

ASSOCIATION POUR LE DEVELOPPEMENT ET L'INNOVATION EN
VEGETALISATION EXTENSIVE DE TOITURE

CHAMBRE SYNDICALE FRANÇAISE DE L'ETANCHEITE

SYNDICAT NATIONAL DU PROFILAGE DES PRODUITS PLATS EN ACIER

UNION NATIONALE DES ENTREPRENEURS DU PAYSAGE



Règles Professionnelles

pour la conception
et la réalisation
des terrasses
et toitures végétalisées

édition n°2
novembre 2007



Règles Professionnelles

pour la conception
et la réalisation
des terrasses
et toitures végétalisées

édition n°2
novembre 2007



ADIVET
Association pour le Développement
et l'Innovation en
Végétalisation Extensive de Toiture
85 rue Gabriel Péri
92190 MONTROUGE



CSFE
Chambre Syndicale Française
de l'Etanchéité
6-14 rue La Pérouse
75784 PARIS CEDEX 16
Tél : 01 56 62 13 20
Fax : 01 56 62 13 21



SNPPA
Syndicat National
du Profilage
des Produits Plats en Acier
6-14 rue La Pérouse
75784 PARIS CEDEX 16



UNEP
Union nationale
des Entrepreneurs du Paysage
10, rue Saint-Marc
75002 PARIS

COMMISSION DE REDACTION

Président :

M. de BRAY (CSFE)

Secrétaire :

M. DRIAT (CSFE)

Membres :

M. ALBERT (CSFE)

M. LOISELEUR (UNEP)

M. ALLEMAND (CSFE)

M. G. MAIGNE (CSFE)

Mme CARBONERAS (ADIVET)

M. OTERO (CSFE)

M. COUTANT (CSFE)

M. PASSINI (CSFE)

M. DEAN (CSFE – ADIVET)

Mme PEYRE (CSFE)

M. FEVRIER (CSFE)

M. SARDOU (CSFE)

M. GEORGEL (ADIVET)

M. VERMANDEL (CSFE – ADIVET)

M. HOUSSIN (CSFE – ADIVET)

Mme VITSE (CSFE)

M. IZABEL (SNPPA)

M. ZEMMOUR (CSFE)

M. LAME (ADIVET)

M. ZOCCOLI (CSFE)

M. LASSALLE (CSFE – ADIVET)

Mme Virginie MERLIN (CETEN APAVE INTERNATIONAL), MM Jean-Claude BURDLOFF (SOCOTEC), Antoine DEMARQUE (CSTB) et François MICHEL (BUREAU VERITAS) ont fait bénéficier la Commission de Rédaction de leur expérience professionnelle et de leur compétence technique par une relecture critique de ce document. Qu'ils en soient vivement remerciés.

AVERTISSEMENT

Des croquis sont joints au présent document pour aider à la compréhension du texte. Ils constituent, sauf ceux qui comportent des restrictions absolues, des exemples indicatifs et non limitatifs de réalisation des ouvrages auxquels ils se rapportent.

SOMMAIRE

1	Préambule	5
2	Objet	5
2.1	<i>GENERALITES</i>	6
2.2	<i>DESCRIPTION</i>	7
3	Domaine d'emploi et destination	7
4	Eléments porteurs et charges à prendre en compte	8
5	Documents de référence	8
6	Vocabulaire - Terminologie	9
6.1	<i>GENERALITES</i>	9
6.2	<i>TOITURE (DITE) VERTE</i>	9
6.3	<i>TOITURE-TERRASSE JARDIN</i>	9
6.4	<i>VEGETALISATION INTENSIVE</i>	9
6.5	<i>TERRASSE ET TOITURE VEGETALISEES</i>	9
6.6	<i>VEGETALISATION SEMI-INTENSIVE</i>	9
6.7	<i>VEGETALISATION EXTENSIVE</i>	9
6.8	<i>TABLEAU COMPARATIF DES TOITURES (DITES) VERTES SELON LE TYPE DE VEGETATION</i>	10
6.9	<i>SUBSTRAT</i>	10
6.10	<i>DRAINAGE</i>	10
6.11	<i>RETENTION MAXIMALE EN EAU A CME</i>	11
6.12	<i>POIDS A SEC ET A CAPACITE MAXIMALE EN EAU</i>	11
6.13	<i>COMPLEXE DE CULTURE</i>	11
6.14	<i>CONFIGURATIONS DES SYSTEMES DE VEGETALISATION</i>	12
6.15	<i>ZONE STERILE</i>	12
6.16	<i>ECOSYSTEME</i>	12
6.17	<i>RESISTANCE A LA PENETRATION DES RACINES</i>	12
6.18	<i>TABLEAU DES PENTES ADMISSIBLES PAR RAPPORT A L'ELEMENT PORTEUR ET AU TYPE DE REVETEMENT D'ETANCHEITE</i>	13
6.19	<i>PARACHEVEMENT</i>	13
6.20	<i>RECEPTION DE L'OUVRAGE</i>	13
6.21	<i>CONFORTEMENT</i>	13
6.22	<i>ENTRETIEN COURANT</i>	13
7	Constitution de l'élément porteur et du complexe isolation-étanchéité	14
7.1	<i>ELEMENT PORTEUR</i>	14
7.2	<i>COMPLEXE ISOLATION-ETANCHEITE</i>	14

8	Constitution du complexe de végétalisation	15
8.1	<i>GENERALITES</i>	15
8.2	<i>COUCHE DRAINANTE</i>	15
8.3	<i>COUCHE FILTRANTE</i>	15
8.4	<i>COUCHE DE CULTURE (SUBSTRAT)</i>	16
8.5	<i>COUCHE VEGETALE</i>	17
9	Ouvrages particuliers	19
9.1	<i>DISPOSITIONS A RESPECTER SUR L'IMPLANTATION DES EMERGENCES</i>	19
9.2	<i>ZONE DITE STERILE (FIGURES 1 ET 2)</i>	19
9.3	<i>DISPOSITIF DE SEPARATION (FIGURES 2, 4 ET 5)</i>	23
9.4	<i>RELEVES (FIGURES 2, 6 ET 7)</i>	24
9.5	<i>OUVRAGES ANNEXES ISOLES</i>	25
9.6	<i>JOINTS DE DILATATION (FIGURES 9 ET 10)</i>	26
9.7	<i>CHEMINS DE CIRCULATION</i>	27
10	Cas des terrasses et toitures partiellement végétalisées	27
11	Organisation de chantier et réalisation des travaux	28
12	Prévention.....	28
13	Entretien	28
13.1	<i>GENERALITES</i>	28
13.2	<i>ENTRETIEN DE L'ETANCHEITE</i>	29
13.3	<i>ENTRETIEN DE LA VEGETALISATION</i>	29
	Annexe A. Aide à la conception.....	31
	Annexe B. Courbe granulométrique des substrats extensifs multicouches	32
	Annexe C. Courbe granulométrique des substrats extensifs monocouches.....	33
	Annexe D. Courbe granulométrique des substrats semi-intensifs	34
	Annexe E. Valeurs indicatives de coefficients de ruissellement et d'imperméabilisation ...	35
	Annexe F. Prescriptions techniques du contrat d'entretien.....	36

1 PREAMBULE

Les présentes Règles viennent combler le vide des textes réglementaires, normes NF DTU, Avis Techniques (ou Documents Techniques d'Application) et Cahier des Charges de l'Office des Asphalte en vigueur, en matière de complexe d'étanchéité et de végétalisation des terrasses et toitures végétalisées.

Ce document ne traite pas des caractéristiques de complexes de végétalisation qui seraient mis en œuvre sur d'autres ouvrages que ceux d'étanchéité décrits ci-après.

Les dispositions propres aux toitures-terrasses jardins, caractérisées par des épaisseurs de terre plus importantes et des charges plus élevées, sont indiquées dans le DTU 43.1 (référence NF P 84-204).

Les présentes Règles concernent les procédés de végétalisation légère des terrasses et des toitures, c'est à dire les végétalisations extensives et semi-intensives.

Le complexe de végétalisation assure la protection du système d'étanchéité.

Avertissement :

L'attention du maître d'ouvrage est attirée sur l'interdiction de modifications ultérieures de l'ouvrage conduisant notamment à une augmentation des charges et sur l'interdiction de circuler avec des engins autres que les engins légers pour l'entretien de la végétation (tondeuse, débroussailleuse, ...).

2 OBJET

Le présent document est établi conjointement par quatre organismes professionnels : ADIVET (Association pour le Développement et l'Innovation en Végétalisation Extensive de Toiture), CSFE (Chambre Syndicale Française de l'Etanchéité), SNPPA (Syndicat National du Profilage des Produits Plats en Acier) et UNEP (Union Nationale des Entrepreneurs du Paysage).

Comportant de larges références aux normes NF DTU, Avis Techniques (et Documents Techniques d'Application) et Cahier des Charges de l'Office des Asphalte, ce document leur constitue donc un complément dans la mesure où les cas de figure qu'il évoque ne sont pas traités par ces textes. Ce document s'inspirant des dispositions constructives des documents précités, a pour objet de caractériser les règles de conception et de réalisation des toitures et terrasses végétalisées à destination des maîtres d'œuvre, maîtres d'ouvrage, constructeurs et entrepreneurs.

Les présentes règles se limitent au cas des toitures de pente inférieure ou égale à 20 %.

2.1 GENERALITES

(voir tableau panoramique paragraphe 6.8)

Les procédés de végétalisation légère des terrasses et toitures permettent la mise en place d'une végétation permanente sur les ouvrages revêtus d'un complexe d'étanchéité résistant à la pénétration des racines.

Les spécificités des procédés de végétalisation légère des terrasses et toitures sont les suivantes :

Végétalisation extensive

- Complexes légers à faible épaisseur,
- Entretien après installation de la végétation, très faible à faible.

L'arrosage naturel est en général suffisant. Il peut être complété par un arrosage d'appoint en fonction des contraintes climatiques et de la période (parachèvement, confortement, entretien courant).

Voir chapitre 13.

Les systèmes de végétalisation extensive constituent un tapis végétal permanent qui s'adapte progressivement à son milieu et fonctionne de façon quasi autonome. Ce tapis végétal est obtenu par une association de plantes spécialement adaptées qui se reproduisent in situ.

Végétalisation semi-intensive

- Complexes légers d'épaisseur moyenne,
- Entretien après installation de la végétation, modéré,
- Arrosage régulier indispensable.

Les systèmes de végétalisation semi-intensive permettent une large utilisation de la palette végétale procurant floraisons, volumes, couleurs, odeurs et sont assujettis à un entretien régulier.

REMARQUE : Dans tous les cas, un ou plusieurs point(s) d'eau de débit dimensionné à la surface végétalisée (pression supérieure à 2,5 bars / 0,25 MPa) doit être disponible au niveau de la terrasse, pendant et après les travaux (voir chapitre 11).

Les procédés de végétalisation légère offrent également les avantages suivants :

- Ecologique,
- Confort phonique et thermique,
- Protection de l'étanchéité.
- Effet retardateur des pluies d'orage,
- Diminution de l'imperméabilisation des surfaces urbaines
- Rôle thermique et acoustique,
- Amélioration de la qualité de l'air,
- Facilité d'entretien,

- Lutte contre l'effet de serre,
- Esthétique,
- Valorisation du patrimoine.

