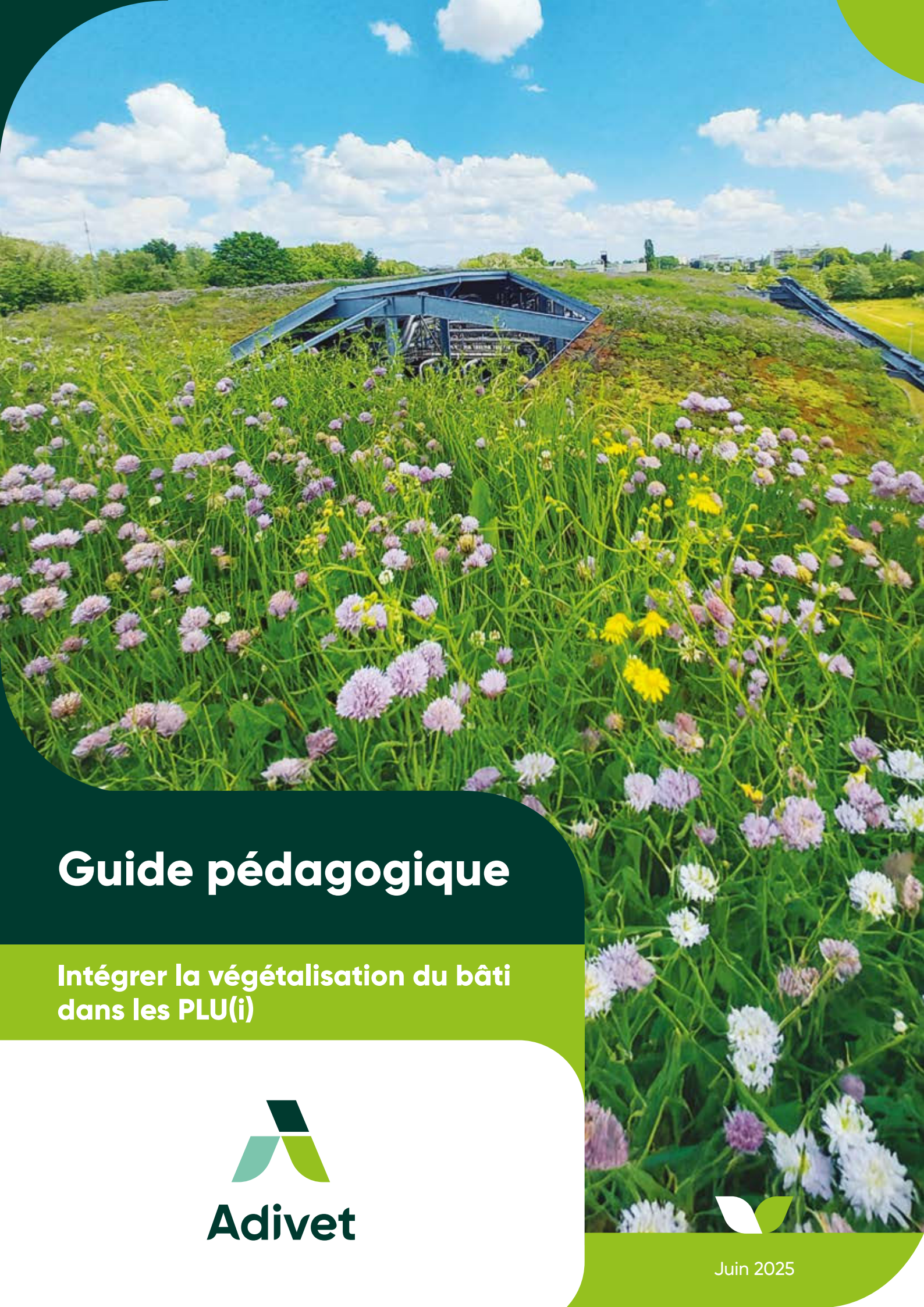




Guide pédagogique

Intégrer la végétalisation du bâti
dans les PLU(i)



Juin 2025

Sommaire

L'Adivet	3
Projet PLU(i)	4
1 Qu'est-ce que c'est une toiture végétale ?	5
1.1 Toiture végétalisée extensive	6
1.2 Toiture végétalisée semi-intensive	6
1.3 Toiture végétalisée intensive et agriculture urbaine en toiture	7
1.4 Toitures biosolaires	8
2 Pourquoi végétaliser le bâti ?	9
2.1 L'accueil de la biodiversité	9
2.2 La gestion des eaux pluviales	10
2.3 La lutte contre l'îlot de chaleur urbain	11
2.4 L'apport pour la santé / bien-être	12
2.5 La protection du bâti	12
3 Pourquoi intégrer la végétalisation du bâti dans les PLU(i) ?	13
3.1 Contexte réglementaire national	13
3.2 La végétalisation du bâti : une solution pour répondre aux besoins de gestion des eaux pluviales et d'accueil de la biodiversité des villes	13
3.3 La végétalisation du bâti : un levier de valorisation urbaine pour que les toitures deviennent des jardins, des paysages à vivre et à regarder	14
4 Rapport de présentation, PADD et OAP : quels enjeux ?	15
5 Règlement : justification et détails des Recommandations rédactionnelles	16
5.1 Dispositions générales	16
5.2 Accueil de la biodiversité	21
5.3 Gestion des eaux pluviales	25
5.4 Lutte contre les îlots de chaleur urbains	28
5.5 Toitures biosolaires	29
6 Ressources	31

Ce projet a pu être mené à bien grâce à l'Agence de l'eau Seine-Normandie, Cimbéton, la Chambre syndicale française de l'étanchéité et Paris Initiative Entreprise.

Ce document a été imprimé sur du papier issu de forêts durablement gérées et par un imprimeur certifié Imprim'Vert.

Pour tous renseignements complémentaires, contactez nous sur vegetaliserlesplu@adivet.net
07 49 24 72 57

Remerciements

Pour mener à bien ce travail, l'Adivet remercie Pierre Georgel (Ecovegetal), animateur du groupe de travail, ainsi que les membres de celui-ci :

Philippe Gaboriau (Alegina),
Yannik Beix (B-Green Solutions),
Yannis Delalandes (Biotopes Creation),
Stéphane Herbin (Cimbéton),
Manuel Decoodt (Etandex),
Ben Pycke (Greentexx),
Florence Danczak (Iko-Axter),
Pierre-Gilles Parra (Isobox),
Raphaël Lamé (Le Prieuré),
Eytan Levi (Roofscapes),
Michel Schmitt, Lionel Sindt et
Matthieu Arlot (Sopranature),
Frédéric Madre (Topager),
Catherine Steenkiste (Vegetek),
Frédéric Logez (Vert-Tical Nord).

Nous remercions également le cabinet Coudray, avocats en droit public et en droit l'urbanisme et le cabinet Martin & Associés, avocats en droit de l'urbanisme et de la construction pour leur précieuse relecture juridique des Recommandations rédactionnelles.



L' Adivet



Créée en 2002 par les acteurs de la végétalisation des toitures-terrasses végétalisées, l'Adivet s'est ouverte ensuite aux terrasses-jardins puis aux façades végétalisées. Aujourd'hui, elle a agrandi son périmètre pour embrasser l'ensemble de la végétalisation de l'îlot bâti et des infrastructures, tout particulièrement en milieu urbain. Elle témoigne ainsi de son action, portée par ses membres, pour une réponse incontournable aux enjeux climatiques et au bien-être des urbains d'aujourd'hui et de demain.

Avec l'évolution climatique et l'érosion de la biodiversité, tout spécialement prégnantes en ville, la végétalisation devient incontournable pour, notamment, lutter contre les îlots de chaleur urbains, gérer les pics de pluviométrie et accueillir la biodiversité. Ces enjeux ont une conséquence directe sur la santé et le bien-être d'une part très importante de la population avec près de 80 % de citoyens. Parallèlement, les villes étant très majoritairement minéralisées, il importe de mettre en œuvre des solutions opérationnelles et concrètes pour les renaturer.

La spécificité de l'Adivet est de réunir l'ensemble des acteurs de la chaîne de valeur de la végétalisation du bâti et des infrastructures urbaines, du donneur d'ordre – collectivités, promoteurs, bailleurs sociaux, architectes, paysagistes-concepteurs, bureaux d'étude –, à l'installateur – entreprises d'étanchéité et du paysage –, en passant par les contrôleurs techniques, les organismes de recherche et formation, les organisations professionnelles connexes et les fournisseurs de solutions ou de composants.

Elle promeut la végétalisation de l'îlot bâti et des infrastructures urbaines en veillant aux bonnes pratiques et au respect des règles de l'art mais également en communiquant sur les bénéfices qu'apporte la végétalisation, auprès des pouvoirs publics, des donneurs d'ordre privés et publics et des parties prenantes de l'acte de construire. L'enjeu est de promouvoir un développement exemplaire de ces techniques et de fédérer les acteurs autour de principes de qualité, de fiabilité et de pérennité des réalisations afin de mettre en œuvre les composantes d'une ville durable.

Au plan international, l'Adivet est membre des deux organisations représentatives, l'EFB (Fédération européenne des associations œuvrant en faveur des infrastructures végétalisées) et du WGIN (World Green Infrastructure Network).

L'activité interne de l'association, dont les orientations sont définies annuellement par l'assemblée générale des adhérents, repose sur les différents groupes de travail. Un de ces groupes est dédié à l'intégration de la végétalisation du bâti dans les outils de planification et a lancé le projet d'écriture de Recommandations rédactionnelles pour les plans locaux d'urbanisme (PLU) et plans locaux d'urbanisme intercommunaux (PLUI).



Projet PLU(i)

Ce projet de Recommandations rédactionnelles pour les PLU est né de deux constats. D'une part, l'existence de grandes disparités entre les PLU concernant l'appropriation du sujet de la végétalisation par les collectivités ainsi qu'une demande de leur part pour davantage d'outils. D'autre part, la conviction que la végétalisation est une solution aux défis actuels des villes. En réponse à ces constats, **l'Adivet a décidé de mobiliser son expertise technique et opérationnelle afin de fournir aux collectivités des propositions de textes claires et précises.**

Ces Recommandations rédactionnelles sont structurées selon une approche méthodique et rigoureuse, qui s'articule autour des étapes suivantes :

- Identification des enjeux stratégiques et analyse approfondie de l'état actuel des pratiques ;
- Définition des objectifs de performance à atteindre par le biais de la végétalisation ;
- Élaboration de préconisations rédactionnelles ciblées pour accompagner la mise en œuvre de ces objectifs ;
- Panel de Recommandations rédactionnelles à choisir par les collectivités, en fonctions de leurs enjeux, de leurs objectifs et de leurs priorités.

Le document, conçu comme un catalogue, vise à offrir une solution adaptée pour chaque collectivité ou rédacteur de PLU. En effet, chaque entité est invitée à **sélectionner les dispositions les plus pertinentes pour son territoire**, lui permettant ainsi de répondre avec précision à ses objectifs spécifiques. Les outils rédactionnels proposés s'adaptent à la diversité des besoins territoriaux, en permettant la sélection d'un éventail complet d'indicateurs ou de ceux jugés les plus adéquats pour une thématique donnée. **Quatre thématiques** ont été identifiées comme des clés d'entrée prioritaires pour la végétalisation du bâti : **l'accueil de la biodiversité, la gestion des eaux pluviales, la lutte contre les îlots de chaleur et les toitures biosolaires.**

Par ailleurs, les Recommandations rédactionnelles sont conçues pour être les plus opérationnelles possible, avec des **textes « prêts-à-l'emploi » pouvant être facilement transposés dans les PLU**. Elles ont été relues par deux cabinets d'avocats spécialisés en urbanisme afin de garantir leur solidité juridique.



Les Recommandations rédactionnelles sont accompagnées de ce **Guide pédagogique** qui a pour vocation d'accompagner les rédacteurs de PLU dans leurs choix rédactionnels. Il a été conçu comme un **mode d'emploi qui, d'une part, donne des points de repère sur le fonctionnement et la mise en œuvre des toitures végétalisées et, d'autre part, fournit des précisions sur les dispositions retenues et leurs avantages.**

Ce document a été rédigé en 2025 par le groupe de travail « PLU » de l'Adivet. Cette première version sera amenée à évoluer avec les nouvelles réglementations ainsi que les retours des collectivités et acteurs qui rédigent les PLU(i).

