



Systèmes de végétalisation extensive et semi-intensive Pour les toitures végétalisées à fortes pentes de 20% (11°) à 200% (63°)

CAHIER DES CHARGES

CC - N° 18 /07
Version et édition du 18 Juillet 2024

Le présent Cahier des Charges, référencé CC – N° 18/07, version du 18 juillet 2024, établi par la société **ECOVEGETAL**, et comportant 78 pages, a été examiné par BUREAU ALPES CONTROLES dans le cadre de l'Enquête de Technique Nouvelle référencée **A27T210H indice 0**.

Dans le cadre de cette évaluation, BUREAU ALPES CONTROLES a émis un rapport d'Enquête de Technique Nouvelle indiquant son Avis sur le procédé.

La signature de BUREAU ALPES CONTROLES indique l'examen du présent document qui ne peut être communiqué qu'avec l'intégralité du Rapport d'Enquête.

ALPES
CONTRÔLES

VALIDITÉ

DU 05 AOUT 2024

AU 04 AOUT 2027

L'ingénieur Spécialiste,

Vincent NANCHE

SOMMAIRE

SOMMAIRE	2
TABLEAUX	5
FIGURES	6
1. DEFINITION	7
2. DESTINATION ET DOMAINE D'EMPLOI	7
3. DOCUMENTS DE REFERENCE	8
4. PRESCRIPTIONS RELATIVES AUX SUPPORTS	9
4.1. ELEMENTS PORTEURS	9
4.2. SYSTEMES DE VEGETALISATION POSSIBLES POUR DES PENTES DE 20% (11°) A 200% (63°)	10
4.3. CHARGES A PRENDRE EN COMPTE	16
4.3.1 Charges permanentes et charges d'exploitation	16
4.3.2 Charges gravitaires	16
5. COMPLEXE ISOLATION – ETANCHEITE	17
5.1. PARE-VAPEUR	17
5.2. ISOLATION THERMIQUE	17
5.3. REVETEMENT D'ETANCHEITE	17
5.4. MISE EN ŒUVRE DU COMPLEXE ISOLATION-ETANCHEITE	17
6. DESCRIPTION GENERALE DES SYSTEMES DE VEGETALISATION	18
6.1. COUCHE FILTRANTE AU DROIT DES EEP ET DE LA ZONE STERILE	18
6.2. COUCHE ABSORBANTE ET DE PROTECTION AVEC FONCTION FILTRANTE	19
6.3. DISPOSITIFS DE SEPARATION ET ANTIGRAVITAIRES	20
6.4. ELEMENTS DE PROTECTION ET DE DRAINAGE	20
6.5. ELEMENTS DE RETENUE DU SUBSTRAT	21
6.6. COUCHE DE PLANTATION OU SUBSTRAT	22
6.7. TOILE ANTI-EROSION	23
6.8. COUCHE VEGETALE	23
6.9. BACS PRECULTIVES ECOSDUM PACK® LIGHT, ECOSDUM PACK® ET ECOSDUM PACK®	
BIODIVERSITE	24
6.10. NATTES ET TAPIS PRECULTIVEES	25
6.10.1 Nattes SUCCULIS	25
6.10.2 Nattes SAXATILIS	25
6.10.3 Nattes PRAIRIE FLEURIE	25
6.10.4 ECOVEGETAL GREEN TAPIS	25
7. PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES SYSTEMES DE VEGETALISATION	26
7.1. ASPECT SELON LE TYPE DE VEGETAUX ECOVEGETAL®	27
7.2. BESOINS EN EAU	28
7.3. PERIODE DE MISE EN ŒUVRE	28
7.4. TAUX DE COUVERTURE	29
7.5. MODES DE PLANTATION	29
7.6. SYSTEMES PRECULTIVES	29
7.7. SYSTEMES PLANTES IN SITU	30
7.7.1 Plantation de godets (Ø 4,5 cm minimum)	30

7.7.2	Plantation par semis	30
8.	SYSTEMES DE VEGETALISATION SELON LA PENTE	32
8.1.	SYSTEMES POUR PENTE DE 20% (11°) A 100% (45°) : ECOSDUM PACK®, ECOSDUM PACK® LIGHT ET ECOSDUM PACK® BIODIVERSITE	32
8.2.	SYSTEME POUR PENTE DE 20% (11°) A 200% (63°) : ELEMENTS DE RETENUE ECOGREEN®(GEORASTER)®	33
8.3.	SYSTEME DE RETENUE POUR PENTE DE 20% (11°) A 200% (63°) : ELEMENTS ECORASTER®	36
8.4.	SYSTEME DE RETENUE AVEC PIECE D'ANGLE POUR LE TRAITEMENT DES NOUES DONT LE FIL D'EAU >2% ET DES RUPTURES DE PENTES CREES PAR LES SHEDS ET LES COYAUX	40
8.5.	SYSTEME DE RETENUE AVEC PIECE D'ANGLE POUR LES TOITURES COURBES	41
9.	ARROSAGE ET / OU IRRIGATION (PAR CAPILLARITE OU ASPERSION)	43
9.1.	INDICATIONS	43
9.2.	REGLES ELEMENTAIRES	43
9.3.	PERIODE D'ARROSAGE ET / OU IRRIGATION	43
9.4.	BESOINS EN EAU ET FREQUENCE D'ARROSAGE ET / OU IRRIGATION	43
9.5.	SYSTEME D'IRRIGATION AQUANAT POUR PENTES JUSQU'A 35% (19°)	44
9.6.	SYSTEMES D'IRRIGATION POUR PENTES SUPERIEURES A 35% (19°)	45
10.	OUVRAGES PARTICULIERS	46
10.1.	DISPOSITIONS A RESPECTER SUR L'IMPLANTATION DES EMERGENCES	46
10.1.1	Selon l'élément porteur	46
10.1.2	Arrosage au niveau des émergences, ouvertures	46
10.2.	ZONE STERILE	46
10.2.1	Largeur de la zone stérile	47
10.2.2	Protection du revêtement d'étanchéité dans la zone stérile	47
11.	RELEVES	47
11.1.	RELIEFS	47
11.2.	HAUTEURS DES RELEVES	47
12.	DISPOSITIFS ANTIGRAVITAIRES	49
12.1.	STABILISATION DU BORD DE RIVE EN BAS DE PENTE AVEC LES CROCHETS TSH 90 ET LES PROFILS DE RIVE AJOURÉ TRP 80/130	52
12.2.	DISPOSITIFS ANTIGRAVITAIRES INTERMEDIAIRES	54
12.2.1	Crochets SHEAR FIX LF 300 / LF 600, TSH 90 et profils ajourés TRP 80/130	54
12.2.2	Traverses antigravitaires	54
12.3.	DISPOSITIFS ANTIGRAVITAIRES EN TETE D'EMERGENCES (LANTERNEAU, CHEMINEE...)	55
13.	DISPOSITIFS DE DELIMITATION DU SYSTEME DE VEGETALISATION	56
13.1.	EN PERIPHERIE : RIVE LATERALE ET RIVE FAITIERE	56
13.2.	AUTOUR DES EMERGENCES	57
13.2.1	Costières de joints de dilatation	57
13.2.2	Pontage des joints de dilatation par végétalisation uniquement pour pentes ≤ 50% (26.4°)	57
13.3.	EN NOUES	58
13.4.	EVACUATIONS PLUVIALES	59
13.5.	AUTRES OUVRAGES ISOLÉS	59
14.	ORGANISATION DE CHANTIER ET REALISATION DES TRAVAUX	60
15.	PREVENTION	60

16. ENTRETIEN	61
16.1. GENERALITES	61
16.2. ENTRETIEN DE L'ETANCHEITE	61
16.3. ENTRETIEN DE LA VEGETATION	61
16.3.1 Cas de la végétalisation extensive	61
16.3.2 Cas de la végétalisation semi-intensive	62
16.4. ENTRETIEN DE L'ARROSAGE AUTOMATIQUE ET / OU IRRIGATION	62
17. ASSISTANCE TECHNIQUE	63
18. CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES ACCESSOIRES ET DES PRODUITS	64
19. LISTE DES JUSTIFICATIFS	67
ANNEXE A : Carte des vents : 4 zones de vent en France metropolitaine (Z1, Z2, Z3, Z4)	69
ANNEXE B : Carte des régions de charges de neige	70
ANNEXE C : Fiche d'information	71
ANNEXE D : Exemple de calculs de charge permanente à sec de la végétalisation extensive et semi-intensive	72
ANNEXE E : Exemple de calculs de charge permanente à CME de la végétalisation extensive et semi-intensive	73
ANNEXE F : Carte des zones de pluviometrie	74
ANNEXE G : Exemple de note de calcul indiquant les forces gravitaires et l'espacement entre crochets	75
ANNEXE H : Références toitures en pente ECOVEGETAL	76
ANNEXE I : Tableau de correspondance % de pente, degrés, sinus, cosinus	77
ANNEXE J : Fiche d'autocontrôle chantier	78

TABLEAUX

Tableau 1 : Pentes admissibles par rapport à l'élément porteur	9
Tableau 2 : Systèmes ECOVEGETAL	10
Tableau 3 : Poids à sec des systèmes extensifs	11
Tableau 4 : Poids à sec des systèmes semi-intensifs	12
Tableau 5 : Poids à CME des systèmes extensifs	13
Tableau 6 : Poids à CME des systèmes semi-intensifs	14
Tableau 7 : Synthèse des principales caractéristiques des toitures végétalisées en pente $\geq 20\%$	15
Tableau 8 : Propriétés des couches absorbantes et de protection	19
Tableau 9 : Propriétés des éléments de protection contre relevés d'étanchéité	20
Tableau 10 : Propriétés des éléments de retenue du substrat	21
Tableau 11 : Propriétés physico-chimiques des substrats	22
Tableau 12 : Caractéristiques des bacs précultivés ECOSSEDUM PACK	24
Tableau 13 : Caractéristiques des nattes et tapis précultivés	26
Tableau 14 : Synthèse des principales caractéristiques des systèmes non précultivés	26
Tableau 15 : Synthèse des principales caractéristiques des systèmes précultivés (bacs, nattes)	27
Tableau 16 : Types de systèmes de végétalisation ECOVEGETAL®	27
Tableau 17 : Périodes de mise en œuvre et taux de couverture (selon Règles Professionnelles)	29
Tableau 18 : Choix du mode de plantation / végétation en fonction de la pente	31
Tableau 19 : Caractéristiques des systèmes en pente de la gamme ECOSSEDUM PACK	33
Tableau 20 : EXEMPLE DE CONFIGURATION DES SYSTEMES EN FONCTION DE LA PENTE AVEC ELEMENT DE RETENUE ECOGREEN®(GEORASTER)® (1)	35
Tableau 21 : Exemples de configurations des systèmes en fonction de la pente avec élément de retenue ECORASTER® S50 (1)	39
Tableau 22 : Distance maximale entre 2 angles variables AV45 selon le rayon de courbure de la toiture courbe	41
Tableau 23 : influence de l'exposition des rampants sur les végétaux	44
Tableau 24 : exemple de caractéristiques du système AQUANAT sur ECORASTER® pour 8 cm de substrat tassé	45
Tableau 25 : Distance entre crochets TSH 90 selon la composante parallèle au rampant des charges gravitaires	53
Tableau 26 : Distance entre crochets SHEAR FIX selon la composante parallèle au rampant des charges gravitaires	54
Tableau 27 : Fréquence d'entretien recommandée selon le mode de plantation	62
Tableau 28 : Caractéristiques des accessoires de séparation et des dispositifs antigravitaires	64
Tableau 29 : Caractéristiques techniques des produits	65

FIGURES

Figure 1 : Exemple de coupe de principe en pente.....	18
Figure 2 : Bac précultivé ECOSEDUM® PACK	25
Figure 3 : Coupe de principe avec ECOSEDUM PACK®, ECOSEDUM PACK® LIGHT ou ECOSEDUM PACK® BIODIVERSITE.....	32
Figure 4 : Coupe de principe avec l'élément de retenue de substrat ECOGREEN® (GEORASTER)® en simple couche	34
Figure 5 : Découpe de l'élément ecogreen® (georaster)	34
Figure 6 : Elements Ecogreen ® (georaster) en multi epaisseur	34
Figure 7 : Continuité des différents éléments de retenue ECOGREEN® (GEORASTER)® / ECORASTER®.....	35
Figure 8 : Coupe de principe avec l'élément de retenue de substrat ecoraster®	37
Figure 9A : 1 ^{ère} solution : Coupe de principe avec zone stérile et l'élément ECORASTER® retenu par crochet	37
Figure 9B : 2 ^{ème} solution : Coupe de principe avec zone stérile et l'élément ECORASTER® retenu par acrotère	38
Figure 9C : 3 ^{ème} solution : Coupe de principe avec zone stérile avec étanchéité auto protégée traitée anti uv.....	38
FIGURE 10 : SYSTEME D'ATTACHE TENON-MORTAISE	39
FIGURE 11 : CLIPSAGE DES ELEMENTS ECORASTER®.....	39
Figure 12 : angle variable AV45	41
Figure 13 : Exemple de traitement de noues dont pente du fil d'eau > 2% avec tapis précultivé ou plantation de godets	41
Figure 14 : Eléments composant le système AQUANAT	44
Figure 15 : Coupe de principe avec irrigation par capillarité système AQUANAT®	45
Figure 16 : Zoné stérile.....	46
FIGURE 17 : EXEMPLE DE COUPE LATÉRALE AU DROIT DU RELEVÉ D'UNE COSTIÈRE DE LANTERNEAU AVEC ZONE STÉRILE EN ECOSEDUM PACK ou ECOSEDUM PACK LIGHT	48
Figure 18 : Coupe latérale – cas particulier de l'acrotère revêtu jusqu'à l'arête extérieure	48
Figure 19 : Coupe latérale - cas particulier de l'acrotère revêtu jusqu'à l'arête extérieure	49
Figure 20 : Exemple de dispositif antigravitaire.....	49
Figure 21 : Exemple de fixation des crochets intermédiaires TSH 90 ou SHEAR FIX LF300 sur entretoise (dit DTU 40.35 § 6.4.4) à la structure porteuse au travers de tôles d'acier nervurées.....	51
Figure 21 bis : Exemple de fixation des crochets intermédiaires TSH 90 ou SHEAR FIX LF300 sur traverse fixée à la structure porteuse au travers de tôles d'acier nervurées	51
Figure 22 : Exemple de stabilisation du bord de rive en bas de pente	52
Figure 22 bis : étapes d'installation des crochets SHEAR FIX	53
Figure 23 : Exemple de traverse antigravitaire.....	55
Figures 24 et 24 bis : Exemples de traitement en rive latérale et faîtière sans acrotère	56
Figures 25 et 25 bis : Exemples de traitement en rive avec acrotère ou façade contiguë.....	56
Figure 26 : Exemple de traitement en tête d'écoulements (cheminées, lanterneau...).....	57
Figure 27 : pontage des joints de dilatation par végétalisation	58
Figure 27 bis : Exemple de végétalisation si pente du fil d'eau de la noue > 2% par ECOSEDUM PACK® sur drain FS50	59
Figure 28 : Evacuations pluviales.....	59

1. DEFINITION

Le présent Cahier des Clauses Techniques concerne les prescriptions de mise en œuvre des systèmes de végétalisation extensive et semi-intensive sur des revêtements d'étanchéité résistants à la pénétration des racines, en lien, sans être conforme au niveau traditionnalité, avec les Règles Professionnelles pour la conception et la réalisation des terrasses et toitures végétalisées de la CSFE ; Edition N° 3 de mai 2018 au - dessus de tous types de locaux, dont l'hygrométrie intérieure doit satisfaire aux prescriptions des normes NF P 84- série 200 réf DTU série 43 et / ou des Avis Techniques ou Documents Techniques d'Applications des éléments porteurs, appartenant à des bâtiments de toutes destinations - ERP y compris, sur des rampants de pentes supérieures à 20% (11°) et jusqu'à 200% (63°) et des rampants de grande longueur, à partir de 4 m et jusqu'à 80 m de toitures planes, courbes et inclinées.

Les toitures végétalisées extensives et semi- intensives sont des terrasses ou des zones inaccessibles aménagées sur des éléments porteurs conformes aux Règles Professionnelles pré citées ; Edition N° 3 de mai 2018.

Végétalisation extensive : L'épaisseur des complexes de végétalisation (depuis la natte absorbante jusqu'à la couche de plantation ou substrat) ne dépassent pas 12 cm de hauteur.

Végétalisation semi-intensive : L'épaisseur des complexes est limitée à 30 cm de hauteur.

Dans le cas d'une végétalisation par gazon, la terrasse doit être conçue pour accepter une circulation piétonne de maintenance uniquement.

Le présent Cahier des Clauses Techniques précise les différents référentiels cités et décrits les applications non visées par les Règles Professionnelles pré- citées.

Nota : dans la suite du présent document, l'appellation « Règles Professionnelles » désigne les Règles Professionnelles pour la conception et la réalisation des Terrasses et Toitures Végétalisées, édition n°3, mai 2018, rédigées par l'Adivet, l'Enveloppe Métallique du Bâtiment, et la CFSE.

2. DESTINATION ET DOMAINE D'EMPLOI

Les systèmes de végétalisation en pente extensive et semi-intensive **ECOVEGETAL®** sont destinés :

- Au climat de plaine et climat de montagne d'altitude jusqu'à 1600 M en France européenne. En dehors de ces configurations, consulter le Service Technique **ECOVEGETAL®**.
- Aux bâtiments des catégories d'importance I à IV situés dans les zones de sismicité 1 à 4 et construits sur des sols de classe A, B, C, D et E.
- Les systèmes de végétalisation ne font pas partie des éléments de structure au sens de l'arrêté du 20 octobre 2010 modifié par l'arrêté du 25 octobre 2012 de la NF En 1998 – 1 de Septembre 2005 (Eurocode 8). Toutefois, en tant que protection d'étanchéité de toitures- terrasses, ils peuvent être assimilés aux éléments non structuraux cités dans le guide « Dimensionnement parasismique des éléments non structuraux » de la DHUP, organisme dépendant des « Ministères de l'Egalité des territoires et du Logement – Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie » de Juillet 2013.
Les systèmes s'appliquent en l'état et sans restriction et de plus n'affectent pas les dispositions nécessaires éventuellement prises, dans le cadre de la résistance aux efforts sismiques, pour les bâtiments situés dans les zones et sur les sols cités ci-dessus.
- Quelle que soit la pente, en végétalisation extensive et semi-intensive (cf Règles Professionnelles), les fixations des dispositifs de retenue se font directement sur la structure porteuse et non pas sur l'isolant.
- Si un isolant est présent (cas des toitures chaudes), il est nécessaire d'installer des entretoises (fixées sur la structure porteuse) et de fixer les retenues mécaniques sur celles-ci afin d'assurer le transfert des efforts provenant du système de végétalisation. S'il n'y a pas d'isolant, les retenues mécaniques sont alors fixées directement au support adapté et résistant à la reprise des efforts.
- Aux rampants de grande longueur, à partir de 4 m et jusqu'à 80 m pour des pentes $\leq 100\%$ et jusqu'à 20 m pour des pentes de 100 à 200% (dispositions constructives supplémentaires par rapport aux Règles Professionnelles jusqu'à 20%).
- Aux toitures inclinées inaccessibles et dont la pente varie de 20% (11°) à 200% (63°) (extension par rapport aux Règles Professionnelles).

- Aux toitures planes, courbes (rayon de courbure, voir § 8.5) et inclinées lorsqu'elles sont végétalisées par un gazon qui supporte le piétinement pour l'entretien dont la pente varie de 20% (11°) à 200% (63°).
- Aux travaux neufs ou à la réfection avec reprise de l'étanchéité (Norme NF P 84.208 - DTU 43.5 - Travaux de bâtiments – Réfection des ouvrages d'étanchéité des toitures terrasses ou inclinées). Dans le cas d'une réfection avec reprise de l'étanchéité, le maître d'ouvrage doit vérifier la stabilité de l'ouvrage et faire vérifier l'aptitude de l'élément porteur à supporter les charges du système de végétalisation **ECOVEGETAL®**.
- Aux éléments porteurs en maçonnerie, en dalles de béton cellulaire autoclavé armé, bois et panneaux à base de bois et dérivés du bois, Tôles d'Acier Nervurées (TAN). La structure et l'élément porteur sont dimensionnés pour les rendre aptes à supporter les charges réglementaires et les charges du système de végétalisation **ECOVEGETAL®**. Dans le cas des éléments porteurs bois, panneaux à base de bois et dérivés du bois ainsi que dans le cas des TAN, voir Chapitre 12.

Les zones traitées en végétalisation **ECOVEGETAL®** ne sont pas destinées à un piétinement régulier ; elles ne peuvent recevoir qu'une circulation réservée à l'entretien de la toiture, à l'exclusion d'engins autres que des engins légers de poids ≤ 30 kg pour l'entretien de la végétalisation (tondeuses, débroussailleuses...). Elles peuvent côtoyer d'autres types de terrasses et intégrer des chemins de circulation ou des zones techniques.

Résistance aux effets du vent : Les dispositions décrites dans le présent document sont applicables sans restriction en France européenne. Le vent (Annexe A) exerce sur les versants des toitures et sur les terrasses des actions de dépression. Celles-ci sont moyennes en partie courante et sont locales et plus intenses le long des arrêtes, rives, angles – parties communes aux rives – et autour des émergences telles que cheminées, lanterneaux (Cahier CSTB 3563 de juin 2006) et § 1.322, 2.132 des NV65 version consolidée février 2009. Les dépressions de vent extrême sont à prendre en compte comme décrits dans les Règles Professionnelles (Tableau 1). La résistance aux effets du vent en dépression doit être assurée (en sécurité) par le poids à sec du complexe de végétalisation (voir Tableau 3 et Tableau 4) et éventuellement par le poids des charges gravitaires (voir 4.3.2 ci-après), hors complexe de végétalisation. En cas de modification du système (épaisseur du substrat, etc.) veuillez consulter le Service Technique **ECOVEGETAL®**.

Nota : La tenue au vent de l'ECOSSEDUM PACK a été testée par le CSTB, dossier référence EN-CAPE 18.079 C – V2.

Résistance aux effets de la neige : Les dispositions décrites dans le présent document sont applicables sans restriction en France européenne suivant les règles NV84 version consolidée février 2009 (Réf. P 06.006) définissant la résistance aux effets de la neige sur les constructions (Annexe B).

3. DOCUMENTS DE REFERENCE

Le présent Cahier des Clauses Techniques est le document de référence des systèmes de végétalisation en Fortes Pentes **ECOVEGETAL®**. Il renvoie à d'autres documents techniques de référence, notamment :

- Règles Professionnelles pour la conception et la réalisation des terrasses et toitures végétalisées, de la CSFE - Edition N°3 mai 2018 ;
- Avis Techniques des procédés pour toitures terrasses jardins ;
- Cahiers des Charges et Avis Techniques des procédés pour toitures végétalisées ;
- Règles relatives à la sécurité des personnes : manuel CSFE (prévention des risques professionnels sur les chantiers) ;
- Normes - DTU de la série 43 : DTU 43.1 (Réf. NF P 84.204) et 43.11 (Réf. NF P 84.211) pour les éléments porteurs en maçonnerie, DTU 43.3 (Réf. NF P 84.206) pour les éléments porteurs en acier (T.A.N.), DTU 43.4 (Réf. NF P 84.207) pour les éléments porteurs en bois et panneaux dérivés du bois et DTU 43.5 (Réf. NF P 84.208) pour les travaux de réfection. Le DTU 20.12 et ses amendements (Réf. NF P 10.203.1) – Gros œuvre en maçonnerie des toitures destinées à recevoir un revêtement d'étanchéité ;
- Cahier du CSTB n° 2358 - V2 de mars 2008 - NF P 84.352 : Classement FIT des étanchéités de toitures ;
- Avis Techniques ou DTA des GS 5 + 3 de la CCFAT, concernant les éléments porteurs en dalles de toitures en béton cellulaire autoclavé armé pour toitures avec complexes d'étanchéité ;
- NF P 06.001 : Base de calcul des constructions – Charges d'exploitation des bâtiments ;
- NV 65 version consolidée février 2009 : Règles DTU de calcul P 06.002 ou Norme Eurocode NF EN 1991.1.3 et NF EN 1991.1.4. Règles définissant les Effets de la Neige et du Vent sur les constructions ;
- N 84 version consolidée février 2009 : Règles DTU de calcul P 06.006 ou Norme Eurocode NF EN 1991.1.3 et NF en 1991.1.4. Règles définissant l'Action de la Neige sur les constructions.

4. PRESCRIPTIONS RELATIVES AUX SUPPORTS

4.1. ELEMENTS PORTEURS

- Maçonnerie des toitures et d'étanchéité normes NF P 10.203 (DTU 20.12) ;
- Maçonnerie conforme aux normes DTU de la série 43.1 (Réf. NF P 84.204) et 43.11 (Réf. NF P 84.211) ;
- Béton cellulaire autoclavé armé bénéficiant d'un Avis Technique favorable des GS 5 + 3 de la CCFAT, concernant les éléments porteurs en dalles de toitures en béton cellulaire autoclavé armé pour toitures avec complexes d'étanchéité ;
- Tôles d'Acier Nervurées conformes aux normes DTU de la série 43.3 (Réf. NF P 84.206), fixées à l'ossature comme si elles recevaient un revêtement autoprotégé ;
- Bois ou panneaux à base de bois et dérivés du bois :
 - conformes aux normes DTU de la série 43.4 (Réf. NF P 84.207),
 - ou panneaux bénéficiant d'un Avis Technique visant favorablement son emploi en élément porteur pour toiture avec revêtement d'étanchéité sous protection lourde,
 - ou panneaux de lamelles minces, longues et orientées (OSB), définis dans la norme NF EN 300 et conformes au paragraphe 6.1.1.2 des Règles Professionnelles.
- Ceux cités pour les travaux de réfection aux normes DTU de la série 43.5 (Réf. NF P 84.208).

Rappel : pentes du gros œuvre en maçonnerie des toitures destinées à recevoir un revêtement d'étanchéité

- Pente non limitée à 5% si toitures- terrasses inaccessibles.
- Pente limitée à 5% dans les autres cas de toitures- terrasses ou se référer aux NF DTU, ATEC et DTA des revêtements d'étanchéité.

Le Tableau 1 présente ci-dessous les pentes admissibles selon l'élément porteur.

TABLEAU 1 : PENTES ADMISSIBLES PAR RAPPORT A L'ELEMENT PORTEUR

ELEMENT PORTEUR	PENTE			
	0%	1% à 3%	≥ 3% à 20%	Supérieure à 20%
	Pour mémoire – non visé par le présent CC (Cf. Règles Professionnelles et CPP ECOVEGETAL)			Conforme au présent Cahier des Charges ^(b)
	Maçonnerie (a)	Oui	Oui	
Dalles en béton cellulaire autoclavé armé	Non	Oui	Oui	
Tôles d'acier nervurées	Non	Non	Oui	
Bois et panneaux à base de bois et dérivés du bois	Non	Non	Oui	
(a) Dans le cas d'une végétalisation semi-intensive de type GREEN conçue pour accepter une circulation piétonne de maintenance, seul l'élément porteur en maçonnerie est admis ;				
(b) Sur la base de la fiche d'information (annexe C), ECOVEGETAL prend en compte notamment la composante parallèle au rampant des charges gravitaires (pour le maintien en place de la végétalisation et éviter l'érosion superficielle du substrat suite aux effets du vent et du ruissellement de l'eau).				

4.2. SYSTEMES DE VEGETALISATION POSSIBLES POUR DES PENTES DE 20% (11°) A 200% (63°)

Les systèmes **ECOVEGETAL®** suivants peuvent couvrir des pentes au-delà de 20% et jusqu'à 200%, hors systèmes de la gamme ECOSSEDUM PACK limités à 100% maximum.

L'utilisation des bacs pré-cultivés ECOSSEDUM PACK LIGHT et des systèmes avec une épaisseur de substrat SAXALIS 1.1 FP inférieure à 9 cm relèvent d'une étude spécifique réalisée par le service technique ECOVEGETAL.

TABEAU 2 : SYSTEMES ECOVEGETAL

Système	Type	Couche absorbante	Elément de retenue de substrat	Substrat	Epaisseur de substrat (min – max)	Couche végétale
Gamme SUCCULIS : - SIMPLE - MERIDIO - MONOCOUCHE	Extensif	AP32 ou AP64	ECORASTER E40, E50, S50 ou ECOGREEN (GEORASTER)	Gamme SAXALIS	5 à 12 cm	Toile anti-érosion (pente >25%) + godets, fragments ou semis ou Nattes pré-cultivées
Gamme SAXATILIS : - SIMPLE - MERIDIO - MONOCOUCHE	Semi-intensif	AP32 ou AP64		Gamme SAXALIS	12 à 20 cm	
PRAIRIE FLEURIE	Semi-intensif	AP32 ou AP64		Gamme SAXALIS	15 à 20 cm	
ENDEMIS	Semi-intensif	AP32 ou AP64		Gamme SAXALIS	12 à 30 cm	Toile anti-érosion (pente >25%) + godets, fragments, semis
LAVANDULIS	Semi-intensif	AP64		Gamme SAXALIS	20 à 30 cm	Toile anti-érosion (pente >25%) + godets, fragments, semis
GREEN	Semi-intensif	AP64		JARDILIGHT GREEN 1.6	20 à 30 cm	Tapis pré-cultivé de gazon
Gamme ECOSSEDUM PACK: - ECOSSEDUM PACK - ECOSSEDUM PACK BIODIVERSITE -ECOSSEDUM PACK LIGHT (sur étude spécifique)	Extensif tout-en-un (bac pré-cultivé)	AP32 ou AP64 (facultative)		Substrat spécifique ECOSSEDUM PACK	6,5 cm	Intégrée au bac pré-cultivé

Les poids à sec et à CME des principaux constituants de chaque système sont rappelés dans les tableaux suivants. Des valeurs globales des poids à sec et à CME de chaque système sont aussi présentées dans ces tableaux. Des études spécifiques par le Service Technique ECOVEGETAL sont à prévoir pour les solutions légères (ECOSSEDUM PACK LIGHT et SAXALIS 1.1 FP avec épaisseur inférieure à 9 cm).

