

LES TOITURES VÉGÉTALISÉES

NOTE TECHNIQUE ET BENCHMARK
Avril 2021

une
autre
ville

Commanditaires



Partenaires

TRANS
FAIRE

Il existe 3 principaux types de toiture végétalisée ayant chacun leurs avantages et inconvénients :

	Extensive	Semi-intensive	Intensive
Epaisseur de substrat	3 à 10 cm	10 à 30cm	> 30 cm
Surcharge Mode constructif	80 à 180 kg/m ² TAN / Bois / Béton	180 à 350 kg/m ² Bois / Béton	> 350 kg/m ² Béton
Pente	Possible avec des systèmes de retenue le cas échéant	Possible avec des systèmes de retenue le cas échéant	A priori non pertinent
Accès	Accès technique uniquement	Accès uniquement technique dans la majorité des cas	Accessible à des usagers (anticiper le respect des règles d'accessibilité le cas échéant, PMR par exemple)
Entretien de confortement	3 à 5 passages par an	10 passages par an	1 à 2 passages par mois
Entretien courant	1 passage annuel pour vérifier l'évacuation d'eaux pluviales + 1 à 2 passages annuels pour l'entretien	5 à 8 passages par an en fonction de l'esthétique souhaitée	Plus de 8 passages par an en fonction de l'esthétique souhaitée
Coût (invest)	25 à 100 €/m ² en fonction du type de végétalisation	100 à 200 €/m ² en fonction du type de végétalisation	200 €/m ² minimum (Le champ des possibilités étant très vaste, il est difficile de donner un ordre de grandeur précis.)
Coût de gestion	8 à 30 €/m ²	30€/m ²	30€/m ² en fonction de l'esthétique souhaitée et des usages en toiture

Synthèse des solutions de TTV
 Source : [une autre ville](#)

Notre étude nous a permis d'identifier les points saillants suivants :

>>> Les toitures végétalisées représentent un vrai atout

- Pour le développement de la biodiversité
- Pour la régulation du climat
- Pour la gestion des eaux pluviales

>>> Les toitures végétalisées tendent à se généraliser

- Naissance d'un référentiel dédié et associé à celui de la HQE
- L'ADIVET discute avec les services de l'état pour que l'ACV dynamique (RE2020) prenne correctement en compte la réalisation d'une toiture végétalisée
- L'ADIVET souhaite la création d'un label dédié
- Des subventions (Région IDF et AESN) sont possibles pour permettre son développement

>>> La concurrence des usages en toiture incite à la mise en place d'une stratégie à grande échelle

- Les toitures hautes (sup à 10m) serait plus pertinente pour la production énergétique
- Les toitures basses (inf ou égale à 10m) serait plus pertinente pour la végétalisation
- Le type de gestionnaire (public ou privé) pourrait également être pris en compte

>>> Le mode constructif est un élément important mais pas toujours déterminant

- Les structures porteuses en béton peuvent supporter tout type de toiture végétalisée
- Les constructions mixte ou tout bois sont dédiées aux toitures extensives ou semi intensives
- L'ADIVET préconise de créer un lot unique « étanchéité et toiture végétale » et incite à sélectionner des entreprises certifiées "VT 800" ou "VT 810" (certification non obligatoire mais qui assure la compétence – sur le même modèle que la certification RGE pour les travaux de rénovation-)

>>> La gestion s'anticipe réellement

- Les modalités techniques doivent être intégrées dès la phase de conception : conditions d'accès à la toiture et présence d'un point d'eau notamment
- Les modalités contractuelles sont importantes :
 - Le projet de toiture végétalisée doit anticiper les prestations d'entretien (notamment les consommations en eau)
 - Le contrat d'entretien/maintenance doit mentionner explicitement le type de prestations et les fréquences associées
 - Le gestionnaire doit être vigilant aux compétences de l'entreprise qui assure l'entretien/maintenance (une entreprise multi-services n'est pas forcément compétente pour l'entretien de toiture végétalisée)

Une toiture végétalisée, aussi appelée PCVH (Paroi Complexe Végétalisée Horizontale), est une toiture en pente ou non (inclinaison de 30° maximum, au-delà, cela est caractérisé de mur ou façade végétalisée ou de PCVV - Paroi Complexe Végétalisée Verticale), recouverte d'un substrat végétal en alternative aux matériaux couramment utilisés (gravillons, tuiles, tôles ou autre).

Cette technique existe vraisemblablement depuis le néolithique (12500 à 8000 av. J.-C.). De nombreuses expériences conduites en Europe (notamment depuis les années 1970) ont montré que l'aménagement d'un toit planté contribuerait à la restauration ou protection de la biodiversité, la qualité de l'air et l'atténuation des îlots de chaleur urbains et se révélerait pertinent dans un objectif de développement urbain pérenne.

Cette note a vocation, après un rappel de définitions techniques, à présenter les différentes familles de solutions possibles et d'en préciser les modalités techniques et économiques. La fin du document traite, elle, des certifications et subventions existantes en Île-de-France mobilisables pour la réalisation d'un tel projet.

Sommaire

1. Définitions techniques

p.6

- 1.1 Structure [p.7](#)
- 1.2 Charge [p.8](#)
- 1.3 Pente [p.9](#)
- 1.4 Documents cadres [p.10](#)

2. Potentiels écologiques

p.11

- 2.1 Développement de la biodiversité [p.12](#)
- 2.2 Rétention des eaux de pluie (EP) [p.15](#)
- 2.3 Autres bénéfiques [p.16](#)

3. Les grandes familles de solutions

p.18

- 3.1 Toitures à végétalisation extensive [p.19](#)
- 3.2 Toitures à végétalisation semi-intensive [p.21](#)
- 3.3 Toitures à végétalisation intensive [p.23](#)
- 3.4 Les solutions clé en main [p.25](#)
- 3.5 Cas particuliers [p.26](#)

4. Labels et certifications

p.30

- 4.1 Effinature [p.31](#)
- 4.2 OsmoZ [p.31](#)
- 4.3 HQE [p.32](#)
- 4.4 LEED [p.32](#)
- 4.5 Autres labels et certifications [p.32](#)
- 4.6 Un Label dédié ? [p.33](#)

Sommaire

5. Subventions possibles en Île-de-France

p.34

5.1 L'agence de l'eau Seine Normandie
p.35

5.2 La Région IDF
p.35

6. Benchmark

p.36

6.1 Hall 7 - Parc des exposition Ville-pinte
p.38

6.2 École primaire des Sciences et de la Biodiversité
p.40

6.3 Groupe scolaire Aimé Césaire
p.44

6.4 GTM Bâtiment
p.46

6.5 Ivry Madiba
p.48

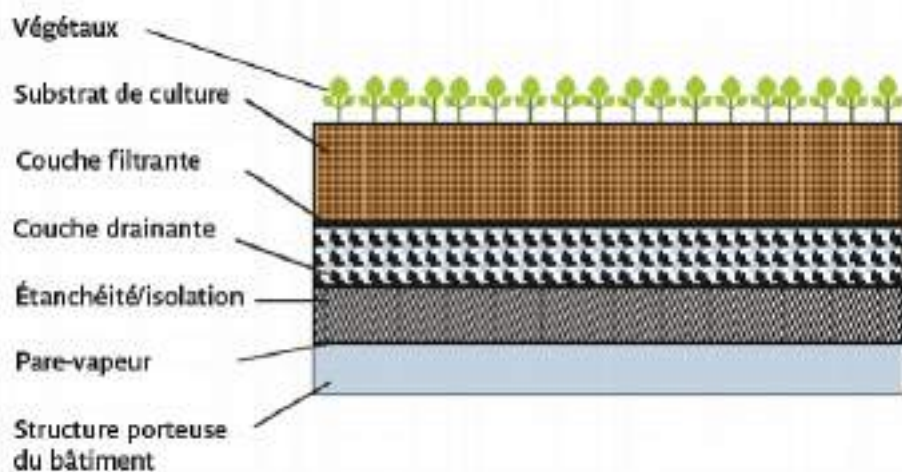
6.6 Collège Arche Guédon - Torcy
p.50

6.7 ENSTA
p.51

6.8 La vague verte
p.52

1.

Définitions techniques



1.1 Structure

Dans le détail une toiture végétalisée est composée de plusieurs couches en superposition de la dalle de plancher :

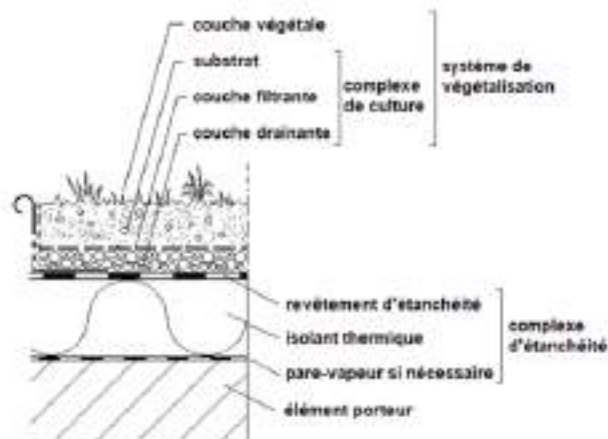
- **Un complexe d'étanchéité** qui a pour objectif d'éviter l'infiltration des eaux dans le bâtiment. Celui-ci est constitué d'un pare-vapeur, d'un isolant thermique et d'une membrane d'étanchéité. Sa conception et réalisation que ce soit pour une toiture végétalisée ou non est la même. La seule différence réside dans la présence d'un agent anti-racinaire.
- **Un agent anti-racinaire** pour protéger le complexe d'étanchéité d'un éventuel percement causé par la croissance des racines. Cette fonction est assurée soit par traitement chimique des membranes d'étanchéité, soit par une membrane en polymères synthétiques. A noter que cette dernière solution est à privilégier car les protections chimiques influencent la qualité des eaux de ruissellement issues des toitures végétalisées^{1 2}
- **Un complexe de végétalisation** composé :

→ **d'un substrat**³ : celui-ci peut-être déjà végétalisé ou non au moment de la réalisation⁴ et être de différentes natures en fonction du type de végétation et/ou d'usage recherchés (sables, matériaux recyclés tels que des briques et tuiles concassées, la fibre de coco, compost, pouzzolane...);

→ **d'un volume de stockage/drainage** des eaux généralement composée de granulats meubles (billes d'argiles par exemple), d'une épaisseur variant entre 1cm et 8cm en fonction de la pente. Afin d'éviter le colmatage⁵ du système de stockage/drainage, un filtre doit être inséré entre la couche drainante et le substrat. Il en existe deux types : les filtres géotextiles en propylène ou en polystyrène non-tissé⁶.

Cette couche de drainage/stockage n'est pas obligatoire mais elle permet à la fois la remontée capillaire pour alimenter les plantes en eau et l'asphyxie racinaire. Cette solution a donc l'avantage de diminuer les besoins en arrosage. Le guide de préconisations du Grand Lyon précise que l'eau accumulée sous la couche drainante n'est ni à l'air libre, ni à la lumière ce qui limite considérablement le risque sanitaire de propagation d'algues et de bactéries.

Les deux schémas, ci-contre permettent de mieux visualiser les différentes couches composant une toiture végétalisée.



Coupe d'un système de végétalisation type
Source : ADIVET, CSFE, SNPPA, UNEP. (2008). Règles professionnelles pour la conception et la réalisation des terrasses et toitures végétalisées. p.13



- | | | | | | | | | | |
|-----------------|------------------|------------|----------|--------|----------|------------|---------------------|----------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Élément porteur | Complexe isolant | Étanchéité | Drainage | Filtre | Substrat | Végétation | Excavation pluviale | Bande pourtour | Dispositif de séparation |

Coupe de principe d'une toiture végétalisée
Source : <http://www.vegetalid.fr/en-savoir-plus-sur-la-vegetalisation/qu-est-ce-qu-une-toiture-vegetale.html>

1 Guides des toitures végétalisées et cultivées, Mairie de Paris, 2017 p.23

2 Pour en savoir plus sur les règles d'étanchéité : Les règles professionnelles pour la conception et la réalisation des terrasses et toitures végétalisées.

3 Support ou base sur lequel peuvent se développer les végétaux. Ce peut être aussi bien des sédiments, de la vase, des roches que des granulats spécifiques à un bassin biologique.

4 Les Brown Roof (= toiture sauvage) présentées dans la suite du document) ne sont par exemple pas végétalisées au moment de la réalisation.

5 Le mélange du substrat à la couche de drainage

6 Toitures terrasses végétalisées et gestion des eaux pluviales en Seine-Saint-Denis, Guide d'information applicable en zone urbaine dense, 2017 (p.17)

A noter que l'épaisseur des différentes couches est à dimensionner en fonction de plusieurs paramètres : pluviométrie, fréquence et durée des épisodes de gel, type de végétation, caractéristiques du substrat ...

Par ailleurs, que ce soit pour le choix des matériaux de substrat ou de drainage, une attention particulière doit être donnée à la provenance des matériaux et au bilan carbone de ceux-ci afin d'en limiter les effets sur le bilan carbone total de l'opération immobilière (à titre d'exemple la pouzzolane,

qui est une pierre volcanique, n'est a priori pas une solution à privilégier en IDF). Les matériaux granuleux issus du réemploi (gravier, briques concassées, pierre ponce, argile expansée, ...) peuvent être utilisés à cet effet. La granulométrie doit se situer entre 2mm et 16mm.

type de matériaux	poids sec en kg / m ³	poids saturé d'eau en kg / m ³	retention d'eau en % du poids sec	granulométrie	prix au m ³ 07/2010	durée de vie	mise en oeuvre	pH
sables	1800	2100	0	0,6	20,00 €	très longue	facile	acide ou calcaire
billes d'argile expansée	700	810	15	10,00	700,00 €	très longue	pneumatique	neutre après rinçage
pouzzolane	1400	1820	30	2,6	60,00 €	très longue	facile	neutre
perle	90	130	35 à 50	3,8	130,00 €	longue	port de masque	basique
vermiculite	70	100	45 à 50	2,5	130,00 €	5 à 10 ans	port de masque	neutre
laine de roche batticelle	60	110	80	floccons	100,00 €	longue	pneumatique, port de masque	neutre après rinçage
filre de coco	100	300	200	30/50 (longueur fibre)	200,00 €	5 à 20 ans	facile	neutre
terre végétale	1800	2200	20	variable	30,00 €	10 ans	soignée	variable
terre de bruyère	1500	2000	30	variable	40,00 €	10 ans	soignée	acide
taïles recyclées	1400	1500	10	2,6	20,00 €	très longue	facile	neutre

Tableau comparatif des matériaux constitutifs de substrats.

Source : Guide de préconisations relatives à la mise en place de toitures végétalisées du Grand Lyon

1.2 Charge

Une toiture végétalisée peut s'installer a priori sur tous les supports porteurs, et notamment ceux listés ci-dessous :

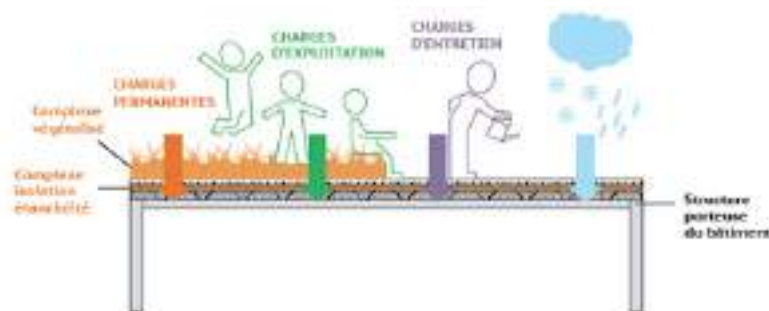
- Béton, béton cellulaire
- Tôles d'acier nervurées (TAN),
- Bois ou panneaux à base de bois. A noter qu'une charge complémentaire forfaitaire de 85 daN/m² est à ajouté par rapport au béton lorsque la pente est inférieure à 7 % sur plan.

Une étude spécifique demeure toutefois nécessaire afin d'attester de la capacité de la structure porteuse à accepter la charge totale induite. Cette étude doit tenir compte des charges permanentes (complexe d'étanchéité, complexe de

végétalisation et poids forfaitaire de sécurité) et des charges temporaires (d'exploitation, d'entretien et climatiques).

Pour ce faire, un diagnostic de la structure est obligatoire sur les lots déjà construits. Sur les lots neufs, il sera nécessaire de procéder par itération afin de prendre en compte :

- Le mode constructif ;
- Les usages en toiture ;
- Le projet paysagé donc les caractéristiques du substrat dont notamment la charge induite par la Capacité Maximale en Eau (CME) de ce dernier.



