5.2/18-2599_V2

Valide du **08 mars 2023**

au **31 mars 2025**

Sur le procédé

Solutions de toitures Vegetal i.D.®, Multicouches et HYDROPACK®

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

Titulaire(s) : Société LE PRIEURE Sarl

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

COMMISSION CHARGÉE DE FORMULER LES AVIS TECHNIQUES

Secrétariat : CSTB, 84 avenue Jean Jaurès, FR-77447 Marne la Vallée Cedex 2
Tél. : 01 64 68 82 82 - email : secretariat.at@cstb.fr

www.ccfat.fr

Les Avis Techniques sont publiés par le Secrétariat des Avis Techniques, assuré par le CSTB ; Les versions authentifiées sont disponibles gratuitement sur le site Internet du CSTB (http://www.cstb.fr)

Versions du document

Version	Description	Rapporteur	Président
V2	Cette version annule et remplace l'Avis Technique 5.2/18-2599_V1 et intègre les modifications suivantes : • Elargissement de la gamme pour incorporer les bacs Hydropack®Néo et Hydropack®Néolight, et les toitures semi-intensives • Mise à jour des données techniques des recettes de substrat (poids à CME). • Le bac HYDROPACK®Classic se décline en « Hydropack sedum » et « Hydropack Biodiversity » selon le couvert choisi. • Modification de l'appellation commerciale « mix-flore » • Suppression de la nappe drainante ECO Drain i.D 300	MINON Anouk	DRIAT Philippe

Descripteur :

Les solutions de végétalisation de « Solutions de toitures Vegetal i.D®, Multicouches et HYDROPACK® » développées par Le Prieuré Sarl sont des solutions complètes de végétalisation destinées aux terrasses et toitures extensives et semi-intensives en climat de plaine et de montagne.

Le procédé de végétalisation est mis en œuvre directement sur un revêtement d'étanchéité, un système d'étanchéité liquide ou un panneau d'isolation inversée. Le revêtement d'étanchéité choisi doit être résistant aux racines.

Table des matières

1. Avis du Groupe Spécialisé 5
1.1. Domaine d'emploi accepté 5
1.1.1. Zone géographique 5
1.1.2. Ouvrages visés 5
1.2. Appréciation 5
1.2.1. Aptitude à l'emploi du procédé 5
1.2.2. Durabilité – Entretien 6
1.2.3. Fabrication et contrôles 7
1.2.4. Mise en œuvre 7
1.3. Prescriptions Techniques 7
1.3.1. Éléments porteurs en bois massif ou en panneaux à base de bois 7
1.3.2. Cas de la réfection 7
1.4. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé 7
2. Dossier Technique 8
2.1. Mode de commercialisation 8
2.1.1. Coordonnées 8
2.2. Description 8
2.2.1. Principe 8
2.2.2. Caractéristiques des composants 9
2.3. Dispositions de conception 11
2.3.1. Assistance à la conception du projet 11
2.3.2. Éléments porteurs et charges à prendre en compte 12
2.3.3. Soulèvement lié au vent 12
2.3.4. Constitution de l'élément porteur et des supports du système d'étanchéité 13
2.4. Dispositions de mise en œuvre 14
2.4.1. Mise en œuvre du complexe isolation - étanchéité 14
2.4.2. Choix de mise en œuvre de la couche drainante (cf. tableaux 4.3 et 4.4) 14
2.4.3. Choix du substrat i.D FLORE 14
2.4.4. Mise en œuvre des bacs HYDROPACK® 15
2.4.5. Mise en œuvre des solutions Multicouches Vegetal i.D® 16
2.4.6. Choix de mise en œuvre commune aux deux solutions 18
2.5. Maintien en service du produit ou procédé 21
2.5.1. La période de parachèvement 21
2.5.2. La période de confortement 21
2.5.3. La période d'entretien courant 21
2.6. Assistance technique 22
2.7. Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication 22
2.8. Mention des justificatifs 22
2.8.1. Résultats expérimentaux 22
2.8.2. Références chantiers 23
2.9. Annexe du Dossier Technique et Schémas de mise en œuvre 24
Annexe 1 - Fiches d'étude de projet destinée à rassembler les données nécessaires à la qualification d'un projet 25
Annexe 1.1 – Fiche d'étude projet de pente comprise entre 0 et 20 % 25
Annexe 1.2 – Fiche d'étude projet de pente comprise entre 20 et 35 % 26
Annexe 1.3 – Fiche d'étude projet en climat de montagne – pente < 20% 27
Annexe 2 - Caractéristiques et conditionnement des composants et systèmes Vegetal i.D® 28
Annexe 3 – Domaine d'emploi et caractéristiques des couverts Vegetal i.D® 36

Annexe 4 – Récapitulatif des solutions Vegetal i.D® 38
Annexe 5 – Aménagements particuliers 43
Annexe 6 - Résumé des différentes phases à prendre en compte pour la gestion de l'entretien 51
Annexe 7 – Arrosage des solutions VEGETAL i.D® 52
Annexe 8 – Vues des systèmes de végétalisation Vegetal i.D® 53
Annexe 9 – Illustrations 56

1. Avis du Groupe Spécialisé

Le procédé décrit au chapitre 2 « Dossier Technique » ci-après a été examiné le 6 février 2022 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 procédé est employé en France métropolitaine, en climat de plaine et de montagne (>900 m d'altitude) dans les conditions du Dossier Technique et conformément au NF DTU 43.11.

Ce procédé de végétalisation ne s'applique pas dans les Départements et Régions d'Outre-Mer (DROM).

1.1.2. Ouvrages visés

Les zones traitées en végétalisation ne sont pas destinées à un piétinement régulier. Seul le passage lié aux interventions d'entretien est possible.

Les zones traitées en végétalisation peuvent voisiner avec, ou intégrer, des zones non végétalisées circulables ou non circulables ; un garde-corps normalisé doit être prévu dans les Documents Particuliers du Marché (DPM) par exemple lorsqu'il existe un risque de chute depuis les zones circulables.

Les solutions de végétalisation extensives et semi-intensives de toiture Vegetal i.D® sont utilisables sur les éléments porteurs en :

- Maçonnerie conforme au NF DTU 20.12, de pente ≥ 0 % et ≤ 35 %.
- Dalles de béton cellulaire autoclavé armé, visées par un Avis Technique, de pente ≥ 1 % et ≤ 35 %.
- Tôles d'acier nervurées (TAN) conformes au NF DTU 43.3, de pente ≥ 3 % et ≤ 35 %.
- Bois massif ou panneaux à base de bois conformes au NF DTU 43.4, de pente ≥ 3 % et ≤ 35 %.
- Panneaux CLT selon leur avis technique, de pente ≥ 3% et ≤ 35%.

Dans le cas de pente comprise entre 21 et 35 %, les longueurs de rampants sont limitées lors d'une solution de végétalisation HYDROPACK® (cf. § 2.4.5.).

- Les solutions de végétalisation semi-intensives de toiture Vegetal i.D® sont utilisables sur les éléments porteurs en :
- Maçonnerie conforme au NF DTU 20.12, de pente ≥ 0 % et ≤ 5 %.
- Dalles de béton cellulaire autoclavé armé, visées par un Avis Technique, de pente ≥ 1 % et ≤ 5%
- Tôles d'acier nervurées (TAN) conformes au NF DTU 43.3, de pente ≥ 3 % et ≤ 5%.
- Bois massif ou panneaux à base de bois conformes au NF DTU 43.4, de pente ≥ 3 % et ≤ 5%.
- Panneaux CLT selon leur avis technique, de pente ≥ 3% et ≤ 5%.

En travaux neufs et en travaux de réfection totale de l'étanchéité après étude de stabilité de l'élément porteur existant selon la norme NF DTU 43.5.

La structure et l'élément porteur doivent être dimensionnés pour supporter les charges dues au système de végétalisation en plus des charges permanentes et d'exploitation de la toiture.

La détermination de l'ensemble des charges à prendre en compte et le dimensionnement du support doit être réalisé conformément au présent document et aux charges indiquées en Annexe 2, tableau 2.8 et tableaux de l'Annexe 4.

Pour les éléments porteurs TAN et en bois massif ou panneaux à base de bois, d'une façon plus restrictive que les NF DTU 43.3 et NF DTU 43.4, la pente minimale des versants est □ 3 % dans tous les cas, y compris les cas de noue en pente (cf. Annexe 4).

1.2. Appréciation

1.2.1. Aptitude à l'emploi du procédé

1.2.1.1. Sécurité en cas d'incendie

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

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

Le classement de tenue au feu du procédé « Solutions de toitures Vegetal i.D®, Multicouches et HYDROPACK® » n'est pas connu.

Vis-à-vis du feu venant de l'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 sur la délimitation des zones de sismicité du territoire français,
- l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal »,

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

1.2.1.3. Prévention des accidents lors de la mise en œuvre

Elle peut être normalement assurée.

Les matériaux de plus de 25 kg sont portés par deux personnes.

1.2.1.4. Données environnementales

Le procédé ne dispose d'aucune Déclaration Environnementale (DE) et ne peut donc revendiquer aucune performance environnementale. Il est rappelé que les DE n'entrent pas dans le champ d'examen d'aptitude à l'emploi du procédé.

1.2.1.5. Aspects sanitaires

Le présent Avis est formulé au regard de l'engagement écrit du titulaire de respecter la règlementation, et notamment l'ensemble des obligations règlementaires 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 règlementations 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.

1.2.1.6. Isolation thermique

Le procédé est susceptible de respecter les exigences minimales fixées par la Réglementation Thermique en vigueur.

L'arrêté du 26 octobre 2010 (Réglementation Thermique 2012) et le décret RE 2020 n° 2021-1004 (Réglementation Environnementale RE 2020) n'imposent pas d'exigences minimales sur la transmission thermique surfacique des parois mais imposent des exigences sur les performances énergétiques globales du bâti.

La transmission thermique surfacique (U), et les facteurs solaires (S) doivent être déterminés pour chaque orientation pour être utilisées comme donnée d'entrée dans le calcul du besoin bioclimatique (Bbio), de la consommation et de la température intérieure de confort (Tic) du bâtiment pour lesquels les arrêtés fixent une exigence réglementaire. La vérification du respect de la Réglementation Thermique s'effectue donc au cas par cas en utilisant les méthodes de calculs réglementaires (Th-BCE et Th-bât). Le calcul du facteur solaire S doit être effectué conformément aux règles propres aux toitures-terrasses végétalisées (cf. § 3.1.2.3 des Th-Bat – édition 2017 – fascicule 4). On tiendra notamment compte du caractère extensif ou semi-intensif de la végétalisation conduisant à un coefficient d'absorption énergétique équivalent ak, veg = 0.70 ou de 0.40 respectivement, de la résistance thermique utilisée en toiture, de la présence ou non d'un arrosage fixe et de la zone géographique. Ce coefficient est à prendre en considération dans l'attente de caractérisation plus fine de ce composant.

1.2.1.7. Stabilité aux charges des éléments porteurs

L'Annexe 4 du Dossier Technique donne les poids du procédé « Solutions de toitures Vegetal i.D®, Multicouches et HYDROPACK® », sachant qu'une étude particulière est menée par le titulaire de l'Avis Technique pour chaque projet selon le § 2.3.1. du Dossier Technique.

1.2.1.8. Résistance au vent

Les dispositions prévues permettent d'escompter un comportement satisfaisant jusqu'à une dépression au vent extrême définie au § 2.3.3. du Dossier Technique.

1.2.1.9. Taux de couverture

Le taux de couverture du procédé « Solutions de toitures Vegetal i.D®, Multicouches et HYDROPACK® » est indiqué à titre indicatif au tableau 6.3 de l'Annexe 6 du Dossier Technique.

1.2.2. Durabilité – Entretien

Dans le domaine d'emploi proposé, la durabilité du procédé « Solutions de toitures Vegetal i.D®, Multicouches et HYDROPACK® » peut être appréciée comme satisfaisante.

Entretien et réparations

Cf. Normes NF DTU série 43.

La végétalisation peut être facilement réparée en cas de blessure accidentelle.

Le procédé nécessite un entretien spécifique de la part du maître d'ouvrage détaillé au § 2.5. du Dossier Technique.

Le maître d'ouvrage, assisté de son maître d'œuvre, doit indiquer dans les Documents Particuliers du Marché (DPM) :

- 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 de hauteur.

1.2.3. Fabrication et contrôles

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

1.2.4. Mise en œuvre

Les travaux de végétalisation avec le procédé « Solutions de toitures Vegetal i.D®, Multicouches et HYDROPACK® » sont à réaliser sous la responsabilité de l'entreprise d'étanchéité, avec la possibilité de co-traitance ou de sous-traitance avec une entreprise d'espaces verts. Sous cette condition, ils ne présentent pas de difficulté particulière. Le Prieuré apporte son assistance technique sur demande de l'entreprise de pose.

Les palettes des tapis précultivés i.D MAT SEDUM et des bacs HYDROPACK® 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 1 100 kg) à l'aplomb des fermes. Les palettes ne doivent pas être posées sur les supports ou éléments porteurs des toitures.

1.3. Prescriptions Techniques

1.3.1. Éléments porteurs 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.

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

Pour les autres cas, le Document Technique d'Application de l'élément porteur en panneaux 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.

1.3.2. 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.

1.4. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

a. Dans le cas particulier de la mise en œuvre d'un revêtement d'étanchéité en indépendance sur maçonnerie, les travaux doivent être traités en lot unique par l'entreprise d'étanchéité.

b. Dans le cas des pentes comprises entre 21 et 35 % (cf. tableau 3.1), le système de végétalisation doit être retenu par une butée rigide en bas de pente ancrée dans la structure réalisée en chevron bois réétanché de classe d'emploi 3b au sens du FD P 20-651 (cf.2.4.5.). Les données technologiques données dans le DT permettent de se passer de calcul de détermination de déplacement du chevron sous la poussée latérale dûe à la dilatation et à la neige.

c. La société Le Prieuré Sarl prévoit, en phase conception, une étude systématique afin de définir les solutions de végétalisation appropriées selon la configuration de la toiture, et les sollicitations rencontrées.

d. Comme pour tous les procédés de végétalisation non précultivée, le maître d'ouvrage doit tenir compte de la durée de confortement de la végétalisation (cf. Annexe 6 du Dossier Technique) et donc prévoir l'entretien de l'épaisseur de substrat (érosion due aux effets du vent et de la pluie) pendant cette période minimale nécessaire pour atteindre le taux de confortement de 80 % du système de végétalisation.

e. A l'attention du maitre d'ouvrage, une période de confortement doit être prévue à l'issue de la mise en œuvre du procédé. Dans le cas des PVC-P sous protection lourde non résistants aux UV, la tenue du substrat doit être surveillée afin de protéger le revêtement d'étanchéité pendant cette période.

f. Le procédé de végétalisation présenté dans ce dossier respecte les prescriptions des Règles Professionnelles pour la conception et la réalisation des terrasses et toitures végétalisées (Edition n° 3, mai 2018), à l'exception des cas suivants :

   1. Sur des toitures de pente entre 20 % et 35 % pour les toitures terrasses extensives
   2. La pose en climat de montagne

g. Le système d'arrosage n'est pas visé par le présent avis.

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 et distributeur.

Titulaire et distributeur : Le Prieuré Sarl
2 place de l'église
FR-41160 Moisy
Tél. : 02 54 82 09 90
Fax : 02 54 82 07 29
Courriel : info@vegetalid.com
Internet : www.vegetalid.com

2.1.2. Identification

Chaque type de conditionnement a sa procédure d'identification.

- Sac : chaque sac indique le volume ou le poids et son contenu (25 l max).
- Big-bag : chaque Big-bag comporte le logo de la société, les coordonnées de l'entreprise et la liste des contenus possibles sous forme de cases à cocher. Un point de couleur dans la case identifie le produit. Les BB sont faits sur commande et organisés par type sur la plateforme avant enlèvement.
- Palette : les palettes de tapis ou d'Hydropack® sont identifiés par un film au nom de la société et incluent un document reprenant la destination (adresse du chantier (et numéro de toiture si nécessaire), les produit(s) concerné(s) et le nombre total de palettes). Le détail de chaque palette est repris sur le bon de livraison.
- Vrac : les camions silos sont remplis à la trémie sur commande.

L'emballage des produits permet leur identification. Pour chaque commande, le détail des produits et leur conditionnement est repris dans le bon de livraison.

2.2. Description

2.2.1. Principe

Les solutions de végétalisation de « Solutions de toitures Vegetal i.D®, Multicouches et HYDROPACK® » développées par Le Prieuré Sarl sont des solutions complètes de végétalisation destinées aux terrasses et toitures, dans les limites de pente de l'élément porteur, du revêtement ou de l'isolation, de celles du présent document en travaux neufs et réfection (cf. § 1.1.2.) en France métropolitaine.

- pour les toitures-terrasses extensives :
  - système de végétalisation léger comprenant un complexe de culture de faible épaisseur (de 4 à 12 cm) ;
  - en climat de plaine : sur pente de 0% à 35 % ;
  - en climat de montagne : sur élément porteur en maçonnerie uniquement, pente ≤ 20 %.
- pour les toitures-terrasses semi-intensives :
  - système de végétalisation spécifique comprenant un complexe de culture d'épaisseur moyenne (de 12 à 30 cm) ;
  - en climat de plaine : sur pente de 0% à 5 % ;
  - en climat de montagne: sur élément porteur en maçonnerie uniquement, sur pente de 1% à 5 %

Le procédé de végétalisation est mis en œuvre directement sur un :

- Revêtement d'étanchéité en :
  - asphalte bénéficiant d'un Avis Technique visant son emploi sur terrasses et toitures végétalisées ou jardins (pente selon AT particulier du revêtement) (pente ≤ 5 %),
  - revêtement d'étanchéité bicouche bitumineux résistant aux racines bénéficiant d'un Document Technique d'Application visant l'utilisation en terrasse jardin ou terrasse et toiture végétalisée, posé en :
    - semi-indépendance (pente ≤ 35 %),
    - fixé mécaniquement (pente ≤ 35 %),
    - adhérence (pente ≤ 35 %),
    - indépendance, uniquement pour des pentes ≤ 5 % sur éléments porteurs en maçonnerie selon le § 2.3.4.1.,
  - revêtement d'étanchéité en feuilles manufacturées à base de matière synthétique résistant aux racines bénéficiant d'un Document Technique d'Application visant l'utilisation sous jardin ou sous protection végétalisée, posé :

        - en semi-indépendance (pente ≤ 20 %),
        - fixé mécaniquement (pente ≤ 20 %),
        - en pleine adhérence (pente ≤ 20 %),
        - en indépendance en pente ≤ 5 % sur éléments porteurs en maçonnerie selon le § 2.3.4.1. ;
- Système d'étanchéité liquide appliqué in-situ résistant aux racines bénéficiant d'un Document Technique d'Application visant l'utilisation sous jardin ou sous protection végétalisée ;
- Panneaux d'isolation thermique inversée conformes aux Règles Professionnelles « Isolation inversée de toiture - terrasse » de juin 2021 et certifiés Acermi pour les spécifications prévues pas les règles.

L'aménagement d'un système de végétalisation de toiture Vegetal i.D® s'appuie soit sur :

- Le système HYDROPACK® avec 2 types de bacs et 2 types de couverts :
    - Bac HYDROPACK®CLASSIC
        - HYDROPACK®SEDUM (bac Classic + couvert Sedum Select + i.D Flore E)
        - HYDROPACK®BIODIVERSITY (bac Classic + différents couverts de sedum et vivaces + i.D Flore E)
    - Bac HYDROPACK®NEO (bac Neo + couvert Sedum Select + i.D Flore E)
    - Bac HYDROPACK®NEOLIGHT (bac Neo + couvert Sedum Select + i.D Flore L)
- Les systèmes Multicouches Vegetal i.D® avec 3 techniques de végétalisation :
    - par tapis précultivés i.D MAT, pente ≤ 35 %,
    - par plantations i.D MOTTE / i.D GODET, en pente ≤ 35 %,
    - par semis i.D FRAGMENTS en pente ≤ 10 %.

Ces systèmes répondent, dans leur constitution, aux exigences des « Règles Professionnelles pour la conception et la réalisation des toitures et terrasses végétalisées » (édition 3, mai 2018, CSFE, ADIVET).

2.2.2. Caractéristiques des composants

2.2.2.1. Informations générales

Les différents constituants du système de végétalisation sont ceux définis dans le présent Avis Technique.

Les constituants sont mis en œuvre directement sur le revêtement d'étanchéité.

Dans le cas d'une isolation inversée sur maçonnerie, la solution de végétalisation de toiture Vegetal i.D® est posée soit sur les panneaux de l'isolation thermique inversée avec une couche d'interposition, soit sur la protection meuble (cf. § 2.3.4.5.2.).

La solution de végétalisation optimale est sélectionnée en fonction de chaque solution, cf. §2.3.1.

2.2.2.2. Couverts végétaux

La végétalisation implantée en HYDROPACK® ou mise en œuvre dans les solutions Multicouches Vegetal i.D® est composée de plantes vivaces spécialement sélectionnées pour leur résistance et leur capacité à se développer dans des milieux difficiles (cf. Annexe 3, tableaux 3.1 à 3.3).

Le Prieuré Sarl propose :

- Un couvert végétal i.D SEDUM SELECT composé de différentes variétés de sedums ;
- Des couverts végétaux i.D BIODIVERSITY associant les sedums avec d'autres vivaces herbacées adaptées à la végétalisation en toiture.

Ces couverts sont destinés aux éléments porteurs en maçonnerie, bois et TAN, et aux supports isolants conforme aux Règles Professionnelles « Isolants supports d'étanchéité en indépendance sous protection lourde » de juillet 2021 et bénéficiant d'un certificat ACERMI.

En solution Multicouche Vegetal i.D®, les dispositifs d'aménagement des zones plantées et non plantées devront tenir compte de l'épaisseur de substrat envisagée.

Les principales espèces, ainsi que leurs exigences en matière d'exposition ou d'épaisseur de substrat figurent dans les tableaux de l'Annexe 3.

Tous les couverts sélectionnés par Le Prieuré excluent les végétaux interdits figurant dans l'Annexe C de la norme NF DTU 43.1 P1-1 et dans la liste réactualisée (NF DTU 43.11, tableau 28).

2.2.2.3. Couvert i.D SEDUM SELECT

Les variétés de sedums les plus utilisées sont le Sedum album 'coral carpet' et le Sedum sexangulare. Ces sedums sont de faible hauteur (maximum 10 cm).

D'autres variétés (Sedums reflexum, floriferum, spurium, lydium, lydium glaucum, hispanicum...) sont également utilisées. Toutes ces variétés sont tapissantes.

Cf. Annexe 3.2.

La couverture végétale de la solution HYDROPACK® et des solutions Multicouches Vegetal i.D®, est un assortiment de ces différentes variétés. Leurs proportions peuvent varier selon les éléments.

2.2.2.4. Couvert i.D BIODIVERSITY

Ces couverts associent aux sedums d'autres vivaces, sélectionnées pour leur bon comportement en végétalisation de toitures. Avec les couverts i.D BIODIVERSITY, le volume du couvert végétal est plus important et les couleurs plus variées. Ils apportent

aussi des floraisons et des aspects différenciés plus marqués avec les saisons, et nécessitent un entretien plus régulier (nettoyages, apports d'engrais notamment).

En fonction des contraintes du projet, cinq variantes i.D BIODIVERSITY sont possibles :

- i.D MIXFLORE : Sedum et vivaces aromatiques à fleurs ;
- i.D MARIN : Sedum, vivaces et graminées supportant les embruns ;
- i.D MIDI : Sedum, vivaces et graminées adaptées au climat méditerranéen ;
- i.D MONTAGNE : Sedum et vivaces adaptées au climat de montagne ;
- i.D SOUS-BOIS : Sedum et vivaces adaptées à l'ombre.

cf. tableau 3.2

2.2.2.5. Couvert i.D Créa' Paysage

Le couvert i.D Créa'Paysage associe différentes plantes herbacées, d'arbustes à fleurs et feuillages décoratifs, sélectionnés pour leur adaptation aux conditions de toiture semi-intensive. Le choix des plantes et des espèces constituant le couvert dépend des caractéristiques du projet (localisation géo-climatique, épaisseur du substrat, volume d'entretien souhaité) et des souhaits esthétiques du maître d'ouvrage. Ce couvert implique un entretien fréquent, associé généralement à un arrosage automatisé.

cf. tableaux 3.1 et 3.2

2.2.2.6. Système prêt à l'emploi HYDROPACK®

2.2.2.6.1. Description

Solution « tout en un » de la Société Le Prieuré Sarl, le système HYDROPACK® (se déclinant en versions HYDROPACK®CLASSIC, HYDROPACK®NEO et HYDROPACK®NEOLIGHT) rassemble en un module l'ensemble des composants des solutions Multicouches Vegetal i.D® (couche drainante, couche filtrante, substrat, et couche végétale).

Cf. tableau 2.1 de l'Annexe 2.

Cf. Annexe 8 - figures 8.2, 8.5 et pargaraphes 2.4.5.4.1. et 2.4.5.4.2.

- Réserve d'eau. De nombreuses alvéoles constituent le fond du bac. Elles permettent la constitution d'une réserve d'eau permanente favorable à la pousse des végétaux, mais aussi à une plus grande rétention de l'eau de pluie en toiture ;
- Végétalisation immédiate. Grâce à une préculture en pépinière, les bacs HYDROPACK® bénéficient d'un taux de couverture de 70 % minimum lors de la livraison (sauf indication particulière).

2.2.2.6.2. HYDROPACK®CLASSIC

Les bacs HYDROPACK®CLASSIC se clipsent les uns aux autres dans les cas des pentes comprises entre 0 et 35 %.

Sur pentes comprises entre 21 et 35 % et pour les zones de vent extrêmes, HYDROPACK®CLASSIC se clipsent et s'accrochent avec des colliers polyamide les uns aux autres. (Cf. § 2.3.3 pour le soulèvement au vent et figures 9.3 et 9.4.)

Drainage de 30 mm. Les bacs sont perforés (500 trous/m2) en partie haute des alvéoles (30 mm au-dessus du fond du bac). Ainsi, une fois celles-ci remplies, l'excédent d'eau rejoint les canaux de drainage entre les plots supports.

2.2.2.6.3. HYDROPACK®NEO et HYDROPACK®NEOLIGHT

Les bacs HYDROPACK®NEO et NEOLIGHT sont mis en œuvre les uns à côté des autres dans les cas des pentes comprises entre 0 et 20 % sans système d'accroche. Entre 10 % et 20 %, des retenues intermédiaires sont nécessaires tous les 8 mètres linéaires de rampant (Cf. § 2.3.3. pour le soulèvement au vent.)

