

Sur le procédé

Vertige®

Famille de produit/Procédé : Végétalisation de terrasses et toitures étanchées

Titulaire(s) : **Société Vertige**

AVANT-PROPOS

Les avis techniques et les documents techniques d'application, désignés ci-après indifféremment par Avis Techniques, sont destinés à mettre à disposition des acteurs de la construction **des éléments d'appréciation sur l'aptitude à l'emploi des produits ou procédés** dont la constitution ou l'emploi ne relève pas des savoir-faire et pratiques traditionnels.

Le présent document qui en résulte doit être pris comme tel et n'est donc **pas un document de conformité ou à la réglementation ou à un référentiel d'une « marque de qualité »**. Sa validité est décidée indépendamment de celle des pièces justificatives du dossier technique (en particulier les éventuelles attestations réglementaires).

L'Avis Technique est une démarche volontaire du demandeur, qui ne change en rien la répartition des responsabilités des acteurs de la construction. Indépendamment de l'existence ou non de cet Avis Technique, pour chaque ouvrage, les acteurs doivent fournir ou demander, en fonction de leurs rôles, les justificatifs requis.

L'Avis Technique s'adressant à des acteurs réputés connaître les règles de l'art, il n'a pas vocation à contenir d'autres informations que celles relevant du caractère non traditionnel de la technique. Ainsi, pour les aspects du procédé conformes à des règles de l'art reconnues de mise en œuvre ou de dimensionnement, un renvoi à ces règles suffit.

Groupe Spécialisé n° 5.2 - Produits et procédés d'étanchéité de toitures-terrasses, de parois enterrées et cuvelage

Versions du document

Version	Description	Rapporteur	Président
V2	<p>Cet Avis annule et remplace l'Avis Technique 5.2/17-2556_V1. Cette version intègre les modifications suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • La déclinaison en différents systèmes VERTIGE® ; • Ajout du tapis de rétention ; • Ajout d'une couche de substrat complémentaire ; • Mise à jour des tableaux de charges sur la base des nouveaux essais ; • Suppression des dénominations commerciales pour le système de gestion de l'irrigation. 	MINON Anouk	DRIAT Philippe

Descripteur :

Le complexe de végétalisation Vertige® est destiné aux toitures-terrasses et toitures inaccessibles inclinées de pente de 0 à ≤ 20 % avec un revêtement d'étanchéité réalisé au préalable en 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.

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

Table des matières

1.	Avis du Groupe Spécialisé.....	4
1.1.	Domaine d'emploi accepté.....	4
1.1.1.	Zone géographique.....	4
1.1.2.	Ouvrages visés.....	4
1.2.	Appréciation.....	4
1.2.1.	Aptitude à l'emploi du procédé.....	4
1.2.2.	Durabilité.....	5
1.2.3.	Impacts environnementaux.....	5
1.3.	Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé.....	5
2.	Dossier Technique.....	6
2.1.	Mode de commercialisation.....	6
2.1.1.	Coordonnées.....	6
2.1.2.	Identification.....	6
2.2.	Description.....	6
2.2.1.	Principe.....	6
2.2.2.	Caractéristiques des composants.....	7
2.3.	Dispositions de conception.....	13
2.3.1.	Prescriptions concernant les éléments porteurs et supports du complexe Vertige®.....	13
2.3.2.	Préparation du complexe Vertige®.....	14
2.4.	Dispositions de mise en œuvre.....	15
2.4.1.	Prescriptions Techniques.....	15
2.4.2.	Mise en œuvre du complexe de végétalisation Vertige®.....	15
2.4.3.	Pose du complexe de végétalisation Vertige® sur la toiture.....	16
2.4.4.	Ouvrages particuliers.....	17
2.5.	Entretien – Réparation – Maintenance.....	18
2.5.1.	Entretien.....	18
2.5.2.	Réparation du complexe végétalisé Vertige®.....	19
2.5.3.	Réfection de toitures.....	19
2.6.	Assistance technique.....	19
2.7.	Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication.....	19
2.7.1.	Nappe drainante et filtrante Enkadrain® B10-1s.....	19
2.7.2.	Couche filtrante S-TEX.....	20
2.7.3.	Tapis de rétention Vertige®.....	20
2.7.4.	Tapis sec d'irrigation Vertige®.....	20
2.7.5.	Couche de substrat complémentaire.....	20
2.7.6.	Tapis de végétalisation précultivé.....	20
2.8.	Mention des justificatifs.....	21
2.8.1.	Résultats expérimentaux.....	21
2.8.2.	Références chantiers.....	21
2.9.	Annexe du Dossier Technique – Schémas de mise en œuvre.....	22

1. Avis du Groupe Spécialisé

Le procédé décrit au chapitre 2 « Dossier Technique » ci-après a été examiné le 18/09/2023 par le Groupe Spécialisé qui a conclu favorablement à son aptitude à l'emploi dans les conditions définies ci-après :

1.1. Domaine d'emploi accepté

1.1.1. Zone géographique

Le complexe Vertige® est employé en France métropolitaine et en climat de plaine.

L'utilisation en climat de montagne n'est pas revendiquée.

L'utilisation dans les Départements et Régions d'Outre-Mer (DROM) n'est pas revendiquée.

1.1.2. Ouvrages visés

Le complexe de végétalisation Vertige® est destiné aux toitures-terrasses et toitures inaccessibles inclinées de pente de 0 à ≤ 20 % avec un revêtement d'étanchéité réalisé au préalable en 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, fixés mécaniquement, ou adhérents admis sont ceux visés pour l'emploi en terrasses et toitures végétalisées dans leur Document Technique d'Application.

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.

1.2. Appréciation

1.2.1. Aptitude à l'emploi du procédé

1.2.1.1. 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.

1.2.1.2. 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.

1.2.1.3. 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.

1.2.1.4. 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.

1.2.1.5. Isolation thermique

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

1.2.1.6. Stabilité aux charges des éléments porteurs

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

1.2.1.7. 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.

1.2.1.8. Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication

Cet Avis est formulé en prenant en compte les contrôles et modes de vérification de fabrication décrits dans le Dossier Technique.

1.2.2. Durabilité

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 2.5.1 du Dossier Technique.

Entretien et réparations

Voir les normes NF 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 2.3.2.1 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.

1.2.3. Impacts environnementaux

Le système « Extensif original » de toiture végétalisée Vertige® fait l'objet d'une Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire disponible sur la base INIES.

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.

1.3. 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.1

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. 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 2.4.4.3 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 proscrits.

2. Dossier Technique

Issu des éléments fournis par le titulaire et des prescriptions du Groupe Spécialisé acceptées par le titulaire

2.1. Mode de commercialisation

2.1.1. Coordonnées

Le procédé est commercialisé par le titulaire.

Titulaire et distributeur : Vertige
 4, rue René Martrenchar
 FR-33150 Cenon
 Tél. : 05 57 61 00 40
 Courriel : www.montoitvert.fr

2.1.2. Identification

L'emballage des produits permet leur identification.

2.2. Description

2.2.1. Principe

Le complexe Vertige® est un procédé 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 :

- D'une nappe filtrante et drainante Enkadrain B10-1s : épaisseur 0,9 cm.
- D'une couche de drainage minéral complémentaire (cas toiture terrasse de pente $< 2\%$): épaisseur 5 cm ;
- D'un substrat multicouche :
 - Tapis de rétention Vertige® : épaisseur 1 cm ;
 - Couche de substrat en vrac complémentaire Vertige® (épaisseur selon configurations de 3 à 9 cm) ;
 - Tapis d'irrigation Vertige® : épaisseur 1 cm ;
 - Tapis précultivé de sedums Vertige® : composé d'une trame de fibres végétales (1 cm), d'un substrat (2 cm) et de sedums précultivés ;

Le complexe Vertige® peut être décliné selon 5 systèmes de végétalisation (voir Tableau 1 ci-après), eux-mêmes déclinés en configurations selon l'élément support et la pente de toiture (voir tableaux A1 - A2 - A3 en fin de Dossier Technique).

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 $\leq 20\%$ suivant configuration (cf. Tableau 1) ;
- En travaux neufs, sur éléments porteurs ou supports en maçonnerie, en bois et panneaux à base de bois, et en tôles d'acier nervurées isolées ;
- En réfection, sur éléments porteurs ou supports en maçonnerie, en bois et panneaux à base de bois, sur éléments porteurs en tôles d'acier nervurées isolées et dalles de béton cellulaire autoclavé armé :
 - sur une étanchéité réalisée selon la norme NF 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.

L'élément porteur est dimensionné pour supporter les charges permanentes - d'exploitation et les charges du complexe de végétalisation Vertige® (voir tableaux A1 - A2 - A3 en fin de Dossier Technique).

La pente de l'élément porteur est conforme aux prescriptions des normes NF DTU 20.12 P1 et 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 5 cm.

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 complètera le dispositif de séparation lorsqu'il existe un risque de chute depuis les zones circulables.

SYSTEMES VERTIGE®	EPAISSEUR TOTALE COMPLEXE (cm)(1)	COMPOSITION DU COMPLEXE
EXTENSIF ORIGINAL	6	Tapis précultivés de sedum : 3 cm Tapis d'irrigation : 1 cm Tapis de rétention : 1 cm Drainage complémentaire si pente < 2% : + 5 cm Enkadrain B10-1 : 0,9 cm
EXTENSIF RENFORCE	9	Tapis précultivés de sedum : 3 cm Tapis d'irrigation : 1 cm Couche de substrat : 3 cm Tapis de rétention : 1 cm Drainage complémentaire si pente < 2% : + 5 cm Enkadrain B10-1 : 0,9 cm
EXTENSIF MAX	11	Tapis précultivés de sedum : 3 cm Tapis d'irrigation : 1 cm Couche de substrat : 5 cm Tapis de rétention : 1 cm Drainage complémentaire si pente < 2% : + 5 cm Enkadrain B10-1 : 0,9 cm
SEMI INTENSIF (2)	13	Tapis précultivés de sedum : 3 cm Tapis d'irrigation : 1 cm Couche de substrat : 7 cm Tapis de rétention : 1 cm Drainage complémentaire si pente < 2% : + 5 cm Enkadrain B10-1 : 0,9 cm
SEMI INTENSIF RENFORCE (2)	15	Tapis précultivés de sedum : 3 cm Tapis d'irrigation : 1 cm Couche de substrat : 9 cm Tapis de rétention : 1 cm Drainage complémentaire si pente < 2% : + 5 cm Enkadrain B10-1 : 0,9 cm

(1) En cas de toiture terrasse de pente < 2%, une couche de drainage minéral complémentaire est mise en œuvre (épaisseur 5 cm).
(2) Ne sont pas admis pour les pentes > 5%.

Tableau 1 : Systèmes de végétalisations VERTIGE®

2.2.2. Caractéristiques des composants

Le complexe de végétalisation Vertige® associe 4 éléments principaux (voir Figure 1) :

- une nappe filtrante et drainante (nappe Enkadrain® B10-1s + drainage granulaire minéral éventuel), A,
- un tapis de rétention Vertige® B,
- un tapis d'irrigation Vertige® C,
- un tapis végétalisé avec sedum (trame en fibres de coco + substrat mince + sedum) Vertige® D,

à une nourrice de distribution d'eau connectée à un réseau d'alimentation en eau.

A cela s'ajoutent des couches complémentaires ou optionnelles selon les configurations :

- Une couche de drainage supplémentaire nécessaire en cas de toiture de pente inférieure à 2 % ;
- Une couche de substrat permettant d'améliorer la prise des végétaux et d'élargir la gamme de végétaux envisageables (cf. Tableau 3).

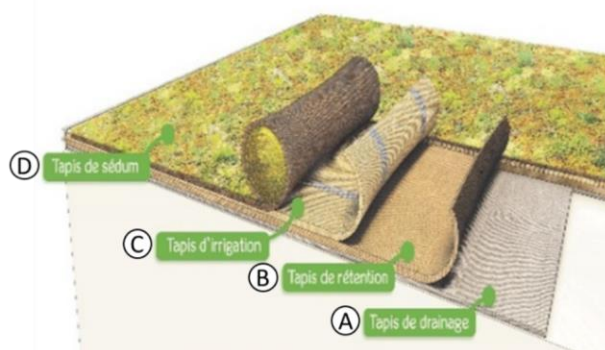


Figure 1 - Complexe de végétalisation Vertige® (EXTENSIF ORIGINAL)

2.2.2.1. Couche drainante et filtrante

2.2.2.1.1. Nappe drainante et filtrante Enkadrain® B10-1s

La nappe filtrante et drainante Enkadrain® B10-1s est fabriquée par la Société Bonar, dans l'usine d'Obensburg (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 2.