Charges et surcharges à prendre en compte dans un projet de toiture végétalisée.
Source : Guides des toitures végétalisées et cultivées, Mairie de Paris, 2017

Plus précisément, la CME représente la quantité d'eau retenue par les matériaux constitutifs du complexe de culture (volume/m² de toiture) après saturation en eau pendant 24 heures puis ressuyage pendant deux heures¹.

Les ordres de grandeur des charges supportées en fonction de l'épaisseur de substrat est présenté dans le tableau ci-dessous :

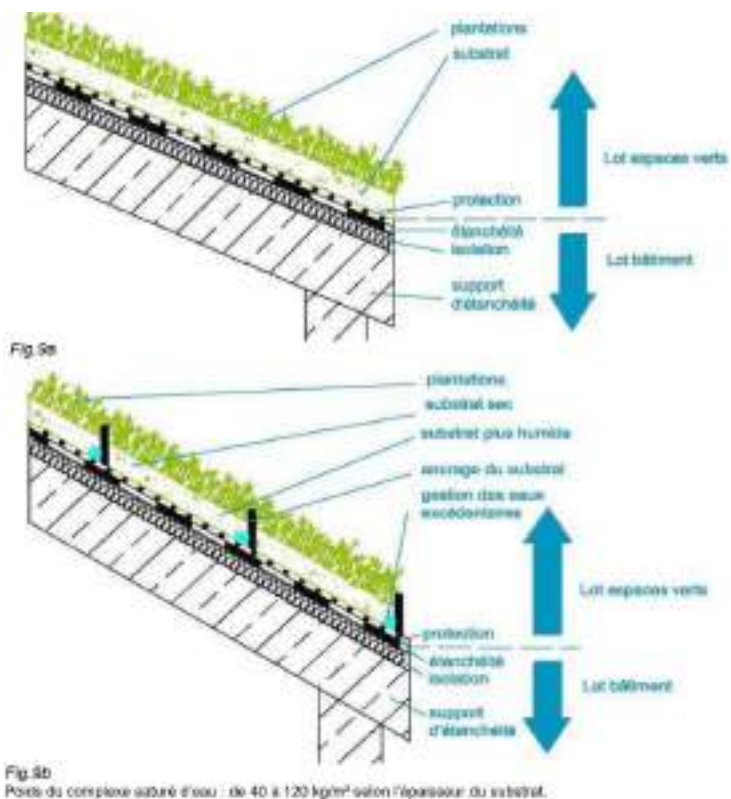
Type de toiture	Épaisseur de substrat	Surcharge
Extensive	3 à 10 cm	80 à 180 kg/m ²
Semi intensive	10 à 30 cm	180 à 350 kg/m ²
Intensive	> 30 cm	> 350kg/m ²

Compte tenu de ces surcharges, l'ADIVET précise que les toitures ayant une épaisseur de substrat supérieure à 30cm sont à réaliser sur les structures porteuses en béton. Pour des épaisseurs de substrat inférieure à 30cm le projet peut a priori être réalisé sur tout type de structure (TAN, bois, béton).

1.3 Pente

Le degré d'inclinaison de la toiture est un élément important. Végétaliser une toiture en pente nécessite certaines précautions pour éviter le glissement du substrat et des végétaux :

- **Des systèmes de retenue** (lattes, planches ou grilles) implantés de façon transversale à la pente et espacés de 1 à 3m en fonction de la pente permettent d'éviter les glissements et de ralentir les écoulements d'eau (cf. coupe ci-dessous).
- **La composition du substrat** doit favoriser sa stabilité et limiter son érosion afin de maîtriser le risque de glissement. Il est conseillé d'installer sur l'étanchéité une couche d'accrochage type géotextile à forte rugosité en cas de forte pente.
- **Les végétaux choisis doivent être adaptés au substrat et aux contraintes générées par la pente** : il sera nécessaire de favoriser le bon enracinement pour optimiser le maintien de la végétalisation (un mélange sedum/graminées est efficace, ces dernières ayant un chevelu racinaire retenant bien le substrat, toutefois elles ont un faible intérêt écologique). Par ailleurs, les végétaux en amont de la pente devront préférer les milieux secs à l'inverse de ceux présents à l'aval de la pente, ceux-ci étant amenés à recevoir des volumes d'eau plus importants.²



Source : Grand Lyon - Préconisations relatives à la mise en place de toitures végétalisées p.16

1 ADIVET, CSFE, SNPPA, UNEP. (2008). Règles professionnelles pour la conception et la réalisation des terrasses et toitures végétalisées. p.15

2 Guides des toitures végétalisées et cultivées, Mairie de Paris, 2017 p. 19

Le guide des toitures végétalisées et cultivées de la Mairie de Paris donne quelques informations complémentaires sur le type de structure porteuse et la couche de drainage à adopter en fonction du degré d'inclinaison (cf. tableau ci-dessous). On note que la pente permet de s'affranchir des systèmes de drainage car la gravité permet l'écoulement.

Le guide de préconisations relatives à la mise en place de toitures végétalisées du Grand Lyon préconise même d'avoir une pente de 3% minimum sans bosse ni creux de façon à limiter le risque d'infiltration d'eau.

Toiture plate ou à faible pente (jusqu'à 2 % ou 1°)	<ul style="list-style-type: none"> • 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°)	<ul style="list-style-type: none"> • 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°)	<ul style="list-style-type: none"> • pas d'obligation de système de drainage, • pour une pente jusqu'à 20 % : <ul style="list-style-type: none"> - 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 % : <ul style="list-style-type: none"> - 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°)	<ul style="list-style-type: none"> • 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

Toitures en pente et caractéristiques de végétalisation

Source : Guides des toitures végétalisées et cultivées, Mairie de Paris, 2017 p.90

1.4 Documents cadres

Un document technique unifié (DTU) est un document applicable aux marchés de travaux de bâtiment en France. Ces derniers sont classés par lot technique (maçonnerie, fondation etc.).

La section 43 des DTU concernent l'Étanchéité des toitures. Ceux-ci servent de références techniques et administratives pour l'exécution de travaux d'étanchéité au niveau des toitures et des toitures-terrasses des bâtiments, ainsi que les critères de choix des matériaux :

- 43.1 et 43.2 Étanchéité des toitures-terrasses et toitures inclinées avec éléments porteurs en maçonnerie en climat de plaine
- 43.3 Mise en œuvre des toitures en tôles d'acier nervurées avec revêtement d'étanchéité
- 43.4 Toitures en éléments porteurs en bois et panneaux dérivés du bois avec revêtements d'étanchéité
- 43.5 Réfection des ouvrages d'étanchéité des toitures-terrasses ou inclinés

- 43.6 Étanchéité des planchers intérieurs en maçonnerie par produits hydrocarbonés
- 43.11 Étanchéité des toitures-terrasses et toitures inclinées avec éléments porteurs en maçonnerie en climat de montagne

A noter qu'aucun d'eux ne traitent des toitures végétalisées. Seules les toitures intensive sur structure béton sont mentionnées. Il manque alors le cas des toitures végétalisées extensives ou semi intensives sur structure béton, bois et TAN.

Pour palier à ces manques l'ADIVET, en partenariat avec le Conseil des Professions de la Fédération Française du Bâtiment (FFB) d'une part et par la Commission Prévention Produits (C2P) de l'Agence Qualité Construction (AQC) d'autre part, a formalisé les Règles professionnelles pour la conception et la réalisation des terrasses et toitures végétalisées.

Ce document constitue la référence en la matière. Les procédés détaillés sont pris en considération par les assureurs au titre de techniques courantes.

2.

Potentiels écologiques



2.1 Développement de la biodiversité

A. RICHESSE ÉCOLOGIQUE

Les toitures végétalisées peuvent constituer des lieux d'accueil, de circulation, de reproduction et d'alimentation pour diverses espèces. La hauteur à laquelle se situe la toiture est une donnée d'entrée importante pour juger du potentiel écologique de celle-ci.

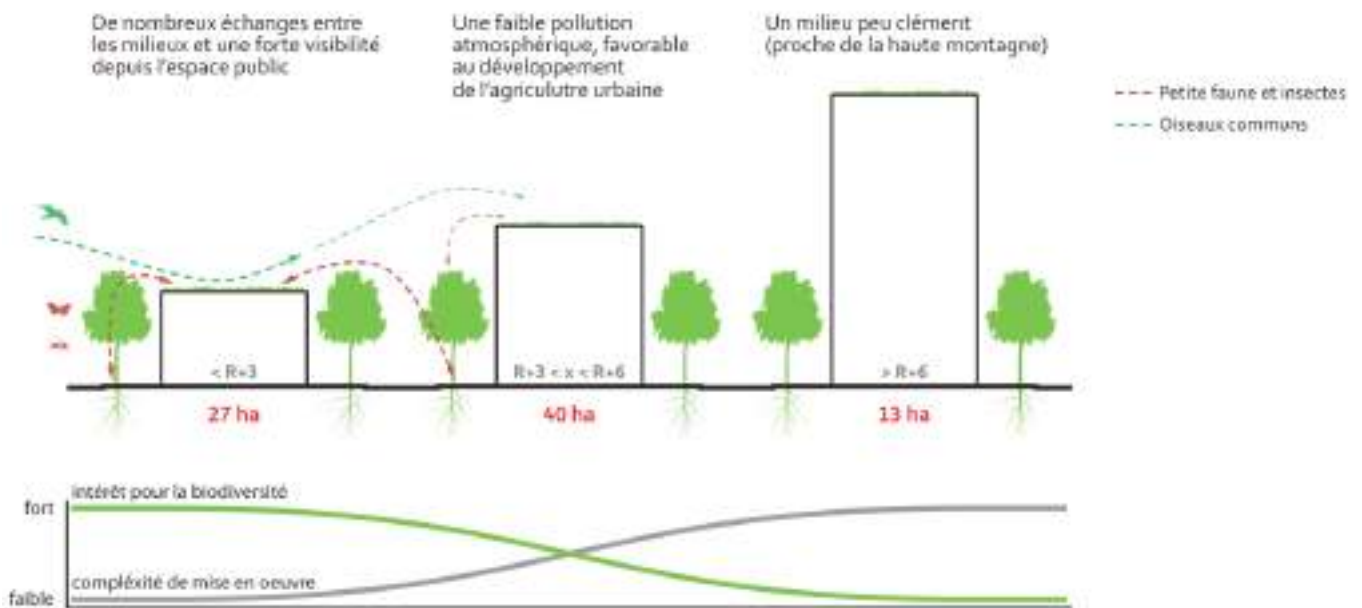
L'étude GROOVES de l'Agence Régionale de la Biodiversité (ARB) en IDF est très instructive. Elle indique notamment :

- Qu'au-delà de 10 m de hauteur, la richesse en plantes n'augmente plus et la richesse en variétés d'insectes diminue.
- Qu'à grande échelle, la multiplication des toitures peut constituer une trame verte efficace pour le territoire sous la forme de « pas japonais ».
- Que la richesse en espèces augmente avec l'épaisseur du substrat des toitures. Elle est ainsi plus faible sur les toitures extensives que sur les toitures semi-intensives et intensives. Toutefois, il semble que la diversité de la flore atteigne un premier palier autour de 30 cm d'épaisseur de substrat. Pour dépasser ce palier, il sera nécessaire de diversifier les épaisseurs de substrats et donc les strates végétales.

Le schéma de principe ci-dessous réalisé par l'APUR illustre les deux premiers points de l'étude ARB IDF. La complexité de mise en œuvre en fonction de la hauteur est toutefois à nuancer. Nous verrons dans la suite du présent document que c'est davantage le type et l'épaisseur de substrat qui complexifie la réalisation que la hauteur de la toiture.

A noter que le développement de la biodiversité en toiture est également dépendant de la place que lui consacre les usagers du site. La fréquentation de la toiture limite l'épanouissement de certaines espèces florale/faunistique et/ou nécessite des mesures de protection et de gestion spécifiques (Le retour d'expérience de l'écologue ayant conçu la toiture végétalisée de l'école primaire de la Biodiversité et des Sciences à Boulogne illustre bien ce phénomène).

Principes d'échanges entre les milieux, au sein de la trame verte urbaine



Principes d'échanges entre les milieux au sein de la trame verte urbaine

Source : Étude de potentiel de végétalisation des toitures terrasses à Paris APUR

Par ailleurs, outre l'adéquation au climat et la hauteur de la toiture, quelques principes de base favorisent le développement de la biodiversité en toiture ¹ :

- Varier autant que possible les épaisseurs, la composition et la granulométrie de substrat pour créer différents habitats au sein de la toiture ;
- Diversifier les strates et les espèces végétales plantées, notamment les essences qui favorisent la présence d'insectes pollinisateurs et d'oiseaux ;
- Choisir des végétaux locaux et rustiques adaptés aux conditions climatiques de la toiture considérée.
- Aménager des zones-refuges pour la faune (nichoirs à oiseaux et chauves-souris, abris à insectes, bois mort, ruches ...)
- Préférer l'utilisation d'une terre prélevée localement et enrichie en compost qu'une terre n'étant pas du même fond géochimique.
- Proscrire l'utilisation de la tourbe, souvent utilisée dans la composition des substrats alors que c'est une ressource non renouvelable.

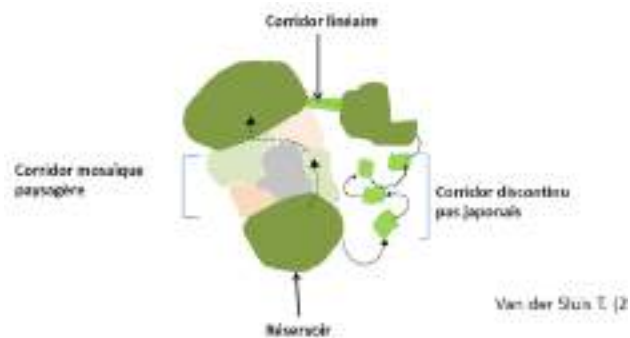
Ces principes sont envisageables sur tout type de toiture. Il est cependant techniquement plus complexe de satisfaire les deux premiers points dans le cas des toitures extensives.

A noter que, d'après l'étude menée par l'ARB IDF, les toitures sont des espaces d'accueil d'espèces exogènes au territoire. Certaines espèces absentes du milieu urbain initial ont été observées en toiture². Cela s'expliquerait notamment par un contexte climatique légèrement différent en toiture (température, accès au rayonnement solaire, présence de l'eau...) comparé à celui situé au niveau du RDC mais aussi par sa position : en altitude, donc moins sujette à la gêne anthropique et plus favorable à la réception de graines par le vent ou les oiseaux.

Enfin, le potentiel écologique d'une toiture seule n'est pas le même si celle-ci est insérée dans un « réseau » de toitures végétalisées. En effet, la proximité des toitures entre elles et/ou le fait de les connecter (via un corridor écologique par exemple, cf. schéma ci-dessous) permet le déplacement plus aisé des espèces, y compris au sein d'un réservoir de biodiversité existant, et par conséquent la possibilité d'obtenir une diversité plus importante en toiture. La végétation entourant les toitures a également un rôle essentiel dans la fonctionnalité des toitures végétalisées en favorisant le développement de continuités écologiques en 3 dimensions (du sol à la toiture) favorisant alors le déplacement des espèces.

1 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. p.6, 9, 14, 15

2 Les toitures végétalisées, les nouveaux écosystèmes urbains, La terre au carré, France inter, 2 décembre 2020 et chaîne YouTube de l'ARBIF



Principes des continuités écologiques
Source : Van der Sluis T. (2004)

B. TECHNIQUES DE PLANTATION

Plusieurs techniques de plantation existent et peuvent être complémentaires :

- **Plaques ou tapis pré cultivés** : c'est la solution la plus simple à mettre en œuvre. La pose se fait directement en déroulant le tapis de plantation sur le substrat au printemps ou à l'automne. L'enracinement dans le substrat se réalise en quelques semaines mais offre un couvert végétal immédiat. Cette solution est aussi la moins riche en espèces (5 à 7 espèces, quasi-exclusivement du genre Sedum) et limite la colonisation par une végétation spontanée³.
- **Semis de graines et de fragments** : dissémination de graines au printemps ou à l'automne, soit à la main soit avec un jet de petites boutures. Cette solution permet de diversifier les espèces végétales plantées mais nécessite des conditions de germination et de croissance optimales : un substrat suffisamment rétenteur d'eau et humide (l'arrosage est donc nécessaire).
- **Micro-mottes et godets** : plantation de jeunes plants dans le substrat au printemps ou à l'automne. Cette technique, plus onéreuse, permet un large choix dans la palette végétale (plantes locales, mais également les sedums pour les zones à faible hauteur de substrat). La couverture végétale est toutefois plus longue à obtenir car elle nécessite l'implantation et la croissance des végétaux.



