sur toute sa surface.

Les lés sont recouverts par les rabats (largeur 20 cm) de la nappe Enkadrain® B10-1s.

Les découpes de l'Enkadrain® B10-1s sont réalisées aux gros ciseaux en veillant à ne pas détériorer l'étanchéité.

5.22 Pose du tapis sec d'irrigation en chanvre VERTIGE®

Les rouleaux de tapis sec d'irrigation en chanvre Vertige® sont déroulés sur la nappe filtrante et drainante Enkadrain® B10-1s, en laissant les tuyaux d'irrigation apparents vers le haut (pour une meilleure irrigation) perpendiculairement à la pente principale de la toiture.

Au niveau des abouts de deux tapis successifs, la continuité des tuyaux d'irrigation est réalisée par des connecteurs PVC vissés ; cf. figure 1 ci-dessous :

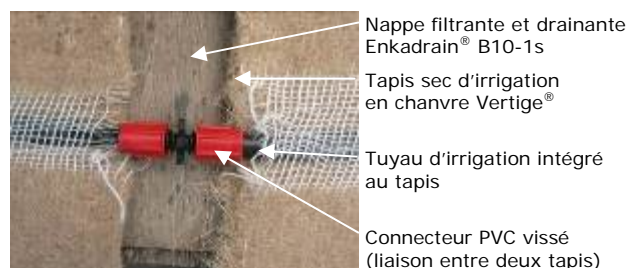


Figure 1 – Jonction de deux tapis successifs

5.23 Mise en place de la nourrice de distribution d'eau

La nourrice de distribution d'eau est connectée à l'arrivée d'eau en toiture du lot Plomberie.

Les abouts des tuyaux des tapis d'irrigation sont connectés à la nourrice par l'intermédiaire de connecteurs PVC vissés (Colliers de Prise en Charge - C.P.C.) ; cf. § 7.4 ci-après.

Les abouts opposés libres sont obturés en les repliant sur eux-mêmes et en insérant le pliage dans une gaine prévue à cet effet.

Aucune fixation de la nourrice d'alimentation / du tuyau d'irrigation intégré ou de tout autre accessoire, ne doit traverser le revêtement d'étanchéité de partie courante et les relevés d'étanchéité.

5.24 Pose des tapis de sedum

Pour éviter toute dégradation du sedum, les tapis préculтивés ne doivent pas être stockés roulés plus de 24 h.

Les rouleaux de tapis de sedums sont déroulés sur le tapis d'irrigation en chanvre Vertige®, de manière à recouvrir toutes les parties à végétaliser.



Figure 2a – Pose des tapis de sedum



Figure 2b – Pose des tapis de sedum

Dans le cas où des parties de sedum seraient dégradées, des boutures de sedum peuvent être plantées manuellement.

5.3 Ouvrages particuliers

5.31 Toitures inclinées (pente ≥ 3 % et ≤ 20 %)

Pour assurer une bonne stabilité de la toiture végétalisée, il y a lieu de distinguer les zones de partie courante à pente ≥ 3 % des zones de noue centrale (A) ou de rives (B) selon la figure 3 suivante :

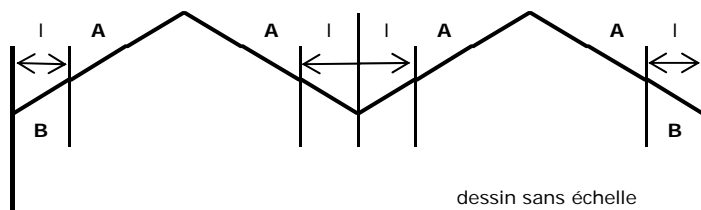


Figure 3 – Principe des zones de la toiture suivant les pentes

- Traitement de la zone A (partie courante) : tel que pour les toitures-terrasses.
- Largeur L de la zone B (rives ou noue) :
 - 0,50 m en partant du fil d'eau pour les pentes de versants comprises entre 10 et 20 %,
 - 1,00 m en partant du fil d'eau pour les pentes de versants de 3 à 10 %.
- Traitement de la zone B : selon la pente du fil d'eau de la noue :
 - si pente ≤ 2 % traitement en zone stérile,
 - si pente > 2 % traitement en zone stérile ou tel qu'une toiture-terrasse.

5.32 Zone stérile

Elle n'est pas considérée comme une zone accessible, ni comme un chemin de circulation pour assurer l'entretien d'éventuels équipements.

Présence de la zone stérile

En aucun cas, la zone stérile ne peut être supprimée au pourtour des entrées d'eaux pluviales et dans les noues de pente inférieure à 2 %.

Vertige® étant un procédé de végétalisation à plantes crassulacées, la présence de zone stérile n'est donc pas obligatoire pour des pentes supérieures à 2 % et hors pourtour d'entrées d'eaux pluviales.

En l'absence de zone stérile, les hauteurs de relevés sont comptées à partir de la surface du substrat (cf. figures 11 - 13 en fin de Dossier Technique).

Caractéristiques de la zone stérile

La largeur de la zone stérile est au minimum de 400 mm autour des émergences et en périphérie.

La zone stérile est constituée de l'un des matériaux suivants :

- D'une couche de granulats avec granulométrie des éléments meubles > 15 mm ;
- De dalles préfabriquées en béton ou bois posées sur plots, si le Document Technique d'Application du revêtement d'étanchéité le permet ; l'emploi de dalles en bois est limité à la dépression de vent extrême indiqué dans le dit DTA ;
- De dalles préfabriquées en béton posées sur la couche drainante.

5.33 Dispositifs de séparation de la zone stérile

La zone stérile et la zone végétalisée sont délimitées par un dispositif de séparation (cf. figure 10 - 12 - 14bis en fin de Dossier Technique).

Le dispositif de séparation est constitué :

- de bandes ajourées en acier inoxydable ou en aluminium,
- ou de bordures béton non ajourées dans le cas de drainages filants.

Dispositif par bandes métalliques ajourées

Ce dispositif peut être maintenu en place sur le revêtement d'étanchéité, à l'aide de pattes en feuille ou membrane selon la définition du revêtement d'étanchéité :

- Sur un revêtement à base d'asphalte ou en feuilles bitumineuses, avec une feuille bitumineuse soudée selon les dispositions prévues dans l'Avis Technique ou le Document Technique d'Application du revêtement ;
- Sur une membrane synthétique, avec une bande soudée ou collée selon les dispositions prévues dans le Document Technique d'Application du revêtement.

5.34 Autres détails

Noues

Elles sont végétalisées selon le § 5.31 ci-avant.