Information à destination du maître d'ouvrage et du maître d'œuvre : particularités des toitures-terrasses végétalisées par semis (TTV-S)

Dans ce cas, le semis d'espèces à croissance limitée, en général plantes vivaces, graminées, sédums variés s'effectue sur le substrat et nécessite une absence de vent et une répartition uniforme. Sa mise en œuvre ne peut se faire que lorsque les conditions climatiques sont favorables (en général hors mois de décembre, janvier, février, juillet et août, selon lieu géographique).

Le taux de couverture est inférieur à celui des éléments précultivés ; de 0% lors de la mise en œuvre, il est de l'ordre de 40 % à 1 an et 80 % à 3 ans lorsque le parachèvement normal est effectué (voir paragraphe 13.3.1). L'aspect recherché n'est donc pas immédiat. Le parachèvement et le confortement sont également plus contraignants les 2 ou 3 premières années (arrosage d'appoint, arrachage des adventices,...).

2.2 DESCRIPTION

Le procédé d'étanchéité avec végétalisation légère est un **ensemble** comprenant :

- **le complexe isolation-étanchéité** qui comporte un revêtement d'étanchéité résistant à la pénétration des racines placé sur ou sous isolant thermique éventuel,
- **le complexe de végétalisation** qui est composé de végétaux adaptés et de l'ensemble des matériaux qui permettent le développement pérenne de la couche végétale.

Cet ensemble fait partie des travaux à réaliser sous la responsabilité de l'entreprise d'étanchéité, avec la possibilité de co-traitance ou sous-traitance avec une entreprise du paysage.

3 DOMAINE D'EMPLOI ET DESTINATION

Les zones traitées en végétalisation légère ne sont pas destinées à un piétement régulier; elles ne peuvent recevoir qu'une circulation réservée à l'entretien de la toiture. Elles peuvent côtoyer des zones non circulables ou circulables.

Les terrasses et toitures comprenant un procédé de végétalisation légère, compte tenu de son faible poids, rendent possible une végétalisation sur les éléments porteurs suivants : béton, béton cellulaire, tôle d'acier nervuré (TAN) et bois ou panneaux dérivés du bois.

Ces règles s'appliquent aux terrasses et toitures de pente inférieure à 20 %, limite de pente incluse, avec étanchéité des bâtiments réalisés en France métropolitaine, y compris en climat de montagne dans le seul cas de l'élément porteur en maçonnerie. Dans ce dernier cas, le complexe de végétalisation sera évidemment particulièrement résistant au gel et à l'érosion.

Elles concernent les travaux neufs et les travaux de réfection totale de l'étanchéité après étude notamment de stabilité de l'élément porteur existant.

Pour les éléments porteurs TAN et en bois ou panneaux dérivés du bois, d'une façon plus restrictive que les DTU 43.3 et 43.4, la pente minimale des versants est $\geq 3\%$ dans tous les cas y compris les cas de noue en pente.

4 ELEMENTS PORTEURS ET CHARGES A PRENDRE EN COMPTE

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

- les **charges permanentes** ; elles correspondent à la somme :
 - du poids du complexe isolation-étanchéité (pare-vapeur, isolant, revêtement d'étanchéité),
 - du poids du complexe de végétalisation à capacité maximale en eau (couche drainante, couche filtrante, substrat, végétaux suivant paragraphes 8.5.1 et 8.5.2). Il est indiqué par le tenant du procédé de végétalisation sur la base d'essais réalisés par un laboratoire indépendant (voir paragraphe 6.11).
 - d'une charge de sécurité fixée forfaitairement à 15 daN/m². Une charge complémentaire forfaitaire de 85 daN/m² (soit 100 daN/m² au total) sera ajoutée pour le dimensionnement des seuls éléments porteurs à base de bois (bois massif et panneaux dérivés), pour tenir compte de leur fluage naturel, lorsque la pente est inférieure à 7 % sur plan.
- les **charges d'exploitation** sont les charges dites « d'exploitation », y compris les charges climatiques. La plus élevée de la charge d'entretien (100 daN/m² au sens de la norme NF P 06-001) ou de la charge climatique est retenue.

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

5 DOCUMENTS DE REFERENCE

En sus des prescriptions techniques figurant dans les chapitres suivants, les présentes règles maintiennent toutes les prescriptions figurant dans les documents de référence.

Les documents généraux de référence sont :

- les règles relatives à la sécurité des personnes : manuel CSFE (prévention des risques professionnels sur les chantiers),
- les normes-DTU de la série 43: DTU 43.1 (référence NF P 84-204) pour les éléments porteurs en maçonnerie, DTU 43.3 (référence NF P 84-206) pour les éléments porteurs en tôles d'acier nervurées, DTU 43.4 (référence NF P 84-207) pour les éléments porteurs en bois et panneaux dérivés du bois et DTU 43.5 (référence NF P 84-208) pour les travaux de réfection,
- le cahier des Charges de l'Office des Asphalte,
- le Cahier du CSTB n° 2192 « Conditions générales d'emploi des dalles de toiture en béton cellulaire autoclavé armé ».

Le procédé d'étanchéité et le procédé de végétalisation doivent faire l'objet d'un Avis Technique pour utilisation en toiture-terrasse jardin (ou Document Technique d'Application), d'une ATex ou d'un Cahier des Clauses Techniques visé par un Contrôleur Technique.

Dans le cadre d'un procédé complet, le procédé d'étanchéité et le procédé de végétalisation font l'objet d'un seul et même document technique de référence.

Le document technique de référence devra fixer les limites d'utilisation du procédé en fonction de l'exposition au vent (zone et site de vent, hauteur du bâtiment, traitement des rives et angles de la toiture, ...).

6 VOCABULAIRE - TERMINOLOGIE

6.1 GENERALITES

La terminologie du vocabulaire technique utilisé dans le présent document, lorsqu'elle n'est pas reprise ci-après, est identique à celle définie dans les DTU de la série 43.

6.2 TOITURE (DITE) VERTE

Elle peut être soit une toiture-terrasse jardin, soit une terrasse ou toiture végétalisée (voir ces notions ci-dessous).

6.3 TOITURE-TERRASSE JARDIN

C'est la forme classique des toitures (dites) vertes. Décrise dans le DTU 43.1 (référence NF P 84-204), ses caractéristiques sont les suivantes : fortes épaisseurs, fortes charges, entretien important. La végétation, de type horticole, peut être très diversifiée et de grande hauteur (arbres). Le complexe de culture est généralement de la terre végétale, ou un mélange terreux.

6.4 VEGETALISATION INTENSIVE

Technique aboutissant à la réalisation d'une toiture-terrasse jardin.

6.5 TERRASSE ET TOITURE VEGETALISEES

Il s'agit de terrasses (pente < 3 % au sens du présent texte) ou toitures ($\geq 3\%$ au sens du présent texte) recevant un système de végétalisation légère semi-intensive ou extensive (voir paragraphes 6.6 et 6.7). Elles se distinguent des toitures-terrasses jardins.

6.6 VEGETALISATION SEMI-INTENSIVE

Technique utilisant un complexe de culture élaboré, d'épaisseur moyenne pour réaliser un espace végétal paysagé en toiture. L'entretien est réputé modéré, mais l'arrosage est indispensable.

6.7 VEGETALISATION EXTENSIVE

Technique utilisant un complexe de culture élaboré de faible épaisseur, permettant la réalisation d'un couvert végétal, constitué de plantes d'origine horticole ou sauvage. L'entretien est réduit au minimum ; l'eau de pluie, en général suffisante, peut être complétée par un arrosage d'appoint en fonction des contraintes climatiques. Une végétalisation extensive tend à constituer un écosystème.

6.8 TABLEAU COMPARATIF DES TOITURES (DITES) VERTES SELON LE TYPE DE VEGETATION

Le tableau panoramique suivant synthétise les principales caractéristiques des toitures dites vertes :

SYSTEME DE VEGETALISATION	TOITURES-TERRASSES VEGETALISEES		TOITURES-TERRASSES JARDIN ^a
	Extensif	Semi-intensif	Intensif
Arrosage	Non ^{b c}	Oui ^b	Oui
Nature de la couche de culture	Substrat léger	Substrat léger	Terre
Epaisseur du complexe de culture	4 à 15 cm	12 à 30 cm ^d	> 30 cm
Ordre de grandeur de la charge totale (daN/m ²) ^e	60 à 180	150 à 350	> 600
Documents de référence	Le présent document	Le précédent document	DTU 43.1
Pente maximale	20 %	20 %	5 %

^a Cette application ne fait pas l'objet des présentes règles.

^b Voir chapitre 13.

^c Sauf régions méridionales et microclimat à faible pluviométrie.

^d Des épaisseurs supérieures peuvent être ponctuellement requises pour des plantations ligneuses à grand développement.

^e 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. Cette charge à l'état sec est indiquée dans le document technique de référence (voir chapitre 5).

6.9 SUBSTRAT

C'est le constituant principal des complexes de culture des terrasses et toitures végétalisées. Il se substitue à la terre végétale des toitures-terrasses jardins.

6.10 DRAINAGE

La couche de drainage assure l'évacuation de l'eau en excès, évitant aussi l'asphyxie des racines.

Différents types de matériaux peuvent assurer la fonction drainage. Celle-ci peut être associée à une fonction rétention d'eau.

- Agrégats minéraux poreux : roches volcaniques, argiles ou schistes expansés, concassés ou non,
- Eléments alvéolaires et poreux : panneaux à base de mousses plastiques,

- Géotextiles et composites spécifiques pour l'utilisation en drainage,
- Eléments drainants à réserve d'eau : ils assurent la récupération des eaux de pluie de manière homogène sous toute la surface de la toiture végétalisée, ainsi que le drainage des eaux excédentaires.

6.11 RETENTION MAXIMALE EN EAU A CME

Il s'agit de la quantité d'eau réputée retenue par les matériaux constitutifs du complexe de végétalisation dans la situation suivante : mise en eau à saturation pendant 24 heures, puis ressuyage pendant 2 heures.

Le protocole de référence consiste à calculer la différence de poids d'un échantillon (en conditions normalisées) entre son état sec (après séchage à 105 °C jusqu'à stabilisation du poids) et son état après 24 heures de mise en eau à saturation, et ressuyage de 2 heures. Cette différence est dite « Capacité Maximale en Eau (CME) » et est exprimée en pourcentage du volume considéré. Ce protocole est applicable au complexe complet de végétalisation ou isolément à chacun des matériaux constitutifs.

Par ailleurs, la constitution du complexe de végétalisation doit normalement assurer une évacuation interne rapide ; c'est pourquoi la perméabilité du substrat (donnée en cm/seconde) est également mesurée dans le protocole cité plus haut.

Ce protocole est disponible à la CSFE ainsi qu'auprès de l'ADIVET, sur leurs sites Internet.

Le tenant du procédé de végétalisation doit, pour chaque complexe, indiquer la capacité maximale en eau exprimée en volume d'eau par m² de toiture.

6.12 POIDS A SEC ET A CAPACITE MAXIMALE EN EAU

Le poids à capacité maximale en eau est déterminé selon le protocole ci-avant.

Il est exprimé par la somme des valeurs maximales de chaque élément du complexe complet (ou bien par la valeur obtenue lors de la mesure d'un système complet).

Cette valeur est considérée comme la valeur maximale atteignable en situation (sur le toit).

Elle est prise en compte dans le calcul d'évaluation de la charge permanente (voir paragraphe 4).

Le tenant du procédé de végétalisation doit, pour chaque complexe, indiquer le poids à capacité maximale en eau (poids à CME), ainsi que le poids à sec.

6.13 COMPLEXE DE CULTURE

Ensemble des couches explorées par les racines, c'est à dire substrat et couche de drainage lorsque celle-ci est constituée d'agrégats minéraux.