Plaque pré cultivées, tapis pré cultivés, Semis de fragments et micro-mottes

3 Etude sur le potentiel de végétalisation des toitures terrasses à Paris, APUR, Avril 2013

Le détail des différentes techniques est repris ci-dessous :

	Plaques ou tapis pré-cultivés	Semis de fragments	Semis de graines	Micro-mattes et godets
Description	Plaque arborée en plastique ou tissu synthétique, avec un peu de substrat et végétal.	lots de petites boutures, (généralement des sédums)	Semences herbacées, vivaces et annuelles	Jeunes plants dans petits contenants (2-3 cm à 6-10 cm de diamètre)
Toitures types	toiture extensive, en pente	Toitures plates	Toitures semi-naturelles et semi-intensives, agriculture urbaine, plates	Tout type, toitures plates
Mise en œuvre (technique, période, densité)	<ul style="list-style-type: none"> • Pose des plaques ou tapis directement sur le substrat • Printemps ou automne 	<ul style="list-style-type: none"> • Réparties à la main dans le substrat légèrement travaillé. Fragments de tiges de 3 à 5 cm environ, 60 à 100 pièces/m² • Pour les grandes surfaces, semi-hydraulique : projection des boutures, eau et colle organique • Printemps ou début d'automne 	<ul style="list-style-type: none"> • Répartition à la main dans le substrat légèrement travaillé, 1 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 	<ul style="list-style-type: none"> • Plantation dans le substrat des jeunes plants retirés de leur contenant (soyez au port, attention à tenir compte de la taille des godets, en fonction de l'épaisseur de substrat) • Micro-mattes : 20 plants/m² • Godets : 6-10 plants/m² • Printemps ou automne
Temps d'installation de la végétation	Effet immédiat, recouvrement dans le substrat en quelques semaines	Recouvrement complet en 6 à 8 semaines, recouvrement après 1 à 2 ans	Premiers levés en quelques semaines, recouvrement en 1 à 3 ans	Reprise en quelques semaines, recouvrement en 1 an
Besoin d'entretien à l'installation	<ul style="list-style-type: none"> • Éventuellement 1 désherbage la première année • Arrosage à la plantation et pendant la reprise les premières semaines 	<ul style="list-style-type: none"> • 3 à 5 désherbages la première année • Arrosage après le semis et jusqu'à l'implantation, Arrosage en cas de sécheresse la première année • Protection éventuelle contre le vent et les oiseaux 	<ul style="list-style-type: none"> • 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 	<ul style="list-style-type: none"> • 3 à 5 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-mattes)
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • Effet immédiat • Mise en place facile, amiable sur toit en pente • Peu d'entretien 	<ul style="list-style-type: none"> • Facilité de mise en œuvre • Facile coût • Diversité d'espèces 	<ul style="list-style-type: none"> • Facilité de mise en œuvre • Facile coût • Diversité d'espèces 	<ul style="list-style-type: none"> • Faible coût des micro-mattes • Recouvrement assez rapide • Entretien modéré
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • Cult. élev. • Maintien des végétaux plus difficile dans modules séparés • Souvent moins de diversité végétale, moins favorable à la biodiversité 	<ul style="list-style-type: none"> • Temps de recouvrement long • Résultat plus aléatoire si les conditions climatiques sont défavorables et l'arrosage non assuré • Besoin d'arrosage 	<ul style="list-style-type: none"> • Temps de recouvrement long • Résultats parfois hétérogènes • Entretien important jusqu'au recouvrement • Besoin d'arrosage 	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en œuvre longue • Effet paysager parfois la première année • Risque de déchaussement (godets)

Techniques de végétalisation
Source : Guide des toitures végétalisées, Paris 2017

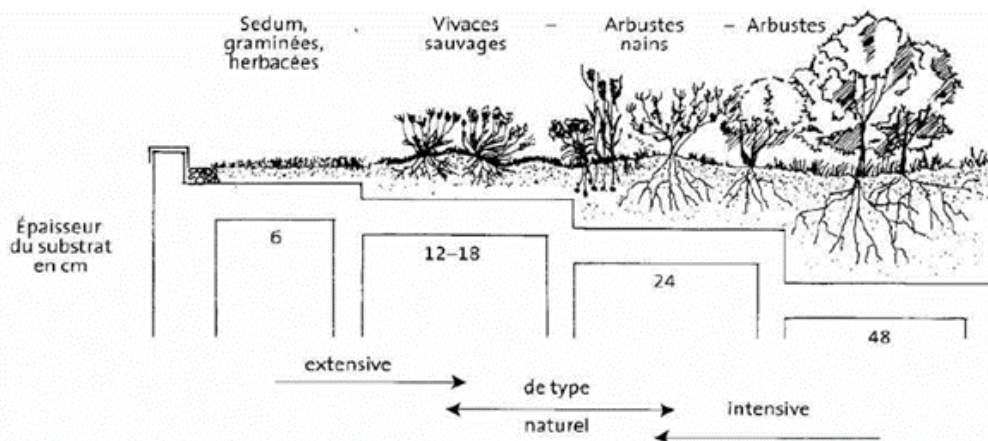
A noter que le choix d'une technique de plantation dépend surtout :

- De l'esthétique voulu à la livraison (les plaques ou tapis pré-cultivés ont l'avantage d'être « prêts à l'emploi » contrairement au semis de fragments) et donc de limiter la colonisation par des plantes adventices (« mauvaises herbes »).
- De la pente : les contraintes ne sont pas les mêmes en fonction de la technique utilisée. Dans le cas d'un tapis

pré-cultivé, celui-ci doit être lesté à intervalles réguliers le temps que les plantes s'enracinent alors que dans le cas de semis il faudra mettre en place une grille anti-érosion ou utiliser un fixateur.

- De la capacité d'entretien et de gestion (notamment lors de la phase de confortement) de la part de la MOA.

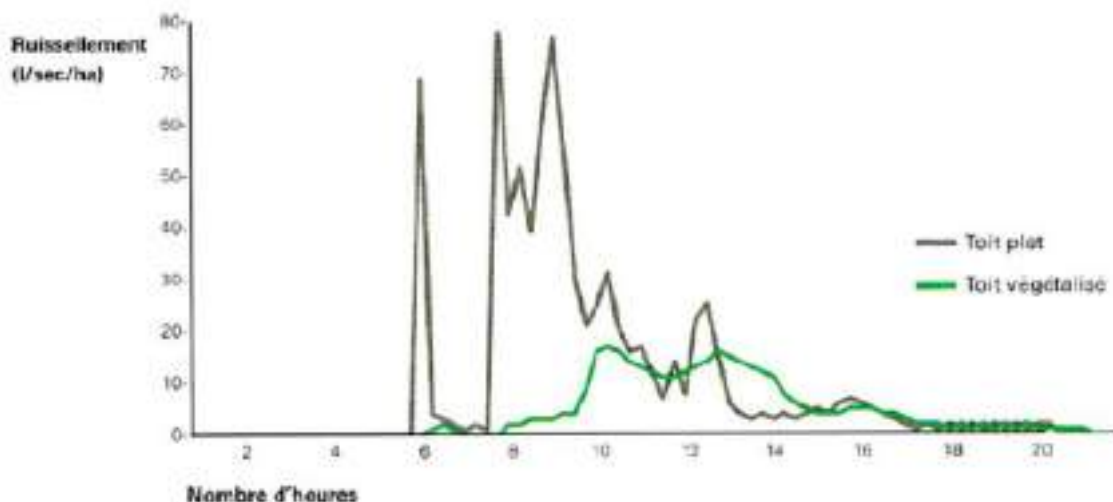
La palette végétale se voit enrichie à mesure que le substrat augmente comme le montre le schéma ci-dessous. Cela s'explique par un volume disponible pour le développement des végétaux plus important :



Strate végétale possible en fonction de l'épaisseur de substrat
Source : Les toitures vertes, Agence Bruxelloise de l'Énergie

2.2 Rétention des eaux de pluie

Les toitures végétalisées ont la capacité de ralentir l'écoulement des eaux de pluie et même de réduire le volume d'eau à gérer.



Comparaison du ruissellement entre une toiture plate conventionnelle et une toiture végétalisée
Source : Outil Faveur - CEREMA

Deux notions pour expliquer ces phénomènes :

- **Le coefficient de ruissellement** : C'est le rapport entre la hauteur d'eau qui a ruisselé sur une surface donnée (qu'on nomme aussi « pluie nette ») et la hauteur d'eau précipitée (« pluie brute »). Ce coefficient n'a pas d'unité et varie de 0 à 1. Plus celui-ci est faible, plus la surface « retient » l'eau précipitée et limite donc le ruissellement et retarde l'écoulement des eaux de pluie vers le réseau d'assainissement. Dans le cas d'une surface enherbée, le coefficient de ruissellement est de l'ordre de 0,2 (contre 0,9 pour une toiture nue et 0,8 pour une toiture gravillonnée). Ce coefficient varie en fonction des caractéristiques du substrat et de la pente.
- **L'abattement volumique** : C'est la quantité de pluie retenue par la toiture. Cette quantité est exprimée en hauteur de pluie (mm) selon la formule suivante :

$$Ab(mm) = \text{Hauteur de pluie (mm)} - \text{Hauteur de ruissellement (mm)}$$

Cette capacité varie en fonction de la composition du substrat, de son épaisseur, de la pente, du type de végétaux et des saisons (le substrat a tendance à être davantage saturé en hiver qu'en été).

A l'échelle de l'IDF, la pluviométrie est globalement la même. Le plan pluie de la Mairie de Paris permet d'obtenir un ordre de grandeur de l'épaisseur de substrat nécessaire pour abattre un certain volume d'eau :

Il est aisément compréhensible qu'une toiture ayant un substrat plus important sera en capacité d'abattre un volume d'EP plus important. Ceci implique aussi que, plus l'épaisseur de substrat est faible, plus l'arrosage sera fréquent car la réserve en eau sera moins importante (le choix de végétaux peu consommateurs en eau peut limiter cet inconvénient).

Ainsi, les toitures végétalisées, par leur capacité à retenir voire à supprimer une partie des volumes d'EP à gérer, peuvent faire partie d'une stratégie de gestion des eaux pluviales à l'échelle d'un lot immobilier (pour l'atteinte de l'objectif zéro rejet par exemple) et dans une certaine mesure participer à la maîtrise des risques d'inondation à l'échelle d'un territoire (c'est d'ailleurs à ce titre que l'Agence de l'Eau Seine Normandie subventionne les projets de végétalisation des toitures, cf. fin du document).

Il est à noter que le CEREMA a développé un outil qui permet de calculer les performances hydriques des toitures : [Faveur](#).

Type de toiture végétalisée	Épaisseur de substrat	Hauteur d'une lame d'eau absorbée (équivalent en termes de pluie de projet d'une durée de 4h)
Extensive	5 cm	4 mm (2 semaines)
Extensive	10 cm	8 mm (2 mois)
Semi-intensive	15 cm	12 mm (3 mois)
Semi-intensive	20 cm	15 mm (5 mois)
Intensive	30 cm	22 mm (5 mois)
Intensive	50 cm	32 mm (3 ans)
Intensive	80 cm	38 mm (5 ans)
Pleine terre	+	48 mm (10 ans)

Capacité d'absorption des eaux en fonction de l'épaisseur de substrat
Source : Service technique de l'Eau et de l'Assainissement de la Ville de Paris

2.3 Autres bénéfiques

Les toitures végétalisées sont des espaces d'accueil de la biodiversité et peuvent entrer dans une gestion globale des eaux pluviales mais au-delà de ces deux aspects, les toitures végétalisées peuvent aussi remplir d'autres rôles :

A. ISOLANT THERMIQUE

Le substrat qui la constitue (de la terre généralement, qui elle-même a une composition variable en fonction des objectifs souhaités) est par ailleurs un isolant naturel. Le confort thermique offert par la toiture varie en fonction de l'épaisseur du substrat et des poches d'air présentes dans la couche de végétaux mais ce n'est pas pour autant le seul matériau qui assure l'isolation thermique en toiture. Une étude réalisée par l'Institut canadien de Recherche en Construction sur un toit végétalisé avec des graminées sur un substrat de 15 cm a relevé une réduction de 85 % de la chaleur pénétrant dans le bâtiment au printemps et en été et de 70 % de la chaleur sortant la nuit⁴. Le résultat de cette étude est à nuancer car cela dépend évidemment du contexte climatique et des performances thermiques de l'ensemble de l'enveloppe toutefois, elle tend à montrer que la végétalisation de la toiture a de réels effets.

Pour bien comprendre, la conductivité thermique est la grandeur physique caractérisant le comportement d'un matériau de transmettre la chaleur par conduction. Plus la conductivité est faible, plus le matériau est isolant.

Le tableau⁵ ci-dessous détaille les valeurs de conductivité pour plusieurs matériaux. La terre n'est pas réputée comme étant un bon isolant toutefois elle améliore la performance du béton pour isoler le bâti. Dans les constructions en terre crue par exemple c'est davantage l'inertie thermique de la terre qui est recherchée que sa capacité d'isolation⁶.

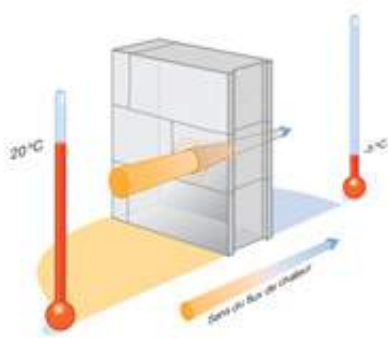


Schéma illustrant la conductivité thermique
Source : <https://materiaux-namur.com/>

Matériaux	Conductivité thermique (en W/m.°C)
Polystyrène de soubassement	0,032 à 0,038
Ouate de Cellulose	0,038
Béton ordinaire	2,1
Béton cellulaire	0,14 à 0,23
Bois	0,13 à 0,2
Brique	0,3
Terre sèche	0,75

B. DÉPOLLUTION DE L'AIR

Dans une moindre mesure une toiture végétalisée contribue également à l'amélioration de la qualité de l'air par la captation de certaines particules polluantes par certaines espèces. Selon l'ADIVET et le CSTB, les systèmes de végétalisation extensive peuvent dégrader jusqu'à 90% des composés tels que le monoxyde de carbone et le butane. Selon les mêmes sources, un mètre carré d'une toiture engazonnée capture environ 0,2 kg de particules en suspension dans l'air par jour. Cet effet est encore une fois très local mais bien réel.

C. ECRAN ACOUSTIQUE

On note, dans le guide de préconisation du Grand Lyon que, d'après une étude réalisée sur les toits de l'aéroport de Francfort, une réduction du bruit transmis de l'extérieur vers l'intérieur du bâtiment d'au moins 5db par couche de 10cm de substrat est possible (a priori cela concerne toutefois que le dernier étage puisque c'est le seul à être en lien avec la toiture végétalisée...).

De manière générale, les bénéfices environnementaux des toitures augmentent avec l'épaisseur du substrat et souvent avec la densité de la végétation⁷. Toutefois il est très compliqué de quantifier ces effets bien que toutes les études s'accordent sur ces bénéfices induits. Cela s'explique notamment par le simple fait que le confort acoustique ou thermique d'un bâtiment, par exemple, résulte de plusieurs paramètres. La plus-value de la toiture, seule, est très difficile à isoler. Par ailleurs pour être rigoureux, il faudrait pouvoir comparer les situations (avec ou sans toiture végétalisée)...

D. RAFRAÎCHISSEMENT LOCAL

La végétation en présence d'eau et sous l'effet du rayonnement solaire favorise évapotranspiration, ce qui permet un rafraîchissement ultra local (l'échelle étant celle du lot immobilier ou de la toiture pour les espaces les plus restreints).

Cela se concrétise par une baisse considérable des températures de surface. Le guide de préconisations du Grand

4 GRAND LYON - Préconisations relatives à la mise en place de toitures végétalisées p.19

5 <https://materiaux-namur.com/magazine/322/La-conductivite-thermique-des-isolants>

6 <https://www.cahiers-techniques-batiment.fr/article/2-thermique-la-terre-crue-ameliore-le-confort-hygrothermique.27319>

7 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. p.3

Lyon précise que sans végétalisation la surface d'un toit peut subir des températures de 60 à 75°C alors qu'en présence de végétation, la température ne dépassera pas 25 à 35°C. A noter par ailleurs que l'amplitude thermique et les rayonnements ultraviolets sont responsables de la dégradation du bitume élastomère et des différentes membranes assurant l'étanchéité de la toiture. La couverture du toit par un complexe végétalisé réduit alors les contraintes subies par le système d'étanchéité du toit et allonge sa durée de vie ⁸.