TABLEAU 3 : POIDS A SEC DES SYSTEMES EXTENSIFS

SYSTEMES EXTENSIFS – POIDS A SEC ^(a)					
Systèmes	SUCCULIS (simple, meridio, monocouche)		ECOSEDUM PACK LIGHT	ECOSEDUM PACK	ECOSEDUM PACK BIODIVERSITE
EPAISSEUR MINIMALES ET MAXIMALES DE SUBSTRAT SYSTEMES MULTICOUCHES [CM]					
Epaisseur	5	12			
NATTE ABSORBANTE – POIDS A SEC [KG/M²]					
AP32	0,3		0,3 (facultative)		
AP64	0,7		0,7 (facultative)		
ELEMENTS DE RETENUE DE SUBSTRAT – POIDS [KG/M²]					
ECOGREEN(GEORASTER)		4,6 (1 couche)			
ECORASTER E40	5,2 (1 couche)	15,7 (3 couches)			
ECORASTER E50	8,8 (1 couche)	17,6 (2 couches)			
ECORASTER S50	6,8 (1 couche)	13,7 (2 couches)			
SUBSTRAT SYSTEMES MULTICOUCHES – POIDS A SEC [KG/M²]					
SAXALIS 1.1	41,0	98,4			
SAXALIS 1.4	44,8	107,4			
SAXALIS 1.1 FP	22,5 (sur étude spécifique)	54,0			
ELEMENT PRECULTIVE (HORS VEGETAUX) – POIDS A SEC [KG/M²]					
Bacs préculтивés tout-en-un			22,9 (sur étude spécifique)	36,0	39,9
TOILE ANTI-EROSION – POIDS [KG/M²] ^(b)					
FILET 400	0,4 (si fragments, godets, semis et pente >25%)				
COUCHE VEGETALE – POIDS A SEC [KG/M²]					
Fragments, godets, semis	1				
Nattes préculтивées	5,2				
Couche végétale des bacs préculтивés			1		
VALEURS DE POIDS A SEC GLOBALES MINIMALES ET MAXIMALES [KG/M²] ^{(c) (d)}					
Poids à sec minimal	29,0 (sur étude spécifique)	59,9	23,9 (sur étude spécifique)	37,0	40,9
Poids à sec maximal	59,5	130,9	24,6 (sur étude spécifique)	37,7	41,6
DEPRESSION MAXIMALE ADMISSIBLE AU VENT EXTREME AU SENS DES REGLES NV 65 MODIFIEES [PA] ^(e)					
Cas poids à sec minimal	sur étude spécifique	3375 Pa	sur étude spécifique	2761 Pa	3068 Pa
Cas poids à sec maximal	3375 Pa	3927 Pa	sur étude spécifique	2761 Pa	3068 Pa
(a) Valeurs calculées pour les épaisseurs minimales et maximales de substrat uniquement, en partie courante : ces valeurs ne comprennent pas les éléments tels que crochets, traverses antigravitaires, etc. (b) Toile anti-érosion mise en œuvre avec de la plantation in-situ uniquement, et pour des pentes > 25 %. (c) Valeurs minimales et maximales calculées en considérant le poids à sec le plus faible et le plus élevé respectivement : - parmi les nattes absorbantes adaptées, - parmi les éléments de retenue du substrat adaptés, - parmi les substrats adaptés, - en considérant ou non la toile anti-érosion, - parmi les couches végétales adaptées. (d) Les projets avec des systèmes multicouches (systèmes hors gamme ECOSEDUM PACK) dont le poids à sec est inférieur à 40 kg/m² et les systèmes tout-en-un (gamme ECOSEDUM PACK) dont le poids à sec est inférieur à 35 kg/m², doivent faire l'objet d'une étude spécifique par le service technique d'ECOVEGETAL. (e) Valeurs de dépressions maximales admissibles au vent extrême issues du Tableau 1 des Règles Professionnelles.					

TABLEAU 4 : POIDS A SEC DES SYSTEMES SEMI-INTENSIFS

SYSTEMES SEMI-INTENSIFS - POIDS A SEC ^(a)										
Systèmes	SAXATILIS (simple, meridio, monocouche)		PRAIRIE FLEURIE		ENDEMIS		LAVANDULIS		GREEN	
EPAISSEUR MINIMALES ET MAXIMALES DE SUBSTRAT SYSTEMES MULTICOUCHES [CM]										
Epaisseur	12	20	15	20	12	30	20	30	20	30
NATTE ABSORBANTE – POIDS A SEC [KG/M²]										
AP32	0,3									
AP64	0,7									
ELEMENTS DE RETENUE DE SUBSTRAT – POIDS [KG/M²]										
ECOGREEN(GEORASTER)	4,6 (1 couche)	9,2 (2 couches)		9,2 (2 couches)	4,6 (1 couche)	13,8 (3 couches)	9,2 (2 couches)	13,8 (3 couches)	9,2 (2 couches)	13,8 (3 couches)
ECORASTER E40	15,7 (3 couches)		15,7 (3 couches)		15,7 (3 couches)					
ECORASTER E50	17,6 (2 couches)		26,4 (3 couches)		17,6 (2 couches)					
ECORASTER S50	13,7 (2 couches)		20,5 (3 couches)		13,7 (2 couches)					
SUBSTRAT SYSTEMES MULTICOUCHES – POIDS A SEC [KG/M²]										
SAXALIS 1.1	98,4	164,0	123,0	164,0	98,4	246,0	164,0	246,0		
SAXALIS 1.4	107,4	179,0	134,3	179,0	107,4	268,5	179,0	268,5		
SAXALIS 1.1 FP	54,0	90,0	67,5	90,0	54,0	135,0	90,0	135,0		
JARDILIGHT 1.6 GREEN									222,0	333,0
TOILE ANTI-EROSION – POIDS [KG/M²] ^(b)										
FILET 400	0,4 (si fragments, godets, semis et pente >25%)									
COUCHE VEGETALE – POIDS A SEC [KG/M²]										
Fragments, godets, semis vivaces et graminées	1									
Fragments, godets, semis avec plantes arbustives							2			
Nattes précultivées	5,2									
Ecovegetal GREEN Tapis									2	
VALEURS DE POIDS A SEC GLOBALES MINIMALES ET MAXIMALES [KG/M²] ^(c)										
Poids à sec minimal	59,9	100,5	84,4	100,5	59,9	150,1	101,9	151,5	233,9	349,5
Poids à sec maximal	130,9	194,1	166,6	194,1	127,1	284,4	191,3	285,4		
DEPRESSION MAXIMALE ADMISSIBLE AU VENT EXTREME [PA] ^(d)										
Cas poids à sec minimal	3375 Pa	3927 Pa	3927 Pa	3927 Pa	3375 Pa	3927 Pa	3927 Pa	3927 Pa	3927 Pa	3927 Pa
Cas poids à sec maximal	3927 Pa	3927 Pa	3927 Pa	3927 Pa	3927 Pa	3927 Pa	3927 Pa	3927 Pa		
(a) Valeurs calculées pour les épaisseurs minimales et maximales de substrat uniquement, en partie courante : ces valeurs ne comprennent pas les éléments tels que crochets, traverses antigravitaires, etc. (b) Toile anti-érosion mise en œuvre avec de la plantation in-situ uniquement, et pour des pentes > 25 %. (c) Valeurs minimales et maximales calculées en considérant le poids à sec le plus faible et le plus élevé respectivement : - parmi les nattes absorbantes adaptées, - parmi les éléments de retenue du substrat adaptés, - parmi les substrats adaptés, - en considérant ou non la toile anti-érosion, - parmi les couches végétales adaptées. (d) Valeurs de dépressions maximales admissibles au vent extrême issues du Tableau 1 des Règles Professionnelles.										

TABLEAU 5 : POIDS A CME DES SYSTEMES EXTENSIFS

SYSTEMES EXTENSIFS - POIDS A CME (a) (b)					
Systèmes	SUCCULIS (simple, meridio, monocouche)		ECOSEDUM PACK LIGHT	ECOSEDUM PACK	ECOSEDUM PACK BIODIVERSITE
EPAISSEUR MINIMALES ET MAXIMALES DE SUBSTRAT SYSTEMES MULTICOUCHES [CM]					
Epaisseur	5	12			
NATTE ABSORBANTE – POIDS A CME [KG/M²]					
AP32	4,3	4,3	4,3 (facultative)		
AP64	9,7	9,7	9,7 (facultative)		
ELEMENTS DE RETENUE DE SUBSTRAT – POIDS [KG/M²]					
ECOGREEN(GEORASTER)		4,6 (1 couche)			
ECORASTER E40	5,2 (1 couche)	15,7 (3 couches)			
ECORASTER E50	8,8 (1 couche)	17,6 (2 couches)			
ECORASTER S50	6,8 (1 couche)	13,7 (2 couches)			
SUBSTRAT SYSTEMES MULTICOUCHES – POIDS A CME [KG/M²]					
SAXALIS 1.1	53,9	129,2			
SAXALIS 1.4	58,4	140,2			
SAXALIS 1.1 FP	50,5	121,2			
ELEMENT PRECULTIVE (HORS VEGETAUX) – POIDS A CME [KG/M²]					
Bacs préculтивés tout-en-un			42,1	68,1	71,3
TOILE ANTI-EROSION – POIDS [KG/M²] (c)					
FILET 400	0,4 si fragments, godets, semis et pente>25%)				
COUCHE VEGETALE – POIDS A CME [KG/M²]					
Fragments, godets, semis	10,0 (d)				
Nattes préculтивées	20,5				
Couche végétale des bacs préculтивés			10,0 (d)		
VALEURS DE POIDS A CME GLOBALES MINIMALES ET MAXIMALES [KG/M²] (e)					
Poids à CME minimal	70,0 (sur étude spécifique)	140,1	52,1 (sur étude spécifique)	78,1	81,3
Poids à CME maximal	97,4	188,0	61,8 (sur étude spécifique)	87,8	91,0
(a) CME : Capacité Maximale en Eau.					
(b) Valeurs calculées pour les épaisseurs minimales et maximales de substrat uniquement, en partie courante : ces valeurs ne comprennent pas les éléments tels que crochets, traverses antigravitaires, etc.					
(c) Toile anti-érosion mise en œuvre avec de la plantation in-situ uniquement, et pour des pentes > 25 %.					
(d) Poids forfaitaire issu du paragraphe 6.2.5.1 des Règles Professionnelles.					
(e) Valeurs minimales et maximales calculées en considérant le poids à sec le plus faible et le plus élevé respectivement :					
- parmi les nattes absorbantes adaptées,					
- parmi les éléments de retenue du substrat adaptés,					
- parmi les substrats adaptés,					
- en considérant ou non la toile anti-érosion,					
- parmi les couches végétales adaptées.					

TABLEAU 6 : POIDS A CME DES SYSTEMES SEMI-INTENSIFS

SYSTEMES SEMI-INTENSIFS - POIDS A CME (a) (b)										
Systèmes	SAXATILIS (simple, meridio, monocouche)		PRAIRIE FLEURIE		ENDEMIS		LAVANDULIS		GREEN	
EPAISSEUR MINIMALES ET MAXIMALES DE SUBSTRAT SYSTEMES MULTICOUCHES [CM]										
Epaisseur	12	20	15	20	12	30	20	30	20	30
NATTE ABSORBANTE – POIDS A CME [KG/M²]										
AP32	4,3									
AP64	9,7									
ELEMENTS DE RETENUE DE SUBSTRAT – POIDS [KG/M²]										
ECOGREEN(GEORASTER)	4,6 (1 couche)	9,2 (2 couches)		9,2 (2 couches)	4,6 (1 couche)	13,8 (3 couches)	9,2 (2 couches)	13,8 (3 couches)	9,2 (2 couches)	13,8 (3 couches)
ECORASTER E40	15,7 (3 couches)		15,7 (3 couches)		15,7 (3 couches)					
ECORASTER E50	17,6 (2 couches)		26,4 (3 couches)		17,6 (2 couches)					
ECORASTER S50	13,7 (2 couches)		20,5 (3 couches)		13,7 (2 couches)					
SUBSTRAT SYSTEMES MULTICOUCHES – POIDS A CME [KG/M²]										
SAXALIS 1.1	129,2	215,4	161,6	215,4	129,2	323,1	215,4	323,1		
SAXALIS 1.4	140,2	233,6	175,2	233,6	140,2	350,4	233,6	350,4		
SAXALIS 1.1 FP	121,2	202,0	151,5	202,0	121,2	303,0	202,0	303,0		
JARDILIGHT 1.6 GREEN									316,0	474,0
TOILE ANTI-EROSION – POIDS [KG/M²] (c)										
FILET 400	0,4 (si fragments, godets, semis et pente >25%)									
COUCHE VEGETALE – POIDS A CME [KG/M²]										
Fragments, godets, semis vivaces et graminées	10,0 (d)									
Fragments, godets, semis avec plantes arbustives							20,0 (d)			
Nattes précultivées	20,5									
Ecovegetal GREEN Tapis									20,0	
VALEURS DE POIDS A CME GLOBALES MINIMALES ET MAXIMALES [KG/M²] (e)										
Poids à CME minimal	140,1	225,5	181,4	225,5	140,1	331,1	240,9	346,5	354,9	517,5
Poids à CME maximal	188,0	273,0	231,8	273,0	177,9	384,3	272,9	394,3		

(a) CME : Capacité Maximale en Eau.

(b) Valeurs calculées pour les épaisseurs minimales et maximales de substrat uniquement, en partie courante : ces valeurs ne comprennent pas les éléments tels que crochets, traverses antigravitaires, etc.

(c) Toile anti-érosion mise en œuvre avec de la plantation in-situ uniquement, pour des pentes > 25 %.

(d) Poids forfaitaire issu du paragraphe 6.2.5.1 des Règles Professionnelles.

(e) Valeurs minimales et maximales calculées en considérant le poids à sec le plus faible et le plus élevé respectivement :

- parmi les nattes absorbantes adaptées,
- parmi les éléments de retenue du substrat adaptés,
- parmi les substrats adaptés,
- en considérant ou non la toile anti-érosion,
- parmi les couches végétales adaptées.

Le Tableau 7 précise les caractéristiques principales et les limites des systèmes végétalisés.

TABLEAU 7 : SYNTHÈSE DES PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DES TOITURES VÉGÉTALISÉES EN PENTE $\geq 20\%$

SYSTEME DE VÉGÉTALISATION	TOITURES VÉGÉTALISÉES EN PENTE $\geq 20\%$ (11°) ET JUSQU'À 200% (63°)	
	EXTENSIF	SEMI-INTENSIF
Les systèmes et produits ECOVEGETAL®	<u>Systèmes multicouches :</u> SUCCULIS (simple, meridio et monocouche) <u>Bacs pré-cultivés :</u> ECOSEDUM PACK, ECOSEDUM PACK LIGHT, ECOSEDUM PACK BIODIVERSITE	<u>Systèmes multicouches :</u> SAXATILIS (simple, meridio et monocouche), PRAIRIE FLEURIE, ENDEMIS, LAVANDULIS, GREEN
Arrosage	Se référer au Chap.16	
Entretien	Oui	Oui
Nature de la couche de culture	Substrats légers et substrats légers enrichis	Substrats légers enrichis
Épaisseur du complexe de culture	6,5 cm pour les pré-cultivés 5 à 12 cm pour les systèmes multicouches	12 à 30 cm selon systèmes (a)
Ordre de grandeur de la charge surfacique à SEC (kg/m^2) (b)	23,9 (b) à 41,6 pour gamme ECOSEDUM PACK®, -29,0 (b) à 130,9 pour autres systèmes ECOVEGETAL®	59,9 à 349,5
Ordre de grandeur de la charge totale, soit charge surfacique à CME + charge forfaitaire incluse (kg/m^2) (c)+(d)	-52,1 à 91 pour gamme ECOSEDUM PACK®, -70,0 à 188 pour autres systèmes ECOVEGETAL®	140,1 à 517,5
Document de référence	Le présent document	Le présent document
Pente maximale	$\geq 20\%$ (11°) et jusqu'à 100% (45°) pour la gamme ECOSEDUM PACK $\geq 20\%$ (11°) et jusqu'à 200% (63°) pour les autres systèmes (d)	$\geq 20\%$ (11°) et jusqu'à 200% (63°) (d)

(a) Des épaisseurs supérieures peuvent être ponctuellement requises pour des plantations de ligneux à grand développement.

(b) Les projets avec des systèmes multicouches (systèmes hors gamme ECOSEDUM PACK) dont le poids à sec est inférieur à 40 kg/m^2 et les systèmes tout-en-un (gamme ECOSEDUM PACK) dont le poids à sec est inférieur à 35 kg/m^2 , doivent faire l'objet d'une étude spécifique par le service technique d'ECOVEGETAL. Les systèmes concernés sont les systèmes multicouches avec une épaisseur de substrat SAXALIS 1.1 FP inférieure à 9 cm et les systèmes avec bacs pré-cultivés ECOSEDUM PACK LIGHT.

(c) Charge totale du complexe de végétalisation à capacité maximale en eau. La charge à l'état sec, si elle est trop faible, peut dans certains cas, constituer une limite d'utilisation du procédé en fonction de la zone de vent.

(d) Une étude préalable au cas par cas (faite par le Service Technique ECOVEGETAL sur la base de la fiche d'information remplie par l'entreprise en charge des travaux, cf. annexe C) définit le système de végétalisation en pente à mettre en place et les charges à prendre en compte. Les besoins d'entretien et d'arrosage sont également évalués et définis dans le cadre de cette étude préalable.

4.3. CHARGES A PRENDRE EN COMPTE

Les charges à prendre en compte pour le système de végétalisation sont définies par **ECOVEGETAL®** lors de l'étude préalable (faite par l'entreprise en charge des travaux) en fonction du système de végétalisation retenu selon la pente.

4.3.1 Charges permanentes et charges d'exploitation

Quel que soit l'élément porteur, en béton, en béton cellulaire, en tôles d'acier nervurées, en bois et panneaux à base de bois, les charges de calcul à prendre en compte sont les suivantes :

IMPORTANT : les calculs de stabilité de la structure porteuse sont toujours réalisés pour le complexe de végétalisation à Capacité Maximale en Eau (CME). En aucun cas ces calculs ne prennent en compte le poids du complexe de végétalisation à sec ; ce dernier cas est uniquement utilisé pour évaluer la tenue aux effets du vent.

La charge de calcul non pondérée est la somme de la charge permanente, de la charge d'exploitation, de la charge climatique, de la charge d'entretien. La vérification de la solidité et de la stabilité de l'élément porteur est alors faite aux contraintes admissibles.

Dans le cas où la charge de calcul est pondérée en fonction de la nature de ses différents composants ci-dessous, la vérification de la solidité et la vérification de la stabilité de l'élément porteur sont alors faites aux Etats Limites.

Les charges permanentes correspondent à la somme (voir ANNEXE D et ANNEXE E) :

- Du poids du complexe isolation-étanchéité (pare-vapeur, isolant, revêtement d'étanchéité) ;
- Du poids du complexe de végétalisation à Capacité Maximale en Eau -CME- (couche absorbante de protection, élément de retenue du substrat, couche de plantation ou substrat, végétation).
- D'une charge de sécurité fixée forfaitairement à 15 daN/m² sur tous les supports.

Rappel : Dans le cas des éléments porteurs à base de bois (bois massif et panneaux à base de bois) et lorsque la pente est > 7%, la charge complémentaire forfaitaire de 85 daN/m² n'est pas ajoutée pour leur dimensionnement.

• Les charges d'exploitation et les charges climatiques

- Les charges d'exploitation sont les plus élevées de celles définies dans la norme NF P 06.001.
- ou
- Les charges climatiques sont les plus élevées de celles prises en compte dans les DTU de la série 43 et définies dans les Règles DTU de calcul P 06.002 et P 06.006, versions consolidées février 2009 (voir Chap. 3).

Rappel : La charge d'exploitation est limitée à la charge d'entretien de 100 daN/m² dans le cas d'une toiture végétalisée non accessible.

4.3.2 Charges gravitaires

En fonction de la composante parallèle au rampant des charges gravitaires, des dispositifs antigravitaires sont nécessaires pour le maintien en place du système de végétalisation (voir Chap. 12).

5. COMPLEXE ISOLATION – ETANCHEITE

Dans tous les cas se référer aux documents de référence du système d'étanchéité du fournisseur du revêtement d'étanchéité antiracines : DTU et NF DTU, Document Technique d'Application, Avis Technique ou Cahier des Clauses Techniques visé par un Contrôleur Technique.

5.1. PARE-VAPEUR

Il est défini en fonction de l'élément porteur, de l'hygrométrie et du chauffage des locaux. Se référer aux documents de référence de l'élément porteur.

Il doit être conforme aux exigences de sécurité incendie des bâtiments concernés. Se référer aux documents de référence.

5.2. ISOLATION THERMIQUE

Les panneaux isolants (éventuels) admis sont de classe C (classe de compressibilité selon guide UEAtc) et sont visés, sur l'élément porteur considéré, pour un emploi en support de revêtement de toiture végétalisée par leur document de référence.

Le choix de l'isolant doit prendre en compte les contraintes hygrométriques, mécaniques et de sécurité de l'ouvrage vis-à-vis de l'incendie des bâtiments concernés.

5.3. REVETEMENT D'ETANCHEITE

Le revêtement doit être notamment résistant à la pénétration des racines pour toute la surface de la terrasse (parties courantes, zones stériles, relevés).

Les revêtements d'étanchéité admis sont ceux visés pour une utilisation en terrasse-jardin dans leur document de référence (Document Technique d'Application, Avis Technique, Atex de type A ou Cahier des Clauses Techniques visé par un Contrôleur Technique Agréé).

Par ailleurs, le revêtement d'étanchéité doit être de classe minimale I5, au sens du classement FIT défini dans le Cahier du CSTB 2358_V2.

5.4. MISE EN ŒUVRE DU COMPLEXE ISOLATION-ETANCHEITE

Les revêtements d'étanchéité sont mis en œuvre soit en adhérence totale, soit en semi- indépendance, soit fixés mécaniquement conformément à leur document de référence (Document Technique d'Application, Avis Technique, Atex de type A ou Cahier des Charges visé par un Contrôleur Technique Agréé), dans la limite des pentes admises. Ce complexe doit résister aux efforts dus à la dépression du vent quel que soit le taux de couverture de la végétalisation.

Dans le cas où la zone végétalisée jouxte d'autres zones, le revêtement doit être prolongé sur une longueur de 1 m sous celles-ci.

Rappel : Pour les feuilles en PVC-P, le document de référence devra prendre en compte les exigences du Cahier des Prescriptions Techniques CSTB 3502 d'avril 2004, notamment celles concernant les dispositions particulières de mise en œuvre ou de contrôle des soudures.

6. DESCRIPTION GENERALE DES SYSTEMES DE VEGETALISATION

Les systèmes de végétalisation sont différents selon la pente et le type de végétaux à mettre en place. Les différents constituants des systèmes de végétalisation en pente sont mis en œuvre sur le revêtement d'étanchéité (voir Figure 1)

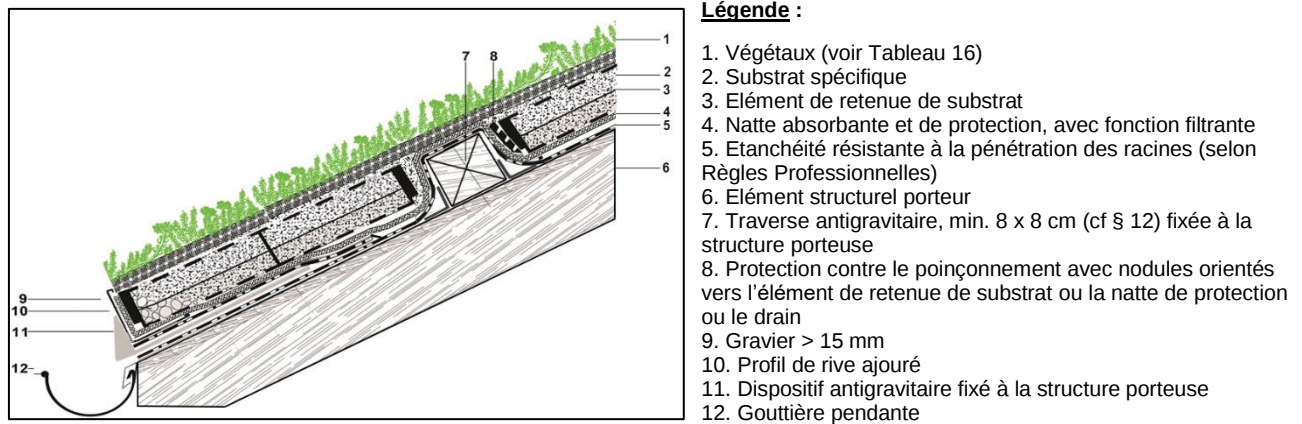


FIGURE 1 : EXEMPLE DE COUPE DE PRINCIPE EN PENTE

6.1. COUCHE FILTRANTE AU DROIT DES EEP ET DE LA ZONE STERILE

En complément de la natte absorbante, dans la zone stérile prévoir une couche filtrante type STEX au droit des EEP (Evacuation des Eaux Pluviales) et des dispositifs de séparation ajourés. Cette couche filtrante a les caractéristiques suivantes :

- Perméabilité perpendiculaire au plan (EN ISO 11058) : 0,1 m/s,
- Grammage : 100 g/m²,
- Résistance à la traction (EN ISO 10319) : 6,0 kN/m (longitudinale et transversale),
- Résistance au poinçonnement statique (EN ISO 12236) : 1100 N,
- Ouverture de filtration (EN ISO 12956) : 90 µm.

Cependant, la natte absorbante de protection et filtrante en place suffit lorsqu'elle est relevée sur la hauteur des dispositifs de séparation ajourés.

Mise en œuvre : La couche filtrante doit être, au minimum, d'une largeur d'environ 1 m de sorte à couvrir toute la surface de la zone stérile et déborder sur la zone végétalisée. Elle est relevée sur la hauteur du dispositif de séparation pour éviter toute fuite des particules fines du substrat (voir Figure 1).

6.2. COUCHE ABSORBANTE ET DE PROTECTION AVEC FONCTION FILTRANTE

La couche absorbante et de protection avec fonction filtrante apporte aux végétaux une réserve d'eau complémentaire. La disponibilité en eau différée dans le temps permet aux plantes de résister dans de meilleures conditions aux périodes de faible pluviométrie. Elle assure également une protection mécanique du revêtement d'étanchéité. Trois références de couche absorbante et de protection avec fonction filtrante sont disponibles : AP32, AP50 et AP64.

Mise en œuvre : Elle est mise en place directement sur le revêtement d'étanchéité. Un recouvrement des lés de 10 cm est nécessaire pour la natte AP32, alors que les nattes AP64 et AP50 doivent être posées bord à bord serré.

Elle est remontée de la hauteur du substrat aux droits des relevés d'étanchéité.

En l'absence de couche filtrante, afin de retenir les particules fines du substrat, elle est relevée sur la hauteur du dispositif de séparation ajourée au droit des EEP et de la zone stérile.

La natte AP50 n'est utilisée que comme protection contre le poinçonnement au niveau du dispositif anti-gravitaire.

TABLEAU 8 : PROPRIETES DES COUCHES ABSORBANTES ET DE PROTECTION

CARACTERISTIQUES	UNITES	METHODES	AP32	AP50	AP64
MATERIAU	-	-	Polyester 100% recyclé	PES recyclé, fibre thermofusible et colle PE	Polyester 100% recyclé
DIMENSIONS	m	-	2 x 50	2 x 25	2 x 25
EPAISSEUR	mm	-	4,5	9	8,87
POIDS SURFACIQUE A CME ⁽¹⁾	kg/m ²	Annexe G2 (Règles Professionnelles)	4,35	9,3	9,7
POIDS SURFACIQUE A SEC	kg/m ²	Annexe G2 (Règles Professionnelles)	0,354	1,4	0,665
RETENTION EN EAU	L/m ²	Annexe G2 (Règles Professionnelles)	4	7,9	9
RESISTANCE A LA TRACTION	kN/m	EN ISO 10319	7,1 (longitudinale) 13,2 (transversale)	24,7 (longitudinale) 49,3 (transversale)	6,4 (longitudinale) 12,4 (transversale)
RESISTANCE AU POINÇONNEMENT	N	EN ISO 12236	1740	4960	2630
CME : Capacité Maximale en Eau					

6.3. DISPOSITIFS DE SEPARATION ET ANTIGRAVITAIRES

Les caractéristiques de ces accessoires sont données dans le Tableau 28.

6.4. ELEMENTS DE PROTECTION ET DE DRAINAGE

La référence DK10 est utilisée pour la protection contre le poinçonnement (Tableau 9). L'ELASTODRAIN EL202, le drain DK20, FS40 et FS50 sont utilisés comme drains en noue (Tableau 28).

Mise en œuvre : les drains sont posés directement sur le revêtement d'étanchéité ou sur une natte de protection type AP32 ou AP64 ou AP50. Les drains DK10 remontent contre le relevé d'étanchéité. Les drains DK20, FS40 et FS50 sont quant à eux posés directement sur le revêtement d'étanchéité en zone stérile de noue.

TABLEAU 9 : PROPRIETES DES ELEMENTS DE PROTECTION CONTRE RELEVES D'ETANCHEITE

CARACTERISTIQUES	UNITES	METHODES	DK10
MATERIAU	-	-	PEHD
DIMENSIONS	m	-	2,4 x 12,5
EPAISSEUR	mm	-	10
DENSITE D'ALVEOLES	nb/m ²	-	2500
MATERIAU	-	-	PP
OUVERTURE DE FILTRATION	µm	EN 12956	140
PERMEABILITE A L'EAU NORMALEMENT AU PLAN	mm/s	EN 11058	8 x 10 ⁻²
RESISTANCE AU POINÇONNEMENT	N	CBR (EN 12236)	Env. 1000
RESISTANCE A LA TRACTION	kN/m	EN 10319	L & T : env. 7
POIDS SURFACIQUE A CME ⁽¹⁾	kg/m ²	-	0,71
POIDS SURFACIQUE A SEC	kg/m ²	-	0,71
RETENTION EN EAU	L/m ²	-	0
RESISTANCE EN COMPRESSION	kN/m ²	EN 25619-2	Env. 400
RESISTANCE EN TRACTION	N/m	EN 10319	MD : 15700, CD : 14900
CME : Capacité Maximale en Eau			

6.5. ELEMENTS DE RETENUE DU SUBSTRAT

En fonction de la pente, de la longueur du rampant de la toiture, et de l'exposition au vent (NV 65 version consolidée février 2009 : Règles DTU de calcul P 06.002, Règles définissant les Effets de la Neige et du Vent sur les constructions), des éléments de stabilisation du substrat type ECOGREEN®(GEORASTER) ou ECORASTER (E40, E50 ou S50) sont nécessaires pour éviter tout phénomène d'érosion ou de glissement.

La longueur maximale de rampant admise entre deux traverses anti-gravitaires est indiquée en fonction de la pente au §8.1 pour ECOSEDUM PACK ECOSEDUM PACK LIGHT et ECOSEDUM PACK BIODIVERSITE, §8.2 pour ECOGREEN®(GEORASTER) et au §8.3 pour ECORASTER (E40, E50 ou S50).

Mise en œuvre : Les éléments de stabilisation de substrat sont mis en œuvre directement sur la natte absorbante de protection et filtrante.

TABEAU 10 : PROPRIETES DES ELEMENTS DE RETENUE DU SUBSTRAT

CARACTERISTIQUES	UNITES	ECOGREEN GEORASTER	ECORASTER E40	ECORASTER E50	ECORASTER S50
POIDS SURFACIQUE	kg/m ²	4,6	5,22	8,79	6,84
NATURE DE MATERIAU	---	PEHD	PEBD	PEBD	PEBD
DIMENSIONS	mm	540 x 540 x 100	330 x 330 x 40	330 x 330 x 50	330 x 330 x 50
RESISTANCE A LA COMPRESSION	kN	5	-	-	-
CAPACITE DE CHARGE A VIDE	T/m ²	-	150	350	150
CAPACITE DE CHARGE REPLIE	T/m ²	-	> 800	> 800	> 800

6.6. COUCHE DE PLANTATION OU SUBSTRAT

Les couches de plantation proposées par **ECOVEGETAL®** sont spécifiquement adaptées aux types de végétaux sélectionnés. Les substrats permettent l'ancrage des racines, la rétention en eau et la nutrition des plantes pour assurer leur pérennité. Quatre références substrats sont disponibles : SAXALIS 1.1, SAXALIS 1.4, SAXALIS 1.1 FP et JARDILIGHT 1.6 GREEN. Les caractéristiques du substrat sont indiquées dans leur fiche technique rédigée sur la base d'analyses réalisées par un laboratoire indépendant (voir Tableau 11).

