

Avis Technique 5/15-2431*V1

Édition corrigée du 12 octobre 2015

*Procédés de végétalisation
des toitures
Green roof system
Dachbegrünung*

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

Titulaire : 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

Fabricant : Le Prieuré Sarl, Moisy (Loir et Cher)

Distributeur : Le Prieuré

Commission chargée de formuler des Avis Techniques
(arrêté du 21 mars 2012)

Groupe Spécialisé n° 5.2

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

Vu pour enregistrement le 16 décembre 2015



Secrétariat de la commission des Avis Techniques
CSTB, 84 avenue Jean Jaurès, Champs sur Marne, FR-77447 Marne la Vallée Cedex 2
Tél. : 01 64 68 82 82 - Fax : 01 60 05 70 37 - Internet : www.cstb.fr

Le Groupe Spécialisé n° 5 « Produits et procédés d'étanchéité de toitures-terrasses, de parois enterrées et cuvelage » a examiné, le 7 juillet, 17 novembre 2014, et le 19 janvier 2015, le procédé de végétalisation pour terrasses et toitures « Solutions de toitures Vegetal i.D.®, Multicouches et HYDROPACK® » présentée par la Société Le Prieuré Sarl. Il a formulé, sur ce système, l'Avis Technique ci-après. Cet Avis a été formulé pour les utilisations en France européenne. Ce document annule et remplace l'Avis Technique 5/15-2431.

1. Définition succincte

1.1 Description succincte

Le procédé « Solutions de toitures Vegetal i.D.®, Multicouches et HYDROPACK® » est un procédé de végétalisation pour toitures-terrasses et toitures inclinées inaccessibles de pente de 0 % à 35 % selon les conditions prévues dans le Dossier Technique.

Dans le cas de pente de 21 à 35 %, le revêtement d'étanchéité est un bi-couche bitumineux bénéficiant d'un Document Technique d'Application admis en toitures végétalisées et la longueur de rampant maximale est de 8 mètres dans le cas de la Solution HYDROPACK®.

Le procédé est directement mis en œuvre sur le revêtement d'étanchéité, ou sur la couche d'isolation dans le cas des toitures avec isolation inversée.

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

Organisation de la mise en œuvre

Elle est assurée par des entreprises d'étanchéité qualifiées. Une assistance technique doit être demandée à la Société Le Prieuré, dès la phase conception.

1.2 Identification

L'emballage des produits permet leur identification.

1.3 Mise sur le marché

Le procédé « Solutions de toitures Vegetal i.D.®, Multicouches et HYDROPACK® » ne fait pas l'objet d'une déclaration des performances établie par le fabricant.

2. AVIS

2.1 Domaine d'emploi accepté

Identique au domaine proposé par le Dossier Technique.

2.2 Appréciation sur le procédé

2.21 Aptitude à l'emploi

Sécurité au feu

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

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

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

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 intérieur

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

Sécurité en cas de séisme

Selon la réglementation sismique définie par :

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

Le procédé peut être mis en œuvre, en respectant les prescriptions du Dossier Technique sur des bâtiments de catégorie d'importance I, II,

III et IV, situés en zone de sismicité 1 (très faible), 2 (faible), 3 (modérée) et 4 (moyenne), sur des sols de classe A, B, C, D et E.

Prévention des accidents et maîtrise des risques lors de la mise en œuvre ou de l'entretien

Elle peut être normalement assurée.

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

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

Données environnementales et sanitaires

Il n'existe pas de FDES pour le procédé.

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

Isolation thermique

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

Accessibilité de la toiture

Ce procédé convient aux toitures-terrasses et toitures inclinées inaccessibles végétalisées.

Emploi en climat de montagne

Ce procédé de végétalisation est revendiqué pour une utilisation en climat de montagne dans les conditions du Dossier Technique et conformément à la norme NF DTU 43.11.

Emploi dans les régions ultrapériphériques

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

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 *paragraphe 1.2* du Dossier Technique.

Résistance aux effets du vent

Les dispositions prévues permettent d'escompter un comportement satisfaisant jusqu'à une dépression au vent extrême définie au *paragraphe 3.2* du Dossier Technique.

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.

2.22 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 P 84 série 200 (référence 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 *paragraphe 10* 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.

2.23 Fabrication

Les tapis pré-cultivés i.D. MAT SEDUM, les bacs HYDROPACK® et les substrats sont fabriqués par Le Prieuré. Les autres constituants sont

fabriqués pour le compte de la Société Le Prieuré qui en assure la distribution.

2.24 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 à une autre entreprise (laquelle peut être 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.

2.3 Cahier des Prescriptions Techniques

2.31 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.

2.32 Cas de la réfection

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

Conclusions

Appréciation globale

L'utilisation du procédé dans le domaine d'emploi accepté (cf. *paragraphe 2.1*) et complété par le Cahier des Prescriptions Techniques, est appréciée favorablement.

Validité

Jusqu'au 30 janvier 2018.

*Pour le Groupe Spécialisé n° 5
Le Président*

3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

- 1) 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.
- 2) Dans le cas des pentes comprises entre 21 et 35% avec revêtement d'étanchéité bitumineux bi-couche, le système de végétalisation doit être retenu par une butée rigide en bas de pente réalisée en chevron bois classe 3b réétanché.
- 3) La société Le Prieuré prévoit, en phase conception, une étude systématique afin de définir les solutions de végétalisations envisageables selon la configuration de la toiture, et les sollicitations rencontrées.

Le Rapporteur du Groupe Spécialisé n° 5

Dossier Technique

établi par le demandeur

A. Description

1. Généralités

1.1 Principe

Les solutions de végétalisation de « Solutions de toiture Vegetal i.D.®, Multicouches et HYDROPACK® » développées par Le Prieuré sont des solutions complètes de végétalisation.

Elles sont destinées aux terrasses et toitures inaccessibles, de pente inférieure ou égale à 35 % 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. § 2) en :

- France européenne ;
- Climat de plaine ;
- Climat de montagne, sur élément porteur en maçonnerie uniquement (pente $\leq 20\%$) ;

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

- Revêtement d'étanchéité en :
 - asphalte traditionnel jardins (pente $\leq 3\%$) ;
 - asphalte bénéficiant d'un Avis Technique visant son emploi sur terrasses et toitures végétalisées ou jardins (pente selon AT particulier du revêtement) (pente $\leq 5\%$) ;
 - revêtement d'étanchéité bi-couche 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 ou fixé mécaniquement (pente $\leq 35\%$) ;
 - * adhérence (pente $\leq 35\%$) ;
 - * indépendance, uniquement pour des pentes $\leq 5\%$ sur éléments porteurs en maçonnerie selon le paragraphe 3.4.
 - 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, posée :
 - * en semi-indépendance, ou fixé mécaniquement (pente $\leq 20\%$) ;
 - * en pleine adhérence (pente $\leq 20\%$) ;
 - * en indépendance en pente $\leq 5\%$ sur éléments porteurs en maçonnerie selon le paragraphe 3.4.
- 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.
- Isolant thermique inversé bénéficiant d'un Document Technique d'Application visant l'utilisation sous jardin ou sous protection végétalisée.

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

- Le système HYDROPACK® ;
- Les systèmes Multicouches Vegetal i.D.® avec 3 techniques de végétalisation :
 - Par tapis pré-cultivé i.D. MAT, pente inférieure ou égale à 35 %,
 - Par plantations i.D. MOTTE / i.D. GODET, en pente $< 10\%$,
 - Par semis i.D. FRAGMENTS, en pente $< 10\%$.

Ces systèmes répondent, dans leur constitution, aux exigences des Règles Professionnelles éditées par la CSFE (édition n° 2, novembre 2007).

1.2 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 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

4.2 (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.

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.

1.3 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 co-traitante ou 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 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. Destination et domaine d'emploi

Les zones traitées en végétalisation ne sont pas destinées à un piétement 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 de toiture Vegetal i.D.® sont utilisables :

Sur les éléments porteurs en :

- Maçonnerie conforme au NF DTU 20.12, de pente $\geq 0\%$ et $\leq 35\%$. Dans le cas de pente comprise entre 21 et 35 %, les longueurs de rampants sont limitées lors d'une solution de végétalisation HYDROPACK®. (Cf. *paragraphe 5.3*).
- Dalles de béton cellulaire autoclavé armé, visées par un Avis Technique, de pente $\geq 1\%$ et $\leq 35\%$. Dans le cas de pente comprise entre 21 et 35 %, les longueurs de rampants sont limitées lors d'une solution de végétalisation HYDROPACK®. (Cf. *paragraphe 5.3*).
- Tôle d'acier nervurée (TAN) conforme au NF DTU 43.3, de pente $\geq 3\%$ et $\leq 35\%$. Dans le cas de pente comprise entre 21 et 35 %, les longueurs de rampants sont limitées lors d'une solution de végétalisation HYDROPACK®. (Cf. *paragraphe 5.3*).
- Bois massif ou panneaux à base de bois conformes au NF DTU 43.4, de pente $\geq 3\%$ et $\leq 35\%$. Dans le cas de pente comprise entre 21

et 35 %, les longueurs de rampants sont limitées lors d'une solution de végétalisation HYDROPACK®. (Cf. paragraphe 5.3).

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 P 84-208 (référence 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 $\geq 3\%$ dans tous les cas, y compris les cas de noue en pente (cf. *Annexe 4, tableau 4.1*).

3. Prescriptions concernant les éléments porteurs et supports

3.1 Éléments porteurs et charges à prendre en compte

Quel que soit l'élément porteur, en maçonnerie, en béton cellulaire autoclavé armé, en tôles d'acier nervurées, en bois massif et panneaux à base de bois, les charges de calcul à prendre en compte sont les charges permanentes correspondant à la somme :

- du poids du complexe isolation - étanchéité (pare-vapeur si nécessaire, isolant, revêtement d'étanchéité),
- du poids du système de végétalisation à capacité maximale en eau (couche drainante, couche filtrante, substrat, végétaux, dispositifs de retenue éventuels). Les tableaux de l'annexe 4 présentent les charges maximales à CME des solutions Vegetal i.D.® 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. Par exemple : la charge de végétalisation la plus élevée est :
 - Sur support en maçonnerie en pente $\leq 20\%$: 320 daN/m²
 - Sur support TAN en pente comprise entre 21 et 35 % : 143 daN/m²
- Dans le cas d'éléments porteurs en maçonnerie, ou dalle de béton cellulaire autoclavé armé, ou TAN, une charge :
 - de sécurité fixée forfaitairement à 15 daN/m²,
- Dans le cas d'éléments porteurs en bois massif ou panneaux à base de bois, une charge :
 - de sécurité fixée forfaitairement à 15 daN/m²,
 - complémentaire forfaitaire de 85 daN/m² (soit 100 daN/m² au total) pour tenir compte de leur fluage naturel, lorsque la pente est inférieure à 7 % sur plan.

3.2 Soulèvement lié au vent

3.2.1 Pente comprise entre 0 et 20 %

Les dispositions prévues permettent d'escompter un comportement satisfaisant jusqu'à une dépression au vent extrême de 3 938 Pa selon les Règles NV 65 modifiées.

3.2.2 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®, liés par la mise en place de 4 colliers polyamides (un collier par côté de (cf. *Figure 9.4 et tableau 2.9 de l'Annexe 2*), la valeur limite de dépression est de 3 938 Pa.

3.3 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, sauf dans le cas de l'asphalte pour toitures-terrasses jardins conforme aux normes P 84 série 200 (référence DTU série 43). De manière générale, les éléments porteurs, supports et système d'étanchéité doivent être conformes aux prescriptions des normes - DTU ou aux Documents Techniques d'Application correspondants.

3.3.1 Éléments porteur en maçonnerie

Ils doivent conformes aux prescriptions de la norme NF P 10-203-1 (référence DTU 20.12 P1) ou à celles de leurs Avis Techniques particu-

liers, notamment en ce qui concerne les pentes, les états de surface, les dimensionnements et stabilité des ouvrages annexes.

3.3.2 Éléments porteur en dalles de béton cellulaire autoclavé armé

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

3.3.3 Éléments 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*).

3.3.4 Éléments 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 $\geq 3\%$ sur plans.

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

3.3.5 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.

3.3.5.1 Supports isolants thermiques non porteurs

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

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

Dans le cas d'un support isolant dont la compression à 10 % de déformation (norme NF EN 826) est inférieure à 100 kPa (cf. tableau des Caractéristiques spécifiées du Document Technique d'Application des panneaux isolants), 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.

3.3.5.2 Isolation inversée

Sur maçonnerie, de pente $\leq 5\%$, l'utilisation de panneaux isolants de polystyrène extrudé en isolation inversée est admise selon le Document Technique d'Application particulier de l'isolant visant favorablement leur emploi en terrasses et toitures végétalisées.

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 :

$$1.3 \times 120 = 156 \text{ kg/m}^2$$

- Isolant 3 à 8 cm : poids TTV à sec $\geq 104 \text{ daN/m}^2$,
- Isolant 9 à 10 cm : poids TTV à sec $\geq 130 \text{ daN/m}^2$,
- Isolant 11 à 12 cm : poids TTV à sec $\geq 156 \text{ daN/m}^2$.

b) Soit sur le dessus de la protection lourde meuble par granulats du complexe de toiture inversée.

La protection meuble des panneaux isolants définie dans le Document Technique d'Application du système d'isolation inversée constitue la couche drainante du système de végétalisation.

Dans ce cas, l'épaisseur de la protection et du lestage des panneaux isolants sont définies dans le Document Technique d'Application du système d'isolation inversée.

3.353 Revêtements d'étanchéité

Les revêtements d'étanchéité admis sont en :

- Asphalte traditionnel sur maçonnerie pour une utilisation en toiture-terrasse jardin (pente $\leq 3\%$) selon la norme NF P 84-204-1 (référence DTU 43.1 P1) ou selon Avis Technique visant favorablement leur emploi sous protection végétalisée ;
- Revêtement d'étanchéité bi-couche bitumineux bénéficiant d'un Document Technique d'Application pour l'utilisation en 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 selon la norme NF EN 13948 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.

3.4 Mise en œuvre du complexe isolation - Étanchéité

Se reporter au Document Technique d'Application de l'isolant et 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 $\leq 5\%$ dans les seuls cas suivants :

- Revêtements à base d'asphalte traditionnel de type jardin, ou 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/m^2 , 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 le Document Technique d'Application particuliers.

4. Solutions de végétalisation de toiture Vegetal i.D.® - Généralités

4.1 Constituants

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. paragraphe 3.352).

4.2 Adaptation de la solution de végétalisation à chaque situation

Cf §1.2

4.3 Couverts végétaux

La végétation 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 3.5).

Le Prieuré propose :

- Un couvert végétal i.D. SEDUM composé de différentes variétés de sedums ;
- des couverts végétaux i.D. MIX-FLORE 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 si la contrainte admissible définie dans le DTA particulier de l'isolant le permet.

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 P 84-204-1-1 (référence DTU 43.1 P1-1) et dans la liste réactualisée (NF DTU 43.11, tableau 28).

4.31 Couvert i.D. SEDUM

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 3.4.

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.

4.32 Couvert i.D. MIX-FLORE

Ces couverts associent aux sedums d'autres vivaces, sélectionnées pour leur bon comportement en végétalisation de toitures. Avec les couverts i.D. MIX-FLORE, 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, quatre variantes i.D. MIX-FLORE sont possibles :

- i.D. MIX-FLORE AROMA : Sedum et vivaces aromatiques à fleurs ;
- i.D. MIX-FLORE PRAIRIE : Sedum, vivaces et graminées ;
- i.D. MIX-FLORE MONTAGNE : Sedum et vivaces adaptées au climat de montagne ;
- i.D. MIX-FLORE OMBRE : Sedum et vivaces adaptées à l'ombre.

5. Système prêt à l'emploi HYDROPACK®

5.1 Description et caractéristiques techniques

5.1.1 Description

Solution « tout en un » de la Société Le Prieuré, le système, HYDROPACK® 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 Figures 11.1 et 11.2

Les bacs HYDROPACK® se clipsent les uns aux autres dans les cas des pentes comprises entre 0 et 20 %.

Les bacs HYDROPACK® se clipsent et s'accrochent avec des colliers polyamide les uns aux autres dans les cas des pentes comprises entre 21 et 35 % pour les dépressions jusqu'à 3 938 Pa.

Cf. paragraphe 3.2 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.
- 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 pré-culture en pépinière, les bacs HYDROPACK® bénéficient d'un taux de couverture de 70 % minimum lors de la livraison (sauf indication particulière).

