



GUIDE DES TOITURES VÉGÉTALISÉES ET CULTIVÉES

TOUTES LES ÉTAPES
POUR UN PROJET DE QUALITÉ



ÉDITO

La végétalisation et l'agriculture urbaine représentent un véritable enjeu pour les villes d'aujourd'hui et de demain. Elles sont à la fois source de bien-être et de lien social pour les habitants, participent au développement de la biodiversité locale et contribuent à la lutte contre les effets du dérèglement climatique (lutte contre les îlots de chaleur et l'effet de serre, gestion des eaux de pluie et stockage de carbone, etc.).



La Maire de Paris porte l'ambition de rendre la capitale plus végétale en créant de nouveaux espaces verts, en donnant plus de place à la nature dans l'espace public et sur les bâtiments, avec l'objectif d'atteindre 100 hectares de toits et murs végétalisés d'ici 2020, dont un tiers consacré à l'agriculture urbaine. Pour que la végétalisation fasse partie intégrante du bâti parisien - qu'il s'agisse de constructions neuves, de rénovations ou d'interventions sur l'existant - la Ville souhaite mobiliser l'ensemble des acteurs concernés autour de cet objectif : les propriétaires, les investisseurs, les professionnels de la végétalisation, les habitants, les copropriétaires en les accompagnant dans leur démarche en faveur de la végétalisation.





Ce guide s'adresse aux maîtres d'ouvrages et techniciens de la construction autant qu'aux paysagistes et jardiniers. Il a pour vocation d'accompagner toute personne intéressée par la réalisation d'une toiture végétalisée ou cultivée – professionnel ou non – dans toutes les étapes nécessaires, de la conception à la mise en œuvre de son projet.

Il rassemble de nombreuses informations techniques et des conseils pratiques pour construire le projet, et invite, en respectant quelques règles de base, à faire des choix respectueux de l'environnement, favorables à la biodiversité.

Grâce à ce guide, la Ville de Paris espère fournir les clés pour l'élaboration de projets de végétalisation ou d'agriculture urbaine, répondant aux attentes du propriétaire ou des utilisateurs du bâtiment, apportant une amélioration durable de leur cadre de vie et contribuant à d'autres finalités comme la préservation de la biodiversité ou la lutte contre les îlots de chaleur.

Il entend vous permettre de répondre aux questions qui se poseront tout au long de l'élaboration et de la mise en œuvre de votre projet, afin que le projet soit le plus ambitieux et le mieux adapté aux caractéristiques de votre bâtiment.

Pénélope Komitès

Adjointe à la maire chargée des espaces verts,
de la nature en ville, de la biodiversité,
de l'agriculture urbaine et des affaires funéraires



GUIDE DES TOITURES VÉGÉTALISÉES TOUTES LES ÉTAPES POUR UN PROJET DE QUALITÉ

1

ÉDITO

2

INTRODUCTION

6

Les bienfaits des toitures végétalisées ou cultivées : des espaces à multiples facettes

7

Du vert sur son toit : un cadre agréable et créateur de lien social	7
La durée de vie de la toiture prolongée	8
Des lieux d'accueil pour la biodiversité	8
Les toitures et la pluie	9
Des toitures rafraîchissantes en été	10
Une amélioration de la qualité de l'air	11

Qu'est-ce qu'une toiture végétalisée ou cultivée ? Les éléments constitutifs et les techniques existantes

12

Les catégories de toitures selon les documents réglementaires de la construction	13
Les toitures végétalisées ou cultivées en substrat continu	14
Les systèmes modulaires pré-plantés	15
Les toitures végétalisées ou cultivées avec contenants	15
Les toitures mixtes	16

DÉFINIR SON PROJET DE VÉGÉTALISATION TOUS LES ÉLÉMENTS À OBSERVER

17

Le bâtiment :

le support du projet de végétalisation

19

Pentes, surface disponible et conditions climatiques	19
Un point clé : la charge supportée par la structure du bâtiment	21
Le complexe étanchéité-isolation et végétalisation À vérifier et à rénover	22
Accès et aménagement	25
Circulation sur la toiture	26
Protection contre les chutes	27
Points d'eau et évacuation	27

Les objectifs du projet : une conception à ajuster entre souhaits et contraintes techniques

28

Prendre en compte les coûts

29

Se faire accompagner : des compétences à mobiliser

29

Cadre réglementaire, garanties et assurances

31

Normes réglementaires pour la construction	31
Réglementation concernant la sécurité et l'accessibilité	32
Entretien de la végétation - normes réglementaires et recommandations	33
Assurances et garanties décennales	33
Règles d'urbanisme et d'aménagement durable	34

LES BON CHOIX POUR CONCEVOIR ET INSTALLER SA TOITURE VÉGÉTALISÉES OU CULTIVÉES

35

Classification des toitures végétalisées selon les contraintes et enjeux

36

Toiture végétalisée extensive	38
Toiture végétalisée semi-naturelle	39
Toiture végétalisée semi-intensive	40
Toiture végétalisée intensive	41
Toiture végétalisée agriculture urbaine	42

Les techniques d'installation

43

Pour une installation en substrat continu	43
Pour l'installation de contenants	44
Les techniques spécifiques à l'agriculture urbaine	45

Bien choisir son substrat

46

La composition, un équilibre essentiel entre poids et développement des végétaux	46
Mélanges standards ou faits maison ?	50
Plus d'épaisseur pour plus de qualité	50
Varier les épaisseurs et les compositions	50
Exemples de substrat type selon la toiture envisagée	51

Choisir et associer les bonnes plantes pour un projet réussi

52

Quelles plantes en toitures ?	52
Plantes sauvages et horticoles à combiner	53
Diversifier et associer les plantes	53
Proposition de liste de végétaux par type de toiture	54
Les techniques de plantation	76
Autres installations	78

L'INDISPENSABLE ENTRETIEN

79

Les périodes d'entretien	80
--------------------------	----

Des outils de toit ?	80
----------------------	----

Les produits chimiques à proscrire	81
------------------------------------	----

La fertilisation, pas toujours utile	81
--------------------------------------	----

Un arrosage à maîtriser	81
-------------------------	----

Une gestion écologique favorable à la biodiversité	82
--	----

Un paysage de toiture qui évolue au cours des saisons	82
---	----

Détail des opérations d'entretien	84
-----------------------------------	----

ANNEXES

86

Annexe 1	
Différentes formes de toitures et végétalisation ou culture	87
Annexe 2	
Détails des charges permanentes et d'exploitation	88
Annexe 3	
Toitures en pentes et caractéristiques techniques de végétalisation.	90
Annexe 4	
Recommandations concernant les points d'eau en toiture (ADIVET)	91
Annexe 5	
Subventions pour toitures végétalisées à Paris	92
Annexe 6	
Références réglementaires	93
Annexe 7	
Listes des plantes interdites en toitures selon le DTU 43.1	94

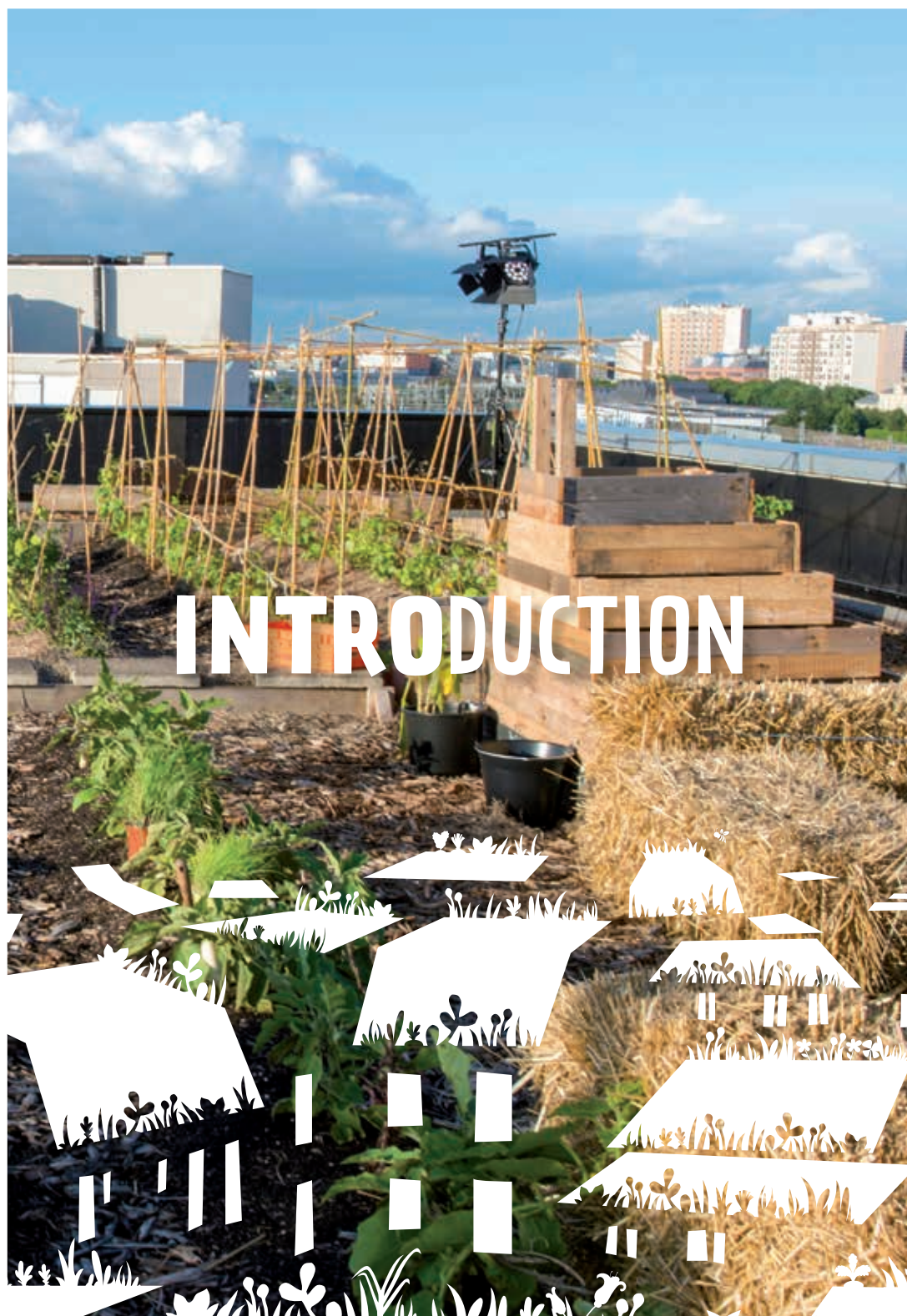
LEXIQUE

95

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

97

INTRODUCTION



LES BIENFAITS DES TOITURES VÉGÉTALISÉES OU CULTIVÉES

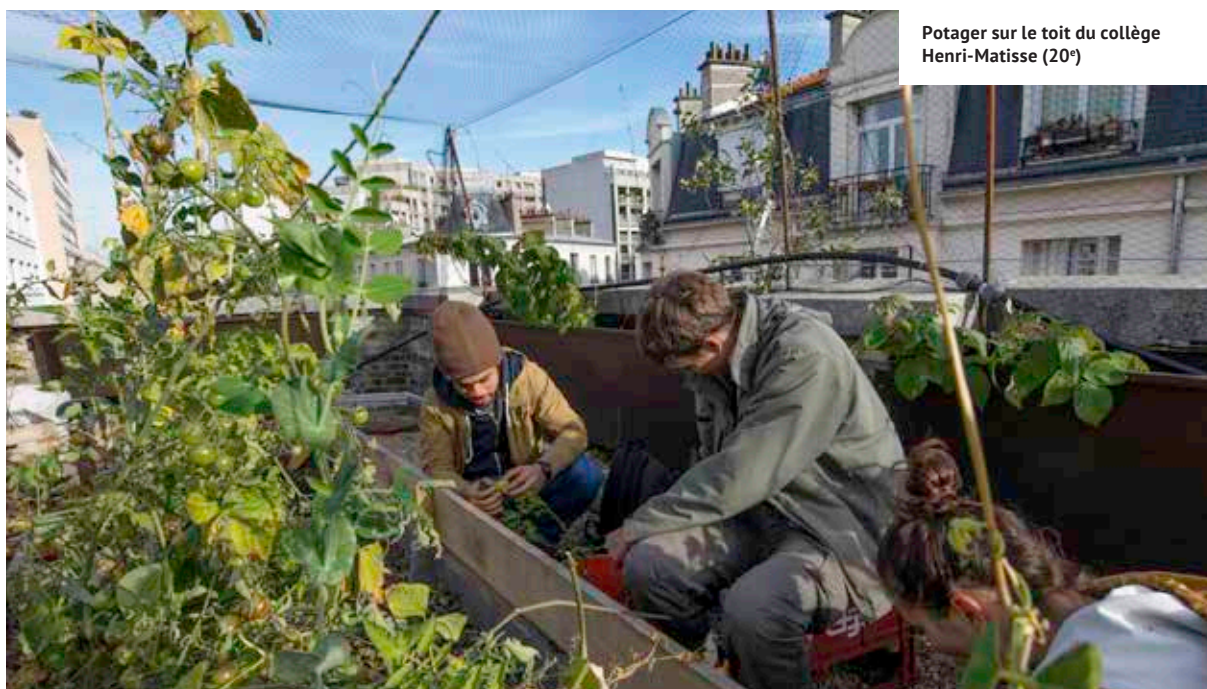
DES ESPACES À MULTIPLES FACETTES

De nombreuses études soulignent les bienfaits de la végétalisation du bâti en ville. S'ils sont souvent difficiles à quantifier, ces bienfaits se concrétisent à différentes échelles (du bâtiment lui-même, du quartier, de la ville, etc.) et dans différents domaines (gestion de l'eau, énergie, cadre de vie, social, biodiversité, etc.). Les toitures peuvent afficher de multiples facettes, selon les bénéfices recherchés par le créateur du projet. Cette multifonctionnalité en fait un véritable atout pour l'aménagement urbain.

■ Du vert sur son toit : un cadre agréable et créateur de lien social

La présence accrue de végétaux, les dimensions esthétiques et paysagères des toitures végétalisées ou cultivées participent à l'amélioration du cadre de vie. Les vues, depuis les immeubles voisins, sur ces espaces végétalisés en hauteur participent à une **ambiance urbaine plus verte**, bénéfique pour la santé. Leur ouverture au public, lorsque cela est possible, augmente l'offre d'espaces verts accessibles et de lieux singuliers, belvédères et nouvelles perspectives

sur la ville. Lorsqu'ils sont investis par des porteurs de projets, des groupes d'acteurs locaux ou des associations, ces espaces urbains deviennent des lieux créateurs de **lien social**, des lieux de réinsertion, pédagogiques ou thérapeutiques. Ils sont des lieux privilégiés pour développer des **projets d'agriculture urbaine**, participatifs et productifs, créateurs d'emplois et de produits alimentaires locaux.



Potager sur le toit du collège Henri-Matisse (20°)

■ La durée de vie de la toiture prolongée

La végétalisation et la mise en culture des toits sont trop souvent perçues comme un risque pour l'étanchéité* du bâtiment, synonyme de fuites ou de problèmes d'humidité. Alors que lorsque l'installation est correctement réalisée et l'entretien régulier, les éléments du système de végétalisation constituent une véritable couche de protection du toit (bâti et étanchéité). En réduisant les écarts de température à sa surface – ce qui limite les effets de contraction-dilatation – et en le protégeant des

rayons ultraviolets qui détériorent les matériaux et leurs capacités de protection contre les infiltrations d'eau, la végétalisation augmente la durée de vie des membranes d'étanchéité et du bâtiment et limite les interventions des travaux de réfection. On estime que la durée de vie peut être doublée. Des toitures végétalisées à Londres ou à Berlin sont ainsi citées pour leur longévité : plus de 90 ans sans réparation majeure.

■ Des lieux d'accueil pour la biodiversité



Des aménagements spécifiques et une sélection de plantes sauvages contribuent à faire du toit végétalisé du siège de GTM à Nanterre, réalisé par Topager, un refuge pour la biodiversité – photo Béatrice Jannic

Dans une zone urbaine offrant parfois peu d'espaces aux espèces végétales et animales, les toitures végétalisées et cultivées peuvent être des zones contribuant à la préservation et au développement de la biodiversité et constituer des lieux d'accueil, de circulation, de repos, de reproduction ou d'alimentation pour les espèces animales et végétales sauvages. Des études menées par des chercheurs américains et européens (Coffman and Davis 2005, Brenneisen 2006, Kadas 2006, etc.) montrent notamment que les toitures végétalisées sont des zones de refuge et de relais pour les communautés d'oiseaux et d'insectes et qu'elles sont favorables au développement de la microfaune et de la flore sauvage indigène*. Au sein d'un réseau plus vaste d'espaces verts urbains, les toitures végétalisées sont ainsi des espaces fonctionnels pour le maintien de la biodiversité. Les toits aménagés et gérés sous une forme

semi-naturelle, nécessitant moins d'interventions humaines, peuvent aussi compenser la disparition de certains milieux de valeur écologique importante. Les toitures végétalisées plus conventionnelles (plus entretenues, horticoles* ou à végétation rase) seront en revanche moins visitées par certaines espèces végétales et animales plus exigeantes. Idéalement, pour contribuer pleinement au maintien et au développement de la biodiversité, 20 % de la surface de la toiture végétalisée doit être réservée aux aménagements de type friches ou zones de refuge pour la flore et la faune sauvages. Ainsi un projet d'agriculture urbaine, associé à ce type d'espace dédié à la biodiversité, peut concilier productivité et biodiversité sur un même toit !

Les caractéristiques du substrat (nature, épaisseur) et de la végétation (hauteur, diversité) jouent un rôle

majeur dans cette capacité d'accueil de la biodiversité sur les toitures. Les variations d'épaisseur et de nature des substrats, la présence d'une diversité de matériaux, de branches et de bois mort, ainsi qu'une diversité végétale sont autant d'éléments qui peuvent améliorer la présence de la faune et de la flore sur les toits. Les caractéristiques des toitures végétalisées se rapprochent de celles des milieux assez pauvres, qui en conditions naturelles peuvent abriter une grande

diversité d'espèces typiques de ces milieux. C'est par exemple le cas des pelouses calcaires ou autres milieux peu fertiles reconnus pour leur biodiversité. Les plantes qui poussent habituellement sur des sols riches ne font pas ici concurrence aux plantes moins exigeantes pour survivre, ce qui permet à la fois une palette végétale variée et une grande diversité de toute la faune associée (insectes, oiseaux, etc.).

■ Les toitures et la pluie

En ville, les sols très imperméables rendent l'infiltration des eaux de pluie difficile et les fortes pluies peuvent créer des problèmes de ruissellement, d'inondations des rues et de saturation de l'ensemble du système d'évacuation et de traitement des eaux usées. Les toitures végétalisées en captant une partie des eaux de pluie contribuent à améliorer leur gestion : l'eau est absorbée par le substrat et par les plantes, reste en surface des feuilles et s'évapore ensuite. La rétention

des eaux de pluie par les toitures végétalisées fait l'objet de nombreuses études (Dunnett et Kingsbury 2011, Köhler 2003, Mentens et al. 2006, etc.). Elles montrent une forte variation – allant de 40 % à plus de 90 % d'eau pluviale absorbée – en fonction du substrat, de la végétation installés et de la pente. Les toitures végétalisées contribuent également à étaler dans le temps l'évacuation des eaux vers les réseaux d'eau pluviale (le ruissellement a lieu lorsque



Le toit-terrace de l'école Dunois (13^e) – photo Christophe Noël

le substrat est saturé), avec des retards d'écoulement de 45 minutes à 4 heures sur une toiture végétalisée, tandis que le ruissellement est quasi-immédiat sur une toiture nue. Cette évacuation différée réduit la saturation des réseaux, et en conséquence, les délestages d'eau polluée dans le milieu naturel. En plus de la limitation des eaux de ruissellement, les toitures végétalisées jouent sur leur qualité, en filtrant les polluants et en augmentant le pH, ce qui permet de lutter contre les effets des pluies acides. Cette capacité est fortement liée au type de substrat, aux opérations d'amendement ou de

fertilisation* réalisées et aux arrosages, une partie des éléments nutritifs pouvant se retrouver dans les eaux d'évacuation. L'utilisation de produits chimiques doit être exclue pour éviter tout risque de contamination des eaux d'infiltration vers le réseau.

Les résultats d'études ne sont pas toujours concordants sur la capacité de rétention d'eau, mais ils apportent tous la conclusion que la capacité de rétention augmente avec l'épaisseur du substrat, avec une épaisseur optimum à 15 cm (au-delà, elle se stabilise).

■ Des toitures rafraîchissantes en été

On appelle **îlots de chaleur urbains** les zones urbaines où les températures sont en moyenne plus élevées par rapport aux zones environnantes moins denses. Les toits, qui représentent une surface cumulée non négligeable en ville, font souvent partie des espaces les plus chauds. Végétalisées, les toitures contribuent au rafraîchissement de ces zones. Elles participent à l'humidification de l'air grâce à l'évapotranspiration des végétaux (perte d'eau sous forme de vapeur, liée à l'évaporation de l'eau à la surface du sol ou des plantes et à la transpiration des plantes). Ainsi la chaleur atmosphérique est captée et la température ambiante des environs abaissée. L'effet de rafraîchissement peut être constaté au niveau de l'immeuble lui-même et à plus large échelle, si le réseau de toitures végétalisées et d'espaces verts est suffisant. La végétation crée également de l'ombre et réfléchit les rayonnements solaires contribuant ainsi à limiter l'absorption de chaleur par les toits. Il est à noter que cet effet rafraîchissant est renforcé lorsque la toiture est arrosée. Il s'agit donc de trouver un bon

équilibre entre l'effet rafraîchissant et la gestion de l'eau, l'objectif étant souvent de réduire au maximum les consommations d'eau et de favoriser la végétation spontanée adaptée aux conditions sèches.

Plusieurs études (DelBarrio 1998, Dunnet and Kingsbury 2011, Li et Yeung 2014, Peck et al. 1999, etc.) montrent que les toitures végétalisées contribuent principalement à l'amélioration du confort thermique l'été (effet de rafraîchissement à l'intérieur du bâtiment). Il a été constaté une réduction de la température intérieure de 2 à 4°C pour les bâtiments avec toitures végétalisées par rapport aux bâtiments sans végétalisation en toiture, lorsque la température extérieure se situe entre 25 et 30°C. Cet effet est plus marqué sur les derniers étages. Une étude a révélé qu'une couche de 20 à 40 cm de gazon, sur un substrat de 20 cm, avait le même pouvoir isolant qu'une couche de 15 cm de laine de verre (Peck et al. 1999).



Un îlot de fraîcheur en zone dense, le jardin sur le toit du gymnase Vignoles (20*) – photo Christophe Noël

Cette baisse des températures à l'intérieur des bâtiments peut avoir des conséquences sur les consommations d'énergie (réduction du chauffage et de la climatisation). Les toitures végétalisées ont aussi un effet sur l'isolation thermique en hiver.

L'épaisseur du substrat et la présence de poches d'air dans la couche de végétaux assurent un effet naturel isolant pour la toiture. Les flux de chaleur qui traversent le toit vers l'extérieur peuvent être réduits de 10 à 30 % (contre 75 à 90 % en été).

■ Une amélioration de la qualité de l'air

La végétalisation des toitures contribue à la captation des particules fines et polluantes et à la réduction de la teneur en dioxyde d'azote et dioxyde de soufre dans l'air. En lien avec les murs végétalisés, les alignements d'arbres et les espaces verts du tissu urbain, les toitures végétalisées participent ainsi à l'amélioration de la qualité de l'air.



Toiture végétalisée sur la porcherie de la Ferme de Paris (12^e) – photo Thierry Guillaume

QU'EST-CE QU'UNE TOITURE VÉGÉTALISÉE OU CULTIVÉE ?

LES ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS ET LES TECHNIQUES EXISTANTES

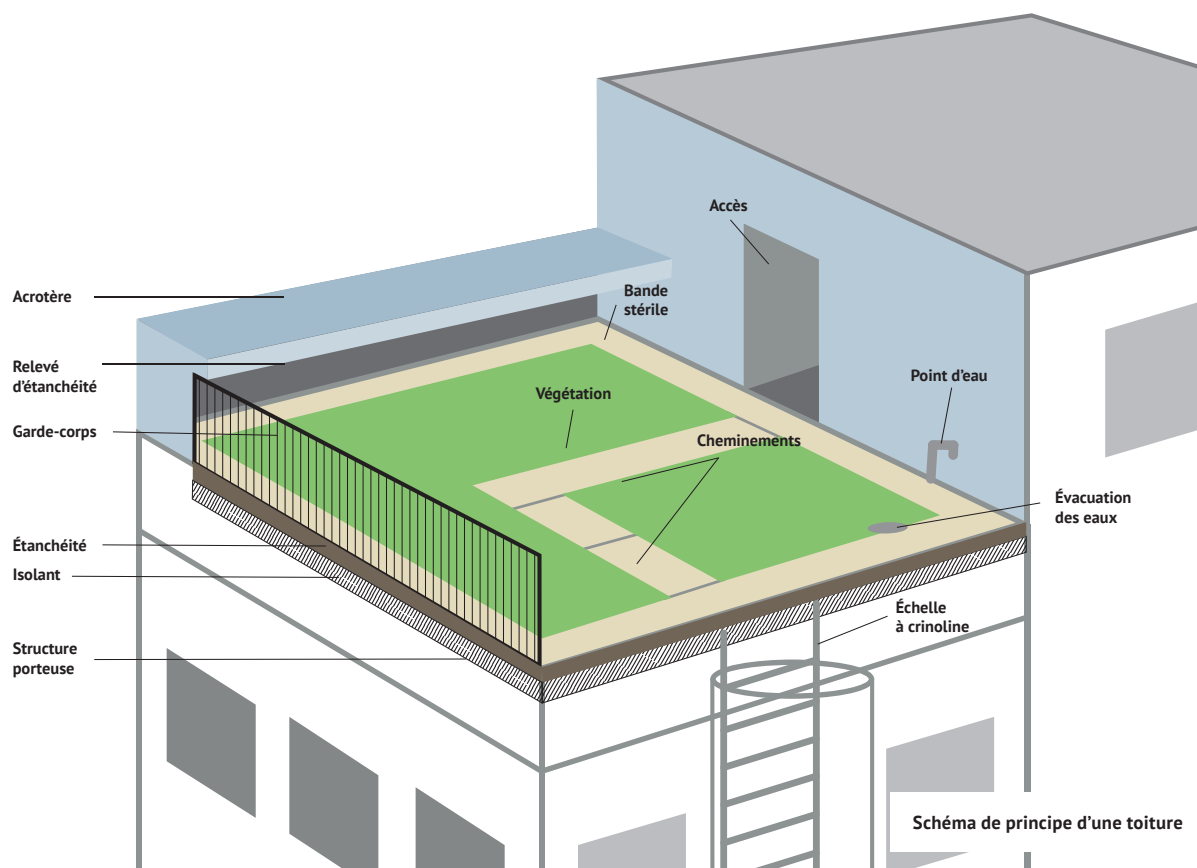
Dans ce document, la toiture végétalisée désigne un toit (élément porteur et complexe isolation-étanchéité) sur lequel est apposé un complexe de végétalisation (composé éventuellement d'une couche drainante* et d'une couche filtrante*, du substrat de culture et de la végétation qui s'y développe, en contenants ou non). Une toiture dispose d'un accès plus ou moins contraignant (échelle, escaliers, etc.), par l'extérieur ou l'intérieur du bâtiment, d'un dispositif de sécurité (garde-corps, ligne de vie), de chemins de circulation et éventuellement de zones sans végétation appelée bandes stériles.*

Les accès, les chemins de circulation et zones stériles, ainsi que les dispositifs de sécurité varient selon les types de toitures et selon la réglementation en vigueur.

Les systèmes proposés dans le commerce peuvent être très variables, les fabricants et fournisseurs

pour toitures végétalisées développant leurs propres solutions techniques.

Les toitures végétalisées doivent être équipées de dispositifs d'évacuation des eaux pluviales raccordés au dispositif existant et de points d'eau bien dimensionnés.



LES CONSTITUANTS DU TOIT

Sous le complexe de végétalisation, on trouve classiquement...

- un pare-vapeur (évite la condensation et limite l'humidité du toit) ;
- un isolant thermique ;
- une membrane d'étanchéité.

Le complexe de végétalisation est composé...