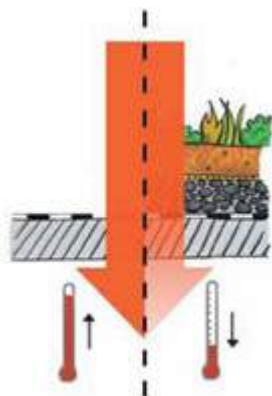


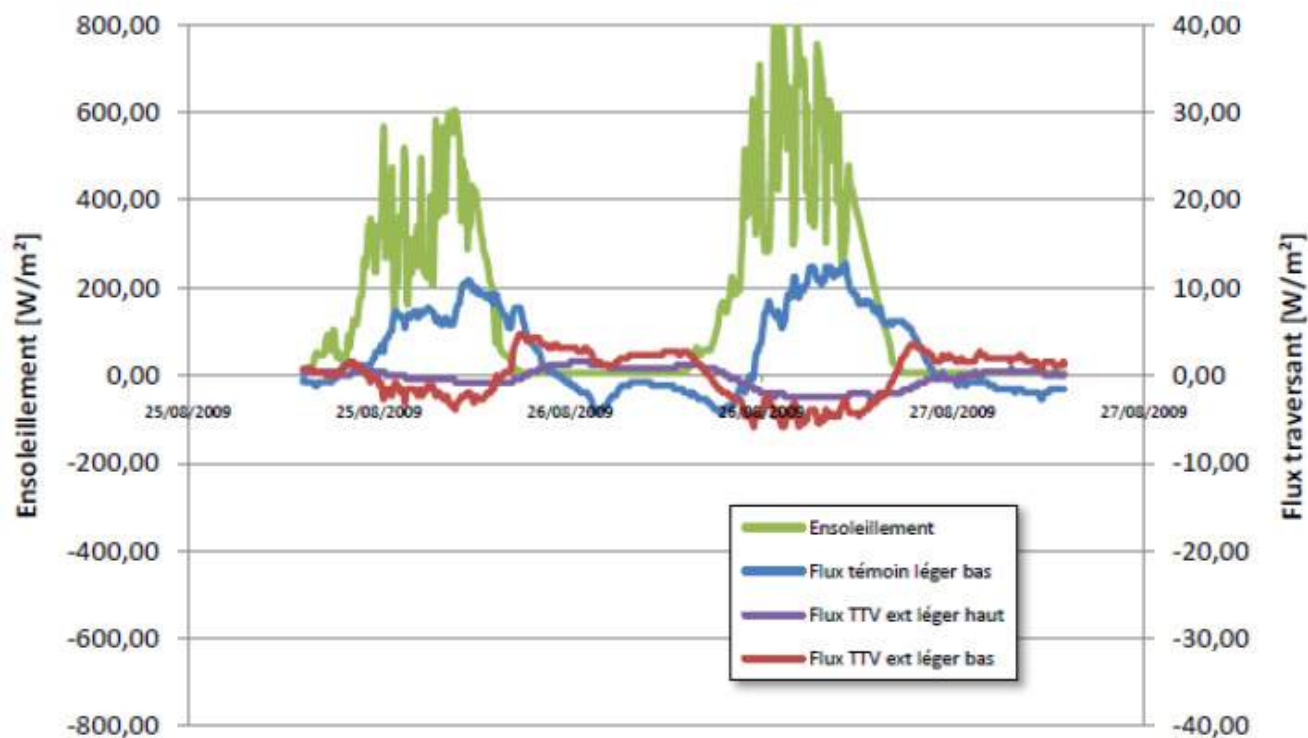
Schéma illustrant le différentiel entre une toiture végétalisée ou non

Source : Direction de l'urbanisme de Paris – Fiche sur la végétalisation

En 2009, pour la RT2012, le CSTB a mesuré les flux de chaleur traversant une toiture végétalisée (cf. Graphique ci-dessous) et a mis en évidence le potentiel de rafraîchissement d'une toiture végétalisée. Celle-ci réduit le flux et permet de maintenir des températures constantes, par rapport à une toiture nue.

Sur le graphique ci-dessous, on constate que la courbe bleue relative à la toiture nue affiche des pics de flux à 10 W/m² alors que les courbes rouge et violette emmagasine le flux.

La toiture sous l'effet de l'évapotranspiration de la végétation permet alors de limiter la surchauffe et crée même une sensation de rafraîchissement en toiture et potentiellement aux abords du bâtiment.



Flux solaire (vert) et comparaison des flux traversant une toiture nue (en bleu) ou une végétalisée extensive (rouge et violet).

Source : Bouchie, 2011 – rapport d'étude du CSTB pour la RT2012.

⁸ Guides des toitures végétalisées et cultivées, Mairie de Paris, 2017 p. 8

3.

Les grandes familles de solutions



3.1 Toitures à végétalisation extensive

La toiture végétale extensive est constituée d'un tapis végétal permanent qui s'adapte progressivement à son milieu. La légèreté relative, le faible coût et le faible besoin d'entretien rendent ces toitures adaptables à de nombreux bâtiments. L'ARB IDF estime que près de 90% des toitures végétalisées sont de ce type¹.

A. CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

a. Charge et pente

Pour les systèmes de végétalisation extensifs, la charge totale du système de végétalisation à capacité maximale en eau varie entre 80 à 180 kg/m².²

La pente d'une toiture extensive peut aller aisément jusqu'à 60% toutefois au-delà des 20% de pente des dispositifs spécifiques de retenue sont à prévoir (cf chapitre 1, pente).

b. Accès à la toiture

Généralement les toitures extensives ne sont pas destinées à accueillir du public. Toutefois un accès est garanti a minima pour l'entretien (les conditions d'accès peuvent varier : porte ou échelle inclinée ou à crinoline).

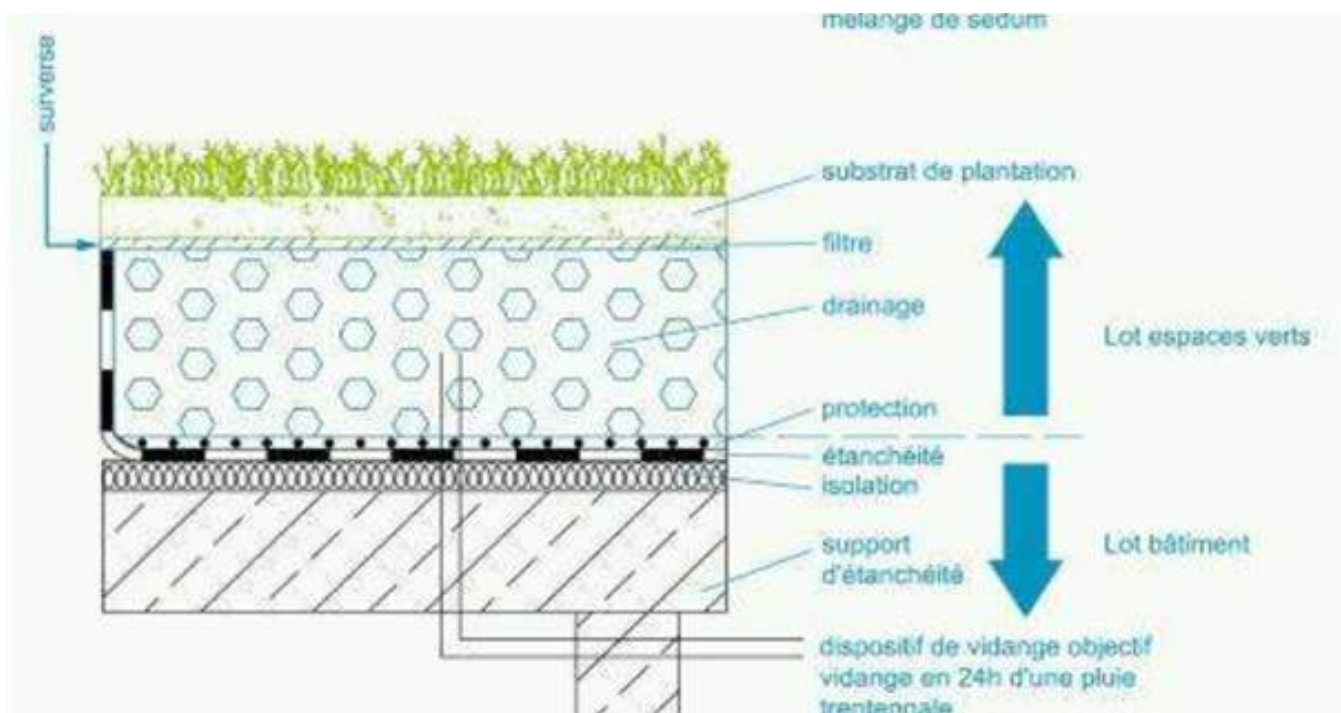
Par ailleurs, il est à noter que les conditions d'accès à la toiture pour sa mise en œuvre (accès au pied du bâti par camion et moyen de levage des matériaux – soufflage ou big bag-) peut être déterminant pour le coût total. Le prix de déploiement d'une grue est important.

c. Besoin matériel

Il est obligatoire d'après les règles professionnelles ADIVET (Chapitre 11, Annexe F) de prévoir un point d'eau sur la toiture afin d'éviter un dépérissement trop important des végétaux en cas de sécheresse prolongée notamment. A noter que tout point de la terrasse devra être situé à moins de 30 mètres de ce point d'eau.

d. Épaisseur de terre et couvert végétal

L'épaisseur de substrat des toitures à végétalisation extensive varie entre 3 et 10 cm. Les végétaux sont sélectionnés en fonction de leur aptitude à couvrir le sol, à résister au gel et à la sécheresse et de leur capacité d'auto-régénération et de colonisation. Le choix des végétaux globalement contraint par la faible épaisseur de substrat limitant la végétation à la strate muscinale et une partie de la strate herbacée. Ainsi le couvert végétal est généralement composé de mousses, plantes succulentes, petites vivaces, rampantes, petits bulbes, graminées. Pour en savoir plus, la ville de Paris a listé les plantes qui se maintiennent bien sur les toitures extensives ([Lien](#) vers le document, p.54 à 58). Ce genre de toiture végétalisée a un intérêt écologique très limité compte tenu de la faible épaisseur de substrat qui laisse peu de place à la biodiversité.



Source : Grand Lyon - Préconisations relatives à la mise en place de toitures végétalisées p.18

1 ARB Île de France - Restitution de l'étude GROOVES

2 ADIVET, CSFE, SNPPA, UNEP. (2008). Règles professionnelles pour la conception et la réalisation des terrasses et toitures végétalisées. p.12

B. OPÉRATIONS DE GESTION/MAINTENANCE ET COÛTS ASSOCIÉS

a. Coût d'investissement

Le coût d'investissement à l'installation varie entre 25 et 100 €/m² ³, en fonction de la technique employée pour végétaliser la toiture.

b. Opérations d'entretien/maintenance et de gestion à prévoir

Deux phases d'entretien sont à prendre en compte quel que soit le type de toiture :

- La **période de confortement** durant laquelle un entretien particulier est à réaliser afin de favoriser la prise des végétaux jusqu'à l'atteinte d'un développement satisfaisant (idéalement lorsque le taux de couverture végétale atteint 80 % et que les plantes sont suffisamment enracinées). Généralement l'entretien de confortement est réalisé par l'entreprise qui a réalisé la toiture et dure de 1 à 3 ans après la livraison en fonction des techniques de mise en œuvre, des espèces plantées et des conditions climatiques.
- La **période d'entretien courant** durant laquelle le niveau d'entretien est généralement plus faible en fonction du type de végétaux choisis et des résultats souhaités en termes de développement de biodiversité, de rétention des eaux de pluie, d'esthétique...

Entretien de confortement :

- 3 à 5 passages afin de réaliser un désherbage des plantes compétitives, de retirer les plantes interdites en toitures⁴ (pouvant s'être spontanément développées), de supprimer les végétaux morts et éventuellement d'apporter des compléments de plantations à partir de boutures.
- Un arrosage régulier est nécessaire dans les semaines suivant la livraison du programme.

Entretien courant :

- 1 passage annuel pour vérifier l'évacuation d'eaux pluviales.
- 1 à 2 passages annuels afin de retirer les plantes interdites et les plantes ligneuses spontanées ainsi que pour remplacer les végétaux morts.
- En cas de sécheresse, un ou deux arrosages sont à prévoir pendant l'été.

c. Coût d'entretien/maintenance et de gestion

Le coût de gestion varie de 8 à 30 €/m²⁵.



Toiture extensive du parc des expositions à Villepinte
Source : Milena Chessa

³ Observatoire Départementale 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. p.3

⁴ Observatoire Départementale 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. p.3

⁵ GRAND LYON - Préconisations relatives à la mise en place de toitures végétalisées p.14

3.2 Toitures à végétalisation semi-intensive

Les toitures végétales semi-intensives permettent de mettre en place une large palette végétale en toitures : prairie, plates-bandes fleuries, petits arbustes, mélanges d'espaces gérés et libres. Elles offrent une palette plus diversifiée que le système extensif tout en demandant peu d'entretien à coûts maîtrisés. Cette typologie est un intermédiaire entre les toitures extensives et les toitures intensives.



Toiture semi-intensive du groupe scolaire Rosalind-Franklin à Ivry-sur-Seine
Source : Takuji Shimmura

A. CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

a. Charge et pente

Les systèmes semi-intensifs peuvent être implantés sur des toitures capable de supporter jusqu'à 350kg/m². Les règles professionnelles pour la conception et la réalisation des terrasses et toitures végétalisées préconisent l'implantation de systèmes semi-intensifs sur des toitures à pente inférieures à 5% tout en précisant que ces solutions peuvent être installées sur des pentes plus importantes mais cela aura un impact non négligeable sur la conception de celle-ci¹.

b. Accès à la toiture

Généralement les toitures semi-intensives ne sont pas destinées à accueillir du public. Toutefois, un accès à la toiture (via une échelle ou l'escalier desservant les étages inférieurs) est nécessaire pour assurer les opérations d'entretien/maintenance et de gestion.

c. Besoin matériel

Il peut être intéressant, dans certaines configurations, d'intégrer une potence afin de faciliter la manutention de végétaux et de matériels depuis le niveau 0 du lot immobilier

¹ ADIVET, CSFE, SNPPA, UNEP. (2008). Règles professionnelles pour la conception et la réalisation des terrasses et toitures végétalisées. p.12

concerné. Par ailleurs, comme pour les toitures extensives, il est obligatoire de prévoir un point d'eau sur la toiture notamment pour éviter un dépérissement trop important des végétaux en cas de sécheresse.

