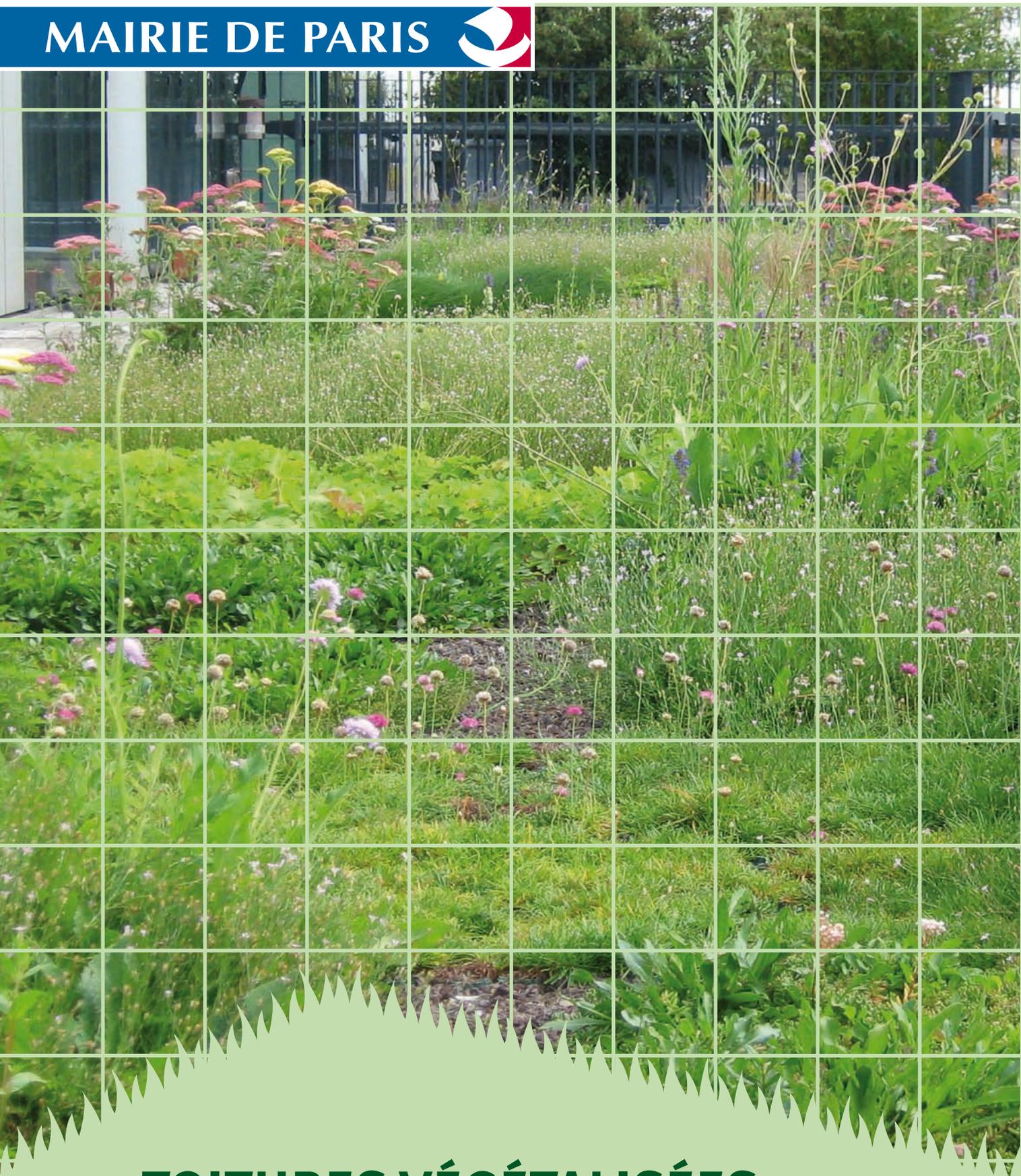


MAIRIE DE PARIS



TOITURES VÉGÉTALISÉES CAHIER TECHNIQUE

15 FICHES PRATIQUES



INTRODUCTION

La relation étroite entre l'architecture, la construction et la végétalisation détermine le mode de couverture d'un toit végétal. La méthodologie consiste à établir un projet global dans lequel le végétal est une composante aussi importante que la structure ou l'écriture des façades. Pour obtenir un projet de qualité, il est indispensable de faire appel à des professionnels compétents dans le domaine de l'architecture, de la construction, de l'horticulture et du paysage.

Très souvent, les toitures végétalisées sont mises en avant pour les avantages environnementaux qu'elles peuvent présenter en termes de protection du bâtiment, de rétention des eaux pluviales, de biodiversité et de lutte contre le changement climatique. Par sa dimension esthétique et paysagère, la présence de végétaux sur les toitures constitue aussi une amélioration du cadre urbain et un embellissement du cadre de vie.

Dans ce contexte, et pour répondre aux mesures du Plan Biodiversité et du Plan Climat de Paris, la Ville de Paris a rédigé ce cahier technique sur les toitures végétalisées. Celui-ci, propre à Paris et sa région, s'adresse à toutes personnes intéressées - professionnels ou non - par la réalisation de toiture végétalisées dans le cadre de réhabilitation ou création de bâtiment. Il donne des préconisations basées sur des retours d'expérience et synthétise les références réglementaires en la matière. Il ne se substitue pas aux textes réglementaires ou prescriptions en vigueur.

Avant d'entrer dans les fiches pratiques, les intérêts d'une toiture végétalisée sont présentés.

⇒ Intérêts d'une toiture végétalisée

Peu d'études et d'expérimentations scientifiques quantifient les bénéfices environnementaux liés à l'installation d'une toiture végétalisée. Il convient donc de continuer à vérifier ces données en participant à des programmes de recherches et/ou en développant des essais.

⇒ Intérêt en termes de bâti

Protection de l'étanchéité

Le complexe végétal (substrat et végétation) constitue une couche de protection du toit (bâti et étanchéité). En abaissant les écarts de température à sa surface et en le protégeant des rayons ultraviolets, ce complexe permettrait d'augmenter la durée de vie de l'ouvrage et des membranes d'étanchéité.

Isolation

Le complexe végétal permettrait aussi d'améliorer l'isolation thermique et acoustique du bâtiment, entraînant respectivement une baisse de la consommation d'énergie et une diminution des nuisances sonores.

Ces bénéfices sont difficilement mesurables car de nombreux paramètres entrent en jeu.

⇒ Intérêt en termes d'eaux pluviales

Rétention des eaux pluviales

Les toitures végétalisées participent à la régulation des précipitations en capturant une partie des pluies, en étalant dans le temps leur évacuation vers les réseaux d'eaux pluviales, évitant ainsi leur saturation et en conséquence, les délestages dans le milieu naturel.

L'abattement des eaux pluviales par les toitures végétalisées a fait l'objet de nombreuses études. Il en résulte que ce dernier varie fortement - 40% à 90% - en fonction du complexe végétal installé (composition et épaisseur du substrat, palette végétale).

⇒ Intérêt en termes d'environnement et de biodiversité

Amélioration de la biodiversité

La végétalisation des toitures, en particulier par des strates herbacées ou arbustives, offre différentes opportunités aux espèces animales et végétales :

La Mairie de Paris mène une politique ambitieuse de préservation de l'environnement et du cadre de vie des Parisiens. Le Plan Climat et le Plan Biodiversité, sont emblématiques de cet engagement à long terme qui se traduit par des actions concrètes sur le territoire.

Parmi ces actions concrètes, la création de toitures végétalisées poursuit l'objectif de 7 nouveaux hectares d'ici 2020, fixé dans le Plan Biodiversité.

Les toitures végétalisées peuvent rendre de nombreux services :

- protection de l'étanchéité et participation à l'isolation thermique et acoustique des bâtiments,
- rétention des eaux pluviales,
- lutte contre les îlots de chaleur,
- renforcement de la biodiversité en multipliant les milieux d'accueil,
- amélioration du cadre de vie des citoyens, sur les plans esthétique et paysager notamment.

Pour que les habitants des villes puissent jouir de ces aménités, les toitures végétalisées doivent respecter certaines caractéristiques : épaisseur de substrat minimale de 10 cm, qualité des substrats, diversification des types de végétaux, etc.

La direction des Espaces verts et de l'Environnement, qui coordonne et pilote les actions en faveur de la réduction des émissions de gaz à effet de serre et de préservation et d'enrichissement de la biodiversité, a donc mis en place au Printemps 2011 un groupe de travail en vue d'établir un guide en matière de réalisation de toitures végétalisées.

Ce groupe a rassemblé des compétences issues des directions des espaces verts et de l'environnement (DEVE), du patrimoine et de l'architecture (DPA), de l'urbanisme (DU), de la propreté et de l'eau (DPE) et de l'habitat et du logement (DLH).

Ce guide s'adresse aux maîtres d'ouvrages et techniciens de la construction autant qu'aux paysagistes et jardiniers. Il considère la toiture végétalisée comme un projet global dans lequel les composantes : structure, écriture architecturale et paysagère, et végétaux sont en symbiose. Son intérêt réside aussi dans son contenu résolument pratique et adapté au milieu urbain en Ile-de-France. Cet ouvrage rassemble des informations techniques sur les substrats, les structures, la réglementation et la diversité végétale qui peuvent être utilisées. Parmi la centaine de plantes proposée dans ce guide, la plupart sont indigènes de France. On trouve des plantes classiques, comme les sedums ou les œillets, mais aussi des plantes moins familières. Certaines ont été testées, d'autres sont en cours de l'être, d'autres enfin, par leurs caractéristiques, sont sans doute adaptées.

Ce guide est présenté sous forme de fiches qui seront complétées et amendées en fonction des études et des résultats expérimentaux, notamment ceux de la toiture expérimentale du 103 avenue de France. Ce guide est disponible sur paris.fr.



- circuler, communiquer : le développement de toitures végétalisées à différents étages, la réalisation d'un mur végétalisé en continuité avec la toiture, favorisent la circulation de la faune - en particulier des pollinisateurs qui restent près du sol - et de la flore.
- trouver un habitat : les toitures constituent des milieux de vie à part entière pour diverses catégories de plantes (de rocaïlle, de prairie sèche...) et d'animaux.
- s'alimenter : les plantes procurent des fruits et graines aux insectes et oiseaux et du nectar aux insectes pollinisateurs.
- se reproduire, notamment si le milieu est de qualité (logis, couvert et tranquillité).
- se reposer du bruit urbain, fuir certains prédateurs, certaines pollutions.

Lutte contre les îlots de chaleur

Les îlots de chaleur correspondent à la « surchauffe » des zones urbaines et péri-urbaines par rapport aux zones environnantes moins denses. Avec les toitures végétalisées, l'air ambiant est rafraîchi et humidifié grâce à l'évapotranspiration et à l'évaporation. Le complexe végétal contribue donc à la lutte contre le phénomène d'îlots de chaleur.