Mise en œuvre : Le substrat est réparti de façon uniforme dans l'élément de retenue. La couche de culture doit être d'épaisseur constante et nivelée avec au maximum une flache de 1 cm de profondeur sous une règle de 3 m pour que les systèmes précultivés, en particulier, soient en contact direct avec le substrat. En effet, des poches d'air conduiraient au dessèchement racinaire et à une mauvaise reprise des végétaux.

TABEAU 11 : PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES DES SUBSTRATS

CARACTERISTIQUES	UNITES	METHODES	USAGES EXTENSIFS ET SEMI INTENSIFS		USAGES EXTENSIFS ET SEMI-INTENSIFS (PENTE >45%)	USAGES SEMI-INTENSIFS
			SUBSTRAT SAXALIS 1.1	SUBSTRAT SAXALIS 1.4	SUBSTRAT SAXALIS 1.1 FP (FORTE PENTE)	SUBSTRAT JARDILIGHT 1.6 GREEN
MASSE VOLUMIQUE A CME ⁽¹⁾	t/m ³	Annexe G1 des Règles Professionnelles	1,08	1,17	1,01	1,58
MASSE VOLUMIQUE A SEC	t/m ³		0,82	0,90	0,45	1,11
PERMEABILITE VERTICALE	mm/min		499,3	> 1000	0,3	1,2
CAPACITE MAXIMALE EN EAU (CME)	% vol		25,7	27,4	56	46
POROSITE A L'AIR A CME	% vol		22,3	25,8	10	22,7
GRANULOMETRIE	-	-	Granulométrie comprise entre 0 et 20 mm			
FINES (< 0,063MM)	% massique	-	2,7	6,6	0,8	2,8
CONDUCTIVITE ELECTRIQUE	mS/m	Méthode 1/5	19	9	93,1	20,1
PH (EAU)	-	Méthode 1/5	8,39 (5,5 à 9,5)	8,87 (5,5 à 9,5)	5,5 à 9,5	5,5 à 9,5
MATIERE ORGANIQUE	% masse sèche (ms)	-	1,77	1,17	13	NC
Les valeurs données dans le tableau sont en cohérence avec les Règles Professionnelles. La pérennité de la stabilité structurale du substrat est assurée par le respect des caractéristiques du tableau ci-avant. Les granulats minéraux suivants (liste non exhaustive) sont considérés comme appropriés à l'élaboration de substrats pour végétalisation de toiture : pouzzolane, pierre ponce, argile expansée, schiste expansé et terre cuite concassée.						
CME : Capacité Maximale en Eau						
Note: Tout emploi de terre végétale telle que décrite dans la norme NF P 84.204 (DTU 43.1) est exclu, excepté pour le gazon.						

6.7. TOILE ANTI-EROSION

Pour la plantation *in situ* (godets, semis, fragments de sedum...) sur des pentes > 25%, il est nécessaire d'installer une toile anti-érosion en fibres de coco (produit FILET 400, grammage 400 g/m²) pour éviter l'érosion de surface par ruissellement en phase d'installation des végétaux (voir Tableau 16).

Mise en œuvre : La toile anti-érosion de maille large (4x4 cm extensible) est posée soit dans le sens de la pente, soit perpendiculairement à la pente, directement sur le substrat. Les laies sont juxtaposées sur 20 cm et fixées entre elles tous les 50 cm par des colliers de type COLSON.

Selon les zones de vent (Annexe A), la configuration de la toiture - hauteur au- dessus du sol, effet de site (protégé, normal, exposé), effet de masque- (§1.241, 1.242 1.243 NV65 précitées), la toile anti- érosion est également maintenue le long des arrêtes, rives, angles – parties communes aux rives - et autour des émergences telles que cheminées, lanterneaux, par un dispositif qui prévient les risques de soulèvement (Par ex. : Attaches ou colliers de type COLSON fixés au profil ajouré, crochets en U fixés dans le substrat, en bas de pente) consulter le Service Technique ECOVEGETAL®.

6.8. COUCHE VEGETALE

Les plantes sélectionnées par **ECOVEGETAL®** pour la végétalisation extensive et semi-intensive sont naturellement résistantes aux conditions extrêmes rencontrées sur les toitures (ensoleillement intense, vent, sécheresse, pente...).

En tout état de cause sont exclues les plantes figurant sur la liste des végétaux interdits ou déconseillés cf. LISTE DTU 43.1 ANNEXE B (toiture terrasse-jardin) et DTU 43.11.

Avant toute végétalisation, une étude préalable (cf. annexe C) faite par l'entreprise en charge des travaux doit être validée par **ECOVEGETAL®** de sorte que le choix des végétaux tienne compte des valeurs climatiques locales, de l'exposition de la toiture et de la pente. Les besoins d'entretien et d'arrosage sont également évalués et définis dans le cadre de cette étude préalable.

Pendant la phase chantier, l'arrosage est obligatoire pour permettre le démarrage de la végétation. Il est adapté à la technique retenue et aux conditions climatiques (voir Chap.16).

Le poids propre des végétaux est pris forfaitairement à (cf. Règles Professionnelles) :

- 10 kg/m² pour les systèmes à usage extensif ;
- 10 kg/m² pour les systèmes à usage semi-intensif avec des vivaces et graminées ;
- 20 kg/m² pour les systèmes à usage semi-intensif avec des plantes arbustives à faible développement.

6.9. BACS PRECULTIVES ECOSEDUM PACK® LIGHT, ECOSEDUM PACK® ET ECOSEDUM PACK® BIODIVERSITE

Fabriqués en PEBD/PEHD et polypropylène, adaptés aussi bien aux supports bois, béton ou acier. Système démontable et repositionnable, fond plat anti-poinçonnement. Il réunit en un seul élément : une réserve d'eau, un substrat minéral drainant et la couche végétale (système « tout-en-un »). Sa base présente des bossages perforés en partie supérieure de manière à éliminer l'eau en excès. Les particules fines du substrat sont recueillies au fond du bac.

Trois versions de bacs précultivés sont disponibles : ECOSEDUM PACK® LIGHT, ECOSEDUM PACK® et ECOSEDUM PACK® BIODIVERSITE, dont les caractéristiques sont indiquées dans le Tableau 12. ECOSEDUM PACK® est conçu de façon à réunir tous les critères nécessaires à la croissance de végétaux de petit développement (voir Figure 2).

Les couches du système de végétalisation comme le drain, le substrat, le filet anti-érosion et la couche de plantation peuvent être remplacées par un bac précultivé, posé directement sur l'étanchéité.

Cette solution est valable :

- sans irrigation pour les zones de pluviométrie 1 et 2 hors Alsace pour une pente maximale de 35% (19°) ;
- avec irrigation, possibilité de la mettre en œuvre pour une pente maximale de 100 % (45°).

Cette solution, quels que soient les deux cas précédents, est uniquement valable, pour des rampants de longueur maximale de 5 ML avec une pose des éléments ECOSEDUM PACK® dans le sens de la largeur (longueur de ECOSEDUM PACK® parallèle au dispositif de retenue en bas de pente). Pour des rampants de plus grande longueur, elle nécessite un ou plusieurs éléments de retenue mécanique de type TSH ou LF et des profils ajourés de type TRP (voir § 12.1). Les bacs sont disposés, bord à bord, directement sur le revêtement d'étanchéité antiracine ou sur une natte absorbante type AP32 ou AP64.

TABEAU 12 : CARACTERISTIQUES DES BACS PRECULTIVES ECOSEDUM PACK

	UNITES	ECOSSEDUM® PACK	ECOSSEDUM® PACK BIODIVERSITE	ECOSSEDUM® PACK LIGHT (SUR ETUDE SPECIFIQUE)
DIMENSIONS DU BAC	cm	40 x 60 x 6,5	40 x 60 x 6,5	40 x 60 x 6,5
MATERIAU	---	PE/PP 100% recyclé	PE/PP 100% recyclé	PE/PP 100% recyclé
POIDS A SEC (HORS VEGETAUX)	kg/m ²	36	40	23
POIDS A CME (AVEC VEGETAUX)	kg/m ²	78	81	52
CAPACITE DE RETENTION EN EAU	L/m ²	41	40	28
COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT	---	0,41	0,38	0,47
REFERENCE DE SUBSTRAT	---	Substrat ECOSEDUM PACK	Substrat ECOSEDUM PACK	Substrat ECOSEDUM PACK LIGHT
EPAISSEUR DE SUBSTRAT	cm	6,5	6,5	6,5
VEGETAUX	---	sedums	sedums & vivaces	sedums



FIGURE 2 : BAC PRECULTIVE ECOSDUM® PACK

6.10. NATTES ET TAPIS PRECULTIVEES

6.10.1 Nattes SUCCULIS

Les nattes SUCCULIS sont des nattes végétales à base de fibre de coco naturelles, biodégradables, aiguilletées sur la face inférieure sur un filet de polypropylène noir de maille carrée de 5 mm. Ces nattes sont pré-cultivées avec des variétés de sedums adaptées aux toitures végétalisées. Elles permettent une végétalisation immédiate avec un taux de couverture supérieur à 80%, elles sont posées bord à bord. Un arrosage est nécessaire dès la fin de la mise en œuvre.

6.10.2 Nattes SAXATILIS

Les nattes SAXATILIS sont des nattes végétales à base de fibre de coco naturelles, biodégradables, aiguilletées sur la face inférieure sur un filet de polypropylène noir de maille carrée de 5 mm. Ces nattes sont pré-cultivées avec des variétés de sedums, de vivaces tapissantes caduques et persistantes et de vivaces alpines, toutes adaptées aux toitures végétalisées. Elles permettent une végétalisation immédiate avec un taux de couverture supérieur à 80%, elles sont posées bord à bord. Un arrosage est nécessaire dès la fin de la mise en œuvre.

6.10.3 Nattes PRAIRIE FLEURIE

Les nattes PRAIRIE FLEURIE sont des nattes végétales à base de fibre de coco naturelles, biodégradables, aiguilletées sur la face inférieure sur un filet de polypropylène noir de maille carrée de 5 mm. Ces nattes sont pré-cultivées avec 80% du couvert végétal composé d'un mélange de plusieurs espèces de graminées et vivaces et 20% du couvert végétal composé d'un mélange d'espèces de sedum. Toutes les espèces sont adaptées aux toitures végétalisées. Elles permettent une végétalisation immédiate avec un taux de couverture supérieur à 80%, elles sont posées bord à bord. Un arrosage est nécessaire dès la fin de la mise en œuvre.

Ces nattes sont disponibles sur contrat de culture uniquement de 6 à 9 mois selon la période de l'année.

6.10.4 ECOVEGETAL GREEN TAPIS

Les rouleaux de gazon pré-cultivés permettent d'apporter une solution efficace pour rénover ou créer une toiture végétalisée avec un résultat immédiat sans les contraintes de suivi d'un semis de gazon in situ.

Les rouleaux sont composés d'un mélange de variétés de Ray-grass anglais, fétuque élevée et fétuque rouge traçante, les rouleaux sont plus résistants à la chaleur et au piétinement que des rouleaux de gazon traditionnels. Leur taux de couverture de 100% à la mise en œuvre. Les rouleaux sont posés bord à bord, un arrosage est nécessaire dès la fin de la mise en œuvre.

TABEAU 13 : CARACTERISTIQUES DES NATTES ET TAPIS PRECULTIVES

	UNITES	NATTE PRECULTIVEE SUCCULIS	NATTE PRECULTIVEE SAXATILIS	NATTE PRECULTIVEE PRAIRIE FLEURIE	ECOVEGETAL GREEN TAPIS
DIMENSIONS	m	1 x 2	1 x 2	2 x 2	2,5 x 0,4
POIDS MOYEN	kg/m ²	16 à 20	16 à 20	16 à 20	15 à 20
POIDS A SEC	kg/m ²	5,2	5,2	5,2	2
POIDS A CME	kg/m ²	20,5	20,5	20,5	20
EPAISSEUR	cm	2	2	2 à 3	2
CONDITIONNEMENT	m ² /pal	50	40	40	54 à 60
VEGETAUX	---	Sedums	Sedums, graminées, vivaces	Sedums, graminées, vivaces	Graminées
CONTRAT DE CULTURE	---	non	non	oui	non

7. PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES SYSTEMES DE VEGETALISATION

Les systèmes de végétalisation sont obtenus par une association de plantes spécialement adaptées qui se reproduisent *in situ* pour la majorité d'entre elles. Dans ce contexte, l'adaptation tend vers un écosystème ; il est normal que certaines espèces disparaissent partiellement ou totalement par sélection naturelle au profit d'autres espèces.

Par ailleurs des espèces spontanées peuvent apparaître ; lors des opérations d'entretien, une sélection des espèces à conserver est réalisée.

Les éléments non précultivés sont présentés au Tableau 14 et les éléments précultivés au Tableau 15.

TABEAU 14 : SYNTHESE DES PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES SYSTEMES NON PRECULTIVES

SYSTEME DE VEGETALISATION		SUCCULIS (extensif)	SAXATILIS (semi-intensif)	PRAIRIE FLEURIE (semi-intensif)	ENDEMIS (semi-intensif)	LAVANDULIS (semi-intensif)
Pente	Sans irrigation	de 20% (11°) à 100% (19°) ^(a)	de 20% (11°) à 50% (31°) ^(a)	de 20% (11°) à 60% (31°) ^(a)	de 20% (11°) à 50% (31°) ^(a)	de 20% (11°) à 60% (31°) ^(a)
	Avec irrigation	Jusqu'à 200 % (63°)				
Arrosage et/ ou irrigation		Se référer au Chap. 9				
Entretien		Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Epaisseur du substrat		5 à 12 cm	12 à 20 cm	15 à 20 cm	12 à 30 cm	20 à 30 cm
Poids à CME, charge forfaitaire des végétaux inclue (kg/m²)		70,0 à 177,9 ^(b)	140,1 à 262,9 ^(b)	181,4 à 262,9 ^(b)	140,1 à 384,3 ^(b)	240,9 à 394,3 ^(b)
Poids à sec (kg/m²) ^(c)		29,0 à 127,1	59,9 à 190,3	84,4 à 190,3	59,9 à 284,4	101,9 à 285,4
Documents de référence		Le présent document				

(a) Zones climatiques 1 et 2 : irrigation fortement conseillée. Pour la zone climatique 3, irrigation obligatoire.

(b) Charge totale du complexe de végétalisation à capacité maximale en eau (CME), charge forfaitaire des végétaux inclue (kg/m²). La charge à l'état sec, si elle est trop faible, peut dans certains cas, constituer une limite d'utilisation du procédé en fonction de la zone de vent et peut nécessiter une étude spécifique (cf Chap 2).

(c) Ce poids comprend 2kg de végétation pour les systèmes semi-intensifs avec plantes arbustives à faible développement et 1 kg de végétation pour les autres systèmes

TABEAU 15 : SYNTHÈSE DES PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DES SYSTÈMES PRECULTIVES (BACS, NATTES)

SYSTEME DE VEGETALISATION		ECOSEDUM PACK®, ECOSEDUM PACK® LIGHT, ECOSEDUM PACK® BIODIVERSITÉ (extensif)	SUCCULIS (extensif)	SAXATILIS (semi-intensif)	PRAIRIE FLEURIE (semi-intensif)	GREEN (semi-intensif)
Pente	Sans irrigation	de 20% (11°) à 35% (19°) ^(a)	de 20% (11°) à 50% (45°) ^(b)	de 20% (11°) à 30% (31°) ^(b)	de 20% (11°) à 30% (31°) ^(b)	/
	Avec irrigation	Jusqu'à 100 % (45°)	Jusqu'à 200 % (63°)	Jusqu'à 200% (63°)	Jusqu'à 200% (63°)	Jusqu'à 100 % (45°)
Arrosage et/ ou irrigation		Se référer au Chap.0				
Entretien		Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Epaisseur du complexe de culture		6,5 cm	5 à 12 cm ^(d)	12 à 20 cm ^(d)	15 à 20 cm ^(d)	20 à 30 cm
Poids à CME, charge forfaitaire des végétaux inclue (kg/m²) ^(c)		52,1 à 91,0 ^(c)	80,5 à 188,0 ^(c)	150,6 à 273,0 ^(c)	191,9 à 273,0 ^(c)	354,9 à 517,5
Poids à sec (kg/m²)		23,9 à 41,6	33,2 à 130,9 ^(e)	64,1 à 194,1 ^(e)	88,6 à 194,1 ^(e)	233,9 à 349,5
Documents de référence		Le présent document				

(a) Pour l'ECOSEDUM PACK BIODIVERSITÉ, l'irrigation est fortement conseillée en zone climatique 2 et obligatoire en zone climatique 3.

(b) Zones climatiques 1 et 2 : irrigation fortement conseillée. Pour la zone climatique 3, irrigation obligatoire.

(c) Charge totale du complexe de végétalisation à capacité maximale en eau (CME). La charge à l'état sec, si elle est trop faible, peut dans certains cas, constituer une limite d'utilisation du procédé en fonction de la zone de vent et peut nécessiter une étude spécifique (cf Chap 2).

(d) Une étude préalable au cas par cas (faite par l'entreprise en charge des travaux) définit le système de végétalisation en pente à mettre en place et les charges à prendre en compte. Les besoins d'entretien et d'arrosage sont également évalués et définis dans le cadre de cette étude préalable.

(e) Ce poids comprend 2kg de végétation pour les systèmes semi-intensifs avec plantes arbustives à faible développement et 1 kg de végétation pour les autres systèmes

7.1. ASPECT SELON LE TYPE DE VÉGÉTAUX ECOVEGETAL®

En fonction de l'aspect souhaité par le maître d'ouvrage, les systèmes de végétalisation **ECOVEGETAL®** offrent une gamme variée de végétaux associables ayant pour caractéristiques : une aptitude à couvrir le sol, une résistance au gel, une résistance à la sécheresse, une capacité d'auto régénération. Ils composent chacun des systèmes de végétalisation ci-dessous (voir Tableau 16) :

TABEAU 16 : TYPES DE SYSTÈMES DE VEGETALISATION ECOVEGETAL®

SYSTÈME DE VEGETALISATION	NOM	ASPECT DU SYSTÈME
Extensif	SUCCULIS	Végétation composée de sedum formant un couvert végétal rasant. Graminées et mousses s'installant naturellement.
Semi-intensif	SAXATILIS	Végétation composée de sedum et de vivaces qui donnent du relief et une floraison riche en couleurs. Graminées et mousses s'installant naturellement.
	PRAIRIE FLEURIE	Végétation composée de sedum enrichie par un mélange de graines à semer comprenant des graminées et/ou des herbacées à fleurs (annuelles et vivaces). Aspect très naturel et floraison riche en couleurs des herbacées.
	ENDEMIS	Végétation composée de sedum enrichie par un mélange de graines à semer comprenant des graminées et/ou des herbacées à fleurs (annuelles et vivaces). Aspect très naturel et floraison riche en couleurs des herbacées, gamme privilégiant les espèces endémiques
	LAVANDULIS	Végétation composée de vivaces tapissantes, d'herbes aromatiques et de petites ligneuses arbustives.
	GREEN	Gazon (à sélectionner selon la circulation de maintenance sur la toiture).

7.2. BESOINS EN EAU

L'aspect décrit au Tableau 16 ne peut être garanti que si les besoins en eau des plantes sont couverts lors de périodes prolongées de canicule et/ou de sécheresse ou si l'arrosage automatique, alors qu'il est installé, est en état de fonctionnement.

« Une canicule est une vague de chaleur très forte qui se produit en été et qui dure plusieurs jours et nuits. En France, elle se caractérise par des températures nocturnes au-dessus de 20°C et des températures diurnes supérieures à 33°C ».

Pour un impact sur les végétaux, il faut considérer que cette durée est d'au moins neuf jours consécutifs.

« La sécheresse correspond à un manque d'eau, sur une période significativement longue pour qu'elle ait des impacts sur la flore naturelle ou cultivée. Ce manque d'eau fait suite à un déficit pluviométrique qui se caractérise par des précipitations anormalement faibles ou insuffisantes pour maintenir l'humidité du sol et l'hygrométrie normale de l'air. Elle peut affecter une zone localisée comme un pays entier ».

Pour un impact sur les végétaux, il faut considérer que cette période est d'au moins 4 semaines consécutives.

Si, pendant ces périodes, le déficit hydrique n'est pas compensé par des mesures particulières, comme p.ex. la mise en place d'un arrosage d'appoint, le Maître d'Ouvrage ou l'Exploitant de l'Ouvrage doivent accepter que l'aspect initial recherché de la végétation soit modifié par ces effets marquants, avec possibilité de dépérissement partiel ou total des végétaux.

7.3. PERIODE DE MISE EN ŒUVRE

Elle doit se situer dans des conditions météorologiques favorables (hygrométrie > 70%) le jour de la mise en œuvre et durant les deux semaines qui suivent. De préférence en milieu de printemps ou en début d'automne, en particulier pour les plantations *in situ*.

Les systèmes précultivés offrent la possibilité d'étendre la période de mise en œuvre à l'hiver et à l'été sous certaines conditions (par ex. hors période de gel, arrosage d'appoint en été ...).

Rappel : Les périodes de gel, de sécheresse et de forte chaleur sont à proscrire.

7.4. TAUX DE COUVERTURE

En fonction du mode de plantation retenu, du respect des périodes de mise en œuvre et pour autant que l'entretien nécessaire et indispensable soit réalisé, le taux de couverture (cf. Règles Professionnelles) à prévoir est indiqué dans le Tableau 17.

TABLEAU 17 : PERIODES DE MISE EN ŒUVRE ET TAUX DE COUVERTURE (SELON REGLES PROFESSIONNELLES)

MODE DE MISE EN ŒUVRE	SYSTEMES ECOVEGETAL	PERIODE DE MISE EN ŒUVRE ^(a) POSSIBLE	TAUX INITIAL APRES MISE EN ŒUVRE	TAUX DE COUVERTURE A 1 AN	TAUX DE COUVERTURE A 3 ANS
Éléments précultivés (dalles, bacs, tapis)	ECOSSEDUM PACK® ECOSSEDUM PACK® LIGHT ECOSSEDUM PACK® BIODIVERSITÉ NATTES SUCCULIS NATTES SAXATILIS NATTES PRAIRIE FLEURIE GREEN	Toutes saisons	≥ 70%	≥ 80%	≥ 80%
Plantation de godets, micromottes ou conteneurs, rhizomes, bulbes	SUCCULIS (simple, meridio et monocouche) SAXATILIS (simple, meridio et monocouche) LAVANDULIS	Printemps ou automne ^(b)	≥ 5%	≥ 60%	≥ 80%
Semis de fragments ou de graines ^(c)	SUCCULIS (simple, meridio et monocouche) SAXATILIS (simple, meridio et monocouche) PRAIRIE FLEURIE ENDEMIS	Printemps ou automne ^(b)	0%	≥ 40%	≥ 80%

(a) Sauf périodes de sécheresse, de forte chaleur (température > 25°C) ou de gel.

(b) A moduler en fonction des zones climatiques, par ex. en zones méridionales, le début d'automne est plus favorable.

(c) Y compris hydroseeding ou semis hydraulique.

7.5. MODES DE PLANTATION

Les végétaux sont proposés sous différentes formes : précultivés ou à planter *in situ*. Le mode de plantation va dépendre des pentes, des végétaux sélectionnés et des épaisseurs de substrat (voir Tableau 18).

7.6. SYSTEMES PRECULTIVES

Bien que précultivés, le système racinaire des végétaux doit se développer pour explorer le substrat, le résultat définitif n'est obtenu qu'après un cycle saisonnier complet sur toiture. Taux de couverture à la mise en œuvre ≥ 70% (voir Tableau 17).

- Nattes précultivées SUCCULIS® avec différentes variétés de sedum sur une natte à base de fibre végétale biodégradable doublée d'une maille en polyéthylène ;
- Nattes précultivées SAXATILIS avec différentes variétés de sedum et vivaces sur une natte à base de fibre végétale biodégradable doublée d'une maille en polyéthylène ;
- Nattes précultivées PRAIRIE FLEURIE avec différentes variétés de sedum, vivaces et plantes annuelles sur une natte à base de fibre végétale biodégradable doublée d'une maille en polyéthylène ;
- Bacs précultivés ECOSSEDUM PACK® avec différentes variétés de sédum ;
- Bacs précultivés ECOSSEDUM PACK® LIGHT (sur étude spécifique) avec différentes variétés de sédum ;
- Bacs précultivés ECOSSEDUM PACK® BIODIVERSITE avec différentes variétés de sédum et petites vivaces à fleurs ;
- Tapis de gazon précultivés : ECOVEGETAL® GREEN TAPIS.

Nota : Les solutions précultivées peuvent être enrichies d'espèces végétales complémentaires mais uniquement après étude auprès du service technique d'ECOVEGETAL®.

Mise en œuvre :

- Bacs précultivés ECOSEDUM PACK®, ECOSEDUM PACK® LIGHT ET ECOSEDUM PACK® BIODIVERSITE : Poser les bacs précultivés directement sur le revêtement d'étanchéité. Les bacs précultivés sont posés bord à bord.
- Nattes précultivées SUCCULIS®, SAXATILIS ou PRAIRIE FLEURIE et tapis précultivés ECOVEGETAL® GREEN TAPIS : Placer les nattes ou les tapis précultivés sur leur substrat spécifique, d'épaisseur homogène et parfaitement nivelé (1 cm pour une règle de 3 M). Les nattes ou tapis précultivés sont disposés en quinconce, les bords bien serrés les uns contre les autres.

Un arrosage, à saturation du substrat, juste après la pose des végétaux est indispensable ainsi que les jours suivants.

En période de sécheresse ou si l'arrosage installé ne couvre pas les besoins des plantes, une rétractation irréversible des nattes ou des tapis est possible. Ces zones de rétractation disparaissent par recouvrement végétal dans les mois suivants.

7.7. SYSTEMES PLANTES IN SITU

7.7.1 Plantation de godets (Ø 4,5 cm minimum)

La densité de plantation des godets doit augmenter avec la pente pour une couverture rapide du substrat (voir Tableau 18). D'autres conditionnements sont proposés en végétalisation semi-intensive (conteneurs, mottes...). Les solutions plantées peuvent être enrichies d'espèces végétales complémentaires mais uniquement après étude auprès du service technique d'ECOVEGETAL®.

Mise en œuvre : Les plantations de godets se font dans le substrat d'épaisseur homogène et parfaitement nivelé. Les conditionnements différents précités nécessitent localement une surépaisseur de substrat. Répartir les différents végétaux sur toute la surface pour une couverture régulière et une palette végétale diversifiée. L'utilisation d'un cordeau (fil) garantit un bon alignement. Disposer les végétaux en quinconce. Un arrosage abondant après plantation est indispensable.

7.7.2 Plantation par semis

- Les semis sont proposés seuls ou en complément des systèmes précultivés ou des plantations de godets. Ils permettent d'enrichir la palette végétale et facilite une éventuelle réfection. Les solutions par semis peuvent être enrichies d'espèces végétales complémentaires mais uniquement après étude auprès du service technique d'ECOVEGETAL®.
- Semis de fragments de sedum (densité min. 50 à 200 g/m²), semis de graines ou semis hydraulique : plantes vivaces (valeur usuelle 50 g/m²) – graminées (50 g/m² selon les espèces) – semis sedum : 100 à 200 g/m².

Mise en œuvre : Certaines graines semées ne germent qu'après avoir subi l'action du gel et de la neige. Il n'est pas possible de définir une période précise de semis, chaque plante ayant son propre cycle végétatif. Cependant pour chacune d'elles, chaleur, humidité et une bonne balance air/eau sont indispensables à la germination. A contrario un excès d'eau provoque leur pourriture.

- L'ensemencement doit être fait dans des conditions météorologiques favorables (de préférence en milieu de printemps ou en début d'automne). Avant semis, un arrosage est effectué pour humidifier le substrat abondamment et permettre aux graines de coller naturellement au substrat, les fixer et faciliter leur levée. Ne pas semer les journées venteuses car elles conduisent à une dispersion hétérogène des graines.

Sans point d'eau en toiture et sans arrosage d'appoint, une végétalisation par semis est bien souvent longue à installer, voire même vouée à l'échec. Les Règles Professionnelles rappellent qu'il est obligatoire d'avoir un point d'eau fonctionnel.

TABEAU 18 : CHOIX DU MODE DE PLANTATION / VEGETATION EN FONCTION DE LA PENTE

MODE DE PLANTATION / VEGETATION		LIMITE DE PENTE (%)	TAUX DE COUVERTURE – DENSITE DE PLANTATION	REMARQUES	PERIODE DE PLANTATION
Bacs précultivés	ECOSEDUM PACK®, ECOSEDUM PACK® LIGHT, ECOSEDUM PACK® BIODIVERSITE	35	≥ 70% minimum à la mise en œuvre	Sans irrigation (selon zone climatique, consulter Service Technique ECOVEGETAL®)	Toute l'année (sauf périodes de gel, sécheresse et forte chaleur).
		100		Avec irrigation obligatoire. Pour ECOSEDUM PACK® BIODIVERSITE, validation après étude technique ECOVEGETAL®.	
		200		Avec irrigation obligatoire	
Nattes précultivées	SUCCULIS SAXATILIS PRAIRIE FLEURIE	200	≥ 70% minimum à la mise en œuvre	Privilégier les systèmes précultivés pour limiter au maximum le risque d'érosion de surface, irrigation voir Chap 9.	
Plantation de godets	SUCCULIS SAXATILIS LAVANDULIS ENDEMIS	25 ^a / 50 ^a / 100 ^b	15 ^a / 20 ^b / 25 ^c unités/m²	1. La densité de plantation augmente avec la pente ; 2. Au-delà de 100%, choisir la forme précultivée si elle existe ; 3. La plantation de godets peut être associée à un semis complémentaire ; 4. Si aucun arrosage n'est possible privilégier les systèmes précultivés de type SUCCULIS ou SAXATILIS ou PRAIRIE FLEURIE	Le choix de la période de plantation est un point clé de la réussite. Les semis sont réalisés sur des substrats préalablement humidifiés abondamment.
Fragments de sedum	SUCCULIS	25 ^a / 50 ^b	100 ^a / 250 ^b g/m²	Les semis sont proposés seuls ou en complément des systèmes précultivés ou des plantations de godets. Ils permettent d'enrichir la palette végétale et facilite une éventuelle réfection.	De préférence en milieu de printemps ou début d'automne (hors période de sécheresse ou caniculaire)
Semis	SUCCULIS	25 ^a / 50 ^a	50 ^a / 80 ^b g/m²		
	PRAIRIE FLEURIE et ENDEMIS		50 ^a / 80 ^b g/m²		
Semis hydraulique (hydroseeding)	SUCCULIS SAXATILIS PRAIRIE FLEURIE ENDEMIS	25 ^c / 50 ^d / 100 ^e	20 ^c / 25 ^d / 30 ^e l/m²	La toile anti érosion filet 400 doit être installée avant le semis hydraulique	A réaliser en période de vent faible et hors périodes caniculaires
Rouleaux précultivés	GREEN	50 ^f / 100 ^g	Rouleau ou plaque	Le rouleau doit avoir un taux de couverture de 100%	Placage sur des substrats préalablement humidifiés abondamment. Toute l'année (sauf périodes de gel, sécheresse et canicule).