6.14 CONFIGURATIONS DES SYSTEMES DE VEGETALISATION

Les couches constitutives d'un système de végétalisation peuvent être assemblées de différentes façons. Pour chaque toiture, le tenant du procédé de végétalisation indique dans son document technique de référence (voir chapitre 5) la configuration adaptée à chaque situation.

6.15 ZONE STERILE

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

- faciliter l'accès aux relevés d'étanchéité et aux évacuations d'eaux pluviales, pour l'entretien,
- permettre une hauteur des relevés conforme aux normes DTU les concernant, quelle que soit l'épaisseur du complexe de végétalisation en partie courante.

Elle n'est pas considérée comme une zone accessible, ni comme un chemin de circulation pour assurer l'entretien d'éventuels équipements (voir paragraphe 9.7).

6.16 ECOSYSTEME

Association sol – flore - faune fonctionnant de manière autonome dans un environnement donné. Sous réserve d'un entretien modéré, les végétalisations extensives de toiture évoluent vers une situation d'équilibre proche d'un écosystème.

6.17 RESISTANCE A LA PENETRATION DES RACINES

La norme NF EN 13948, définit la caractéristique de résistance à la pénétration des racines de la manière suivante : « Une feuille (d'étanchéité) est considérée comme résistante à la pénétration des racines lorsqu'à la fin de la période de l'essai on ne constate aucune perforation par les racines ni aucune pénétration des racines dans la surface courante de la feuille ou des joints, ni aucune pénétration de racines dans les joints. Il est entendu que les plantes d'essai aient montré une performance de croissance suffisante pendant toute la durée de l'essai. »

La méthode d'essai permettant de mesurer cette caractéristique ne s'applique formellement qu'à une feuille d'étanchéité seule. L'usage veut et l'expérience l'a démontré que si un système d'étanchéité comporte une feuille présentant cette caractéristique, on admet que le système la comprenant est aussi résistant à la pénétration des racines.

Un système devra donc comporter au moins une feuille dont le résultat est positif lors de l'essai réalisé conformément à la norme NF EN 13948.

En attendant que cette norme soit opérationnelle, on considère que les procédés sont admissibles lorsqu'ils sont titulaires d'un Avis Technique (ou Document Technique d'Application) dont la destination est les toitures-terrasses jardins.

Les revêtements d'étanchéité à base d'asphalte coulé définis au paragraphe 7.2.2 sont admis comme pouvant être associés à une végétalisation.

6.18 TABLEAU DES PENTES ADMISSIBLES PAR RAPPORT A L'ELEMENT PORTEUR ET AU TYPE DE REVETEMENT D'ETANCHEITE

ELEMENT PORTEUR	PENTE		
	0 %	1 à 3 %	≥ 3 à 20 %
Maçonnerie	Oui a	Oui	Oui b
Dalles en béton cellulaire autoclavé armé	Non	Oui a	Oui b
Tôles d'acier nervurées	Non	Non	Oui b
Bois et panneaux dérivés du bois	Non	Non	Oui b

a Non admis en climat de montagne.
b Non admis pour les revêtements d'étanchéité à base d'asphalte conformes au DTU ; admis jusqu'à 5 % pour certains revêtements à base d'asphalte dans le cadre de leur Document Technique d'Application, Avis Technique ou Cahier des Clauses Techniques.

COMMENTAIRE : le domaine d'emploi des toitures-terrasses jardins, plus restreint, concerne seulement les éléments porteurs en maçonnerie de pente maximale 5 %.

6.19 PARACHEVEMENT

Période comprise entre la mise en place de la végétation (semis, plantation, éléments précultivés) et la réception de l'ouvrage.

6.20 RECEPTION DE L'OUVRAGE

Acte par lequel le maître de l'ouvrage déclare accepter l'ouvrage avec ou sans réserve.

6.21 CONFORTEMENT

Période comprise entre la date de réception de l'ouvrage et le démarrage de l'entretien courant, lequel commence dès obtention d'un taux de couverture $\geq 80\%$.

6.22 ENTRETIEN COURANT

Période suivant celle de confortement.

7 CONSTITUTION DE L'ELEMENT PORTEUR ET DU COMPLEXE ISOLATION-ETANCHEITE

7.1 ELEMENT PORTEUR

Les éléments porteurs suivants sont admis avec une pente maximale de 20 % :

- maçonnerie conforme aux normes NF P 10-203 (réf DTU 20.12) et NF P 84-204 (réf DTU 43.1),
- béton cellulaire autoclavé conforme aux « Conditions Générales d'emploi des dalles de toiture en béton cellulaire autoclavé armé » (cahier du CSTB 2192, avril 1983) avec pente minimale de 1 %,
- en tôles d'acier nervurées conformes à la norme NF P 84-206 (référence DTU 43.3) avec pente minimale de 3 %, fixées à l'ossature comme si elles recevaient un revêtement autoprotégé,
- en bois ou panneaux dérivés du bois conforme à la norme NF P 84-207 (référence DTU 43.4) ou panneaux bénéficiant d'un Avis Technique visant favorablement son emploi en élément porteur pour toiture avec revêtement d'étanchéité sous protection lourde, avec pente minimale de 3 %.

7.2 COMPLEXE ISOLATION-ETANCHEITE

7.2.1 ISOLATION THERMIQUE

Les panneaux isolants (éventuels) admis sont de classe C (compressibilité selon guide UEAtc) et sont visés, sur l'élément porteur considéré, pour un emploi en support de revêtement de toiture-terrasse jardin, végétalisée ou sous protection lourde par leur document de référence (Document Technique d'Application). Sur pente $\leq 5\%$, l'utilisation de panneaux isolants en isolation inversée est également admise selon leur Avis Technique ou Document Technique d'Application.

7.2.2 REVETEMENT D'ETANCHEITE

Les revêtements d'étanchéité admis sont ceux visés sous utilisation en terrasse jardin dans leur document de référence (cahier des charges de l'office des asphalte, Document Technique d'Application, Avis Technique ou Cahier des Clauses Techniques particulier visé par un contrôleur technique). Le revêtement doit être notamment résistant à la pénétration des racines (voir paragraphe 6.17) pour toute la surface de la terrasse (parties courantes, zones stériles, relevés).

7.2.3 MISE EN OEUVRE DU COMPLEXE ISOLATION-ETANCHEITE

De manière générale, les revêtements d'étanchéité sont posés soit en adhérence totale, soit en semi-indépendance, soit fixés mécaniquement conformément à leur document de référence (Avis Technique, D.T.A., Atex de type A, CCT). Ce complexe doit résister aux efforts dus à la dépression du vent quel que soit le taux de couverture de la végétalisation.

La pose des revêtements d'étanchéité peut se faire en indépendance dans les seuls cas suivants :

- revêtements à base d'asphalte ;
- sur élément porteur maçonné de pente inférieure à 5 % si son document technique de référence le prévoit.

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.

8 CONSTITUTION DU COMPLEXE DE VEGETALISATION

8.1 GENERALITES

Les différents constituants du complexe de végétalisation sont définis dans le document technique de référence. Un autocontrôle doit permettre d'assurer une constance de leurs caractéristiques.

La constitution du complexe dépend de nombreux paramètres : localisation, pente, charges admissibles par l'élément porteur, exigences esthétiques, niveau d'entretien accepté par le maître d'ouvrage,..(voir annexe A).

Les constituants sont mis en œuvre directement sur le revêtement d'étanchéité. Dans le cas d'une toiture inversée, le complexe de végétalisation est posé sur l'isolation thermique avec éventuellement une couche d'interposition décrite dans le document technique de référence.

8.2 COUCHE DRAINANTE

Elle assure l'évacuation de l'eau en excès et évite l'asphyxie des racines. Elle devient facultative pour une pente supérieure à 5 %. Cette limite peut être réduite jusqu'à 3 % minimum si le document technique de référence le permet.

Les caractéristiques requises pour les matériaux de drainage sont les suivantes :

- Perméabilité supérieure ou égale à 0,3 cm/s (180 mm/min) ; pour les géotextiles, cette valeur peut être mesurée suivant norme NF EN ISO 11058 (V_{H50}) ;
- Résistance au gel;
- Stabilité structurale;
- Epaisseur minimale: elle doit être supérieure à la hauteur maximale des flaches d'eau observées sur la toiture
- Le cas échéant, rétention d'eau complémentaire.

Les spécifications concernant ces caractéristiques sont précisées dans le document de référence (voir chapitre 5).

NOTE : Les matériaux admis peuvent être :

- *plaques de polystyrène moulées, alvéolées, décrites dans les Avis Techniques des revêtements d'étanchéité admis en terrasses jardins ;*
- *agrégats minéraux poreux (pouzzolane, argile expansée, roche volcanique expansée, ...) ou non poreux ;*
- *éléments synthétiques prémoulés pouvant former ou non réserve d'eau ;*
- *matelas de drainage synthétiques.*

8.3 COUCHE FILTRANTE

Elle retient les particules fines du substrat et s'interpose :

- entre le substrat et la couche drainante pour éviter son colmatage,
- entre le substrat et le dispositif de séparation pour éviter le passage des fines au travers des zones ajourées.

Les caractéristiques requises pour les couches filtrantes sont les suivantes :

- perméabilité ;
- grammage minimal : 100 g/m² ;
- résistance à la déchirure ;
- imputrescibilité ;
- retenue des particules de diamètre > 0,063 mm.

La couche filtrante ne constitue pas une barrière aux racines.

Elle est à mettre en œuvre même en l'absence de couche drainante sauf si le document technique de référence le stipule différemment.

Les spécifications concernant ces caractéristiques sont précisées dans les documents de référence (voir chapitre 5).

8.4 COUCHE DE CULTURE (SUBSTRAT)

Elle permet l'ancrage des racines, la rétention en eau et la nutrition des plantes sélectionnées, pour assurer leur pérennité.

Les caractéristiques de substrat sont indiquées dans une fiche technique rédigée par son fournisseur sur la base d'analyses réalisées par un laboratoire indépendant.

Les matériaux admis peuvent être des mélanges de matières minérales et organiques (roches volcaniques, tourbes,...). D'autres couches de culture (sur base de matériaux synthétiques ou autres) peuvent être envisagées ; elles ne font pas l'objet du présent document.

Les caractéristiques requises pour les matériaux de la couche de culture (substrat) sont les suivantes, différencierées par type de substrat :

Caractéristiques	Unité	Substrats extensifs multicouches	Substrats extensifs monocouches	Substrats semi-intensifs
Masse volumique à CME	t/m ³	1,0 à 1,6	0,8 à 1,4	1,0 à 1,6
Masse volumique à sec	t/m ³	0,6 à 1,2	0,6 à 1,2	0,6 à 1,1
Perméabilité	cm/s	≥ 0,001	≥ 0,1	≥ 0,005
pH (CaCl ₂)	/	6,5 à 8,0	6,5 à 9,5	5,5 à 8,0
Rétention maximale en eau (CME)	% vol	≥ 35	≥ 20	≥ 45
Porosité pour l'air à CME	% vol	≥ 10	≥ 10	≥ 10
Porosité pour l'air à pF 1,8	% vol	≥ 25	/	≥ 20
Fines (< 0,063 mm)	% massique	≤ 15 %	≤ 7 %	≤ 20 %
Matière organique	% de masse sèche si D à sec ≤ 0,8 t/m ³	≤ 8 %	≤ 6 %	≤ 12 %
	% de masse sèche si D à sec > 0,8 t/m ³	≤ 6%	≤ 6%	≤ 6 %
Granulométrie	comprise entre 0 et 20 mm selon courbes en annexe			

La pérennité de la stabilité structurale est assurée par le respect des caractéristiques du tableau ci-avant et des courbes granulométriques jointes en annexe. Les granulats minéraux suivants sont considérés comme appropriés à l'élaboration de substrats pour végétalisation de toiture : pouzzolane, pierre ponce, argile expansée, schiste expansé et terre cuite concassée.