- d'une couche drainante pour l'évacuation de l'eau ;
- d'une couche filtrante (évite le colmatage de la couche drainante) ;
- du substrat de culture ;
- des végétaux.

La toiture doit présenter des relevés verticaux d'étanchéité* sur l'acrotère* et tous les bords des émergences*, pour les vérifications périodiques de l'état de l'étanchéité (la membrane d'étanchéité est apposée également sur l'acrotère et les émergences). Ces relevés d'étanchéité doivent monter à 15 cm minimum au-dessus du substrat (sauf cas particulier de l'acrotère revêtu jusqu'à l'arête extérieure, avec zone stérile).

L'ordre des couches d'isolant thermique et d'étanchéité peut varier et nécessiter des aménagements particuliers pour la végétation (cf. annexe 1).

Une couche de protection peut être appliquée sur la membrane d'étanchéité pour la protéger de tout contact avec les couches supérieures, des variations de température et des rayons ultraviolets sur la partie non végétalisée. Cette couche de protection peut être constituée d'une feuille de plastique, de panneaux de fibre, de gravier.

■ Les catégories de toitures selon les documents réglementaires de la construction

Classiquement, les documents réglementaires de référence distinguent deux types de toitures :

- les **toitures-terrasses végétalisées non accessibles** (décrites dans les Règles professionnelles), comprenant les toitures extensives (végétation rase sur substrat allégé) et les toitures semi-intensives (végétation herbacée sur substrat allégé) ;
- les **toitures-terrasses jardins** (décrites dans le DTU 43.1), avec les toitures intensives (végétation type jardin, sur un substrat comprenant de la terre végétale et d'une épaisseur minimum de 30 cm).

Elles se distinguent notamment selon les procédés de végétalisation utilisés, l'épaisseur de substrat et leur poids (charges* induites sur la structure porteuse du toit), etc. Cette nomenclature basée sur les documents réglementaires se retrouve souvent dans les produits commerciaux proposés qui s'en inspirent.

Les formes de végétalisation peuvent cependant être très diversifiées au sein de ces catégories de toitures végétalisées et les nouveaux projets qui s'y développent réinventent sans cesse ce modèle.

Ainsi, une toiture cultivée peut appartenir à l'une ou l'autre de ces catégories, si elle est à vocation productive et exploitée uniquement par le personnel technique de l'entreprise qui s'y installe pour produire par exemple des fruits et légumes ou si elle est à vocation plus pédagogique, ouverte au public et entretenue par les membres d'un jardin partagé. Le projet doit cependant toujours tenir compte des caractéristiques propres de la toiture (et de la destination prévue pour cette toiture au moment de la création du bâtiment), qui conditionnent les possibilités d'exploitation et d'accueil du public (cf. page 19).

■ Les toitures végétalisées en substrat continu

Dans le cas d'une toiture végétalisée en substrat continu, les couches drainante et filtrante sont placées au-dessus de l'isolant et de la membrane d'étanchéité et le substrat étalé sur la surface de la toiture.

Il est également possible de s'affranchir des couches filtrante et drainante (systèmes « monocouches »), à condition que l'épaisseur de substrat soit suffisante

(minimum 10 cm après tassement naturel). Le substrat est alors posé directement sur la membrane d'étanchéité (avec protection anti-racines). De nombreuses toitures « simplifiées » et peu coûteuses ont ainsi été mises en place en Allemagne et en Angleterre. C'est souvent l'option choisie pour les toits semi-naturels à vocation de biodiversité.



Substrat continu sur le toit du cinéma UGC MacDonald (19°) – photo Mathilde Renard

■ Les systèmes modulaires pré-plantés

Il s'agit d'unités indépendantes, de taille réduite (moins d'un m²) contenant l'ensemble des couches (drainante, filtrante, substrat et végétaux), qui peuvent s'associer et être posées directement sur la membrane d'étanchéité. Leur principal avantage réside dans la facilité et la réversibilité de pose, d'où la possibilité d'accéder facilement à l'étanchéité en cas de réparation, leur modularité et l'aspect esthétique immédiat. Cependant, chaque module étant séparé, l'eau et les éléments nutritifs sont moins bien répartis pour les végétaux. L'épaisseur de substrat y est souvent réduite. C'est pourquoi le développement des plantes est moins important et le système moins souhaitable si l'on souhaite une végétation dense et diversifiée. La forme standard du module limite la créativité dans le dessin des zones plantées. Ces systèmes font l'objet d'agréments pour des raisons de garanties et d'assurances.



Modules pré-plantés sur le toit de l'atelier de travaux de la rue Raymond-Radiguet (19^e) – photo Florence Morisson

■ Les toitures végétalisées ou cultivées avec contenants

Des contenants (bacs, jardinières), que l'on remplit de substrat et éventuellement d'une couche drainante, sont aussi souvent utilisés. Divers modèles existent et permettent de végétaliser la toiture ou de cultiver des fruits et légumes, sans contact direct entre le toit et le substrat ou les végétaux. Des précautions doivent être prises pour éviter le poinçonnement des membranes d'étanchéité. L'avantage de cette

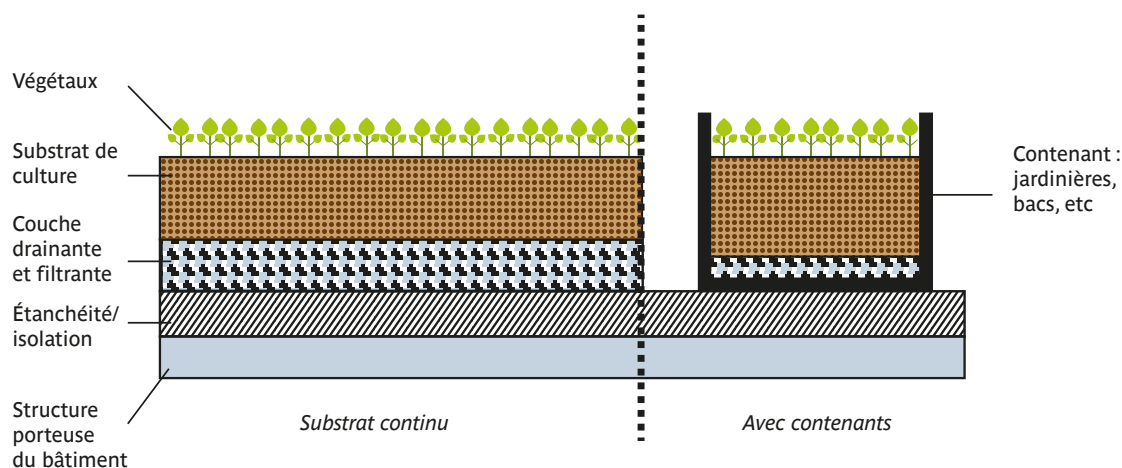
solution technique est une mise en place rapide et réversible. Elle permet aussi une organisation de l'espace et une répartition des charges sur le toit. Les contenants permettent, en jouant sur la hauteur, de faire pousser des végétaux d'ornements nécessitant une épaisseur de substrat plus importante (arbustes par exemple) et sont souvent utilisés pour cultiver des fruits et légumes potagers.



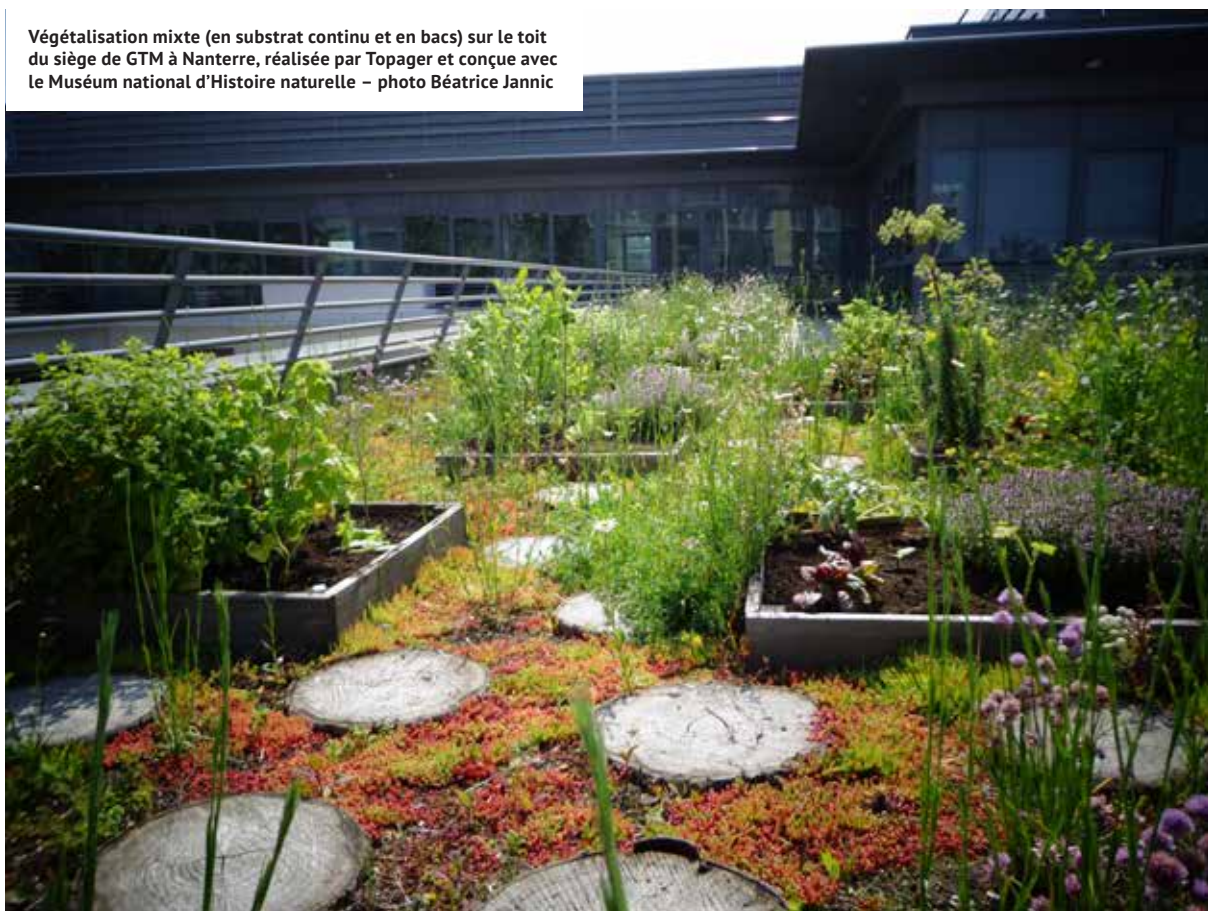
Toit végétalisé de l'école AgroParisTech, rue Claude-Bernard (5^e) – photo Christophe Noël

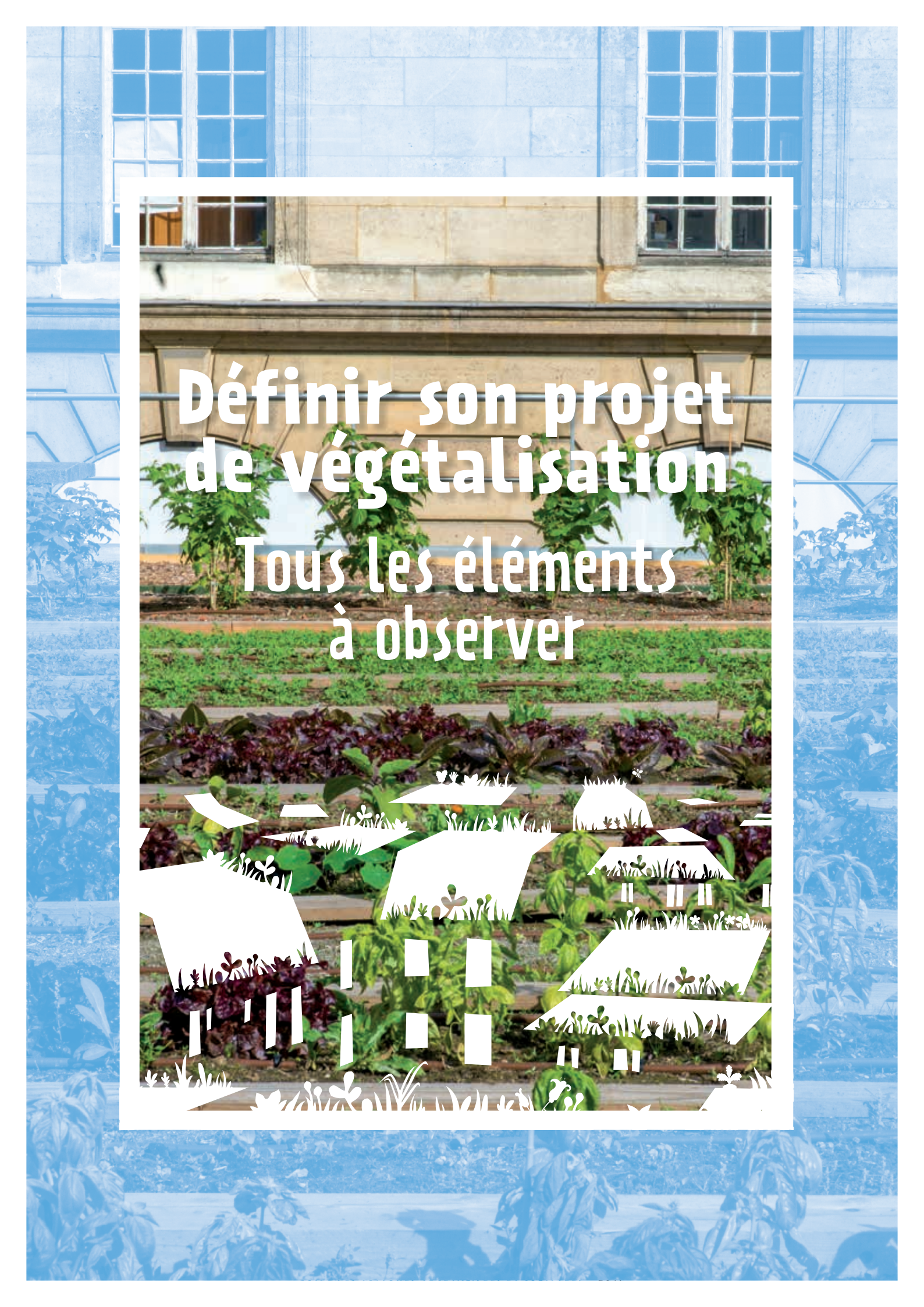
■ Les toitures mixtes...

Bien entendu, toutes les solutions techniques peuvent être associées sur un même toit, en jouant sur la création de différents espaces et usages du toit.



Végétalisation mixte (en substrat continu et en bacs) sur le toit du siège de GTM à Nanterre, réalisée par Topager et conçue avec le Muséum national d'Histoire naturelle – photo Béatrice Jannic





Définir son projet de végétalisation

Tous les éléments à observer





Au départ de chaque projet de végétalisation, la réponse aux questions suivantes permet d'orienter les choix techniques vers l'aménagement le plus adapté :

Que puis-je faire ?

Quelles sont les caractéristiques techniques du bâtiment lui-même ?

Quelles sont les conséquences pour le développement et l'entretien de la végétation ?

Quels sont les moyens financiers, les subventions dont je dispose ?

Qu'ai-je envie de faire ?

Dans quel contexte s'inscrit mon projet ?

Quelles sont les attentes, les usages souhaités ?

Quel est le résultat esthétique ou de production de fruits et légumes attendu ?

Qui est partie prenante ?

Que dois-je faire ?

Quelles sont les normes et contraintes réglementaires à respecter ?

Quelles sont les règles en termes d'accès et de sécurité du travail à prendre en compte ?

Comment faire un projet assurable ?

Si les caractéristiques techniques du bâtiment peuvent constituer un facteur fortement limitant, il est aussi possible de trouver des solutions permettant de s'affranchir de certaines caractéristiques afin de placer les demandes et attentes des futurs usagers au centre du projet. À l'inverse, les objectifs finaux d'un projet peuvent être construits en s'ajustant progressivement aux contraintes réelles sur le terrain.

Cette partie du document vise à apporter des éléments concrets pour guider le porteur de projet, l'aider à affiner et cerner son projet afin d'en faire un projet ambitieux et réaliste. Les éléments présentés ici permettront d'identifier l'ensemble des contraintes techniques qu'il faudra intégrer ou contourner, mais aussi toutes les opportunités pour concevoir un projet avec les meilleures chances de succès.



LE BÂTIMENT

LE SUPPORT DU PROJET DE VÉGÉTALISATION

■ Pentes, surface disponible et conditions climatiques

Pentes

Il est possible d'installer une végétalisation sur une toiture en pente, à condition de prendre les précautions qui s'imposent pour éviter le glissement du substrat et des végétaux, notamment en cas de vent et de pluies.

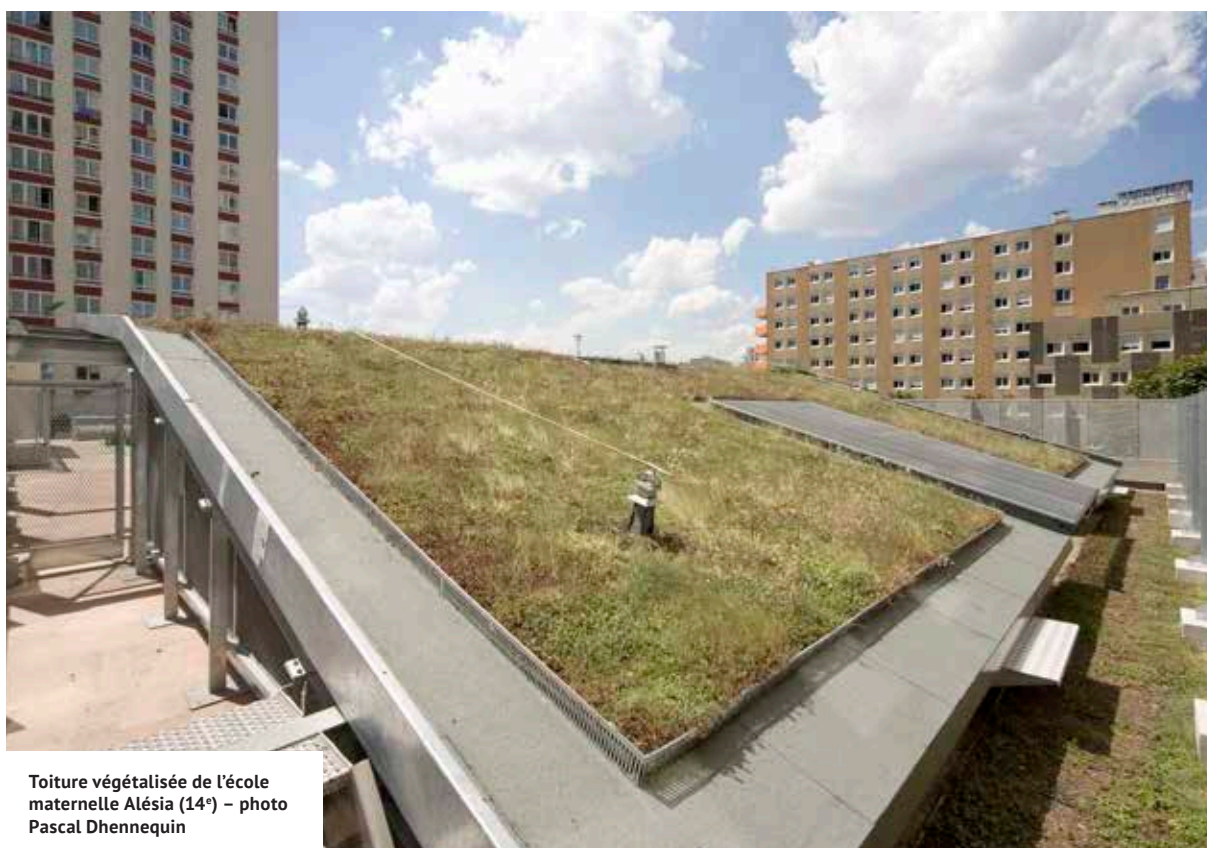
Plus la pente est forte, plus la mise en œuvre est complexe et généralement coûteuse. Des systèmes de retenue peuvent être utilisés pour limiter le glissement et les écoulements d'eau comme des sangles, des lattes, des planches ou des grilles et treillages (bois traité, métal résistant à la corrosion, treillage rigide).

La composition du substrat (granulométrie*, élément liants) et sa stabilité sont à étudier pour limiter les risques de glissement et d'érosion. Un

bon enracinement est important pour garantir le maintien du complexe de végétalisation (fixation et stabilisation du substrat). Le choix des végétaux devra particulièrement tenir compte des capacités de rétention d'eau (écoulement vers le bas) et de l'exposition du toit (ensoleillée ou ombragée).

La réglementation (Norme NF DTU 43.1) distingue les toitures terrasses à pente nulle (inférieure à 1 %), plates (de 1 à 5 %) et les toitures inclinées de pente supérieure à 5 %.

Ces pentes peuvent être classifiées en quatre catégories, avec des caractéristiques techniques particulières pour leur végétalisation (cf. annexe 3)



Toiture végétalisée de l'école maternelle Alésia (14°) – photo Pascal Dhennequin

Surface disponible pour la végétation et les cultures

L'encombrement de la toiture doit être pris en compte pour évaluer l'intérêt de la végétalisation ou de la culture. Si la toiture a de nombreuses émergences techniques, cela réduira considérablement la surface végétalisable ou cultivable et rendra plus difficile la circulation en toiture. Notamment, lorsque les bandes stériles sont obligatoires autour de ces émergences.



Peu d'espace disponible pour la végétalisation : une toiture encombrée, crèche Nollet (17°) – photo DEVE

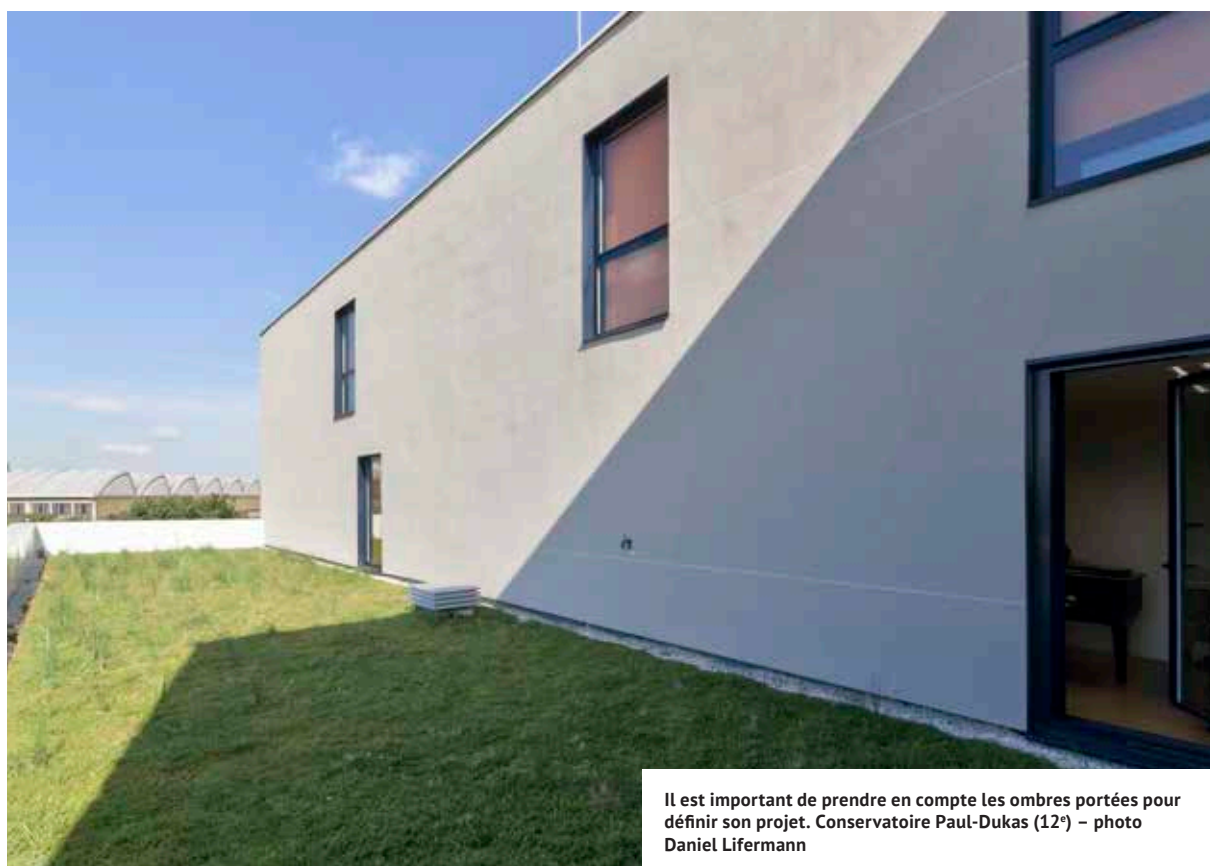
Ensoleillement, vents, réfléchissements

Les toitures végétalisées ou cultivées sont souvent des sites où les vents, les écarts de température, la réverbération de la chaleur, la réflexion des matériaux, les ombres et les circulations d'air créent des conditions très particulières.

Les toitures (de par leur hauteur et les effets de couloirs) sont souvent exposées à des vents forts qui peuvent exercer une pression directe ou des turbulences, souvent plus faibles au centre et plus fortes dans les coins et les bords. Ces vents ont un effet desséchant sur le substrat et les végétaux et peuvent également arracher en partie le système de végétalisation. Il peut s'avérer nécessaire d'alourdir le système dans les coins et à la périphérie. Un bon

enracinement de la végétation limite fortement les effets d'arrachage du vent. L'utilisation de plantes tapissantes, le recours au paillage peuvent aussi constituer une protection contre l'érosion par le vent et le dessèchement.

La situation de la toiture doit être bien observée, afin d'évaluer la luminosité, les ombres portées des bâtiments alentour, qui peuvent créer différentes zones plus ou moins ombragées et humides. Les matériaux réfléchissants peuvent aussi avoir un effet important d'assèchement sur la végétation, et augmenter les écarts de température entre le jour et la nuit.



Il est important de prendre en compte les ombres portées pour définir son projet. Conservatoire Paul-Dukas (12°) – photo Daniel Lifermann

■ Un point clé : la charge supportée par la structure du bâtiment

L'un des facteurs prépondérant pour la définition du projet de végétalisation est la charge que peut supporter la toiture. Elle dépend de la conception d'origine ainsi que de l'état et de l'âge des matériaux de construction (épaisseur de la couche de béton, espacement des chevrons, diamètre et disposition des aciers, etc.).

Dans le cas où les plans de construction ne sont pas disponibles, il est conseillé de faire appel à un bureau d'étude technique, un architecte ou au Conseil d'Architecture d'Urbanisme et d'Environnement (CAUE) pour réaliser une étude de structure* afin d'évaluer si une toiture végétalisée ou cultivée peut être mise en place

et de déterminer le type de toiture envisageable. Cette étude permettra d'évaluer la charge disponible pour la végétalisation et les usages futurs de l'espace ainsi aménagé, en tenant compte des charges totales que peut supporter le bâtiment.

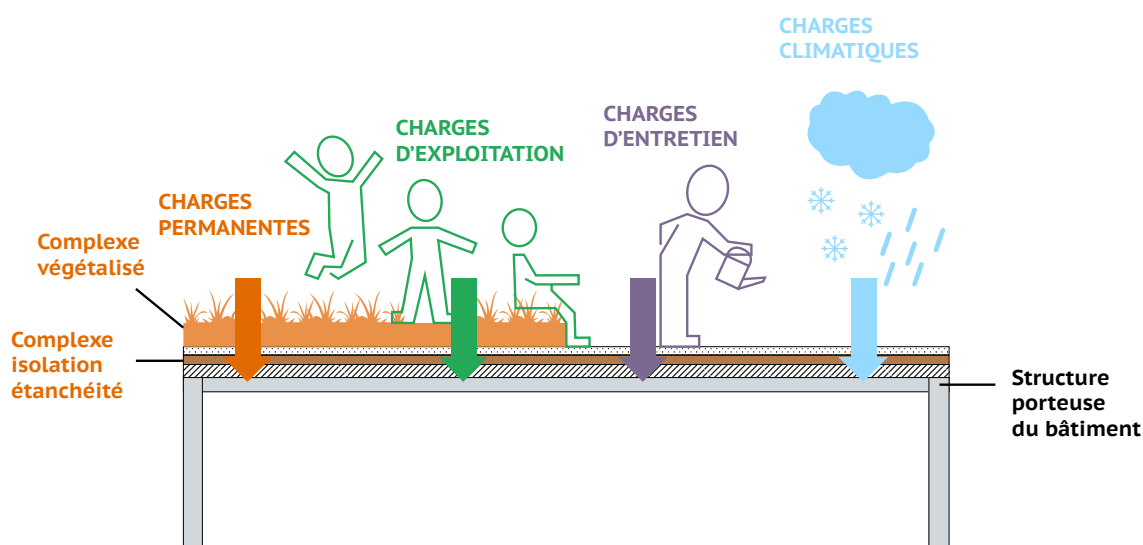
Pour déterminer la charge induite par le projet, les charges et surcharges prises en compte sont :

Les charges permanentes

- poids du complexe isolation thermique / étanchéité / pare-vapeur ;
- poids du substrat, des végétaux et des couches filtrantes et drainantes ;
- poids forfaitaire de sécurité fixé par les documents techniques unifiés (DTU) à 15 kg/m².