1 Qu'est-ce que c'est une toiture végétale ?

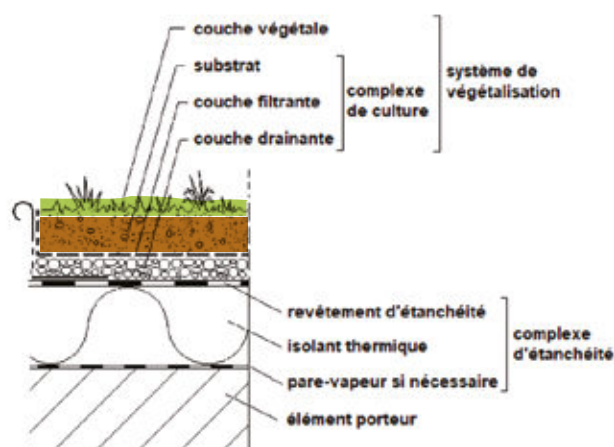
Dans l'architecture du XX^e siècle donnant une place prépondérante à la toiture plate, la végétalisation s'y est développée, essentiellement pour des raisons de bien-être. Dans les années 80, des solutions légères sont apparues en Allemagne, permettant de végétaliser les toitures-terrasses non accessibles et pour tout type d'élément porteur.

En France, le concept de végétalisation extensive des toitures est apparu au début des années 1990. De plus en plus en phase avec les attentes de la société française depuis 2004 et dans le souci de prendre en compte des solutions respectueuses de l'environnement, la végétalisation du bâti a pris de l'ampleur. On estime à près de **deux millions de m² de toitures-terrasses végétalisées** par an actuellement. Cela représente 4 % des surfaces étanchées (en neuf et en rénovation).



Un **système de végétalisation de toiture** est un ensemble de matériaux et de végétaux mis en place sur une toiture ou une terrasse avec l'objectif d'assurer la pérennité de la végétation comme de la construction. Il comprend deux éléments principaux :

- Un **complexe d'étanchéité** composé d'un pare-vapeur, d'un isolant thermique et d'un revêtement d'étanchéité résistant à la pénétration racinaire ;
- Un **complexe de végétalisation** composé d'une couche drainante, une couche filtrante, un substrat et une couche végétale.



Coupe détaillée des composants d'une toiture végétalisée

Source : RP TTV

La végétalisation des toitures est un domaine pointu, encadré par des normes et textes réglementaires. Les végétalisations extensives et semi-intensives sont encadrées par la **3^e édition des « Règles Professionnelles pour la conception et la réalisation des terrasses et toitures végétalisées »** (RP TTV). La végétalisation intensive relève de la norme NF P 84 204 1 2 (réf DTU 43.1) (voir page 31 – VI. Ressources).

Le présent guide est conforme à ces prescriptions réglementaires.

Trois techniques différentes, ou concepts de végétalisation de toitures coexistent en France : la végétation extensive, semi-intensive et intensive.



1.1. Toiture végétalisée extensive



Crèche de Mérignac

La crèche de Mérignac accueille une végétalisation de type extensif permettant de restituer en toiture l'espace végétal pris au sol.

La végétation extensive constitue un **tapis végétal** (à base de sedum principalement mais également de graminées) qui s'adapte progressivement à son milieu et **fonctionne de façon quasiment autonome**. C'est un système de végétalisation léger qui **comprend un complexe de culture de faible épaisseur (de 4 à 12 cm)**. Son entretien après l'installation de la végétation est faible (**1 à 2 passages par an**) et l'apport d'eau par les précipitations naturelles est en général suffisant. Néanmoins, il peut être complété par un arrosage d'appoint (obligation de disposer d'un point d'eau à maximum 30 m de tout végétal) en fonction des contraintes climatiques et de la période (parachèvement, confortement, entretien courant). Son poids moyen est de 60 à 180 kg/m² ce qui lui permet d'être installé sur des structures en béton, en acier ou en bois et sur des pentes allant jusqu'à 20 % sans difficultés (dans le cadre des RP TTV mais il est possible d'aller au-delà). **Les toitures végétalisées extensives ne sont pas accessibles.**

1.2 Toiture végétalisée semi-intensive

La végétation semi-intensive est constituée d'un système de végétalisation comprenant un **complexe de culture d'épaisseur moyenne (de 12 à 30 cm)**. Sa palette végétale est relativement large allant des herbacées aux arbustes. Son entretien est modéré (**3 à 5 passages par an**) et un arrosage régulier est généralement nécessaire. Son poids moyen est de 150 à 350 kg/m² ce qui lui permet d'être installée sur des structures en béton, en acier ou en bois et sur des pentes allant jusqu'à 20 % (dans le cadre des RP TTV mais il est possible d'aller au-delà). **Les toitures végétalisées semi-intensives ne sont pas accessibles.**



Hôtel des Postes de Strasbourg (réalisé en 2022)

Dans le cadre de la réhabilitation de l'ancien Hôtel des Postes de Strasbourg, une toiture semi-intensive a été installée sur un bâtiment de bureaux contemporains.



Dôme végétalisé du Colisée, espace culturel et sportif à Chartres (réalisé en 2023-2024)

Construit au cœur de la ville sur d'anciennes friches, la toiture végétale a été pensée pour agir comme un tampon thermique pour une approche bioclimatique du bâtiment mais également pour gérer les eaux de pluie et pour jouer un rôle important d'auxiliaire et de relais pour la faune et la flore. Son implantation sur des friches a également permis d'éviter d'artificialiser 12 à 14 ha de terrain (s'il avait été situé à la périphérie de la ville).

1.3. Toiture végétalisée intensive et agriculture urbaine en toiture

La végétation intensive se caractérise par de **fortes épaisseurs de substrat ou terre végétale (> à 30 cm)**. La palette végétale est large, couvrant les strates herbacées, arbustives et arborées. **Son entretien est comparable à celui d'un espace vert.** Son poids moyen est supérieur à 600 kg/m² ce qui demande une structure portante en béton. **Elle peut être accessible aux piétons.**



Site RATP de Bal Bienvenue à Fontenay-sous-Bois (réalisé en 2021)

Cette toiture-terrasse a été conçue pour permettre de profiter d'un environnement naturel tout en répondant aux besoins des salariés en termes d'animation et de création de liens.

Une toiture végétalisée peut combiner des zones de végétalisation extensive et semi-intensive et des toitures végétalisées dites « mixtes » ou « multi-usages » peuvent également exister.

De plus, depuis quelques années, une forme de végétalisation particulière du bâtiment se développe parallèlement à celle de la toiture végétalisée classique et de la terrasse jardin : **l'Agriculture Urbaine en Toiture (AUT)**. Le présent guide ne traitera pas des spécificités de l'agriculture urbaine en toiture.



La Ferme Suzanne
(réalisée en 2020)

Située dans le 15^e arrondissement de Paris, la Ferme Suzanne a vu le jour en 2020 dans le cadre des Parisculteurs. Deux toitures existantes, situées dans le parc omnisport Suzanne Lenglen, ont évolué pour devenir des toitures-terrasses productives.



Le Toit potager de l'institut d'arts culinaires Le Cordon Bleu
(réalisé en 2016)

807 m² de surface sont cultivés dont 250 m² de jardinières qui sont exclusivement dédiées à la production potagère. Des nattes de rétention d'eau permettent de diffuser par capillarité l'eau vers les légumes.

 Pour plus d'informations, lire les **Recommandations techniques de l'Agriculture Urbaine en Toiture de l'Adivet** (édition 2018).

1.4. Toitures biosolaires

Enfin, il existe un dernier type de toiture végétalisée, les toitures dites « biosolaires » – toitures végétalisées biodiverses et solaires. Ce sont des toitures qui accueillent, sur la même surface, de la végétation et des panneaux photovoltaïques ou solaires thermiques, l'un au-dessus de l'autre, afin d'apporter les services de l'un et de l'autre mais aussi de bénéficier de synergies positives.



Ecole Centrale d'Electronique à Paris (15^e)

Cette installation est un site expérimental de 80 m² où ont été installées et instrumentées trois configurations de toitures biosolaires (sur 5 cm de substrat, sur 12 cm de substrat et sur 12 cm de substrat avec irrigation) ainsi qu'une configuration témoin (sur gravillon). L'objectif est de comparer le rendement électrique de ces quatre configurations.

 Pour plus d'informations, lire le **Guide sur les toitures biosolaires** (à paraître l'été 2025).

2 Pourquoi végétaliser le bâti ?

Aujourd'hui, il est reconnu que la végétalisation de l'îlot bâti est une **solution fondée sur la nature, multifonctionnelle**, qui apporte de nombreux services écosystémiques.

2.1. L'accueil de la biodiversité

Les îlots bâtis et les infrastructures de nos villes peuvent **accueillir une véritable biodiversité**. Par le terme « biodiversité », on entend la flore (plantée et spontanée), la faune (y compris les insectes et les araignées), les micro-organismes du sol (bactéries, champignons, etc.) et les interactions entre ces trois groupes d'êtres vivants, sans oublier celles avec leur environnement.

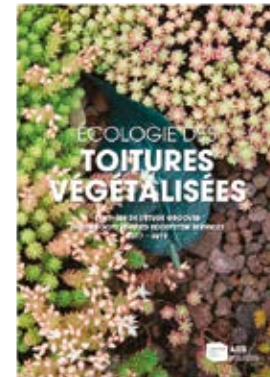
Concernant la flore, il est possible de **concevoir volontairement un îlot bâti ou une infrastructure biodiverse en travaillant sur la composition du substrat et de la palette végétale**. Mais le rôle de l'îlot bâti ou infrastructure végétalisée ne s'arrête pas là : **il offre également un espace que les espèces spontanées vont pouvoir massivement investir**, comme l'a montré l'étude Grooves, publiée en 2021.



Côté faune, les toitures végétales représentent des **espaces propices pour accueillir les oiseaux, les chauves-souris ou les insectes**, dont les pollinisateurs si utiles à la diversité de notre alimentation. La LPO (Ligue de protection des oiseaux) souligne l'importance de la présence en ville des toitures végétalisées qui offrent aux oiseaux un lieu temporaire ou pour s'établir.

Enfin, dans le support de culture des toitures végétalisées, on trouve toute une **population de micro-organismes, suffisamment diversifiés et nombreux pour que ce « techno-sol » soit fonctionnel**, comme l'ont montré des études menées par AgroParisTech¹. Les projets d'agriculture urbaine en toiture, de plus en plus nombreux, présentent d'ailleurs des techno-sols avec une belle diversité d'organismes.

Les façades accueillent elles aussi la biodiversité, permettant en outre une connectivité directe avec l'environnement du bâtiment (rue plantée d'arbres, espaces verts au sol), faisant le « lien » avec la toiture ou terrasse végétalisée.



ÉTUDE GROOVES

(Green Roof Verified Ecosystem Services) :

- Cette étude, réalisée sur 32 toitures en Île-de-France, visait à mieux comprendre le fonctionnement écologique des toitures végétalisées et leur capacité à offrir des services (biodiversité, rétention en eau et rafraîchissement).