Évacuations d'eaux pluviales

Les évacuations pluviales sont bordées par une zone stérile de 400 mm au minimum (cf. § 5.32 ci-avant).

Leur contrôle pour l'entretien reste identique à celui des terrasses inaccessibles habituelles.

La nappe Enkadrain® B10-1s est découpée au droit des entrées d'eaux pluviales. La dimension de la découpe est d'un diamètre supérieur de 100 mm à celui de l'évacuation.

6. Entretien et réparation de la toiture végétalisée avec le complexe Vertige®

6.1 Entretien

L'entretien est obligatoire et doit être formalisé par un contrat à la réception de l'ouvrage.

L'entretien spécifique du complexe végétalisé Vertige® se décompose en un entretien initial qui concerne la première année suivant l'installation et un entretien courant, au-delà de cette première année.

L'entretien courant est réalisé 2 à 3 fois par an. Compter pour chaque intervention un temps indicatif de 2 à 3 h/100 m².

6.11 Accès pour l'entretien sur la toiture végétalisée

L'accès sur la toiture et les dispositifs de sécurité contre la chute du personnel sont ceux définis dans les documents particuliers du marché (cf. § 4.1 ci-avant).

6.12 Entretien de la végétalisation

L'entretien de la toiture végétalisée doit être réalisé par un professionnel paysagiste ou une entreprise d'étanchéité installatrice de toitures végétalisées.

L'entretien consiste tout d'abord à supprimer manuellement les pousses de plantes non désirables, par sécateur, désherbeur thermique ou rotofil. Il consiste ensuite à traiter les éventuelles zones manquant de sedum en y plantant ou réensemencant des boutures de sedum.

Dans certains cas exceptionnels, du substrat peut être ajouté, tout en respectant les données du présent dossier technique.

6.13 Entretien du système d'irrigation

Le système d'irrigation est vérifié lors des visites d'entretien. Il ne nécessite pas d'entretien particulier. Il faut tout de même prévoir : le changement de la pile (9 v) du programmateur une fois par an, le réglage du programmateur selon les saisons et la vérification de la propreté des sondes de pluies éventuelles.

En saison hivernale, le réseau doit être vidangé depuis le robinet du lot Plomberie.

6.2 Réparation du complexe végétalisé Vertige®

En cas de dégradation importante sur toute ou partie de la surface de sedum, la toiture végétalisée peut être réparée en étalant sur toute la zone dégradée une épaisseur d'environ 1 cm de nouveau substrat. Puis les boutures de sedums, jetées à même le substrat ou plantées, permettent d'ensemencer le système. Prévoir environ 10 kg de boutures pour 100 m² de toiture, tout en respectant les données du Dossier Technique.

6.3 Réfection de toitures

Le complexe d'étanchéité existant est complètement déposé jusqu'à l'élément porteur.

7. Matériaux

Le complexe de végétalisation Vertige® associe une nappe filtrante et drainante A, un tapis sec d'irrigation en chanvre Vertige® B, et un tapis de culture avec sedum (substrat mince + sedum) C + une nourrice de distribution d'eau connectée à un réseau d'alimentation en eau ; cf. figure 4.

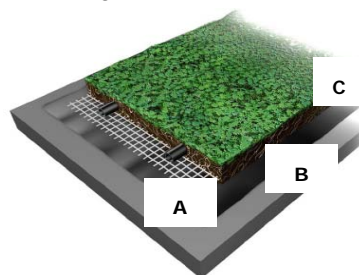


Figure 4 – Complexe de végétalisation Vertige®

7.1 Couche drainante et filtrante

7.1.1 Nappe géocomposite Enkadrain® B10-1s

La nappe filtrante et drainante Enkadrain® B10-1s est fabriquée par la Société Bonar, dans l'usine d'Obernburg (Allemagne) sous système de gestion de la qualité certifié ISO 9001.

Composée d'une âme drainante en polymère et d'une couche filtrante supérieure, la nappe est prévue pour le drainage horizontal des systèmes de végétalisation extensive ; cf. *figure 5*.



Figure 5 – Coupe sur l'Enkadrain® B10-1s

La nappe Enkadrain® B10-1s est fournie par la Société Vertige Sarl.

Caractéristiques de la nappe géocomposite

- Épaisseur : 9 mm (NF EN ISO 9863-1) ;
- Masse surfacique : 440 g/m² (NF EN ISO 9864) ;
- Résistance à la traction SP/ST : 5,0 kN/m (NF EN ISO 10319) ;
- Allongement à l'effort maximum SP : 40 % (NF EN ISO 10319) ;
- Résistance à la perforation dynamique : 45 mm (NF EN ISO 13433) ;
- Fluage en compression : écrasement de 2,85 mm sur une durée de 1 000 h et pression de 10 kPa (NF EN 1897) ;
- Résistance au poinçonnement CBR : 0,75 kN (NF EN ISO 12236) ;
- Perméabilité à l'eau VH50 : 100 mm/s (NF EN ISO 11058) ;
- Ouverture de filtration O90 : 175 µm (NF EN ISO 12956).

Contrôles de fabrication de la nappe géocomposite

Âme drainante :

- Masse surfacique ;
- Épaisseur ;
- Résistance à la traction dans les deux directions.

Fréquence : quotidienne et au moins trois fois par lot de production.

Filtre associé : certifié ASQUAL.

Le produit Enkadrain® B10-1s relève de la norme NF EN 13252 « Géotextiles et produits apparentés - Caractéristiques requises pour l'utilisation dans les systèmes de drainage » ; il est soumis aux exigences du marquage CE.

Mode de livraison sur chantier - Colisage

Les nappes géocomposites Enkadrain® B10-1s sont livrées en rouleau sur palettes (30 kg).

Dimensions des rouleaux de 45 m² : l = 1,05 m et Ø = 1 m.

Poids du rouleau : 21 kg.

1 rouleau par palette.

7.1.2 Drainage granulaire minéral complémentaire

Le drainage complémentaire est obligatoire pour une pente inférieure à 2 % et est constitué par une couche drainante d'agrégats poreux minéraux tels que les roches volcaniques, argiles ou schistes expansés. L'épaisseur de cette couche de drainage complémentaire est de 50 mm.