Les surcharges d'exploitation, d'entretien et climatiques

- charge définie pour l'entretien fixée par les DTU à 100 kg/m² ;
- charge d'exploitation, variable selon les usages et l'accessibilité des toitures (qu'elles soient végétalisées ou non), de 100 à 600 kg/m² ;
- charges climatiques en cas de neige, pluie.



Calcul des charges induites par le projet =
charges permanentes + la plus élevée des charges climatiques, d'entretien ou d'exploitation

Sur un bâtiment existant, si la surcharge admissible pour l'installation du complexe de végétalisation ou d'agriculture urbaine sur le toit est un peu faible, il est possible d'**augmenter la portance** en ajoutant des structures (poutres, colonnes, entretoises) à des endroits stratégiques. Les charges peuvent aussi être réparties en mettant les éléments les plus lourds au niveau des poutres ou près des murs porteurs (ces informations peuvent être demandées dans l'étude structure). Il est possible de construire un cadre qui reposera sur les contours de l'immeuble sans s'appuyer sur le toit directement et supportera le poids de la toiture végétalisée ou cultivée.

En cas de présence de gravillons, ils peuvent être éliminés et remplacés par le complexe végétalisé ou de culture. En effet, sur une épaisseur de 1 cm, le gravier pèse de 16 à 20 kg au m², ce qui représente près de 100 kg au m² pour 5 cm d'épaisseur de graviers pouvant être convertis en substrat.

Une fois le diagnostic structure établi, il sera possible de connaître le type de végétalisation envisageable. Cependant, chaque projet ayant ses particularités (type de substrat, variation d'épaisseur, contenants, etc.), un calcul précis doit être établi.



Les gravillons présents sur la terrasse peuvent être retirés pour mettre en place le projet de végétalisation (crèche Gambetta, 20°)

■ Le complexe étanchéité-isolation et végétalisation : à vérifier ou rénover

Vérification de l'état de l'étanchéité

Les caractéristiques du **complexe étanchéité et isolation**, qu'il soit existant ou rénové lors du projet de végétalisation, doivent être prises en compte pour orienter les choix techniques. En effet, l'imperméabilité et l'isolation du toit doivent toujours

être garanties après l'installation de la végétalisation ou des bacs de culture. De plus, il serait dommage que le projet récemment mis en place soit remis en cause quelques temps après son installation par une rénovation de l'étanchéité déjà programmée.

Avant toute nouvelle installation, il faut en premier lieu s'assurer de l'état du complexe étanchéité-isolation et prévoir une réfection si nécessaire

Les membranes d'étanchéité peuvent être dégradées par les écarts de température et les rayons ultraviolets, ceci entraînant des fissures et à terme, des fuites. Des éléments perforants (clous, vis) peuvent avoir été enfoncés dans l'étanchéité par le piétinement lors des interventions d'entretien.

Une vérification s'impose donc, grâce à différents tests spécifiques (mise en eau de la toiture pendant 24

heures minimum pour vérification des écoulements, détection par infrarouge de la présence d'humidité dans les matériaux). Les soudures, raccordements doivent être soigneusement examinés.

La durée de vie moyenne d'une étanchéité est de 20 ans et jusqu'à 30 ans selon les matériaux et l'entretien réalisé.



L'étanchéité nue, avec relevés d'étanchéité sur les bords (rue Corvisart, 13^e) – photo DPE

Protection anti-racines

Il est indispensable de choisir une membrane d'étanchéité (en cas de réfection) ou de vérifier sa qualité et ses caractéristiques (en cas de maintien de l'étanchéité en place) pour garantir la résistance de la membrane d'étanchéité à la pénétration des racines.

Les membranes d'étanchéité peuvent être composées de différents matériaux : matériaux en feuilles ou membranes collées, soudées ou fixées (bitumineuse ou en polymères synthétiques) et matériaux liquides appliqués à chaud ou à froid (résine ou asphalte). Les systèmes d'étanchéité liquide et membranes avec des revêtements à base de bitume, d'asphalte ou de toute autre matière organique, peuvent être sensibles à la pénétration des racines et être endommagés par les micro-organismes présents dans le complexe de végétalisation.

Pour remédier à ce problème et garantir la compatibilité de la membrane d'étanchéité avec la

végétation sur une toiture, certaines membranes contiennent un traitement chimique (produits chimiques biocides intégrés, cas des membranes bitumineuses). Les membranes en polymères synthétiques présentent quant à elles une résistance mécanique aux racines. Les membranes avec protection anti-racines mécanique sont à préférer aux membranes avec une protection chimique pour éviter tout risque de pollution des eaux de pluies par les produits chimiques.

Dans le cas où la membrane d'étanchéité en place n'est pas résistante aux racines et qu'il n'est pas prévu de réfection (étanchéité en bon état), il est alors indispensable d'assurer une séparation complète entre la membrane d'étanchéité et le complexe de végétalisation grâce à une nouvelle barrière anti-racinaire (pose d'une nouvelle feuille d'étanchéité résistante aux racines ou ajout d'une nouvelle barrière indépendante de l'étanchéité).

Dans tous les cas (réfection de l'étanchéité ou ajout d'une barrière anti-racines), il convient de choisir un matériau approuvé pour sa résistance à la pénétration des racines.

Des normes existent pour les produits : norme NF EN 13948 ou test de pénétration aux racines de la FLL (Forschungsgesellschaft landschaftsentwicklung Landschaftsbau – Groupement de recherche sur le développement et la réalisation en paysage).

Les thermoplastiques (PVC, polyéthylène, polystyrènes) sont généralement des barrières anti-racines efficaces. Des barrières textiles sont également vendues en couches anti-racines. Elles contiennent des produits chimiques qui stoppent la croissance des végétaux (par exemple de l'hydroxyde de cuivre). Cependant, la protection est moins forte, cible plutôt une végétation rase et risque de ne pas être efficace pour des plantes dont les racines ont un développement plus important (racines pivotantes, graminées, buissons, etc.).

En cas de maintien de l'étanchéité en place et d'ajout d'une nouvelle barrière anti-racines, il faut toujours s'assurer de la compatibilité des matériaux, afin de ne pas endommager l'étanchéité (certains matériaux sont dégradés par les acides humiques produits par la décomposition des plantes). La couche anti-racines peut être posée directement sur l'étanchéité ou sur un voile ou un feutre de séparation pour permettre la compatibilité entre les matériaux. Le DTU 43.5 sur la réfection des ouvrages d'étanchéité apporte des informations sur la compatibilité des matériaux.

Enfin, pour garantir une protection efficace, il est indispensable de prévoir une installation de cette barrière anti-racines selon les règles de l'art (importance des raccordements, soudures permettant d'assurer une bonne jointure des différentes feuilles entre elles, respect des relevés d'étanchéité, etc.).



Couche anti-racines (toiture végétalisée en cours d'aménagement sur le collège Évariste-Galois (13^e))

Isolants

Les isolants utilisés en toiture (laine de roche, polystyrènes et autres mousses plastique alvéolaires, matériaux cellulodiques) sont classés en **quatre classes de compressibilité** (de A à D). Pour garantir le maintien de son pouvoir isolant (pas de tassement lié au poids de la végétalisation, qui risque de créer des étirements et des déchirures et perforations de l'étanchéité, notamment au niveau des fixations), l'isolant doit au minimum être de classe de compressibilité C.

■ Accès et aménagement

LES ACCÈS SONT ESSENTIELS À PRENDRE EN COMPTE DÈS LA MISE EN PLACE DU PROJET

– Pour la conception: facilité d'accès à la toiture pour l'acheminement et la mise en place des matériaux, dispositif temporaire pour les travaux à prévoir, surcoût des travaux pour accès difficile, etc.

– Pour l'entretien futur: la nature de l'accès doit être compatible avec la fréquence et l'intensité d'entretien (passages, outils, élimination des déchets, etc.).

Différentes solutions sont possibles pour permettre un accès adapté à la végétation mise en place, en toute sécurité.

Les accès aux toitures doivent être sécurisés pour les personnes chargées de leur entretien et pour l'acheminement des outils nécessaires à cet entretien. Ils peuvent être multiples: accès prévu initialement par escalier ou ascenseur, accès par échelle dite «à crinoline*» (avec protection antichute), intérieure

ou extérieure, accès par échelle inclinée et skydôme ou puits de lumière. Parfois, certaines terrasses ne disposent pas d'accès à proprement parler (accès *via* une fenêtre, accès uniquement en apposant une échelle sur le mur par l'extérieur).



Accès au toit du centre sportif Jean-Dame (2^e) par une échelle à crinoline – photo Jean-Pierre Viguié



Au-delà de l'ouverture sur la toiture elle-même, le cheminement jusqu'à cette ouverture est important.

La possibilité de végétaliser et le type de végétalisation retenu devront donc se faire en adéquation avec les accès existants ou les possibilités d'amélioration de ces accès, pour garantir des accès sécurisés pour l'entretien de la toiture et le maintien de la végétation prévue dans le projet.

Des **moyens d'accès permanents**, si possible par l'extérieur du bâtiment sont à favoriser, avec escaliers pour les accès fréquents et échelles à crinoline pour les accès peu fréquents. Indépendamment de la fréquence d'accès, les escaliers s'imposent dès que l'on doit monter de l'outillage, des matériels et matériaux plus encombrants.

Pour les travaux comme pour l'entretien, des moyens de manutention et de levage entre le sol et la toiture peuvent être aménagés pour faciliter les interventions (potence, échelles à monte-charges, etc.), mais ils ne sont pas forcément nécessaires.

Si un **accès au public** est souhaité (pour un usage autre que l'entretien), il convient de se référer à la réglementation (règlement sécurité incendie) qui définit, selon le nombre d'accès permettant le cheminement d'évacuation des occupants (porte, sortie, issue, escalier, etc.), le nombre de personnes pouvant être accueillies simultanément.

■ Circulation sur la toiture

Toutes les circulations doivent être sécurisées, sans obstacle à enjamber, et garantir la sécurité du travailleur (selon le Code du travail) ou du public présent (selon la Réglementation ERP).

Des **chemins de circulation de 80 cm de large** doivent être aménagés pour permettre l'accès aux équipements techniques, la manutention et l'entretien.

Pour la sécurité des personnes en toitures, **les ouvrants ne doivent pas constituer de danger**, qu'ils soient ouverts ou fermés (risque de chute directe

ou par rupture du matériau constituant l'ouvrant). La sortie en toiture doit se faire à plus de 1,5 m du bord de la toiture. Il peut être nécessaire de prévoir une protection contre les risques de brûlures en présence de système de chauffage.

Les Règles professionnelles préconisent une **zone « stérile »** sans végétation (avec des gravillons ou platelage par exemple), de minimum 40 cm de large autour de chaque émergence dès que la végétation contient des vivaces et des graminées, et pour une surface de toiture supérieure à 100 m².



Zone stérile gravillonnée en pourtour du toit de l'atelier Radiguet (19^e) – photo DPA

La zone stérile permet :

- de faciliter l'accès aux relevés d'étanchéité et aux évacuations d'eau pluviale ;
- de préserver les relevés d'étanchéité des risques de dégradation par les outils pendant l'entretien.

Cependant, l'aménagement de la toiture peut conduire à réduire ou supprimer ces zones stériles. Il faut alors veiller à maintenir un accès facile aux relevés d'étanchéité et mettre en place un aménagement qui

ne nécessite pas un entretien pouvant endommager l'étanchéité. Il est recommandé de faire appel à un bureau de contrôle pour vérifier la conformité de l'installation.

Les zones stériles peuvent aussi être aménagées comme des voies de circulation (selon l'implantation des équipements techniques par exemple). Dans ce cas, la largeur est augmentée à 80 cm.

■ Protection contre les chutes

L'évaluation des risques (fréquence et durée des interventions, nature des usages sur la toiture, caractéristiques du bâtiment, etc.) détermine la protection à mettre en place.

La priorité doit être donnée systématiquement, dans le respect du Code du travail, à la mise en place d'un **système collectif de protection contre les chutes** (toutes les personnes présentes sur la toiture sont protégées par le même dispositif), installé de manière permanente, quelle que soit la hauteur du bâtiment. Il s'agit des acrotères, rambardes ou écrans qui servent de garde-corps, élevés à **1 mètre au dessus du niveau de circulation** de la terrasse. Cette hauteur peut varier en fonction de l'épaisseur du garde-corps. Les garde-corps peuvent être ajourés ou pleins, simples ou composés. En fonction des personnes et type de public accueilli sur la toiture, les normes françaises précisent les critères de hauteur, d'espacement et d'implantation des garde-corps.

Pour les bâtiments existants, où la mise en œuvre d'une telle protection n'est techniquement pas possible, le recours à l'utilisation d'un système de

protection individuelle antichute peut être envisagé, pour des interventions ponctuelles et de courte durée. Ils doivent être étudiés en fonction de la géométrie du site. La protection repose sur le principe d'atténuation de la chute en hauteur (arrêt de chute si elle a lieu) ou de travail en retenue (limitation des mouvements pour éviter la situation de chute). Il s'agit par exemple d'installer une **ligne de vie** (ancrage sur flexible horizontal, harnais) ou un **point d'ancrage** positionné au centre d'une toiture avec un système de liaison dont la longueur est calculée pour que l'on ne puisse pas atteindre le rebord de la toiture. L'utilisation d'un tel équipement requiert toutefois une analyse précise de la situation car il faut tenir compte de la résistance et de l'emplacement des points d'ancrages et du tirant d'air (hauteur de sécurité minimum nécessaire entre l'ancrage et le premier obstacle en cas de chute). Il n'est pas compatible avec l'accueil du public autre que le personnel d'entretien.

Les chutes de hauteur à travers les ouvrants doivent être empêchées (grilles de protection intérieures, rambardes, etc.).

■ Points d'eau et évacuations

Il est indispensable de prévoir un (ou plusieurs) points d'eau, de débit bien dimensionné à la surface végétalisée ou cultivée et ce même pour une toiture prévue pour un faible entretien (cf. annexe 4). Les Règles Professionnelles recommandent que tout point de la toiture soit situé à moins de 30 mètres d'un point d'eau. Un système d'arrosage automatique peut être intégré, il est alors conseillé de prévoir une alimentation électrique (230V, 10A). Le point d'eau, à défaut d'être en toiture, est parfois disponible à proximité, à l'étage en dessous par exemple. L'eau est alors amenée en toiture via un dérouleur pour tuyau d'arrosage. En cas d'arrivée d'eau directement sur le toit, il faudra prévoir une purge de l'installation en hiver.

Les dispositifs d'évacuation des eaux pluviales (entrées des eaux pluviales et trop-pleins) doivent être présents et en bon état de fonctionnement.

Chaque toiture doit comporter au moins deux descentes ou une descente et un trop-plein. Les évacuations doivent être équipées d'un système permettant de retenir les débris (feuilles, papiers, etc.) pour éviter tout engorgement des descentes : crapaudines, garde-grèves, etc. Ils doivent être vérifiés au minimum une fois par an.

LES OBJECTIFS DU PROJET

UNE CONCEPTION À AJUSTER ENTRE SOUHAITS ET CONTRAINTES TECHNIQUES

Pour garantir le succès du projet de végétalisation, il faut bien déterminer les objectifs attendus et les croiser avec les caractéristiques du bâtiment et de son environnement. Rapidement, il faudra écarter les projets qui ne pourront pas être compatibles avec les caractéristiques du site ou nécessitant la mise en œuvre de solutions techniques démesurées et très coûteuses.

Les fonctions et usages attendus de la toiture sont essentiels et ont des répercussions sur les solutions techniques à mettre en œuvre. Selon les priorités, les principales caractéristiques du bâtiment à ajuster ou contourner ne sont pas les mêmes :

- Si la toiture doit être accessible au public, il faut prévoir et sécuriser les accès et cheminements et la charge d'exploitation doit être suffisante pour l'accueil du public.
- Si la toiture (même inaccessible au public) est visible du bâtiment ou des bâtiments alentour, ou qu'un résultat paysager spécifique est attendu, les conditions doivent être optimales pour garantir un bon développement de la végétation. Les accès doivent être facilités et compatibles avec un entretien fréquent et la charge disponible suffisante pour une bonne épaisseur de substrat.
- Si l'on souhaite favoriser certains effets environnementaux (biodiversité, rétention des eaux, isolation thermique), il faut augmenter l'épaisseur de substrat et la diversité végétale. La principale contrainte sera donc la charge disponible pour le projet. En revanche, la contrainte d'accès peut être moins forte, si l'entretien associé est plus faible.
- Si une association ou un groupe d'habitants est présent pour assurer l'entretien, les coûts peuvent être concentrés pour la création, les frais d'entretien étant réduits.

Quelques exemples sont ici simplement cités, mais chaque projet aura ses spécificités. Il s'agit donc de concilier au mieux les objectifs du projet et les contraintes techniques et de trouver le projet le plus adapté et réaliste, permettant de valoriser le site à végétaliser sous tous ses aspects (environnement, esthétique, usages, etc.).

PRENDRE EN COMPTE LES COÛTS

Globalement, les projets les plus complexes sont souvent les plus coûteux (installation du complexe lui-même, sur une grande surface, avec une épaisseur importante de substrat et des végétaux de qualité et diversifiés), mais les coûts augmentent aussi lorsque des travaux préalables sont nécessaires (réfection complète de l'étanchéité, mise en sécurité du site ou création d'accès). Ces surcoûts indirects engendrés par la végétalisation doivent être bien anticipés.

Pour la végétalisation elle-même, des subventions existent (renseignements en mairie, auprès des conseils départementaux et régionaux et des agences de l'eau). En Île-de-France, des dispositifs

d'aide permettent de financer des projets de toitures végétalisées ou cultivées et sont détaillées en annexe 5.

Au-delà des coûts d'installation, il est indispensable d'anticiper, selon les choix techniques faits, les répercussions sur les coûts d'entretien à plus long terme. Les fréquences d'interventions nécessaires au maintien de la végétation et des conditions d'accès difficiles peuvent augmenter les coûts. Néanmoins, si le projet est conçu en adéquation avec les caractéristiques du bâtiment et de son environnement, le résultat sera optimal et le coût d'entretien maîtrisé.

SE FAIRE ACCOMPAGNER DES COMPÉTENCES À MOBILISER

Si l'installation d'une toiture végétalisée est simple en principe (poser une couche de terre et des végétaux sur un toit), elle fait appel à des compétences techniques précises, qu'il est conseillé de solliciter pour garantir le succès de l'opération et éviter tout dommage sur le bâtiment.

Le bon sens invite à faire appel à deux grands corps de métiers, dans leur domaine d'expertise et de compétence : les métiers liés au bâtiment (étancheurs, architectes, etc.) et les métiers du végétal (paysagistes, technicien horticoles, etc.). La pratique courante est la prise en charge de l'ensemble du projet par une entreprise d'étanchéité, qui sous-traite à d'autres entreprises la végétalisation et l'entretien. Cette option présente l'avantage d'une simplification

(interlocuteur unique, entreprises habituées à travailler ensemble, projets clé en main facilement assurables). Cependant, elle laisse peu de place à la diversification des projets et il est intéressant de laisser une plus grande marge d'intervention aux métiers du végétal. En effet, les paysagistes, horticulteurs, agronomes ou mêmes naturalistes et écologues peuvent apporter un vrai « plus » qualitatif dans la conception des projets.

Chantier d'aménagement du toit végétalisé du bâtiment annexe de l'Hôtel de Ville, rue Lobau (4^e) – photo Jean-Pierre Viguié



ÉTAPES CLÉS DU PROJET	MÉTIERS ET ACTEURS À MOBILISER
État des lieux et conception	
Bâtiment (étude structure, accès, étanchéité, point d'eau, etc.)	Architectes, Conseil d'Architecture, d'Urbanisme et d'Environnement (CAUE)
Identification des travaux préalables	Bureau d'étude technique, ingénieur consultants
Acteurs et usages attendus	Associations, amicales de locataires, futurs utilisateurs, bénéficiaires de l'accès ou de la vue sur toiture
Choix du complexe de végétalisation (végétaux, substrat)	Entreprise spécialisée de conseil en aménagements paysagers, technicien horticole, agronome
Dessin paysager et projet	Paysagiste concepteur, ingénieur paysagiste, architecte paysagiste
Assurer son projet	Expert conseil assureur
Construction	
Réfection ou mise en compatibilité de l'étanchéité (membrane anti-racines), sécurisation et accès	Entreprises d'étanchéité et entreprises spécialisées du bâtiment
Réception des travaux préalables : test de l'étanchéité	Bureau de contrôle, expert indépendant (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, architecte, ingénieur consultant, etc.)
Mise en place du complexe de végétalisation	Entreprise espaces verts et paysagistes
Entretien	
Interventions sur les végétaux, arrosages Vérification des évacuations	Entreprises espaces verts et paysagistes

Des qualifications spécifiques aux métiers du bâtiment et de la végétalisation des toitures existent :

- **Qualification QUALIBAT**, spécifiques aux étanchéités (321 à 329) reconnaît les capacités techniques, humaines et financières des entreprises à réaliser des travaux de pose de différents systèmes d'étanchéité.
- **Qualification QUALIPAYSAGE**, spécifique aux toitures végétalisées (Qualification VT800 et 810), reconnaît les capacités de l'entreprise à réaliser dans le respect de la réglementation et des règles professionnelles des travaux d'aménagement ou de transformation de toitures végétalisées (moyens humains et financiers, compétences et connaissances techniques liées au travail en toitures – sécurité, intervention sans dommages pour l'étanchéité – compétences pour la réalisation de travaux horticoles, références de chantiers réussis).

Ces qualifications sont souvent demandées pour obtenir les assurances et garanties. Cependant, elles ne sont pas obligatoires et leur obtention est parfois coûteuse. Si les entreprises ne sont pas nécessairement engagées dans cette démarche, il est tout à fait possible de leur demander des références solides de réalisations de toitures végétalisées ou cultivées.

CADRE RÉGLEMENTAIRE, GARANTIES ET ASSURANCES

Les textes réglementaires cités sont donnés en l'état des connaissances à la date de réalisation de ce guide. Il convient donc de tenir compte de leurs évolutions. L'ordre de présentation des différents textes réglementaires ne traduit pas de hiérarchie ou de prépondérance d'un texte sur un autre.

■ Normes réglementaires et recommandations pour la construction

Documents techniques unifiés – norme réglementaire

La réglementation de construction est définie dans les normes DTU – Documents Techniques Unifiés.

Les Documents Techniques Unifiés (DTU) sont des documents nationaux qui traitent de la réalisation des ouvrages (construction, matériaux, etc.). Ils transcrivent les « Règles de l'art », règles écrites ou non, rassemblant les bonnes pratiques, les connaissances et savoir-faire du métier.

Les toitures végétalisées ou cultivées sont peu prévues dans ces documents. En effet, seul le DTU

43.1 « Travaux d'étanchéité des toitures-terrasses avec éléments porteurs en maçonnerie » détaille les conditions de végétalisation pour les toitures-terrasses jardin (étanchéité, drainage, 30 cm minimum de terre végétale). Pour les autres types de toitures, on peut se référer aux DTU 43.3 (structure métal) et DTU 43.4 (structure bois et panneaux dérivés) pour les aspects liés au bâtiment et à l'étanchéité, mais la végétalisation n'est pas prévue. Ces documents présentent notamment des coupes et plans de conceptions, etc. Les DTU en lien avec la végétalisation des toitures sont précisés en annexe 6.

Les avis techniques, cahiers des charges particuliers (CCP) et cahiers des techniques de prescription de pose – recommandations

Ce sont des procédures qui concernent les procédés nouveaux, qui ne font pas encore l'objet de normes DTU. Les avis sont donnés sous forme d'un document délivré par la Commission des Avis Techniques du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB). En l'absence d'avis technique favorable, les entreprises peuvent avoir recours aux CCP, qu'elles auront élaborés et soumis à l'approbation d'un Bureau de Contrôle agréé pour le contrôle des règles techniques.

Les avis et CCP décrivent le procédé (composants, substrats, etc.) et le domaine d'emploi (type de toiture, supports isolants et étanchéité, etc.), mais l'avis émis ne concerne que l'étanchéité du procédé et non sa végétalisation. Ils donnent donc une assurance concernant le procédé utilisé vis-à-vis du bâtiment (aptitude à être mis en œuvre sur un bâtiment), mais non une garantie absolument fiable pour le développement de la végétation et des cultures.

Les Règles professionnelles pour l'aménagement des toitures-terrasses jardins – recommandations

Les DTU ne traitant que des toitures-terrasses jardin avec des épaisseurs de substrat supérieures à 30 cm, les professionnels du bâtiment (Chambre Syndicale Française de l'Étanchéité – CSFE) et du paysage (Union Nationale des Entrepreneurs du Paysage-UNEP) ont rédigé conjointement des recommandations professionnelles sur la végétalisation des toitures non accessibles avec de faibles épaisseurs de substrat, pour garantir une bonne cohabitation entre étanchéité et végétalisation.

Si ces règles ne constituent que des recommandations, elles ont été approuvées par le Conseil des Professions de la Fédération Française du Bâtiment, les Bureaux de Contrôle agréés et les assureurs. Le respect de ces règles permet ainsi d'assurer plus facilement son projet et d'éviter les risques de dommages aux ouvrages et contentieux.

■ Réglementation concernant la sécurité et l'accessibilité

Concernant les règles de sécurité (relatives aux dimensions des garde-corps, main-courante, lisse intermédiaire, espacements, plinthe de butée, etc.), les normes françaises distinguent les toitures inaccessibles au public (toitures inaccessibles et toitures techniques pour lesquelles l'accès est limité au personnel d'entretien des revêtements et des installations présentes sur la toiture) et les toitures accessibles au public (à usage privé ou public, autre que l'entretien : propriétaires, locataires, visiteurs, habitations, bureaux, équipement public, etc.).

Pour les dispositifs de sécurité collectifs (garde-corps), il faut se référer aux normes pour les règles de sécurité relatives aux dimensions des garde-corps et rampes d'escalier, comme faisant partie de (ou assimilés à) un « abord de bâtiment » :

- pour les toitures inaccessibles au public : NF E 85-015 ;
- pour les toitures accessibles au public : NF P 01-012.

L'accessibilité au public implique la mise en œuvre d'un garde-corps qui doit satisfaire des critères supplémentaires :

- assurer une hauteur de protection suffisante (1 m) à majorer au besoin dans des cas particuliers ;
- dissuader d'une escalade trop facile (« l'effet d'échelle » des barreaudages horizontaux) ;
- empêcher les jeunes enfants de passer la tête ou le pied ;
- intégrer éventuellement une fonction anti-jet d'objets.

Pour les systèmes de protection individuelle, les systèmes d'arrêt des chutes sont définis dans la norme NF EN 363.

Pour les interventions d'entretien des toitures inaccessibles, toutes les dispositions doivent être prises pour assurer la sécurité des travailleurs. Le Code du Travail définit les obligations : travail en hauteur, accès sécurisé, protection contre les chutes (art. R. 4214-5) ; utilisation d'échelles (art. R. 4323-84 à R. 4323-88) ; dossier de maintenance de l'ouvrage (art. R. 4211-3) ; dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (art. R. 4532-95).

En cas d'accès au public, les règles d'accès et de circulation (nombre de personnes pouvant accéder à un espace, nombre de sorties, conditions d'évacuation) sont définies dans le Code de la construction et de l'habitation : Établissement Recevant du Public (ERP), Établissement Recevant des Travailleurs (ERT), Bâtiment d'habitation.