^a : en godets libres ou semis de fragments

^b : en godets ou semis de fragments avec toile anti érosion Filet 400, le système ENDEMIS s'arrête à 50%

^c : semis hydraulique normal

^d : semis avec paillage intégré

^e : semis avec paillage intégré et toile anti érosion Filet 400

^f : placage simple sans agrafes (mise en œuvre des rouleaux déployés directement sur le substrat)

^g : placage avec agrafes de fixation (mise en œuvre des rouleaux déployés directement sur le substrat)

8. SYSTEMES DE VEGETALISATION SELON LA PENTE

Les systèmes de végétalisation sont différents selon la pente et le type de végétaux à mettre en place. Ils associent plusieurs couches dont des éléments de retenue de substrat.

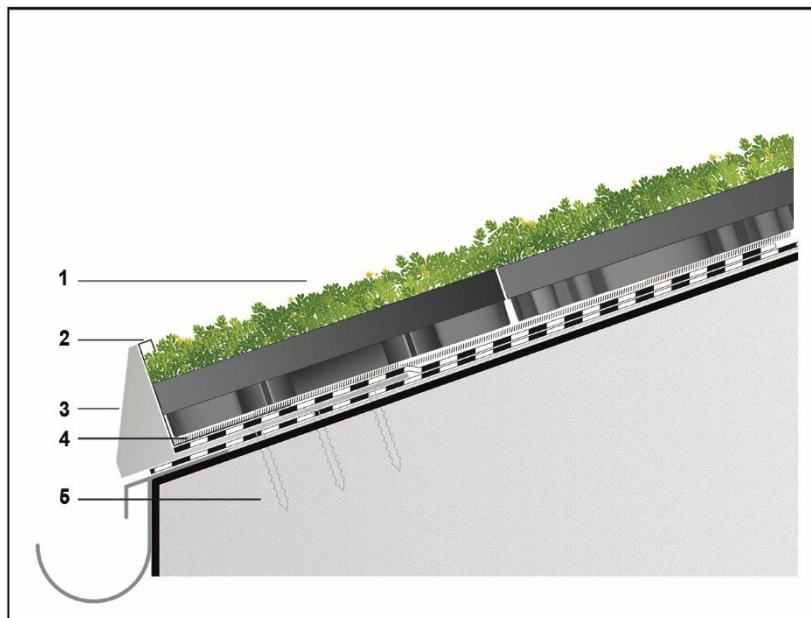
Les éléments de retenue de substrat (ECOGREEN®(GEORASTER)®, ECORASTER®) peuvent être associés selon la pente et la configuration de la toiture.

Remarque : Tous les 10 m au maximum (voire moins selon étude réalisée par le Service Technique ECOVEGETAL®), il est nécessaire de prévoir un dispositif de retenue intermédiaire. La composante parallèle au rampant des charges gravitaires est reprise selon la capacité du dispositif antigravitaire en bas de pente.

Note : Les caractéristiques des différents composants cités ci-après sont présentées dans les tableaux du chapitre 18.

8.1. SYSTEMES POUR PENTE DE 20% (11°) A 100% (45°) : ECOSEDUM PACK®, ECOSEDUM PACK® LIGHT ET ECOSEDUM PACK® BIODIVERSITE

Description du système



Légende :

1. Bac précultivé : ECOSEDUM PACK, ECOSEDUM PACK® LIGHT ou ECOSEDUM PACK® BIODIVERSITE
2. Profil de rive ajouré TRP 80
3. Crochet de type TSH 90/LF300/LF600
4. Natte AP 32 ou 64
5. Elément porteur avec étanchéité résistante à la pénétration de racines

FIGURE 3 : COUPE DE PRINCIPE AVEC ECOSEDUM PACK®, ECOSEDUM PACK® LIGHT ou ECOSEDUM PACK® BIODIVERSITE

Bac Précultivé : Système « TOUT-EN-UN » incluant le drainage, le substrat et les végétaux de type sedum. Principales caractéristiques présentées dans le Tableau 19.

Jusqu'à 100%, la longueur maximale de rampant entre deux dispositifs de retenue intermédiaires de 5 ML. Au-delà, l'usage d'ECOSSEDUM PACK®, ECOSEDUM PACK® LIGHT ou ECOSEDUM PACK® BIODIVERSITE est proscrit.

Bas de pente : Un système de retenue mécanique doit être prévu en bas de pente, crochets type TSH 90 ou SHEAR FIX LF300 ou LF 600, profil TRP 80 (voir Figure 3).

TABEAU 19 : CARACTERISTIQUES DES SYSTEMES EN PENTE DE LA GAMME ECOSEDUM PACK

Type	Epaisseur de substrat tassé (en fond d'alvéole)	Poids à CME ^(a)	Charge de sécurité forfaitaire	Hauteur du complexe	Capacité maximale de rétention en eau
	(cm)	(kg/m ²)	(daN/m ²)	(cm)	(l/m ²)
ECOSSEDUM PACK	6,5	78	15	7	41
ECOSSEDUM PACK LIGHT (sur étude spécifique)	6,5	52	15	7	28
ECOSSEDUM PACK BIODIVERSITE	6,5	81	15	7	40
(a) Poids à CME avec végétaux inclus.					

Rappel : Il est possible de poser l'ECOSSEDUM PACK® jusqu'à 100 % de pente à la condition qu'un dispositif d'irrigation par aspersion permanent soit en place.

8.2. SYSTEME POUR PENTE DE 20% (11°) A 200% (63°) : ELEMENTS DE RETENUE ECOGREEN®(GEORASTER)®

Description du système

Eléments ECOGREEN®(GEORASTER)® : résistance au cisaillement de 800 daN/ml. Dès 20% de pente, la longueur maximale de rampant entre deux dispositifs de retenue intermédiaires est de 10 ML maximum si le résultat de calcul des forces gravitaires le permet (vis-à-vis de la résistance au cisaillement). Voir Chap. 12

Substrat de culture : Remplissage des ECOGREEN®(GEORASTER)® avec la couche de plantation. L'épaisseur de substrat est fonction du type de végétation et de la pente de la toiture (voir Tableau 20). Les éléments ECOGREEN®(GEORASTER)® sont posés en simple couche ou en multicouches (jusqu'à 3) en fonction des besoins en substrat du système de végétalisation.

Toile anti-érosion : filet 400 : Uniquement nécessaire si pente > 25% (14°) et plantation *in situ* des végétaux.

Végétaux : Végétation selon les listes des végétaux définies par ECOVEGETAL® pour ses différents systèmes (SUCCULIS, SAXATILIS, PRAIRIE FLEURIE, ENDEMIS, LAVANDULIS, GREEN).

Bas de pente : Le long de l'égout, prévoir un remplissage en granulats courants pour faciliter l'évacuation des excédents d'eau (voir Figure 4).

Découpe des éléments ECOGREEN®(GEORASTER)® :

- Ne procéder à aucune découpe de la partie de l'élément touchant l'égout ;
- Ne jamais découper la membrure centrale (dans le sens du rampant), excepté en point haut de la dernière rangée ou en faîtage ;
- Découper l'élément en rive latérale sans dépasser la moitié de la largeur de l'alvéole (voir Figure 5), l'autre côté devant être solidaire de l'élément ECOGREEN®(GEORASTER)® voisin.

Pose des ECOGREEN®(GEORASTER)® en multicouches : Le premier lit des éléments ECOGREEN®(GEORASTER)® est d'abord mis en place selon la coupe de principe. Le deuxième lit est décalé, le long de l'égout, d'un demi-élément par rapport au premier lit (voir Figure 6). Pour les couches suivantes, ce décalage est reproduit d'une couche à l'autre. Toutes les règles précédentes doivent être respectées.

Pose des ECOGREEN®(GEORASTER)® sur toiture cintrée : Les éléments de retenue ECOGREEN®(GEORASTER)® sont d'abord mis en place selon leur coupe de principe, puis un dispositif de séparation ajouré de type TRP 80 ou TRP 130 est apposé en haut des éléments ECOGREEN®(GEORASTER)® pour créer une séparation physique (voir Figure 7). Les éléments de retenue ECOGREEN®(GEORASTER)® viennent ensuite en appui sur le dispositif de séparation TRP 80 ou TRP 130.

Protection anti poinçonnement du revêtement d'étanchéité : Lorsque les éléments ECOGREEN®(GEORASTER)® viennent directement en appui en coin le long de la traverse anti gravitaire sur la membrane d'étanchéité (voir Figure 1), prévoir une protection contre le poinçonnement de la membrane par la mise en place de l'élément ELASTODRAIN EL 202 avec nodules orientés vers la dalle ECOGREEN®(GEORASTER)® ou de la natte de protection AP50 ou du drain DK10.

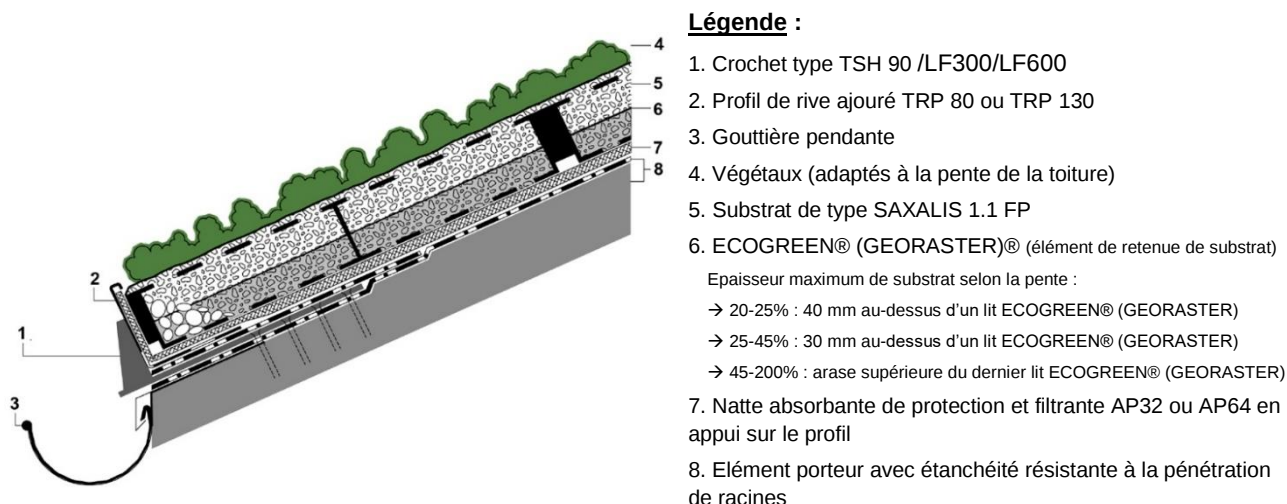


FIGURE 4 : COUPE DE PRINCIPLE AVEC L'ELEMENT DE RETENUE DE SUBSTRAT ECOGREEN® (GEORASTER)® EN SIMPLE COUCHE

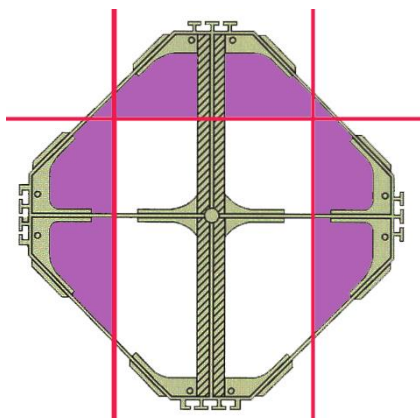


FIGURE 5 : DECOUPE DE L'ELEMENT ECOGREEN® (GEORASTER)

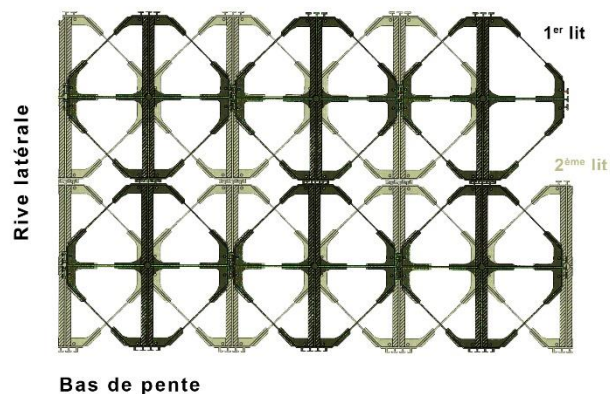


FIGURE 6 : ELEMENTS ECOGREEN® (GEORASTER) EN MULTI EPAISSEUR

Tableau 20 : EXEMPLE DE CONFIGURATION DES SYSTEMES EN FONCTION DE LA PENTE AVEC ELEMENT DE RETENUE ECOGREEN®(GEORASTER)® (1)

TYPES DE VEGETALISATION	PENTE MAX. (%)	SYSTÈME DE VEGETALISATION					DONNEES DIVERSES			
		Végétation	Natte absorbante et filtrante	Elément de retenue du substrat ECOGREEN® (GEORASTER)	Type et épaisseur de substrat tassé ⁽³⁾		Poids à CME ⁽³⁾	Charge de sécurité forfaitaire	Hauteur du complexe ⁽²⁾	Capacité de rétention en eau
					Type	(cm)				
SUCCULIS	45	Nattes SUCCULIS	AP64	simple couche	SUBSTRAT SAXALIS 1.1 FP	10	136	15	12	72
	200									36
PRAIRIE FLEURIE	20	Fragments, godets, semis		double couche	SUBSTRAT SAXALIS 1.1	20	245		22	69
	35									65
LAVANDULIS	35			triple couche	SUBSTRAT SAXALIS 1.1 FP	30	347		32	181
	100									146
GREEN	20	ECOVEGETAL GREEN TAPIS			SUBSTRAT JARDILIGHT GREEN 1.6		517			168
	100									126

(1) Dans le cas d'appui sur étanchéité, avec une protection anti poinçonnement par ELASTODRAIN EL 202 ou AP50 ou drain DK10
(2) Hors végétaux
(3) Valeurs données à titre indicatif et définies par ECOVEGETAL® selon l'épaisseur du substrat et le poids à CME (fonction de la densité du substrat).
Rappel : Toile anti érosion : filet 400 : Uniquement nécessaire pour les systèmes plantés in situ avec des pentes > 25%.

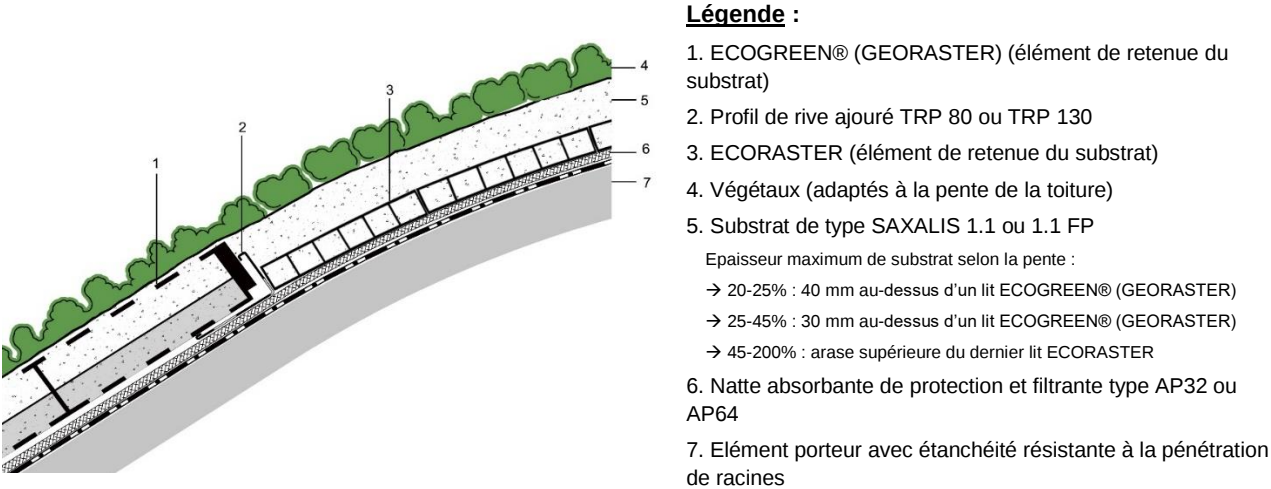


FIGURE 7 : CONTINUITE DES DIFFERENTS ELEMENTS DE RETENUE ECOGREEN® (GEORASTER)® / ECORASTER®

8.3. SYSTEME DE RETENUE POUR PENTE DE 20% (11°) A 200% (63°) : ELEMENTS ECORASTER®

Description du système

Particulièrement bien adapté aux configurations de toitures en pente où les découpes sont inévitables. Les éléments ECORASTER® peuvent être utilisés en combinaison avec les éléments ECOGREEN® (GEORASTER®) (voir Figure 8). Dimensions 1 m * 1,33 m, épaisseur de 4 à 5 cm selon le modèle choisi. Avec 36 points de fixations par m², l'assemblage des ECORASTER®, forme une armature continue et solidaire, Le tenon de la dalle de gauche (partie saillante) épaula la mortaise (partie creuse) de la dalle de droite (voir Figure 10 et Figure 11). Les éléments ECORASTER® sont posés en simple couche ou en multicouches (jusqu'à 3) en fonction des besoins en substrat du système de végétalisation.

Eléments ECORASTER® : résistance au cisaillement de 630 daN/ml.

Dès 20% de pente, la longueur maximale de rampant entre deux dispositifs de retenue intermédiaires est de 10 ML maximum si le résultat de calcul des forces gravitaires le permet (vis-à-vis de la résistance au cisaillement).

Voir Chap. 12

Natte absorbante, de protection et de filtration AP64 :

Rétention d'eau/m² :

- 9 L/m² = AP64

- ≥ 9 L/m² = AP64 (si multicouches)

Substrat de culture : Remplissage des ECORASTER® avec la couche de plantation. L'épaisseur de substrat est fonction du type de végétation et de la pente de la toiture (voir Tableau 21).

Toile anti-érosion (filet 400) : Uniquement nécessaire si pente > 25% (14°) et plantation *in situ* des végétaux.

Végétaux : Végétation selon les listes des végétaux définies par ECOVEGETAL® pour ses différents systèmes SUCCULIS, SAXATILIS, PRAIRIE FLEURIE et ENDEMIS.

Bas de pente : Le long de l'égout et seulement en présence d'une zone stérile, prévoir un remplissage en granulats courants de la dalle ECORASTER® pour faciliter l'évacuation des excédents d'eau.

Découpe des éléments ECORASTER® : Compte-tenu de la structure alvéolaire des ECORASTER® les éléments peuvent être découpés facilement, un côté devant toujours rester solidaire de l'élément voisin.

Pose des éléments ECORASTER® en double épaisseur : Le premier lit des éléments ECORASTER® est d'abord mis en place selon la coupe de principe. Le deuxième lit doit être superposé sans décalage sur le premier lit. Toutes les règles précédentes doivent être respectées.

Zone stérile : La zone stérile pourra être composée d'une couche de granulats courants de 4 cm retenue dans un élément ECORASTER. **NOTA** : Au-delà de 35 % (19°) de pente, cette zone stérile devra impérativement être de type étanchéité auto protégée, traitée anti UV (voir Figure 9C).

Protection contre le poinçonnement du revêtement d'étanchéité : Lorsque les éléments ECORASTER® viennent directement en butée sur le revêtement d'étanchéité prévoir une protection en ELASTODRAIN® EL 202 ou AP50 ou drain DK10 au point de contact.

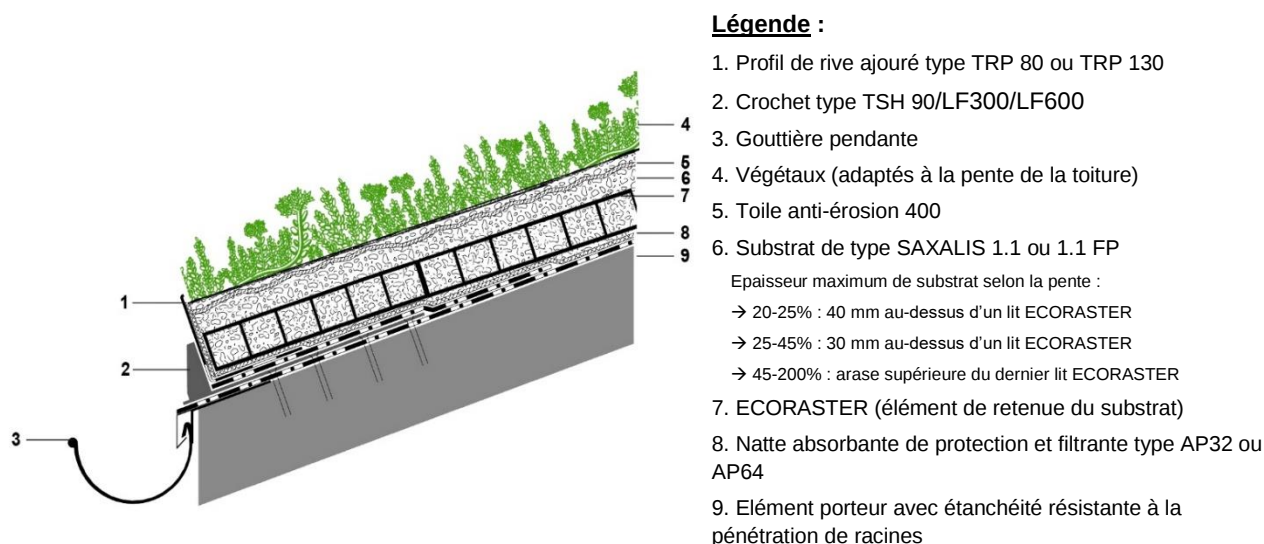


FIGURE 8 : COUPE DE PRINCIPE AVEC L'ELEMENT DE RETENUE DE SUBSTRAT ECORASTER®

Zone stérile : différentes configurations sont envisageables (voir Figure 9A, Figure 9B, Figure 9C)

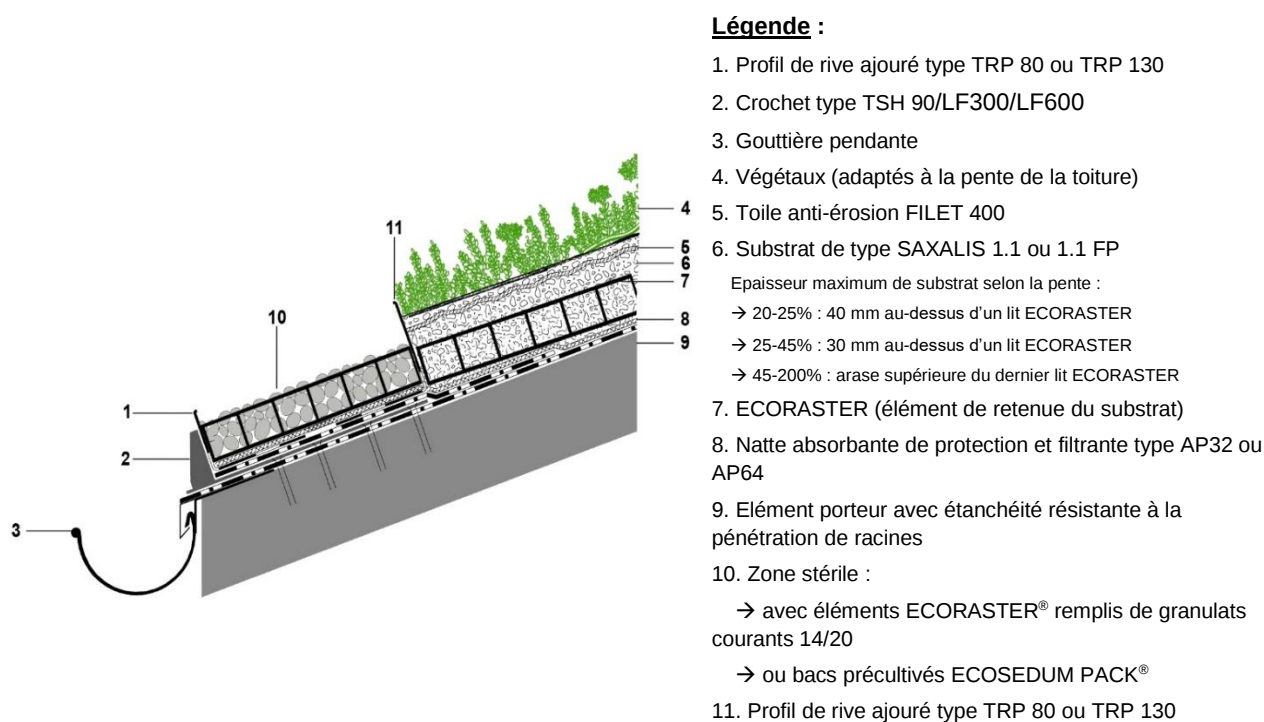
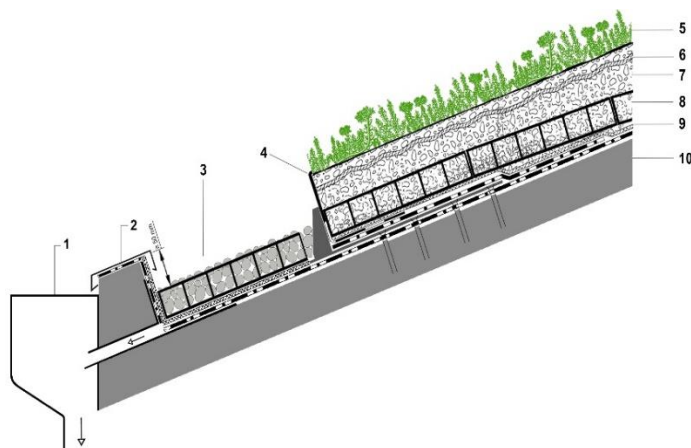


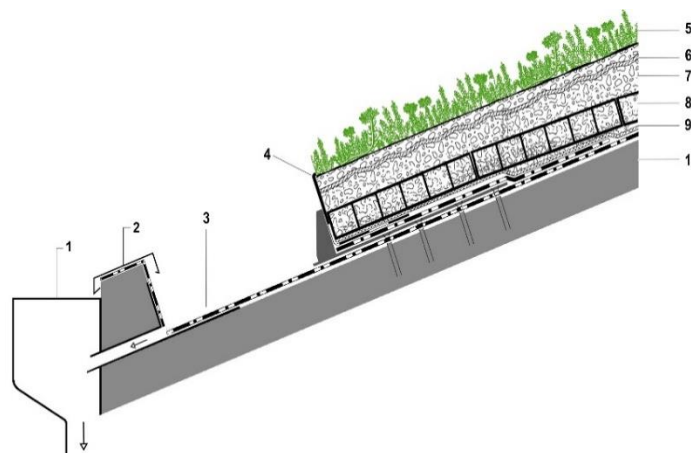
FIGURE 9A : 1^{ERE} SOLUTION : COUPE DE PRINCIPE AVEC ZONE STERILE ET L'ELEMENT ECORASTER® RETENU PAR CROCHET



Légende :

1. Collecteur de pluie
2. Couvertine
3. Zone stérile :
→ avec éléments ECORASTER® remplis de granulats courants 14/20
→ ou bacs précultivés ECOSDUM PACK®
4. Profil de rive ajouré type TRP 80 ou TRP 130
5. Végétaux (adaptés à la pente de la toiture)
6. Toile anti-érosion FILET 400
7. Substrat de type SAXALIS 1.1 ou 1.1 FP
Epaisseur maximum de substrat selon la pente :
→ 20-25% : 40 mm au-dessus d'un lit ECORASTER
→ 25-45% : 30 mm au-dessus d'un lit ECORASTER
→ 45-200% : arase supérieure du dernier lit ECORASTER
8. ECORASTER (élément de retenue du substrat)
9. Natte absorbante de protection et filtrante type AP32 ou AP64
10. Elément porteur avec étanchéité résistante à la pénétration de racines

FIGURE 9B : 2^{EME} SOLUTION : COUPE DE PRINCIPE AVEC ZONE STERILE ET L'ELEMENT ECORASTER® RETENU PAR ACROTERE



Légende :

1. Collecteur de pluie
2. Couvertine
3. Zone stérile avec étanchéité auto-protégée traitée anti-UV
4. Profil de rive ajouré type TRP 80 ou TRP 130
5. Végétaux (adaptés à la pente de la toiture)
6. Toile anti-érosion FILET 400
7. Substrat de type SAXALIS 1.1 ou 1.1 FP
Epaisseur maximum de substrat selon la pente :
→ 20-25% : 40 mm au-dessus d'un lit ECORASTER
→ 25-45% : 30 mm au-dessus d'un lit ECORASTER
→ 45-200% : arase supérieure du dernier lit ECORASTER
8. ECORASTER (élément de retenue du substrat)
9. Natte absorbante de protection et filtrante type AP32 ou AP64
10. Elément porteur avec étanchéité résistante à la pénétration de racines

FIGURE 9C : 3^{EME} SOLUTION : COUPE DE PRINCIPE AVEC ZONE STERILE AVEC ETANCHEITE AUTO PROTEGEE TRAITEE ANTI UV

TABLEAU 21 : EXEMPLES DE CONFIGURATIONS DES SYSTEMES EN FONCTION DE LA PENTE AVEC ELEMENT DE RETENUE ECORASTER® S50 ⁽¹⁾

TYPE	PENTE MAX. (%)	SYSTÈME DE VEGETALISATION				DONNEES DIVERSES				
		Végétation	Natte absorbante et filtrante	Elément de retenue du substrat ECORASTER S50	Type et épaisseur de substrat tassé ⁽³⁾		Poids à CME ⁽³⁾ (kg/m²)	Charge forfaitaire (daN/m²)	Hauteur du complexe ⁽²⁾ (cm)	Capacité de rétention en eau (l/m²)
					Type	(cm)				
SUCCULIS	45	Fragments, godets, semis	AP64	Double couche	SAXALIS 1.1	10	141	15	10	39
	200				SAXALIS 1.1 FP		135			33
PRAIRIE FLEURIE	20			Triple couche	SAXALIS 1.1	15	202		15	57
	45				SAXALIS 1.1 FP		192			51
	100				SAXALIS 1.1 FP		192			77

(1) Dans le cas d'appui sur étanchéité, avec une protection anti poinçonnement par ELASTODRAIN EL 202 ou AP50 ou drain DK10
(2) Hors végétaux
(3) Valeurs données à titre indicatif et définies par ECOVEGETAL® selon l'épaisseur du substrat et le poids à CME (fonction de la densité du substrat).
Rappel : Toile anti érosion : filet 400 : Uniquement nécessaire pour les systèmes plantés in situ avec des pentes > 25%.