Figure 2 - Coupe sur l'Enkadrain® B10-1s

Caractéristiques de la nappe géocomposite

- Épaisseur : 0,9 cm (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 2,05 mm sur 1 000 h et pression de 40 kPa (NF EN ISO 25619-1:2021) ;
- 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).

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 □ = 1 m.

Poids du rouleau : 21 kg.

1 rouleau par palette.

2.2.2.1.2. 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. La granulométrie des matériaux minéraux sera ≥ 4 mm, conformément aux Règles Professionnelles pour la conception et la réalisation des terrasses et toitures végétalisées (édition n°3 - mai 2018). L'épaisseur de cette couche de drainage complémentaire est de 5 cm.

Matériaux minéraux	Poids à sec pour 5 cm d'épaisseur	Poids à CME pour 5 cm d'épaisseur
Billes d'argiles concassées 8/16	0,18 kN/m ²	0,29 kN/m ²
Billes d'argiles non concassées 8/16	0,15 kN/m ²	0,25 kN/m ²
Schiste expansé 8/16	0,30 kN/m ²	0,38 kN/m ²
Pierre ponce 6/10	0,46 kN/m ²	0,70 kN/m ²
Pouzzolane 7/15	0,45 kN/m ²	0,50 kN/m ²
Graviers 8/16	0,76 kN/m ²	0,81 kN/m ²

Tableau 2 – Poids des agrégats minéraux à sec et à CME

2.2.2.1.3. Géotextile S-TEX

Le géotextile souple S-TEX fabriqué par la SACHERIE DE PANTIN assure la fonction de filtration au niveau des points singuliers (voir §2.4.4).

Caractéristiques du géotextile S-TEX

- Matière : polypropylène non tissé ;
- Dimensions : 50 x 0,5 m ; 25 x 1 m ; 25 x 2 m ; 10 x 1 m ; 10 x 2 m ;
- Epaisseur sous 2 kPa (EN 9863-1) : 0,60 mm ;
- Masse surfacique (EN 9864) : 90 g/m² \pm 11 g/m² ;
- Résistance à la traction (EN 10319) : sens L et T : 6,7 kN/m \pm 0,5 kN/m ;
- Résistance à l'allongement (EN 10319) :

- sens L : 40 % ± 11% ;
- sens T : 55 % ± 11% ;
- Résistance au poinçonnement statique CBR (EN 12236) : ≥ 1.1 kN ;
- Résistance au poinçonnement dynamique (EN 13433) : ≥ 30 mm ;
- Perméabilité perpendiculaire au plan (EN 11058) : $0,085$ m/s $\pm 0,015$ μ m ;
- Ouverture de filtration (EN 12956) : 90 μ m ± 27 μ m ;

Mode de livraison sur chantier - Colisage

- Rouleaux sur palettes, surface par palette selon dimensions des rouleaux.
- Stockage : au sec et à l'abri.

2.2.2.2. Tapis de rétention Vertige®

Le tapis de rétention est constitué de fibres de jute et de chanvre non tissées. Il favorise le développement des plantations en assurant la rétention de l'eau d'arrosage, notamment l'année suivant la mise en œuvre.

Le tapis de rétention est posé en couche croisée par rapport au tapis d'irrigation (voir § 2.2.2.3 « Tapis sec d'irrigation en chanvre Vertige® »).

Le tapis de rétention Vertige® est fourni par la Société Vertige Sarl.

Caractéristiques du tapis de rétention

- Composition : 80 % fibres de chanvre et 20 % fibre de jute
- Epaisseur : 1 cm environ
- Masse surfacique à sec : 900 g/m²
- Masse surfacique à CME : $8\ 000$ g/m²

Mode de livraison sur chantier - Colisage

- Poids du rouleau : $24,8$ kg à sec ;
- Dimensions du rouleau : $1,10$ m x 25 m soit $27,5$ m² par rouleau ;
- Dimensions palette : $1,00$ m x $1,20$ m x $2,35$ m ;
- 10 rouleaux par palette (soit 275 m²) ;
- Poids de la palette chargée : 290 kg ;
- Stockage : au sec et à l'abri.

L'étiquette mentionne : le nom du produit, les dimensions, la composition (fibres de jute 80 % - fibres 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).

2.2.2.3. Tapis sec d'irrigation Vertige®

Le tapis d'irrigation est constitué de fibres de jute et de chanvre non tissées auquel sont associés des tuyaux d'irrigation microperforés. Les fibres végétales composant 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'irrigation sont ainsi au cœur du réseau racinaire.

Principe descriptif

Les tuyaux peuvent être disposés sur le tapis d'irrigation en cours du chantier.

La société Vertige Sarl fabrique également des tapis d'irrigation avec tuyaux intégrés : une maille polyéthylène est utilisée pour maintenir les tuyaux en place lors de la mise en œuvre ; voir figures 3 et 4 ci-dessous.

Les tuyaux d'irrigation, disposés à raison de 2 tuyaux longitudinaux par tapis, sont micro-perforés afin de permettre une meilleure diffusion de l'eau d'arrosage en goutte à goutte.

Mode de livraison sur chantier : voir § 2.4.3.4 « Pose du tapis sec d'irrigation Vertige® ».



Figure 3 - Tapis d'irrigation Vertige® installé sur la toiture avec tuyaux d'irrigation intégrés



Figure 4 - Tapis sec d'irrigation Vertige® en rouleau avec tuyaux d'irrigation intégrés

Le tapis d'irrigation Vertige® et les tuyaux d'irrigation sont fournis par la Société Vertige Sarl.

Caractéristiques du tapis d'irrigation

- Composition : 80% fibres de jute et 20 % fibres de chanvre
- Epaisseur : 1 cm environ
- Masse surfacique à sec : 1 200 g/m²
- Masse surfacique à CME : 9 300 g/m²
- Gaine goutte à goutte intégrée T-Tape tous les 30 cm (facultatif)

Mode de livraison sur chantier - colisage

- Poids du rouleau : 32 kg à sec ;
- Dimensions du rouleau : 1,10 m x 25 m soit 27,5 m² par rouleau ;
- Dimensions palette : 1,00 m x 1,20 m x 2,35 m ;
- 10 rouleaux par palette (soit 275 m²) ;
- Poids de la palette chargée : 350 kg ;
- Stockage : au sec et à l'abri.

L'étiquette mentionne : le nom du produit, les dimensions, la composition (fibres de jute 80 % - fibres 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).

2.2.2.4. Substrat Vertige

Le substrat en vrac est utilisé :

- Au sein des tapis précultivés de sedum, en épaisseur de 2 cm (cf. §2.2.2.5) ;
- En couche de substrat complémentaire de 0 à 9 cm selon le système (cf. Tableau 1 du Dossier Technique), placée entre le tapis de rétention et le tapis d'irrigation.

Caractéristiques du substrat

Le substrat est majoritairement minéral, assurant ainsi un drainage optimal. Associé à une fraction organique stable disposant d'un pouvoir de rétention en eau, il permet une implantation optimale des racines et facilite la résistance au stress hydrique.

- pH (H₂O) : 8.6 ;
- Conductivité : 0,2 mS/cm ;
- Matière organique : 5,5 % de la masse sèche ;
- Masse volumique à CME : 1400 g/l soit 1 400 kg/m³ ;
- Masse volumique à sec : 945 g/l soit 945 kg/m³ ;
- Rétention maximale en eau à CME : 47 % vol.

Mode de livraison sur chantier - Colisage

Le substrat est livré en Big Bag de 1,3 m³, sur palette de dimensions 1,00 m x 1,20 m. Le poids de la palette chargée est d'environ 1700 kg.

2.2.2.5. Tapis de sedum précultivé

Les tapis de sedum précultivés sont constitués d'une trame de fibres végétales, de substrat en vrac et de plantes de sedum.

- Trame de fibres végétales en mélange de fibres de coco et chanvre : épaisseur 1 cm environ ;
- Couche de substrat selon §2.2.2.4 : épaisseur 2cm.

La hauteur des sedums employés varie entre 3 et 6 cm. Les sedums sont de plusieurs essences selon la provenance ou période de production (entre 5 et 10 variétés). Les variétés sont définies dans le tableau 3 ci-dessous.

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

Genre	Espèce	Type
sedum	<i>album</i>	succulente
sedum	<i>reflexum</i>	succulente
sedum	<i>floriferum</i>	succulente
sedum	<i>kamtschaticum</i>	succulente
sedum	<i>lydium</i>	succulente
sedum	<i>sexangulare</i>	succulente
sedum	<i>acre</i>	succulente
sedum	<i>spurium</i>	succulente
sedum	<i>Anopetalum</i>	succulente
sedum	<i>Sedum Album "Murale"</i>	succulente
sedum	<i>Sedum Album "Coral Carpet"</i>	succulente
sedum	<i>Spurium "Fuldaglut"</i>	succulente

Tableau 3 : Liste des variétés de sedum

Mode de livraison sur chantier – Colisage du tapis précultivé

Les tapis de sedum sont livrés en rouleaux de 2 m² sur palettes 1,20 m x 1,20 m.

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

2.2.2.6. Système d'irrigation

Le système d'irrigation se compose, principalement :

- D'une partie alimentation en eau de la toiture. L'arrivée d'eau est réalisée par le lot Plomberie ;
- D'une partie de distribution sur toiture composée de :
 - Une nourrice de distribution d'eau connectée aux tuyaux d'irrigation intégrés au tapis d'irrigation Vertige®.
 - Une électrovanne commandée par un programmateur, un capteur d'humidité, un débitmètre 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.

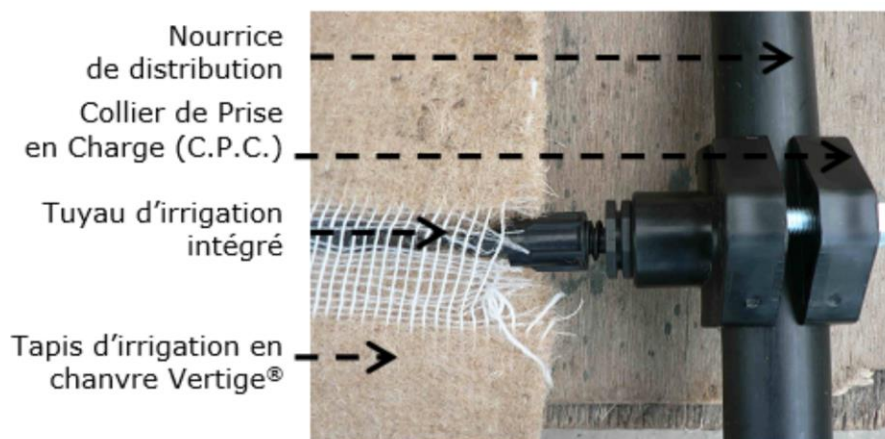


Figure 5 - Détail de raccordement entre la nourrice de distribution et le tapis du système d'irrigation Vertige®

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 (voir Figure 5).

La liaison entre les tuyaux d'irrigation des tapis Vertige® successifs se fait par des raccords gaine-gaine PVC vissés tels que vu au § 2.4.3.2.

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.

2.2.2.6.1. Nourrice de distribution

La nourrice de distribution de diamètre 32 mm est en polyéthylène et supporte une pression maximale d'utilisation de 10 bars. Elle possède un liseré blanc facilitant le repérage des percements à réaliser.

La nourrice de distribution est fournie par la société Vertige Sarl avec ses raccords.

2.2.2.6.2. 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 peuvent être directement intégrés au tapis d'irrigation 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.

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

Les Colliers de Prise en Charge (C.P.C.) sont en polypropylène, de couleur noire, 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 (voir Figure 5).

2.2.2.6.4. Système de gestion de l'irrigation

L'irrigation de la toiture végétalisée peut être gérée de manière autonome par un programmeur recevant les informations du capteur d'humidité extérieur et dirigeant l'électrovanne. 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. Un débitmètre avec retour d'état assure la fonction de détection de fuites et de coupures d'eau.

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.

Exemples de schéma d'installation du réseau d'irrigation en fin de Dossier Technique Figure 9, 22 et 23.

Caractéristiques du programmeur

Le programmeur autonome fonctionne sur pile 9 V et dispose d'un indicateur d'autonomie de la pile.

Il est placé en intérieur et est facilement accessible ou en extérieur sous un boîtier de protection. Le programmeur lui-même est adapté à une utilisation en extérieur (boîtier étanche).

Il dispose d'un écran ou d'une connexion Bluetooth et/ou wifi permettant de programmer simplement l'irrigation. 3 programmes indépendants peuvent être programmés avec un pas de temps d'une minute.

Le programmeur fonctionne avec un solénoïde à impulsion pour commander l'électrovanne.