Tableau 2 – Poids de Capacité Maximale en Eau (C.M.E.) des agrégats minéraux

| Matériaux minéraux | Poids pour 5 cm d'épaisseur |
|---|-----------------------------|
| Billes d'argiles concassées et non concassées | 0,4 kN/m ² |
| Schistes expansés | 0,5 kN/m ² |
| Pierre ponce | 0,6 kN/m ² |
| Pouzzolane | 0,7 kN/m ² |
| Graviers | 0,9 kN/m ² |

7.2 Tapis sec d'irrigation en chanvre Vertige®

Le tapis sec d'irrigation en chanvre Vertige® est un tapis non-tissé produit par aiguilletage autour d'une maille polyéthylène et composé de fibres de chanvre / coco / jute sur une épaisseur de 10 mm.

Le tapis est fabriqué pour la Société Vertige en Vendée (France).

Principe descriptif

Le tapis est muni de tuyaux d'arrosage automatique goutte à goutte (2 tuyaux longitudinaux par tapis) et est micro-perforé afin de permettre une meilleure diffusion de l'eau d'arrosage ; cf. *figures 6* ci-dessous.

Mode de livraison sur chantier : voir § 5.22 « Pose du tapis sec d'irrigation Vertige® ».

Les fibres de chanvre composant en partie le tapis d'irrigation sont biodégradables. Sur une période de 1 à 2 ans, elles sont petit à petit remplacées par les racines du sedum. Les tuyaux d'irrigations sont ainsi au cœur du réseau racinaire. Ne restent du tapis que les tuyaux d'irrigation, le filet polyéthylène et les fibres de coco.



Figure 6a – Tapis sec d'irrigation Vertige® installé sur la toiture



Figure 6b – Tapis sec d'irrigation Vertige® en rouleau

Le tapis en chanvre Vertige® muni de ses tuyaux d'irrigation est fourni par la Société Vertige Sarl.

Contrôles de fabrication du tapis d'irrigation Vertige®

- Masse surfacique ;
- Grammage et calibrage des fibres ;
- Qualité du rouissage ;
- Épaisseur et homogénéité du tapis ;
- Résistance à la traction dans les deux directions ;
- Régularité du positionnement des gaines ;
- Qualité de l'accroche géotextile, gaines et fibres ;
- Fréquence quotidienne et au moins 3 fois par lot de production.

Mode de livraison sur chantier - colisage

Les tapis en chanvre Vertige® sont livrés en rouleaux de 18 m² sur palettes Europe (30 kg).

Poids du rouleau : 16 kg.

- 12 rouleaux par palette (soit 216 m²) ;
- Poids de la palette chargée : 192 kg.

L'étiquette mentionne : le nom du produit, les dimensions (1,20 m x 15 m), la composition (fibre de jute 80 % - fibre de chanvre 20 %), la provenance de la matière (France), l'adresse du titulaire, le numéro de lot et les modalités de stockage (au sec et à l'abri du soleil).

7.3 Tapis de sédum avec substrat

Les tapis de végétalisation précultivés sont constitués d'un substrat de culture et de plantes de sedum.

Les tapis de sedum sont précultivés en serres pendant 6 à 8 mois, pour la Société Vertige, en Vendée (France).

L'épaisseur du substrat de culture a une épaisseur d'environ 2 cm. La hauteur des sedums employés varie entre 3 et 6 cm.

Le substrat de culture est composé de deux couches liées :

- Couche fine d'accroche racinaire en mélange de fibres de coco et chanvre ;
- Couche de pousse composée de tourbe brune (1/3), de pouzzolanes (1/3), d'écorce de pin maritime compostée (1/3).

Les sedums peuvent être de plusieurs essences selon la provenance ou la période de production. Les plus courants étant : Acre, Sexangulare, Spurium, Album, Floriferum, Reflexum. Ces sedums sont des crassulacées (plantes grasses).

Mode de livraison sur chantier - Colisage

Les tapis de sedum sont livrés en rouleaux de 2 m² sur palettes Europe.

- Poids du rouleau : environ 30 kg.
- 20 rouleaux par palette (soit 40 m²) ;
- Poids de la palette chargée : 600 kg.

Contrôles de fabrication du tapis de sédum

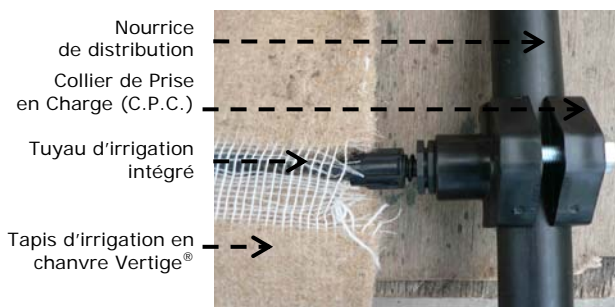
Contrôle visuel, aspect de surface et enracinement avant expédition.

7.4 Système d'irrigation

Le système d'irrigation se compose, principalement, d'une partie :

- D'alimentation en eau de la toiture. L'arrivée d'eau est réalisée par le lot Plomberie ;
- Sur toiture composée d'une :
 - électrovanne commandée par un programmeur, un capteur d'humidité et une station météo éventuelle. Ces éléments, mis en place par le lot Étanchéité, sont branchés entre l'arrivée d'eau (du lot Plomberie) et la nourrice d'alimentation,
 - nourrice de distribution d'eau connectée aux tuyaux d'irrigation intégrés au tapis d'irrigation en chanvre Vertige®.

La liaison entre la nourrice de distribution et les tuyaux d'irrigation des tapis Vertige® s'effectue par des Colliers de Prise en Charge (C.P.C.) par le lot Étanchéité.



vissés tels que vu au § 5.22 ci-avant.

Aucune fixation de la nourrice d'alimentation / du tuyau d'irrigation intégré ou de tout autre accessoire, ne doit traverser le revêtement d'étanchéité de partie courante et les relevés d'étanchéité.

7.41 Nourrice de distribution

La nourrice de distribution de diamètre 32 mm est en polyéthylène. Elle possède un liseré blanc facilitant le repérage des percements à réaliser.

La nourrice de distribution est fournie par la Société Vertige Sarl.

7.42 Tuyau d'irrigation

Les tuyaux d'irrigation sont en polypropylène de couleur noire, traité contre les UV.

Ces tuyaux ont une forme plate lorsque l'irrigation est coupée et tubulaire lors des phases d'irrigation.

Les tuyaux d'irrigation sont directement intégrés au tapis d'irrigation en chanvre Vertige®. Leur mise en œuvre est donc faite lors de celle des tapis.

Leur raccordement avec la nourrice d'alimentation se fait par l'intermédiaire de colliers de prise en charge C.P.C.

Les tuyaux d'irrigation, intégrés au tapis en chanvre Vertige®, sont fournis par la Société Vertige Sarl.