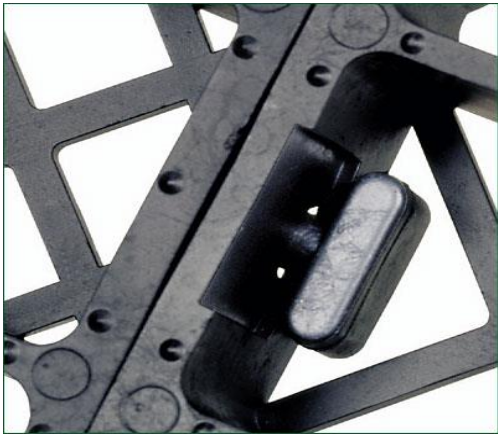


FIGURE 10 : SYSTEME D'ATTACHE TENON-MORTAISE

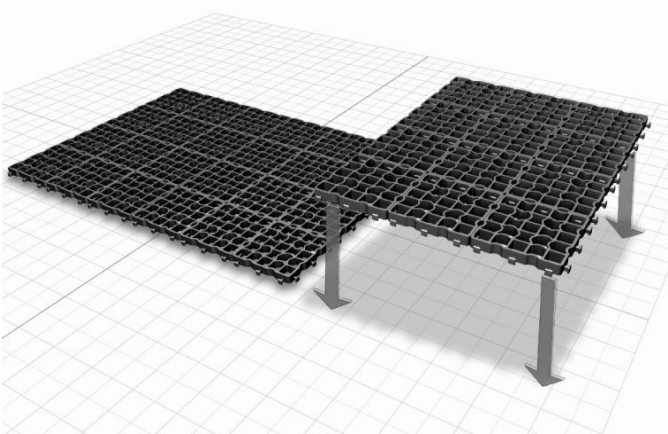


FIGURE 11 : CLIPSAGE DES ELEMENTS ECORASTER®

8.4. SYSTEME DE RETENUE AVEC PIECE D'ANGLE POUR LE TRAITEMENT DES NOUES DONT LE FIL D'EAU >2% ET DES RUPTURES DE PENTES CREES PAR LES SHEDS ET LES COYAUX

Les noues inversées (pente fil d'eau > 2%), les ruptures de pentes créées par les sheds et les coyaux nécessitent, en leur axe, l'angle variable AV45 combiné à des dispositifs de retenue du substrat, tels que les éléments ECORASTER® (4 / 5 cm), afin de garantir leur stabilité.

Dans le cas d'épaisseur de substrat supérieure à 4 / 5 cm, les éléments ECORASTER® peuvent être utilisés en plusieurs couches ou avec les éléments ECOGREEN® (GEORASTER®).

Description du système

Natte absorbante, de protection et de filtration AP32 ou AP64 :

AP32 : Rétention d'eau/m² = 4 L/m²

≥ 4 L/m² = AP32 en multicouches

AP64 : Rétention d'eau/m² = 9 L/m²

≥ 9 L/m² = AP64 en multicouches

Traitement de la noue > 2% avec drainage continu : La noue est couverte sur toute sa largeur d'un drain ou d'un granulat courant afin d'assurer l'écoulement libre des eaux de ruissellement provenant des rampants latéraux. Les drains sont de type FS40 ou FS50 en polystyrène expansé avec rétention d'eau intégré, ou drain en granulats courants non gélifs.

Angle variable AV45

Les pièces d'angles AV45 sont posées au fond de la noue ou des ruptures de pente (voir Figure 12 et Figure 13).

Découpe des éléments ECORASTER® ou ECOGREEN® (GEORASTER®) : Compte-tenu de la structure alvéolaire des ECORASTER® ou ECOGREEN® (GEORASTER®), les éléments peuvent être découpés facilement, un côté devant toujours rester solidaire de l'élément voisin.

Pose des éléments ECORASTER® en multi couches (jusqu'à 4 couches maximum pour ECORASTER® E50 et S50 et 5 couches maximum pour ECORASTER® E40) : la première ligne de dalles ECORASTER® est fixée avec les tenons à l'angle variable AV45. Les dalles ECORASTER® suivantes sont posées depuis l'angle variable AV45 vers le sommet des rampants.

La première couche des dalles ECORASTER® est d'abord mise en place selon la coupe de principe. Le deuxième lit doit être superposé sans décalage sur le premier lit. Toutes les règles précédentes doivent être respectées.

Substrat de culture : Remplissage des ECORASTER® et/ou ECOGREEN® (GEORASTER®) avec la couche de plantation. L'épaisseur de substrat est fonction du type de végétation et de la pente de la toiture (voir Tableau 19).

Toile anti-érosion (filet 400) : Uniquement nécessaire si pente > 25% (14°) et plantation *in situ* des végétaux.

Végétaux : Végétation selon les listes des végétaux définies par ECOVEGETAL® pour ses différents systèmes SUCCULIS, SAXATILIS, PRAIRIE FLEURIE y compris les listes ENDEMIS.

Les forces de poussée doivent s'équilibrer de part et d'autre de l'angle variable. Dans le cas de pentes différentes de part et d'autre de l'angle variable ainsi que dans le cas de longueurs de rampants inégales, des dispositifs anti gravitaires doivent être mis en œuvre sur les rampants et fixés à la structure porteuse.

Le calcul des forces de poussée est effectué pour chacun des rampants avec la formule suivante :

$$F = \sin \alpha \times G/m^2 / ml \times 1m \times \text{longueur du rampant}$$

α : angle correspondant à la pente du rampant

G/m^2 : masse surfacique de l'ensemble du système à CME

Elle tient compte également des charges climatiques, à savoir la neige extrême ou accidentelle selon les NV 84 modifiées (annexe B)



FIGURE 12 : ANGLE VARIABLE AV45

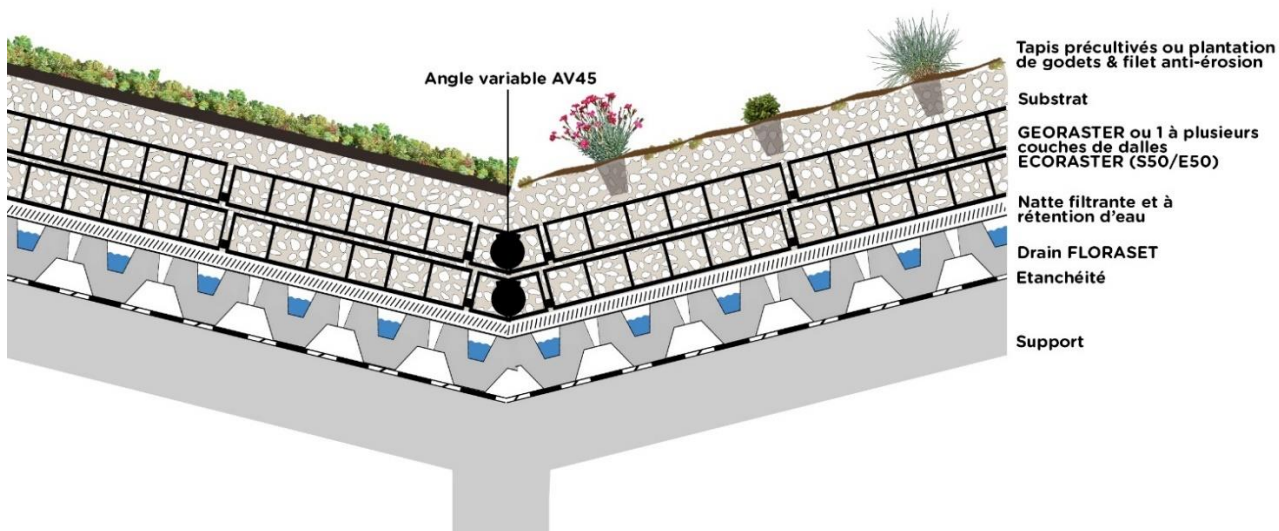


FIGURE 13 : EXEMPLE DE TRAITEMENT DE NOUES DONT PENTE DU FIL D'EAU > 2% AVEC TAPIS PRECULTIVE OU PLANTATION DE GODETS

8.5. SYSTEME DE RETENUE AVEC PIECE D'ANGLE POUR LES TOITURES COURBES

Rayon de courbure $R \geq 1,0$ m

Les toitures courbes de rayon de courbure $\geq 1,0$ m nécessitent, sur toute leur courbure, des angles variables AV45 (répartis selon le Tableau 22 ci-dessous en fonction de la longueur de l'arc de la toiture), combinés uniquement aux dispositifs de retenue du substrat ECORASTER® (4 / 5 cm), afin de garantir leur stabilité. Dans le cas d'épaisseur > 4 / 5 cm, les angles variables et les éléments ECORASTER® peuvent être utilisés en plusieurs couches et doivent être posés en quinconces.

Rayon de courbure $0,20 \text{ m} \leq R < 1,0$ m

Les toitures courbes de rayon de courbure $0,20 \text{ m} \leq R < 1,0$ m nécessitent, sur toute leur courbure, une succession d'angles variables AV45 disposés bords à bords. Ils ne sont pas combinés aux dispositifs de retenue du substrat.

Dans le cas de toitures à pente dont l'angle de courbure varie, l'écartement des pièces d'angle variable AV45 s'appliquera pour le rayon de courbure le plus défavorable.

TABEAU 22 : DISTANCE MAXIMALE ENTRE 2 ANGLES VARIABLES AV45 SELON LE RAYON DE COURBURE DE LA TOITURE COURBE

<u>Rayon de courbure R</u>	<u>Distance maximale entre 2 angles variables (ML)</u>
<u>1 à 3 m</u>	<u>1 m</u>
<u>3 à 6 m</u>	<u>2 m</u>
<u>6 à 9 m</u>	<u>3 m</u>
<u>Sup à 9 m</u>	<u>4 m</u>

Description du système

Natte absorbante, de protection et de filtration AP32 ou AP64 :

- AP32 en une couche : Rétention d'eau / m² = 4 L / m²
- AP32 en multicouches : Rétention d'eau / m² ≥ 4 L / m²
- AP64 en une couche : Rétention d'eau / m² = 9 L / m²
- AP64 en multicouches : Rétention d'eau / m² ≥ 9 L / m²

Angle variable AV45

Les pièces d'angles AV45 sont posées, de façon répartie selon le tableau en fonction de la longueur de l'arc de la toiture ($R \geq 1,0$ m), soit sur toute la courbure de la toiture ($0,20 \text{ m} \leq R < 1,0$ m).

Découpe des éléments ECORASTER® : Compte-tenu de la structure alvéolaire des ECORASTER® ; les éléments peuvent être découpés facilement, un côté devant toujours rester solidaire de l'élément voisin.

Pose des éléments ECORASTER® en multi couches (jusqu'à 4 couches maximum pour ECORASTER® E50 et S50 et 5 couches maximum pour ECORASTER® E40) :

les pièces d'angles AV45 sont posées à plusieurs points de la voute, en commençant du point haut de la toiture vers le point bas. Elles sont fixées avec les tenons à la première ligne de dalles ECORASTER®. Les dalles ECORASTER® suivantes sont posées de la voute vers les prochaines pièces d'angles AV45, jusqu'en bas des rampants.

La première couche des dalles ECORASTER® est d'abord mise en place selon la coupe de principe. Le deuxième lit doit être superposé sans décalage sur le premier lit. Toutes les règles précédentes doivent être respectées.

Substrat de culture : Remplissage des dalles ECORASTER® avec la couche de plantation. L'épaisseur de substrat est fonction du type de végétation et de la pente de la toiture (voir Tableau 19).

Toile anti-érosion (filet 400) : Uniquement nécessaire si pente > 25% (14°) et plantation *in situ* des végétaux.

Végétaux : Végétation selon les listes des végétaux définies par ECOVEGETAL® pour ses différents systèmes SUCCULIS, SAXATILIS, PRAIRIE FLEURIE et ENDEMIS.

Les forces de poussée doivent s'équilibrer de part et d'autre des angles variables (répartis selon le Tableau 22 ci-dessus en fonction du rayon de courbure de la toiture). **Dans le cas de pentes différentes de part et d'autre des angles variables ainsi que dans le cas de longueurs de rampants inégales, des dispositifs anti gravitaires doivent être mis en œuvre sur les rampants et fixés à la structure porteuse.** Le calcul des forces de poussée est effectué pour chacun des rampants avec la formule suivante :

$$F = \sin \alpha \times G/m^2 / ml \times 1m \times \text{longueur du rampant}$$

α : angle correspondant à la pente du rampant

G/m^2 : masse surfacique de l'ensemble du système à CME.

Elle tient compte également des charges climatiques, à savoir la neige extrême ou accidentelle selon les NV 84 modifiées (annexe B)

9. ARROSAGE ET / OU IRRIGATION (PAR CAPILLARITE OU ASPERSION)

Les Règles Professionnelles précisent que « *dès le début des travaux d'installation de la végétalisation, un ou plusieurs point(s) d'eau de débit dimensionné(s) à la surface végétalisée doit(vent) être disponible(s) et en état de fonctionnement au niveau de la terrasse* ».

Le but de l'arrosage et / ou irrigation est donc de garantir les besoins en eau des plantes et de pallier un déficit hydrique lors de périodes prolongées de canicule et/ou de sécheresse.

L'eau est un élément indispensable pour l'enracinement et le développement rapides de la végétation. Elle véhicule les éléments minéraux puisés dans le substrat par les racines vers les feuilles, où ils seront transformés afin d'être utilisés dans le mécanisme de la croissance. Elle participe à la croissance des végétaux et intervient dans les échanges gazeux et aqueux.

Sur les toitures en pente, la couverture végétale reste fragile tant que le taux de couverture n'est pas supérieur à 80%. Dans le cas des systèmes précultivés, l'appareil racinaire des végétaux doit se développer et explorer le substrat complémentaire. Quand il est prévu, l'usage régulier de l'arrosage automatique est indispensable. Il favorise la phase d'enracinement.

Quel que soit le mode de plantation, un apport d'eau est nécessaire lors de la mise en œuvre. Dans le cas des systèmes précultivés, il facilite le développement racinaire dans le substrat complémentaire.

9.1. INDICATIONS

L'arrosage automatique est nécessaire :

- Pour la végétalisation des toitures à forte pente ;
- Pour la végétalisation semi-intensive ;
- Dans les régions de faible pluviométrie et les régions méridionales pour la végétalisation extensive.

9.2. REGLES ELEMENTAIRES

Un bon arrosage et/ou irrigation doit :

- Etre adapté au système de végétalisation ;
- Avoir fait l'objet d'un relevé de plan de toiture pour bien positionner les arroseurs et assurer une couverture intégrale de la surface à arroser d'un arroseur à un autre ;
- Etre correctement installé et faire l'objet d'une maintenance ;
- Assurer le bon fonctionnement de toutes les tuyères (ces dernières doivent dépasser de minimum 10 cm le niveau supérieur des plantes pour l'arrosage par aspersion) ;
- Garantir un débit en eau suffisant sur toute la surface ;
- Eviter qu'un obstacle n'interfère avec la trajectoire de l'eau tel que les lanterneaux (cf. § 10.1.2) ;
- Etre mis à l'arrêt et purgé pour éviter la détérioration par le gel et remis en fonctionnement en fin d'hiver.
- Faire l'objet d'un entretien régulier afin d'être maintenu en bon état de fonctionnement.

9.3. PERIODE D'ARROSAGE ET / OU IRRIGATION

Selon la zone climatique, la période d'arrosage et / ou irrigation peut s'étendre du mois d'avril au mois d'octobre, mais il est également nécessaire en période de sécheresse prolongée (4 semaines consécutives) et au moment des plantations avec ou sans complément de semis.

9.4. BESOINS EN EAU ET FREQUENCE D'ARROSAGE ET / OU IRRIGATION

Les quantités sont ajustées en fonction des besoins des plantes. Elles sont définies au cas par cas selon les systèmes de végétalisation retenus, les végétaux mis en place, la localisation géographique et de la performance du système d'arrosage.

De nombreux autres facteurs sont à prendre en compte comme : les températures estivales, la pluviométrie, les zones de vent, le type de bâtiment, l'exposition des rampants de toiture (voir Tableau 23), des pentes... Consulter le Service Technique **ECOVEGETAL®**.

TABLEAU 23 : INFLUENCE DE L'EXPOSITION DES RAMPANTS SUR LES VEGETAUX

Zone géographique de pluviométrie (voir annexe D)	Nord	Sud	Est (régions sèches)	Ouest
Zone 1	Non	oui	oui	non
Zone 2	Non	oui	oui	oui
Zone 3	Oui	oui	oui	oui

9.5. SYSTEME D'IRRIGATION AQUANAT POUR PENTES JUSQU'A 35% (19°)

L'irrigation par capillarité permet de satisfaire, tout au long de l'année et de façon régulière, aux besoins hydriques des végétaux, tout en réduisant la consommation d'eau.

L'irrigation par capillarité permet de satisfaire, tout au long de l'année et de de façon régulière, aux besoins hydriques des végétaux, tout en réduisant la consommation d'eau. Les éléments ECORASTER® sont utilisés en combinaison avec les éléments AQUANAT.

Description du système

Natte d'irrigation, de protection et de filtration AP64 : Le choix est déterminé dans le cadre d'une étude préalable par le Service Technique **ECOVEGETAL®**.

Système d'irrigation par capillarité AQUANAT : Le principe du système est la distribution de l'eau dans le substrat par capillarité. L'eau est transmise aux végétaux, en fonction des besoins, par capillarité grâce au tuyau goutte à goutte et la natte d'irrigation. (Voir Figure 14 et Figure 15)

La fréquence et la quantité d'eau doivent faire l'objet d'une étude préalable par le Service Technique **ECOVEGETAL®**. Ce système d'irrigation permet de stocker 4L/m².

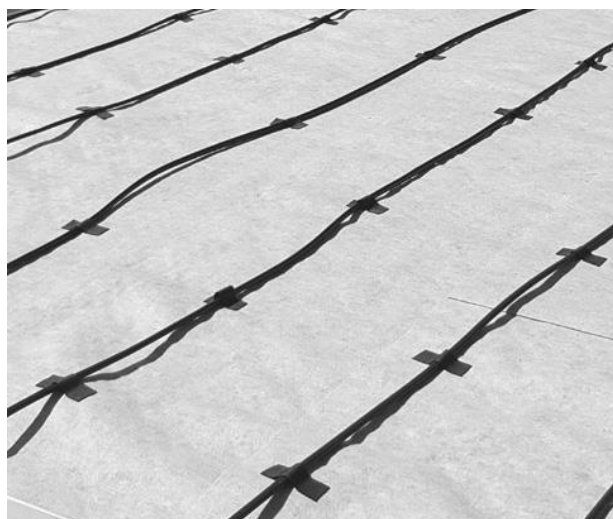


FIGURE 14 : ELEMENTS COMPOSANT LE SYSTEME AQUANAT

Substrat de culture : L'épaisseur de substrat est fonction du type de végétation et de la pente de la toiture : voir Tableau 24

Végétaux : Végétation selon les listes des végétaux définies par **ECOVEGETAL®** pour ses différents systèmes SUCCULIS, SAXATILIS, PRAIRIE FLEURIE, LAVANDULIS ET GREEN

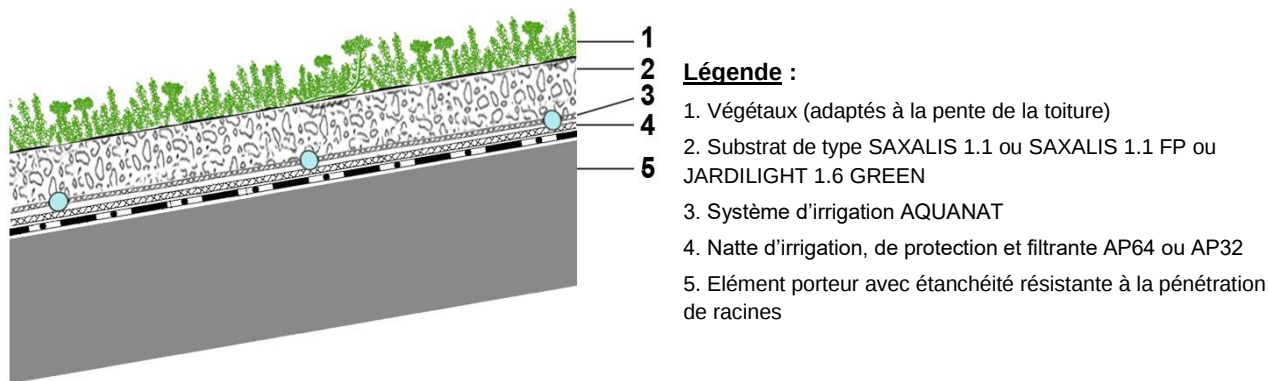


FIGURE 15 : COUPE DE PRINCIPE AVEC IRRIGATION PAR CAPILLARITE SYSTEME AQUANAT®

TABEAU 24 : EXEMPLE DE CARACTERISTIQUES DU SYSTEME AQUANAT SUR ECORASTER® POUR 8 CM DE SUBSTRAT TASSE

TYPES DE VEGETALISATION	PENTE (%)	SYSTEME DE VEGETALISATION				DONNEES DIVERSES			
		Système d'irrigation	Elément de rétention	Type et épaisseur de substrat tassé (1)		Poids à CME (1) (kg/m²)	Charge forfaitaire (daN/m²)	Hauteur du complexe (cm)	Capacité de rétention en eau (l/m²)
				Type	cm				
SUCCULIS (tapis précultivé)	Jusqu'à 100	AQUANAT	ECORASTER S50	SUBSTRAT SAXALIS 1.1	8	127,5	15	8,5	49
Remarque : Valeurs définies par ECOVEGETAL® selon l'épaisseur du substrat (fonction de la localisation géographique) et le poids à CME (fonction de la densité du substrat).									

9.6. SYSTEMES D'IRRIGATION POUR PENTES SUPERIEURES A 35% (19°)

Une irrigation est obligatoire dans le cas de pentes supérieures à 35%. Elle est possible en utilisant :

- Le système AQUANAT: jusqu'à 100% de pente, pour une utilisation au-delà de cette limite, consulter le Service Technique **ECOVEGETAL®** pour définir le bon espacement des tuyaux et les besoins d'apport en eau selon les régions.
- Les tuyaux goutte à goutte: jusqu'à 150% de pente, pour une utilisation au-delà de cette limite, consulter le Service Technique **ECOVEGETAL®** pour définir le bon espacement des tuyaux et les besoins d'apport en eau selon les régions.
- L'aspersion: jusqu'à 200% de pente, le réglage de la fréquence et volume d'eau apporté sera dans tous les cas défini par le Service Technique **ECOVEGETAL®**.

10. OUVRAGES PARTICULIERS

10.1. DISPOSITIONS A RESPECTER SUR L'IMPLANTATION DES EMERGENCES

10.1.1 Selon l'élément porteur

Ce sont celles des DTU 20.12 et de la série 43 ou des Avis Techniques ou DTA des GS 5 + 3 de la CCFAT, concernant les éléments porteurs en dalles de toitures en béton cellulaire autoclavé armé pour toitures avec complexes d'étanchéité.

10.1.2 Arrosage au niveau des émergences, ouvertures

Les ouvertures sur les versants des toitures telles que des lanterneaux, des cheminées..., peuvent être un obstacle à l'arrosage de la végétation qui se trouve en aval. Le réseau doit prévoir le passage des tuyaux à la base de l'émergence, ouverture pour assurer l'irrigation de cette zone.

10.2. ZONE STERILE

La zone stérile est un espace aménagé sur la toiture (voir Figure 16), dont le but est de :

- Faciliter l'accès aux relevés d'étanchéité et aux évacuations pluviales ;
- Permettre une hauteur des relevés conforme aux normes DTU les concernant, quelle que soit l'épaisseur du système de végétalisation **ECOVEGETAL**® en partie courante.

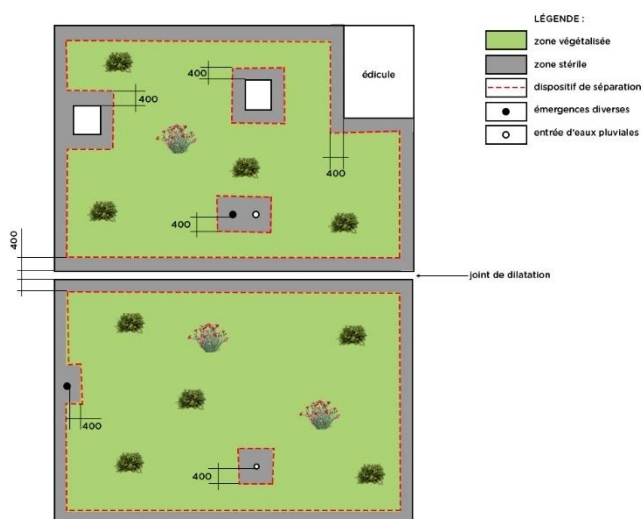
Si elle existe, elle est séparée de la partie végétalisée par un dispositif de séparation ajouré sauf lorsque la zone stérile est traitée en zone végétalisée avec les dalles précultivées **ECOSSEDUM**® et les bacs précultivés **ECOSSEDUM PACK**® ou **ECOSSEDUM PACK LIGHT**®.

En aucun cas, cette zone stérile ne peut être supprimée au pourtour des entrées d'eaux pluviales et dans les noues courantes ou noues de rives de fil d'eau de pente $\leq 2\%$.

Remarque :

- Les lignes de vie ancrées sur potelets protégés par l'étanchéité de la toiture ainsi que les garde-corps sont implantés de façon privilégiée dans les zones stériles et/ou le long des chemins de circulation afin d'éviter les risques de corrosion éventuels liés au pH des matériaux de végétalisation.
- Lorsque la toiture végétalisée ne comporte pas de zone stérile ou de chemin de circulation, les poteaux et fixations alors implantés dans la végétalisation courante, ne doivent pas être au contact du substrat. Il faut alors créer des potelets protégés par l'étanchéité de la toiture dans lesquels ancrer les poteaux.

Les systèmes de sécurité ne font pas l'objet du présent Cahier des Charges.



Sa présence est obligatoire en pieds de relevés :

En végétalisation semi-intensive ;
En végétalisation extensive si la végétation comprend d'autres végétaux que des sedum de petit développement.

Remarque : Dans le cas où il n'y a pas de relevés d'étanchéité ni d'évacuation d'eau pluviale, ni de noues, la zone stérile n'est pas nécessaire et indispensable.

FIGURE 16 : ZONE STERILE

La suppression éventuelle de la zone stérile doit respecter les dispositions des Règles Professionnelles.

Nota : Cependant, seule une végétalisation de la zone stérile, par des bacs précultivés ECOSEDUM PACK® ou ECOSEDUM PACK LIGHT®, est possible afin de garder le relevé visitable. Toutes les plantes nécessitant une tonte ou une fauche sont proscrites.

10.2.1 Largeur de la zone stérile

La largeur de cette zone stérile est au minimum de 40 cm autour des émergences et en périphérie. Dans l'emprise de la zone stérile, le revêtement d'étanchéité est le même revêtement résistant à la pénétration des racines que celui de la zone végétalisée.

10.2.2 Protection du revêtement d'étanchéité dans la zone stérile

La protection est réalisée dans les conditions retenues par les NF-DTU ou les Avis Techniques pour les terrasses inaccessibles ou accessibles.

- Couche de granulats courants avec granularité des éléments meubles comprise entre 5 mm et une dimension au plus égale au 2/3 de l'épaisseur de la protection (DTU 43.1 et 43.11) jusqu'à l'angle maximal de talus naturel (60° pour des granulats roulés, soit 173%) ; au-delà de cet angle, mise en place de dalle ECORASTER®. Si la hauteur des relevés le permet, l'élément de retenue de substrat peut rester en place dans cette zone stérile pour stabiliser les granulats courants ;
- Dalles préfabriquées en béton posées sur une couche drainante ;
- Revêtement d'étanchéité apparent auto protégé résistant à la pénétration des racines et à la tenue au vent en dépression.

Autre protection : Bacs précultivés ECOSEDUM PACK® et ECOSEDUM PACK LIGHT®, modules démontables afin de pouvoir déposer la zone stérile.

Cette solution est valable :

- sans irrigation pour les zones de pluviométrie 1 et 2 hors Alsace pour une pente maximale de 35% (19°) ;
- avec irrigation, il est possible de la mettre en œuvre jusqu'à 100 % (45°).

11. RELEVES

11.1. RELIEFS

La conception et la constitution des reliefs sont conformes aux normes NF P 12.203.1 (DTU 20.12), aux normes de la série NF P 84.200 (DTU de la série 43) et aux Avis Techniques ou DTA des GS 5 + 3 de la CCFAT, concernant les éléments porteurs en dalles de toitures en béton cellulaire autoclavé armé pour toitures avec complexes d'étanchéité.

11.2. HAUTEURS DES RELEVES

- Dans le cas où une zone stérile est prévue, la hauteur est donnée par les NF DTU (ou cahier du CSTB n°3502 dans le cas des revêtements en PVC-P) suivant le type de protection de la zone stérile ;
- Dans le cas où il n'y a pas de zone stérile ou si elle est végétalisée avec les dalles précultivées ECOSEDUM® et les bacs précultivés ECOSEDUM PACK® ou ECOSEDUM PACK LIGHT®, la hauteur des relevés au-dessus de la couche de culture est :
 - 15 cm minimum (voir Figure 17) ;
 - 5 cm si le revêtement d'étanchéité revêt l'acrotère jusqu'à l'arête extérieure dans le cas d'élément porteur en maçonnerie (voir Figure 18 et Figure 19).