Amélioration du cadre de vie

La présence accrue de végétaux, les dimensions esthétique et paysagère des toitures végétalisées 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. Leur ouverture au public, lorsque cela est possible, augmente l'offre d'espace vert accessible.

Même si l'expérimentation scientifique sur le long terme reste une nécessité, l'état actuel des connaissances

indique une forte variation de ces enjeux selon le type de toiture végétalisée. Les premières observations mettent en évidence un accroissement de ces avantages, notamment pour l'aspect biodiversité, avec l'augmentation de l'épaisseur du substrat et la diversité de la palette végétale.

C'est pourquoi, dans les fiches qui suivent, il est préconisé une épaisseur minimale de substrat de 10cm (8cm si la structure du bâti ne permet pas davantage) et une gamme végétale diversifiée d'une dizaine d'espèces appartenant à des genres différents. Une toiture végétalisée de 5-6 cm d'épaisseur avec une gamme végétale constituée exclusivement de sedums, est certes peu coûteuse en terme d'installation et d'entretien mais demeure peu pérenne, peu bénéfique à l'environnement et peu attractive.

Présentation du contenu du cahier technique

Le présent document concerne les « toitures ou terrasses végétalisées », avec comme ligne directrice un entretien faible à modéré, et laisse volontairement de côté les « jardins-terrasses », qui supposent un entretien conséquent (proche de celui des jardins), et les bâtiments avec de faibles restrictions de charges.

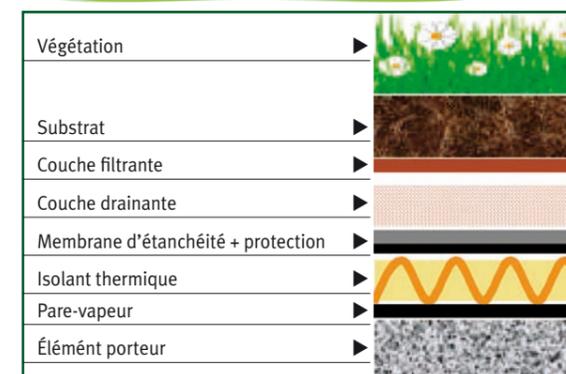
D'un point de vue sémantique, les notions de toiture-terrasse végétalisée et de jardin-terrasse ou jardin sur toit sont bien distinctes. Ces notions tiennent compte de la pente du toit, de l'épaisseur du substrat et du complexe végétal.

Toiture-terrasse végétalisée	Jardin-terrasse ou jardin sur toit
Épaisseur de substrat : 10-80 cm Ramener à 8 cm si la structure du bâti ne supporte pas davantage	Épaisseur de substrat : > 80 cm
Trois typologies végétales : strate rase à très basse, strate herbacée et strate arbustive	Une typologie végétale : jardin sur dalle avec l'entretien correspondant
Pente : 0-5% pour les terrasses 5-58% (30°) pour les toitures inclinées	Pente : 0-5%

Le choix, la diversité de la palette végétale ainsi que la structure du bâtiment sont directement liés à ces critères. L'accessibilité au public, qui dépend quant à elle des surcharges admissibles, de l'accès et des conditions de sécurité, n'est donc pas liée à l'une ou l'autre de ces notions.

Dans le présent document, le terme toiture-terrasse végétalisée désigne une toiture-terrasse composée d'un pare-vapeur, d'un isolant, de la couche d'étanchéité, des couches drainantes et filtrantes et du complexe végétal (substrat et végétaux).

Coupe de principe d'une toiture végétalisée



La couche drainante a pour fonction d'évacuer les excès d'eau - défavorables au développement du système racinaire - vers les dispositifs d'évacuation des eaux de pluie. La couche filtrante évite le transfert de particules - et donc le colmatage - entre le substrat et la couche drainante. Au niveau de ces couches, des bacs de rétention d'eau peuvent être installés. La pérennité d'une toiture végétalisée et le choix de la gamme végétale sont essentiellement liés au sol. L'épaisseur, la teneur en matière organique et la réserve hydrique du substrat sont les principaux facteurs limitants. Pour répondre aux besoins des végétaux et aux contraintes de charges, le substrat doit à la fois offrir un volume élevé de colonisation des racines et de rétention en eau et être léger.

STRUCTURE DU CAHIER TECHNIQUE

Il se décompose en quatre parties :

1. Complexe végétal : ce terme fait référence aux substrats, aux végétaux, à leur installation et à leur entretien.
2. Bâti et structure : les fiches regroupent les informations liées à la construction et sont accompagnées de coupes types
3. Réglementations et recommandations : les fiches synthétisent le cadre réglementaire, les recommandations en matière de construction, d'urbanisme, de sécurité et les prescriptions de la Ville de Paris
4. Aide à la décision : cette fiche compile des informations sur le végétal, la structure du bâti, les coûts et l'impact environnemental.

De plus, les toitures-terrasses végétalisées sont réparties en trois typologies végétales et trois types de structures:

- Végétation rase à très basse, toiture dite de type extensif
- Végétation herbacée, toiture dite de type semi-intensif
- Végétation arbustive, toiture dite de type intensif

A savoir : la strate supérieure peut contenir les végétaux de la strate inférieure. Ainsi la végétation herbacée fait également référence aux végétaux de la végétation rase à très basse, et la végétation arbustive peut contenir les végétaux des deux autres strates.

Le cadre réglementaire du bâtiment présente actuellement trois familles de matériau avec, pour chacune d'entre elles, des règles techniques qui fixent les dispositions à adopter. Le présent document ne se substitue pas à ces règles, leur consultation demeure donc impérative avant toute réalisation.

- Structure béton
- Structure métal
- Structure bois

La fiche de synthèse intitulée « aide à la décision » sera amendée en fonction des études et résultats expérimentaux en cours et à venir.

LISTE DES FICHES

LE COMPLEXE VÉGÉTAL

Fiche 1 : végétation rase à très basse, type « extensif »	7
Fiche 2 : végétation herbacée, type « semi-intensif »	8
Fiche 3 : végétation arbustive, type « intensif »	9
Fiche 4 : végétaux testés et adaptés sur toitures	10
Fiche 5 : végétaux à expérimenter sur toitures	15
Fiche 6 : techniques d'installation	17
Fiche 7 : entretien	18

LE BATI ET LA STRUCTURE

Fiche 8 : caractéristiques techniques	19
Fiche 9 : catégories des pentes	21
Fiche 10 : structure béton	22
Fiche 11 : structure métallique	23
Fiche 12 : structure bois	24

LES RÉGLEMENTATIONS ET LES RECOMMANDATIONS

Fiche 13 : réglementation nationale	25
Fiche 14 : politique parisienne	27

AIDE À LA DÉCISION

Fiche 15 : coûts et contributions environnementales	29
---	----

Fiche 1 : végétation rase à très basse

toiture dite de type « extensif »



Tapis de sedums

Épaisseur de substrat	Aspect paysager
10 cm mini. : 8 cm	tapissant
Charge induite	Fréquence d'entretien
100-150 kg/m ²	Faible

⇒ Aspect paysager

Aspect tapissant
Aspect esthétique hivernal limité
Hauteur feuillage : 3-5 cm
Hauteur floraison : 5-20 cm

⇒ Caractéristiques de la toiture

Terrasse plate à faible pente (0-5%)
Toiture en pente (jusqu'à 58% ou 30°)
Rénovation (après étude technique) ou création
Charge induite : 100-150 kg/m²
Généralement non accessible au public

⇒ Substrat

Épaisseur 10 cm, minimum 8 cm si la structure du bâti ne peut supporter davantage
Composition : mélange de matière organique (20-30%) et de granulats calibrés (70-80%)
Des substituts à la tourbe et la pouzzolane (ressources naturelles non renouvelables) sont à privilégier ; par exemple : compost, terreau de feuilles, billes d'argile, concassage de brique, etc.

⇒ Rétention en eau

Faible rétention en eau
Dessèchement rapide

⇒ Plantation

À l'automne de préférence, ou au printemps
Semis
Micro motte et/ou godet
Tapis végétalisé
Arrosage jusqu'à la reprise

⇒ Entretien

Arrosage et fréquence d'intervention à adapter en fonction de la gamme végétale et du site

Pas d'arrosage sauf état critique de la végétation (conditions climatiques, etc.)
2 interventions/an :
• Nettoyage (papiers, débris, etc.)
• Désherbage (manuel, pas d'herbicides chimiques)
• Suppression des ligneux

⇒ Biodiversité

Nutrition d'insectes : pollinisateurs
Lieu de vie (passage, repos, habitats) : insectes

Fiche 2 : végétation herbacée

toiture dite de type « semi-intensif »



Mélange de vivaces indigènes

Épaisseur de substrat	Aspect paysager
10-30 cm	prairie
Charge induite	Fréquence d'entretien
150-350 kg/m ²	Faible à modéré

⇒ Aspect paysager

Prairie plus ou moins fleurie
Hauteur feuillage : de 10 cm à 30 cm
Hauteur floraison : de 10 cm à 50 cm

⇒ Caractéristiques de la toiture

Terrasse plate à faible pente (0-5%)
Toiture en pente (jusqu'à 58% ou 30°)
Rénovation (après étude technique) ou création
Charge induite: 150-350 kg/m²
Accessibilité au public possible sous conditions de surcharge admissible et de sécurité

⇒ Substrat

Épaisseur : 10-30 cm
ou en cas de pente >5%, maximum 15 cm
Composition : mélange de matière organique (20-30%) et de granulats calibrés (70-80%)
Des substituts à la tourbe et la pouzzolane (ressources naturelles non renouvelables) sont à privilégier ; par exemple : compost, terreau de feuilles, billes d'argile, concassage de brique, etc.