Drainage de 22 mm. Les bacs sont perforés (1 100 trous/m2) en partie haute des alvéoles (22 mm au-dessus du fond du bac). Ainsi, une fois celles-ci remplies, l'excédent d'eau rejoint les canaux de drainage entre les plots supports.

2.2.2.7. Éléments constitutifs du complexe de culture MULTICOUCHE VEGETAL i.D®

Se reporter aux tableaux de l'Annexe 2.

2.2.2.7.1. Nappe de protection i.D PROTECT

La nappe i.D PROTECT est utilisée en tant qu'écran d'interposition entre les revêtements d'étanchéité synthétiques et :

- Le substrat, lorsque le système de végétalisation ne comprend pas de couche drainante, ni de nappe de répartition d'eau ;
- La couche drainante, lorsque celle-ci est composée de granulats minéraux (i.D LITE A et i.D LITE PZ).

Cette nappe assure une séparation mécanique.

Conditionnement : rouleaux de 100 m² (50 m x 2 m).

La nappe i.D PROTECT est mise en place directement sur le revêtement d'étanchéité, avec un recouvrement de 10 cm environ.

En bordure de zone stérile, la nappe i.D PROTECT remonte sur toute la hauteur du dispositif de séparation en remplacement de la couche filtrante.

2.2.2.7.2. Couche drainante

La couche drainante, se positionne sous la couche de substrat : elle est destinée à assurer efficacement l'écoulement et l'évacuation des eaux en excès vers les évacuations d'eaux pluviales. Dans certains cas, la solution de drainage intègre la couche filtrante, dans d'autres cas, elle doit en être surmontée.

La couche drainante peut être facultative dans quelques cas précis indiqués dans les tableaux 4.2, 4.3, 4.4 et 4.5.

2.2.2.7.3. Couche filtrante i.D FILTRE

La couche filtrante a pour rôle d'empêcher la migration de fines particules contenues dans le substrat vers le drainage et les évacuations d'eaux pluviales.

2.2.2.7.4. Nappe de répartition d'eau HYDROTEX i.D

La nappe HYDROTEX i.D est constituée d'une épaisse nappe horticole en non-tissé à forte teneur en fibres synthétiques.

Elle apporte une rétention en eau supplémentaire et une meilleure répartition de l'eau sur la surface du complexe. Sa mise en place permet d'optimiser les ressources en eau, en espaçant les arrosages.

La nappe HYDROTEX i.D est positionnée sous la couche de substrat et sur la couche drainante lorsqu'elle est présente.

2.2.2.7.5. Substrats i.D FLORE

La gamme i.D FLORE Le Prieuré comporte différentes formules de substrats qui permettent d'assurer la pérennité des associations végétales des couverts VEGETAL i.D.

Les caractéristiques des substrats i.D FLORE sont optimales pour combiner des propriétés de perméabilité et d'aération avec celles de rétention en eau. Leur longévité et leur stabilité dans le temps sont également très importantes. Les substrats i.D FLORE sont composés de matières minérales essentiellement, et organiques naturelles de haute qualité, sélectionnées pour leurs caractéristiques physiques et leur durabilité. Tous les substrats i.D FLORE offrent des caractéristiques physiques et chimiques conformes aux Règles Professionnelles (éd. 3, mai 2018) et aux normes allemandes FLL (« Green Roofing Guidelines » édition 2008).

Les caractéristiques des substrats i.D FLORE sont déterminées par analyses au laboratoire interne Le Prieuré (Moisy, France), SAS Laboratoire (Ardon, France), et laboratoire universitaire de Geisenheim (Hesse, Allemagne). Une mesure de masse volumique est par ailleurs systématiquement réalisée à chaque fabrication, ainsi qu'au conditionnement des substrats en big-bags et aux chargements des camions « vrac » ou silos.

2.2.2.7.6. Couche végétale

2.2.2.7.6.1. Tapis précultivés i.D MAT (pente ≤ 35 %)

Les tapis i.D MAT sont précultivés en pépinière de manière à assurer un couvert par la végétation supérieur à 70 % à la livraison. Ils sont disponibles avec deux couverts végétaux :

- Tapis i.D MAT SEDUM, précultivés avec le couvert i.D SEDUM SELECT ;
- Tapis i.D MAT MIX-FLORE, précultivés avec le couvert de vivaces i.D MIX-FLORE.

Les tapis précultivés i.D MAT renferment une trame organique qui leur donne structure et cohésion.

Conditionnements et présentations

Se reporter aux tableaux 2.7, 2.8 de l'Annexe 2.

2.2.2.7.6.2. Plantations i.D MOTTE ou i.D GODETS (pente ≤ 35%)

Les micro-mottes i.D MOTTE sont de petits plants de sedum ou de vivaces adaptées à la végétalisation des toitures. Elles sont produites sur des plaques de culture comportant de 54 à 72 mottes. Leur diamètre est de 1,5 à 4 cm.

Cf. tableaux 2.7, 2.8 de l'Annexe 2.

2.2.2.7.6.3. Semis i.D FRAGMENTS (pente ≤ 10 %)

Les fragments sont des morceaux de sedum qui, une fois parsemés sur le substrat, vont produire des racines et se développer. Cette technique est adaptée aux projets de grande surface qui ne demandent pas un aspect végétatif esthétique à court terme.

2.3. Dispositions de conception

2.3.1. Assistance à la conception du projet

L'entreprise Le Prieuré intègre des spécialistes, ingénieurs et techniciens dédiés à l'accompagnement des projets de leur conception à leur réalisation.

Une étude technique est réalisée par les équipes d'ingénieurs et de techniciens Le Prieuré Sarl pour la conception de la solution de végétalisation de chaque projet. Celle-ci tient compte des contraintes du projet, notamment de sa localisation géographique, de l'exposition au soleil de la toiture, la pente, la charge maximum acceptée par le support, la visibilité du projet, les exigences esthétiques souhaitées. Le tableau 4.1 (Annexe 4) présente les différents critères à prendre en compte pour le choix des principales couches des solutions Vegetal i.D®.

Les règles pour la conception de la structure sont définies en se basant sur les poids à C.M.E des tableaux 4.

Les règles pour la détermination du lestage des isolants inversés et des membranes posés en indépendance sont définies en se basant sur les poids à sec des tableaux 4.

Pour chaque projet, une Fiche d'étude Projet est demandée. Cf. Annexe 1.

L'ensemble des procédés décrits ultérieurement dans le présent document doivent être validés par l'Étude technique de végétalisation Le Prieuré Sarl.

Outre la solution de végétalisation, l'étude définit les besoins en arrosage, et précise s'il est conseillé de prévoir une solution d'arrosage de la végétalisation.

2.3.2. Éléments porteurs et charges à prendre en compte

Conformément aux RP TTV de 2018, les charges de calcul à prendre en compte, quel que soit l'élément porteur (maçonnerie, béton cellulaire autoclavé armé, 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 de l'Annexe 4 présentent les charges maximales à CME des solutions LE PRIEURE en fonction de l'élément porteur et de la pente du projet. Voir tableau 2.8 de l'Annexe 2 pour les différents constituants de ces solutions.,
  - 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.

Pour les éléments porteurs en bois massif ou en panneaux à base de bois lorsqu'ils ne bénéficient pas d'un Avis Technique ou d'un Document Technique d'Application qui précise les conditions de vérifications des portées sous charges, on se limitera à des charges permanentes de 200 daN/m².

La contrainte admissible par les panneaux isolants et par le revêtement d'étanchéité doit être vérifiée en tenant compte des charges descendantes.

- Les contraintes admissibles de l'isolant et du revêtement d'étanchéité sont définies dans leurs DTA particuliers respectifs ou dans les fiches techniques établies selon les Règles Professionnelles de juin 2021 et de juillet 2021.
- Calcul de la contrainte apportée sur le revêtement :
  - Cas des systèmes avec bac :

$$Contraintes\ apportées = \frac{Charges\ permanente\ (\text{cf. § ci} - \text{dessus}) + 15\frac{daN}{m^2} + charges\ d'exploitation}{Surface\ de\ contact\ de\ la\ couche\ drainante\ sur\ le\ revêtement\ (cf.\ tableau\ 2.2\ et\ 2.3)}$$

Nota : la contrainte apportée doit rester inférieure à la contrainte maximale admise par le revêtement et l'isolant.

  - Cas des systèmes multicouches :

$$Contraintes\ apportées = \frac{Contrainte\ lié\ à\ la\ poussée\ du\ système\ végétalisé\ +\ charges\ climatique\ normale}{Surface\ de\ contact\ de\ la\ couche\ drainante\ sur\ le\ revêtement\ (cf.\ tableau\ 2.2\ et\ 2.3)}$$

Nota : la contrainte apportée doit rester inférieure à la contrainte maximale admise par le revêtement et l'isolant.

2.3.3. Soulèvement lié au vent

2.3.3.1. Pente comprise entre 0 et 20 %

Les dispositions prévues permettent d'escompter un comportement satisfaisant jusqu'à une dépression au vent extrême de :

- Pour les bacs HYDROPACK®CLASSIC : 3 938 Pa selon les Règles NV 65 modifiées.
- Pour les bacs HYDROPACK®NEO et HYDROPACK®NEOLIGHT : 2 915 Pa selon les Règles NV 65 modifiées.

2.3.3.2. Pente comprise entre 21 et 35 %

La valeur limite du soulèvement au vent extrême pour l'installation des solutions de végétalisation de toiture Vegetal i.D® est réduite à 3 544 Pa.

Dans le cas d'installation des solutions de végétalisation avec bacs HYDROPACK®CLASSIC, liés par la mise en place de 4 colliers polyamides (un collier par côté (cf. figure 9.4 et tableau 2.9 de l'Annexe 2), la valeur limite de dépression est de 3 938 Pa.

2.3.4. Constitution de l'élément porteur et des supports du système d'étanchéité

Les solutions de végétalisation de toiture Multicouches Vegetal i.D® et HYDROPACK® sont mises en œuvre sur le revêtement d'étanchéité de la toiture-terrasse ou toiture inclinée. Le revêtement d'étanchéité doit disposer d'un Document Technique d'Application visant l'usage en toiture végétalisée. De manière générale, les éléments porteurs, supports et systèmes d'étanchéité doivent être conformes aux prescriptions des normes - DTU ou aux Documents Techniques d'Application correspondants.

2.3.4.1. Élément porteur en maçonnerie

Ils doivent conformes aux prescriptions de la norme NF DTU 20.12 P1 ou à celles de leurs Avis Techniques particuliers, notamment en ce qui concerne les pentes, les états de surface, les dimensionnements et stabilité des ouvrages annexes.

2.3.4.2. Élément porteur en dalles de béton cellulaire autoclavé armé

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

2.3.4.3. Élément porteur en tôles d'acier nervurées (TAN)

Ils doivent être conformes aux prescriptions de la norme NF DTU 43.3-P1, ou à un Document Technique d'Application, avec pente minimale de 3 % sur plans y compris lorsque les noues sont en pente.

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

2.3.4.4. Élément porteur en bois massif ou panneau à base de bois

Ils doivent être conformes au NF DTU 43.4 ou à un Document Technique d'Application, visant favorablement son emploi en élément porteur pour toiture avec revêtement d'étanchéité sous protection végétalisée, avec pente des versants ≥ 3 % sur plans.

2.3.4.5. Supports du système 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 sera mis en œuvre sur les panneaux isolants en système adhérent ou semi-indépendant.

2.3.4.5.1. Supports isolants thermiques non porteurs

Les panneaux isolants admis sont de Classe C (compressibilité selon le Guide UEAtc) et seront conformes pour l'utilisation en terrasse avec végétalisation aux Règles Professionnelles « Isolants supports d'étanchéité en indépendance sous protection lourde » de juillet 2021 et certifiés ACERMI pour les spécifications prévues pas les règles.

La pose libre des panneaux isolants supports n'est possible que sur élément porteur en maçonnerie ou en béton cellulaire, de pente ≤ 5 %.

Dans le cas d'un support isolant dont la compression à 10 % de déformation (norme NF EN 826) est inférieure à 100 kPa (cf. Fiche Produit ou certificat ACERMI pour les spécifications prévues par les RP « Isolants supports d'étanchéité en indépendance sous protection lourde »), les attelages de fixation mécanique des panneaux isolants et du revêtement d'étanchéité doivent être du type « solide au pas ».

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

2.3.4.5.2. Isolation inversée

Sur maçonnerie, de pente ≤ 5 %, sont admis les panneaux isolants de polystyrène extrudé en isolation inversée conformes pour l'utilisation en terrasse avec végétalisation aux Règles Professionnelles « Isolation inversée de toiture-terrasse » de juin 2021 et certifiés Acermi pour les spécifications prévues par les règles.

Les solutions de végétalisation de toiture Vegetal i.D® se mettent en œuvre :

a. Soit sur les panneaux isolants de polystyrène extrudé du complexe de toiture inversée, assurant ainsi sa protection et son lestage.

La mise en place d'une couche d'interposition entre les panneaux isolants et le système de végétalisation, de type filtre en non-tissé i.D FILTRE, sera prévue dans le cas où la couche drainante est constituée d'agrégats minéraux de type i.D LITE A ou i.D LITE PZ.

De ce fait, le complexe de végétalisation assure le lestage de l'isolant vis-à-vis du risque de soulèvement au vent extrême, le poids du complexe de végétalisation à sec, en daN/m², sera au moins équivalent à 1,3 fois l'épaisseur des panneaux isolants exprimée en mm (cf. Annexe 2, tableau 2.8).

Exemples de calculs de lestage : pour une isolation thermique inversée en un seul lit de 120 mm d'épaisseur, la masse surfacique à sec du complexe de végétalisation doit être supérieure à :

$$1,3 \times 120 = 156 \text{ daN/m}^2$$

- Isolant 3 à 8 cm : poids TTV à sec ≥ 104 daN/m² ;

- Isolant 9 à 10 cm : poids TTV à sec ≥ 130 daN/m² ;
- Isolant 11 à 12 cm : poids TTV à sec ≥ 156 daN/m².

a. Soit sur le dessus de la protection lourde meuble par granulats du complexe de toiture inversée selon les règles de mise en œuvre des Règles Professionnelles « Isolation inversée de toiture-terrasse » de juin 2021.

2.3.4.5.3. Revêtements d'étanchéité

Les revêtements d'étanchéité admis sont en :

- Asphalte sous Avis Technique visant favorablement leur emploi sous protection végétalisée pour des pentes ≤ 5 % ;
- Revêtement d'étanchéité bi-couche bitumineux bénéficiant d'un Document Technique d'Application pour l'utilisation sous toiture-terrasse jardin ou protection végétalisée (TTV) ; Pente comprise entre 0 et 35 % ;
- Feuilles synthétiques bénéficiant d'un Document Technique d'Application pour l'utilisation en toiture-terrasse jardin ou protection végétalisée (TTV) ; Pente comprise entre 0 et 20 % ;
- Systèmes d'étanchéité liquide sur maçonnerie bénéficiant d'un Document Technique d'Application pour l'utilisation en toiture-terrasse jardin ou protection végétalisée, pente inférieure à 20 %.

Le revêtement doit être résistant à la pénétration des racines pour toute la surface plantée et la périphérie de cette zone sur 1 m de large (parties courantes, zones stériles, relevés). Se reporter au Document Technique d'Application du revêtement.

2.4. Dispositions de mise en œuvre

2.4.1. Mise en œuvre du complexe isolation - étanchéité

Se reporter aux Règles Professionnelles « Isolants supports d'étanchéité en indépendance sous protection lourde » de juillet 2021 et au DTA du revêtement d'étanchéité visant l'emploi en terrasses et toitures végétalisées en partie courante et relevé.

Les revêtements d'étanchéité sont posés soit en adhérence totale, soit en semi-indépendance, y compris ceux fixés mécaniquement conformément à leur document de référence visant une application en toiture-terrasse végétalisée. Ce complexe doit résister aux efforts dus à la dépression du vent extrême quel que soit le taux de couverture de la végétalisation.

La pose des revêtements d'étanchéité peut se faire en indépendance sur maçonnerie de pente ≤ 5 % dans les seuls cas suivants :

- Revêtements à base d'asphalte bénéficiant d'un Avis Technique pour un emploi sous protection végétalisée ;
- Revêtement d'étanchéité bi-couche bitumineux et poids à sec du système végétalisé d'au moins 80 kg/m², si le Document Technique d'Application du revêtement d'étanchéité le prévoit ; et avec les composants répertoriés à l'Annexe 2, tableau 2.8.

Dans le cas des pentes comprises entre 20 et 35 %, le dispositif de retenue du système de végétalisation ne participe pas au maintien du complexe isolant-étanchéité. Les systèmes de fixations de l'isolant et du revêtement d'étanchéité sont ceux définis dans les Règles Professionnelles « Isolants supports d'étanchéité en indépendance sous protection lourde » de juillet 2021 et au Document Technique d'Application du revêtement.

2.4.2. Choix de mise en œuvre de la couche drainante (cf. tableaux 4.3 et 4.4)

- Selon les projets, et pour s'adapter aux spécificités de chaque toiture (type de support, pente, type de couvert végétal mis en œuvre), l'étude de la conception du système végétalisé menée par Le Prieuré préconise l'une des solutions de drainage suivantes : nappes drainantes synthétiques de faibles épaisseurs (7 à 10 mm) pour les toitures-terrasses de pente ≥ 3 % :
- UNIDRAIN i.D 100, MULTIDRAIN i.D 70 et MULTIDRAIN i.D 100 et TEXTIDRAIN i.D 101 avec filtre intégré, principalement destinées aux toitures présentant une pente minimum de 3 % (absence de flaches d'eau). On les choisit donc généralement pour les toitures aménagées sur élément porteur TAN, bois ou panneaux à base de bois. Elles ne sont pas adaptées aux toitures avec isolation inversée.
- Ces nappes drainantes de faibles épaisseurs se déroulent directement sur le revêtement d'étanchéité, avec le filtre en partie supérieure, le débord de celui-ci recouvrant le lé adjacent.
- Nappes drainantes synthétiques de grandes épaisseurs (20 à 40 mm) pour les toitures-terrasses de pente < 3 % :
  - plaques drainantes en géocomposites alvéolaires recyclé, à réserve d'eau, MULTIDRAIN i.D 200 et i.D 400,
  - plaques de polystyrène alvéolées POLYDRAIN i.D 400, à réserve d'eau,
- La plaque drainante MULTIDRAIN i.D 200 se limite à une utilisation sur toitures extensives (cf. tableau 2.3.).
- Un i.D FILTRE doit être étalé sur les plaques une fois celles-ci en place ; les couches drainantes Multidrain et Polydrain permettent d'associer une réserve en eau aux propriétés importantes de perméabilité dans le plan ;
- Granulats drainants minéraux i.D LITE A et i.D LITE PZ destinés aux terrasses de pente ≤ à 5 %, ainsi qu'aux toitures avec isolation inversée. Ils ont l'avantage de constituer une couche drainante présentant une réserve en eau supplémentaire pour les plantes. Cette propriété rend le choix de ce type de drainage judicieux chaque fois qu'une rétention en eau accrue est recherchée. Elle peut permettre de réduire l'épaisseur de substrat mise en œuvre de 1 à 2 cm par rapport à un drainage synthétique. i.D LITE A et PZ doivent toujours être surmontées d'un filtre i.D FILTRE.

Sur revêtement d'étanchéité bicouche bitumineux la mise en place d'un écran d'interposition entre l'étanchéité et les granulats n'est pas obligatoire.

2.4.3. Choix du substrat i.D FLORE

Le choix du substrat dans la gamme i.D FLORE ainsi que son épaisseur doivent être en adéquation avec la végétation retenue et les caractéristiques de la toiture. Ils sont définis pour chaque projet dans l'étude technique Le Prieuré.

Toiture extensives – complexe de culture de 4 à 12 cm d'épaisseur finale :

- La hauteur de substrat varie en général de 4 à 12 cm foisonnée (soit avant mise en œuvre et tassement naturel). Elle est fonction des critères présentés dans les tableaux 4.2 et 4.3 de l'Annexe 4.
- Pour une végétalisation au moyen de micro-mottes de sedums ou vivaces i.D MOTTE ou de fragments de sedums i.D FRAGMENTS, la hauteur de substrat doit être majorée de 1 à 2 cm par rapport à une végétalisation réalisée au moyen de tapis précultivés i.D MAT.
- Pour un couvert de type i.D BIODIVERSITY, la hauteur de substrat dépendra des vivaces retenues (des exemples de valeurs minimales sont indiquées au tableau 3.3 de l'Annexe 3).

Toiture semi-intensives – complexe de culture de 12 à 30 cm d'épaisseur finale :

- La hauteur de substrat varie de 8 à 35 cm foisonnée (soit avant mise en œuvre et tassement naturel). Elle est fonction des critères présentés dans les tableaux 4.4 et 4.5 de l'Annexe 4 et de la palette végétale sélectionnée.

Le substrat est étalé manuellement ou par soufflage mécanisé et nivelé à l'aide d'une raclette ou râteau sans dents et d'une pige (cf. figures 9.7 à 9.9*)*, soit :

- Sur la couche filtrante ;
- Sur la nappe de répartition HYDROTEX i.D ;
- Directement sur le revêtement d'étanchéité ou sur sa protection mécanique, dans les cas où la pente de la toiture est comprise entre 3 et 20 %. La mise en place d'une couche filtrante est obligatoire sur une largeur de 2 m au droit des zones stériles.

2.4.4. Mise en œuvre des bacs HYDROPACK®

2.4.4.1. Pour les toitures de pentes comprises entre 0 et 20 %

Les bacs HYDROPACK®CLASSIC, HYDROPACK®NEO et HYDROPACK®NEOLIGHT sont posés directement sur le revêtement d'étanchéité.

Les bacs HYDROPACK®CLASSIC s'assemblent les uns aux autres au moyen du système d'accroche aménagé en périphérie des bacs (cf. figure 9.1).

Les bacs HYDROPACK®NEO et HYDROPACK®NEOLIGHT sont posé les uns à côté des autres (sans système d'accroche). Entre 10 % et 20 % de pente, des retenues intermédiaires sont nécessaires tous les 8 mètres linéaires de rampant. Aucun système de fixation supplémentaire n'est requis.

Les bacs sont prêts à l'emploi, le taux de couverture à la livraison de 70 % ne requiert aucune intervention sur le couvert végétal et aucune connaissance horticole particulière pour l'installation. Les entreprises d'étanchéité peuvent mettre en place les bacs sans difficulté.

Les bacs se posent le plus souvent de droite à gauche et de bas en haut en positionnant le bord avec attaches mâles vers le bas. La seconde ligne est placée immédiatement sur la première, et ainsi de suite.

Les bacs HYDROPACK® sont conditionnés en palette.

	HYDROPACK® CLASSIC	HYDROPACK® NEO	HYDROPACK® NEOLIGHT
Poids des palettes	900-1 400 kg	Entre 800 et 1 200 kg	Entre 800 et 1 100 kg
Hauteur maxi des palettes	1.6 m	1.6 m	1.6 m
Nombre de bac par palette	60	70	70

Sur élément porteur TAN, bois ou panneaux à base de bois ou CLT, et compte tenu de leur poids, les palettes ne doivent pas être posées sur la toiture.

Calepinage de la toiture

Pour correspondre aux dimensions exactes des toitures-terrasses et toitures inclinées, ou pour s'adapter à la présence d'une émergence, la solution la plus simple est d'élargir la zone dite stérile (cf. § 2.4.6.3.) de manière à utiliser des bacs entiers tous posés dans le même sens.

Les bacs HYDROPACK® peuvent néanmoins être découpés en cas de besoin. La découpe peut être réalisée au sol avec une tronçonneuse à disque ou à la scie à main. Les travaux de découpe sur la toiture sont interdits. Cet ajustement se fait en haut de pente ou sur les côtés latéraux : les bacs en appui sur l'arrêt de bas de pente ne doivent pas être découpés. Le côté découpé d'un bac est refermé par un dispositif de séparation (cf. § 2.4.4.3. ci-après).

Les bacs HYDROPACK® peuvent également être associés longueur avec largeur (de manière à finaliser le calepinage).

2.4.4.2. Pour les toitures de pente comprises entre 21 et 35 %, de rampant ≤ 8 ml

En partie courante de rampant, la mise en place des bacs HYDROPACK® est réalisée sans dispositif de retenue.

Les bacs HYDROPACK®CLASSIC sont positionnés directement sur l'étanchéité, et clipsés les uns aux autres. Ils sont en appui sur la butée rigide de bas de pente fixée à la structure porteuse.

2.4.4.3. Dispositif de séparation entre la zone plantée et non plantée

Dans le cas de la végétalisation par bacs HYDROPACK®, la mise en place d'un filtre et d'une bande métallique ajourée faisant séparation entre la zone végétalisée et la zone stérile n'est pas nécessaire. En effet, la constitution même du bac HYDROPACK® cloisonne les différentes couches du système.

Le dispositif de séparation n'assure pas le maintien des bacs.

En cas de découpe d'un bac HYDROPACK®, un i.D FILTRE referme le côté découpé. Celui-ci est maintenu en appui sur la bordure du bac HYDROPACK® adjacent. Les bacs découpés ne doivent jamais être positionnées à proximité des EEP.

2.4.5. Mise en œuvre des solutions Multicouches Vegetal i.D®

2.4.5.1. Organisation de la mise en œuvre et assistance technique

La mise en œuvre des solutions de végétalisation de toiture Vegetal i.D® est assurée soit directement par l'entreprise d'étanchéité, soit par une entreprise sous-traitante de l'entreprise d'étanchéité (laquelle peut être une entreprise d'espaces verts), mais sous la responsabilité de l'entreprise d'étanchéité.

La branche Le Prieuré Vegetal i.D® Services est à même de réaliser la mise en œuvre du système de végétalisation sous la responsabilité de l'entreprise d'étanchéité.

Pour la réalisation des systèmes sur toiture de pente comprise entre 21 et 35 %, le dimensionnement de l'élément porteur aux charges appliquées et la mise en œuvre des solutions Vegetal i.D® doivent être confiés à une entreprise d'étanchéité présentant les conditions suivantes :

- Disposer d'un bureau d'étude pour le dimensionnement de l'élément porteur et la conception des points singuliers ;
- Posséder une Qualification QUALIBAT 3292, toitures-terrasses spécialisées végétalisées – technicité confirmée.