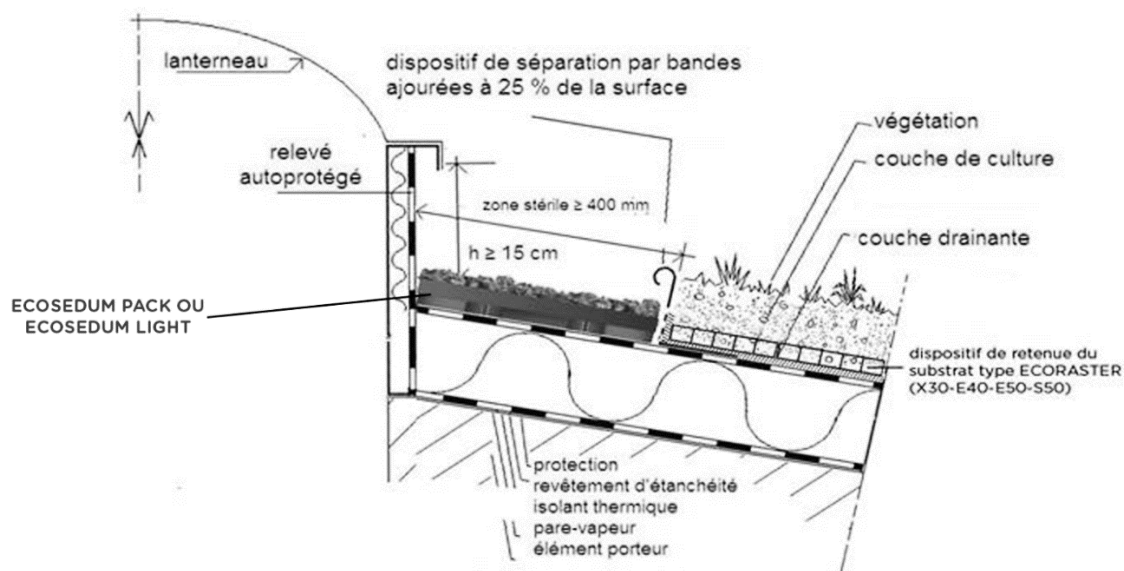


FIGURE 17 : EXEMPLE DE COUPE LATÉRALE AU DROIT DU RELEVÉ D'UNE COSTIÈRE DE LANTERNEAU AVEC ZONE STÉRILE EN ECOSDUM PACK ou ECOSDUM PACK LIGHT

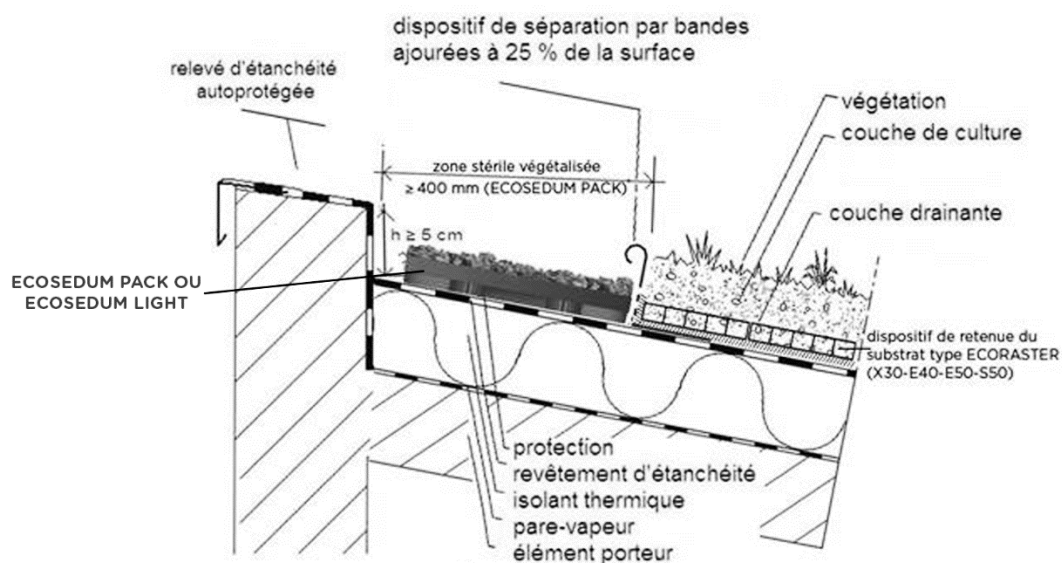


FIGURE 18 : COUPE LATÉRALE – CAS PARTICULIER DE L'ACROTÈRE REVÊTU JUSQU'À L'ARÊTE EXTERIEURE

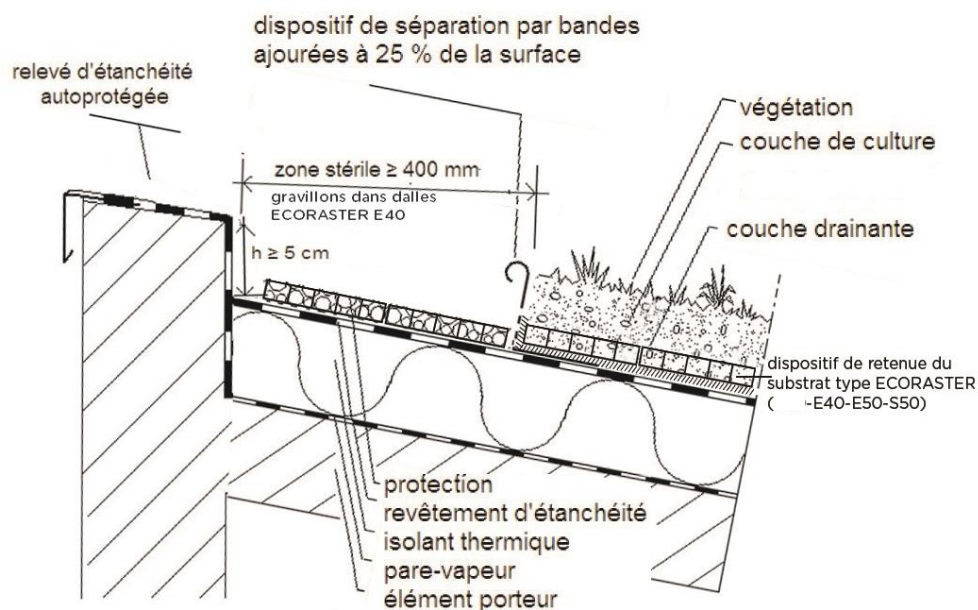


FIGURE 19 : COUPE LATÉRALE - CAS PARTICULIER DE L'ACROTÈRE REVÊTU JUSQU'À L'ARÊTE EXTÉRIEURE

12. DISPOSITIFS ANTIGRAVITAIRES

Ils sont situés en bas de pente et si nécessaire en partie intermédiaire de pente (voir Figure 20 ci-dessous).

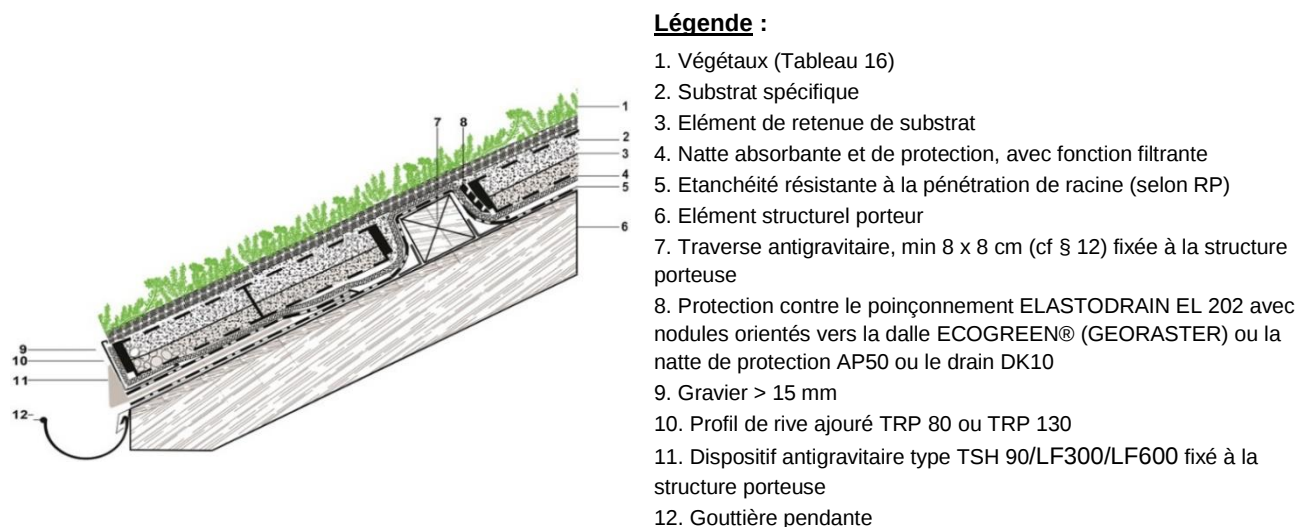
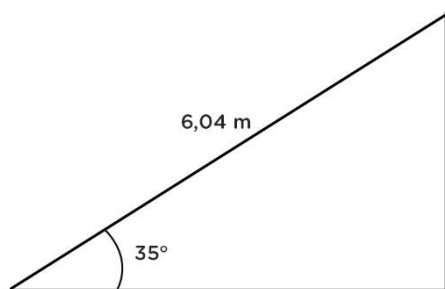


FIGURE 20 : EXEMPLE DE DISPOSITIF ANTIGRAVITAIRE

Le choix des dispositifs antivitrinaires ainsi que leur positionnement, espacement (dispositifs intermédiaires) et caractéristiques de leurs fixations (diamètre, longueur, nombre/ ml) sont déterminés, en fonction de leur capacité de reprise des efforts et de la nature de la structure porteuse, par un calcul des forces de poussée ou composantes parallèles au rampant des forces gravitaires, en amont des dispositifs, qui prennent en compte le poids à CME du système de végétalisation, les charges forfaitaires, les charges climatiques (à savoir le poids de la neige extrême ou de la neige accidentelle, selon NV 84 modifiées, annexe B) et les charges d'exploitation, la pente et la longueur du rampant ; par sécurité, les forces de frottement sur le revêtement d'étanchéité ne rentrent pas dans le calcul.



Force gravitaire (hors frottement) par mètre linéaire :

$$F = \sin \alpha \times \text{longueur du rampant} \times \text{total charges}$$

α : angle correspondant à la pente du rampant

$$\text{Exemple : } F = \sin 35^\circ \times 6,04 \times 195 \text{ kg/m}^2 = 671,35 \text{ kg/ml}$$

Soit 1 crochet TSH 90 tous les 40 cm maximum, ou 1 crochet LF300 tous les 43 cm maximum, ou 1 crochet LF600 tous les 85 cm maximum (Voir Tableau 25 et Tableau 26)

Le Service Technique ECOVEGETAL® réalise le calcul de force gravitaire afin de définir l'écartement adéquat entre crochets. Une note de calcul est réalisée pour chaque chantier (voir annexe E)

Tous ces éléments doivent résister à la corrosion soit par leur nature (ex. polyéthylène basse densité, acier inoxydable A4), soit par une protection spécifique.

Les dispositifs en bas de pente, solidaires de la structure porteuse (et charpente) doivent permettre l'écoulement des eaux et le maintien en place du système de végétalisation.

Les dispositifs intermédiaires supplémentaires, solidaires de la structure porteuse (et charpente) sont à envisager à partir de pentes de 20% et pour des rampants supérieurs à 10 ML selon les résultats de l'analyse des forces gravitaires (voir Figure 21 et Figure 21 bis).

Selon les Règles Professionnelles :

- « Des chevrons en bois de classe d'emploi 3b selon la norme FD P 20-451 de longueur 3 m et de section minimale 80 mm x hauteur $\geq$ à 10 mm du niveau fini du substrat. Chaque chevron, posé sur le complexe d'étanchéité, est fixé mécaniquement à la structure porteuse [...] à raison de 3 fixations par ml minimum ; densité de fixations par ml à déterminer au cas par cas, selon note de calcul ECOVEGETAL.

- Les chevrons sont disposés de façon discontinue en laissant un espace entre deux chevrons consécutifs compris entre 30 et 50 cm [...]. Les espaces entre chevrons sont complétés par un dispositif de séparation d'une longueur de 20 cm supérieure à celle de l'espacement »

Les crochets TSH 90 ou SHEAR FIX sont fixés à la structure porteuse ou à la traverse (bois dito chevron ci-dessus ou omega) ou à l'entretoise (omega) par 5 tirefonds (bois) ou boulons (métal) à travers une platine dans le cas des SHEAR FIX. 2 tiges filetées M10 soudées à la platine de fixation permettent de visser les écrous de tenue du crochet SHEAR FIX. Celui-ci est fixé selon le principe du montage bride et contre-bride, à l'aide de 2 bandes EPDM, pour assurer l'étanchéité de ces fixations.

Les crochets doivent reposer au minimum au 2/3 de leur longueur sur la traverse ou l'entretoise.

L'étanchéité complète est réalisée par une pièce de calfatage du matériau d'étanchéité soudé sur le revêtement d'étanchéité, à intercaler entre la pièce EPDM inférieure et la pièce EPDM supérieure. Ensuite, le crochet est fixé à la platine par des écrous de tenue.

Les traverses bois ou crochets SHEAR FIX LF 300 ou LF 600 sont étanchées à l'aide d'une bande de pontage sur l'étanchéité de la partie courante y compris fermeture en bouts.

Dans le cas des éléments porteurs bois, panneaux à base de bois et dérivés du bois, la fixation de ces crochets est proscrite sur panneaux minces (< 80mm). Elle doit être réalisée sur la structure porteuse, charpente ou panneaux structuraux d'épaisseur > 80mm (avec pièces de bois ou dispositifs de reprise de charge solidaires de la structure porteuse).

Dans le cas des TAN, toute fixation par vissage uniquement dans les TAN est proscrite. Il est nécessaire de se fixer de façon directe (en traversant les TAN) sur la structure porteuse ou charpente (voir Figure 21 et Figure 21 bis).

La reprise des efforts induits par les traverses bois anti gravitaires ou crochets TSH 90, SHEAR FIX LF 300 ou LF 600 doit être prise en compte par le bureau d'étude structure ou le charpentier afin de garantir que les pannes de structure sont dimensionnées en conséquence (Voir Tableau 25 et Tableau 26).

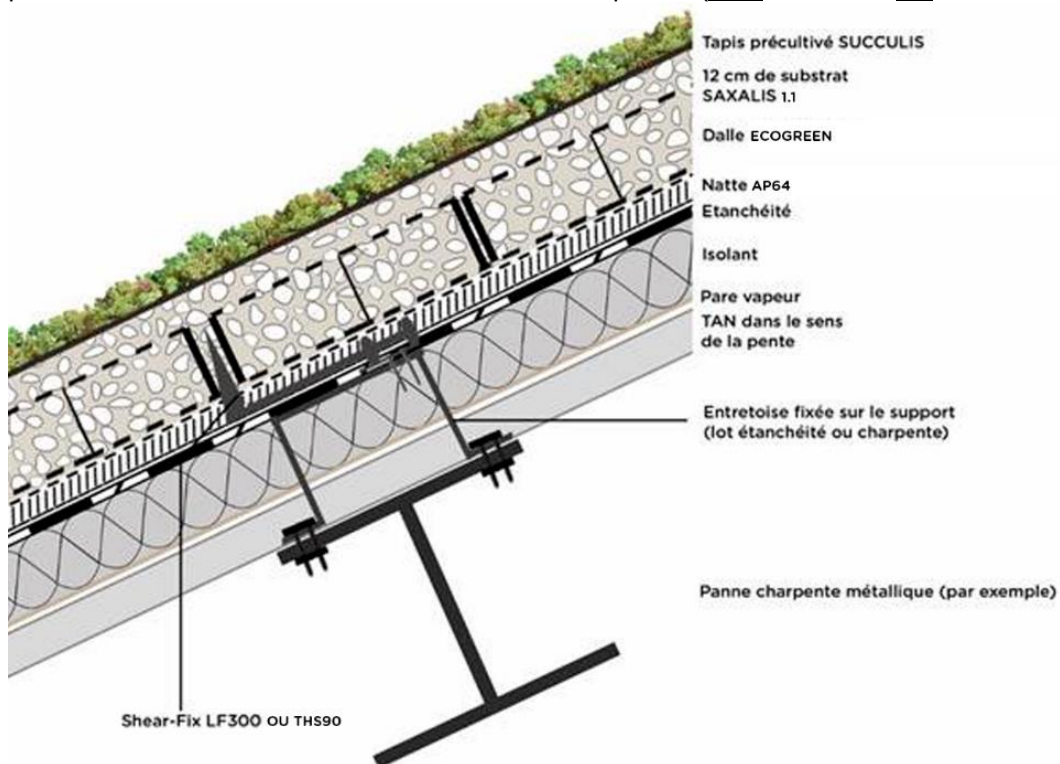


FIGURE 21 : EXEMPLE DE FIXATION DES CROCHETS INTERMEDIAIRES TSH 90 OU SHEAR FIX LF300 SUR ENTRETOISE (DITO DTU 40.35 § 6.4.4) A LA STRUCTURE PORTEUSE AU TRAVERS DE TOILES D'ACIER NERVUREES

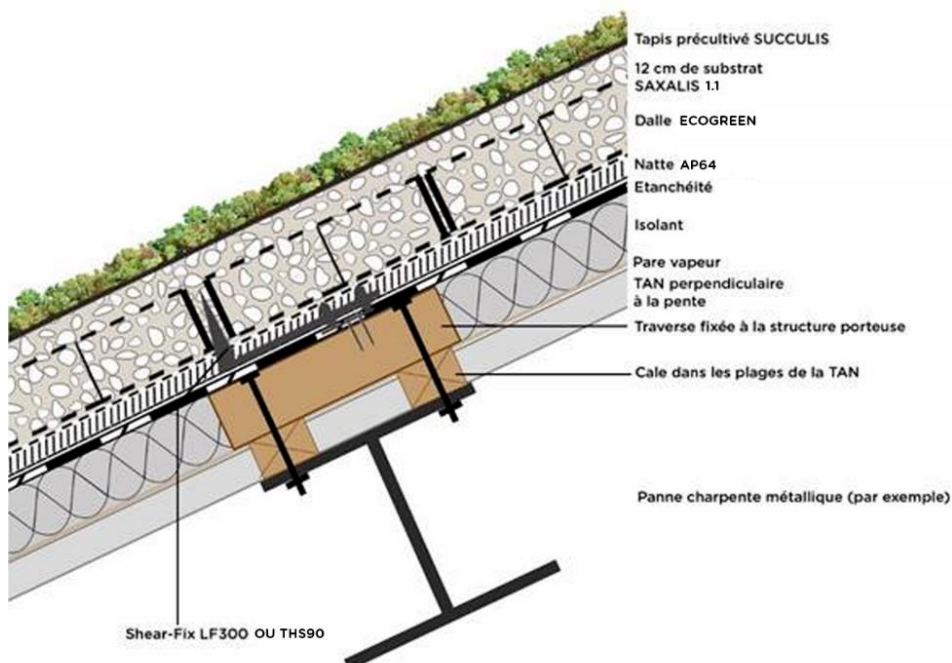


FIGURE 21 BIS : EXEMPLE DE FIXATION DES CROCHETS INTERMEDIAIRES TSH 90 OU SHEAR FIX LF300 SUR TRAVERSE FIXEE A LA STRUCTURE PORTEUSE AU TRAVERS DE TOILES D'ACIER NERVUREES

12.1. STABILISATION DU BORD DE RIVE EN BAS DE PENTE AVEC LES CROCHETS TSH 90 ET LES PROFILS DE RIVE AJOURÉ TRP 80/130

Les crochets d'arrimage type TSH 90 /LF300/LF600 sont fabriqués dans un acier inoxydable (304 L). Ils sont utilisés en combinaison avec les profils de rive en acier inoxydable (304L) TRP 80 ou TRP 130 pour transférer directement sur la charpente les forces de cisaillement générées par les toitures végétalisées de pente supérieure à 20% (11°).

Mise en œuvre : Les crochets type TSH 90/LF300/LF600 sont posés selon les distances indiquées dans le Tableau 25, sur le revêtement d'étanchéité et fixés mécaniquement sur la structure porteuse. Chaque crochet TSH 90 est maintenu au minimum avec 4 vis à tête plate ou bombée en acier inoxydable (304L) de diamètre 8 mm et de longueur 100 mm. Les crochets LF300 / LF600 sont maintenus au minimum avec 2 vis M10. L'étanchéité est assurée par une bande de pontage en membrane appliquée par adhérence en plein (*) (voir Figure 22). Faire un complément d'étanchéité à l'aide d'un mastic polymère tout le long de la rive basse de la bande de pontage. Un profil de rive TRP 80 ou TRP 130 ajouré pour assurer l'écoulement des eaux, est ensuite posé en appui sur les crochets. Des éclisses soudées d'un côté sur les profils de rives permettent un assemblage des abouts.

Remarque (*) : Sur les revêtements bitumineux auto protégés, opérer un refluxage des granulés dans le bitume au chalumeau de la surface du revêtement.

Attention : Les dispositifs de retenue DPA 75/100/130 ne doivent pas être utilisés comme dispositifs antigravitaires.

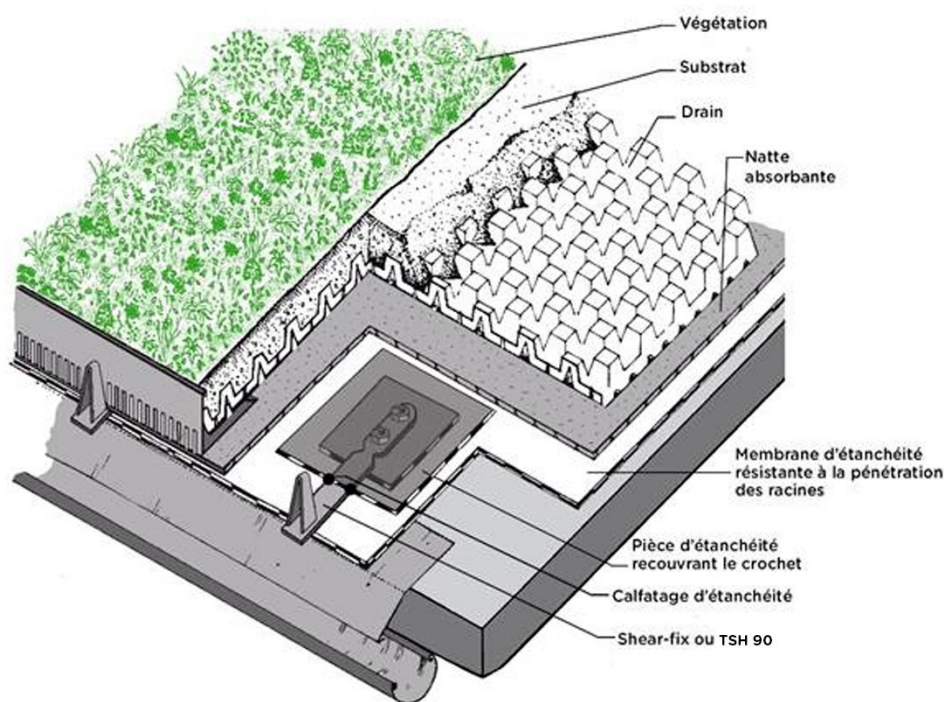


FIGURE 22 : EXEMPLE DE STABILISATION DU BORD DE RIVE EN BAS DE PENTE



FIGURE 22 BIS : ETAPES D'INSTALLATION DES CROCHETS SHEAR FIX

TABLEAU 25 : DISTANCE ENTRE CROCHETS TSH 90 SELON LA COMPOSANTE PARALLELE AU RAMPANT DES CHARGES GRAVITAIRES

CROCHET TSH 90 (charge reprise par crochet 300 kg)	
Composante gravitaire maximale parallèle au rampant (kg/ml)	Distance max. entre crochets (cm)
375	60
429	60
500	60
600	50
750	40
Remarque : Pour des charges gravitaires plus importantes et/ou des pentes >50%, prévoir des dispositifs antigravitaires intermédiaires.	

TABEAU 26 : DISTANCE ENTRE CROCHETS SHEAR FIX SELON LA COMPOSANTE PARALLELE AU RAMPANT DES CHARGES GRAVITAIRES

Composante gravitaire maximale parallèle au rampant (kg/ml)	CROCHET SHEAR FIX LF 300 (charge reprise par crochet 300 kg)	CROCHET SHEAR FIX LF 600 (charge reprise par crochet 600 kg)
	Distance max. entre crochets (cm)	Distance max. entre crochets (cm)
<300	100	100
350	85	100
400	75	100
450	66	100
500	60	100
550	55	100
600	50	100
650	46	92
700	43	85
750	40	80
800	37	75
850	--	70
900	--	66
950	--	63
1000	--	60

12.2. DISPOSITIFS ANTIGRAVITAIRES INTERMEDIAIRES

12.2.1 Crochets SHEAR FIX LF 300 / LF 600, TSH 90 et profils ajourés TRP 80/130

Se référer au § 12.1

12.2.2 Traverses antigravitaires

Mise en œuvre de traverses antigravitaires de hauteur adaptée à l'épaisseur du substrat de végétalisation et de section minimale 8 x 8 cm.

Elles ont une longueur d'environ 4 m. Elles sont ancrées mécaniquement à la structure porteuse avec un critère de flèche $< L / 200$ et mises en œuvre avec une interruption de 25 cm entre 2 traverses pour assurer l'écoulement des eaux de pluie.

Dans le cas où elles sont en bois, elles sont de type mécanique C24 (Selon norme EN 338) et de classe minimale d'emploi 3 (DTU 43.4) pour leur traitement au sens de la norme EN 335.

Ces traverses sont étanchées à l'aide d'une bande de pontage sur l'étanchéité de la partie courante y compris fermeture en about (voir Figure 23).

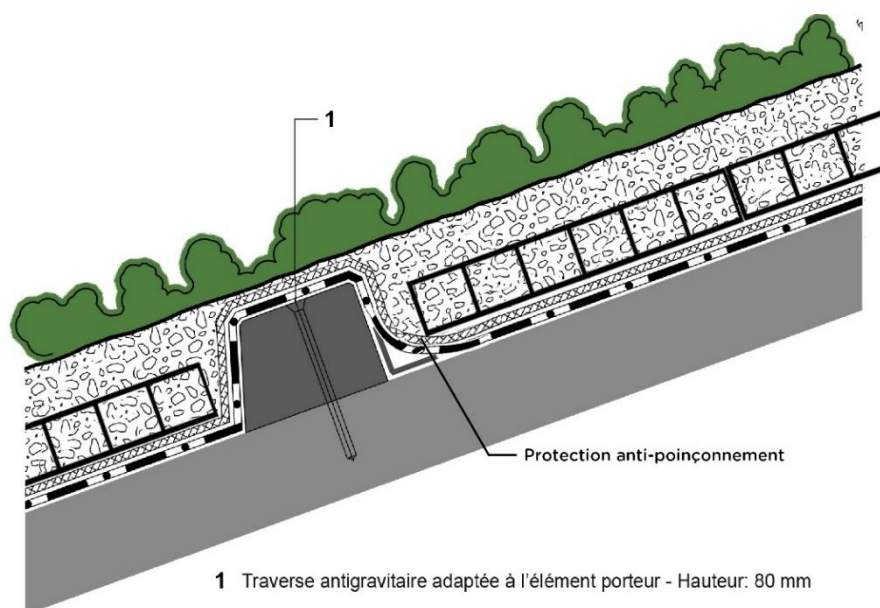


FIGURE 23 : EXEMPLE DE TRAVERSE ANTIGRAVITAIRE

12.3. DISPOSITIFS ANTIGRAVITAIRES EN TETE D'EMERGENCES (LANTERNEAU, CHEMINEE...)

Un dispositif antigravitaire, solidaire de la structure porteuse (et charpente) et situé en partie haute du lanterneau (voir Figure 26), doit permettre l'écoulement des eaux et le maintien en place du système de végétalisation en reprenant la composante parallèle au rampant des charges gravitaires.

Relevés d'étanchéité contre costière de lanterneau : le dispositif de retenue étant toujours en place dans le cas de pentes $\geq 20\%$, en aval du lanterneau, la zone stérile est traitée soit de façon traditionnelle (cf § 10.2.2), soit en zone végétalisée avec les dalles préculтивées ECOSEDUM® et les bacs préculтивés ECOSEDUM PACK® ou ECOSEDUM PACK LIGHT® (voir Figure 17 à Figure 19), soit par remplissage des dalles ECORASTER® ou des bacs ECOSEDUM PACK® vides par des matériaux inertes naturels et non gélifs, tels que granulats courants, galets...

Pour les crochets TSH 90 et profil ajouré TRP 80/130, se référer au § 12.1.

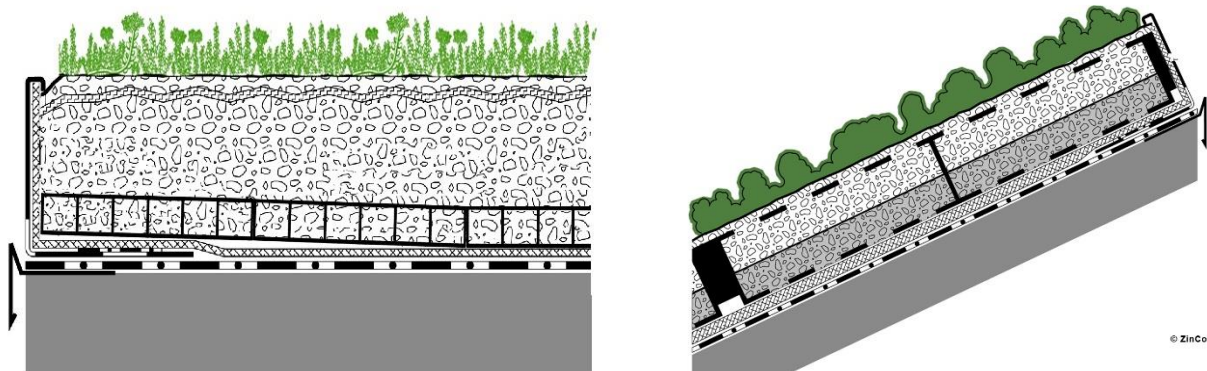
13. DISPOSITIFS DE DELIMITATION DU SYSTEME DE VEGETALISATION

13.1. EN PERIPHERIE : RIVE LATERALE ET RIVE FAITIERE

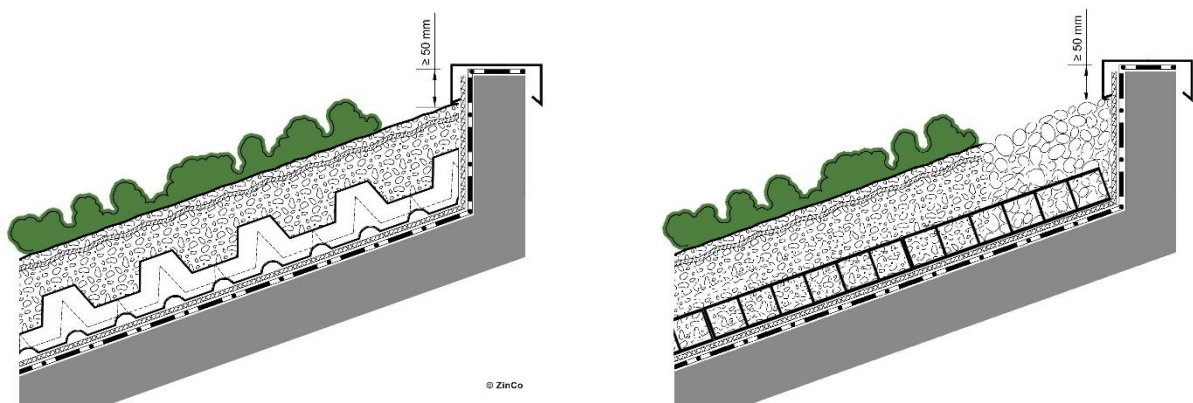
- Rive sans débord : Des profils de rives non ajourés, en aluminium ou en acier inoxydable, sont solidarisés à la périphérie de l'étanchéité par des bandes de pontage fixées par adhérence en plein sur celle-ci (voir Figures 24).

Rappel : les forces de poussée, inhérentes à la mécanique des sols, du système complet de végétalisation (y compris les charges climatiques, de sécurité et d'exploitation) , en considérant sa hauteur maximale de 300 mm, sont compensées par le poids du système complet de végétalisation (y compris les charges climatiques, de sécurité et d'exploitation) sur le talon du profil de rive sans tenir compte des forces d'adhérence de la bande de pontage sur celui-ci, pour les systèmes de végétalisation propres à ECOVEGETAL®.