⇒ Rétention en eau

Rétention en eau faible à modérée
Dessèchement rapide à modéré

⇒ Plantation

À l'automne de préférence, ou au printemps
Semis
Micro motte et/ou godet
Tapis végétalisé
Arrosage jusqu'à la reprise

⇒ Entretien

Arrosage et fréquence d'intervention à adapter en fonction de la gamme végétale et du site

Pas d'arrosage sauf état critique de la végétation (conditions climatiques, etc.)
2 à 4 interventions/an (printemps et automne essentiellement) :
• Nettoyage (papiers, débris, etc.)
• Désherbage (manuel, pas d'herbicides chimiques)
• Nettoyage annuel des végétaux (effleurage, taille des fanes, exportation des résidus de taille, etc.)
• Suppression des ligneux

⇒ Biodiversité

Nutrition d'insectes : pollinisateurs et granivores
Nutrition d'oiseaux : granivores, insectivores
Lieu de vie (passage, repos, habitat) : insectes

Fiche 3 : végétation arbustive

toiture dite de type « intensif »



Strate arbustive sur toiture

Épaisseur de substrat	Aspect paysager
30-80 cm	« jardin »
Charge induite	Fréquence d'entretien
> 350 kg/m ²	Modéré à élevé

⇒ Aspect paysager

Aspect « jardin » avec un couvert végétal diversifié
Hauteur de végétation : au-delà de 50 cm

⇒ Caractéristiques de la toiture

Terrasse plate à faible pente (0-5%)
Création ou réhabilitation lourde
Charge induite: > 350 kg/m²
Accessibilité au public conseillée sous conditions de surcharge admissible et de sécurité

⇒ Substrat

Épaisseur : 30-80 cm
Composition : mélange de matière organique (20-30%) et de granulats calibrés (70-80%)
Des substituts à la tourbe et la pouzzolane (ressources naturelles non renouvelables) sont à privilégier ; par exemple : compost, terreau de feuilles, billes d'argile, concassage de brique, etc.

⇒ Rétention en eau

Rétention en eau modérée à bonne
Dessèchement lent

⇒ Plantation

À l'automne
Godet ou conteneur
Arrosage jusqu'à la reprise

⇒ Entretien

Arrosage et fréquence d'intervention à adapter en fonction de la gamme végétale et du site

Pas d'arrosage sauf état critique de la végétation (conditions climatiques, etc.)
Système d'arrosage intégré possible
Au minimum 4 interventions/ an
• Nettoyage (papiers, débris, etc.)
• Désherbage (manuel, pas d'herbicides chimiques)
• Taille des arbustes
Vigilance sur le développement des racines et leur risque sur la dégradation de l'étanchéité

⇒ Biodiversité

Nutrition d'insectes : pollinisateurs et granivores
Nutrition d'oiseaux : granivores et frugivores
Lieu de vie voire de nidification : insectes, oiseaux, etc.

Fiche 4 : végétaux testés et adaptés sur toitures

Liste nullement limitative, donnée à titre indicatif, dans laquelle figurent des exemples de végétaux résistants à la sécheresse, adaptés au climat parisien.

Une gamme végétale diversifiée fait référence à une dizaine d'espèces minimum appartenant à des genres différents.

	Statut*	Caduc Persistant	Hauteur feuillage (cm) Hauteur floraison (cm)	Couleur floraison	Epoque floraison	Pouvoir couvrant	Exposition	Intérêt écologique	Observations Intérêts	Végétation & Epaisseur de substrat		
										Rase 8 à 10 cm	Herbacée 10 à 30 cm	Arbustive 30 à 80 cm
<i>Achillea millefolium</i>		persistant	20-50 20-70	blanc couleurs pastel	juin-juillet	moyen	soleil	nectarifère	se ressème naturellement développement rapide			
<i>Achillea crithmifolia</i>		persistant	5-10 20	blanc crème	juin-juillet	élevé	soleil à mi-ombre					
<i>Allium flavum</i>			10 10-30	jaune	juillet-août		soleil	attractif pour papillons et abeilles				
<i>Allium sphaerocephalon</i>			- 40-60	rose-pourpre	juin-août			attractif pour papillons et abeilles				
<i>Alyssum montanum</i>		persistant	10-15 20	jaune	avril-juillet	moyen à élevé			se ressème floraison abondante			
<i>Anthemis carpatica</i>		persistant	5 15	blanc	avril-juillet	moyen			longue floraison craint l'excès d'eau en hiver			
<i>Arabis caucasica</i>		persistant	15-20 20	blanc	mars-mai	moyen			floraison précoce et abondante			
<i>Armeria maritima</i>		persistant	5 15	rose-pourpre	mai-juillet	moyen	soleil					
<i>Armeria juniperifolia</i>		persistant	5-10 8-15	rose	avril-juin	moyen	soleil					
<i>Aster linosyris</i>			- 15-40	jaune	août-septembre		soleil	nectarifère pollinifère				
<i>Aster alpinus</i>			- 20-25 30-40	pourpre clair			plein soleil à mi-ombre		à diviser tous les 3-4 ans			

* Statut :  plante indigène /  plante horticole
Le statut indigène correspond à des plantes de France métropolitaine

	Statut*	Caduc Persistant	Hauteur feuillage (cm) Hauteur floraison (cm)	Couleur floraison	Epoque floraison	Pouvoir couvrant	Exposition	Intérêt écologique	Observations Intérêts	Végétation & Epaisseur de substrat		
										Rase 8 à 10 cm	Herbacée 10 à 30 cm	Arbustive 30 à 80 cm
<i>Aubrieta x cultorum</i>		persistant	10 10-20	violet	avril-juin	moyen		nectarifère	floraison précoce et abondante			
<i>Carex buchananii</i>		persistant	30-40 30-40	bronze	juillet-août	moyen	soleil à mi-ombre					
<i>Carex montana</i>			- 10-20		mars-mai		mi-ombre	nectarifère				
<i>Centranthus ruber</i>		semi persistant	60-80 60-80	pourpre, rose ou blanc	mai-octobre		soleil à mi-ombre	nectarifère plante hôte pour papillons	se ressème			
<i>Cerastium tomentosum</i>		persistant	10 15	blanc	mai	moyen	soleil		couleur feuillage et fleur intéressante			
<i>Cymbalaria muralis</i>		persistant	10-15 10-15	bleu pâle	avril-octobre		ombre mi-ombre					
<i>Cytisus procumbens</i>			- 30	jaune			soleil	nectarifère				
<i>Daucus carota</i>			5 20-80	blanc	juin-octobre		soleil	nectarifère	bisannuelle, disparition après floraison			
<i>Delosperma cooperii</i>		persistant	10 10	rose violet	juillet-octobre		plein soleil		sensible au gel et à l'excès d'eau			
<i>Dianthus alpinus</i>		persistant	10 15	rose	mai-juin	faible à moyen						
<i>Dianthus anaticus</i>		persistant	10 25	blanc rose	mai-juillet		soleil					
<i>Dianthus arenarius</i>		semi persistant	- 20	blanc	juillet-septembre							
<i>Dianthus carthusianorum</i>		semi persistant	- 40	pourpre	juin-septembre		soleil					
<i>Euphorbia cyparissias</i>		caduc	- 20-30	jaune-vert fluo	avril-juin	élevé	soleil à mi-ombre		se ressème			
<i>Festuca glauca</i>		persistant	- 15-30		juin-juillet				feuillage bleuté			
<i>Genista sagittalis</i>			- 20	jaune	début d'été		soleil					
<i>Geranium macrorrhizum</i>		semi persistant	30 30	rose pourpre	avril-juin		mi-ombre à ombre	nectarifère				

* Statut :  plante indigène /  plante horticole
Le statut indigène correspond à des plantes de France métropolitaine

	Statut*	Caduc Persistant	Hauteur feuillage (cm) Hauteur floraison (cm)	Couleur floraison	Epoque floraison	Pouvoir couvrant	Exposition	Intérêt écologique	Observations Intérêts	Végétation & Epaisseur de substrat		
										Rase 8 à 10 cm	Herbacée 10 à 30 cm	Arbustive 30 à 80 cm
<i>Geranium sanguineum</i>		semi persistant	15-20 20	rose	mai-octobre	moyen	soleil	nectarifère	croissance rapide longue floraison			
<i>Gypsophila repens</i>			- 10-20	blanc	mai à juin		soleil					
<i>Helianthemum nummularium</i>		persistant	- 10-30	jaune	juin-septembre		soleil	nectarifère				
<i>Hieracium aurantiacum</i>			- 20	orange	juin-août		soleil	nectarifère	se ressème			
<i>Hieracium pilosella</i>			- 15	jaune	juin-juillet		soleil	nectarifère				
<i>Hypericum perforatum</i>		persistant	- 25-50	jaune	juillet-septembre		soleil ou mi-ombre	pollinifère				
<i>Hyssopus officinalis</i>		semi persistant	50 50	bleu	juin-août		soleil	nectarifère	feuillage parfumé			
<i>Jasione montana</i>			- 20	bleu pâle			soleil ou mi-ombre	nectarifère				
<i>Jasminum nudiflorum</i>		caduc	> 50 > 50	jaune	décembre février		soleil à mi-ombre					
<i>Juniperus sp.pl.</i>			- -			élevé						
<i>Lavandula sp.pl.</i>			- 20-50	violacé	été		soleil	nectarifère	tailler le feuillage après floraison			
<i>Melica ciliata</i>			- 30-50		mai-juin							
<i>Narcissus pseudonarcissus</i>			- 20-30	jaune	mars-avril		mi-ombre à soleil					
<i>Nepeta cataria</i>		caduc	50 50	lilas pâle	mai-juillet		soleil mi-ombre		feuillage parfumé			
<i>Origanum vulgare</i>		semi persistant	-	rose	juin-juillet	élevé	soleil	nectarifère	feuillage parfumé			
								pollinifère				
			40					plante hôte pour les papillons				
<i>Perovskia atriplicifolia</i>		caduc	-	violacé	juillet-septembre		soleil	nectarifère	à tailler très court	feuillage parfumé		

* Statut :  plante indigène /  plante horticole

Le statut indigène correspond à des plantes de France métropolitaine

	Statut*	Caduc Persistant	Hauteur feuillage (cm) Hauteur floraison (cm)	Couleur floraison	Epoque floraison	Pouvoir couvrant	Exposition	Intérêt écologique	Observations Intérêts	Végétation & Epaisseur de substrat		
										Rase 8 à 10 cm	Herbacée 10 à 30 cm	Arbustive 30 à 80 cm
<i>Petrorhagia saxifraga</i>			-	rose pâle	été		soleil		se ressème	doit être coupé tous les ans		
									20			
<i>Phlomis fruticosa</i>		persistant	- > 100	jaune	avril-mai	élevé	soleil					
<i>Potentilla fruticosa</i>		persistant	- 40-60	jaune			soleil					
<i>Pulsatilla vulgaris</i>			- 20	pourpre foncé			soleil					
<i>Rosa multiflora</i>			- 100-150				soleil	nectarifère				
<i>Rosa pimpinellifolia repens</i>			50-130 60	jaune	mai-juillet		soleil à mi-ombre	nectarifère				
<i>Rosmarinus officinalis</i>		persistant	40-150 40-150	blanc, bleu, rose			soleil	nectarifère	feuillage parfumé			
<i>Sanguisorba minor</i>			- 20	verdâtre	été		soleil					
<i>Santolina chamaecyparissus</i>		persistant	- 40-60	jaune	juillet		soleil		feuillage parfumé			
<i>Santolina rosmarinifolia</i>		persistant	- 60	jaune pâle	juillet-août		soleil		feuillage parfumé			
<i>Saponaria ocymoides</i>			- 30	rose	juillet-octobre		soleil					
<i>Sedum acre</i>		persistant	5 5-10	jaune	juin-août	moyen à élevé	plein soleil					
<i>Sedum album</i>		persistant	5-10 5-15	blanc	juillet-août		plein soleil		feuillage devenant rouge en hiver			
<i>Sedum reflexum (S. rupestre)</i>		persistant	5-10 5-20	jaune	juillet-août		plein soleil		craint les excès d'eau			
<i>Sedum sediforme</i>		persistant	5-15 5-25	jaune	juillet-août		plein soleil					
<i>Sedum spectabile</i>		caduc	- 30	rose	fin d'été		soleil mi-ombre					
<i>Sedum spurium</i>		persistant	5-10 10-15	rose	juin-août	élevé	plein soleil		feuillage devenant rouge en hiver			

* Statut :  plante indigène /  plante horticole

Le statut indigène correspond à des plantes de France métropolitaine

Fiche 5 : végétaux à expérimenter sur toitures

Liste nullement limitative de quelques végétaux présentant un intérêt écologique, pas ou peu testés dans des conditions de toitures.
À expérimenter...