L'équipe d'ingénieurs et de techniciens de la Société Le Prieuré Sarl est à même de fournir une assistance à :

- La conception de l'ouvrage ;
- La mise en œuvre du complexe de végétalisation ;
- L'entretien du complexe de végétalisation.

Les DPM doivent prévoir tous les moyens nécessaires pour une mise en œuvre du complexe en toute sécurité notamment ceux visant à assurer la sécurité du personnel contre les chutes de hauteur, comme pour toute toiture inaccessible.

2.4.5.2. Couche filtrante i.D FILTRE

Si la couche filtrante n'est pas directement intégrée au système de drainage retenu, il est nécessaire de mettre en place un non-tissé i.D FILTRE sur la couche de drainage. En bordure de zone stérile, la couche filtrante remonte sur toute la hauteur du dispositif de séparation.

Lorsque la couche drainante est supprimée, le non-tissé i.D FILTRE est obligatoirement conservé sur une largeur de 2 m en bordure des zones stériles. Les lés sont posés avec un recouvrement minimum de 10 cm.

2.4.5.3. Couche végétale

2.4.5.3.1. Tapis précultivés i.D MAT (pente ≤ 35 %)

La mise en œuvre des rouleaux précultivés i.D MAT est simple et ne requiert aucune connaissance horticole. Les tapis de sedum sont à dérouler directement sur le substrat. Il est recommandé de poser les tapis en quinconce, et de les chevaucher légèrement. Les découpes sont réalisées avec un couteau cranté. Une notice de pose détaillée est fournie par Le Prieuré Sarl lors de la réalisation du chantier (cf. figure 9.11*).*

Sur élément porteur TAN, bois ou panneaux à base de bois ou CLT, et compte-tenu de leur poids, les palettes ne doivent pas être posées sur la toiture.

Le poids des tapis varie, en fonction de leur humidité, entre 40 et 60 kg par rouleau. Deux personnes sont nécessaires pour leur manutention.

Mises en garde particulières

- Veiller à ce que le substrat i.D FLORE reste bien nivelé sous le tapis afin qu'aucune poche d'air ne se crée et n'empêche l'enracinement des plantes ;
- Les tapis doivent être mis en œuvre et déroulés dès la réception des palettes sur le chantier ;
- Les tapis précultivés peuvent être mis en œuvre sur une très large partie de l'année. Sont exclues les périodes de gel et de fortes températures estivales ;
- Un soin tout particulier doit être porté aux angles de la toiture : ne pas laisser dépasser un bord de tapis relevé qui pourrait offrir une prise au vent ;
- Un arrosage doit directement suivre la pose des tapis (il doit permettre de mouiller le substrat en place sous les tapis). Il sera renouvelé durant toute la période d'enracinement des tapis (sauf pluies suffisantes en quantité et régularité) : durant cette période, les tapis ne doivent pas se dessécher. Conformément aux Règles Professionnelles éditées par la CSFE (éd. 3, mai 2018), un point d'eau est indispensable en toiture (cf. § 2.4.6.7.).

2.4.5.3.2. Plantations i.D MOTTE ou i.D GODETS (pente ≤ 35 %)

La technique de plantation s'adapte particulièrement aux projets où il est souhaité une répartition particulière des plantes selon les zones de la toiture (création de « massifs » ou de motifs) et notamment aux couverts i.D Biodiversity.

Elle ne doit pas être mise en œuvre sur des toitures avec une pente supérieure à 35 %.

La technique de plantation consiste à détacher la micro-motte de la plaque alvéolée et à la replanter dans le substrat. La densité de plantation préconisée est de 15 à 20 micro-mottes par m^2. Il convient de prendre soin de les répartir de façon homogène et de mêler les variétés (sauf si un plan de plantation a été établi) (cf. figure 9.10).

Pour un couvert associant micro-mottes de vivaces et de sedums, la densité de micro-mottes de vivaces ne dépassera pas 12 unités par m^2. Des micro-mottes de sedums seront plantées en complément, pour obtenir au final une densité minimum de 15 à 20 plantes par m^2.

Il est vivement conseillé d'utiliser une grille (ou un cadre) afin que les micro-mottes soient correctement espacées sur la toiture, et que de cette manière la végétation recouvre l'ensemble de la surface aussi rapidement que possible.

Le délai total avant d'obtenir une couverture complète de la toiture est souvent de 12 à 24 mois. Durant toute cette période un entretien suivi est indispensable : il est notamment nécessaire de désherber (3 à 4 désherbages manuels dans l'année en règle générale) et d'effectuer des arrosages réguliers pour assurer un bon développement du système racinaire. Conformément aux Règles Professionnelles éditées par la CSFE (éd. 3, mai 2018), un point d'eau est indispensable en toiture (cf. § 2.4.6.7.).

La satisfaction finale étant largement tributaire du soin apporté à l'entretien de la toiture durant la phase d'installation de la végétation, le suivi attentif des conseils d'entretien est impératif. Á cet effet, la souscription d'un contrat d'entretien est gage de réussite.

La plantation des micro-mottes est recommandée pendant les mois de mars, avril, septembre et octobre (périodes de pousse plus active des végétaux, ce qui favorise leur bonne reprise).

2.4.5.3.3. Semis i.D FRAGMENTS (pente ≤ 10 %)

Pour optimiser les chances de réussite, il est indispensable de semer les fragments au début du printemps, ou au mois de septembre (périodes de pousse active). L'association facultative de graines de sedum ou de vivaces avec les fragments contribue favorablement à la réussite du semis et à l'obtention plus rapide du taux de couverture.

Le délai nécessaire pour avoir une couverture végétale de 80 % est le plus souvent de 18 à 36 mois environ. Pendant cette période, un entretien suivi devra être réalisé (3 à 5 désherbages en général).

Cf. tableaux 2.7, 2.8 de l'Annexe 2.

2.4.5.4. Cas du semis manuel

Les fragments **i.D FRAGMENTS** (et les graines) sont semés directement sur le substrat de culture « à la volée ». La quantité de fragments semés varie entre 50 et 150 g/m^2 en fonction de la période de semis, des espèces choisies et de la rapidité de couverture désirée. La répartition des fragments doit être soignée.

Une fois le semis réalisé, il est conseillé d'effectuer un roulage pour que les fragments soient bien en contact avec le substrat et qu'ils puissent s'enraciner le plus rapidement possible.

Un arrosage abondant doit suivre le roulage. En l'absence de pluies suffisantes (en régularité et en quantité), il devra être poursuivi jusqu'à un bon enracinement des végétaux. Conformément aux Règles Professionnelles éditées par la CSFE (éd. 3, mai 2018), un point d'eau est indispensable en toiture (cf. § 2.4.6.7.).

L'arrosage abondant consiste à saturer la capacité d'eau du système végétalisé.

Cas du semis par projection hydraulique

Cf. § 2.4.5.4.2.

2.4.5.4.1. Combinaison i.D FRAGMENTS – i.D MOTTE

La combinaison des techniques de semis et de plantation est possible. Elle consiste à réaliser une plantation en densité réduite (5 à 10 micro-mottes/m^2) et à la compléter par un semis manuel de fragments de sedum à la dose de 50 g/m^2.

2.4.5.5. Équipements complémentaires pour la mise en œuvre des solutions multicouches Vegetal i.D®

2.4.5.5.1. Soufflage par camion silo

Tous les substrats de la gamme i.D FLORE, ainsi que les drainages minéraux i.D LITE peuvent être mis en place par soufflage sur la toiture, à l'aide d'un camion silo équipé d'un compresseur et de tuyaux de soufflage (80 m en moyenne).

Cette technique facilite la répartition du substrat sur la toiture et peut être rendue nécessaire dans certaines conditions d'accès difficiles à la toiture.

2.4.5.5.2. Semis par projection hydraulique : technique i.D SURE

i.D SURE est une technique de semis de fragments de sedum adaptées aux toitures de très grandes surfaces .

Les fragments de sedums sont alors le plus souvent associés à des graines de sedums (voire de vivaces pour la création d'un couvert i.D MIX-FLORE).

La technique i.D SURE, ou « hydroseeding », consiste à projeter les fragments (et les graines) en mélange avec de l'eau et un fixateur et un mulch naturels. Ainsi la bouture est plaquée sur le substrat. Elle est par ailleurs protégée du desséchement grâce au « mulch » de surface ainsi projetée.

Cette technique permet d'optimiser l'implantation des végétaux et réduit ainsi le délai d'obtention du couvert végétal complet (18 à 24 mois). Le semis hydraulique est réalisé à l'aide d'un hydroseeder constitué d'une cuve, d'un mélangeur, et d'une pompe centrifuge permettant une projection jusqu'à 55 mètres et un rayon d'action de 60 mètres avec des tuyaux.

Le semis est effectué directement par la Société Le Prieuré Sarl, ou par une entreprise agréée par Le Prieuré Sarl à cette fin.

2.4.5.5.3. Cas des pentes comprises entre 21 et 35 % avec étanchéité en feuilles bitumineuses

Les toitures en pente de 21 à 35 % nécessitent des précautions supplémentaires pour éviter l'érosion du substrat et de la couche végétale :

- Utilisation de tapis précultivés uniquement comme technique de végétalisation ;
- Mise en place préalable d'un système anti-érosion pour le substrat : MULTIFIX 3D

Cf. figures 9.5 et 9.9.

Une butée rigide (cf. § 2.4.6.3.6.) doit impérativement être installée en bas de pente.

Le réseau alvéolaire de maintien du substrat en partie courante du rampant, MULTIFIX 3D, permet de cloisonner le substrat i.D FLORE pour éviter son érosion.

Le réseau est constitué de bandes souples perforées pour permettre l'écoulement de l'eau, lesquelles constituent des alvéoles.

L'écoulement de l'eau est facilité par la mise en place d'une couche de drainage de faible épaisseur UNIDRAIN i.D 100 ou TEXTIDRAIN i.D 101 sous le réseau alvéolaire MULTIFIX 3D.

Le réseau est déployé manuellement comme un accordéon sur la toiture. En bas de pente, le réseau MULTIFIX 3D est posé en appui sur la butée rigide en bas de pente.

En haut de rampant, il est maintenu provisoirement par un dispositif d'accrochage temporaire ou un lestage pendant la phase de remplissage des alvéoles sur le chantier. Autour des émergences le réseau Multifix 3D est découpé manuellement.

L'installation du réseau MULTIFIX 3D et des couches de la solution Multicouche Vegetal i.D ® doit être effectuée par l'entreprise d'étanchéité ou l'entreprise de paysage en coordination avec l'entreprise d'étanchéité. Les couches de drainage, nappe de répartition et/ou filtre viennent en dessous du MULTIFIX 3D.

Une attention particulière est portée au remplissage complet de chacune des alvéoles. Le substrat est arasé à la hauteur des alvéoles à l'aide d'une raclette. Les quantités de substrat à approvisionner doivent tenir compte du phénomène de tassement dans les alvéoles.

Indépendamment de la zone géographique où se situe le projet, un arrosage par système d'irrigation automatisé est obligatoire pour la survie du couvert végétal.

2.4.5.6. Dispositif de séparation entre la zone plantée et non plantée

La zone stérile et la zone végétalisée sont délimitées par un dispositif de séparation. Le dispositif de séparation permet :

- De maintenir la hauteur de couche de culture en périphérie de zone plantée ; il est stable et de hauteur telle que sa partie supérieure arrive au-dessus de la surface de la couche de culture. Un filtre de séparation doit être remonté sur toute la hauteur du dispositif de séparation ;
- Le passage de l'eau, si :
    - la couche drainante est filante, le dispositif n'est pas nécessairement muni d'ouvertures,
    - la couche drainante est interrompue, le dispositif doit être muni d'ouvertures dont la surface totale doit représenter 25 % de la surface du dispositif au contact de la couche drainante,
    - la fonction drainante est assurée par le substrat, le dispositif décrit à l'alinéa précédent est mis en œuvre mais complété par un filtre.

Cf. figures 5.3 à 5.5 de l'Annexe 5.

Le dispositif de séparation peut être, par exemple, des :

- Bandes équerres ajourées métalliques
    - La surface ajourée doit représenter au minimum 25 % de la surface du dispositif sur la hauteur de la couche drainante (couche drainante interrompue ou fonction drainante assurée par le substrat). Il n'est pas nécessairement muni d'ouvertures si la couche drainante est continue.
    - Si la zone stérile est laissée nue, le talon en contact avec l'étanchéité doit être disposé sous le système de végétalisation.
- Bordures en béton ou en brique uniquement dans le cas des couches drainantes filantes.

2.4.6. Choix de mise en œuvre commune aux deux solutions

2.4.6.1. Charges à prendre en compte

Se reporter à l'Annexe 2, tableau 2.8 en fin de Dossier Technique pour les poids à sec et à capacité maximale en eau des matériaux.

Le poids à Capacité Maximale en Eau (C.M.E.) du complexe est exprimé par la somme des valeurs maximales de chaque élément du complexe complet ou bien par la valeur obtenue lors de la mesure d'un système complet. Un récapitulatif des poids à prendre en compte est transmis par Le Prieuré pour chaque projet.

2.4.6.2. Taux de couverture objectif

En fonction du mode de mise en œuvre retenu, le taux de couverture à envisager à une date donnée est indiqué dans le tableau 6.3 de l'Annexe 6.

Des zones très localisées, subissant des contraintes particulières (absence de pluie, couloir de vent, réflexion solaire intense, zone ombragée...) sont à considérer comme des zones singulières qui ne rentrent pas dans l'appréciation du taux de couverture global. Elles pourront parfois être aménagées comme une zone stérile (cf. § 2.4.6.3.*)*.

2.4.6.3. Aménagement de la zone stérile et du bas de pente

2.4.6.3.1. Généralités

Cf. tableau récapitulatif 5.1 des zones à aménager en zone stérile selon la pente.

La zone stérile est un espace aménagé sur la toiture, dont le but est de :

- Faciliter l'accès aux relevés d'étanchéité et aux Entrées d'Eaux Pluviales (EEP), pour l'entretien ;
- Permettre une hauteur des relevés conforme aux normes P 84 série 200 (référence DTU série 43) les concernant, quelle que soit l'épaisseur du complexe de végétalisation en partie courante ;
- Permettre le bon écoulement des eaux vers les EEP.

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

Pour les toitures de pente inférieure à 20 %, conformément aux Règles Professionnelles (éd. 3, mai 2018), une bande de 20 cm de large au moins est obligatoirement laissée libre de végétation autour des évacuations d'eaux pluviales et dans les noues courantes ou noues de rive de fil d'eau de pente inférieure à 2 %.

Dans l'emprise de cette zone stérile, le revêtement d'étanchéité est le même revêtement résistant à la pénétration des racines que celui de la zone végétalisée.

2.4.6.3.2. Cas des pentes ≤ 3 %

Une zone stérile doit être laissée en bordure d'acrotère et contre les diverses émergences sur 400 mm minimum. Cette zone stérile est facultative dans les cas suivants :

- Solution de végétation Hydropack®
- Solution Multicouche sans graminées vivaces ou plantes ligneuses ;

La suppression de ces bandes stériles doit être validée par le bureau d'études de la Société Le Prieuré Sarl.

Les zones stériles sont obligatoires en pourtour des évacuations d'eaux pluviales sur 200 mm.

La hauteur des relevés d'étanchéité est réalisée conformément aux Règles Professionnelles (éd.3, mai 2018) et sont comptées à partir de la surface du substrat (se reporter à l'annexe 5).

Dans l'emprise de cette zone stérile, le revêtement d'étanchéité est le même revêtement résistant à la pénétration des racines que celui de la zone végétalisée.

2.4.6.3.3. Cas des pentes comprises entre 3 et 35 %

Il y a lieu de distinguer les zones de partie courante (**zones A**) à pente supérieure ou égale à 3 %, des zones de noue centrale ou de rive (**zones B ou C**).

Se reporter à l'Annexe 5.

- **Zone A – partie courante :** Les zones stériles sont facultatives en bordure d'acrotère et contre les diverses émergences. Les zones stériles sont obligatoires en pourtour des évacuations d'eaux pluviales.
- Les dispositions de hauteur des relevés d'étanchéité des Règles Professionnelles (éd. 3, mai 2018) pour les pentes comprises entre 3 et 20 %, sont mises en œuvre pour les pentes comprises entre 21 et 35 %.
- En l'absence de zone stérile, les hauteurs de relevés sont comptées à partir de la surface du substrat ;
- **Zone B – noues centrales et noues de rives :** traitement selon les dispositions du tableau 5.1 ;
- **Zone C – bords de rive** : Du fait de sa constitution cloisonnée, le traitement de la retombée de chéneau en zone stérile est facultatif avec les bacs HYDROPACK®. Le Prieuré Sarl recommande de maintenir une zone stérile sur une largeur de 15 cm en partant de la fin du revêtement d'étanchéité dans le cas de pentes supérieures à 20 %. Cependant, avec l'accord de l'architecte ou de la maîtrise d'œuvre, les DPM (Dispositions Particulières du Marché) peuvent prévoir de réduire la zone stérile à une largeur inférieure.
- Le bas de pente doit être muni d'un dispositif d'arrêt (cf. § 2.4.6.3.6. ci-après).

2.4.6.3.4. Zone stérile pour les pentes inférieures ou égales à 20 %

La protection est réalisée dans les conditions retenues par les DTU série 43, ou les Documents Techniques d'Application des revêtements d'étanchéité, pour les terrasses inaccessibles ou accessibles, avec comme possibilités :

- Une couche de granulats avec une granulométrie des éléments meubles > 15 mm (les granulométries inférieures favorisant l'installation de la végétation parasite), éventuellement recouverts de dalles béton préfabriquées (suivant exposition au vent extrême selon les Règles NV 65 modifiées (cf. les normes P 84 série 200, référence DTU série 43) ;
- Des dalles préfabriquées en béton posées sur la couche drainante ou sur plots uniquement sur maçonnerie ≤ 5 %, si le Document Technique d'Application du revêtement l'admet ;
- Des dalles préfabriquées en bois posées sur plots uniquement sur maçonnerie ≤ 5 %, si le Document Technique d'Application du revêtement l'admet ;
- Le revêtement d'étanchéité autoprotégé (toute pente admise), si le Document Technique d'Application du revêtement l'admet.

Le traitement des relevés et des ouvrages annexes individuels (évacuation d'eaux pluviales, autres ouvrages annexes isolés) doit être mené conformément aux Règles Professionnelles (éd. 3, mai 2018).

La zone stérile et la zone végétalisée sont délimitées par un dispositif de séparation adapté (cf. § 2.4.4.3 ou § 2.4.5.5.).

Cas particulier des toitures avec isolation inversée, pente ≤ 5 % sur maçonnerie uniquement

La mise en œuvre de la protection est conforme aux prescriptions du NF DTU 43.1 ou selon les règles de mise en œuvre des Règles Professionnelles « Isolation inversée de toiture-terrasse » de juin 2021. La protection doit en outre assurer le lestage de l'isolant. Cf. 2.3.4.5.2.

2.4.6.3.5. Zone stérilepour les pentes comprises entre 21 et 35 %

La protection est réalisée dans les conditions retenues par les normes P 84 série 200 (référence DTU série 43), ou les Documents Techniques d'Application des revêtements d'étanchéité bi-couches bitumineux autoprotégés (toute pente admise), si le Document Technique d'Application du revêtement l'admet.

2.4.6.3.6. Butée rigide de bas de pente

Pour les pentes comprises entre 6 % et 35 %, une butée rigide est indispensable en bas de rampant. Le complexe de végétalisation doit être en appui en bas de pente sur l'un des dispositifs suivants :

- Un acrotère si le fil d'eau de la noue est supérieur à 2 % ;
- Pente ≤ 20 % : une bande équerre ajourée métallique,
    - d'épaisseur adaptée à la poussée qu'elle va recevoir et de longueur maximale 3 m.
    - maintenue par des bandes continues en membrane d'étanchéité de même nature que celle de partie courante.

Cf. figure 5.12 ;

- Pente comprise entre 21 et 35 % : une butée réalisée par des chevrons bois (classe d'emploi 3B, section minimale du chevron 80 × 80 mm), fixés à la structure porteuse et étanchés. Ancrage mécanique au support béton ou maçonnerie, ou à la structure porteuse dans le cas des TAN et panneaux à base de bois, à raison de 3 fixations par ml, y compris interruption égale à 10 % de la longueur des chevrons pour assurer le ruissellement des eaux pluviales.

Cf. figure 5.15.

2.4.6.4. Traitement des relevés et ouvrages annexes

Pour les pentes < 20 %, le traitement des relevés et des ouvrages annexes isolés doit être mené conformément aux Règles Professionnelles (éd. 3, mai 2018) (cf. figures 5.6 à 5.11).

Les mêmes dispositions sont appliquées pour les pentes comprises entre 21 et 35 %.

2.4.6.5. Cas particuliers d'aménagements complémentaires

Des zones très localisées, subissant des contraintes particulières doivent être aménagées en zone stérile afin d'éviter un défaut de végétation, saisonnier ou durable. L'identification de ces zones est réalisée dans l'étude technique par l'équipe d'ingénieurs et de techniciens Le Prieuré Sarl. Ces zones concernent principalement les cas suivants :

- Emplacements non touchés par la pluie ;
- Couloirs de vent fort ;
- Pied de vitrages avec une réflexion solaire intense ;
- Zone très ombragée et sombre.

2.4.6.6. Dispositions particulières applicables en climat de montagne des toitures de pente < 20 % uniquement en maçonnerie

Les solutions HYDROPACK® et Multicouche Vegetal i.D® s'adaptent à une mise en place en climat de montagne.

Les couverts végétaux possibles en climat de montagne sont i.D SEDUM SELECT et i.D Montagne. (cf. Annexe 3, tableau 3.1*)*.

Le mode de végétalisation par semis est exclu compte tenu de la période de croissance réduite.

La végétalisation par bac HYDROPACK® ou par tapis i.D MAT est admise en climat de montagne.

Se reporter aux Documents Techniques d'Application des revêtements d'étanchéité et des isolants supports d'étanchéité, visant l'emploi en climat de montagne et toitures terrasses végétalisées.

Les zones stériles sont obligatoires en pourtour des évacuations d'eaux pluviales, dans les noues et en rive de bas de pente.

2.4.6.7. Arrosage des toitures avec les solutions Vegetal i.D®

2.4.6.7.1. Généralités

Les systèmes de végétalisation de Toitures Vegetal i.D® permettent l'établissement d'un couvert végétal, qui après une phase de confortement plus ou moins importante, voit ses besoins en eau assurés généralement par la pluviométrie naturelle et les propriétés de rétention d'eau du système.

Une étude Le Prieuré détermine la nécessité de prévoir des arrosages pour le couvert végétal, pendant la phase de confortement, puis pendant la phase d'entretien courant. Les critères de décision sont multiples : type de couvert et exigences esthétiques, localisation géographique du projet, pluviométrie, contraintes techniques du projet (surface, exposition, pente, orientation, hauteur par rapport au sol, propriétés du système de végétalisation, etc.). Lorsque nécessaire, Le Prieuré propose la réalisation d'une étude technique d'arrosage.

L'arrosage se conçoit uniquement pour compléter les besoins en eau des plantes qui ne seraient pas satisfaits par la pluviométrie, en particulier :

Au démarrage du projet, des arrosages ponctuels ou temporaires :

- À la mise en œuvre des végétaux ;
- Jusqu'à enracinement suffisant des plantes ;
- Pendant les périodes de sécheresse prolongée ou de forte canicule.

Pendant la phase d'entretien courant, des arrosages réguliers (cf. Annexe 6) :

- Pour des projets dont l'étude technique et les critères de décisions en recommandent l'installation (par exemple en forte pente, supérieure à 20 %) ;
- Pour les projets situés dans la zone 3 ;
- Pendant les périodes de sécheresse prolongée ou de forte canicule.

La mise en œuvre de l'arrosage se fait de 2 manières :

- Installer un arrosage intégré automatique : système d'irrigation complet, intégré à la solution de végétalisation et spécialement adapté aux toitures végétalisées Vegetal i.D® ;
- Réaliser une surveillance accrue en période sèche et prévoir des arrosages manuels, lorsque la végétation le nécessite.

2.4.6.7.2. Point d'eau en toiture

Que le choix se porte vers un arrosage manuel au tuyau ou un réseau d'arrosage intégré, tout point de la toiture végétalisée doit être situé à moins de 30 mètres d'un point d'eau, disponible au niveau de la terrasse, de débit dimensionné à la surface végétalisée et de pression supérieure à 2,5 bars (cf. Règles Professionnelles - éd. 3, mai 2018).

La conception du point d'eau en toiture devra être considérée comme une zone technique. La protection du revêtement d'étanchéité devra être assurée par une protection dure rapportée conforme aux NF DTU série 43.

2.5. Maintien en service du produit ou procédé

2.5.1. La période de parachèvement

C'est la période comprise entre l'installation de la végétalisation et la réception de l'ouvrage. Sa durée sera variable en fonction des conditions de coordination du chantier. L'entretien, pendant cette période de parachèvement, est à la charge du lot Étanchéité.

Les préconisations générales d'entretien sont les suivantes :

- Enlèvement des déchets apportés par le vent sur les surfaces végétalisées et les zones stériles ;
- Remise en place de la couche de culture en cas de déplacement par le vent ou la pluie ;
- Désherbage manuel des végétaux indésirables (adventices) ;
- En cas de défaut de reprise (partiel ou total), opération complémentaire de semis (graines ou fragments de sedum) ou de plantation (de micro-mottes ou godets) ou d'installation d'éléments précultivés ;
- Nettoyage des dispositifs d'évacuation d'eaux pluviales ;
- Arrosage si nécessaire en relation avec les conditions climatiques.

2.5.2. La période de confortement

C'est la période comprise entre la réception de l'ouvrage et le démarrage de l'entretien courant (celui-ci commence dès obtention d'un taux de couverture ≥ 80 % et un enracinement complet de la végétation pour les tapis i.D MAT).

Sa durée pourra varier en fonction du mode de mise en œuvre de la végétation retenu (cf. tableau 6.1 Annexe 6). Les travaux de confortement font partie intégrante du contrat d'entretien à la charge du maître d'ouvrage. Ils sont identiques à ceux décrits ci-dessus pour la période de parachèvement.

2.5.3. La période d'entretien courant

Elle commence après l'obtention d'un taux de couverture ≥ 80 %.

Cf. Annexe 6.