7.43 Collier de prise en charge (C.P.C.)

Les Colliers de Prise en Charge (C.P.C.) sont en polypropylène, de couleur noir, traité contre les UV. Ils résistent à une pression de 10 bars.

Les C.P.C. sont fixés manuellement à la nourrice d'alimentation par l'intermédiaire de deux de ses éléments liés par des vis à tête hexagonale (cf. figure 7).

7.44 Système de gestion de l'irrigation

L'irrigation de la toiture végétalisée peut être gérée de manière autonome par un programmeur Autonome mono station type WP1 (Rain Bird) recevant les informations du capteur d'humidité extérieur RSD-Bex (Rain Bird) et dirigeant l'électrovanne.

Les fiches techniques détaillées du programmeur WP1 et du capteur d'humidité RSD-Bex sont disponibles à la Société Vertige Sarl sur demande.

Grâce à cette gestion automatisée, l'irrigation de la toiture végétalisée Vertige® n'est réalisée que par temps sec, lorsque l'arrosage est nécessaire. Suivant les réglages, le programmeur peut lancer un nouvel arrosage après 1 à 4 jours sans pluie.

Le programmeur est placé en intérieur et est facilement accessible ou en extérieur sous un boîtier de protection.

Le capteur d'humidité est placée en extérieure et non protégé de la pluie.

L'électrovanne, dirigée par le programmeur, est placée entre l'arrivée d'eau du réseau d'eau potable ou de récupération et la nourrice PVC de distribution d'eau d'irrigation.

La nourrice est réalisée par un tube polyéthylène de diamètre 32 mm.

Exemple de schéma d'installation en figure 8 en fin de Dossier Technique.

7.45 Secteurs d'arrosage

L'installation du système Vertige® et la gestion de l'irrigation automatisée est divisée en secteurs de 250 m² maximum.

L'arrivée d'eau en toiture sera dédiée à l'installation d'irrigation automatisée et comprendra une colonne montante avec isolation contre le froid et vidange en bas de colonne.

Elle sera idéalement d'un diamètre de 32 mm et dans tous les cas n'aura pas un diamètre inférieur à 25 mm.

Le diamètre et modèle de sortie de vanne sera de ¾ de pouce male.

La pression est de 1 bar minimum et 6 bars maximum.

Un contrôle de l'arrivée d'eau devra être effectué par le plombier à la fin de son chantier et avant l'intervention de Vertige.

B. Résultats expérimentaux

a) *Comportement à l'eau et poids volumiques, rapport n° 06NOBATEK109 D du 22 avril 2009 :*

Mesures réalisées par le Centre de Ressources Technologiques NOBATEK (CRT labélisé n° 07/20) sur le complexe Vertige® comprenant :

- Tapis d'irrigation en chanvre Vertige® ;
- Substrat de végétalisation :
 - couche d'accroche en fibres de chanvres et coco,
 - couche de tourbe et granulats pouzzolanes.

La couche de drainage n'est pas prise en compte dans les mesures. L'apport de charges qu'il entraîne devra être calculé. Avec la nappe de drainage géotextile Enkadrain® B10-1s, la charge à prendre en compte sera d'environ 10 kg/m² (cas d'une saturation en eau).

Les essais ont été réalisés suivant le protocole de mesure de la capacité maximale en eau (article 6.11 des « Règles Professionnelles pour la conception et la réalisation des terrasses et toitures végétalisées » (CSFE - SNPPA - UNEP, novembre 2007).

Résultats présentés : moyennes des résultats proches obtenus sur trois échantillons différents.

b) *Campagne de mesures in situ sur constructions légères préfabriquées sans et avec complexe de végétalisation extensive Vertige® du 9 avril 2009 (version 2) :*

- Température de surface de la toiture ;
- Température intérieure ;
- Déphasage d'évacuation des eaux de pluie.

C. Références

C1. Données Environnementales ⁽¹⁾

Le procédé Vertige® ne fait pas l'objet d'une Déclaration Environnementale (DE).

Les données issues des DE ont 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 chantier

De 2009 à 2016, le complexe de végétalisation Vertige® a été mis en place sur plus de 8 000 m².

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

Tableaux et figures du Dossier Technique

Tableau A.1 – Tableau des charges pour un élément porteur en maçonnerie, ou en dalles de béton de béton cellulaire autoclavé

| Élément | Poids minimum (à sec) | | Charge maximale à prendre en compte | |
|--|------------------------------------|--|--------------------------------------|--|
| | Enkadrain® B10-1s (pente ≥ 2 %) | Matériaux minéraux ⁽²⁾ + Enkadrain® B10-1s (pente < 2 %) | Enkadrain® B10-1s (pente ≥ 2 %) | Matériaux minéraux ⁽²⁾ + Enkadrain® B10-1s (pente < 2 %) |
| Drainage | 0,5 daN/m ² | 40 + 0,5 = 40,5 daN/m ² | 10 daN/m ² ⁽⁴⁾ | 40 + 10 = 50 daN/m ² |
| Complexe de culture (tapis d'irrigation Vertige®) | 14 daN/m ² | | 37 daN/m ² | |
| Tapis de sedums | 0 daN/m ² | | 10 daN/m ² | |
| TOTAL | 14,5 daN/m² | 54,5 daN/m² | 57,0 daN/m² | 97 daN/m² |
| Charges de sécurité forfaitaires ⁽¹⁾ | 15 daN/m ² | | | |
| Charges d'exploitation ⁽¹⁾ | 100 daN/m ² | | | |
| TOTAL | 129,5 daN/m² | 169,5 daN/m² | 172,0 daN/m² | 212,0 daN/m² |

(1) La charge de neige est à prendre en compte.

(2) Valeur pour 5 cm de billes d'argiles concassées et non concassées à sec selon *tableau 2* du Dossier Technique.

Tableau A.2 – Tableau des charges pour un élément porteur en tôle d'acier nervurée

| Élément | Poids minimum (sec) | | Charge maximale à prendre en compte | |
|--|--|--|--|--|
| | Enkadrain® B10-1s (pente ≥ 3 % sur plans) | | Enkadrain® B10-1s (pente ≥ 3 % sur plans) | |
| Drainage | 0,5 daN/m ² | | 10 daN/m ² | |
| Complexe de culture (tapis d'irrigation Vertige®) | 14 daN/m ² | | 37 daN/m ² | |
| Tapis de sedums | 0 daN/m ² | | 10 daN/m ² | |
| TOTAL | 14,5 daN/m² | | 57,0 daN/m² | |
| Charges de sécurité forfaitaires (1) | 15 daN/m ² | | | |
| Charges d'exploitation (1) | 100 daN/m ² | | | |
| TOTAL | 129,5 daN/m² | | 172,0 daN/m² | |

(1) La charge de neige est à prendre en compte.

