

Travaux

de mise en
œuvre et
d'entretien en
végétalisation
de bâtiments

Conception, réalisation et entretien
de toitures végétalisées

N°: **B.C.4-RO** |

Création : avril 2020

Recommandations professionnelles



 chaque
jardin
compte
LES ENTREPRISES DU PAYSAGE

 AITF
Association Interprofessionnelle
des Travaux de Jardinage

 FFP

 Hortis
Les professionnels
d'entretien, culture et vente

Préambule

Les règles et recommandations professionnelles du paysage sont la transcription et l'identification du savoir-faire des entreprises du paysage.

Elles sont rédigées par des professionnels du paysage : entreprises, donneurs d'ordre, enseignants, bureaux d'études, fournisseurs, experts.

Elles sont élaborées en tenant compte de l'état des lieux des connaissances au moment de leur rédaction, et des documents existants sur certains sujets spécifiques. Elles constituent ainsi une photographie des « bonnes pratiques » du secteur.

Elles sont toutes organisées selon le même principe. Ainsi, on y trouve :

- une délimitation précise du domaine d'application ;
- un glossaire détaillé des termes employés dans le document ;
- des prescriptions techniques organisées selon la logique du déroulement de chantier ;
- des points de contrôle, qui donnent les moyens de vérifier la bonne exécution du travail ;
- des annexes techniques pouvant être de différents ordres (compléments techniques spécifiques, exemples de méthodes à mettre en œuvre, etc).

Les règles et recommandations professionnelles du paysage sont applicables à tout acteur concourant à la réalisation et l'entretien d'un ouvrage paysager.

Nota bene : les règles et recommandations professionnelles du paysage n'ont pas pour vocation de remplacer le fascicule 35 mais de le compléter et de l'enrichir. Elles sont bien sûr conformes aux prescriptions générales du fascicule 35 et visent essentiellement à décrire les techniques mises en œuvre et les résultats à obtenir, pouvant s'intégrer notamment dans les CCTP des marchés de travaux.

Avertissement : les réglementations de chantier et celles relatives à la sécurité des personnes ne sont pas abordées dans ces documents. Il va de soi que toutes les activités décrites doivent être réalisées dans le respect de la législation en vigueur.



Document réalisé sous la direction de l'Unep dans le cadre de la convention de coopération signée entre l'Unep et le ministère en charge de l'Agriculture, et dans le cadre de la convention de partenariat signée entre l'Unep et Plante & Cité.

Crédit photo de couverture : Philippe PEIGER®

Une nomenclature spécifique a été retenue pour les règles professionnelles du paysage. Par exemple, le numéro des règles professionnelles « Travaux des sols, supports de paysage » est le P.C.1-R0. La première lettre de la nomenclature sert à identifier l'axe auquel appartient le sujet (axe 1 - P : plantes / axe 2 - C : constructions paysagères / axe 3 - V : végétalisation de bâtiments / axe 4 - N : zones naturelles / axe 5 - S : sols sportifs). Quant à la seconde lettre, elle permet d'identifier les travaux de création (C) ou d'entretien (E). Le premier chiffre est un numéro d'ordre et la mention "Rchiffre" indique le numéro de révision. Les annexes sont indiquées par la mention "Achiffre", placée avant le numéro de révision.

Les règles professionnelles du paysage sont téléchargeables sur le site de l'Unep à l'adresse suivante :

<http://www.lesentreprisesdupaysage.fr/tout-savoir/r%C3%A8gles-professionnelles>

Liste des personnes ayant participé à la rédaction

Comité de pilotage

Jean-Pierre BERLIOZ (Unep, Membre honoraire)
Christophe GONTHIER (Unep, Président de la délégation régionale de l'Unep Auvergne-Rhône-Alpes)
Éric LEQUERTIER (Unep, Vice-président de Plante & Cité)
Thierry MULLER (Unep, Vice-président de QualiPaysage)

Comité de rédaction

Patrice BAUD (Unep)
Thierry MULLER (Unep)
Luc PROTON (Unep)
Pierre-Antoine THÉVENIN (Unep)

Comité de relecture

Marc BARRA (ARB IdF)
Nicolas DE BRIGNAC (Synaa)
Robin DAGOIS (Plante & Cité)
Olivier DAMAS (ArcaGée)
Christelle DAVID (FFP)
Laurent LARGANT (Afaïa)
Guillaume LEMOINE (EPF Nord-Pas-de-Calais)
Xavier MARIÉ (Sol Paysage)
Alain MARTINEAU (Unep)
Irène OUBRIER (Unep)
Philippe PEIGER (Jardin Jade)
Régis TRIOLLET (DGER)

Sommaire

Préambule.....	2
Liste des personnes ayant participé à la rédaction	2
1. Objet et domaine d'application	5
2. Définitions des termes	5
2.1. Les différents types de toitures végétalisées	5
2.1.1. Toiture végétalisée sur mesure	5
2.1.2. Toiture biotope / toiture brune	6
2.1.3. Classification des toitures	6
2.1.4. Toiture biosolaire.....	6
2.1.5. Toiture-terrace technique	6
2.1.6. Toiture inaccessible (au sens du NF DTU 43.1)	6
2.2. Éléments de toiture végétalisée sous le support de culture	11
2.2.1. Couche drainante	11
2.2.2. Couche filtrante.....	11
2.2.3. Protection lourde.....	11
2.2.4. Protection dure	11
2.2.5. Protection meuble	11
2.3. Le support de culture	11
2.3.1. Support de culture.....	11
2.3.2. Substrat	11
2.3.3. Système d'allègement	11
2.3.4. Matière organique	11
2.3.5. CME (Capacité Maximale en Eau).....	11
2.4. La végétation sur toiture	11
2.4.1. Vivace	11
2.4.2. Graminée.....	11
2.4.3. Sedum.....	11
2.4.4. Adventice	11
2.4.5. Bouture	11
2.4.6. Bouturage	11
2.4.7. Semis de graines/semences	11
2.4.8. Rhizome	11
2.4.9. Rouleau précultivé.....	11
2.4.10. Motte.....	12
2.4.11. Micro-mottes.....	12
2.4.12. Godet.....	12
2.4.13. Conteneur	12
2.4.14. Palette végétale.....	12
2.5. Éléments non végétalisés de la toiture	12
2.5.1. Zone stérile	12
2.5.2. Dispositif de séparation	12
2.5.3. Système de retenu	12
2.5.4. Chemin ou zone de circulation reposant sur l'étanchéité	12
2.5.5. Relevé d'étanchéité	12
2.5.6. Rampant.....	12
2.5.7. Emergence	12
2.5.8. Élément rapporté	12
2.5.9. Relief	12
2.5.10. Noue	12

2.6. Vocabulaire de l'arrosage	12
2.6.1. Arrosage intégré.....	12
2.6.2. Arrosage manuel	12
2.6.3. Arrosage par aspersion	12
2.6.4. Arrosage par subirrigation ou arrosage sous-surfacique.....	12
2.6.5. Bulbe hydrique	12
2.6.6. Capacité de rétention d'eau	12
2.6.7. Coefficient d'uniformité (CU)	12
2.6.8. Disconnecteur hydraulique	12
2.6.9. Electrovanne	13
2.6.10. Evapotranspiration	13
2.6.11. Déficit hydrique	13
2.6.12. Goutteur.....	13
2.6.13. Pression dynamique.....	12
2.6.14. Régulateur de pression aval.....	13
2.6.15. Station de pompage.....	13
2.6.16. Tuyau goutte-à-goutte.....	13
3. Description et prescriptions techniques	13
3.1. Contexte assurantiel	14
3.2. Organisation des marchés de végétalisation des toitures	14
3.3. Support de la toiture.....	15
3.4. Revêtement d'étanchéité.....	15
Point de contrôle interne	16
Point de contrôle contradictoire.....	16
3.5. Accessibilité	16
3.6. Sécurité	17
Point de contrôle interne	18
Point de contrôle contradictoire.....	18
3.7. Evacuation des eaux	18
Point de contrôle interne	20
Point de contrôle interne	20
3.8. Support de culture	20
Point de contrôle interne	24
3.9. Palette végétale.....	24
Point de contrôle contradictoire.....	24
3.10. Strate végétale	24
Point de contrôle contradictoire.....	26
Point de contrôle contradictoire.....	27
3.11. Ouvrages particuliers de la toiture	28
3.12. Arrosage.....	35
3.12.1. La question de la nécessité de l'arrosage.....	35
3.12.2. Les besoins d'arrosage.....	35
3.12.3. Mise en place de l'arrosage en toiture.....	35
Point de contrôle interne	36
3.13. Végétalisation sur étanchéité existante - rénovation	37
3.14. Aménagements en faveur de la biodiversité	37
3.15. Entretien des toitures végétalisées.....	39
Point de contrôle interne	42
Point de contrôle contradictoire.....	42
4. Définition des points de contrôle internes et des points de contrôle contradictoires	43
5. Bibliothèque de référence	44
6. Annexes	46
6.1. Liste des plantes interdites spécifiquement sur toitures.....	46
6.2. Exemples d'aménagements de toitures végétalisées.....	47
6.3. Photos des différentes étapes d'une rénovation de toiture végétalisée.....	48

1. Objet et domaine d'application

Le terme *toiture-terrasse* est défini comme un toit aménagé en terrasse, c'est-à-dire *plat* (de pente comprise entre 1 % et 5 %) ou *de pente nulle* (inférieure à 1 %), accessible au public ou non, et pouvant recevoir une circulation.

Une toiture végétalisée ou toiture-terrasse-jardin est une toiture-terrasse recevant de la végétation, formant un écosystème vivant constitué de façon indissociable et structurelle d'une association d'éléments minéraux et organiques (le support de culture) permettant l'installation et le développement d'un cortège faunistique et floristique propre.

Il est possible de végétaliser des toitures *inclinées* (de pente supérieure à 5 %). Toutefois, au-delà de 20 %, aucune technique n'est décrite : un avis technique est nécessaire.

Les règles professionnelles n'ont pas pour vocation de remplacer les normes NF P 84 série 200 (NF DTU de la série 43, désignées ainsi dans ce document) mais de les compléter et de les enrichir.

Si toutes les toitures nécessitent une étanchéité, la spécificité des toitures végétalisées est d'accueillir la végétation, domaine de compétence principal des entreprises du paysage, qui représente la particularité et la valeur ajoutée de ce type de toiture. Le présent document aborde plus spécifiquement les toitures végétalisées sur mesure, étudiées au cas par cas (selon la situation, l'écosystème attendu...), spécialités des entreprises du paysage et à forte valeur environnementale.

L'objet de ce document est également de promouvoir une végétalisation des toitures respectueuses de l'environnement. Les initiatives concourant à cet objectif (comme privilégier les circuits courts, ou limiter les produits à base de pétrole) seront indiquées tout au long du texte.

Ne sont pas concernés :

- la pose de l'étanchéité ;
- les toitures inaccessibles au sens du NF DTU 43.1 (c'est-à-dire non végétalisées, interdites au public et auxquelles le personnel d'entretien n'accède pas plus d'une à deux fois par an – cf. 3.5 Accessibilité et sécurité) ;
- les toitures biosolaires ;
- les façades végétalisées ([cf. règles professionnelles B.C.3-R0 Conception, réalisation et entretien de solutions de végétalisation de façades par bardage rapporté](#) et [B.C.5-R0 Conception, réalisation et entretien de végétalisation de façades par plantes grimpantes](#)).

2. Définitions des termes

2.1. Les différents types de toitures végétalisées

2.1.1. Toiture végétalisée sur mesure

Toiture végétalisée sur laquelle le support de culture est mis en place sans sous-modules précultivés (c'est-à-dire « en pleine

surface »), dans lequel les végétaux sont ensuite plantés ou semés selon un plan de plantation.

Le système sur mesure permet une meilleure adaptation des végétaux à leur milieu (ils sont choisis en fonction des exigences particulières du biotope de la toiture – exposition, environnement, climat), un travail esthétique et paysager plus important ainsi qu'une meilleure réponse aux attentes du client. Ce type de toitures végétalisées s'oppose à celles reposant sur des systèmes précultivés. Elle est applicable à une large amplitude d'épaisseurs de support de culture (selon les trois catégories de la classification des toitures végétalisées).

Les toitures sur mesure devraient être davantage encouragées, dans une perspective de développement durable, par rapport à des systèmes précultivés. Elle permet de concevoir sa propre composition en support de culture et en flore et donc d'aller vers plus de cohérence avec le contexte local (notamment le climat), ce qui est à la base du respect des principes écologiques. De plus, le nombre de sous-composants est généralement plus limité : contenants en plastique, géotextiles, sous-couches, etc. Les gammes standards devraient être évitées et une approche plus « low-tech » de la végétalisation de toitures doit être encouragée.

Un cas particulier de toiture-terrasse sur mesure, dont la conception est guidée en premier lieu par une volonté de développer la biodiversité (choix du maître d'ouvrage, réponse à un référentiel environnemental, proposition de l'entreprise du paysage, etc.), est couramment nommé **toiture-terrasse biodiversée**. Elle se définit par l'implantation d'une diversité biologique de la flore, du sol et de la faune.

Les principes généraux à inclure dans les cahiers des charges pour élaborer des toitures biodiversées sont listés ici. Ils sont proposés par l'Agence Régionale de la Biodiversité en Île-de-France. Ces principes doivent être modulés au cas par cas en fonction du contexte et d'une expertise scientifique.

- L'emploi de systèmes précultivés doit être limité, en privilégiant la plantation en micro-mottes ou en semis, et en choisissant sa propre composition floristique.
- Les variétés locales doivent être privilégiées. Elles peuvent être disponibles auprès de quelques fournisseurs, ou issues des milieux alentour dans le cas d'une conception de la toiture adaptée (utilisation d'un support de culture local, implantation de végétaux prélevés à proximité, acceptation de la flore spontanée, etc.)
- Les strates végétales doivent être diversifiées quand c'est possible et les profondeurs de support de culture doivent varier pour créer des conditions différentes pour la faune. Il est à noter qu'une profondeur de support de culture supérieure à 8 cm permet de retenir suffisamment l'eau de pluie en Île-de-France. La richesse floristique peut être accrue en augmentant la profondeur de plusieurs dizaines de centimètres.
- L'utilisation de terres agricoles importées doit être évitée et des supports de culture de récupération doivent être privilégiés (mélanges de matériaux concassés avec du compost ou terre de récupération).
- Certains aménagements particuliers peuvent être favorables à plusieurs espèces, comme les enrochements, le bois mort ou éventuellement un point d'eau (mare) ou un hôtel à insectes sur le toit.
- Une toiture biodiversée bien conçue ne nécessite pas d'arrosage (même si la toiture change avec les saisons).
- L'entretien des toitures biodiversées doit être minimaliste, voire un simple contrôle (lignes indésirables, déchets, fauche annuelle). Un entretien trop fréquent peut porter atteinte à la biodiversité (fauche ou tonte, piétinement).

- Pour réussir un tel projet, mieux vaut exiger lors de l'appel d'offres la séparation des lots entre l'étanchéité et la végétalisation des toitures.

2.1.2. Toiture biotope/toiture brune

Aussi appelées « brown roof » en anglais, il s'agit de toitures végétalisées sur lesquelles aucun végétal n'est planté ou semé dans le support de culture. La composition de ce dernier permet l'installation d'espèces capables de coloniser la toiture naturellement. Il est parfois possible d'introduire quelques semences ou un dépôt de fauches locales judicieusement choisies pour assurer une colonisation douce d'espèces locales. Un accompagnement est toujours indispensable pour veiller à la bonne évolution de la toiture (sous forme de contrat d'entretien, incluant le nettoyage des exutoires, la suppression de plantes exotiques envahissantes et de ligneux à fort développement...).

2.1.3. Classification des toitures

Une classification ancienne et classique des toitures végétalisées caractérise les systèmes de végétalisation intensive, semi-intensive et extensive. Une certaine ambiguïté est attachée à cette classification, dont les dénominations peuvent désigner le type de gestion ou l'épaisseur du support de culture.

- Toiture-terrace-jardin (système de végétalisation intensive)
NF DTU 43.1 – NF DTU 43.11

Toiture végétalisée dont l'épaisseur du support de culture est supérieure à 30 cm. Le support peut être composé de terre végétale ou d'un mélange plus élaboré. Des systèmes d'allègement sont parfois utilisés sous le support. L'élément porteur de la toiture doit supporter un poids important à CME, il est généralement en béton. La végétation peut comporter toutes les strates d'un espace vert, il s'agit d'un véritable jardin sur un toit.

- Toiture végétalisée semi-intensive

Toiture végétalisée dont l'épaisseur du support de culture est comprise entre 12 et 30 cm. Il est composé majoritairement d'une fraction minérale, et parfois d'un faible pourcentage de terre végétale. L'élément porteur de la toiture doit supporter un poids intermédiaire. La végétation se compose principalement de vivaces (dont les arbustes), à l'exception de la strate arborée, ce qui représente une hauteur de végétation maximale de 80 cm. L'entretien associé est considéré comme intermédiaire.

- Toiture végétalisée extensive

Toiture végétalisée dont l'épaisseur du support de culture est

comprise entre 7 et 12 cm (et exceptionnellement dès 4 cm lorsque les contraintes l'imposent). Le support n'est pas constitué de terre végétale mais de substrat majoritairement minéral. L'élément porteur de la toiture peut ne supporter qu'un faible poids à CME. La végétation se compose principalement de plantes succulentes, résistant à des conditions extrêmes (sécheresse, faible profondeur d'enracinement ou fort ensoleillement, par exemple). Elle pousse souvent sur une hauteur maximale de 20 cm. L'entretien nécessaire est réduit.

- Toiture végétalisée semi-naturelle

La toiture végétalisée est dite semi-naturelle lorsque le support de culture est continu et que les espèces plantées correspondent aux plantes locales, rustiques, et que la végétation sauvage spontanée peut s'implanter. Elle combine les caractéristiques des toitures brunes et des toitures semi-intensives, avec un faible entretien.

Une autre classification, suggérée par de nombreux acteurs du paysage et de l'écologie, repose sur la végétation elle-même. Les toitures végétalisées seraient désignées par le **type de végétation dominante (en proportion de surface)** qu'elles abritent. Cette classification est plus proche de la réalité écologique des toitures végétalisées et lève toute ambiguïté. Elle est étroitement liée à l'épaisseur du support de culture, sa composition et les caractéristiques du milieu en général. On distingue alors :

- les toitures végétalisées à strate muscinale dominante ;
- les toitures végétalisées à strate herbacée dominante ;
- les toitures végétalisées à strate arbustive dominante ;
- les toitures végétalisées à strate arborée dominante.

2.1.4. Toiture biosolaire

Toiture accueillant à la fois de la végétation et des panneaux photovoltaïques. Ces deux composantes installées offrent leurs propres intérêts et améliorent les fonctionnalités de l'autre : l'ombre portée favorise l'accueil de la flore et de la faune, et la végétalisation favorise la baisse de la température des panneaux en fonctionnement.

2.1.5. Toiture-terrace technique

Toiture végétalisée inaccessible au public, dont l'accès est limité à l'entretien d'éléments de toitures.

2.1.6. Toiture inaccessible (au sens du NF DTU 43.1)

Toiture inaccessible au public, dont l'accès est limité à l'entretien peu fréquent d'éléments de toiture non végétalisés.



Photo 1 : toiture accessible au public, forte épaisseur de support de culture, strate arborée (T. Muller).



Photo 2 : toiture biodiverse, accessible au public, forte épaisseur de support de culture, strate arborée (Etude Grooves, ARB Île-de-France).



Photo 3 : toiture biodiverse, accessible au public, épaisseur de support de culture modérée, strate herbacée (Etude Grooves, ARB Île-de-France).



Photo 4 : toiture accessible au public, forte épaisseur de support de culture, strate arborée (Loiseleur Paysage).



Photo 5 : toiture à épaisseur de support de culture modérée, strate herbacée (Terideal).



Photo 6 : toiture à épaisseur de support de culture modérée, strate herbacée (T. Muller).



Photo 7 : toiture à épaisseur de support de culture modérée, strate herbacée (T. Muller).

2.2. Éléments de toiture végétalisée sous le support de culture

2.2.1. Couche drainante

Couche de matériaux minéraux ou synthétiques assurant une libre circulation de l'eau en excès. Elle permet d'éviter une charge trop importante par rétention d'eau ou l'asphyxie des racines par stagnation d'eau. Son épaisseur varie de quelques millimètres à quelques dizaines de centimètres. Certaines couches drainantes constituent également des réserves d'eau.

2.2.2. Couche filtrante

Couche de géotextile ou feutre séparant le support de culture de la couche drainante pour éviter le passage de particules. Il est à noter que la couche filtrante n'est pas anti-racinaire. Dans certains cas, la couche filtrante assure une fonction de rétention d'eau suivant le grammage du textile.

2.2.3. Protection lourde

Couche coulée en place (asphalte, béton...) située sur le revêtement d'étanchéité (avec un film de désolidarisation) et sous la couche drainante, dont le but est de protéger mécaniquement la membrane d'étanchéité. Elle est utilisée principalement sous le support de culture en pleine surface d'une toiture d'agriculture urbaine. Elle peut aussi être utilisée pour les zones de circulation technique, et elle est dans ce cas au-dessus de la couche filtrante.

2.2.4. Protection dure

Couche formée le plus souvent de dalles alvéolées remplies de gravillons ou de support de culture, situés sur la couche filtrante et drainante, et sous le support de culture. Son but est de protéger mécaniquement la membrane d'étanchéité. Elle est utilisée principalement en cas d'agriculture urbaine.

2.2.5. Protection meuble

Lit de sable ou de granulats de type gravier roulé très fin situé sur la couche filtrante et drainante, sur lequel sont posés des dalles ou pavés pour les zones de circulation.

2.3. Le support de culture

2.3.1. Support de culture

Complexe minéral et/ou organique utilisé comme milieu de culture pour les végétaux. Sa mise en œuvre aboutit à la formation d'un milieu dont la porosité en air et en eau permet l'ancrage des organes absorbants des plantes et leur mise en contact avec les substances nécessaires à leur croissance.

2.3.2. Substrat

Support de culture constitué d'un mélange recomposé de matières minérales et de matières organiques.

2.3.3. Système d'allègement

Ensemble de matériau peu dense, disposé en couche sous le support de culture ou mélangé au substrat. Exemple : polystyrène, billes d'argile, laine de roche... Les systèmes d'allègement les plus écologiques doivent être privilégiés.

2.3.4. Matière organique

Matière résultant de processus biologiques, provenant des organismes vivants végétaux et animaux. Elle est dégradée pour être assimilée par les végétaux.

Il faut distinguer la matière organique fraîche (litière) et la matière organique humifiée stable (également appelée humus). La première se transforme en la seconde sous l'action de l'activité biologique.

2.3.5. CME (Capacité Maximale en Eau)

Proportion d'eau maximale que le support de culture peut retenir à saturation. La CME entre en compte dans le calcul de la charge de la toiture. La CME ne représente pas la quantité d'eau disponible pour les végétaux. Elle s'exprime en pourcentage volumique (%vol).

2.4. La végétation sur toiture

2.4.1. Vivace

Plante non ligneuse vivant plusieurs années (à la différence des plantes annuelles et bisannuelles). Elle se caractérise par un organe de réserve (rhizome, tubercule, bulbe, bourgeon souterrain...).

2.4.2. Graminée

Plante monocotylédone de la famille des Poacées, caractérisée le plus souvent par une tige creuse, des feuilles rubanées à gaine et des inflorescences en épis.

Les herbes des prairies, des gazons et les céréales sont toutes des exemples de graminées, famille qui compte près de 12 000 espèces.

2.4.3. Sedum

Plante succulente de la famille des Crassulacées, à feuilles charnues, adaptée aux milieux arides et aux substrats rocailleux. Il existe plus de 600 variétés de sedums, dont une centaine environ est utilisée sur des toitures végétalisées. Le terme vernaculaire français est orpin.

2.4.4. Adventice

Espèce végétale qui se développe spontanément, non désirée, avec la végétation implantée. Par abus de langage, les adventices sont souvent appelées les « mauvaises herbes » (on préférera l'expression « herbes indésirables »).

Toute végétation spontanée n'est pas indésirable. Il est possible d'accompagner son développement pour créer une esthétique paysagère et limiter certains cas de figure (une espèce trop dominante par exemple), et l'évolution naturelle de l'écosystème de la TTV, adapté aux conditions locales.

2.4.5. Bouture

Fragment de végétal susceptible de s'enraciner. Il s'agit d'une reproduction végétative. Dans le cas des toitures végétalisées, les fragments sont disséminés manuellement ou, principalement pour les sedums, par projection (*hydroseeding*, ou ensemencement hydraulique).

2.4.6. Bouturage

Mode de multiplication permettant d'obtenir une nouvelle plante à partir d'un fragment d'un pied mère, appelé bouture.