Plusieurs systèmes d'arrosage existent :

- Un système capillaire avec natte poreuse (non recommandé pour les toitures intensives ayant une épaisseur de substrat supérieure à 30cm)
- Un système à « injecteurs » d'eau enterré (ces derniers sont les plus efficaces selon le guide de préconisations du Grand Lyon car la surface reste sèche mais les plantes reçoivent l'eau nécessaire à leur croissance au niveau de leurs racines),
- Un système d'arrosage automatique par aspersion (cette solution est à éviter selon le guide de préconisations du Grand Lyon, en raison de la grande déperdition d'eau qu'il entraîne et de la fragilité racinaire qu'il induit. En effet, les racines se développent en surface, à l'endroit où l'eau se disperse, et elles sont donc beaucoup plus sensibles à l'assèchement rapide en été),
- Système de goutte à goutte (non recommandé sur les toitures accueillant des arbres, car l'eau reste en surface et limite l'ancrage de ces derniers).



d. Épaisseur de terre et couvert végétal

L'épaisseur du substrat des toitures semi-intensives varie entre 10 à 30 cm. Ce type de toiture présente généralement un aspect de prairie et plates-bandes fleuries. Il est préférable de choisir des végétaux locaux ayant une certaine résistance au gel et à la sécheresse (espèces rustiques). Les principales espèces implantées sont des vivaces, graminées vivaces, bi-annuelles et petits arbustes. Ces toitures, par la diversité des espèces floristiques plantées ou qui se développent spontanément peuvent jouer un rôle dans l'accueil de la biodiversité et dans les continuités écologiques de la Trame Verte locale. La mise en place de supports pour la

biodiversité (nichoirs, tas de bois mort, tas de pierre, ...) permet de favoriser l'accueil des espèces faunistiques

B. OPÉRATIONS DE GESTION/MAINTENANCE ET COÛTS ASSOCIÉS

a. Coût d'investissement

Le coût d'investissement à l'installation varie entre 100 et 200 €/m². Le coût dépend de la complexité de l'installation, l'épaisseur du substrat, la qualité et la diversité des végétaux, des travaux préalables à réaliser (étanchéité, mise en sécurité de la toiture, création d'accès...)³.

b. Opérations d'entretien/maintenance et de gestion à prévoir

Entretien de confortement :

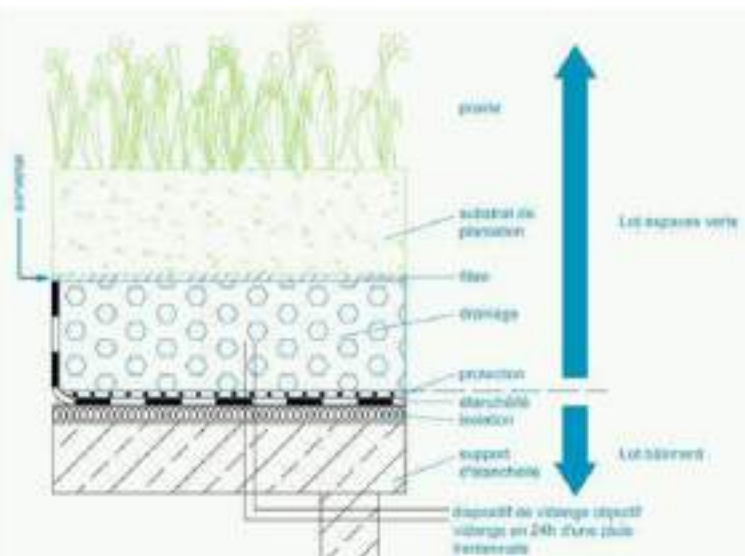
- 10 passages par an
- Arrosage : prévoir au minimum 3 arrosages pendant la période estivale
- Désherbage manuel des plantes compétitives ou indésirables en fonction de l'effet esthétique souhaité (évolution harmonieuse intégrant les plantes spontanées ou non)
- Évacuation ou valorisation sur place des déchets verts
- Contrôle éventuel du système d'arrosage automatique

Entretien courant :

- 5 à 8 passages par an, en fonction de l'effet esthétique souhaité
- Vérification de l'évacuation des eaux pluviales, nettoyage des exutoires, purge hivernale et remise en fonction du réseau au printemps.
- Arrosage en cas de sécheresse ou en fonction de l'effet esthétique souhaité : prévoir 2 à 4 arrosages pendant la période estivale

c. Coût d'entretien/maintenance et de gestion

Le coût d'entretien est d'environ 30€/m²



Source : Grand Lyon - Préconisations relatives à la mise en place de toitures végétalisées p.18

2 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. p.3

3 Guides des toitures végétalisées et cultivées, Mairie de Paris, 2017 p. 29

4 GRAND LYON - Préconisations relatives à la mise en place de toitures végétalisées. p.19

3.3 Toitures à végétalisation intensive

Les toitures végétalisées intensives sont caractérisées par une épaisseur de substrat importante (supérieure à 30cm) et sont alors en capacité d'accueillir une plus grande diversité d'espèces végétales et de retenir un volume d'eau pluviale plus important que les deux autres typologies. Elles sont généralement destinées à accueillir du public. Les toitures végétalisées intensives peuvent également être le support d'un projet d'agriculture urbaine.



Toiture de l'école des sciences et de la biodiversité à Boulogne-Billancourt
Source : ARB IdF

A. CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

a. Charge et pente

La structure porteuse de ce type de toiture végétalisée doit être en capacité de supporter des charges supérieures à 350kg/m². Ce type de toiture n'a pas vocation à être en pente compte tenu de l'importance de l'épaisseur de substrat toutefois cela reste possible.

b. Accès à la toiture

Généralement les toitures intensives sont accessibles au public. Dans ce cas, un accès depuis la cage d'escalier est indispensable et un ascenseur peut permettre l'accès PMR. Un accès indépendant à la toiture peut être installé dans le cas où la toiture accueillerait un public extérieur au lot immobilier (par exemple si celle-ci accueille une exploitation agricole).

c. Besoin matériel

Un monte-charge ou une potence peut faciliter la maintenance de végétaux et de matériels depuis le rez-de-chaussée. Un point d'eau en toiture est indispensable pour en assurer l'entretien.

A noter que la réglementation impose, si la toiture accueille du public, de prévoir la sécurisation des abords par l'installation de garde-corps d'une hauteur minimale de 1,20 m.

d. Épaisseur de terre et couvert végétal :

Le substrat des toitures extensives a une épaisseur variant de 30 cm à plus d'un mètre. La variété des espèces implantées est très large : vivaces et graminées vivaces, bi-annuelles, annuelles et arbustes. Pour les toitures destinées à l'agriculture urbaine : légumineuses, plantes aromatiques, arbustes fruitiers, fleurs comestibles, espèces mellifères diversifiées... La strate arborée peut également être représentée dès lors que l'épaisseur de substrat est supérieure à 80cm et que l'espèce ne fait pas partie des plantes interdites de l'ADIVET (les arbres à grand développement et les arbres caractéristiques des milieux humides notamment ne sont pas recommandés). Ces toitures ont un fort potentiel d'accueil de la biodiversité en raison de la diversité des strates végétales et de la diversité floristique qu'elles présentent.

B. OPÉRATIONS ET COÛTS

a. Coût d'investissement

Le coût d'investissement est de l'ordre de 200 €/m² minimum¹. Le champ des possibles étant très vaste, il est difficile de donner un ordre de grandeur précis.

b. Opérations d'entretien/maintenance et de gestion à prévoir

Entretien de confortement :

- 1 à 2 passages par mois
- Désherbage manuel des plantes indésirables en fonction de l'esthétique souhaitée et fertilisation complémentaire si nécessaire.
- Arrosage régulier, selon les besoins et les épisodes caniculaires le cas échéant.

Entretien courant :

- Plus de 8 passages par an
- Suppression des déchets et autres objets non désirés, vérification des évacuations d'eaux pluviales et nettoyage des exutoires, purge hivernale et remise en fonction du réseau au printemps et vérification éventuelle du système d'arrosage.
- Arrosage régulier après la reprise, selon les besoins et pour atteindre l'effet esthétique souhaité.

Les toitures accessibles au public sont nécessairement plus sujettes à des dégradations. Le nombre de passage et les opérations d'entretien/maintenance peuvent être plus nombreuses.

c. Coût d'entretien/maintenance et de gestion

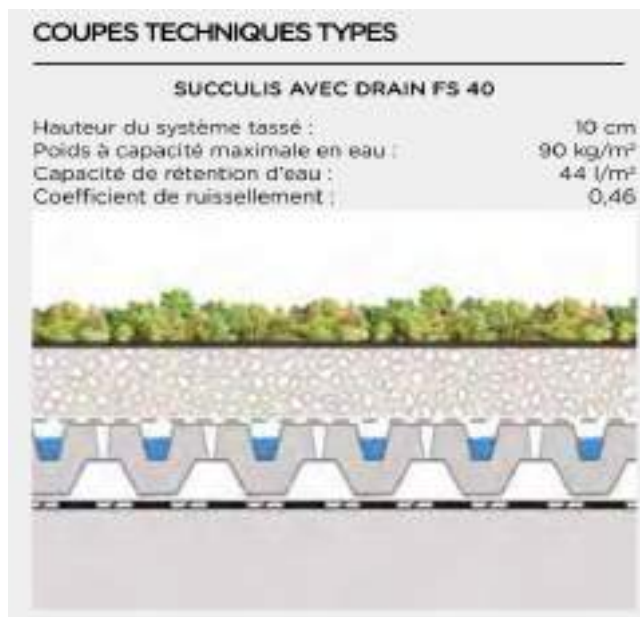
Le coût d'entretien est d'environ 30€/m². De même que pour le coût d'investissement il est malheureusement compliqué d'avoir un ordre de grandeur précis compte tenu de la grande diversité de toitures végétalisées intensives qu'il est possible de réaliser.

1 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. p.3

2 GRAND LYON - Préconisations relatives à la mise en place de toitures végétalisées. p.19

3.4 Les solutions clé en main

A noter également qu'en plus de ces toitures « sur-mesure », des solutions de toitures végétalisées clés en main sont développées par des concepteurs spécialisés (Le Prieuré, Ecovégétal, Soprema...). Ces solutions ont leurs modalités de mise en œuvre spécifiques. Ce sont généralement des dalles alvéolées préfabriquées (polystyrène, plastique recyclé...) intégrant à la fois les couches de substrat et de drainage. Elles sont plus légères qu'un complexe végétalisé standard et plus adaptées aux toitures existantes dont la structure ne peut pas être renforcée. En général, elles sont faciles à assembler.



Rendu et coupe d'un complexe végétalisé standardisé
Source : Ecovégétal

3.5 Cas particuliers

A. BROWN ROOF

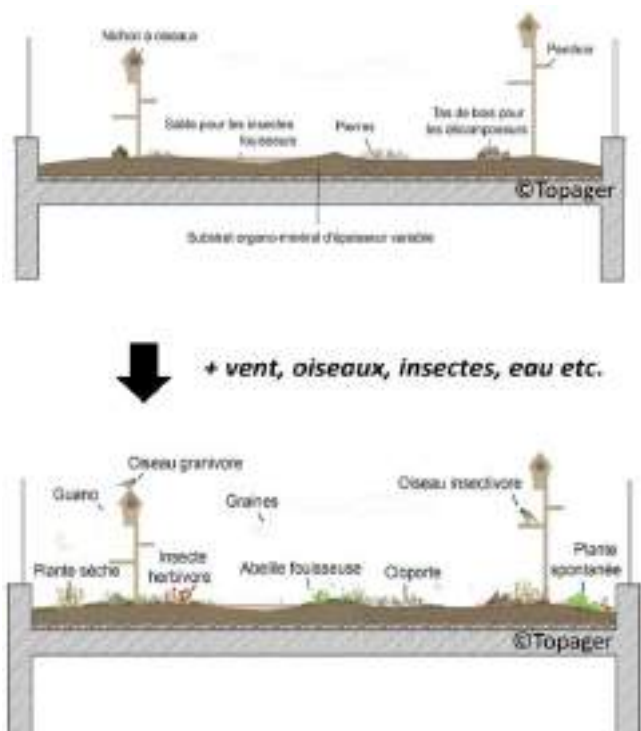
Ce sont des toitures aux épaisseurs de substrat comprises entre 10 et 20 cm généralement mais qui ne sont ni semées, ni plantées à la livraison. L'ensemencement se fait naturellement grâce au vent, aux oiseaux et aux insectes après livraison. Ce type de toiture permet alors un développement spontané de la biodiversité simplement grâce à l'installation d'un substrat et de refuges faunistiques en toiture (nichoirs, gîtes, sables pour les invertébrés, tas de pierre, tas de bois...).

L'objectif d'une toiture à la végétation spontanée est de maximiser la résilience en favorisant le potentiel de rafraîchissement d'une toiture non accessible aux usagers du bâtiment tout en maîtrisant les coûts de gestion/entretien.

Il s'agit également de permettre le développement de toiture à fort intérêt écologique, adaptées aux exigences écologiques de la faune et présentant une diversité floristique caractéristique du paysage local. Ces toitures sont particulièrement intéressantes à proximité d'espaces de nature présentant un enjeu écologique car elles permettent de créer une connexion naturelle entre la végétation de cet espace et celle de la toiture. Les coûts d'installation correspondent à ceux de la pose de substrat de type semi-intensif et l'installation de gîtes d'accueil de la faune (fortement conseillé pour le bon développement de la végétation).



Toiture de l'usine des eaux à Ivry-sur-Seine en 2015 (en haut) et en 2017 (en bas)
Source : Topager



Coupe de toiture Brown roof (appelée Wildroof chez Topager)
Source : Topager

L'entretien est relativement faible puisqu'en utilisant un couvert végétal adapté aux conditions climatiques locales, seules des opérations de désherbage (en fonction de l'esthétique voulue) et d'entretien des bandes stériles seront à réaliser.

B. TOITURE BIOSOLAIRE

Ce type de toiture combine deux objectifs : la végétalisation de la toiture et la production d'énergie ou de chaleur via des panneaux photovoltaïques ou solaire-thermiques.

a. Avantages de la solution

Cette combinaison peut être source d'avantages réciproques.

- La présence des panneaux solaires crée des alternances de zones ombragées et ensoleillées. Ces différentes conditions micro-climatiques favorisent une plus grande diversité végétale et confèrent une meilleure résistance des plantes vis à vis des sécheresses.
- La végétation, en limitant la réverbération du soleil sur le toit, réduit la température de surface et augmente alors tant le rendement que la durée de vie des panneaux solaires¹. Une toiture végétalisée ayant en plus un espace de stockage/drainage des eaux permettrait d'améliorer davantage le rendement des PV en favorisant l'évapotranspiration qui rafraîchit l'air sous les panneaux photovoltaïques et limite alors leur surchauffe.

A noter que la perte de rendement, d'après la société Ecovégétal, est 7% moins importante en période de forte chaleur sur une toiture biosolaire que sur une toiture PV classique.

Sur ce sujet, le CEREMA en partenariat avec plusieurs laboratoires mène le projet PROOF (Photovoltaic and green ROOF). L'objectif est d'étudier les impacts et les perfor-

1 2009 Ernst & Young et Associés - Nice Côte d'Azur, Direction de l'Environnement, Étude pour la définition d'une démarche de développement des toitures végétalisées.

mances « énergie-environnement » de ce type de solution dans des scénarios d'aménagement urbain contrastés². Les résultats sont attendus pour mars 2024...

Le site internet d'Efficacity précise que dans le cadre de ce projet de recherche, l'outil UrbanPrint sera utilisé pour analyser les impacts d'une combinaison toiture végétalisée-panneaux photovoltaïques à l'échelle d'un quartier.



Toiture biosolaire
Source : Ecovégétal

b. Mise en œuvre technique

Concrètement les châssis des panneaux photovoltaïques sont lestés par le poids du complexe végétalisé. Cette technique permet de ne pas avoir à percer la toiture et limiter alors les risques d'infiltration d'eau.



Coupe d'une toiture biosolaire
Source : Ecovégétal

Les caractéristiques techniques à prendre en compte :

- Prévoir une charge supplémentaire : de 200 à 300 kg/m²
- Prévoir des chemins de câbles
- Prévoir un accès pour l'entretien des panneaux
- Trouver un juste équilibre entre le développement des végétaux et la production des panneaux (ces derniers devant limiter l'ombre pour laisser place à la végétation ils couvriront une surface moins importante que sur une toiture dédiée à la production énergétique).
- Le déploiement de PV doit être envisagé aux endroits recevant le plus de radiation solaire (orientation Sud et inclinaison autour de 15°)

2 <https://www.cerema.fr/fr/actualites/evaluer-performances-environnementale-energetique-toitures>



Immeuble Stadthaus M1 à Vauban, plantes grimpantes en façade
Source : Architonic



Fondation Cartier, implantation de mur végétalisé
Source : Patrick Blanc

C. MURS ET FAÇADES VÉGÉTALISÉS

La végétalisation des façades, au même titre que la végétalisation des toitures, permet d'améliorer l'isolation du bâtiment (donc le confort thermique et acoustique) tout en renforçant les continuités écologiques du territoire. Il existe deux procédés :

- **Les façades végétalisées** : Elles se caractérisent par la présence de végétation depuis le sol. Les racines puisent les nutriments et l'eau depuis le sol (profondeur minimale d'environ 50 cm à prévoir ou en bac dans au moins 40 cm de terre et 10 cm de couche drainante) et se développent sur une structure dédiée en façade. Cette structure de soutien est généralement constituée de bois, de câble et de fils de fer ou de cordes. La portance de cette structure doit être étudiée en fonction des végétaux plantés afin de répartir au mieux le poids des plantes.
- **Les murs à végétation intégrée** : La végétation est directement intégrée au bâtiment. Il existe trois types de murs³ (cf. schéma ci-dessous) :

→ La végétalisation sur mesure : Cette technique consiste à la mise en œuvre d'un feutre imputrescible non tissé (appelé aquanappe ou hortinappe) dissocié du bâti qui retient l'humidité. Ce feutre est imprégné d'une solution nutritive en boucle fermée qui alimente les plantes. Les couches de feutres sont agrafées directement sur une plaque de PVC expansé (rigide, étanche) ou sur un panneau de bois étanché par une couche d'EPDM (= caoutchouc). Les panneaux sont fixés au mur via des tasseaux en bois ou des profilés métalliques.

- La végétalisation modulée : Ce sont des éléments modulaires remplis de substrat et pré plantés, assemblés sur place sur une structure porteuse fixée au mur maçonné.
- La végétalisation à planter : Structure en acier galvanisé ou inox construite sur mesure (la maille ne doit pas être inférieure à 10cm pour laisser suffisamment de place au développement des végétaux), remplie de substrat puis plantée. Le substrat peut être de la sphaigne⁴ dans le cas de cultures hydroponiques ou un mélange organo-minéral de différentes natures pour des cultures plus conventionnelles. L'arrosage et la fertilisation de ce type de procédé peuvent être intégrés et se faire automatiquement. Les cages métalliques sont équipées d'un système de goutte à goutte relié à une station d'irrigation (il sera nécessaire de prévoir un local technique).