Tableau A.3 – Tableau des charges pour un élément porteur en bois ou en panneaux à base de bois

| Élément | Poids minimum (sec) | | Charge maximale à prendre en compte | |
|--|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| | 3 % ≤ pente < 7 % | pente ≥ 7 % | 3 % ≤ pente < 7 % | pente ≥ 7 % |
| Pente sur plans de l'élément porteur | | | | |
| Drainage | Enkadrain® B10-1s | | Enkadrain® B10-1s | |
| | 0,5 daN/m ² | | 10 daN/m ² | |
| Complexe de culture (tapis d'irrigation Vertige®) | 14 daN/m ² | | 37 daN/m ² | |
| Tapis de sedums | 0 daN/m ² | | 10 daN/m ² | |
| TOTAL | 14,5 daN/m² | | 57,0 daN/m² | |
| Charges de sécurité forfaitaires ⁽¹⁾ | 100 daN/m ² | 15 daN/m ² | 100 daN/m ² | 15 daN/m ² |
| Charges d'exploitation ⁽¹⁾ | 100 daN/m ² | | | |
| TOTAL | 214,5 daN/m² | 129,5 daN/m² | 257,0 daN/m² | 172,0 daN/m² |

(1) La charge de neige est à prendre en compte.

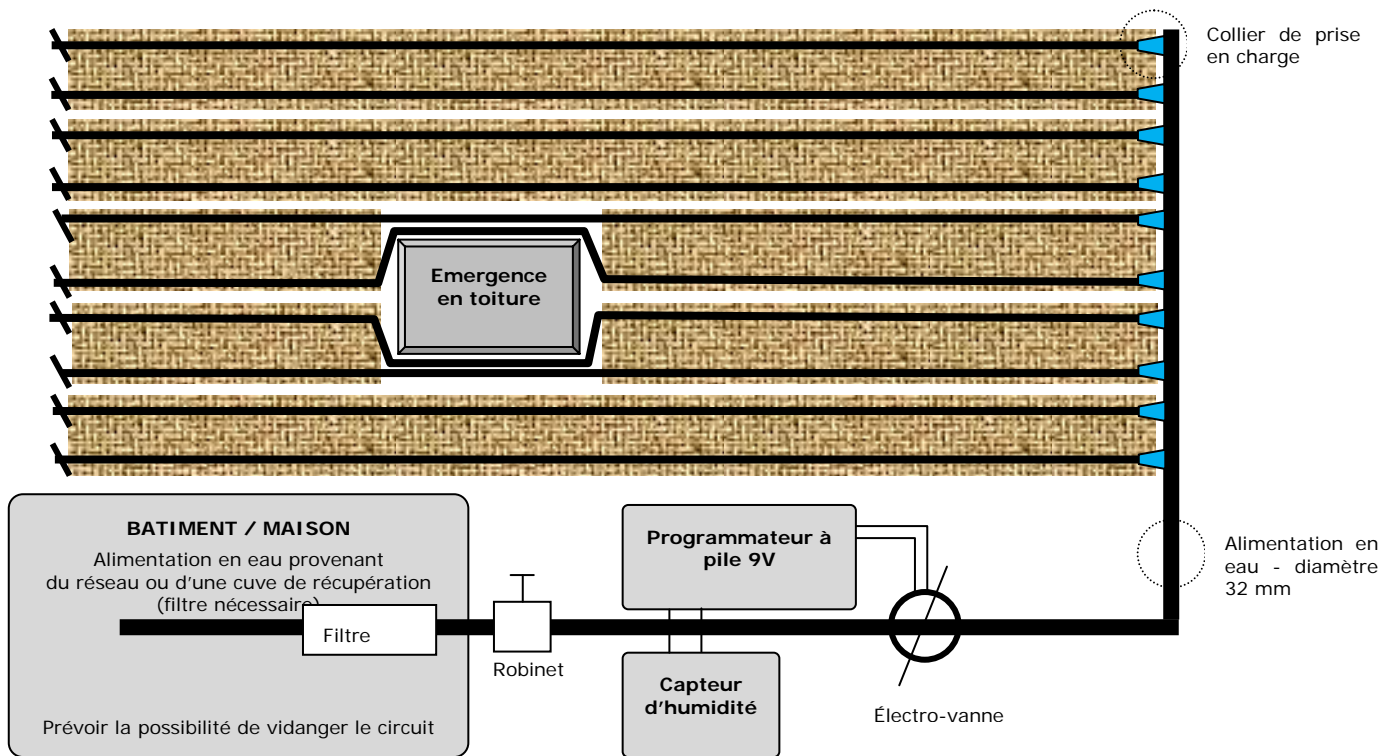


Figure 8 – Schéma de principe de l'installation

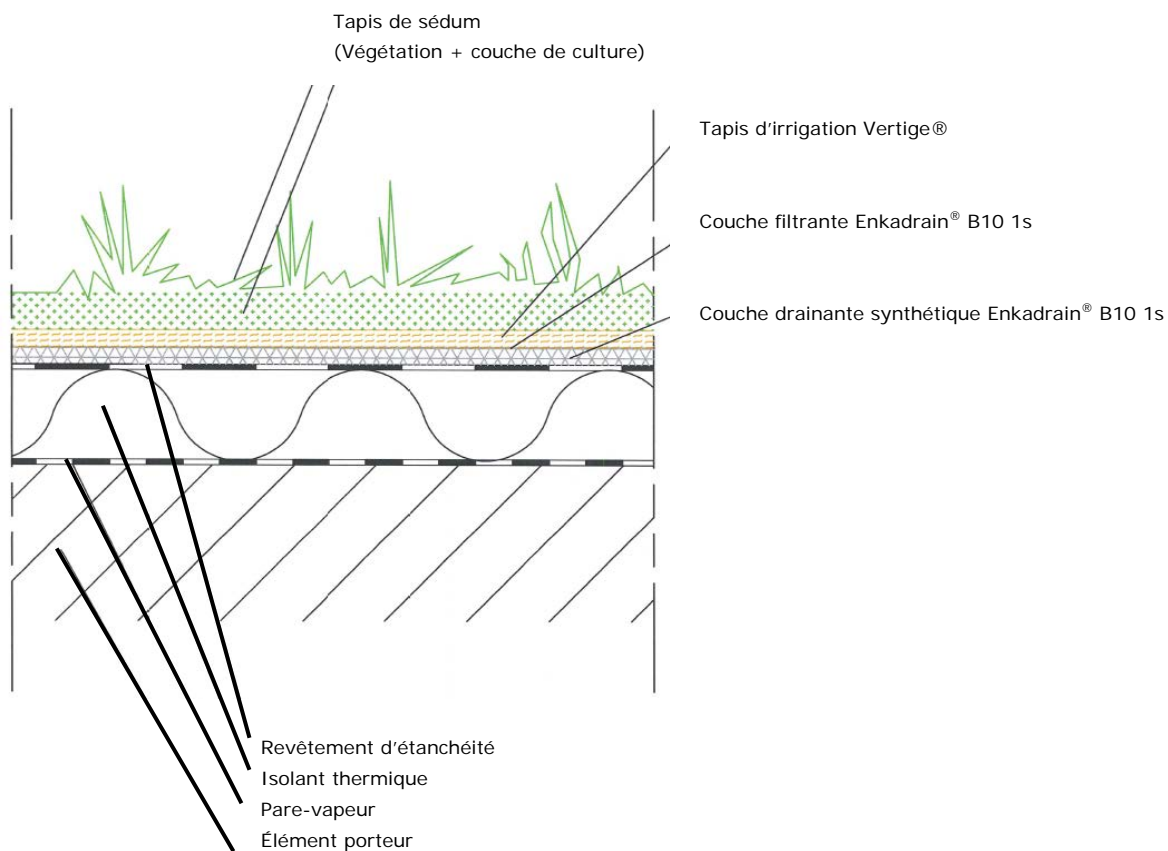


Figure 9 – Coupe en partie courante sur élément porteur en maçonnerie de pente $\geq 2\%$

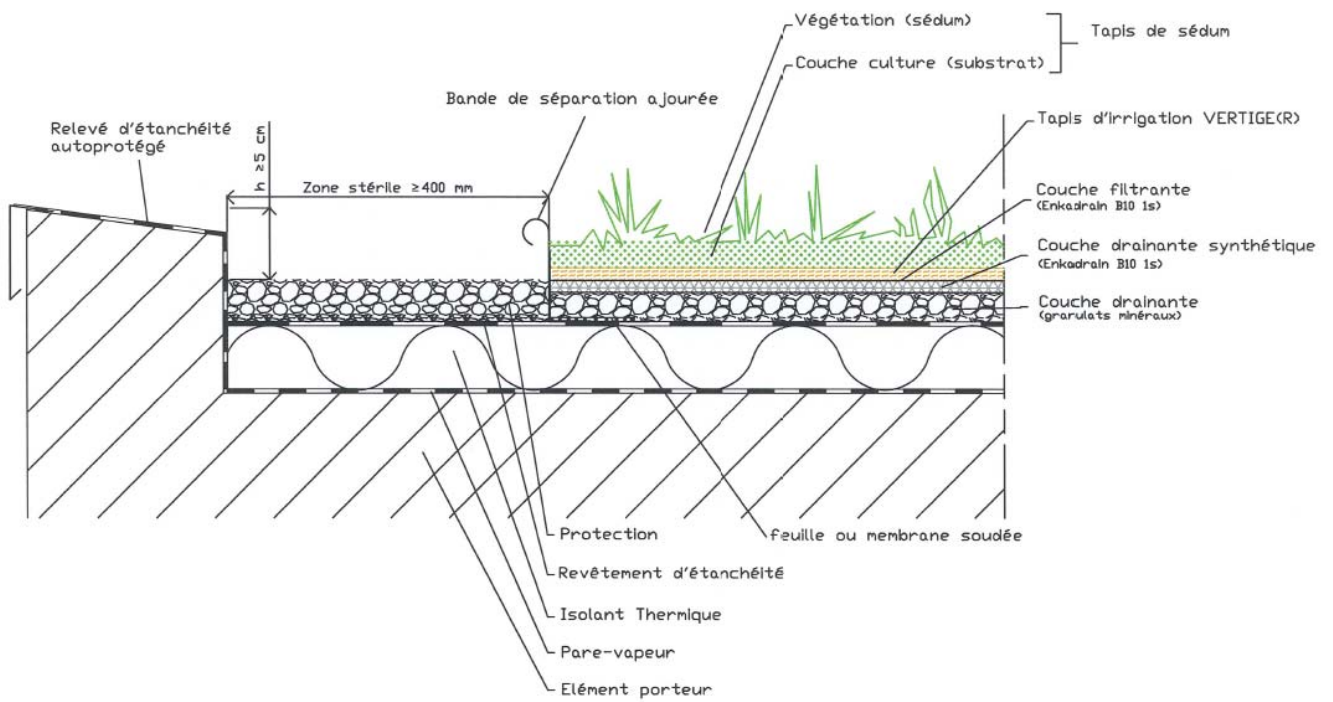


Figure 10 – Coupe type sur relevé avec zone stérile, élément porteur en maçonnerie, $0\% \leq \text{pente} < 2\%$