Caractéristiques de l'électrovanne

Vanne à chapeau taraudé :

- Plage de débit : 0,04 à 27,2 m³/h ;
- Maintenance facilitée avec membrane non solidaire ;
- Pression de fonctionnement 1,4 à 10,3 bars ;
- Solénoïde mono bloc 24 VEC 50 Hz.

Caractéristiques de la sonde de pluie

Le capteur d'humidité est placé en extérieur et non protégé de la pluie. Il permet de mesurer automatiquement les précipitations et d'interdire le fonctionnement du système d'irrigation en cas de pluie.

Le capteur est adapté aux conditions extérieures exposées : il est résistant aux UV et aux intempéries.

La pluviométrie seuil est réglable de 3 à 19 mm.

Caractéristiques du débitmètre

Débitmètre à turbine à impulsion :

- Diamètre interne 25 mm ;
- 10 l/impulsion ;
- Plage de débit : 1,16 - 130 l/min ;
- Pression de fonctionnement : 1,6 bar ;
- Débitmètre communiquant.

2.2.2.6.5. 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 mâle.

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.

2.3. Dispositions de conception

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

2.3.1.1. Éléments porteurs et supports du système d'étanchéité

Le tableau 4 définit les pentes admissibles par rapport à l'élément porteur :

Élément porteur	Pente		
	0 %	1 à 3 %	≥ 3 à 20 %
Maçonnerie	O ui ⁽²⁾	O ui ⁽²⁾	O ui ⁽¹⁾
Dalles de béton cellulaire autoclavé armé ⁽³⁾	Non	O ui ⁽²⁾	O ui ⁽¹⁾
Tôles d'acier nervurées	Non	Non	O ui ⁽¹⁾
Bois et panneaux à base de bois	Non	Non	O ui ⁽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 autorisé que pour des pentes ≥ 2 %. Pour des pentes < 2 % un drainage granulaire complémentaire est prévu afin d'éviter les stagnations d'eau sur la toiture.
(3) Uniquement en réfection.

Tableau 4 – Éléments porteurs et pente

Les règles et clauses des normes NF DTU 20.12 et 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.

Les charges maximales de stockage lors du chantier sont apportées par les palettes de substrat en bigbags. Charge maximale par palette : 17 kN soit 14,2 kN/m².

2.3.1.1.1. Généralités

Conformément aux RP TTV de 2018, les charges de calcul à prendre en compte, quel que soit l'élément porteur (maçonnerie, tôles d'acier nervurées, bois, panneaux à base de bois et CLT) sont les suivantes :

- Les charges permanentes, qui correspondent à la somme :
 - du poids du complexe isolation - étanchéité (pare-vapeur, isolant, revêtement étanchéité),
 - du poids du complexe de végétalisation à capacité maximale en eau (couche drainante, couche filtrante, substrat, végétaux). Les tableaux A1 - A2 - A3 en fin de Dossier Technique présentent les charges maximales à CME des système VERTIGE en fonction de l'élément porteur et de la pente du projet. Voir tableau 1 pour les différents constituants de ces systèmes.,
 - d'une charge de sécurité fixée forfaitairement à 15 daN/m². Lorsque la pente est inférieure à 7 % sur plan, une charge complémentaire forfaitaire de 85 daN/m² (soit 100 daN/m² au total) sera ajoutée pour le dimensionnement des seuls éléments porteurs à base de bois (bois massif et panneaux à base de bois hors CLT), pour tenir compte de leur fluage naturel. **Nota** : Cette charge complémentaire forfaitaire de 85 daN/m² n'est pas à prendre en compte pour le calcul de la structure.
- Les charges d'exploitation sont les charges dites d'« exploitation », y compris les charges climatiques selon les règles NV65 modifiées. La plus élevée de la charge d'entretien (100 daN/m²) ou de la charge climatique est retenue.

La charge de calcul non pondérée est la somme de la charge permanente et de la charge d'exploitation.

2.3.1.1.2. En maçonnerie

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

2.3.1.1.3. 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.

2.3.1.1.4. 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.

2.3.1.1.5. Supports isolants thermiques non porteurs

Ils sont définis conformément aux Règles Professionnelles « Isolants supports d'étanchéité en indépendance sous protection lourde » de juillet 2021 et bénéficiant d'un certificat ACERMI, 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 et doivent être conformes aux Règles Professionnelles « Isolants supports d'étanchéité en indépendance sous protection lourde » de juillet 2021 et certifiés ACERMI et sont visés, sur l'élément porteur considéré, pour un emploi en support de revêtement de toitures-terrasses jardins, terrasses et toitures végétalisées par la fiche produit établies suivant les règles professionnelles.

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 au Document Technique d'Application du revêtement d'étanchéité.

2.3.1.2. 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 (voir § 1.1.2).

Le revêtement d'étanchéité est posé en respect des prescriptions des normes NF DTU série 43, soit en adhérence totale, soit en semi-adhérence par autoadhésivité ou par fixations mécaniques, conformément à son Document Technique d'Application.

2.3.2. Préparation du complexe Vertige®

2.3.2.1. 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 (voir § 2.4.4.2);
- Réaliser un schéma de calepinage de pose :
 - De la nappe filtrante et drainante Enkadrain® B10-1s,
 - Du tapis de rétention Vertige®,
 - Du tapis d'irrigation Vertige®,
 - Du tapis de sedum avec substrat Vertige®.

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 (voir § 2.4.4.2 du Dossier Technique).

2.3.2.2. 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 § 2.3.1.1.5. 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 (voir § 2.4) ;
- 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.

2.4. Dispositions de mise en œuvre

2.4.1. Prescriptions Techniques

2.4.1.1. 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.

- a. 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.

2.4.1.2. 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 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.

2.4.2. 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 4 à 7 phases principales :

- 1) Pose de la couche drainante et filtrante (nappe Enkadrain® B10-1s) sur les zones à végétaliser ;
- 2) Pose de la couche de drainage complémentaire selon configuration ;
- 3) Pose du tapis de rétention Vertige® ;
- 4) Pose du substrat selon configuration des systèmes ;
- 5) Pose des tapis secs d'irrigation en chanvre Vertige® ;
- 6) 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.) ;
- 7) Pose des tapis précultivés avec substrat OU du substrat pour semis / plantations ;
- 8) Semis et plantations de végétaux s'il y a lieu.

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.

2.4.2.1. Evacuation des eaux pluviales

Les évacuations d'eau pluviales sont conformes aux NF DTU série 43.

2.4.2.2. 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 ¾ 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 avec station météo éventuelle.

Un programmeur 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. En cas d'utilisation d'eau non potable, un système de filtration d'eau adapté sera mis en œuvre en amont du réseau d'alimentation toiture.

2.4.3. Pose du complexe de végétalisation Vertige® sur la toiture

2.4.3.1. Pose de la couche filtrante et drainante

2.4.3.1.1. 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 § 2.2.2.1.2 du Dossier Technique (voir figures 11 - 12 en fin de Dossier Technique).

Les rouleaux de la nappe Enkadrain® B10-1s sont déroulés sur le complexe d'étanchéité, d'après le schéma de calepinage préalable réalisé selon le § 2.3.2.1. 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.

Le drainage granulaire minéral d'épaisseur minimum 5 cm est mis en œuvre sur la nappe Enkadrain® B10 1s.

En périphéries le géotextile filtrant S-TEX selon les dispositions du § 2.4.4.3 et § 2.4.4.4 Le géotextile S-TEX doit être recouvert dans un délai de 14 jours après installation, selon préconisations fabricant.

2.4.3.1.2. Support de pente ≥ 2 %

Pour des pentes ≥ 2 %, la solution se compose de la nappe Enkadrain® B10 1s seule (voir figures 10, 12 et 15 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 § 2.3.2.1. 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 d'étanchéité 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.

2.4.3.2. Pose du tapis de rétention en chanvre VERTIGE®

Les rouleaux de tapis de rétention en chanvre Vertige® sont déroulés sur la nappe filtrante et drainante en couche croisée par rapport au tapis d'irrigation, soit parallèlement à la pente principale de toiture.

2.4.3.3. Pose de la couche de substrat en vrac

Une couche substrat en vrac est mise en œuvre sur chantier entre les tapis de rétention et d'irrigation, en épaisseur de 0 à 9 cm selon les systèmes (cf. Tableau 1 du dossier technique) (voir figures 17, 18 et 19 en fin de Dossier Technique).

Ces deux couches de substrat sont cumulables.

2.4.3.4. Pose du tapis sec d'irrigation en chanvre VERTIGE®

Les rouleaux de tapis sec d'irrigation en chanvre Vertige® sont déroulés sur le tapis de rétention (ou la couche de substrat le cas échéant), 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, voir Figure 6 ci-dessous :



Figure 6 - Jonction de deux tapis successifs

2.4.3.5. 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. voir § 2.2.2.6.3).

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.

2.4.3.6. Pose des tapis précultivés

Pour éviter toute dégradation du sedum, les tapis pré-cultivés 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 7 - Pose des tapis de sedum

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

2.4.4. Ouvrages particuliers

2.4.4.1. Toitures inclinées (pente $\geq 3\%$ et $\leq 20\%$)

Pour assurer une bonne stabilité de la toiture végétalisée, il y a lieu de distinguer les zones de partie courante (A) à pente $\geq 3\%$ des zones de noue centrale ou de rives (B) selon la Figure 8 suivante :

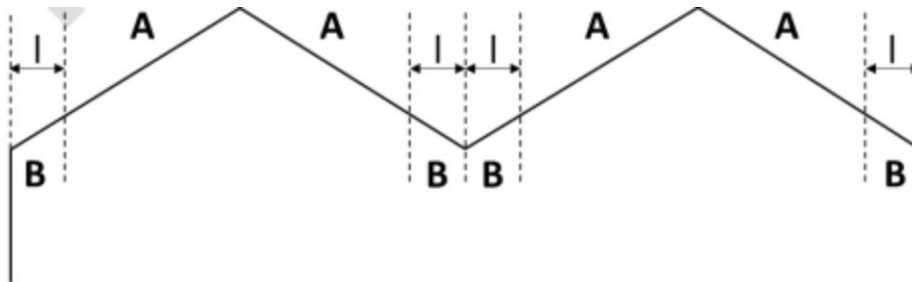


Figure 8 - Principe des zones de la toiture suivant les pentes (dessin sans échelle)

- Traitement de la zone A (partie courante) : tel que pour les toitures-terrasses.
- Largeur l de la zone B (rives ou noue) :
 - 0,40 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 $\leq 2\%$, traitement en zone stérile,
 - Si pente $> 2\%$, traitement en zone stérile ou tel qu'une toiture-terrasse.

2.4.4.2. 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 %.

Sa présence est obligatoire en pieds des relevés d'étanchéité :

- en végétalisation semi-intensive (systèmes VERTIGE® SEMI INTENSIF et SEMI INTENSIF RENFORCE);
- en végétalisation extensive si la végétalisation n'est pas constituée de Sedum uniquement.

En l'absence de zone stérile, les hauteurs des relevés d'étanchéité sont comptées à partir de la surface du substrat (voir figures 11, 12 et 14 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 ledit DTA ;
- De dalles préfabriquées en béton posées sur la couche drainante.

2.4.4.3. Dispositifs de séparation de la zone stérile

La zone végétalisée est délimitée des autres zones non plantées (zones stériles ou de circulation) par un dispositif de séparation dont la fonction est de retenir le substrat tout en permettant le passage de l'eau.

La partie supérieure du dispositif de séparation arrive au minimum au niveau de la surface du substrat. Un filtre S-TEX (voir 2.2.2.1.3) est remonté sur toute la hauteur du dispositif de séparation, afin d'assurer la continuité de la filtration (cf. figure 11, 13 et 16 en fin de Dossier Technique).

Le géotextile S-TEX est disposé sur la couche filtrante courante Enkadrain® B10-1s avec un recouvrement de 15 cm minimum.

Le dispositif de séparation est constitué :

- De bandes ajourées en acier inoxydable, 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.

2.4.4.4. Autres détails

Noeues

Elles sont végétalisées selon le § 2.4.4.1.

Évacuations d'eaux pluviales

Les évacuations pluviales sont bordées par une zone stérile de 400 mm au minimum (voir § 2.4.4.2 ci-avant et Figure 20 en fin de Dossier Technique).

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.

Relevés d'étanchéité et émergences en toiture

Sur les relevés d'étanchéité, du géotextile S-TEX est mis en œuvre afin d'assurer la remontée de la couche filtrante jusqu'à la surface du substrat minimum. Un recouvrement de 15 cm minimum est réalisé entre l'Enkadrain B10-B1s et le filtre S-TEX (voir Figures 12, 14, 21 en fin de Dossier Technique).