2.4.7. Semis de graines/semences

Répartition de graines ou de semences dans un support de culture préparé à les recevoir. Les graines sont issues de la reproduction sexuée des végétaux.

2.4.8. Rhizome

Partie souterraine et parfois subaquatique de la tige de certaines plantes vivaces.

2.4.9. Rouleau pré-cultivé

Végétation pré-cultivée sur un géofilet biodégradable dans un lieu autre que la toiture-terrasse pendant plusieurs mois, et destinée à être posée sur une toiture-terrasse en vue de sa végétalisation immédiate.

2.4.10. Motte

Conditionnement d'un arbre ou arbuste transplanté depuis son lieu de culture avec un certain volume de terre autour du système racinaire (maintenu par un filet, une toile, etc.).

2.4.11. Micro-mottes

Conditionnement de petites plantes produites sur des plaques de culture.

2.4.12. Godet

Petit récipient contenant une plante et un certain volume de support de culture, souvent de section carrée. Les formats les plus courants sont 8/8 et 9/9 (longueur/largeur en cm).

2.4.13. Conteneur

Récipient contenant une plante et un certain volume de support de culture, majoritairement cylindrique. Les différents formats contiennent de 1 litre à plusieurs milliers de litres.

2.4.14. Palette végétale

Expression désignant une association harmonieuse de végétaux sélectionnés selon différents critères, notamment esthétiques, biologiques et écologiques.

2.5. Éléments non végétalisés de la toiture

2.5.1. Zone stérile

Zone qui doit être réalisée entre chaque surface plantée et les relevés d'étanchéité. Elle doit être drainante et ne pas contenir de support de culture ni de végétation, dans le but de faciliter l'entretien et la vérification des relevés d'étanchéité.

2.5.2. Dispositif de séparation

Élément vertical séparant les surfaces plantées des autres zones de la toiture (notamment les zones stériles). Le dispositif empêche la migration du support de culture. L'eau doit pouvoir circuler entre les zones séparées.

2.5.3. Système de retenue

Ensemble d'éléments empêchant le glissement du support de culture dans le cas de toitures en pente. Il s'agit principalement de butées rigides en bas de rampant (cf. 2.5.6), ou d'éléments verticaux répartis dans les surfaces plantées pour retenir le support de culture, à la manière des dispositifs de séparation.

2.5.4. Chemin ou zone de circulation reposant sur l'étanchéité

Zones spécifiquement aménagées pour la circulation et séparées des surfaces plantées par un dispositif de séparation. Elles sont principalement utilisées dans le cas de toitures inaccessibles au public, pour accéder à des émergences techniques, ou sur des toitures accessibles dont les surfaces plantées sont interdites d'accès.

2.5.5. Relevé d'étanchéité

Revêtement d'étanchéité vertical, appliqué sur un relief (comme un acrotère, par exemple). Il s'agit le plus souvent de la continuité du revêtement d'étanchéité courant de la toiture.

2.5.6. Rampant

Tout plan incliné sur une toiture est qualifié de rampant. Il peut donc y en avoir plusieurs sur une même toiture.

Les bas de rampant désignent le(s) bord(s) à la plus faible altitude d'un même rampant.

2.5.7. Émergence

Élément émergeant du plan de la toiture. Par exemple : crosse, cheminée, édicule d'ascenseur, etc.

2.5.8. Élément rapporté

Élément posé et lesté sur le complexe d'étanchéité, avec les protections mécaniques nécessaires. La mise en œuvre de ces éléments rapportés doit toujours être soumise à l'approbation d'un bureau de contrôle.

2.5.9. Relief

Émergence présentant un relevé d'étanchéité.

2.5.10. Noue

Ligne rentrante formée par l'intersection de deux versants (noue centrale) ou par l'intersection d'un versant et d'un relief (noue de rive). Elle permet de collecter les eaux pour les guider vers un exutoire.

2.6. Vocabulaire de l'arrosage

2.6.1. Arrosage intégré

Système d'arrosage dont les composants s'intègrent de manière harmonieuse et esthétique au site, dans la végétation, sur ou dans le sol, sans entraver les tâches de maintenance. Les canalisations, les commandes et les arroseurs sont installés de manière pérenne sous la terre.

2.6.2. Arrosage manuel

Pratique d'arrosage exigeant une intervention manuelle pour le déclenchement et l'arrêt de chaque secteur d'arrosage. Elle peut être effectuée par arrosoir, à l'aide d'un simple tuyau d'arrosage branché sur le point d'eau, d'une lance ou d'asperseurs mobiles.

2.6.3. Arrosage par aspersion

Technique d'arrosage qui consiste à distribuer l'eau sous forme d'une pluie artificielle à l'aide d'appareils à jets fixes ou à jets rotatifs.

2.6.4. Arrosage par subirrigation ou arrosage sous-surfacique

Système d'arrosage sous terre composé principalement d'un réseau de goutteurs qui diffusent l'eau au niveau des racines.

2.6.5. Bulbe hydrique

Dans le cas d'un arrosage goutte à goutte, zone humide du support de culture formée autour de chaque goutteur.

2.6.6. Capacité de rétention d'eau

Quantité d'eau maximale retenue par une couche de sol dans des conditions environnementales données (habituellement exprimée en millimètres d'eau par centimètre de sol – mm/cm). Pour en savoir plus, se référer à la règle professionnelle [P.C.1-R0 « Travaux des sols, supports de paysage »](#).

2.6.7. Coefficient d'uniformité (CU)

Indicateur de qualité de l'arrosage, traduisant l'homogénéité de l'apport en eau sur une surface définie.

2.6.8. Disconnecteur hydraulique

Système antipollution muni d'un double clapet antiretour avec soupape de décharge, destiné à isoler le réseau d'arrosage du réseau d'eau potable. Il peut être contrôlable ou non.

2.6.9. Électrovanne

Vanne automatique à commande électrique, permettant l'ouverture et la fermeture du passage de l'eau vers les jets. La tension est de 9 V ou 24 V maximum, à courant continu (DC) ou alternatif (AC).

2.6.10. Évapotranspiration

Quantité d'eau transférée du sol vers l'atmosphère par évaporation de l'eau du sol et transpiration des plantes. Elle est mesurée en mm/h ou en mm/j.

Pour plus de précisions concernant l'évapotranspiration potentielle, l'évapotranspiration maximale ou l'évapotranspiration réelle, se reporter à la règle professionnelle du paysagiste [P.C.6-R0 « Conception des systèmes d'arrosage »](#) (page 9).

2.6.11. Déficit hydrique

Différence entre la quantité d'eau transpirée par la plante et la quantité d'eau absorbée lorsque la seconde est inférieure à la première. Une plante ayant un déficit hydrique est dans une situation de stress hydrique.

2.6.12. Goutteur

Émetteur d'eau prévu pour créer un arrosage localisé. Débit inférieur à 20 l/h, pour irrigation localisée, en surface ou enterré. Il peut être piqué sur le tube, en dérivation ou intégré au tube. Les goutteurs peuvent être turbulents ou autorégulés (avec compensation de pression).

2.6.13. Pression dynamique

Pression exercée par un liquide en mouvement sur les parois d'une canalisation ou à la buse d'un asperseur. Elle se mesure en bar ou kPa. Elle est la pression de référence utilisée pour le dimensionnement du réseau.

2.6.14. Régulateur de pression aval

Appareil permettant de maintenir une pression aval prédéfinie inférieure ou égale à la pression amont. Il peut être réglable ou fixe.

2.6.15. Station de pompage

Installation constituée d'une ou plusieurs pompes, comprenant tous les équipements et accessoires nécessaires à l'acheminement de l'eau vers le réseau.

2.6.16. Tuyau goutte-à-goutte

Tube auquel sont intégrés des goutteurs, disposés à intervalles réguliers, autorégulants ou non. Les tuyaux goutte-à-goutte peuvent être suspendus, placés à même le sol, sous paillage ou enterrés.

3. Description et prescriptions techniques

Plusieurs critères conditionnent la conception et la réalisation d'une toiture végétalisée : le support (et les éléments structurants) détermine le poids maximal autorisé et donc l'épaisseur du support de culture et le type de végétation ; le type d'étanchéité implique des poses particulières du support de culture ; les détails du marché conduisent à des organisations spécifiques ; les caractéristiques du milieu (dont le support de culture) qui oriente le choix de la palette végétale ; l'accessibilité ; la pente ; les attentes du client ; les contraintes d'urbanisme et autres contraintes spécifiques.

Le schéma suivant indique les étapes principales de la création d'une toiture végétalisée par une entreprise du paysagisme.



Figure 1 : schéma de planification de la réalisation d'une toiture végétalisée.

La pérennité d'une toiture dépend de l'entretien qui en sera fait. Il est indispensable pour éviter une dégradation de l'ouvrage lui-même et des ouvrages adjacents. Il est fortement conseillé au maître d'ouvrage de prévoir un contrat d'entretien dès la rédaction du marché, et à l'entreprise du paysage d'en proposer. Les dispositions d'exploitation (charges supplémentaires, nécessité de protection lourde ou non, accès selon les usages...) sont à prévoir dès la conception et doivent être maintenues tout au long de la durée de vie de l'ouvrage.

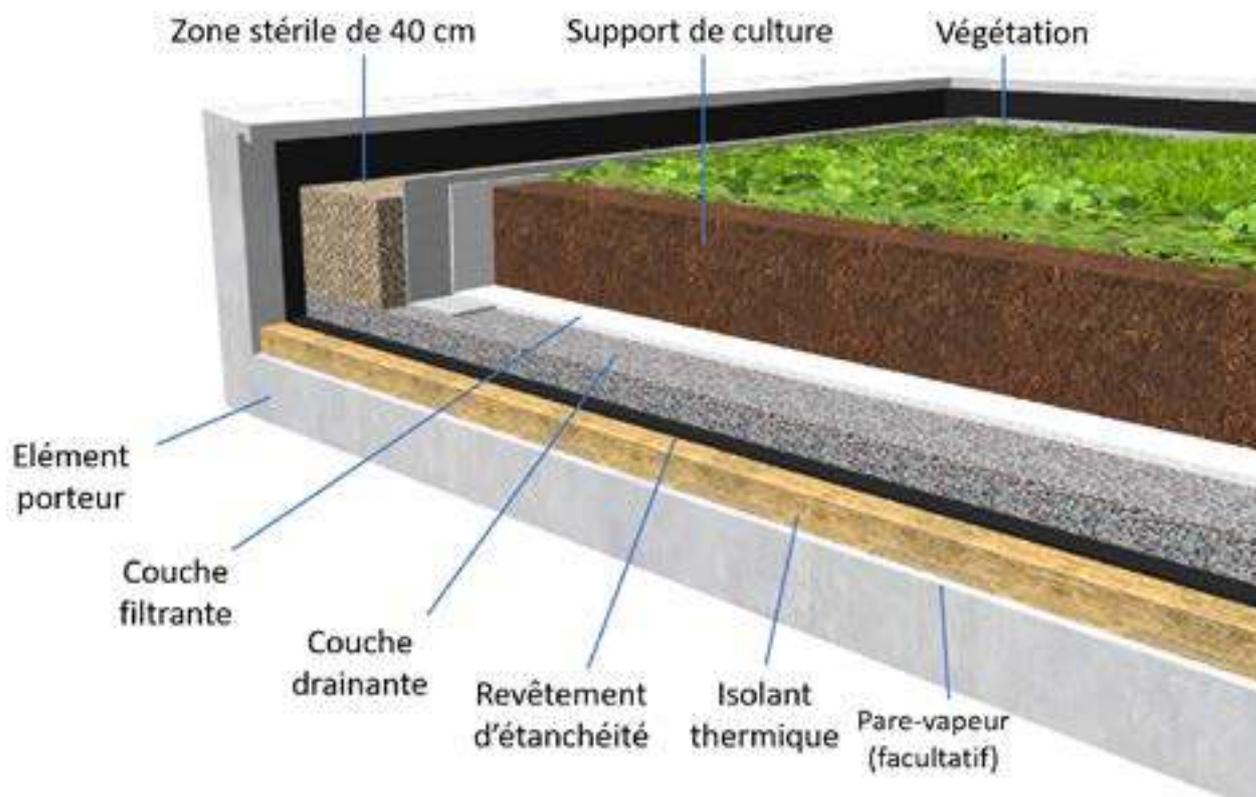


Figure 2 : schéma en coupe d'une toiture végétalisée (dessin de Cédric Houel).

3.1. Contexte assurantiel

Les travaux de végétalisation de toitures ne doivent en aucun cas être engagés sans les assurances adéquates, en particulier la responsabilité décennale (RD) qui sera sollicitée en cas d'atteinte à la solidité de l'ouvrage ou de l'impropriété à destination. Il s'agit par exemple d'une couche drainante mal réalisée, d'une surcharge ponctuelle entraînant un désordre structurel (comme les conséquences d'un exutoire bouché), ou d'une atteinte à l'étanchéité.

Par défaut, les assurances responsabilité civile (RC) et décennale des entreprises du paysage n'incluent pas l'aménagement de toitures végétalisées. L'entreprise doit donc spécifiquement déclarer cette activité à son assureur et contracter l'extension d'assurance adaptée, et ce avant de répondre au marché.

3.2. Organisation des marchés de végétalisation de toitures

Un lot peut être dédié à la mise en place de la végétation. C'est ce que préconise l'article L.2113-10 du code de la commande publique : « *les marchés sont passés en lots séparés, sauf si leur objet ne permet pas l'identification de prestations distinctes* ». La séparation des lots est également préconisée par l'Agence Régionale de la Biodiversité en Île-de-France pour la réalisation de toitures végétalisées biodiverses.

Il est également possible de prévoir un lot unique incluant l'étanchéité, la fourniture du support de culture et la mise en place de la végétation. Il y a alors deux cas de figure : les différents corps de métier répondent en un groupement d'entreprises cotraitantes (solidaire ou conjoint) ; ou le marché est confié à une entreprise titulaire qui fait appel à des sous-traitants.

Les organisations en lots séparés, ou en lot unique dont l'entreprise du paysage est mandataire, permettent une relation directe entre le maître d'ouvrage et le paysagiste chargé de la mise en place de la végétation. Cela facilite l'adaptation éventuelle du projet à la situation de terrain, et une bonne prise en compte des aspects paysagers et environnementaux.

3.3. Support de la toiture

Différents matériaux sont utilisés pour l'élément porteur de la toiture :

- le béton (maçonnerie ou béton cellulaire) ;
- l'acier, sous la forme de tôles nervurées ;
- le bois (ou panneaux dérivés du bois).

Ces supports sont régis par des normes (cf. 5. Bibliothèque de référence – Supports).

Le béton, du fait de sa résistance, est généralement le support des systèmes de végétalisation à fortes épaisseurs de support de culture (plus de 30 cm). De plus, d'après les DTU de la série 43, seuls les éléments porteurs en béton permettent l'accessibilité au public.

La surcharge due à la végétalisation ne doit pas porter atteinte à la stabilité du support.

L'entreprise du paysage calcule la charge liée à la végétalisation de la toiture selon l'épaisseur des différents éléments, exprimée en décanewtons par mètre carré (daN/m²), l'unité couramment utilisée afin d'exprimer la charge mise en œuvre sur une surface donnée de toiture. Elle soumet son calcul au bureau d'études/maître d'œuvre pour validation. Le calcul inclut :

- les charges permanentes, comprenant la charge du complexe isolation-étanchéité, la charge des éléments de végétalisation à CME (couches drainantes, couche filtrante, support de culture et cheminements, végétation elle-même) et la charge du mobilier fixe (agrès, sculptures, bancs...);
- une charge de sécurité ;
- la valeur la plus élevée entre les charges d'entretien, la charge climatique et les charges d'exploitation (cf. NF DTU 43.1).

Les indications suivantes sont utiles pour le calcul.

- La masse volumique d'une terre végétale à CME atteint 2,5 T/m³ et plus.
- La végétation a une charge par défaut (en l'absence de calcul plus précis) de 15 daN/m². Cette même valeur peut être utilisée pour la charge des amendements dans le cas de l'agriculture urbaine.
- La charge de sécurité est de 15 daN/m² (100 daN/m² si les éléments porteurs sont en bois).
- Les charges d'entretien sont fixées par défaut à 100 daN/m².
- La charge climatique tient compte de la neige, du vent, et de la pluie dans le cas d'une toiture-terrasse destinée à la retenue temporaire des eaux pluviales.
- Les charges d'exploitation sont souvent comprises entre 150 et 600 daN/m², qui couvre l'usage normal, les objets mobiles, les événements rares prévus (conduisant à une concentration de personnes ou d'objets), ou encore les véhicules (le cas échéant).

Élément porteur	Pente
Maçonnerie	0 à 20 %
Dalles en béton cellulaire autoclavé armé	1 à 20 %
Tôles d'acier nervurées	3 à 20 %*
Bois et panneaux dérivés du bois	3 à 20 %*

* Dans le cas des supports bois et acier, la valeur de 3 % indiquée ici est une convention pratique adoptée en première approximation, en l'absence de justification ; la pente réelle de la toiture doit en fait être strictement supérieure à 1 %.

Attention : les revêtements d'étanchéité à base d'asphalte conformes au DTU ne sont pas admis pour les pentes supérieures à 3 % ; certains sont admis pour des pentes de 3 à 5 % dans le cadre de leur document technique d'application.

NB : en climat de montagne, une étude doit être réalisée pour déterminer les pentes admises.

Tableau 1 : pentes admises selon le type d'élément porteur.

Système de végétalisation	Strate muscinale dominante	Strates herbacée et arbustive dominantes	Agri-culture urbaine	Strate arborée dominante
Épaisseur du support de culture	4 à 12 cm	12 à 30 cm	15 à 50 cm	Plus de 30 cm
Pente	0 à 20 %	0 à 5 %*	0 à 5 %	0 à 5 %
Ordre de grandeur de la charge apportée par le support de culture	80 à 150 daN/m ²	150 à 350 daN/m ²	250 à 800 daN/m ²	Plus de 350 daN/m ²

Au-delà de 20 % de pente, le système n'est pas couvert par les NF DTU 43. Un ATEX est nécessaire.
* 0 à 20 % si toiture inaccessible au public.

Tableau 2 : systèmes de végétalisation en fonction de la pente et de l'épaisseur de support de culture.

3.4. Revêtement d'étanchéité

Il existe différents types de revêtements d'étanchéité.

- Les bâches en EPDM (éthylène-propylène-diène monomère) prennent la forme de lés de grandes dimensions. Certains revêtements en EPDM sont même fabriqués sur mesure et prédécoupés. Ils sont posés en indépendance (c'est-à-dire non solidaires du support). Ces bâches ne sont valables que pour une végétalisation par tapis de sédum ou cassettes pré-végétalisées en raison de leur assemblage par vulcanisation (à froid) : les documents techniques ne garantissent pas l'étanchéité pour des épaisseurs de support de culture moyenne à importante, car le développement des systèmes racinaires risque de pénétrer les jonctions.

- Les revêtements en PVC (polychlorure de vinyle) sont composés de lés thermosoudés sans chalumeau. Ils sont posés en indépendance. La soudure est bien plus efficace que les jonctions des bâches EPDM, elle est résistante aux racines. Des supports de culture de plusieurs dizaines de centimètres d'épaisseur sont alors possibles.

Les revêtements par membrane synthétique en TPO (polyoléfine thermoplastique) ont des caractéristiques proches des revêtements en PVC. Ils sont plus résistants aux agressions extérieures (UV, ozone...), ce qui rend les relevés d'étanchéité plus durables.

- Les revêtements d'étanchéité à base de bitume sont des rouleaux enduits d'un mélange bitumineux. Le rouleau est déroulé et chauffé à la flamme à l'avancement pour adhérer au support. Il s'agit de la méthode la plus utilisée à l'heure actuelle.

- Une étanchéité réalisée à l'asphalte est mise en œuvre par un revêtement à base d'asphalte coulé sur un papier kraft en contact avec le support.

Tous les revêtements d'étanchéité doivent intégrer une protection anti-racine ou être résistants à la pénétration des racines (selon la norme NF EN 13948). Une résistance au poinçonnement suffisante est également requise (classe I5 du classement FIT des étanchéités de toiture par le CSTB).

Dans le cas d'étanchéité en indépendance, le paysagiste doit déposer le lestage provisoire mis en place par l'entreprise d'étanchéité à l'avancement de la mise en place du complexe drainant-filtrant et du support de culture.

La **protection anti-racinaire** peut être assurée de deux manières différentes : chimique ou mécanique. La protection chimique repose sur un produit phytopharmaceutique ajouté au mélange de la membrane d'étanchéité, qui empêche ainsi les racines de se développer contre la membrane. Toutefois, cet additif peut se dissoudre et s'accumuler dans les eaux d'infiltration du support de culture, risquant de polluer la toiture elle-même

mais aussi les milieux en aval. La protection mécanique consiste en une membrane anti-racine qui résiste mécaniquement à leur pénétration. L'étanchéité elle-même peut présenter cette propriété, mais il est aussi possible de placer une membrane anti-racine sur l'étanchéité (en PVC par exemple).

Point de contrôle interne

Si l'entreprise du paysage réalise la pose d'une protection anti-racinaire, elle doit veiller particulièrement à ce que les recouvrements des lés entre eux soient adaptés à la technique de solidarisation (soudure ou collage) et que cette dernière soit correctement réalisée. L'entreprise vérifie également que les relevés d'étanchéité sont conformes.

Point de contrôle contradictoire

Le paysagiste doit assurer la réception de l'étanchéité avant de procéder à ses travaux.

Le meilleur test de réception se fait en inondant la toiture pendant 24 heures pour s'assurer que l'étanchéité remplit bien son rôle. Cette opération de mise en eau représente un coût qui doit être prévu dans le marché de l'étancheur pour éviter un surcoût non anticipé. Elle est plus compliquée à réaliser sur un toit en pente, mais elle est possible grâce à des arroseurs.

Faute de mise en eau, une inspection visuelle avec le maître d'œuvre et l'étancheur si possible est le minimum attendu. Une attention particulière est portée à la présence d'accrocs ou de décollements visibles.

Les exutoires sont inventoriés et contrôlés afin de s'assurer qu'ils ne soient pas obstrués, qu'ils fonctionnent correctement.

L'étanchéité doit être libre de tout déchet et de tout stockage.

Le protocole de mise en œuvre des matériaux (couche drainante et support de culture) doit être validé par le bureau de contrôle et l'entreprise d'étanchéité.

3.5. Accessibilité

Le concepteur doit tenir compte de l'accessibilité de l'ouvrage en phase chantier et en phase d'exploitation (personnel d'entretien, voire le suivi, et l'éventuel accès au public).

Au nom de son devoir de conseil, l'entreprise du paysage doit informer les maîtres d'œuvre et d'ouvrage de ses besoins concernant l'accès du personnel ou le stockage des matériaux, que ce soit en phase chantier ou pour l'entretien. Par ailleurs, l'entreprise du paysage qui envisage l'utilisation de moyens d'accès particulier (comme une grue en phase de chantier, ou encore un monte-charge) doit le formaliser par écrit en phase d'étude et le chiffrer dans les contrats.

Une toiture végétalisée inaccessible au public et dont l'accès est limité à l'entretien d'éléments de toitures est dite **toiture-terrasse technique** au sens du NF DTU 43.1. Son accès est réservé au personnel d'entretien. Les dispositions pour les interventions sur toiture doivent être mentionnées dans le dossier de maintenance de l'ouvrage ou dans le dossier d'interventions ultérieures de l'ouvrage, selon le Code du travail.

Si la toiture est accessible au public, notamment dans le cas des toitures-terrasses-jardins, elle est dite **toiture-terrasse accessible aux piétons/véhicules** au sens du NF DTU 43.1 (elle supporte alors des charges de circulation piétonne/de véhicules, et des charges statiques « de séjour/stationnement »).

Une toiture-terrasse accessible aux piétons peut contenir des zones techniques (accessibles uniquement pour l'entretien d'éléments de toiture).



Photo 8 : toiture-terrasse accessible aux véhicules légers (Terideal).