5.2 Mise en œuvre des bacs HYDROPACK® pour les toitures de pentes comprises entre 0 et 20 %

Les bacs HYDROPACK® sont posés directement sur le revêtement d'étanchéité. Ils s'assemblent les uns aux autres au moyen du système d'accroche aménagé en périphérie des bacs (cf. *figure 9.1*).

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.

- Poids des palettes : 1 100 kg en moyenne ;
- Hauteur maxi des palettes 1.7 m.

Sur élément porteur TAN, bois ou panneaux à base de bois, 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. § 5.4) 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. § 5.43 ci-après).

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

5.3 Mise en œuvre du système de retenue en bas de pente des bacs HYDROPACK® pour les toitures de pentes comprises entre 21 et 35 % et de rampant < 8 m

Lors de la mise en œuvre du revêtement d'étanchéité bitumineux bicouche et avant la mise en œuvre des bacs HYDROPACK®, une butée rigide en bas de pente doit être installée par l'entreprise d'étanchéité qualifiée (cf. Annexe 4, *tableaux 4.3 et 4.4, figure 5.15*).

Indépendamment de la zone géographique où se situe le projet, un arrosage par système d'irrigation automatisé¹ est obligatoire pour la survie du couvert végétal.

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

Les bacs HYDROPACK® 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.

5.4 Zone stérile et aménagement de bas de pente avec HYDROPACK®

5.4.1 Détermination des espaces à aménager en zone stérile avec les bacs HYDROPACK®

Se reporter au chapitre 7 et à l'annexe 5.

Dans le cas de végétalisation avec la solution par bacs prêts à l'emploi HYDROPACK®, des dispositions particulières sont admises.

Les canaux en sous face des bacs permettent une évacuation facile de l'eau. D'autre part, ces bacs sont amovibles, ce qui permet de « visiter » facilement les relevés d'étanchéité. La zone stérile devient facultative dans les cas détaillés ci-après.

5.4.1.1 Cas des pentes ≤ 3 %

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.

La hauteur des relevés d'étanchéité est réalisée conformément aux Règles Professionnelles éditées par la CSFE (édition n° 2, novembre 2007).

En l'absence de zone stérile, les hauteurs de relevés sont comptées à partir de la surface du substrat.

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.

5.4.1.2 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 au § 7.11 et à la *figure 5.2 de 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 éditées par la CSFE (édition n° 2, novembre 2007) pour les pentes comprises entre 3 et 20%, sont mises en œuvre pour les pentes comprises entre 21 et 35%. En cas de relevé en noue, la hauteur de relevé doit être de 250 mm 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 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. § 5.44 ci-après).

5.4.2 Aménagement de la zone stérile

cf. *paragraphes 7.2 et 7.3*.

5.4.3 Dispositif de séparation

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.

5.4.4 Butée rigide en bas de pente

Pour les pentes comprises entre 6 % et 35 %, une butée est obligatoire en bas de rampant. Elle permet d'éviter le glissement des bacs HYDROPACK® à long terme.

Les bacs HYDROPACK® doivent être en appui en bas de pente sur l'un des dispositifs décrits dans le § 7.5.

cf. Annexe 5, *figures 5.12, 5.14, 5.15*.

5.5 Entretien d'une toiture végétalisée avec HYDROPACK®

cf. § 12 « Entretien ».

6. Solutions Multicouches Vegetal i.D.®

6.1 Description

Les solutions Multicouches Vegetal i.D.® permettent la création d'un couvert Vegetal i.D.® par la mise en place successive sur l'étanchéité d'une couche :

- De protection mécanique éventuelle requise par le DTA particulier du revêtement d'étanchéité ou de l'isolant inversé ;
- Drainante ;
- Filtrante ;
- De substrat ;
- Végétale.

Exemple : cf. *Annexe 8*.

Dans le cas des toitures en pente comprise entre 20 et 35 % avec revêtement d'étanchéité en feuille bitumineuse, une butée de bas de pente est obligatoire. Cf. paragraphe 6.3.

¹ Non visé par le présent document

6.2 Éléments constitutifs du complexe de culture

Se reporter aux tableaux de l'Annexe 2.

6.21 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.

6.22 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 et 4.3.

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 $\geq 3\%$:

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.

- Couches drainantes plus épaisses pour les toitures-terrasses de pente $< 3\%$:
 - nappe drainante en matériaux recyclés ECODRAIN i.D. 300 avec filtre intégré,
 - 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.

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 $\leq 5\%$, 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 bi-couche bitumineux la mise en place d'un écran d'interposition entre l'étanchéité et les granulats n'est pas obligatoire.

6.23 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'eau pluviale.

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.

6.24 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.

6.25 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 éditées par la CSFE (édition n° 2, novembre 2007) 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.

Le choix du substrat dans la gamme i.D. FLORE ainsi que son épaisseur doivent en outre 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.

La hauteur de substrat mise en œuvre varie en général de 4 à 15 cm. Elle est fonction des critères présentés dans le *tableau 4.2 de l'Annexe 4*. De façon indicative, les hauteurs de substrat recommandées sont indiquées dans les *tableaux 4.2 et 4.4 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 pré-cultivés i.D. MAT.

Pour un couvert de type i.D. MIX-FLORE, la hauteur de substrat dépendra des vivaces retenues (les valeurs minimales sont indiquées au *tableau 3.5 de l'Annexe 3*).

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.

6.26 Couche végétale

En solutions Multicouche Vegetal i.D.[®], la couche végétale peut être mise en place par trois techniques différentes, en :

- Déroulant des tapis pré-cultivés de sedums i.D. MAT ;
- Plantant des micro-mottes i.D. MOTTE ou des godets i.D. GODETS ;
- Semant des fragments de sedums i.D. FRAGMENT.

6.26.1 Tapis pré-cultivés i.D. MAT (pente $\leq 35\%$)

Les tapis i.D. MAT sont pré-cultivés 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, pré-cultivés avec le couvert i.D. SEDUM ;
- Tapis i.D. MAT MIX-FLORE, pré-cultivés avec le couvert de vivaces i.D. MIX-FLORE.

Les tapis pré-cultivés 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.

La mise en œuvre des rouleaux pré-cultivés 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 lors de la réalisation du chantier (cf. *figure 9.11*).

Sur élément porteur TAN, bois ou panneaux à base de bois, 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 pré-cultivés 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 (édition n° 2, novembre 2007), un point d'eau est indispensable en toiture (cf. § 9).

6.262 Plantations i.D. MOTTE ou i.D. GODETS (pente ≤ 10 %)

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.

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 MIX-FLORE.

Elle ne doit pas être mise en œuvre sur des toitures avec une pente supérieure à 10 %.

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 m². 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 m². Des micro-mottes de sedums seront plantées en complément, pour obtenir au final une densité minimum de 15 à 20 plantes par m².

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 (édition n° 2, novembre 2007), un point d'eau est indispensable en toiture (cf. § 9).

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. À 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).

6.263 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.

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

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/m² 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 (édition n° 2, novembre 2007), un point d'eau est indispensable en toiture (cf. § 9).

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

Cas du semis par projection hydraulique

Cf. § 11.2

6.264 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/m²) et à la compléter par un semis manuel de fragments de sedum à la dose de 50 g/m².

6.27 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.

6.28 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. § 7).

6.3 Cas particulier des systèmes Multicouches VEGETAL i.D.® pour les toitures de 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 pré-cultivés 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. *paragraphe 7.5*) 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. SEDUM pour éviter son érosion.

Le réseau est constitué de bandes souples perforées pour permettre l'écoulement de l'eau.

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 arrasé 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.

7. Zone stérile et aménagement de bas de pente

7.1 Détermination des espaces à aménager en zone stérile

Se reporter aux figures de l'annexe 5 en fin de Dossier Technique

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 éditées par la CSFE (édition n° 2, novembre 2007), une bande de 40 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.

7.11 Végétalisation avec HYDROPACK®

cf. § 5.4

7.12 Végétalisation avec système multicouches VEGETAL i.D.®

Cas des pentes ≤ 3 %

Une zone stérile doit être laissée en bordure d'acrotère et contre les diverses émergences. Cette zone stérile pourra être supprimée dans les cas suivants :

- La végétation doit être extensive et ne comporter ni graminées vivaces, ni plantes ligneuses ;
- La suppression de ces bandes stériles doit être validée par le bureau d'études de la Société Le Prieuré.

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

La hauteur des relevés d'étanchéité est réalisée conformément aux Règles Professionnelles éditées par la CSFE (édition n° 2, novembre 2007).

En l'absence de zone stérile, les hauteurs de relevés sont comptées à partir de la surface du substrat.

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 la Figure 2 de l'annexe 5.

- **Zone A – partie courante** : traitement identique à celui décrit au § 7.12 cas des pentes ≤ 3 %.

Cependant, si la pente est comprise entre 3 et 20 % et que les couches drainantes ont été supprimées, la couche filtrante reste indispensable au droit des dispositifs de séparation et des EEP.

- **Zone B – noues centrales ou de rive**, traitement selon la pente du fil d'eau de la noue :
 - si pente du fil d'eau de la noue > 2 %, traitement de la zone B en zone stérile ou à l'identique de la partie courante,

- si pente du fil d'eau de la noue ≤ 2 %, traitement de la zone B en zone stérile de 40 cm.

- **Zone C – bords de rive** : un dispositif situé en bas de pente doit permettre l'écoulement des eaux (cf. le principe au § suivant), et le maintien en place du substrat en s'opposant aux forces tangentielles liées à la poussée du substrat. Les simples pattes d'étanchéité ne suffisent pas lorsque la pente est supérieure à 5 % ;
Le bas de pente doit être muni d'un dispositif d'arrêt, cf. § 7.5.

La hauteur des relevés d'étanchéité est réalisée conformément aux Règles Professionnelles éditées par la CSFE (édition n° 2, novembre 2007) pour les pentes comprises entre 3 et 20 %. Les mêmes dispositions sont mises en œuvre pour les pentes entre 21 et 35 %. En cas de relevé en noue sur un rampant de pente comprise entre 21 et 35 %, la hauteur de relevé doit être de 250 mm.

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. 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.

7.2 Aménagement de la zone stérile pour les pentes inférieures ou égales à 20 %

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, 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 éditées par la CSFE (édition n° 2, novembre 2007).

La zone stérile et la zone végétalisée sont délimitées par un dispositif de séparation adapté (cf. § 7.4).

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

La mise en œuvre de la protection est conforme aux prescriptions de la norme NF P 84-204 (DTU 43.1) ou de l'Avis Technique de l'isolant. La protection doit en outre assurer le lestage de l'isolant. Cf. 3.352.

7.3 Aménagement de la zone stérile pour 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.

7.4 Dispositif de séparation entre la zone plantée et non plantée

7.4.1 Cas du système HYDROPACK®

La mise en place d'un filtre et d'une bande équerre métallique ajourée faisant séparation entre la zone végétalisée et la zone stérile n'est pas nécessaire.

En bas de pente, un dispositif d'arrêt reste nécessaire.

7.4.2 Cas des systèmes multicouches VEGETAL i.D.®

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 : elles doivent être en alliage d'aluminium ou en acier inoxydable (acier de qualité A2), d'épaisseur adaptée à la poussée qu'elles vont recevoir. Elles peuvent être maintenues en place sur l'étanchéité bitumineuse à l'aide de bandes d'étanchéité de nature identique soudées, selon les dispositions prévues dans le Document Technique d'Application particulier du revêtement.
- Bordures en béton uniquement dans le cas des couches drainantes filantes, sur élément porteur en maçonnerie, pente inférieure à $\leq 5\%$.

7.5 Butée rigide de bas de pente des systèmes Multicouches Vegetal i.D.®

Pour les pentes comprises entre 6 % et 35 %, une butée rigide est indispensable en bas de rampant. Le système Multicouches Vegetal i.D.® 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 $\leq 20\%$: une bande équerre ajourée en aluminium ou en acier inoxydable de longueur maximale 3 mètres, maintenue en place par les bandes d'étanchéité en feuille bitumineuse résistante aux racines (de même nature que la feuille de partie courante) soudée sur le revêtement d'étanchéité bitumineux selon les dispositions prévues dans le DTA particulier du revêtement,
- Pente comprise entre 21 et 35 % : une butée réalisée par des chevrons bois (classe d'emploi 3B) fixés à la structure porteuse et étanchés. Section minimale du chevron 80 x 80 mm ; ancrage mécanique au support 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 de l'Annexe 5.

7.6 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 éditées par la CSFE (édition n° 2, novembre 2007) (cf. figures 5.6 à 5.11).

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

8. 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 et i.D. MIX-FLORE Montagne. Ce dernier est un couvert constitué de plantes spécialement adaptées aux conditions climatiques du climat de montagne (cf. Annexe 3, tableau 3.3).

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.

La charge de neige s'ajoute aux charges de végétalisation (cf. Annexe 2, tableau 2.8).

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.

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

9.1 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 (voir Annexe 6) :

- Pour des projets dont l'étude technique et les critères de décisions en recommande 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.

9.2 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 pour la conception et la réalisation des toitures et terrasses végétalisées » édition 2, novembre 2007, CSFE, ADIVET).

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 au DTU série 43.

10. L'entretien de la toiture végétalisée

Trois périodes sont à différencier (cf. Annexe 6) :

10.1 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.

10.2 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 $\geq 80\%$ 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 ; voir *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.

10.3 La période d'entretien courant

Elle commence après l'obtention d'un taux de couverture $\geq 80\%$.

Voir 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...).

11. Equipements complémentaires pour la mise en œuvre des solutions multicouches VEGETAL i.D.®

Certains équipements spécifiques peuvent être utilisés afin de faciliter la mise en œuvre du substrat (camion silo) sur la toiture, ou d'améliorer la reprise des fragments de sedum (semis par projection hydraulique

11.1 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. Elle est économique pour les projets de grande surface.

11.2 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 surface.

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 dessèchement grâce au « mulch » de surface ainsi projeté.

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, ou par une entreprise agréée par Le Prieuré à cette fin. La technique i.D. SURE permet une mise en œuvre très rapide et un enracinement plus sûr des fragments.

12. Fabrication et contrôle des produits

Les différents produits entrant dans la composition des solutions de végétalisation de toiture Vegetal i.D.® sont fabriqués par et pour Le Prieuré.

Les caractéristiques des substrats i.D. FLORE 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.

Une mesure de la masse volumique est par ailleurs systématiquement réalisée au chargement de chaque camion de substrat en « vrac ».

Les tapis i.D. MAT, les bacs HYDROPACK®, les substrats i.D. FLORE sont fabriqués par Le Prieuré.

13. Conditionnement, marquage et stockage sur chantier

Se reporter aux *tableaux* de l'Annexe 2.

B. Résultats expérimentaux

- Caractérisation du comportement du bac en PEHD constitutif du Système HYDROPACK®.

Essais menés par le laboratoire de l'ENI Val-de-Loire à Blois (ENIV) (avril à juillet 2009) ; voir *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 | 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 | 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 |

Essais menés par le laboratoire CETIM (2012) ; voir *tableau* ci-dessous :

| N° | Essai | Référentiel |
|----|---|-------------|
| 15 | Série d'essais de compression latérale à sec et à CME | xxx |

- Procès-verbal de classement de réaction au feu n° RA09-0238 du 30 juillet 2009, substrat minéral i.D. FLORE, classement M1 valable sur tout support MO non isolant ;
- Analyses des différentes formules de substrat i.D. FLORE : analyses physico-chimiques, analyses granulométriques.
- Analyses menées par le laboratoire Le Prieuré (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® ;
- 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 du bac HYDROPACK®

- Essais d'identification - épaisseur, masse surfacique - (basés sur la norme NF EN 1849-2) ; cf. § B Résultats expérimentaux.

Comportement du bac HYDROPACK®

- Méthode de vieillissement artificiel par exposition de longue durée à température élevée (basé sur la norme NF EN 1296:2000) ;
- Méthode de vieillissement artificiel par exposition de longue durée aux rayonnements UV, à la température élevée et à l'eau (basé sur la norme NF EN 1297:2004) ;
- Essai d'incurvation sous l'effet d'un gradient thermique (basé sur le Guide UEAtc de février 1993 § 4,32) ;
- Essai de variation dimensionnelle en fonction de l'humidité (basé sur le Guide UEAtc de février 1993 - § 4,41) ;
- Essais d'immersion (basé sur le Guide UEAtc de février 1993 - § 4,42) ;
- Essais de glissement (basé sur le Guide UEAtc de février 1993 - § 4,34) ;
- Essais de comportement sous charges statiques réparties et températures élevées (basé sur le Guide UEAtc de février 1993 - § 4,51) ;
- Essai de traction à l'état neuf (basée sur la norme NF EN 12311-2) ;
- Essai de résistance au choc (basée sur la norme NF EN 12691:2006) ;
- Essai porte-à-faux (basé sur le Guide UEAtc - § 4,52) ;
- Mesure de variations dimensionnelles à l'état libre (basé sur le Guide UEAtc de février 1993 - § 4,31) ;
- Essai de tenue mécanique à la compression transversale ;
- Essai de résistance des liaisons entre bacs selon la pente du support.
- cf. le § B Résultats expérimentaux.