En cas d'émergence en toiture, le réseau d'irrigation est adapté pour contourner l'émergence selon les Figures 22 et 23 en fin Dossier Technique.

2.5. Entretien – Réparation – Maintenance

2.5.1. 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.

2.5.1.1. 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 (voir § 2.3.2.1).

2.5.1.2. Détection de fuite et coupure d'eau

La surveillance du retour d'état du débitmètre signalant une fuite ou une coupure d'eau est réalisée par le Maître d'Ouvrage directement ou par la société Vertige Sarl dans le cadre du contrat de maintenance.

2.5.1.3. 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.

2.5.1.4. 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.

2.5.2. 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 (+ 14 kg/m² à CME pour 1 cm de 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.

2.5.3. Réfection de toitures

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

2.6. Assistance technique

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.

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.

Travaux d'étanchéité	Lots
<u>Alimentation en eau de la toiture</u> : Réseau, pompe de relevage, filtre éventuel, et robinet pour alimentation et vidange du réseau	Lot Plomberie
<u>Réseau d'eau depuis l'attente du lot Plomberie</u> : Électrovanne et programmateur à piles, capteur d'humidité, station météo éventuelle <u>Système de végétalisation auto-irrigué</u> : 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 9 en fin de Dossier Technique.	

Tableau 5 - Répartition des travaux de mise en œuvre (1)

2.7. Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication

2.7.1. Nappe drainante et filtrante Enkadrain® B10-1s

Contrôles de fabrication

A réception par VERTIGE, et à raison de 3 fois minimum par lot de production, contrôle de :

- Norme qualité ISO 9001 du fabricant
- Masse surfacique par pesée d'échantillons. Seuil : 440 g/m² ± 30 g

- Absence de défauts majeurs (trous, déchirements) par contrôle visuel
- 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.

Sur chantier, contrôles et actions pendant la mise en œuvre :

- Absence de défauts majeurs (trous, déchirements) par contrôle visuel. Mesure corrective : remplacement des zones en défaut et raccord selon les préconisations fabricant.

2.7.2. Couche filtrante S-TEX

Contrôles de fabrication

A réception par VERTIGE, et à raison de 3 fois minimum par lot de production, contrôle de :

- Marquage CE du fabricant
- Masse surfacique par pesée d'échantillons. Seuil : $90 \text{ g/m}^2 \pm 11 \text{ g/m}^2$
- Absence de défauts majeurs (trous, déchirements) par contrôle visuel ;

Le produit S-TEX est soumis aux exigences du marquage CE (0799-CPD-201).

Sur chantier, contrôles et actions pendant la mise en œuvre :

- Absence de défauts majeurs (trous, déchirements) par contrôle visuel. Mesure corrective : remplacement des zones en défaut et raccord selon les préconisations fabricant.

2.7.3. Tapis de rétention Vertige®

Contrôles de fabrication

A réception par VERTIGE, et à raison de 3 fois minimum par lot de production, contrôle de :

- Masse surfacique par pesée d'échantillons. Seuil : $900 \text{ g/m}^2 \pm 135 \text{ g/m}^2$
- Capacité de rétention d'eau par trempage et pesage à CME. Seuil : $8000 \text{ g/m}^2 \pm 1200 \text{ g/m}^2$
- Qualité du rouissage par constatation visuelle de l'absence d'écorce
- Absence de décomposition et moisissures par constatation visuelle et olfactive

Sur chantier, avant et/ou pendant la mise en œuvre :

- Absence de décomposition et moisissures par constatation visuelle et olfactive. Mesure corrective : remplacement des zones en défaut

2.7.4. Tapis sec d'irrigation Vertige®

Contrôles de fabrication

A réception par VERTIGE, et à raison de 3 fois minimum par lot de production, contrôle de :

- Masse surfacique par pesée d'échantillons. Seuil : $1200 \text{ g/m}^2 \pm 180 \text{ g/m}^2$
- Capacité de rétention d'eau par trempage et pesage à CME. Seuil : $9\ 300 \text{ g/m}^2 \pm 1400 \text{ g/m}^2$
- Régularité du positionnement des gaines par mesure de l'écartement entre gaines. Seuil : $33 \text{ cm} \pm 2,5 \text{ cm}$
- Qualité de l'accroche géotextile, gaines et fibres par test de séparation manuelle des éléments
- Qualité du rouissage par constatation visuelle de l'absence d'écorce
- Absence de décomposition et moisissures par constatation visuelle et olfactive

Sur chantier, contrôles et actions pendant la mise en œuvre :

- Absence de décomposition et moisissures par constatation visuelle et olfactive. Mesure corrective : remplacement des zones en défaut
- Régularité du positionnement des gaines par mesure de l'écartement entre gaines. Mesure corrective : repositionnement manuel des gaines à écartement régulier.

2.7.5. Couche de substrat complémentaire

Contrôles de fabrication

A réception par VERTIGE, et à raison de 3 fois minimum par lot de production, contrôle de :

- Masse volumique à CME. Seuil : $1400 \text{ g/l} \pm 210 \text{ g/l}$
- Contrôle visuel (couleur, taille des agrégats) et olfactif

Sur chantier, avant et/ou pendant la mise en œuvre :

- Contrôle visuel (couleur, taille des agrégats) et olfactif

2.7.6. Tapis de végétalisation précultivé

Contrôles de fabrication du tapis précultivé

Avant expédition sur chantier, et sur chantier pendant la mise en œuvre :

- Surface végétalisée > 80 % et qualité de l'enracinement par contrôle visuel. Mesure corrective : remplacement des zones en défaut, bouturage de sedum.

2.8. Mention des justificatifs

2.8.1. Résultats expérimentaux

Caractérisation du complexe de végétalisation Vertige® selon Règles Professionnelles pour la conception et la réalisation des terrasses et toitures végétalisées (, édition n°3, mai 2018) :

- Mesures réalisées par le Centre de Ressources Technologiques ARRDHOR – CRITT HORTICOLE labellisé depuis 2007 selon les protocoles d'essais décrits en Annexes G1, G2 et G5 des Règles Professionnelles.
 - Substrat en vrac Vertige® ;
 - Tapis d'irrigation Vertige® ;
 - Tapis de rétention Vertige® ;
 - Tapis précultivé constitué :
 - Tapis de culture en fibres de coco ;
 - Substrat ;
 - Plantes (prise en compte de manière forfaitaire).

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

2.8.2. Références chantiers

De 2017 à 2022, le complexe de végétalisation Vertige® a été mis en place sur plus de 72 700 m².

2.9. Annexe du Dossier Technique – Schémas de mise en œuvre

VERTIGE - TYPES DE CONFIGURATIONS - ELEMENT PORTEUR en maçonnerie																					
ELEMENT PORTEUR	PENTE DE TOITURE	DRAINAGE	SYSTEME VERTIGE®	EPAISSEUR TOTALE DU COMPLEXE DE CULTURE (cm)	EP. SUBSTRAT COMPL. (cm)	Poids à sec par couche (daN/m²)					POIDS SEC (daN/m²)	Poids à CME par couche (daN/m²)					POIDS A CME (daN/m²)	Charges de sécurité forfaitaires (1) (daN/m²)	TOTAL CHARGES PERMANENTES A CME (3) (daN/m²)		
						Plantes (forfaitaire)	Tapis précurtivé hors plantes	Tapis rétention et irrigation	Substrat complémentaire	Drainage compl. (cm) (2)		Enkadrain® B10-1s (cm)	Plantes (forfaitaire)	Tapis précurtivé hors plantes	Tapis rétention et irrigation	Substrat complémentaire				Drainage compl. (cm) (2)	Enkadrain® B10-1s (cm)
Béton Maçonnerie	0 < PENTE ≤ 2 %	Drainage complémentaire + Enkadrain® B10-1s	EXTENSIF ORIGINAL	11	0	1	19.5	2.1	0.0	18	0.5	41.1	10	31.4	17.3	0	29	10	97.7	15	112.7
			EXTENSIF RENFORCE	14	3	1	19.5	2.1	28.4	18	0.5	69.5	10	31.4	17.3	42	29	10	139.7	15	154.7
			EXTENSIF MAX	16	5	1	19.5	2.1	47.3	18	0.5	88.4	10	31.4	17.3	70	29	10	167.7	15	182.7
			SEMI INTENSIF	18	7	1	19.5	2.1	66.2	18	0.5	107.3	10	31.4	17.3	98	29	10	195.7	15	210.7
			SEMI INTENSIF RENFORCE	20	9	1	19.5	2.1	85.1	18	0.5	126.2	10	31.4	17.3	126	29	10	223.7	15	238.7
	2 < PENTE ≤ 5%	Enkadrain® B10-1s	EXTENSIF ORIGINAL	6	0	1	19.5	2.1	0.0	0	0.5	23.1	10	31.4	17.3	0	0	10	68.7	15	83.7
			EXTENSIF RENFORCE	9	3	1	19.5	2.1	28.4	0	0.5	51.5	10	31.4	17.3	42	0	10	110.7	15	125.7
			EXTENSIF MAX	11	5	1	19.5	2.1	47.3	0	0.5	70.4	10	31.4	17.3	70	0	10	138.7	15	153.7
			SEMI INTENSIF	13	7	1	19.5	2.1	66.2	0	0.5	89.3	10	31.4	17.3	98	0	10	166.7	15	181.7
			SEMI INTENSIF RENFORCE	15	9	1	19.5	2.1	85.1	0	0.5	108.2	10	31.4	17.3	126	0	10	194.7	15	209.7
	5 < PENTE ≤ 20%	Enkadrain B10-1s	EXTENSIF ORIGINAL	6	0	1	19.5	2.1	0.0	0	0.5	23.1	10	31.4	17.3	0	0	10	68.7	15	83.7
			EXTENSIF RENFORCE	9	3	1	19.5	2.1	28.4	0	0.5	51.5	10	31.4	17.3	42	0	10	110.7	15	125.7
			EXTENSIF MAX	11	5	1	19.5	2.1	47.3	0	0.5	70.4	10	31.4	17.3	70	0	10	138.7	15	153.7

(1) A prendre en compte dans les charges permanentes.

(2) Charges pour 5 cm de billes d'argiles concassées selon Tableau 2 du Dossier Technique.

(3) Hors charge d'exploitation.

Tableau A.1 – Tableau des charges pour un élément porteur en maçonnerie

VERTIGE - TYPES DE CONFIGURATIONS - ELEMENT PORTEUR TOLE ACIER NERVUREE																						
ELEMENT PORTEUR	PENTE DE TOITURE	DRAINAGE	SYSTEME VERTIGE®	EPAISSEUR TOTALE DU COMPLEXE DE CULTURE (cm)	EP. SUBSTRAT COMPL. (cm)	Poids à sec par couche (daN/m ²)						POIDS SEC (daN/m ²)	Poids à CME par couche (daN/m ²)						POIDS A CME (daN/m ²)	Charges de sécurité forfaitaires (1) (daN/m ²)	TOTAL CHARGES PERMANENTES A CME (3) (daN/m ²)	
						Plantes (forfaitaire)	Tapis précurtivé hors plantes	Tapis rétention et irrigation	Substrat complémentaire	Drainage compl. (cm) (2)	Enkadrain® B10-1s (cm)		Plantes (forfaitaire)	Tapis précurtivé hors plantes	Tapis rétention et irrigation	Substrat complémentaire	Drainage compl. (cm) (2)	Enkadrain® B10-1s (cm)				
Tôle Acier Nervurée	3 < PENTE ≤ 5%	Enkadrain® B10-1s	EXTENSIF ORIGINAL	6	0	1	19.5	2.1	0.0	0	0.5	23.1	10	31.4	17.3	0	0	10	68.7	15	83.7	
			EXTENSIF RENFORCE	9	3	1	19.5	2.1	28.4	0	0.5	51.5	10	31.4	17.3	42	0	10	110.7	15	125.7	
			EXTENSIF MAX	11	5	1	19.5	2.1	47.3	0	0.5	70.4	10	31.4	17.3	70	0	10	138.7	15	153.7	
			SEMI INTENSIF	13	7	1	19.5	2.1	66.2	0	0.5	89.3	10	31.4	17.3	98	0	10	166.7	15	181.7	
			SEMI INTENSIF RENFORCE	15	9	1	19.5	2.1	85.1	0	0.5	108.2	10	31.4	17.3	126	0	10	194.7	15	209.7	
	5 < PENTE ≤ 20%	Enkadrain B10-1s	EXTENSIF ORIGINAL	6	0	1	19.5	2.1	0.0	0	0.5	23.1	10	31.4	17.3	0	0	10	68.7	15	83.7	
			EXTENSIF RENFORCE	9	3	1	19.5	2.1	28.4	0	0.5	51.5	10	31.4	17.3	42	0	10	110.7	15	125.7	
			EXTENSIF MAX	11	5	1	19.5	2.1	47.3	0	0.5	70.4	10	31.4	17.3	70	0	10	138.7	15	153.7	

(1) A prendre en compte dans les charges permanentes.