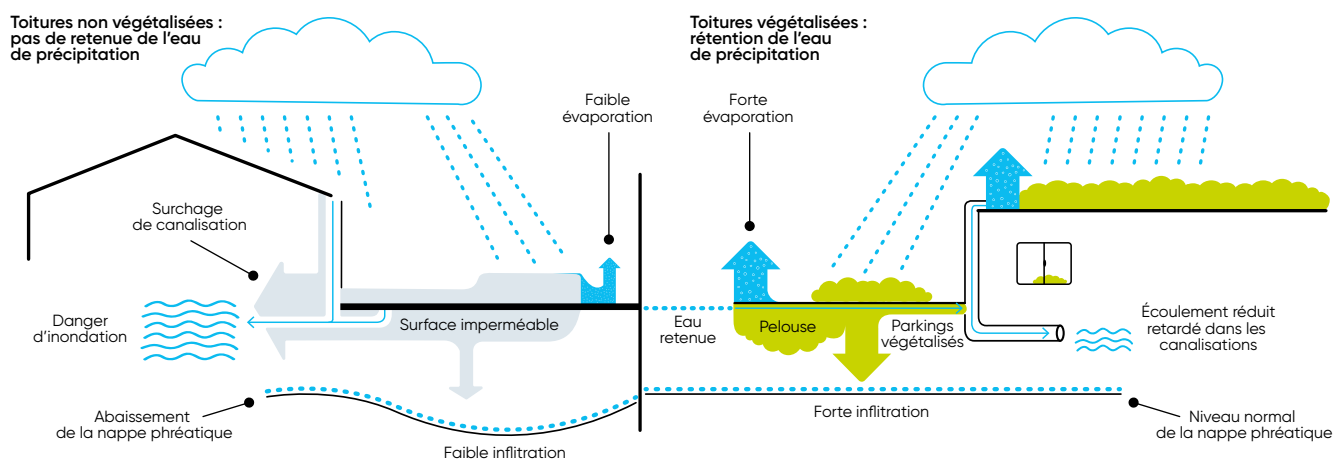
Mairie de Hersin-Coupigny (réalisée en 2022)

Façade végétalisée par système modulaire sur une surface de 50 m².

¹ Tania Mara Campos De Almeida, Claire Chenu, L. Vieublé-Gonod, Sophie Joimel. Evolution of Fauna Communities on Newly Installed Rooftop Gardens. 3rd Global Soil Biodiversity Conference 2023, GSBI, Global Soil Biodiversity Initiative, Mar 2023, Dublin, Ireland. pp.abstract no 554. (hal-04761843)

2.2 La gestion des eaux pluviales

Avec des sols artificialisés et des pics de pluviométrie plus intenses et fréquents, la gestion des eaux pluviales, longtemps basée sur le tout réseau, doit trouver aujourd'hui des solutions alternatives. En France, les inondations représentent le premier risque naturel, touchant plus d'une commune sur deux. Dans ce contexte, la gestion des eaux pluviales devient l'affaire de tous et de nombreuses collectivités ont mis en place une **gestion de l'eau à la parcelle**. Ainsi, différentes fonctions peuvent être assignées aux toitures végétalisées en matière de gestion des eaux pluviales.



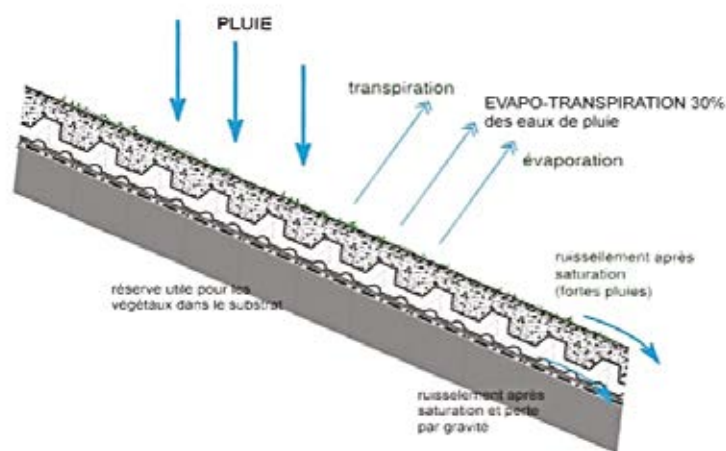
Comparaison de la gestion des eaux pluviales par une toiture non végétalisée et une toiture végétalisée

Source : Adivet

D'une part, la végétalisation des toitures et des infrastructures peut **prévenir les risques d'inondation et de saturation instantanée des réseaux en écrêtant les pics de pluviométrie**. On parle alors d'**abattement des eaux pluviales et de régulation des débits instantanés**. En retenant une partie des eaux de pluie à la manière d'une éponge, îlot bâti et infrastructures végétalisés régulent les écoulements. L'ampleur de l'effet retardateur de l'évacuation de l'eau, qui dépend de ses dimensions, de sa composition et de sa pente, peut atteindre 2/3 des effets d'un orage d'une durée d'une heure.

D'autre part, les eaux pluviales étant captées par les toitures végétalisées, il y a **moins d'eau restituée au réseau et donc moins de volume d'eau à assainir**.

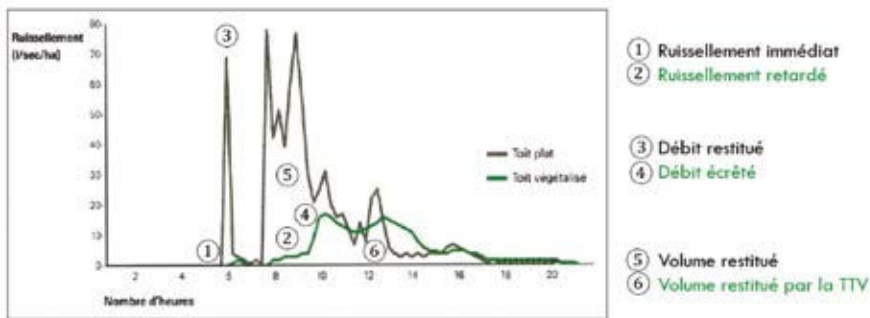
L'épaisseur et les caractéristiques propres du substrat ont une influence directe sur la **capacité de rétention et sur le coefficient de ruissellement de la toiture** à l'échelle de l'année ou d'une saison. Ainsi, une toiture végétalisée de type semi-intensif ou intensif est plus efficace qu'une toiture végétalisée de type extensif pour **retenir et évapotranspirer une pluie d'orage estivale**. L'évapotranspiration correspond à la somme des flux de vapeur d'eau provenant d'une part de l'évaporation de l'eau des sols, des eaux de surface et de la végétation mouillée, d'autre part de la transpiration des végétaux. L'évapotranspiration est une composante importante du cycle de l'eau. L'évapotranspiration peut être mesurée en hauteur d'eau rapportée à une durée, par exemple en mm/jour.



Phénomènes d'évapotranspiration et de ruissellement sur une toiture végétalisée

Source : Adivet

En revanche, il convient de noter que la réduction du débit de pointe ne dépend pas exclusivement de l'épaisseur du substrat. Elle est aussi influencée par le type de substrat et par les caractéristiques du matériau de drainage, mais surtout par l'intensité de la pluie.



Comparaison du ruissellement sur un toit plat conventionnel et un toit végétalisé extensif sur une période de 22 heures

Source : CSTB

ÉTUDE TV-GEP

■ Des études, comme celle de TV-GEP, menée par le Cerema, le CSTB et le Leesu, ont clairement montré le rôle des toitures et terrasses végétalisées lors d'épisodes pluvieux perturbateurs.

2.3. La lutte contre l'îlot de chaleur urbain

L'artificialisation des sols, le manque d'espaces verts ou d'arbres plantés le long des rues et le dérèglement climatique impliquent que les épisodes de chaleur, de plus en plus nombreux, longs et intenses sont difficiles à vivre, tout particulièrement en ville. S'y ajoute le rejet de la chaleur emmagasinée par certains matériaux en fin de journée et la nuit. Cela génère ce qu'on appelle « **des îlots de chaleur urbains** ».

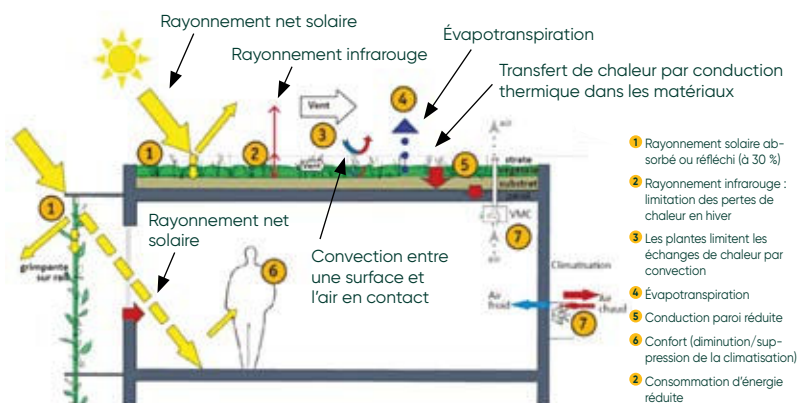
Face à ceux-ci, **la végétalisation de l'îlot bâti et des infrastructures représente un atout, grâce à l'évapotranspiration des végétaux**. Les plantes rejettent l'eau absorbée pour assurer leur croissance sous forme de vapeur (transpiration). Ce processus chimique demande de l'énergie et a pour conséquence une baisse de la température de l'air au-dessus de la végétation. De plus, le sol (ici le substrat) évapore de l'eau à sa surface. Ce phénomène permet aux toits et aux façades végétalisés d'agir sur le climat urbain dans le sens d'une **réduction de la température estivale**.



Par ailleurs, la végétation de l'îlot bâti et des infrastructures **absorbe les rayons solaires et réduit le stockage de chaleur par les surfaces urbaines**. En effet, cette énergie est captée par la végétation et utilisée pour le processus de photosynthèse, alors que les surfaces minérales la stockent et la restituent plus tard sous forme de chaleur.

Les chiffres avancés par diverses études font état d'un **rafraîchissement de l'air ambiant de -3 °C à -5 °C** tandis que la différence du PET (Physiological equivalent temperature ou écart de température ressentie) est en moyenne de -13 °C.

A minima, **une toiture, une façade, une voie de tram, etc. végétalisée n'ajoutent pas de la chaleur** à la chaleur et, la nuit, **permettent le rafraîchissement plus rapide de la ville**, la chaleur s'échappant du bâtiment étant réduite d'environ 70 % (livin-groofs.org, 2004).



Effet de la végétalisation d'un bâtiment sur son bilan énergétique, le confort thermique intérieur et les consommations d'énergie

Source : Ademe

2.4. L'apport pour la santé / bien-être



Clinique de Berlin

Cette clinique de Berlin a installé un jardin thérapeutique sur la toiture de l'un de ses bâtiments, le soin des plantes étant intégré à des protocoles médicaux



Crèche de Fareins (réalisée en 2019)

À Fareins, le climat est semi-continental avec notamment des étés très chauds. L'amélioration de l'isolation, et notamment le confort d'été, était un des objectifs de cette végétalisation. Pendant l'été, le personnel de la crèche a constaté une baisse de 4 à 5°C à l'intérieur.

La végétalisation de l'îlot bâti et des infrastructures a plusieurs rôles en faveur de la santé ou du bien-être. En effet, elle permet de **répondre à l'appétence humaine pour la biophilie**. Voir, et avoir accès à un espace végétalisé, même en toiture, est **favorable à la santé mentale**.

La végétalisation du bâti peut aussi **jouer un rôle d'un point de vue social** lorsque, accessible et entretenue par les résidents, elle permet de **créer du lien**.

D'un point de vue physiologique, la végétalisation de l'îlot bâti et des infrastructures permet la **dépollution de l'air, en fixant les COV, particules fines et métaux lourds** : la végétation des toitures peut capter jusqu'à 95 % du cadmium, du cuivre, du plomb et 16 % du zinc. Par ailleurs, en journée, les végétaux, grâce à la photosynthèse, **produisent de l'oxygène**. Une surface de 1,5 m² de toiture végétale couvre ainsi les besoins en oxygène d'un homme adulte.

Le confort apporté par la végétalisation du bâti concerne également l'**isolation thermique**, notamment dans le cadre d'une rénovation. Grâce à son inertie, le toit ou la façade végétalisée permet d'agir comme un complément d'isolation, **évitant le recours à la climatisation**. Les façades végétalisées permettent également la **régulation thermique du bâtiment grâce au rafraîchissement du mur** qui peut varier entre 7°C et 15°C.

S'ajoute à cela le **confort acoustique et l'effet insonorisant de la végétalisation**. Le bruit est l'une des sources de nuisance les plus pénalisantes en ville. Pour lutter contre celui-ci, la toiture ou la façade végétalisée permet de réels gains dans le cas des bruits d'avions et de circulation mais également dans le cas de fortes pluies et de grêles. Ainsi, **une toiture végétalisée permet de gagner 10 à 20 dB par rapport à une toiture classique**, selon que le substrat est sec ou gorgé d'eau. Pour les façades végétalisées, l'absorption acoustique peut atteindre 14 dB et l'affaiblissement acoustique 61 dB.