Caractérisation des dispositifs de retenue

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

C. Références

Producteur de sedums depuis 1997, avec son expérience depuis 1993, Le Prieuré a végétalisé plusieurs milliers de projets en France. Depuis l'obtention de l'Avis Technique 5/10-2120 en 2010, Le Prieuré compte à son actif en France plus de 3 milliers de toitures végétalisées installées, dont plusieurs centaines réalisées avec le bac HYDROPACK®.

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.

Les termes « i.D SEDUM » et « i.D MIX-FLORE » représentent les palettes végétales des couverts éponymes.

Les 2 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 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 pourrions 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 : m²...

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

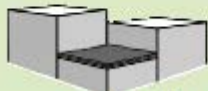
Orientation de la toiture (pour les toits en pente) ou orientation du bâtiment :

Est Ouest Nord Sud

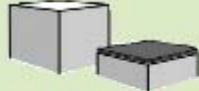
Situation de la toiture



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/m²...

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 • Tél: 02 54 82 09 90

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



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 d'autres façades
Orientation bâtiments surplombant la toiture : est ouest nord sud
Hauteur de la façade dominant la toiture (mètres) : _____
 Exposition au vent : forte normale

TOITURE

Surface totale à végétaliser (en m²) : _____ (à détailler ci-dessous)
 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 plots d'ancrage
 Point d'eau :

SYSTÈME DE VÉGÉTALISATION

Couvert végétal souhaité : Tapissant Paysager
 Technique de végétalisation : Bac HYDROPACK® Tapis i.D. Mat renforcé

COMPLÈMENTS D'INFORMATION

Commentaires

Merci de fournir plans et coupes du projet

VOS COORDONNÉES

Nom : _____ Prénom : _____
 Activité : _____ Société : _____
 Adresse : _____
 Tél : _____ Email : _____

version 2 (sept 2013)

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



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 (kg/m²) : _____

ENVIRONNEMENT

Bâtiment isolé Bâtiment dominé à distance Bâtiment dominé par d'autres façades
Position des bâtiments surplombant la toiture : est ouest nord sud
Hauteur de la façade dominant la toiture (mètres) : _____
 Exposition au vent : forte normale

TOITURE

Surface totale à végétaliser (en m²) : _____ (à détailler ci-dessous)
 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 plots d'ancrage
 Point d'eau : Présence d'un dispositif : porte-neige de retenue de neige

SYSTÈME DE VÉGÉTALISATION

Couvert végétal souhaité : i.D. Sedum i.D. MixFlora Montagne
 Technique de végétalisation : Bac HYDROPACK® Tapis i.D. Mat

COMPLÈMENTS D'INFORMATION

Commentaires

Merci de fournir plans et coupes du projet

VOS COORDONNÉES

Nom : _____ Prénom : _____
 Activité : _____ Société : _____
 Adresse : _____
 Tél : _____ Email : _____

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

Tableau 2.1 – Caractéristiques techniques du Bac HYDROPACK®

| Caractéristiques | | Données caractéristiques |
|----------------------------------|--|---|
| Dimensions extérieures par unité | Longueur / largeur / hauteur (hors système d'accroche) | 600 mm / 400 mm / 90 mm |
| | Longueur / largeur / hauteur (hors tout, avant emboîtement) | 611 mm / 411 mm / 90 mm |
| Bac vide | Matériau | PEHD recyclé |
| | Poids du bac vide | 1 300 g/bac |
| Drainage | Nombre de trous de drainage | 500 trous/m ² |
| | Surface drainante totale | 318 cm ² /m ² |
| | Hauteur des trous de drainage | 30 mm |
| | Drainage dans les alvéoles | ID Lite A (cf. caractéristiques <i>Annexe 3</i>) |
| Filtre | Type grammage | Non-tissé en polyester 100 g/m ² |
| Substrat | Type Épaisseur de substrat | ID Flore E (cf. caractéristiques <i>Annexe 3</i>) 6 cm (après tassement) |
| Végétation | Type de couvert | i.D. SEDUM ou i.D. MIX-FLORE |
| | Taux de couverture minimum | 70 % |
| 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 substrat | 24 l/m ² |
| | Capacité maximale de rétention en eau du système complet (1) | 45 l/m ² |
| Poids des bacs | Poids des bacs à sec | 12 kg (soit 50 kg/m ²) |
| | Poids des bacs à saturation d'eau (CME) | 23 kg (soit 95 kg/m ²) |

(1) Somme de la réserve d'eau du fond du bac + substrat + filtre + végétation

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


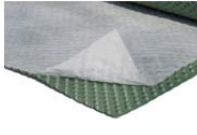


| | UNIDRAIN i.D. 100 | MultiDrain ID 70 | MULTIDRAIN i.D. 100 | TEXTIDRAIN i.D. 101 |
|---|---|--|---|---|
| |  |  |  |  |
| Nature | Nappe drainante PP | Nappe drainante en PEHD | Nappe drainante en PEHD recyclé avec réserve d'eau | Fibres synthétiques PP |
| Épaisseur (norme NF EN ISO 9863-1) (mm) | 9 | 7 | 10 | 10 |
| Réserve en eau permanente (l/m ²) | - | - | 1,3 | - |
| Masse surfacique (norme NF EN ISO 9864) g/m ² : 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 (m ²) | 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 | - |
| 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 2 kPa |

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








| | ECO DRAIN i.D. 300 | MULTIDRAIN i.D. 200 | MULTIDRAIN i.D. 400 | POLYDRAIN i.D. 400 |
|---|---|---|--|---|
| |  |  |  |  |
| Nature | Nappe drainante en matériaux recyclés (PE) | 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/m ²) | | 2,4 | 4,5 | 2 |
| Épaisseur (norme NF EN ISO 9863-1) (mm) | 25 | 20 | 40 | 40 |
| Masse surfacique (norme NF EN ISO 9864) g/m ² : à sec / à CME | 3 300 / 4 000 | 1 200 / 3 600 | 1 730 / 6 230 | 530 / 2 530 |
| Longueur du rouleau (ml) | 10 | 25 | Plaque : 2,2 m | Plaque : 1,2 m |
| Largeur du rouleau (ml) | 1,0 | 1,1 | Plaque : 1 m | Plaque : 0,7 m |
| Surface par rouleau (m ²) | 10 | 27,5 | 220 m ² /palette | Surface plaque : 0,84 |
| Poids du rouleau (kg) | 22 | 32 | 3,8 (plaque) | 0,445 (plaque) |
| Géotextile : Ouverture de filtration (ISO 12956) µm | 100 | 130 | | |
| Géotextile : Résistance au poinçonnement statique CBR (norme EN ISO 12236) (kN/m) | 1,7 | | | |
| 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) | 10,8 | 17,2 | | - |
| Résistance à la perforation dynamique (norme EN ISO 13433) (mm) | | | | résistance au poinçonnement : > 70 daN sur poinçon de diamètre 8 cm |
| Perméabilité à l'eau (norme NF EN ISO 11058) (mm/s) | 17 | 50 | | 29 |
| Capacité de débit dans le plan (ISO 12958) l/(m.s) | 1,25 Gradient 0,1 ; sous 20 kPa | 1,9 Gradient 0,1 ; sous 10 kPa | 1,75 Gradient 0,1 ; sous 20 kPa | 5,2 Gradient 0,1 ; sous 20 kPa |

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

| | i.D. LITE PZ | i.D. LITE A selon la norme NBN 11-152 et 255 | |
|---|---|---|---|
| |  |  |  |
| Matériau | Pouzzolane | Bille d'Argile expansée concassée 4/8 mm | Bille d'Argile expansée nodulaire 8/16 mm |
| Granulométrie | 5 - 15 mm (1) | 4 - 8 mm | 8 - 16 mm |
| Masse volumique apparente sèche | 800 à 950 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 1 150 g/l | 530 à 680 g/l | 400 à 600 g/l |
| Capacité maximale de rétention en eau à C.M.E. | 175 à 200 g/l | 230 g/l | 150 g/l |
| pH | 9 à 9,3 | 9 à 10 | 9 à 10 |
| 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 ou 3 m ³ | 1, 2 ou 3 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 2.5 – Couches filtrantes et nappes de répartition d'eau : caractéristiques techniques


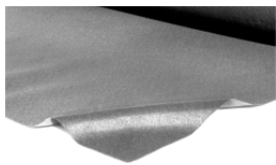

| | i.D. Filtre | i.D. PROTECT | Nappe de répartition d'eau HYDROTEX i.D. |
|---|---|--|---|
| |  |  |  |
| Matériau | Non tissé Polyester/Polypropylène | Polypropylène | Fibres synthétiques recyclées |
| Imputrescible | oui | oui | oui |
| Masse surfacique (g/m ²) | 100 | 300 | 350 |
| Epaisseur (mm) | 0,7 | 3 | 4 |
| Poids à sec / Poids à CME (g/m ²) | 100 / 1000 | 300 / 1000 | 350 / 4900 |
| 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 (m ²) | 200 | 105 | 50 |
| Largeur de recouvrement (cm) | 10 cm minimum | 10 | 10 |

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


| | ID FLORE E | ID FLORE SP | ID FLORE Light |
|--|---|--|---|
| (*) Selon référentiel RP TTV 2007 |  |  |  |
| Granulométrie | 0 - 16 mm | 0 - 16 mm | 0 - 16 mm |
| Masses volumiques (kg/m3) * : | | | |
| Poids à sec | ≥ 900 | ≥ 950 | ≥ 600 |
| Poids à CME | ≤ 1 500 | ≤ 1 600 | ≤ 1 100 |
| Rétention maximale en eau (C.M.E.) * | 40 - 45 % volume | 45 - 50 % volume | 30 - 35 % volume |
| Porosité pour l'air à CME (% volume) | ≥ 10 | ≥ 10 | ≥ 10 |
| Perméabilité perpendiculaire au plan * mm/min cm/s | 15 – 70 0,025 – 0,12 | 10 – 35 0,016 – 0,058 | 60 – 130 0,1 – 0,216 |
| pH | 6,0 - 9 | 6,0 - 9 | 6,0 - 9 |
| Teneur en sel (g/l) | 0,2 - 0,5 | 0,1 - 0,5 | 0,1 - 2,0 |
| Matières organiques (% masse sèche) | 4,0 - 5,5 | 2,5 - 7,0 | 0,0 - 2,5 |
| Conditionnements | Volumes | | |
| Sacs | 25 litres | 25 litres | 25 litres |
| Big-bags | 1 m ³ | 1 m ³ | 1 m ³ |
| Vrac (camions silos) | À partir de 20 m ³ | À partir de 20 m ³ | À partir de 20 m ³ |

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




| | ID Fragments | ID Mottes et ID Godets | ID Mat |
|---|---|--|---|
| Type | Boutures (2 à 5 cm en moyenne) de différentes variétés de sedum | Micro-mottes produites en plaques alvéolaires (diamètre des alvéoles de 2 à 5 cm selon les variétés) | Tapis précultivés |
| Illustration |  |  |  |
| Principales variétés | <i>Sedum album</i> , <i>Sedum sexangulare</i> , <i>Sedum hispanicum</i> , <i>Sedum glaucum</i> , <i>Sedum acre</i> , <i>Sedum floriferum</i> , <i>Sedum spurium</i> | Pour un couvert ID SEDUM (<i>Sedum album</i> , <i>sexangulare</i> , <i>hispanicum</i> , <i>glaucum</i> , <i>acre</i> , <i>floriferum</i> , <i>spurium</i>) Pour un couvert ID MIXFLORE (<i>Ciboulettes</i> , <i>œillets</i> , <i>thymus</i> , <i>iris</i> , <i>lavandes</i> , <i>marjolaines</i> , <i>fétuques</i>) Pour un couvert ID CREA-PAYSAGE (<i>Lavandula angustifolia</i> , <i>potentille</i> , <i>sedum telephium</i> , <i>stachys</i> , <i>phlox</i>) | |
| Densité de plantation | 50 à 150 g/m ² | 20 micro-mottes/m ² | |
| Densité de plantation pour les autres vivaces en associations avec les sedums (iD MIXFLORE) | | 2 à 10 micro-mottes/m ² 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 × 120 cm |
| Conditionnement | Sacs de 3 à 20 kg | Plaques de 54 ou 72 unités, gerbées sur palette | Palettes 120 × 120 cm de 50 m ² |
| Poids des palettes | | | 900 à 1 200 kg, selon l'humidité |
| Poids à sec | ≈ 0 kg/m ² | ≈ 0 kg/m ² | ≈ 10 kg/m ² |
| Poids à saturation | 10 kg/m ² | 10 kg/m ² | 25 kg/m ² |

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

| | Produit | | Poids à sec (2) | Poids à CME (2) |
|---|--|---|---|---|
| | Référence | Description | | |
| Drainages et filtre | ECODRAIN ID 300 | Nappe drainante en matériaux recyclés avec filtre intégré | 3.3 daN/m ² | 4.0 daN/m ² |
| | UNIDRAIN ID 100 | Nappe drainante tridimensionnelle avec filtre intégré | 0.45 daN/m ² | 1.5 daN/m ² |
| | MULTIDRAIN ID 70 | Nappe drainante en PEHD avec filtre intégré | 0.8 daN/m ² | 2.0 daN/m ² |
| | MULTIDRAIN ID 100 | Nappe drainante en PEHD recyclé avec filtre intégré | 0.91 daN /m ² | 2.21 daN/m ² |
| | MULTIDRAIN ID 200 | | 1.2 daN /m ² | 3.6 daN/m ² |
| | MULTIDRAIN ID 400 | Plaque drainante en PEHD recyclé | 1.73 daN /m ² | 6.23 daN/m ² |
| | POLYDRAIN ID 400 | Plaque de polystyrène alvéolée | 0.53 daN/m ² | 2.53 daN/m ² |
| | TEXTIDRAIN ID 101 | Nappe en fibres synthétiques avec filtre intégré | 0.85 daN /m ² | 1.5 daN /m ² |
| | ID PROTECT | Nappe de protection en polypropylène | 0.3 daN /m ² | 1 daN /m ² |
| | HYDROTEX ID | Nappe de répartition d'eau en fibres synthétiques recyclées | 0.35 daN /m ² | 4.9 daN /m ² |
| | ID FILTRE | Couche filtrante | 0.12 daN/m ² | 1.0 daN/m ² |
| | ID LITE A concassée | Billes d'argile concassées granulométrie 4 / 8 | ≥ 3.0 daN/cm de hauteur/m ² | ≤ 6.8 daN/cm de hauteur/m ² |
| | ID LITE A | Billes d'argile rondes granulométrie 8 / 16 | ≥ 2.5 daN/cm de hauteur/m ² | ≤ 6.0 daN/cm de hauteur/m ² |
| ID LITE PZ | Pouzzolane granulométrie 7 / 15 | ≥ 8.0 daN/cm de hauteur/m ² | ≤ 11.5 daN/cm de hauteur/m ² | |
| Substrats | ID FLORE E | Substrat ID FLORE E | ≥ 9.0 daN/cm de hauteur /m ² | ≤ 15 daN/cm de hauteur/m ² à CME |
| | ID FLORE SP | Substrat ID FLORE SP | ≥ 9.5 daN/cm de hauteur /m ² | ≤ 16 daN/cm de hauteur/m ² à CME |
| | ID FLORE LIGHT | Substrat ID FLORE LIGHT | ≥ 6 daN/cm de hauteur /m ² | ≤ 11 daN/cm de hauteur/m ² à CME |
| Végétation | Implantée par semis de fragments ID Fragments | Fragments de sedums | 0 daN/m ² | 10 daN/m ² |
| | Réalisation par plantation de micro-mottes ID Mottes | Micro-mottes de sedums et d'autres vivaces | 0 daN/m ² | 10 daN/m ² |
| | Tapis ID Mat SEDUM ou MIXFLORE | Tapis pré-cultivé de sedums | 10 daN/m ² | 25 daN/m ² |
| Système complet | HYDROPACK® | Bac HYDROPACK® | 50 daN/m ² | 95 daN/m ² |
| Autres | Granulats | Granulats de granulométrie 10 / 30 (1) | 17 daN/cm de hauteur/m ² | 18 daN/cm de hauteur/m ² à CME |
| (1) Granulats de la protection meuble des panneaux isolants de polystyrène extrudé de la toiture inversée (cf. § 3.221 du Dossier Technique). (2) Protocole de mesure selon le référentiel des Règles professionnelles TTV 2007 (Edition n°2). | | | | |

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

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

| | MULTIFIX 3D 75 | MULTIFIX 3D 100 |
|-------------------------------------|---|---|
| Matériau | Polyéthylène haute densité recyclé (PEHD) | Polyéthylène haute densité recyclé (PEHD) |
| Épaisseur des feuilles de PEHD | 1,27 mm | 1,27 mm |
| Épaisseur des alvéoles | 75 mm | 100 mm |
| Masse surfacique | 0,8 kg/m ² | 1,1 kg/m ² |
| 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 m ² | 21,5 m ² |
| Surface drainante des feuilles PEHD | 17% | 17% |
| Tenue mécanique d'une soudure | 70 daN | 94 daN |

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

| 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 m ² 26 u. par palette (100*120 cm) Poids palette : 430 kg | Néant |
| MULTIFIX 3D 100 | Plaque alvéolaire de surface 21,5 m ² 20 u. par palette (100*120 cm) Poids palette : 473 kg | Néant |

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

Tableau 3.1 – Limites d'utilisation des couverts VEGETAL i.D.®

| Couvert | Solution de végétalisation | | Élément porteur | Climat | | Limites de pentes de la toiture (%) | |
|------------------------|----------------------------|----------------------------|---|--------------|--------|-------------------------------------|--------------|
| | HYDROPACK® | Multicouches VEGETAL i.D.® | | Montagne (1) | Plaine | Plaine | Montagne (1) |
| i.D SEDUM | OUI | OUI | Maçonnerie, TAN, Bois massif et panneaux à base de bois | OUI | OUI | 0 à 35 | 0 à 20 |
| i.D MIX-FLORE AROMA | OUI | | | | | | |
| i.D MIX-FLORE PRAIRIE | | | | | | | |
| i.D MIX-FLORE MONTAGNE | OUI | | | OUI | | | 0 à 20 |
| i.D MIX-FLORE OMBRE | | | | OUI | | | 0 à 35 |

Les cases grisées correspondent à des exclusions d'emploi.