(2) Charges pour 5 cm de billes d'argiles concassées selon Tableau 2 du Dossier Technique.

(3) Hors charge d'exploitation.

Tableau A.2 – Tableau des charges pour un élément porteur en tôles d'acier nervurées

VERTIGE - TYPES DE CONFIGURATIONS - ELEMENT PORTEUR en bois ou en panneaux à base de bois																					
ELEMENT PORTEUR	PENTE DE TOITURE	DRAINAGE	SYSTEME VERTIGE®	EPAISSEUR TOTALE DU COMPLEXE DE CULTURE (cm)	EP. SUBSTRAT COMPL. (cm)	Poids à sec par couche (daN/m ²)						POIDS SEC (daN/m ²)	Poids à CME par couche (daN/m ²)						POIDS A CME (daN/m ²)	Charges de sécurité forfaitaires (1) (daN/m ²)	TOTAL CHARGES PERMANENTES A CME (3) (daN/m ²)
						Plantes (forfaitaire)	Tapis précultivé hors plantes	Tapis rétention et irrigation	Substrat complémentaire	Drainage compl. (cm) (2)	Enkadrain® B10-1s (cm)		Plantes (forfaitaire)	Tapis précultivé hors plantes	Tapis rétention et irrigation	Substrat complémentaire	Drainage compl. (cm) (2)	Enkadrain® B10-1s (cm)			
Bois	3 < PENTE ≤ 7 %	Enkadrain B10-1s	EXTENSIF ORIGINAL	6	0	1	19.5	2.1	0.0	0	0.5	23.1	10	31.4	17.3	0	0	10	68.7	100	168.7
	7 < PENTE ≤ 20%	Enkadrain B10-1s	EXTENSIF ORIGINAL	6	0	1	19.5	2.1	0.0	0	0.5	23.1	10	31.4	17.3	0	0	10	68.7	15	83.7
			EXTENSIF RENFORCE	9	3	1	19.5	2.1	28.4	0	0.5	51.5	10	31.4	17.3	42	0	10	110.7	15	125.7
			EXTENSIF MAX	11	5	1	19.5	2.1	47.3	0	0.5	70.4	10	31.4	17.3	70	0	10	138.7	15	153.7

(1) A prendre en compte dans les charges permanentes.
(2) Charges pour 5 cm de billes d'argiles concassées selon Tableau 2 du Dossier Technique.
(3) Hors charge d'exploitation.

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

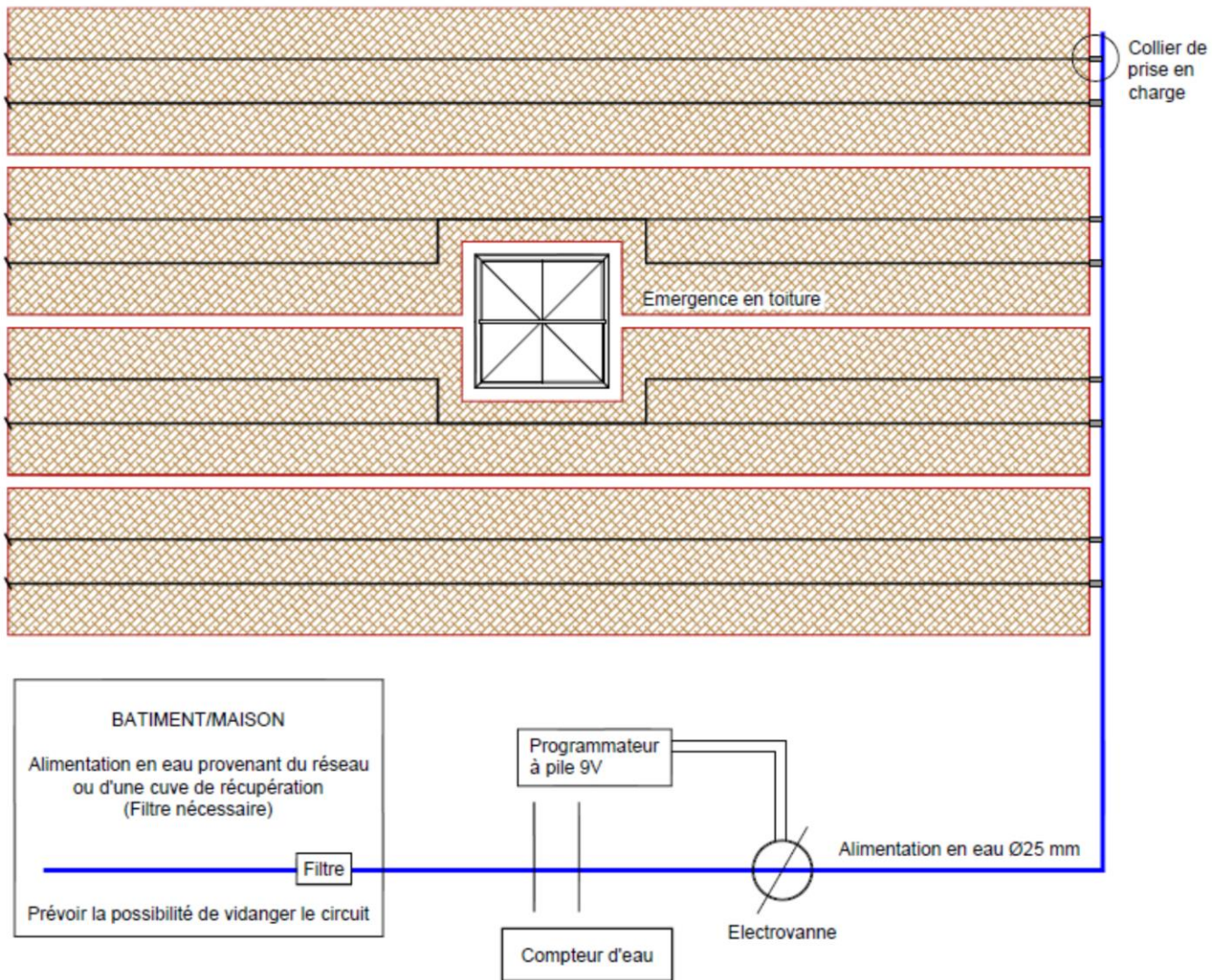


Figure 9 - Schéma de principe du système d'irrigation

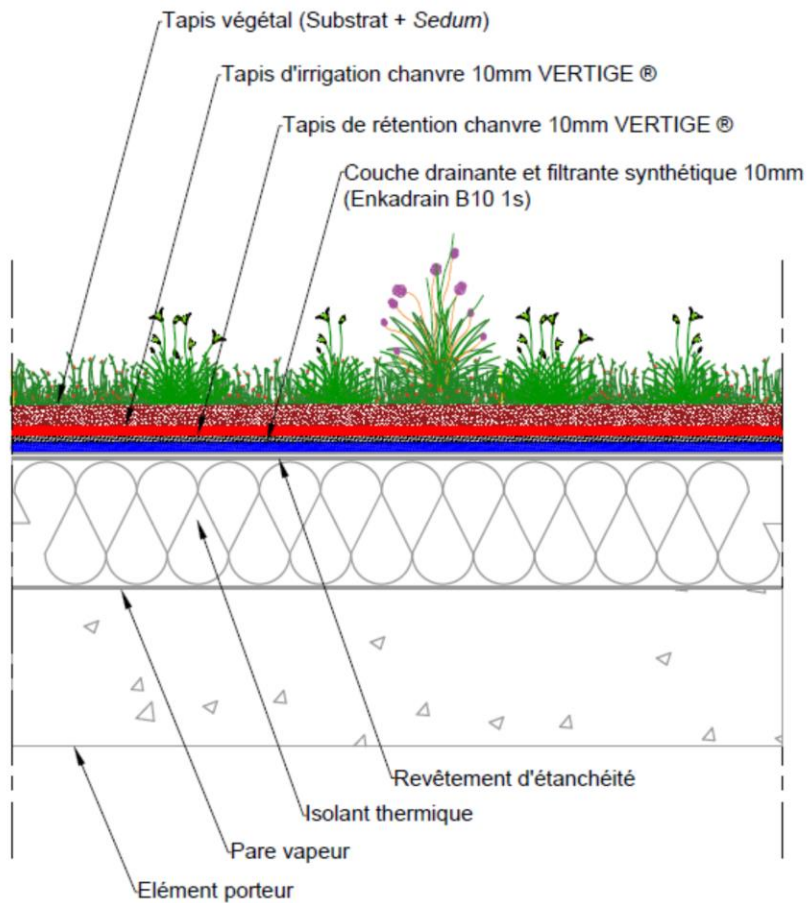


Figure 10 - Coupe en partie courante sur élément porteur en maçonnerie de pente $\geq 2\%$, sans couche de substrat complémentaire (VERTIGE® EXTENSIF ORIGINAL)

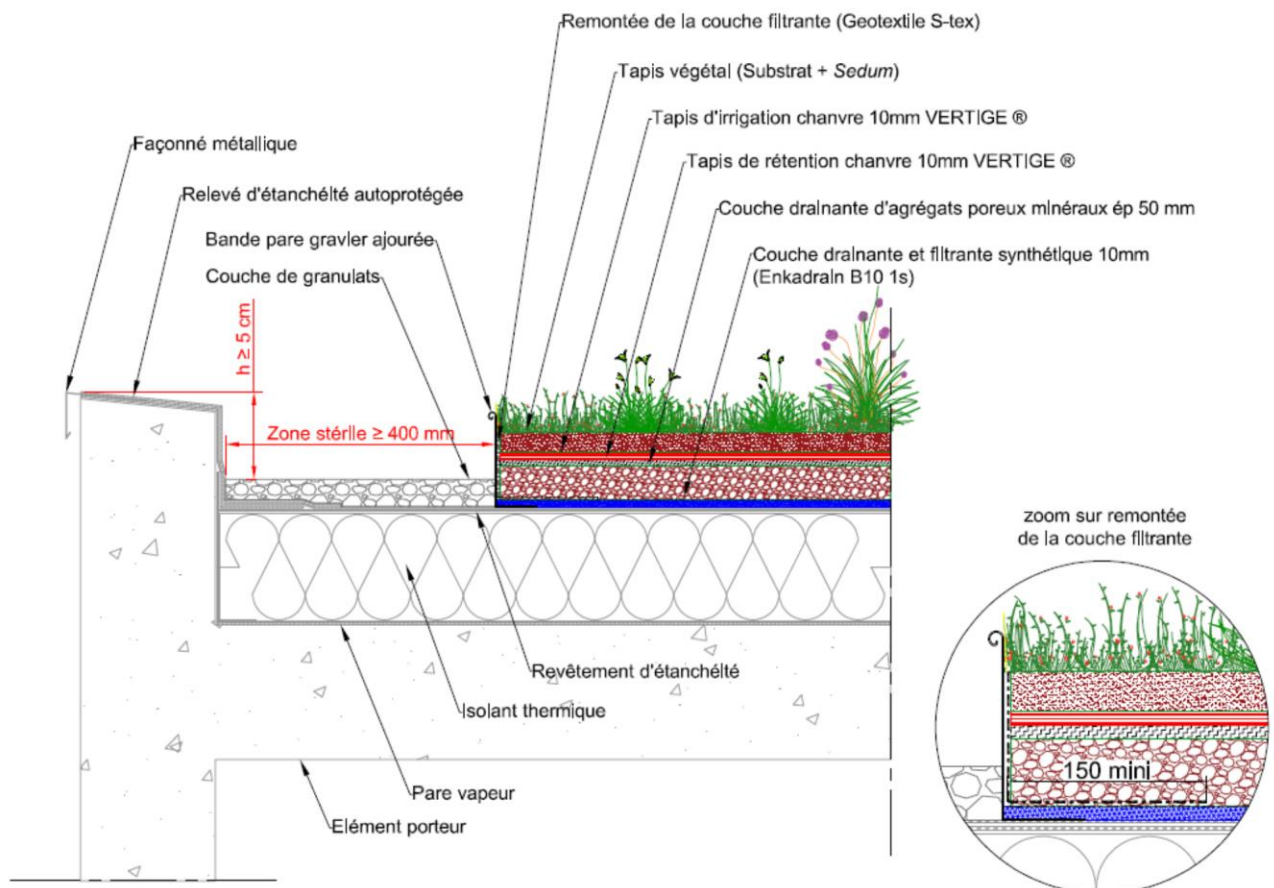


Figure 11 - Coupe type sur relevé avec zone stérile, élément porteur en maçonnerie, $0\% \leq \text{pente} < 2\%$, (VERTIGE® EXTENSIF ORIGINAL)