Tout emploi de terre végétale telle que décrite dans la norme NF P 84-204 (DTU 43.1) est exclu.

8.5 COUCHE VEGETALE

Le choix des végétaux doit tenir compte des valeurs climatiques locales, de l'exposition de la toiture et du complexe de culture.

8.5.1 SYSTEME DE VEGETALISATION EXTENSIVE

En fonction de l'aspect souhaité par le maître d'œuvre, le tenant du procédé de végétalisation détermine, en fonction de son savoir-faire, la liste des espèces végétales associables, leur mode de mise en œuvre (semis, plantation ou pose d'éléments précultivés) et en assure la fourniture.

Il est rappelé (voir paragraphe 2.1) que les systèmes de végétalisation extensive constituent un tapis végétal permanent qui s'adapte progressivement à son milieu et fonctionne de façon quasi autonome. Ce tapis végétal est obtenu par une association de plantes spécialement adaptées qui se reproduisent *in situ*. Dans ce contexte d'adaptation tendant vers un écosystème, il est normal que certaines espèces disparaissent partiellement ou totalement au profit d'autres espèces (sélection naturelle).

Les caractéristiques des végétaux concernant ces systèmes sont les suivantes :

- aptitude à couvrir le sol,
- résistance au gel,
- résistance à la sécheresse,
- capacité d'autorégénération.

Les catégories de végétaux (horticoles ou sauvages) admises peuvent être :

- plantes succulentes (type sedum),
- plantes vivaces (type œillet),
- plantes bulbeuses (type iris),
- graminées vivaces (type fétuque),
- des plantes ligneuses à petit développement peuvent être adjointes selon l'effet désiré et le programme d'entretien accepté par le maître d'ouvrage.

Poids propre des végétaux		
Type de système	Catégorie de végétaux	Poids propre des végétaux ^a
extensif	Plantes succulentes	10 daN/m ²
extensif	Plantes bulbeuses	10 daN/m ²
extensif	Graminées, vivaces	10 daN/m ²
extensif	Association des catégories ci-dessus	10 daN/m ²

^a le poids propre des végétaux fait partie du poids du complexe de végétalisation

Chacune de ces catégories étant susceptibles d'être utilisée séparément ou en association avec les autres, le maître d'œuvre précisera le cas échéant la catégorie dominante pour définir l'effet général recherché (ainsi " végétalisation à dominante sedum ", etc.).

8.5.2 SYSTEME DE VEGETALISATION SEMI-INTENSIVE

En fonction de l'aspect souhaité et du programme d'entretien et d'arrosage (voir paragraphe 2.1) accepté par le maître d'ouvrage, le choix des végétaux est laissé à la responsabilité du maître d'œuvre, de l'entreprise et du tenant du procédé de végétalisation en prenant en compte les besoins des plantes en terme d'épaisseur de substrat.

Poids propre des végétaux		
Type de système	Catégorie de végétaux	Poids propre des végétaux^a
semi-intensif	Plantes arbustives à faible développement ^b	20 daN/m ²
semi-intensif	Vivaces et graminées (gazons et prairie)	15 daN/m ²

^a le poids propre des végétaux fait partie du poids du complexe de végétalisation
^b jusqu'à 1,50 m de haut

8.5.3 MODES ET PERIODES DE MISE EN ŒUVRE DE LA VEGETALISATION

Différents modes de mise en œuvre sont possibles :

- par semis :
 - de graines de plantes vivaces (valeur usuelle 2 g/m²) ou de graminées (10 à 20 g/m² selon les espèces)
 - de fragments de sedum à hauteur de 40 fragments/m² (valeur usuelle 50 à 100 g/m² selon les espèces)
- par plantation de micromottes à raison de 15 à 25 unités/m² ou godets (12 à 15 unités/m²),
- par pose de plaques rigides précultivées,
- par tapis précultivés :
 - soit directement sur nappe mince,
 - soit sur trame incluant une épaisseur de substrat d'au moins 15 mm.
- par bacs précultivés.

En fonction du mode de mise en œuvre retenu et de l'entretien (voir paragraphe 13), le taux de couverture à prévoir est indiqué dans le tableau ci-dessous :

Périodes de mise en œuvre et taux de couverture				
Mode de mise en œuvre	Période de mise en œuvre ^a	Taux initial après mise en œuvre	Taux de couverture à 1 an	Taux de couverture à 3 ans
Eléments précultivés (plaques, tapis et bacs)	Toutes saisons	≥ 70%	≥ 80%	≥ 80%
Plantation de micromottes ou godets	Printemps ou automne ^b	≥ 5%	≥ 60%	≥ 80%
Semis de fragments ou de graines	Printemps ou automne ^c	0%	≥ 40%	≥ 80%

^a sauf périodes de sécheresse ou de gel
^b à moduler en fonction des zones climatiques (sur conseil du tenant du procédé)
^c milieu de printemps et début d'automne

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

Pendant la phase chantier, l'arrosage est obligatoire pour permettre le démarrage de la végétation. Il est à adapter à la technique retenue et aux conditions climatiques. Pour ce qui concerne les apports d'eau ultérieurs, on se reportera au paragraphe 13.3.

9 OUVRAGES PARTICULIERS

9.1 DISPOSITIONS A RESPECTER SUR L'IMPLANTATION DES EMERGENCES

Ce sont celles des DTU 20.12, 43.1, 43.3, 43.4 ou du Cahier du CSTB n° 2192, selon l'élément porteur.

9.2 ZONE DITE STERILE (FIGURES 1 ET 2)

9.2.1 GENERALITES

Sa définition est donnée au paragraphe 6.15.

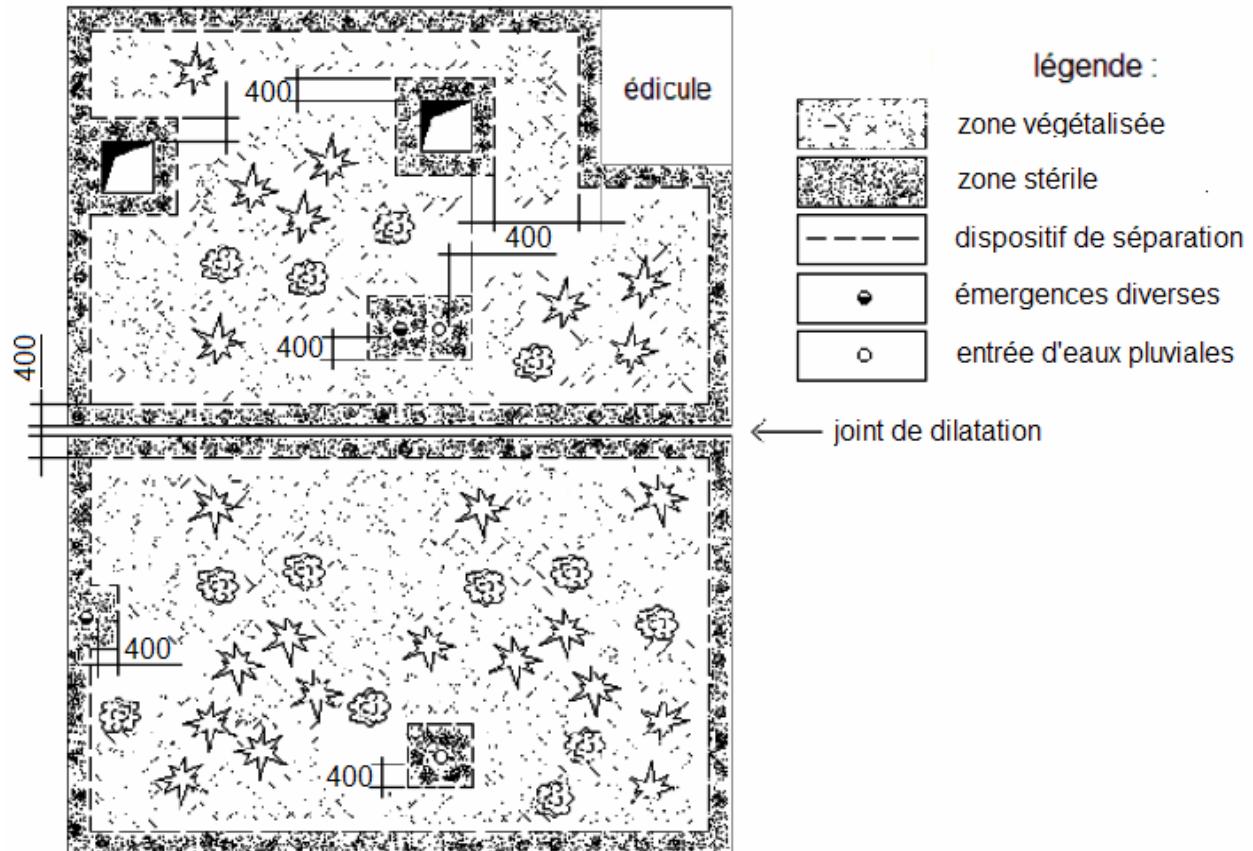


Figure 1 : Zone stérile

La largeur de cette zone stérile est au minimum de 40 cm autour des émergences et en périphérie.

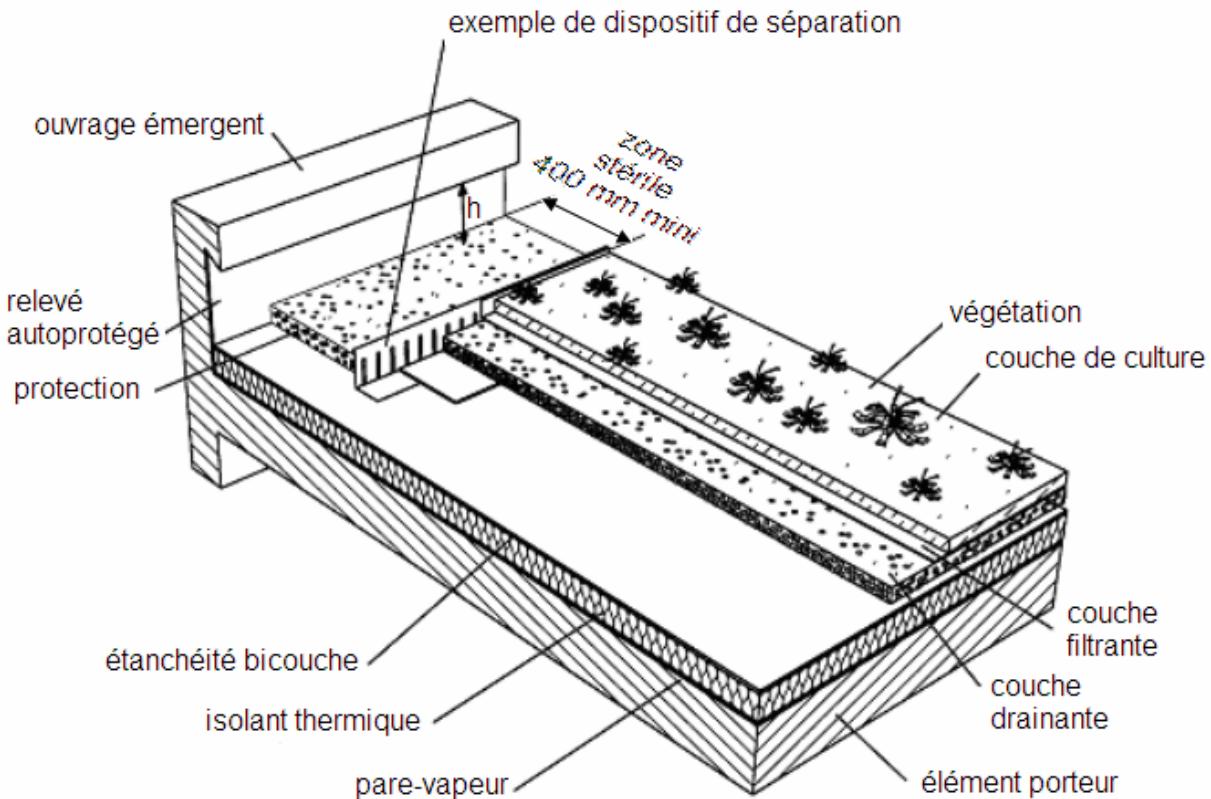
Dans l'emprise de la zone stérile, le revêtement d'étanchéité est le même revêtement antiracines que celui de la zone végétalisée.