2.5. La protection du bâti

Enfin, la végétalisation des toitures permet de **rallonger la durée de vie du toit**, du fait que la toiture végétale **protège l'étanchéité des intempéries, de l'exposition aux rayons UV et des variations importantes de température**, autant de facteurs qui entraînent sa dégradation.

La **façade végétalisée protège aussi le bâtiment contre l'effet corrosif des pollutions urbaines (pluie acide, pollution atmosphérique) et contre l'humidité (acide, en ville)**, en offrant une surface imperméable à la pluie. En effet, la disposition «en tuiles» des feuilles de certaines grimpantes, telles que le lierre, permet de protéger presque totalement le mur de la pluie. Dans le cas de plantes poussant à partir du sol, les racines participent à son assèchement à proximité des fondations.

Pour toutes ces raisons, la **végétalisation de l'îlot bâti et des infrastructures offre une véritable valeur** que les maîtres d'ouvrage publics et privés apprécient et mettent en œuvre de plus en plus.



Afin d'évaluer les performances des toitures-terrasses végétalisées, l'Adivet a développé un référentiel : le **GreenRoofScore**. Ce référentiel est basé sur les services écosystémiques cités ci-dessus et permet d'obtenir une note globale qui permet de mesurer la performance de la toiture selon différents paliers.



3 Pourquoi intégrer la végétalisation du bâti dans les PLU(i) ?

3.1. Contexte réglementaire national

Ce projet de Recommandations rédactionnelles s'inscrit dans un contexte national marqué par la loi du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et le renforcement de la résilience face à ses effets, dite « **loi Climat et Résilience** ». Elle renforce notamment l'obligation d'intégrer des procédés de production d'énergies renouvelables ou de végétalisation aux toitures lors de la construction, l'extension ou la rénovation lourde de tous les bâtiments à usage commercial, industriel ou artisanal de plus de 500 m², et de plus de 1 000 m² pour les immeubles de bureau.

Par ailleurs, la **loi du 10 mars 2023 relative à l'accélération des énergies renouvelables** (APER) est venue récemment modifier son champ d'application en l'élargissant aux bâtiments publics, d'éducation, culturels et sportifs ainsi qu'aux hôpitaux, mais également en faisant évoluer le calendrier de cette obligation. Un décret a également précisé la nature des travaux de rénovation lourde déclenchant l'obligation d'intégrer des procédés de production d'énergies renouvelables ou de végétalisation aux toitures des bâtiments visés, ainsi que les critères relatifs aux exonérations et justificatifs requis qui permettront au maître d'ouvrage de s'en affranchir. Il vient aussi fixer un taux de couverture minimum ainsi que certaines caractéristiques minimales (épaisseur de substrat, capacité de rétention en eau, nombre et types de végétaux, etc.). Dans ce contexte, il est pertinent de continuer à promouvoir la végétalisation du bâti et de la décliner au niveau local.



3.2. La végétalisation du bâti : une solution pour répondre aux besoins de gestion des eaux pluviales et d'accueil de la biodiversité des villes

Le **Plan Local d'Urbanisme (PLU)** est un document d'urbanisme qui, à l'échelle du groupement de communes ou de la commune, **traduit un projet global d'aménagement et d'urbanisme et fixe en conséquence les règles d'aménagement et d'utilisation des sols.**

Ainsi, intégrer la végétalisation du bâti dans les PLU permet **d'orienter les projets d'urbanisme vers des solutions plus résilientes et durables, en fixant des objectifs clairs.** En l'inscrivant dans les orientations d'aménagement et de programmation (OAP) et en la rendant obligatoire via le règlement, les collectivités peuvent **structurer une politique de végétalisation ambitieuse et cohérente à l'échelle de leur territoire.** Cela se traduit par des obligations de végétalisation des toitures et façades dans certaines zones stratégiques (secteurs denses, ZAC, zones inondables, îlots de chaleur...) ou l'association de la végétalisation avec d'autres enjeux comme la gestion des eaux pluviales.

Pour tous renseignements complémentaires, contactez nous sur vegetaliserlesplu@adivet.net
07 49 24 72 57



Par ailleurs, la végétalisation du bâti est considérée comme une « **solution fondée sur la nature** » (SfN), c'est-à-dire **une solution qui s'appuie sur la biodiversité et les services rendus par les écosystèmes**. Ces solutions apparaissent comme un **levier essentiel pour répondre aux enjeux d'adaptation au changement climatique et de préservation de la biodiversité**. Elles figuraient notamment parmi les priorités du deuxième Plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC 2). **Le troisième plan d'adaptation au changement climatique (PNACC 3) de 2024 renforce cet objectif avec une mesure dédiée à la renaturation des villes**. La généralisation de ces solutions d'adaptation fondées sur la nature est donc plus que nécessaire et le cadre du PLU est pertinent pour y parvenir.

3.3. La végétalisation du bâti : un levier de valorisation urbaine pour que les toitures deviennent des jardins, des paysages à vivre et à regarder



Wood-E à Pantin (réalisée en 2023)

Dans la ZAC du Port, à Pantin, l'omniprésence du végétal a été recherchée par l'architecte. Plus de 1 200 m² ont été végétalisés dont 350 m² en toiture avec plusieurs espaces accessibles et un jardin comestible.

En outre, la végétalisation du bâti **accroît la valeur des espaces urbains**. Elle impacte la **qualité de l'espace public**, facteur déterminant pour les habitants, mais aussi pour les non-résidents, visiteurs et touristes. Elle constitue un élément clé de la **qualité de vie urbaine**, en offrant un **environnement confortable**, en encourageant l'activité physique, en favorisant les **interactions sociales** et en contribuant à la **revitalisation de certains quartiers**.

De plus, la végétalisation du bâti peut engendrer des **retombées économiques** si l'on appréhende cette question d'une manière globale. En effet, **les espaces végétalisés offrent des services écosystémiques dont l'absence nécessiterait de les remplacer par une intervention et une gestion humaine et matérielle**. Par exemple, la gestion des eaux pluviales en milieu urbain, qui ne peut être assurée par la végétalisation, nécessite la construction et l'entretien d'infrastructures souterraines. Par ailleurs, le phénomène d'îlot de chaleur urbain, s'il n'est pas atténué par la nature en ville, impose la climatisation des bâtiments. Cette démarche implique un investissement initial pour l'installation et l'entretien des infrastructures, ainsi qu'un coût opérationnel lié à la consommation d'énergie. Enfin, **la valeur financière d'un bâtiment serait augmentée par la présence de végétalisation en toiture, en moyenne de 8 %** selon une étude réalisée par Manso et al. 2021².



² Manso, Maria, et al. « Green Roof and Green Wall Benefits and Costs: A Review of the Quantitative Evidence ». *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 135, janvier 2021.

4 Rapport de présentation, PADD et OAP : quels enjeux ?

Le rapport de présentation, le projet d'aménagement et de développement durable (PADD) ainsi que les orientations d'aménagement et de programmation (OAP) sont des documents clés du PLU(i).

Le **rapport de présentation** expose les principales conclusions du diagnostic sur lequel il s'appuie. Il analyse les capacités de densification et de mutation des espaces bâtis identifiés par le schéma de cohérence territoriale (SCoT), ainsi que l'état initial de l'environnement. **Il justifie ainsi la cohérence entre les orientations d'aménagement et de programmation (OAP) et le projet d'aménagement et de développement durables (PADD), ainsi que la nécessité des dispositions énoncées dans le règlement.** Il est recommandé d'y intégrer les justifications techniques relatives aux toitures végétalisées.

Le **PADD détaille le projet d'urbanisme de l'EPCI ou de la commune et définit les orientations générales des politiques d'aménagement et du développement du territoire.** Ainsi, les Recommandations rédactionnelles intègrent les services écosystémiques rendus par la végétalisation du bâti : la biodiversité, la gestion des eaux pluviales, la lutte contre les îlots de chaleur urbains et les toitures biosolaires. Leur intégration dans le PADD est essentielle pour répondre aux enjeux du territoire intercommunal ou communal tels que le changement climatique, la réduction de l'imperméabilisation et la densification. **Une approche concise et pédagogique de la végétalisation** est alors recommandée dans le PADD afin de garantir son accès au plus grand nombre.

Dans le respect des orientations du PADD, **les OAP précisent pour certains secteurs ou de manière thématique les actions et opérations nécessaires pour mettre en œuvre le projet d'urbanisme de la commune.** Elles posent les jalons du règlement tout en le complétant et fournissent ainsi un cadre cohérent au développement urbain. Ainsi, **les services écosystémiques et les toitures biosolaires sont repris et précisés sous la forme d'objectifs d'aménagement stratégiques.** Ils ont vocation à s'appliquer à l'ensemble du territoire.



5 Règlement : justification et détails des Recommandations rédactionnelles

La formalisation des exigences en matière de végétalisation des toitures relève ensuite du règlement du PLU.

Jurisprudence

Comme l'a démontré le Tribunal administratif de Clermont-Ferrand en censurant l'OAP imposant 25 % de végétalisation des toitures, c'est au règlement du PLU qu'il incombe de définir les règles de végétalisation du bâti. (TA Clermont-Ferrand, 21 novembre 2024, Société Distribution Casino France, n°2200431) : « Ces dispositions, bien que figurant sous l'intitulé « Environnement et énergies renouvelables » fixent, de manière précise, les caractéristiques de la construction à réaliser dont la définition relève, en principe, du règlement ».

Le présent guide a pour objectif **d'accompagner les rédacteurs de PLU dans leurs choix rédactionnels**. Il a été conçu comme un **mode d'emploi qui fournit des informations détaillées sur les dispositions retenues et leurs avantages**. De plus, il a été pensé comme un **catalogue de possibilités et d'approches différentes, au choix des rédacteurs de PLU**. Certaines recommandations sont cumulables et d'autres ne le sont pas.

Ainsi, les textes « prêts à l'emploi » sont explicités et illustrés ci-dessous.

5.1. Dispositions générales

Ce chapitre présente les principaux éléments à intégrer dans le règlement du PLU pour renforcer la végétalisation des toitures.



→ Définir la toiture végétalisée

Cette disposition permet de définir les toitures végétalisées, notamment les éléments intégrés dans le calcul de sa surface.

→ Imposer la végétalisation des toitures

Cette disposition vise à **rendre obligatoire la végétalisation des toitures** en établissant un pourcentage minimal de surface végétalisée obligatoire par rapport à la surface totale de la toiture.

Par surface totale, on entend la **surface « végétalisable »**, c'est-à-dire la surface de la toiture qui peut recevoir une végétalisation. Cela n'inclut pas les émergences et les éléments techniques (VMC, etc.) mais elle comprend les zones stériles.



Un point d'attention est apporté concernant la surface maximale des éléments d'éclairage naturel (verrières ou fenêtres de toit) qui ne peut excéder 20 % de la surface totale. Cette précision a pour but de limiter la fragmentation des surfaces de toitures végétalisées et ainsi réduire la complexité de leur mise en œuvre et de leur entretien.

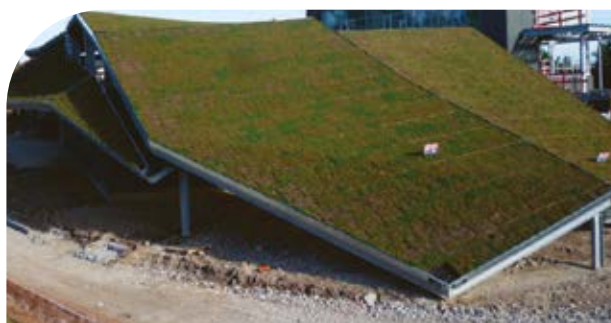
Par ailleurs, la **végétalisation des toitures en pente**, bien que moins courante, est possible et de nombreux systèmes permettent de s'adapter aux contraintes techniques qu'elles comportent. Celles-ci sont notamment le risque de fluage du substrat et les conséquences sur la couverture végétale.