S'agissant de plantes sauvages parfois rares, se rapprocher de fournisseurs spécialisés en cas de difficultés d'approvisionnement.

	Statut*	Caduc Persistant	Hauteur feuillage (cm) Hauteur floraison (cm)	Couleur floraison	Epoque floraison	Pouvoir couvrant	Exposition	Intérêt écologique	Observations Intérêts	Végétation & Epaisseur de substrat		
										Rase 8 à 10 cm	Herbacée 10 à 30 cm	Arbustive 30 à 80 cm
<i>Sempervivum tectorum</i>		persistant	5-10 5-10	rose	juin-août		plein soleil					
<i>Teucrium chamaedrys</i>		Caduc à semi persistant	- 10-25	rose	mai-juillet		soleil mi ombre					
<i>Thymus ciliatus</i>		persistant	3-5 3-5	rose	mai	élevé	soleil		feuillage parfumé			
<i>Thymus pseudolanuginosus</i>		persistant	2-5 2-5	rose	juin-août	élevé	soleil		feuillage parfumé			
<i>Thymus serpyllum</i>		persistant	- 15	rose	mai-septembre	élevé	soleil		feuillage parfumé			
<i>Thymus vulgaris</i>		persistant	- 25	rose	avril-mai		soleil					
<i>Verbascum nigrum</i>		persistant	5 60-150	jaune	juillet-septembre		soleil					
<i>Verbascum thapsus</i>		persistant	5 50-200	jaune	juillet-octobre		soleil					

* Statut : plante indigène / plante horticole
Le statut indigène correspond à des plantes de France métropolitaine



	Statut*	Caduc Persistant	Hauteur feuillage (cm) Hauteur floraison (cm)	Couleur floraison	Epoque floraison	Pouvoir couvrant	Exposition	Intérêt écologique	Observations Intérêts	Végétation & Epaisseur de substrat		
										Rase 8 à 10 cm	Herbacée 10 à 30 cm	Arbustive 30 à 80 cm
<i>Anthericum liliago</i>			30-40 -	blanc	mai-juin	élevé						
<i>Bromus sterilis</i>			30-80 -	vert violacé	mai-septembre	élevé						
<i>Bromus tectorum</i>			20-70 -	violacé	mai-juin	élevé						
<i>Bupleurum tenuissimum</i>			10-40 -	jaune	juillet-août	élevé						
<i>Carthamus lanatus</i>			30-60 -	jaune	juillet-août	élevé						
<i>Catapodium rigidum</i>			5-20 -		mai-juillet	élevé						
<i>Cirsium acaule</i>			5-20 -	rouge	juin-août	élevé						
<i>Erigeron acer</i>			10-40 -	rose	juillet-août	élevé						
<i>Festuca lemanii</i>			20-50 -			élevé						
<i>Filago pyramidata</i>			5-30 -	jaune	juin-septembre	élevé						
<i>Filago vulgaris</i>			10-35 -	jaune	juin-septembre	élevé						
<i>Fragaria viridis</i>			10-50 -	blanche	avril-juillet	élevé			fruits rouges			

* Statut : plante indigène / plante horticole
Le statut indigène correspond à des plantes de France métropolitaine

	Statut*	Caduc Persistant	Hauteur feuillage (cm) Hauteur floraison (cm)	Couleur floraison	Epoque floraison	Pouvoir couvrant	Exposition	Intérêt écologique	Observations Intérêts	Végétation & Epaisseur de substrat		
										Rase 8 à 10 cm	Herbacée 10 à 30 cm	Arbustive 30 à 80 cm
<i>Galium parisiense</i>			5-30 -	rouge	juin-août	élevé						
<i>Mibora minima</i>			3-10 -			élevé						
<i>Pulsatilla vulgaris</i>			- 20	pourpre foncé		élevé	soleil					
<i>Ophiopogon japonicus</i>		persistant	20 20	rose pâle	juin-juillet				fruits bleus			
<i>Sagina apetala</i>			3-12 -	blanc	mai- septembre	élevé						

* Statut : plante indigène / plante horticole

Le statut indigène correspond à des plantes de France métropolitaine



Fiche 6 : techniques d'installation

Les végétaux peuvent être mis en place selon plusieurs méthodes. Quelle que soit la technique, les végétaux/tapis végétalisés doivent être plantés/installés dans les 24h suivant la livraison.



Mise en place de tapis pré-cultivé

Plantation de godets

	SEMIS ou FRAGMENT	MICRO MOTTE ou GODET	TAPIS PRECULTIVE	CONTENEUR
Végétation	Végétation rase Végétation herbacée	Végétation rase Végétation herbacée	Végétation rase Végétation herbacée	Végétation arbustive
Type de toitures	Uniquement pour toitures plates Pas adapté aux toitures en pente	Toitures plates Peu adapté aux toitures en pente	Tous types de toitures mais préconisé pour toitures en pente	Uniquement pour toitures plates
Mise en œuvre	Semis en place sur le substrat	Plantation dans le substrat	Pose des tapis sur le substrat	Plantation dans le substrat
Epoque de plantation	Milieu de printemps Début d'automne	Printemps ou automne	Printemps ou automne	Printemps ou automne
Densité (variabilité en fonction des plantes)	5 à 150 g/m ² (graines) 60 à 80 pousses/m ² (semis de fragments)	Micro mottes : 20 plants/m ² Godets : 6-10 plants/m ²		
Temps de recouvrement	Environ 3 ans	1 an	Immédiat	1 an
Arrosages	Pendant la période de levée et la première année	A la plantation et pendant la période de reprise	A la plantation et pendant la période de reprise	A la plantation et pendant la période de reprise. En période estivale selon l'effet recherché
Entretien	4 à 6 désherbages la première année. 1 à 2 fois par an en entretien courant	Désherbages pendant la phase d'installation. 1 à 2 fois par an en entretien courant	1 désherbage annuel	Désherbage Taille des arbustes Effleurage
Avantages	Faible coût	Faible coût (micro mottes) Recouvrement rapide	Facilité de mise en œuvre Effet paysager immédiat Adapté aux toits en pente Désherbages rares	Effet paysager recherché rapidement obtenu
Inconvénients	Installation longue Inadapté aux toitures en pente Résultats pas toujours homogènes	Installation longue (micro mottes) Risque de déchaussement (godets)	Coût élevé (fourniture de l'ordre de 25 à 150 €/m ² en fonction du feutre, substrat et végétaux utilisés)	Coût élevé Entretien régulier

Fiche 7 : entretien

Le complexe de végétalisation doit être entretenu par l'entrepreneur - le cas échéant - pendant la première année (année de parfait-achèvement) ; la garantie de reprise doit être comprise dedans.



Désherbage sur toiture

	Végétation rase à très basse	Végétation herbacée	Végétation arbustive
Fréquence d'intervention			
Arrosage	1 ^{re} année : Arrosage obligatoire quelle que soit la technique de végétalisation afin d'assurer la reprise des végétaux (3 à 6 mois selon période de plantation)		
	Années suivantes : Uniquement en cas de sécheresse prolongée	Années suivantes : Uniquement en cas de sécheresse et en fonction de l'effet esthétique désiré	Années suivantes : En cas de sécheresse et en fonction de l'effet esthétique désiré
Désherbage	1 ^{re} année : Suppression obligatoire des végétaux pouvant endommager les couches d'étanchéité (Buddleia, etc.) et des adventices		
	Années suivantes : Désherbage manuel lors des visites d'entretien	Années suivantes : Désherbage plus fréquent en fonction du niveau d'entretien souhaité	
Taille	1 ^{re} année : Enlèvement des végétaux morts Années suivantes : Effleurage, taille, enlèvement des végétaux morts		
Soins aux végétaux	1 ^{re} année et années suivantes : Pas d'emploi de produits phytosanitaires chimiques, ni de fertilisation		
Remplacement	Attendre au minimum 1 an avant d'envisager un remplacement		

Fiche 8 : caractéristiques techniques

Une toiture végétalisée comprend 7 couches, dont les caractéristiques doivent être adaptées au poids de la structure porteuse.

L'utilisation du végétal en couverture d'une construction existe de manière ancestrale et a connu des changements au cours de l'histoire. Actuellement, la végétalisation d'une couverture est régie par une normalisation qui constitue un cadre réglementaire dont la stricte application est une condition sine qua non d'obtention des avis favorables des bureaux de contrôle et des garanties de la part des organismes compétents.