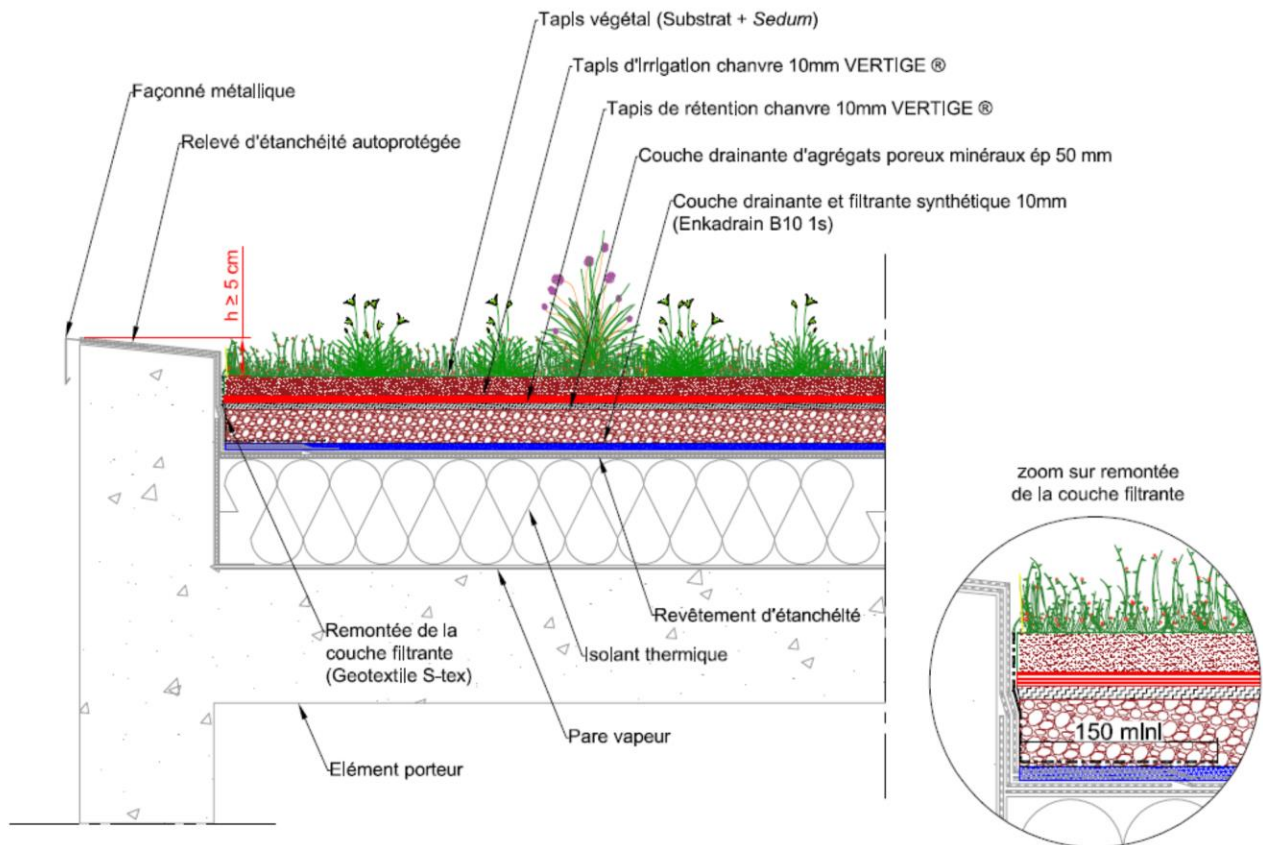


Figure 12 - Coupe type sur relevé (sans zone stérile), élément porteur en maçonnerie, $0 \% \leq \text{pente} < 2 \%$, (VERTIGE® EXTENSIF ORIGINAL)

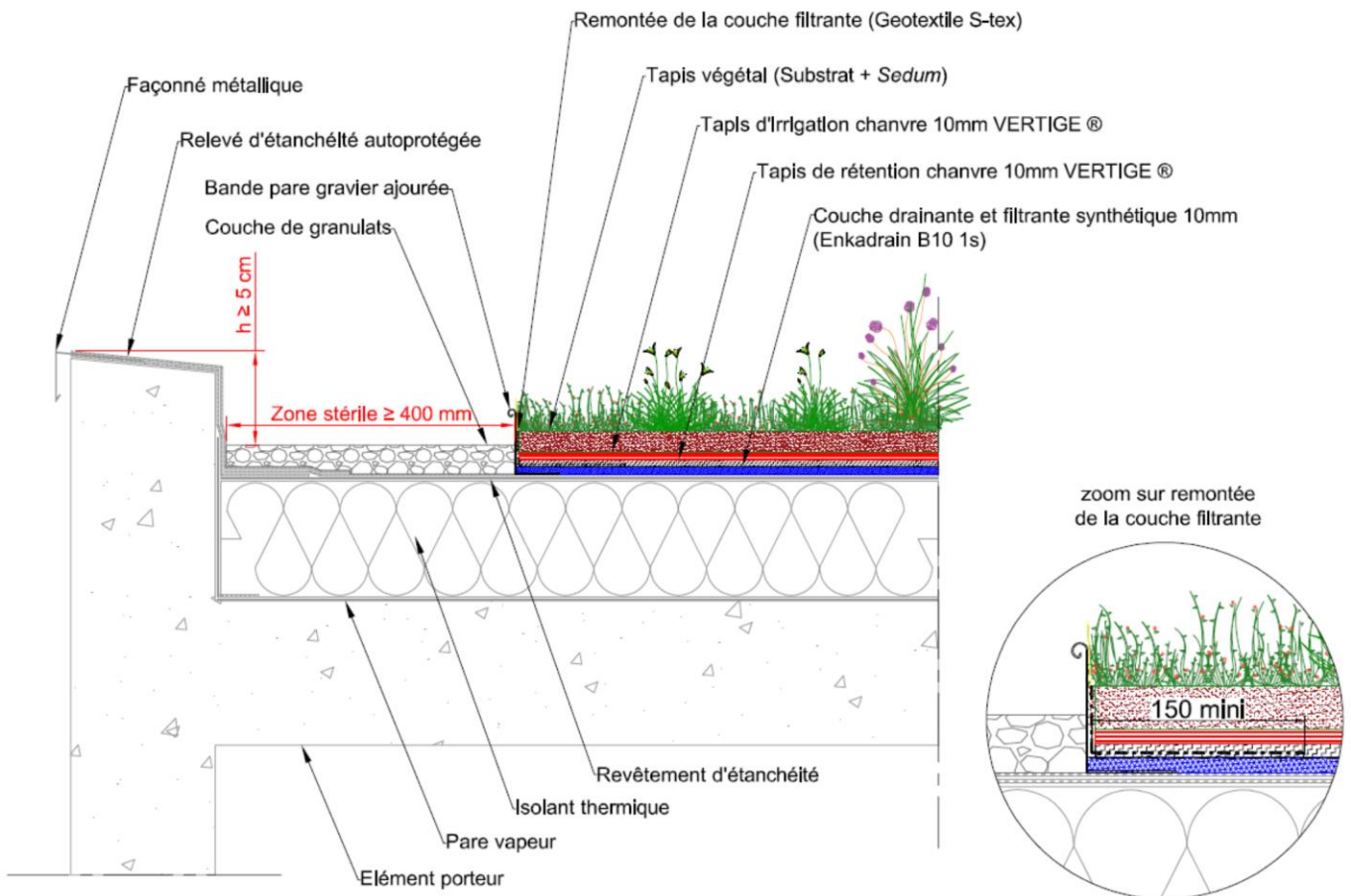


Figure 13 - Coupe type sur relevé avec zone stérile, élément porteur en maçonnerie, de pente comprise entre 2 % et 20 %, sans couche de substrat complémentaire, (VERTIGE® EXTENSIF ORIGINAL)

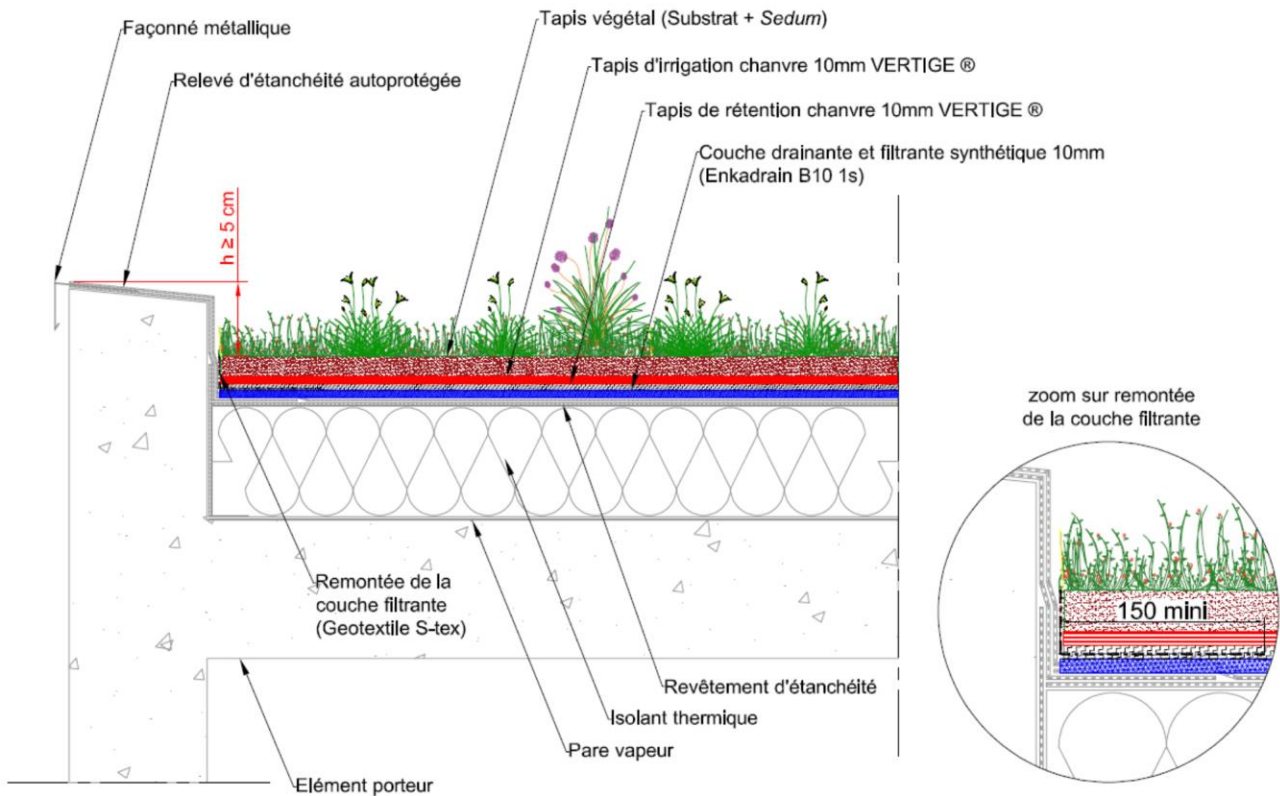


Figure 14 – Coupe type sur relevé (sans zone stérile), élément porteur en maçonnerie, de pente comprise entre 2 % et 20 %, sans couche de substrat complémentaire, (VERTIGE® EXTENSIF ORIGINAL)

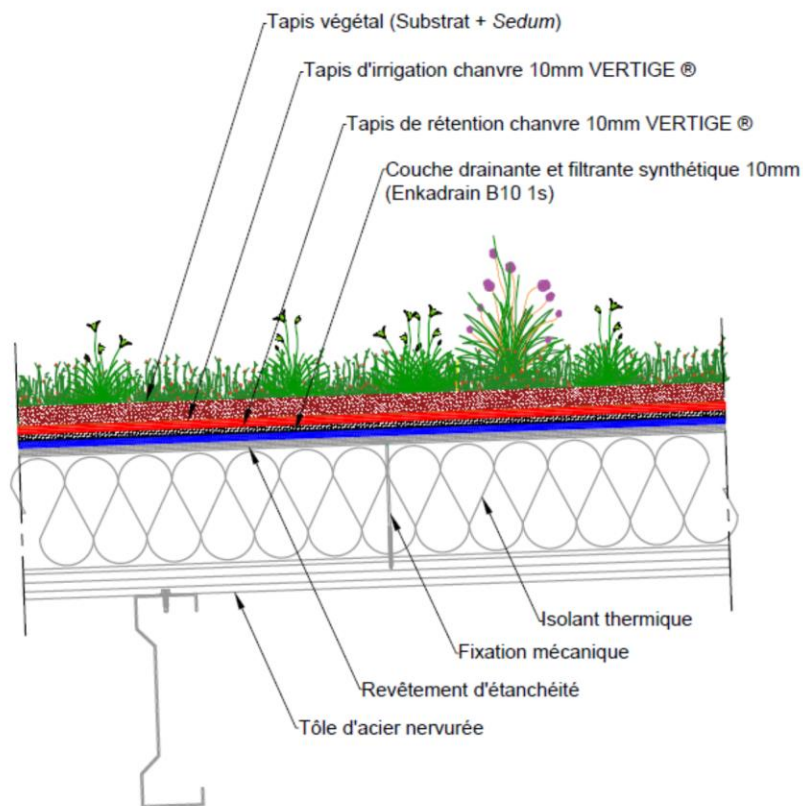


Figure 15 – Coupe type en partie courante sur élément porteur tôle d'acier nervurée de pente comprise entre 3 % et 20 %, sans couche de substrat complémentaire, (VERTIGE® EXTENSIF ORIGINAL)