Si les RP TTV ne visent que les systèmes inférieurs à 20 % de pente, il est tout à fait admis des dispositifs pour des pentes supérieures à 20 %, assortis des documents les validant techniquement. (Avis technique, Avis technique d'expérimentation et Enquête de technique nouvelle)

Ainsi, il est possible **de prévoir que l'obligation de végétalisation des toitures s'applique indifféremment aux toitures plates comme pentues ou bien qu'il est possible de compléter l'obligation prévue pour les toitures-terrasses par une obligation assouplie pour les toitures en pente.**

PLU D'ASNIÈRES (article UA-11.2) :
« LES TOITURES »

“ Pour les toitures à pente, les matériaux suivants doivent être privilégiés : tuile plate, ardoise, zinc, cuivre, produits verriers, bois. Les toitures à pente peuvent également être végétalisées. ”



Station d'épuration à Orléans
(réalisée en 2013)

La station d'épuration de l'Île d'Arrault a été entièrement végétalisée malgré ses pentes variées allant jusqu'à 65 %. Des retenues intermédiaires ont été mises en place systématiquement pour les pentes de plus de 35 % afin de permettre aux bacs pré-cultivés de rester en place.



Restaurant scolaire à Noisiel (réalisé en 2013)

Le restaurant des établissements scolaires Maryse-Bastie et Jules-Ferry de Noisiel a été entièrement végétalisé malgré ses fortes pentes (plus de 20 %). Des plaques pré-végétalisées constituées d'une grille alvéolaire en nid d'abeille ont été posées ; ces alvéoles permettent un bon maintien du substrat et des végétaux. De plus, les bacs ont été calés grâce à des plaques en fibre de verre fixées et intégrées à l'étanchéité.

→ Définir un pourcentage de surface végétalisée obligatoire en fonction de l'accessibilité de la toiture

Les toitures végétalisées de type extensive et semi-intensive sont obligatoirement inaccessibles ; c'est-à-dire qu'elles ne reçoivent qu'une circulation réduite pour l'entretien de l'étanchéité.

Les toitures-terrasses jardins ou toitures végétalisées intensives sont accessibles et circulables. Elles disposent d'un escalier d'accès, de garde-corps adapté à l'accueil du public, etc. Ainsi, les toitures accessibles nécessitent davantage d'espaces dédiés à la circulation et donc la proportion de surfaces végétalisées est réduite. C'est pour cela que le pourcentage de surface végétalisée obligatoire est réduit dans le cas des toitures accessibles.

Les charges en toiture

À titre indicatif, un système extensif a une charge comprise entre 60 et 180 kg/m², un système semi-intensif entre 150 et 350 kg/m² et un système intensif supérieure à 600 kg/m². En termes de repère, la terre arable à capacité maximale en eau (CME) pèse 2,2 tonnes par m² et le substrat utilisé sur toiture extensive et semi-intensive à CME pèse entre 0,8 à 1,2 tonnes par m².

Pour calculer, les charges totales admissibles par la toiture, il convient d'ajouter les charges permanentes, autrement dit le poids du complexe d'isolation et d'étanchéité, le poids du complexe de végétalisation à saturation en eau et les charges forfaitaires de sécurité aux charges d'exploitation (charges d'entretien ou climatique).



PLU D'ARGENTEUIL (Article 13-1)

Le traitement des terrasses devra prévoir :

- La végétalisation sur au moins 70 % de leur superficie pour les terrasses non accessibles
- La végétalisation sur au moins 30 % de leur superficie pour les terrasses accessibles à usage collectif [...]

PLUI DU GRAND CHAMBÉRY

(Article UD et AUD 5)

- La valorisation éco-aménageable (végétalisation, valorisation énergétique...) des toitures terrasses non accessibles de plus de 25 m² est obligatoire. Cette disposition ne s'applique pas aux réhabilitations de bâtiments existants. Les toitures accessibles ayant un accès collectif doivent être aménagées et jouer un rôle social en tant qu'espace de vie.

EXEMPLES PLU (Article UG.4.2)

- Le PLU bioclimatique de la ville de Paris a défini dans sa « zone urbaine générale », des secteurs faisant l'objet de dispositions particulières ainsi que des prescriptions localisées concourant à la mise en œuvre d'objectifs tel que la végétalisation et le renforcement de la biodiversité. Ainsi, a été défini un secteur de renforcement du végétal (composé d'un sous-secteur de maintien des continuités écologiques et d'un sous-secteur de déficit d'arbres et espaces végétalisés) et un secteur de la ceinture verte et sportive, dans lesquels s'appliquent des prescriptions renforcées en matière notamment d'espaces libres et de végétalisation ainsi qu'un secteur des abords du boulevard périphérique, dans lequel s'appliquent des dispositions particulières en matière d'implantation des constructions. (Tome 1, Règlement)

→ Définir des secteurs de végétalisation renforcée

Des **exigences de végétalisation renforcée** peuvent être définies par le document graphique du PLU afin **d'intégrer la végétalisation du bâti dans les continuités écologiques du territoire**. Ces secteurs peuvent être déterminés en lien avec les autres OAP du territoire (Trame verte et bleue, Nature en ville, etc.) ou en lien avec le diagnostic environnemental présenté dans le rapport de présentation.



Piscine du Carrousel à Dijon
(réalisée en 2019)

Pensée comme un véritable parc aquatique et sportif, la piscine du Carrousel s'intègre à la trame verte qui traverse le sud de la ville.

Dans le cas des trames écologiques, les toitures végétalisées peuvent jouer un rôle en termes de biodiversité sous forme de « pas japonais » pour le déplacement de certaines espèces qui se dispersent facilement (graines portées par le vent, insectes volants, oiseaux et chauves-souris).

→ Moduler les obligations de végétalisation en fonction des zones du PLU

Cette disposition vise à **privilégier une approche du règlement du PLU par zone**. En effet, le zonage du PLU est défini en fonction des caractéristiques urbaines et architecturales du territoire. Ainsi, l'objectif est de **renforcer la végétalisation du bâti dans les zones urbaines denses où les espaces verts sont réduits et de moduler le pourcentage de surface végétalisée obligatoire dans les zones peu denses**.

Il est également possible de **moduler la végétalisation en fonction des besoins en gestion des eaux pluviales**. Il est recommandé d'exiger davantage de végétalisation dans les quartiers à forte pente ou plus vulnérable à la saturation des réseaux d'assainissement.



→ Prévoir une règle alternative pour l'aspect des toitures

Cette disposition permet de **prévoir une règle alternative dans le cas où les toitures terrasses ne seraient pas autorisées dans certains règlements**.

Elle permet de mettre en avant le rôle majeur que joue la végétalisation du bâti en termes d'adaptation au changement climatique, de gestion des eaux pluviales et de développement de la biodiversité et de ne pas restreindre son installation.

Les annexes sont également concernées par une obligation de végétalisation.

→ Encourager les toitures végétalisées via un bonus de constructibilité

Cette disposition est un **outil incitatif puissant à disposition des collectivités pour encourager la végétalisation des toitures**. Il convient de l'accompagner de prescriptions techniques précises afin de garantir la pérennité des dispositifs installés ainsi que les services écosystémiques rendus.

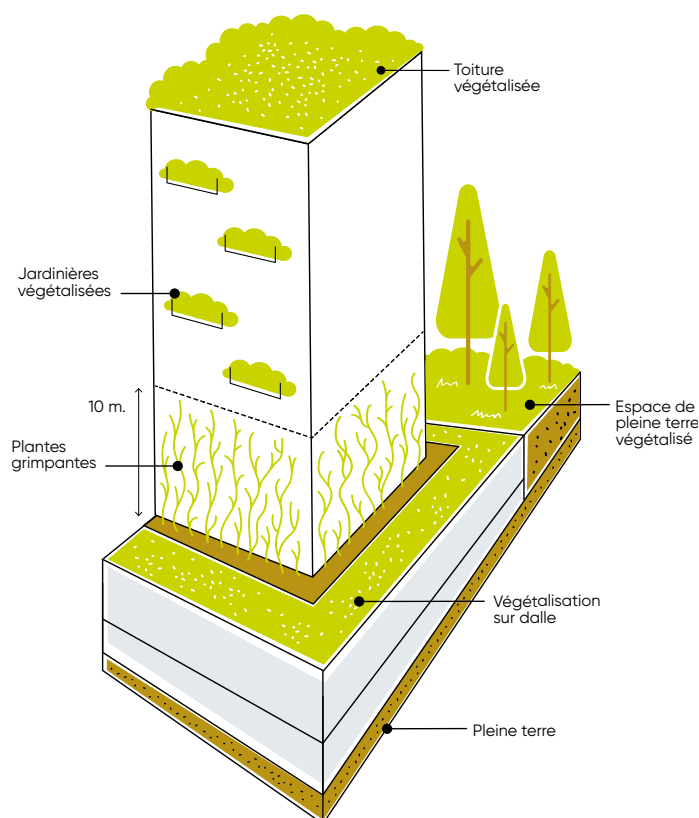
→ Dimension patrimoniale : concilier la place des couvertures traditionnelles et la végétalisation des bâtiments

En lien avec la précédente disposition et afin de préserver les couvertures historiques dans certains secteurs tout en favorisant les continuités écologiques et une gestion optimisée des eaux pluviales, cette disposition vient préciser le besoin de **créer des projets mixtes avec une part minimale de toitures végétalisées**.

Il convient de favoriser la végétalisation pour les toitures de faible hauteur étant donné leur forte visibilité.

→ Définir un coefficient de végétalisation du bâti corrélé au coefficient de pleine terre

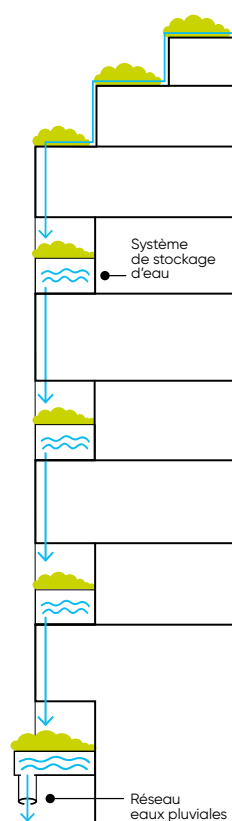
Ce coefficient a été conçu dans l'objectif **d'adapter la végétalisation du bâti aux caractéristiques urbaines de chaque zone et ainsi favoriser la végétalisation du bâti dans les zones urbaines denses et très denses**. Il n'a pas vocation à concurrencer le coefficient de pleine terre mais bien d'en être complémentaire. C'est à partir de celui-ci qu'est défini le coefficient de végétalisation du bâti. Ainsi dans cette configuration, il est préférable de mettre en place un coefficient de végétalisation du bâti en ayant préalablement défini un coefficient de pleine terre. Cependant, lorsqu'il n'est pas possible d'obtenir des coefficients élevés de pleine terre, les toitures végétalisées sont une compensation pertinente pour permettre une bonne gestion des eaux pluviales et l'accueil de la biodiversité.



Coefficient de végétalisation du bâti.

Exemples de surfaces végétalisées pouvant être prises en compte dans le calcul du coefficient.

Source : Adivet



Exemple de réseau de descentes des eaux pluviales au travers des jardinières d'étage en étage.

Source : Adivet

Le coefficient de pleine terre est exprimé par rapport à la surface totale de la parcelle et est défini par le règlement du PLU dans chaque zone, en fonction du caractère de celle-ci.

La clé de lecture du tableau présenté dans les Recommandations rédactionnelles (page 21) est la suivante : « Si le coefficient de pleine terre dans la zone est de 5 %, alors 95 % de la surface bâtie devra être végétalisée dont 80 % de la surface des toitures et 15 % de la surface des murs. »

L'emprise bâtie correspond à la somme des surfaces de toitures, de dalles jardin, des ouvrages et de tout autre local technique. Cette surface n'inclut pas les façades car seules les surfaces horizontales ou planes sont prises en compte.

Les « façades végétalisées » prennent en compte les plantes grimpantes plantées en pleine terre ou sur dalle, les bardages rapportés végétalisés et les jardinières. Au-delà de dix mètres, la hauteur ne sera plus comptabilisée dans le calcul de surface.