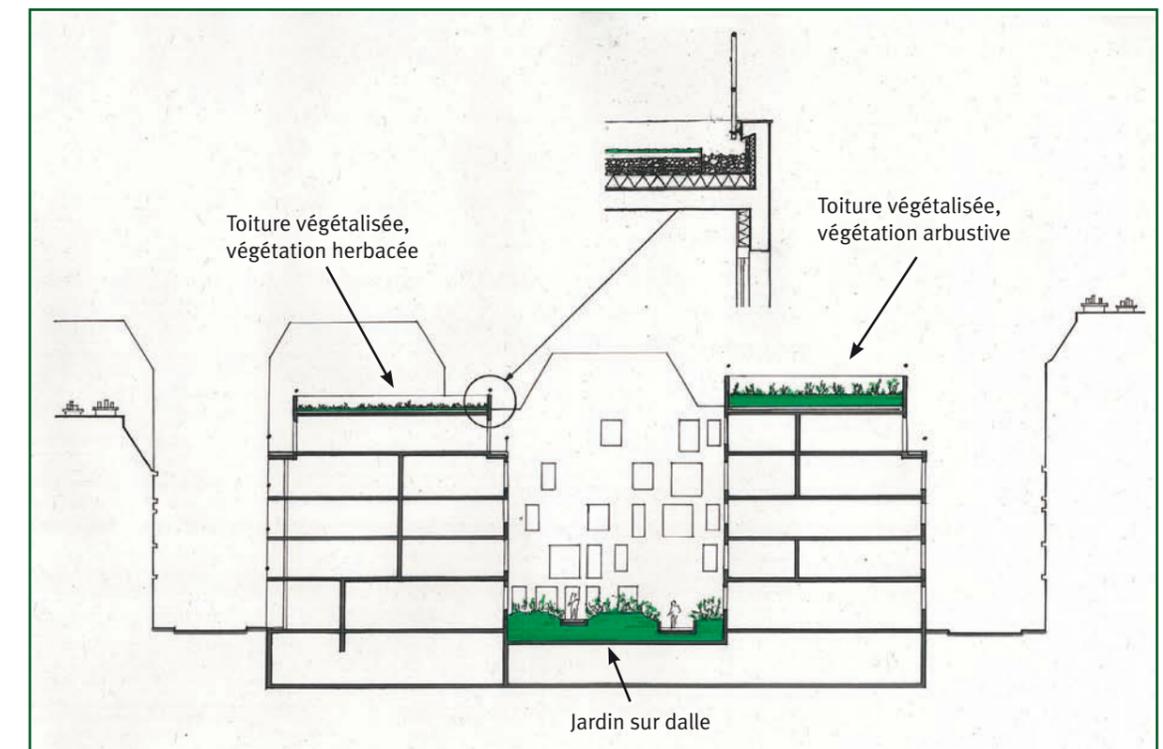
Les structures présentées dans les fiches suivantes peuvent accueillir les trois types de végétation à condition que celles-ci soient adaptées au poids envisagé.

Les contraintes et normes applicables concernent aussi bien les projets de réhabilitation que ceux de création.

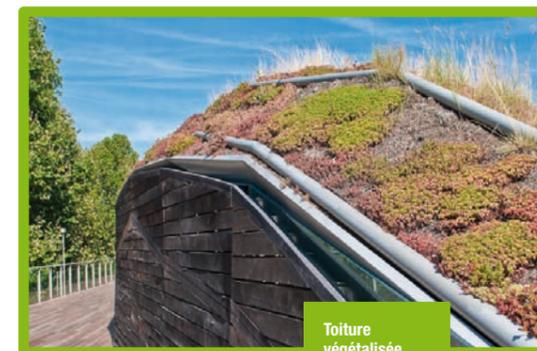
Les différentes couches d'une toiture végétalisée

Végétation	
Substrat	
Couche filtrante	
Couche drainante	
Membrane d'étanchéité + protection	
Isolant thermique	
Pare-vapeur	
Élément porteur	

Trois types de végétalisation horizontale



Fiche 9 : catégories de pentes



Toiture végétalisée cité de la mode

⇒ Élément porteur, charges et surcharges

Les charges et surcharges à prendre en compte sont identiques quel que soit l'élément porteur :

- Charges permanentes
- poids du complexe isolation thermique / étanchéité/pare-vapeur
- poids du complexe végétal et des couches filtrantes et drainantes qui tient compte d'une teneur en eau maximale
- 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 < 7%.

- Surcharges d'exploitation et climatique
- surcharge climatique (neige)
- surcharge d'entretien, fixée à 100kg/m²
- Surcharges en cas d'accessibilité au public

⇒ Etanchéité

Système (NF EN 13948), avec au moins une feuille résistante à la pénétration des racines

⇒ Drainage

Système performant afin d'évacuer l'eau en excès, résistant au gel
Possibilité de le coupler à une fonction de rétention d'eau
Ex : billes d'argile, concassage de brique

⇒ Filtre

Système assurant 3 fonction : anti-racine, protection contre le colmatage et séparation avec le support étanchéité-isolation
Filtre imputrescible, perméable et résistant à la déchirure

⇒ Zone stérile

Bande de 40cm de largeur située au droit des relevés d'étanchéité et composée de matériaux inertes
Accès aux relevés d'étanchéité et aux évacuations d'eaux pluviales sans endommager le complexe végétal
Bande non obligatoire mais recommandée par les professionnels de l'étanchéité.

⇒ Adduction d'eau

Un - ou plusieurs - point d'eau de débit dimensionné à la surface végétalisée doit être disponible au niveau de la terrasse, pendant et après les travaux.
Pour la végétation arbustive, un système d'arrosage intégré doit être envisagé.

⇒ Végétaux déconseillés

Certains types de végétaux présentent des développements racinaires tels qu'ils risqueraient de mettre en péril l'ouvrage. Il est donc recommandé de ne jamais les planter, par exemple :

- Bambous : tous genres et espèces
- Graminées : *Miscanthus floridulus/sinensis/sacchariflorus*, *Arundo donax*, *Carex glauca*, *Elymus racemosus*, *Phragmites australis*, *Spartina pectinata*
- Arbustes : *Amelanchier sp.*, *Sambucus nigra*, *Buddleia davidii*, *Polygonum sp.*, *Salix caprea*, *S. alba*

⇒ Catégories de pentes

La réglementation distingue deux grandes familles de toitures au regard de la pente :

- les toitures terrasses plates, de pente de 0 à 5 %
- les toitures inclinées, de pente > 5%

Ces pentes peuvent être classifiées en 4 catégories :

1. Toiture plate ou à faible pente : jusqu'à 2% (≈1°)
2. Pente faible : 3 à 5% (≈ 1,5° à 3°)
3. Pente faible à moyenne : 5 à 35% (≈ 3 à 20°)
4. Pente moyenne à forte : 35 à 60% (≈ 20 à 30°)

Les toitures accessibles aux personnes, qu'il s'agisse du public ou d'occupants privés, doivent avoir une pente minimum de 1%.

Les règles professionnelles pour l'aménagement des toitures-terrasses-jardins se limitent au cas des toitures de pente inférieure ou égale à 20%.

⇒ Nature de la structure

- Gros-œuvre en maçonnerie/béton armé (Règles DTU N° 43.1 Etanchéité / DTU N° 20.12)
Pente de 0% dite à pente nulle, inaccessible
Pente de 1 à 5% dite à faible pente, accessible
- Construction métallique/couverture en tôle d'acier nervurée (TAN) (Règles DTU N° 43.3)
Pentes > 3% et <20%
- Ossature bois/ couverture en panneaux bois (Règles DTU N°43.4)
Pentes > 5%
Toiture dite « rampante » de 5 à 15 % / inclinées > 15%

Ces règles générales sont assorties de prescriptions détaillées de pentes spécifiques en fonction de la région d'implantation de la construction (montagne) ou de l'usage de tout ou partie de la toiture (cheminement ou zone d'entretien).

⇒ Caractéristiques techniques

1. Toitures plates ou à faible pente

type de toiture réservée pour les structures béton
couche drainante suffisamment épaisse, de l'ordre de 5 à 8 cm

2. Pentes faibles

- couche drainante de 1 à 2 cm

3. Pentes faibles à moyennes

- pas d'obligation de système de drainage
- jusqu'à 20% : pas d'obligation de système de retenue mais emploi d'un substrat peu sensible au glissement et à l'érosion
- à partir de 20% : dispositif de retenue obligatoire

4. Pentes moyennes à fortes

- pas d'obligation de système de drainage
- mise en place obligatoire d'un système de retenue, bandes de retenues tous les 1 à 3m de dont la hauteur est au moins la moitié de celle du substrat
- Matériaux utilisables :
*bois traité / *métal résistant à la corrosion / *treillage rigide
- l'épaisseur de substrat doit être augmentée pour corriger la perte rapide de l'eau de gravité
- végétalisation par tapis pré-cultivé conseillée en raison des risques d'érosion du substrat

⇒ Impacts des pentes

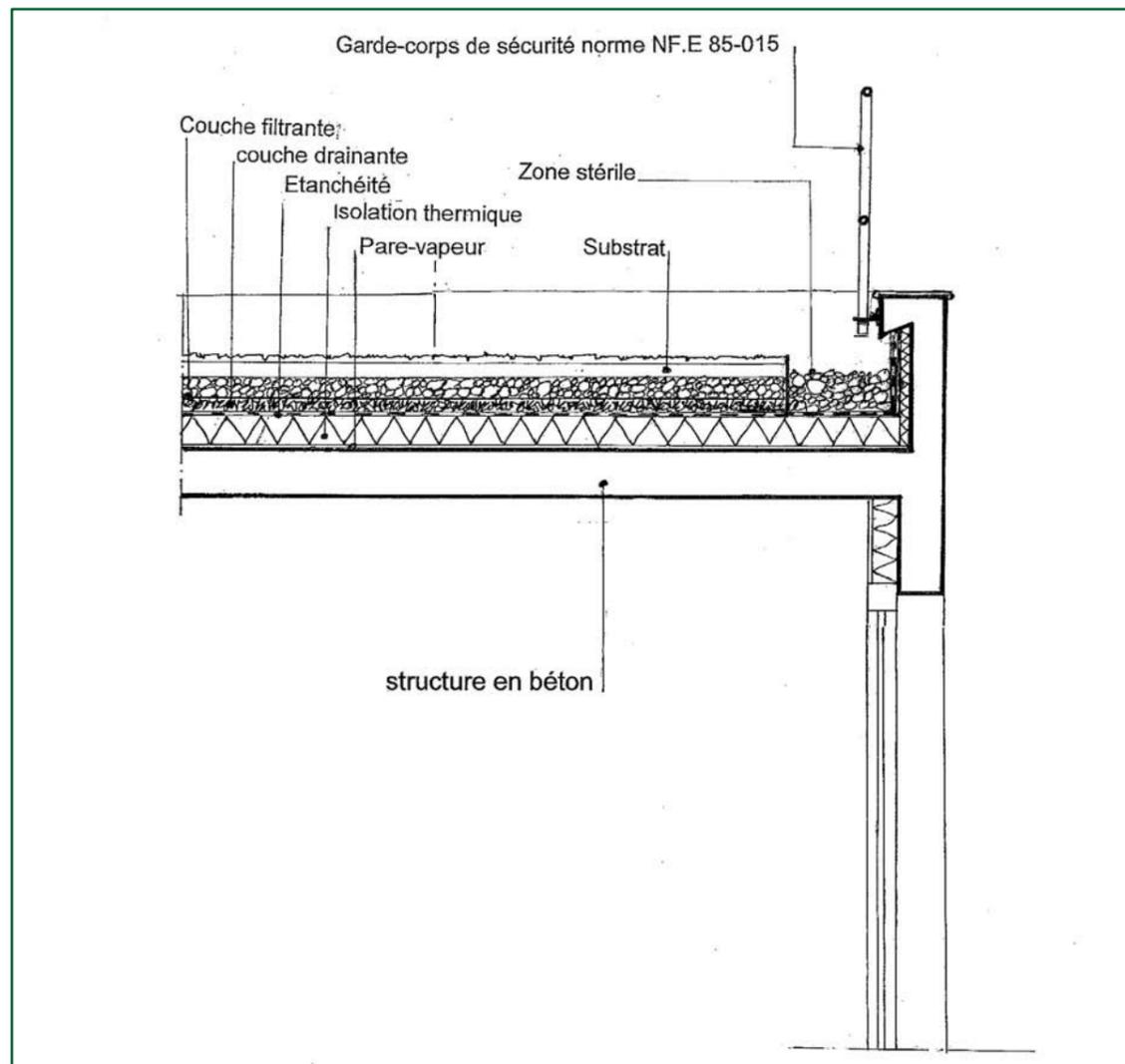
Plus la pente est forte plus :