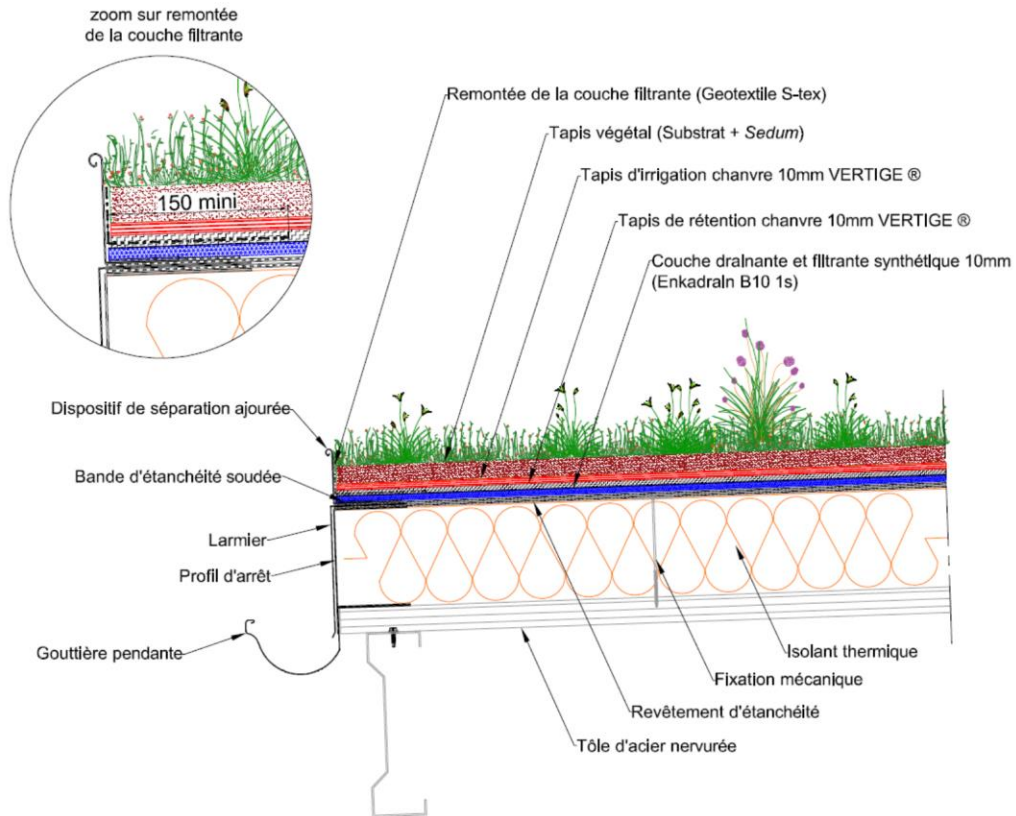


Figure 16 – Coupe type en rive courante sur élément porteur tôle d'acier nervurée de pente comprise entre 3 % et 20 %, sans couche de substrat complémentaire, (VERTIGE® EXTENSIF ORIGINAL)

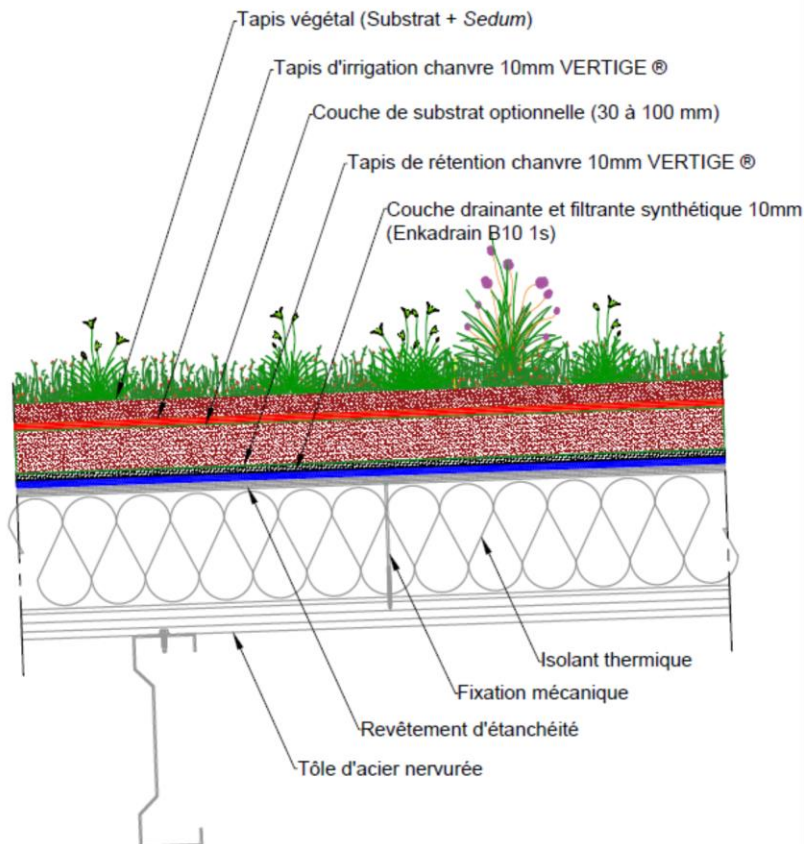


Figure 17 - Coupe en partie courante sur élément porteur en tôle d'acier nervurée de pente comprise entre 3 % et 20 % avec couche de substrat complémentaire d'épaisseur 3 à 9 cm, ou de pente comprise entre 3 % et 5 % avec couche de substrat d'épaisseur jusqu'à 6 cm

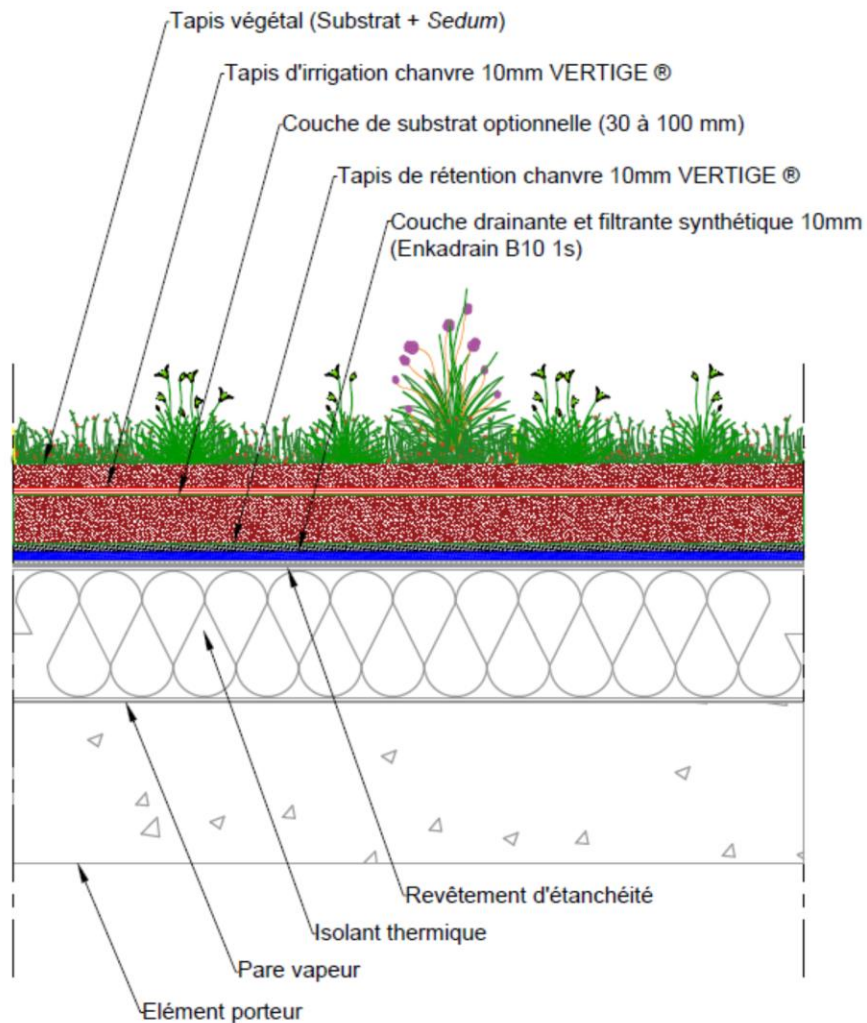


Figure 18 - Coupe en partie courante sur élément porteur en maçonnerie de pente entre 2 % et 20% avec couche de substrat complémentaire d'épaisseur 3 à 9 cm, ou de pente comprise entre 2 % et 5 % avec couche de substrat d'épaisseur jusqu'à 6 cm

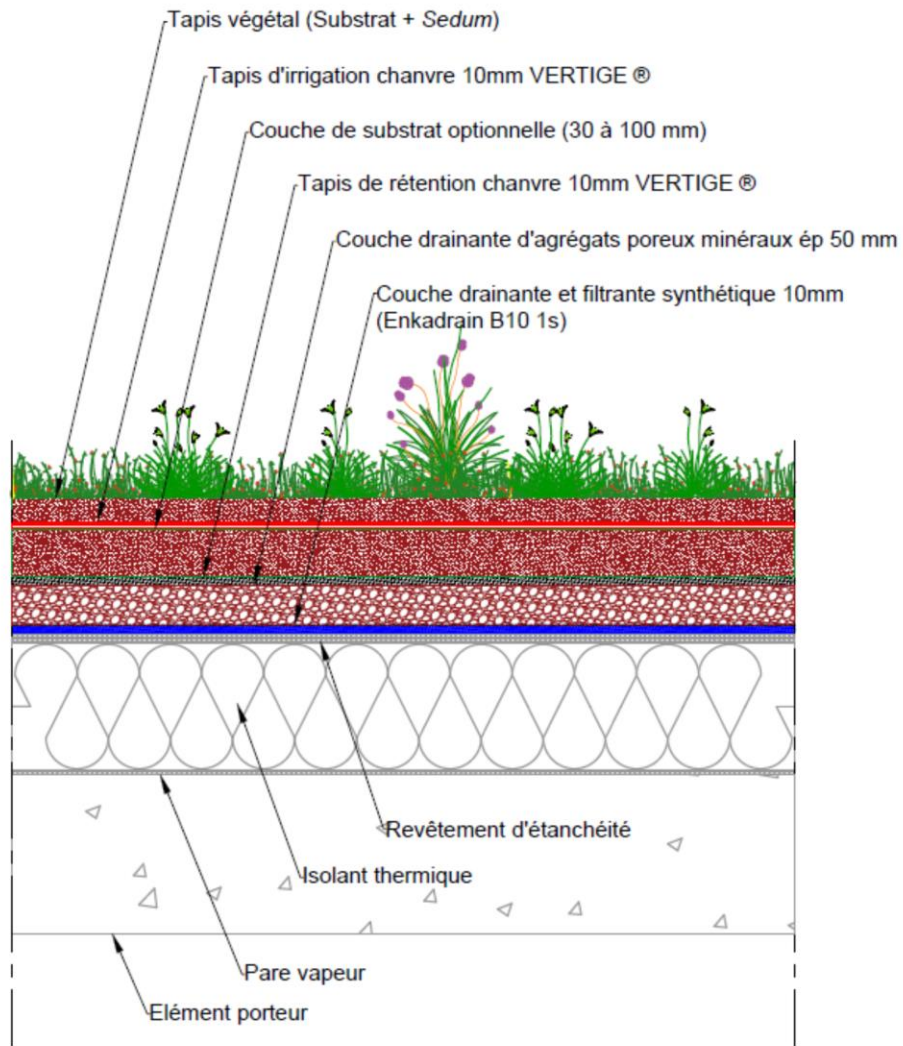


Figure 19 - Coupe en partie courante sur élément porteur en maçonnerie de pente comprise entre 0 et 2 % avec couche de substrat complémentaire d'épaisseur 3 à 9 cm