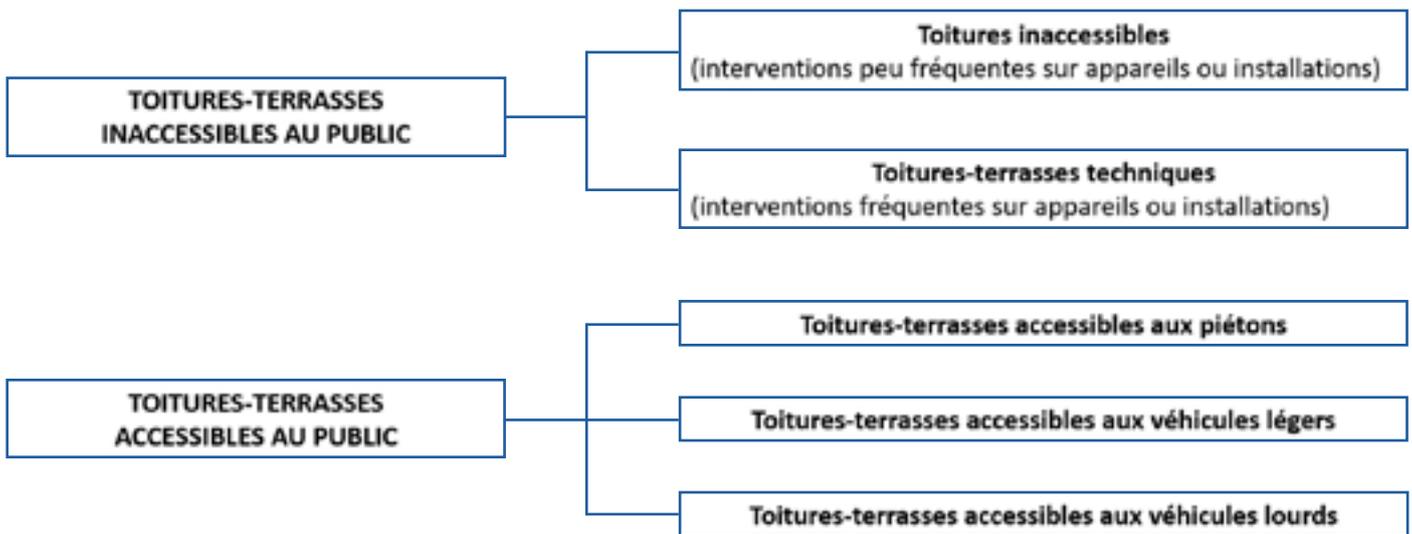


Figure 3 : schéma de la classification des toitures selon leur destination au sens du NF DTU 43.1.

Quelles toitures peuvent être accessibles au public ?

L'accessibilité au public implique avant tout que l'élément porteur supporte des charges de circulation et des charges statiques « de séjour ». Par ailleurs, l'accessibilité au public n'est possible que sur un support béton de pente nulle ou plat (de pente inférieure à 5 %) selon le NF DTU 43.1. Dans le cas contraire, une étude structure est nécessaire.

Le type de végétation ou l'épaisseur du support de culture ne préjugent pas de l'accessibilité au public. Une toiture présentant une épaisseur de substrat très faible peut être accessible au public si l'élément porteur le permet et si des éléments de circulation sont prévus. À l'inverse, certaines toitures comportant une végétation conséquente sont interdites au public, par exemple parce que toute la charge disponible a été consacrée à la végétation afin de privilégier l'esthétique et la biodiversité.

NB : si la toiture d'un Établissement Recevant du Public (ERP) est accessible au public, les personnes à mobilité réduite doivent pouvoir y accéder, par un ascenseur ou une rampe adaptée.

*CAS PARTICULIER – Toiture accessible aux véhicules
La pente minimale est de 2 %.*

Quel accès à la végétation ?

Une toiture accessible au public ne signifie pas nécessairement que le public peut marcher sur le support de culture et les végétaux. Le gestionnaire ou le propriétaire autorise l'accès à la végétation en fonction de la résistance de celle-ci, de la fragilité de l'écosystème créé ainsi que des objectifs esthétiques et de gestion. L'entreprise du paysage peut formuler des préconisations dans le cadre des consignes d'entretien du Dossier d'Interventions Ultimeures sur l'Ouvrage (DIUO), en lien avec le maître d'ouvrage.

L'accès du public peut ainsi être restreint aux zones non végétalisées (dans le cas de toitures partiellement végétalisées) ou limité à certaines zones pour éviter d'endommager certains végétaux ou de perturber un habitat particulier pour la biodiversité. Les consignes d'accès à la végétation peuvent aussi varier au cours de l'année : par exemple, l'accès à une prairie fleurie peut être autorisé à l'intersaison après la fauche, mais interdit lorsque les plantes reprennent pour éviter tout dommage.

Comme dans un jardin, les gazons bien entretenus, sur un support de culture suffisamment minéral, supportent facilement une circulation modérée. Il est aussi possible de prévoir des éléments de circulation piétonne, ponctuels ou continus (pas japonais, rivières de galets, etc.), adaptés à la capacité d'accueil de la toiture et à la fréquence des visites.

Cas de l'accès aux toitures-terrasses techniques conçues pour l'agriculture urbaine

L'entretien de ces toitures requiert l'utilisation d'outils et le transport de charges. La toiture doit donc être accessible par un escalier, un ascenseur, ou préférablement par un monte-charge. Un accès par des échelles, quel que soit leur type, est proscrit.

3.6. Sécurité

Le Code du travail (quatrième partie) rend chaque employeur responsable de la sécurité de ses employés et de la prévention des risques. En particulier, le Code du travail définit les conditions de mise en place des protections collectives et individuelles (articles L4121-1 à 5) et aborde tout spécialement les travaux sur toitures (articles R.4534-85 à 94). Il est notamment interdit de travailler sur des toits rendus glissants par les circonstances atmosphériques (article R4323-68), sauf s'il existe des dispositifs de protection installés à cet effet.

Sécurité du personnel en phase de chantier

Plusieurs entreprises interviennent sur le chantier, et la mise en place de dispositifs de sécurité dépend de différents acteurs. Bien souvent, le lot du gros œuvre est en charge de la mise en place des dispositifs de sécurité pour l'ensemble des entreprises intervenant sur le chantier. L'entreprise du paysage doit alors s'assurer de la bonne mise en place de ces dispositifs avant d'intervenir. À défaut, l'entreprise du paysage doit se charger de la mise en place de ses propres dispositifs, conditionnée par l'habilitation travail en hauteur.

Sur de tels chantiers impliquant plusieurs entreprises, un coordinateur Sécurité et Protection de la Santé (SPS) est désigné par le maître d'ouvrage pour prévenir les risques liés à la coactivité et veiller à ce que les principes généraux de prévention soient respectés. Il s'assure notamment de la présence des protections collectives avant toute intervention. Le coordinateur SPS réclame le plan de prévention de chaque entreprise, y compris du paysage, ou des indépendants intervenant sur le chantier, afin de créer un plan de prévention global.

Aménagement de sécurité en vue de l'accessibilité au public

Des garde-corps doivent être installés en respectant la réglementation en vigueur et les dispositions de la norme garde-corps NF P 01-012 « dimensionnement des garde-corps ». Ils font généralement partie du lot serrurerie du bâtiment.

Si l'entreprise qui installe les garde-corps intervient après l'installation de la végétation, elle doit veiller à ne pas endommager celle-ci et assurer sa protection dans le cadre de ses travaux.

Le type de bâtiment (ERP, IGH...) détermine également certaines spécificités en matière de sécurité, notamment la dimension des accès et des issues de secours, la signalisation, etc. Les bâtiments végétalisés équipés d'une alarme incendie doivent comporter ce même système sur la toiture végétalisée.

Aménagement de sécurité pour une toiture-terrace technique

Pour la sécurité du personnel d'entretien, il convient d'installer des garde-corps conformes à la norme NF E 85-015 ou, en cas d'impossibilité, un ancrage pour l'utilisation d'une ligne de vie. Dans le cas de l'agriculture urbaine sur toiture, des garde-corps sont nécessaires (de même autour des lanterneaux).

Sécurité du personnel pour l'entretien d'une toiture végétalisée existante

L'entreprise du paysage est généralement la seule entreprise à intervenir. C'est à elle de sécuriser l'espace pour son intervention (ce qui relève d'une ligne spécifique du devis) ou de décliner le travail s'il est impossible de sécuriser les lieux, après avoir prévenu le client de ce manquement.

Point de contrôle interne

- S'assurer de la prise en compte de toutes les dispositions nécessaires à l'accès et à la sécurité des biens et des personnes lors de la phase d'étude.
- Contrôler la mise en place des mesures de sécurité et de l'accessibilité lors de la création de l'ouvrage et son entretien, qu'elles soient installées par l'entreprise ou un autre corps de métier.
- En cas de protection collective, en phase d'exploitation, vérifier que le contrôle du bon état de ces installations a bien été effectué par la personne dédiée (l'utilisateur du bâtiment) avant de commencer les travaux.

Point de contrôle contradictoire

En phase de chantier, vérifier l'existence d'un plan de prévention, et le cas échéant d'un PPSPS (Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé), vu avec le coordinateur SPS.

3.7. Évacuation des eaux

Pour les toits plats ou de pente inférieure ou égale à 5 %, la **couche de drainage** permet d'évacuer l'eau en excès et évite l'asphyxie des racines. **Elle permet la libre circulation de l'eau en tout point de la toiture vers les exutoires.**

La couche de drainage doit être suffisamment épaisse, selon les matériaux utilisés : 4 à 8 cm pour les matériaux granulaires (roches volcaniques, argiles ou schistes expansés, gravillons roulés, etc.) et selon les préconisations fournisseurs pour les matériaux préfabriqués (comme les éléments thermoformés).

Si le toit présente des défauts de planimétrie, il peut arriver que des flaches d'eau résiduelles se forment. La hauteur de la couche de drainage doit être supérieure à la hauteur maximale des flaches d'eau observées pour éviter que le support de culture ne soit au contact de l'eau, empêchant ainsi l'asphyxie racinaire. Pour compenser un défaut de planimétrie, il est nécessaire d'augmenter l'épaisseur de la couche drainante.

La couche de drainage doit posséder une perméabilité supérieure ou égale à 0,3 cm/s (soit 3 l/m²/s) et posséder une bonne stabilité structurale.





Figure 4 : schéma en coupe d'une compensation de planimétrie par augmentation ponctuelle de l'épaisseur de la couche drainante (dessin de Cédric Houel).

Matériaux de la couche drainante

Les matériaux utilisés pour la couche drainante sont les suivants :

- agrégats minéraux poreux (pouzzolane, argile expansée, roche volcanique expansée...) ou non poreux (comme les gravillons roulés, en 10/20 le plus souvent) ;
- plaques de polystyrène moulées ou alvéolées décrites dans les Avis Techniques des revêtements d'étanchéités admis en terrasses jardins ;
- éléments synthétiques thermoformés pouvant former ou non une réserve d'eau ;
- nappe drainante tridimensionnelle/matelas de drainage synthétique.

Les produits manufacturés (éléments alvéolaires et poreux comme les mousses plastique, géotextiles et composites spécifiques, nattes drainantes synthétiques, etc.) doivent être sous avis techniques ; ils sont désolidarisés de l'étanchéité pour permettre la libre circulation de l'eau et l'évacuation des eaux en excès.

Les matériaux suivants sont proscrits :

- les matériaux gélifs, qui s'effritent dans les régions exposées au gel fréquent en hiver et qui perdent leur pouvoir drainant ;
- les matériaux pouvant présenter un risque pour l'étanchéité, comme les graviers concassés (qui risquent de pénétrer dans l'étanchéité).

L'utilisation de matériaux à fort bilan carbone et non recyclables est à éviter. Par ailleurs les composants à base de pétrole (la plupart des géotextiles plastique, des filets ou des tapis) entraînent une pollution en se dégradant en microplastiques.

Dans certains cas, **il est possible de se passer de couche drainante (et filtrante)** : il convient alors de s'assurer qu'aucune rétention d'eau ne soit possible. Pour cela, les deux facteurs principaux sont un excellent taux de perméabilité du substrat et une pente pour améliorer l'évacuation de l'eau (souvent supérieure à 5 %). Dans ce cas, l'absence de charge dévolue à la couche drainante permet d'augmenter celle prévue pour le support de culture, au service du développement du végétal.

Certaines couches drainantes ont également un rôle de réserve en eau : il s'agit par exemple d'alvéoles pouvant se remplir. Le trop-plein déborde des réserves par des perforations au sommet de chaque alvéole pour être drainé. Dans certains contextes spécifiques et pour des espèces particulières, ces systèmes pourraient présenter un intérêt pour la croissance des plantes.

À charge équivalente, il vaut mieux privilégier une hauteur supplémentaire de support de culture, ou un substrat un peu moins drainant que la moyenne du marché, plutôt qu'un système de rétention en eau dans la couche drainante. Le support de culture retarde le passage des eaux pluviales dans les réseaux d'assainissement, et il permet à la végétation d'en prélever une partie plus ou moins importante, participant ainsi à la gestion des eaux pluviales à la parcelle.

Il est nécessaire de disposer **une couche filtrante** entre le support de culture et la couche de drainage ou la couche d'étanchéité, sauf si le document technique de référence stipule un agencement différent. Elle permet de protéger la couche de drainage contre le colmatage et d'assurer la séparation avec le support d'étanchéité. Cette couche doit être imputrescible. Elle ne constitue pas une barrière anti-racine. Les caractéristiques recommandées sont les suivantes :

- la perméabilité à l'eau normalement à son plan doit être supérieure ou égale à 30 l/m²/s (détermination selon la norme NF EN ISO 11058) ;
- l'ouverture de filtration doit être comprise entre 50 et 200 µm inclus (détermination selon la norme NF EN ISO 12956) ;
- la résistance à la traction doit être supérieure ou égale à 1 kN/m (essais de traction selon la norme NF EN ISO 10319) ;
- la résistance au poinçonnement statique doit être supérieure ou égale à 200 N (essais de poinçonnement statique selon la norme NF EN ISO 12236) ;
- la masse surfacique doit être supérieure ou égale à 170 g/m² pour les non-tissés synthétiques, à l'exception des non-tissés en polypropylène dont la masse surfacique peut être supérieure à 100 g/m² (essais de masse surfacique selon la norme NF EN ISO 9864).

Ces caractéristiques sont spécifiées dans les fiches techniques de la couche filtrante.

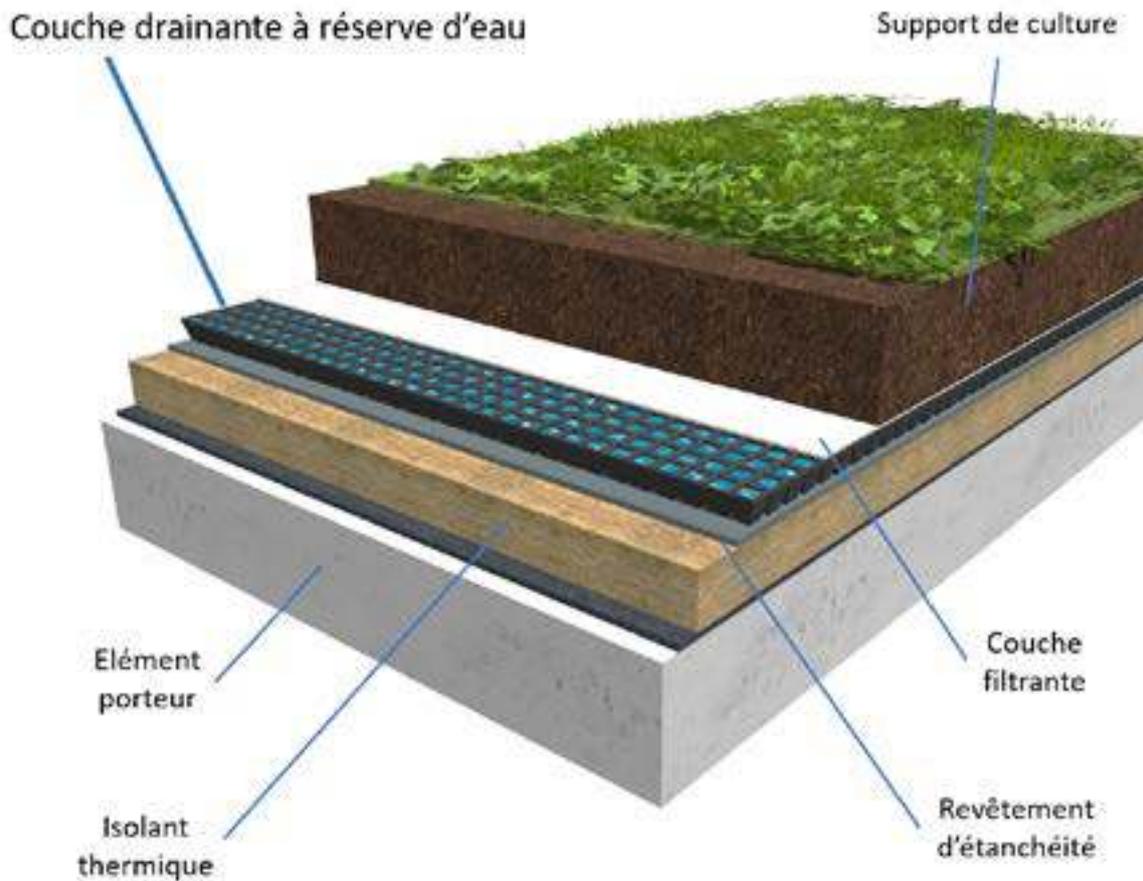


Figure 5 : schéma d'une couche drainante à réserve d'eau (dessin de Cédric Houel).

Point de contrôle interne

Les lés devront être recouverts parfaitement en tout point de la toiture, d'après les préconisations des fournisseurs et au minimum de 30 cm. Ce contrôle est effectué à l'avancement du chantier.

Un contrôle d'épaisseur est effectué : ponctuellement, l'épaisseur minimale de la couche drainante ne doit pas être inférieure à 2 cm, et elle doit également être suffisante pour couvrir les flaches d'eau. La régularité de la planéité est également vérifiée.

Les fiches techniques des couches drainantes et filtrantes doivent être tenues à disposition pour être facilement fournies à l'amont du chantier pour validation des matériaux, sur demande du bureau de contrôle, dans le dossier des ouvrages exécutés en fin de chantier.

En bordure de toit, l'installation d'une zone de séparation entre la zone stérile et la zone végétalisée est obligatoire. Les matériaux utilisés permettent de retenir la couche de culture tout en assurant le passage de l'eau vers les équipements d'évacuation (entrées d'eaux pluviales). Le dispositif de séparation peut être constitué par un élément muni d'ouvertures représentant 25 % de sa surface si la couche drainante est interrompue ou d'un élément étanche si cette couche drainante est continue jusqu'à la zone stérile. La couche filtrante remonte le long du dispositif pour border le support de culture. Les entrées d'eaux pluviales sont réalisées en conformité avec les normes NF DTU de la série 43 et leur entretien est identique à celui des équipements des terrasses inaccessibles habituelles.

Différents corps d'état (plombier, couvreur, etc.) peuvent être impliqués dans l'installation du système de récupération des eaux d'arrosage excédentaires. Les savoir-faire mis en œuvre ne sont pas propres aux toitures végétalisées mais l'entretien des parties végétales doit prévenir leur engorgement.

Point de contrôle interne

Les exutoires sont contrôlés afin de s'assurer qu'aucun élément de la couche drainante ne puisse y pénétrer.

CAS PARTICULIER – Toiture accessible aux véhicules
 Il est nécessaire d'utiliser une couche drainante non sensible au poinçonnement et non compressible sous les zones de circulation, afin d'éviter leur écrasement par le passage des véhicules.

3.8. Support de culture

Au sens général, les supports de culture sont soumis aux règles concernant les matières fertilisantes (Code rural, articles L 255-1 et 2). Leur mise en marché est soumise à une AMM (Autorisation de Mise sur le Marché), ou bien à la conformité vis-à-vis de la norme française (NF U 44-551), ou bien à une réglementation européenne. La norme NF U 44-551 liste de nombreuses dénominations de supports de culture selon leurs caractéristiques.

Les supports de culture diffèrent selon les types de toitures végétalisées. Le but est d'obtenir le bon compromis entre capacité de charge à CME (selon la hauteur du support de culture), disponibilité en eau pour les plantes (réserve utile et réserve facilement utilisable – cf. règle professionnelle du paysage P.C.1-R0 « Travaux des sols, supports de paysage »), capacité de drainage (la perméabilité après mise en œuvre), disponibilité des nutriments, activité biologique, poids et résistance à l'érosion, tout en étant le plus stable possible dans le temps. C'est en raison de la recherche de cet équilibre qu'il est souvent très difficile de s'approcher d'un sol naturel, même si des caractéristiques semblables doivent être recherchées. Le support de culture est posé sur la couche filtrante.

Les granulats minéraux suivants sont considérés comme appropriés à l'élaboration de substrats pour végétalisation de toitures (liste non exhaustive) : pouzzolane, pierre ponce, argile expansée, schiste expansé et terre cuite concassée, scories de houille.

La terre végétale (au sens de la norme NF U44-551) peut constituer 100 % du support de culture pour une toiture-terrasse-jardin, à forte épaisseur de support de culture. Cependant, à cause de ses caractéristiques de capacité de charge et d'infiltration, son usage est beaucoup plus limité pour des épaisseurs de substrat moindres (à moins de 30 cm d'épaisseur). À titre indicatif, la perméabilité en toiture-terrasse-jardin est de $K = 3,5$ à $0,5$ mm/h, alors qu'elle est de $K = 350$ à $3,5$ mm/h pour les toitures à strate herbacée dominante dont l'épaisseur du substrat ne dépasse pas 30 cm.

Pour élaborer des supports de culture, l'utilisation de produits issus du recyclage et le réemploi de ressources locales sont à privilégier (par exemple des scories de houille, des terres excavées, des terres supports et des terres végétales au sens de la norme NF U 44-551 issues de béton ou de briques concassées, de compost...). Des initiatives existent pour créer des supports de culture qui miment les sols naturels, des technosols (comme le programme de recherche Siterre).

L'usage de produits à base de pétrole, comme les bacs précultivés, devrait être réduit voire évité.

La tourbe, aujourd'hui très utilisée, présente un mauvais bilan carbone à cause de sa provenance lointaine, est le résultat d'exploitation de zones humides, et est une source de matière organique avec une mauvaise tenue dans le temps.

L'expérience des paysagistes montre que la **composition du support de culture** doit être déterminée afin d'atteindre les **caractéristiques** suivantes :

- une bonne stabilité dans le temps (sur les plans dimensionnels, mécaniques et fonctionnels) ;
- une masse volumique apparente sèche et une CME adaptées aux capacités de charge ;
- une bonne résistance au tassement (résistance au piétinement) ;
- un bon équilibre entre perméabilité et réserve utile ;
- une bonne rétention des éléments nutritifs (capacité d'échanges cationiques CEC, présence de matière organique) ;
- une bonne porosité permettant un bon ancrage racinaire ;
- une bonne résistance à l'érosion par les vents ;
- une bonne capacité d'accueil pour la faune du sol (installation dans le sol d'hyménoptères terricoles comme certaines espèces de guêpes et d'abeilles solitaires, absorption et restitution de chaleur par le sol pour les espèces (xéro)thermophytes, etc.).

La composition du support de culture est un compromis à trouver entre ces différents critères.

Il est également possible, notamment pour les toitures à forte

épaisseur de substrat, de proposer un remplissage du volume fertile par couches successives de supports de culture aux caractéristiques complémentaires, sur le modèle d'horizons pédologiques, afin d'obtenir un sol fonctionnel.

La composition varie aussi selon l'épaisseur du support de culture, la charge autorisée sur la toiture, le climat (par exemple en évitant d'utiliser les éléments constituant du support de culture les plus légers dans les régions venteuses), le milieu et les espèces. Ainsi sur une toiture d'assez faible épaisseur (12 à 30 cm environ), la composition recommandée, à titre indicatif, serait du type suivant (exprimée en proportions volumiques des matières entrantes) :

- 70 % à 85 % de granulats minéraux (de 2 mm à 20 mm) ;
- 5 % à 10 % de terre support (au sens de la norme NF U 44-551) intégrant au moins 12 % d'argile, avec une CEC supérieure à 10 mEq/100 g ;
- 10 % à 25 % de matière organique de type compost, écorce compostée ou fibre de bois par exemple.

Plus la disponibilité en eau des supports de culture est importante (notamment du fait d'une teneur en matière organique élevée), plus la gamme de plantes adventices pouvant coloniser la toiture sera large, ce qui peut avoir des conséquences sur la fréquence de l'entretien selon la vocation de la toiture (plus ou moins jardinée).

Le lessivage des engrais pose un véritable problème de pollution pour les milieux en aval de la toiture, il est donc préférable d'utiliser des engrais organiques à libération lente sous forme de granulés, si l'usage d'engrais s'avère nécessaire. Des hydro-rétenteurs peuvent être mis en place, mais il est souvent préférable de les remplacer par une épaisseur supplémentaire du support de culture à charge équivalente.

Pour les toitures végétalisées avec une grande épaisseur de support de culture ou celles dédiées à l'agriculture urbaine, les supports de culture peuvent être plus variés. L'horizon superficiel des 30 premiers centimètres peut être composé de terre végétale amendée (sans dépasser 30 % de matière organique) ou d'un support de culture composé de matière organique (compost, fibre végétale, écorce, etc.) et de matière minérale. L'horizon plus profond est composé de terre végétale non amendée pouvant être allégée par l'ajout de matière minérale (jusqu'à 70 %, par de la pierre ponce, de la pouzzolane, de l'argile expansée). Il faut également veiller à ce que la perméabilité de l'horizon le moins perméable soit comprise entre 10^{-6} à 10^{-7} m/s au minimum.