Si les jardinières en balcon sont superposées, elles ne pourront pas être intégrées dans le calcul de la surface bâtie végétalisée car elles ne permettent pas une bonne gestion des eaux pluviales. Une exception est possible si les descentes d'eaux pluviales circulent de jardinière en jardinière, d'étage en étage (voir schéma ci-contre).

→ Végétaliser les toitures à l'occasion de travaux sur existant

La végétalisation des toitures existantes est possible et apporte des services écosystémiques généralement comparables à ceux d'une toiture neuve. Cependant, plusieurs éléments techniques doivent être pris en compte dans le cas de projets de surélévations et/ou de rénovations lourdes :

- La capacité portante de l'élément porteur. Il est indispensable de s'assurer de la surcharge permanente admissible, au moyen d'une étude de structure ;
- La mise en conformité de l'ouvrage d'étanchéité avec son usage futur : il faut s'assurer que le complexe d'étanchéité soit résistant à la pénétration racinaire ;
- La mise en conformité de l'isolant qui doit être de classe minimum C.

Il est opportun de profiter de la rénovation de l'étanchéité pour végétaliser les toitures. Dans le cas de présence de graviers sur les étanchéités, le poids de ceux-ci peut être remplacé par une végétalisation extensive de poids équivalent.

Par ailleurs, étant donné les nombreux bénéfices que la végétalisation apporte pour l'adaptation des villes au changement climatique, un bonus de constructibilité peut être prévu lors des travaux d'extensions afin d'abaisser le pourcentage de pleine terre dans les cas où les toitures existantes et nouvellement créées soient végétalisées.

Copropriété rue Vauvenargues, Paris

Cette copropriété a rénové sa terrasse de 3 000 m² sur laquelle donnent nombre de logements en la végétalisant, pour obtenir plus de confort visuel mais aussi thermique et acoustique, apporter de la fraîcheur et accueillir la biodiversité. Le projet a été accompagné par l'Agence parisienne du climat via le dispositif CoprOasis.



5.2. Accueil de la biodiversité

→ Définir un coefficient de biotope par surface

Le **coefficient de biotope par surface** définit la part de **surface non imperméabilisée ou éco-aménagée** (végétalisée ou favorable à la biodiversité) sur la surface totale d'une parcelle considérée par un projet de construction (en neuf ou en rénovation). C'est un outil couramment mobilisé dans les PLU sur les chapitres liés à la biodiversité.

Il permet de **s'assurer de la qualité environnementale d'un projet** en réponse à plusieurs objectifs :

- Améliorer le microclimat et la qualité de l'air ;
- Infiltrer les eaux pluviales et alimenter la nappe phréatique ;
- Créer et valoriser des espaces pour la faune et la flore ;
- Interactions avec les autres espaces de nature en ville (continuités écologiques).

Il se calcule de la manière suivante :

$$CBS = \frac{\text{Surface de type A} \times \text{coef. A} + \text{Surface de type B} \times \text{coef B} + \dots}{\text{Surface de la parcelle}}$$

L'Adivet propose de décliner les surfaces éco-aménagées de la manière suivante :

Type de surface	Détails	Coefficient
Pleine terre	Espaces plantés en pleine terre	1
Toitures végétalisées	■ Substrat < 8 cm ■ Sedums ■ 12 L de stockage d'eau	0,3
	■ Substrat 8 à 12 cm ■ Sedums + herbacés ■ 24 L de stockage d'eau	0,4
	■ Substrat 12 à 30 cm ■ Sedums + herbacés + arbustes ■ 40 L de stockage d'eau	0,5
	■ Substrat 30 à 50 cm ■ Sedums + herbacés + arbustes + petits arbres ■ 50 L de stockage d'eau	0,6
	■ Substrat 12 à 30 cm ■ Sedums + herbacés + arbustes ■ 40 L de stockage d'eau	0,7
Toitures biosolaires	Toitures biosolaires avec substrat < 12 cm	0,5
	Toitures biosolaires avec substrat de 12 à 30 cm	0,6
	Toitures biosolaires avec substrat ≥ 30 cm	0,7
Murs végétalisés	Bacs discontinus (30 x 30 ou 20 x 40 de section minimale de la jardinière)	0,2
	Murs BRV (bardage rapporté végétalisé) avec un substrat inférieur à 10 cm	0,2
	Murs BRV avec un substrat supérieur ou égal à 10 cm	0,3
	Murs végétalisés avec des plantes en pleine terre (câbles tous les 30 cm obligatoires et sur toute la hauteur du bâtiment + au minimum 30 cm de de largeur de bande plantée en pleine terre)	0,4
Espace vert sur dalle	■ Espace vert sur dalle avec un substrat ≥ 50 cm ■ Sedums + herbacés + arbustes + arbres ■ 60 L de stockage d'eau	0,6
Surface perméable végétalisée sur dalle	■ Revêtement perméable pour l'air et l'eau, sans continuité avec la terre naturelle, avec végétation (dallage de bois, pavage avec joints engazonnés...) avec un substrat 12 à 30 cm ■ Sedums + herbacés + arbustes ■ 40 L de stockage d'eau	0,5
Surface minérale perméable	■ Pavés, pavés joints gazons, béton poreux, gravier ou sable tassé... ■ 24 L de stockage d'eau	0,3



Dans le cadre du projet Cap 2030, une première version d'un coefficient de biotope harmonisé a vu le jour. Amené à évoluer dans l'année à venir, cet indicateur mesure la capacité d'accueil de la biodiversité des milieux.

³ Lancé en octobre 2023, le projet Cap 2030 est porté par l'Alliance HQE-GBC, le Collectif Effnergie et le Collectif des Démarches Quartiers Bâtiments Durables, avec le soutien de la Direction Générale de l'Aménagement, du Logement et de la Nature (DGALN) et de l'ADEME, l'appui scientifique et technique du CSTB et l'accompagnement du Plan Bâtiment Durable.

→ Définir les caractéristiques techniques du substrat : épaisseur et teneur en matières organiques

Le **substrat** est le support de culture pour les végétaux. **Ce n'est ni un compost ni une terre végétale.** Il est **majoritairement composé d'éléments minéraux** comme la pouzzolane, la pierre ponce, l'argile expansée, etc. mais il **comporte également une fraction organique** comme des fibres de bois, des fibres de coco, du compost de déchets verts, etc.

Son épaisseur minimale et certaines de ses caractéristiques ont été précisées par l'arrêté du 19 décembre 2023 portant application de l'article L. 171-4 du code de la construction et de l'habitation⁴ et fixant les caractéristiques minimales que doivent respecter les systèmes de végétalisation installés en toiture.

L'épaisseur du substrat est calculée après tassement avec une mesure réalisée en suivant le pan de la toiture.

→ Assurer une diversité des plantes

La diversification des strates végétales et des espèces sont des atouts clés pour favoriser la biodiversité. C'est pourquoi selon la typologie des toitures et l'épaisseur de substrat associé, un nombre minimum d'espèces différentes est imposé.

Il est recommandé de **privilégier des espèces avec des comportements différents** :

- Couvrantes : *sedum album*, *sexangulare*, etc.
- Rampantes : *vincaminor*, *hedera*, *lamium*, etc.
- Fixes : *sedum spurium*, *ellacombium*, *fentuca*, *lavandula*, *helichrysum*, etc.
- Annuelles : *papaver rhoeas*, *cosmos*, etc.
- Bisannuelles : *viola*, *calendula*, etc.

Pour plus de précisions sur les plantes recommandées en toiture, il convient de se référer aux RP TTV (Page 31 – VI. Ressources).



La Capitainerie à Sanary-sur-Mer (réalisée en 2020)

La palette végétale a été conçue pour s'adapter au climat méditerranéen. Elle compte une quinzaine d'espèces dont *Achillea*, *Delosperma*, *Euphorbia*, *Santolina*, *Lavandula*, *Stipa*, etc. auxquelles ont été ajoutées des plantes endémiques, mises en culture en amont, pour arriver à un tiers d'espères locales au final.

De plus, les plantations sous débord de toitures, sous les porches ou sous des ouvrages devront faire l'objet d'arrosage automatique ou être connecté à un réseau d'évacuation des eaux pluviales pour garantir leur développement.



PLUM D'ORLÉANS MÉTROPOLE (Article DC-3.6.4)

- Les plantations doivent comporter au moins 10 espèces et genres différents en intégrant des espèces indigènes sauvages et des espèces à feuillage persistant afin de créer des habitats écologiques variés.

⁴ Arrêté du 19 décembre 2023 portant application de l'article L. 171-4 du code de la construction et de l'habitation, fixant la proportion de la toiture du bâtiment couverte par un système de végétalisation ou de production d'énergies renouvelables, et précisant les conditions économiquement acceptables liées à l'installation de ces systèmes

→ Conserver une surface de développement pour les plantes spontanées

Plusieurs études – dont Grooves (ARB Île-de-France) (Page 31 – VI. Ressources). – montrent que **les toitures végétales peuvent accueillir des espèces spontanées**. Au bout de quelques années, **celles-ci peuvent représenter jusqu'à 60 à 70 % des végétaux en toiture**.

C'est pourquoi certains porteurs de projet mettent en place volontairement des « **wildroof** » ou « **brownroof** », des **espaces sont laissés « nus » (sans végétaux, substrat apparent) afin de favoriser la colonisation par une biodiversité spontanée**.

→ Favoriser la faune

Selon la LPO, les toitures végétalisées offrent un environnement propice à la nidification d'un large éventail d'espèces d'oiseaux, en raison de leur caractère inaccessible aux humains. La pose de nichoirs en bordure de toitures peut également favoriser la nidification de nombreuses espèces.

Les toitures végétalisées peuvent également créer un très bon lieu d'accueil pour l'installation de ruches (à condition de ne pas entrer en concurrence avec les abeilles sauvages ou d'autres pollinisateurs) ou d'hôtels à insectes.

Il est recommandé de varier le type de dispositifs d'accueil de la biodiversité installés en toiture afin de garantir une biodiversité faunique.



Immeuble de bureaux de GTM Bâtiment à Nanterre
(réalisé en 2015)

En partenariat avec le Muséum national d'Histoire naturelle, les toitures ont fait l'objet d'un suivi écologique. Des mares, des tas de sable et de bois ainsi que des abris pour chauves-souris et des nichoirs à oiseaux ont été installés. Deux ans après la livraison, huit espèces d'oiseaux urbains, une espèce de gastéropode, des coléoptères, ainsi que des micro-organismes (collemboles, cloportes) ont été recensés.

→ Assurer un stockage d'eau pour les végétaux

Le stockage d'eau est essentiel pour garantir la pérennité de la végétation en toiture. Au-delà de l'épaisseur de substrat, l'alimentation en eau des végétaux est un facteur clé pour le développement de la biodiversité en toiture. En effet, l'eau stockée dans le système peut être réutilisée par les plantes en humidifiant par capillarité le substrat.

Ce stockage d'eau est complémentaire à la rétention initiale du substrat. Il est à distinguer de la rétention temporaire d'eau du complexe de végétalisation.

Afin d'encourager l'installation de toitures végétalisées, **le règlement du PLU peut retrancher cette surépaisseur dû au stockage d'eau du calcul de hauteur la construction**. Cette disposition permettra également d'éviter la construction d'infrastructures de stockage d'eau en sous-sol.



Muséum national d'histoire naturelle à Paris (réalisé en 2016)

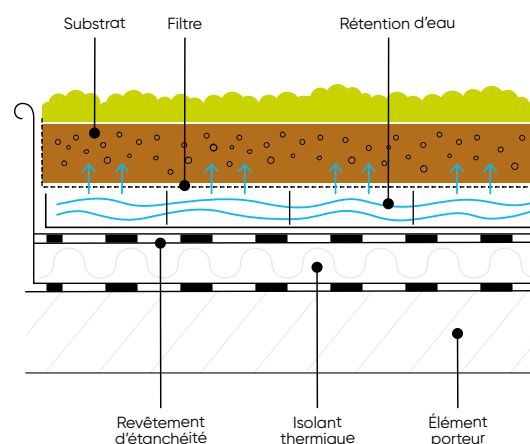
Dans le cadre de la rénovation d'une toiture du musée, l'un des bâtiments s'est doté d'une toiture dite « **wildroof** ». Ce sont majoritairement des espèces locales qui se sont installées, dont des annuelles comme le sénéçon, qui peuvent se ressemer dans le milieu urbain, la toiture végétalisée agissant comme un corridor écologique.