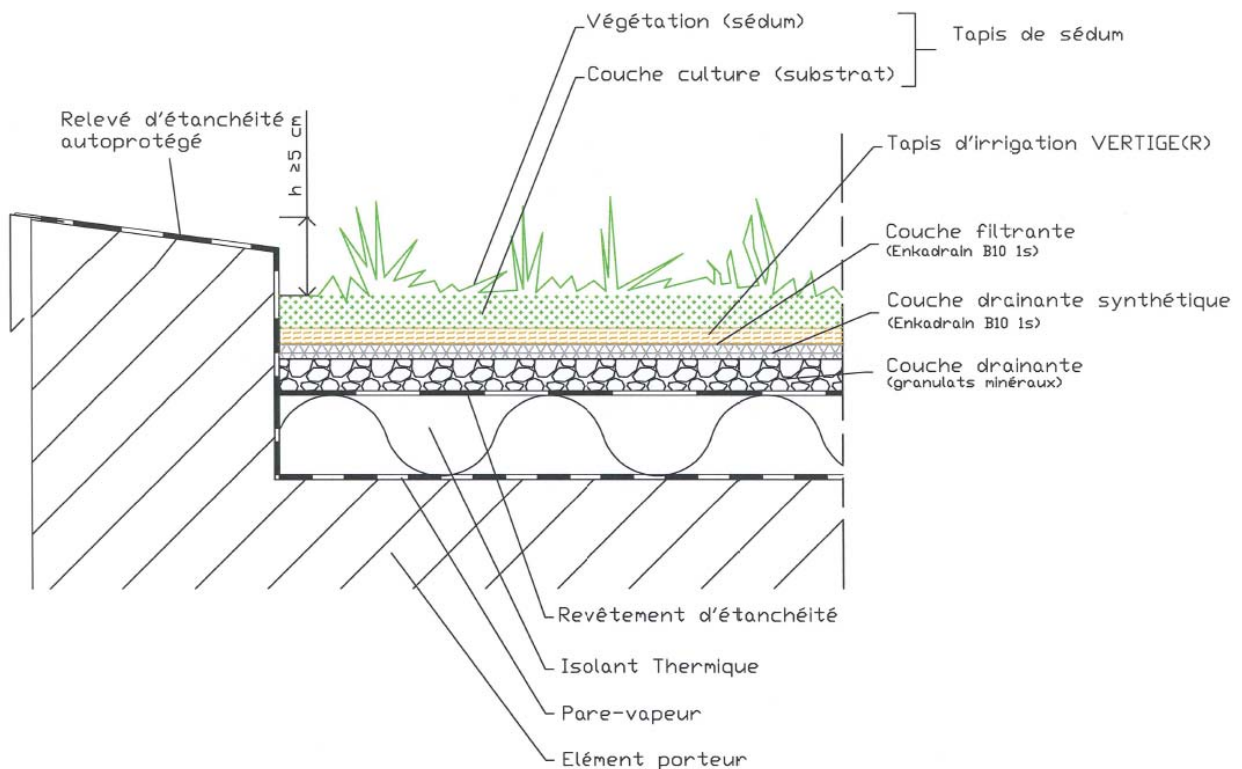


Figure 11 – Coupe type sur relevé (sans zone stérile), élément porteur en maçonnerie, $0\% \leq \text{pente} < 2\%$

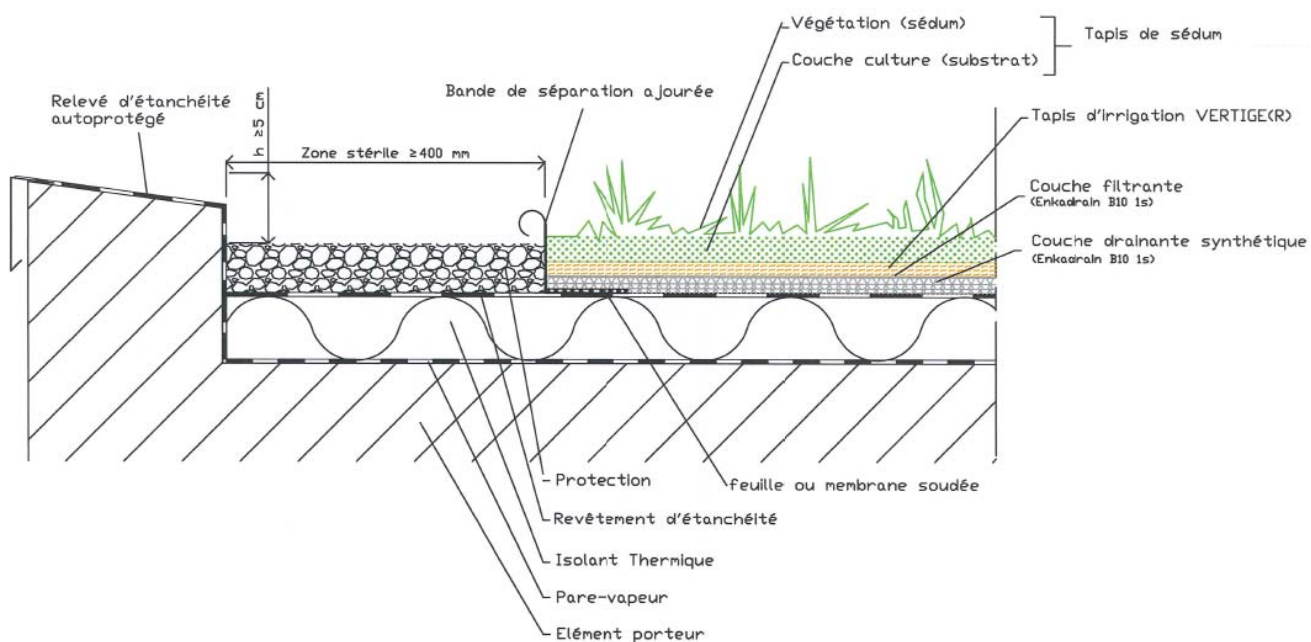


Figure 12 – Coupe type sur relevé avec zone stérile, élément porteur en maçonnerie, de pente comprise entre 2 % et 20 %