(1) Climat de montagne, maçonnerie uniquement.

Tableau 3.2 - Pentés admissibles en fonction de la technique de mise en œuvre des couverts VEGETAL i.D.® en climat de plaine

| Couvert | HYDROPACK® | Multicouches VEGETAL i.D.® | | | | |
|------------------------|------------|----------------------------|---------------------|---------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| | | Semis de fragments | Plantations + semis | Plantations + i.D. Mottes | Tapis pré-cultivé + Plantation | Tapis pré-cultivé i.D. MAT |
| i.D SEDUM | ≤ 35 % | ≤ 10 % | ≤ 10 % | ≤ 35 % | ≤ 35 % | ≤ 35 % |
| i.D MIX-FLORE AROMA | ≤ 35 % | ≤ 10 % | ≤ 10 % | ≤ 35 % | ≤ 35 % | ≤ 35 % |
| i.D MIX-FLORE PRAIRIE | | ≤ 10 % | ≤ 10 % | ≤ 35 % | ≤ 35 % | |
| i.D MIX-FLORE MONTAGNE | ≤ 20 % | ≤ 10 % | ≤ 10 % | ≤ 35 % | ≤ 20 % | ≤ 20 % |
| i.D MIX-FLORE OMBRE | | ≤ 10 % | ≤ 10 % | ≤ 35 % | | |

Les cases grisées correspondent à des exclusions d'emploi.

Tableau 3.3 - Pentés admissibles en fonction de la technique de mise en œuvre des couverts VEGETAL i.D.® en climat de montagne

| Couvert | HYDROPACK® | Multicouches VEGETAL i.D.® | | | | |
|------------------------|------------|-----------------------------------|--|---|---|----------------------------|
| | | Semis de fragments i.D. FRAGMENTS | Plantations + semis i.D. MOTTES + i.D. FRAGMENTS | Plantations + semis i.D. MOTTES et/ou i.D. GODETS | Tapis pré-cultivé + Plantation i.D. MAT + i.D. MOTTES | Tapis pré-cultivé i.D. MAT |
| i.D SEDUM | ≤ 20 % | | | | ≤ 20 % | ≤ 20 % |
| i.D MIX-FLORE AROMA | | | | | | |
| i.D MIX-FLORE PRAIRIE | | | | | | |
| i.D MIX-FLORE MONTAGNE | ≤ 20 % | | | | ≤ 20 % | ≤ 20 % |
| i.D MIX-FLORE OMBRE | | | | | | |

Les cases grisées correspondent à des exclusions d'emploi.

Tableau 3.4 - Principales familles de plantes dans les couverts VEGETAL i.D.®

| Couvert | Familles végétales |
|------------------------|---|
| i.D SEDUM | Plantes succulentes, différentes variétés de Sedum |
| i.D MIX-FLORE AROMA | Plantes succulentes (différentes variétés de Sedum, Delosperma et Sempervivum) associées à des plantes vivaces aromatiques rustiques |
| i.D MIX-FLORE PRAIRIE | Plantes succulentes (différentes variétés de Sedum, Delosperma et Sempervivum) associées à des plantes vivaces herbacées et des graminées rustiques |
| i.D MIX-FLORE MONTAGNE | Plantes succulentes (différentes variétés de Sedum) associées à des plantes vivaces herbacées rustiques |
| i.D MIX-FLORE OMBRE | Plantes d'ombre couvre-sols |

Tableau 3.5 – Création d'un couvert végétal Mix-Flore Aroma (1) : exemple de vivaces à associer aux sedums

| Nom latin | Nom français | Hauteur indicative | Exposition préférentielle | Hauteur de substrat |
|-----------------------------|--------------------|--------------------|---------------------------|---------------------|
| <i>Allium schoenoprasum</i> | Ciboulette | 20 - 30 cm | Ensoleillée ou mi-ombre | 8 à 12 cm |
| <i>Armeria maritima</i> | Gazon d'Espagne | 15 cm | Ensoleillée ou mi-ombre | ≥ 10 cm |
| <i>Dianthus deltoides</i> | Œillet | 20 - 25 cm | Ensoleillée | ≥ 8 cm |
| <i>Origanum vulgare</i> | Marjolaine sauvage | 30 - 40 cm | Ensoleillée | 10 à 12 cm |
| <i>Thymus serpyllum</i> | Thym serpolet | 5 cm | Ensoleillée ou mi-ombre | ≥ 8 cm |
| <i>Thymus vulgaris</i> | Thym commun | 30 cm | Ensoleillée | 10 à 12 cm |

(1) Liste non exhaustive.

Annexe 4 – Récapitulatif des solutions Vegetal i.D.®

Tableau 4.1 – Pentas des éléments porteurs admises pour les solutions VEGETAL i.D.® - climat de plaine

| Éléments porteurs | Pente | | | |
|---|-------|---------|------------|---------------|
| | 0 % | 1 à 3 % | ≥ 3 à 20 % | > 20 % à 35 % |
| Maçonnerie | OUI | OUI (1) | OUI | OUI |
| Dalles de béton cellulaire autoclavé armé | | OUI (1) | OUI | OUI |
| Tôles d'acier nervurées | | | OUI | OUI |
| Bois et panneaux à base de bois | | | OUI | OUI |

(1) Pente maximale 3 % pour les revêtements d'étanchéité en asphalte traditionnel de type jardin conformes à la norme NF P 84-201-1 (référence DTU 43.1 P1).

Tableau 4.1 bis – Pentas des éléments porteurs en maçonnerie admises pour les solutions VEGETAL i.D.® - climat de montagne

| Éléments porteurs | Pente | | | |
|---|-------|---------|------------|---------------|
| | 0 % | 1 à 3 % | ≥ 3 à 20 % | > 20 % à 35 % |
| Maçonnerie | OUI | OUI (1) | OUI | |
| Dalles de béton cellulaire autoclavé armé | | OUI (1) | OUI | |

(1) Pente maximale 3 % pour les revêtements d'étanchéité en asphalte traditionnel de type jardin conformes au NF DTU 43.11.

Tableau 4.2 – 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

| | | |
|---------------------------------------|---|--|
| 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 | Hauteur 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) |
| Épaisseur de substrat ID FLORE | 1 | Le choix du couvert végétal |
| | 2 | Le choix des plantes pour le couvert iD MIXFLORE : en fonction des espèces retenues dans le couvert, l'épaisseur variera (cf tableau 3.5) |
| | 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 iD SEDUM, la hauteur de substrat sera plus élevée (1 à 2 cm de plus) pour une implantation en micromottes iD MOTTES ou en fragments iD FRAGMENTS, par rapport à une implantation en tapis pré-cultivés iD MAT |

Tableau 4.2 – Tableau récapitulatif des solutions VEGETAL i.D.® - Eléments porteurs en maçonnerie et en dalles de béton cellulaire autoclavé armé

| Pente (12) | Technique de végétalisation | Couche drainante (2) | Epaisseur du substrat i.D. FLORE (3) | Poids maxi à C.M.E (kg/m²) (4) | Poids mini à sec du sys- tème (kg/m²) |
|--------------------------------|---|---|---|--|---|
| 0 à < 3% (1) | Tapis précultivés i.D. MAT | Polydrain i.D. 400 (10) | 4 à 8 cm i.D. SEDUM | 149 | 47 |
| | | | 8 à 15 cm i.D. MIX-FLORE | 254 | 83 |
| | | ECODRAIN i.D. 300 (6) si accès difficile, zone ventée, surfaces limitées | 4 à 8 cm i.D. SEDUM | 149 | 50 |
| | | | 8 à 15 cm i.D. MIX-FLORE | 254 | 86 |
| | | 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 8 cm i.D. SEDUM | 215 | 47 |
| | | | 8 à 15 cm i.D. MIX-FLORE | 320 | 92 |
| | | Multidrain i.D. 400 (10) ou Multidrain i.D. 200 (5)(6) | 3 à 8 cm i.D. SEDUM | 153 | 39 |
| | | | 8 à 15 cm i.D. MIX-FLORE | 257 | 84 |
| | Plantations de micromottes i.D. MOTTES Ou Semis de frag- ments i.D. FRAGMENTS Ou Combinaison de i.D. MOTTES + i.D. FRAGMENTS | Polydrain i.D. 400 (10) | 4 à 8 cm i.D. SEDUM | 134 | 37 |
| | | | 8 à 15 cm i.D. MIX-FLORE | 239 | 73 |
| | | ECODRAIN i.D. 300 (6) si accès difficile, zone ventée, surfaces limitées | 4 à 8 cm i.D. SEDUM | 134 | 40 |
| | | | 8 à 15 cm i.D. MIX-FLORE | 239 | 76 |
| | | 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 8 cm i.D. SEDUM | 200 | 37 |
| | | | 8 à 15 cm i.D. MIX-FLORE | 305 | 82 |
| | | Multidrain i.D. 400 (10) ou Multidrain i.D. 200 (5)(6) | 4 à 8 cm i.D. SEDUM | 137 | 38 |
| | | | 8 à 15 cm i.D. MIX-FLORE | 242 | 74 |
| HYDROPACK® | | | | 95 | 50 |
| 3 à ≤ 10 % | Tapis précultivés i.D. MAT | | 4 à 8 cm i.D. SEDUM | 145 | 46 |
| | | | 8 à 15 cm i.D. MIX-FLORE | 250 | 82 |
| | | Unidrain i.D. 100 ou Multidrain i.D. 70 (2)(6) | 4 à 8 cm i.D. SEDUM | 147 | 47 |
| | | | 8 à 15 cm i.D. MIX-FLORE | 252 | 83 |
| | | 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 8 cm i.D. SEDUM | 215 | 47 |
| | | | 8 à 15 cm i.D. MIX-FLORE | 320 | 92 |
| | | Multidrain i.D. 100 ou 200 (6) solution pour optimiser la réserve d'eau | 3 à 8 cm i.D. SEDUM | 149 | 39 |
| | | | 8 à 15 cm i.D. MIX-FLORE | 254 | 84 |
| | Plantations de micromottes i.D. MOTTES Ou Semis de frag- ments i.D. FRAGMENTS Ou Combinaison de i.D. MOTTES + i.D. FRAGMENTS | | 4 à 8 cm i.D. SEDUM | 130 | 36 |
| | | | 8 à 15 cm i.D. MIX-FLORE | 235 | 72 |
| | | Unidrain i.D. 100 ou Multidrain i.D. 70 (2)(6) | 4 à 8 cm i.D. SEDUM | 132 | 37 |
| | | | 8 à 15 cm i.D. MIX-FLORE | 237 | 73 |
| | | 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 8 cm i.D. SEDUM | 200 | 37 |
| | | | 8 à 15 cm i.D. MIX-FLORE | 305 | 82 |
| | | Multidrain i.D. 100 ou 200 (6) solution pour optimiser la réserve d'eau | 4 à 8 cm i.D. SEDUM | 134 | 38 |
| | | | 8 à 15 cm i.D. MIX-FLORE | 239 | 74 |
| HYDROPACK® | | | | 95 | 50 |

| | | | | | | |
|-------------------|-------------------------------|--|---|--------------------------|----------|---------|
| 11 à ≤ 20 % | Tapis précultivés i.D. MAT | Rampant ≤ 8 m | | 5 à 10 cm i.D. SEDUM | 175 | 55 |
| | | | | 8 à 15 cm i.D. MIX-FLORE | 250 | 82 |
| | | Rampant > 8 m | Unidrain i.D. 100 (6) ou Hydrotex (8) | 5 à 10 cm i.D. SEDUM | 177 | 56 |
| | | | | 8 à 15 cm i.D. MIX-FLORE | 252 | 83 |
| | | | Multidrain i.D. 100 ou 200 (6) ou Hydrotex (8) solution pour optimiser la réserve d'eau | 5 à 10 cm i.D. SEDUM | 179 | 57 |
| | | | | 8 à 15 cm i.D. MIX-FLORE | 254 | 84 |
| HYDROPACK® | | | | 95 | 50 | |
| 21 à ≤ 35 % | Tapis précultivés i.D. MAT | Textidrain i.D. 101 (6) ou Unidrain i.D. 100 (2)(6) et Hydrotex (8) | 7,5 cm i.D. SEDUM (11) | 143 (14) | 83 (14) | |
| | | | 10 cm i.D. MIX-FLORE (11) | 181 (13) | 105 (13) | |
| | | HYDROPACK® (9) Rampant ≤ 8 m (15) | | | 97 (13) | 52 (13) |

(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.

(4) Charge totale permanente à C.M.E. (kg/m²) en fonction de la solution choisie pour le dimensionnement de l'isolant éventuel (cf. DTA particuliers de l'isolant) et de l'élément porteur (cf. paragraphe 3.1). 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 (sacs, big-bags, camions silos).

(6) Nappe drainante avec filtre intégré.

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

(8) Nappe de répartition facultative : améliore la répartition d'eau. Elle se positionne au dessus du filtre lui-même au-dessus de la couche drainante.

(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.

(13) Les poids indiqués incluent le poids du système d'arrosage obligatoire.

(14) Les poids indiqués incluent le poids du MULTIFIX 3D.