Concernant le calcul des charges induites par le projet, les charges d'exploitation selon l'accessibilité et les usages des toitures sont précisées dans la norme NF P 06-001.

■ Entretien de la végétation – norme réglementaire et recommandations

La norme DTU 43.1 précise les mesures d'entretien des toitures-jardins permettant de ne pas endommager l'étanchéité. Concernant le détail des interventions d'entretien de la végétation, le DTU renvoie vers le Fascicule 35 «Aménagements paysagers, aires de sports et de loisirs de plein air» (référence espaces verts).

Les Règles Professionnelles apportent quelques éléments concernant l'installation et l'entretien de la végétation (fréquence et nature des interventions, techniques, arrosage). Elles recommandent un contrat d'entretien qui doit permettre d'obtenir et de conserver une végétation bien développée (taux de couverture végétale supérieure à 80 %).

■ Assurances et garanties décennales

Garantie de parfait achèvement

Cette garantie engage le constructeur à la réparation de tout désordre constaté après la fin du chantier et la réception des travaux. Cette garantie, habituellement d'une durée de 1 an, peut dans le cas des travaux de végétalisation être rallongée pour permettre les travaux d'entretien nécessaire au bon développement de la végétation et correspondre à la période de confortement, avant l'entretien courant.

Garantie décennale et garantie dommage-ouvrage

Pour les constructeurs, la **garantie décennale** est obligatoire pour les travaux touchant à la structure du bâtiment (loi Spinetta du 4/01/1978). Cette garantie assure l'entrepreneur pendant 10 ans, pour les dommages causés pouvant compromettre la solidité de l'ouvrage ou d'un de ses éléments d'équipement.

Dès lors que l'on réalise des travaux de végétalisation d'une toiture dans le cadre de la réfection de l'étanchéité, cette garantie est donc obligatoire et est, en pratique, souvent portée par l'entreprise d'étanchéité.

Dans le cadre de l'installation d'un système de végétalisation au dessus d'une étanchéité existante, la nature des travaux doit être précisée pour déterminer si elle peut porter atteinte au bâtiment et si elle relève alors de la garantie décennale. Il est conseillé de

contacter l'entreprise d'étanchéité pour bien adapter les travaux (ajout de protection, choix de matériaux compatibles, etc.) et de désolidariser complètement l'étanchéité du complexe de végétalisation. L'entreprise réalisant les travaux de végétalisation engage sa responsabilité civile professionnelle.

Pour le propriétaire ou le copropriétaire qui fait réaliser les travaux, une assurance «**dommage-ouvrage**» doit être souscrite avant l'ouverture du chantier. Elle permet d'obtenir, en cas de dommages, le paiement des travaux de réparations qui relèvent de la garantie décennale, sans attendre que le litige soit résolu pour déterminer les responsabilités de chacun (étancheur, entreprise du paysage ou autre intervenant sur la toiture). Elle assure ainsi le préfinancement des travaux et une indemnisation rapide.

■ Règles d'urbanisme et d'aménagement durable

Comme tout ce qui relève de l'aspect extérieur des constructions, la végétalisation d'une toiture doit faire l'objet d'une demande d'urbanisme (Déclaration Préalable en cas de bâtiment existant, Permis de construire en cas de surélévation d'un bâtiment existant ou de bâtiment neuf), et respecter les règles d'urbanisme en vigueur définies par le Plan Local d'Urbanisme (PLU) de la ville.

Depuis 2006, les dispositions du PLU parisien permettent la végétalisation des parcelles constructibles (20 % de la superficie en pleine terre et 10 à 15 % de surface végétalisée pondérée, au sol, sur dalle, en toiture ou en mur). Les 4, 5, 6, et 7 juillet 2016, le Conseil de Paris a approuvé la modification générale du PLU, dans lequel sont renforcées les obligations de végétalisation des espaces libres au sol (30 à 35 % de la superficie en pleine terre et 10 % de surface végétalisée pondérée, au sol, sur dalle, en toiture ou en mur). La végétalisation des toitures terrasses et l'agriculture urbaine y sont encouragées en intégrant les adaptations réglementaires nécessaires pour renforcer cette dynamique. Les nouvelles dispositions visent également à garantir la qualité et la pérennité des projets de végétalisation mis en œuvre, tout en diversifiant les strates végétales et en favorisant la biodiversité.

La modification du PLU parisien introduit ainsi l'obligation de végétaliser les « toitures plates (pentes inférieure à 5 %) et d'une surface supérieure à 100 m² », dans le cadre de constructions neuves ou de surélévation de bâtiments existants. Pour être comptabilisées dans les surfaces végétalisées, les toitures doivent avoir un substrat d'au moins 10 cm d'épaisseur (couche drainante non comprise). De plus, une incitation plus forte qu'auparavant est donnée, par l'augmentation des coefficients de pondération des surfaces végétalisées sur dalle (0,8 au lieu de 0,5) et en toitures (0,5 au lieu de 0,3) dans le calcul de la surface végétalisée pondérée. Elle encourage également l'agriculture urbaine en indiquant que « pour toute toiture-terrasse supérieure à 500 m², le substrat doit permettre de reproduire au mieux les qualités des sols naturels ou permettre l'installation d'une agriculture urbaine en toiture ». Les surfaces cultivées peuvent ainsi être comptabilisées en toiture et des dispositions permettent que l'installation de serres ou autres équipements nécessaires à la production agricole soient autorisées en saillie des toitures des bâtiments, dans la mesure où elles s'insèrent harmonieusement dans le cadre bâti environnant.

Les bons choix pour concevoir et installer sa toiture végétalisée



CLASSIFICATION DES TOITURES VÉGÉTALISÉES SELON LES OBJECTIFS ET ENJEUX

Dans les documents techniques de référence, les toitures végétalisées sont classées en trois catégories : extensives, semi-intensives et intensives. Cette classification permet de clarifier les principales techniques de mise en œuvre des toitures et d'organiser l'information de façon simple (selon l'épaisseur de substrat, les charges induites et l'entretien de la végétation associée).

		Charge disponible pour la végétation						Conditions d'accès et de sécurité								Pentes			
		<150 kg		Entre 150 et 350 kg		> 350 kg		Difficiles ¹		Correctes ²			Optimales ³			Toiture-terrasse plate <5%			
Typologies envisageables		E	SN	SI	AU	I	AU	E	SN	E	SN	SI	SI	I	AU	E	SN	SI	I
Aspect paysager, selon attentes et visibilité	Couverture végétale																		
	Naturel																		
	Jardin, soigné																		
Usages et fréquentation	Entretien professionnel uniquement																		
	Public occasionnel, restreint																		
	Loisir, agrément, accueil du public																		
Moyens financiers et humains pour l'installation et l'entretien	Faible ^a																		
	Moyen ^b																		
	Importants ^c																		

E : Extensive
 SN : Semi-naturelle
 SI : Semi-intensive
 I : Intensive
 AU : Agriculture urbaine

1 : échelles inclinées, locaux techniques peu accessibles, ligne de vie, etc.
 2 : échelles à crinoline, local technique dédié, garde-corps techniques
 3 : escalier, ascenseur, garde-corps pour public

4 : sous vents dominants, stagnations d'eau, ombres, forte réflexion solaire, etc.
 5 : quelques zones d'ombres, vents moyens à forts, conditions hétérogènes sur la toiture
 6 : à l'abri du vent, bonne exposition, pas de

Ce document propose ici de préciser cette classification et de la compléter en intégrant les enjeux de choix techniques, de fréquence et de niveau d'entretien, et de résultats en termes d'usage et d'effet paysager.

Une catégorie de toiture « semi-naturelle » est proposée pour mettre en avant une toiture plus sauvage, favorable à la biodiversité et associée à des niveaux d'entretien faibles. Les toitures aménagées pour l'agriculture urbaine sont également différenciées pour mettre en évidence la spécificité des pratiques et des aménagements.

Les toitures présentées incluent la possibilité d'un aménagement avec des contenants, en associant par exemple des jardinières en bacs et des platebandes.

Cette classification permet de donner les principales caractéristiques de différents projets possibles, et d'en identifier les facteurs limitants. Cependant, cette classification est indicative et n'est pas figée. Elle doit uniquement être source d'inspiration pour la création de projets parfaitement adaptés, au cas par cas. Par exemple le choix d'une gestion plus libre, favorable à la biodiversité, sur une toiture dont la charge et les accès permettent un entretien très fréquent est toujours possible !

Une fiche détaille, pour chaque catégorie de toiture, les principales contraintes, les objectifs et enjeux et les caractéristiques techniques. Un tableau synthétique permet d'identifier, en fonction des caractéristiques du bâtiment et des objectifs d'usage, les typologies de toitures envisageables.

			Conditions de vents et d'ensoleillement									Étanchéité et isolant						Points d'eau et écoulements des eaux pluviales
Inclinée entre 5% et 60%			Inadaptées ou difficiles ⁴	Moyennes ⁵			Optimales ⁶			Mauvais état, plus de 15 ans état correct réfection, neuve								
AU	E	SN	E	E	SN	SI	E	SN	SI	I	AU	E	SN	SI	I	AU		
																	réfection à prévoir	
																		protection de l'étanchéité, anti-racines

points d'eau indispensables, bien positionnés et dimensionnés pour arrosage régulier ou ponctuel
évacuations bien positionnées et en bon état de fonctionnement

conditions asséchantes
a : moins de 100€/m² pour le projet
b : plus de 100€/m², subventions possibles, entretien réalisable à faibles coûts (ex : entretien par les habitants, une association, entreprise productrice)

fruits et légumes, etc.)
c : plus de 200€/m² pour le projet, niveaux de subventions importants, entretien réalisable à faibles coûts

■ Toiture végétalisée extensive

Objectifs paysagers	Végétation rase, aspect couvrant, tapissant
Enjeux principaux	Végétalisation du bâti, faible coût, faible entretien
Végétation type	Plantes très peu exigeantes, rustiques*, très résistantes à la sécheresse, plantes sauvages spontanées Mousses, plantes succulentes, petites vivaces, rampantes, petits bulbes, graminées Hauteur 3 à 20 cm
Épaisseur de substrat après tassement naturel	8 à 12 cm, substrat léger Substrat continu
Entretien courant	Très faible (1 à 2 passages par an + 1 à 2 arrosages complémentaires en cas de sécheresse)
Besoins en eau	Très faibles, arrosage jusqu'à la reprise* et en cas de sécheresse pendant l'entretien courant. Faible rétention d'eau, dessèchement rapide
Charge induite	80 à 150 kg/m ²
Accès et sécurité	Toiture généralement inaccessible, mais accueil du public possible selon les charges disponibles. Compatible avec des conditions d'accès plus difficiles : échelle inclinée ou à crinoline.
Moyens de manutention de végétaux et matériels	Non nécessaires
Les +	Faible poids de la végétalisation, entretien faible, peu coûteux
Les -	Palette végétale souvent plus restreinte, aspect plus simple en hiver



Terrasse de l'école maternelle de l'impasse de la Baleine (11^e) – photo Daniel Lifermann

■ Toiture végétalisée **semi-naturelle**

Objectifs paysagers	Pelouse fleurie naturelle, accueil de la végétation sauvage spontanée, respect des cycles naturels de la végétation
Enjeux principaux	Biodiversité, aménagement limitant les rejets d'eaux de pluie dans les réseaux, faible entretien
Végétation type	Plantes rustiques, peu exigeantes, présentant un intérêt pour la faune (plantes nectarifères*, plantes hôtes des insectes auxiliaires*, des pollinisateurs*, fruits et graines pour les oiseaux, etc.) Part importante de plantes indigènes et sauvages spontanées Graminées, bulbes, herbacées, vivaces et annuelles*, arbustes à petit développement Hauteur 10 à 50 cm et plus pour les arbustes
Épaisseur de substrat après tassement naturel	10 à 30 cm Substrat continu, à la composition se rapprochant des sols naturels Épaisseurs et compositions variables pour création de micro-habitats
Entretien courant	Faible (3 à 5 passages par an + 1 à 2 arrosages complémentaires en cas de sécheresse), entretien écologique favorable à la biodiversité (fauches, maintien de la végétation spontanée). Gestion souple pour favoriser l'évolution libre de la végétation et l'accueil de la faune et de la flore spontanée
Besoins en eau	Faible, arrosage jusqu'à la reprise et en cas de sécheresse pendant l'entretien courant. Rétention d'eau faible à modérée, dessèchement rapide à modéré
Charge induite	150 à 350 kg /m ²
Accès et sécurité	Accueil du public possible selon les charges disponibles et en respectant les règles de sécurité. Compatible avec des conditions d'accès difficiles à correctes, échelle inclinée, échelle à crinoline, escalier
Moyens de manutention de végétaux et matériels	Potence éventuellement
Les +	Entretien faible, peu coûteux Aspect naturel, accueil de la flore et de la faune sauvage
Les -	Perception de la toiture comme un espace négligé parfois plus difficile à accepter pour les toitures avec une visibilité



Toit végétalisé de l'école
AgroParisTech, rue Claude-Bernard
(5^e) – photo Christophe Noël

■ Toiture végétalisée semi-intensive

Objectifs paysagers	Prairie et platebandes fleuries, mélanges d'espaces gérés et libres
Enjeux principaux	Esthétique, rétention des eaux de pluie
Végétation type	Plantes horticoles, sauvages et indigènes, peu à moyennement exigeantes en eau et nutriments. Herbacées vivaces et annuelles, dont graminées et bulbes, petits arbustes Hauteur 10 à 50 cm et plus pour les arbustes
Épaisseur de substrat après tassement naturel	10 à 30 cm Substrat continu ou en contenants (bacs, jardinières)
Entretien courant	Moyen (5 à 8 passages par an). Gestion maîtrisée et adaptée à l'effet paysager souhaité. Retrait des plantes non souhaitées.
Besoins en eau	Moyens, arrosage jusqu'à la reprise et selon l'effet souhaité. Rétention d'eau faible à modérée, dessèchement rapide à modéré
Charge induite	150 à 350 kg /m ²
Accès et sécurité	Accès indépendant des autres usages du bâtiment préférable, accueil du public possible selon les charges disponibles. Conditions d'accès correctes à optimales nécessaires pour l'installation et l'entretien. Échelle à crinoline, escalier
Moyens de manutention de végétaux et matériels	Potence éventuellement
Les +	Diversité végétale, maintien possible d'un dessin paysager avec un entretien adapté
Les -	Difficulté à maintenir le plan de plantation strict au cours du temps, conciliation entre les zones gérées et libres, gestion de la flore spontanée



Terrasse du bâtiment administratif du 103, avenue de France (13^e)

■ Toiture végétalisée intensive

Objectifs paysagers	Aspect esthétique marqué, de type jardin, soigné, avec végétation diversifiée, massifs fleuris
Enjeux principaux	Esthétique, loisirs, jardin accessible, rétention des eaux de pluie
Végétation type	Plantes horticoles, sauvages et indigènes exigeantes. Graminées, bulbes, herbacées, arbustes, vivaces et annuelles. Arbres si épaisseur de substrat suffisante (50 cm minimum, et plus selon les essences choisies) Hauteur 10 à 50 cm et plus pour les arbustes Pente maximale de 5 %
Épaisseur de substrat après tassement naturel	30 cm et plus Substrat continu ou en contenants (bacs, jardinières)
Entretien courant	Fort (plus de 8 passages par an). Espace jardiné
Besoins en eau	Fort, arrosage jusqu'à la reprise et pour répondre à l'objectif esthétique souhaité. Système d'arrosage intégré possible. Bonne rétention d'eau, dessèchement lent
Charge induite	Plus de 350 kg /m ²
Accès et sécurité	Accès indépendant des autres usages du bâtiment conseillé, accueil du public possible selon les charges disponibles. Conditions d'accès optimales nécessaires pour l'installation et l'entretien Escalier, ascenseur
Moyens de manutention de végétaux et matériels	Monte-charge conseillé
Les +	Diversité de la palette végétale, espace jardiné, de loisir, esthétique
Les -	Poids, coûts, entretien fort, maintien du système d'irrigation



Toit du bâtiment administratif au cimetière du Père-Lachaise (20°)

■ Toiture végétalisée agriculture urbaine

Objectifs paysagers	Potager, jardin, zone accessible et comestible
Enjeux principaux	Production, pédagogie
Végétation type	Plantes potagères, légumes, petits fruits, fleurs, condiments et aromatiques, etc., associées à des plantes sauvages, et autres plantes pour la faune auxiliaire ou présentant un intérêt écologique Hauteur 10 à 50 cm et plus pour les arbustes
Épaisseur de substrat après tassement naturel	15 cm et plus – hors techniques spécifiques (aéroponie, hydroponie), cf. p. 45 Substrat continu ou en contenants (bacs, jardinières), en plein air ou sous serre Caractéristiques optimales pour la production.
Entretien courant	Régulier, respectant les cycles de production
Besoins en eau	Arrosage adapté pour répondre aux objectifs de production. Système d'arrosage intégré possible. Très dépendants des systèmes techniques choisis (culture sur substrat, hydroponie, aéroponie, etc....)
Charge induite	Environ 250 kg /m ² et plus – très variable selon les techniques utilisées
Accès et sécurité	Accès indépendant des autres usages du bâtiment conseillé, accueil du public possible selon les charges disponibles. Conditions d'accès nécessaires pour l'installation et l'entretien régulier. Escalier, ascenseur
Moyens de manutention de végétaux et matériels	Monte-charge conseillé mais non obligatoire
Les +	Espace cultivé, valorisation de la production. Dimension sociale, pédagogique
Les –	Optimisation de la surface pour garantir la viabilité des projets

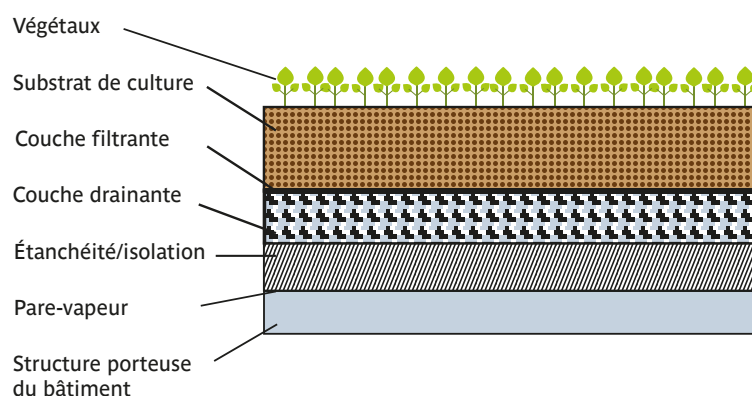


Potager installé par l'association Veni Verdi sur le toit du collège Henri-Matisse (20^e) – photo Jean-Pierre Viguié

LES TECHNIQUES D'INSTALLATION

■ Pour une installation en substrat continu

L'installation d'une toiture végétalisée ou cultivée en substrat continu est classiquement faite en ajoutant une couche de drainage et une couche filtrante, puis le substrat et la végétation, en couches successives et continues au-dessus du complexe étanchéité-isolation.



La **couche drainante** a pour fonction d'évacuer les excès d'eau, défavorables au développement des racines, vers les dispositifs d'évacuation des eaux de pluie. Elle n'est utile qu'en cas de saturation du substrat. Elle n'est pas nécessaire sur les toitures inclinées.

Les matériaux doivent être choisis pour permettre un drainage efficace, tout en laissant suffisamment d'espace et de charge disponible pour le substrat. La couche drainante est généralement composée de granulats meubles, sur une épaisseur minimale de 5 cm (réduite dans les régions peu pluvieuses). Les matériaux granuleux (graviers, briques concassées, pierre ponce, argile expansée, schiste expansé, etc.) sont en effet bien adaptés, constituant une couche aérée, avec une humidité et des températures assez stables. Ils ont l'avantage d'être légers et peuvent constituer une zone d'exploration complémentaire pour les racines. Les matériaux doivent être résistants au gel et la granulométrie se situer entre 2 et 16 mm.

D'autres systèmes en matériaux synthétiques existent tels que les tapis de drainage, les plaques en polystyrène alvéolé, etc.

Dans le calcul des charges pour le projet, le poids de la couche drainante doit bien être calculé en tenant compte de la densité des matériaux lorsqu'ils sont saturés en eau (bien supérieure à celle des matériaux à l'état sec !) – cf tableau p. 36.

Posée simplement au-dessus de la couche drainante, la **couche filtrante** évite le transfert de particules, et donc le colmatage, entre le substrat et la couche drainante. Elle doit avoir une forte perméabilité, être imputrescible et avoir une grande résistance aux déchirements. Il s'agit d'une nappe de fibres synthétiques (polypropylène ou polyester non-tissé).

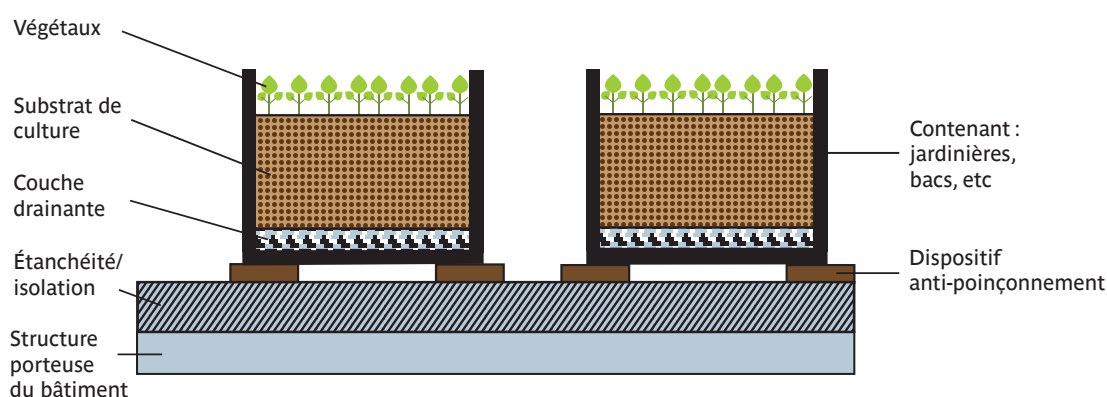


■ Pour l'installation de contenants

Différents contenants peuvent être utilisés en toiture : jardinières, bacs, sacs souples, etc.. Ils présentent l'avantage de structurer l'espace (par exemple pour délimiter des zones de jardinage), et de permettre la végétalisation même sur de petites toitures. Cette solution permet aussi de répartir les charges ponctuellement sur la toiture (positionnement des bacs sur les structures portantes) et une hauteur de substrat plus importante. Le poids du contenant et du substrat qu'il contient doit toujours être pris en compte dans les calculs de charge.

Les contenants sont posés sur une couche de protection existante (par exemple une couche de gravillons) ou directement sur l'étanchéité. Une petite couche drainante (billes d'argile, granulats, etc.) peut être installée en fond de bacs.

Il est nécessaire d'éviter tout risque de **poinçonnement** de l'étanchéité au niveau des pieds des contenants. En effet, sous l'effet de la chaleur, les membranes peuvent se ramollir et être ainsi déformées ou perforées par les bacs et leurs pieds.



Pour éviter les poinçonnements, les contenants doivent donc être posés sur un matériau résilient, et la plus petite dimension d'appui ne doit pas être inférieure à 40 cm. Différents types de protection peuvent être interposés entre la membrane et les pieds des contenants ou sa base : planche de bois, tapis de caoutchouc, membrane de drainage, etc.

traitements respectueux de l'environnement (les bois non traités peuvent être utilisés, mais avec risque de pourriture en contact avec la terre humide.).

L'installation des contenants ne doit pas gêner les écoulements d'eau, ni l'entretien de l'étanchéité, des relevés et des évacuations d'eaux pluviales.

Le **zinc** peut également être utilisé, léger, solide et insensible à l'oxydation. Cependant, la température dans ce type de contenants peut fortement augmenter.

Les matériaux choisis doivent être résistants aux UV, non cassables, légers, pouvant résister au froid hivernal sans s'abîmer.

Les **sacs souples**, en tissu, avec un fond plat et des sangles peuvent être facilement utilisés et présentent l'avantage d'un poids très faible (hors substrat). Ils sont faciles à mettre en place et permettent des installations rapides et peu coûteuses.

Le **plastique**, non cassable, léger et facile à nettoyer, peut cependant accumuler beaucoup de chaleur (préférer les couleurs claires) et peut se décolorer après de longues expositions au soleil.

Le **bois** est solide, résistant au gel et isole le substrat et les végétaux de la chaleur. Il faut privilégier des bois issus de forêts gérées écologiquement et des



Plantations en bacs-sacs sur le toit du bâtiment d'Enedis, rue d'Aboukir (2°)

■ Les techniques spécifiques à l'agriculture urbaine

La culture de plantes potagères ou de fruits peut se réaliser, comme pour la végétalisation ornementale, en substrat continu ou en contenants. En effet, il est possible de cultiver différents fruits et légumes, adaptés à des épaisseurs de substrats variables (radis, salades ou certaines aromatiques peuvent être cultivés sur des épaisseurs de 15-20 cm de substrat), et dans une grande diversité de contenants (bacs en bois, tissus, sacs percés, etc.). Il est possible de jouer sur les apports en eau ou en fertilisants, pour cultiver une grande diversité de fruits et légumes dans les conditions particulières d'une toiture.

D'autres solutions plus techniques se développent sur les toits, spécifiques à cette culture productive. Les choix techniques sont faits en fonction des objectifs de productivité, des types de culture, du budget, du niveau d'entretien ou encore de contraintes juridiques.

L'installation d'une **serre** permet d'exploiter au maximum la surface de la toiture et de mieux maîtriser les conditions de culture pour garantir une production continue et un fort rendement (contrôle des conditions de croissance, protection contre les intempéries, etc.). Sa mise en place doit faire l'objet d'une étude structure pour déterminer la charge qui peut être acceptée (poids d'environ 250 kg/m²). Cette technique est souvent réservée à des surfaces importantes dédiées à des projets productifs.

Avec le développement de l'agriculture urbaine, des techniques innovantes ont été créées et peuvent être

testées en toiture, pour assurer une production sur une surface réduite, en culture « hors-sol ». Citons quelques exemples :

- **l'hydroponie** : culture des plantes sur un substrat minéral – simple support physique – irrigué par une solution nutritive ou en immergeant les racines directement dans la solution nutritive. Le système de culture peut être ouvert (la solution nutritive non consommée par la plante se répand sur le sol après chaque arrosage) ou fermé (la solution nutritive est récupérée dans un réservoir et réutilisée). Cette technique a parfois mauvaise réputation pour les risques de pollution des sols et le manque de goût des fruits ou légumes produits. Cependant, lorsqu'elle est bien maîtrisée, les risques de pollution sont très faibles (notamment en circuit fermé) et les apports en nutriments, adaptés aux besoins des cultures, peuvent permettre d'obtenir des fruits et légumes de bonne qualité. On utilise parfois la dénomination de **bioponie** quand la solution nutritive est composée d'engrais naturels.
- **l'aéroponie** : technique de culture sans substrat. Les racines de la plante se développent dans l'air et sont aspergées ou brumisées par une solution nutritive.
- **l'aquaponie** : bacs de culture associés à un bac d'élevage de poissons, dont l'eau enrichie des déjections est utilisée comme solution nutritive pour les cultures.



Culture hors-sol (hydroponie) par la startup Aeromate sur le toit du bâtiment RATP de la place Lachambeaudie (12^e) – photo Jean-Pierre Viguié

BIEN CHOISIR SON SUBSTRAT

■ La composition, un équilibre essentiel entre poids et développement des végétaux

La composition et les propriétés physiques, chimiques et biologiques du substrat ont une influence directe sur le développement de la végétation. En effet, le substrat doit non seulement assurer l'ancrage des racines, mais aussi l'apport en eau et en éléments

nutritifs ainsi que l'aération du milieu de culture pour le bon développement des plantes. Il doit présenter une bonne stabilité structurale et être capable de fixer les éléments nutritifs utiles aux végétaux.

Classiquement, les substrats sont composés d'un mélange de matière organique* (compost de déchets verts, tourbes, fibres végétales) pour 10 à 30%, et de granulats (roche volcanique, pouzzolane, pierre ponce, billes d'argile, tuile ou terre cuite concassée, ardoise pilée) pour 70 à 90 %.