- la mise en œuvre est complexe
- le prix est élevé
- la rétention en eau diminue
- l'exposition (ensoleillée ou ombragée) orientera le choix de la gamme végétale

Fiche 10 : structure béton

- ⇒ **Famille de matériaux** Béton et d'une manière générale tout élément porteur en maçonnerie
- ⇒ **Prescription du Document Technique Unifié** DTU n°43.1
DTU n°20.12 pour le gros oeuvre
- ⇒ **Revêtement d'étanchéité** Mise en œuvre sur le support en maçonnerie ou sur l'isolant thermique, lui-même fixé sur le gros oeuvre.
- ⇒ **Charges, épaisseur de substrat et végétalisation**
 - ≈ 100-150 kg/m² : végétation rase à très basse, 10 cm
 - ≈ 150-350 kg/m² : végétation herbacée, 10 à 30 cm
 - > 350 kg/m² : végétation arbustive, 30 à 80 cm

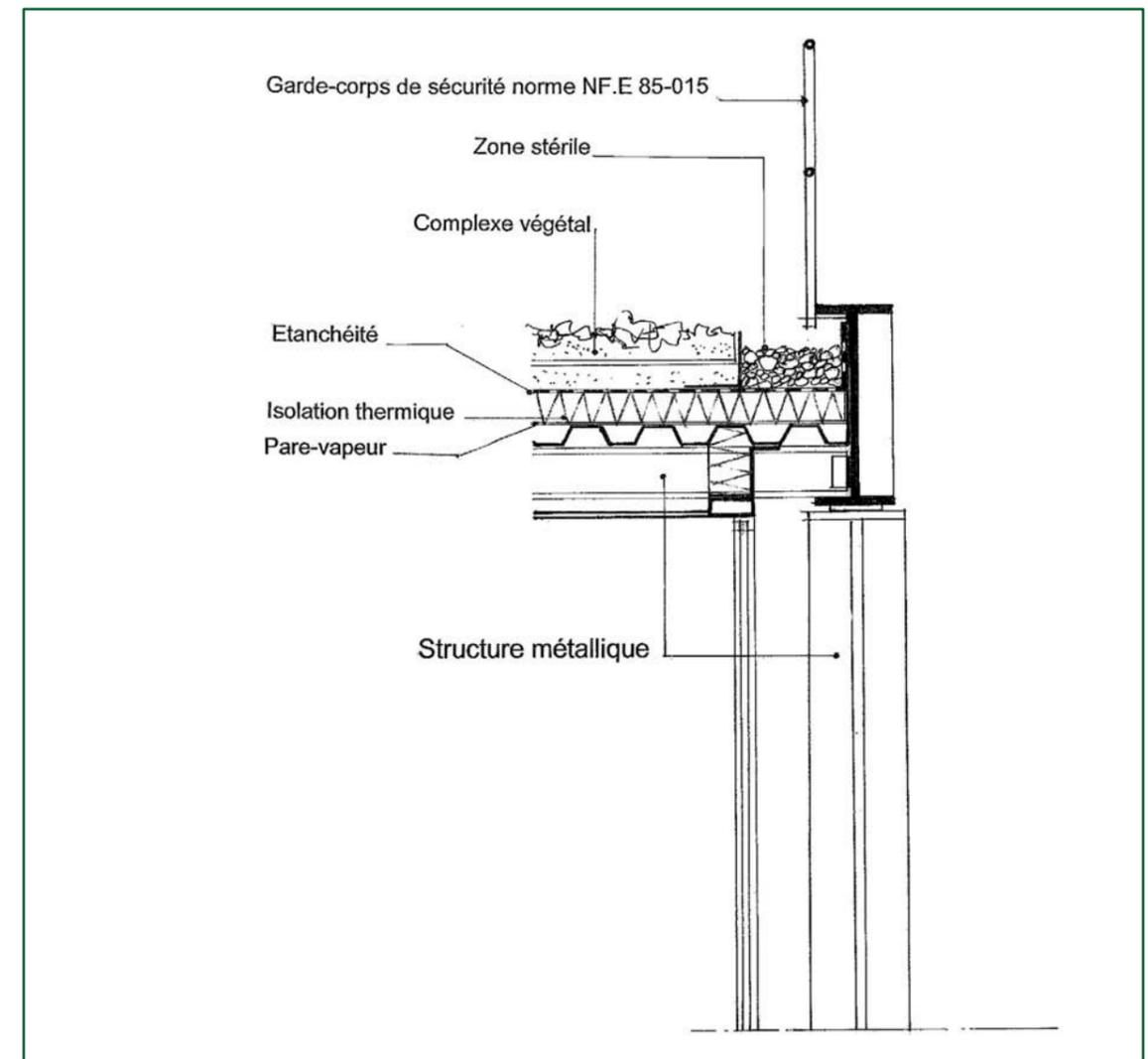
Coupe d'une toiture-terrasse à structure en béton



Fiche 11 : structure métallique

- ⇒ **Famille de matériaux** Métal, limité aux tôles d'acier nervurées (TAN)
- ⇒ **Prescription du Document Technique Unifié** DTU n°43.3
- ⇒ **Revêtement d'étanchéité** Mise en œuvre uniquement sur l'isolant thermique, lui-même fixé sur les tôles d'acier nervurées.
- ⇒ **Charges, épaisseur de substrat et végétalisation**
 - ≈ 100-150 kg/m² : végétation rase à très basse, 10 cm
 - ≈ 150-350 kg/m² : végétation herbacée, 10 à 30 cm
 - > 350 kg/m² : végétation arbustive, 30 à 80 cm

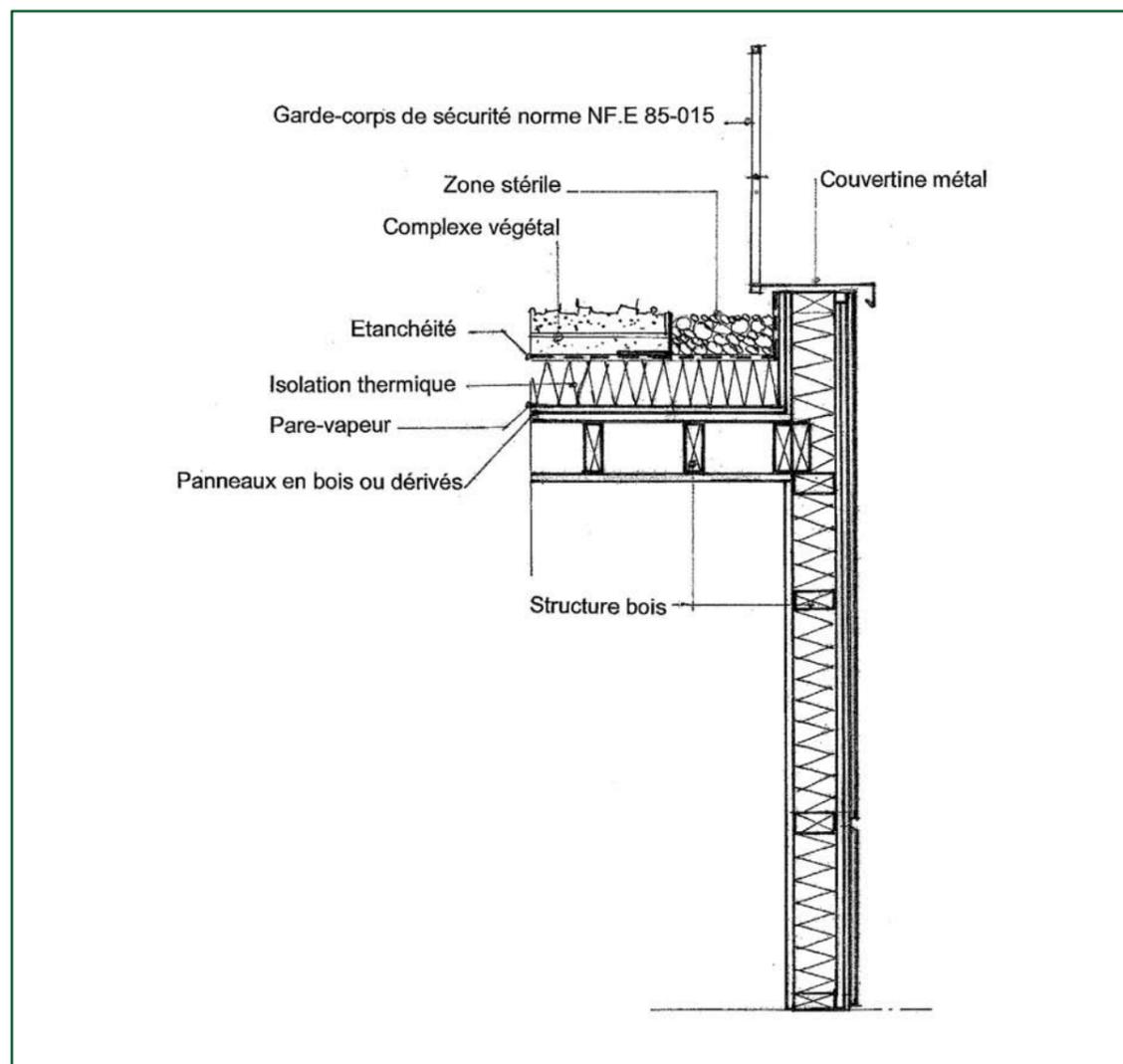
Coupe d'une toiture-terrasse à structure métallique



Fiche 12 : structure bois

- ⇒ **Famille de matériaux** Bois et panneaux dérivés du bois
- ⇒ **Prescription du Document Technique Unifié** DTU n°43.4
- ⇒ **Revêtement d'étanchéité** Mise en œuvre sur le support ou sur l'isolant thermique
- ⇒ **Charges, épaisseur de substrat et végétalisation**
 - ≈ 100-150 kg/m² : végétation rase à très basse, 10 cm
 - ≈ 150-350 kg/m² : végétation herbacée, 10 à 30 cm
 - > 350 kg/m² : végétation arbustive, 30 à 80 cm

Coupe d'une toiture-terrasse à structure bois



Fiche 13 : réglementation nationale

Ces textes réglementaires sont donnés en l'état des connaissances actuelles. Il convient donc de tenir compte de leurs évolutions.