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

Tableau 4.3 – Tableau récapitulatif des solutions VEGETAL i.D.® - Eléments porteurs TAN et bois

| Pente (1) | Technique de végétalisation | Couche drainante (2) | Epaisseur du substrat i.D. FLORE (3) | Poids maxi à C.M.E (kg/m ²) (4) | Poids mini à sec du système (kg/m ²) | |
|---|--|--|---|---|--|---------|
| 3 à ≤ 10 % | Tapis précultivés i.D. MAT | | 4 à 8 cm i.D. SEDUM | 145 | 46 | |
| | | | 8 à 12 cm i.D. MIX-FLORE | 205 | 82 | |
| | | Unidrain i.D. 100 ou Multidrain i.D. 70 (2)(6) | 4 à 8 cm i.D. SEDUM | 147 | 47 | |
| | | | 8 à 12 cm i.D. MIX-FLORE | 207 | 83 | |
| | | 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 8 cm i.D. SEDUM | 215 | 47 | |
| | | | 8 à 12 cm i.D. MIX-FLORE | 275 | 92 | |
| | | Multidrain i.D. 100 ou 200 (6) solution pour optimiser la réserve d'eau | 3 à 8 cm i.D. SEDUM | 149 | 39 | |
| | | | 8 à 12 cm i.D. MIX-FLORE | 209 | 84 | |
| | Plantations de micromottes i.D. MOTTES Ou Semis de fragments i.D. FRAGMENTS Ou Combinaison de i.D. MOTTES + i.D. FRAGMENTS | | 4 à 8 cm i.D. SEDUM | 130 | 36 | |
| | | | 8 à 12 cm i.D. MIX-FLORE | 190 | 72 | |
| | | Unidrain i.D. 100 ou Multidrain i.D. 70 (2)(6) | 4 à 8 cm i.D. SEDUM | 132 | 37 | |
| | | | 8 à 12 cm i.D. MIX-FLORE | 192 | 73 | |
| | | 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 8 cm i.D. SEDUM | 200 | 37 | |
| | | | 8 à 12 cm i.D. MIX-FLORE | 260 | 82 | |
| Multidrain i.D. 100 ou 200 (6) solution pour optimiser la réserve d'eau | | 4 à 8 cm i.D. SEDUM | 134 | 38 | | |
| | | 8 à 12 cm i.D. MIX-FLORE | 194 | 74 | | |
| HYDROPACK® | | | | 95 | 50 | |
| 11 à ≤ 20 % | Tapis précultivés i.D. MAT | | 5 à 10 cm i.D. SEDUM | 175 | 55 | |
| | | | 8 à 12 cm i.D. MIX-FLORE | 205 | 82 | |
| | | Unidrain i.D. 100 (6) ou Hydrotex (8) | 5 à 10 cm i.D. SEDUM | 177 | 56 | |
| | | | 8 à 12 cm i.D. MIX-FLORE | 207 | 83 | |
| | | Multidrain i.D. 100 ou 200 (6) ou Hydrotex (8) solution pour optimiser la réserve d'eau | 5 à 10 cm i.D. SEDUM | 179 | 57 | |
| | | | 8 à 12 cm i.D. MIX-FLORE | 209 | 84 | |
| | HYDROPACK® | | | | 95 | 50 |
| | 21 à ≤ 35 % | Tapis précultivés i.D. MAT | Textidrain i.D. 101 (6) ou Unidrain i.D. 100 (2)(6) ou Hydrotex (8) | 7,5 cm i.D. SEDUM (11) | 143 (13) | 83 (13) |
| HYDROPACK® (9) Rampant ≤ 8 m (14) | | | 97 (12) | 52 (12) | | |

(1) Pente > 5 % : une butée en bas de pente est obligatoire.

(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 micromottes, en comparaison à une végétalisation par tapis précultivés.

(4) Charge totale permanente à C.M.E. (kg/m²) en fonction de la solution choisie pour le dimensionnement de l'élément porteur (cf. paragraphe 3.1). Si cet élément porteur est en bois ou panneaux à base de bois : cf. paragraphe 3.1 4^{ème} puce. 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 (sacs, big-bags, camions silos).

(6) Nappe drainante avec filtre intégré.

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

(8) Nappe de répartition facultative : améliore la répartition d'eau. Elle se positionne au dessus du filtre lui-même au-dessus de la couche drainante.

(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) Les poids indiqués incluent le poids du système d'arrosage obligatoire.

(13) Les poids indiqués incluent le poids du MULTIFIX 3D.

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

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

Exemple de calcul du poids à CME et du poids à sec du système (5 et 6ème colonne du tableau 4.2, ligne 5).

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/m ²) | poids à sec (daN/m ²) |
|---|---|---|---|
| couche végétale | Tapis précultivé iD MAT, couvert iD SEDUM | 25 | 10 |
| couche substrat | ID FLORE E, 3 à 8 cm | 8cm x 15 kg/m ² = 120 | 3cm x 9 kg/m ² = 27 |
| couche filtrante | iD FILTRE | 1 | 0,12 |
| couche drainante | ID LITE PZ ou ID LITE A | 6cm iD LITE PZ x 11,5kg/m ² = 69 | 4cm iD LITE A x 2,5kg/m ² = 10 |
| TOTAL = somme des poids des composants | | 215 | 47 |

Exemple de calcul du poids à CME et du poids à sec du système (5 et 6ème colonne du tableau 4.3, ligne 22) :

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/m ²) | poids à sec (daN/m ²) |
|---|---|-----------------------------------|-----------------------------------|
| couche végétale | Tapis précultivé iD MAT, couvert iD SEDUM | 25 | 10 |
| couche substrat | ID FLORE E, 5 à 10 cm | 10cm x 15 kg/m ² = 150 | 5cm x 9 kg/m ² = 45 |
| couche filtrante | intégré à MULTIDRAIN iD 200 | 0 | 0 |
| couche drainante | MULTIDRAIN ID 200 ou MULTIDRAIN ID 100 | 3,6 | 1,2 |
| TOTAL = somme des poids des composants | | 179 | 57 |

Note : les calculs ci-dessus tiennent compte du poids des végétaux (10daN/m² ou 25daN/m²) selon les règles professionnelles ADIVET – CSFE Édition 2007).

Il est rappelé que dans le cas des éléments porteurs en bois et en panneaux à base de bois (cf. paragraphe 3.1), la charge forfaitaire de 15 daN/m² est à ajouter au poids à CME pour le dimensionnement des éléments porteurs.

Annexe 5 – Aménagements particuliers

Tableau 5.1 - Récapitulatif des zones à aménager en zone stérile selon la pente (cf. paragraphe 7)

| | | Pente | | |
|--|--|---|--------------|-------------|
| | | 0 à < 3 % | ≥ 3 à < 10 % | ≥ 10 à 35 % |
| Pourtour des EEP | | Obligatoire sur une largeur de 40 cm (1) | | |
| Contre relevés sur émergences et périphérie (hors noues) | Sans graminées vivaces et plantes ligneuses (ex. Couverts i.D. SEDUM, i.D. MIX-FLORE AROMA, i.D. MIX-FLORE MONTAGNE, i.D. MIX-FLORE OMBRE) | Facultative | | |
| | Avec graminées vivaces et plantes ligneuses (ex. Couvert i.D. MIX-FLORE PRAIRIE) | Obligatoire sur une largeur de 40 cm (1) | | |
| Noue centrale et de rive (zone B cf. Figure 6.2) | Pente de la noue ≤ 2 % | Obligatoire sur une largeur de 40 cm depuis le fil d'eau de la noue (1) | | |
| | Pente de la noue > 2 % | | Facultative | |
| Bords de rive (zone C cf. Figure 6.2) | | Facultative (2) | | |

(1) Zone stérile aménagée avec des gravillons conformes aux DTU de l'élément porteur considéré ou bien revetue 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 paragraphe 7.1

Figure 5.1 : Zones stériles

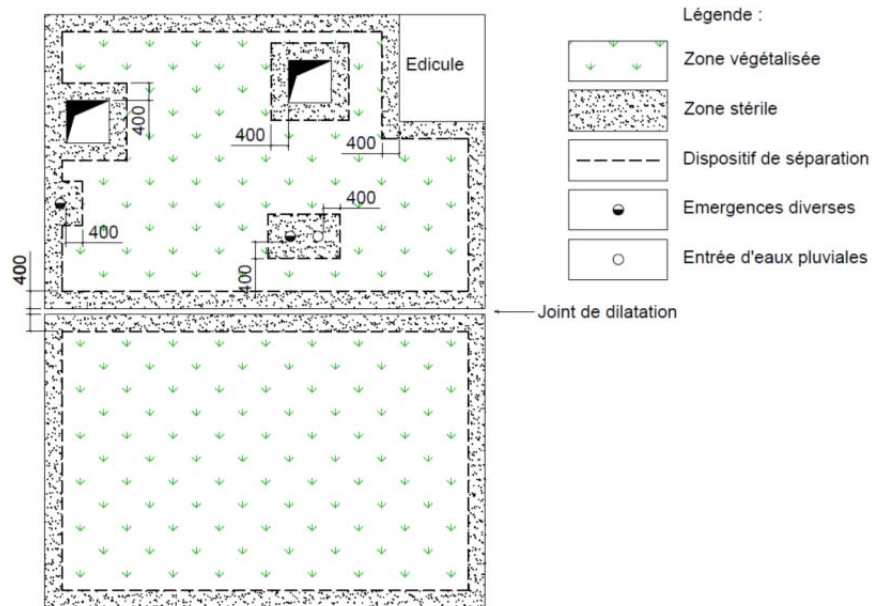


Figure 5.2 – Principes d'aménagement des zones stériles selon les pentes

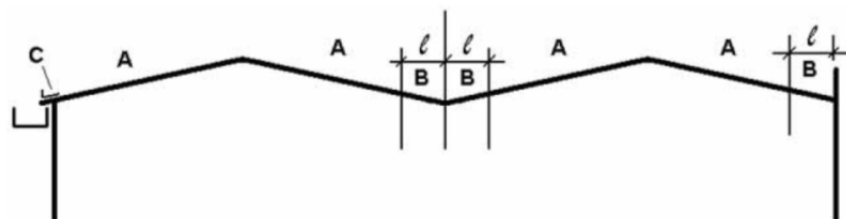
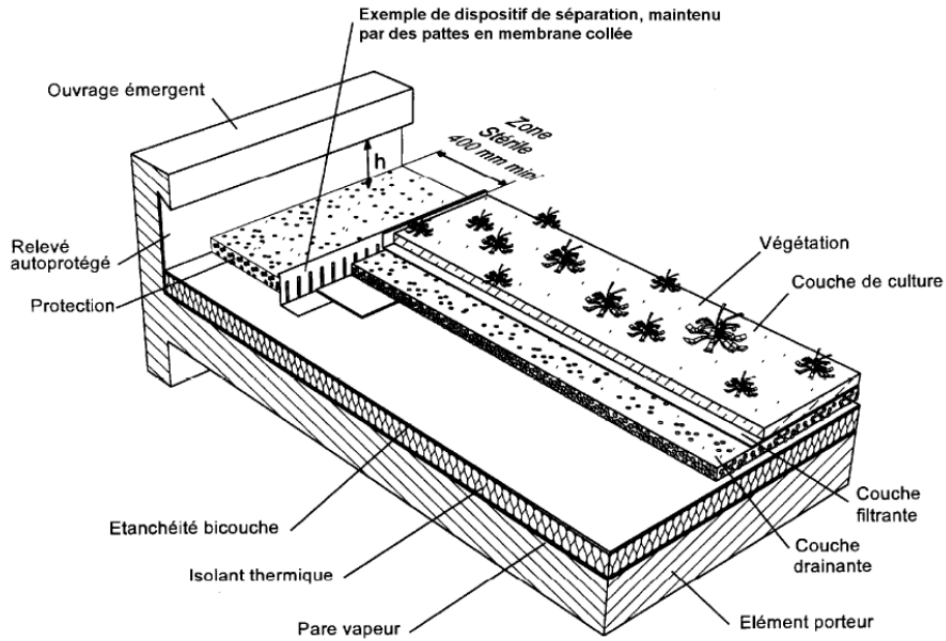


Figure 5.3 – Dispositif de séparation métallique



h=conforme au DTU ou aux AT en fonction de la pente et de la protection.

Figure 5.4 – Dispositif de séparation par bande métallique

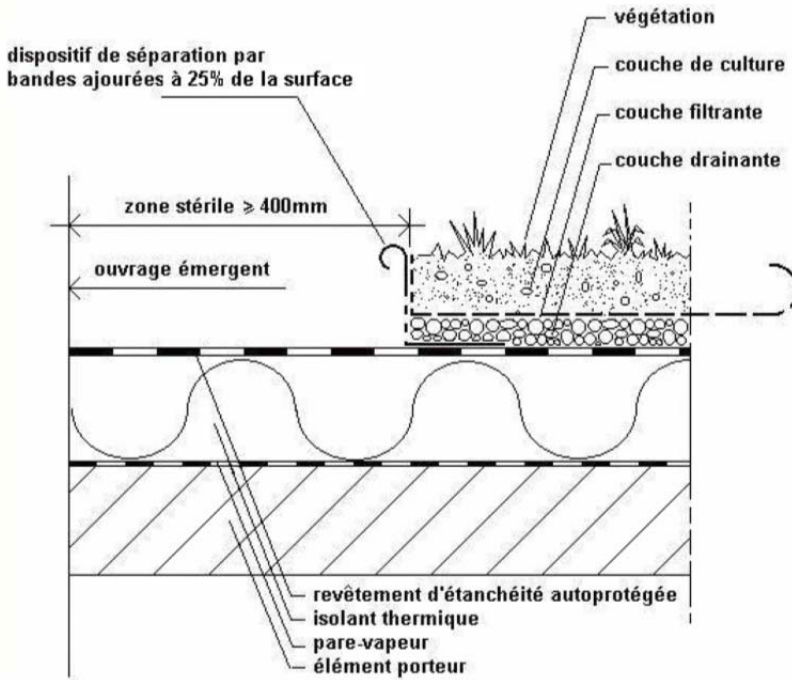


Figure 5.5 – Dispositif de séparation par bordure préfabriquée en béton ou en brique

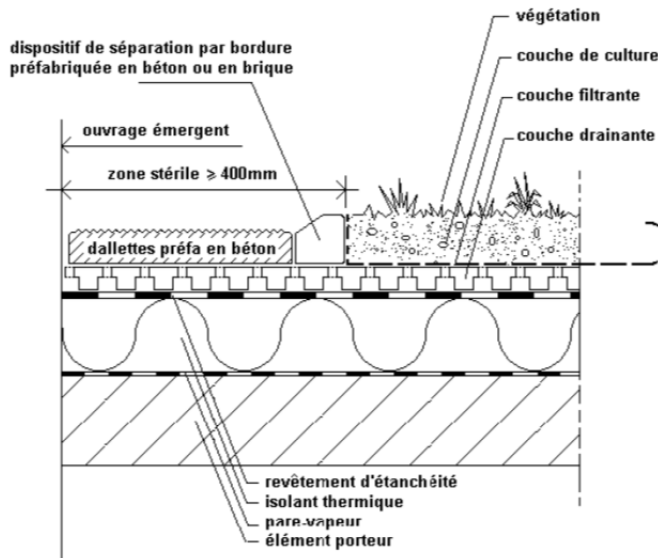


Figure 5.6 – Relevé contre costière de lanterneau avec zone stérile

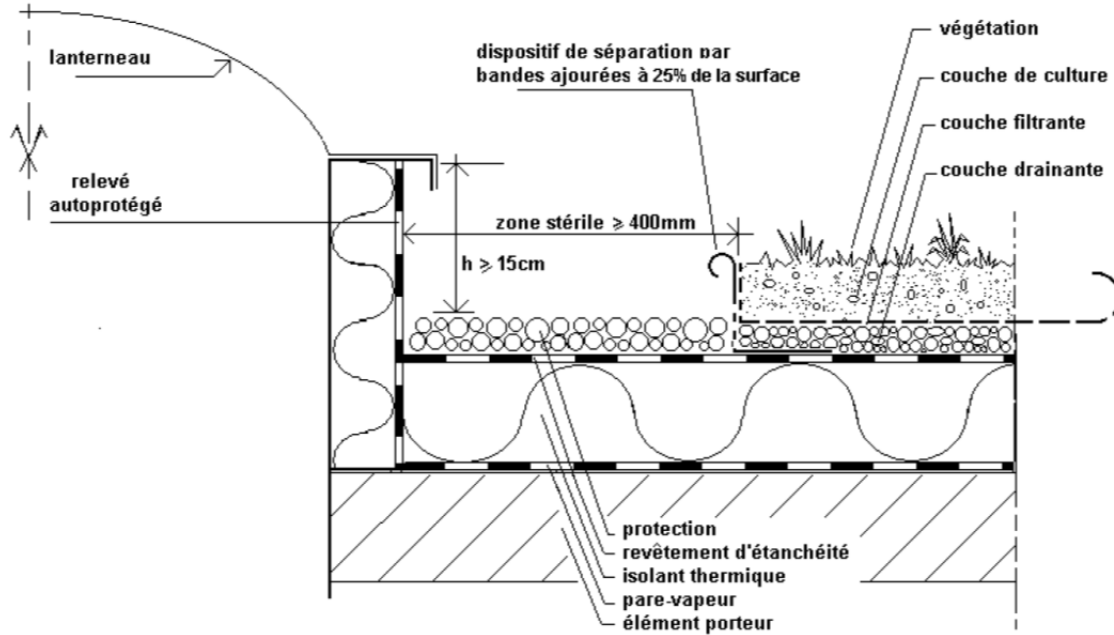


Figure 5.7 – Cas particulier de l'acrotère revêtu jusqu'à l'arrête extérieure avec zone stérile