Substrat de pouzzolane et de pierre ponce sur le toit de la cuisine centrale, rue Paul-Meurice (20^e) – photo Pascal Dhennequin

Les solutions les plus légères sont souvent privilégiées pour limiter les charges. Comme pour les matériaux de la couche drainante, les charges doivent être comptabilisées lorsque les matériaux sont saturés en eau.

Cependant d'autres caractéristiques sont à prendre en compte :

- le substrat doit présenter de bonnes capacités de rétention en eau pour être capable d'alimenter les végétaux en périodes sèches et être suffisamment drainant pour ne pas provoquer l'asphyxie des racines des végétaux en période de pluie ;

- la composition doit donc inclure des matériaux microporeux pour absorber l'eau, et posséder des interstices pour assurer une bonne circulation de l'air et de l'eau pour les racines. L'ajout de particules très fines améliore la capacité de rétention en eau.

Les argiles et les limons sont connus pour leurs excellentes capacités de rétention en eau. Mais ils ne doivent pas être trop présents dans le substrat (maximum 15 % de la masse), parce qu'ils ont tendance à colmater les filtres et boucher les exutoires.

Un substrat avec une granulométrie variée favorise l'ancrage des racines et le développement des végétaux.

Si la **matière organique** est utile pour la nutrition des végétaux et la rétention en eau, sa proportion dans le substrat doit être raisonnée. Elle peut se dégrader, entraînant une perte de volume du substrat, et apporter trop de nutriments, favorisant un développement rapide et excessif de la végétation, mais aussi diminuer la résistance au manque d'eau (après dessèchement prolongé, les matières organiques sont difficiles à réhumecter). Sur des toitures extensives ou semi-naturelles, cultivées avec des plantes typiques de sols pauvres, une forte proportion de matière organique risque de favoriser l'installation d'espèces plus exigeantes et difficiles à maintenir. En revanche, pour des toitures semi-intensives, intensives ou destinées à l'agriculture urbaine, la proportion de matière organique peut être sensiblement augmentée pour répondre aux besoins des plantes et élargir la gamme de végétaux avec des plantes plus exigeantes en matière organique. Les substrats contiennent généralement 10 % à 30 % (volumique) de matières organiques.

Le substrat devra être stable dans le temps, résistant au tassement et peu sensible à l'érosion par les vents. Il faut retenir qu'un substrat va subir un tassement naturel d'environ 10 % à 15 % (compression des matériaux foisonnés et dégradation de la matière organique).

Dans le cas des cultures, de nombreuses solutions techniques peuvent être proposées pour s'adapter aux caractéristiques du bâtiment et aux charges disponibles. **Les compositions peuvent être adaptées** et les épaisseurs diminuées pour alléger le système, en ajustant les apports en éléments nutritifs et en choisissant les cultures compatibles avec de plus faibles épaisseurs de substrats.

Le tableau page suivante présente les principales caractéristiques des différents matériaux pouvant composer la couche drainante et le substrat. Les charges sont données à titre indicatif, à saturation en eau, mais doivent être précisées par le fournisseur pour les calculs de charges du projet de végétalisation.

Cette liste présente l'ensemble des matériaux couramment utilisés. Des précisions sont apportées sur certains d'entre eux, qui peuvent avoir un impact négatif sur l'environnement, du fait de leur prélèvement dans un milieu naturel à préserver, ou parce qu'ils constituent eux-mêmes une ressource peu ou pas renouvelable, ou de leur fabrication et de leur transport sur de longues distances.



Substrat de terre végétale sur la toiture du bâtiment municipal rue Paul-Meurice (20°) – photo DPE

Matériau pour drainage et substrat	Principales caractéristiques du matériau	Granulométrie (mm)	Charge à saturation en eau (CME), en kg/m ² pour 1 cm d'épaisseur
Matériaux minéraux : drainage, rétention d'eau, structure			
Sable	Lourd. Granulométrie fine pouvant entraîner un mauvais drainage. Intéressant en mélange avec granulats grossiers et poreux. Naturel	0 à 6	18 à 22
Graviers et gravillons de roches naturelles (alluvionnaires, roches massives calcaires, siliceuses ...)	Assez lourds en comparaison avec d'autres granulats de même calibre. Bonne capacité de drainage. Réemploi possible quand présents initialement en toiture. Naturel	2 à 20	16 à 20
Billes d'argile ou de schiste expansés	Matériau léger. Intéressant à associer en mélange. Bonne capacité de drainage. Rétention d'eau et stockage des nutriments moyens. Stable, bonne résistance à la dégradation. Coûteux. Artificiel	4 à 20	3 à 8
Briques et tuiles concassées	Structure stable, assez uniforme, léger. Capacités de rétention d'eau et de nutriments moyennes. Suivant l'origine, peuvent contenir des éléments indésirables (métaux lourds). Matériau de recyclage.	2 à 16	11 à 15
Béton concassé	Lourd. Faible rétention d'eau et de nutriments. pH très ou excessivement alcalin (lié à la proportion de particules fines). Matériau de recyclage	2 à 16	16 à 22
Pierre ponce et scories (lave)	Léger. Bonne capacité de rétention d'eau. Naturel	2 à 12	7 à 12
Pouzzolane	Assez léger. Bon équilibre entre drainage et rétention d'eau. Roche volcanique naturelle, ressource non renouvelable, à utiliser si disponible localement.	1 à 16	11 à 16
Perlite et vermiculite	Très léger. Bonnes capacités de drainage et d'aération du substrat. Faible rétention d'eau et de stockage des nutriments de la perlite. Intéressant en mélange pour alléger le substrat, mais tendance à se tasser et se dégrader. Artificiel. Nocivité pour les voies respiratoires et production coûteuse en énergie.	1 à 8	1 à 3

Matériau pour drainage et substrat	Principales caractéristiques du matériau	Granulométrie (mm)	Charge à saturation en eau (CME), en kg/m ² pour 1 cm d'épaisseur
Matière organique : fourniture de nutriments, bonne rétention d'eau, aération			
Compost de déchets verts	Léger et très riche. Bonne capacité d'aération. Permet de développer l'activité biologique. Peut contenir une réserve de graines. Naturel	variable	6 à 10
Écorces de pin, fibre de coco	Très léger. Bonnes capacité de rétention d'eau et apport de nutriments. Matière organique peu décomposée. Alternatives à la tourbe. Naturel	30 à 50 mm	2 à 8
Laine de roche	Très léger. Bonne aération et forte rétention en eau mais sèche rapidement. Artificiel. Nocivité pour les voies respiratoires et production coûteuse en énergie.		6 à 12
Tourbes	Léger. Bonne capacité de rétention en eau. Tourbes blondes et brunes très pauvres en nutriments, tourbes noires plus riches. Naturel. Ressource non renouvelable, cause de la disparition de milieux écologiques d'importance : les tourbières acides (tourbes blondes et brunes).		5 à 35
Autres matériaux			
Terre	Lourd. Composition assez variable, généralement riche en nutriments. Peut contenir une réserve de graines importante. À privilégier pour les substrats de toitures plus intensives. Naturel	variable	16 à 22
Autres matériaux à tester	Fumier Paille Coquilles de fruits à coque, de coquillages, noyaux de fruits Laine de mouton Laine de chanvre		

■ Mélanges standards ou faits maison ?

Les **mélanges industriels** sont habituellement composés de roches volcaniques, ardoises ou schiste, complétés par une part de matière organique. Ces mélanges standards ont l'avantage d'être « tout faits », prêts à l'emploi. Ils sont souvent légers et faciles à mettre en œuvre. Cependant, les procédés industriels impliquent une homogénéisation des substrats : granulats calibrés, peu de micro-organismes, lessivage rapide des nutriments. Ils sont souvent plus chers et leur production a un impact environnemental non négligeable.

Les **mélanges réalisés sur place**, sont souvent assemblés en utilisant les matériaux naturels présents sur le site (sables, graviers) et en les complétant

par d'autres matériaux recyclés (briques, tuiles, béton). Une part de matière organique doit être ajoutée. Le bilan écologique est souvent meilleur, avec une origine locale des matériaux. Le substrat est moins standardisé et apporte des conditions favorables pour les plantes (granulométrie variée, meilleure rétention en eau et nutriments, présence de micro-organismes). Attention cependant à bien maîtriser les caractéristiques (poids à saturation en eau, pH, etc.). Ils sont souvent moins chers, cependant, ils peuvent être plus difficiles à mettre en œuvre : le mélange des matériaux, à réaliser soi-même, peut être complexe, les matériaux sont plus lourds et moins maniables. Le transport des matériaux doit également être pris en compte et organisé.

■ Plus d'épaisseur pour plus de qualité

De nombreuses études soulignent que les bénéfices environnementaux et la qualité de la végétation des toitures augmentent avec l'épaisseur du substrat.

En tenant compte des charges du bâtiment, et de la végétation que l'on souhaite implanter, privilégier une épaisseur de substrat optimale permettra une

meilleure rétention d'eau, un maintien de la végétation (notamment en période de sécheresse, mais aussi sur le long terme), une plus grande diversité de végétaux, une meilleure protection du bâtiment, et enfin des effets de régulation de température et d'isolation renforcés.

■ Varier les épaisseurs et les compositions

Sur une même toiture, il est possible de faire varier à la fois la composition et les épaisseurs de substrat et de le disposer de façon à obtenir différents niveaux de relief sur la toiture. Une telle installation permet de se rapprocher des conditions d'un sol naturel, et de créer une variété d'habitats (profondeur de substrat, humidité, exposition aux vents et au soleil, etc.), qui favoriseront l'installation d'une flore et d'une faune diversifiées. La **création de relief** renforce la colonisation des graines apportées par le vent, retenues dans les creux. L'installation de branches, morceaux de bois mort, de surface ensablées, et de rochers à cavités, disposés ponctuellement sur la toiture fournit un lieu de repos et de reproduction très important pour de nombreux insectes sauvages, qui viennent y créer leur nid.



Pollutions éventuelles contenues dans les substrats

Les métaux lourds présents dans les sols (plomb, cadmium, cuivre, zinc, etc.) sont des polluants qui peuvent avoir un impact sur la santé humaine. Toutes les plantes accumulent les métaux lourds présents dans le sol, en quantités variables. Dans le cas de production de fruits et légumes destinés à être consommés, il est possible d'acheter dans le commerce des substrats homologués (norme relative aux supports de culture).

En cas d'interrogation quant à l'origine et la composition des substrats utilisés, par exemple lorsque des matériaux de réemploi sont utilisés, ou lorsque la terre présente sur le site en cas de travaux est valorisée sur la toiture, etc., il est recommandé de procéder à une analyse du sol (analyse spécifique des métaux lourds et hydrocarbures).

■ Exemples de substrat type selon la toiture envisagée

Type de toiture	Exemple de composition
Extensive	40 % billes d'argile + 40 % pouzzolane + 10 % écorces de pin + 10 % fibres de coco Poids moyen pour 10 cm/m ² : 85 kg
Semi-naturelle	20 % billes d'argile + 30 % briques concassées + 10 % graviers + 5 % de sable + 10 % de compost de déchets verts + 15 % écorces de pin Poids moyen pour 15 cm/m ² : 140 kg
Semi-intensive	70 % briques concassées + 15 % de terre végétale + 15 % de compost de déchets verts Poids moyen pour 15 cm/m ² : 200 kg
Intensive	20 % billes d'argile + 60 % de terre végétale + 20 % de compost de déchets verts Poids moyen pour 30 cm/m ² : 420 kg
Agriculture urbaine	10 % billes d'argile + 40 % briques concassées + 30 % de terre végétale + 20 % de compost de déchets verts Poids moyen pour 50 cm/m ² : 650 kg Alternative «substrat allégé», sur 30 cm : mélange de compost de déchets verts et de broyat, environ 200 kg/m ²

CHOISIR ET ASSOCIER LES BONNES PLANTES POUR UN PROJET RÉUSSI

■ Quelles plantes en toiture ?

Les végétaux en toiture sont généralement choisis pour leur **rusticité**, leur résistance à la sécheresse et leurs faibles exigences nutritives. En effet, en toiture, même avec des épaisseurs de substrats plus importantes, les quantités d'eau et de nutriments sont souvent limitées, les conditions sont souvent asséchantes et les écarts de températures importants. Même un substrat plus épais, de plus de 50 cm, reste un milieu de culture limitant pour une plante qui se développe à l'état naturel en pleine terre.

Cependant, selon le type de toiture, le choix peut et doit être affiné, en fonction des conditions propres au site et de l'entretien envisagé. Il n'est pas forcément nécessaire de s'orienter uniquement vers des plantes extrêmement résistantes à la sécheresse. En effet, si le système installé permet une bonne rétention de l'eau et des nutriments et qu'un arrosage régulier est prévu, des plantes un peu plus exigeantes pourront convenir.

Les besoins spécifiques des plantes doivent être pris en compte : certaines plantes nécessitent une sécheresse permanente et ne supportent pas d'avoir les racines dans l'eau et ne se maintiendront donc pas sur des toitures plus régulièrement arrosées et où l'humidité se maintient. D'autres plantes en revanche, tolèrent des périodes humides tout en étant très résistantes en cas de sécheresse intense et prolongée.

Dans certains cas, les plantes de mi-ombre peuvent être nécessaires pour les toitures moins bien exposées, avec des ombres portées par exemple.

L'**ancrage racinaire** joue également un rôle important. Bien souvent, les plantes résistantes à la sécheresse ont des racines très longues, capables d'aller puiser l'eau très profondément dans le sol. Ce type de plantes aura du mal à se maintenir en toiture, sur un substrat plus mince. Il est préférable de miser sur les plantes au système racinaire dense et superficiel.

La **hauteur** doit être prise en compte, pour éviter les risques de déracinement sous l'effet du vent.

Certains végétaux sont interdits ou non recommandés en toiture. Il s'agit principalement des plantes dont le système racinaire pourrait dégrader l'étanchéité (malgré la barrière anti-racines). Sont concernées les plantes à racines pivotantes, les arbustes et arbres à grand développement. Ces végétaux s'installent souvent spontanément sur les toitures et doivent être éliminés lors des opérations d'entretien. Une liste de végétaux interdits en toiture est fournie par le DTU 43.1 (cf annexe 7)



Buddleia davidii arrivé spontanément sur la terrasse du 103, avenue de France (13^e) – photo Jean-Pierre Viguié

Éviter les plantes exotiques envahissantes*, reconnues comme néfastes pour la biodiversité locale, afin que la toiture végétalisée ne devienne pas un relais d'installation de ces plantes.

La toxicité des plantes peut être à étudier, si le public et notamment des enfants sont amenés à visiter la toiture et manipuler les végétaux.

■ Plantes sauvages et horticoles à combiner

Si le choix de plantes horticoles, aux feuillages structurés et aux floraisons spectaculaires est tout à fait adapté dans le cas d'une toiture plus intensive, faire une place aux plantes sauvages françaises ou régionales en toiture permet de contribuer au développement et au maintien de la biodiversité. En effet, au-delà de l'accueil de cette flore sauvage, c'est tout un cortège d'insectes qui dépendent de ces plantes pour se reproduire, se nourrir ou se réfugier, qui sera favorisé. De plus, les plantes sauvages de la région sont souvent adaptées au microclimat local. Dans le cas d'une toiture naturelle, à faible entretien, il ne faut pas hésiter à laisser s'exprimer les plantes

indigènes qui se développent spontanément et s'accommodent très bien des conditions particulières de la toiture (même si l'installation des végétaux spontanée doit être contrôlée pour éviter l'apparition de plantes exotiques envahissantes).

À plus large échelle, si la toiture est en lien avec d'autres espaces semi-naturels, elle peut contribuer à renforcer le maillage vert écologique. À Paris, des **réservoirs de biodiversité** ont ainsi été identifiés, pour lesquels les toitures peuvent être des relais grâce à l'accueil de la flore et de la faune spontanées.

■ Diversifier et associer les plantes, créer des habitats pour la faune

Diversifier les plantes, associer des plantes horticoles et sauvages et varier les hauteurs (utilisation de plantes tapissantes par exemple) permet d'assurer un niveau esthétique dans le temps, un accueil de la biodiversité et une meilleure efficacité des services écologiques de rétention des eaux de pluies ou de régulation thermique.

Varié les familles et les espèces végétales, qui apporteront des effets visuels différents et ne fleuriront pas toutes en même temps, permet de garantir le résultat paysager attendu.

Pour constituer une gamme végétale diversifiée, associer au moins une dizaine d'espèces et des genres* différents (incluant des plantes sauvages indigènes et permettant une floraison étalée dans le temps) et utiliser suffisamment de plantes qui présentent un feuillage persistant. Cela créera une diversité d'habitats écologiques variés, intéressants pour les insectes ou les oiseaux, en leur fournissant abri et nourriture tout au long de l'année.

■ Propositions de végétaux par type de toiture

Voici une liste (nullement limitative) donnée à titre indicatif, dans laquelle figurent des exemples de végétaux testés et qui se maintiennent bien en toiture.

Une proposition de plantes est faite par typologie de toiture, en tenant compte des facteurs limitants (sécheresse, épaisseur de substrat, niveau d'entretien) et des objectifs paysagers recherchés (naturel, soigné, biodiversité, etc.).

Pour chaque type de toiture, les plantes proposées constituent ainsi des communautés de plantes qui s'associent bien entre elles et répondent aux

exigences spécifiques de la toiture envisagée. Les plantes qui se développent spontanément dans la nature dans des conditions spécifiques de sécheresse, sur des sols très pauvres ou en pente, sont des communautés de plantes tout à fait adaptées aux conditions de toitures. Elles sont donc largement représentées dans ces listes.

À partir de la typologie « semi-naturelle », chaque liste peut être en partie complétée avec les plantes de la liste précédente (de l'extensif vers l'intensif) qui pourront se développer dans un substrat plus épais et avec des conditions d'entretien plus intensives.

Proposition de plantes pour toitures extensives

Communautés végétales bien représentées : plantes de rocailles, de vieux murs, rochers et corniches rocheuses, éboulis, plantes de milieux très secs et très chauds

Nom latin	Nom vernaculaire	Type	Densité de plantation /m ²	Hauteur en cm	Exposition
<i>Allium cernuum</i>	Ail penché	Bulbe	10	10	Soleil
<i>Allium flavum</i>	Ail jaune	Bulbe	10	30	Soleil
<i>Antennaria dioica</i>	Pied de chat	Vivace	4	10	Soleil
<i>Anthericum ramosum</i>	Phalangère rameuse	Vivace	5	50	Soleil
<i>Armeria juniperifolia</i>	Gazon d'Espagne à feuilles de Genévrier	Vivace	16	10	Soleil
<i>Armeria latifolia</i>	Gazon d'Espagne latifolia	Vivace	16	50	Soleil
<i>Armeria maritima</i>	Gazon d'Espagne	Vivace	16	20	Soleil
<i>Aubrieta deltoidea</i>	Aubriète deltoïdes	Vivace	9	10	Soleil ou mi-ombre
<i>Carex caryophylla</i>	Laîche précoce	Graminée vivace	9	30	Soleil ou mi-ombre
<i>Carex montana</i>	Laîche des montagnes	Graminée vivace	6	20	Mi-ombre
<i>Carlina vulgaris</i>	Carline commune	Vivace	15	20	Soleil
<i>Coronilla varia</i>	Coronille bigarrée	Vivace	6	60	Soleil



Crocus, Muscari
(photos Amélie Letrou)
Origan, Pimprenelle
(photos SSTV)



	Rusticité	Résistance à la sécheresse	Feuillage	Période de floraison	Intérêt écologique (insectes pollinisateurs et auxiliaires)	Indigène (France)	Observations
	Forte	Moyenne	Caduc	Juin à août	++		
	Forte	Forte	Caduc	Juin à juillet	++	x	
	Forte	Forte	Semi-persistant	Mai à juin	+	x	Tapissant
	Forte	Moyenne	Caduc	Juin à juillet	+	x	Plante toxique
	Forte	Moyenne	Persistant	Avril à juin			
	Forte	Moyenne	Persistant	Juin à août			
	Forte	Moyenne	Persistant	Juin à août		x	
	Forte	Moyenne	Semi-persistant	Avril à juin	++	x	Floraison précoce et abondante
	Forte	Forte		Mars à mai		x	
	Forte	Faible	Persistant	Mars à mai		x	
	Forte	Forte	Persistant	Juillet à septembre	+	Europe	Rosette de feuilles décorative
	Forte	Moyenne	Caduc	Juillet à octobre		x	Développement rapide, peut devenir envahissant

Nom latin	Nom vernaculaire	Type	Densité de plantation /m²	Hauteur en cm	Exposition
Crocus tommasinianus	Crocus	Bulbe	30	7	Soleil
Cymbalaria muralis	Ruine de Rome	Vivace	6	20	Mi-ombre ou ombre
Delosperma aberdeenense	Delosperma aberdeenense	Vivace	9	12	Soleil
Delosperma cooperi	Pourpier de Cooper	Vivace	6	5	Soleil
Delosperma nubigenum	Delosperma nubigenum	Vivace	6	10	Soleil
Dianthus alpinus	Œillet des Alpes	Vivace	10	8	Soleil
Dianthus anatolicus	Œillet nain d'Anatolie	Vivace	9	10	Soleil
Dianthus arenarius	Œillet des sables	Vivace	9	20	Soleil
Dianthus carthusianorum	Œillet des chartreux	Vivace	15	40	Soleil
Dianthus sylvestris	Œillet des rochers	Vivace	10	20	Soleil
Erinus alpinus	Érine des Alpes	Vivace	15	8	Soleil ou mi-ombre
Euphorbia cyparissias	Euphorbe petit-cyprès	Vivace	20	30	Soleil
Festuca glauca	Fétuque bleue	Graminée vivace	9	30	Soleil
Festuca ovina	Fétuque des moutons	Graminée vivace	9	30	Soleil
Inula candida	Inula candida	Vivace	6	40	Soleil
Iris unguicularis	Iris d'Alger	Vivace	8	30	Soleil
Limonium latifolium	Statice	Vivace	6	60	Soleil
Linaria alpina	Linaire des alpes	Annuelle	8	15	Soleil
Linaria supina	Linaire couchée	Annuelle	8	15	Soleil
Muscari armeniacum	Muscari armeniacum	Bulbe	20	20	Soleil
Origanum vulgare	Origan	Vivace	6	60	Soleil
Petrorhagia saxifraga	idem	Vivace	9	10	Soleil
Sanguisorba minor	Petite pimprenelle	Vivace	6	50	Soleil

	Rusticité	Résistance à la sécheresse	Feuillage	Période de floraison	Intérêt écologique (insectes pollinisateurs et auxiliaires)	Indigène (France)	Observations
	Forte	Moyenne	Caduc	Mars	+		
	Forte	Faible	Caduc	Avril à septembre	+	x	Se ressème
	Faible	Forte	Persistant	Juin à octobre			Sensible au gel et aux excès d'eau
	faible	Forte	Persistant	Juin à août			Sensible au gel et aux excès d'eau
	Moyenne	Forte	Persistant	Juin à août			Sensible aux excès d'eau
	Forte	Forte	Semi-persistant	Mai à juillet			
	Forte	Forte	Persistant	Mai à juillet			
	Forte	Forte	Semi-persistant	Juin à septembre		x	
	Forte	Forte	Persistant	Juin à septembre		x	
	Forte	Moyenne	Caduc	Juin à septembre		x	
	Forte	Forte	Caduc	Juin à juillet		x	
	Forte	Moyenne	Caduc	Avril à juin	++	x	Plante toxique Se ressème
	Forte	Moyenne	Persistant	Juin à juillet	+	x	Plante allergène A tailler une fois par an
	Forte	Moyenne	Persistant	Mai à juillet	+	x	Plante allergène A tailler une fois par an
	Forte	Forte	Persistant	Juin à août			
	Moyenne	Moyenne	Semi-persistant	Décembre à mars			Plante toxique
	Forte	Moyenne	Persistant	Août à septembre	+		
	Forte	Forte	Caduc	Mai à août	++	x	
	Forte	Forte	Caduc	Avril à octobre	++	x	
	Forte	Moyenne	Caduc	Avril à mai	+		
	Forte	Forte	Caduc	Mai à octobre	+++	x	Développement rapide Plante condimentaire
	Forte	Forte	Persistant	Juin à septembre		x	Se ressème, à tailler tous les ans
	Forte	Faible	Caduc	Juin à octobre	++	x	Plante condimentaire

Nom latin	Nom vernaculaire	Type	Densité de plantation /m²	Hauteur en cm	Exposition
Scabiosa columbaria	Scabieuse colombarie	Vivace	9	60	Soleil
Sedum acre	Orpin âcre	Vivace	9	5	Soleil
Sedum album	Orpin blanc	Vivace	9	5	Soleil
Sedum forsterianum	Orpin forsterianum	Vivace	12	15	Soleil
Sedum reflexum = rupestre	Orpin rupestre	Vivace	9	10	Soleil
Sedum sediforme	Orpin de Nice	Vivace	9	10	Soleil
Sedum sexangulare	Orpin de Bologne	Vivace	9	5	Soleil
Sedum spathulifolium	Orpin spatulée	Vivace	16	5	Soleil ou mi-ombre
Sedum spurium	Orpin spurium	Vivace	6	10	Soleil
Sedum telephium	Grand orpin	Vivace	6	40	Soleil
Sempervivum arachnoideum	Joubarbe toile d'araignée	Vivace	15	8	Soleil
Sempervivum montanum	Joubarbe des montagnes	Vivace	9	10	Soleil
Sempervivum tectorum	Joubarbe des toits	Vivace	9	15	Soleil ou mi-ombre
Thymus pseudolanuginosus	Thym laineux	Vivace	6	5	Soleil
Thymus pulegioides	Thym faux-serpolet	Vivace	5	15	Soleil
Thymus serpyllum	Thym serpolet	Vivace	6	20	Soleil

	Rusticité	Résistance à la sécheresse	Feuillage	Période de floraison	Intérêt écologique (insectes pollinisateurs et auxiliaires)	Indigène (France)	Observations
	Forte	Moyenne	Caduc	Août à septembre	+	x	
	Forte	Forte	Semi-persistant	Juin à août	+	x	
	Forte	Forte	Persistant	Juillet	+	x	Feuillage rouge en hiver
	Forte	Moyenne	Persistant	Juin à août	+	x	
	Forte	Moyenne	Persistant	Juillet à août	+	x	Craint les excès d'eau
	Moyenne	Faible	Persistant	Juillet à août	+	x	
	Forte	Moyenne	Persistant	Juin à juillet	+	Europe	
	Forte	Moyenne	Persistant	Mai à juin	+		
	Forte	Moyenne	Semi-persistant	Juillet à août	+		Développement important Feuillage rouge en hiver
	Forte	Moyenne	Caduc	Juin à septembre	+	x	
	Forte	Forte	Persistant	Juillet à septembre	+	Europe	
	Forte	Faible	Persistant	Juin à août	+	x	
	Forte	Forte	Persistant	Juillet à septembre	+	x	
	Forte	Forte	Persistant	Juin à août	+++		Développement rapide Plante aromatique
	Forte	Forte	Persistant	Juin à septembre	+++	x	Floraison longue
	Forte	Forte	Persistant	Juin à septembre	+++	x	Développement rapide Plante aromatique

Proposition de plantes pour toitures semi-naturelles

Communautés végétales bien représentées : plantes de sols pauvres, de pelouses sèches, calcaires, plantes pionnières

Nom latin	Nom vernaculaire	Type	Densité de plantation /m²	Hauteur en cm	Exposition
Achillea millefolium	Achillée millefeuille	Vivace	6	80	Soleil
Allium schoenoprasum	Ciboulette	Bulbe	10	25	Soleil ou mi-ombre
Allium sphaerocephalon	Ail à tête ronde	Bulbe	10	90	Soleil
Alyssum montanum	Passerage des montagnes	Vivace	9	15	Soleil
Anthyllis vulneraria	Anthyllide vulnéraire	Vivace	7	15	Soleil ou mi-ombre
Arabis caucasica	Arabette du Caucase	Vivace	9	15	Soleil
Arabis procurrens	Arabette	Vivace	9	6	Soleil
Aster alpinus	Aster des Alpes	Vivace	9	25	Soleil ou mi-ombre
Aster lynosyris	Aster à feuilles d'osyris	Vivace	6	15	Soleil
Briza media	Amourette	Graminée vivace	9	60	Soleil ou mi-ombre
Calamintha nepeta	Petit calament	Vivace	6	40	Soleil ou mi-ombre
Calendula arvensis	Souci des champs	Bisannuelle	5	30	Soleil
Centaurea nigra	Centaurée noire	Vivace	5	60	Soleil
Centaurea scabiosa	Centaurée scabieuse	Vivace	6	90	Soleil
Centranthus ruber	Valériane rouge	Vivace	4	80	Soleil ou mi-ombre
Cerastium tomentosum	Oreille de souris	Vivace	9	10	Soleil
Cichorium intybus	Chicorée sauvage	Vivace	5	70	Soleil ou mi-ombre
Crocus tommasinianus	Crocus	Bulbe	30	7	Soleil