A noter par ailleurs que ce type de mur, spécifique, doit être intégré dès la conception du lot immobilier et devra donc figurer dans le permis de construire.

³ Guide technique - Murs et façades végétalisés, Biodiversité & bâti

⁴ Sphagnum en latin, est un genre de mousse végétale - <http://www.murmurevegetal.com/mur-vegetal/principes-mur-vegetal>

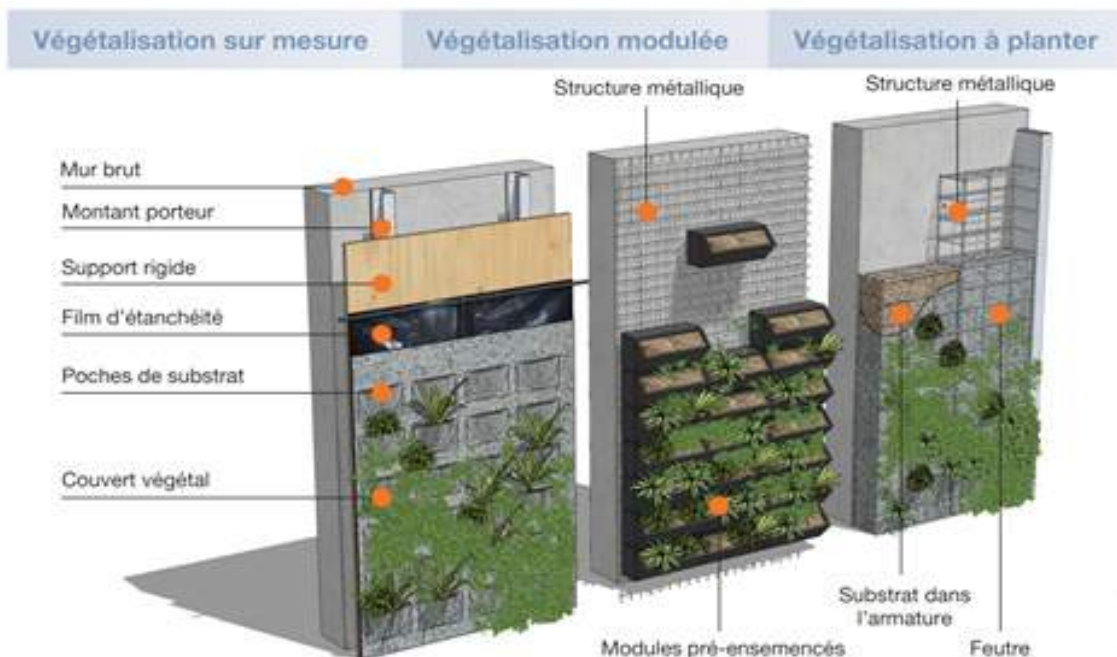


Schéma des différents types de murs végétalisés
Source : Aymeric Delporte / Kaldari

Le tableau ci-dessous issu du guide de végétalisation des façades de l'Eurométropole de Strasbourg permet de comparer les différentes solutions. A noter que l'auteur ne considère pas la solution « végétalisation à planter » mais elle s'approche de la solution « végétalisation modulée ».

	MUR VÉGÉTAL SUR MESURE	GRIMPANTES	MUR VÉGÉTAL MODULAIRE
Espaces végétalisés	Murs intérieurs et extérieurs, panneaux mobiles	Nombreux: murs, clôtures, pergolas, mobilier...	Murs intérieurs et extérieurs, structure pouvant être autonome
Hauteur de recouvrement	Sans limites	De 1 à 20 m maximum (3 étages)	Sans limites
Temps de recouvrement	Environ 1 an	Variable selon l'espèce	Quasi immédiat
Entretien	2 visites techniques/an	Un entretien technique/an (max.)	2 visites techniques/an
Consommation d'eau	Environ 200L /m ² par an	Variable suivant la plantation	Environ 200L /m ² pour les bacs et 20L/m ² par an pour les monoblocs

L'entretien diffère selon le procédé mis en œuvre :

- Pour les murs végétalisés, il faudra éviter d'intervenir en périodes de nidification (de mars à juillet) ou période de gel (la végétation servant d'abri à certains invertébrés). Généralement ces systèmes étant spécifiques, ceux-ci sont entretenus par une entreprise spécialisée. Elle se chargera alors de vérifier le système d'irrigation et le tissu support, de recharger le système en engrais, de tailler et désherber en fonction de l'esthétique recherchée. A noter que le système de mur végétalisé en feutre est relativement complexe à entretenir car il nécessite un contrôle fréquent du pH de la solution nutritive afin que les plantes puissent absorber les sels nutritifs contenus dans la solution nutritive (les plantes peuvent absorber les sels compris dans une fourchette de pH comprise entre 5,5 et 6,5, au-delà les plantes absorbent peu les sels, s'affaiblissent et dépérissent).
- Pour les grimpantes il sera nécessaire de veiller à ce qu'elles n'atteignent pas les gouttières et les tuiles du toit. Les plantes grimpantes étant pour la plupart des plantes caduques, les feuilles mortes risqueraient d'obstruer les systèmes d'évacuation des eaux de pluie.

Il est conseillé d'opérer une taille annuelle afin notamment de libérer les ouvertures (fenêtres et prises d'air). Les fils ou câbles de la structure support pourront être retendus tous les ans.

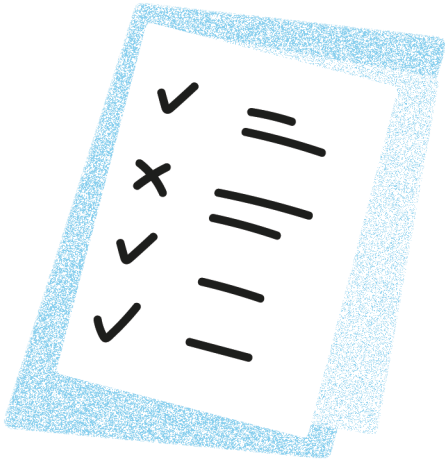
Les murs végétalisés hors-sol sont plus onéreux à l'installation comme à l'entretien que la végétalisation en façade par des plantes grimpantes. Il faut compter de 300 à 600 € HT/m² pour un mur modulaire et de 500 à 1 500 € HT/m² pour un mur horticole sur mesure contre 50 € HT/m² pour le mur avec grimpantes (en fonction du support et des plantes choisies)¹.

L'intérêt écologique de ces dernières solutions ainsi que leur pérennité est encore à démontrer. Les solutions les plus simples, c'est-à-dire la végétalisation depuis le sol par développement de plantes grimpantes sont les plus résilientes et les plus favorables à la biodiversité à ce jour. Par ailleurs, elles nécessitent moins d'entretien et d'eau.

¹ Guide de végétalisation des façades de l'Eurométropole de Strasbourg

4.

Labels et certifications



La contribution des toitures et façades végétalisées à une démarche de qualité environnementale des projets immobiliers est reconnue par plusieurs labels et certifications : Effinature, HQE, BiodiverCity, BREEAM, LEED.

4.1 Effinature



Le label Effinature, par exemple, attribue des coefficients de valeur écologique en fonction du type de toiture :

- Extensive : 0,3
- Semi-intensive : 0,7
- Intensive : 0,9
- Type brownroof : 0,6
- Façade végétalisée : 0,5

Et demande une note de justification des solutions adoptées pour augmenter le potentiel faunistique et floristique du toit et/ou des façades en précisant que la palette végétale du bâti doit :

- Être cohérente avec le type de toiture attendu ;
- Respecter les prescriptions de la palette végétale du projet ;
- Prendre en compte le développement des végétaux pour éviter les pratiques de taille.

Les exigences du label portent également sur l'entretien. Il est demandé de détailler « les méthodes mises en œuvre pour l'entretien courant. Il devra préciser à minima les méthodes :

- de remplacement de la végétation en cas de défaut de reprise ;
- de taille et de fauche ;
- de fertilisation raisonnée ;
- de maintenance du système d'irrigation.

En présence de façades végétalisées, les interventions ne peuvent pas se dérouler pendant les périodes de nidification (de mars à juillet) ou les périodes de froid hivernal (périodes de gel). »

4.2 OsmoZ

Le label OsmoZ au travers de l'objectif « NATU 2 - Permettre une interaction avec la nature au travers de la présence ou proximité de surfaces végétalisées en extérieur » valorise la proximité aux toitures végétalisées :



- toitures et terrasses végétalisées ou présentant une forte présence de plantes en pots (couverture végétale correspondant au moins à la moitié des surfaces au sol). Ces toitures et/ou terrasses doivent être librement accessibles pour être comptabilisées.

Exemple : parcelle de 2000 m² intégrant un jardin de 500 m². Parc de 1000 m² à proximité (100 m) : Total 1500 m², soit 75 %

MODES DE PREUVE

- + Documentation
- + Visite de site

EXEMPLES DE MODES DE PREUVE

Plan et note de calcul.

(Durée de validité : illimitée sauf modification du projet).

Extrait du référentiel OsmoZ
Source : Référentiel OsmoZ Version 1.0

4.3 HQE



La certification HQE valorise la mise en œuvre de murs végétalisés et de toitures végétalisées pour l'amélioration du confort hygrothermique. Le référentiel encourage également à préciser les modalités d'entretien.

		NF HQE		
		1 pt	2 pts	3 pts
CH.6.2.1	Les façades du bâtiment sont végétalisées [1]			
	> de 25% à moins de 50% des façades disponibles sont végétalisées		■	
	> 50% et plus des façades disponibles sont végétalisées			■
[1]	[1] Cf. Annexe "Confort Hygrothermique"			
CH.6.2.3	La surface de toiture est végétalisée sur le bâtiment [1]			
	> de 50 % à moins de 70 %		■	
	> de 70 % à 100 %			■
[1]	[1] Cf. Annexe "Confort Hygrothermique"			

Extrait de l'application NF Habitat HQE
Source : Applicatif v3.2 HQE

4.4 LEED



La certification LEED prend, elle, en compte la végétalisation des toitures notamment dans l'objectif de réduire l'effet d'îlot de chaleur urbain

Option 2. High-Reflectance and Vegetated Roofs (1 point)

Use roofing materials that have an SRI equal to or greater than the values in Table 1. Meet the three-year aged SRI value (if three-year aged value information is not available, use materials that meet the initial SRI value) for a minimum of 75% of the roof area of all new buildings within the project, or install a vegetated ("green") roof for at least 75% of the roof area of all new buildings within the project. Combinations of SRI-compliant and vegetated roofs can be used, provided they satisfy the equation in Option 3.

$$\frac{\text{Area of Nonroof Measures}}{0.5} + \frac{\text{Area of High-Reflectance Roof}}{0.75} + \frac{\text{Area of Vegetated Roof}}{0.75} \geq \frac{\text{Total Site Paving Area} + \text{Total Roof Area}}{1}$$

Extrait du référentiel LEED
Source : v4 Neighborhood Development Addenda

4.5 Autres labels et certifications



Les certifications et labels transversaux et généralistes telles que BiodiverCity et Bâtiment Durable Francilien (BDF) ou encore EcoQuartier valorisent également ces démarches de végétalisation sans pour autant les préconiser explicitement. En effet ce type de démarche n'appliquent pas la même méthodologie. Elles ne s'appuient pas sur un référentiel (et donc sur une demande ou une incitation explicite à réaliser des toitures végétalisées) mais plutôt sur une évaluation par les pairs de la pertinence du projet dans son ensemble.

4.6 Un Label dédié ?

L'association des toitures et façades végétalisées (ADIVET) qui souhaite pouvoir inscrire ce procédé dans un label ou une certification se heurte pour le moment à la future réglementation environnementale 2020 dont le formalisme du bilan carbone, mesuré à travers les fiches de déclaration environnementale et sanitaire (FDES), se révèle contre performant.

En effet, d'un côté, le transport des substrats et les ressources non renouvelables exigées par l'étanchéité pénalisent le bilan ; de l'autre, le bilan carbone ne prend en compte ni le stockage de carbone occasionné par les plantes, ni les effets de régulation thermique et hydraulique des toitures végétalisées.

L'ADIVET devrait, via un partenariat conclu avec les associations Haute Qualité Environnementale et le Conseil international biodiversité immobilier (Cibi), publier à l'été 2021 un référentiel dédié aux toitures végétalisées afin de pouvoir valoriser de telles démarches de végétalisation¹.

¹ Le Moniteur - Le bâtiment végétalisé lance la bataille de la certification – 02/07/2019 (<https://www.lemoniteur.fr/article/le-batiment-vegetalise-lance-la-bataille-de-la-certification.2044485>)

5.

Subventions mobilisables en Île-de- France



5.1 L'agence de l'eau Seine Normandie



L'Agence de l'Eau Seine-Normandie soutient les maîtres d'ouvrages publics et les activités économiques pour concilier gestion des pluies courantes et fortes dans les projets d'aménagement.

Dans le cadre de son programme « A3 - Réduire les rejets polluants par temps de pluie en zone urbaine », elle propose une subvention allant jusqu'à 80% du coût de l'opération avec un maximum de 100€/m² éligible.

La surface éligible retenue pour le calcul du prix plafond des dispositifs de réduction à la source correspond à la somme de :

- La surface initialement imperméabilisée dont les apports par les pluies courantes sont gérés sur des surfaces non imperméabilisées à ciel ouvert, ou stockés pour utilisation ;
- La surface perméable remaniée pour gérer à ciel ouvert, ou stocker pour utilisation, les apports par les pluies courantes des surfaces imperméabilisées.

>>> https://programme-eau-climat.eau-seine-normandie.fr/sites/default/files/2020-01/AESN_ProgrammeEau%26Climat_V2.pdf

5.2 La Région IDF



Dans le cadre de son Plan vert, la Région IDF soutient la création de 500 hectares de nouveaux espaces verts et naturels d'ici à 2021. Elle soutient financièrement les porteurs de projets d'investissement concourant à la réalisation des objectifs quantitatifs du Plan vert par l'augmentation du ratio en mètres-carrés d'espaces verts et de nature ouverts au public par habitant ainsi qu'en améliorant l'accessibilité de ces espaces. Les toitures et murs végétalisés accessibles au public en font partie.

La Région peut prendre en charge jusqu'à 40% des dépenses éligibles (plafonné à 500 000€ par projet - 600 000 € si le maître d'ouvrage a recours à des entreprises d'insertion, des associations d'insertion ou des entreprises adaptées).

>>> <https://www.iledefrance.fr/creation-despaces-verts>

6.

Benchmark



- 1. PARC DES EXPOSITION VILLEPINTE**
- 2. ECOLE PRIMAIRE DES SCIENCES ET DE LA BIODIVERSITÉ**
- 3. GROUPE SCOLAIRE AIMÉ CÉSAIRE**
- 4. GTM BÂTIMENT**
- 5. IVRY MADIBA**
- 6. COLLÈGE ARCHE GUÉDON**
- 7. ENSTA**
- 8. LA VAGUE VERTE**

6.1 Parc des exposition Villepinte

Adresse : ZAC Paris Nord 2, 93420 Villepinte

Date de réalisation : 2010

Programme : équipement

Typologie : extensive

Accessible au public : Non

Label et certification : HQE



Source : Milena Chessa pour le Moniteur

A. ACTEURS

MOA : Sipac -AMO marchés : Berthaux ; AMO HQE : Indiggo.

Architecte : Chaix & Morel

Paysagiste : Neveux Rouyer

Entreprise toiture : Soprema

B. CARACTÉRISTIQUES

Surface : 15 385 m² (une des plus vastes de France)

Hauteur du bâtiment : 12 m

Présentation : tapis végétal permanent de type toundra isolant thermique et acoustique (proximité avec l'aéroport de Roissy)

C. DÉTAILS DE MISE EN ŒUVRE TECHNIQUE

Poids : 60 à 65 kg/m²

Technique de plantation : rouleaux (Sopranature)

Détail toiture :

- Elle accueille le complexe de végétalisation SOPRANATURE® ;
- La structure est formée de poutres treillis d'une longueur de 96 mètres, sur 4 appuis, composées de HEA 300 en membrure supérieure et inférieure et de diagonales en tubes de 200 ;
- Les poutres secondaires, ou « fermes » sont composées de HEA 240 et de tubes de 120 ;
- 6 mois d'études, 7 mois de fabrication en atelier, et 7 mois de montage ont été nécessaires pour la construction de cet ouvrage.