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

- Couche de gravillons avec granulométrie des éléments meubles > 15 mm (les granulométries inférieures favorisant l'installation de la végétation parasite), éventuellement recouverts de dalles béton préfabriquées (suivant exposition au vent : voir DTU 43.1);
- Dalles préfabriquées en béton posées sur la couche drainante ou sur plots ;
- Dalles préfabriquées en bois posées sur plots ;
- Revêtement d'étanchéité autoprotégé (toute pente admise), si le document technique de référence l'admet ;

Toute autre disposition évaluée pour assurer les fonctions de zones stériles pour les zones de relevés (autre cas non conforme aux DTU) sera décrite dans le document technique de référence.

La zone stérile et la zone végétalisée sont délimitées par un dispositif de séparation (voir paragraphe 9.3).



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

Figure 2 : Exemple de dispositif de séparation

9.2.2 PRESENCE DE LA ZONE STERILE (TOUTE PENTE)

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 inférieure à 2 %.

Sa présence est obligatoire en pieds de relevés :

- en végétalisation semi-intensive,
- en végétalisation extensive si la végétation comprend des graminées vivaces ou des plantes ligneuses.

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

9.2.3 SPECIFICITES DES TOITURES (PENTE > 3% ET \leq 20%)

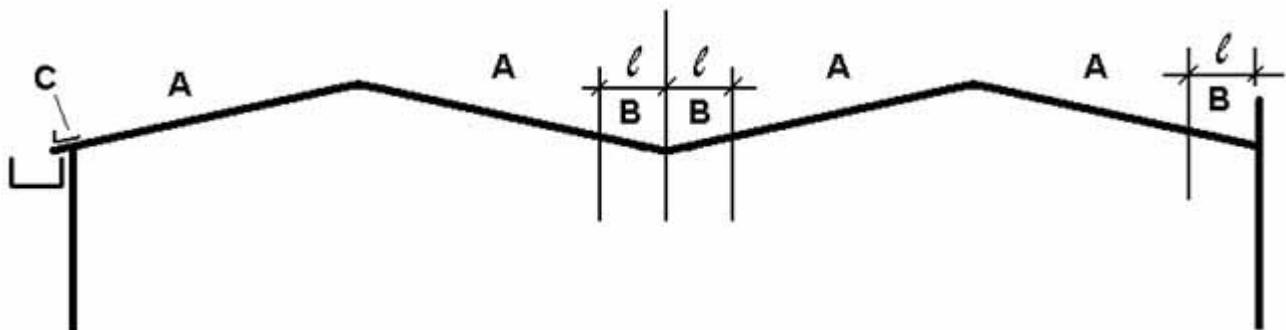


Figure 3 : Principes généraux sur les zones suivant les pentes

Pour assurer une bonne durabilité de la toiture végétalisée, il y a lieu de distinguer les zones de partie courante (zones A) à pente supérieure ou égale à 3 % des zones de noue centrale ou de rive (zones B ou C).

- Zone A : traitement identique à celui décrit au chapitre 8. Cependant, la couche drainante selon 8.2 et la couche filtrante selon 8.3 sont facultatives (la couche filtrante reste indispensable au droit des dispositifs de séparation et des EEP).
- Zone B : traitement selon la pente du fil d'eau de la noue.
 - Si pente du fil d'eau de la noue \leq 2 %, traitement de la zone B en zone stérile.
 - Si pente du fil d'eau de la noue $>$ 2 %, traitement de la zone B en zone stérile ou à l'identique du chapitre 8 (configuration de la partie courante).

Largeur l de la zone B :

- 0,40 m en partant du fil d'eau pour les pentes de versants comprises entre 10 et 20 %.
- 1,00 m en partant du fil d'eau pour les pentes de versants de 3 à 10 %.
- Zone C : un dispositif, défini dans le document technique de référence du procédé, situé en bas de pente doit permettre l'écoulement des eaux (voir principe au paragraphe 9.3), le maintien en place du substrat en s'opposant aux forces tangentialles liées à la poussée du substrat. Les simples pattes d'étanchéité ne suffisent pas lorsque la pente est supérieure à 5%.

9.2.4 RECAPITULATIF RELATIF A LA PRESENCE DE LA ZONE STERILE

L'emplacement où les zones stériles sont indispensables ou facultatives est récapitulé dans le tableau ci-dessous :

Contre les relevés sur émergences et en périphérie	Végétalisation extensive	Avec graminées vivaces et plantes ligneuses	Indispensable sur une largeur minimale de 40 cm
		Sans graminées vivaces ni plantes ligneuses	Facultative
	Végétalisation semi intensive		Indispensable sur une largeur minimale de 40 cm
Entrées des eaux pluviales			Indispensable sur une largeur minimale de 40 cm au pourtour de l'EEP ^a
Noues	Pente $\leq 2\%$	Pente de versants < 3 % (support maçonné uniquement)	Indispensable sur une largeur minimale de 40 cm depuis le fil d'eau
		Pente des versants de 3 à 10 %	Indispensable sur une largeur minimale de 1 m depuis le fil d'eau
		Pente de versants de 10% à 20 %	Indispensable sur une largeur minimale de 40 cm depuis le fil d'eau
	Pente > 2 %		Facultative
a une forme de regard est aussi possible (voir paragraphe 9.5.1)			

9.3 DISPOSITIF DE SEPARATION (FIGURES 2, 4 ET 5)

Le matériau de séparation utilisé permet :

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

Les matériaux constituant le dispositif de séparation sont définis dans le document technique de référence cité au paragraphe 5; ils peuvent être par exemple :

- des bandes ajourées; elles doivent être maintenues en place sur l'étanchéité à l'aide de pattes en membrane d'étanchéité collée ou soudée (voir. figure 4) ; dans le cas de bandes métalliques, elles doivent être en alliage d'aluminium type 3003 ou en acier inoxydable austénitique CrNi 18-10, d'épaisseur adaptée à la poussée qu'elles vont recevoir ;
- des bordures (voir. figure 5) en béton, en brique, uniquement dans le cas des couches drainantes filantes.

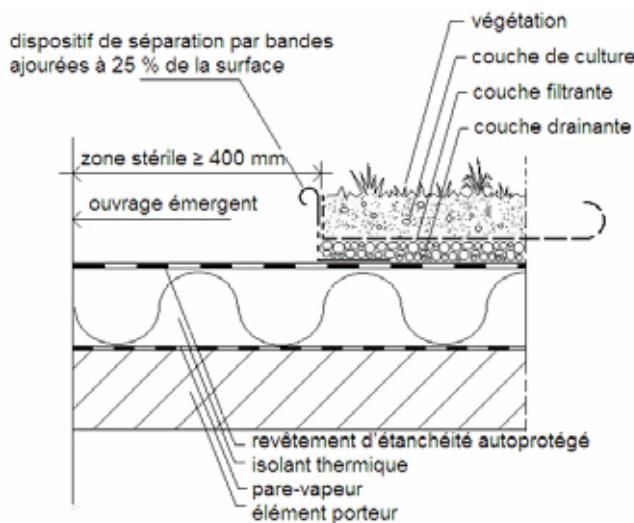


Figure 4 : Dispositif de séparation par bande métallique

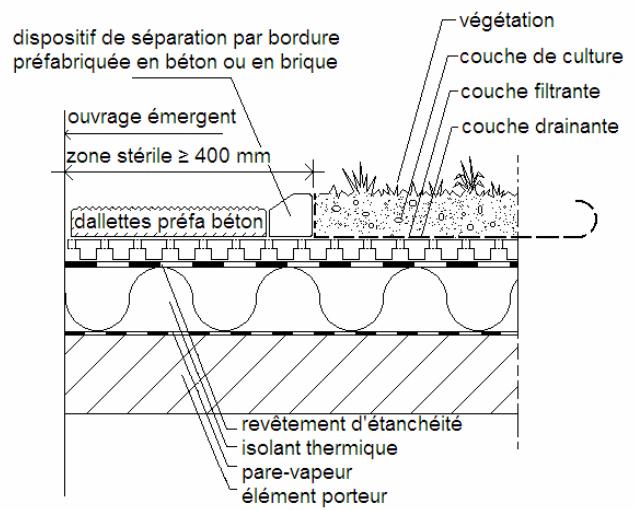


Figure 5 : Dispositif de séparation par bordure préfabriquée en béton ou en brique

9.4 RELEVES (FIGURES 2, 6 ET 7)

9.4.1 RELIEFS

La conception et la constitution des reliefs sont conformes aux normes NF P 12-203-1 (DTU 20.12) et de la série NF P 84-200 (DTU de la série 43).

9.4.2 RELEVES

Dans le cas où une zone stérile est prévue (voir paragraphe 9.2.2), la hauteur est donnée par les NF DTU (ou cahier du CSTB n°3502 dans le cas des membranes en PVC-P) suivant le type de protection de la zone stérile.

Dans le cas où il n'y a pas de zone stérile (voir paragraphe 9.2.2), la hauteur des relevés au-dessus de la couche de culture est :

- 15 cm minimum ;
- 5 cm si le revêtement d'étanchéité revêt l'acrotère jusqu'à l'arête extérieure dans le cas d'élément porteur en maçonnerie.

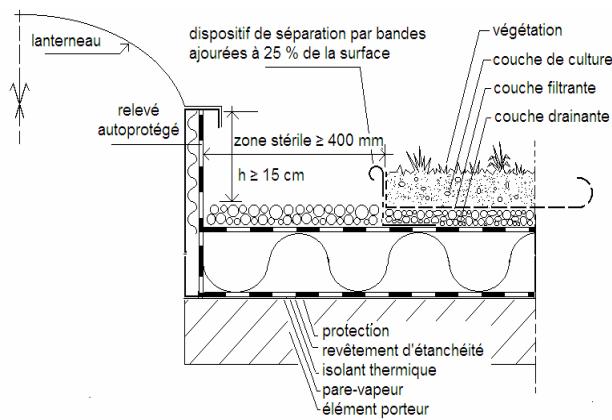


Figure 6 : Relevé contre costière de lanterneau avec zone stérile

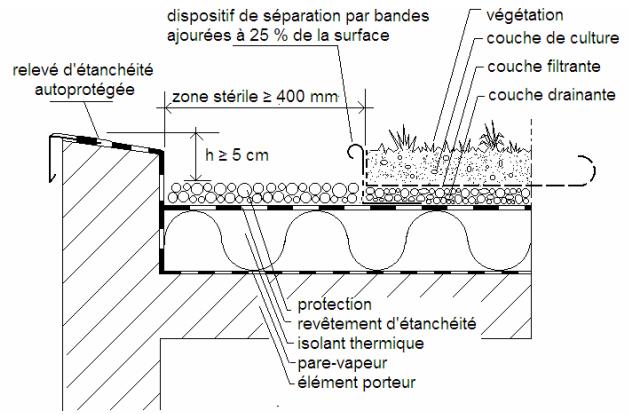


Figure 7 : Cas particulier de l'acrotère revêtu jusqu'à l'arête extérieure avec zone stérile

9.5 OUVRAGES ANNEXES ISOLES

9.5.1 EVACUATIONS PLUVIALES (FIGURE 8)

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 ;
- soit protégées par un dispositif conforme aux Avis Techniques des procédés de terrasses-jardin protégées par une forme de regard.