Il est possible d'alléger la couche de terre en y mélangeant des granulats stables à faible masse volumique apparente sèche, comme des billes d'argile expansée, de la pouzzolane, de la pierre ponce, des scories de houille, etc.

Les substrats utilisés en agriculture urbaine sur toiture sont souvent plus riches en matière organique. À ce titre, ils subissent une transformation bio-physico-chimique qui conduit à un tassement plus ou moins important au cours du temps. Il conviendra d'en tenir compte dans le dimensionnement de la toiture végétalisée, voire dans l'entretien ultérieur, pour assurer une conformité de capacité de charge au cours du temps si l'on est conduit à ajouter de nouveaux matériaux sans enlever les précédents. De plus, les mélanges propices aux cultures présentent souvent une forte proportion de matière organique d'origine végétale.

Il est indispensable de veiller à ce que les supports de culture utilisés ne représentent pas un danger pour les consommateurs par la présence de polluants (selon la réglementation en vigueur), notamment pour les substrats d'agriculture urbaine.

Une toiture présentant plusieurs supports de culture, voire plusieurs types de sols reconstitués en différents horizons, constitue un milieu très favorable au développement de la biodiversité. La mise en place de supports de culture de compositions différentes sur la toiture et/ou selon des épaisseurs différentes représente une opportunité de diversifier les espèces végétales qu'il est possible de planter lors de la réalisation de la toiture végétalisée, mais aussi différentes potentialités d'évolution dans le temps.

Il est recommandé au maître d'ouvrage de prévoir au moins une analyse pour chaque typologie de support, effectuée par un laboratoire indépendant certifié selon les normes en vigueur, au cours du chantier. Ces analyses sont prescrites par les pièces particulières du marché et les pièces financières en identifient le coût.

Le tableau ci-dessous comporte des valeurs indicatives, obtenues à partir de plusieurs substrats commercialisés en Europe, pour de nombreuses propriétés pouvant faire l'objet d'analyses. Son but est de porter à la connaissance du lecteur les ordres de grandeur des résultats d'analyses, afin de s'assurer que le substrat corresponde à ses attentes. Les deux points particuliers pouvant être à l'origine de graves préjudices sur les ouvrages sous-jacents sont la masse volumique à CME et la vitesse d'écoulement K. D'un point de vue agronomique, le pH, le pourcentage de matière organique, la CEC ainsi que les capacités de rétention en eau et en air sont les données essentielles.

Il est bien évidemment possible de s'y soustraire, pour reconstituer des biotopes particuliers ou optimiser certains services écosystémiques par exemple.

De plus, il est à noter que bien souvent les analyses nécessaires ne concernent qu'une partie de ces caractéristiques, et très rarement la totalité.

VALEURS INDICATIVES POUR LES SUBSTRATS ET TERRES AMENDÉES UTILISÉS SUR TOITURES VÉGÉTALISÉES					
PROPRIÉTÉS PHYSIQUES	UNITÉS	SUBSTRAT pour épaisseurs de 7 à 12 cm	SUBSTRAT pour épaisseurs de 12 à 30 cm	SUBSTRAT pour épaisseurs > 30 cm et culture en bacs	TERRE VÉGÉTALE amendée pour épaisseurs > 30 cm (> 50 cm recommandé)
Texture	/	Sableuse	Sableuse	Sableuse à sablo-limoneuse	Sablo-limoneuse
Granulométrie	mm	0,5/10 à 2/15	0/10 à 0/15	0/10 à 0/15	0/5 Refus à 2 mm : 10 % = faible 30 % = modéré
Fines (< 0,063 mm)	%	< 7	< 10	< 20	< 20
Masse volumique à sec	tonne/m ³	0,5 à 1	0,6 à 1,1	0,8 à 1,2	1,4 à 1,7
Masse volumique à CME	tonne/m ³	0,7 à 1,2	0,8 à 1,5	1,1 à 1,7	2,1 à 2,5
K : perméabilité verticale (vitesse d'écoulement)	cm/s	≈ 0,1	≈ 0,01	> 0,001	> 0,0001
	m/s	≈ 10 ⁻³ ≈ 0,001	≈ 10 ⁻⁴ ≈ 0,0001	> 10 ⁻⁵ > 0,00001	> 10 ⁻⁶ > 0,000001
	mm/h	≈ 3600	≈ 360	> 36	> 3,6
	L/m ² /h	≈ 3,6	≈ 0,36	> 0,036	> 0,0036
Rétention maximale en eau	%	> 20	> 45	> 45	> 45
Porosité à l'air à CME	%	> 10	> 10	> 10	> 10
Porosité à l'air à pF 1,8	%	> 25	> 20	> 20	> 20
Point de flétrissement permanent pF 4,2	%	> 5	> 8	> 10	> 10

VALEURS INDICATIVES POUR LES SUBSTRATS ET TERRES AMENDÉES UTILISÉS SUR TOITURES VÉGÉTALISÉES					
PROPRIÉTÉS CHIMIQUES	UNITÉS	SUBSTRAT pour épaisseurs de 7 à 12 cm	SUBSTRAT pour épaisseurs de 12 à 30 cm	SUBSTRAT pour épaisseurs > 30 cm et culture en bacs	TERRE VÉGÉTALE amendée pour épaisseurs > 30 cm (> 50 cm recommandé)
Potentiel hydrogène (pH) eau	/	6 à 8	6 à 8	6 à 8	6,5 à 8,5
Calcaire total	%	> 0,5	> 0,5	> 0,5	Entre 5 et 20
Conductivité (extraction au 1/5)	mS/m mS/cm	30 à 60 0,8 à 0,6	60 à 90 0,6 à 0,9	80 à 100 0,8 à 1	80 à 100 0,8 à 1
Matière organique (= C x 1,72) pour les substrats à dominante minérale	%	3 à 8	8 à 15	10 à 20	4 à 6 (jusqu'à 15 % pour l'horizon supérieur des 30 premiers cm uniquement)
	g/kg	30 à 80	80 à 150	100 à 200	40 à 60
Carbone organique C (MO x 0,57)	g/kg	17 à 46	46 à 86	57 à 114	23 à 34
Azote total N	g/l	≈ 2	≈ 2,5	≈ 2,7	≈ 2,85
C/N Minéralisation : < 8 = rapide > 12 = lente	/	8 à 23	18 à 35	21 à 42	8 à 12
CEC au pH du sol	mEq/kg	≈ 100	≈ 120	≈ 150	≈ 150 à 330
	mEq/100g	≈ 1000	≈ 1200	≈ 1500	≈ 1500 à 3300
Phosphore P ₂ O ₅	g/kg	0,16 à 0,25	0,16 à 0,25	0,16 à 0,25	0,16 à 0,25
Potasse K ₂ O	g/kg	0,13 à 0,36	0,13 à 0,36	0,13 à 0,36	0,13 à 0,36
Magnésie MgO	g/kg	0,1 à 0,17	0,1 à 0,17	0,1 à 0,17	0,1 à 0,17
Chaux CaO	g/kg	2 à 5	2 à 5	2 à 5	2 à 5
Fer Fe	mg/kg	20 à 40	20 à 40	20 à 40	20 à 40
Manganèse Mn	mg/kg	8 à 10	8 à 10	8 à 10	8 à 10
Zinc Zn	mg/kg	1 à 5	1 à 5	1 à 5	1 à 5
Cuivre Cu	mg/kg	0,4 à 4	0,4 à 4	0,4 à 4	0,4 à 4
Bore B	mg/kg	0,4 à 0,45	0,4 à 0,45	0,4 à 0,45	0,4 à 0,45

Attention : les pourcentages indiqués ici sont exprimés en masse sèche.

Tableau 3 : valeurs indicatives pour les substrats et terres amendées utilisées sur toitures végétalisées.

La pente augmente également la complexité de l'ouvrage, en matière de retenue de terre ou d'arrosage automatique entre autres.

Au-delà d'une inclinaison de 5 %, une étude doit être réalisée afin de déterminer la présence et la fréquence de systèmes de retenue du support de culture, en fonction de la cohésion de ce dernier et de son épaisseur. Au-delà de 20 % de pente, un avis technique est nécessaire. Des bandes de retenue sont installées, d'une hauteur au moins égale à celle de la moitié du support de culture (et supérieure à 10 mm du niveau fini du substrat pour une toiture à strate muscinale dominante et faible épaisseur de substrat) tous les 1 à 3 m. Les matériaux utilisables sont les suivants : bois (au moins de classe 4 ; imputrescible ou traité), métal résistant à la corrosion (alliage d'aluminium type 3003 ou acier inoxydable austénitique CrNi 18-10), nappe tridimensionnelle et structure alvéolée.

Les principales évaluations techniques

Il existe différentes démarches apportant des éléments d'évaluations techniques de produits vis-à-vis des exigences de sécurité et de qualité d'un projet.

- **Les techniques courantes** sont conformes aux normes et aux règles professionnelles du bâtiment acceptées par la C2P (Commission Prévention Produits).

- **Un avis technique (ATec)** est une procédure collégiale basée sur une analyse précise complète des caractéristiques d'un produit et de ses performances, basée sur des résultats d'étude et sur des retours d'expérience. S'il ne fait pas l'objet d'une mise en observation par la C2P, il est considéré d'un niveau équivalent aux techniques courantes.

- **Une appréciation technique d'expérimentation (ATEX)** est semblable à un avis technique mais les études et les retours d'expérience ne sont pas suffisants. L'évaluation est limitée à un chantier.

Point de contrôle interne

Vérifier que les caractéristiques du support de culture livré ont fait l'objet d'analyses effectuées par un laboratoire indépendant certifié. Dans le cas d'un support de culture créé par l'entreprise, il doit faire l'objet d'analyses par un laboratoire indépendant et la catégorie de support à laquelle il appartient (dans la norme NF U 44-551) doit être précisée.

Vérifier l'épaisseur de support de culture sur l'ensemble de la toiture (à l'aide d'un gabarit à l'avancement par exemple).

Vérifier que les exutoires sont toujours accessibles (regard de visite...) et qu'ils n'aient pas été obstrués.

CAS PARTICULIER – Toiture accessible aux véhicules
Le substrat doit être un revêtement minéral pour circulation ou, s'il s'agit d'une voie circulaire engazonnée, d'un mélange micro-terre-pierre fertile (cf. P.C.1-R0 « Travaux des sols, supports de paysage »).

Point de vigilance

En période de forte sécheresse estivale, certains types de toitures végétalisées limitant au maximum l'humidité dans le substrat et les végétaux peuvent présenter des risques d'incendie. Dans ce cas de figure, le client doit en être informé et des consignes d'arrosage préconisées.

3.9. Palette végétale

L'épaisseur du support de culture, qui est choisi selon la portance du support de la toiture, est le premier critère de choix des végétaux. Ces derniers doivent être adaptés au support de culture : volume racinaire disponible, disponibilité en eau et en air, pH...

Sur les substrats de moins de 10 cm d'épaisseur, les sédums sont les principaux végétaux utilisés, et dans une moindre mesure (ou par implantation spontanée) des mousses ou autres végétaux de la strate muscinale.

Sur les toitures dotées d'une épaisseur de support de culture moyenne (12 à 30 cm), la végétation se compose essentiellement de vivaces de rocailles (fleurs sauvages, bulbes, rhizomes...) et de graminées. Il est également possible d'utiliser des plantes arbustives à faible développement racinaire (comme le thym, l'hélianthème, la spirée naine ou encore la lavande).

Les toitures-terrasses-jardins peuvent porter un panel de plantes bien plus large grâce à une épaisseur de support de culture suffisante, dès lors que la taille des arbres est maîtrisée afin de ne pas porter atteinte à l'intégrité des éléments de support et d'étanchéité. Ils ne doivent pas être particulièrement sensibles aux maladies et aux ravageurs, car les opérations d'entretien fréquentes peuvent faire face à certaines difficultés d'accès. Une attention sera également portée à la prise au vent des sujets, notamment pour les grands gabarits, car les toitures végétalisées y sont souvent plus exposées.

L'annexe 1 du présent document présente la liste des végétaux interdits en toiture végétalisée.

Pour plus d'information sur la flore des toitures, voir les résultats de l'observatoire des plantes de toitures Florilèges Toitures réalisé par Plante & Cité, ainsi que les résultats de l'étude Grooves réalisée par l'Agence Régionale de la Biodiversité en Île-de-France.

La palette végétale de chaque projet doit être adaptée en fonction :

- de la zone géographique du projet (climat, pluviométrie, caractère local des plantes) ;
- de l'exposition du projet (ensoleillement, orientation, exposition aux vents, hauteur du toit) ;

- du support de culture (épaisseur, réserve utile en eau, pH, nutriments...) ;
- des attentes et des souhaits esthétiques du client (couleur, forme, volume, floraison, persistance du feuillage, intégration paysagère, niveau d'entretien, etc.) ainsi que de la vocation du site.

De plus, la configuration de la toiture implique parfois des zones très localisées présentant des conditions particulières. L'humidité peut être plus ou moins présente par endroits dans le système de culture : un gradient d'humidité est possible en fonction de l'ombrage des espaces, de la pente (milieu plus humide en bas de pente et plus sec en haut de pente) ou des caractéristiques du support de culture ; une forte réflexion solaire due à une façade vitrée alentour peut assécher les zones éclairées, une limitation de l'ensoleillement et de la pluviométrie par un ouvrage ponctuel adjacent modifie également les conditions du milieu, etc. Un choix de plantes adapté devra être fait pour ces zones spécifiques.

De manière générale, les espèces adaptées aux milieux secs et pauvres en nutriments sont les plus à même de se développer en toiture. Les espèces indigènes sont à privilégier car elles correspondent à l'habitat ou aux ressources des espèces animales locales. Une étude écologique locale est conseillée afin d'adapter la palette végétale. Par exemple, les plantes des dunes, landes arides et coteaux calcaires de la région du projet (si de tels milieux existent) peuvent servir de base pour la végétation implantée.

La concurrence entre les différentes plantes de la toiture doit être étudiée et suivie pour garantir un bon développement, selon leur emplacement ou leur vitesse de développement, afin d'éviter qu'une espèce colonise le milieu au détriment des autres.

Point de contrôle contradictoire

Avant la mise en œuvre de la végétation, un plan de plantation détaillé par le maître d'œuvre (ou à défaut par l'entreprise du paysage) doit être validé par le maître d'ouvrage. Ce plan doit comporter les informations suivantes : variétés et espèces des végétaux, densité des végétaux, délimitations entre les différentes zones et leur composition, dessin.

3.10. Strate végétale

La mise en œuvre peut être effectuée par semis, importation de jeunes plants (plantation de micro-mottes ou de godets) ou par implantation de sujets déjà formés en pépinière (arbustes ou arbres en conteneurs ou en mottes). Une bonne humectation des supports de culture des végétaux plantés, par un apport en eau adapté, est obligatoire lors de la plantation des végétaux. Puis un suivi hydrique dans les premiers mois, voire dans les deux à trois premières années pour les plus grands sujets, est nécessaire pour assurer la reprise.

Les éléments modulaires et tapis précultivés, à cause de l'adaptabilité plus limitée de leur palette végétale (et de l'usage de contenant plastique pour les premiers), ne devraient pas être privilégiés lorsque les autres méthodes de mise en œuvre sont possibles.

- Le semis, par graines pour les graminées et pour certaines plantes vivaces, et par fragments pour les sédums, est bien adapté pour établir les strates végétales les plus basses. Il s'effectue sur le support de culture et nécessite une absence de vent et une répartition uniforme, ainsi que des caractéristiques météorologiques favorables et une mise en œuvre à une époque précise (septembre-octobre ou mars-avril). Le taux de couverture est inférieur à celui des autres méthodes de mise en œuvre (il est notamment nul à l'installation), la levée peut

prendre de 1 à 6 mois selon les espèces et la période. L'aspect recherché n'est donc pas immédiat. Les travaux post-semis sont également plus contraignants les 2 ou 3 premières années. La reprise des graminées est particulièrement plus exigeante en matière d'arrosage pour la levée des semis.

L'*hydroseeding* est une méthode de mise en œuvre consistant à projeter sur le support de culture un mélange de semis (graines ou fragments), d'éléments nutritifs, de fibres végétales (pour l'adhésion au support de culture) et d'eau. Cette méthode mécanisée est particulièrement avantageuse pour les grandes surfaces.

- La plantation par micro-mottes ou par godets permet d'effectuer un large choix dans la palette végétale. Les plantes en micro-mottes sont plus jeunes que les plantes en godets ; la quantité de support de culture de ces dernières est supérieure et elles sont plus développées, donc plus coûteuses. Les micro-mottes doivent en revanche être plantées plus densément pour obtenir un taux de couverture similaire aux godets. Il est recommandé de planter entre 15 et 30 unités/m². Un contrat de culture avec un pépiniériste en amont de la plantation est souvent conseillé pour les micro-mottes, afin de s'assurer de la disponibilité des végétaux choisis. Le cas échéant, la difficulté est de bien anticiper la date de plantation car la livraison de micro-mottes ne peut souffrir de décalage sans mettre en péril la qualité des végétaux cultivés. La teneur en eau des substrats est vérifiée afin de les réhydrater si nécessaire. Ces deux procédés doivent être utilisés uniquement à l'automne ou au printemps.

Les bulbes s'enterrent comme les micro-mottes. La profondeur à respecter varie selon les espèces (crocus, muscari...). Ils sont plantés à l'automne pour germer au printemps. Les bulbes ne sont pas utilisés pour une végétalisation complète, mais plutôt sur des zones réduites, en associations avec d'autres plantes de la strate muscinale.

Les rhizomes (iris, etc.) obéissent aux mêmes contraintes que les bulbes mais peuvent également être plantés au printemps.

- Dans le cas de toitures à forte épaisseur de support de culture, les sujets importants sont plantés en conteneurs, en mottes ou en racines nues. Des moyens de levage sont nécessaires pour les transporter sur le lieu de plantation. La teneur en eau des substrats de culture de ces végétaux doit être systématiquement vérifiée avant la plantation, et il convient de les hydrater avant mise en place si nécessaire. Cette opération est effectuée de préférence à l'automne, en hiver ou au début du printemps (au plus tard mi-mars selon les régions et les années).

- Des éléments modulaires précultivés sont aussi utilisés en toitures à strates muscinale et herbacée dominantes. Ces systèmes se composent d'une structure en plastique qui se pose directement sur l'étanchéité ou sur géotextile, et qui intègre la couche filtrante et la couche drainante (souvent de forme alvéolaire), ainsi que le substrat et les végétaux précultivés. Il en existe de nombreux types différents, qui présentent ou non une réserve d'eau, des épaisseurs de substrats variables selon les espèces, etc.

Ces systèmes sont faciles à poser mais la palette végétale qu'ils offrent est plus restreinte et prédéterminée qu'une végétation plantée (sauf demandes de préculture pour une palette spécifique).

Attention : les systèmes à réserve d'eau sont particulièrement sensibles aux flaches d'eau résiduelles. L'eau stagne dans les réserves et provoque le dépérissement des végétaux. Il faut veiller plus particulièrement à une bonne planimétrie lors de la pose de ces systèmes, et la reprendre si nécessaire (par géotextile et couche de gravillons roulés par exemple).

- Les tapis précultivés ne concernent le plus souvent que des toitures à strate muscinale dominante, notamment les sédums,

où l'épaisseur de substrat est très limitée. Les possibilités en matière de végétation sont alors contraintes par de nombreux facteurs limitants. L'entretien est alors limité mais un suivi régulier est tout de même nécessaire, notamment en période estivale pour éviter une mortalité lors de fortes sécheresses prolongées. Les tapis précultivés sont particulièrement indiqués pour les toitures en pente.

- Il est aussi possible de disposer de bacs jardinières, qui peuvent contenir une plus grande épaisseur de support de culture et qui permettent de cultiver des sujets de hauteur supérieure à la végétation implantée directement sur la toiture. Cette solution ne doit être envisagée qu'après étude et prise en compte des surcharges ponctuelles qu'entraîne cette installation. Cette possibilité demande la validation du maître d'œuvre (qui pourra se référer à un bureau de contrôle). Elles ne doivent pas être placées près des garde-corps afin de ne pas servir d'appui pour leur franchissement, ni empêcher la visite des relevés d'étanchéité. Afin d'éviter le poinçonnement du revêtement d'étanchéité, la jardinière est posée sur une protection en matériau résilient. Une protection sous forme de dalles est également possible pour les jardinières transportables (par exemple des dalles en béton, posées sur l'étanchéité, pour les jardinières à pieds).



Photo 9 : toiture à jardinières continues (*Loiseleur Paysage*).

Cas particulier : végétalisation propre à l'agriculture urbaine

L'agriculture urbaine peut prendre des formes très diverses. Outre la réalisation d'une zone cultivée directement dans le support de culture d'une toiture végétalisée sur mesure, l'agriculture urbaine se décline également sous la forme de contenants hors sol non solidaires de l'élément porteur (comme les jardinières évoquées ci-dessus, mais aussi les bacs, les sacs et autres conteneurs). Les plates-bandes sont un cas à part : leur mise en œuvre correspond à une toiture végétalisée sur mesure, restreinte à des zones de faible surface, le reste de la toiture étant dédié à la circulation. Afin d'éviter tout dommage au revêtement d'étanchéité lors de la pratique de l'agriculture urbaine, une protection lourde ou une protection dure doit être mise en place sous le support de culture, si ce dernier est d'une épaisseur inférieure à 30 cm. Il est à noter que la mise en œuvre de la protection lourde relève souvent de l'entreprise d'étanchéité, alors que la protection dure ou la protection meuble peuvent être réalisées par l'entreprise du paysage.



Photo 10 : travaux préparatoires des planches de culture (Loiseleur Paysage).

Selon les capacités de portance de la toiture, il est possible (et même recommandé pour ses avantages en matière de biodiversité) de mettre en place une couche de support de culture dont l'épaisseur n'est pas identique en tout point de la surface de la toiture, mais au contraire variable. En effet, les points d'appui en sous-face de la dalle permettent de supporter des charges plus importantes que le reste de la surface. Il est ainsi possible d'utiliser des épaisseurs de support de culture plus élevées et donc de la végétation de plus grand développement. Pour les mêmes raisons, on peut aussi envisager des supports de culture de nature différente sur une même toiture. Ce choix est fait en collaboration avec le bureau d'études structure et l'architecte du projet. Cet aménagement est appelé toiture mixte selon la classification traditionnelle (souvent un mélange de strates dominantes muscinale et herbacée).



Photo 11 : toiture mixte (T. Muller).

Point de contrôle contradictoire

Si possible, s'assurer avant de planter que plus aucun corps de métier n'est amené à se déplacer sur le toit, pour éviter les dommages infligés aux végétaux.

Avant la plantation proprement dite, il convient d'acheminer les différents éléments sur la toiture : matériaux des différentes couches, support de culture, plantes selon leur conditionnement... Différents types de levage sont possibles : monte-charge de l'immeuble ou monte-charge mobile contre la façade (pour les faibles capacités), grues mobiles à flèche ou à tour, grue de chantier ; les substrats peuvent être soufflés jusqu'au toit. Le choix du type de levage est contractualisé au moment de l'établissement du marché afin de s'assurer notamment de la possibilité de son installation. Il conditionne une part non négligeable du montant de la prestation. L'idéal est de mutualiser la grue de chantier dans les projets qui en nécessitent, si possible. Les zones d'approvisionnement pour le déchargement sont identifiées avec la maîtrise d'œuvre.

Les zones de stockage sur la dalle, avant mise en œuvre des matériaux (par exemple les « big bags » ou palettes de support de culture), doivent être définies en coordination avec le bureau de contrôle du chantier afin de ne pas porter atteinte à l'intégrité de la dalle (surcharge). Afin d'éviter le poinçonnement de l'étanchéité, des plaques de répartition de charge doivent être utilisées. Il est fortement recommandé de ne pas stocker davantage de végétaux que la quantité qui doit être plantée dans la journée. Lorsque cela n'est pas possible, il faut déballer les végétaux et les protéger du froid et de la déshydratation (qui est majoritairement causée par la chaleur et les courants d'air).

Les **techniques de plantation** sont abordées dans l'axe 1 des règles professionnelles du paysage (cf. 5-Bibliothèque de référence) avec les spécificités suivantes.

- Pour les semis de graines de plantes vivaces ou de graminées
Les graines doivent être enfouies à environ 5 mm de profondeur (prévoir un léger griffage). Il faut ensuite rouler les surfaces semées et réaliser éventuellement un surfaçage avec un mélange composé à 50 % de terreau et 50 % de sable.