Les opérations d'entretien à intégrer dans le programme d'intervention sont les suivantes :

- Vérification des dispositifs d'évacuation des eaux pluviales ;
- Vérification de l'état du drainage ;
- Élimination des mauvaises herbes qui pourraient endommager l'étanchéité (arbrisseaux), ou étouffer la végétation en place. Les autres adventices ne présentent pas d'inconvénient particulier, et la plupart d'entre elles disparaissent l'été ;
- Élimination des feuilles s'il y a lieu. Elles risqueraient d'étouffer les sedums et de boucher les évacuations pluviales ;
- Remise en place de la couche de culture en cas de déplacement par le vent ou la pluie ;
- Opérations complémentaires de semis ou de plantations en cas de reprise incomplète ;
- Réalisation d'un apport d'engrais adapté (type FERTIL i.D) tous les ans pour les toitures en pente ou tous les deux ans le cas échéant ;
- Arrosage si nécessaire en relation avec les conditions climatiques ;

- Surveillance et détection de tout autre problème éventuel (dégâts causés par les oiseaux ou les rongeurs, maladie particulière...).

2.6. Assistance technique

L'équipe d'ingénieurs et de techniciens de la Société Le Prieuré Sarl est à même de fournir une assistance sur demande de l'entreprise de pose à :

- La conception de l'ouvrage ;
- La mise en œuvre du complexe de végétalisation ;
- L'entretien du complexe de végétalisation.

2.7. Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication

Les principaux produits entrant dans la composition des solutions de végétalisation de toiture Vegetal i.D® sont fabriqués en France par et pour Le Prieuré Sarl : les tapis i.D MAT, les bacs HYDROPACK®, les substrats i.D FLORE, les couverts précultivés. Les drainages synthétiques sont issus de fabrications françaises ou européennes, les drainages minéraux sont issus de carrières françaises.

Les caractéristiques des substrats i.D FLORE et des drainages minéraux sont mesurées deux fois par an par analyses au laboratoire Le Prieuré (Moisy, France), ou laboratoire de compétence équivalente, tel le SAS Laboratoire (Ardon, France), afin de contrôler leur conformité avec les standards de qualité fixés par Le Prieuré Sarl. Une mesure de la masse volumique (à sec et à CME) est par ailleurs systématiquement réalisée à l'arrivée de nouvelles livraisons de matières premières. Les résistances des drainages synthétiques sont testées par les fournisseurs selon les normes EN ISO 10319, 11058, 12236, 12956 et 13433).

2.8. Mention des justificatifs

2.8.1. Résultats expérimentaux

- Caractérisation du comportement du bac constitutif du Système HYDROPACK® Classic.

Essais menés par le laboratoire de l'ENI Val-de-Loire à Blois (ENIvl) (avril à juillet 2009) ; cf. tableau ci-dessous :

N°	Essai	Référentiel
1	Méthode de vieillissement artificiel par exposition de longue durée aux rayonnements UV, à la température élevée et à l'eau	NF EN 1297 : 2004
2	Méthode vieillissement artificiel par exposition de longue durée à température élevée	NF EN 1296 : 2000
3	Essais d'immersion	Guide UEAtc § 4,42
4	Essais d'identification	NF EN 1849-2
5	Essai de traction à l'état neuf	NF EN 12311-2
6	Mesure des variations dimensionnelles à l'état de libre déformation	Guide UEAtc § 4.31
7	Test de résistance au choc	NF EN 12691 : 2006
8	Essai Porte-à-faux	Guide UEAtc § 4.52
9	Essai de variations dimensionnelles en fonction de l'humidité	Guide UEAtc § 4.41
10	Essai de comportement sous charges statiques réparties et températures élevées	Guide UEAtc § 4.51
11	Essai d'incurvation sous l'effet d'un gradient thermique	Guide UEAtc § 4.32
12	Essai de glissement	Guide UEAtc § 4.34
13	Déchirure au clou	NF EN 12310-1
14	Souplesse à basse température	NF EN 1109
15	Essai de tenue mécanique à la compression transversale	Méthode expérimentale
16	Essai de résistance des liaisons entre bacs selon la pente du support	Méthode expérimentale

Essai mené par le laboratoire CETIM (2012) ; cf. tableau ci-dessous :

N°	Essai	Référentiel
15	Série d'essais de compression latérale à sec et à CME	Méthode expérimentale

- Caractérisation du comportement du bac constitutif du Système HYDROPACK®NEO.

Essais menés par le laboratoire de l'INSA Centre Val de Loire (2021) ; cf. tableau ci-dessous :

N°	Essai	Référentiel
1	Série d'essais de compression latérale à sec.	Méthode expérimentale

Essais menés par Le Prieuré (2021) ; cf. tableau ci-dessous :

N°	Essai	Référentiel
2	Essai Porte-à-faux	Guide UEAtc § 4,52
3	Vitesse de drainage	Méthode expérimentale

- Analyses des différentes formules de substrat i.D FLORE : analyses physico-chimiques, analyses granulométriques, réalisées par le laboratoire Le Prieuré Sarl (Moisy, France) ;
- Rapports d'essais du SAS Laboratoire, n° 1870597, 1870598, 1870599, 1870600, 1870601, 1877601, 1877603 des 11 janvier et 4 février 2011, pour la détermination des poids à sec et des poids à C.M.E. des drainages et bac HYDROPACK®, mis à jour octobre 2021 par Le Prieuré Sarl selon protocole des RP v.2018;
- Rapport d'essais du CSTB, n° RSET 10-26026599 du 29 octobre 2010, identification et comportement de la nappe drainante MultiDrain ID 70 en situation : sous charges statiques réparties en températures élevées (Guide technique UEAtc), sous charge maintenue (Guide technique du répertoire des essais) et d'étanchéité à l'eau du revêtement (norme NF EN 1928 méthode A).

Caractérisation des dispositifs de retenue

- Rapport d'étude mécanique des profilés de retenues du BEI 3 Dimension (Blois) du 10 janvier 2013.

2.8.2. Références chantiers

Producteur de sedums depuis 1997, avec son expérience depuis 1991, Le Prieuré a végétalisé plus de 8 000 projets en France. Depuis l'obtention de son Avis Technique en 2010, le procédé a été mis en œuvre sur plus 2 millions de m².

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

Nomenclature des annexes

Annexe 1 - Fiches d'étude de projet destinée à rassembler les données nécessaires à la qualification d'un projet

Annexe 2 - Caractéristiques et conditionnement des composants et systèmes Vegetal i.D®

Annexe 3 – Domaine d'emploi et caractéristiques des couverts Vegetal i.D®

Annexe 4 – Récapitulatif des solutions Vegetal i.D®

Annexe 5 – Aménagements particuliers

Annexe 6 - Résumé des différentes phases à prendre en compte pour la gestion de l'entretien

Annexe 7 – Arrosage des solutions Vegetal i.D®

Annexe 8 – Vues des systèmes de végétalisation Vegetal i.D®

Annexe 9 – Illustrations

Note explicative pour la lecture des annexes :

Les termes « i.D MOTTE », « i.D FRAGMENT », « i.D MAT » représentent les techniques de mise en œuvre de la couche végétale.

Le terme BIODIVERSITY représente tous les couverts avec vivaces herbacées avec ou sans ligneuses (i.D MIX -FLORE, i.D MARIN, i.D Montagne, i.D MIDI et i.D SOUS-BOIS), par opposition au couvert i.D Sedum Select (couvert de plantes succulentes Sedum sp. uniquement).

Tous les couverts peuvent être mis en œuvre suivant les 3 techniques de mise en œuvre.

Les termes « i.D FLORE E », « i.D FLORE SP », « i.D FLORE LIGHT » représentent les noms des substrats.

Annexe 1 - Fiches d'étude de projet destinée à rassembler les données nécessaires à la qualification d'un projet

Annexe 1.1 – Fiche d'étude projet de pente comprise entre 0 et 20 %

Le Prieuré

Le Prieuré propose de vous apporter au plus vite les éléments de réponse concernant votre projet de toiture végétalisée.
En remplissant, de la façon la plus complète possible, la fiche ci-dessous, nous pourrons vous indiquer :

- Notre avis sur la faisabilité du projet
- Nos préconisations pour le complexe à adopter : quelle couche drainante, quel substrat ?
- La hauteur et le poids de l'ensemble du complexe (couche drainante + végétation)
- Un chiffrage précis pour le coût de la végétalisation (hors pose)

Adressez nous ces éléments par fax : 02 54 82 07 29

RENSEIGNEMENTS SUR LE PROJET :

Nature du bâtiment : .....
Localisation : .....
Architecte (si autre que vous) : .....
Maître d'ouvrage : ..... Maître d'œuvre : .....
Date prévue des travaux : .....
Stade du projet : ☐ Etude / DCE ☐ Appel d'offre ☐ A réaliser sous 6 mois

CARACTERISTIQUES DE LA TOITURE :

Surface à végétaliser : ..... m^2...

Pente de la toiture :

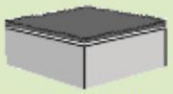
☐ < 2 % (eaux résiduelles fréquentes)
☐ de 3 à 5 %
☐ de 5 à 20 %. Précisez.....
☐ plus de 20 %. Précisez.....

Hauteur de la toiture par rapport au sol : .....m

Orientation de la toiture (pour les toits en pente) ou orientation du bâtiment :

☐ Est ☐ Ouest ☐ Nord ☐ Sud

Situation de la toiture


☐ Bâtiment isolé

☐ Bâtiment dominé

☐ Bâtiment dominé par d'autres façades

Pour les toitures végétalisées **accolées à une façade** :

- Y a-t-il une **baie vitrée** accolée à la toiture végétalisée ?
  ☐ Oui ☐ Non
- Les eaux pluviales des bâtiments adjacents se déversent-elles sur la toitures végétalisées ?
  ☐ Oui ☐ Non
- Hauteur de la façade dominant la toiture végétalisée ?
  ..... m

Type de **support** :

☐ Dalle béton ☐ Bac acier
☐ Bois ☐ Autre

Surcharge admissible : ..... kg/m^2...

Accessibilité (possibilité d'approcher le chantier avec un semi-remorque)

☐ Oui ☐ Non

Merci de nous adresser un plan d'ensemble si possible.

Sur demande, nous pouvons également vous proposer la pose du complexe et un contrat d'entretien sur plusieurs années.

VOS COORDONNEES :

Nom, Prénom : .....
Société : .....
Fonction : ☐ Architecte ☐ Maître d'œuvre ☐ Etancheur / Couvreur ☐ Paysagiste ☐ Autre : .....
Adresse : .....
Tél : ..... Fax : .....
E-mail : .....

Le Prieuré Les Solutions Vegetal i.D. • 2 place de l'église 41160 MOISY • www.vegetalid.com • Email: info@vegetalid.com • Tel: 02 54 82 09 90

Annexe 1.2 – Fiche d'étude projet de pente comprise entre 20 et 35 %

Le Prieuré

VOTRE PROJET DE TOITURE EN PENTE

RENSEIGNEMENTS SUR LE PROJET

Nature du bâtiment : _____

Localisation : _____

Architecte / maître d'œuvre : _____

Date prévue des travaux : _____

BÂTIMENT

☐ Dalle béton ☐ TAN ☐ Bois ☐ Autres

Surcharge admissible (kg/m²) : _____

ENVIRONNEMENT

☐ Bâtiment isolé ☐ Bâtiment dominé à distance ☐ Bâtiment dominé par

Orientation bâtiments surplombant la toiture : ☐ *est* ☐ *ouest* ☐ *nord* ☐

Hauteur de la façade dominant la toiture (mètres) : _____

Exposition au vent : ☐ forte ☐ normale

TOITURE

Surface totale à végétaliser (en m²) : _____ *(à détailler ci-dessou*

Orientation : _____ Pente (en %) : _____ Surface (en m²) : _

Orientation : _____ Pente (en %) : _____ Surface (en m²) : _

Orientation : _____ Pente (en %) : _____ Surface (en m²) : _

Hauteur maximale par rapport au sol (mètres) : _____

Accessibilité : ☐ semi-remorque ☐ engins de levage

indiquer les façades accessibles : _____

Système de sécurité sur la toiture : ☐ garde-corps ☐ lignes de vie ☐ plo

Point d'eau : ☐

SYSTÈME DE VÉGÉTALISATION

Couvert végétal souhaité : ☐ Tapissant ☐ Paysager

Technique de végétalisation : ☐ Bac HYDROPACK® ☐ Tapis i.D. Mat renfo

Annexe 1.3 – Fiche d'étude projet en climat de montagne – pente < 20%

Le Prieuré

VOTRE PROJET DE TOITURE EN MONTAGNE

RENSEIGNEMENTS SUR LE PROJET

Nature du bâtiment : _____

Localisation : _____ Altitude : _____

Architecte / maître d'œuvre : _____

Date prévue des travaux : _____

BÂTIMENT

☐ Dalle béton ☐ TAN ☐ Bois ☐ Autres

Charge admissible (kg/m²) : _____ Charge climatique

ENVIRONNEMENT

☐ Bâtiment isolé ☐ Bâtiment dominé à distance ☐ Bâtiment dominé pa

Position des bâtiments surplombant la toiture : ☐ *est* ☐ *ouest* ☐ *nord*

Hauteur de la façade dominant la toiture (mètres) : _____

Exposition au vent : ☐ forte ☐ normale

TOITURE

Surface totale à végétaliser (en m²) : _____ *(à détailler ci-dessou*

Orientation : _____ Pente (en %) : _____ Surface (en m²) :

Orientation : _____ Pente (en %) : _____ Surface (en m²) :

Orientation : _____ Pente (en %) : _____ Surface (en m²) :

Hauteur maximale par rapport au sol (mètres) : _____

Accessibilité : ☐ semi-remorque ☐ engins de levage

indiquer les façades accessibles : _____

Système de sécurité sur la toiture : ☐ garde-corps ☐ lignes de vie ☐ pl

Point d'eau : ☐ Présence d'un dispositif : ☐ porte-neige ☐ de ret

SYSTÈME DE VÉGÉTALISATION

Couvert végétal souhaité : ☐ i.D. Sedum ☐ i.D. MixFlore Montagne

Technique de végétalisation : ☐ Bac HYDROPACK® ☐ Tapis i.D. Mat

Annexe 2 - Caractéristiques et conditionnement des composants et systèmes Vegetal i.D®

Caractéristiques		HYDROPACK®CLASSIC		HYDROPACK®NEO	
		HYDROPACK® BIODIVERSITY	HYDROPACK® SEDUM	HYDROPACK® NEO	HYDROPACK® NEOLIGHT
Dimensions extérieures par unité					
	Longueur / largeur / hauteur (hors système d'accroche)	600 mm / 400 mm / 90 mm		600 mm / 400 m / 73 mm	
	Longueur / largeur / hauteur (hors tout, avant emboîtement)	611 mm / 411 mm / 90 mm		Sans accroche ni emboitement	
Bac vide	Matériau	PEHD recyclé et Polypropylène			
	Poids du bac vide	1 300 g/bac		800 g/bac	
Drainage	Nombre de trous de drainage	500 trous/m^2		1 100 trous/m²	
	Surface drainante totale	318 cm^2/m^2		253 cm²/m²	
	Hauteur des trous de drainage	30 mm		22 mm	
	Drainage dans les alvéoles	**i.D Lite A** (cf. caractéristiques tableau 2.4)			
Filtre	Type	Non-tissé en polyester			
	grammage	100 g/m^2			
Substrat	Type	**i.D Flore E** (cf. caractéristiques Tableau 2.6)			**i.D Flore LIGHT** (cf. Caractéristiques Tableau 2.6)
	Épaisseur de substrat	6 cm (après tassement)		5 cm (après tassement)	
Végétation	Type de couvert	i.D MIX-FLORE, MARIN, MIDI, MONTAGNE et SOUS-BOIS	i.D SEDUM SELECT		
	Taux de couverture minimum	70%			
Poids des bacs	Poids des bacs à sec	12.7 kg (soit 53 kg/m^2)		11.0 kg/bac (46 kg/m²)	9.12 kg (38 kg /m²)
	Poids des bacs à saturation d'eau (CME)	22.0 kg (soit 92 kg/m^2)		19.1 kg/bac (80 kg/m²)	14.4 kg (60 kg/m²)
Réserve en eau	Réserve en eau permanente (fond de bac)	8 l/m^2			
	Capacité maximale de rétention en eau à C.M.E. du système complet	40 l/m^2		35 l/m²	22 l/m²
Surface de contact avec revêtement		604 cm² soit 25 %		783 cm² soit 33 %	

Tableau 2.1 – Caractéristiques techniques du système HYDROPACK®

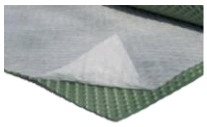
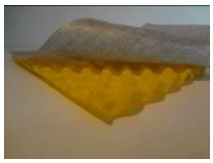
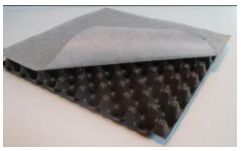
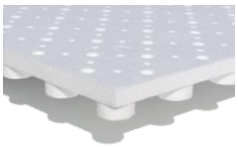
	UNIDRAIN i.D 100	**MultiDrain i.D 70**	**MULTIDRAIN i.D 100**	**TEXTIDRAIN i.D 101**
				
Nature	Nappe drainante PP	Nappe drainante en PEHD	Nappe drainante en PEHD recyclé avec réserve d'eau	Fibres synthétiques PP
Épaisseur (norme NF EN ISO 9863-1) (mm)	10	7	10	10
Réserve en eau permanente (l/m²)	-	-	1,3	-
Masse surfacique (norme NF EN ISO 9864) g/m² : à sec / à CME	450 / 1 500	800 / 2 000	910 / 2 210	850 / 1 500
Longueur du rouleau (ml)	45	20	25	20
Largeur du rouleau (ml)	1,0	2,1	1,1	2
Surface par rouleau (m²)	45	42	27,5	40
Poids du rouleau (kg)	20	32,34	25	35
Géotextile : Ouverture de filtration (ISO 12956) µm	180	-	130	185
Géotextile : Résistance au poinçonnement statique CBR (norme EN ISO 12236) (kN/m)	0,75	1	-	1,5
Résistance à la compression (EN ISO 604)		> 190 kN/m^2	> 250 kPa	-
Géotextile : Résistance à la traction (norme NF EN ISO 10319) (kN/m)	5	6	17,2	6,6 ± 20 %
Résistance à la perforation dynamique (norme EN ISO 13433) (mm)	45	-	33	-
Surface de contact avec la membrane d'étanchéité par m²		-	17.3%	50 %
Perméabilité à l'eau (norme NF EN ISO 11058) (mm/s)	100	73	50	-
Capacité de débit dans le plan (ISO 12958) l/(m.s)	0,62 Gradient 0.1 ; sous 20 kPa	5 Gradient 0.1 ; sous 20 kPa	0,21 Gradient 0.1 ; sous 20 kPa	0,484 sous 20 kPa
Fluage en compression 1 000h (EN 25619-1) %	27	-	3.77	-

Tableau 2.2 – Caractéristiques techniques des nappes drainantes synthétiques avec filtre intégré pente ≥ 3%

	MULTIDRAIN i.D 200*	**MULTIDRAIN i.D 400**	**POLYDRAIN i.D 400**
			
Nature	Nappe drainante en PEHD recyclé avec réserve d'eau	Plaque en PEHD recyclé avec réserve d'eau	Plaque de Polystyrène expansé moulé avec réserve d'eau
Réserve en eau permanente (l/m²)	2,4	4,5	2
Épaisseur (norme NF EN ISO 9863-1) (mm)	20	40	40
Masse surfacique (norme NF EN ISO 9864) g/m² : à sec / à CME	1 200 / 3 600	1 730 / 6 230	530 / 2 530
Longueur du rouleau (ml)	25	Plaque : 2,2 m	Plaque : 1,2 m
Largeur du rouleau (ml)	1,1	Plaque : 1 m	Plaque : 0,7 m
Surface par rouleau (m²)	27,5	220 m² /palette	Surface plaque : 0,84
Poids du rouleau (kg)	32	3,8 (plaque)	0,445 (plaque)
Géotextile : Ouverture de filtration (ISO 12956) µm	130	-	-
Résistance à la compression (NF EN ISO 25619-2) kPa	≥ 200	≥ 200	> 20
Géotextile : Résistance à la traction (norme NF EN ISO 10319) (kN/m)	17,2	-	-
Résistance à la perforation dynamique (norme EN ISO 13433) (mm)	-	-	résistance au poinçonnement : > 70 daN sur poinçon de diamètre 8 cm
Surface de contact avec la membrane d'étanchéité par m²	17.3%	21%	30 %
Perméabilité à l'eau (norme NF EN ISO 11058) (mm/s)	50	-	29
Capacité de débit dans le plan (ISO 12958) l/(m.s)	1.9 Gradient 0,1 ; sous 10 kPa	1,75 Gradient 0,1 ; sous 20 kPa	3,9 Gradient 0,1 ; sous 20 kPa
Fluage en compression 1 000h (EN 25619-1) (%)	5.57	6.30	-

* le Multidrain i.D 200 ne peut être utilisé pour les toitures semi-intensives

Tableau 2.3 – Caractéristiques techniques des nappes drainantes synthétiques épaisses - pente < 3%

	i.D LITE PZ	i.D LITE A selon la norme NBN 11-152 et 255	
Matériau	Pouzzolane 7/12	Bille d'Argile expansée concassée 4/8 mm	Bille d'Argile expansée nodulaire 8/16 mm
Granulométrie	7 – 12 mm(1)	4 - 8 mm	8 - 16 mm
Masse volumique apparente sèche	800 à 1000 g/l	300 à 450 g/l	250 à 450 g/l
Masse volumique à capacité maximale en eau (C.M.E.)	1 000 à 1200 g/l	530 à 680 g/l	400 à 600 g/l
Capacité maximale de rétention en eau à C.M.E.	100 à 200 g/l	230 g/l	150 g/l
pH	6-8.8	6-7	6-7
Perméabilité (cm/s)	7	4	10
à 5 min	-	33,8	21,7
à 30 min	-	36,1	24,4
à 24 h	-	47,0	37,4
Sacs	40 litres	-	50 litres
Big-bags	1 m^3	1, 2 m^3	1, 2 m^3
Vrac - Camion silo	À partir de 30 m^3	À partir de 30 m^3	À partir de 30 m^3
(1) D'autres granulométries peuvent être fournies (consulter Le Prieuré).			

Tableau 2.4 – Couches drainantes en granulats drainants minéraux : caractéristiques techniques

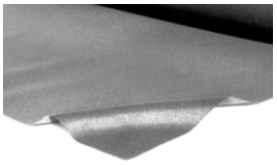
	i.D Filtre	i.D PROTECT	Nappe de répartition d'eau HYDROTEX i.D
			
Matériau	Non tissé Polyester/Polypropylène	Polypropylène	Fibres synthétiques recyclées
Domaines d'emploi	entre le drainage et le substrat, et en bordure de zone stérile	sur les membranes synthétiques en cas de drainage minéral ou de substrat seul	sous le substrat
Imputrescible	oui	oui	oui
Masse surfacique (g/m²)	100	300	350
Épaisseur (mm)	0,7	3	4
Poids à sec / Poids à CME (g/m²)	100 / 1000	300 / 1 000	350 / 4 900
Résistance à la traction (kN/m)	8	20	-
Résistance au poinçonnement statique (kN)	≥ 0,58	1,5	-
Résistance à la perforation dynamique (mm)	-	16	-
Ouverture de filtration (µm)	≥ 70	70	-
Perméabilité (cm/s)	≥ 6,5	5	-
CME (l)	0,88	0,7	4,5
Longueur du rouleau (ml)	100	50	25
Largeur du rouleau (ml)	2,00	2,1	2
Surface par rouleau (m²)	200	105	50
Largeur de recouvrement (cm)	10 cm minimum	10	10

Tableau 2.5 – Couches filtrantes, de protection et nappe de répartition d'eau : caractéristiques techniques

	i.D FLORE E	**i.D FLORE SP**	**i.D FLORE Light**
(*) Selon référentiel RP TTV 2018			
Granulométrie	0 - 20 mm	0 – 20 mm	0 – 20 mm
Masses volumiques (kg/m^3) * : Poids à sec Poids à CME	 ≥ 900 ≤ 1 350	 ≥ 950 ≤ 1 400	 ≥ 600 ≤ 1 100
Rétention maximale en eau (C.M.E.) *	≥ 35 % volume	≥ 45 % volume	≥ 35 % volume
Porosité pour l'air à CME (% volume)	≥ 10 %	≥ 10 %	≥ 10 %
Perméabilité perpendiculaire au plan * mm/min cm/s	≥ 6 ≥ 0.01	≥ 3 ≥ 0.01	≥ 6 ≥ 0.01
pH	5.5 – 9.5	5.5 – 9.5	5.5 – 9.5
Matières organiques (% masse sèche)	≤ 10%	≤ 10%	≤ 5%
Conditionnements (volume) : Sacs Big-bags Vrac (camions silos)	 25 litres 1 m^3 À partir de 20 m^3	 25 litres 1 m^3 À partir de 20 m^3	 25 litres 1 m^3 À partir de 20 m^3

Tableau 2.6 – Caractéristiques techniques des substrats i.D FLORE des Solutions Multicouche Vegetal i.D®

	i.D Fragments	**i.D Godet**	**i.D Mottes**	**i.D Mat**
Type	Boutures (2 à 5 cm en moyenne) de différentes variétés de sedum	Godet (ex : P9) et Contenant (ex : C3L)	Micro-mottes produites en plaques alvéolaires (diamètre des alvéoles de 2 à 5 cm selon les variétés)	Tapis précultivés
Illustration				
Principales variétés	*Sedum album, Sedum sexangulare, Sedum hispanicum, Sedum glaucum, Sedum acre,Sedum floriferum, Sedum spurium*		Pour un couvert i.D SEDUM SELECT (*Sedum album, sexangulare, hispanicum, glaucum, acre, floriferum, spurium)*	
		Pour un couvert i.D BIODIVERSITY *(Ciboulettes, œillets, thyms, épervières, lavandes, marjolaines, fétuques, et.), pour plus de détail voir tableau 3.2*		
		Pour un couvert i.D CREA'PAYSAGE *(sur mesure :, potentille, sedum telephium, stachys, phlox, etc.)*		
Densité de plantation	50 à 150 g/m²	3 à 20 u/m² selon les espèces choisies	15-20 micro-mottes/m²	-
Densité de plantation pour les autres vivaces en associations avec les sedums			2 à 12 micro-mottes/m² selon les espèces choisies	-
Trame des tapis	-	-	-	Fibres de coco
Épaisseur de la couche de culture	-	-	-	15 mm environ
Taux de couverture minimum à la livraison	-	-	-	70 %
Dimensions des tapis	-	-	-	120 × 200 cm ou 100 x 120 cm
Conditionnement	Sacs de 3 à 20 kg	Plaque de 54 ou 72 u ou caisses, gerbées sur palette	Plaques de 54 ou 72 unités, gerbées sur palette	Palettes 120 × 120 cm de 50 m²
Poids des palettes	-	-	-	900 à 1 200 kg, selon l'humidité
Poids à sec	≈ 0 kg/m²	≈ 10 kg/m²	≈ 0 kg/m²	≈ 10 kg/m²
Poids à saturation	10 kg/m²	≈ 20 kg/m²	10 kg/m²	25 kg/m²