D. DÉTAILS CONCERNANT LE POTENTIEL ÉCOLOGIQUE

Épaisseur du substrat : 5cm

Connexion avec espaces naturels environnants : Un travail sur l'optimisation de la biodiversité est mené de manière générale dans le projet du nouveau hall. Les surfaces de toiture sont en lien avec des espaces végétalisés alentours sur lesquels 1 700 arbres issus d'essences forestières d>IDF ont été plantés.

Palette végétale : type toundra.

- Palette à dominante de sedum et mousses (5 espèces minimum). L'aspect des sedums évolue au fil des saisons, passant du vert printanier au rouge en période de sécheresse. Les floraisons s'étalent de juin à août dans les tons jaunes, rouges, roses et blancs.
- hauteur de la végétation : 10 cm maximum

E. DÉTAILS CONCERNANT LA GESTION DES EAUX PLUVIALES

Rétention des eaux pluviale : 24l/m²

Déconnexion des eaux pluviales du réseau d'assainissement : 3 200 m³/an

F. DÉTAILS CONCERNANT LA GESTION + ENTRETIEN/MAINTENANCE

(Caractéristiques toiture Sopranature)

Entretien de confortement :

- 3 à 4 passages la première année,
- Arroser impérativement jusqu'à l'enracinement (minimum un point d'eau en terrasse / 1000 m² à 4 bars de pression et 10 m³/h de débit)

Entretien courant : 1 à 2 passage par an

(Caractéristiques toiture Sopranature)



Source : Milena Chessa pour le Moniteur



Source : Chaix & Morel



Sources :

- <https://www.batiactu.com/edito/innovation-durable-s-invite-a-paris-nord-villepinte-26184.php>
- <https://www.lemoniteur.fr/article/paris-nordvillepinte-se-dote-d-un-hall-d-exposition-certifie-durable.1489539>
- <http://www.batipole.com/soprema-hall-exposition-villepinte-batiment-HQE-actualite-3713.html>

6.2 École primaire des Sciences et de la Biodiversité

Adresse : 12- 14 Traverse Jules Guesde, 92100 Boulogne-Billancourt

Date de réalisation : 2014

Programme : groupe scolaire et gymnase

Typologie : intensive et façade végétalisées

Accessible au public : oui

Label et certification : HQE



Source : Chartier Dalix

A. ACTEURS

MOA : SPL Val de Seine

Architecte : Chartier Dalix

Bet : EVP (structure), Cferm (fluides), F. Bougon (éco), F. Boutté (HQE), A.E.U. (Écologue), Biodiversita (biodiversité), Begc (cuisiniste), Peutz (acoustique)

B. CARACTÉRISTIQUES

Surface : 1 650 m²

Hauteur du bâtiment : 14m

Présentation : Toiture composée d'un espace de prairie et d'un espace de forêt. Les rampes pour accéder au toit sont aussi végétalisées. Les façades du bâtiment ont également été conçues pour accueillir faune et flore.

C. DÉTAILS DE MISE EN ŒUVRE TECHNIQUE

Toiture :

- La partie centrale de la toiture supporte plus d'un mètre de terre alors même qu'une partie de celle-ci recouvre un gymnase (donc a une portée importante).
- Un matelas de billes d'argile a été mis en place au-dessus de l'étanchéité réalisée en asphalte et polyuréthane intégrant un agent anti-racinaire.

Façade :

- La paroi minérale est lisse en partie basse pour éviter que les enfants ne l'escaladent et prend du relief en partie haute pour inviter les oiseaux à s'y percher et y nicher.
- 1 436 blocs préfabriqués en béton brut (au plus proche des caractéristiques la pierre), empilés jusqu'à 27 strates et liés par un mortier. La longueur des blocs est variable, la hauteur est fixée à 40 cm ou 80 cm. Des cannelures latérales favorisent l'implantation de végétaux et le ruissellement de l'eau. Ils sont combinés avec des retraits et des saillies, et offrent une diversité d'accroche à la lumière et à la biodiversité.

- Le processus de fabrication a été rationalisé et optimisé pour que les éléments ne soient ni trop petits au risque d'être trop nombreux, ni trop grands pour rester transportables. L'opération compte 1436 pièces en façade.
- Des nichoirs ont été réalisés dans les blocs béton et ont été dimensionnés en fonction des espèces tel que le faucon crécerelle, les pipistrelles, le rouge gorge et rouge queue, le martinet noir, le passereau ou l'hirondelle de fenêtres.

Le surcoût total relatif à la végétalisation du bâti est de l'ordre de 10% (2 millions d'euros). Ceci s'explique notamment par des portées importantes combiné à une épaisseur de substrat importante. Ce surcoût a été compensé par un gain de densité à la parcelle en accord avec la municipalité.

D. DÉTAILS CONCERNANT LE POTENTIEL ÉCOLOGIQUE

Épaisseur du substrat : 30 cm (rampes semées), 50 cm (prairie), 1,20 m (forêt)

Espèces préservées et palette végétale : Au total 114 espèces végétales (relevés réalisés en 2016)

- Faune : 20 espèces d'oiseaux dont certains nichent sur place (moineaux domestiques, mésanges bleues et charbonnières, rougequeue noirs...), 15 espèces de papillons, libellules, criquets, lézards et deux espèces de chauves-souris.
- Dans les prairies : 52 espèces dont 44 spontanées (soit apportées par les oiseaux, soit par le vent) : Massif-vivace, prairie fleurie, Semis/vivaces, Vivaces-geranium, potager. Le Raygrass et les Bleuets ornementaux sont encore très dominants.
- Dans la forêt : 35 espèces dont 19 spontanées : Arbre de judée, Charme commun, Noisetier commune, Tilleul des bois, Fresnes Élevé, Camerisier à balais, Eglantier, Cytise, Pommier sauvage, Clematitre, Lierre
- Sur les murs : 15 espèces, dont 10 spontanées : Orpins (Sedum album, Sedum rupestre), Luzerne cultivée (Medicago sativa) Sénéçon du Cap (Senecio inaequidens).

E. DÉTAILS CONCERNANT LA GESTION + ENTRETIEN/MAINTENANCE

Le projet ne prévoit pas d'arrosage en façade.

La Ville, suite à un manque d'encadrement de la gestion, est en cours d'élaboration d'un plan de gestion, intégrant notamment :

- des critères de suivi (faune, flore...)
- un volet pédagogique auprès des équipes et la formation des agents
- un volet usages en lien avec les enfants

F. RETOURS D'EXPIÉRIENCE

Entretiens réalisés avec : Sophie Deramond, Chartier-Dalix et Aurélien Huguet, Ahecologie

Le retour d'expérience de l'écologue en charge du projet est instructif. Pour lui, plusieurs points sont essentiels :

- L'épaisseur de substrat variable pour favoriser les plantations multi-strates (prairies -20 à 30 cm-, massifs buissonnants -50 cm et plus-, arbres -80cm et plus-) et la création d'habitats écologiques variés ("la grande majorité des oiseaux se nourrissent dans la prairie et utilisent les arbres comme perchoirs").
- La nature du substrat doit être en adéquation avec le milieu sans être trop riche afin d'éviter le développe-

ment d'adventices (privilégier les technosols à la terre végétale enrichie).

- La gestion et le suivi :
 - La répartition des usages en toiture n'était pas suffisamment claire pour les usagers du site. Le boisement était scindé en deux parties. L'une était accessible et l'autre non (ou sous conditions). La règle n'ayant pas été comprise, les sols de la partie non accessible a été piétiné ce qui a provoqué la mort des arbres.
 - La toiture végétalisée, quand elle est intensive, doit se gérer comme un espace naturel et non comme un jardin intégrant alors un suivi écologique avec a minima 6 passages par an lors de l'entretien (passé 3 ans, deux passages de contrôle suffice). Ce point doit être anticipé pour être budgété.
 - Le mur végétalisé pour être effectif ne doit pas être nettoyé. Ce qui peut être à terme peu esthétique. Il est alors nécessaire de prévoir un objet autonome qui vieillisse relativement bien.

Pour la phase conception, notre interlocuteur précise qu'il faut s'assurer de concentrer les émergences en toiture voire de les localiser en sous-sol pour libérer le maximum d'espace en toiture.



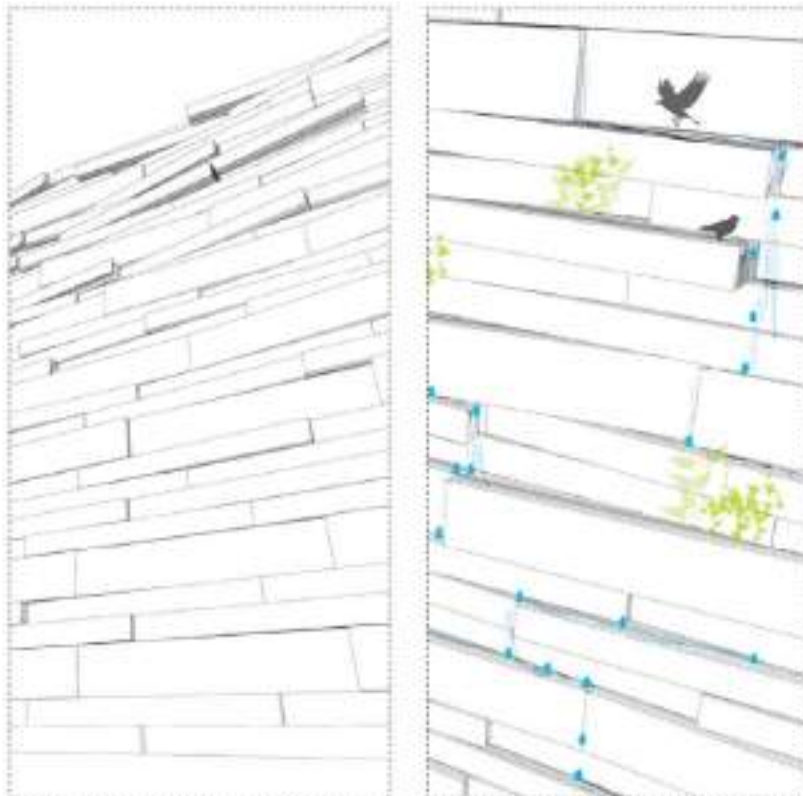
Source : Chartier Dalix



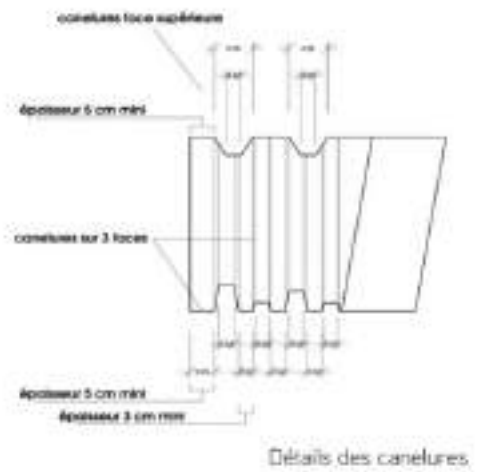
Source : Chartier Dalix



Source : Myr MURATET



Source : Chartier Dalix



Détails des canelures



Sources :

- [ARB : Un bâtiment accueillant la biodiversité à Boulogne-Billancourt](#)
- [Boulogne -Billancourt : L'école des Sciences et de la Biodiversité accroît encore son potentiel écologique](#)
- [LPO : 92 : Boulogne-Billancourt - l'Ecole des Sciences et de la Biodiversité](#)
- [Le Moniteur : Une école-paysage sur les terrains Renault](#)

6.3 Groupe scolaire Aimé Césaire

Adresse : 9 Espl. Édouard Glissant 44 200, Nantes

Date de réalisation : 2013

Programme : groupe scolaire et gymnase

Typologie : semi-intensive

Accessible au public : oui

Label et certification : HQE



Source : Phytolab

A. ACTEURS

MOA : Ville de Nantes

Architecte : Bruno Mader

Paysagiste : Phytolab

Partenaire toiture : Jardin Botanique de Nantes

B. CARACTÉRISTIQUES

Surface : 2 500 m²

Hauteur du bâtiment : de R+1 à R+2

Présentation : toiture végétalisée semi-intensive, mi-naturelle, mi-jardinée composée d'une part de végétation de dune et de l'autre de végétation de landes. La toiture est accessible.

C. DÉTAILS DE MISE EN ŒUVRE TECHNIQUE

Couvert végétal : Le défi fut de végétaliser des acrotères sans entraver l'évacuation des eaux de drainage et sans nuire à l'étanchéité de la toiture

- Plantation de la dune : ligneux (1 plant/m² sur la 50% de la superficie) ; vivaces, bisannuelles (4 plants/m²) ; graminées (10 plants/m²) ;
- Plantation de la lande : ligneux (1 plant/m² sur 100% de la superficie) ; vivaces, bisannuelles (2 plants/m²) ; graminées – (2 plants/m²) ;
- Les semis ont été effectués sur toute la surface des terrasses, dunes et landes.

Pente : pentes inclinées jusqu'à plus de 30%

Technique de végétalisation : installation de plants cultivés en godet et semences récoltées en nature

D. DÉTAILS CONCERNANT LE POTENTIEL ÉCOLOGIQUE

Conditions écologiques contraignantes : aridité et oligotrophie

Espèces préservées : 150 espèces implantées en majorité des hémicryptophytes (vivaces dont graminées, bisannuelles), des thérophytes (annuelles), des chaméphytes (ligneux bas) et quelques géophytes (bulbeuses), voire des phanérophytes (arbrisseaux).

Palette végétale : Proposée par le jardin botanique de Nantes à partir de plantes naturellement présentes dans les dunes et les landes.

- Dunes :
 - issues de plants cultivés en godets ou conteneurs : *Ammophila arenaria* (oyat), *Leymus arenarius* (chien-dent des sables), *Koeleria arenaria* (koelérie maritime), *Crithmum maritimum* (criste marine), *Matthiola sinuata* (giroflée des dunes), *Helichrysum stoechas* (immortelle des sables), *Ephedra distachya* (raisin de mer), *Geranium sanguineum* (géranium sanguin), *Cistus salviifolius* (ciste à feuilles de sauge), *Rosa spinosissima* (églantier pimprenelle), *Arbutus unedo* (arbousier) ...
 - à partir de semences collectées en nature : *Euphorbia segetalis* subsp. *portlandica* (euphorbe de Portland), *Phleum arenarium* (fléole des sables), *Silene conica* (silène conique), *Euphorbia paralias* (euphorbe maritime), *Poterium sanguisorba* (petite pimprenelle), *Centaurea aspera* (centaurée rude), *Glaucium flavum* (pavot cornu), *Silene otites* (silène à oreillettes) ...
- Lande :
 - issus de plants cultivés en godet ou conteneurs : *Ruscus aculeatus* (fragonnette), *Ulex minor* (ajonc nain), *Potentilla erecta* (potentille tormentille), *Euphorbia amygdaloides* (euphorbe des bois), *Erica scoparia* (bruyère à balai), *Erica cinerea* (bruyère cendrée), *Calluna vulgaris* (callune commune), *Viola riviniana* (violette de Rivinus), *Deschampsia flexuosa* (canche-flexueuse), *Hyacinthoides non-scripta* (jacinthe des bois), *Molinia caerulea* (molinie bleue) ...
 - à partir de semences récoltées en nature : *Anacamptis morio* (orchis bouffon), *Succisa pratensis* (succise des prés), *Hieracium vulgatum* (épervière commune), *Silene vulgaris* (silène enflé), *Polygala vulgaris* (polygale commun), *Danthonia decumbens* (danthonie retombante), *Carex binervis* (laïche à deux nervures),

Luzula campestris (luzule champêtre), Ornithopus perpusillus (pied-d'oiseau délicat), Rhinanthus minor (petit rhinanth) ... Agrostis curtisii (agrostide de Curtis), Asphodelus albus (asphodèle blanc), Calamagrostis epigejos (calamagrostis commun), Digitalis purpurea (digitale pourpre), Teucrium scorodonia (germandrée petit-chêne)

Composition et épaisseur des substrats :

- Dunes : fond de forme constitué uniquement de sable de l'estuaire de la Loire avec un surfacage d'environ 10 cm avec du sable provenant du littoral (issu de zones de chantiers). Pour les zones en pente, le sable d'estuaire a été mélangé à de la grave type 0-31,5.
- Landes : fond de forme d'épaisseur maximale de 25 cm, composé d'un mélange 2/3 grave + 1/3 de matériau inerte allégé ; mélange de surface, 25cm maximum avec 1/2 grave 0-31,5 + 1/4 d'argile stérile + 1/4 de terre de bruyère.

Opérations d'entretien : autonomie de fonctionnement, ne nécessite pas d'arrosage. En 2018, l'entretien de la "lande" n'a consisté qu'en une fauche annuelle avec exportation en période de repos de la végétation (automne-hiver) et quelques rares et rapides passages pour contrôler les adventices à potentiel invasif ou "inesthétiques".