- Pour les toitures biotopes/toitures brunes
Il est possible d'introduire sur le support de culture quelques semences ou dépôt de fauches locales bien choisies avant maturité des graines pour assurer une colonisation plus rapide, n'interdisant pas l'implantation de plantes spontanées apportées par le vent.

- Pour les micro-mottes, godets, conteneurs et mottes
Une fois les plantes disposées zone par zone, la plantation se fait à l'avancement en reculant. Elle se fait de préférence au transplantoir, au minimum à 4-5 cm au-dessus du filtre. Il faut en effet veiller à ce que l'outil de plantation n'atteigne en aucun cas la couche filtrante.

Une fois les végétaux plantés, un arrosage doit être réalisé afin d'assurer sur l'ensemble des surfaces plantées la cohésion entre les mottes des végétaux et le support de culture. Par ailleurs, un amendement organique peut être épandu.



Photo 12 : arbres sur toiture-terrasse-jardin (Loiseleur Paysage).

Sur les toitures végétalisées, il est indispensable d'adapter les outils (longueur, caractère tranchant ou poinçonnant, etc.) et la mise en œuvre à la faible épaisseur de support de culture par rapport à des végétaux en pleine terre. L'étanchéité et l'isolation ne doivent en aucun cas être atteintes.

Le tuteurage est généralement impossible en toiture végétalisée à cause des risques de poinçonnement de l'étanchéité. Il faut privilégier des ancrages de motte ou du haubanage dont les points d'ancrage sont sur un panneau de treillis soudé placé sous (et donc lesté par) le support de culture. Un choix d'espèce et de dimensionnement adapté au contexte de la toiture pour réduire la prise au vent peut éviter la mise en place de systèmes d'ancrage ou de haubanage.

Il est à noter que pour les espèces végétales pour lesquelles l'épaisseur de support de culture sur toiture est plus faible que leur situation optimale, leur développement sera moins important.

Point de contrôle contradictoire

Réaliser un constat d'achèvement des travaux de plantations avec le maître d'œuvre et le maître d'ouvrage, suivi de la réception. Ce constat permet d'éviter à l'entreprise du paysage d'être responsable par défaut des dégâts éventuellement causés par d'autres corps de métier. Si aucun responsable n'est identifié, la réparation des dommages peut être facturée au compte prorata du projet.

Les travaux post-plantation débutent après les travaux de plantation. Ils sont prescrits par les pièces particulières du marché de travaux neufs qui en déterminent la durée, et les pièces financières en identifient le coût. L'entreprise du paysage est responsable de l'état des plantations.

Le plus souvent, pour les toitures végétalisées, le constat de reprise est validé pour un taux de couverture de 80 % au minimum. La durée des travaux post-plantation pour obtenir ce résultat peut varier d'un à trois ans en fonction notamment du mode d'installation (semis, plantation, éléments préculтивés...). Toutefois, selon les biotopes attendus, certaines zones peuvent être peu végétalisées (comme des prairies sèches), voire exclusivement minérales (pour la biodiversité par exemple), ce qui rend le taux de couverture de 80 % inefficace pour juger efficacement de la reprise dans ces cas de figure.

L'entretien courant débute après les travaux de post-plantation.

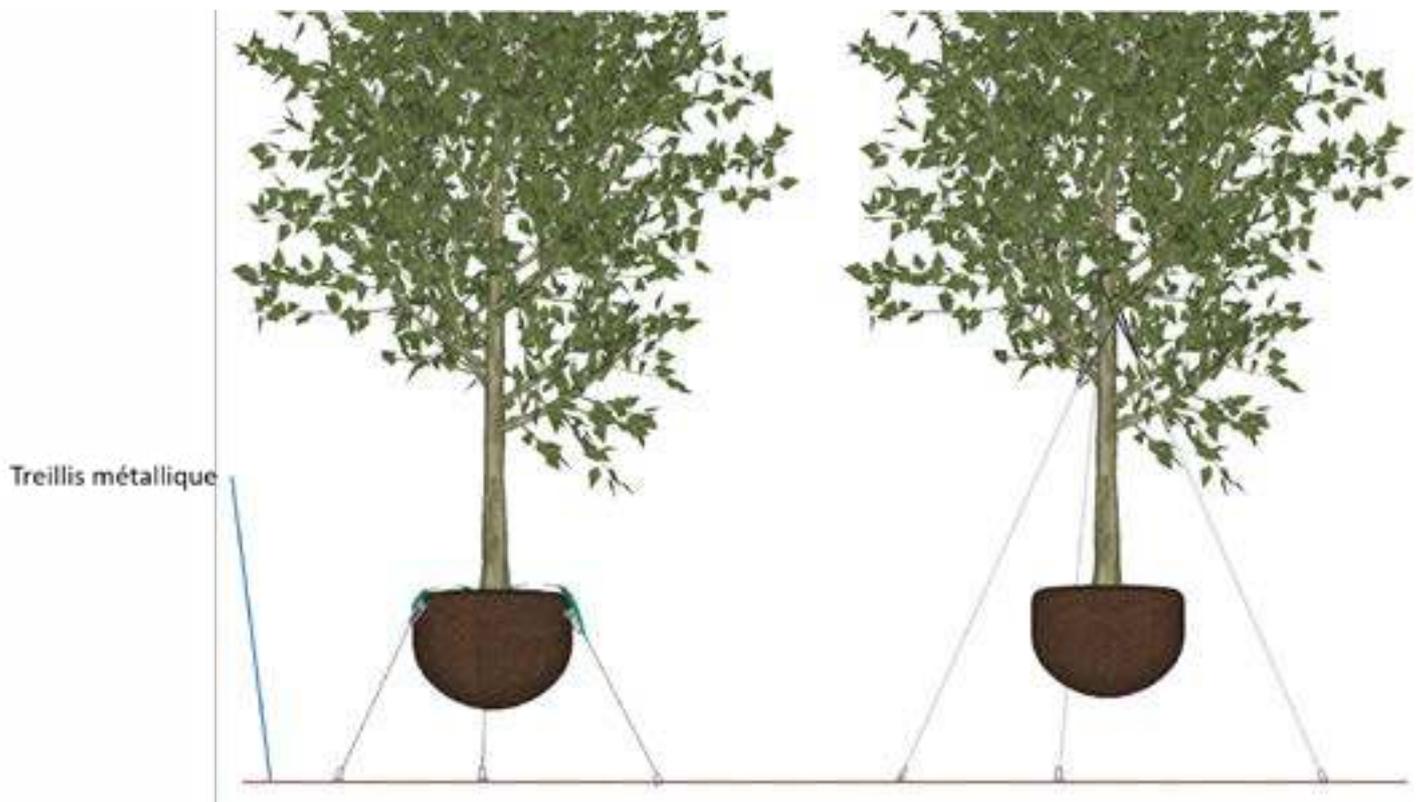


Figure 6 : schéma d'un ancrage de motte et haubanage sur treillis (dessin de Cédric Houel).

3.11. Ouvrages particuliers de la toiture

L'implantation des émergences est conforme aux NF DTU de la série 43 et NF DTU 20.12.

Un chemin de circulation doit être aménagé pour l'accessibilité aux équipements techniques (VMC, crosses de passage de câbles...). Les cheminements sont réalisés conformément aux NF-DTU de la série 43.

DISPOSITIFS DE SÉPARATION

Les dispositifs de séparation délimitent les zones végétalisées par rapport aux autres espaces de la toiture (les zones stériles notamment). Leur hauteur minimale doit atteindre le niveau fini du support de culture. Un filtre de séparation couvre la partie verticale du dispositif sur toute la hauteur du support de culture.

Les dispositifs de séparation peuvent être réalisés à l'aide de différents matériaux adaptés (avis technique ou document technique validé par le bureau de contrôle) pour les toitures végétalisées à faible épaisseur de substrat principalement, et également pour des épaisseurs intermédiaires (12 à 30 cm).

Les cornières métalliques sont ajourées (en alliage d'aluminium type 3003 ou en acier inoxydable austénitique CrNi 18-10), les perforations doivent représenter au minimum 25 % de la surface ajourée située en vis-à-vis de la hauteur de la couche drainante. Les perforations ne sont pas obligatoires si la couche drainante est continue (la cornière étant posée dessus). Les cornières sont mises en place sur l'étanchéité en positionnant le talon sous la zone végétalisée. Des pattes en membrane d'étanchéité sont utilisées pour fixer la cornière par collage ou soudure (les membranes PVC-P sont un cas particulier en raison de leur système de montage propre).

Des bordures en béton, en brique, en lisse métallique voire en bois peuvent être utilisées. Elles sont posées comme muret sur béton, désolidarisées de la membrane d'étanchéité par un film polyane (pour éviter toute adhérence) à condition de permettre le libre passage de l'eau (cf. ci-dessous). Elles peuvent aussi être posées sur la couche drainante, si cette dernière est en gravillons roulés (pour éviter la compression et le poinçonnement).

Dans le cas des épaisseurs de support de culture supérieures à 30 cm, les dispositifs de séparation sont des murets (dont les éléments L en béton).

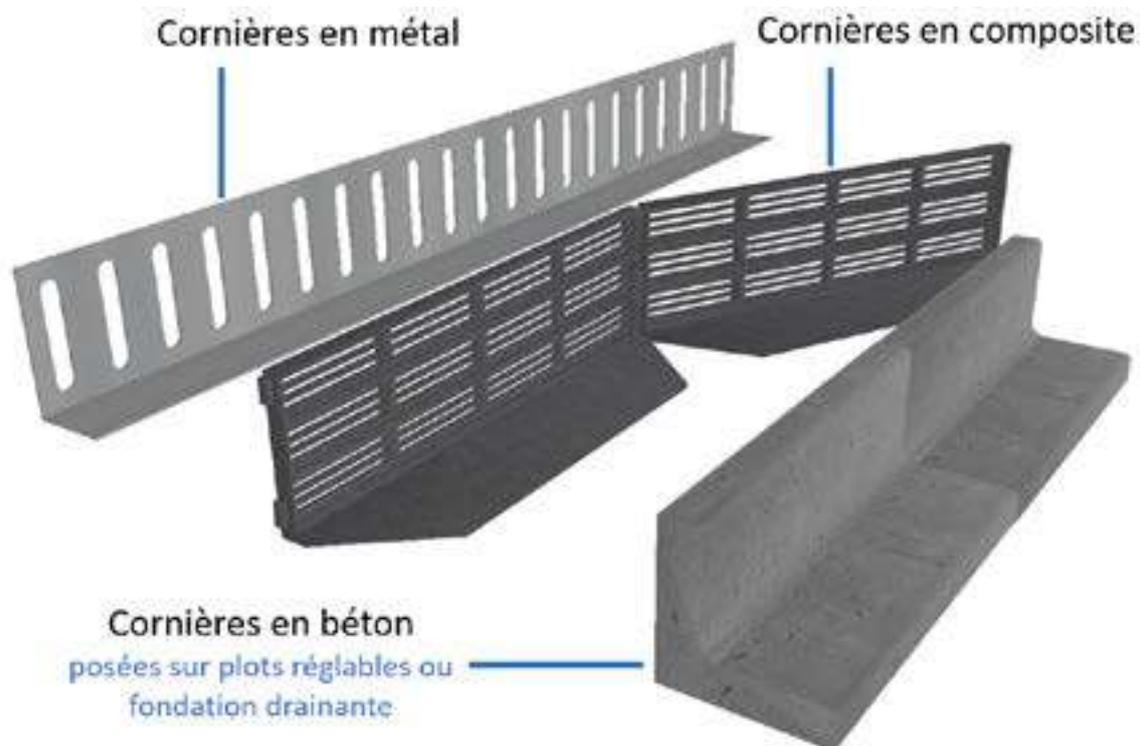


Figure 7 : schéma de dispositifs de séparation (dessin de Cédric Houel).

Les dispositifs de séparation ne doivent pas s'opposer au libre passage de l'eau sur la toiture. La partie verticale des dispositifs dont la base est placée sous la couche drainante doit présenter des ouvertures. Pour les toitures-terrasses-jardins, la fondation des murets de séparation est traversée (souvent par des tubes en PVC de diamètre 40-100 mm espacés de 0,5 à 1 m) permettant le libre passage de l'eau entre la zone stérile et la couche drainante.

ZONES STÉRILES

Les zones stériles s'étendent à 40 cm des relevés d'étanchéité (bords de la toiture, émergences, joints de dilatation...) et sont séparées des zones plantées par un dispositif de séparation. Afin d'éviter l'implantation de végétaux, en plus de l'absence de support de culture, le revêtement d'étanchéité des zones stériles est résistant à la pénétration des racines.

Les zones stériles peuvent être traitées de différentes manières, certaines permettant d'éviter l'aspect inesthétique de ces bandes non plantées :

- en laissant le revêtement d'étanchéité apparent, dans le cas des revêtements autoprotégés et selon le document technique d'application ;
- par une couche de 40 mm au minimum de gravillons roulés lavés, de granulométrie 10 mm au minimum, non gélifs pour les régions concernées ; d'autres matériaux minéraux peuvent être utilisés, notamment pour des raisons esthétiques à la place des gravillons ou seulement en couche superficielle, qui pourront nécessiter des mesures particulières (feutre anti-poinçonnement dans le cas de matériaux anguleux par exemple) ;
- par des dalles en béton ou en pierre ou des empilements de nids-d'abeilles en plastique, posés sur la couche drainante, sur une couche de gravillons ou sur plots ; ou par des dalles en bois posées sur plots ;

- en formant un caniveau recouvert de caillebotis démontables ou de petites dalles à joint libre, permettant un passage de l'eau avec la couche drainante ;
 - par des cassettes végétalisées en sédums posées directement sur le revêtement d'étanchéité de la zone stérile ou sur une couche de protection supplémentaire si nécessaire.
- L'utilisation de matériaux à fort bilan carbone, non recyclables et à base de pétrole est à éviter.

Les zones stériles sont imposées dans le NF DTU 43.1. Toutefois, pour des toitures biodiversées sans entretien mécanisé et dont les relevés d'étanchéité sont autoprotégés sur acrotères et émergences, leur raison d'être est remise en question.

Dans le cas particulier d'une zone plantée dont la surface est inférieure à 100 m², avec un support de culture de 30 cm d'épaisseur minimale, le NF DTU 43.1 stipule que la zone stérile peut être supprimée. Un complexe drainant filtrant adéquat (plaques drainantes en polystyrène moulé et couche filtrante visée par DTA, ou composite géotextile drainant et filtrant adapté de 20 mm au minimum) est alors placé sur la hauteur du support de culture le long du relevé d'étanchéité.

Ce cas particulier est aussi applicable à une toiture végétalisée composée uniquement de sédums, et dont l'épaisseur du support de culture est inférieure à 12 cm.



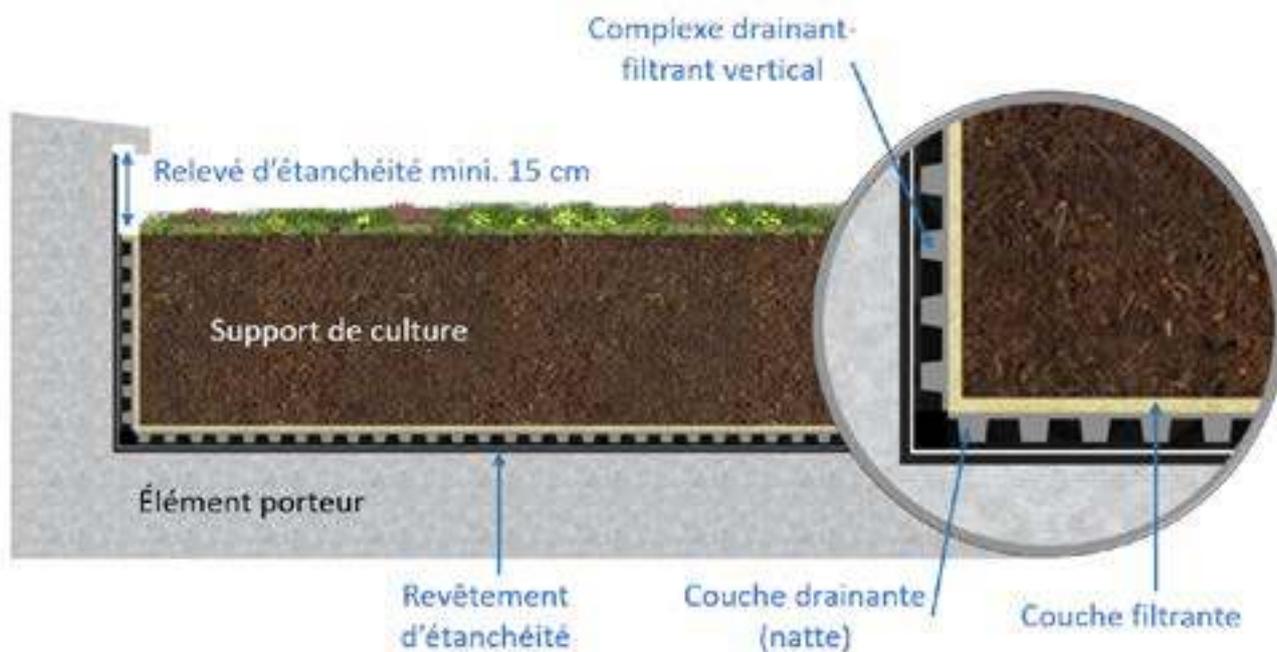
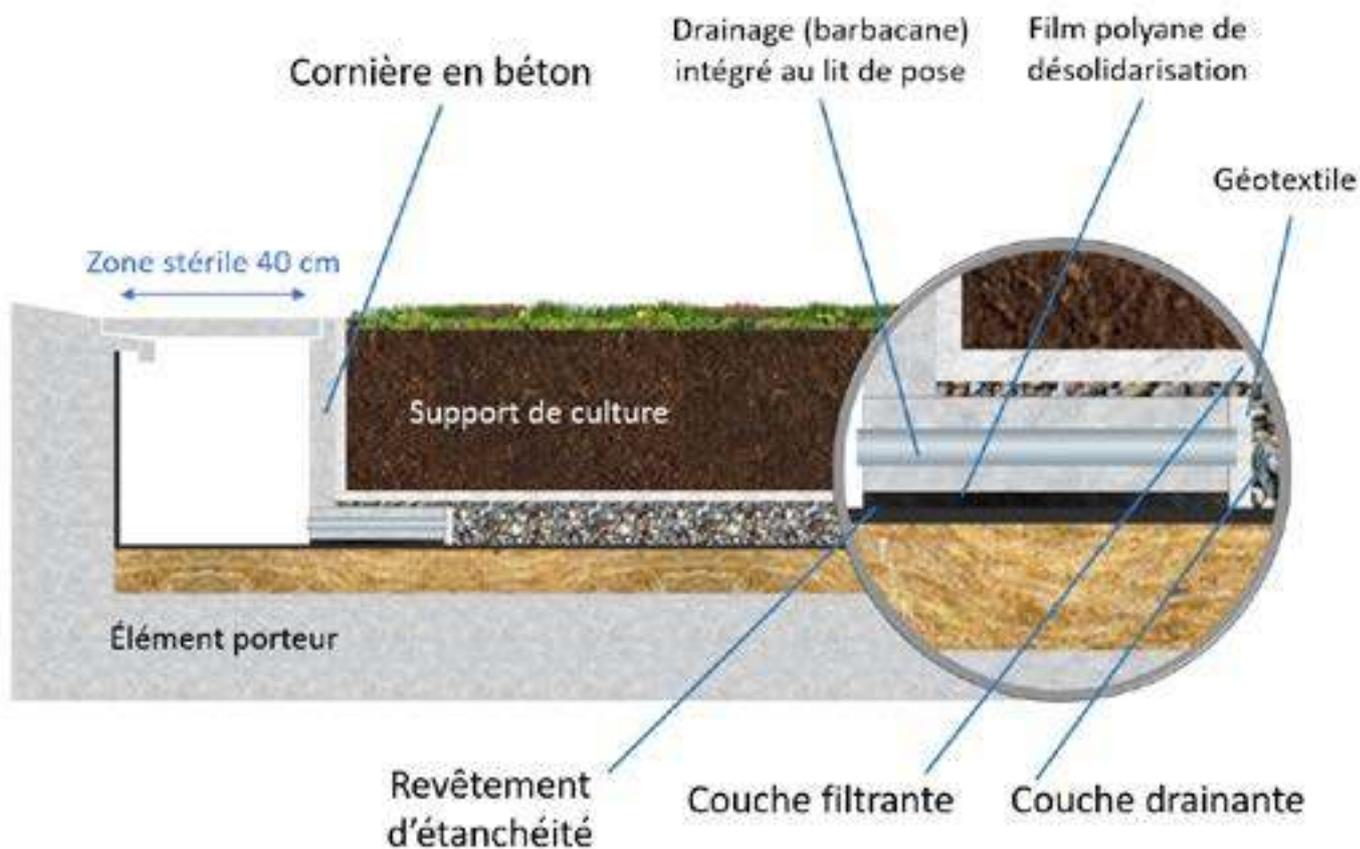


Figure 8 : schémas d'aménagement d'une zone stérile et de dispositifs de séparation (dessin de Cédric Houel).

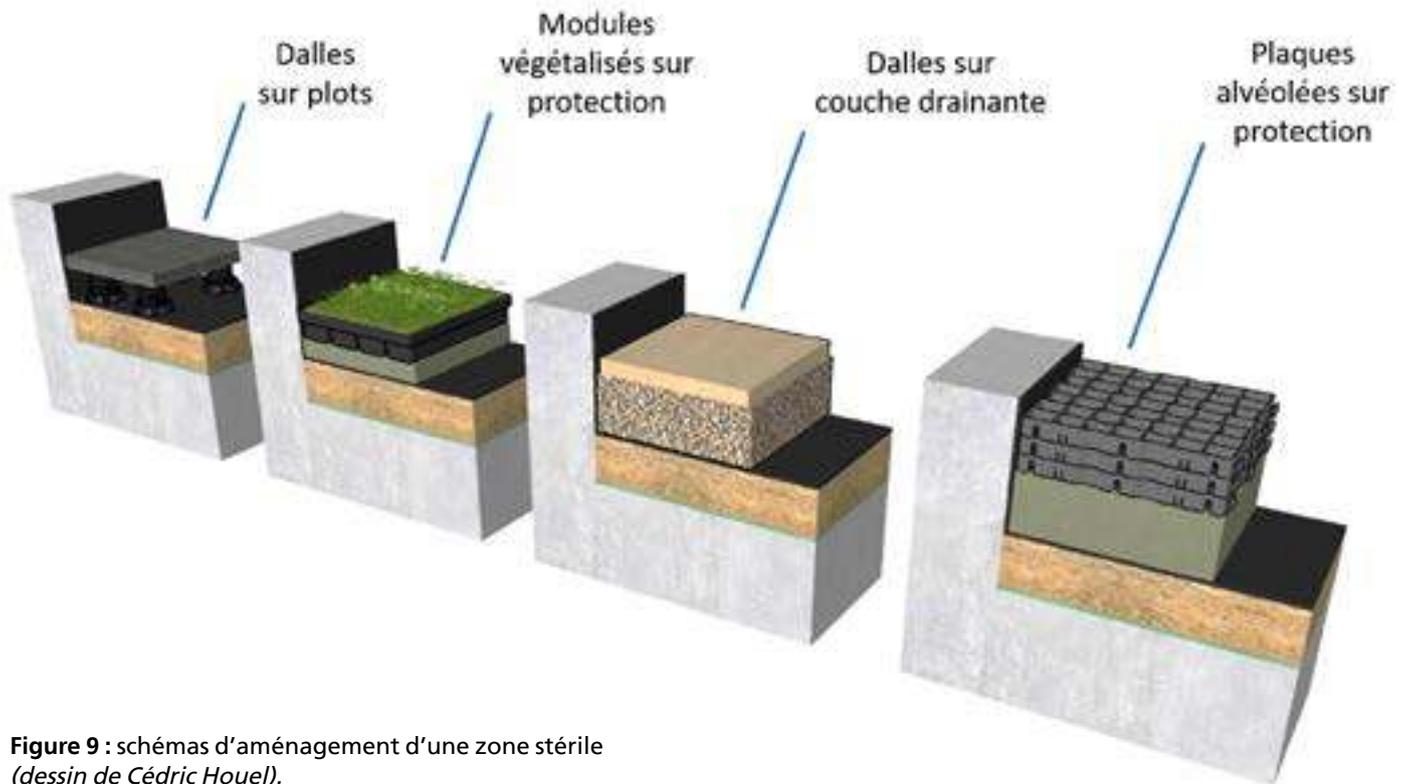


Figure 9 : schémas d'aménagement d'une zone stérile
(dessin de Cédric Houel).