Tableau 2.7 – Caractéristiques techniques des couches de végétation des Solutions Multicouche Vegetal i.D®

	Produit		Poids à sec (2)	Poids à CME (2)
	Référence	Description		
Drainages et filtre	UNIDRAIN i.D 100	Nappe drainante tridimensionnelle avec filtre intégré	0.45 daN/m²	1,5 daN/m²
	MULTIDRAIN i.D 70	Nappe drainante en PEHD avec filtre intégré	0.8 daN/m²	2,0 daN/m²
	MULTIDRAIN i.D 100	Nappe drainante en PEHD recyclé avec filtre intégré	0.91 daN /m²	2,21 daN/m²
	MULTIDRAIN i.D 200		1.2 daN /m²	3,6 daN/m²
	MULTIDRAIN i.D 400	Plaque drainante en PEHD recyclé	1.73 daN /m²	6,23 daN/m²
	POLYDRAIN i.D 400	Plaque de polystyrène alvéolée	0.53 daN/m²	2,53 daN/m²
	TEXTIDRAIN i.D 101	Nappe en fibres synthétiques avec filtre intégré	0.85 daN /m²	1,5 daN / m²
	ID PROTECT	Nappe de protection en polypropylène	0.3 daN /m²	1 daN /m²
	HYDROTEX i.D	Nappe de répartition d'eau en fibres synthétiques recyclées	0.35 daN /m²	4,9 daN /m²
	i.D FILTRE	Couche filtrante	0.12 daN/m²	1,0 daN/m²
	i.D LITE A concassée	Billes d'argile concassées granulométrie 4 / 8	≥ 3.0 daN/cm de hauteur/m²	≤ 6,8 daN/cm de hauteur/m²
	i.D LITE A	Billes d'argile rondes granulométrie 8 / 16	≥ 2.5 daN/cm de hauteur/m²	≤ 6,0 daN/cm de hauteur/m²
	i.D LITE PZ	Pouzzolane granulométrie 7 / 15	≥ 8.0 daN/cm de hauteur/m²	≤ 11,5 daN/cm de hauteur/m²
Substrats	i.D FLORE E	Substrat i.D FLORE E	≥ 9.5 daN/cm de hauteur/m²	≤ 13.5 daN/cm de hauteur/m² à CME
	i.D FLORE SP	Substrat i.D FLORE SP	≥ 8.5 daN/cm de hauteur/m²	≤ 14 daN/cm de hauteur/m² à CME
	i.D FLORE LIGHT	Substrat i.D FLORE LIGHT	≥ 8 daN/cm de hauteur/m²	≤ 11 daN/cm de hauteur/m² à CME
Végétation	Implantée par semis de fragments i.D Fragments	Fragments de sedums	0 daN/m²	10 daN/m²
	Réalisation par plantation de micro-mottes i.D Mottes	Micro-mottes de sedums et/ou autres vivaces	0 daN/m²	10 daN/m²
	Réalisation par plantation de godet i.D Godet	Godets de sedums et/ou autres vivaces	0 daN/m²	20 daN/m²
	Tapis i.D Mat SEDUM ou MIX-FLORE	Tapis précultivé de sedums	10 daN/m²	25 daN/m²
Système complet	HYDROPACK®BIODIVERSITY et HYDROPACK®SEDUM	Bac HYDROPACK®CLASSIC	52 daN/m²	92 daN/m²
	HYDROPACK®NEO	Bac HYDROPACK®NEO	45 daN/m²	80 daN/m²
	HYDROPACK®NEOLIGHT	Bac HYDROPACK®NEOLIGHT	38 daN/m²	60 daN/m²
Autres	Granulats	Granulats de granulométrie 10 / 30 (1)	17 daN/cm de hauteur/m²	18 daN/cm de hauteur/m² à CME

(1) Granulats de la protection meuble des panneaux isolants de polystyrène extrudé de la toiture inversée (cf. *§ 2.3.4.5.1. et § 2.4.6.3.4.* du Dossier Technique).

(2) Protocole de mesure selon le référentiel des Règles professionnelles TTV 2018 (Ed. 3).

Tableau 2.8 – Poids à sec et à C.M.E des produits utilisés dans les Solutions Multicouche Vegetal i.D® et HYDROPACK®

Matériau	Polyamide
Longueur	180 mm
Largeur	9 mm
Résistance à l'arrachement	360 N
Résistance aux UV	Stabilisé aux UV
Températures d'utilisation	-40 à 85 °C

Tableau 2.9 – Caractéristiques techniques des colliers de liaison des bacs HYDROPACK® pour la configuration de tenue au vent extrême selon les Règles NV 65 modifiées de 3 938 Pa

	MULTIFIX 3D 75	**MULTIFIX 3D 100**
Matériau	Polyéthylène haute densité recyclé (PEHD)	Polyéthylène haute densité recyclé (PEHD)
Épaisseur des feuilles PEHD	1,27 mm	1,27 mm
Épaisseur des alvéoles	75 mm	100 mm
Masse surfacique	0,8 kg/m²	1,1 kg/m²
Dimensions des alvéoles	287 x 230 mm	287 x 230 mm
Longueur d'une plaque alvéolaire	8,0 – 8,6 m	8,0 – 8,6 m
Largeur d'une plaque alvéolaire	2,3 – 2,8 m	2,3 – 2,8 m
Surface d'une plaque alvéolaire	21,5 m²	21,5 m²
Surface drainante des feuilles PEHD	17 %	17 %
Tenue mécanique d'une soudure	70 daN	95 daN

Tableau 2.10 – Caractéristiques techniques des dispositifs anti-érosion MULTIFIX 3D pour systèmes MULTICOUCHE Vegetal i.D®

Produit	**Conditionnement**	**Conditions particulières de stockage sur le chantier**
Collier de liaison HYDROPACK®	Carton de 100 colliers	Néant
MULTIFIX 3D 75	Plaque alvéolaire de surface 21,5 m² 25 u. par palette (100 x 120 cm) Poids palette : 450 kg	
MULTIFIX 3D 100	Plaque alvéolaire de surface 21,5 m² 20 u. par palette (100 x 120 cm) Poids palette : 473 kg	

Tableau 2.11 – Conditionnement des colliers de liaison des bacs HYDROPACK® et des dispositifs MULTIFIX 3D

Annexe 3 – Domaine d'emploi et caractéristiques des couverts Vegetal i.D®

	Couvert	Climat	Pente minimale selon l'élément porteur		Choix HYDROPACK® selon la pente	Multicouches				
						Semis de fragments	Plantations[1] + semis	Plantations[1]	Tapis précultivé + Plantation	Tapis précultivé
Extensif	i.D SEDUM SELECT i.D BIODIVERSITY	plaine	Maconnerie[2]	≥ 0 %	≤ 20 % HP®NEO et NEOLIGHT (i.D Sedum Select uniquement) ≤ 35 % HP®CLASSIC[3]	≤ 10 %	≤ 10 %	≤ 35 %	≤ 35 %	≤ 35 %
			Dalles de béton cellulaire autoclavé armé[2]	≥ 1 %						
			Tôles d'acier nervurées Bois et panneaux à base de bois	≥ 3 %						
		Montagne[3]	Maconnerie[2]	≥ 0 %	≤ 20 %	NON	NON	NON	≤ 20 %	≤ 20 %
Semi-intensif	i.D SEDUM SELECT i.D BIODIVERSITY i.D Créa'Paysage	plaine	Maconnerie[2]	≥ 0 %	-	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 5 %
			Dalles de béton cellulaire autoclavé armé[2]	≥ 1 %						
			Tôles d'acier nervurées Bois et panneaux à base de bois	≥ 3 %						
		Montagne[3]	Maconnerie[2]	≥ 0 %	≥ 0 %	NON	NON	≤ 5 %	≤ 20 %	≤ 20 %

1 Plantations par i.D Motte et i.D Godet

2 Pente maximale 5 % pour les revêtements d'étanchéité en asphalte bénéficiant d'un Avis Technique visant la terrasse et toiture végétalisée.

3 cf. 2.4.6.6.

Tableau 3.1 - Pentes admissibles en fonction de la technique de mise en œuvre des couverts VEGETAL i.D® selon climat et élément porteur (plaine sur maçonnerie, dalle béton, TAN, Bois massif et panneaux à base de bois)

	Couvert	Familles végétales
	i.D SEDUM SELECT	Plantes succulentes, différentes variétés de Sedum
BIODIVERSITY	i.D MIX-FLORE	Plantes succulentes (différentes variétés de Sedum, Delosperma et Sempervivum) associées à des plantes vivaces aromatiques rustiques (pas de graminées ou de ligneuses)
	i.D MIDI	Plantes succulentes (différentes variétés de Sedum, Delosperma et Sempervivum) associées à des plantes vivaces herbacées, graminées et/ou ligneuses, et des plantes de garrigue
	i.D MARIN	Plantes succulentes (différentes variétés de Sedum, Delosperma et Sempervivum) associées à des plantes vivaces herbacées, graminées et/ou ligneuses supportant les embruns
	i.D MONTAGNE	Plantes succulentes (différentes variétés de Sedum) associées à des plantes vivaces herbacées, graminées et/ou ligneuses et des plantes alpines
	i.D SOUS-BOIS	Plantes d'ombre couvre-sols (herbacées et fougères)
	CréA' Paysage	Plantes succulentes (sedum sp.), vivaces herbacées (heuchera, lamiacées, etc.), graminées (stipa, descampia, carex, etc.), petits ligneux (cotoneaster, hypericum)

Tableau 3.2 - Principales familles de plantes dans les couverts VEGETAL i.D®

Nom latin	Nom français	Hauteur indicative	Exposition préférentielle	Hauteur de substrat
Allium schoenprassum	Ciboulette	20 - 30 cm	Ensoleillée ou mi-ombre	8 à 12 cm
Armeria maritima	Gazon d'Espagne	15 cm	Ensoleillée ou mi-ombre	≥ 10 cm
Dianthus deltoides	Œillet	20 - 25 cm	Ensoleillée	≥ 8 cm
Origanum vulgare	Marjolaine sauvage	30 - 40 cm	Ensoleillée	10 à 12 cm
Thymus serpyllum	Thym serpolet	5 cm	Ensoleillée ou mi-ombre	≥ 8 cm
Thymus vulgaris	Thym commun	30 cm	Ensoleillée	10 à 12 cm
(1) Liste non exhaustive.				

Tableau 3.3 – Création d'un couvert végétal Mix-Flore(1) : exemples de vivaces à associer aux sedums

Annexe 4 – Récapitulatif des solutions Vegetal i.D®

Couche drainante	*1*	*Pente de la toiture*
	2	*Besoin en eau des plantes*
	3	*Charge admissible par le support d'étanchéité et la structure*
	4	*Hauteurs des flaches d'eau sur toitures plates*
	5	*Contraintes logistiques et de mise en œuvre (encombrement, largeur des rouleaux, vent, facilité de mise en œuvre)*
Epaisseur de substrat i.D Flore	*1*	*Le choix du couvert végétal*
	2	*Le choix des plantes pour le couvert i.D Mix-flore : en fonction des espèces retenues dans le couvert, l'épaisseur variera (cf. tableau 3.3)*
	3	*La charge admissible par le support d'étanchéité et la structure*
	4	*Le climat régional (localisation géographique du projet)*
	5	*L'exposition de la toiture (ensoleillée, mi-ombre, ombre)*
	6	*La pente de la toiture*
	7	*L'orientation de la toiture (nord, sud, est, ouest)*
	8	*La technique de végétalisation : pour un couvert i.D SEDUM SELECT, la hauteur de substrat sera plus élevée (1 à 2 cm de plus) pour une implantation en micro-mottes i.D MOTTES, i.D GODET ou fragment i.D Fragments, par rapport à une implantation en tapis précultivés i.D MAT*

Tableau 4.1 – Critères de choix des couches drainantes et des épaisseurs de substrat pour la conception de la solution VEGETAL i.D® adaptée aux contraintes d'un projet

Pente (12)	Technique de végétalisation	Couche drainante (2)	Epaisseur du substrat i.D. FLORE (3) selon le couvert (3bis)	Epaisseur du complexe de culture (15)	Poids maxi à C.M.E (kg/m²)** (4)(15)	Poids mini à sec du système (kg/m²)**
0 à 20%	HYDROPACK®NEOLIGHT (9)			9	60	38
	HYDROPACK®NEO (9)			7.3	80	45
	HYDROPACK®CLASSIC (9)			7.3	92	52
0 à 2 % (1)(12)	Tapis précultivés i.D MAT	Polydrain i.D 400 (10)	4 à 8 cm i.D SEDUM	8-12	136	46
			7 cm i.D BIODIVERSITY	12	190*	85
		i.D LITE A ou i.D LITE PZ (4 à 6 cm) (5)(7)(10) solution pour optimiser la réserve d'eau	3 à 7 cm i.D SEDUM	7-12	206*	49
			6 à 7 cm i.D BIODIVERSITY	10-12	224*	74
		Multidrain i.D 400 (10) ou Multidrain i.D 200 (5)(6)	4 à 8 cm i.D SEDUM	6-12	140	38
			8 cm i.D BIODIVERSITY	10-12	194*	83
	Plantations et/ou Semis	Polydrain i.D 400 (10)	4 à 8 cm i.D SEDUM	8-12	121	36
			8 à 10 cm i.D BIODIVERSITY	10-12	175	72
		i.D LITE A ou i.D LITE PZ (4 à 6 cm) (5)(7)(10) solution pour optimiser la réserve d'eau	4 à 8 cm i.D SEDUM	8-12	190*	46
			7 à 10 cm i.D BIODIVERSITY	11-12	244*	73
		Multidrain i.D 400 (10) ou Multidrain i.D 200 (5)(6)	4 à 8 cm i.D SEDUM	6-12	125	37
			8 à 12 cm i.D BIODIVERSITY	10-12	180	73
3 à 10 % (12)	Tapis précultivés i.D. MAT	Sans drainage (8)	4 à 8 cm i.D SEDUM	4-8.4	133	46
			8 à 11 cm i.D BIODIVERSITY	8-12.4	187*	82
		Unidrain i.D. 100 ou Multidrain i.D. 70 (2)(6)	4 à 8 cm i.D SEDUM	4.7-9	135	46
			8 à 10 cm i.D BIODIVERSITY	8.7-12	189*	82
		i.D. LITE A ou i.D. LITE PZ (4 à 6 cm) (5)(7)(10) solution pour optimiser la réserve d'eau	3 à 7 cm i.D SEDUM	7-12	205*	47
			6 à 7 cm i.D BIODIVERSITY	10-12	259*	74
		Multidrain i.D. 100 ou 200 (6) solution pour optimiser la réserve d'eau	4 à 8 cm i.D SEDUM	5-10	137	38
			8 à 9 cm i.D BIODIVERSITY	9-12	191*	83
	Plantations et/ou Semis (16)	Sans drainage (8)	4 à 8 cm i.D SEDUM	4-8.7	118	36
			8 à 15 cm i.D. BIODIVERSITY	8-12	172	72
		Unidrain i.D. 100 ou Multidrain i.D. 70 (2)(6)	4 à 8 cm i.D SEDUM	4.7-9	120	36
			8 à 14 cm i.D BIODIVERSITY	8-12	173	72
		i.D. LITE A ou i.D. LITE PZ (4 à 6 cm) (5)(7)(10) solution pour optimiser la réserve d'eau	4 à 8 cm i.D SEDUM	8-10	190*	46
			7 à 10 cm i.D BIODIVERSITY	9-12	244*	82
		Multidrain i.D. 100 ou 200 (6) solution pour optimiser la réserve d'eau	4 à 8 cm i.D SEDUM	5-10	122	37
			8 à 12 cm i.D BIODIVERSITY	9-12	176	73

Tableau 4.2 – Tableau récapitulatif des solutions extensives VEGETAL i.D® - Eléments porteurs en maçonnerie, en dalles de béton cellulaire autoclavé armé, TAN, bois et panneaux à base de bois et CLT.

Hors charge forfaitaire de sécurité à ajouter : 15 kg/m²*

Pente (12)	**Technique de végétalisation**	**Couche drainante** (2)	**Epaisseur du substrat i.D. FLORE**(3) selon le couvert(3bis)	**Epaisseur du complexe de culture**	**Poids maxi à C.M.E (kg/m²)**** (4)	**Poids mini à sec du système (kg/m²)****
11 à 20 %(12)	**Tapis précultivés i.D. MAT**	**Unidrain i.D. 100** (6), **Multidrain i.D. 100**(6) ou **200**(6)(8)	5 à 10 cm i.D SEDUM	**6-11**	**160**	**55**
			8 à 10 cm i.D BIODIVERSITY	**9-12**	**187***	**82**
21 à 35 %	**Tapis précultivés i.D. MAT**	**Textidrain i.D. 101** (6)(8) ou **Unidrain i.D. 100** (2)(6)(8)	7,5 cm i.D SEDUM(11)	**8.5**	**132**(13)	**78**(13)
			10 cm i.D BIODIVERSITY(11)	**11**	**165** (13)	**100** (13)
	HYDROPACK®CLASSIC(9)**Rampant ≤ 8 m** (14)			**9**	**95** (13)	**54** (13)

* Hors support bois et panneaux à base de bois. Autorisé pour les support CLT sous Avis Techniques.

** poids à CME et à sec indicatif. Consulter Le Prieuré

(1) Pente minimale du support en béton cellulaire autoclavé armé : 1 %.

(2) Choix selon la pente du projet, les besoins en eau des plantes sélectionnées, et les contraintes logistiques afférentes au projet (largeur de rouleaux, facilité de mise en œuvre).

(3) La hauteur de la couche de substrat varie en fonction du couvert végétal retenu, de la localisation géographique du projet, de l'exposition (ensoleillée, mi-ombre, ombre), de l'orientation (Nord, Sud, Est, Ouest), de la pente de la toiture, et de la technique de végétalisation sélectionnée – La hauteur de substrat sera majorée de 1 cm dans le cas d'une implantation par semis de fragments ou de plantation de micro-mottes, en comparaison à une végétalisation par tapis précultivés.

(3bis) Couvert SEDUM SELECT, Couvert BIODIVERSITY regroupant MIXFLORE, MARIN, MIDI, MONTAGNE, SOUS-BOIS

(4) Charge totale permanente à C.M.E. (kg/m²) en fonction de la solution choisie pour le dimensionnement de l'isolant éventuel (cf. « Règles professionnelles Isolants supports d'étanchéité en indépendance sous protection lourde » de juillet 2021 et isolants certifiés Acermi pour les spécifications prévues par les règles) et de l'élément porteur (cf. § 2.3.2.). Charges forfaitaires de sécurité et d'exploitation non incluses.

(5) Toujours supérieur à la hauteur des flaches d'eau présents. Choix selon la charge admissible, les besoins en eau des plantes et les contraintes logistiques du projet (conditionnement, accès).

(6) Nappe drainante avec filtre intégré.

(7) Solution admise jusqu'à 5 % de pente.

(8) La nappe de répartition d'eau Hydrotex peut être ajoutée à ce complexe, elle est alors directement posée sous le substrat (poids à sec et à CME respectivement de 350 et 4900 g/m²) (cf. § 2.2.2.7.4. et tableau 2.5)

(9) Le bac HYDROPACK® cloisonne de lui-même le système et évite les phénomènes d'érosion.

(10) i.D. FILTRE à ajouter obligatoirement au-dessus de la couche drainante.

(11) Dispositif alvéolaire MULTIFIX 3D anti-érosion posé en indépendance dans l'épaisseur du substrat.

(12) Pente > 5 % : une butée en bas de pente est obligatoire. Support béton : 0-35% de pente, support dalle de béton cellulaire autoclavé armé : 1-35% de pente, TAN et bois : 3-35% de pente

(13) Les poids indiqués incluent le poids du système d'arrosage obligatoire ainsi que le poids du MULTIFIX 3D (pour le Multicouche).

(14) Revêtement d'étanchéité bitumineux bicouche bénéficiant d'un Document Technique d'Application admis favorablement en toitures végétalisées.

(15) Epaisseur hors tassement naturel lors de la mise en œuvre (de 9 % minimum pour le drainage minéral et le substrat)

Tableau 4.2 (suite) – Tableau récapitulatif des solutions extensives VEGETAL i.D® - Eléments porteurs en maçonnerie, en dalles de béton cellulaire autoclavé armé, TAN, bois et panneaux à base de bois et CLT.

Pente	Technique de végétalisation	Couche drainante (1)(5)	Epaisseur du substrat i.D FLORE (2)	Epaisseur du complexe de culture après mise en œuvre	Poids maxi à C.M.E (kg/m²) (3)	Poids mini à sec du système (kg/m²)
0 - 5 %	Plantations et/ou Semis(6)	Polydrain i.D 400 ; Multidrain i.D 400 (4)	10-32 cm	12-30	470	90
		i.D LITE A ou i.D LITE PZ (4-6 cm) (4) solution pour optimiser la réserve d'eau	10-33		522	100
	Tapis précultivé i.D mat (inclus ±2 cm de substrat)	Polydrain i.D 400 ; Multidrain i.D 400 (4)	6-28		420	67
		i.D LITE A ou i.D LITE PZ (4-6 cm) (4) solution pour optimiser la réserve d'eau	6-29		480	74

(1) Choix selon la charge admissible, la pente du projet, les besoins en eau des plantes sélectionnées, et les contraintes logistiques du projet (facilité de mise en œuvre, conditionnement).

(2) La hauteur de la couche de substrat varie en fonction du couvert végétal retenu, de la localisation géographique du projet, de l'exposition (ensoleillée, mi-ombre, ombre), de l'orientation (Nord, Sud, Est, Ouest), de la pente de la toiture, et de la technique de végétalisation sélectionnée

(3) Charge totale permanente à C.M.E. (kg/m²) en fonction de la solution choisie pour le dimensionnement de l'élément porteur (cf. § 2.3.2.). Si cet élément porteur est en bois ou panneaux à base de bois : cf. § 2.3.2. Charges forfaitaires de sécurité et d'exploitation non incluses.

(4) i.D FILTRE à ajouter obligatoirement au-dessus de la couche drainante.

(5) Lorsque la pente est ≥ 3%, la nappe de répartition d'eau Hydrotex peut être ajouté au complexe, elle est alors directement posée sous le substrat (poids à sec et à CME respectivement de 350 et 4900 g/m²)

(6) Plantation micromottes i.D. MOTTES et/ou i.D Godet ; Semis de fragments i.D. FRAGMENTS

Tableau 4.3 – Tableau récapitulatif des SOLUTIONS SEMI-INTENSIVES VEGETAL i.D® - Eléments porteurs en maçonnerie, en dalles de béton cellulaire autoclavé armé, TAN et panneau CLT

Hors charge forfaitaire de sécurité à ajouter : 15 kg/m²

Exemple de calcul du poids à CME et du poids à sec du système (5 et 6ème colonne du tableau 4.2). Support Maçonnerie à pente nulle dont le rampant est supérieur à 8 m.

On utilise les valeurs des poids à CME et à sec des composants des systèmes VEGETAL i.D® de l' Annexe 2 tableau 2.8.

Cas du système composé de la façon suivante : pour le poids à CME, on retient la solution la plus défavorable, représentant le poids à CME maximal ; pour le poids à sec, on retient la solution la plus défavorable, représentant le poids à sec minimal.

Système	Composants du système de végétalisation	poids à CME (daN/m²)	poids à sec (daN/m²)
couche végétale	Tapis précultivé i.D MAT, couvert i.D SEDUM SELECT	25	10
couche substrat	i.D FLORE E, 3 à 8 cm	8 cm x 13.5 kg/m² = 108	3 cm x 9 kg/m² = 27
couche filtrante	iD FILTRE	1	0,1
couche drainante	i.D LITE PZ ou i.D LITE A	6 cm i.D LITE PZ x 12 kg/m² = 72	4 cm i.D LITE A x 3 kg/m² = 12
TOTAL = somme des poids des composants		**206**	**49**

Exemple de calcul du poids à CME et du poids à sec du système (5 et 6ème colonne du tableau 4.2) : TAN à pente 15 % dont le rampant est supérieur à 8 m.

On utilise les valeurs des poids à CME et à sec des composants des systèmes VEGETAL i.D® de l' Annexe 2 tableau 2.8.

Cas du système composé de la façon suivante : pour le poids à CME, on retient la solution la plus défavorable, représentant le poids à CME maximal ; pour le poids à sec, on retient la solution la plus défavorable, représentant le poids à sec minimal.

Système	Composants du système de végétalisation	poids à CME (daN/m²)	poids à sec (daN/m²)
couche végétale	Tapis précultivé i.D MAT, couvert i.D SEDUM SELECT	25	10
couche substrat	i.D FLORE E, 5 à 10 cm	10 cm x 13.5 kg/m² = 135	5 cm x 9 kg/m² = 45
couche filtrante	*intégré à MULTIDRAIN i.D*	0	0
couche drainante	Unidrain i.D 100, MULTIDRAIN i.D 200 ou MULTIDRAIN i.D 100	3,6	0.91
TOTAL = somme des poids des composants		**164**	**56**

Nota : Les calculs ci-dessus tiennent compte du poids des végétaux (10 daN/m² ou 25 daN/m²) selon les règles professionnelles ADIVET – CSFE Édition 2018.

Il est rappelé que dans le cas des éléments porteurs en bois et en panneaux à base de bois (cf. § 2.3.2.), la charge forfaitaire de 85 daN/m² est à ajouter au poids à CME pour le dimensionnement des éléments porteurs.