- Rive avec débord : Sur une rive avec débord, en présence ou en absence de zone stérile, le profil de rive peut être ajouré (DPA 75/100/130 en aluminium ou TRP 80/130 en acier inoxydable). Dans ce cas, le filtre ou la natte absorbante est remonté sur toute la hauteur du dispositif. Le profil de rive est fixé de la même façon que précédemment.
- Relevés d'étanchéité : Dans le cas de rives venant en jonction avec un faîte terminé par un acrotère ou une façade contiguë, l'élément de retenue de substrat peut rester en place dans cette zone stérile pour stabiliser les granulats courants (voir Figures 25). Sinon se référer au § 10.2.



FIGURES 24 ET 24 BIS : EXEMPLES DE TRAITEMENT EN RIVE LATERALE ET FAITIERE SANS ACROTERE



FIGURES 25 ET 25 BIS : EXEMPLES DE TRAITEMENT EN RIVE AVEC ACROTERE OU FAÇADE CONTIGUË

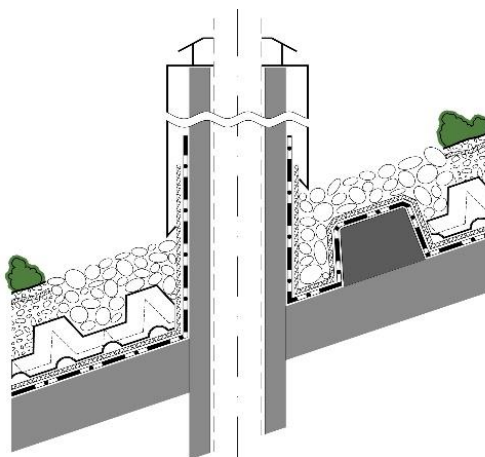


FIGURE 26 : EXEMPLE DE TRAITEMENT EN TÊTE D'ÉMERGENCES (CHEMINÉES, LANTERNEAU...)

13.2. AUTOUR DES ÉMERGENCES

Rappel : en aucun cas les émergences doivent être considérées comme des dispositifs antigraevitaires. Il est donc nécessaire d'en prévoir en amont des émergences (voir Figure 26).

13.2.1 Costières de joints de dilatation

- Des profils de rives ajourés, en aluminium DPA 75/100/130 ou en acier inoxydable TRP 80/130, sont solidarisés à la périphérie de l'étanchéité par des bandes de pontage fixées par adhérence en plein.
- Si la hauteur des relevés, à l'emplacement des bandes stériles le permet, le même élément de retenue du substrat peut assurer aussi la stabilisation des granulats courants.

13.2.2 Pontage des joints de dilatation par végétalisation uniquement pour pentes $\leq 50\%$ (26.4°)

Le recouvrement des joints de dilatation, dito DTU 43.11, par un système de végétalisation peut être réalisé selon les conditions suivantes :

- L'ouvrage de protection du joint de dilatation est réalisé :
 - en assurant un vide minimal continu de 4 cm sur toute la périmétrie des costières des joints de dilatation
 - de façon verticale par des éléments légers (blocs PSE ou PXE) solidarisés entre eux par des connecteurs ; ils reposent sur la natte de protection type AP32 ou AP64 pour permettre le libre écoulement de l'eau et sont bloqués en bas de pente par les dispositifs de stabilisation du bord de rive (voir Figure 27).
 - de façon horizontale par des éléments légers (blocs PSE / PXE ou dalles ECORASTER) fixés d'un seul côté sur les éléments verticaux par des connecteurs ou agrafes (pour permettre la libre dilatation).
- La végétalisation recouvre l'ouvrage de protection et est réalisée comme en partie courante.

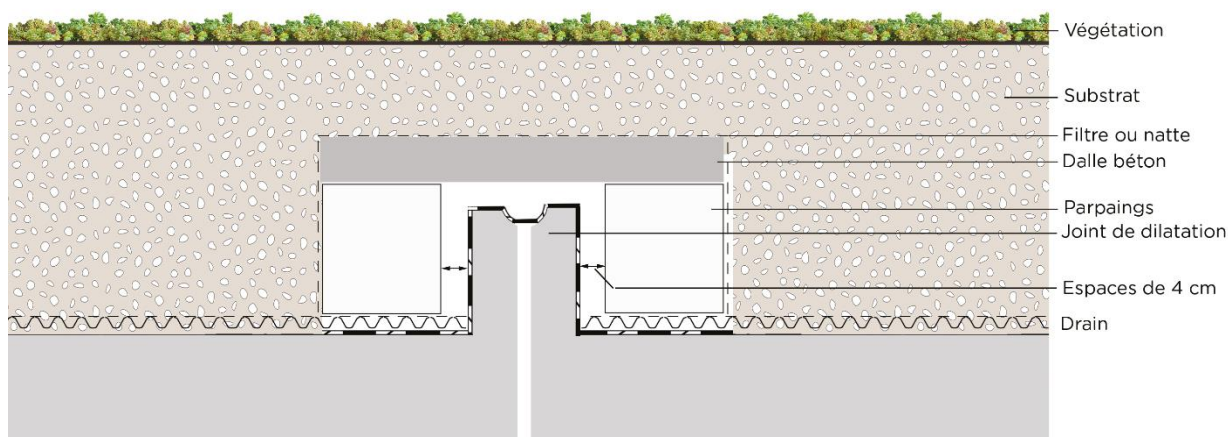


FIGURE 27 : PONTAGE DES JOINTS DE DILATATION PAR VEGETALISATION

13.3. EN NOUES

Prévoir des éléments de retenue du substrat conformes au présent Cahier des Charges (voir Tab.11). Cependant, le traitement de l'axe de la noue diffère selon la pente du fil d'eau :

- Si pente du fil d'eau de la noue $\leq 2\%$, traitement obligatoire de la noue en zone stérile ;
- Si pente du fil d'eau de la noue $> 2\%$, traitement de la noue en zone stérile :
 - soit de façon traditionnelle (cf § 10.2.2),
 - soit au-delà de l'angle maximal de talus naturel (60° pour des granulats roulés, soit 173%) ; par remplissage des dalles ECORASTER® ou des bacs ECOSEDUM PACK® (vides de sedum) par des matériaux inertes naturels et non gélifs, tels que granulats courants, galets.
 - soit en zone végétalisée selon le § 8.4 avec l'angle variable AV 45, les éléments de retenue ECORASTER® (4/ 5 cm) ou ECOGREEN®(GEORASTER)®, et la végétation par tapis préculтивés ou plantation par godets ;
 - soit en zone végétalisée avec les dalles préculтивées ECOSEDUM® et les bacs préculтивés ECOSEDUM PACK® ou ECOSEDUM PACK LIGHT® mis en œuvre :
 - Pour les zones climatiques 1 et 2 (ANNEXE D) (voir Figure 27 BIS) sur le drain FS50, FS40, DK20 ou sur 5 cm granulats courants.
 - Pour la zone climatique 3, prévoir une double épaisseur du seul drain FS50 ou 8 cm de granulats courants.
 - Quelle que soit la zone climatique, le lestage des drains doit être réalisé avec un poids à sec minimal de 35 kg/m^2 sur couche drainante FS50.



FIGURE 27 BIS : EXEMPLE DE VEGETALISATION SI PENTE DU FIL D'EAU DE LA NOUE > 2% PAR ECOSUDUM PACK® SUR DRAIN FS50

13.4. EVACUATIONS PLUVIALES

Les entrées d'eaux pluviales sont réalisées conformément aux normes série NF P 84.200 (DTU de la série 43). Leur section est déterminée conformément à ces NF-DTU.

Elles sont :

- Soit bordées par une zone stérile sur 40 cm minimum. Un filtre ou la natte absorbante remonte le long du dispositif de délimitation (voir Figure 28) ;
- Soit protégées par un dispositif conforme aux Avis Techniques des procédés de terrasses-jardin (par ex. forme de regard).

Elles sont équipées d'un garde-grève qui doit rester apparent et dont la section des perforations est conforme aux spécifications des NF-DTU de la série 43. Leur contrôle pour l'entretien reste identique à celui des terrasses inaccessibles habituelles.

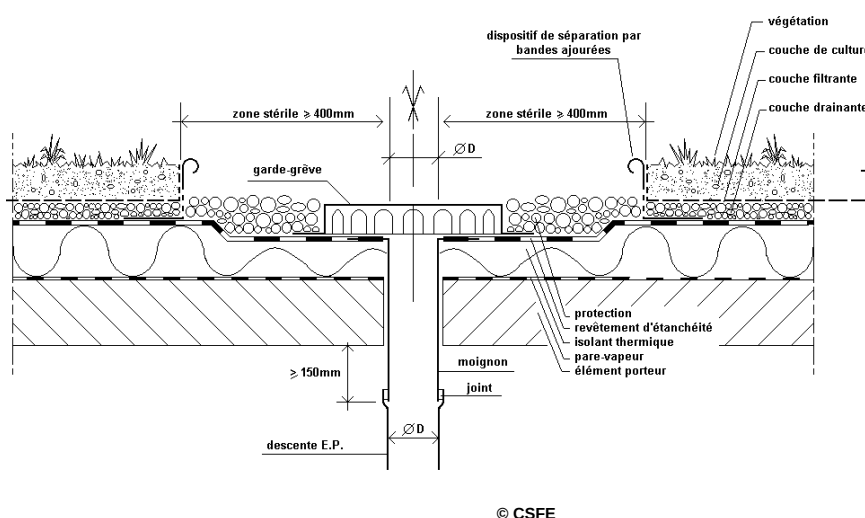


FIGURE 28 : EVACUATIONS PLUVIALES

13.5. AUTRES OUVRAGES ISOLES

Les émergences (de ventilation, de crosses de passage de câbles, ...) sont réalisées conformément aux normes série NF P 84.200 (DTU de la série 43).

Ces émergences ainsi que les ancrages de garde-corps et de ligne de vie sont entourées d'une zone stérile.

14. ORGANISATION DE CHANTIER ET REALISATION DES TRAVAUX

AVERTISSEMENT : Avant tous travaux de végétalisation de toitures-terrasses, le support « complexe isolant-étanchéité » devant être recouvert par un système de végétalisation doit être réceptionné par l'entreprise chargée de ceux-ci. Elle doit s'assurer que :

- les épreuves d'étanchéité après la mise en œuvre de celle-ci, conformément au DTU 43.1 ont bien été réalisées,
- le procès-verbal de cette épreuve ne mentionne aucune fuite,
- une fiche d'auto contrôle de chantier élaborée lors de la réalisation de l'étanchéité soit établie et qu'elle puisse la consulter,
- les dispositions constructives spécifiques à savoir, jonction en T, en croix... à chaque type de « complexe isolant-étanchéité » aient bien été respectées, par référence à leur DTA, AT, Cahier des Charges,...
- les éventuels défauts de mise en œuvre du « complexe isolant-étanchéité », répertoriés selon la Norme NF P 84.208 - DTU 43.5 aient bien été corrigés.

Conformément aux Règles Professionnelles le maître d'œuvre doit prévoir un ou plusieurs point(s) d'eau de débit dimensionné à la surface végétalisée, disponible(s) au niveau de la terrasse au moment des travaux et maintenu(s) en état de fonctionnement pendant la durée de vie de l'ouvrage. Tout point de la terrasse devra être situé à moins de 30 mètres d'un point d'eau.

Les dispositifs antigravitaires et de séparation ainsi que les différentes couches du système de végétalisation (natte absorbante, couche de retenue de substrat, substrat, natte anti-érosion, végétaux) sont mis en œuvre dès que possible et en tout cas dès la fin des travaux d'étanchéité.

La charge des engins de manutention pour la mise en œuvre des matériaux devra être compatible avec la résistance de la structure porteuse du support et du complexe isolation-étanchéité, notamment sur l'élément porteur en T.A.N. (cf. DTU 43.3) en bois ou panneaux dérivés du bois (cf DTU 43.4).

Note : Il appartient à l'entreprise d'étanchéité d'assurer la pérennité de son ouvrage.

L'installation de la couche végétale du système **ECOVEGETAL®** est réalisée dans la période appropriée en fonction des exigences liées à son mode de mise en œuvre (voir Tableau 17). Du fait des risques encourus par les végétaux en attente de plantation, l'organisation du chantier doit permettre leur mise en œuvre dès la livraison.

Tous les éléments précultivés (ECOSSEDUM PACK®, ECOSSEDUM PACK LIGHT®, ECOSSEDUM PACK® BIODIVERSITE, nattes SUCCULIS, nattes SAXATILIS, nattes PRAIRIE FLEURIE et ECOVEGETAL GREEN TAPIS) doivent être installés dans les 24 heures suivant leur livraison ; sinon ils doivent être étalés en une seule couche, de préférence en zone ombragée, et arrosés. Au-delà de 3 jours, la qualité du produit est altérée, son remplacement est nécessaire.

Les godets doivent être mis en œuvre dans les 48 heures. Si cela n'est pas possible, l'entreprise doit demander à **ECOVEGETAL®** les instructions pour leur bonne conservation. Il convient cependant de les stocker à l'ombre et de les arroser. Au-delà de 15 jours, la qualité du produit est altérée, son remplacement est nécessaire. Les fragments de sedum et les semis de graines doivent être mis en œuvre dans les 24 heures et stockés au frais et à l'ombre avant ensemencement. Si cela n'est pas possible, la qualité du produit est altérée et sa perte est probable.

15. PREVENTION

La sécurité des personnes doit respecter les règles prescrites par le manuel de Prévention des Risques Professionnels sur les Chantiers de la CSFE.

La zone stérile située le long des acrotères en bordure du vide n'est pas une zone de passage.

D'une façon générale, la circulation pour l'entretien est possible sur l'ensemble de la toiture moyennant les dispositions préventives légales vis à vis du risque de chute de hauteur.

16. ENTRETIEN

16.1. GENERALITES

L'entretien est obligatoire et est formalisé pour chaque chantier par un contrat spécifique portant sur la végétalisation de l'ensemble de la toiture y compris les zones stériles. L'accès à la toiture nécessaire aux futures opérations d'entretien doit être prévu par le maître d'œuvre dès la conception de la toiture. Lors des opérations d'entretien, et comme pour toute toiture inaccessible, la sécurité du personnel doit être assurée vis à vis des chutes de hauteur.

Important :

Dans tous les cas, l'entretien de la toiture végétalisée est nécessaire. L'entretien doit être effectif dès la plantation. Il couvre les périodes d'entretien de parachèvement et d'entretien de confortement.

Dans le cas d'une plantation par semis ou godets, il est tout particulièrement indispensable les 24 à 36 premiers mois.

16.2. ENTRETIEN DE L'ETANCHEITE

Les dispositions relatives à l'entretien des ouvrages d'étanchéité sont décrites dans les DTU 43.1, 43.11, 43.3 et 43.4.

16.3. ENTRETIEN DE LA VEGETATION

La pérennité du système de végétalisation est dépendante de l'arrosage et du contrat d'entretien qui assure le bon enracinement des végétaux. L'entreprise contractante devra préciser au maître d'ouvrage les modalités d'entretien de la végétation. Celles-ci devront prendre la forme d'une proposition de contrat d'entretien qui différencie distinctement l'entretien de confortement de l'entretien courant. Les contrats d'entretien sont accompagnés de la notice technique du système (récapitulatif des opérations à réaliser).

L'entretien pendant la période de confortement est indispensable (durée de 6 mois à 3 ans selon le mode de plantation) (voir Tableau 27).

ECOVEGETAL® fournit un contrat type.

L'objectif de l'entretien de la végétalisation est :

- D'obtenir et conserver un taux de couverture végétale supérieur à 80 % ;
- De maîtriser le développement d'espèces adventices (plantes non désirées) ;
- D'assurer le développement durable de la végétation choisie.

Trois périodes sont à différencier :

LA PERIODE DE PARACHEVEMENT : 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. Les travaux de parachèvement font partie intégrante du marché de travaux.

LA PERIODE DE CONFORTEMENT : Période comprise entre la réception de l'ouvrage jusqu'au démarrage de l'entretien courant (celui-ci commence dès l'obtention d'un taux de couverture $\geq 80\%$). Sa durée pourra varier en fonction du type de plantations retenu (voir Tableau 27). Les travaux de confortement font partie intégrante du contrat d'entretien.

LA PERIODE D'ENTRETIEN COURANT : Commence après l'obtention d'un taux de couverture $\geq 80\%$.

16.3.1 Cas de la végétalisation extensive

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 hautes) ;
- En cas de défaut de reprise (partielle ou totale), opération complémentaire de semis (graines ou fragments de sédum) ou de plantation de godets ou d'installation d'éléments précultivés ;
- Fertilisation d'appoint à libération lente (protection de la qualité des eaux) ;
- Nettoyage des dispositifs d'évacuation d'eaux pluviales ;
- Arrosage ponctuel et/ou suivi de l'irrigation dont la nécessité, en relation avec les conditions climatiques, est définie dans l'étude préalable.

Note : Ne font pas partie des travaux en période de parachèvement, les réparations de dégâts non imputables à l'entreprise ayant réalisé les travaux de végétalisation.

16.3.2 Cas de la végétalisation semi-intensive

Les préconisations générales d'entretien pour les végétalisations semi-intensives sont identiques à celles des végétalisations extensives, avec les compléments suivants :

- L'arrosage ponctuel et/ou suivi de l'irrigation est indispensable, de même que la maintenance du réseau d'irrigation ;
- Les volumes et fréquences d'arrosage sont définis et transmises par le Service Technique ECOVEGETAL®.
- Dans le cas des gazons, la fréquence des tontes est définie au cas par cas. Les déchets de tonte doivent être évacués ;
- Les plantes semi-ligneuses et ligneuses doivent faire l'objet de tailles, au même titre que si elles étaient plantées dans le sol naturel.

TABEAU 27 : FREQUENCE D'ENTRETIEN RECOMMANDEE SELON LE MODE DE PLANTATION

TYPE DE VEGETALISATION		ELEMENTS PRECULTIVES	PLANTATION DE GODETS	SEMIS/ FRAGMENTS
PERIODE DE CONFORTEMENT	DUREE DE LA PERIODE DE CONFORTEMENT	6 mois	24 mois	36 mois
	FREQUENCE MINIMALE D'INTERVENTION	2 / an	4 / an	4 / an
ENTRETIEN COURANT	FREQUENCE MINIMALE D'INTERVENTION	2 / an	2 / an	2 / an

16.4. ENTRETIEN DE L'ARROSAGE AUTOMATIQUE ET / OU IRRIGATION

A l'automne : Mise à l'arrêt et purge de la totalité du système d'irrigation. Démontage des batteries des programmeurs.

Au printemps : Mise en eau du système d'irrigation, détection des fuites éventuelles, vérification ou changement des asperseurs et tuyères ou autres pièces défectueuses.

Remontage des batteries et réglage des programmeurs.

17. ASSISTANCE TECHNIQUE

La société **ECOVEGETAL®** met son assistance technique à la disposition des entreprises, des maîtres d'ouvrage et des maîtres d'œuvre qui en font la demande.

ECOVEGETAL® valide l'étude préalable qui doit être faite par l'entreprise en charge des travaux, avant toute végétalisation telle que définie dans le présent Cahier des Charges, pour que le choix des végétaux tienne compte des valeurs climatiques locales, de l'exposition de la toiture et de la pente. Les besoins d'entretien et d'arrosage sont également évalués et définis dans le cadre de cette étude préalable.

ECOVEGETAL® définit la charge à CME du système de végétalisation retenu à prendre en compte en fonction de la pente de la toiture.

ECOVEGETAL® précise toutes les dispositions spécifiques de mise en œuvre de ses produits en particulier pour le choix des dispositifs antigravitaires préconisés ainsi que leur positionnement et espacement.

Note :

Cette assistance ne peut être assimilée qu'à la conception du système de végétalisation. Ne sont pas compris la conception générale du bâtiment des fondations jusqu'à l'étanchéité, la réception des supports et de l'étanchéité et le contrôle des règles de mise en œuvre du système.

18. CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES ACCESSOIRES ET DES PRODUITS

TABEAU 28 : CARACTERISTIQUES DES ACCESSOIRES DE SEPARATION ET DES DISPOSITIFS ANTIGRAVITAIRES

DISPOSITIFS DE SEPARATION ET ANTIGRAVITAIRES		Conditionnement	Poids
DPA 75/100/130	Profil de rive ajouré permettant l'évacuation des excédents d'eau en aluminium EN AW 1050A hauteur 75 / 100 / 130 mm, longueur 2 m, épaisseur 1 mm, % de surface ajourée 33 / 25 / 19 %.	Bande de 2 m linéaire	0,36 / 0,46 / 0,58 kg/ML
TRP 80/130	Profil de rive pour la reprise des charges gravitaires ajouré pour l'évacuation de l'eau, avec éclisse soudée sur un côté pour assemblage des abouts, en acier inoxydable 1.4301, force de compression 5 kN/ml, hauteur 80/130 mm, longueur 1.96 m, épaisseur 1,5 mm, % de surface ajourée 31 / 19 %.	Bande de 1,96 ml	2,64 / 4,18 kg/ML
TSH 90	Crochet d'arrimage de hauteur H 90 mm pour maintien des profils de rive TRP 80/130 sur toitures en pente, en acier inoxydable 1.4301, capacité de charge 300 kg/crochet, épaisseur 5 mm, largeur 50 mm, longueur du bras 400 mm Limites de pente : $\leq 200\%$ (63°).	Unité	0,6 kg/U
SHEAR FIX LF300	Crochet pour retenue intermédiaire ou bas de pente, hauteur 100 mm pour profils de rive TRP 80/130, en acier inoxydable, capacité de charge : 300 kg/ crochet, épaisseur 5 mm, largeur 50 mm, longueur de bras 400 mm, sablage de surface, fourni en kit. Limites de pente : $\leq 200\%$ (63°).	Unité	1,8 kg/U
SHEAR FIX LF 600	Crochet pour retenue intermédiaire ou bas de pente, hauteur 100 mm pour profils de rive TRP 80/130, en acier inoxydable, capacité de charge : 600 kg/ crochet, épaisseur 5 mm, largeur 90 mm, longueur 140 mm, sablage de surface, fourni en kit. Limites de pente : $\leq 200\%$ (63°).	Unité	1,6 kg/U
ELASTODRAIN EL202	Elément de protection en plaque, en caoutchouc massif, avec effet anti-poinçonnement. Résistance à la compression 40 t/m ² , dureté 75 shore A, épaisseur totale 19 mm, hauteur des nodules 12 mm, 1200 nodules/m ² , poids env. 19 kg/m ² .	1 m ²	19 kg/m ²
Angle Variable AV 45	Accessoire en PEBD pour stabilisation de noues et talus, adaptable sur ECORASTER E50 et ECORASTER E40 de dimensions 330x120x45 mm. S'incline jusqu'à 180 degrés.	Unité	0,488 kg/U

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES PRODUITS

TABEAU 29 : CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES PRODUITS

VEGETAUX		Conditionnement	Poids à SEC (kg/m²)	Poids à CME (kg/m²)
SEMIS DE VIVACES ET DE GRAMINEES	Semis PRAIRIE FLEURIE dont ENDEMIS : Uniquement en complément de plantation de godets ou systèmes précultivés. Mélange de graines comprenant des graminées et des herbacées à fleurs (annuelles et vivaces). Dosage : env. 50 g/m².	Sacs de 5 et 10 kg	1	10
FRAGMENTS	Fragments de sedums pour systèmes SUCCULIS, SAXATILIS et PRAIRIE FLEURIE : Mélange de 4 à 6 espèces. Dosage : de 100 à 200 g/m².	Sacs de 1 et 10 kg	1	10
GODETS	Godets SUCCULIS – SAXATILIS dont ENDEMIS : Godets de sedums et de vivaces alpines cultivés en plein champ.	plateaux de 54 unités	1	10
	Godets LAVANDULIS dont ENDEMIS : Godets de plantes (graminées, vivaces et ligneux) cultivés en plein champ.	plateaux de 54 unités	2	20
PRODUITS PRECULTIVES		Conditionnement	Poids à SEC (kg/m²)	Poids à CME incl. végétaux (kg/m²)
NATTES SUCCULIS	Nattes précultivées avec 4 à 8 variétés de sedums, épaisseur : 2-3 cm. Nattes de 2 m² à 4 m².	Palettes de 40 m²	2	20,5 incl. végétaux
NATTES SAXATILIS	Nattes précultivées avec 10 à 15 espèces de sedums et vivaces adaptées, épaisseur : 3-5 cm. Nattes de 2 m² à 4 m².	Palettes de 40 m²	2	20,5 incl. végétaux
NATTES PRAIRIE FLEURIE	Nattes précultivées avec 10 à 20 espèces de sedums et vivaces adaptées, épaisseur : 2-3 cm. Nattes de 2 m² à 4 m².	Palettes de 40 m²	2	20,5 incl. végétaux
ECOVEGETAL GREEN TAPIS	Rouleaux de gazon précultivés, largeurs : 0,40 m, longueurs : 2,25 m ou 2,50 m, épaisseur 2 cm	Palette de 54 à 60 m²	2	20 incl. végétaux
ECOSEDUM PACK	Bac précultivé de 40 cm x 60 m, épaisseur : 6,5 cm. 14 variétés de sedums	Palette de 16,8 m²	36,0	78,1 incl. végétaux
ECOSEDUM PACK LIGHT	Bac précultivé de 40 cm x 60 m, épaisseur : 6,5 cm. 5 variétés de sedums, substrat allégé	Palette de 16,8 m²	22,9	52,1 incl. végétaux
ECOSEDUM PACK BIODIVERSITE	Bac précultivé de 40 cm x 60 m, épaisseur : 6,5 cm. 5 variétés de sedums et 40 vivaces pour 10 m²	Palette de 16,8 m²	39,9	81,3 incl. végétaux
SUBSTRATS		Conditionnement	Poids à SEC (kg/m²)	Poids à CME (kg/m²)
Selon les directives FLL pour la végétalisation extensive et semi-intensive des toitures				
SAXALIS 1.1	Substrat des systèmes SAXATILIS et LAVANDULIS – Densité moyenne ~ 0,8	Vrac – Sac 30l Big bag – (*) Soufflage	8,2 x épaisseur	10,8 x épaisseur
SAXALIS 1.4	Substrat système SAXATILIS et LAVANDULIS – Densité moyenne ~ 1,0		9,0 x épaisseur	11,7 x épaisseur
SAXALIS 1.1 FORTES PENTES	Substrat système SAXATILIS et LAVANDULIS – Densité moyenne ~ 0,8		4,5 x épaisseur	10,1 x épaisseur
JARDILIGHT GREEN 1.6	Substrat système GREEN – Densité moyenne ~ 0,9s		11,1 x épaisseur	15,8 x épaisseur
NATTES ABSORBANTES ET DE PROTECTION ET FILTRES		Conditionnement	Poids à SEC (kg/m²)	Poids à CME (kg/m²)
AP32	Natte absorbante de protection et de filtration imputrescible, en fibres synthétiques imputrescibles et recyclées ; épaisseur 4,5 mm. Rétention en eau : 4 l/m², résistance au poinçonnement : 1740 N selon EN ISO 12236	Rouleau de 100 m²	0,4	4,4
AP64	Natte absorbante de protection et de filtration imputrescible, en fibres synthétiques imputrescibles et recyclées ; épaisseur 8,87 mm. Rétention en eau : 9 l/m², résistance au poinçonnement : 2630 N selon EN ISO 12236	Rouleau de 50 m²	0,7	9,7
AP50	Natte de protection du revêtement d'étanchéité en fibres synthétiques PES recyclées imputrescibles ; épaisseur 9 mm. Rétention en eau 7,9 l/m², résistance au poinçonnement : 4960 N selon EN ISO 12236. Utilisée uniquement comme protection contre le poinçonnement au niveau du dispositif anti-gravitaire.	Rouleau de 50 m²	1,4	9,3
STEX	Filtre en polypropylène non tissé, perméabilité normale de 100 L/m².s, résistance à la traction de 6 kN/m, résistance au poinçonnement statique 1100 N, ouverture de filtration : 90 µm	Rouleaux de 25, 100 ou 200 m²	0,1	0,1

COUCHE DE STABILISATION DE SUBSTRAT ET ANTI-EROSION		Conditionnement	Poids à SEC (kg/m²)	Poids à CME (kg/m²)
ECORASTER E40	Elément stabilisant alvéolaire en PEBD (polyéthylène basse densité) 100%, système d'attache tenon/mortaise sécurisé et breveté (brevet n° 0576939), dimensions 33 cm x 33 cm, hauteur 4 cm ; Capacité de charge vide 150 tonnes/m² ; Capacité de charge plein 800 t/m², Dilatation 0.5 % (conditions normales de T° +20° à 80° C), taille de la maille 5 x 5 cm.	Plaque de 1,33 m²	5,22	5,22
ECORASTER E50	Elément stabilisant alvéolaire en PEBD (polyéthylène basse densité) 100%, système d'attache tenon/mortaise sécurisé et breveté (brevet n° 0576939), dimensions 33 cm x 33 cm, hauteur 5 cm ; Capacité de charge à vide 350 tonnes/m² ; Capacité de charge plein 800 t/m², Dilatation 0.5 % (conditions normales de T° +20° à 80° C), taille de la maille 5 x 5 cm.	Plaque de 1,33 m²	8,79	8,79
ECORASTER S50	Elément stabilisant alvéolaire en PEBD (polyéthylène basse densité) 100% recyclé, système d'attache tenon/mortaise sécurisé et breveté (brevet n° 0576939), dimensions 33 cm x 33 cm, hauteur 5 cm ; Capacité de charge 150 tonnes/m², Dilatation 0.5 % (conditions normales de T° +20° à 80° C), taille de la maille 5 x 5 cm.	Plaque de 1,33 m²	6,84	6,84
ECOGREEN® (GEORASTER)	Elément stabilisant, avec membrure centrale porteuse, pour la reprise des charges gravitaires, PEHD recyclé à 80%, hauteur 100 mm, longueur x largeur 540 x 540 mm, diagonale : 62,5 cm (2,56 éléments posés par m²), force de compression 5 kN/pièce, connections T-plug des éléments entre eux.	Palette de 96 éléments	4,6	4,6
DK10	Elément de drainage avec filtre intégré servant d'anti-poinçonnement des étanchéités contre les traverses antigravitaires. Ouverture de filtration env 140 µm, hauteur : 10 mm ; résistance à la compression en charge permanente : env 100 kN/m².	Rouleau de 30 m²	0,71	0,71
DK20	Elément de drainage en PEHD avec filtre intégré, hauteur 20 mm. Résistance à la compression selon norme EN 25619-2 : 200 kN/m². Rétention en eau de 7 L/m²	Rouleau de 20 m²	0,95	7,95
FS40	Elément de drainage en polystyrène expansé, hauteur 40 mm. Résistance à la compression : 35 kN/m². Rétention en eau de 2,5 L/m²	Palette de 72 m²	0,6	3,1
FS50	Elément de drainage en polystyrène expansé, hauteur 50 mm. Résistance à la compression : 25 kN/m². Rétention en eau de 3 L/m²	Palette de 56 m²	0,6	3,6
Toile anti érosion : Filet 400	Protection anti-érosion en fibres de coco : Natte à grosses mailles, 100% biologique ; placée pour végétaliser des toitures en pente > 25% par plantation <i>in situ</i> , ininflammable, poids : env. 400 g/m², maillage : env. 4 cm x 4 cm.	Rouleau de 100 m²	0,4	0,4
ELEMENTS DES SYSTEMES D'IRRIGATION		Conditionnement	Poids à SEC (kg/m²)	Poids à CME (kg/m²)
AQUANAT	Natte d'irrigation faite de molleton synthétique non tissé comportant des tuyaux goutte à goutte spéciaux et incorporés. L'AQUANAT utilise le molleton pour diffuser efficacement l'eau.	Rouleau de 80 m²	0,354	4,35
GOUTTE A GOUTTE 16 mm	Tuyau 16.1 mm (extérieur) avec gouteurs intégrés, très flexible et résistant aux pincements. Espace entre les gouteurs : de 330 à 500 mm.	Couronnes de 100 ml	/	/
ASPERSION	Tuyaux de 32 mm à 20 mm (extérieur) selon projet, tuyères adaptées type Uni Spray et buses type MP rotator ou équivalent permet de réaliser d'importantes économies d'eau via un débit réduit ce qui permet à l'eau de s'infiltrer lentement dans le substrat. La hauteur des tuyères doit être choisie en fonction du projet.	/	/	/

19. LISTE DES JUSTIFICATIFS

Intitulé	Auteur	Référence	Date	Nombre de pages
Rapport d'essai de caractérisation du substrat SAXALIS 1.1 FP (Forte Pente)	ECOVEGETAL	210111	11/01/2021	1 p.
Rapport d'essai de caractérisation du substrat JARDILIGHT GREEN 1.6	ECOVEGETAL	220316	15/03/2022	1 p.
Rapport d'essai de caractérisation de l'ECOSDUM PACK	ECOVEGETAL	220523	23/05/2022	1 p.
Rapport d'essai de caractérisation de l'ECOSDUM PACK LIGHT	ECOVEGETAL	220609	09/06/2022	1 p.
Rapport d'essai de caractérisation de l'ECOSDUM PACK BIODIVERSITE	ECOVEGETAL	220920	20/09/2022	1 p.
Rapport d'analyses R/22/23408B sur la résistance à la traction (EN ISO 10319), la résistance au poinçonnement (EN ISO 12236) et le point de fusion (EN ISO 11357-3) pour AP 50, AP 32 et AP 64	ANALYTICE	R/22/23408B	05/05/2022	5 p.
Rapport de classement de réaction au feu n°19716C pour SAXALIS 1.1	WARRINGTON FIRE	19716C	22/1/2019	6 p.
Rapport de classement pour les toitures / couvertures exposées au feu extérieur n° 22031B pour les systèmes SUCCULIS et SAXATILIS	WARRINGTON FIRE	22031B	02/11/2022	5 p.
Rapport de classement pour les toitures / couvertures exposées au feu extérieur n° 22031D pour ECOSDUM PACK	WARRINGTON FIRE	22031D	02/11/2022	4 p.
Rapport d'analyse du substrat de toiture végétalisée N° 93691888 pour SAXALIS 1.1	AUREA AGROSCIENCES	93691888	22/03/2023	1 p.
Rapport d'analyse du substrat de toiture végétalisée N° 93691889 pour SAXALIS 1.4	AUREA AGROSCIENCES	93691889	22/03/2023	1 p.
Rapport d'essai N°240416c de caractérisation des nattes précultivées	ECOVEGETAL	240416c	16/04/2024	1 p.
Rapport d'essai N°240617a de détermination des courbes granulométriques du substrat SAXALIS 1,1	ECOVEGETAL	240617a	17/06/2024	1 p.
Rapport d'essai N°240617b de détermination des courbes granulométriques du substrat SAXALIS 1,4	ECOVEGETAL	240617b	17/06/2024	1 p.
Rapport d'essai N°230425a de détermination des courbes granulométriques du substrat SAXALIS 1,1 FP (Forte pente)	ECOVEGETAL	230425a	25/04/2023	1 p.
Rapport d'essai N°230425b de détermination des courbes granulométriques du substrat JARDILIGHT GREEN 1.6	ECOVEGETAL	230425b	25/04/2023	1 p.
Rapport d'essai N°20210503a de caractérisation de la natte AP32	ECOVEGETAL	20210503a	03/05/2021	1 p.