La hauteur des relevés d'étanchéité est précisée dans le NF DTU 43.1. En général, le relevé dépasse le niveau fini de la zone stérile de 0,15 m au minimum. Il peut parfois n'être que de 0,05 m au minimum si le revêtement d'étanchéité revêt l'acrotère intégralement, jusqu'à l'arête extérieure.

Note

Les dalles sur gravillons ou sur couche drainante sont déconseillées pour des pentes supérieures à 10 % ; les dalles sur plots sont déconseillées pour des pentes supérieures à 5 %. La mise en œuvre de dalles sur plots n'est possible, à cause du poids des dalles, que dans le cas d'élément porteur en maçonnerie ou relevant d'un avis technique permettant cette pratique (avec un complexe d'étanchéité adapté).

DISPOSITIF DE RETENUE

Dans le cas où la pente de la toiture est supérieure à 5 %, une étude doit être réalisée. Elle peut être prévue en amont, réalisée par un bureau d'études ou par le bureau de contrôle du bâtiment qui rend alors ses préconisations. Cette étude indique la nécessité ou non de dispositifs de retenue, leur dimensionnement et leur implantation le cas échéant. De nombreux éléments différents sont utilisés : des profilés L en métal, des lames de bois, des rondins, des grilles en inox... Il est toutefois impératif de garantir le passage de l'eau entre les différentes zones de la toiture, et donc à travers les dispositifs de retenue. Il peut s'agir d'une disposition discontinue des dispositifs, de leur caractéristique intrinsèque (comme une bande ajourée en partie inférieure) ou d'ajouts (par exemple des tubes placés en partie inférieure du dispositif).

ENTRÉE DES EAUX PLUVIALES

L'évacuation des eaux pluviales sur la toiture est assurée par des dispositifs d'entrée d'eaux pluviales qui acheminent ces dernières à des dispositifs de descente. Les entrées d'eaux pluviales doivent permettre l'évacuation des eaux tout en évitant des phénomènes de colmatage par des débris végétaux, du support de culture, etc.

Pour cela, elles sont entourées d'un regard de visite dont les parois sont ajourées pour laisser l'eau s'écouler tout en retenant les éléments solides. La trappe de visite est toujours apparente. La somme des sections des ajours doit être au minimum 1,5 fois celle de l'entrée d'eaux pluviales.

Quant à la section minimale de l'intérieur du regard, elle dépend de l'épaisseur du support de culture : 0,3 x 0,3 m si l'épaisseur du support de culture est de 0,3 m à 0,6 m ; 0,6 x 0,6 m si l'épaisseur du support est supérieure à 0,6 m.

Dans le cas d'une faible épaisseur de support de culture (en dessous de 30 cm), l'entrée des eaux pluviales peut ne comporter qu'un garde-grève visitable entouré d'une zone stérile à 20 cm de ce dernier.

L'entretien des entrées d'eaux pluviales repose notamment sur la vérification de la bonne mise en place des couvercles, et du nettoyage des zones stériles autour du garde-grève le cas échéant.

Elles sont réalisées conformément au NF DTU 43.1.

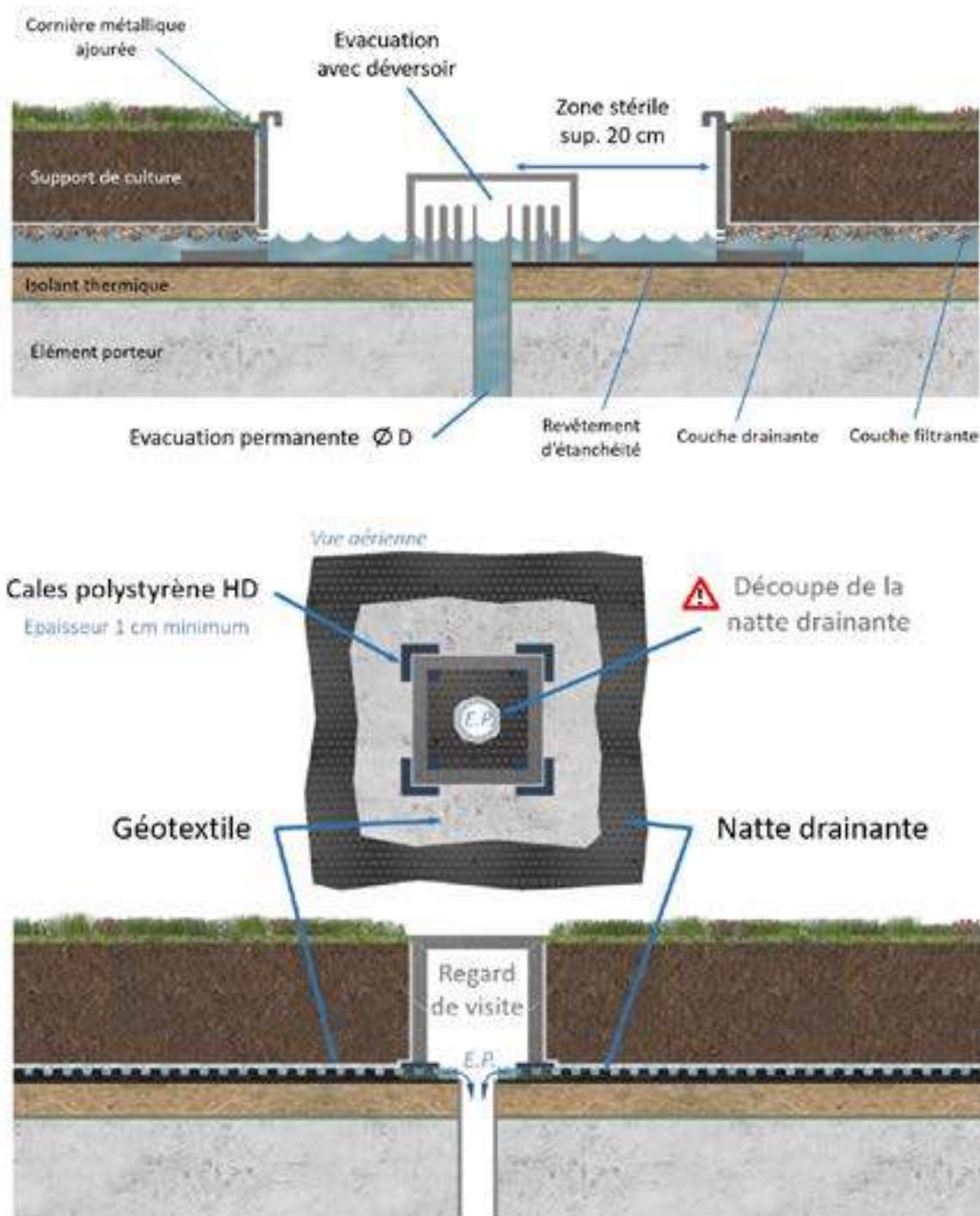


Figure 10 : schémas d'évacuation des eaux pluviales (dessin de Cédric Houel).

JOINTS DE DILATATION

Les joints de dilatation peuvent être réalisés de plusieurs manières différentes.

- Les joints enterrés sont protégés par des murets en maçonnerie supportant une dalle en béton armé, par-dessus lesquels le support de culture de la toiture est continu. La base des murets est ajourée afin de laisser l'eau s'écouler. L'entreprise du paysage doit veiller à ne pas planter de ligneux à moins de 40 cm de l'axe du joint et à ôter toute flore spontanée ligneuse qui pousserait dans cette zone.

- Les joints visitables sont protégés par le même ouvrage que celui des joints enterrés, mais il n'y a pas de support de culture au-dessus de la dalle de béton. La face supérieure de cette dernière correspond le plus souvent à la hauteur du support de culture.

- Les joints apparents sont entourés d'une zone stérile à 40 cm de l'axe du joint. Ce cas de figure est celui retenu pour les éléments porteurs les plus légers (bois, tôle acier nervurée...).

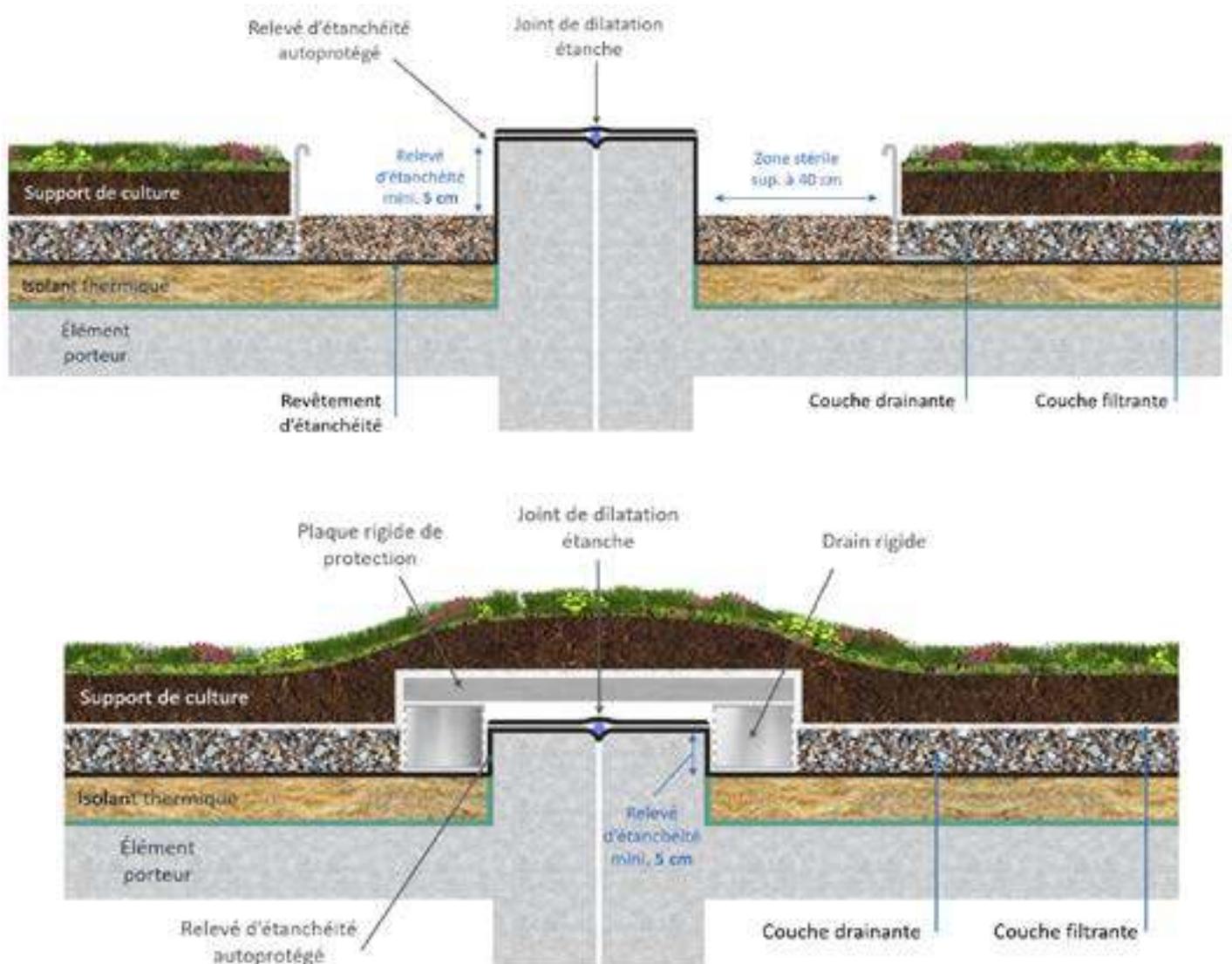


Figure 11 : schémas d'aménagement de joints de dilatation (dessin de Cédric Houel).

CHEMINS DE CIRCULATION

Les chemins de circulation permettent l'accès à différentes zones et aux équipements en émergence de la toiture en évitant d'endommager les zones plantées par piétinement. Ils peuvent être réalisés par des dalles sur une couche de désolidarisation, sur chape mortier ou béton, sur plots, ou bien directement sur le support de culture de zones plantées (cf. NF DTU série 43) ou sur lit de pose (sable...). Un cheminement mis en place en dehors des zones plantées nécessite des dispositifs de séparation avec cette dernière. S'il n'y a pas de différence de niveau entre le cheminement et la zone plantée, et que

le cheminement ne présente pas d'espace vide (ce qui n'est pas le cas des dalles sur plots par exemple), la séparation peut consister en une remontée de la couche filtrante, correctement arrasée à la surface. Le libre écoulement de l'eau sur la toiture ne doit pas être interrompu.

La largeur des chemins de circulation est généralement de 80 cm.

Si la circulation est libre sur les zones végétalisées accessibles, les chemins de circulation ne sont pas obligatoires.

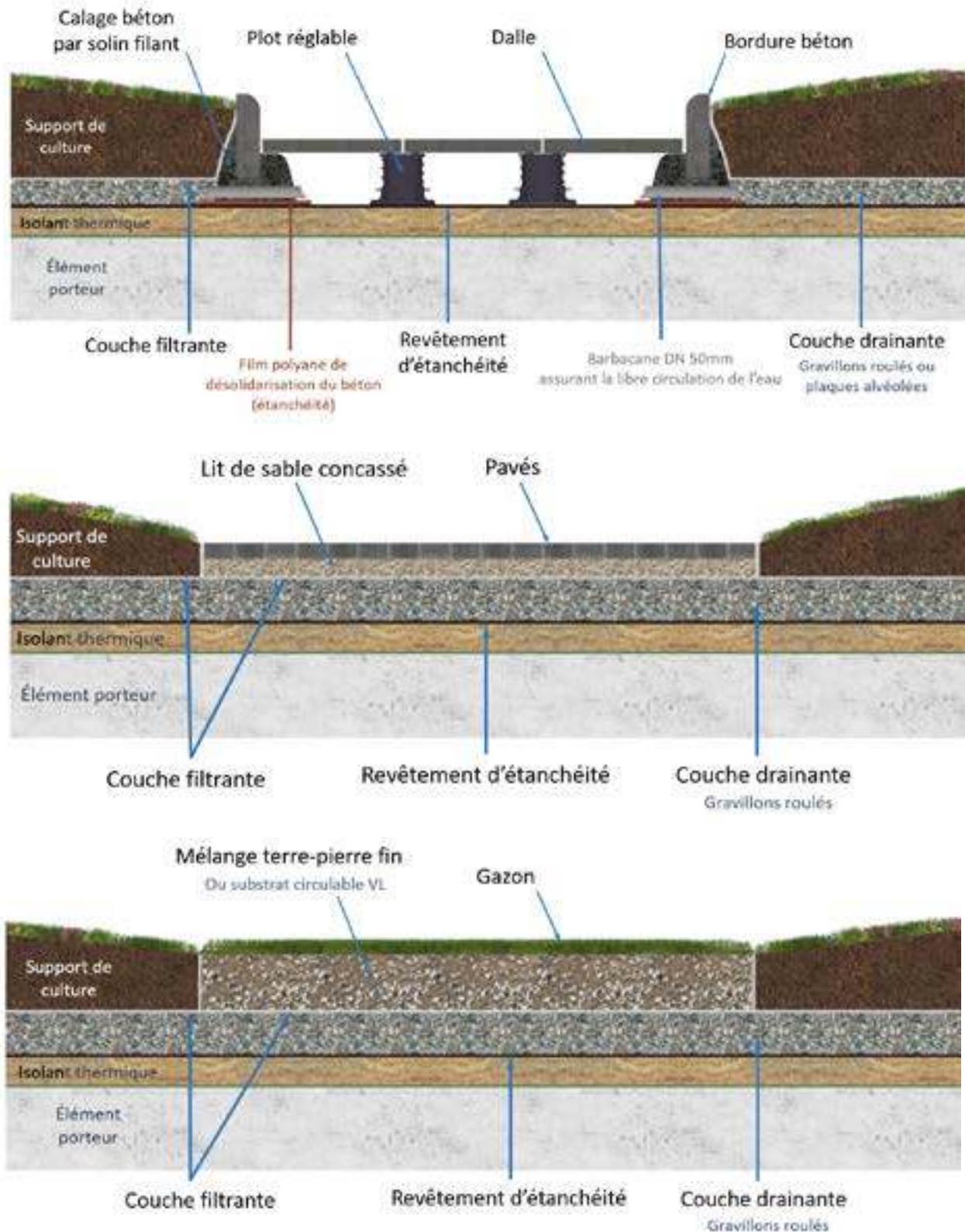


Figure 12 : schémas d'aménagement de cheminements, respectivement une circulation en dalles sur plots, une circulation piétonne sur pavés et une voie circulaire engazonnée (dessin de Cédric Houel).

CAS PARTICULIER – Toiture accessible aux véhicules
 Un géotextile est ajouté sur la couche drainante avant de réaliser une couche de réglage (par exemple du béton ou du mortier pour des dalles, du sable pour un pavage, etc.). Les caractéristiques et la pose de ces zones de circulation sont celles des voies carrossables.

TOITURE PARTIELLEMENT VÉGÉTALISÉE

Une toiture peut être composée de zones végétalisées et de zones non végétalisées conçues pour être utilisées en terrasse. Ces dernières sont conçues selon les principes des chemins de circulation et des NF DTU correspondants. Le revêtement d'étanchéité des zones non végétalisées doit être traité anti-racine au minimum à 1 m de la séparation avec les zones végétalisées, et de préférence sur l'intégralité de la terrasse en cas de changement futur de répartitions des zonages.

3.12. Arrosage

3.12.1. La question de la nécessité de l'arrosage

Afin de pouvoir installer une végétation sur une toiture, il convient de prendre en compte les facteurs agronomiques limitants. Le plus souvent, le support de culture présente des caractéristiques différentes et nettement plus contraignantes qu'un sol naturel. La réserve utile en eau est bien plus faible au mètre carré, la perméabilité plus élevée, et il n'y a pas de nappe aquifère sous-jacente. De plus, l'exposition au vent (et au soleil dans une certaine mesure, faute de reliefs alentour) est souvent supérieure sur une toiture. Pendant les périodes de sécheresse, ces facteurs limitants des toitures par rapport à une pleine terre sont d'autant plus contraignants.

Le choix des essences est primordial pour minimiser le besoin en eau du couvert végétal de la toiture. Sélectionner des espèces adaptées au climat et aux conditions spécifiques de la toiture, préférer la plus grande épaisseur possible de support de culture et une composition adéquate pour maximiser la disponibilité en eau permettent de réduire les besoins d'arrosage (et le coût d'entretien associé) et d'améliorer la résilience du couvert végétal. Les toitures végétalisées conçues spécialement dans ce but, notamment de types biodiverses, peuvent même s'en dispenser totalement, en dehors des arrosages ponctuels de soutien lors d'épisodes exceptionnels de sécheresse.

La période d'installation des végétaux jusqu'à leur autonomie est plus longue et plus difficile : un arrosage régulier est souvent nécessaire pour l'assurer. Le premier arrosage, à la plantation, doit amener à saturation le support de culture de la toiture et les substrats de conditionnement des végétaux plantés. Dans le cas de la subirrigation, un arrosage complémentaire manuel de surface est indispensable jusqu'à l'enracinement.

Lorsque l'équilibre du développement des parties racinaires et des parties aériennes du couvert végétal est atteint, l'eau de pluie peut parfois suffire à la vie et au développement du couvert végétal tout au long de l'année. C'est le cas des toitures biodiverses, conçues dans ce but, et des toitures dont la strate principale est composée de crassulacées (sédums principalement) ou de plantes comme les iris nains, adaptées aux milieux à faibles apports en eau et faible réserve. En revanche l'arrosage, qu'il soit automatique ou manuel, reste toutefois souvent indispensable en dehors des périodes hivernales pour les toitures végétalisées paysagères, a fortiori en agriculture urbaine.

L'arrosage s'avère souvent nécessaire en période de sécheresse pour assurer la survie des végétaux, quelles que soient les régions de France.

3.12.2. Les besoins d'arrosage

L'arrosage a pour but de compenser le déficit hydrique que subit le couvert végétal. Ce déficit est prévisible d'un point de vue des statistiques climatiques. Il est aggravé lors d'épisodes de sécheresse exceptionnels, voire par une inadéquation entre certaines plantes et leur environnement d'implantation (en cas de manquement au choix de végétaux bien adaptés à leur milieu). Déterminer en amont le déficit hydrique courant et exceptionnel permet ainsi de définir un système d'irrigation automatique ou un arrosage manuel pour couvrir les besoins en eau des plantes, nécessaires à leur pérennité et à leur développement.

L'arrosage des toitures végétalisées est fonction des projets. Il dépend de l'épaisseur du support de culture, des besoins des plantes, du climat et des choix écologiques et esthétiques. La disponibilité en eau du support de culture, ainsi que la quantité et la fréquence saisonnière des besoins des plantes pour éviter un déficit hydrique sont les informations principales que le concepteur du système d'arrosage prend en compte.

La quantité d'eau apportée par l'arrosage ne doit jamais excéder la capacité de rétention du support de culture, ce qui pourrait provoquer son lessivage et un gaspillage de la ressource. L'objectif de l'arrosage est d'assurer un apport en eau pour reconstituer les réserves en eau du support de culture progressivement consommées par l'évapotranspiration du couvert végétal. Pour cela, il est nécessaire de connaître la disponibilité en eau du support de culture, mais aussi la sensibilité au stress hydrique des végétaux, et d'adapter les doses et les fréquences d'arrosage en conséquence. Il est également judicieux de fractionner au besoin les apports d'eau, suivant la réserve utile, l'épaisseur du substrat et le développement racinaire (progressif lors de la phase d'installation).

Il est à noter que certaines stations météo disposent de la fonctionnalité de prise en compte de l'évapotranspiration potentielle (ETP), pour optimiser la gestion de l'arrosage. Il faut néanmoins rester vigilant pour prendre en compte le décalage entre l'ETP et l'ETR (évapotranspiration réelle) du couvert végétal, souvent inférieure. L'ETR évolue dans le temps suivant le développement du couvert végétal, la programmation de l'arrosage doit donc évoluer elle aussi.

Un arrosage raisonné est nécessaire pour éviter tout gaspillage de la ressource en eau. Il se traduit, dès la conception, par un choix des espèces végétales adaptées au projet et/ou par un arrosage automatique délivrant une quantité d'eau correspondant le plus précisément possible aux besoins des plantes. Il s'agit surtout, en phase d'entretien, d'économiser la ressource en eau, notamment dans les régions présentant une période sèche, et lors de périodes prolongées de sécheresse ou d'épisode de canicule.

Un arrosage régulier, qu'il soit manuel ou automatique, n'est pas nécessaire sur une toiture végétalisée aux végétaux adaptés à leur milieu. Les plantes peuvent changer d'aspect lors de périodes chaudes, mais cela ne traduit pas nécessairement un déficit hydrique. L'arrosage envisagé apporte souvent des quantités d'eau supérieures aux besoins de la plante, afin de conserver un aspect agréable ou pour rafraîchir l'air (en renforçant l'évapotranspiration). L'acceptation des aspects les moins esthétiques de la saisonnalité des végétaux est à encourager.

Un réseau d'arrosage automatique représente une certaine quantité de tuyaux en plastique. L'eau utilisée en arrosage est bien souvent de l'eau potable. Arroser une toiture végétalisée au-delà des besoins des plantes peut être vu comme un luxe environnemental. La méthode idéale pour les toitures biodiverses prend donc la forme d'une sortie d'eau en toiture, en récupération d'eau de pluie, à utiliser ponctuellement lors de périodes de sécheresse pour soutenir les végétaux.

3.12.3. Mise en place de l'arrosage en toiture

Sources d'eau

Afin de préserver les ressources en eau, il est possible d'utiliser une autre source que l'eau potable pour l'arrosage.

Il est possible de créer un système d'arrosage à partir d'une citerne d'eau de pluie, mais il est alors obligatoire de prévoir un remplissage de secours par l'eau de ville. Cette citerne consiste en une cuve installée au pied de l'ouvrage. Il faut prévoir une station de pompage délivrant impérativement une eau filtrée à 130 µm afin de ne pas encombrer les canalisations du système d'arrosage. Le système doit comporter de préférence un filtre dégrilleur pour arrêter les déchets les plus importants en amont de la cuve.

Techniques d'arrosage

L'arrosage peut être assuré par différents moyens.

L'arrosage manuel peut être effectué par arrosoir, à l'aide d'un simple tuyau d'arrosage branché sur le point d'eau, d'une lance ou d'asperseurs mobiles. Cette méthode présente des limites logistiques pour les grandes surfaces.