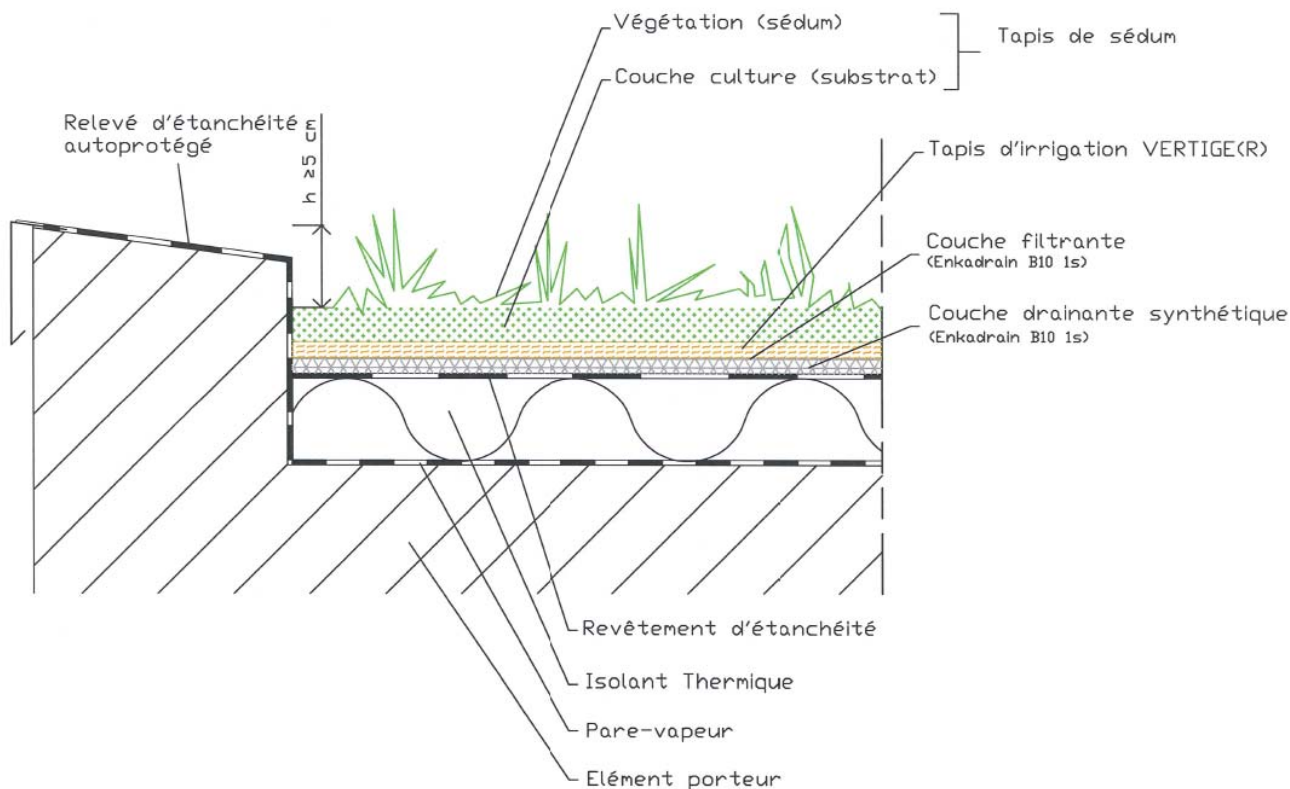


Figure 13 – Coupe type sur relevé (sans zone stérile), élément porteur en maçonnerie, de pente comprise entre 2 % et 20 %

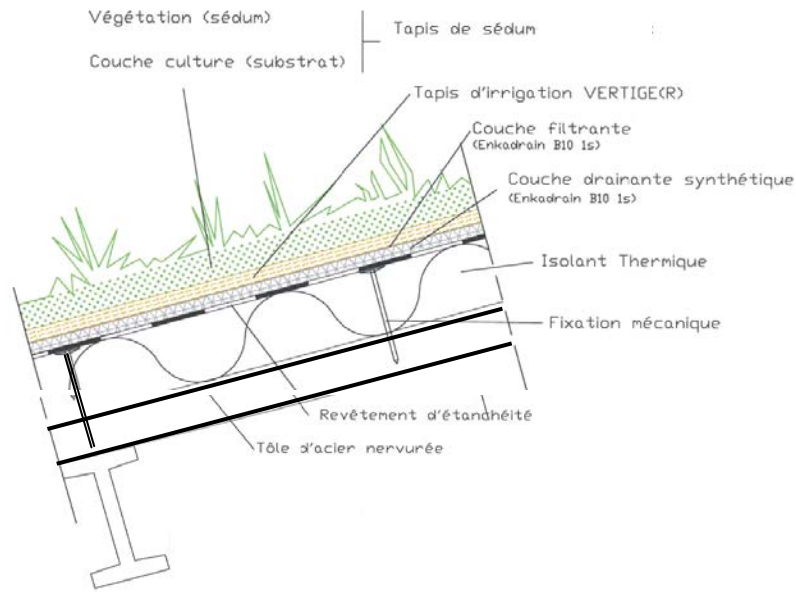


Figure 14 – Coupe type en partie courante sur élément porteur tôle d'acier nervurée de pente comprise entre 3 % et 20 %

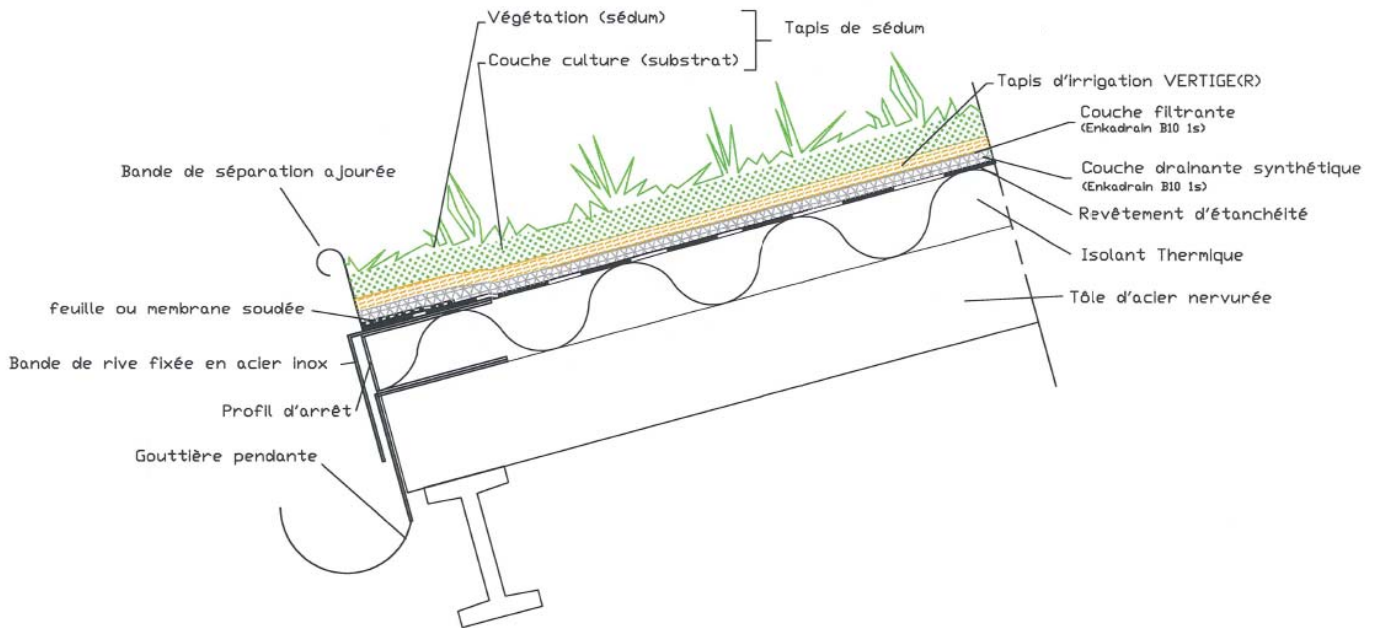


Figure 14bis – Coupe type en rive courante sur élément porteur tôle d'acier nervurée de pente comprise entre 3 % et 20 %