Elles sont équipées d'un garde-grève visitable 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.

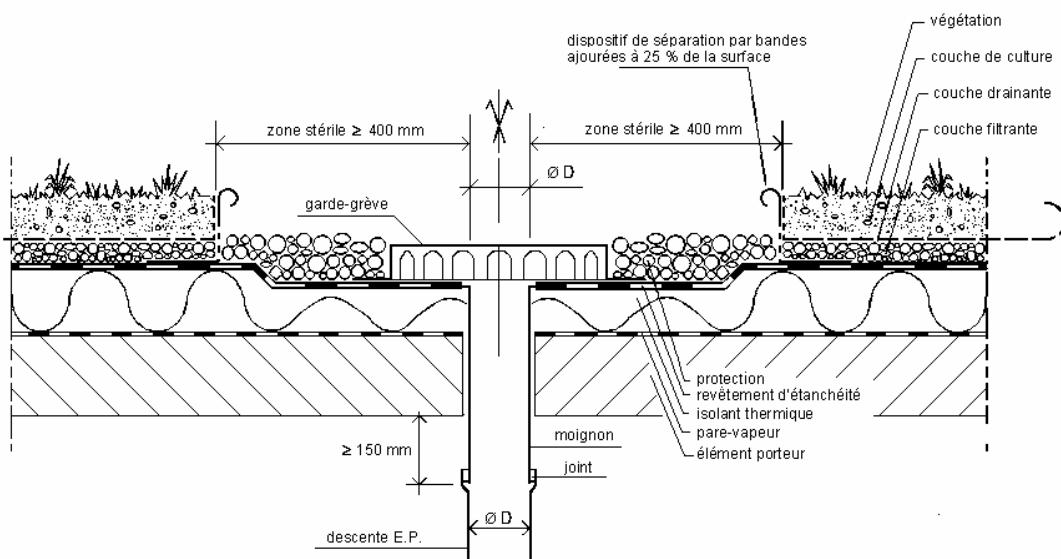


Figure 8 : Exemple d'évacuation d'eaux pluviales avec zone stérile

9.5.2 AUTRES OUVRAGES ANNEXES ISOLES (VENTILATION, CROSSES DE PASSAGE DE CABLES ...)

Ils sont réalisés conformément aux normes série NF P 84-200 (DTU de la série 43).

Un chemin de circulation doit être aménagé (voir paragraphe 9.7) pour l'accessibilité aux équipements techniques (VMC,...).

9.6 JOINTS DE DILATATION (FIGURES 9 ET 10)

Ils sont réalisés conformément aux Avis Techniques correspondants.

Ils peuvent être :

- soit apparents, avec ou sans zone stérile de part et d'autre (figure 9) ; ce cas est le seul possible avec l'élément porteur en TAN et bois;
- soit recouverts de végétalisation extensive (figure 10) en gardant une épaisseur identique de couche de culture.

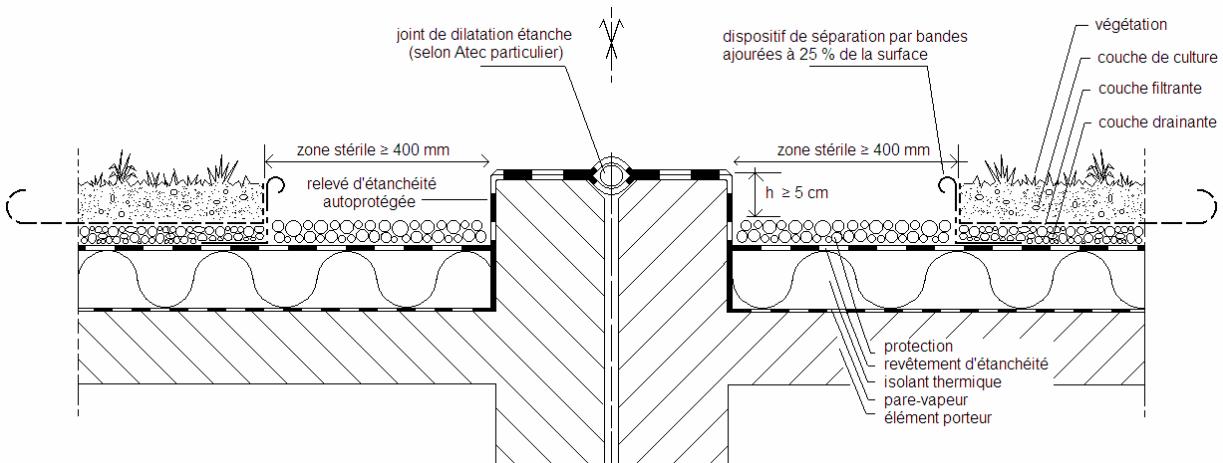


Figure 9 : Joint de dilatation apparent avec ou sans zone stérile

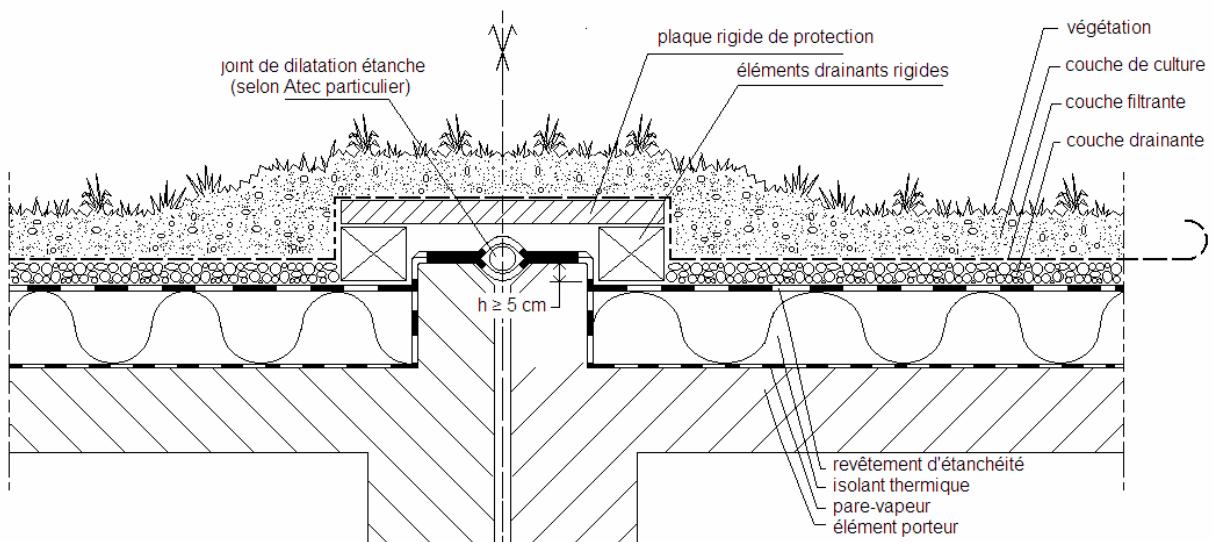


Figure 10 : Joint de dilatation recouvert de végétalisation

9.7 CHEMINS DE CIRCULATION

Pour accéder aux équipements techniques, des chemins de circulation doivent être aménagés ; leur protection étant posée sur la couche de drainage ou sur la couche filtrante ou sur la couche de culture ou éventuellement sur le revêtement d'étanchéité selon son document de référence.

La zone stérile ne constitue pas un chemin de circulation (voir paragraphe 9.2).

Dans le cas où les DPM lui confèrent cette fonction, alors ils doivent prévoir l'installation d'un garde-corps conforme à la réglementation en rive et autour des ouvrages présentant des risques de chute. La largeur de ces zones de passage est alors portée à environ 0,80 m.

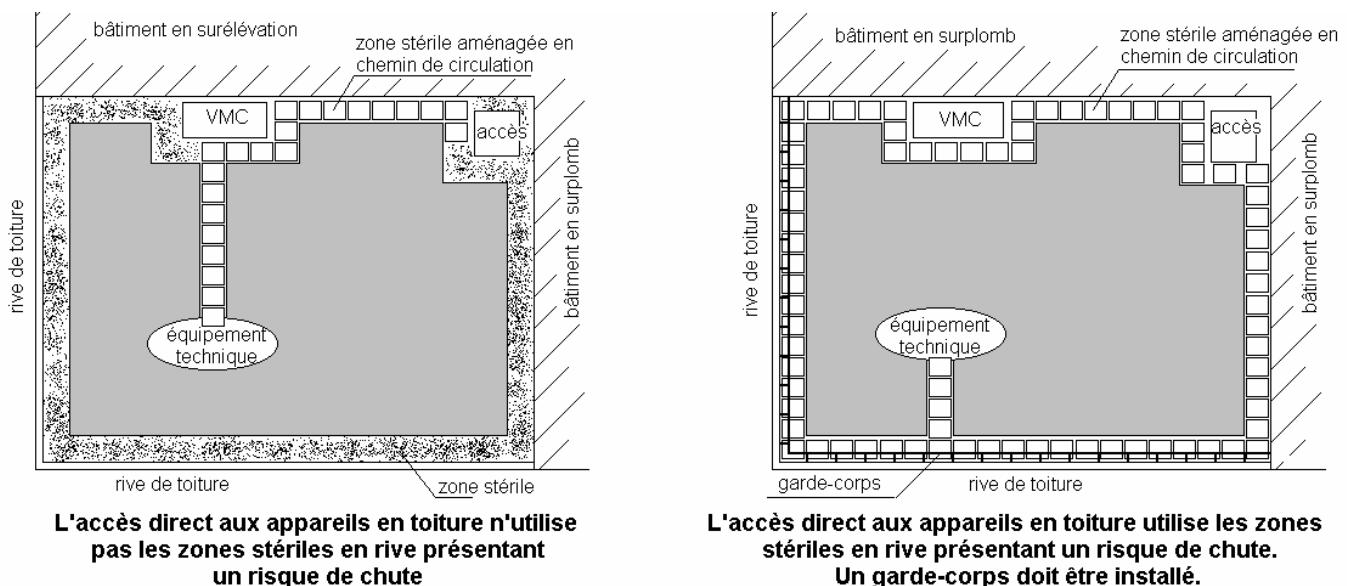


Figure 11 : Exemple d'accès direct aux équipements en toiture

10 CAS DES TERRASSES ET TOITURES PARTIELLEMENT VÉGÉTALISÉES

Les toitures-terrasses végétalisées peuvent côtoyer des zones non végétalisées représentant des surfaces plus ou moins importantes et traitées selon leur destination, en terrasses :

- inaccessibles (tous éléments porteurs),
- accessibles (éléments porteurs en maçonnerie).