L'arrosage intégré, à déclenchement automatique ou manuel, peut être assuré par :

- un réseau de goutte-à-goutte autorégulant, installé à la surface (l'objectif est alors d'obtenir un coefficient d'uniformité de 100 % sur l'ensemble de la surface, en agençant le réseau de manière à ce que les bulbes hydriques se rejoignent) et pouvant être dissimulé, ou par des tuyaux enterrés (des goutteurs anti-siphon et une purge d'air sont nécessaires pour éviter que des particules de sol ne soient introduites dans les canalisations) ;
- une subirrigation, constituée d'un réseau de goutteurs placé entre deux couches de feutre enterrées dans le substrat à 15-20 cm maximum sous le niveau fini (ce qui permet ainsi de diminuer l'épaisseur de substrat, pour 20 cm maximum ; des goutteurs anti-siphon sont nécessaires pour éviter l'intrusion de particules de sol dans les canalisations), ce qui a pour avantages principaux d'éviter des pertes d'eau par évaporation et d'inciter les racines des plantes à se développer en profondeur ;
- un système d'aspersion si l'épaisseur du support de culture le permet (l'implantation des arroseurs doit garantir un coefficient d'uniformité supérieur à 80 % en tout point de la surface).

Quel que soit le système choisi, il faut veiller à la bonne uniformité de la répartition de l'eau sur toute la surface.

L'arrosage par aspersion se révèle plus efficace sur les espaces jeunes en cours d'installation, car les systèmes racinaires sont alors peu développés. Attention : les asperseurs sont déconseillés dans le cas de toitures très exposées aux vents, car ce dernier peut disperser l'eau avant qu'elle n'atteigne le support de culture et en direction des immeubles voisins ou des voiries en contrebas.

Dans le cas d'une toiture en pente, on différencie plusieurs zones d'arrosage (souvent trois : haute, moyenne et basse) qui font l'objet de temps d'arrosage différents (le plus long en partie haute et le plus court en partie basse). Les réseaux de goutte-à-goutte et de subirrigation sont installés impérativement horizontalement à un même niveau, et non dans le sens de la pente.

Modalités d'installation

Il faut prévoir la présence d'un ou plusieurs points d'eau au niveau de la toiture pendant et après les travaux, de sorte que tout point de la toiture soit situé à moins de 30 m d'un de ces points. Dans le cas d'une terrasse ou d'une toiture végétalisée qui serait divisée en plusieurs surfaces indépendantes, il est nécessaire de prévoir plusieurs alimentations en eau.

Dans le cas d'arrosage automatique, un disconnecteur doit être installé sur l'installation en amont, ainsi qu'un système de régulation de pression des différentes surfaces indépendantes.

Surface par secteur arrosé (m ²)	Débit minimum (m ³ /h)	Pression dynamique (bars) Au débit minimum	Diamètre du point d'eau en toiture (mm)
0 à 500	1,5	3,5	1" (26 x 34 mm)
500 à 2 500	4	4	1"1/2 (40 x 49 mm)
> 2 500	7	4,5	2" (50 x 60 mm)

Tableau 4 : débit et pression dynamique recommandés pour l'arrosage en fonction de la surface de la toiture végétalisée (source : Synaa).

Certains éléments ne relèvent pas du lot arrosage :

- l'installation en amont et les points d'eau relèvent souvent du lot plomberie ;
- l'alimentation électrique (230 V/10 A) de la terrasse ou de la toiture, recommandée dans le cas d'un arrosage automatique (pour la programmation), relève du lot électricité.

En toiture végétalisée dont l'épaisseur du support de culture est inférieure à 30 cm, les électrovannes et leurs nourrices de distribution doivent obligatoirement être situées dans un local à l'intérieur, fermé et hors gel. Pour les toitures-terrasses-jardins, il est possible de placer ces éléments dans le sol si l'épaisseur du support de culture le permet et s'il est ainsi hors gel.

En dehors des toitures-terrasses-jardins, il est impossible d'avoir des canalisations hors gel en raison de la faible épaisseur de substrat. Il est indispensable de multiplier les points de purge de façon à éviter toute rétention d'eau dans le circuit avant les périodes de gel.

Pour les toitures végétalisées dont l'épaisseur de substrat est inférieure à 30 cm, les canalisations sont placées sur la couche filtrante, avant la mise en œuvre du substrat, et non dans la couche drainante car il y aurait alors un risque de gêner la libre circulation de l'eau sur l'étanchéité.

Il est bon de rappeler que le système d'arrosage doit être déconnecté du réseau d'eau potable par un disconnecteur antipollution.

L'installateur du système d'arrosage doit remettre à l'exploitant un dossier complet comprenant la procédure de fonctionnement. Le débit et la pression doivent être calculés dès le départ du projet et doivent être versés au cahier des charges du lot plomberie. Il peut être nécessaire selon les cas d'installer un surpresseur ou, au contraire, un réducteur de pression.

L'arrosage automatique est abordé de manière détaillée dans les règles professionnelles du paysage P.C.6-R0, P.C.7-R0 et P.E.4-R0. Un calcul des besoins des végétaux de la toiture est nécessaire avant de dimensionner le système d'irrigation et de programmer les débits.

Point de contrôle interne

Les dispositifs de commande d'arrosage et de traitement de l'eau doivent être rendus inaccessibles au public lorsque le toit est accessible.

Vérification avant réception du bon fonctionnement du système d'arrosage (purge du système, bon débit pour chaque asperseur et goutteur, etc.).

Il est contre-indiqué :

- d'arroser en pleine journée durant l'été (privilégier le début ou la fin de journée, voire la nuit si possible) ;
- d'arroser en plein soleil de manière générale (sauf durant la période d'installation des végétaux) ;
- de trop arroser (l'eau en excès est perdue, voire néfaste pour les végétaux).

La pérennité du système d'arrosage est assurée par une maintenance régulière indispensable. Elle comporte des protocoles précis, différents selon les éléments de l'installation ou les saisons : vérification du matériel, de la pression et de l'étanchéité, nettoyage de certains éléments, mise en hivernage, remise en route... (pour de plus amples informations, cf. [règle professionnelle du paysage P.E.4-R0 « Travaux de maintenance des systèmes d'arrosage »](#)).

3.13. Végétalisation sur étanchéité existante – rénovation

Une **étude de l'existant** est obligatoire pour toute végétalisation de toiture existante (cf. NF DTU 43.5). Cette étude porte principalement sur la structure, afin de déterminer les charges admissibles, ainsi que sur la nature de l'étanchéité. La membrane d'étanchéité doit être compatible avec la végétalisation (notamment anti-racine). En cas d'ajout d'une membrane d'étanchéité en PVC ou en EPDM, il faut s'assurer de la compatibilité chimique avec l'étanchéité existante ou installer une séparation physique (un écran de séparation chimique, 300 g/m²).

Dans le cas de toitures protégées par une couche de gravillons, cette dernière peut donner une indication sur la charge admissible (environ 100 kg/m² pour 5 cm de gravillons).

Dans le cas d'ouvrages anciens, sauf cas particulier encadré par des bureaux d'études et de contrôle et avec l'aval du maître d'ouvrage, il est nécessaire de refaire l'étanchéité à neuf.

Si l'étanchéité existante est compatible et récente, un contrôle de son état sera effectué, comme pour une réception du support.

À l'issue des études, un engagement contractuel du maître d'ouvrage et du maître d'œuvre spécifie que le bâtiment peut accueillir une toiture végétalisée.

En cas de changement de destination, une mise en sécurité de la toiture sera effectuée, conforme à la réglementation (garde-corps...).

3.14. Aménagements en faveur de la biodiversité

La biodiversité des toitures comprend :

- la diversité en espèces végétales (composition de type méditerranéen, prairial continental, océanique...);
- la diversité en espèces animales (invertébrés, notamment pollinisateurs, oiseaux...);
- la diversité des organismes du sol (microorganismes, larves d'insectes, vers de terre, champignons...).

Cette diversité est une condition nécessaire à la constitution d'un écosystème fonctionnel et résilient, permettant l'alimentation, la reproduction, l'abri et le déplacement des espèces, tout en fournissant à l'homme des services écosystémiques (cf. encart plus bas).

Les toitures végétalisées représentent des **écosystèmes particuliers en milieu urbain**, très contraints : les ressources en eau, en matière organique et en éléments nutritifs sont bien plus limitées que celles d'un espace vert au sol. Ces écosystèmes sont d'autant plus riches que l'épaisseur du support de culture est importante, que le cortège floral est diversifié. La biodiversité qui se développe sur les toitures végétalisées en ville est d'une importance cruciale dans les milieux urbains où la biodiversité diminue fortement. Elles peuvent constituer des trames vertes discontinues, dites « en pas japonais », qui sont d'autant plus efficaces lorsque les toitures végétalisées sont connectées avec des murs végétalisés et des espaces verts au pied du bâtiment.

Des connaissances et des compétences particulières en écologie sont nécessaires pour s'assurer que la toiture végétalisée deviendra un écosystème viable. La présence de certaines espèces est un indicateur fort du bon fonctionnement des écosystèmes.

Les pollinisateurs comme les abeilles, les bourdons, les syrphes,

les papillons... ont un rôle crucial pour assurer la bonne reproduction des plantes. Ils ont besoin de milieux spécifiques pour se développer, ainsi que d'un entretien adapté et limité de la toiture.

Les toitures végétalisées constituent des habitats particuliers pour plusieurs groupes d'insectes. Une diversification des toitures végétalisées devrait être recherchée pour multiplier les habitats particuliers disponibles, chacun abritant des communautés d'espèces différentes.

Les toitures végétalisées fournissent également des matériaux et des zones pour la nidification des oiseaux.

Plusieurs aménagements sur toitures permettent spécifiquement de favoriser certaines espèces. Il s'agit en grande majorité de **structures à biotope**, qui constituent des habitats diversifiés afin d'accueillir des espèces dont les besoins correspondent moins aux toitures homogènes. Des monticules de cailloux ou des zones sablées, sans végétation, représentent un habitat pour certaines espèces d'insectes (comme les abeilles des sables), voire des zones de niche pour certains oiseaux. Du bois mort (branches, souches, troncs...) constitue à la fois une source de nourriture pour des détritivores et un habitat pour des espèces d'insectes ; sa désagrégation alimentera la toiture en matière organique. Des **zones de supports de culture différents**, ou plus simplement des variations de granulométrie, peuvent être envisagées pour l'accueil de la biodiversité (avec une majorité de graviers et de galets pour certaines faunes et flores par exemple).

Des nichoirs et des hôtels à insectes, installés avec l'aide de spécialistes, sont aussi des solutions envisageables pour améliorer l'accueil de la biodiversité. L'implantation de ruches d'abeilles domestiques peut être intéressante (d'autant que le miel produit sur les toits en ville n'est pas contaminé par les métaux lourds) mais il convient de veiller à ne pas saturer l'espace urbain de ruches, car l'abeille domestique peut entrer en concurrence avec les autres espèces d'abeilles et de pollinisateurs sauvages, tous aussi importants à protéger. Le lestage de ces éléments est nécessaire. Des éléments pédagogiques de sensibilisation, dont rôle est crucial auprès du public, devraient être ajoutés.

Le **relief** de la toiture végétalisée représente un aspect de l'aménagement aux conséquences importantes sur la biodiversité. L'introduction d'un relief, d'un vallonnement du support de culture introduit facilement une diversité de milieux. En fonction de l'exposition des faces des buttes, le milieu est plus ou moins ombragé, plus ou moins humide, plus ou moins frais, selon s'il est plutôt orienté au nord ou à l'inverse au sud.

Des **mares** peuvent être mises en place pour amener un milieu humide sur les toitures, dont les caractéristiques permettent le développement d'espèces particulières d'animaux et de végétaux. Une méthode simple consiste à utiliser un liner pour la rétention d'eau, placé sur un lit de sable (au-dessus de la couche drainante) qui détermine la forme et le volume de la mare recouvert d'un géotextile épais. Le liner est ensuite recouvert d'un mélange de gravillons et de galets pour le lester (souvent à plus de 50 %) avec de la terre végétale (pour de plus amples informations, cf. [règle professionnelle du paysage C.C.8-R0 « Travaux de réalisation de bassins d'ornement »](#)). Il est nécessaire de veiller à ce que les charges admissibles sont compatibles avec cet aménagement. Il est également possible d'utiliser des argiles si les conditions techniques le permettent (accessibilité, charge, mise en œuvre plus complexe).



Photo 13 : toiture biodiverse à épaisseur de support de culture modérée, strate herbacée (Philippe PEIGER®).



Photo 14 : exemple de plusieurs biotopes en toiture biodiverse, support de culture modérée, strate herbacée (Philippe PEIGER®).

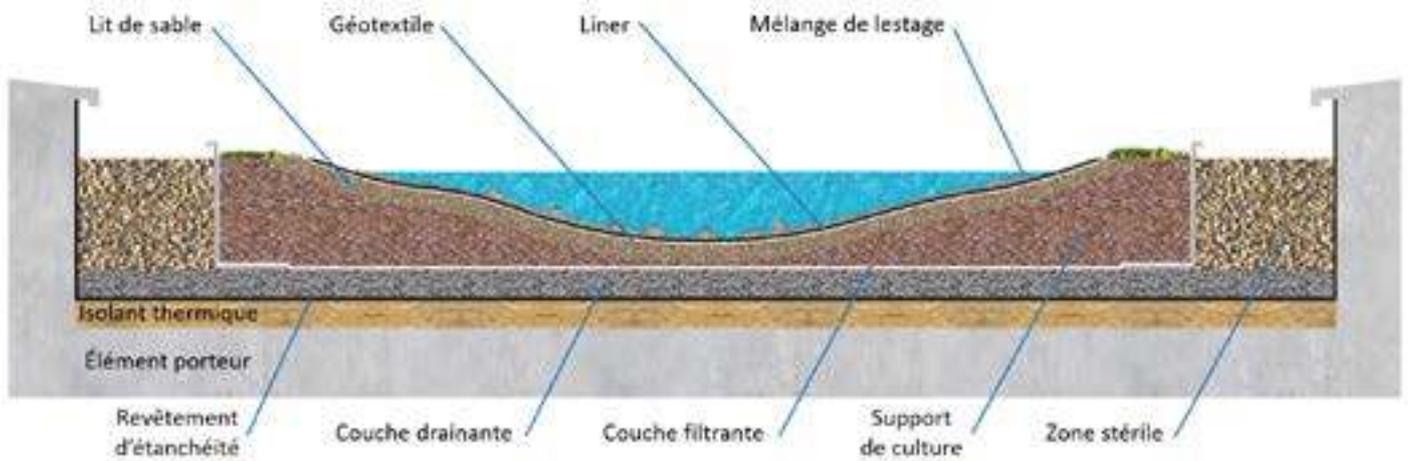


Figure 13 : schémas d'une mare sur toiture végétalisée (dessin de Cédric Houel).

Un arrosage différentiel remplit également cette fonction : un arrosage automatique léger peut être installé ponctuellement sur la toiture, créant ainsi des zones plus humides et un gradient d'humidité à partir de ces endroits.

Au-delà des avantages générés par les aménagements en eux-mêmes, ce qui les compose a aussi des conséquences sur l'environnement. Il est préférable d'utiliser des matériaux recyclés et recyclables, de veiller à minimiser le bilan carbone de l'aménagement, d'utiliser des produits locaux, etc.

Un suivi écologique de la toiture peut être envisagé, en lien avec la maîtrise d'œuvre.

Les services offerts par les toitures végétalisées

Une toiture végétalisée représente de nombreux avantages.

- Les espèces végétales plantées ou semées et qui s'installent spontanément, ainsi que leur support de culture et la faune qu'ils abritent renforcent la **biodiversité** en milieu urbain et le maillage des corridors écologiques.
- Une toiture végétalisée participe à la **gestion des eaux pluviales**. L'eau des précipitations est retenue par le support de culture qui retarde son passage dans le réseau de traitement des eaux, et en soustrait une partie absorbée par les plantes ou évaporée (80 % en moyenne). Une toiture végétalisée participe ainsi à la gestion des eaux pluviales à la parcelle.
- Les surfaces végétalisées quelles qu'elles soient **diminuent les effets de l'îlot de chaleur urbain**. Par leurs feuilles, les plantes utilisent une partie du rayonnement solaire pour effectuer la photosynthèse et elles rejettent de la vapeur d'eau dans l'atmosphère par évapotranspiration, concourant à abaisser localement la température (ce phénomène est réduit chez les plantes grasses, comme les sédums).
- Dans une moindre mesure, la toiture végétalisée contribue à l'**isolation des bâtiments**. Elle assure une isolation thermique tout aussi efficace que celle des isolants couramment utilisés, et ses effets sont d'autant plus importants que l'épaisseur de support de culture est élevée. Sa surface possède aussi des propriétés d'isolation acoustique. Elle protège également l'étanchéité du toit des UV et de forts chocs thermiques.
- La végétation joue également un rôle de **dépollution** : elle séquestre du carbone par ses processus biologiques,

absorbe une partie de la pollution atmosphérique et fixe les poussières et particules sur l'épiderme des feuilles.

- Enfin, pour ceux qui disposent d'une vue sur la toiture, le **gain esthétique** est considérable et s'accompagne de tous les bienfaits générés par la perception d'un environnement agréable et végétalisé.

Les caractéristiques énumérées ci-dessus se traduisent parfois par des avantages économiques : augmentation de la valeur foncière, réduction de la consommation énergétique, etc.

Si les toitures végétalisées sont multifonctionnelles, elles ne rendent pas tous les services dans une même mesure. Les services écosystémiques diffèrent fortement en fonction des choix de conception et de gestion, et ces derniers permettent d'en accentuer certains au détriment d'autres. Ce travail d'optimisation est réalisé en amont et, dans tous les cas, la biodiversité reste un service essentiel.

3.15. Entretien des toitures végétalisées

L'entretien doit être anticipé dès la phase de conception, notamment pour que les accès à la toiture soient adaptés au matériel envisagé.

L'entretien est indispensable à la pérennité de la toiture, même s'il peut être considérablement réduit pour certains aménagements. Au minimum, les toitures végétalisées doivent faire l'objet d'un suivi régulier. Le contrat d'entretien doit être conclu au plus tard à la réception de l'ouvrage. Il porte sur le suivi et l'entretien de la végétation de l'ensemble de la toiture, en incluant les zones stériles.

L'entretien nécessaire est défini dans le DIUO (Dossier d'Intervention Ulérieur sur l'Ouvrage) le cas échéant. Les préconisations d'entretien du concepteur et la notice technique de la toiture végétalisée (caractéristiques des différentes couches et de la palette végétale, épaisseurs, etc.) sont également fournies à l'entreprise en charge de l'entretien.

Un des objectifs principaux de l'entretien consiste à limiter les risques de dégradation de l'étanchéité en maîtrisant le développement des ligneux (saules, bouleaux, ailantes, buddleias, etc.), des résineux et de la flore spontanée pouvant s'avérer néfaste. L'entretien est également nécessaire pour veiller au bon maintien de la végétation, ainsi que pour suivre et développer la biodiversité.

Préconisations d'entretien des zones non végétalisées

- Vérification des éléments non végétalisés de la toiture directement accessibles par le personnel d'entretien (relevés d'étanchéité, émergences, garde-corps, etc.).
- Nettoyage des zones stériles (végétaux, déchets verts, détritiques, etc.).
- Nettoyage des joints visibles du revêtement d'étanchéité.
- Nettoyage des exutoires d'eaux pluviales, avaloirs, grilles et chenaux.
- Contrôle et nettoyage des revêtements de surface des chemins de circulation.
- Dans le cas de dalles sur plots et d'un platelage bois, contrôle du libre écoulement des eaux et nettoyage éventuel, sur proposition de l'entreprise et acceptation du maître d'ouvrage, avec dépose des dalles et du platelage et évacuation des déchets.



Photo 15 : exemple d'un entretien paysager d'une toiture accessible au public à strate herbacée dominante – les espèces semées changent d'une année sur l'autre (*T. Muller*).

Les opérations d'entretien concernent l'entretien courant, mais aussi les travaux post-plantation visant à garantir la reprise des végétaux et une couverture de 80 % au minimum (cf. fin 3.10-Strate végétale). L'objectif de l'entretien est de maintenir le taux de couverture au-delà de ces 80 %, de maîtriser le développement des adventices jugées indésirables (notamment celles présentant un danger pour l'étanchéité) et d'assurer le développement durable de la végétation. L'amendement est rarement nécessaire.

L'entretien des toitures végétalisées est par ailleurs le même que celui des zones végétalisées comparables installées en surface : arrosage, désherbage, taille, soin aux végétaux, enlèvement des végétaux morts et remplacement pour les milieux les plus façonnés ; ou simple suivi limitant les interventions annuelles pour les milieux où l'évolution naturelle de la végétation est recherchée.

Différents niveaux d'entretien

Les niveaux de maintenance doivent être définis dès le début du projet avec le maître d'ouvrage ou le gestionnaire du bâtiment. Le choix de la palette végétale devra d'ailleurs être adapté en fonction du niveau de maintenance souhaité.

Plusieurs niveaux d'entretien sont en effet possibles. Il est donc important de définir dès le début le niveau esthétique attendu ainsi que les enjeux en lien avec le projet : décoration estivale, toiture verte toute l'année, toiture fleurie, évolution naturelle, etc. Le budget de la maintenance varie en fonction du système (épaisseur du support de culture et présence ou non d'arrosage), selon le niveau esthétique et les résultats attendus et en définitive selon la fréquence des passages et le temps accordé à la maintenance (ces deux derniers facteurs dépendant étroitement du résultat souhaité).

Le niveau d'entretien minimal, un simple suivi deux à trois fois par an, couramment utilisé pour les toitures biodiverses et réclamé par les assurances du bâtiment, se compose des éléments suivants :

- nettoyage des exutoires (ainsi que des chéneaux et des noues le cas échéant) ;
- inspection visuelle des relevés d'étanchéité ;
- arrachage des espèces ligneuses dangereuses pour la toiture (et éventuellement des plantes exotiques envahissantes) ;
- ramassage des déchets ;
- nettoyage des zones stériles.

Fréquence de passage

En fonction des attentes esthétiques et au minimum, il est conseillé d'effectuer **au moins deux passages par an**, au printemps et à l'automne, afin de contrôler l'évolution de la végétation, et de procéder alors à d'éventuelles interventions de sécurité.

Pour les toitures paysagères, ces interventions sont souvent l'occasion de réaliser la taille des inflorescences fanées et des arbustes, le désherbage des plantes indésirables (comme les végétaux interdits en toiture) ou envahissantes, le ramassage des feuilles ou encore les replantations ponctuelles. Dans le cas d'un remplacement de végétaux ligneux déficients ou morts, une replantation à l'automne est en général conseillée, grâce à laquelle l'on observe un meilleur taux de reprise qu'au printemps. À l'inverse, pour les vivaces, la replantation est effectuée au printemps.

La **fréquence** de passage nécessaire dépend de plusieurs paramètres : l'épaisseur et les caractéristiques du support de culture, les types de végétaux plantés, l'objectif (identité esthétique forte nécessitant un entretien important, par exemple, ou encore valeur écologique de premier plan dont la préservation exige moins d'interventions), etc. Un simple suivi a lieu 2 fois par an. Dans le cas d'une végétation de type prairie, de graminées, il faut compter en moyenne 2 à 6 passages par an. Pour les supports de culture les plus épais intégrant des arbres, l'entretien est semblable à celui d'un jardin : en moyenne de 5 à 10 passages, mais parfois plus si la toiture est très fréquentée ou qu'un aménagement esthétique doit être garanti.



Photo 16 : toiture à épaisseur de support de culture modérée, strate herbacée type prairie de milieu sec (Etude Grooves, ARB Île-de-France).



Photo 17 : toiture à épaisseur de support de culture modérée, strate herbacée (T. Muller).

Type d'entretien	Entretien de toiture biodiverse	Entretien paysager (strate présente la plus haute)				
		Strate muscinale	Strate herbacée	Strate arbustive	Strate arborée	Présence de gazon
Fréquence annuelle	2 à 3 (suivi)	1 à 2	2 à 4	4 à 6	5 à 10	10 à 30*

* selon le niveau d'entretien et les conditions de pousse

Tableau 5 : fréquence des passages d'entretien en fonction de l'épaisseur du support de culture

Préconisations générales d'entretien des zones végétalisées

- Un **contrôle général** est effectué selon le type de projet **pour orienter l'entretien**. Il peut s'agir : de maintenir dans le temps la composition initiale de la toiture pour les végétalisations les plus contrôlées ; de faire évoluer le projet dans le temps en réalisant des variations paysagères ou en accompagnant les changements naturels ; ou de veiller sur l'évolution naturelle de la toiture pour les projets centrés sur la biodiversité.

- **Arrachage manuel de végétaux** : il s'agit de la flore spontanée des toitures présentant un risque d'endommager le complexe filtrant et l'étanchéité, notamment par leur système racinaire (buddleia, ailante, robinier, saule, peuplier, etc.), mais aussi des plantes jugées indésirables selon le projet paysager (concurrence avec les espèces plantées, inadéquation avec l'esthétique recherchée, etc.). Certaines plantes de la flore spontanée des toitures peuvent être conservées pour améliorer la biodiversité ou pour maintenir un couvert végétal sur toute la surface le cas échéant.