Rapport d'essai N°20210503b de caractérisation de la natte AP64	ECOVEGETAL	20210503b	03/05/2021	1 p.
Rapport d'essai N°220601 de caractérisation de la natte AP50	ECOVEGETAL	220601	01/06/2022	1 p.
Rapport d'essai N°20210923 de caractérisation de l'ECOVEGETAL GREEN TAPIS	ECOVEGETAL	20210923	23/09/2021	1 p.

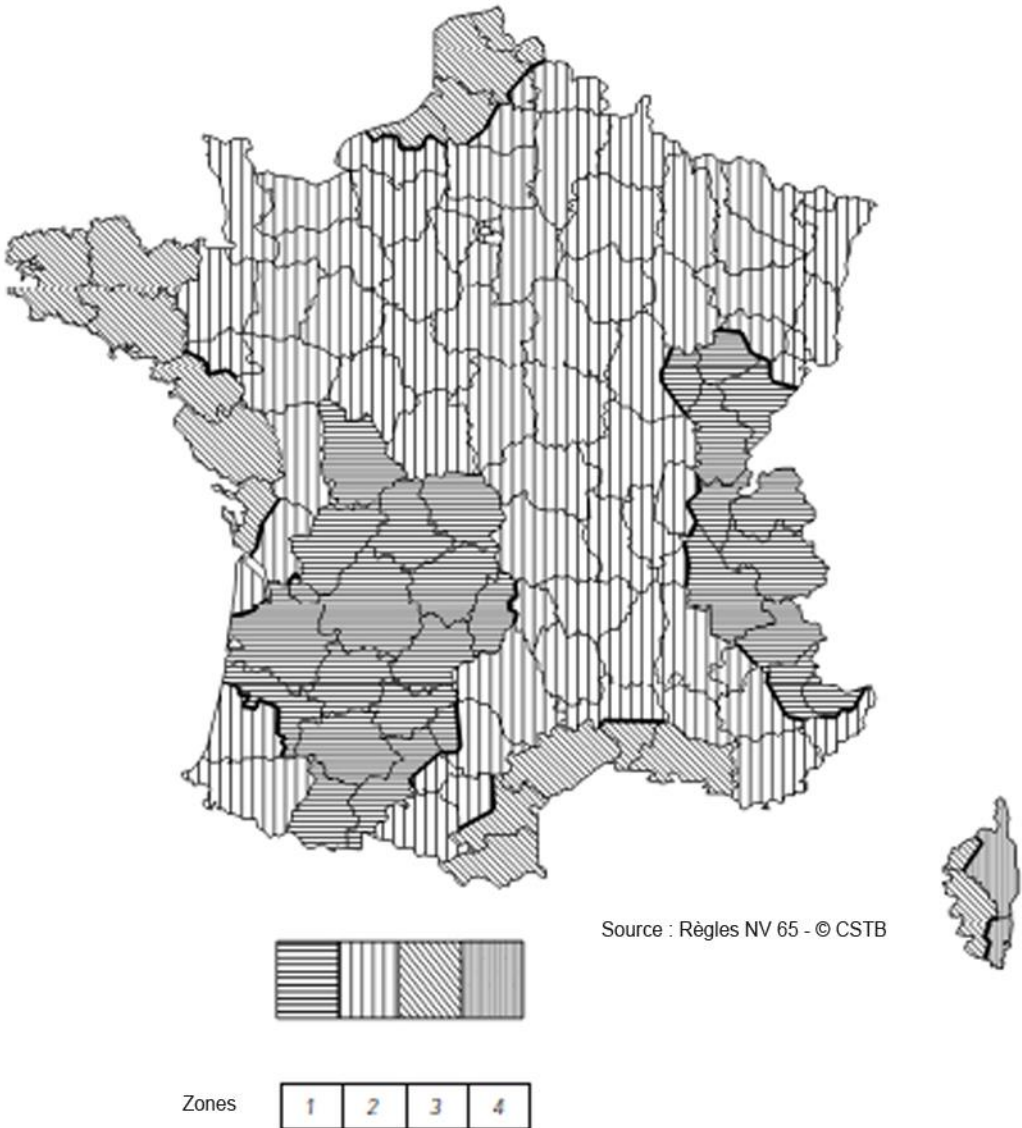
ANNEXE A : CARTE DES VENTS : 4 ZONES DE VENT EN FRANCE METROPOLITAINE (Z1, Z2, Z3, Z4)

3 TYPES DE SITE (PROTEGE, NORMAL, EXPOSE)
SOURCE : REGLES NV65 – © CSTB – FEVRIER 2009

Elles varient avec les zones et à une altitude ≤ 1 000 m .

	Pression dynamique de base normale (daN/m²)	Pression dynamique de base extrême (daN/m²)
Zone 1	50	87,5
Zone 2	60	105,0
Zone 3	75	131,0
Zone 4	90	157,5
Zone 5	120	210,0

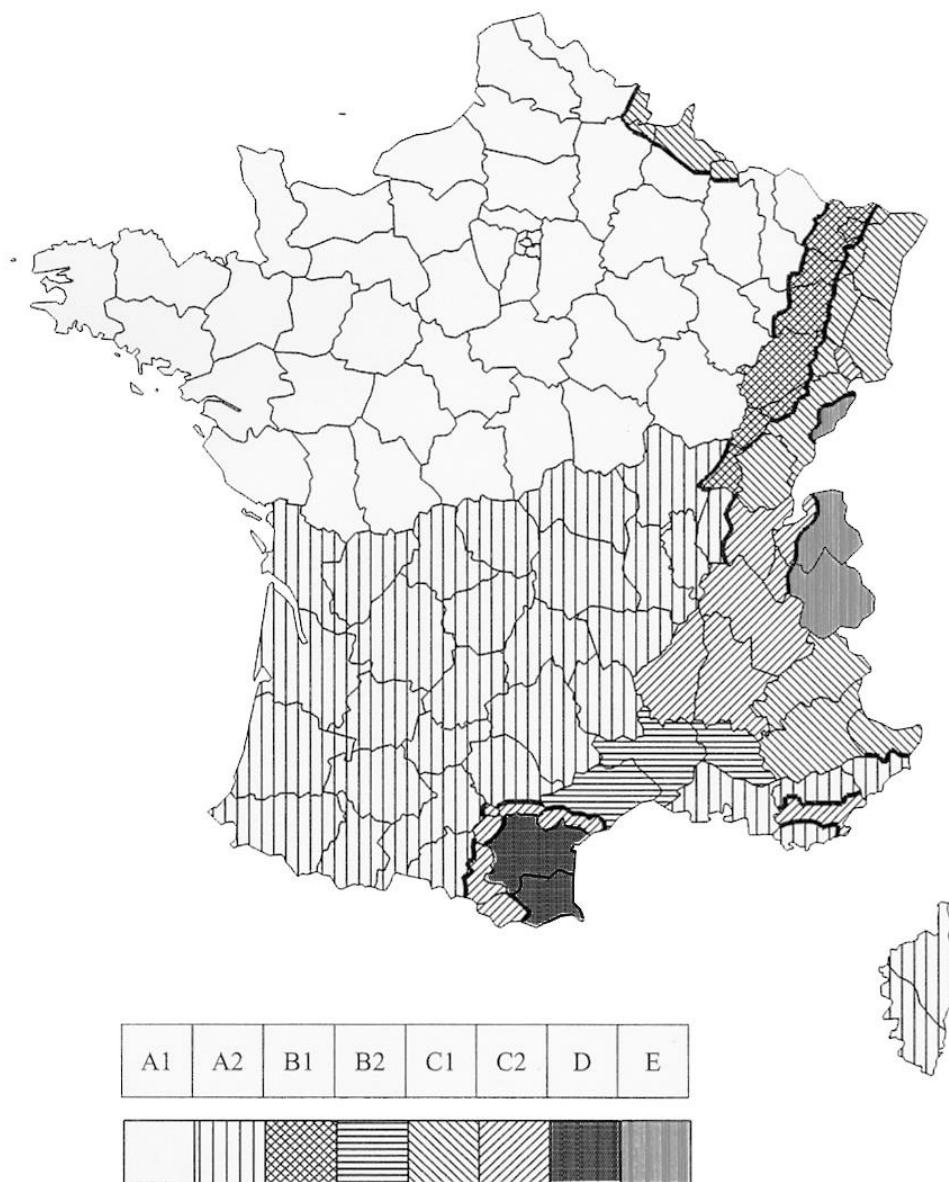
Commentaire : Valeur des vitesses du vent correspondant à celles des pressions dynamiques pour les différentes zones.				
	Valeurs normales		Valeurs extrêmes	
	m/s	km/h	m/s	km/h
Zone 1	28,6	103,0	37,8	136,1
Zone 2	31,3	112,7	41,4	149,1
Zone 3	35,0	126,0	46,3	166,6
Zone 4	38,3	137,9	50,7	182,5
Zone 5	44,2	159,2	58,5	210,6



ANNEXE B : CARTE DES REGIONS DE CHARGES DE NEIGE

SOURCE : REGLES NV84 – © CSTB – FEVRIER 2009

CHARGES VERTICALES	REGIONS (jusqu'à 200 m d'altitude)							
	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D	E
Charge normale P_{no}	35	35	45	45	55	55	80	115
Charge extrême P'_{no}	60	60	75	75	90	90	130	190
Charge accidentelle	-	80	80	108	-	108	144	-



Source : Règles N84 - © CSTB

ANNEXE C : FICHE D'INFORMATION

(A remplir pour toute demande d'étude de projet)

A. RENSEIGNEMENTS CONCERNANT LE PROJET DE VEGETALISATION EN PENTE

Nom : Fonction : ☐ Architecte ☐ Maître d'œuvre
Prénom : ☐ Maître d'ouvrage ☐ Etancheur
☐ Paysagiste ☐ Autre :
Société :
Adresse : Code Postal : Ville :
Téléphone : Fax :
E-mail :

Projet :

Nature du bâtiment :
Localisation : Code postal : Ville :
Date des travaux : Période de réalisation :

Surface approximative (m²) :

B. ELEMENTS CONCERNANT LA TOITURE

- Neuf ☐ ou Réfection ☐ : si réfection, description de l'ancien revêtement
.....
- Type d'élément porteur :
- Hauteur approximative de la toiture : m
- Longueur des rampants : m
- Emergences : ☐ lanternes ☐ autres :
- Type de toiture : ☐ pente unique ☐ double pente ☐ toiture cintrée ☐ pentes variables
- Exposition des versants : ☐ Nord ☐ Sud ☐ Est ☐ Ouest
☐ N-E ☐ S-E ☐ N-O ☐ S-O
- Pentes : ☐ Toit 1 ☐ Toit 2 ☐ Toit 3 ☐ Toit 4 ☐ Toit 5 ☐ Pentes variables (toiture courbe)
préciser.....
- Fournir si possible plans et coupes
- Charges admissibles par élément porteur pour le système de végétalisation : kg/m²
- Dispositifs antigravitaires :
☐ Crochet TSH90
☐ Traverses antigravitaires
☐ Autre :

C. ENVIRONNEMENT

- Accessibilité du chantier pour un camion de 25 T : ☐ oui ☐ non
- Type de bâtiment : ☐ Bâtiment isolé ☐ Bâtiment dominé par une ou plusieurs façades

D. ARROSAGE ☐ oui ☐ non

- Type prévu ☐ par aspersion ☐ Goutte à Goutte

E. DESCRIPTIF DU PROJET

- Souhaitez-vous obtenir : ☐ Un rendez-vous avec un ingénieur commercial
☐ Autre :

F. COMMENTAIRES

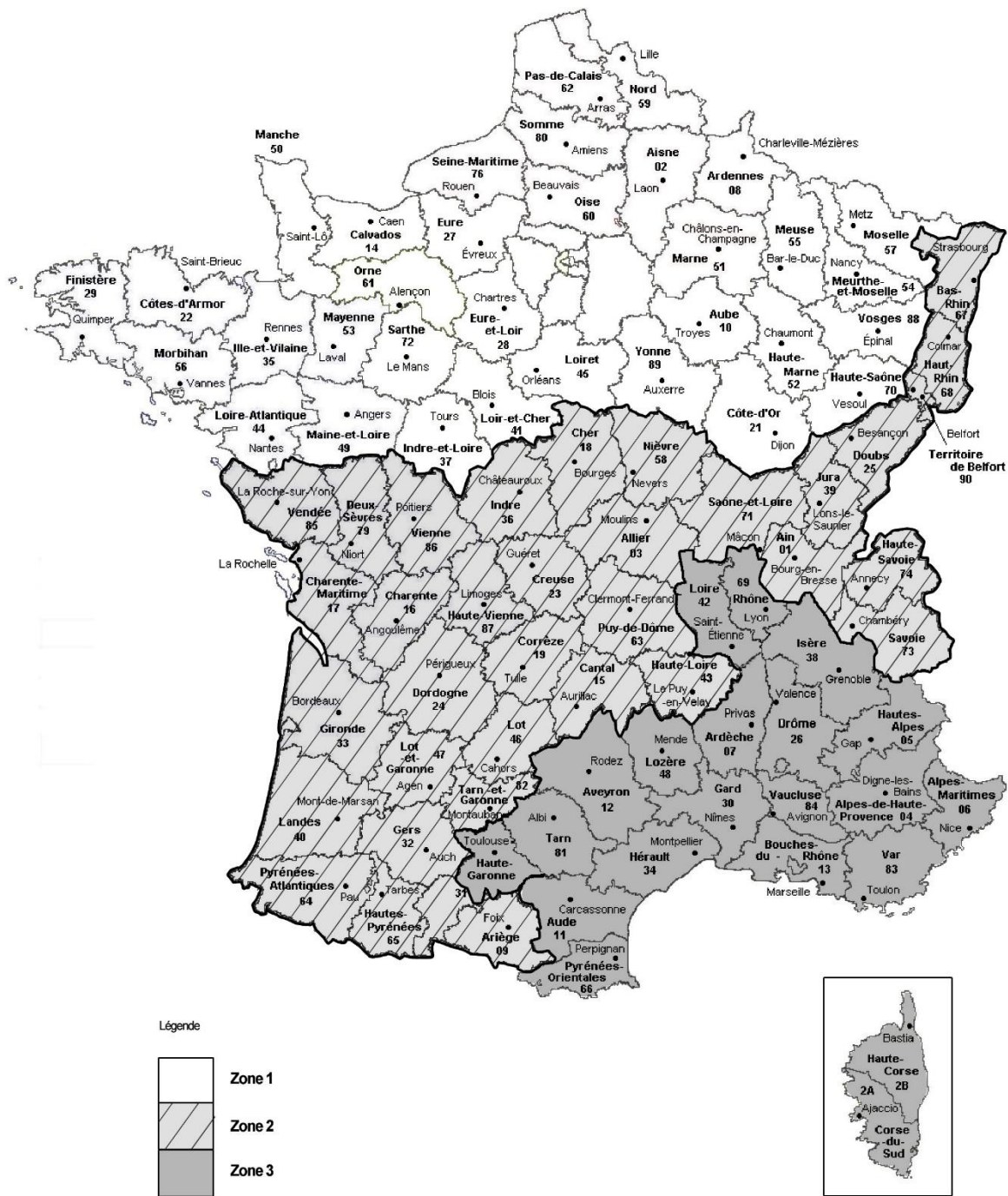
**ANNEXE D : EXEMPLE DE CALCULS DE CHARGE PERMANENTE A SEC DE LA VEGETALISATION
EXTENSIVE ET SEMI-INTENSIVE**

Procédé	Constituants	Désignation	Charge permanente en kg/m² A SEC du système de végétalisation ⁽¹⁾	
			Végétalisation extensive (exemple : SUCCULIS)	Végétalisation semi-intensive (exemple : GREEN)
Système isolation-étanchéité	Pare-vapeur Isolant thermique Revêtement d'étanchéité résistant aux racines	Selon fournisseur	Selon fournisseur	Selon fournisseur
Système de végétalisation	Couche absorbante et de protection	AP64	0,7	---
	Eléments de retenue de substrat et de drainage	ECORASTER E40	5,2	---
		ECORASTER S50	6,8	---
		ECOGREEN®(GEORASTER) (double ou triple couches)	---	9,2 13,8
	Substrat	Substrat SAXALIS 1.1 (5 cm ≤ ép ≤ 12 cm)	41 98	---
		Substrat JARDILIGHT GREEN 1.6 (20 cm ≤ ép ≤ 30 cm)	---	222 333
	Végétation	Liste espèces SUCCULIS y compris ENDEMIS (BREEAM, Biodiversity)	1	---
		Liste espèces SAXATILIS	1	---
		Végétaux GREEN	---	2
	Bac précultivé (incl. végétaux)	ECOSEDUM PACK, ECOSEDUM PACKLIGHT, ECOSEDUM PACK BIODIVERSITE	37 23,9 40,9	---
exemple 1 : système de végétalisation : AP64 (0,7 kg/m²), ECORASTER S50 (6,8 kg/m²), substrat SAXALIS 1.1 - 6 cm (49,2 kg/m²), liste sp. SUCCULIS (1 kg/m²)		TOTAL charges à sec exemple 1 (sans charge de sécurité)	57,7	---
exemple 2 : système de végétalisation: AP 64 (0,7 kg/m²), ECOGREEN®(GEORASTER) double couche (9,2 kg/m²), substrat JARDILIGHT GREEN 1.6 20 cm (222 kg/m²); Végétaux GREEN (2 kg/m²)		TOTAL charges à sec exemple 2 (sans charge de sécurité)	---	233,9
exemple 3 : bac précultivé ECOSEDUM PACK LIGHT		TOTAL charges à sec exemple 3 (sans charge de sécurité)	23,9	---
Dépression maximale admissible au vent extrême en Pa pour végétalisation hors bacs précultivés (selon tableau 1, RP 2018)			3927	3927
Hauteur maximale de bâtiment envisageable ⁽²⁾	exemple 1 : zone de vent 3, site exposé, bâtiment fermé (3938 Pa compte tenu des incertitudes de calcul)		10 m	10 m
	exemple 2 : zone de vent 2 site exposé, bâtiment fermé		15 m	15 m
Dépression maximale admissible au vent extrême en Pa pour végétalisation par bacs précultivés (selon tableau 1, RP 2018)			2761	2761
Hauteur maximale de bâtiment envisageable ⁽²⁾	exemple 3 : zone de vent 1, site exposé, bâtiment fermé (2834 Pa compte tenu des incertitudes de calcul)		10 m	10 m
Remarque : Selon les systèmes de végétalisation retenus et le type de végétaux choisis, les charges permanentes sont différentes				
⁽¹⁾ Les valeurs ci-dessous sont susceptibles d'être modifiées ; dans tous les cas prendre contact avec ECOVEGETAL.				
⁽²⁾ Selon Cahier CSTB 3563, annexe 2.				

**ANNEXE E : EXEMPLE DE CALCULS DE CHARGE PERMANENTE A CME DE LA VEGETALISATION
EXTENSIVE ET SEMI-INTENSIVE**

Procédé	Constituants	Désignation	Charge permanente en kg/m² A CME du système de végétalisation ⁽¹⁾		
			Végétalisation extensive (exemple : SUCCULIS/ SAXATILIS)	Végétalisation semi-intensive (exemple : GREEN)	
Système isolation-étanchéité	Pare-vapeur Isolant thermique Revêtement d'étanchéité résistant aux racines	Selon fournisseur	Selon fournisseur	Selon fournisseur	
	Couche absorbante et de protection	AP64	9,7	---	
	Eléments de retenue de substrat et de drainage	ECORASTER E40	5,2	---	
ECORASTER S50		6,8	---		
ECOGREEN®(GEORASTER) (double ou triple couches)		---	9,2 13,8		
Système de végétalisation	Substrat	Substrat SAXALIS 1.1 (5 cm ≤ ép ≤ 12 cm)	53,9 129	---	
		Substrat SAXALIS 1.1 (20 cm ≤ ép ≤ 30 cm)	---	215,4 323,1	
		Substrat JARDILIGHT GREEN 1.6 (20 cm ≤ ép ≤ 30 cm)	---	316 474	
	Végétation	Liste espèces SUCCULIS y compris ENDEMIS (BREEAM, Biodiversity)	10	---	
		Liste espèces SAXATILIS	10	---	
		Végétaux GREEN	---	20	
	Bac précultivé	ECOSEDUM PACK, ECOSEDUM PACK LIGHT, ECOSEDUM PACK BIODIVERSITE	78,1 52,1 81,3	---	
	Charge Forfaitaire	Sur tout support	15 kg/m²		
	Remarque : Selon les systèmes de végétalisation retenus et le type de végétaux choisis, les charges permanentes sont différentes				
⁽¹⁾ Les valeurs ci-dessous sont susceptibles d’être modifiées ; dans tous les cas prendre contact avec ECOVEGETAL.					

ANNEXE F : CARTE DES ZONES DE PLUVIOMETRIE



ANNEXE G : EXEMPLE DE NOTE DE CALCUL INDIQUANT LES FORCES GRAVITAIRES ET L'ESPACEMENT ENTRE CROCHETS



Fait à Broué, le X XXXXX 20XX

Objet : Projet XXXXXX Note de calcul sur les forces gravitaires appliquées

Madame, Monsieur,

Dans le cadre de votre projet de végétalisation de toiture en forte pente (115%), veuillez trouver ci-dessous notre note de calcul sur les forces gravitaires appliquées en bas de pente sur les crochets TSH 90 et l'espacement entre les crochets.

Le système végétalisé envisagé est composé de :

- Crochets TSH 90
- Profils de rive TRP 130
- Natte absorbante AP64
- ECOGREEN
- Substrat SAXALIS 1.1 Forte Pente d'une épaisseur tassée de 10 cm
- Tapis précultivés SAXATILIS

Les charges gravitaires appliquées en bas de pente sur le rampant de 4 ml sont données dans le tableau suivant.



Outil de calcul Force Gravitaire

Couches du système	Produit	Epaisseur de substrat tassée (cm)	Poids du système à CME (kg/m ²)
longueur de rampant (ml)	4		
pente ² (degrés ff)	48,99		
sinus α	0,75		
Natte absorbante	AP 64		9,752
Drain	-		0
Substrat	saxalis 1,1 FP	10	101,0
Végétaux	NATTES PRECULTIVEES		20,5
Element de retenue	ECOGREEN/GEORASTER		4,61
Element de retenue	-		0
Element de retenue	-		0
TOTAL système TV			135,9
charge neige extrême selon region	C2		91,8
charge de sécurité			15,0
TOTAL charges			242,6

Force gravitaire appliquée (kg/ml)

732,36

La force gravitaire appliquée est de 732 kg/ml sur le rampant de 4 ml. Il faut donc un espacement de 40 cm entre les crochets TSH 90 pour la retenue en bas de pente.

ANNEXE H : REFERENCES TOITURES EN PENTE ECOVEGETAL

Dans le cadre du renouvellement du présent Cahier des Charges, plus de 50 000 m² ont été réalisés pour les pentes de 20 à 200%. Une liste de références significatives a été fournie.

ANNEXE I : TABLEAU DE CORRESPONDANCE % DE PENTE, DEGRES, SINUS, COSINUS

Pour un angle compris entre deux valeurs, prendre le sinus de l'angle supérieur ou le cosinus de l'angle inférieur

Pente en %	Angle α en degré	Sinus α	Cosinus α
0	0	0	1
5	2,86	0,0499	0,9987
8,75	5	0,0872	0,99503
10	5,71	0,0995	0,995
15	8,53	0,1483	0,9889
15,84	10	0,1736	0,9848
20	11,31	0,1952	0,9807
25	14,04	0,2426	0,9701
26,8	15	0,2588	0,9659
30	16,7	0,2874	0,9578
35	19,29	0,3303	0,9438
36,4	20	0,342	0,9396
40	21,8	0,3714	0,9284
45	24,23	0,4081	0,9129
46,636	25	0,4226	0,9063
50	26,57	0,4473	0,8943
55	28,81	0,4819	0,8762
57,74	30	0,5	0,866
60	30,96	0,5144	0,8575
65	33,02	0,5449	0,8384
70	34,99	0,5734	0,8192
70,02	35	0,5736	0,8191
75	36,87	0,5999	0,8
80	38,66	0,6247	0,7808
83,91	40	0,6428	0,766
40	40,36	0,6476	0,762
90	41,99	0,6699	0,7432
95	43,53	0,6887	0,725
100	45	0,7071	0,7071

Pente en %	Angle α en degré	Sinus α	Cosinus α
100	45	0,7071	0,7071
105	46,4	0,7241	0,6896
110	47,73	0,7399	0,6726
115	48,99	0,7546	0,6561
119	50	0,766	0,64578
120	50,19	0,7681	0,6402
125	51,34	0,7808	0,6247
130	52,43	0,7926	0,6097
135	53,47	0,8035	0,5952
140	54,46	0,8137	0,58131
142,8	55	0,8192	0,5735
145	55,41	0,8232	0,5677
150	56,31	0,832	0,5547
155	57,17	0,8403	0,5422
160	57,99	0,8479	0,5301
165	58,78	0,8551	0,5184
170	59,53	0,8619	0,5071
173,2	60	0,866	0,5
175	60,26	0,8683	0,4961
180	60,95	0,8742	0,4856
185	61,61	0,8779	0,4755
190	62,24	0,8849	0,4658
195	62,81	0,8895	0,4569
200	63,43	0,8944	0,4473

ANNEXE J : FICHE D'AUTOCONTROLE CHANTIER



PROCES VERBAL D'AUTOCONTROLE

INSTALLATION VEGETALISATION DE TOITURE ET/OU IRRIGATION

INFORMATIONS	
Projet :	N° Affaire : Date :
Adresse du chantier :	
Vérificateur :	Client :
Société :	Système mis en œuvre :
	Pente de la toiture :

	Ses dépt	Conforme	Non conforme	Remarques
CHIFFRAGE				
respect CCTP				
COMMANDE- documents administratifs				
vérification contrat sous traitance				
vérification DCA/DC1/DC2/DCS				
vérification PPSPS				
vérification demande d'agrément				
INTERVENTION				
début mise en œuvre :				
vérification étanchéité				
vérification zone stérile				
Vérification drainage				
vérification filtres				
vérification épaisseur substrat				
vérification godets				
vérification densité de plantation				
vérification semis				
vérification densité de semis				
vérification précultivé				
vérification pourcentage de recouvrement				
Pour les pentes ≥ 20 % :				
vérification entraxe entre crochets selon note de calcul				
vérification entraxe entre chevrons selon note de calcul				
vérification joint d'étanchéité et bande de pontage pour chaque crochet				
chevron en bois de hauteur ≥ 10 mm par rapport au niveau fini du substrat				
fin mise en œuvre :				
vérification présence point d'eau				
vérification arrosage après installation				
vérification nettoyage chantier				
vérification respect de la végétalisation réalisée				

BILAN AUTOCONTROLE	
Etat de l'installation	☐ conforme ☐ non conforme
Observations et réserves :	
Signature et cachet entreprise	
Fait à :	
Le :	