La partie de la terrasse qui reçoit la végétation fait l'objet de toutes les exigences du procédé de végétalisation correspondant, y compris pour les zones stériles (voir paragraphe 9.2).

Sur les autres zones (hors végétalisation et à partir de 1 m au-delà de celle-ci pour le revêtement d'étanchéité résistant à la pénétration des racines), on applique les exigences des NF DTU, AT et Cahiers des Clauses techniques particuliers concernant l'isolant thermique, le revêtement d'étanchéité et la protection.

Les parties accessibles doivent être séparées des zones recouvertes de végétalisation, qui restent inaccessibles, par des garde-corps lorsque nécessaire.

11 ORGANISATION DE CHANTIER ET REALISATION DES TRAVAUX

Les différentes couches (couche drainante, couche filtrante et substrat) sont mises 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 l'élément porteur, du support et du complexe isolation-étanchéité notamment sur l'élément porteur en TAN (voir DTU 43.3) ou en bois ou panneaux dérivés du bois (voir DTU 43.4).

L'installation de la couche végétale est réalisée dans la période appropriée en fonction des exigences liées à son mode de mise en œuvre (voir paragraphe 8.4.3). 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 (plaques, tapis et bacs) doivent être mis en œuvre dans les 24 heures suivant leur livraison ; sinon ils doivent être étalés en une seule couche et arrosés. Les micromottes, les godets et les fragments de sedum doivent être mis en œuvre dans les 48 heures. Si cela n'est pas possible, l'entreprise doit demander au tenant du procédé les instructions pour leur bonne conservation.

Remarque : le maître d'œuvre doit prévoir un ou plusieurs point(s) d'eau de débit dimensionné à la surface végétalisée (pression supérieure à 2,5 bars / 0,25 MPa), 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 (sauf période hivernale où l'installation devra être purgée). Tout point de la terrasse devra être situé à moins de 30 mètres d'un point d'eau.

12 PREVENTION

Elle peut être assurée en respectant notamment les conseils du manuel « Prévention des Risques Professionnels sur les Chantiers » de la CSFE.

Zone stérile : cette zone 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.

13 ENTRETIEN

13.1 GENERALITES

L'entretien des toitures végétalisées est obligatoire et doit être formalisé, au plus tard à la réception de l'ouvrage (pour assurer les travaux de confortement), par un contrat unique, entre l'entreprise d'étanchéité et le maître d'ouvrage portant sur l'étanchéité et la végétalisation, sur l'ensemble de la toiture y compris les zones stériles.

NOTE : l'entreprise d'étanchéité se réserve la possibilité de sous-traiter ou co-traiter les travaux d'entretien à une entreprise du paysage.

L'accès à la toiture nécessaire aux futures opérations d'entretien est 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.

13.2 ENTRETIEN DE L'ETANCHEITE

Les dispositions relatives à l'entretien des ouvrages d'étanchéité sont décrites dans les DTU de la série 43.

13.3 ENTRETIEN DE LA VEGETALISATION

L'entreprise contractante devra préciser au maître d'ouvrage les modalités d'entretien de la végétalisation. Trois périodes sont à différencier :

- la période de parachèvement : c'est la période comprise entre l'installation de la végétalisation et la réception de l'ouvrage. Sa durée sera variable en fonction des conditions de coordination du chantier. Les travaux de parachèvement font parties intégrantes du marché de travaux.
- la période de confortement : c'est la période comprise entre la réception de l'ouvrage jusqu'au démarrage de l'entretien courant (celui commence dès obtention d'un taux de couverture $\geq 80\%$). Sa durée pourra varier en fonction de la mise en œuvre de la végétation retenue (voir paragraphe 8.5.3). Les travaux de confortement font partie intégrante du contrat d'entretien.
- la période d'entretien courant : elle commence après l'obtention d'un taux de couverture $\geq 80\%$.

L'entretien (concernant distinctement le confortement et l'entretien courant) est formalisé par des contrats d'entretien (annexe F) accompagné de la notice technique du système (récapitulatif des opérations à réaliser à demander au détenteur du procédé). L'objectif de l'entretien de la végétalisation est de :

- obtenir et conserver un taux de couverture végétale supérieur à 80 % (voir paragraphe 8.4.2 pour le délai de couverture en fonction des modes de végétalisation) ;
- maîtriser le développement d'espèces adventices (plantes non prévues à l'origine) ;
- assurer le développement durable de la végétation choisie.

13.3.1 CAS DE LA VEGETALISATION EXTENSIVE

13.3.1.1 Période de parachèvement

Les préconisations générales d'entretien sont les suivantes :

- enlèvement des déchets apportés par le vent sur les surfaces végétalisées et les zones stériles ;
- remise en place de la couche de culture en cas de déplacement par le vent ou la pluie ;
- désherbage manuel des végétaux indésirables (adventices) ;
- en cas de défaut de reprise (partiel ou total), opération complémentaire de semis (graines ou fragments de sedum) ou de plantation (de micromottes ou godets) ou d'installation d'éléments précultivés ;
- fertilisation d'appoint selon le diagnostic du tenant du système de végétalisation ;

- nettoyage des dispositifs d'évacuation d'eaux pluviales ;
- arrosage si nécessaire en relation avec les conditions climatiques ;
- autres travaux spécifiques prescrits par le tenant du système de végétalisation.

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.

13.3.1.2 Période de confortement

En période de confortement, les préconisations d'entretien sont identiques à celles prévues pour la période de parachèvement. L'objectif des travaux de confortement est d'obtenir au terme de ceux-ci un taux de couverture au moins égal à 80 %. Hors prescription spécifique du tenant du système de végétalisation, la durée de la période de confortement est indiquée au paragraphe 8.5.3.

Type de végétalisation	Eléments précultivés	Plantation micromottes, godets	Semis
Durée de la période de confortement	3 à 6 mois	1 à 2 ans	1 à 3 ans
Fréquence minimale d'intervention	1 à 2 ^a / an	3 à 4 / an	3 à 4 / an
^a en cas de terrasse ombragée			

NOTE : ne font pas partie des travaux d'entretien, tous travaux de réaménagement de zones (exemple : zone végétalisée localisée permutée en zone stérile – voir paragraphe 8.5.3).

13.3.1.3 Période d'entretien courant

Lors de la période d'entretien courant, les préconisations d'entretien sont identiques à celles de la période de parachèvement. Hors prescription spécifique du tenant du système de végétalisation, la fréquence minimale d'entretien est de 2 passages / an, quelque soit le mode d'installation de la végétation (semis, plantation, éléments précultivés).

13.3.2 CAS DE LA VEGETALISATION SEMI-INTENSIVE

Les préconisations générales d'entretien pour les végétalisations semi-intensives lors des périodes de parachèvement et de confortement sont identiques à celles des végétalisations extensives (voir paragraphe 13.3.1), avec les compléments suivants:

- l'arrosage est indispensable, de même que la maintenance du réseau d'irrigation ;
- les doses et fréquences d'arrosage sont définies et transmises par le tenant du procédé ;
- dans le cas des gazon, la fréquence des tontes est définie par le tenant du procédé. Les déchets de tonte doivent être évacués.
- les plantes semi-ligneuses et ligneuses peuvent faire l'objet de tailles, au même titre que si elles étaient plantées dans le sol naturel.

Lors de la période d'entretien courant, les préconisations d'entretien sont identiques à celles de la période d'achèvement. La fréquence est en général de 4 interventions par an. Elle peut être accrue lors de la période de parachèvement ou de confortement (4 à 6 par an suivant les systèmes).

Annexe A.

Aide à la conception

La prise en compte des éléments ci-dessous permet de réaliser des ouvrages d'une durabilité satisfaisante et répondant aux différentes attentes du maître d'ouvrage.

En tout état de cause, le concepteur doit indiquer dans les Documents Particuliers du Marché que le procédé doit faire l'objet d'un document technique de référence conformément au chapitre 5 des présentes règles professionnelles.

La concertation, en amont du projet, du concepteur avec les professionnels qualifiés est hautement recommandée.

1. Analyse technique de la Terrasses ou de la Toiture Végétalisée (TTV)

Les paramètres à prendre en compte sont les suivants :

1.1 Localisation climatique de la TTV : régime pluviométrique, intensité solaire, vent, gel, ...

1.2 Disposition de la TTV dans la construction et l'environnement :

- zones d'ombre, surplomb,
- visibilité de la TTV : éloignement, angle de vue,
- accessibilité directe à la TTV ; prise en compte :
 - des obligations de sécurité et de protection des personnes ;
 - de l'accessibilité des zones techniques et de la création de chemins de circulation;
 - des nuisances pouvant être amenées par les animaux domestiques.

1.3 Forme géométrique et hauteur de la TTV par rapport au sol

1.4 Pente de la TTV

1.5 Elément porteur : incidence du poids du complexe de végétalisation à CME sur la structure porteuse.

2. Exigence esthétique

Selon les attentes du maître d'ouvrage, le concepteur peut bénéficier des possibilités suivantes :

2.1 Effet immédiat ou différé selon le mode de mise en œuvre : semis de fragments, de semences, micromottes, godets, éléments précultivés.

2.2 Type d'agencement et choix des plantes : caduques, persistantes, floraison, variation des couleurs des feuillages, volume, port, texture,...

3. Exigences particulières

3.1 Rétention temporaire des eaux pluviales

3.2 Niveau d'entretien (exemple : fréquence des visites et consommation d'eau)

Rappel des dispositions obligatoires :

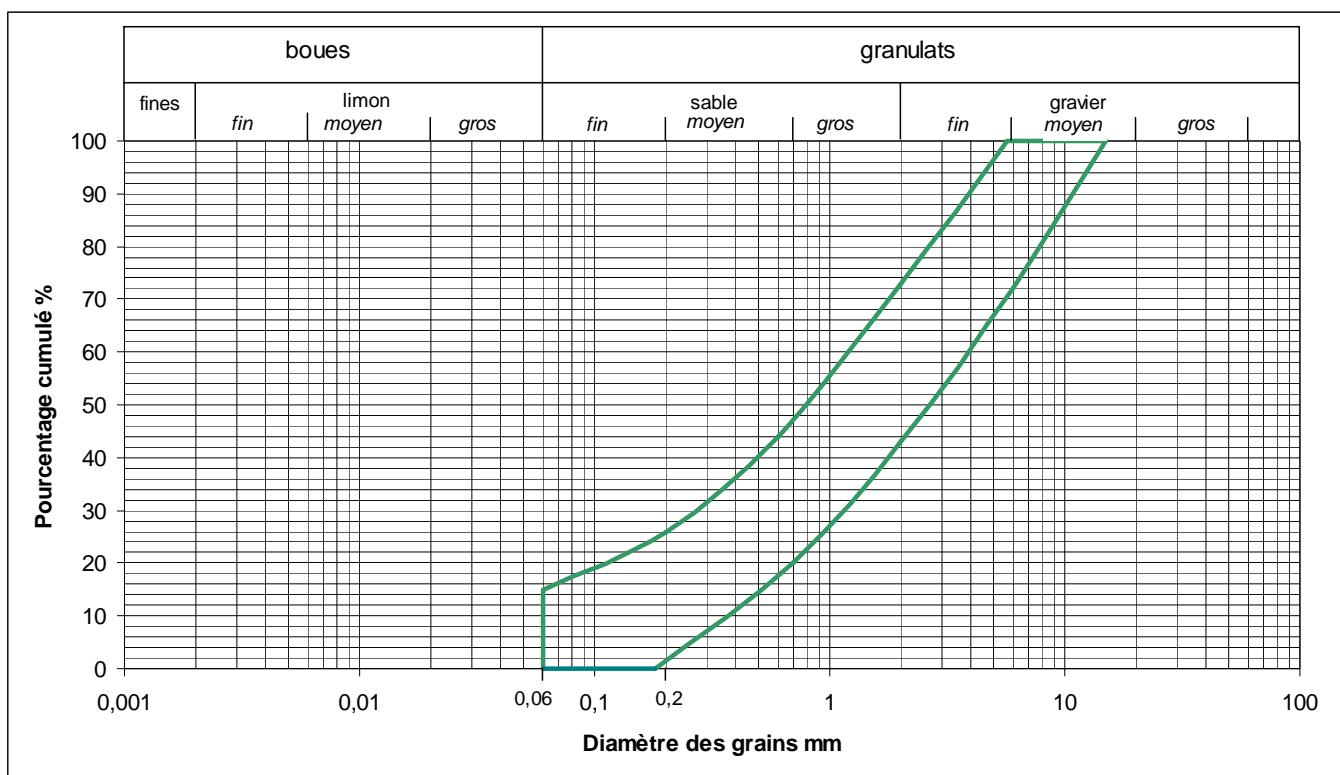
- moyen d'accès aisé en toiture,
- point(s) d'eau en toiture,
- délimitation des chemins de circulation pour accès aux équipements techniques (VMC, climatisation,...).