	Rusticité	Résistance à la sécheresse	Feuillage	Période de floraison	Intérêt écologique (insectes pollinisateurs et auxiliaires)	Indigène (France)	Observations
	Forte	Moyenne	Semi-persistant	Juillet à septembre	+++	x	Se ressème et se développe rapidement
	Forte	Faible	Semi-persistant	Juin à juillet	++	x	Se ressème Plante condimentaire
	Forte	Moyenne	Caduc	Juin à août	+	x	
	Forte	Moyenne	Persistant	Mai à juillet	+	x	Se ressème Floraison abondante, odorante
	Moyenne	Moyenne	Semi-persistant	Juin à juillet	++	x	
	Forte	Forte	Persistant	Avril à mai	+		Floraison précoce et abondante
	Forte	Forte	Persistant	Avril à mai			
	Forte	Moyenne	Caduc	Juin à juillet	+	x	A diviser tous les 3-4 ans
	Forte	Moyenne	Caduc	Août à septembre	+	x	
	Forte	Moyenne	Persistant	Juin à août		x	
	Forte	Moyenne	Persistant	Août à septembre	+	x	Plante comestible
	Forte	Moyenne	Caduc	Mai à septembre	++	x	Se ressème Plante comestible
	Forte	Faible	Caduc	Mai à juillet	++	x	
	Forte	Forte	Caduc	Juin à août	++	x	
	Forte	Moyenne	Caduc	Mai à octobre	+	x	Se ressème
	Forte	Forte	Semi-persistant	Mai à juillet			Plante tapissante
	Forte	Moyenne	Caduc	Mai à septembre	+++	x	Attention au développement des racines
	Forte	Moyenne	Caduc	Mars	+		

Nom latin	Nom vernaculaire	Type	Densité de plantation /m²	Hauteur en cm	Exposition
Daucus carota	Carotte	Bisannuelle	9	60	Soleil ou mi-ombre
Echium vulgare	Vipérine commune	Bisannuelle	6	60	Soleil
Euphorbia cyparissias	Euphorbe petit-cyprès	Vivace	5	30	Soleil
Fragaria viridis	Fraisier vert	Vivace	6	20	Soleil
Galium verum	Gaillet jaune	Vivace	4	30	Soleil à mi-ombre
Geranium macrorrhizum	Géranium des Balkans	Vivace	6	35	Mi-ombre ou ombre
Geranium sanguineum	Géranium sanguin	Vivace	6	20	Soleil
Gypsophila repens	Gypsophile rampant	Vivace	6	7	Soleil
Helianthemum nummularium	Hélianthème commun	Vivace	6	20	Soleil
Hieracium aurantiacum	Épervière orangée	Vivace	10	30	Soleil ou mi-ombre
Hieracium pilosella	Oreille de souris	Vivace	9	5	Soleil
Hypericum perforatum	Millepertuis	Vivace	5	100	Soleil ou mi-ombre
Hyssopus officinalis	Hysope officinale	Vivace	6	60	Soleil
Iris pumila et iris sp.	Iris nain	Vivace	10	15	Soleil ou mi-ombre
Jasione montana	Jasione des montagnes	Vivace	10	15	Soleil ou mi-ombre
Knautia arvensis	Petite scabieuse	Vivace	12	100	Soleil
Koeleria glauca	Koélérie bleue	Graminée vivace	14	40	Soleil ou mi-ombre
Koeleria macrantha	Koélérie macrantha	Graminée vivace	30	50	Mi-ombre
Leucanthemum vulgare	Marguerite commune	Vivace	6	70	Soleil

	Rusticité	Résistance à la sécheresse	Feuillage	Période de floraison	Intérêt écologique (insectes pollinisateurs et auxiliaires)	Indigène (France)	Observations
	Forte	Moyenne	Cdauc	Juin à août	+++	x	Disparition après floraison Attention au développement des racines
	Forte	Moyenne	Semi-persistant	Avril à août	+++	x	Plante toxique se ressème
	Forte	Moyenne	Caduc	Avril à juin	++	x	Plante toxique Se ressème
	Forte	Faible	Persistant	Mai à juin		x	Plante comestible Baies attractives pour les oiseaux
	Forte	Moyenne	Persistant	Juin à septembre	+	x	Attire les papillons de nuit
	Forte	Moyenne	Semi-persistant	Avril à juin	+	x	Se ressème
	Forte	Moyenne	Semi-persistant	Mai à octobre	+	x	Se ressème Développement rapide Floraison longue
	Forte	Moyenne	Semi-persistant	Juin à août			
	Forte	Moyenne	Semi-persistant	Juin à juillet	+	x	
	Forte	Moyenne	Persistant	Juin à août	+	x	Se ressème
	Forte	Moyenne	Persistant	Mai à octobre	+	x	Se ressème, peut devenir envahissante
	Forte	Moyenne	Caduc	Juillet à septembre	++	x	Plante toxique Se ressème
	Forte	Moyenne	Semi-persistant	Juin à août	+	x	Plante comestible Feuillage parfumé
	Forte	Moyenne	Semi-persistant	Avril			
	Forte	Moyenne	Caduc	Juillet à octobre	+	x	
	Forte	Moyenne	Persistant	Juillet à septembre	++	x	
	Forte	Moyenne	Semi-persistant	Mai à juillet		x	Tailler le feuillage après la floraison
	Forte	Moyenne	Caduc	Juin à juillet		x	Tailler le feuillage après la floraison
	Forte	Moyenne	Caduc	Mai à septembre	++	x	

Nom latin	Nom vernaculaire	Type	Densité de plantation /m²	Hauteur en cm	Exposition
Limonium latifolium	Statice	Vivace	6	60	Soleil
Linaria supina	Linaire couchée	Annuelle	8	15	Soleil
Linaria vulgaris	Linaire commune	Vivace	9	80	Soleil
Lotus corniculatus	Lotier commun	Vivace	9	20	Soleil ou mi-ombre
Lychnis alpina	Silène des Alpes	Vivace	9	10	Soleil
Malva moschata	Mauve musquée	Vivace	6	70	Soleil
Marrubium vulgare	Marrure commun	Vivace	4	40	Soleil
Melica ciliata	Mélique ciliée	Vivace	3	100	Soleil ou mi-ombre
Melica uniflora	Mélique à une fleur	Graminée vivace	6	50	Soleil ou mi-ombre
Muscari armeniacum	Muscari	Bulbe	40	15	Soleil ou mi-ombre
Nepeta cataria	Herbe à chat	Vivace	6	50	Soleil ou mi-ombre
Papaver rhoeas	Coquelicot	Annuelle	10	30	Soleil
Phacelia tanacetifolia	Phacélie à feuilles de Tanaisie	Vivace	10	70	Soleil
Potentilla argentea	Potentille argentée	Vivace	6	40	Soleil
Primula veris	Primevère officinale	Vivace	12	20	soleil à mi-ombre
Prunella grandiflora	Brunelle	Vivace	9	20	Soleil ou mi-ombre
Ranunculus bulbosus	Renoncule bulbeuse	Vivace	9	50	soleil à mi-ombre
Salvia pratensis	Sauge des près	Vivace	5	75	Soleil ou mi-ombre
Scabiosa columbaria	Scabieuse colombarie	Vivace	12	60	Soleil
Silene nutans	Silène penché	Vivace	9	70	Soleil
Silene uniflora	Silène maritime	Vivace	15	15	Soleil
Silene vulgaris	Silène enflé	Vivace	12	50	Soleil

	Rusticité	Résistance à la sécheresse	Feuillage	Période de floraison	Intérêt écologique (insectes pollinisateurs et auxiliaires)	Indigène (France)	Observations
	Forte	Moyenne	Persistant	Août à septembre	+		
	Forte	Forte	Caduc	Avril à octobre	++	x	
	Forte	Faible	Caduc	Mai à octobre	++	x	Peut refleurir si taillée
	Forte	Moyenne	Caduc	Juin à septembre	+++	x	
	Forte	Moyenne	Caduc	Juillet à août		x	
	Forte	Moyenne	Caduc	Juin à septembre	+++	x	A tailler au printemps
	Moyenne	Moyenne	Caduc	Juin à juillet	+	x	Craint l'humidité stagnante en hiver
	Forte	Faible	Persistant	Mai à juin		x	Se ressème facilement
	Forte	Moyenne	Caduc	Mai à juin		x	Nécessite peu d'entretien
	Forte	Moyenne	Caduc	Avril à mai	+		
	Forte	Forte	Caduc	Mai à juillet		x	Feuillage parfumé Attire les chats
	Forte	Forte	Caduc	Avril à juillet	+++	x	
	Moyenne	Forte	Caduc	Mai à août	++		
	Forte	Faible	Caduc	Mai à juillet		x	
	Forte	Moyenne	Semi-persistant	Avril à mai		x	
	Forte	Faible	Persistant	Juin à août	+	x	
	Forte	Forte	Caduc	Avril à juillet	+	x	Plante toxique
	Forte	Forte	Caduc	Juin à août	+++	x	
	Forte	Moyenne	Caduc	Août à septembre	+	x	
	Forte	Moyenne	Caduc	Mai à août	++	x	
	Forte	Moyenne	Semi-persistant	Juin à juillet	++	x	
	Forte	Forte	Caduc	Mai à septembre	++	x	

Nom latin	Nom vernaculaire	Type	Densité de plantation /m ²	Hauteur en cm	Exposition
Trifolium arvense	Trèfle des champs	Bisannuelle	6	40	Soleil
Verbascum nigrum	Molène noire	Bisannuelle	4	90	Soleil
Veronica arvensis	Véronique des champs	Annuelle	15	20	Soleil ou mi-ombre
Veronica spicata	Véronique en épi	Vivace	6	40	Soleil
Viola tricolor	Pensée sauvage	Annuelle ou bisannuelle	15	35	Soleil ou mi-ombre

Proposition de plantes pour toitures semi-intensives

Communautés végétales bien représentées : plantes de prairies de fauche à sol profond et drainé, frais à sec, compagnes des moissons, adventices des cultures.

Nom latin	Nom vernaculaire	Type	Densité de plantation /m ²	Hauteur en cm	Exposition
Aethionema grandiflorum	Anthionema à grandes fleurs	Vivace	9	15	Soleil
Alchemilla saxatilis	Alchemille des rochers	Vivace	7	20	Ombre à mi-soleil
Anacyclus pyrethrum var. depressus	Camomille marocaine	Vivace	8	10	Soleil ou mi-ombre
Anthemis tinctoria	Anthémis des teinturiers	Vivace	4	40	Soleil
Anthericum liliago	Phalangère à fleurs de lys	Vivace	6	60	Soleil
Aphyllanthes monspeliensis	Aphyllanthe de Montpellier	Vivace	5	25	Soleil
Artemisia stellariana	Armoise de steller	Vivace	4	50	Soleil
Aster alpinus	Aster des Alpes	Vivace	9	25	Soleil ou mi-ombre
Carex buchananii	Laïche de Buchanan	Graminée vivace	6	50	Soleil ou mi-ombre
Carex digitata	Laïche digitée	Graminée vivace	5	30	Soleil ou mi-ombre

	Rusticité	Résistance à la sécheresse	Feuillage	Période de floraison	Intérêt écologique (insectes pollinisateurs et auxiliaires)	Indigène (France)	Observations
	Forte	Forte	Semi-persistant	Mai à septembre	++	x	
	Forte	Moyenne	Caduc	Juillet à septembre	+	x	Se ressème
	Forte	Moyenne	Caduc	Mars à octobre	+	x	
	Forte	Moyenne	Caduc	Juin à juillet	+	x	
	Forte	Moyenne	Semi-persistant	Avril à octobre	+	x	

	Rusticité	Résistance à la sécheresse	Feuillage	Période de floraison	Intérêt écologique (insectes pollinisateurs et auxiliaires)	Indigène (France)	Observations
	Moyenne	Forte	Persistant	Juin			
	Forte	Moyenne	Caduc	Juillet à septembre			Couvre sol et développement lent
	Moyenne	Forte	Persistant	Juin			Plante toxique Tapissante
	Moyenne	Moyenne	Caduc	Juin à juillet	+	x	
	Forte	Moyenne	Caduc	Mai à juillet		x	Plante toxique
	Forte	Forte	Semi-persistant	Avril à juillet		x	
	Forte	forte	Persistant	Août à septembre			Ne supporte pas l'humidité en été
	Forte	Moyenne	Caduc	Juin à juillet	+	x	A diviser tous les 3-4 ans
	Moyenne	Moyenne	Persistant	Juillet à août			
	Forte	Moyenne	Persistant	Avril à juin		x	

Nom latin	Nom vernaculaire	Type	Densité de plantation /m²	Hauteur en cm	Exposition
Crocus chrysanthus	Crocus	Vivace	90	10	Soleil ou mi-ombre
Cytisus procumbens	Genêt rampant	Arbuste	1	20	Soleil
Erigeron glaucus	Vergerette glauque	Vivace	9	20	Soleil
Eriophyllum lanatum	Tournesol laineux	Vivace	6	25	Soleil à mi-ombre
Genista sagittalis	Genêt sagitté	Arbuste	1	15	Soleil
Herniaria glabra	Herniaire	Vivace	5	3	Soleil ou mi-ombre
Iris bucharica	idem	Vivace	6	40	Soleil ou mi-ombre
Iris flavescens	idem	Vivace	6	40	Soleil ou mi-ombre
Iris pumila	Iris nain	Vivace	14	15	Soleil ou mi-ombre
Linum flavum	Lin jaune	Vivace	4	20	Soleil ou mi-ombre
Linum perenne	Lin vivace	Vivace	6	40	Soleil ou mi-ombre
Narcissus pseudonarcissus	Jonquille	Bulbe	20	40	Soleil ou mi-ombre
Phlox subulata	Phlox mousse	Vivace	9	15	Soleil ou mi-ombre
Pulsatilla vulgaris	Anémone pulsatile	Vivace	9	20	Soleil
Rhodiola rosea	Orpin rose	Vivace	9	30	Soleil
Salvia nemorosa	Sauge des bois	Vivace	6	70	Soleil
Salvia officinalis	Sauge officinale	Vivace	4	50	Soleil
Saponaria ocymoides	Saponaire de Montpellier	Vivace	6	8	Soleil
Stipa tenuifolia	Cheveux d'ange	Graminée vivace	6	50	Soleil
Teucrium chamaedrys	Germandrée petit chêne	Vivace	5	20	Soleil

	Rusticité	Résistance à la sécheresse	Feuillage	Période de floraison	Intérêt écologique (insectes pollinisateurs et auxiliaires)	Indigène (France)	Observations
	Forte	Moyenne	Caduc	Février à mars	+		Floraison précoce
	Forte	Moyenne	Caduc	Avril à juin	+		Se taille court
	Forte	Moyenne	Semi-persistant	Juin			
	Moyenne	Moyenne	Persistant	Juin à août			
	Forte	Moyenne	Caduc	Mai à juin		x	Attention à ne pas tailler le vieux bois
	Forte	Forte	Persistant	Juillet à août		x	Couvre-sol
	Forte	Moyenne	Semi-persistant	Avril à mai			
	Forte	Moyenne	Semi-persistant	Avril à mai		x	
	Forte	Moyenne	Semi-persistant	Avril			
	Forte	Moyenne	Caduc	Juillet à août			
	Forte	Forte	Persistant	Juin à août			Se ressème
	Forte	Faible	Caduc	Mai à juin		x	Plante toxique
	Forte	Forte	Persistant	Mai à juin			
	Forte	Moyenne	Caduc	Mars à mai		x	Plante toxique Besoins plus importants en matière organique
	Forte	Moyenne	Persistant	Mai à juin		x	
	Forte	Moyenne	Caduc	Mai à juillet	++	x	
	Forte	Forte	Persistant	Mai à juin	+++	x	
	Forte	Faible	Caduc	Juillet à octobre		x	Plante toxique
	Forte	Forte	Caduc	Juin à juillet			A tailler en fin d'hiver Se ressème Plante allergène
	Forte	Forte	Semi-persistant	Juin à septembre	++	x	Plante toxique Se taille à la souche pour garder un feuillage abondant

Nom latin	Nom vernaculaire	Type	Densité de plantation /m ²	Hauteur en cm	Exposition	
Thymus vulgaris	Thym commun	Vivace	9	20	Soleil	
Vinca minor	Petite pervenche	Vivace	9	15	Mi-ombre ou ombre	

Plantes pour toitures intensives

Communautés végétales bien représentées : plantes de friches et prairies sèches à fraîches, à sols plus riches en nutriments et en eau, bien aérés, plantes des éboulis et rochers plus ombragés.

Nom latin	Nom vernaculaire	Type	Densité de plantation /m ²	Hauteur en cm	Exposition	
Deschampsia flexuosa	Canche flexible	Graminée vivace	10	50	Toute	
Eriogonum fasciculatum	Sarrasin de Californie	Arbuste	1	30	Soleil	
Jasminum nudiflorum	Jasmin d'hiver	Arbuste	2	300	Soleil ou mi-ombre	
Lavandula sp	Lavande	Arbuste	2	50	Soleil	
Lonicera xylosteum	Chèvrefeuilles des haies	Arbuste	0,5	300	Soleil ou mi-ombre	
Perovskia atriplicifolia	Sauge d'Afghanistan	Arbuste	4	120	Soleil	
Phlomis fruticosa	Sauge de Jérusalem	Arbuste	1	100	Soleil	
Potentilla fruticosa	Potentille	Arbuste	6	90	Soleil	
Prunus pumila	Cerisier à fleurs rampant	Arbuste	0,5	50	Soleil	
Ribes alpinum	Groseiller des Alpes	Arbuste	1	200	Soleil	
Rosa arvensis	Eglantier des champs	Arbuste	0,5	150	Soleil ou mi-ombre	
Rosa canina	Eglantier des haies	Arbuste	0,5	300	Soleil	
Rosa multiflora	Rosier botanique	Arbuste	0,5	300	Soleil	
Rosa pimpinellifolia repens	Rosier pimprenelle rampant	Arbuste	1	100	Soleil ou mi-ombre	

	Rusticité	Résistance à la sécheresse	Feuillage	Période de floraison	Intérêt écologique (insectes pollinisateurs et auxiliaires)	Indigène (France)	Observations
	Forte	Forte	Persistant	Avril à mai	+++	x	Plante aromatique
	Forte	Moyenne	Persistant	Avril à juin	+	x	Plante toxique

	Rusticité	Résistance à la sécheresse	Feuillage	Période de floraison	Intérêt écologique (insectes pollinisateurs et auxiliaires)	Indigène (France)	Observations
	Forte	Moyenne	Persistant	Juin à juillet		x	Plante allergène Se ressème
	Moyenne	Forte	Persistant	Mai à août	+		Plante toxique
	Forte	Moyenne	Caduc	Décembre à février			
	Forte	Forte	Persistant	Juin à juillet	++		Tailler le feuillage après la floraison
	Forte	Moyenne	Caduc	Mai à juin	+	x	Plante toxique
	Forte	Forte	Caduc	Août à septembre	+		A tailler très court Feuillage parfumé
	Moyenne	Forte	Persistant	Juin à juillet	+	Europe	Vigoureuse
	Forte	Moyenne	Caduc	Mai à octobre	+	x	Longue floraison, à tailler après l'hiver
	Forte	Forte	Caduc	Avril à mai			
	Forte	Moyenne	Caduc	Mars à avril	+	Europe	Plante nécessitant peu d'entretien
	Forte	Moyenne	Caduc	Juin à juillet	+	x	Fruits toxiques
	Forte	Moyenne	Semi-persistant	Mai à juin	+	x	Fruits toxiques
	Forte	Moyenne	Semi-persistant	Juin à juillet	+		Fruits toxiques
	Forte	Forte	Semi-persistant	Mai à juillet	+	x	Fruits toxiques

Nom latin	Nom vernaculaire	Type	Densité de plantation /m ²	Hauteur en cm	Exposition	
<i>Rosmarinus officinalis</i>	Romarin	Arbuste	1	150	Soleil	
<i>Rubus caesius</i>	Ronce à fruits bleus	Arbuste	0,5	150	Soleil	
<i>Santolina chamaecyparissus</i>	Santoline petit cyprès	Arbuste	4	50	Soleil	
<i>Santolina rosmarinifolia</i>	Santoline romarin	Arbuste	4	60	Soleil	
<i>Sporobolus heterolepis</i>	idem	Vivace	6	120	Soleil ou mi-ombre	
<i>Verbascum nigrum</i>	Molène noire	Bisannuelle	3	90	Soleil	
<i>Verbascum thapsus</i>	Grande molène	Bisannuelle	3	120	Soleil	

Fruits et Légumes pour toitures agriculture urbaine

La plupart des plantes potagères peuvent être mises en culture sur les toitures, en revanche il faudra raisonner son choix selon les fréquences d'interventions, les besoins de la plante ainsi que le mode de structure (bac, jardinière, pot...).

Nom vernaculaire	Type de culture	Exposition	Distance de plantation en cm	Volume de substrat pour un plant en litre
Aubergine	Annuelle	Soleil	40	30
Ail blanc	Annuelle	Soleil	15	5
Basilic	Annuelle	Soleil	20	2
Blette	Vivace	Soleil ou mi-ombre	30	25
Bourrache	Vivace	Soleil	30	15
Carotte	Annuelle	Mi-ombre	5	2
Chou (rouge, rave)	Annuelle	Soleil	30	30
Ciboulette	Vivace	Soleil ou mi-ombre	20	5
Concombre/cornichons	Annuelle	Soleil	45	20
Courgette	Annuelle	Soleil	60 cm	30 L

	Rusticité	Résistance à la sécheresse	Feuillage	Période de floraison	Intérêt écologique (insectes pollinisateurs et auxiliaires)	Indigène (France)	Observations
	Moyenne	Forte	Persistant	Mai à juin	++	x	Plante aromatique
	Forte	Moyenne	Caduc	Juin à août	+++	x	A tailler régulièrement
	Moyenne	Moyenne	Persistant	Juillet		x	A tailler régulièrement Feuillage parfumé
	Moyenne	Moyenne	Persistant	Juillet à août		x	A tailler régulièrement Feuillage parfumé
	Forte	Moyenne	Caduc	Juillet à octobre			Se ressème
	Forte	Moyenne	Caduc	Juillet à septembre	+	x	Se ressème
	Forte	Moyenne	Caduc	Juillet à septembre	+	x	Se ressème

	Besoin en eau	Besoin en fertilisant	Période de mise en place	Période de production	Maladies ou ravageurs
	Fort	Fort	Mai	Juillet à octobre	Oïdium, mildiou, acariens, pucerons, doryphores
	Moyen	Faible	Octobre à novembre	Juillet	Rouille
	Fort	Moyen	Avril	Juin à octobre	Escargots et limaces
	Moyen	Moyen	Mai	Juin à septembre	
	Moyen	Faible	Mars à août	Juin à octobre	
	Moyen	Moyen	Mars à juillet	Juin à novembre	Mouches de la carotte
	Fort	Moyen	Avril	Août à décembre	Pièride et mouche du chou, oiseaux
	Moyen	Faible	Mars	Mai à octobre	
	Fort	Moyen	Mai	Juin à octobre	Oïdium, mildiou, pucerons
	Fort	Fort	Mai	Juin à octobre	Oïdium, pucerons

Nom vernaculaire	Type de culture	Exposition	Distance de plantation en cm	Volume de substrat pour un plant en litre
Crosne	Annuelle	Soleil	30	15
Fève	Annuelle	Soleil	20	5
Fraisier	Vivace	Soleil	20	5
Framboisier	Vivace	Soleil	60	70
Groseillier	Vivace	Soleil	50	50
Haricots	Annuelle	Soleil ou mi-ombre	30	15
Melon	Vivace	Soleil	45	50
Menthe	Vivace	Soleil ou mi-ombre	10	5
Navet	Annuelle	Soleil	10	5
Petit pois	Annuelle	Soleil	30	5
Persil	Annuelle	Soleil ou mi-ombre	20	2
Poivrons/ piments	Annuelle	Soleil	30	15
Pomme de terre	Annuelle	Soleil	40	30
Potiron	Annuelle	Soleil	100	60
Radis	Annuelle	Soleil	3	0,5
Salade/laitue	Annuelle	Soleil ou mi-ombre	30	3
Sauge officinale	Vivace	Soleil	50	10
Thym	Vivace	Soleil	40	15
Tomate	Annuelle	Soleil	40	30

	Besoin en eau	Besoin en fertilisant	Période de mise en place	Période de production	Maladies ou ravageurs
	Moyen	Faible	Mars à avril	Novembre à février	
	Moyen	Moyen	Février à mars	Mai à juin	Pucerons, oiseaux
	Moyen	Moyen	Avril	Mai à octobre	Rouille du fraisier, oïdium, acariens
	Fort	Faible	Octobre à novembre	Juillet à octobre	
	Fort	Moyen	Octobre à novembre	Juin à août	Oïdium
	Moyen	Moyen	Mai	Juillet à septembre	Pucerons, oiseaux
	Fort	Fort	Mai	Août à septembre	Oïdium
	Fort	Fort	Toute l'année	Mai à novembre	
	Fort	Moyen	Mars à juillet selon les variétés	Avril à décembre selon les variétés	Vers du navet
	Moyen	Moyen	Février à mars	Mai à juin	Oïdium, mildiou, escargots et limaces, oiseaux
	Fort	Faible	Mars	Toute l'année	
	Moyen	Moyen	Mai	Juillet à octobre	Mildiou, pucerons
	Moyen	Fort	Mars à avril	Juin à novembre	Mildiou, doryphores
	Fort	Fort	Mai	Septembre à octobre	Oïdium, pucerons
	Fort	Moyen	Avril à juillet	Mai à août	
	Fort	Moyen	Février à octobre selon les variétés	Mars à novembre selon les variétés	Pourriture, escargots et limaces, oiseaux
	Faible	Faible	Avril	Mai à octobre	Cicadelles, oïdium
	Faible	Faible	Mai	Mai à novembre	
	Fort	Fort	Mai	Juillet à octobre	Mildiou, chancre, pucerons, oïdium

■ Les techniques de plantation

Avant l'implantation, il peut être intéressant de se renseigner sur les modes de production des plantes fournies. En effet, les techniques culturales n'anticipent pas toujours l'implantation future des plantes en toitures. Ainsi la reprise des plantes, dans le milieu très spécifique souvent pauvre et drainant de la toiture, peut être compromise quand celles-ci ont été initialement cultivées dans un milieu riche et humide. Les végétaux peuvent être mis en place selon plusieurs méthodes de plantation. Quelle que soit la technique choisie, les végétaux doivent être installés le plus rapidement possible après la livraison sur le chantier.

Le choix de la technique de plantation doit tenir compte des coûts, de la période de plantation et également du temps d'installation des végétaux, qui aura une conséquence sur l'effet esthétique immédiat. Les techniques peuvent bien entendu être mixées sur une même toiture, afin de varier les effets et de créer différents ensembles végétalisés.

Sans oublier la colonisation naturelle par le vent et les oiseaux qui apportent des graines de plantes parfois très bien adaptées en toiture.