Tableau 4.4 – Exemple de calculs du poids à C.M.E. du système

Annexe 5 – Aménagements particuliers

<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="2"></td><td colspan="3">Pente</td></tr>
<tr><td>0 à < 3 %</td><td>≥ 3 à < 10 %</td><td>≥ 10 à 35 %</td></tr>
<tr><td colspan="2">Pourtour des EEP</td><td colspan="3">Obligatoire sur une largeur minimale de 20 cm(1)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Contre relevés sur émergences et périphérie (hors noues)</td><td>Sans graminées vivaces et plantes ligneuses
Couverts i.D SEDUM SELECT, i.D MIX-FLORE i.D SOUS-BOIS</td><td colspan="3">Facultative</td></tr>
<tr><td>Avec graminées vivaces et plantes ligneuses
Couvert MONTAGNE, MIDI, MARIN</td><td colspan="3">Obligatoire sur une largeur de 40 cm(1)</td></tr>
<tr><td>Hydropack®Classic Sedum, Biodiversity
Hydropack®Neo, Hydropack®Neolight</td><td colspan="3">Facultative</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Noue centrale et de rive (zone B
cf. figure 6.2)</td><td>Pente de la noue ≤ 2 %</td><td colspan="3">Obligatoire sur une largeur de 40 cm depuis le fil d'eau de la noue(1)</td></tr>
<tr><td>Pente de la noue > 2 %</td><td></td><td colspan="2">Facultative</td></tr>
<tr><td colspan="2">Bords de rive (zone C cf. Figure 6.2)</td><td colspan="3">Facultative(2)</td></tr>
<tr><td colspan="5">(1) Zone stérile aménagée avec des gravillons conformes aux DTU de l'élément porteur considéré ou bien revêtue d'une membrane autoprotégée, anti-racines, mise en œuvre selon le DTA particuliers du revêtement d'étanchéité.
(2) Dispositif de bas de pente permettant l'écoulement des eaux conformément au § 2.4.6.3.6.</td></tr>
</table>

Tableau 5.1 - Récapitulatif des zones à aménager en zone stérile selon la pente (cf. § 2.4.6.3.)

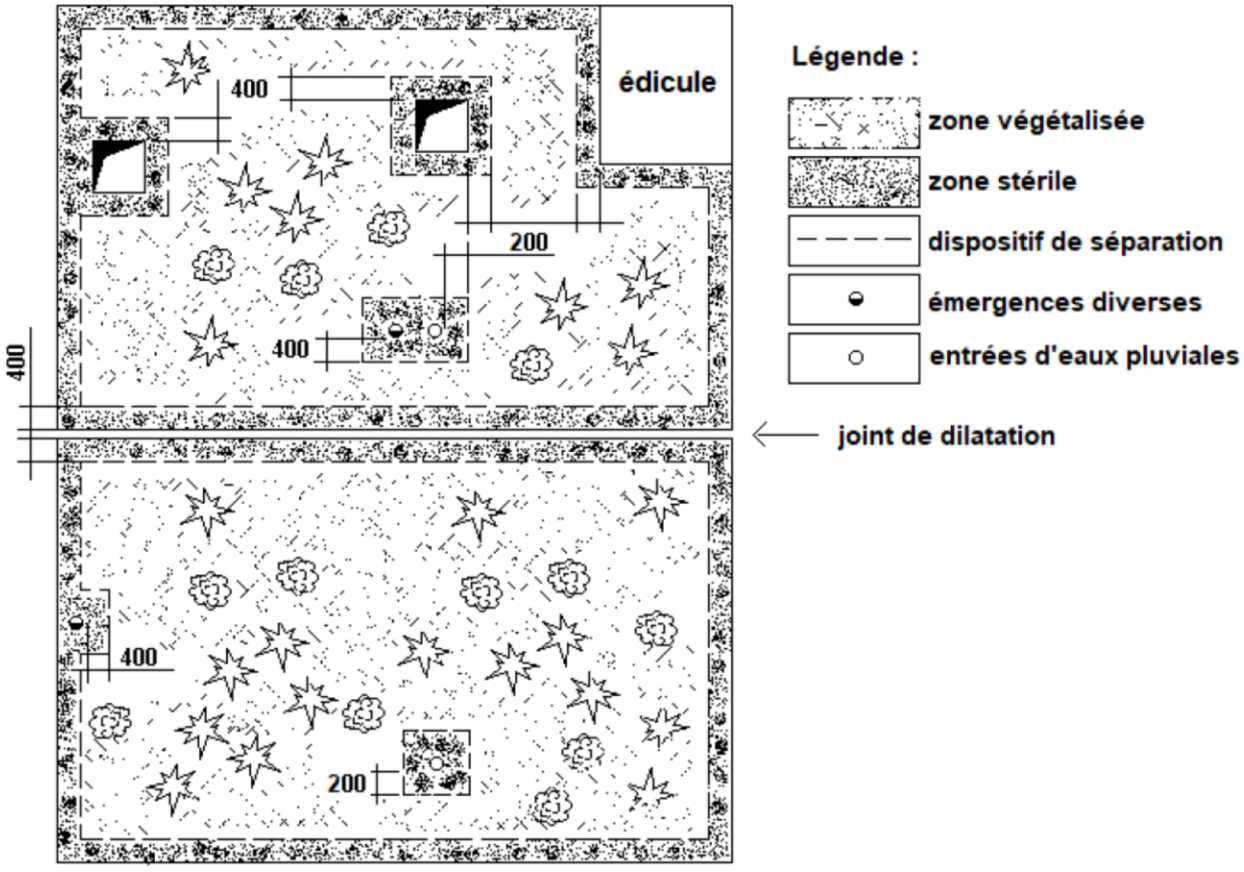


Figure 5.1 : Zones stériles

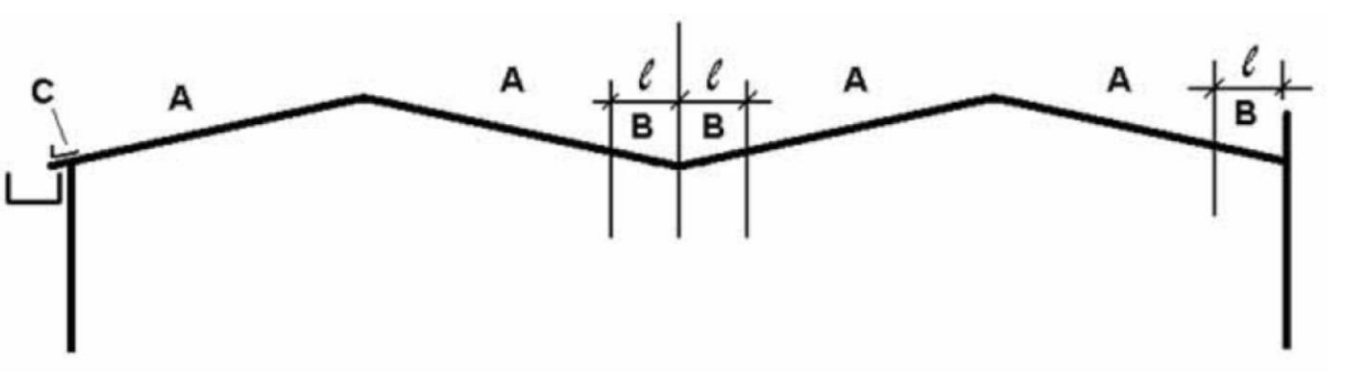


Figure 5.2 – Principes d'aménagement des zones stériles selon les pentes

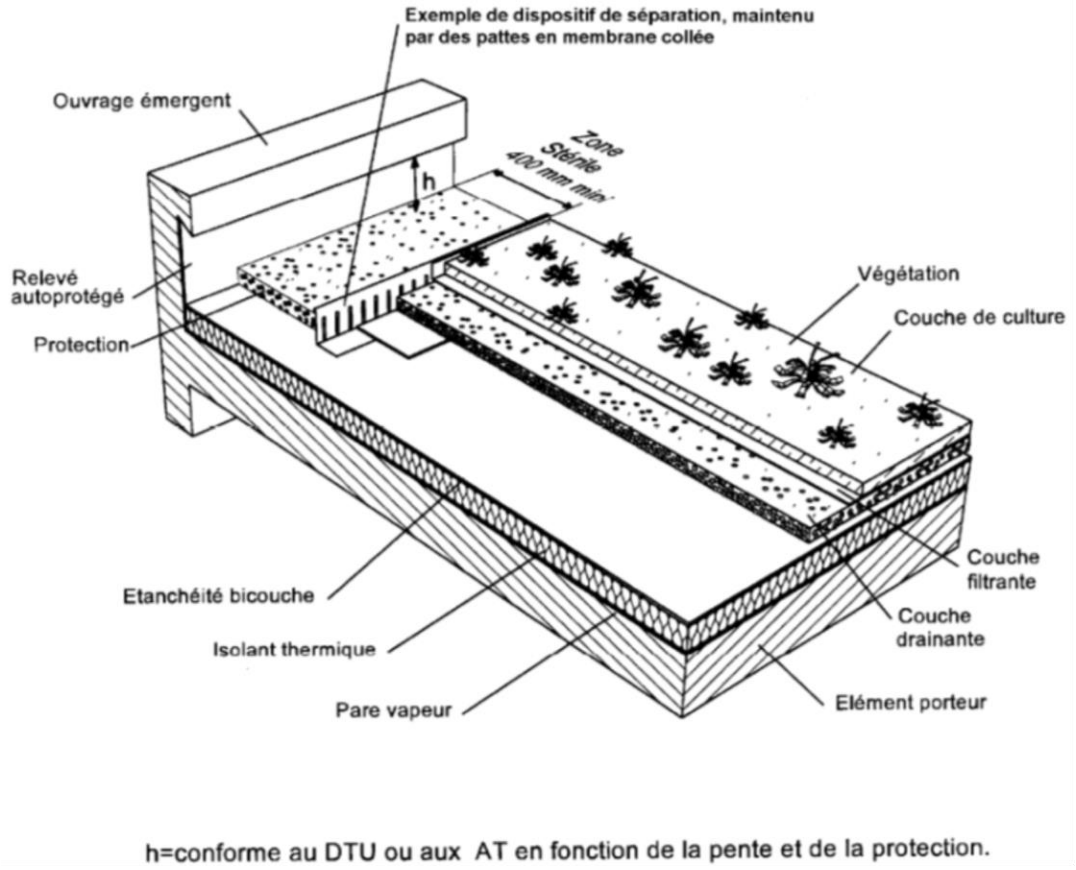


Figure 5.3 – Dispositif de séparation métallique

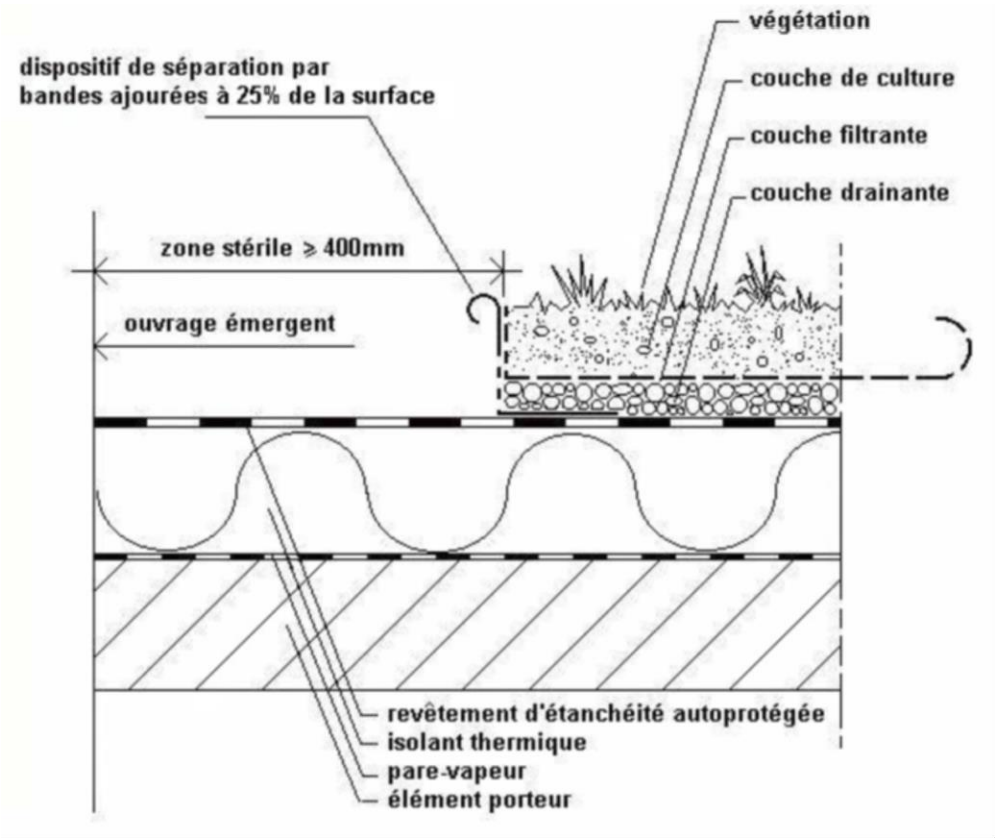


Figure 5.4 – Dispositif de séparation par bande métallique

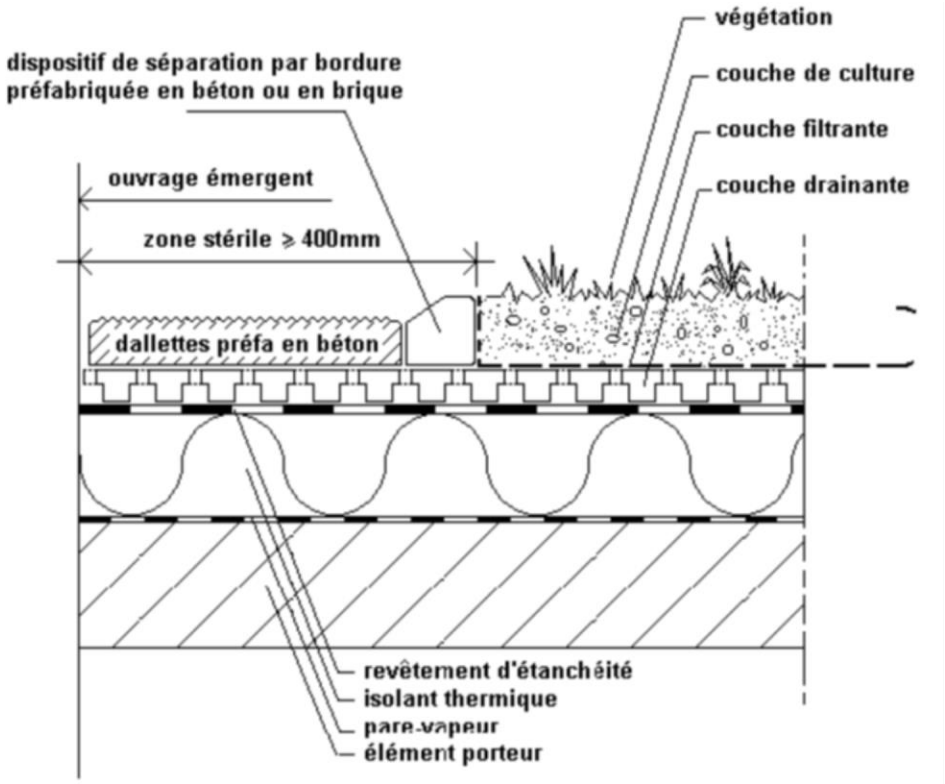


Figure 5.5 – Dispositif de séparation par bordure préfabriquée en béton ou en brique

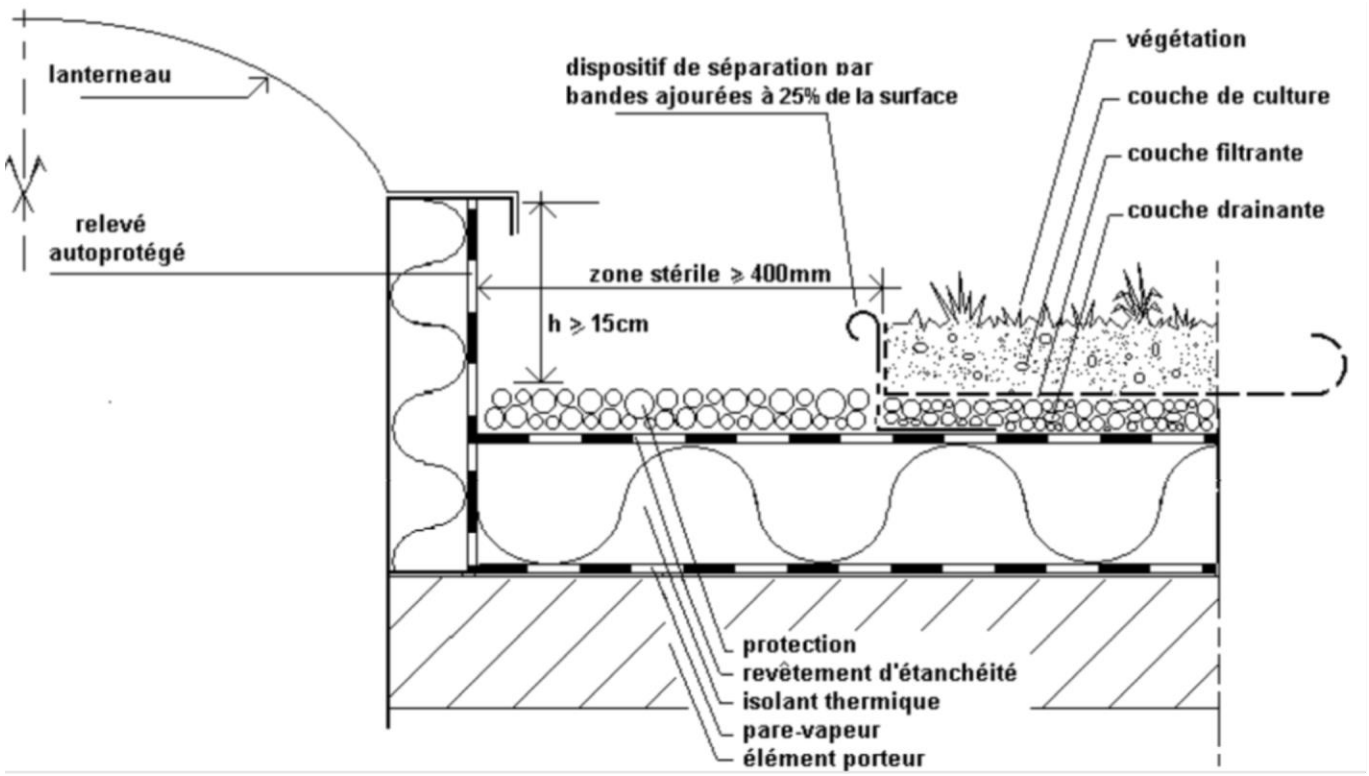


Figure 5.6 – Relevé contre costière de lanterneau avec zone stérile

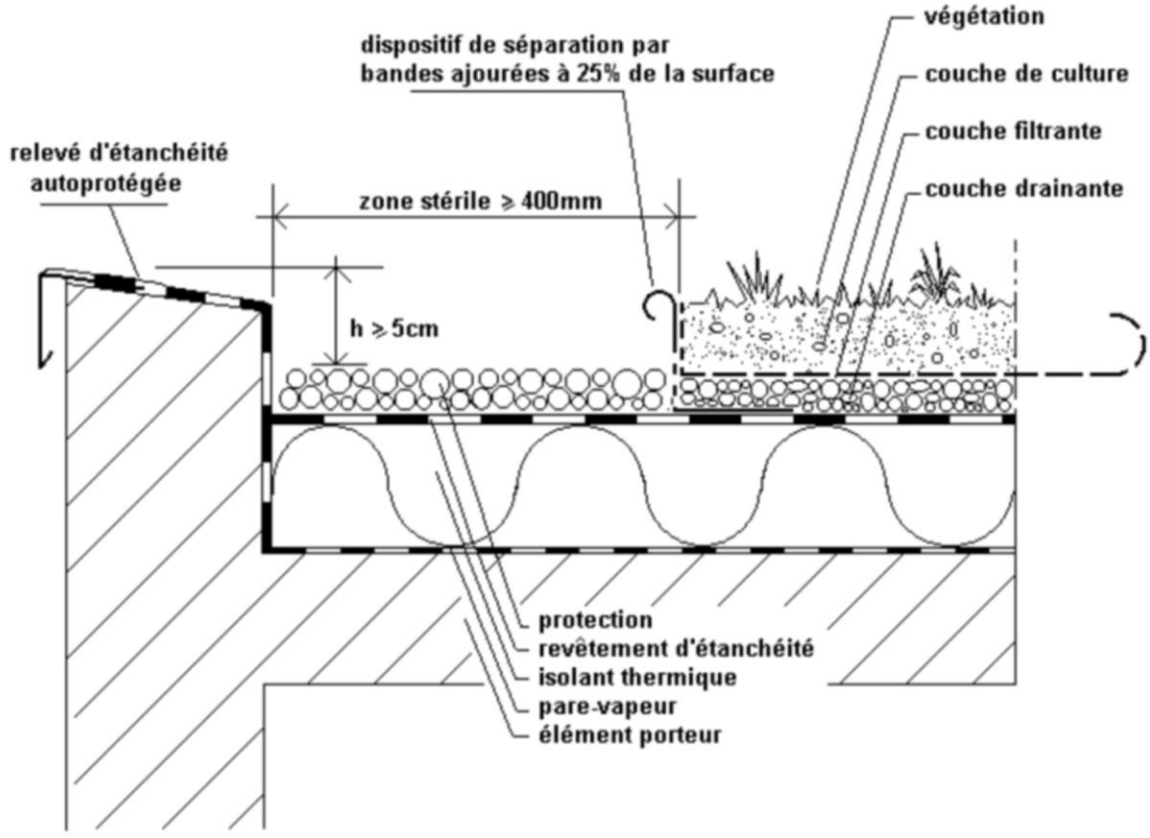


Figure 5.7 – Cas particulier de l'acrotère revêtu jusqu'à l'arête extérieure avec zone stérile