⇒ Construction

⇒ Les normes DTU – document technique unifié

Dans les réglementations de construction, seul le DTU 43.1 « Travaux d'étanchéité des toitures-terrasses avec éléments porteurs en maçonnerie » - concernant les jardins-terrasses - détaille les conditions de végétalisation (étanchéité, drainage, 30 cm minimum de terre végétale).

Pour les autres types de toitures, en métal (DTU 43.3) et bois ou panneaux dérivés (DTU 43.4), la végétalisation n'est pas prévue.

⇒ Avis techniques

Cette procédure concerne les procédés nouveaux qui ne font pas encore l'objet de normes DTU. Les avis, donnés sous forme d'un document délivré par la Commission des Avis techniques du CSTB, ne concernent que l'étanchéité du procédé mais pas sa végétalisation (domaine qui n'est pas de sa compétence).

⇒ Cahiers des charges particulières (CCP) et cahiers des techniques de prescription de pose

Toujours pour des procédés nouveaux, en l'absence d'avis technique favorable, les entreprises peuvent avoir recours à ces cahiers qu'elles auront élaborés et soumis à l'approbation d'un bureau de contrôle agréé pour le contrôle des règles techniques.

Comme pour les avis techniques en ce qui concerne la végétalisation, cela donne une assurance, mais ce n'est pas une garantie absolument fiable.

⇒ Règles professionnelles (CSFE-UNEP) pour l'aménagement des toitures-terrasses-jardins

Pour pallier les insuffisances de garanties des normes DTU, avis techniques et cahiers des charges particulières, les professionnels du bâtiment (Chambre syndicale nationale de l'étanchéité) et du paysage (Union nationale des entrepreneurs du paysage) ont élaboré conjointement des recommandations professionnelles dans ce domaine d'activité où interviennent deux professions très différentes : l'étanchéité et le paysagiste.

Ces règles ont été approuvées par le conseil des professions de la fédération française du bâtiment, les bureaux de contrôle agréés concernés et les assureurs.

Elles garantissent la bonne cohabitation étanchéité-végétation.

⇒ Accessibilité, sécurité et circulation

En matière de sécurité des personnes et de garde-corps, textes réglementaires distinguent deux catégories de toitures-terrasses qu'elles soient végétalisées ou non :

- les terrasses inaccessibles : l'accès est limité aux personnels d'entretien (de la terrasse elle-même, mais aussi de la machinerie d'ascenseur, de la nacelle de nettoyage des vitres, etc.). La norme de garde-corps qui s'applique est la NF E 85-015.
- les terrasses accessibles : accessibilité aux personnes pour un usage autre que l'entretien ; les personnes visées sont aussi bien propriétaires, locataires ou visiteurs, et les immeubles peuvent être privés, habitations, bureaux ou équipement public, il n'y a pas de distinction. La norme de garde-corps qui s'applique est la NF P 01-012.

⇒ Pour les interventions d'entretien de la toiture (toiture inaccessible)

Toutes les dispositions prises pour les interventions sur toitures doivent figurer dans le dossier de maintenance de l'ouvrage (article R.4211-3 du Code du travail) ou le dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (article R.4532-95 du Code du travail).

Accessibilité à la toiture

Les modes d'accès par l'intérieur du bâtiment sont du type édicules de sortie en toiture-terrasse, c'est le mode d'accès le plus sûr. La sortie en terrasse doit s'effectuer, au minimum, à 1,50m des rives.

Les ouvrants en élévation ou en toiture ne doivent pas, en position d'ouverture, constituer un danger pour les travailleurs (art. R. 4214-5, Code du travail).

Les chutes de hauteur à travers les ouvrants devront être empêchées par des grilles de protection intérieures intrinsèquement résistantes permettant également, lorsque la partie ouvrante est ramenée en position fermée, de pallier la fragilité éventuelle de cette dernière.

Des moyens d'accès permanents par l'extérieur du bâtiment sont à prévoir tels les escaliers ou les échelles à marches pour les accès fréquents, et les 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/ou des matériaux. Dans les jardins, une attention particulière doit être accordée à la fermeture de ces accès.

Par ailleurs, il convient d'étudier les besoins en matière de manutention-levage entre le sol et la toiture et de prévoir le ou les moyen(s) permettant d'assurer ces besoins (ex : potence, etc.).

Fiche 14 : politique parisienne

Protection contre les chutes

L'évaluation des risques (fréquence et durée de l'intervention, nature de l'activité, caractéristique de l'ouvrage, etc.) détermine la protection à mettre en place.

La priorité doit être donnée à la mise en place d'un système collectif de protection contre les chutes, installé de manière permanente, quelque soit la hauteur du bâtiment. Il s'agit dans ce cas d'intégrer des acrotères, rambardes ou écrans servant de garde au corps, élevés à 1m au dessus du niveau fini de la terrasse.

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 (ligne de vie). 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).

Circulation et accès aux relevés d'étanchéité et évacuation d'eaux pluviales

Il convient de prévoir un cheminement principal, sans obstacle à enjamber, permettant si nécessaire le roulement d'équipements légers et une zone périphérique idéalement d'1,50m de large permettant la circulation liée à l'entretien.

Par ailleurs, une zone stérile de minimum 40 cm autour de chaque émergence doit être prévue. Elles ne sont pas considérées comme des chemins de circulation et permettent de faciliter l'accès aux relevés d'étanchéité et aux évacuations d'eaux pluviales. Compte-tenu de son emprise au détriment de la surface végétalisée, les règles professionnelles, définies précédemment, la préconisent comme obligatoire pour une surface de toiture supérieure à 100m².

→ Pour les toitures accessibles

Il convient de se référer à la réglementation des Etablissements Recevant du Public.

Accessibilité à la toiture

Toutes parties ouvertes au public doivent pouvoir être accessibles aux personnes en situation de handicap.

Protection contre les chutes

L'évaluation des risques (fréquence, nature de l'activité, caractéristique de l'ouvrage, etc.) détermine la protection à mettre en place.

Un système collectif de protection contre les chutes doit être installé de manière permanente, quelle que soit la hauteur du bâtiment. Il s'agit dans ce cas d'intégrer des acrotères, rambardes ou écrans servant de garde au corps, élevés à 1m au dessus du niveau fini de la terrasse.

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 (1m) 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 le chasse-roue, utile le long d'un cheminement en pente accessible aux personnes en situation de handicap,
- intégrer éventuellement une fonction anti-jet d'objets

GARDE-CORPS

Se référer aux normes françaises NF P 01-012 (toiture accessible) et NF E 85-015 (toiture inaccessible) 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 garde-corps minces (épaisseur inférieure à 0,20 m), la hauteur normale de protection est de 1m. Cette hauteur peut varier en fonction de l'épaisseur du garde-corps mais elle ne peut descendre en dessous de 0,80 m pour les bâtiments d'habitation (article R.111-15 du Code de la Construction et de l'Habitation).

Les garde-corps peuvent être ajourés ou pleins, simples ou composés.

Les barreaudages horizontaux sont interdits en partie basse du garde-corps (effet d'échelle), précisément sur 45 cm à compter du sol ; il faut alors prévoir un remplissage empêchant de glisser le pied pour se tenir en équilibre assisté.

Les barreaudages verticaux sont autorisés, avec un espacement maximal des barreaux de 11 cm.

⇒ Urbanisme

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 et respecter les règles d'urbanisme en vigueur (déclaration préalable à minima). Ces règles sont définies par le Plan Local d'Urbanisme (PLU).

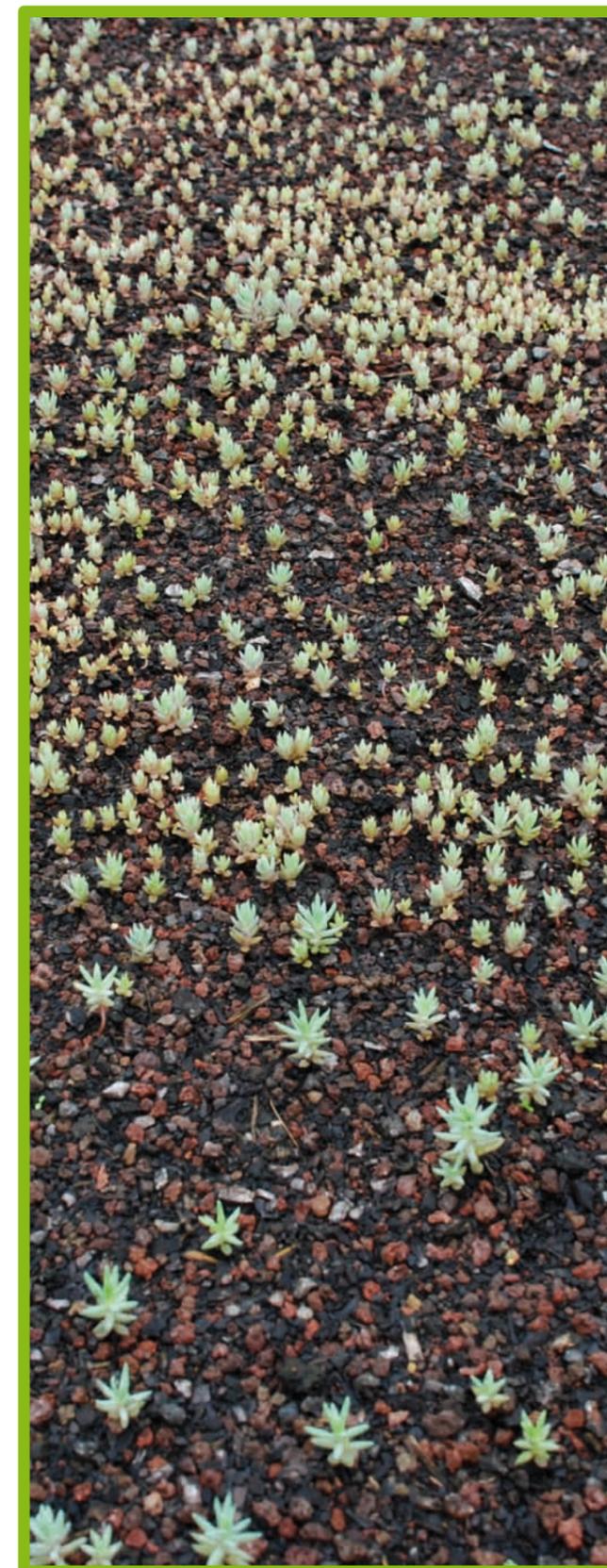
Les nouvelles dispositions du PLU de Paris, en vigueur depuis juin 2006, encouragent et permettent la végétalisation de la construction dans son ensemble. Ainsi, l'article 10 du PLU autorise, sous certaines conditions, le dépassement de hauteur des constructions, l'article 11 recommande la végétalisation des toitures-terrasses accessibles, murs pignons, balcons et loggias, ainsi que des éléments de construction en saillie, et l'article 13 stipule que toute végétalisation existante de toitures et terrasses doit être maintenue ou reconstituée lors de travaux de réfection et que la végétalisation doit être diversifiée et de qualité. Par ailleurs, les nouvelles plantations doivent être réalisées en fonction du caractère de l'espace, de sa vocation et des données techniques liées à l'écologie du milieu. Le PLU autorise également la réalisation d'accès à des toitures terrasses afin de faciliter la mise en œuvre et l'entretien de la végétation.