	Plaques ou tapis précultivés
Description	Plaque alvéolée en plastique ou tissu synthétique, avec un peu de substrat et végétaux
Toitures types	Toiture extensive, en pente
Mise en œuvre (technique, période, densité)	• Pose des plaques ou tapis directement sur le substrat • Printemps ou automne
Temps d'installation de la végétation	Effet immédiat, enracinement dans le substrat en quelques semaines
Besoins d'entretien à l'installation	• Éventuellement 1 désherbage la première année • Arrosage à la plantation et pendant la reprise les premières semaines
Avantages	• Effet immédiat • Mise en place facile, possible sur toit en pente • Peu d'entretien
Inconvénients	• Coût élevé • Maintien des végétaux plus difficile dans modules séparés • Souvent moins de diversité végétale, moins favorable à la biodiversité

	Semis de fragments	Semis de graines	Micro-mottes et godets	Conteneurs
	Jets de petites boutures, (généralement des sédums)	Semences herbacées, vivaces et annuelles	Jeunes plants dans petits contenants (2-3 cm à 8-10 cm de diamètre)	Arbustes en contenants
	Toitures plates	Toitures semi-naturelles et semi-intensives, agriculture urbaine, plates	Tout type, toitures plates	Toitures intensives, agriculture urbaine, plates
	• Répartition à la main dans le substrat légèrement travaillé. Fragments de tiges de 3 à 5 cm environ. 60 à 100 pousses /m² • Pour les grandes surfaces, semi hydraulique : projection des boutures, eau et colle organique • Printemps ou début d'automne	• Répartition à la main dans le substrat légèrement travaillé. 5 à 150 g/m² selon les semences • Pour les grandes surfaces, semi hydraulique : projection des graines, eau et colle organique • Printemps ou début d'automne	• Plantation dans le substrat des jeunes plants retirés de leur contenant (plaque ou pot). Attention à tenir compte de la taille des godets, en fonction de l'épaisseur de substrat • Micro-mottes : 20 plants/m² • Godets : 6-10 plants/m² • Printemps ou automne	• Plantation dans le substrat. Attention à tenir compte de la taille des conteneurs, en fonction de l'épaisseur de substrat • Printemps ou automne
	Enracinement complet en 6 à 8 semaines. recouvrement après 1 à 2 ans	Premières levée en quelques semaines, recouvrement en 2 à 3 ans	Reprise en quelques semaines, recouvrement en 1 an	Reprise en quelques semaines, recouvrement en 1 an
	• 3 à 5 désherbages la première année • Arrosage après le semis et jusqu'à l'enracinement. Arrosage en cas de sécheresse la première année • Protection éventuelle contre le vent et les oiseaux	• 4 à 6 désherbages la première année • Arrosage pendant la période de levée et la première année • Protection éventuelle contre le vent et les oiseaux	• 1 à 3 désherbages la première année • Arrosage abondant à la plantation. Arrosage pendant la reprise et en cas de sécheresse la première année • Protection éventuelle contre les oiseaux (micro-mottes)	• Entretien régulier dès la première année. • Arrosage abondant à la plantation. Arrosage pendant la reprise et en cas de sécheresse la première année
	• Facilité de mise en œuvre • Faible coût	• Facilité de mise en œuvre • Faible coût	• Faible coût des micro-mottes • Recouvrement assez rapide • Entretien modéré	• Effet paysager obtenu rapidement
	• Temps de recouvrement long • Résultat plus aléatoire si les conditions climatiques sont défavorables et l'arrosage non assuré	• Temps de recouvrement long • Résultats parfois hétérogènes • Entretien important jusqu'au recouvrement	• Mise en œuvre longue • Effet paysager partiel la première année • Risque de déchaussement (godets)	• Coût élevé • Entretien régulier

Dans le cas de la culture de fruits et légumes, les méthodes de plantation sont celles utilisées classiquement au potager : semis, plantation, bouturage, etc. Pour les techniques spécifiques d'hydroponie et aéroponie, le semis direct n'est pas possible. Les graines devront être semées à part, dans un substrat simple à éliminer afin de faciliter le transfert des jeunes plants dans le système

hydroponique ou aéroponique. Après germination de la graine et le développement d'une jeune pousse, celle-ci doit être retirée de son substrat, rincée pour éliminer complètement le substrat et transplantée sur le support de culture inerte. Le semis est peu pratiqué et la technique la plus utilisée pour ces systèmes est souvent celle du bouturage, réalisée en prélevant des rameaux sur la plante mère.

■ Autres installations

Sous réserve d'avoir une charge disponible suffisante, il est possible d'agrémenter la toiture de diverses installations :

- Du **mobilier de jardin** sur une toiture accessible peut être installé pour l'accueil des visiteurs. Attention cependant aux vents qui peuvent emporter un mobilier trop léger !
- Des **nichoirs** à oiseaux, des branches mortes, des buches de bois, des zones ensablées, des tiges creuses pour les insectes, des petites zones en eau asséchées en été, renforceront l'accueil de cette vie locale sur la toiture. Les oiseaux et les insectes sont de précieux alliés : ils peuvent être des prédateurs naturels de ravageurs, contribuer à la pollinisation et au re-semis et apporter des graines. De quoi reconstituer un équilibre naturel sur la toiture.

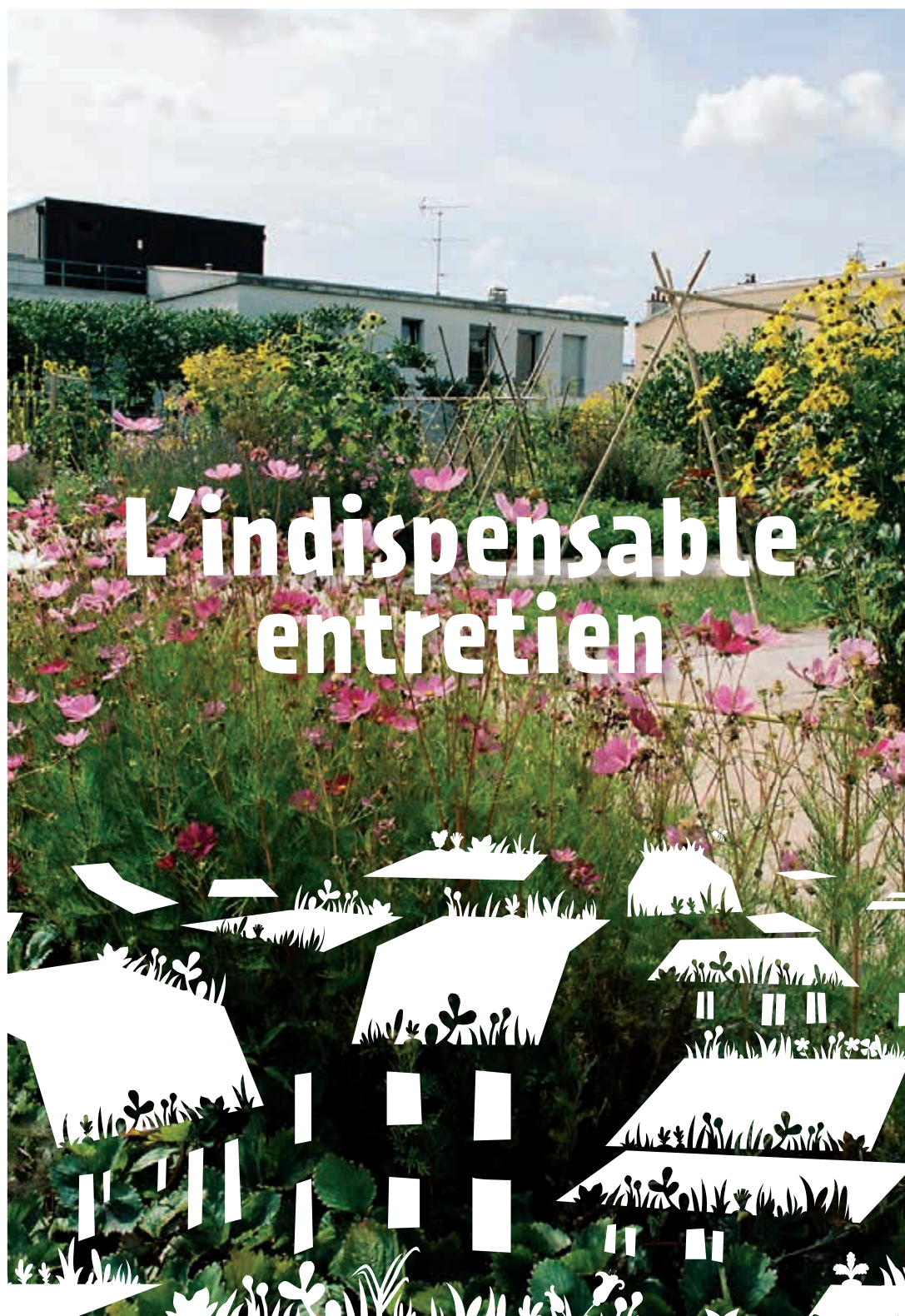
- Des **ruches** peuvent être installées sur les toitures et sont bien présentes sur les toits parisiens. Complémentaires à l'abeille domestique, les mouches, guêpes, abeilles sauvages ou solitaires, bourdons, papillons, scarabées sont nombreux à butiner et polliniser les plantes cultivées et sauvages. Ils peuvent aussi être aidés avec la plantation de fleurs leur offrant nectar et pollen, la mise en place des zones de refuge et de reproduction (tiges, branches, sables, etc.) et l'installation de **gîtes à insectes**.

- Les **panneaux solaires** peuvent tout à fait être associés à une végétalisation. La végétation améliore même le rendement énergétique des panneaux en limitant la surchauffe estivale. La végétation doit cependant être adaptée pour ne pas gêner les installations (ne pas faire de l'ombre sur les panneaux) et être capable de pousser dans ces conditions particulières (chaleur, alternances de zones d'ombre et de soleil).



Rucher sur le toit de l'école AgroParisTech (5°)
photo Christophe Noël

L'indispensable entretien



Souvent associée aux techniques de végétalisation extensive en sédums, la végétalisation des toitures a bénéficié d'une image positive en tant que solution ne nécessitant pas d'entretien. Si dans certains cas l'entretien peut être très faible, il reste nécessaire et un minimum d'interventions doit être envisagé, en fonction des végétaux choisis, pour garantir les objectifs attendus de la végétalisation.

L'entretien doit être anticipé dès la conception de la toiture végétalisée. Une bonne adéquation entre les végétaux, les conditions d'accès et les objectifs de la toiture est nécessaire pour un projet réussi.

■ Les périodes d'entretien

Il est important de différencier :

- La **période de confortement** : elle débute après la fin de chantier, à la réception des travaux, et s'étale sur une durée de 1 à 3 ans. Elle correspond à la période d'installation des végétaux, jusqu'à un développement satisfaisant (on considère souvent que l'installation des végétaux est jugée satisfaisante lorsque le taux de recouvrement atteint 80 %) qui marque le début de la période d'entretien courant. La période de confortement est intégrée à la période de garantie de parfait achèvement. La garantie de reprise, qui assure un remplacement des végétaux morts est également incluse dans cette période. Pendant cette période, l'entretien est donc assuré par l'entreprise qui a réalisé les travaux de mise en place du système de végétalisation.

Pendant cette période, la fréquence d'intervention est forte pour garantir un bon développement des végétaux (désherbage de plantes concurrentielles, arrosage et maintien de l'humidité, etc.)

- La **période d'entretien courant** : elle débute une fois que la végétation est bien en place. Pendant cette période les niveaux d'entretien peuvent être plus faibles. Ils sont directement liés aux végétaux choisis, au résultat attendu (biodiversité, rétention d'eau, esthétique, etc.). A minima, il est conseillé de prévoir 1 à 2 interventions par an pour un contrôle visuel et l'arrachage des végétaux pouvant endommager l'étanchéité, comme dans le cas où la toiture ne serait pas végétalisée.

Selon l'organisation et la coordination du chantier, il peut également y avoir une période d'entretien nécessaire entre l'implantation des végétaux sur la toiture et la réception des travaux à la fin de chantier. On parle de période de parachèvement, qui fait partie des travaux.

■ Des outils de toit ?

Les outils qui peuvent endommager l'étanchéité sont à éviter en toiture (outils tranchants, pointus, coupants). Les outils plus encombrants sont à réserver aux toitures faciles d'accès.

La plupart du temps, les interventions sont faites à la main ou en utilisant de petits outils avec précaution (cisaille, faucille). Des petits matériels électriques peuvent être utilisés en toiture.

■ Les produits chimiques à exclure

L'utilisation de produits chimiques n'est pas interdite en toitures. Cependant, elle doit être exclue pour éviter tout risque de contamination des eaux d'infiltration vers le réseau. Elle est inutile car les toitures sont rarement soumises aux attaques de ravageurs et parasites. En effet, les végétaux sélectionnés pour les

toits sont souvent plus résistants et il s'établit assez rapidement un équilibre avec les prédateurs naturels. Comme dans un jardin, privilégier la diversité des espèces végétales et l'accueil d'insectes auxiliaires limitera naturellement les risques de maladies.

■ La fertilisation, pas toujours utile

La fertilisation peut s'avérer utile pour la production de fruits et légumes, ou nécessaire dans le cas d'une toiture intensive, afin de lutter contre l'appauvrissement du substrat (généralement 2-3 ans après la plantation). **L'apport d'engrais organique ou à libération lente** est souvent réalisé tous les ans au printemps, de façon à assurer une fourniture régulière de nutriments. D'autres solutions peuvent être envisagées telles que l'usage de composts ou de fumiers. Les engrais liquides plus exposés au lessivage sont à éviter.

Pour les toitures extensives, une fertilisation n'est pas utile, les plantes étant moins exigeantes et l'enrichissement du substrat se faisant naturellement par la dégradation des débris végétaux (tiges, feuilles mortes, etc.). Pour les toitures semi-naturelles où les

fleurs sauvages seront appréciées, un enrichissement peut même favoriser des plantes de prairie riche, au détriment des fleurs de prairie naturelle, qui poussent à l'état sauvage sur des sols très pauvres.



Bac à compost végétal
photo Christophe Noël

■ Un arrosage à maîtriser

En principe la végétation de toiture est adaptée aux conditions de sécheresse. Néanmoins ses besoins en eau varient selon l'âge de l'installation, les plantes sélectionnées, les saisons, les conditions météorologiques locales et l'environnement de la toiture ainsi que l'épaisseur et la composition du substrat (capacité de rétention en eau). Un point d'eau est donc indispensable en toiture ou à proximité immédiate pour assurer un arrosage régulier ou ponctuel.

Au moment de la plantation et pendant la période d'installation des végétaux, l'arrosage ne doit pas être négligé afin de ne pas compromettre l'enracinement et la bonne reprise des végétaux.

En entretien courant, le principe à adopter est celui d'un **arrosage maîtrisé** : à adapter selon le résultat souhaité (esthétique, amélioration thermique, rétention des eaux, etc.).

Pour une toiture extensive ou semi-naturelle, à vocation biodiversité, ou pour une toiture peu visible, il est possible de se contenter des pluies épisodiques. En effet, sur ce type de toiture, l'aspect desséché de la végétation en période estivale reste acceptable. Les végétaux suivent les cycles naturels des saisons et reverdissent avec les premières pluies. La présence de tiges sèches peut être favorable à l'accueil de divers insectes et oiseaux sur la toiture. L'évolution naturelle de la toiture, avec le maintien des plantes les plus adaptées au contexte local, limitera avec le temps les apports en eaux nécessaires. Cependant,

un arrosage d'urgence peut être à prévoir en cas de forte sécheresse (plusieurs semaines sans pluies) pour ne pas risquer de perdre toutes les plantes.

Sur les toitures plus intensives, ou dédiées à l'agriculture urbaine, les apports en eaux pourront être beaucoup plus importants, pour garantir le maintien de la végétation dans de bonnes

conditions de développement ou pour assurer une production satisfaisante de fruits et légumes. Un système d'irrigation goutte à goutte, éventuellement automatisé et visant à limiter les pertes peut être judicieux pour ce type de toiture. D'autres systèmes existent tels que les nattes capillaires, systèmes de tubes enterrés ou de surface, réservoirs, etc.

■ Une gestion écologique favorable à la biodiversité

Une fois la toiture végétalisée mise en place, associant des espèces indigènes et des variétés horticoles issues de différentes familles botaniques, des hauteurs et des compositions de substrat variables, ou encore l'installation d'abris et lieux de reproduction pour les insectes, le choix de l'entretien est essentiel pour maintenir la flore et la faune sauvages.

Particulièrement adaptée à la toiture semi-naturelle, une gestion écologique favorable à la biodiversité peut aussi être mise en place sur tout ou partie des toitures plus intensives !

Les traitements phytosanitaires sont à proscrire et l'atteinte d'un **équilibre naturel** sur la toiture à privilégier, en offrant le logis et le couvert aux prédateurs naturels des indésirables.

Pour les zones de prairies, les massifs de graminées et d'herbacées fleuries, la **fauche** doit être privilégiée

à la tonte rase. Dans l'idéal, lorsque la surface de la toiture le permet, la fauche doit être effectuée en deux temps (par exemple 2/3 en octobre et 1/3 en mars ou en juin) et du centre vers la périphérie. Les résidus de fauche peuvent être laissés sur place quelques jours : cela permet notamment aux insectes de s'échapper. Néanmoins, il convient d'évacuer les résidus de fauche, pour ne pas enrichir le sol et favoriser d'autres types de plantes, plus exigeantes, au détriment des espèces prairiales. Des zones peuvent aussi être gardées non fauchées pour constituer des refuges tout au long de la saison.

Attention à la taille des arbustes, qui supprime tout ou partie des floraisons et fructifications, source de nourriture pour les insectes, oiseaux ou autres petits animaux. Il faut privilégier une taille réalisée entre août et janvier, en dehors des périodes de nidification des oiseaux. Il est important de laisser se former une litière de feuilles au pied des arbustes.

■ Un paysage de toiture qui évolue au cours des saisons...

L'aspect de la toiture végétalisée va évoluer au cours des saisons et des années. Si la volonté est souvent d'obtenir une « couverture verte », uniforme toute l'année, jouer sur les variations de couleur de feuillage, les fleurissements ou l'aspect graphique des graminées séchées peut être très appréciable. En acceptant son évolution naturelle, incluant des périodes de repos de la végétation, d'assèchement, la végétation de toiture peut alors être synonyme de diversité végétale ainsi que d'arrosage et de fertilisation limités.

Pour favoriser la biodiversité, reconstituer et respecter les cycles naturels de la végétation (les fleurissements, montées à graines et fenaisons ou l'arrivée des jeunes pousses de printemps) permettra de répondre au plus près aux besoins de insectes et autres petits animaux qui peuvent visiter la toiture.

D'une année à l'autre, l'enjeu peut être de maintenir à tout prix le plan de plantation initial ou au contraire de permettre aux plantes venues s'installer spontanément (apportées par le vent et les oiseaux)

de s'installer durablement sur la toiture. Dans tous les cas, l'aspect de la toiture évoluera, une plante pourra par exemple prendre le dessus sur l'autre et un équilibre se créera au bout de 3 à 5 ans.

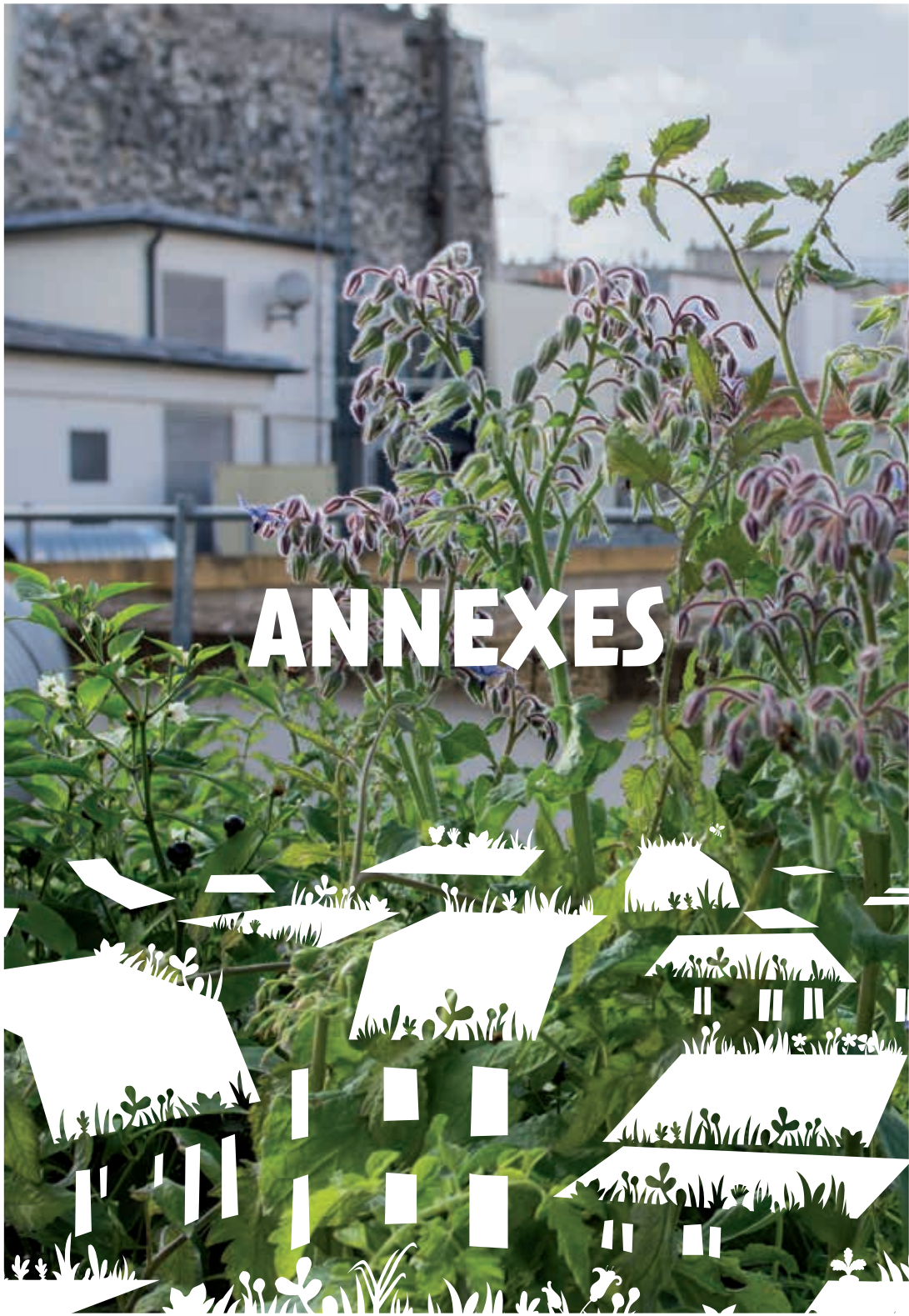


Prairie fleurie sur la terrasse
du bâtiment administratif
103, avenue de France (13^e)

■ Détail des opérations d'entretien

		Extensive	Semi-naturelle
Contraintes techniques		- Compatible avec des conditions d'accès plus difficiles : échelle inclinée ou à crinoline - Point d'eau accessible et amenée sur le toit par enrouleur, ou disponible en toiture - Moyens de manutention de végétaux et matériels non nécessaires	- Compatible avec des conditions d'accès difficiles à correctes, échelle inclinée, échelle à crinoline, escalier - Point d'eau accessible et amenée sur le toit par enrouleur, ou disponible en toiture - Éventuellement une potence pour manutention de végétaux et matériels
Orientation paysagère		Végétation rase, aspect couvrant, tapissant	Pelouse fleurie naturelle, accueil de la végétation sauvage spontanée, respect des cycles naturels de la végétation
Type de végétation		- Plantes très peu exigeantes, rustiques, très résistantes à la sécheresse - Mousses, sedums, petites vivaces, rampantes, petits bulbes, graminées	- Plantes rustiques, peu exigeantes, présentant un intérêt pour la faune (mellifère, auxiliaires, baies et graines pour les oiseaux, ...). - Part importante de plantes indigènes et sauvages spontanées - Graminées, bulbes, herbacées, vivaces et annuelles, arbustes à petit développement
Fréquence d'entretien	entretien de confortement	3 à 5 passages par an	6 par an minimum, 1 passage par mois en période poussante
	entretien courant	1 passage obligatoire par an pour vérifier les évacuations d'eau pluviale	
		- Entretien très faible 1 à 2 passages par an	- Entretien faible, écologique, favorable à la biodiversité - Gestion souple pour favoriser l'évolution libre de la végétation et l'accueil de la faune et de la flore spontanée 3 à 5 passages par an
Détail des interventions	entretien de confortement	- Désherbage manuel des plantes compétitives pouvant empêcher le développement de la végétation implantée - Compléments de plantations possible directement à partir de boutures fraîches présentes sur la toiture.	
		- Retrait des plantes interdites en toitures et des plantes ligneuses spontanées - Suppression et remplacement des végétaux morts, compléments de semis et plantations	
	entretien courant	- Fauche tardive des graminées et fleurs sauvages - Évacuation des déchets de fauche après séchage	
		- Retrait des plantes interdites en toitures et des plantes ligneuses spontanées - Effleurage, rabattage, taille - Remplacement des végétaux morts, compléments de semis et plantations	
Arrosage	entretien de confortement	Selon la technique de végétalisation, arrosage régulier dans les semaines suivant l'implantation et jusqu'à la reprise des végétaux	
		Arrosage en cas de sécheresse après la reprise : prévoir au minimum 2 arrosages pendant la période estivale	
	entretien courant	Arrosage en cas de sécheresse uniquement : prévoir 1 à 2 arrosages pendant l'été	

	Semi-intensive	Intensive	Agriculture urbaine
	• Accès indépendant conseillé • Conditions d'accès correctes à optimales : échelle à crinoline, escalier • Point d'eau en toiture conseillé. • Éventuellement une potence pour manutention de végétaux et matériels	• Accès indépendant et conditions d'accès optimales nécessaires : escalier, ascenseur. • Point d'eau en toiture indispensable. • Potence ou monte-charge pour manutention de végétaux et matériels	• Accès indépendant et conditions d'accès optimales nécessaires : escalier, ascenseur • Point d'eau en toiture indispensable. • Potence ou monte-charge pour manutention de végétaux et matériels
	Prairie et platebandes fleuries, mélanges d'espaces soignés et plus naturels	Aspect esthétique marqué, de type jardin, soigné, avec végétation diversifiée, massifs fleuris	Potager, jardin
	• Plantes horticoles et/ou indigènes, peu à moyennement exigeantes. Graminées, bulbes, herbacées, petits arbustes, vivaces et annuelles	• Plantes horticoles et/ou indigènes exigeantes. Graminées, bulbes, herbacées, arbustes, vivaces et annuelles. Arbres si épaisseur de substrat suffisantes	• Plantes potagères, légumes, petits fruits, fleurs, condiments et aromatiques, etc.
	10 par an minimum, 1 passage par mois en période poussante et en période estivale pour l'arrosage	15 par an minimum, 1 à 2 passages par mois en période poussante et en période estivale pour l'arrosage	Entretien et arrosage forts et réguliers, pour les besoins de production
	• Entretien moyen • Gestion maîtrisée et adaptée à l'effet esthétique souhaité • 5 à 8 passages par an	• Entretien fort de type jardin • Plus de 8 passages par an	
	• Désherbage manuel des plantes compétitives ou indésirables pour le respect partiel ou complet du plan de plantation initial (évolution harmonieuse intégrant les plantes spontanées)	• Désherbage manuel des plantes indésirables pour le maintien du plan de plantation initial • Fertilisation complémentaire si nécessaire	
• Suppression des déchets et autres objets non désirés retrouvés sur la toiture • Vérification des évacuations d'eaux pluviales et nettoyage des exutoires, purge hivernale et remise en fonction du réseau au printemps			
	• Désherbage manuel éventuel des plantes indésirables pour le respect partiel ou complet du plan de plantation initial (évolution harmonieuse intégrant les plantes spontanées) • Évacuation ou valorisation sur place des déchets verts • Contrôle éventuel du système d'arrosage automatique	• Désherbage manuel régulier des plantes indésirables au plan de plantation • Fertilisation complémentaire si nécessaire • Évacuation ou valorisation sur place des déchets verts • Contrôle éventuel du système d'arrosage automatique	
• Suppression des déchets et autres objets non désirés retrouvés sur la toiture • Vérification des évacuations d'eaux pluviales et nettoyage des exutoires, purge hivernale et remise en fonction du réseau au printemps			
	• Arrosage après la reprise en fonction de l'effet esthétique souhaité : prévoir au minimum 3 arrosages pendant la période estivale • Éventuellement arrosage automatique intégré	• Arrosage régulier après la reprise, selon les besoins et pour atteindre l'effet esthétique souhaité • Éventuellement arrosage automatique intégré	
	• Arrosage en cas de sécheresse ou en fonction de l'effet esthétique souhaité : prévoir 2 à 4 arrosages pendant la période estivale	• Arrosage régulier, selon les besoins et pour le maintien de l'effet esthétique souhaité • Éventuellement arrosage automatique intégré	

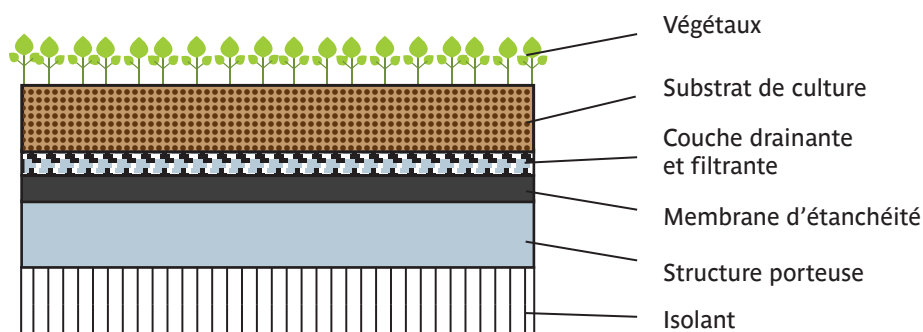


ANNEXES

Annexe 1. Différentes formes de toitures et végétalisation ou culture

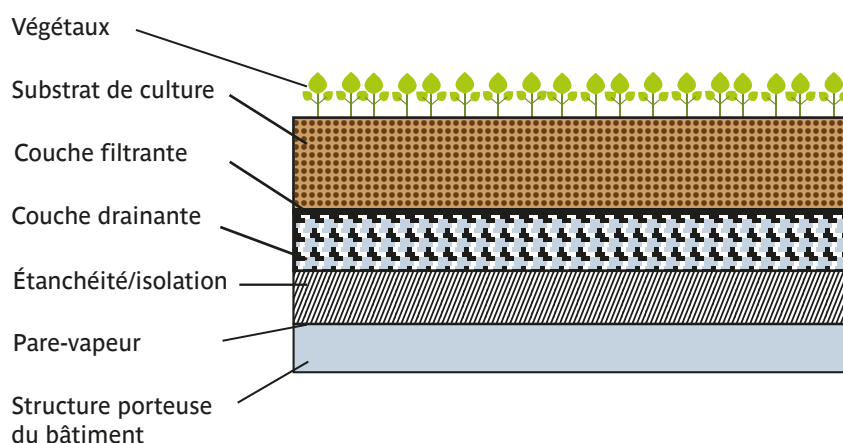
On parle :

- **de toit « froid »** lorsque l'isolant thermique est sous la surface du toit, la membrane d'étanchéité directement sur la surface du toit.