PLU DE PLAINE COMMUNE (Article 3.3)

- Un dispositif d'accueil de la biodiversité est installé pour chaque tranche entamée de 100 m² de toiture végétalisée.

Les dispositifs suivants sont recommandés :

- Un amas de bois morts de 100 L posé sur le substrat ;
- Un nichoir à chiroptère ;
- 2 m² de sable de 10 cm d'épaisseur ;
- Un nid pour passereaux ;
- Un bain d'oiseaux de 2 m².



Exemple de système de stockage d'eau pour les végétaux

Source : Adivet

**PLUI DE CLERMONT AUVERGNE
MÉTROPOLE (Article 5)**

- La réalisation des toitures végétalisées devra permettre de garantir leur entretien et leur développement sur le long terme.

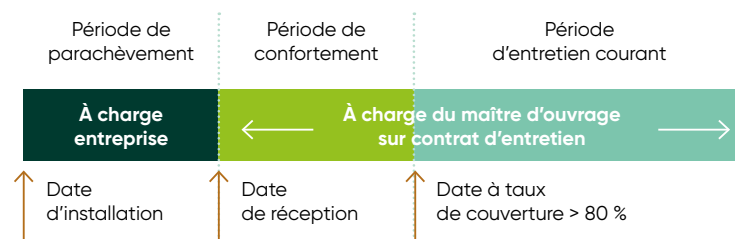
→ Assurer l'entretien des végétaux et des toitures

L'entretien correspond à l'ensemble des soins apportés aux végétaux, le nettoyage courant des zones végétalisées et périphériques ainsi que les évacuations d'eaux pluviales. L'entretien varie en fonction de la typologie de toiture, l'état de la végétation et les conditions climatiques.

L'entretien (même s'il est faible) **est indispensable** afin d'optimiser les bénéfices écosystémiques des toitures végétalisées mais également pour atteindre et conserver un taux de couverture végétale harmonieux, favoriser ou non l'apparition d'espèces spontanées adaptées, maintenir la palette végétale d'origine, maîtriser le développement des adventices et garantir la protection de l'étanchéité.

Il est organisé en trois périodes, correspondant à des phases de développement de la végétation :

- La période de parachèvement : à la fin de cette période, réception de l'ouvrage ;
- La période de confortement ;
- La période d'entretien courant.



Enchaînement chronologique des différentes phases de mise en place et suivi de la végétalisation

Source : RP TTV – Adivet

Ainsi, **un passage d'entretien minimum par an est recommandé**. Cet entretien doit comprendre le nettoyage des évacuations d'eaux pluviales et des chéneaux, le ramassage des déchets et des feuilles mortes, des plantations complémentaires, la suppression des adventices et des arbres spontanés non-adaptés au complexe de végétalisation et, si nécessaire, des apports d'amendement à libération lente.

Pour faciliter cet entretien, au moins un point d'eau est obligatoire sur toute toiture végétalisée. Et tout point de la toiture doit être situé à moins de 30 m de ce point d'eau.

→ Pailler les végétaux

Le paillage est une technique qui permet de faciliter l'entretien pour les toitures végétalisées de type semi-intensives et intensives. Il permet également de préserver l'humidité du support de culture et limite le développement des adventices provenant de graines propagées par le vent. Ainsi, il est fortement recommandé pour les plantations en godets, en micro-mottes et en conteneurs. Il n'est pas nécessaire quand le sol est recouvert de végétaux ou de graines (semis) à 100 %.

→ Réduire les risques : substrat ignifugé et tenue au vent

Afin de **réduire les risques incendies**, il est nécessaire que le **substrat soit conforme à un classement de résistance au feu**. Lorsqu'il est interdit d'irriguer, les substrats composés de beaucoup de matières organiques sont facilement inflammables. C'est pourquoi les règles professionnelles imposent des substrats riches en granulats minéraux.

Dans la même logique, pour garantir sa tenue au vent, le système de végétalisation doit respecter les poids minimaux inscrits dans les RP TTV.

5.3. Gestion des eaux pluviales

Les toitures végétalisées permettent la **gestion des eaux pluviales à la parcelle** et **contribuent efficacement au respect des règlements urbains (SDAGE, zonage pluvial, etc.)**. En effet, la gestion des eaux pluviales à la parcelle est un enjeu clé pour les villes dont l'artificialisation est croissante et la vulnérabilité aux fortes pluies est renforcée.

Le type de végétation, de drain, la nature et l'épaisseur du substrat sont les principaux facteurs qui influencent grandement les performances hydrauliques de la toiture végétalisée.

→ Gérer les eaux pluviales en toiture via des solutions fondées sur la nature

La **captation des eaux pluviales en toiture** fait écho à la notion de **gestion intégrée des eaux pluviales** qui consiste à **gérer la goutte d'eau au plus près de là où elle tombe**. Ainsi, les toitures végétales sont des dispositifs très efficaces pour la gestion des eaux pluviales.

L'infiltration de l'eau *in situ* permet d'éviter de la rejeter dans les réseaux. Afin d'y parvenir, l'aménagement d'espaces d'infiltration comme les toitures végétales, les noues végétalisées, les sols perméables ou encore les tranchées drainantes, est recommandé.

 *Un point d'attention est souligné concernant les sols à forte concentration en gypse qui peuvent présenter des risques d'affaissement ou d'éboulement. Pour ce type de sols, l'infiltration des eaux pluviales n'est pas recommandée. Cependant, la mise en place d'un système de stockage d'eau complémentaire au complexe de végétalisation peut permettre de compenser cette difficulté.*

De nombreux PLU(i) font référence à des solutions alternatives et/ou fondées sur la nature pour la gestion des eaux pluviales.

PLUI DU GRAND CHAMBÉRY (Article UCB9))

- Tout nouvel aménagement doit favoriser l'infiltration et/ou l'évapotranspiration des pluies courantes, en mettant en œuvre : des surfaces perméables et/ou végétalisées.



Opéra Bastille à Paris (réalisée en 2018)

Le projet a été dimensionné pour répondre au plan ParisPluie et permettre à ces vastes toitures-terrasses de capter une partie de la pluviométrie dans une zone urbaine dense.

→ Répondre aux besoins en arrosage

Dans certaines régions françaises, **il est nécessaire de compléter la pluviométrie naturelle afin d'assurer la pérennité des installations.**

Dans le cadre des RP TTV, la France a été répartie en deux zones : une grande partie composée du nord, du centre et de la façade atlantique où la pluviométrie naturelle suffit aux besoins hydriques des toitures végétalisées et une partie au sud-est où l'arrosage en période estivale est nécessaire.

Ainsi, le découpage nord-sud proposé dans les critères correspondants est déterminé à partir de cette carte des besoins en arrosage.



Carte simplifiée des besoins en arrosage des toitures végétalisées extensives

Source : RP TTV – Adivet



TravOcean à la Ciotat (réalisée en 2016)

L'irrigation s'appuie sur un dispositif placé en sous-face, présentant le double intérêt d'être souple dans sa gestion et très économe en eau. Les apports d'eau en soutien correspondent donc strictement à ce dont ont besoin les végétaux.

→ Définir les termes et les phénomènes : abatement pluvial, rétention temporaire et débit de fuite

La gestion des eaux pluviales mobilise plusieurs notions clés : l'abatement pluvial, la capacité de rétention temporaire ou encore le débit de fuite. Chacun de ces trois indicateurs résultent de phénomènes différents.

L'abatement pluvial correspond à la **quantité d'eau retenue puis évapotranspirée par la toiture végétalisée**. Il est exprimé en mm ou en % par rapport à une pluie de référence et est calculé par la différence entre la quantité d'eau collectée par la toiture et la quantité qui est rejetée pour un événement pluvieux donné ou une durée.

La rétention temporaire renvoie au **stockage d'eau temporaire avec une vidange différée régulée ou non par un débit de fuite**. A la différence de la rétention d'eau qui est une dynamique de long terme, la rétention temporaire permet une retenue temporaire des eaux pluviales et donc d'écarter les pics de pluviométrie.

Le débit de fuite se définit comme le **débit de vidange d'un ouvrage de rétention et/ou d'infiltration d'eau**. Pour une toiture végétalisée, le débit de rejet de la toiture est exprimé en L/s ou L/s/ha et peut être maîtrisé par un régulateur de débit. Le temps de vidange de l'ouvrage peut alors être déterminé en fonction du débit de fuite défini. Ainsi, cet indicateur permet de mesurer la contribution de l'ouvrage à la gestion des eaux pluviales à la parcelle.

Il est recommandé que le service de gestion des eaux pluviales effectue des contrôles en installant des augets ou des débitmètres afin de s'assurer du respect du débit de fuite imposé. Le détenteur du permis de construire devra éventuellement réadapter les différents systèmes installés en cas de non-respect des débits de fuite. Les contrôles pourront s'effectuer pendant une période décennale suivant la livraison de l'ouvrage ou la conformité au permis de construire.

→ Degrés d'ambition

Les Recommandations rédactionnelles se réfèrent à des niveaux d'ambition.

- Le **niveau** ★ correspondu au seuil minimal qu'il est recommandé d'intégrer dans le PLU.
- Le **niveau** ★★ correspond à un seuil plus ambitieux qui s'adresse davantage aux collectivités sujettes à de fortes précipitations ou ayant fréquemment des problématiques de saturation des réseaux.
- Les **niveau** ★★★ **et plus** correspondent à des seuils ambitieux permettant d'optimiser la gestion des eaux pluviales et de réduire considérablement les risques d'inondations et la saturation des réseaux.

→ Articuler les trois indicateurs (abattement pluvial, débit de fuite et capacité de rétention temporaire)

Les trois indicateurs ne sont pas complémentaires et ne peuvent pas tous être appliqués conjointement dans un PLU. Seuls **l'abattement pluvial et la capacité de rétention temporaire sont complémentaires**.

Par exemple, dans le scénario suivant, le PLU impose un abattement des 15 premiers mm de pluie et une capacité de rétention temporaire de 30 L/m². Ainsi, 45 mm de pluie seront gérés directement à la parcelle ; ce qui correspond à une pluie décennale dans le cas de la ville de Paris.

Un autre scénario consiste à abattre 50 % des pluies décennale soit 31 mm pour Biarritz, tout en mettant en place un système de rétention temporaire d'une capacité de 40 L/m². Ainsi 71 mm seront gérés à la parcelle ; ce qui correspond quasiment à une pluie vingtennale (72,85 mm).

Le débit de fuite est un indicateur indépendant mais dont les résultats seront similaires à ceux de l'abattement pluvial. De plus, afin que celui-ci soit optimal, il est important de préciser la nécessité de privilégier des dispositifs qui favorisent l'évapotranspiration et l'infiltration. Sinon, des dispositifs de stockage d'eau en toiture sans végétalisation pourront être installés, ce qui priverait la collectivité des autres aménités apportées par la végétalisation (rafraîchissement de l'îlot urbain par évapotranspiration et accueil de la biodiversité).

→ Tendre vers le zéro-rejet

Le zéro-rejet correspond à un **coefficient de ruissellement nul**. Le complexe de végétalisation vise à retenir l'intégralité des pluies recueillies sans rejet vers le réseau pour une période donnée de retour de pluie. L'eau collectée par le complexe est ensuite évapotranspirée.

La précision « pendant l'événement pluvieux » faire référence au stockage temporaire des eaux pluviales pendant l'événement pluvieux afin d'éviter la saturation des réseaux lors des pics de pluviométrie. Cependant, un rejet contrôlé pourra être accepté après l'événement pluvial ou lorsque les réseaux ne seront plus sous tension.

→ Limiter les excès d'irrigation

L'eau est une ressource précieuse qu'il convient de ne pas gaspiller. Dans ce sens, il est essentiel que les **systèmes d'irrigation installés en toiture ne soient pas à l'origine d'écoulements excessifs en période estivale**. Ainsi, il est recommandé, après une étude de besoin, de **choisir un système d'arrosage automatique adapté et de le programmer en fonction des végétaux, de la région et du climat**, voire d'avoir un suivi par sonde et données météo pour n'arroser que quand nécessaire. Il est également possible de réutiliser les eaux de pluie et/ou de faire appel aux eaux grises.