- **Ramassage et évacuation** des résidus de taille et des détritiques (pour les résidus de taille de la strate arbustive, cette opération peut être remplacée par un broyage dont le produit est utilisé en paillis).

- **Opérations d'arrosage et entretien des systèmes.**

L'arrosage manuel est effectué selon les clauses du contrat d'entretien. L'entreprise peut également proposer au maître d'ouvrage des prestations complémentaires, notamment lors de périodes de sécheresse présentant un risque pour les végétaux.

Dans le cas d'un système d'arrosage automatique, l'entretien est effectué selon la règle professionnelle du paysage [P.E.4-R0 « Travaux de maintenance des systèmes d'arrosage »](#).

Les principales étapes concernent l'adaptation de la programmation aux conditions météo, la vérification et le réglage éventuel des goutteurs et arroseurs, les opérations saisonnières (purge du réseau en hiver et remise en fonction au printemps).

- **Opérations de taille** : ces opérations peuvent prendre des formes variées.

Les végétaux peuvent faire l'objet de tailles, selon le type de projet de végétalisation : taille des ligneux, coupe des fleurs fanées pour les espèces à floraison érigée, taille des graminées à la fin de l'hiver, etc.

Pour les projets paysagers les plus contrôlés, les zones engazonnées peuvent être tondues. Le ramassage des déchets de tonte est impératif (pour éviter l'excès de matière organique et la migration accidentelle vers les exutoires). La hauteur de coupe maximum doit être de 10 à 12 cm et la tonte rase est vivement déconseillée en été.

Pour les projets privilégiant la biodiversité, les zones de prairie peuvent faire l'objet d'un fauchage fractionné après épiaison pour permettre à la microfaune de trouver refuge. Le fauchage doit être effectué depuis l'extérieur jusqu'aux zones refuges qui seront fauchées le mois suivant. Les déchets de fauche doivent être évacués après séchage, notamment dans le cas de prairies à fleurs.

- **Interventions sur le support de culture** : ramassage et remise en place du support en cas de migration sur la zone stérile ou les cheminements, et nouvelle mise en œuvre ponctuelle si nécessaire. Dans ce dernier cas, la mise en œuvre de végétaux (plantation, semis, éléments précultivés...) peut être nécessaire pour rétablir le couvert végétal.

- **Opérations complémentaires sur la végétation.**

En fonction de la vocation de l'espace et des types de végétation souhaités, des engrais organiques complets peuvent être utilisés, au début du printemps. L'épandage est réalisé de manière à ne pas affecter les zones stériles, et l'engrais est sous forme de granulés à libération lente afin de limiter son lessivage par les eaux pluviales.

Dans le cas où la toiture présente des zones pour lesquelles il n'y a plus de couvert végétal, la mise en œuvre de végétaux (plantation, semis, éléments précultivés...) peut être nécessaire.

Préconisations d'entretien spécifiques aux toitures-terrasses-jardins

- Toute prestation d'entretien d'un jardin, selon le type de végétation (cf. [les règles professionnelles du paysage sur l'entretien des végétaux, P.E.1-R0 à P.E.5-R0](#)).

- Contrôle particulier de l'état des haubans.

- Vérification de la prise au vent, notamment dans les zones très exposées, et diminution du volume de la couronne si nécessaire.

Point de contrôle interne

L'entreprise veille à ne pas entreprendre les activités proscrites suivantes.

- Les produits phytopharmaceutiques sont proscrits (antigerminatifs, désherbants sélectifs ou totaux...) notamment à cause du risque de passage dans le système d'évacuation des eaux pluviales. Les produits de biocontrôle sont tolérés.

- De même, l'utilisation d'engrais chimiques est déconseillée car ils risquent d'être rapidement lessivés, à cause du caractère très drainant de la plupart des substrats.

- L'usage de certains outils est interdit à cause des risques de dommage au complexe filtrant (bêche, fourche-bêche, binette sur un support de faible épaisseur...). L'usage de la débroussailluse est spécifiquement interdit le long de tous les relevés d'étanchéité et dans les zones stériles.

Point de contrôle contradictoire

Après chaque opération d'entretien, l'entreprise établit un rapport d'intervention qu'elle communique au maître d'ouvrage.

Points de vigilance

Il est interdit de circuler sur les toitures végétalisées avec des engins autres que les engins légers (tondeuses, débroussailluses, etc.) pour entretenir la végétation (sauf sur les zones circulables dans le cas de toitures accessibles aux véhicules).

L'utilisation des matériels tranchants lourds ou perforants doit être réalisée avec précaution pour ne pas détériorer les étanchéités.

Lors des opérations d'entretien dans le cas des toitures inaccessibles au public, la sécurité du personnel doit être assurée vis-à-vis des chutes de hauteur. S'il n'a pas été possible d'installer des garde-corps, le maître d'ouvrage doit assurer la présence d'une ligne de vie. L'entreprise du paysage doit s'assurer auprès du maître d'ouvrage du bon état et de la conformité des garde-corps et lignes de vie éventuelles (cf. 3.6-Sécurité).

Les opérations d'entretien ne doivent pas modifier les charges statiques prévues lors de la conception. De manière générale, les dispositions d'exploitation prévues ne doivent pas être modifiées.

Il est recommandé d'éviter les interventions en période de nidification des oiseaux dans le cas des toitures inaccessibles au public.

4. Définition des points de contrôle internes et des points de contrôle contradictoires

	Description	Qui effectue le point de contrôle ?	Matérialisation du point de contrôle
Point de contrôle interne	Il correspond à la vérification de la bonne exécution des travaux au fur et à mesure de l'avancement du chantier, et plus spécifiquement quand une tâche est achevée. Il permet de prendre du recul sur le chantier avant de passer à l'étape suivante.	Le chef d'équipe, le chef de chantier ou le conducteur de travaux. Le maître d'œuvre peut être impliqué s'il en a manifesté le souhait.	Consignation facultative sur un document interne et spécifique au chantier ou sur une fiche de journée. > Ce type de point de contrôle ne débouche pas systématiquement sur une preuve mobilisable en cas d'expertise judiciaire/de litige.
Point de contrôle contradictoire	Il correspond : - à la formalisation d'un accord entre l'entreprise et le maître d'œuvre ou le maître d'ouvrage, - à un changement de tâche, notamment lorsqu'une tâche a des conséquences sur la suivante ou lorsqu'elle a des conséquences irréversibles, - à la réception des travaux. Chaque règle professionnelle ne doit pas comporter plus de 5 points de contrôle contradictoires pour une même réalisation d'ouvrage.	- Le chef de chantier, le conducteur de travaux ou le dirigeant de l'entreprise du paysage, en présence du maître d'œuvre ou du maître d'ouvrage. - Une entreprise tierce (exemple : mesure de la portance).	- Consignation au niveau du compte rendu de chantier, cosigné par l'entreprise et le maître d'œuvre ou le maître d'ouvrage. - Un document réalisé par une entreprise tierce. > Ce type de point de contrôle doit déboucher sur une preuve mobilisable en cas d'expertise judiciaire / de litige.

Les points de contrôle contradictoires constituent des **points d'arrêt**. Ces arrêts obligatoires sont contractuels. Ils interdisent de continuer la phase suivante de la tâche jusqu'à ce que les points d'arrêt soient levés. La levée des points d'arrêt a lieu dès que les contrôles contradictoires ont donné satisfaction. La phase suivante du travail peut alors reprendre de façon formelle avec toutes les garanties de bonne exécution de la ou des tâches précédentes.

Il existe par ailleurs deux types de points de contrôle contradictoires particuliers :

- les points de contrôle relatifs aux approvisionnements ;
- les points de contrôle relatifs à la réception du support.

Chaque approvisionnement et chaque réception de support doit automatiquement déboucher sur un point de contrôle contradictoire entre l'entreprise de paysage et le fournisseur dans le premier cas et entre l'entreprise de paysage et l'entreprise ayant réalisé le support dans le second cas.

Le cas particulier de la clientèle particulière sans maîtrise d'œuvre :

Parce que la clientèle particulière n'est pas « sachante » en termes d'aménagements paysagers, les points de contrôle pour ce type de clientèle sont principalement des points de contrôle internes.

Il est fortement recommandé de formaliser les étapes de validation des plantes et des matériaux à mettre en œuvre et de réception des travaux avec la clientèle particulière. De même, il est fortement recommandé que chaque modification de la commande initiale du client débouche sur la rédaction d'un nouveau devis, la signature par le client particulier du nouveau devis prouvant son accord.

5. Bibliothèque de référence

• SUPPORTS

Maçonnerie

NF P 10-203 (NF DTU 20.12) Maçonnerie des toitures et d'étanchéité - Gros œuvre en maçonnerie des toitures destinées à recevoir un revêtement d'étanchéité

NFP 84-204 (NF DTU 43.1) Travaux de bâtiment - Étanchéité des toitures-terrasses et toitures inclinées avec éléments porteurs en maçonnerie en climat de plaine

NF P 84-211 (NF DTU 43.11) Travaux de bâtiment - Étanchéité des toitures-terrasses et toitures inclinées avec éléments porteurs en maçonnerie en climat de montagne

Béton cellulaire

Cahier du CSTB 2192, avril 1983

Tôles d'acier nervurées

NF P 84-206 (NF DTU 43.3) Travaux de bâtiment - Mise en œuvre des toitures en tôles d'acier nervurées avec revêtement d'étanchéité

Bois ou panneaux dérivés du bois

NF P 84-207 (NF DTU 43.4) Travaux de bâtiment - Toitures en éléments porteurs en bois et panneaux dérivés du bois avec revêtements d'étanchéité

• SUPPORTS DE CULTURE

NF U 44-551 Supports de culture - Dénominations, spécifications, marquage

NF U 44-051 Amendements organiques - Dénominations, spécifications et marquage

• SÉCURITÉ ET ACCÈS

Dispositifs de sécurité

NF E 85-015 Éléments d'installations industrielles - Moyens d'accès permanents - Escaliers, échelles à marches et garde-corps

NF P 01-012 Dimensions des garde-corps - Règles de sécurité relatives aux dimensions des garde-corps et rampes d'escalier

Systèmes de protection individuelle

NF EN 363 Équipement de protection individuelle contre les chutes de hauteur - Systèmes d'arrêt des chutes

• OUVRAGES GÉNÉRAUX

Règles professionnelles de l'Unep :

<https://www.lesentreprisesdupaysage.fr/bonnes-pratiques-du-secteur-les-regles-professionnelles/les-regles-parues/>

AGENCE QUALITÉ CONSTRUCTION, EKOPOLIS. Végétalisation du bâti existant, 12 enseignements à connaître. AQC, 2019.

ADIVET. Recommandations techniques de l'agriculture urbaine en toiture [en ligne]. 2018. [Consulté le 1er février 2019].

ADIVET. Règles professionnelles pour la conception et la réalisation des terrasses et toitures végétalisées [en ligne]. APME-Prométhée-CSFE, 2018. [Consulté le 1er février 2019].

LE VIVANT ET LA VILLE. Guide des bonnes pratiques : enveloppes végétalisées du bâti. 2013.

MAIRIE DE PARIS. Guide des toitures végétalisées et cultivées. Ville de Paris, 2017.

PEIGER Philippe, BAUMANN Nathalie. Végétalisation biodiverse et biosolaire des toitures. UE : Eyrolles, 2018.

Travaux

de mise en
œuvre et
d'entretien en
végétalisation
de bâtiments

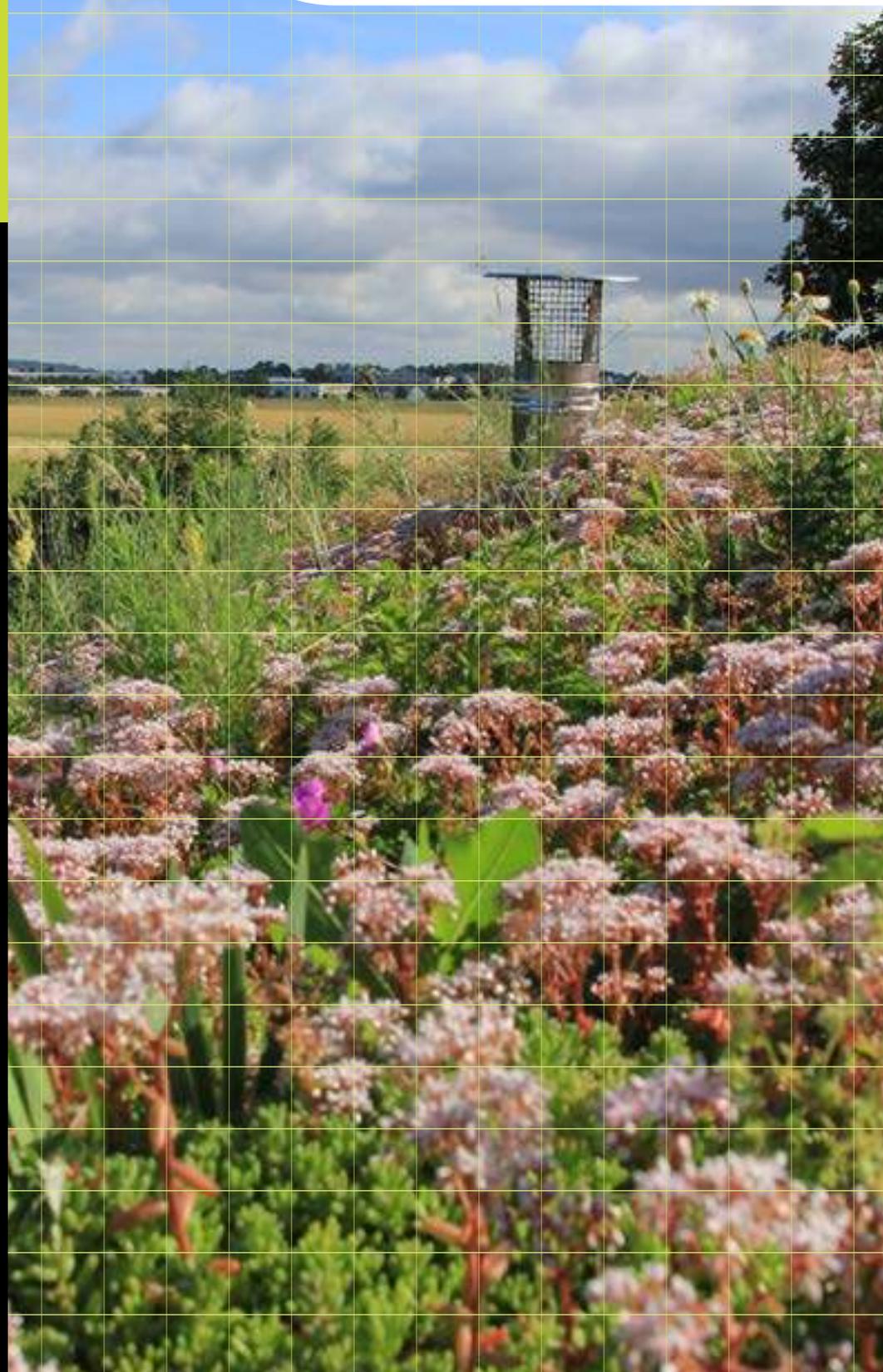
Recommandations professionnelles

Conception, réalisation et entretien
de toitures végétalisées

ANNEXES

N°: **B.C.4-R0** |

Création : avril 2020



chaque
jardin
compte

LES ENTREPRISES DU PAYSAGE



6. Annexes

6.1. Liste des plantes interdites spécifiquement sur toitures

D'après la liste du NF P 84-204 (NF DTU 43.1).

Le motif principal d'interdiction de ces plantes est leur système racinaire risquant d'endommager l'étanchéité.

CATÉGORIES	DÉNOMINATION BOTANIQUE DES PLANTES INTERDITES
Bambous	Tous les genres et espèces : <i>Arundinaria sp.</i> <i>Fragesia sp.</i> <i>Phyllostachys sp.</i> <i>Pleioblastus sp.</i> <i>Pseudosasa sp.</i> <i>Sinarundinaria sp.</i> <i>etc.</i>
Joncs de Chine (Miscanthus) ou herbe à éléphant	<i>Miscanthus floridus</i> <i>Miscanthus giganteus</i> <i>Miscanthus sacchariflorus</i> <i>Miscanthus sinensis</i>
Renouées Renouée du Japon	<i>Polygonum sp.</i> <i>Fallopia japonica / Reynoutria japonica</i>
Graminées	<i>Arundo donax</i> <i>Carex glauca</i> <i>Alymus racemosus</i> <i>Phragmites australis</i> <i>Spartina pectinata</i>
Arbustes Amélanchier Clethra Gaultheria Argousier faux-nerprun Sureau noir Alaterne ou bourdaine Arbre aux papillons	<i>Amelanchier sp.</i> <i>Clethra alnifolia</i> <i>Gaultheria shallon</i> <i>Hippophae rhamnoides</i> <i>Sambucus nigra</i> <i>Rhamnus frangula</i> <i>Buddleia davidii</i>
Arbres Saule marsault Saule pleureur Peuplier blanc Peuplier noir Peupliers hybrides Vernis du Japon ou ailanthe glanduleux Cyprés chauve Robinier faux acacia et tous les arbres à grand développement.	<i>Salix caprea</i> <i>Salix babylonica</i> <i>Populus alba</i> <i>Populus nigra</i> <i>Populus X</i> <i>Ailanthus altissima</i> <i>Taxodium distichum</i> <i>Robinia pseudoacacia</i>

Outre cette liste de plantes interdites, les plantes exotiques envahissantes ne devraient pas non plus être plantées sur les toitures végétalisées. Pour de plus amples informations,

voir l'annexe 6 de la règle professionnelle du paysage [P.E.6-R0 « Gestion de populations de plantes exotiques envahissantes et d'adventices »](#).

6.2. Exemples d'aménagements de toitures végétalisées

Exemple 1



Composition de la toiture après 1 an

Thymus vulgaris
Thymus serpyllum
Iris pumila
Origanum vulgare
Allium karataviense
Hieracum aurantiacum
Dianthus plumarius
Dianthus arenarius
Dianthus gratianopolitanus
Dianthus cartusianorum
Sedum kamtschaticum
Sedum acre
Sedum album
Teucrium chamaedris
Festuca amethystina
Gypsophylla repens

Exemple 2



Composition de la toiture après 5 ans

- **Bande centrale**
 - Sedum acre*
 - Sedum album*
 - Sedum caucolicum*
 - Sedum ewersii*
 - Sedum hybridum*
 - Sedum spurium*
- **Tâches associées aux sédums**
 - Alyssum saxatile*
 - Dianthus gratianopolis*
 - Hélianthenum nummularium*
 - Saxifraga arendsii*
 - Silene maritima*
 - Sempervivum tectorum*
- **Bandes latérales**
 - Arméria maritima*
 - Allium*
 - Festuca cinerea*
 - Festuca ovina*
 - Iris pumila*
 - Koeleria glauca*
 - Lavendula angustifolia*
 - Poa compressa*
 - Stipa pennata*
 - Thymus serpyllum*
 - Thymus vulgaris*
 - Hieracium aurantiacum*
 - Nepeta Fasseni*

6.3. Photos des différentes étapes d'une rénovation de toiture végétalisée



État des lieux



Enlèvement de la végétation



Enlèvement des terres existantes



Enlèvement des terres existantes



Enlèvement des terres existantes



Mise en œuvre d'une nouvelle étanchéité



Mise en œuvre d'une couche drainante continue sur géotextile de protection



Mise en œuvre d'une couche filtrante continue lestée par des gravillons de lit de pose au droit des futures allées



Pose des éléments de séparation métalliques et files pavés sur solins en béton continus



Pose des éléments de séparation métalliques et files pavés sur solins en béton continu



Mise en œuvre de la terre végétale amendée



Mise en œuvre de substrat pour les zones où son épaisseur est inférieure à 30 cm



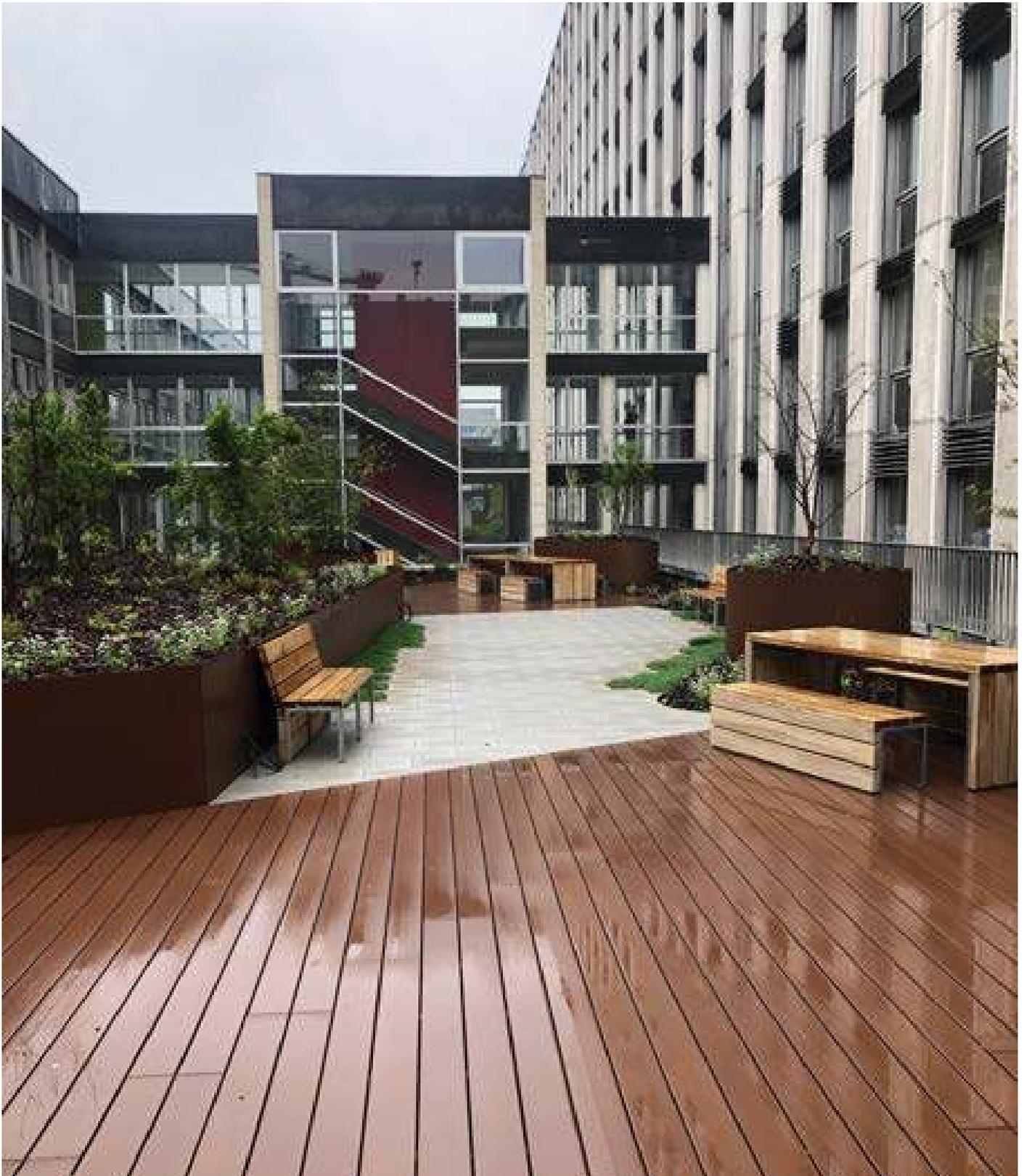
Mise en œuvre de substrat pour les zones où son épaisseur est inférieure à 30 cm



Plantation



Mise en œuvre d'une toile de paillage biodégradable et de mulch



État final

Notes

Edité par les Editions de Bionnay

SAS d'édition de presse au capital de 140 800 euros - RCS Lyon 401 325 436

Les Editions de Bionnay - 493 route du Château de Bionnay - 69640 Lacenas
Président : Erick Roizard, Directeur général : Martine Meunier
Tél. 04 74 02 25 25 - Fax. 04 37 55 08 11 - E-mail : leseditionsdebionnay@orange.fr

Dépôt légal à parution - ISBN : 978-2-917465-23-3 - Imprimerie Chirat (42540).

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans la présente publication, faite sans autorisation de l'éditeur, est illicite et constitue une contrefaçon.

Seules sont autorisées les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, et les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (Loi du 11 Mai 1957 - articles 40 et 41 et Code pénal en son article 425).

L'UNEP étant titulaire des droits d'auteur, en aucun cas, les Editions de Bionnay ne pourraient être tenues pour responsables de toute omission d'une donnée ou d'une information, ou de toute erreur ou lacune dans les règles professionnelles.