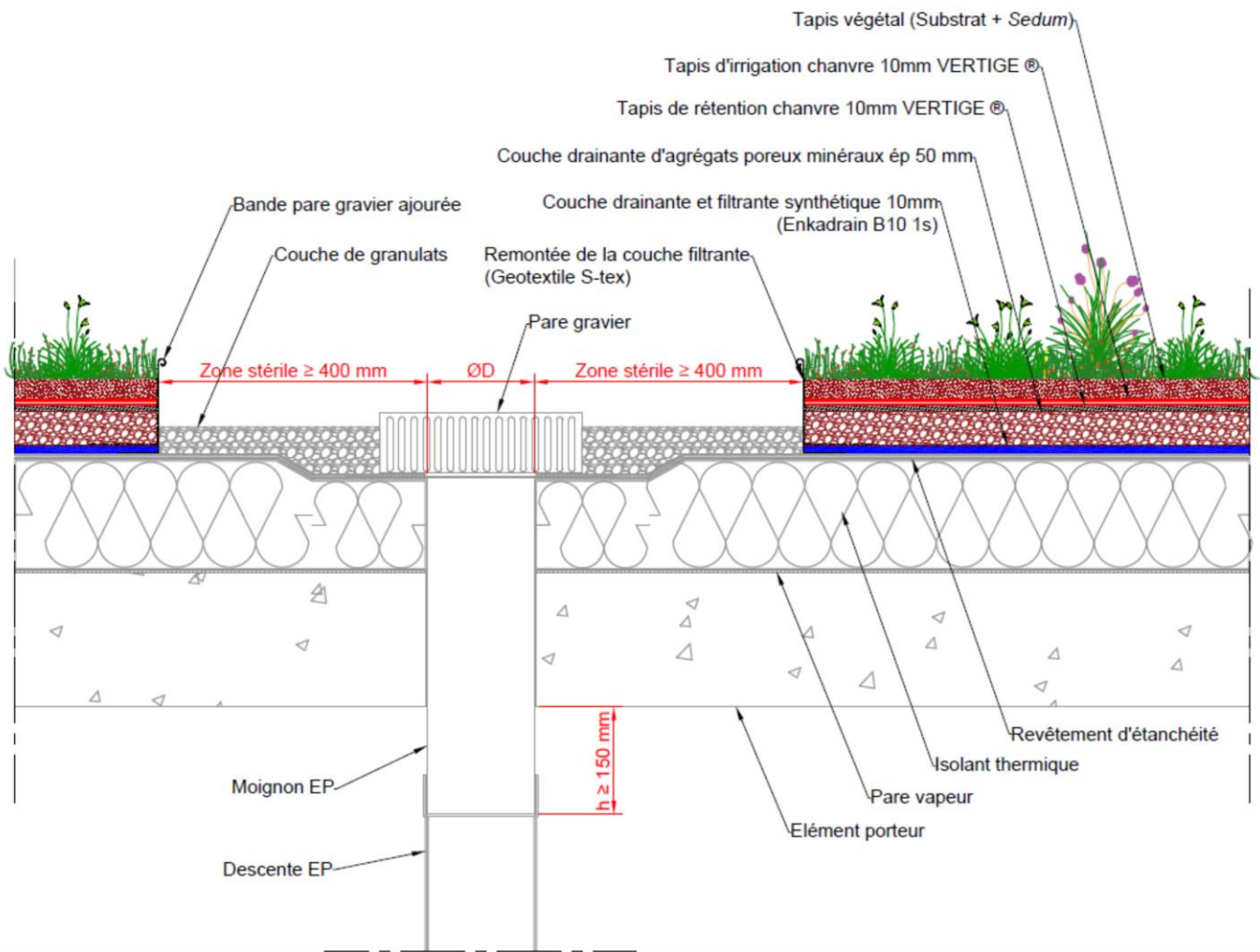


Figure 20 - Coupe sur descente d'eaux pluviales sur élément porteur en maçonnerie de pente comprise entre 0 et 2 % sans couche de substrat complémentaire (VERTIGE® EXTENSIF ORIGINAL)

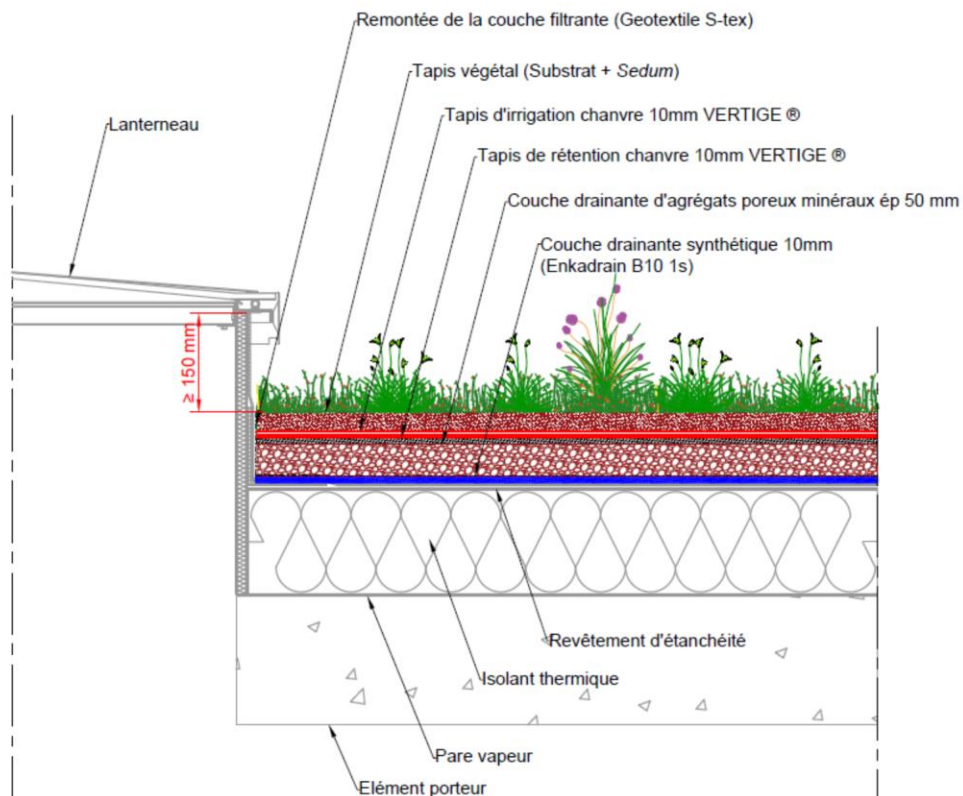


Figure 21 - Coupe sur émergence en toiture sur élément porteur en maçonnerie de pente comprise entre 0 et 2 % sans couche de substrat complémentaire (VERTIGE® EXTENSIF ORIGINAL)

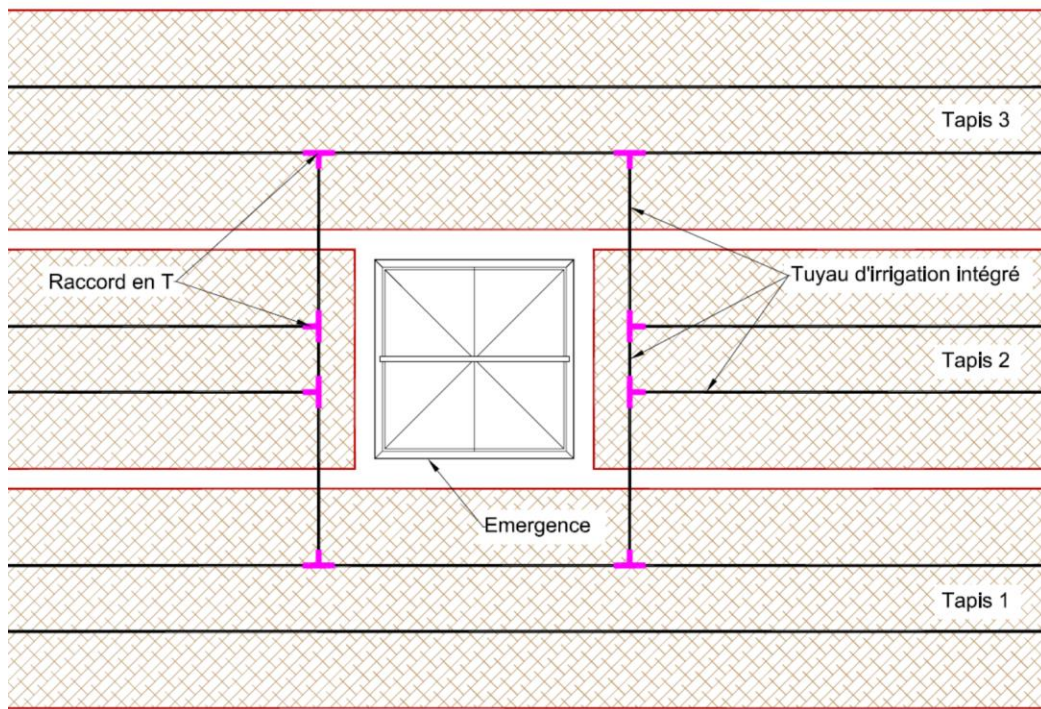


Figure 22 - Schéma de principe du système d'irrigation - Contournement d'une émergence en toiture - cas 1

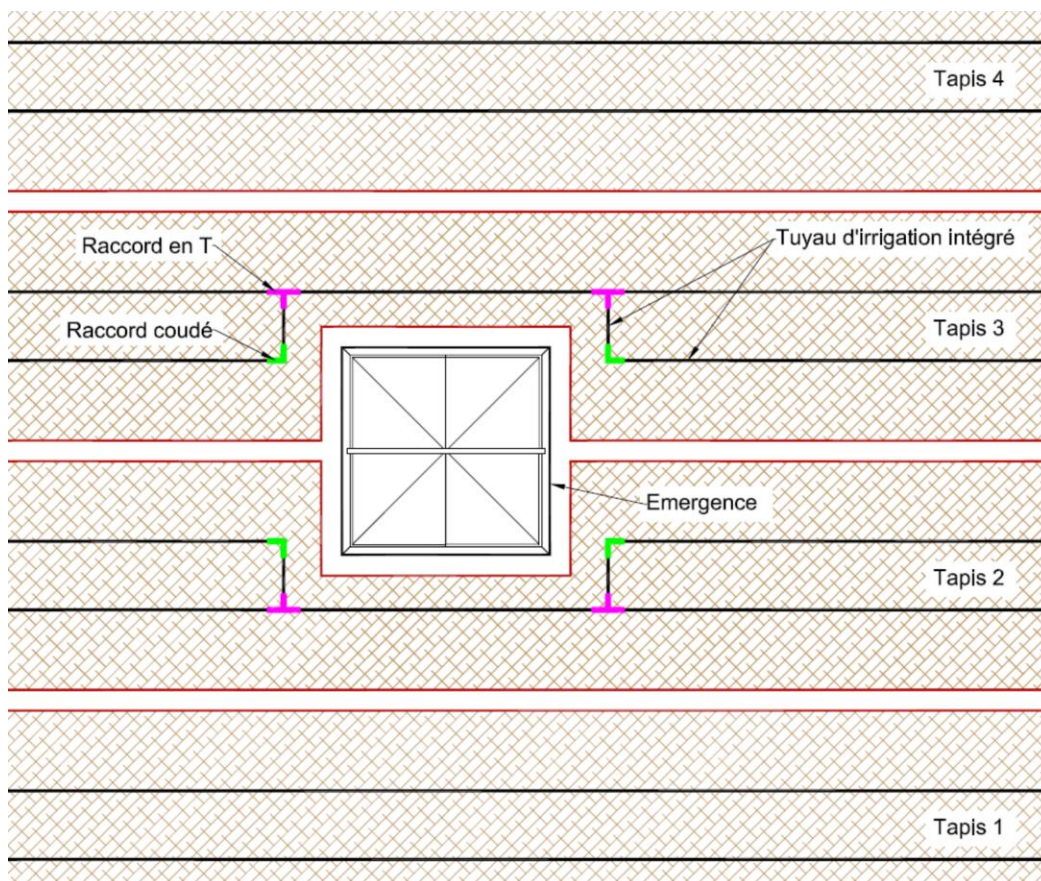


Figure 23 - Schéma de principe du système d'irrigation - Contournement d'une émergence en toiture - cas 2