PLU DE LA ROCHELLE (Article 1.11.3)

- Chaque projet doit viser la gestion d'une pluie centennale en zéro rejet.

→ Garantir la non-toxicité des matériaux et limiter l'utilisation d'herbicides et d'engrais

Afin **ne pas polluer les eaux pluviales**, il convient de porter une attention particulière aux matériaux et aux produits utilisés en toiture. En effet, lors des événements pluvieux, **le risque de lessivage est important**. Ainsi, il est recommandé d'interdire les produits polluants de type mâchefers, hydrocarbures et métaux lourds et de ne pas utiliser d'herbicides et de pesticides de synthèse. Il est recommandé de privilégier les engrais à libération lente.

5.4. Lutte contre les îlots de chaleur urbains

Ce chapitre reprend la logique des chapitres précédents avec différents degrés d'ambition. Chaque degré d'ambition est associé à une typologie de zones précises définies à partir du degré d'urbanisation et du niveau de densité (nombre de logements/ hectare).

→ Lutter contre les îlots de chaleur urbains grâce aux toitures végétalisées

Deux caractéristiques techniques sont associées à chaque ambition : la **capacité de stockage en eau** et la typologie de végétation. Ces dernières permettent de **favoriser le phénomène d'évapotranspiration et le rafraîchissement**. En effet, la capacité de stockage en eau du complexe de végétalisation renvoie à l'eau stockée par le substrat et/ou par un dispositif sous le système végétalisé qui est ensuite réutilisée par les plantes. Combinée avec une végétation adaptée, elle permet **d'optimiser la création d'îlot de fraîcheur**.

→ Critères techniques favorables à la réduction de la surchauffe urbaine

Ces critères complémentaires permettent **d'assurer l'efficacité en termes de rafraîchissement et la pérennité des systèmes installés**. Ainsi, la capacité de l'eau à remonter par capillarité dans le substrat est essentielle pour garantir l'irrigation des végétaux et leur évapotranspiration. De plus, lors des épisodes où la pluviométrie est réduite, la présence d'un système d'irrigation peut permettre de compenser les manques d'eau et assurer le phénomène d'évapotranspiration y compris en période de sécheresse.

Enfin, **concevoir les toitures végétalisées comme un matelas de protection thermique permet de limiter la surchauffe des toitures**. Le volume de stockage d'eau est supérieur au volume recommandé dans le chapitre biodiversité (Chapitre V : Accueil de la biodiversité – Recommandations rédactionnelles) car pour assurer le rôle de matelas thermique, il est nécessaire de disposer d'un volume d'eau plus important.

Le paillage des végétaux permet également de conserver l'humidité du substrat et d'éviter que celui ne se dessèche trop rapidement.

PLUI DE LYON (Article 4.1.2)

- L'utilisation de matériaux ou de revêtements à faible absorption du rayonnement solaire et de couleur claire, ainsi que la végétalisation des façades, lorsque cette dernière est adaptée, sont à privilégier afin de concourir à la limitation des phénomènes d'îlot de chaleur.



Pharmacie à Hémingue (réalisée en 2021)

Dans le cadre de cette construction, plusieurs objectifs étaient visés et notamment le rafraîchissement urbain et le confort d'été. Ainsi, une palette végétale a été sélectionnée pour ses capacités à évapotranspirer et un système de rétention d'eau a été installé pour capter l'eau de pluie et créer une nappe phréatique artificielle pour l'irrigation des plantes.

→ Lutter contre les îlots de chaleur urbains grâce aux façades végétalisées

Les **façades végétalisées** sont également à privilégier dans le cadre de la réduction du phénomène d'îlot de chaleur. En effet, **la végétation installée en façade permet d'absorber les rayons solaires, réduire le stockage de chaleur en surface grâce à son rôle de protection solaire et ainsi diminuer le recours à la climatisation**. Cela a pour conséquence un rafraîchissement plus rapide la nuit, la chaleur s'échappant du bâtiment étant réduite d'environ 70 % (livingroofs.org, 2004)⁵.

5.5. Toitures biosolaires

Ce dernier chapitre vise à **introduire les toitures biosolaires** qui combinent la végétalisation et l'installation de systèmes de production d'énergie renouvelables, photovoltaïques ou solaire thermique, l'un au-dessus de l'autre. Pour rappel, **on considère une toiture biosolaire à partir du moment où les panneaux photovoltaïques ou thermiques représentent au moins 20 % de la surface de la toiture végétalisée**.

→ Réduire l'épaisseur de substrat dans le cas des toitures biosolaires

Dans un premier temps, il convient de recommander ce type d'installations et de faciliter son installation. **Les PLU qui imposent une épaisseur minimale de substrat pour les toitures végétalisées peuvent réduire cette consigne dans le cas des toitures biosolaires**, sans être toutefois inférieure à 8 cm et en gardant un nombre d'espèces végétales supérieur ou égal à 10. Cela permet de s'assurer d'un bon équilibre entre végétalisation et panneaux solaires.



Paris (réalisé en 2023)

Ce mur végétal a été réalisé pour L'Oréal à Paris. Il s'appuie sur une solution hydroponique.



→ Garantir un équilibre entre la couverture en panneaux solaires et la surface végétalisée

La couverture en panneaux solaires de la surface végétalisée est un élément clé pour **garantir l'efficacité de l'installation en termes de régulation thermique, de biodiversité et de gestion des eaux pluviales**. C'est pourquoi un certain équilibre doit être conservé entre végétalisation et d'énergie renouvelable.

→ Favoriser une typologie de végétation adaptée

En suivant la même logique, **la végétation introduite doit être adaptée aux zones d'ombrage et à la hauteur disponible sous les panneaux** afin d'éviter la création de zones d'ombrage sur les panneaux et de garantir la pérennité des installations, notamment de la couche végétale.

Les végétaux choisis doivent permettre de faciliter l'entretien au contact des panneaux solaires. On limitera donc les végétaux ligneux nécessitant de nombreuses tailles.



⁵ Dunnet N., Kingsbury N., 2004, *Planting Green Roofs and Living Walls*, Timber Press, Oregon.



PLUI DE STRASBOURG (ARTICLE 6.1)

- Toute opération créant de la surface de plancher par la réalisation d'un ou de plusieurs nouveaux bâtiments devra désormais :
 - soit être équipée d'un dispositif de production d'électricité renouvelable dans les conditions suivantes : a minima 7 Wc solaires photovoltaïques par m² de surface de plancher ;
 - soit être dotée d'une surface biosolaire (hors pleine terre) dans les conditions suivantes : a minima 5 Wc solaires photovoltaïques par m² de surface de plancher et un substrat de 5 cm minimum en ce qui concerne la végétalisation de la toiture.

→ Intégrer les toitures biosolaires dans le coefficient de biotope par surface

Les toitures biosolaires peuvent également être **intégrées dans le coefficient de biotope par surface**. Il est recommandé de leur associer des coefficients relativement élevés (0,5 à 0,7) étant donné les nombreux services écosystémiques qu'elles apportent. Du point de vue de la biodiversité, les panneaux solaires créent un espace protégé, plus ombragé et donc potentiellement plus humide qui permet le développement d'une biodiversité riche (pour en savoir plus sur le CBS, voir chapitre V : Accueil de la biodiversité).

→ Faciliter la gestion de l'eau sous les panneaux

Afin **d'éviter l'apparition de flache d'eau ou une répartition non-homogène de l'eau sous les panneaux**, il conviendra de privilégier des dispositifs qui permettent une bonne répartition de l'eau sous les panneaux. Cela permettra que les végétaux poussent de manière uniforme, y compris sous les panneaux.

→ Caractéristiques techniques afin de garantir la pérennité des dispositifs

La hauteur de basse-goutte ainsi que la distance de l'acrotère et la pente minimale sont des **critères techniques qui permettent de garantir le bon fonctionnement des dispositifs mais également qui facilitent leur entretien**. En effet, en-dessous de ces valeurs, l'entretien du complexe de végétalisation est plus difficile, voire compromis.

→ Assurer l'entretien des dispositifs

L'entretien des toitures biosolaires doit être régulier et facilité à travers le respect de certaines distances minimales entre les lignes de panneaux et entre le substrat et le bas du panneau.



Village Delage à Courbevoie (réalisé en 2021)

Cette toiture biosolaire a été conçue dans le cadre de l'aménagement de l'écoquartier Village Delage.



École-crèche Davout à Paris 20* (réalisée en 2022)

100 m² de toitures biosolaires ont été installés sur le toit de cette nouvelle école-crèche. Cela représente 40 panneaux photovoltaïques lestés par du substrat et de la végétation sous lesquels a été installé un système de rétention des eaux pluviales.

Pour tous renseignements complémentaires, contactez nous sur vegetaliserlesplu@adivet.net
07 49 24 72 57

Si vous souhaitez adhérer à l'Adivet : <https://www.adivet.net/adherer>

6 Ressources

Lien vers les ressources :

[Adivet](#)

- **Normes NF-DTU série 43 dont 43-1 et 43-11**
- **Règles professionnelles pour la conception et la réalisation des terrasses et toitures végétalisées**
Établies conjointement par l'Adivet, la CSFE (Chambre Syndicale Française de l'Étanchéité), l'Enveloppe Métallique du Bâtiment (ex Syndicat National des Profileurs de Produits Plats en Acier) – 3^e édition de juin 2018
- **Recommandations techniques de l'Agriculture Urbaine en Toiture**
Adivet, 1^{ère} édition, novembre 2018
- **Recommandations professionnelles pour les bardages rapportés végétalisés**
Adivet, 1^{ère} édition, décembre 2024
- **Guide toitures biosolaires** – Adivet, à paraître (été 2025)
- **Le GreenRoofScore, le référentiel pour évaluer les performances des toitures végétalisées** – Adivet, 2023 : <https://www.greenroofscore.fr/>
- **Toitures vivantes, Construire avec le végétal en toiture**
François Lassalle, Sophie Rousset-Rouvière, éditions Eyrolles, 2024
- **Rapport de l'étude Grooves**
Agence Régionale de la Biodiversité d'Île-de-France, 2021 : <https://www.arb-idf.fr/nos-travaux/publications/ecologie-des-toitures-vegetalisees-2021/>
- **Aménager avec la nature en ville : Des idées préconçues à la caractérisation des effets environnementaux, sanitaires et économiques**
FEIX Isabelle, MARQUET Sarah, THIBIER Emmanuel, ADEME (2018) : <https://librairie.ademe.fr/urbanisme-territoires-et-sols/1170-amenager-avec-la-nature-en-ville-9791029711794.html>
- **GT 7 biodiversité, Premiers livrable**
CAP2030 : https://www.planbatimentdurable.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/cap2030_gt7-biodiversite_phase_1_vdiffusion.pdf
- **Rapport final du projet TVGEP**
Cerema : https://faveur.cerema.fr/resources/application/files/Projet_TVGEP_Rapport-final.pdf
- **(Ré)investir les toits**
Christine Hoarau-Beauval, Carolina Foïs, Editions du Moniteur, 2021
- **Végétalisation du bâti et biodiversité**
Biodiv 2050 n°13, mission Economie de la biodiversité, CDC, novembre 2017
- **Les recommandations professionnelles pour la conception, réalisation et entretien de solutions de végétalisation de façades par plantes grimpantes**
Unep, 2016

Crédits photos : A. Sprich / Topager - BMI Siplast - Biotopes Creation - Cultures en Ville - Ecovegetal - E. Houssin / BMI Siplast - Etandex - F.-X. Prévot / Sopranature - Franges Paysage - J. Callejas / Le Prieuré - J.-M. Dutrieux / Ecovegetal - Le Prieuré - Matthieu Art Photographie / Sopranature - Muséum national d'histoire naturelle (MNHN) - Novintiss - Sika - Sopranature - Topager - Vertical Flore





Adivet

84 rue de Grenelle 75007 Paris



contact@adivet.net



www.adivet.net