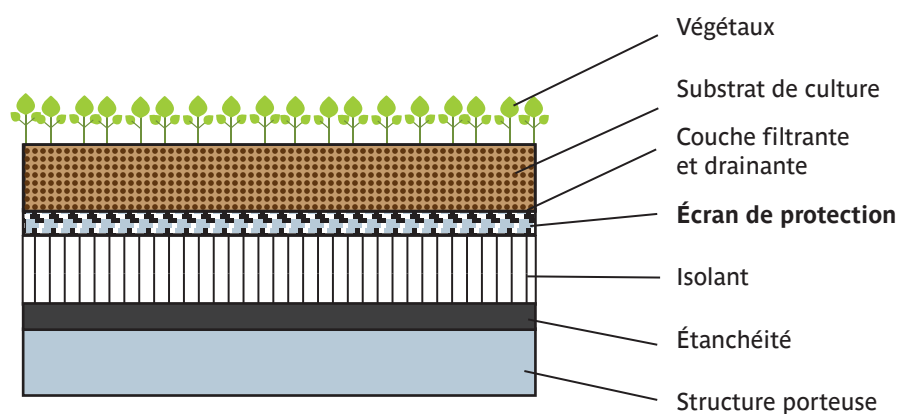
Ce cas est courant pour les bâtiments anciens (avant 1975), n'ayant pas encore fait l'objet de rénovation thermique avec isolation par l'extérieur. Il n'est pas aujourd'hui recommandé car il pose des problèmes d'accumulation de vapeur d'eau qui ne peut être évacuée à l'extérieur.

- **de toit « chaud »** lorsque la couche d'isolant est posée sur le toit, la membrane d'étanchéité au dessus de celle-ci.

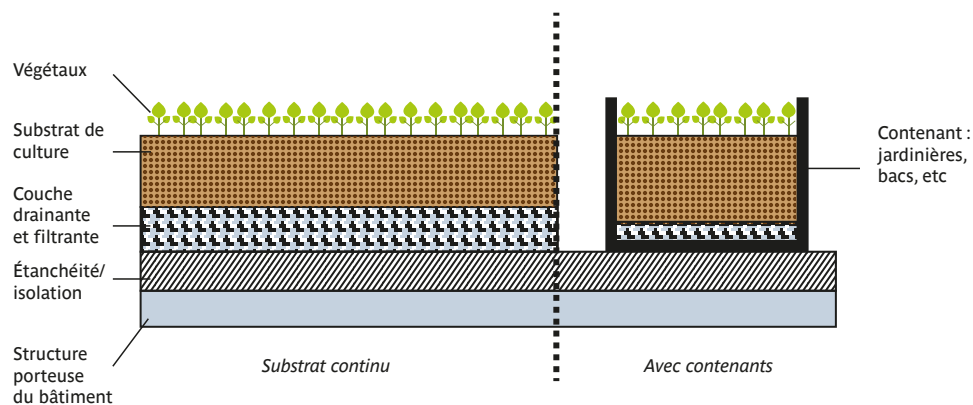


Ce cas est le plus fréquent, il faut s'assurer que l'isolant soit compatible avec la végétalisation (classe de compressibilité)

- **et enfin de toit « inversé »** lorsque les deux couches sont sur la surface du toit, la membrane d'étanchéité sous l'isolant.



Ce type de toiture, plus rare, est également compatible avec la végétalisation, mais uniquement sur structure béton, avec une pente comprise entre 0 et 5%. Il peut nécessiter la mise en place d'une couche de séparation entre l'isolant et le complexe de culture.



Annexe 2. Détails des charges permanentes et d'exploitation

• Les charges permanentes :

- poids du complexe isolation thermique / étanchéité / pare-vapeur ;
- poids du complexe végétal et des couches filtrantes et drainantes lorsqu'il y en a, qui doit tenir compte de la capacité d'eau maximale (lorsque les matériaux sont saturés en eau) ;
- poids forfaitaire de sécurité fixé à 15 kg/m². Une charge complémentaire fixée à 85 kg/m² est à prendre en compte uniquement pour les éléments porteurs à base de bois ou de panneaux dérivés, dans le cas d'une pente inférieure à 7 %.

• Les surcharges d'exploitation, d'entretien et climatiques :

- charge définie pour l'entretien fixée à 100 kg/m²
- charge d'exploitation, variable selon les usages et l'accessibilité (qu'elles soient végétalisées ou non) :
 - toitures-terrasses inaccessibles (interventions techniques et d'entretien uniquement, peu fréquentes, 1 à 2 fois par an) : 100 kg/m² ;
 - toitures-terrasses techniques (interventions techniques et d'entretien plus fréquentes) : 150 kg/m² ;
 - toitures-terrasses accessibles aux piétons, à usage privé : 150 kg/m² ;
 - toitures accessibles au public : de 250 kg/m² à 600 kg/m², selon usage et défini dans la norme NF P 06-001 ;
 - toitures-terrasses jardin (terre végétale d'une épaisseur de plus de 30cm, définies selon DTU 43.1) : 100 kg/m².
- charges climatiques
 - charge de neige : variable selon les régions, définie dans les Règles N 84 modifiées 95 (P 06-006) ;
 - charge de pluie, uniquement à prendre en compte pour les toitures-terrasses destinées à la rétention des eaux pluviales.

Annexe 3. Toitures en pentes et caractéristiques techniques de végétalisation

Toiture plate ou à faible pente (jusqu'à 2 % ou 1°)	• structure : gros œuvre en maçonnerie/béton armé • couche drainante suffisamment épaisse, de 5 à 8 cm
Toiture à pente faible (3 à 5% ou 1,5 à 3°)	• structure : gros œuvre en maçonnerie/béton armé, ou construction métallique/couverture en tôle d'acier nervurée • couche drainante plus mince, de 1 à 2 cm
Toiture à pente faible à moyenne (5 à 35 % ou 3 à 20°)	• pas d'obligation de système de drainage, • pour une pente jusqu'à 20 % : - structure : construction métallique/couverture en tôle d'acier nervurée ou ossature bois/couverture en panneaux de bois - pas d'obligation de système de retenue mais emploi d'un substrat peu sensible au glissement et à l'érosion • pour une pente de plus de 20 % : - structure : ossature bois/couverture en panneaux de bois - dispositif de retenue obligatoire
Toiture à pente moyenne à forte (35 à 60 % ou 20 à 30°)	• structure : ossature bois / couverture en panneaux bois • pas d'obligation de système de drainage, • mise en place d'un système de retenue (bandes de retenues tous les 1 à 3 m, et dont la hauteur est au moins la moitié de celle du substrat) • épaisseur de substrat augmentée pour corriger la perte rapide de l'eau de gravité • végétalisation par tapis pré-cultivés conseillée en raison des risques d'érosion du substrat

Annexe 4. Recommandations concernant les points d'eau en toiture (ADIVET)

Surface par secteur arrosé (m ²)	Débit (m ³ /h) (au point d'eau en toiture)	Pression dynamique ³ (bars) (au point d'eau en toiture)	Diamètre recommandé du point d'eau en toiture (mm)
0 à 200	2,5	3	32
200 à 500	3,5	3,5	40
500 à 3 000	5	4	50
3 000 à 5 000	6	4	50
> 5000		Une étude hydraulique doit être réalisée.	

Annexe 5. Subventions pour toitures végétalisées à Paris

Les indications sur les subventions sont données en l'état des connaissances à la rédaction de ce guide. Elles sont susceptibles d'évoluer et il est recommandé de se renseigner sur les aides récentes pouvant être proposées par les collectivités, services de l'État, etc.

- **Subvention de la Région Île-de-France** : seuls les systèmes extensifs sont éligibles, avec un taux d'aide de 20 €/m² de végétation, et une aide maximale de 100 000 € et 50% maximum du montant HT des dépenses éligibles.
- **Subvention de l'Agence de l'eau Seine Normandie** pour la gestion des eaux pluviales : financement des toitures végétalisées en tant que dispositif de récupération des eaux pluviales et d'infiltration et évapotranspiration des pluies courantes à ciel ouvert. Taux de 50% pour les études et 40% à 70% pour les travaux, dans la limite de 18 € ou 30 €/m² de surface aménagée.
- **« Éco-rénovons Paris - plan 1000 immeubles »** est un programme mis en place par la Mairie de Paris qui a pour objectif d'encourager la rénovation énergétique des immeubles d'habitat privé, réduire leur impact environnemental et lutter contre la précarité énergétique. La végétalisation des toitures s'intègre dans ce programme qui propose un accompagnement gratuit et personnalisé des copropriétés par un conseiller éco-rénovation, des subventions spécifiques pour les travaux, dont une prime complémentaire pour favoriser la végétalisation des toitures.

Annexe 6. Références réglementaires

DTU concernés par la végétalisation des toitures :

- Règles d'aménagement des toitures-terrasses jardins : DTU 43.1 « Étanchéité des toitures-terrasses et toitures inclinées avec éléments porteurs en maçonnerie en climat de plaine » (DTU 43.11 pour climat de montagne).
- Mise en œuvre des revêtements d'étanchéité : DTU 43.3 « Mise en œuvre des toitures en tôles d'acier nervurées avec revêtement d'étanchéité » et DTU 43.4 « Toitures en éléments porteurs en bois et panneaux dérivés du bois avec revêtements d'étanchéité.
- Réfection d'étanchéité : DTU 43.5 « Réfection des ouvrages d'étanchéité des toitures-terrasses ou inclinées.

Règles professionnelles pour la conception et la réalisation des terrasses et toitures végétalisées (Association pour le développement et l'innovation en végétalisation extensive de toiture, Chambre syndicale française de l'étanchéité, Syndicat national du profilage des produits plats en acier, Union nationale des entrepreneurs du paysage), édition n°2, novembre 2007.

Normes garde-corps :

- Pour les toitures inaccessibles au public : NF E 85-015
- Pour les toitures accessibles au public : NF P 01-012.

Norme pour les systèmes de protection individuelle : NF EN 363

Code du Travail : travail en hauteur, accès sécurisé, protection contre les chutes - art. R. 4214-5, utilisation d'échelles - articles R. 4323-84 à R. 4323-88, dossier de maintenance de l'ouvrage - article R.4211-3, dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage - article R.4532-95.

En cas d'accès au public : Code de la construction et de l'habitation (Établissement Recevant du Public –ERP, Établissement Recevant des Travailleurs-ERT, Bâtiment d'habitation).

Calcul des charges d'exploitation selon l'accessibilité et les usages des toitures : norme NF P 06-001.

Annexe 7. Listes des plantes interdites en toitures selon le DTU 43.1

Nom ou catégorie		Désignation botanique
Bambous (tous genres et espèces)		<i>Arundinaria fargesii</i> <i>Fargesia murielae</i> (= <i>Arundinaria murielae</i>) <i>Fargesia nitida</i> (= <i>Sinarundinaria nitida</i>) <i>Phyllostachys,sp</i> <i>Pleioblastus aleosus</i> <i>Pleioblastus pumilus</i> <i>Pseudosasa japonica</i> <i>Sinarundinaria fastuosa</i>
Joncs de Chine		<i>Miscanthus floridulus</i> <i>Miscanthus sacchariflorus</i> <i>Miscanthus sinensis</i>
Graminées géantes agressives	Canne de Provence	<i>Arundo donax</i> <i>Carex glauca</i> <i>Alymus racemosus</i> <i>Phragmites australis</i>
	Spartine	<i>Spartina pectinata</i>
Arbustes:		
Amélanchier		<i>Amelanchier, sp</i>
Clethra		<i>Clethra alnifolia</i>
Gaultheria		<i>Gaultheria shallon</i>
Argousier		<i>Hippophae rhamnoides</i>
Sureau noir		<i>Sambucus nigra</i>
Alaterne		<i>Rhamnus frangula</i>
Arbre aux papillons		<i>Buddleia davidii</i>
Renouées		<i>Polygonum, sp</i>
Arbres:		
Saulé marsault		<i>Salix caprea</i>
Saulé pleureur		<i>Salix babylonica</i>
Peuplier blanc		<i>Populus alba</i>
Peuplier noir		<i>Populus nigra</i>
Peuplier hybride		<i>Populux X</i>
Vernis du Japon		<i>Ailanthus altissima</i>
Cyprès chauve		<i>Taxodium distichum</i>
Tous arbres à grand développement du type:		
Acacia		
Marronnier		
Frêne		
Grands érables		
Palmiers		

LEXIQUE

Acrotère: muret situé en bordure du toit.

Annuelle: plante qui réalise son cycle de vie en une année. Elle disparaît après la production des graines qui germeront au printemps suivant.

Auxiliaires: êtres vivants (insectes, acariens, champignons ou bactéries) parasites, ou prédateurs qui peuvent aider l'homme à protéger les cultures contre les ravageurs.

Charge: force verticale s'exerçant sur la structure de la toiture, due au poids des éléments apposés de façon permanente (poids de l'étanchéité, du substrat, etc.) ou temporaire (pour l'entretien, en cas d'intempéries) sur la toiture.

Complexe de végétalisation: ensemble composé de la couche drainante, la couche filtrante, le substrat et la végétation.

Corridor écologique: zone reliant des milieux naturels, permettant à la faune et à la flore de réaliser toutes les étapes de leur cycle de vie (alimentation, reproduction, refuge, etc.), de se déplacer et se disperser.

Couche drainante: couche poreuse, permettant l'évacuation des excès d'eau.

Couche filtrante: couche retenant les particules qui pourraient colmater la couche drainante.

Crinoline: échelle entourée d'arceaux circulaires métalliques qui protègent l'utilisateur des chutes.

Émergences: installations techniques qui ressortent en hauteur sur la toiture telles que les machineries d'ascenseur, les ventilations, les lanterneaux, etc.

Étanchéité: revêtement continu installé en toiture pour assurer l'étanchéité à l'eau.

Étude structure: étude permettant de calculer les charges que peut supporter la structure du bâtiment, le poids supplémentaire qui peut être supporté sur la toiture existante.

Exotique envahissante (plante): Plante introduite en dehors de son milieu naturel, par l'action de l'homme, qui prolifère et peut remplacer les espèces indigènes et modifier les habitats naturels (régulation difficile en l'absence de ravageurs ou maladies pour ces plantes).

Fertilisation: apport dans le milieu de culture d'éléments nutritifs pour le développement des plantes.

Genre: ensemble d'espèces animales ou végétales ayant des caractéristiques communes.

Graminées: plantes dont les fleurs forment des épis et souvent à tiges creuses (famille des céréales, des « herbes »).

Granulométrie: taille des différents grains composant le substrat.

Herbacées: plantes qui peuvent faner et se flétrir, par opposition aux plantes ligneuses (arbres et arbustes, fabriquant de la lignine, un composant du bois, en grande quantité).

Horticole (plante): plante cultivée, qui ne pousse pas spontanément dans la nature.

Indigène (plante): végétal présent dans la flore originelle d'un territoire, présent naturellement ou par l'action de l'homme et dont la présence est attestée avant l'année 1 500. Dans ce guide, ce terme désigne les plantes sauvages indigènes du territoire français.

Matière organique: partie du substrat composée d'organismes vivants, de débris et résidus d'animaux et de végétaux, plus ou moins décomposés.

Nectarifère (plante): plante qui produit du nectar.

Pollinisateurs: insectes qui assurent la reproduction des plantes par le transport des grains de pollen de l'organe reproducteur mâle des fleurs (étamines) vers les organes femelles (pistil).

Relevé d'étanchéité: parties verticales de la toiture (ou reliefs : acrotère, émergences) sur lesquelles la membrane d'étanchéité est également posée.

Reprise: moment où développement des racines et la croissance recommencent après la plantation.

Rustique (plante): plante résistante au gel.

Substrat: milieu de culture des plantes, dans lequel les racines s'ancrent et fournissant les éléments nutritifs nécessaires au développement de la plante.

Vivace: plante qui réalise son cycle de vie et se maintient plusieurs années.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ADIVET, CSFE, SNPPA, UNEP. (2008). *Règles Professionnelles pour la conception et la réalisation des terrasses et toitures végétalisées*. 37 p.
- Adriaens A. (2014). *Toitures végétalisées. Guide de recommandations. Pourquoi et comment accueillir la nature sur son toit*. Service des parcs et domaines de la Ville de Lausanne/SPADOM. 28 p.
- Agence nationale de l'habitat. (s.d.). *Fiche technique « toitures-terrasses »*. ANAH. 8 p.
- Baumann N. (2006). *Ground-Nesting Birds on Green Roofs in Switzerland: Preliminary Observations*. Urban Habitats, 4(1), 37-50.
- Bouattour M., Fuchs A. (2009). *La végétalisation des bâtiments*. 46 p.
- Bournérias, M., Arnal G., Bock C. (2001). *Guide des groupements végétaux de la région parisienne : Bassin parisien, Nord de la France : écologie et phytogéographie*. Belin. 639 p.
- Bouteville, U. (2015). *Mise en œuvre des couvertures et des toitures-terrasses*. Éditions du Moniteur. 299 p.
- Brenneisen S. (2006). *Space for Urban Wildlife: Designing Green Roofs as Habitats in Switzerland*. Urban Habitats, 4(1), 27-36.
- Brunet J.; Damas O.; Michel JC. (2013). *Recensement et caractérisation agronomique des substrats pour toitures végétalisées extensives*. Fiche d'étude expérimentale. Plante & cité. 45 p.
- Cahier des clauses techniques générales - Fascicule 35 - *Aménagements paysagers. Aires de sports et de loisirs de plein air*. Bulletin officiel du ministère de l'Équipement, fascicule spécial no 99-6 – avril 1999. 374 p.
- Centre d'études sur les réseaux de transport et l'urbanisme. (2013). *Memento technique du bâtiment pour le chargé d'opération de constructions publiques. Les toitures*. CERTU. 46 p.
- Centre scientifique et technique du bâtiment. (2008). DTU 43.1 *Étanchéité des toitures-terrasses et toitures inclinées avec éléments porteurs en maçonnerie en climat de plaine*. CSTB éditions.
- Centre scientifique et technique du bâtiment. (2013). *Les toitures végétalisées : conception réalisation et entretien : en application des DTU de la série 43 et des règles professionnelles CSFE-ADIVET-SNPPA-UNEP*. CSTB éditions. 95 p.
- Cook-Patton S.C., Bauerle TL. (2012). *Potential benefits of plant diversity on vegetated roofs: A literature review*. Journal of Environmental Management, 106, 85-92
- Dunnett N., Kingsbury N. (2011). *Toits et murs végétaux*. 3^e éd. Éditions du Rouergue. 325 p.
- Dunnett N. (2006). *Green roofs for biodiversity: reconciling aesthetics with ecology*. Fourth Annual Greening Rooftops for Sustainable Communities Conference, Awards and Trade Show, 11-12 /05/ 2006, Boston, 12p.
- Fernandez-Canero, R., Gonzalez-Redondo, P. (2010). *Green roofs as a habitat for birds ; a review*. Journal of animal and veterinary advances, 9(15), 2041-2052.
- Getter KL. Rowe D.B. (2006). *The Role of Extensive Green Roofs in Sustainable Development*. Hortscience, 41(5), 1276–1285.

Godin P. (2012). *Planter un jardin en bacs sur les toits. Guide pour les milieux institutionnel et commercial*. Centre d'écologie urbaine de Montréal. 50 p.

Grant G, Engleback L, Nicholson, B et al. (2003) *Green Roofs: their existing status and potential for conserving biodiversity in urban areas*. English Nature Research Reports, n°498. 61 p.

Houdart, T. (2004). *La prairie sur le toit*. Maiade. 132 p.

Institut bruxellois pour la gestion de l'environnement. (2010) *Réaliser des toitures vertes. Guide pratique pour la construction et la rénovation durables des petits bâtiments*. Recommandation pratique TER06. (IBGE). 19 p.

Jacquet S. (2011). *Performance énergétique d'une toiture végétalisée au centre ville de Montréal*. Centre d'écologie urbaine de Montréal. 48 p.

Kadas G. (2006). *Rare Invertebrates Colonizing Green Roofs in London*. Urban habitats, 4(1).

Kleinod, B. (2001). *Végétalisation des toitures*. Ulmer. 96 p.

Köhler, M., Schmidt M. (2003). *Study of Extensive Green Roofs in Berlin, Part III –Retention of Contaminants*. Technical University of Berlin.

Lassalle F. (2006). *Végétalisation extensive des terrasses et toitures : conception et mise en œuvre, aspects réglementaires, données économiques, exigences et solutions*. Éditions Le Moniteur.

Li, W.C., Yeung K.K.A. (2014). *A comprehensive study of green roof performance from environmental perspective*. International Journal of Sustainable Built Environment, 3, 127–134.

LPO / CAUE Isère. (2012). *Biodiversité et bâti. Comment concilier nature et habitat?* Guide technique. Grenoble. 20 p.

Luckett, K. (2011). *Toits verts*. Dunod. 192 p.

MacIvor JS., Lundholm J. (2011). *Insect species composition and diversity on intensive green roofs and adjacent level-ground habitats*. Urban Ecosyst., 14, 225–241.

Madre F. (2014). « *Biodiversité et bâtiments végétalisés : une approche multi-taxons en paysage urbain* ». Thèse de doctorat. École Doctorale Sciences de la Nature et de l'Homme – ED 227 : écologie. Paris : Museum d'histoire naturelle, 173 p.

Madre F., Vergnes A., Machon N., Clergeau P. (2014). *Green roofs as habitats for wild plant species in urban landscapes: First insights from a large-scale sampling*. Landscape and Urban Planning, 122, 100– 107

Mairie de Paris. (2013). *Guide des plantes natives du bassin parisien produites par la ville de Paris* (en ligne sur le site officiel de la Ville de Paris : www.paris.fr).

Mentens J., Raes D., Hermy M. (2006). *Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century?* Landscape and Urban Planning, 77, 217–226.

Nagasea A., Dunnett N. (2010). *Drought tolerance in different vegetation types for extensive green roofs : Effects of watering and diversity*. Landscape and Urban Planning, 97, 318–327.

Nagasea A., Dunnett N. (2011). ***The relationship between percentage of organic matter in substrate and plant growth in extensive green roofs***. Landscape and Urban Planning, 103, 230–236.

Oberndorfer E., Lundholm J., Bass B. et al. (2007). ***Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions, and Services***. BioScience, 57(10), 823-833.

Observatoire Départemental de la Biodiversité Urbaine de la Seine-Saint-Denis, Plante & cité, NatureParif, Museum d'Histoire naturelle. (2011). ***Réaliser des toitures végétalisées favorables à la biodiversité***. Édition Ophélie Alloitteau. 24 p.

Palomo del Barrio E. (1998). ***Analysis of the green roofs cooling potential in buildings***. Energy Build. 27(2), 179-193.

Peck, SW., Callaghan, C. (1999). ***Greenbacks from green roofs : forging a new industry in Canada - status report on benefits, barriers and opportunities for green roof and vertical garden technology diffusion***. Canada Mortgage and Housing Corporation - CMHC. 78p.

Peck, SW., Kuhn M. (2003). ***Design Guidelines for Green Roofs***. Ontario Association of Architects - CMHC. 22p.

Piquée J. (2012). ***Guide des plantes mellifères : que planter, semer et ou préserver pour favoriser les insectes pollinisateurs ?*** Éditions Clerc. 188 p.

Snodgrass C., Snodgrass L.L. (2008). ***Guide des plantes de toits végétaux***. Éd. Rouergue. 208 p.

Société Québécoise de Phytotechnologies. (2015). ***Les toits végétalisés***. 19 p.

Speak, A.F., Rothwell, J.J., Lindley, S.J., et al. (2012). ***Urban particulate pollution reduction by four species of green roof vegetation in a UK city***. Atmospheric Environment, 61, 283-293.

State of Victoria - Department of Environment and Primary Industries. (2014). ***Growing Green Guide: A guide to green roofs, walls and facades in Melbourne and Victoria, Australia***. 142 p.

Techniques du bâtiment. Tba 1930. (2011). ***Les toitures-terrasses***. Éd. T.I. 28 p.

Thuring CE, Dunnett N. (2014). ***Vegetation composition of old extensive green roofs (from 1980s Germany)***. Ecological Processes, 3(1), 4.

Tonietto R., Fant J., Ascher J. et al. (2011). ***"A comparison of bee communities of Chicago green roofs, parks and prairies"***. Landscape and Urban Planning, 103, 102–108

VanWoert N.D., Bradley Rowe, D, Andresen, J.A. et al. (2005). ***Green Roof Stormwater Retention: Effects of Roof Surface, Slope, and Media Depth***. J. Environ. Qual., 34, 1036–1044

Ville de Montréal. (2014). ***La construction de toits végétalisés. Guide technique pour préparer une solution de rechange***. Cahier explicatif. 56 p.

Wiener Volkshochschulen. (2009). ***Leitfaden Dachbegrünungen in Wien***. "die umweltberatung" Wien. 49 p.

Young T., Cameron DD., Sorrell J., et al. (2014) ***Importance of different components of green roof substrate on plant growth and physiological performance***. Urban Forestry & Urban Greening, 13, 507–516.

Collaborations / remerciements

Ce guide a été élaboré par la Direction des Espaces verts et de l'Environnement (Service des Sciences et Techniques du Végétal, Jardin Botanique de Paris, Centre de Production Horticole, Mission 100 hectares, Service Communication et Événements, Agence d'Écologie Urbaine, Service d'Exploitation des Jardins, Service des Affaires Juridiques et Financières, Bureau de Prévention des Risques Professionnels), en collaboration avec la Direction du Patrimoine et de l'Architecture et la Direction de l'Urbanisme.

La Ville de Paris remercie l'UNEP – Union Nationale des Entreprises du Paysage, ASTREDHOR – Institut technique de l'horticulture et l'ADIVET – Association des toitures végétales – pour les rencontres et échanges techniques utiles à la construction de ce guide.



Sur la plateforme web collaborative **Végétalisons Paris**

- ➔ Téléchargez ce guide ainsi que d'autres fiches pratiques sur la végétalisation
- ➔ Échangez des astuces et des conseils avec les acteurs de la végétalisation à Paris
- ➔ Découvrez en images des projets et des réalisations près de chez vous : toits et murs végétalisés, jardins partagés, projets collectifs ou individuels dans le cadre du « permis de végétaliser »

Rejoignez la communauté www.vegetalisons.paris

VÉGÉTALISONS PARIS 