L'architecture végétale trouve ainsi une légitimité réglementaire dans le cadre du PLU.

⇒ Construction et aménagement durable

Plusieurs documents édités par la Ville de Paris font référence aux toitures végétalisées. Ils les préconisent et incitent à végétaliser les toits à faible pente en mettant en avant leurs bienfaits environnementaux et leur intégration dans le paysage :

- **Le référentiel d'Aménagement Durable** est un document pour l'ensemble des acteurs de l'aménagement. Il regroupe toutes les informations utiles pour l'amélioration globale de la conception et de la mise en œuvre des opérations d'aménagement. Les toitures végétalisées y sont évoquées dans l'axe 2 'cadre urbain' et 3 'environnement'.
- **Le Cahier des Recommandations Environnementales**, adopté par le conseil de Paris en juin 2006 et joint au Plan Local d'Urbanisme, s'adresse à tous ceux qui interviennent dans la réhabilitation ou la construction de bâtiments. Au-delà de la législation en vigueur, il a pour objectif de susciter, favoriser et encadrer la mise en œuvre d'un ensemble de pratiques et de modalités d'intervention sur le cadre de vie plus respectueuses de l'environnement. Sa fiche thématique 'Végétalisation' présente les solutions techniques et les aides possibles pour mener à bien les travaux de végétalisation des murs et toits.



Fiche 15 : Coût et contributions environnementales

La conception de toiture végétalisée, notamment en cas de création de bâtiments ou d'ouvrages, doit être pensée en amont dans le projet afin que la structure soit dimensionnée et budgétée en conséquence. En cas de réhabilitation, il faut s'adapter aux caractéristiques du bâtiment.

Cette fiche a été élaborée dans l'état des connaissances actuelles, elle évoluera au fur et à mesure des études.

	Toiture 1 dite de type extensif	Toiture 2 dite de type semi-intensif	Toiture 3 dite de type intensif
Végétation	végétation rase à très basse	végétation rase à très basse végétation herbacée	végétation rase à très basse végétation herbacée végétation arbustive
Complexe végétal Épaisseur substrat	aspect tapisant 10 cm, min 8 cm	aspect prairie 10-30cm	aspect « jardin » 30-80cm
Charge induite	100-150 kg/m ²	150-350 kg/m ²	→350 kg/m ²
Toiture	plate pente jusqu'à 30° (58%)	plate pente jusqu'à 30° (58%)	plate à faible pente (0-5%)
Accès au public (sous réserve des conditions de sécurité et de surcharge admissible)	généralement inaccessible	envisageable	envisageable
Entretien	faible	faible à modéré	modéré à élevé
Coût du complexe végétal de l'entretien	25-150€/m ²	100-250€/m ²	> 200€/m ²
Paramètres environnementaux estimés			
Isolation thermique	nul ou non avéré	faible	faible
Rétention eaux pluviales * (hauteur de lame d'eau absorbée en mm)	faible 4 à 8 mm	faible à modéré 8 à 22 mm	modéré à élevé 22 à 38 mm
Amélioration de la biodiversité **	faible	faible à élevé	faible à élevé
Lutte contre les îlots de chaleur ***	nul ou non avéré	faible à modéré	faible à élevé

Différents plans d'actions de la Ville de Paris font référence à ces paramètres environnementaux (* le zonage pluvial avec la limitation du déversement des eaux pluviales, ** le plan biodiversité et son observatoire de la biodiversité et *** le plan climat)



La toiture expérimentale du 103 avenue de France, Paris 13^e.

⇒ Environnement, gestion écologique et biodiversité

→ Gestion écologique des espaces verts

Sans énumérer tous les principes de base d'une gestion écologique, certaines pratiques à privilégier dans le cas des toitures végétalisées peuvent être citées :

- Concernant les espèces plantées, la gestion écologique met l'accent sur l'importance de choisir des végétaux en accord avec les caractéristiques locales du site.
- La gestion de l'état sanitaire des végétaux doit être réalisée par la protection biologique intégrée et doit proscrire le recours à des produits phytosanitaires issus de la chimie de synthèse, dangereux pour l'environnement et notamment pour la faune auxiliaire.
- La mise en place d'une gestion raisonnée de l'eau d'arrosage et la maîtrise des systèmes utilisés sont les clés pour optimiser la consommation en eau. Le « non arrosage » et la recherche d'alternatives à l'usage d'eau potable pour l'arrosage permettent de parfaire la gestion écologique et la préservation de la ressource en eau. Il convient en outre de se conformer aux arrêtés préfectoraux instaurant des restrictions dans l'usage de l'eau, et notamment de l'arrosage. A titre indicatif :
 - Niveau 1 (vigilance) et 2 (alerte) : limiter l'évapotranspiration en arrosant aux heures les moins chaudes et en paillant si possible
 - Niveau 3 (crise) et 4 (crise renforcée) : arrosage interdit
- La gestion des déchets verts se base sur la réduction de leur production, leur réutilisation et leur recyclage en dernier recours.

→ Plan biodiversité

A l'échelle parisienne, le développement de trames verte et bleue et la meilleure intégration de la biodiversité dans les aménagements font partie des objectifs majeurs du Plan Biodiversité, voté par le Conseil de Paris les 14 et 15 novembre 2011. Paris offre un territoire urbain très dense, dont les surfaces libres s'amenuisent. Le développement d'un réseau de continuités écologiques passe donc, entre autres, par la végétalisation des emprises bâties. C'est pourquoi, la Ville de Paris encourage la mise en œuvre de toitures végétalisées de qualité et se donne pour objectif de programmer 7 nouveaux hectares de toitures végétalisées sur l'ensemble du territoire parisien d'ici à 2020. A travers l'action 9 du plan « Renforcer les capacités d'accueil de la biodiversité sur les bâtiments », la Ville prévoit de saisir toutes les opportunités de créer des toitures végétalisées sur les bâtiments municipaux et de les promouvoir sur le bâti privé. Les espèces locales seront par ailleurs privilégiées afin d'optimiser la qualité écologique des toitures et leur intégration dans les écosystèmes régionaux. Dans le même esprit, tous fertilisants et traitements chimiques seront exclus de ces nouveaux espaces.

Limitation de ruissellement des eaux pluviales

L'application de l'article 4 du PLU ainsi que le projet de zonage pluvial de Paris préconisent une déconnexion des eaux pluviales du réseau, et obligent a minima, à un abattement volumique des 4, 8, 12 ou 16 premiers millimètres de pluie. La végétalisation des surfaces imperméables et notamment celles des toitures est un des moyens d'atteindre cet objectif.

EN CONCLUSION

La pérennité de la toiture végétalisée et l'optimisation des paramètres environnementaux dépendent essentiellement de l'épaisseur, de la composition du substrat et de la nature des végétaux. Dans la mesure du possible, la mise en œuvre d'une toiture à végétation herbacée avec un minimum de 10 cm d'épaisseur est à privilégier. Pour l'ensemble des paramètres environnementaux, l'amélioration augmente avec :

- l'épaisseur du substrat,
- la diversité et la densité végétale,
- la surface de toiture.

⇒ Bénéfices environnementaux

Le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment travaille actuellement sur l'intérêt des toitures végétalisées en terme de diminution du rayonnement solaire à l'échelle du bâtiment et de rétention des eaux pluviales. D'un point de vue thermique, leurs premières conclusions mettent en évidence qu'une toiture végétalisée suffisamment humide peut bloquer le flux solaire - grâce à l'évapotranspiration -, mais l'impact sur la consommation de refroidissement est inférieure à 10% et reste limité sous la toiture. Ces résultats ont été confirmés par le CRITT horticole qui précise par ailleurs que la végétalisation de toiture n'a pas de réel impact sur la consommation de chauffage. Le rôle des toitures végétalisées sur la thermique du bâtiment doit donc être relativisé. Cependant de réelles perspectives se dégagent quant au refroidissement au niveau de la couverture végétale et donc sur l'impact sur les îlots de chaleur et sur la protection de l'étanchéité. Pour la rétention des eaux, un substrat de 10-12 cm d'épaisseur et une végétation couvrante sont nécessaires pour répondre convenablement à la rétention des pluies d'orage.

Des préconisations plus précises peuvent être données pour développer et améliorer la biodiversité sur toiture :

- avoir un substrat proche d'un sol « naturel » dans sa composition, en privilégiant les ressources renouvelables,
- faire varier la hauteur des substrats et des strates plantées,
- diversifier la palette végétale,
- favoriser la flore locale dans la gamme des végétaux plantés,
- gérer le milieu dans le respect des espèces spontanées, tant animales que végétales (à l'exception des plantes qui peuvent endommager l'ouvrage),
- créer des zones refuges avec des abris, bois mort, points d'eau, nichoirs à oiseaux, à chauves souris, à insectes,
- bannir l'utilisation des produits chimiques (nettoyage, traitement sanitaire, fertilisation, etc.),
- créer une continuité sol - toiture avec des plantes grimpantes par exemple.



Directrice de la publication : Régine Engström
Chef de projet : Dorothée Descamps
Edition : Christine Laurent
Rédaction : Services de la DEVE, DPA, DU, DPE et DLH
Conception graphique et réalisation : Jean-Claude Dejean
Impression : CHAUMEIL, sur papier 100 % recyclé
Date d'édition : septembre 2012
1^{er} tirage : 50 exemplaires

Crédits photos :
Marc Chazelle - p.21 ;
Dorothée Descamps - p.2,4,9 ;
Dany Gander-Gosse - p.17,18 ;
DR - p.16 ;
J-Emmanuel Michaut - p.1,7,8,14,30 ;
Fiona Stewart - p.27,28 ;
Illustrations (Schémas) :
Etienne Vanderpooten - p.22,23,24 ;
Daniel Guyenet - p.19.

TOUTE L'INFO
au 3975* et
sur PARIS.FR

*Prix d'un appel local à partir d'un poste fixe sauf tarif propre à votre opérateur