Pour en savoir plus sur l'évolution de la biodiversité : <https://jardins.nantes.fr/N/Information/Telecharger/Pdf/Toiture-vegetalisee-Ecole-Aime-Cesaire-Nantes.pdf>

E. COÛTS

Coût d'investissement : 400 000 € HT

F. RETOURS D'EXPÉRIENCE

Difficultés rencontrées : "Au cours des deux premières années, plants et graines se sont rapidement développés. Toutefois, l'indigence des conditions trophiques et hydriques du sol associées à des étés successifs très chauds et secs a tout procédé à une sévère sélection de la flore présente, en éradiquant la plupart des ligneux plantés en 2012, notamment les ajoncs, les callunes, les bruyères ... au profit d'espèces herbacées issues de plantes semées volontairement et d'origine spontanée. En cinq années, la toiture est passé d'un paysage dominé par de petits arbrisseaux évoquant une lande à celui d'un complexe de plantes herbacées relevant de friches, prairies, pelouses. Néanmoins, nous retiendrons l'apparition de petits secteurs "pionniers" où l'on observe les premiers stades d'installation d'une lande à Ericacées avec d'abondants semis de callunes, de bruyères et des bryophytes"

Facteurs de succès : "les principes retenus ici pour végétaliser une terrasse sont prometteurs, notamment grâce à l'utilisation de substrats pauvres en nutriments et surtout exempts de banque de semences d'adventices. De même, à l'avenir, sur d'autres sites, il pourrait être envisagé de réutiliser les produits issus de la démolition des immeubles pour constituer des substrats-supports à végétaliser par des pelouses calcaires, par exemple ! "



Source : Phytolab

Propos issus de : <https://jardins.nantes.fr/N/Information/Telecharger/Pdf/Toiture-vegetalisee-Ecole-Aime-Cesaire-Nantes.pdf>

Sources :

- <http://www.phytolab.fr/project/groupe-scolaire-aime-cesaire/>
- http://ressources-caue.fr/GED_K/109837992701/banC_public_39_sept.pdf
- <https://jardins.nantes.fr/N/Information/Telecharger/Pdf/Toiture-vegetalisee-Ecole-Aime-Cesaire-Nantes.pdf>

6.4 GTM Bâtiment

Adresse : 83-85 Rue Henri Barbusse, 92000 Nanterre

Date de réalisation : 2015

Programme : bureaux

Typologie : Brown roof et agriculture urbaine

Accessible au public : Uniquement les espaces en agriculture urbaine.

Label et certification : HQE



Source : Topager

A. ACTEURS

MOA : La Foncière des Régions et ADIM Concepts

Architecte : Quadri Fiore Architecture

Concepteur et Gestionnaire : Topager

Partenaire : Muséum National d'Histoire Naturelle

B. CARACTÉRISTIQUES

Surface : 1 600 m² dont 590 m² de Brown roof

Hauteur des bâtiments : R+3

Présentation : Installation d'un substrat non planté. Les espèces se développent spontanément au cours du temps.

C. DÉTAILS DE MISE EN ŒUVRE TECHNIQUE

Toiture Brown Roof : Pose de substrat et dispositif de refuge

Toitures Potagères : Espaces de verdure, deux bacs plantés

D. DÉTAILS CONCERNANT LE POTENTIEL ÉCOLOGIQUE

Épaisseur et composition du substrat : 12,6cm de substrat minéral à base de pouzzolane

Palette végétale : 36 espèces sont recensées en 2018

Strate végétale dominante : Herbacée

Espèces recensées :

- Biomasse microbienne : 292 mgC/kg
- Taux de matière organique : 2,3%

E. DÉTAILS CONCERNANT LA GESTION DES EAUX PLUVIALES

Rétention des eaux pluviale : 52,4l/m²

Rétention eau total : 30,92 m³

F. DÉTAILS CONCERNANT LA GESTION + ENTRETIEN/MAINTENANCE

Entretien annuel : contrôle et retrait des plantes interdites, contrôle et nettoyage des regards d'évacuation des eaux pluviales, contrôle et désherbage de la bande stérile, éventuelle fertilisation organique (compost)

Coût de gestion : Varie entre 1 800 €HT et 3 600 €HT à l'année

F. RETOURS D'EXPÉRIENCE

Entretien réalisé avec : Nicolas Bel, Topager

D'après notre interlocuteur, le développement est très dépendant de l'environnement proche. Par exemple, le projet de l'usine des eaux à Ivry a bénéficié de l'influence des bassins d'eaux très riche en matière organique. Dans d'autres environnements, où les réservoirs de biodiversité sont moins riches, la végétation peut peiner à se développer. Il est ainsi très important de bien connaître ses réservoirs de biodiversité environnants, d'avoir un substrat similaire au sol et compatible avec les écosystèmes proches.

Par ailleurs Nicolas insiste sur le fait que le projet de végétalisation doit être intégré au contexte écologique local et surtout favoriser la diversité (multi strate).

Nicolas Bel précise qu'une « bonne » toiture végétalisée a une épaisseur de substrat minimum de 10 cm. Pour l'installation de brown roof, notre interlocuteur recommande de privilégier leur implantation sur des toitures peu visibles notamment pour éviter les remarques des riverains ayant une vue sur ces espaces. En effet, la végétalisation de la toiture peut être plus ou moins rapide et en fonction du climat et de l'entretien choisi, l'aspect physique de la toiture peut drastiquement varier.

Sources :

- <http://topager.com/portfolio-item/siege-social-de-gtm-batiment/>
- https://www.arb-idf.fr/sites/arb-idf/files/document/resources/adeline_decourcelle_rapport_stage_m2_bee_version_finale.pdf
- <https://www.batiweb.com/actualites/vie-des-societes/un-nouveau-siege-flambant-neuf-pour-gtm-batiment-2015-07-08-26804>



Source : Adeline Decourcelle



Source : Adeline Decourcelle



Micro milieux favorisant l'installation de biodiversité
Source : Adeline Decourcelle :



Source : Topager

6.5 Ivry Madiba

Adresse : 64/74, avenue Jean-Jaurès, 94200 Ivry-sur-Seine

Date de réalisation : 2017

Programme : logements collectifs (3 bâtiments 104 appartements)

Typologie : Brown roof et agriculture urbaine

Accessible au public : Oui, uniquement les espaces en agriculture urbaine (450m²)



Source : Topager

A. ACTEURS

Promoteur : Quartus

Architecte : Engasser + associés

Concepteur et Gestionnaire : Topager

B. CARACTÉRISTIQUES

Surface : 600 m²

Hauteur des bâtiments : R+8

Présentation : 450m² de jardins partagés (potagers) ouverts aux habitants et 150m² de toiture Brown Roof non accessible.

C. DÉTAILS DE MISE EN ŒUVRE TECHNIQUE

Toiture Brown Roof : Pose de substrat et dispositif de refuge

Toitures Potagers : Espaces de verdure, deux bacs plantés

D. DÉTAILS CONCERNANT LE POTENTIEL ÉCOLOGIQUE

Palette végétale : Végétation spontanée et potager (légumes, aromates, petits fruits et fleurs).

Sources :

- <http://topager.com/portfolio-item/ivry-madiba/>
- <http://agenceengasser.com/portfolio/104-logements-a-ivry-sur-seine/?c=agenceengasser.com>



Source : Micher Denance



Source : Engasser + associés



Source : Engasser + associés

6.6 Collège Arche Guédon

Adresse : 3 Cours de l'Arche Guédon, 77200 Torcy

Date de réalisation : 2015

Programme : école

Typologie : semi-intensive

Accessible au public : Non

Label et certification : HQE



Source : Milena Chessa pour le Moniteur

A. ACTEURS

MOA : Seine-et-Marne , CITAE (AMO HQE)

Architecte : Barbara Dumont

Entreprise toiture : Ecovegetal

B. CARACTÉRISTIQUES

Surface : 1 000 m²

Présentation : tapis végétal permanent de type tundra isolant thermique et acoustique (proximité avec l'aéroport de Roissy)

C. DÉTAILS DE MISE EN ŒUVRE TECHNIQUE

Poids à CME : 340-342kg /m²

Technique de plantation : Godets

Détail toiture : Des panneaux solaires photovoltaïques en toiture fournissent de l'électricité au bâtiment mais ne forment pas de toiture biosolaire.

Un point d'eau a dû être ajouté à la hâte pour être conforme aux pratiques courantes en toiture.

D. DÉTAILS CONCERNANT LE POTENTIEL ÉCOLOGIQUE

Épaisseur du substrat : entre 15 cm et 30 cm

Palette végétale : plantes aromatiques et vivaces florifère.

- Bouquet : Centranthus ruber, Crassula sarcocaulis, Festuca amethystina, Helichrysum italicum, Hyssopus officinalis, Lavandula angustifolia, Nepeta mussinii, Oenothera fruticosa, Origanum vulgare, Santolina chamaecyparissus, Stipa tenuifolia, Thymus officinalis,
- Tapissantes : Anacyclus depressus, Armeria maritima, Frankenia laevis, Matricaria caucasica, Phuopsis cruciata, Scabiosa alpina 'Ritz Blue'.

E. DÉTAILS CONCERNANT LA GESTION DES EAUX PLUVIALES

Rétention des eaux pluviales : 115l/m² à 118l/m²

Coefficient de ruissellement : 0,29

F. DÉTAILS CONCERNANT LA GESTION + ENTRETIEN/MAINTENANCE

Opérations de gestion : Cela consiste à désherber, replanter, nourrir (engrais bio) et vérifier le système d'évacuation des eaux pluviales. La solution déployée nécessite 3 à 4 passages par an.

Coût de gestion : Ecovégétal n'a pas la gestion à sa charge mais les coûts d'entretien auraient été d'environ 6 000 à 7 000 € pour ce projet. Les coûts d'entretien pour une toiture Lavandulis varient entre 1,5 à 2€/m²/passage.

G. RETOURS D'EXPÉRIENCE

Entretien réalisé avec : Léa Kayser, Ecovégétal

Notre interlocuteur au sein d'Ecovégétal recommande d'anticiper la phase de confortement de la végétation car sur ce projet notamment cela n'avait pas été fait. Ecovégétal a dû ré-intervenir un an plus tard pour replanter.

Aussi pour assurer du développement pérenne de la végétation, notre interlocuteur recommande d'étudier l'ensoleillement à toutes les saisons et d'anticiper les modalités contractuelles de gestion/maintenance dès la conception.

Sources :

- <https://www.ecovegetal.com/realisations/college-arche-gue-don-torcy/>
- <https://www.ecovegetal.com/wp-content/uploads/2020/01/GUIDE-TOITURES-VEGETALES-ECOVEGETAL-2020.pdf>
- http://www.cstb.fr/pdf/atec/GS05-F/AF2192655_V1.pdf

6.7 ENSTA

Adresse : 828 Boulevard des Maréchaux, 91120 Palaiseau

Programme : Enseignement supérieur

Typologie : façades et toiture végétalisées

Label et certification : HQE



Source : Ensta

A. ACTEURS

MOA : Ministère des armées

Propriétaire : Génécomi (filiale du crédit agricole)

Occupant : ENSTA

Gestionnaire : contrat de performance avec une société de maintenance généraliste

B. CARACTÉRISTIQUES

Hauteur des bâtiments : R+4

Conception : Bâtiment réalisé dans le cadre d'une convention de partenariat public privé (PPP) signée entre le ministère des armées et Génécomi.

Complexe végétalisé : solution Ecovégétal

C. DÉTAILS CONCERNANT LA GESTION + ENTRETIEN/MAINTENANCE

Le dispositif de végétation du bâti a été conçu dans le cadre d'un contrat de performance énergétique cadré dès les phases amont par le PPP.

Opération de gestion :

- Les glycines demandent très peu d'entretien. Elles sont taillées à l'automne, pour laisser davantage la lumière rentrer dans le bâtiment en hiver. Elles ne sont pas arrosées.

D. DÉTAILS CONCERNANT LE POTENTIEL ÉCOLOGIQUE

Les murs végétalisés : Des glycines, plantes grimpantes ont été plantées au pieds du bâtiment. Ces plantes présentent plusieurs avantages pour l'usage en façade : elles sont résistantes aux épisodes de sécheresse et de gel, sont peu gourmandes en eau et ont un développement très rapide.

Elles permettent ainsi d'assurer l'inertie thermique du bâtiment en été tout en s'inscrivant dans une démarche de sobriété.

E. RETOURS D'EXPÉRIENCE

Entretien réalisé avec : Guillaume Morsiani, ENSTA

Notre interlocuteur recommande des grimpanes pour la façade végétalisée plutôt qu'un mur végétalisé en tant que tel avec des bacs de substrat. Les grimpanes sont plus facile à mettre en œuvre et nécessitent moins d'opération d'entretien et de maintenance.

Notre interlocuteur préconise également une bonne anticipation de la gestion des espaces développée tant sur le plan technique (ce qui est à réaliser) que sur le plan des compétences (qui réalise ces opérations de gestion, entretien et maintenance).

En effet, la solution a été installée en toiture il y a 10 ans. Le maître d'ouvrage étant dans une logique d'investissement à long terme, la toiture a été très bien conçue. Cependant l'entretien a été confié à une société de maintenance généraliste et non pas à des spécialistes de la végétation du bâti ce qui se traduit aujourd'hui par un abandon total de la végétation en toiture (présence d'adventice uniquement).

6.8 La vague verte

Adresse : 14-20 Boulevard Newton, 77420 Champs-sur-Marne

Date de réalisation : 2013

Programme :

Typologie : semi-intensive



A. ACTEURS

MOA : Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie

Maître d'œuvre technique : SNC LAVALIN

Architecte paysagiste : Cabinet BESSON GIRARD

Étanchéité : SOPREMA ENTREPRISES

B. CARACTÉRISTIQUES

Surface : 1 ha

Pente : pentes variables (entre 0 et 33 %)

Hauteur des bâtiments : R+8

C. DÉTAILS DE MISE EN ŒUVRE TECHNIQUE

Conception : Les vagues vertes sont des ouvrages d'art en béton. 7 dalles différentes forment les vagues. Elles sont chacune constituées de deux parties. Elles couvrent les bâtiments situés en dessous mais ne sont pas considérées comme une toiture.

Systèmes de retenue du substrat : lisses métalliques fixées sur potelets d'ancrage

Composition : filtre en fibres synthétiques, couche de drainage en polystyrène.

D. DÉTAILS CONCERNANT LE POTENTIEL ÉCOLOGIQUE

Palette végétale : pelouse et mélange de plantations vivaces, graminées et bulbeuses.

Substrat : 21 cm pour le gazon et 28 cm pour le mélange de végétation.

E. DÉTAILS CONCERNANT LA GESTION DES EAUX PLUVIALES

Coefficient de ruissellement : de 0,2 à 0,7.

F. RETOURS D'EXPÉRIENCE

Entretien réalisé avec : Philippe Avril, Université Gustave Eiffel

Les vagues auraient dû être accessibles au public mais il a fallu optimiser le budget donc l'épaisseur de la dalle a été réduite et les normes de sécurité assouplies.

Initialement la pelouse était alimentée en eau par un réseau d'arrosage automatique mais après la première année les services ont décidé de ne plus l'arroser car cela coûtait trop cher. Par ailleurs, le projet intègre une solution de récupération d'eaux pluviales mais la surface est trop importante pour que cela soit significatif.

Il n'y a pas de suivi écologique. La toiture est laissée en friche... sans que ce soit problématique esthétiquement ou techniquement. L'équipe de gestion a simplement informé les usagers de la variation de couleur et justifié les économies réalisées.

Initialement il devait y avoir 7 passages par an pour le fauchage uniquement mais l'université a demandé à faucher uniquement 3 à 4 fois par an (donc 1 passage tous les deux mois l'été) afin de pouvoir accueillir des ruches et également pour des considérations écologiques/économiques.

Sources :

- <https://batijournal.com/vague-verte-dans-la-cite-descartes-a-champs-sur-marne/81523>
- <http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/60500/1B1P05-220VER.pdf>
- lemoniteur.fr/article/vague-verte-sur-le-pole-scientifique-et-technique.544689
- <https://fpa.fr/2013/soprema-entreprises-pole-bienvenue-batiment-emblematisant-de-la-ville-durable/>



Source : Philippe Avril



Source : Philippe Avril



Source : Soprema

a

u

v

Une autre ville

19 rue Frédérick Lemaître
75020 Paris France

+33 (0) 9 82 66 43

uneautreville.com

Commanditaires

Partenaires

PARIS-SACLAY

**TRANS
FAIRE**