Annexe B.

Courbe granulométrique des substrats extensifs multicouches

La présente annexe vise à donner des informations complémentaires aux tenants de procédés de végétalisation.

A titre informatif, la courbe granulométrique des substrats extensifs multicouches couramment rencontrés s'insère dans le fuseau reproduit ci-dessous.

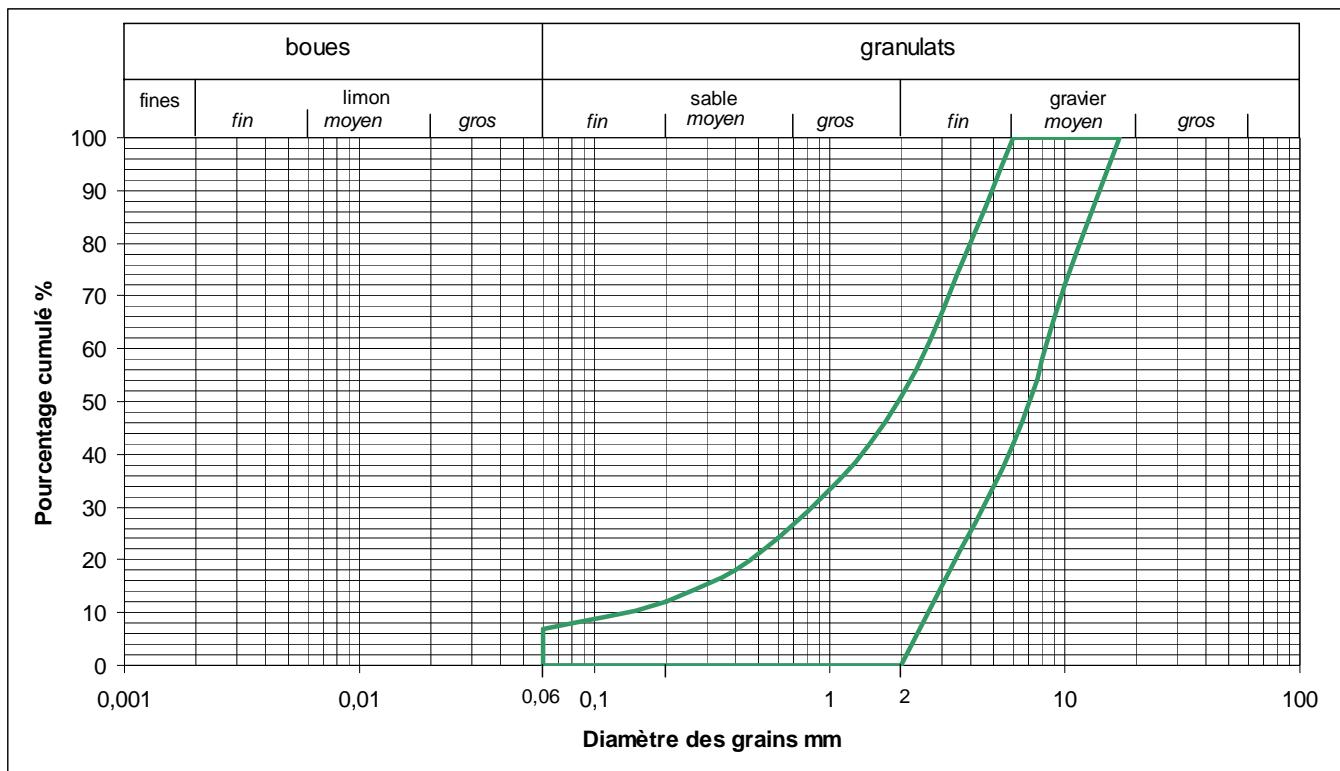


Annexe C.

Courbe granulométrique des substrats extensifs monocouches

La présente annexe vise à donner des informations complémentaires aux tenants de procédés de végétalisation.

A titre informatif, la courbe granulométrique des substrats extensifs monocouches couramment rencontrés s'insère dans le fuseau reproduit ci-dessous.

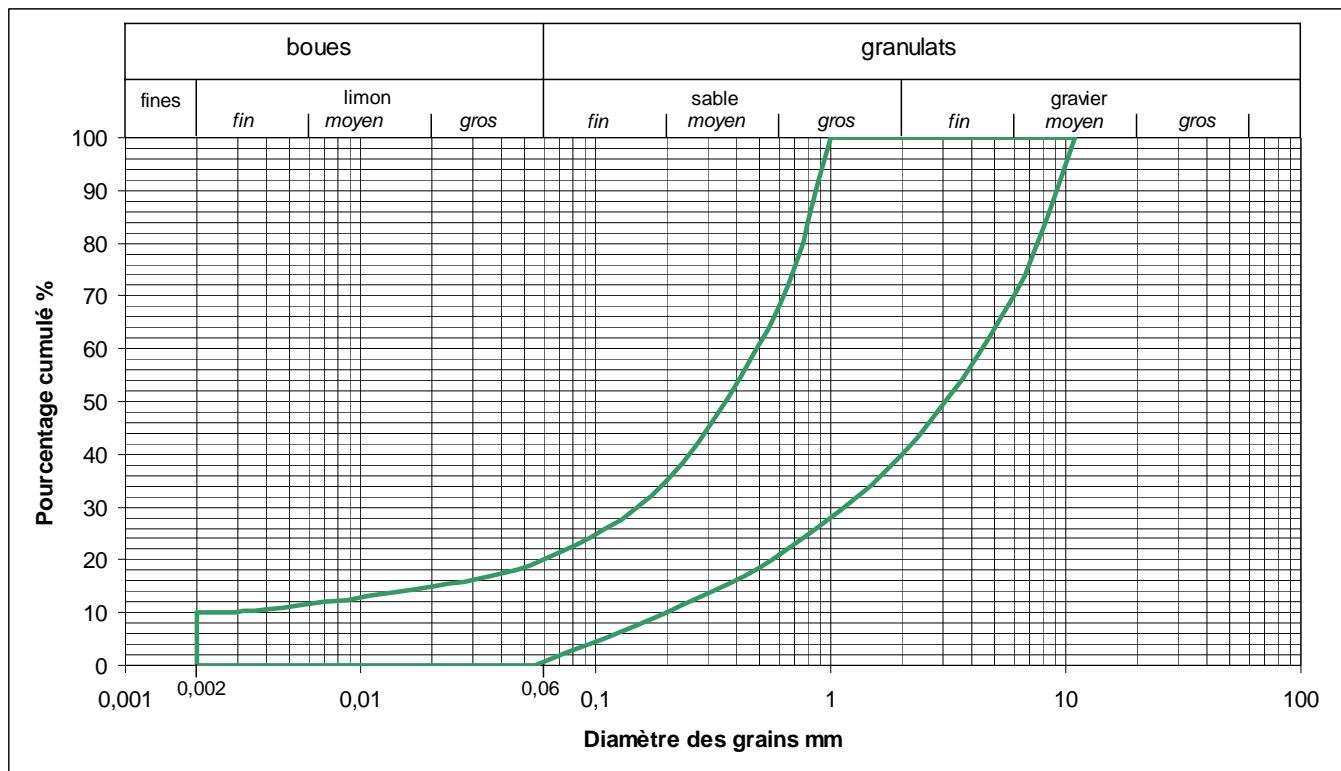


Annexe D.

Courbe granulométrique des substrats semi-intensifs

La présente annexe vise à donner des informations complémentaires aux tenants de procédés de végétalisation.

A titre informatif, la courbe granulométrique des substrats semi-intensifs couramment rencontrés s'insère dans le fuseau reproduit ci-dessous.



Annexe E.

Valeurs indicatives de coefficients de ruissellement et d'imperméabilisation

Le coefficient d'imperméabilisation permet de calculer le volume d'eau rejeté annuellement au dehors de la surface considérée ; si la pluviométrie annuelle moyenne survenant sur une toiture de 1000 m² est de 700 mm (ou litres / m²), une végétalisation extensive induira le rejet de 0,65 x 0,700 m³ x 1000 m², soit 455 m³ au lieu de 700 m³.

Le coefficient de ruissellement est établi sur la compilation d'essais (normalisés en Allemagne) qui prennent en compte des précipitations simulées sur des éprouvettes de grande taille (1,00m x 10,00m).

Type	Epaisseur du complexe de culture	Coefficient d'imperméabilisation	Coefficient de ruissellement
Extensif	Inférieur à 10 cm	0,65	0,8
Extensif	Compris entre 10 et 15 cm	0,50	0,5
Semi-intensif	12 à 30 cm	0,45	0,4

Ces valeurs sont des minima, qui peuvent être pris en compte sous la réserve expresse que le système soit conforme aux exigences des présentes Règles Professionnelles (concernant particulièrement les caractéristiques des substrats et couches de drainage).

Des valeurs optimisées peuvent être présentées dans le document technique de référence d'un tenant de procédé. Celui-ci doit apporter la justification de ses valeurs sur la base de résultats d'essais réalisés par un laboratoire indépendant ou par un institut spécialisé.

Annexe F.

Prescriptions techniques du contrat d'entretien

Terrasses et toitures végétalisées

Définition des prestations de l'entreprise

Extrait de l'annexe au contrat d'entretien selon modèle de la CSFE

A – Entretien du complexe d'étanchéité

- Inspection des ouvrages complémentaires directement visibles, notamment : bandeaux, murs en élévation, acrotères, garde-corps, pénétrations,...
- Nettoyage des orifices d'évacuation des eaux pluviales.
- Enlèvement des mousses, herbes, feuilles mortes, végétations et détritus au droit des zones stériles, nettoyage des joints.

B – Entretien du complexe de végétalisation

- Enlèvement des déchets apportés par le vent sur les surfaces végétalisées.
- Désherbage manuel des végétaux indésirables (adventices).
- Opération complémentaire de semis (graines ou fragments de sedum) ou de plantation (de micromottes ou godets) pour atteindre un taux de couverture $\geq 80\%$.
- Fertilisation d'appoint éventuelle pour soutenir le développement des végétaux.
- Dans le cas où un système d'arrosage automatique est installé, vérification et entretien du système avec purge du réseau avant l'hiver et remise en service en fin de printemps.
- Tonte ou fauchage (graminées).
- Taille (plantes vivaces à feuillage élevé, hampes florales).