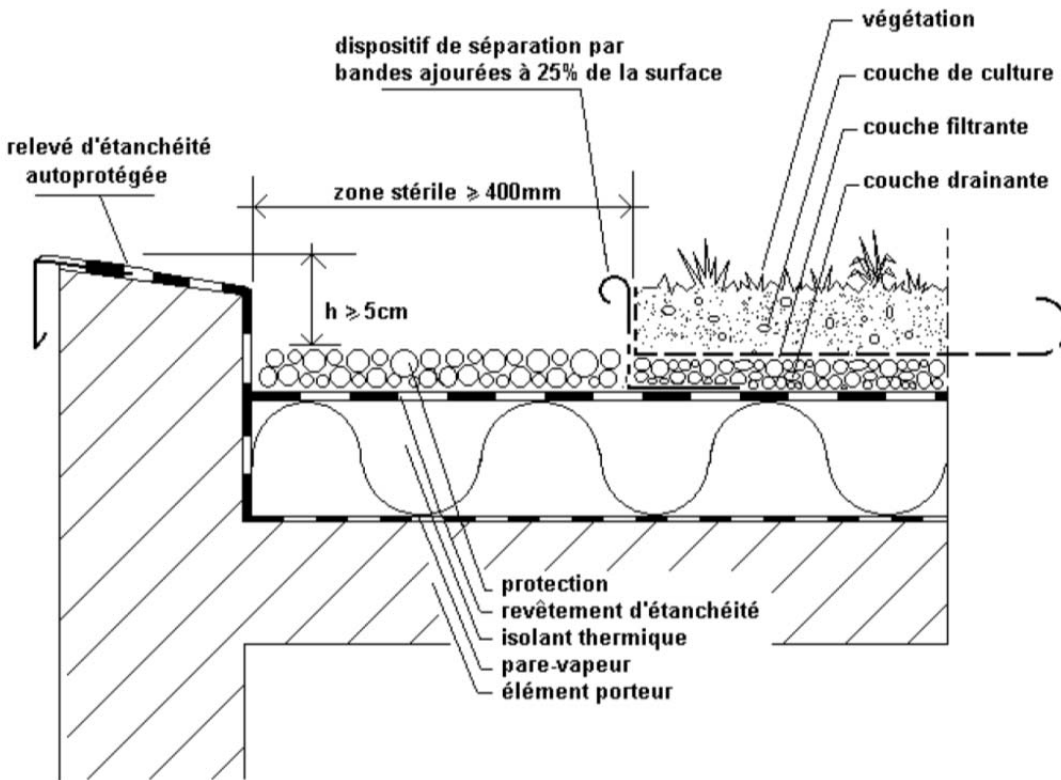


Figure 5.8 – Exemple d'entrée d'eau pluviale avec zone stérile

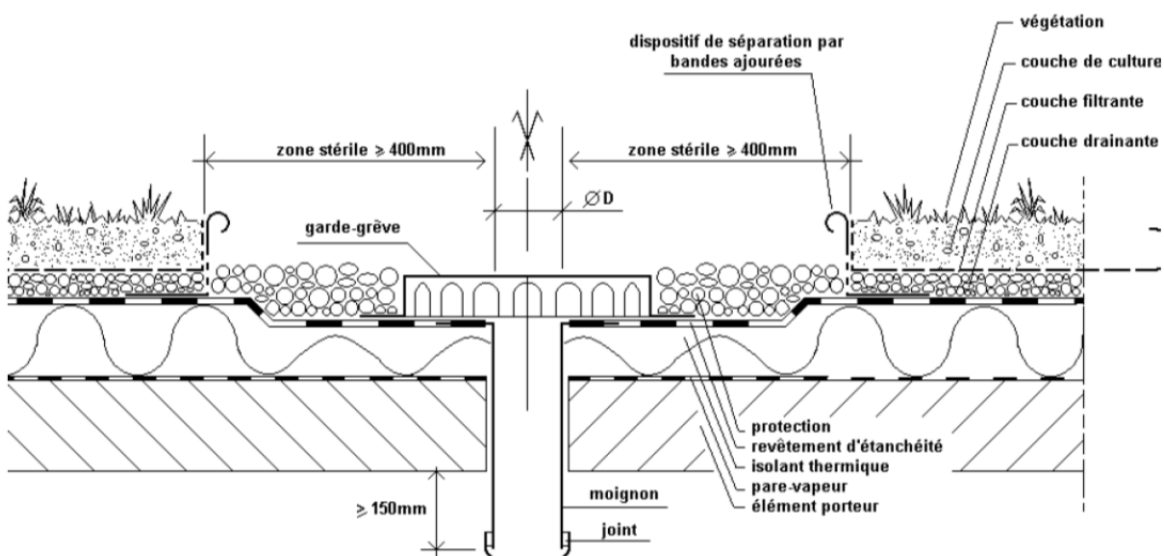


Figure 5.9 – Joint de dilatation apparent avec ou sans zone stérile

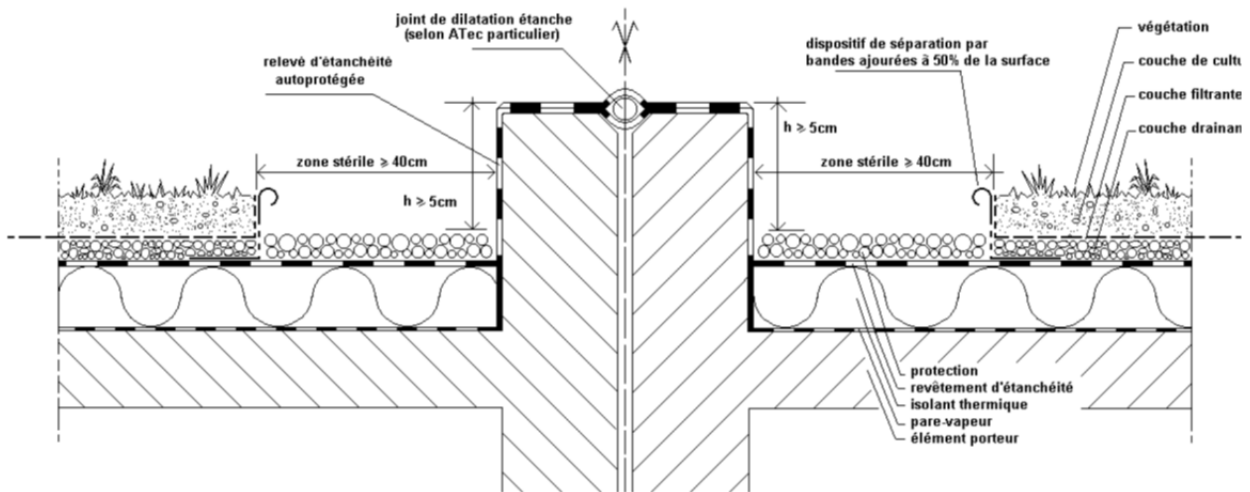


Figure 5.10 – Joint de dilatation recouvert de végétalisation

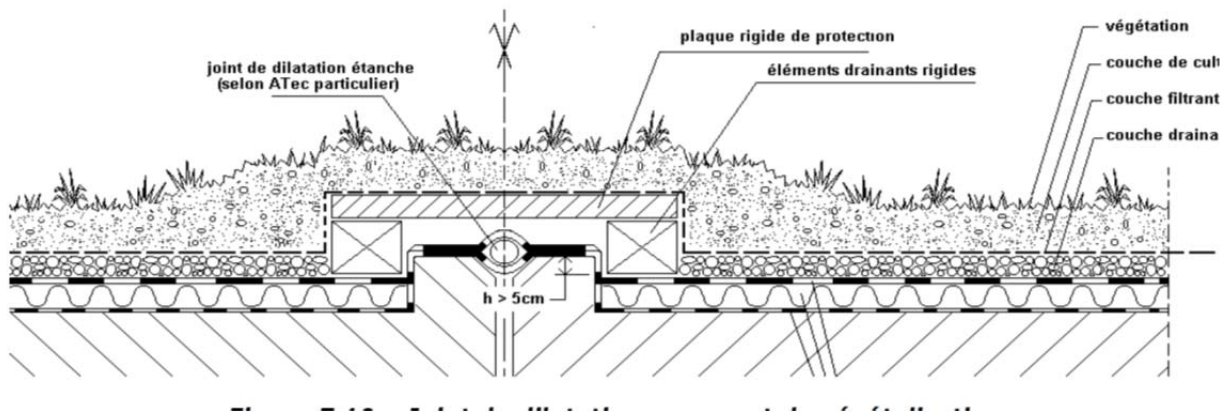


Figure 5.11 – Exemples d'accès direct aux équipements en toiture

Note : Les zones stériles ont une largeur courante de 40 cm sauf si lorsqu'elles sont aménagées en chemin de circulation, dans ce cas, la largeur minimale est de 80 cm.

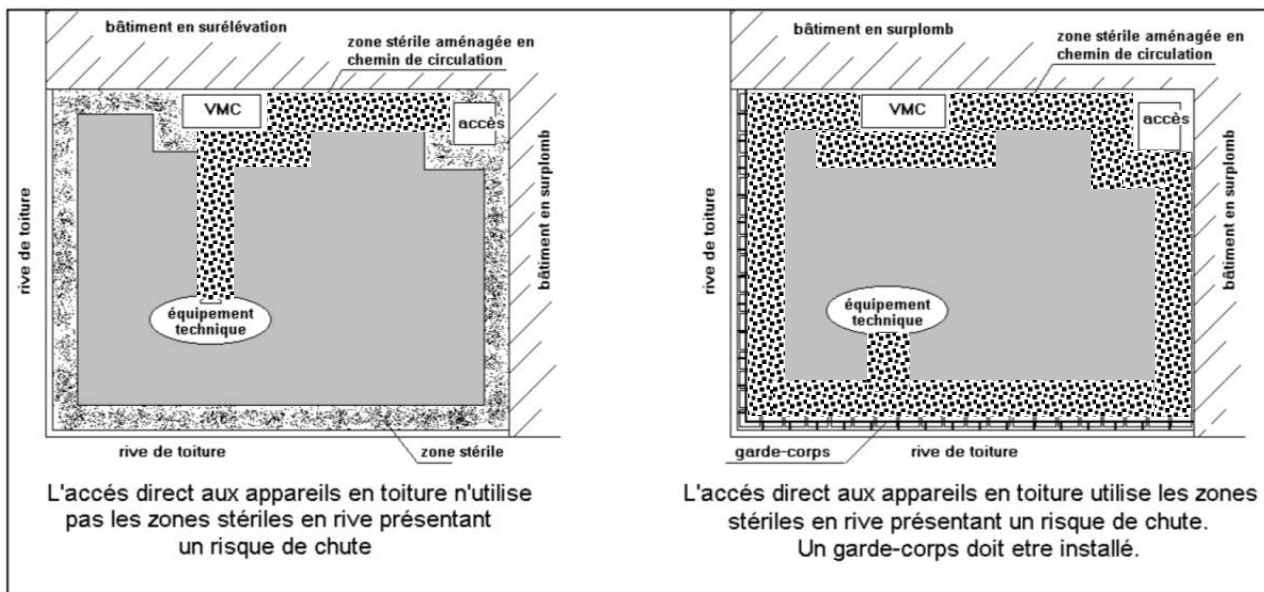


Figure 5.12 – Coupe de principe de bas de pente pour un système multicouche VEGETAL i.D.® avec bande de séparation métallique ajourée - pente $\leq 20\%$

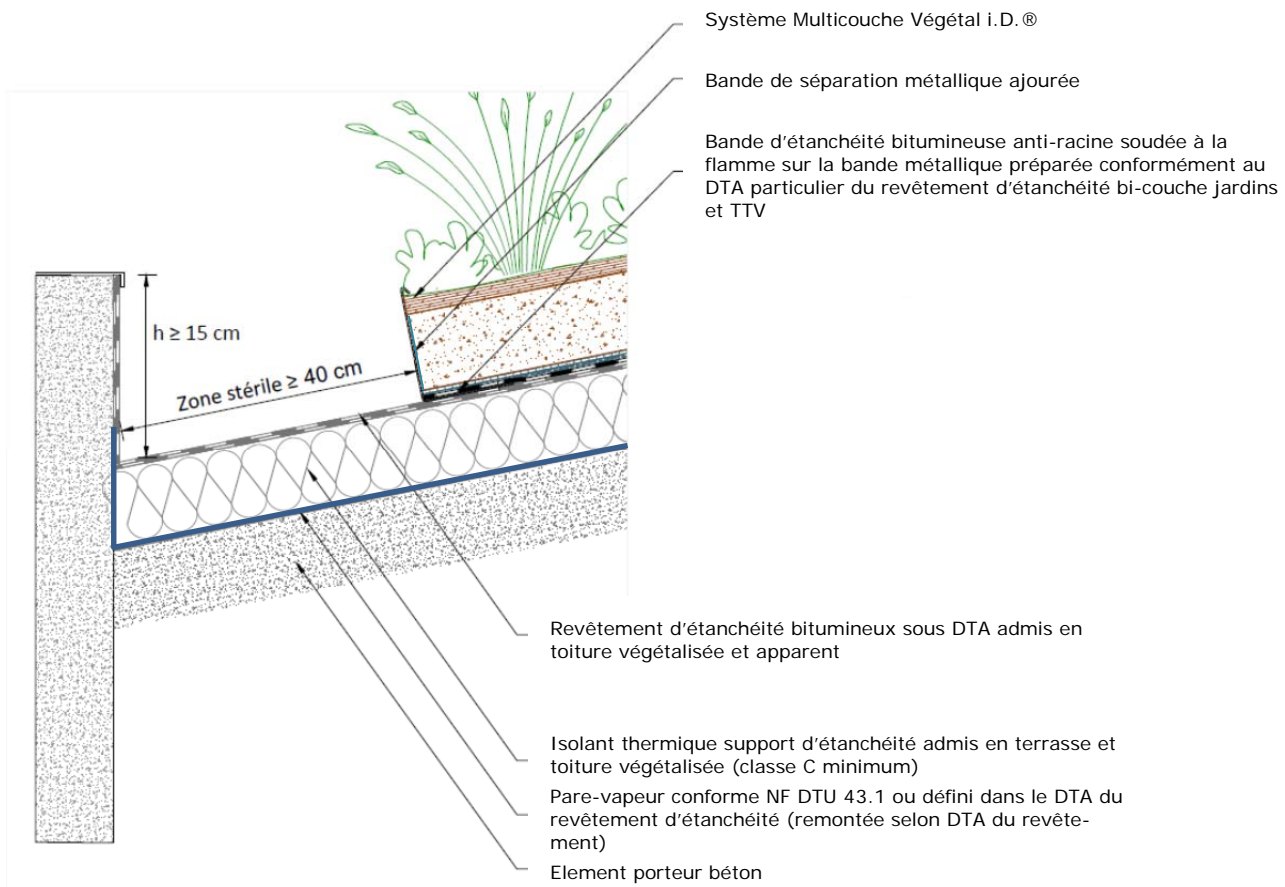


Figure 5.13 – Coupe de principe de bas de pente pour système HYDROPACK® contre acrotère pour toiture de pente $\leq 3\%$