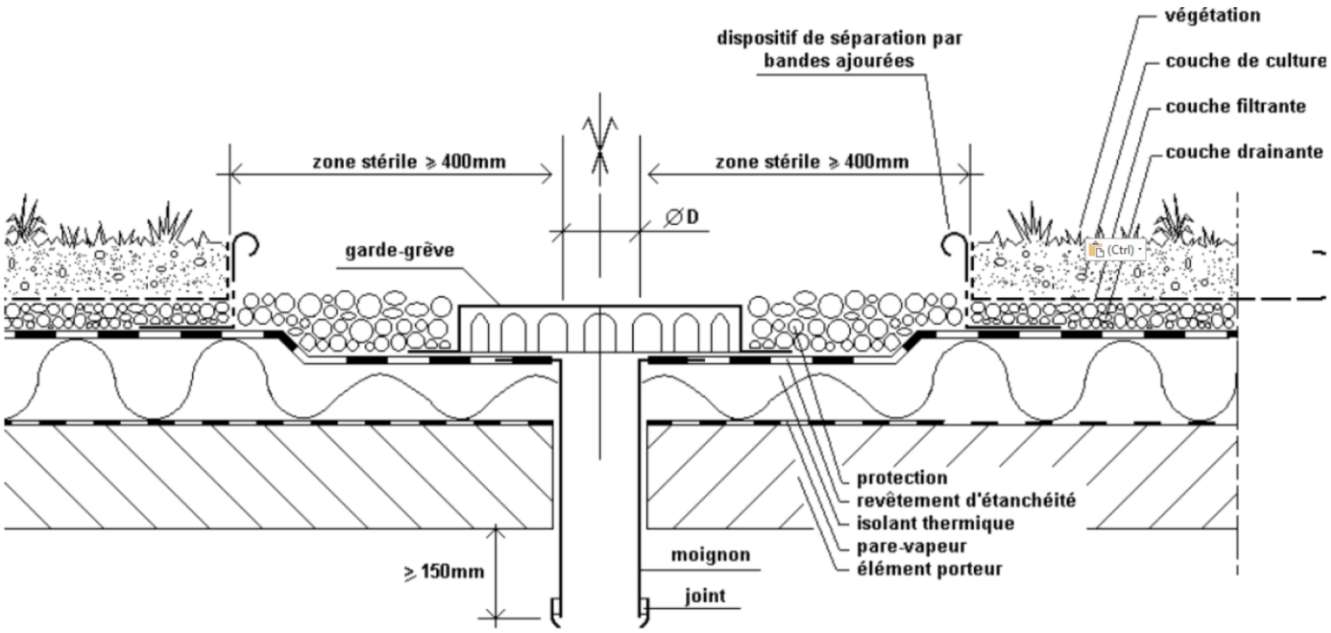


Figure 5.8 – Exemple d'entrée d'eaux pluviales avec zone stérile

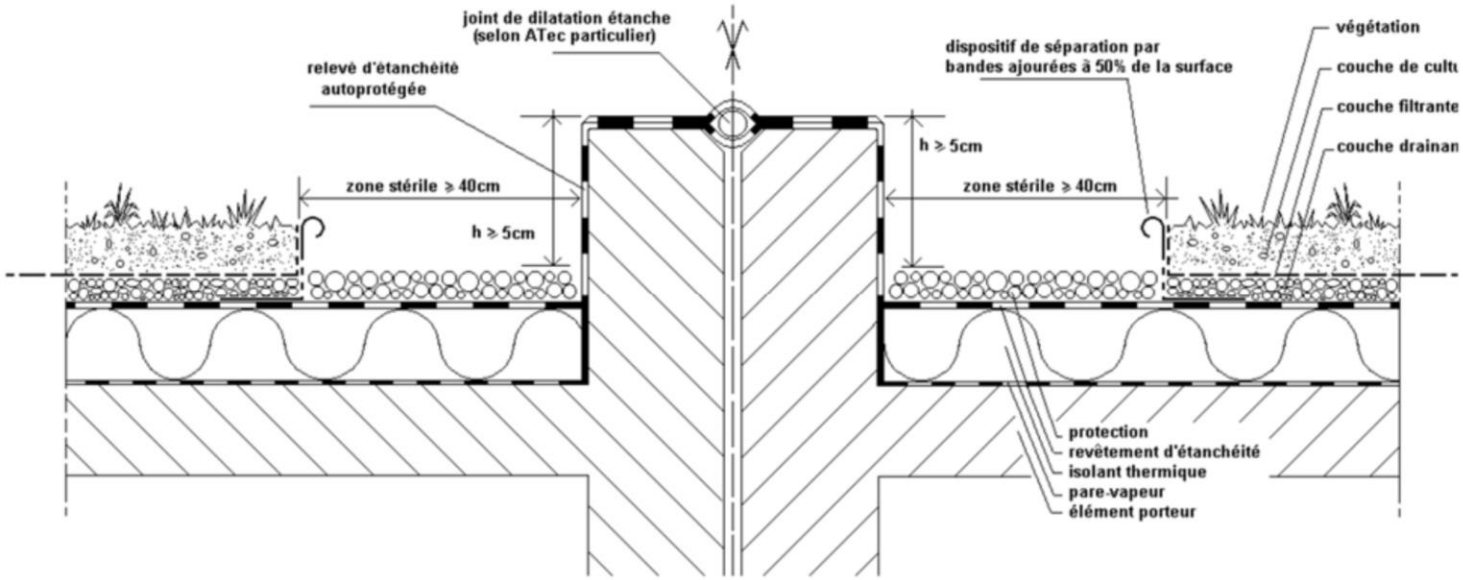


Figure 5.9 – Joint de dilatation apparent avec ou sans zone stérile

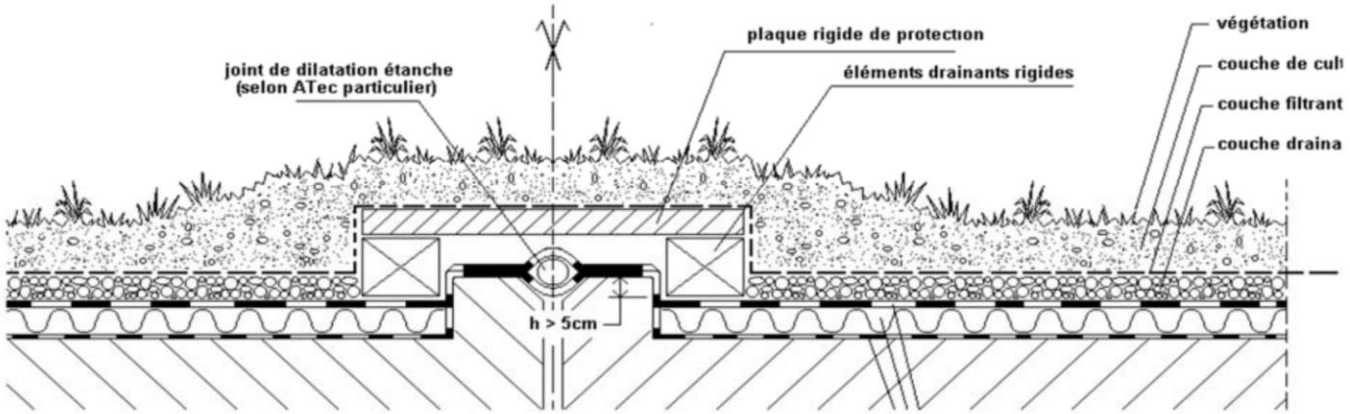


Figure 5.10 – Joint de dilatation recouvert de végétalisation

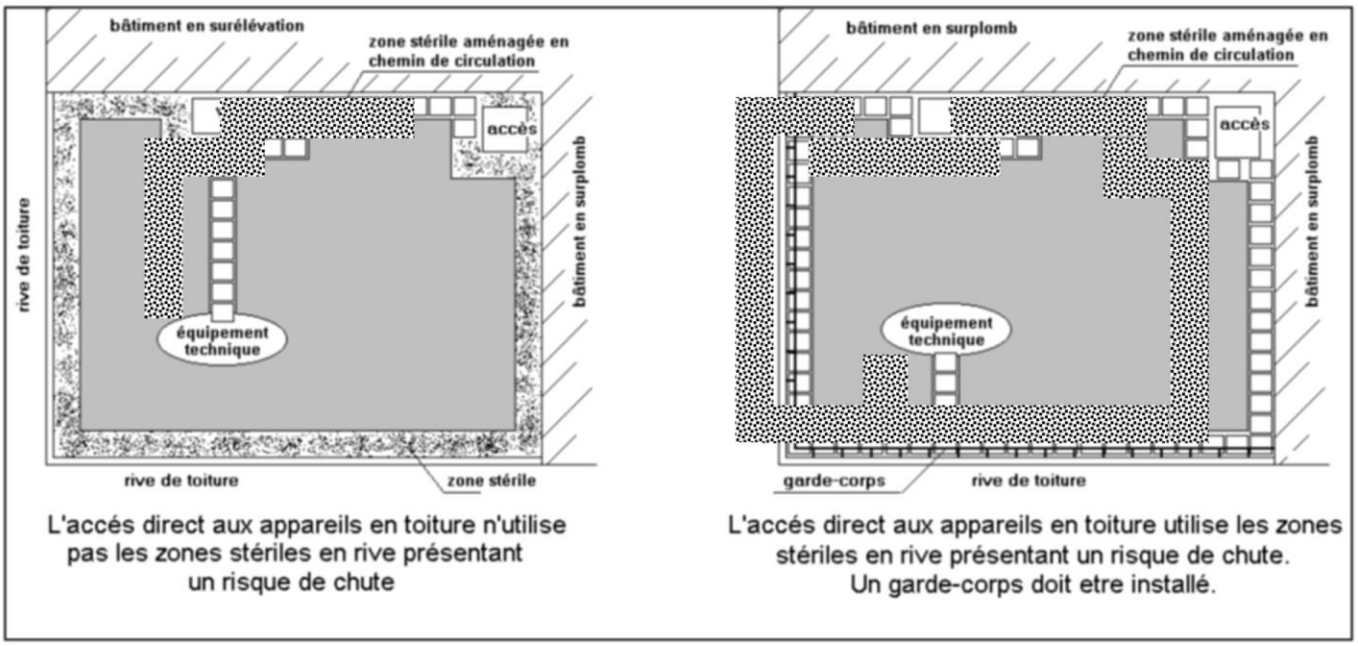


Figure 5.11 – Exemples d'accès direct aux équipements en toiture

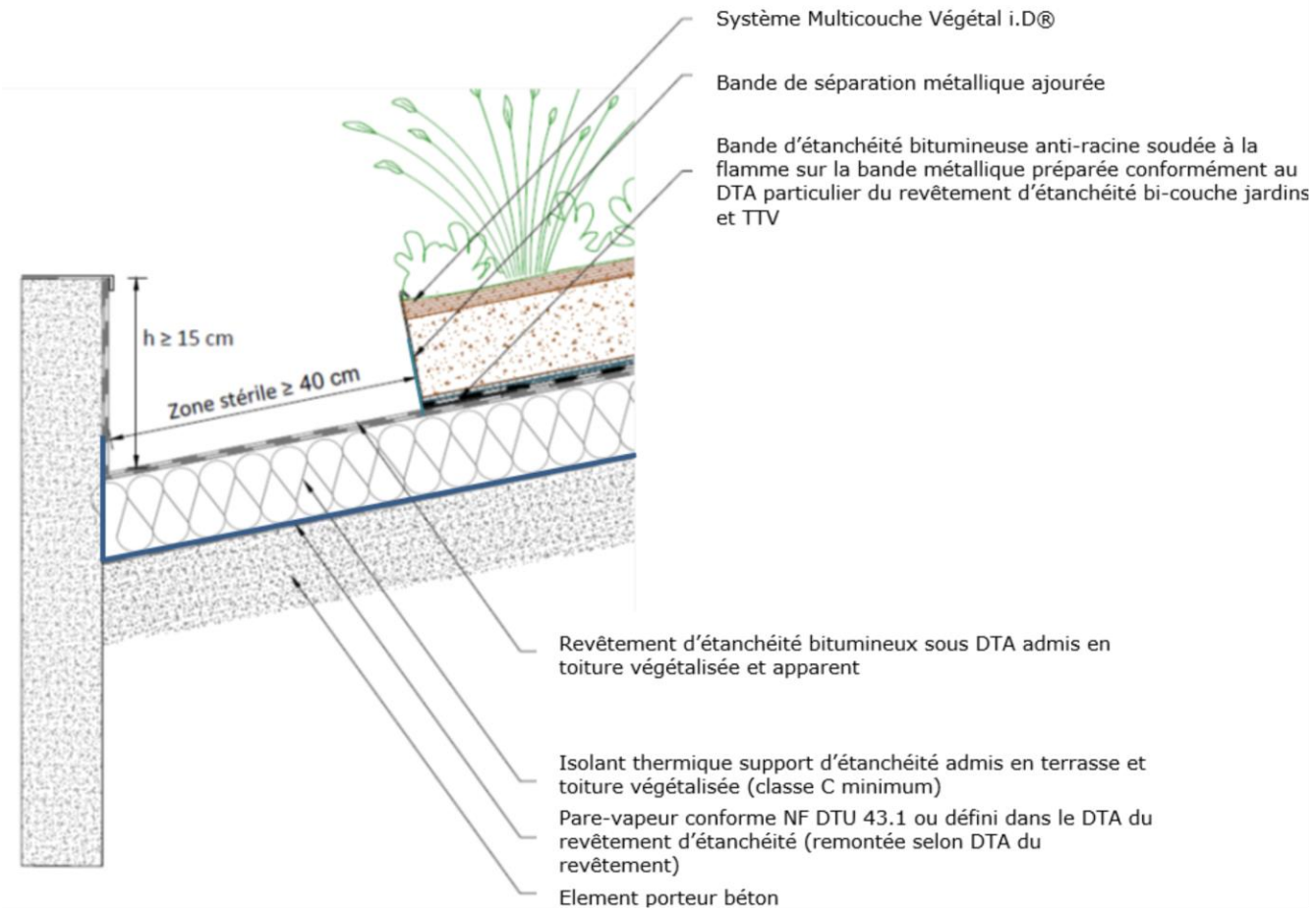


Figure 5.12 – Coupe de principe de bas de pente pour un système multicouche avec bande de séparation métallique ajourée - pente ≤ 20 %

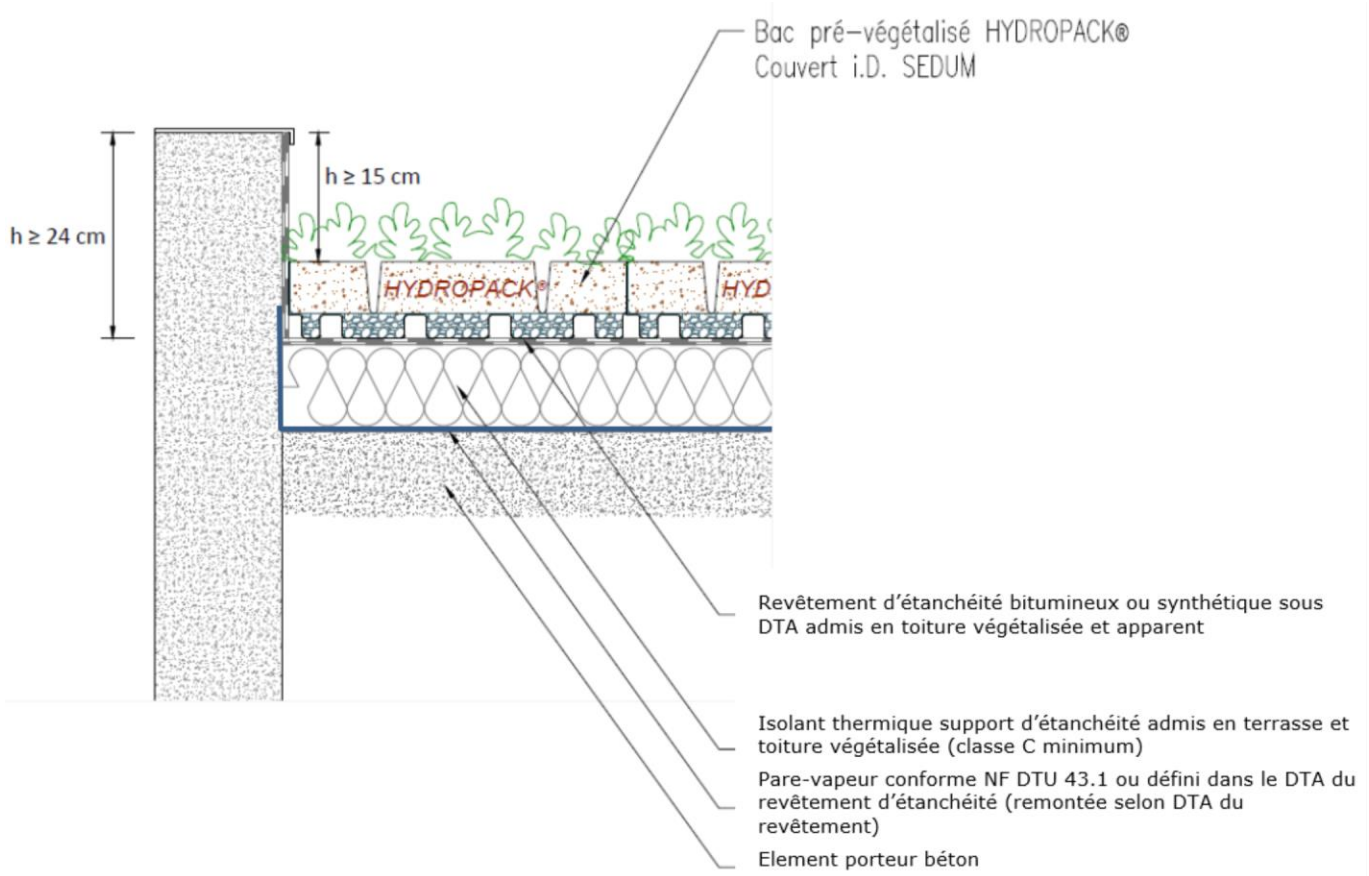
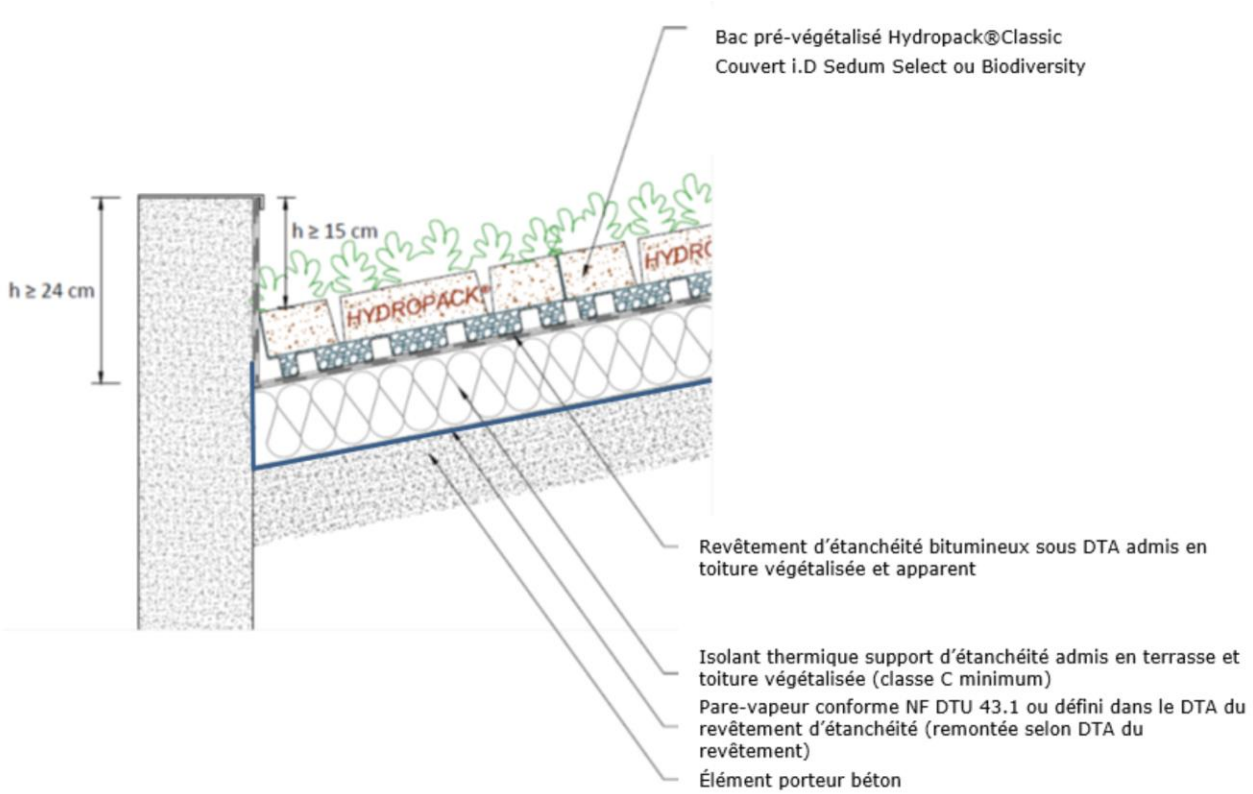


Figure 5.13 – Coupe de principe de bas de pente pour système HYDROPACK® contre acrotère pour toiture de pente ≤ 3 %



H ≥ 15 cm si pente ≤ 20 % et h ≥ 25 cm si pente comprise entre 21 % et 35 %

Figure 5.14 – Coupe de principe de bas de pente pour système HYDROPACK®CLASSIC - pente comprise entre 21 % et 35 %

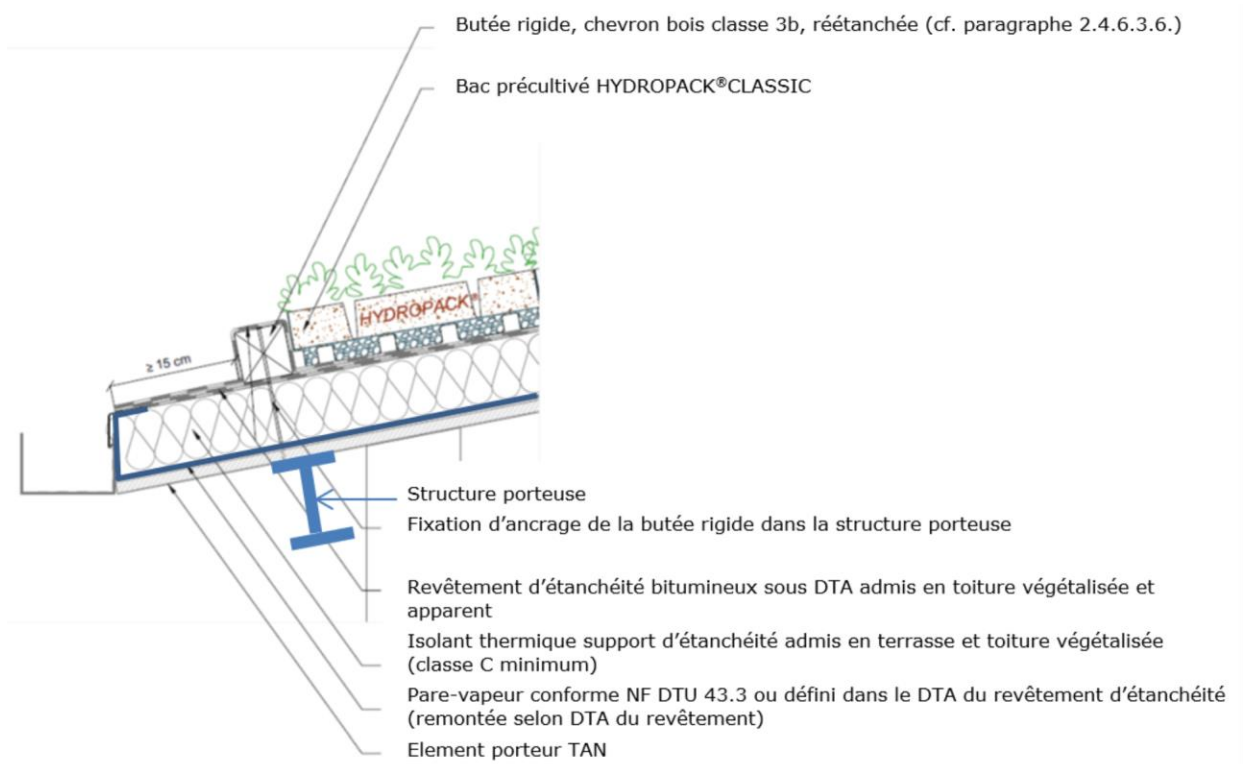


Figure 5.15 – Coupe de principe de bas de pente pour système HYDROPACK®CLASSIC avec butée rigide en bas de pente (chevron bois classe 3b) - pente comprise entre 21 % et 35 %

Annexe 6 - Résumé des différentes phases à prendre en compte pour la gestion de l'entretien

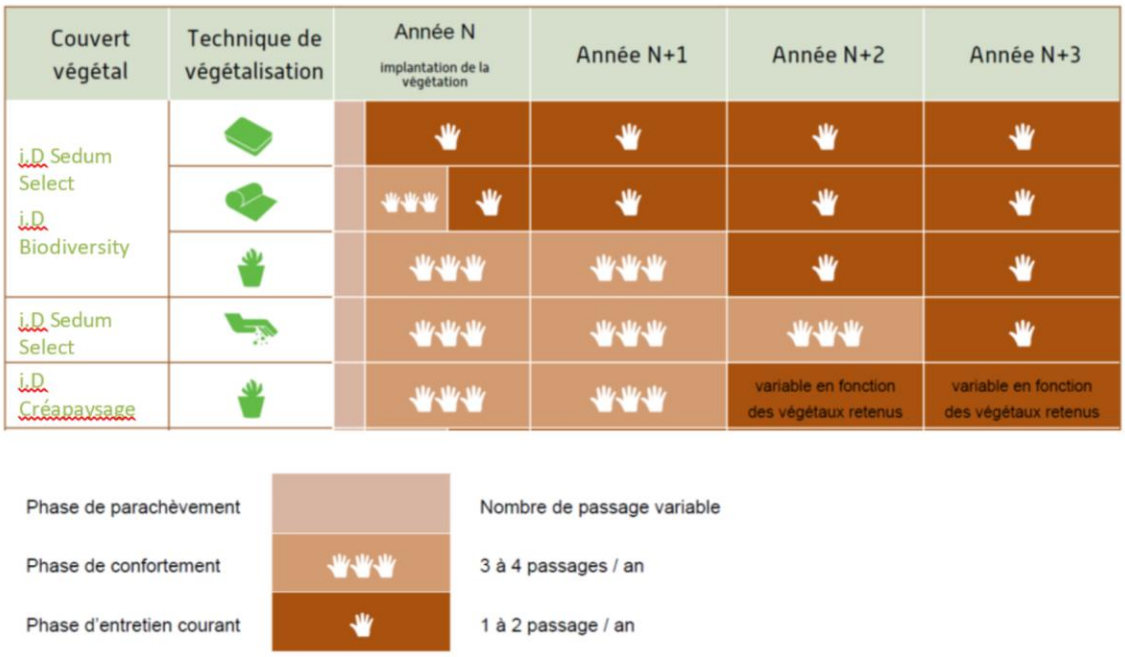


Tableau 6.1 – Phases d'entretien et fréquences minimales d'intervention en fonction de la technique de végétalisation

Type de végétalisation		**Éléments précultivés (tapis ID Mat Sedums ou HYDROPACK®)**	**Plantation de micro-mottes ID Mottes ou de godets**	**Semis de fragments i.D Fragments**
Période de Confortement	Durée de la période de confortement	3 à 6 mois	1 à 2 ans	1 à 3 ans
	Fréquence minimale d'intervention	1 à 2 / an	3 à 4 / an	3 à 4 / an

Tableau 6.2 – Entretien à prendre en compte durant la période de confortement

Mode de mise en œuvre	**Période de mise en œuvre** (1)	**Taux initial après mise en œuvre**	**Taux de couverture à 1 an**	**Taux de couverture à 3 ans**
Éléments précultivés (tapis et bacs **HYDROPACK®**)	Toutes saisons	≥ 70 %	≥ 80 %	≥ 80 %
Plantation de micro-mottes	Printemps ou automne(2)	≥ 5 %	≥ 60 %	≥ 80 %
Semis de fragments ou de graines	Printemps ou automne(3)	0 %	≥ 40 %	≥ 80 %

(1) Sauf périodes de sécheresse ou de gel.
(2) À moduler en fonction des zones climatiques.
(3) Milieu de printemps et début d'automne.
(4) Taux de couverture visé moyennant :
- la réalisation d'une étude technique préalable,
- la mise en œuvre du système en bonnes conditions,
- la mise en place d'un contrat d'entretien,

et hors conditions climatiques exceptionnelles.