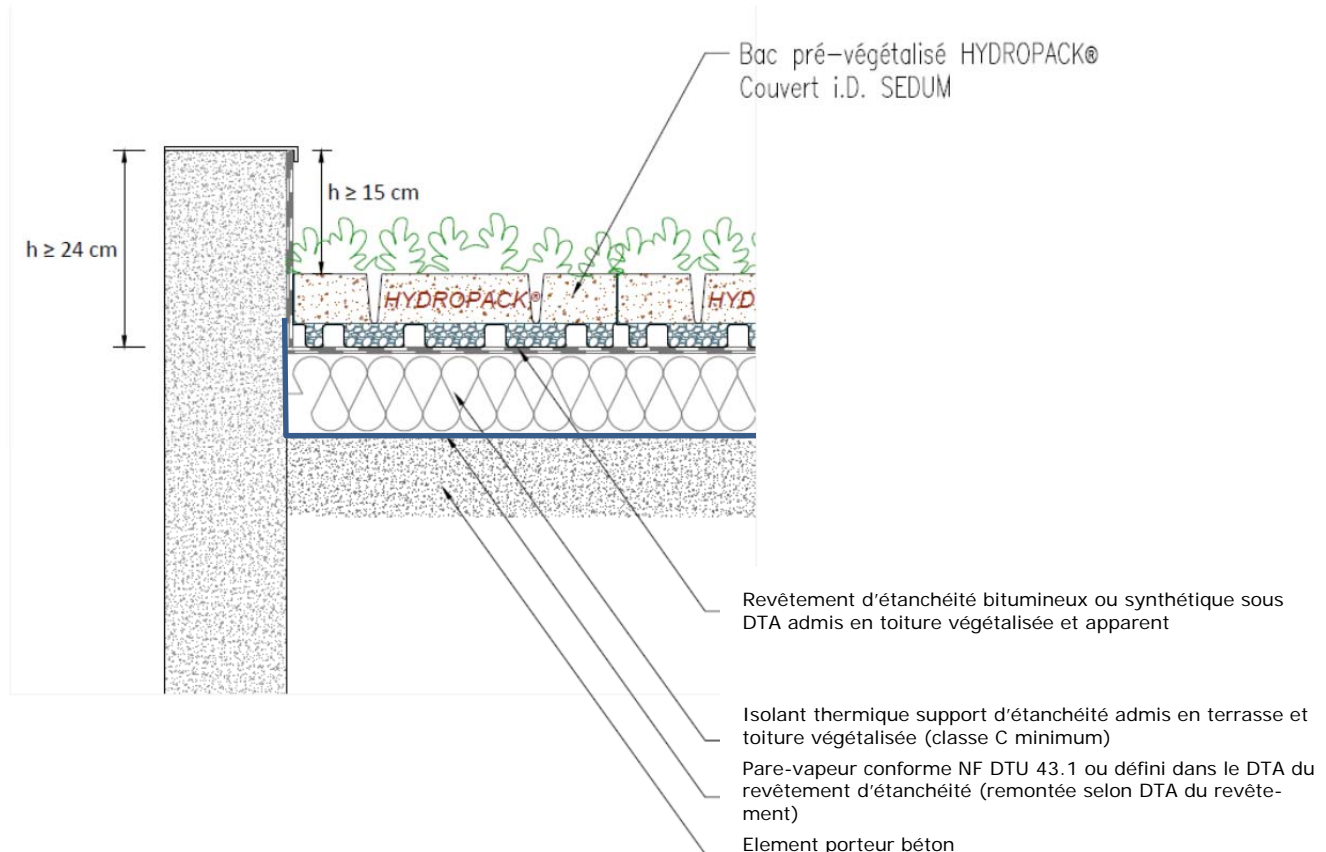
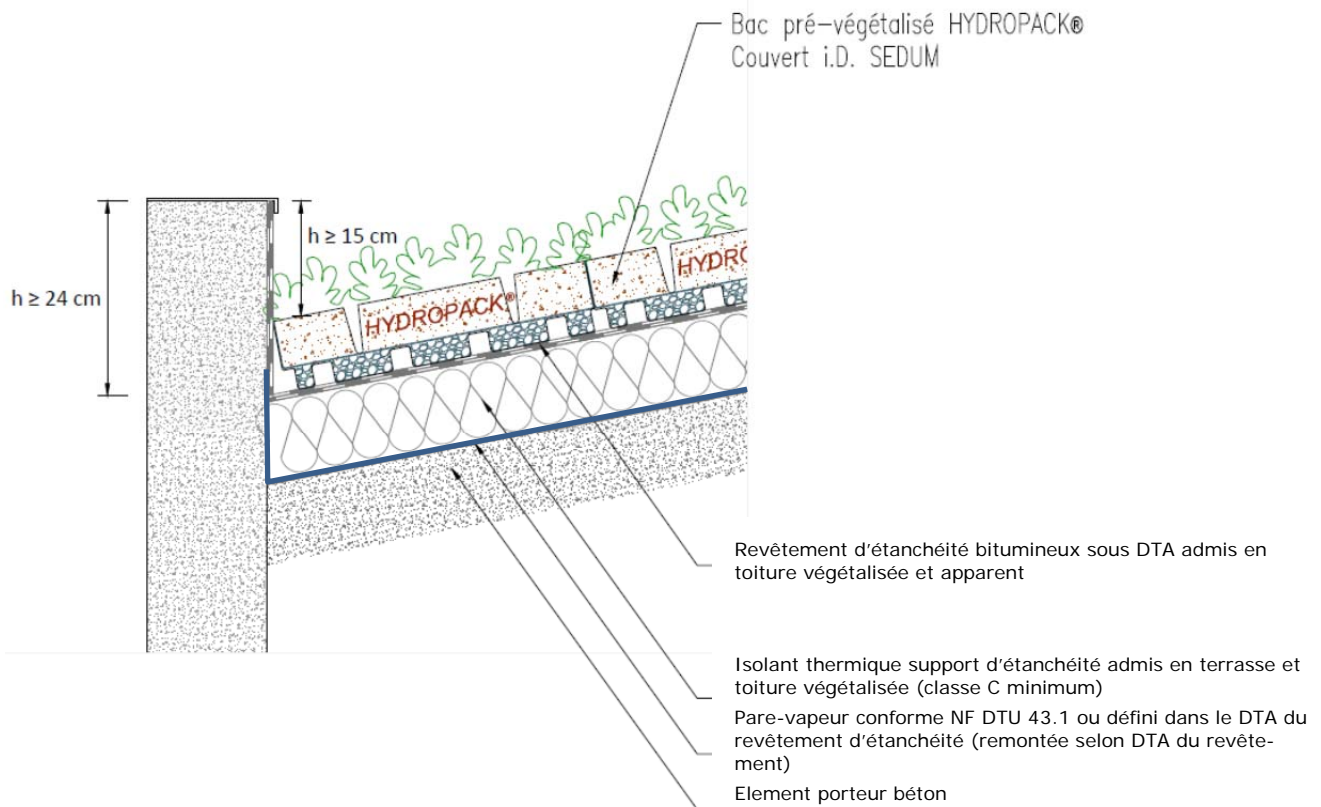
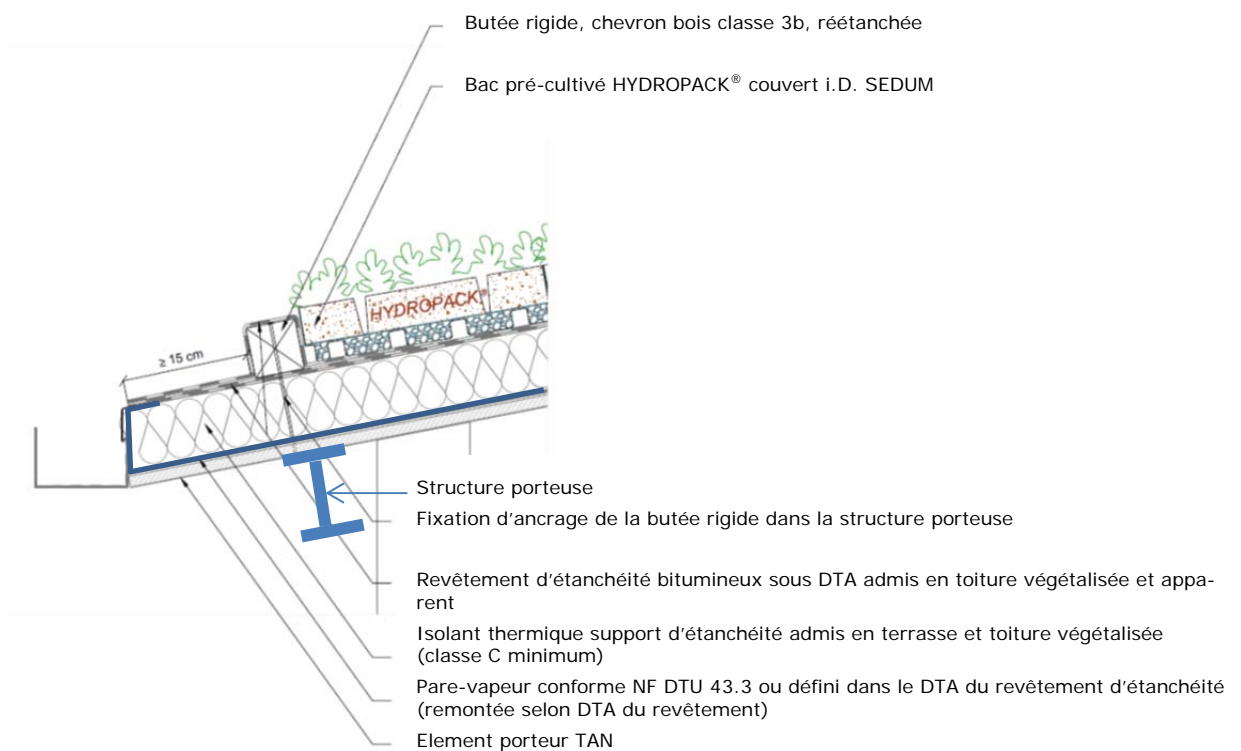


Figure 5.14 – Coupe de principe de bas de pente pour système HYDROPACK® - pente comprise entre 21 % et 35 %



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

Figure 5.15 – Coupe de principe de bas de pente pour système HYDROPACK® 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

| Couvert végétal | Technique de végétalisation | Année N implantation de la végétation | Année N+1 | Année N+2 | Année N+3 |
|------------------------------|-----------------------------|--|-----------|-----------|-----------|
| i.D. SEDUM i.D. MIX-FLORE | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| i.D. SEDUM | | | | | |

| | | |
|---------------------------|--|----------------------------|
| Phase de parachèvement | | Nombre de passage variable |
| Phase de confortement | | 3 à 4 passages / an |
| Phase d'entretien courant | | 1 à 2 passage / an |

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

| Type de végétalisation | | Éléments précultivés (tapis ID Mat Sedums ou HYDROPACK®) | Plantation de micro-mottes ID Mottes ou de godets | Semis de fragments ID 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 6.3 – Périodes de mise en œuvre et taux de couverture visé (4) - à titre indicatif

| 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 :

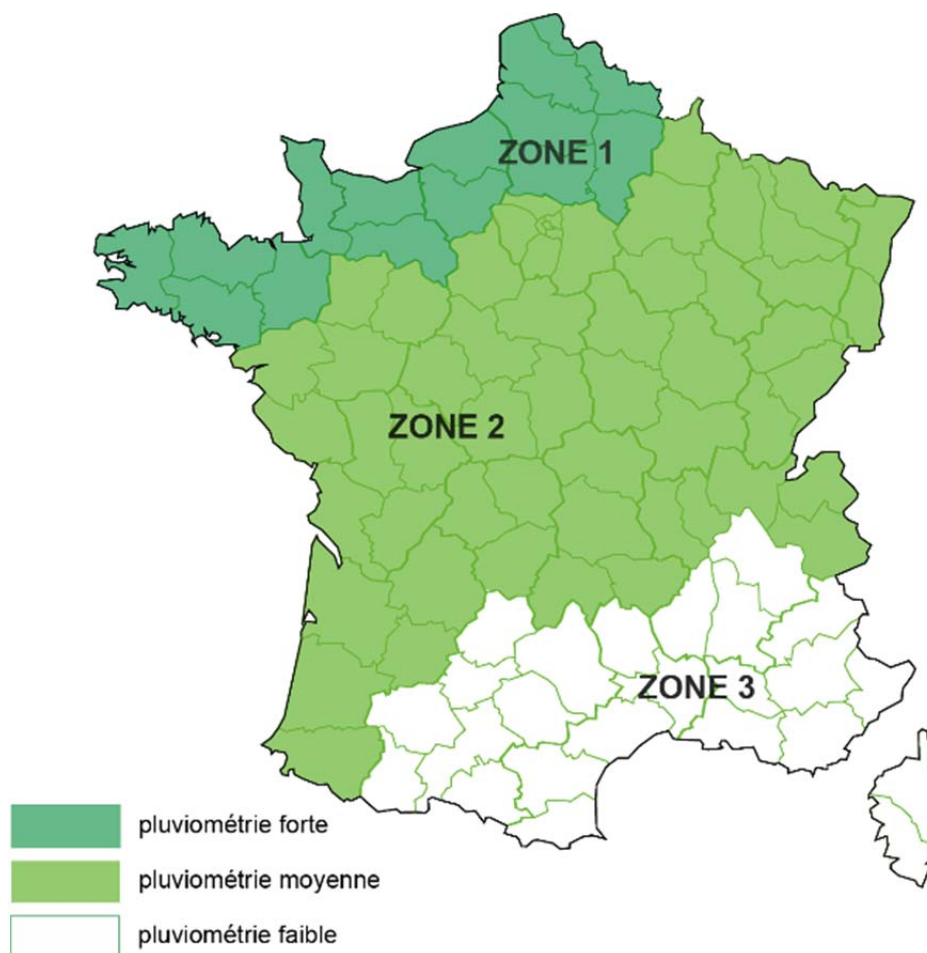
- la réalisation d'une étude technique préalable,
 - la mise en œuvre du système en bonnes conditions,
 - la mise en place d'un contrat d'entretien,
- et hors conditions climatiques exceptionnelles.

Annexe 7 – Arrosage des solutions VEGETAL i.D.®

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

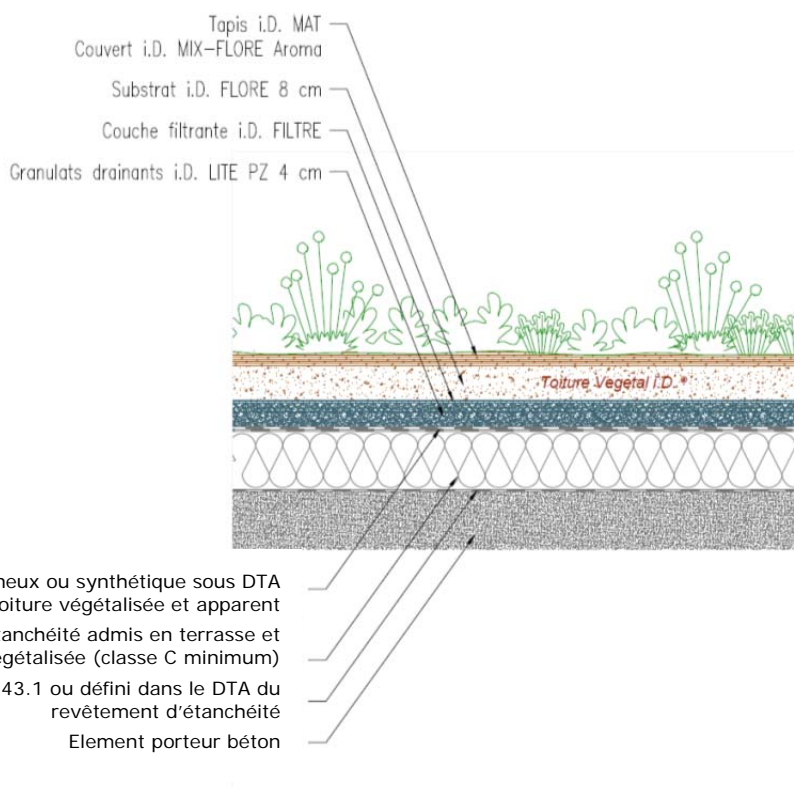
| LOCALISATION DU PROJET | PENTE | ORIENTATION | ARROSAGE AUTOMATIQUE |
|---|----------|-------------|----------------------|
| Régions Zone 1 Nord Pas-de-Calais, Picardie, Haute et Basse Normandie, Bretagne | 0 à 20% | Toutes | - |
| | > à 20% | Toutes | ✓ |
| Régions Zone 3 Midi-Pyrénées, Languedoc-Roussillon, Provinces-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 7.2 – Carte de France des zones de pluviométrie homogènes relatives au réseau d'assainissement des agglomérations

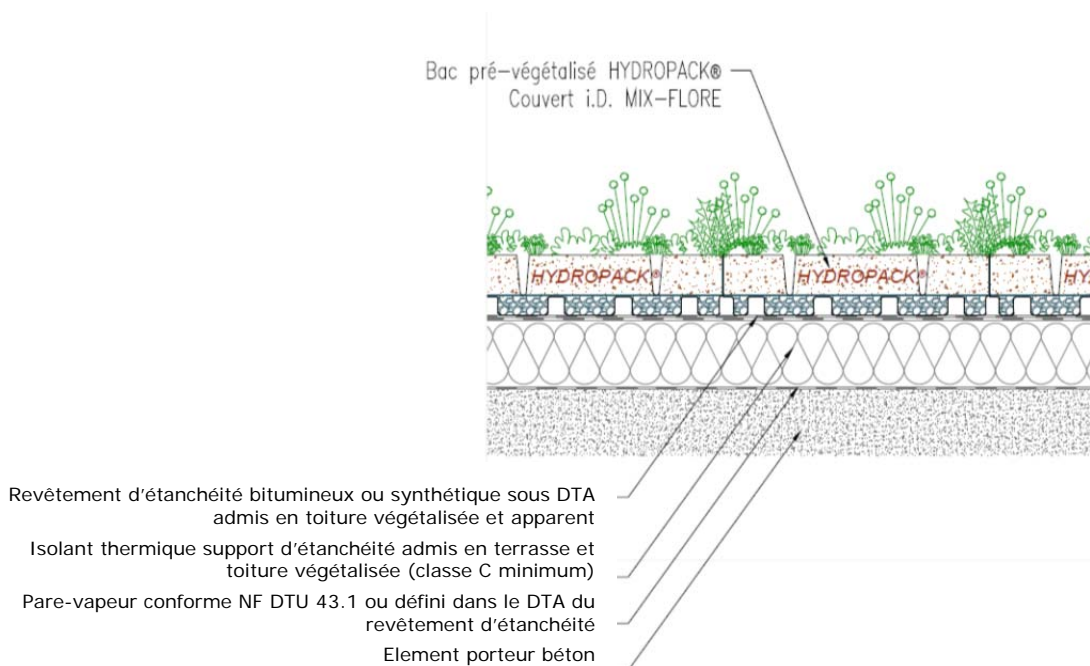


Annexe 8 – Vues des systèmes de végétalisation Vegetal i.D.®

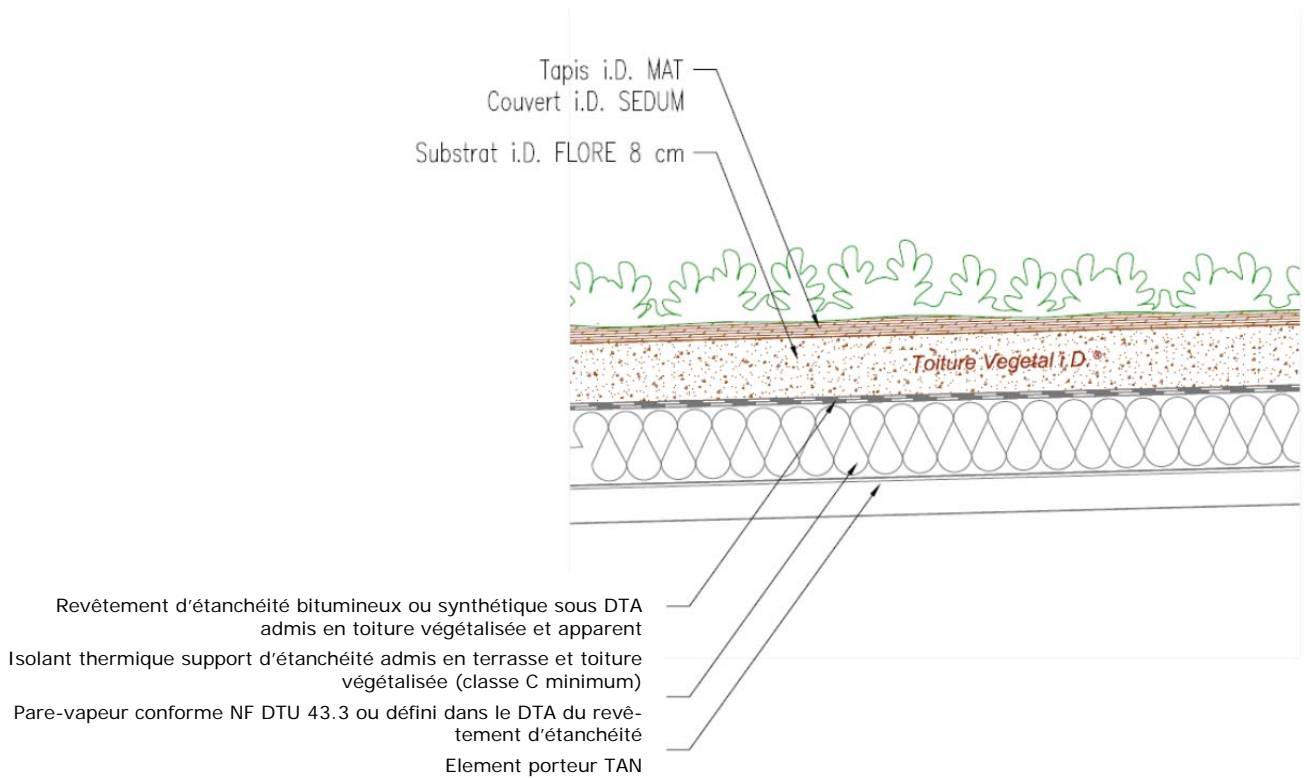
Coupe 8.1 - Système multicouche VEGETAL i.D.® avec tapis précultivé i.D. MAT - pente ≤ 3 %



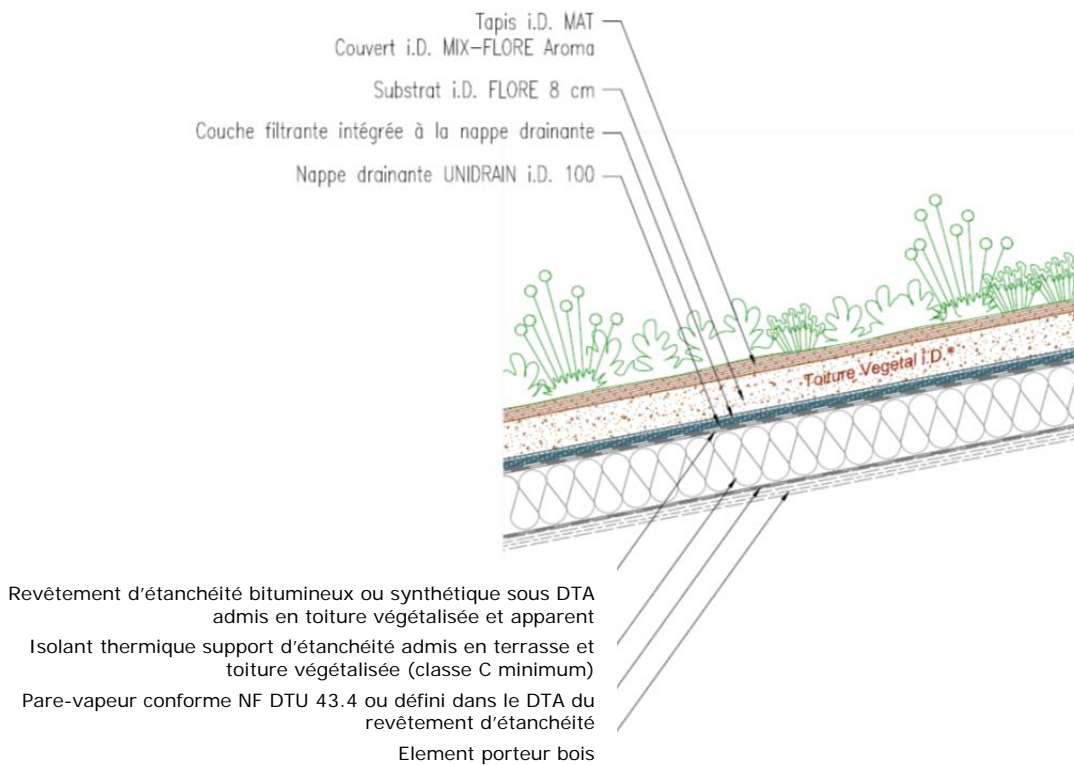
Coupe 8.2 - Système HYDROPACK® avec couvert i.D MIX-FLORE - pente ≤ 3 %



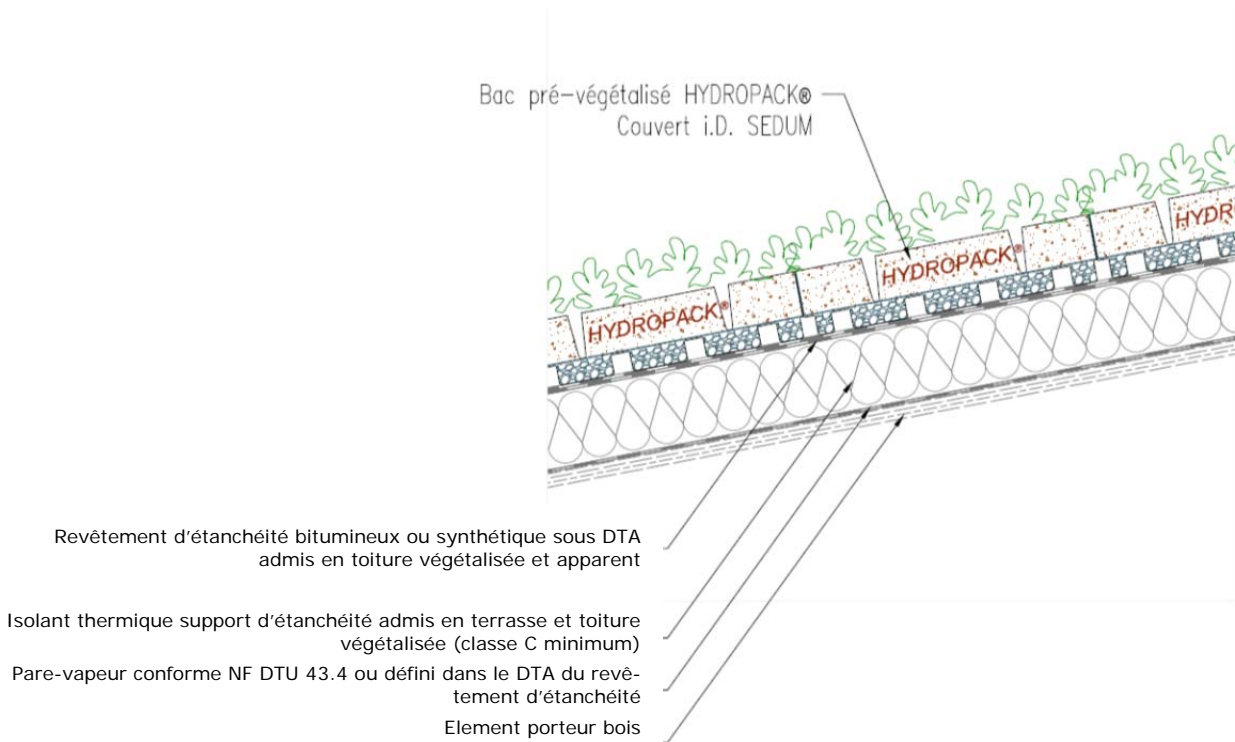
Coupe 8.3 - Système multicouche VEGETAL i.D.® avec tapis précultivé i.D. MAT - pente > 3 % et ≤ 20 %



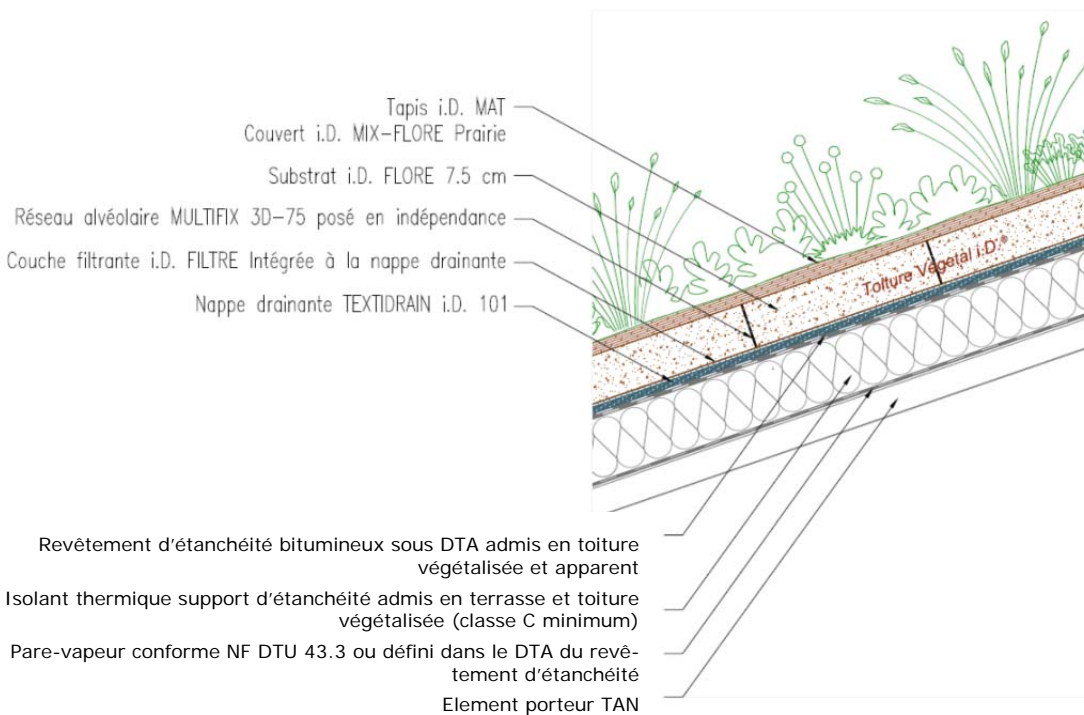
Coupe 8.4 Coupe de principe d'un système multicouche VEGETAL i.D.® avec tapis précultivé i.D. MAT - pente > 3 % et ≤ 20 %



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



Coupe 8.6 - Système multicouche VEGETAL i.D.® avec tapis pré-cultivé ID. 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®

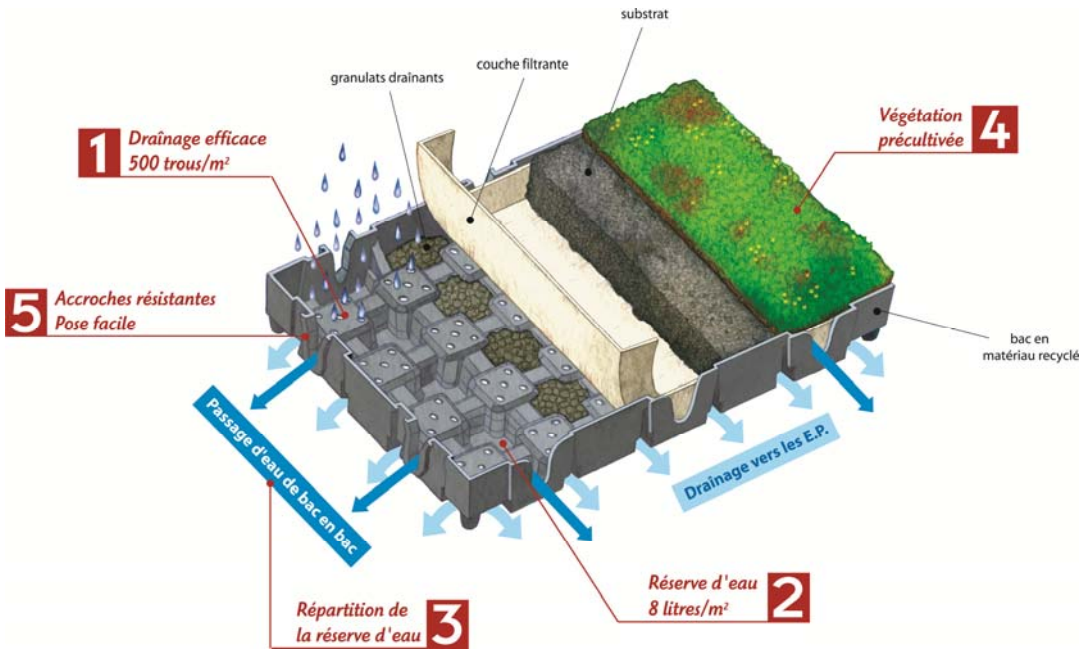


Figure 9.2 Coupe transversale d'un bac HYDROPACK®



Figure 9.3 Sens de mise en œuvre du bac HYDROPACK®

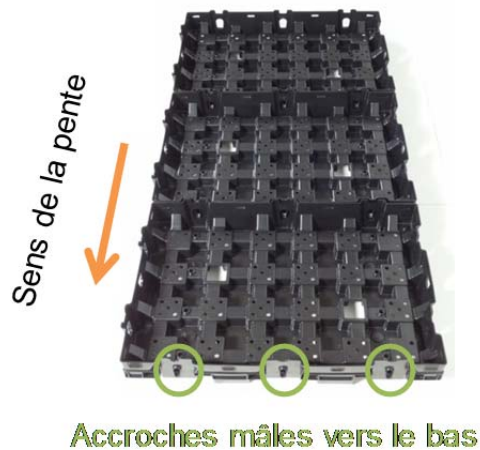


Figure 9.4 HYDROPACK® : illustration du mode de liaisonnement des bacs entre eux par collier



Figure 9.5 Dispositif de maintien du substrat i.D. SEDUM - 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.D. MIXFLORE PRAIRIE)



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