Tableau 6.3 – Périodes de mise en œuvre et taux de couverture visé (4) - à titre indicatif

Annexe 7 – Arrosage des solutions VEGETAL i.D®

LOCALISATION DU PROJET	PENTE	ORIENTATION	ARROSAGE AUTOMATIQUE
Régions Zone 1 Nord Pas-de-Calais, Picardie, Haute et Basse Normandie, Bretagne	0 à 20%	Toutes	-
	> à 20%	Toutes	✓
Régions Zone 3 Midi-Pyrénées, Languedoc-Roussillon, Provences-Alpes-Côte d'Azur, Drôme, Ardèche, Corse, Isère	Toutes	Toutes	✓
Régions Zone 2 Autres régions	0 à 15%	Toutes	-
	15 à 20%	Nord	-
		Autres	✓
	> à 20%	Toutes	✓

Figure 7.1 – Tableau indicatif d'aide à la décision de mise en place d'un arrosage automatique

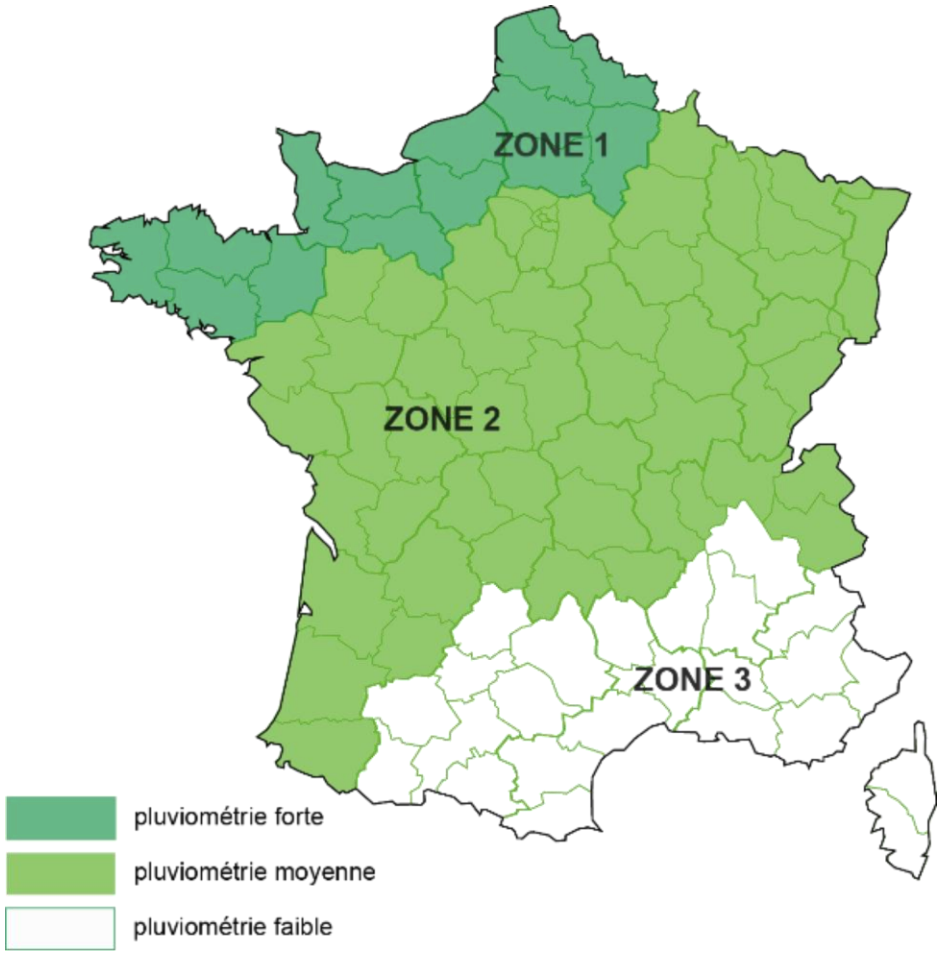


Figure 7.2 – Carte de France des zones de pluviométrie homogènes relatives au réseau d'assainissement des agglomérations

Annexe 8 – Vues des systèmes de végétalisation Vegetal i.D®

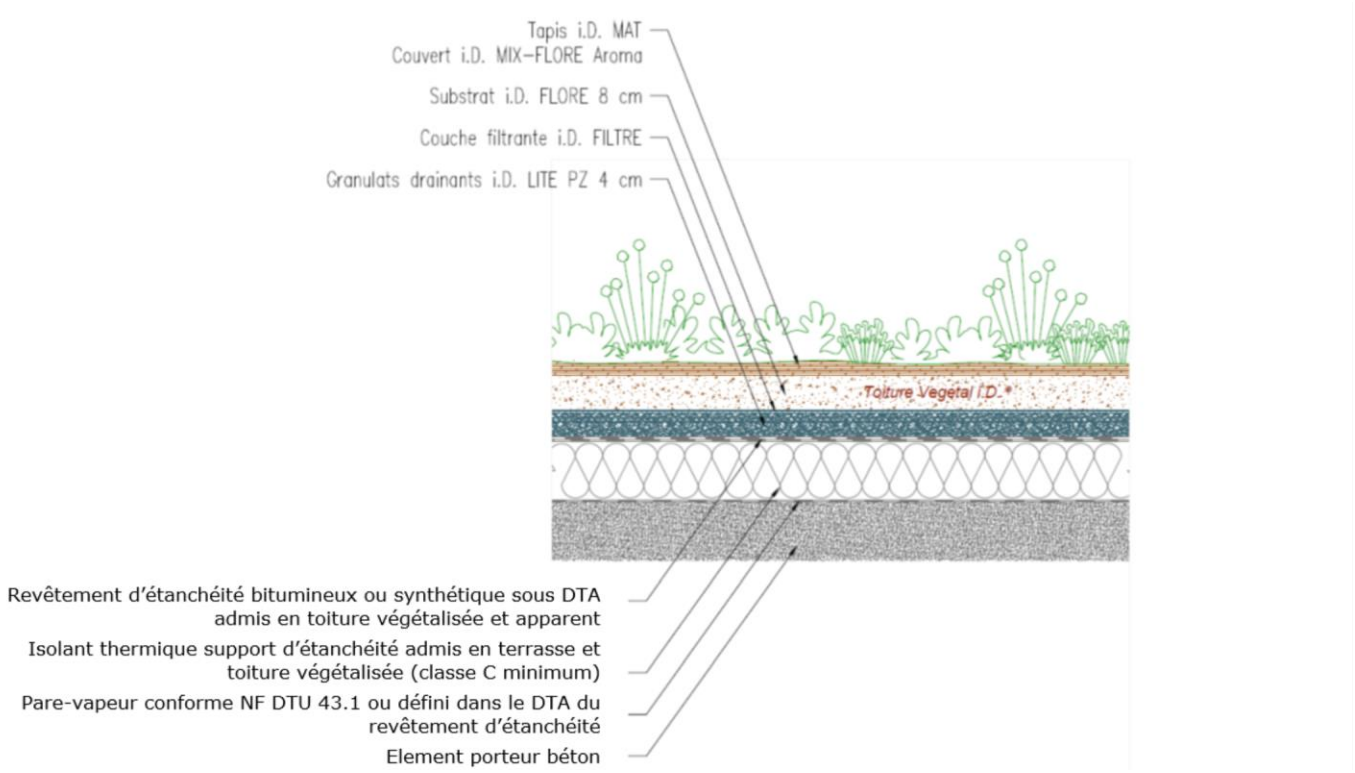


Figure 8.1 - Système multicouche VEGETAL i.D® avec tapis précultivé i.D MAT - pente ≤ 3 %

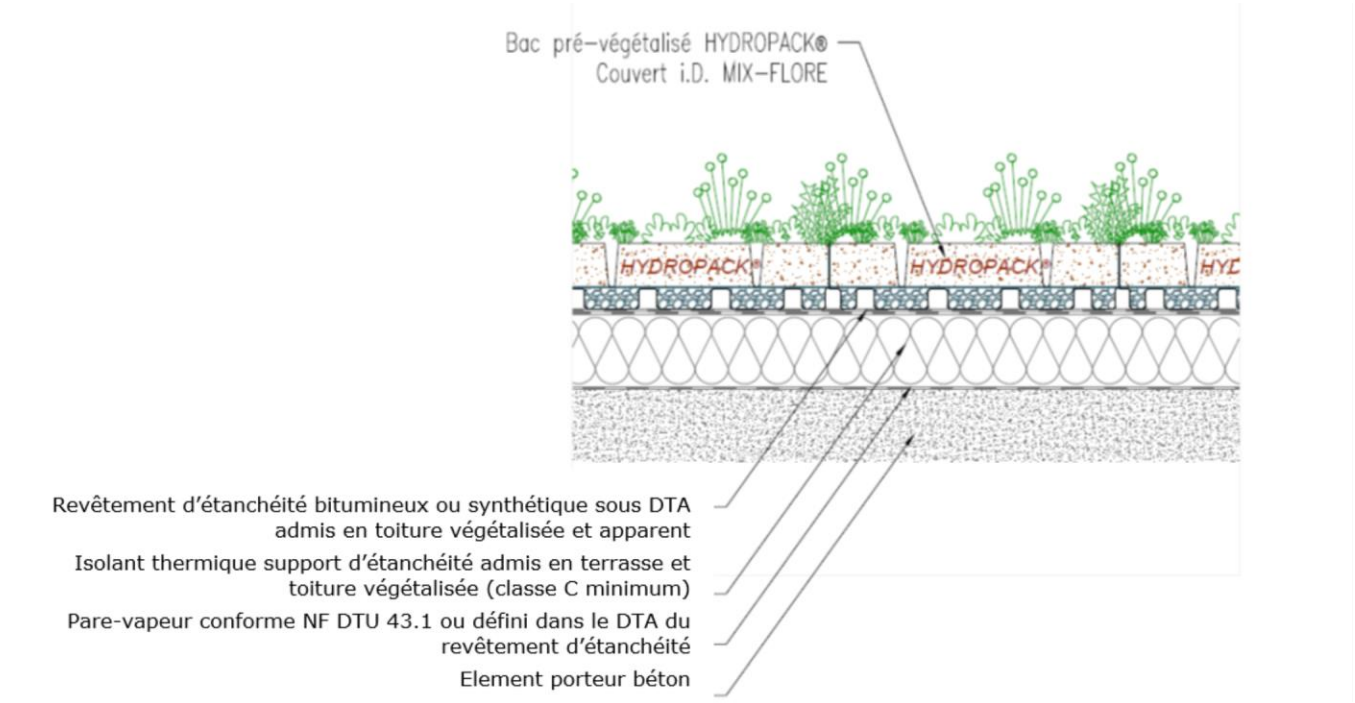


Figure 8.2 - Système HYDROPACK® - pente ≤ 3 %

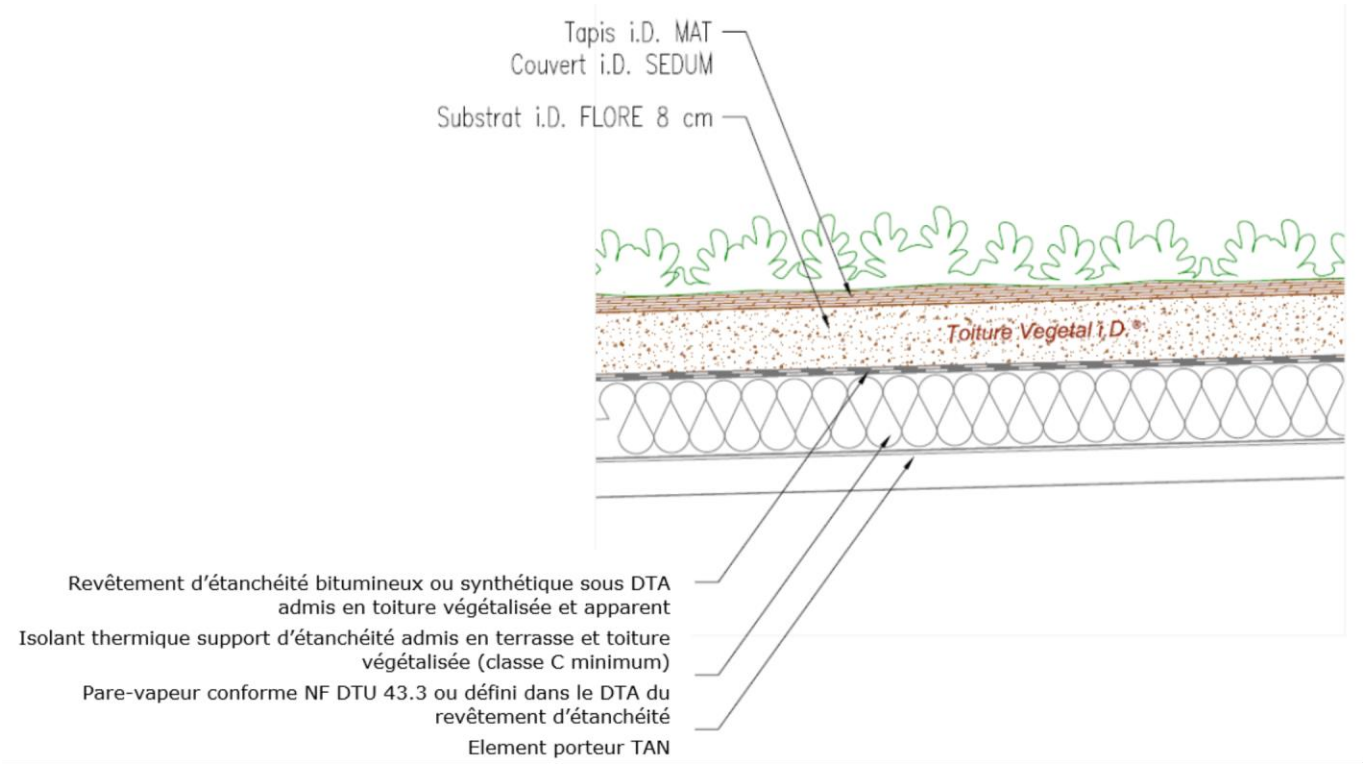


Figure 8.3 - Système multicouche VEGETAL i.D® avec tapis précultivé i.D MAT - pente > 3 % et ≤ 20 %

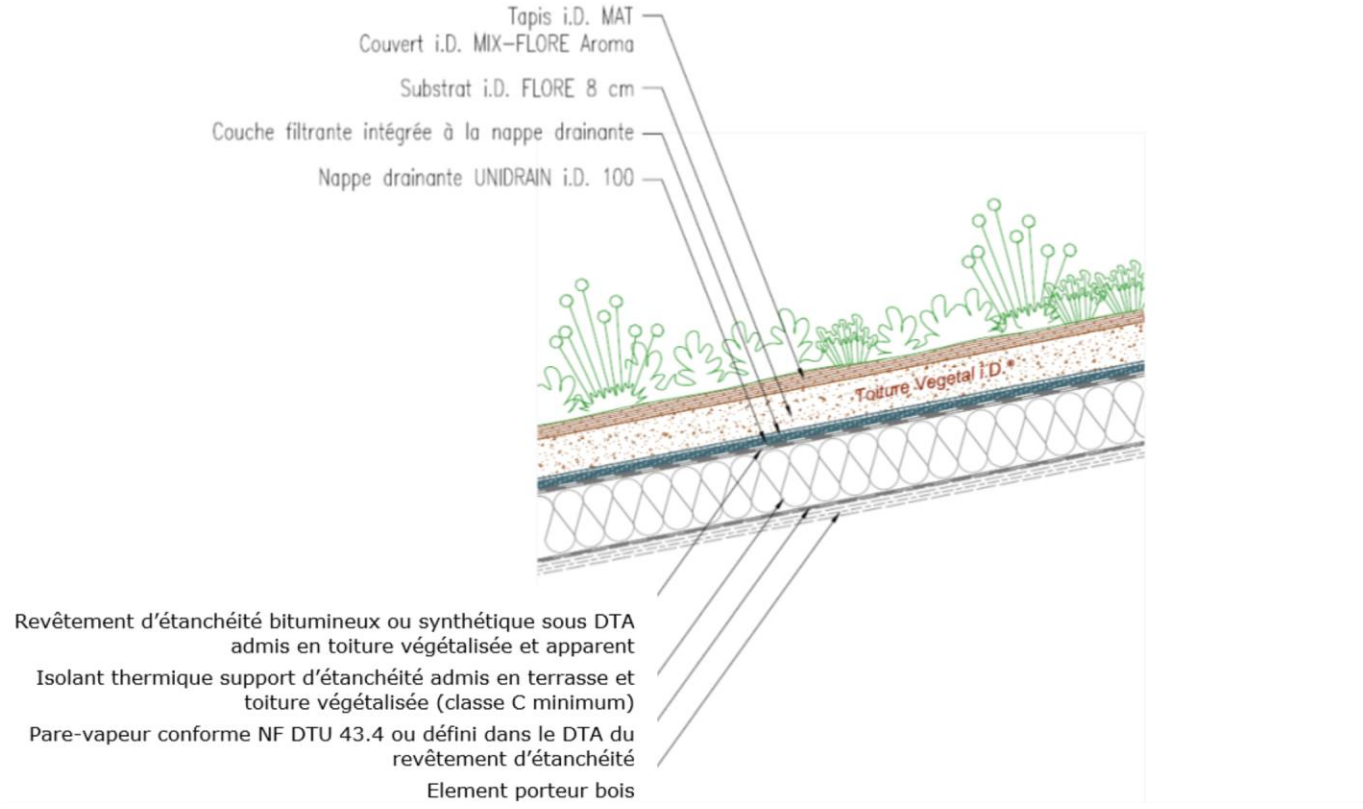


Figure 8.4 Coupe de principe d'un système multicouche VEGETAL i.D® avec tapis précultivé i.D MAT - pente > 3 % et ≤ 20 %

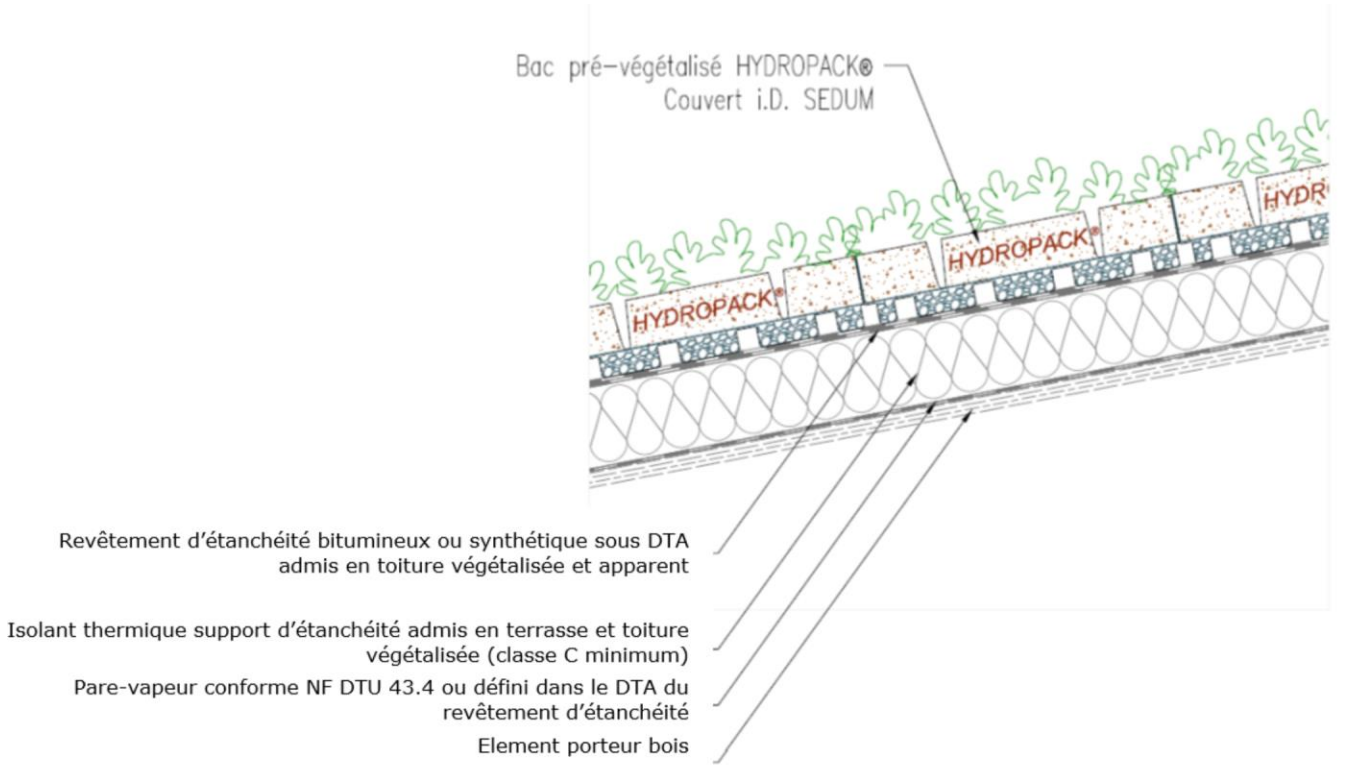


Figure 8.5 - Système HYDROPACK® - pente > 3 % et ≤ 20%

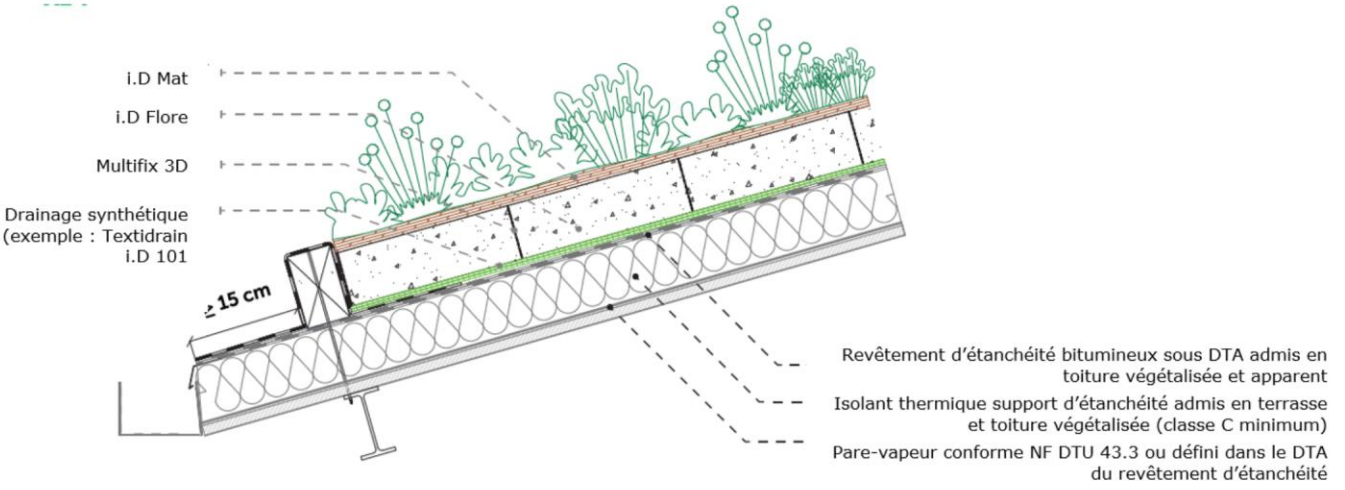


Figure 8.6 - Système multicouche VEGETAL i.D® avec tapis précultivé i.D MAT - pente comprise entre 21 et 35 % (avec système anti-érosion Multifix 3D en indépendance)

Annexe 9 – Illustrations

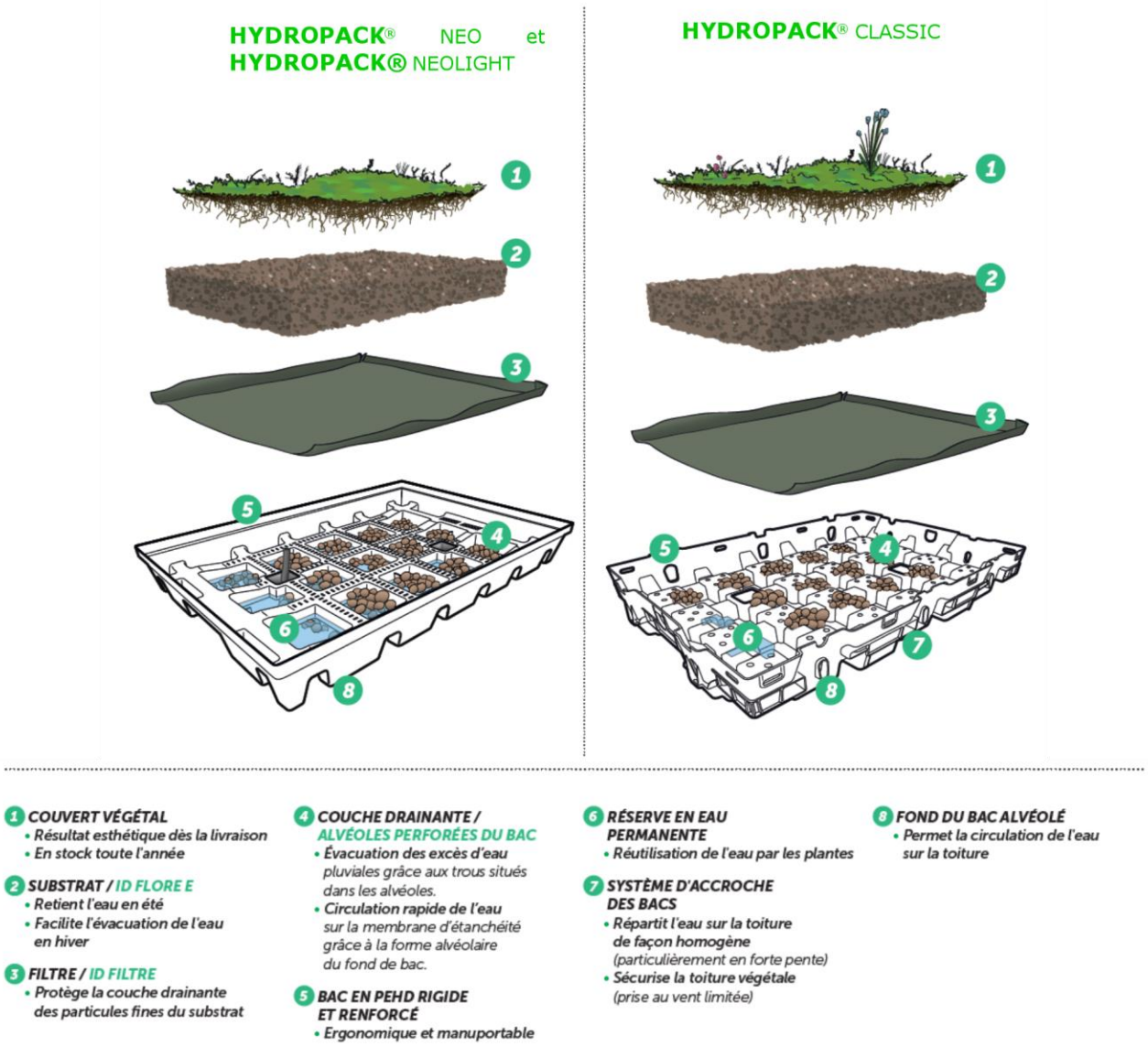


Figure 9.1 Vue éclatée d'un bac HYDROPACK®NEO et NEOLIGHT et d'un bac HYDROPACK®CLASSIC

Figure 9.2 Coupe transversale type d'un bac HYDROPACK®

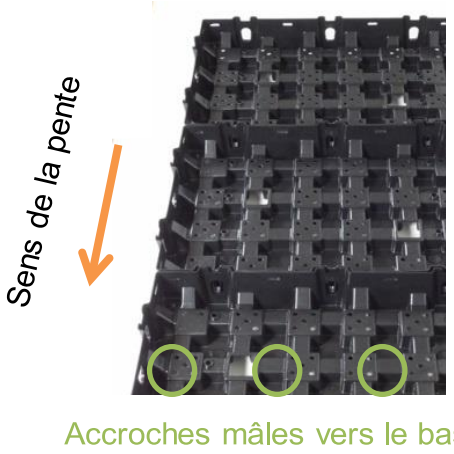


Figure 9.3 Sens de mise en œuvre du bac HYDROPACK®CLASSIC

Figure 9.4 HYDROPACK®CLASSIC : illustration du mode de liaisonnement des bacs entre eux par collier

Figure 9.5 Dispositif de maintien du substrat i.D SEDUM SELECT - Multifix 3D posé libre – pente comprise entre 21 et 35 %

Figure 9.6 Mise en œuvre des bacs HYDROPACK®

Figure 9.7 Mise en œuvre de la couche de substrat par soufflage puis nivellement

Figure 9.8 Mise en œuvre de la couche de substrat par soufflage, puis nivellement – pente comprise entre 21 et 35 %

Figure 9.9 Mise en œuvre de la couche de substrat en big bags, puis nivellement - pente comprise entre 21 et 35 %

Figure 9.10 Mise en œuvre de la couche végétale par plantation de micromottes (couvert i.DBIODIVERSITY MIXFLORE)

Figure 9.11 Mise en œuvre de la couche végétale par tapis i.D MAT SEDUM