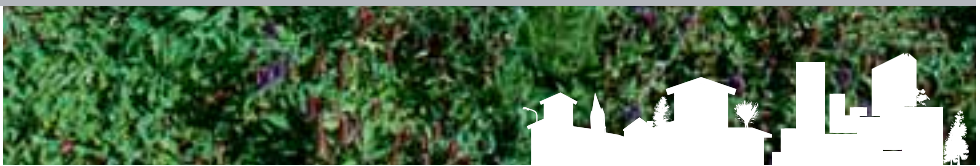
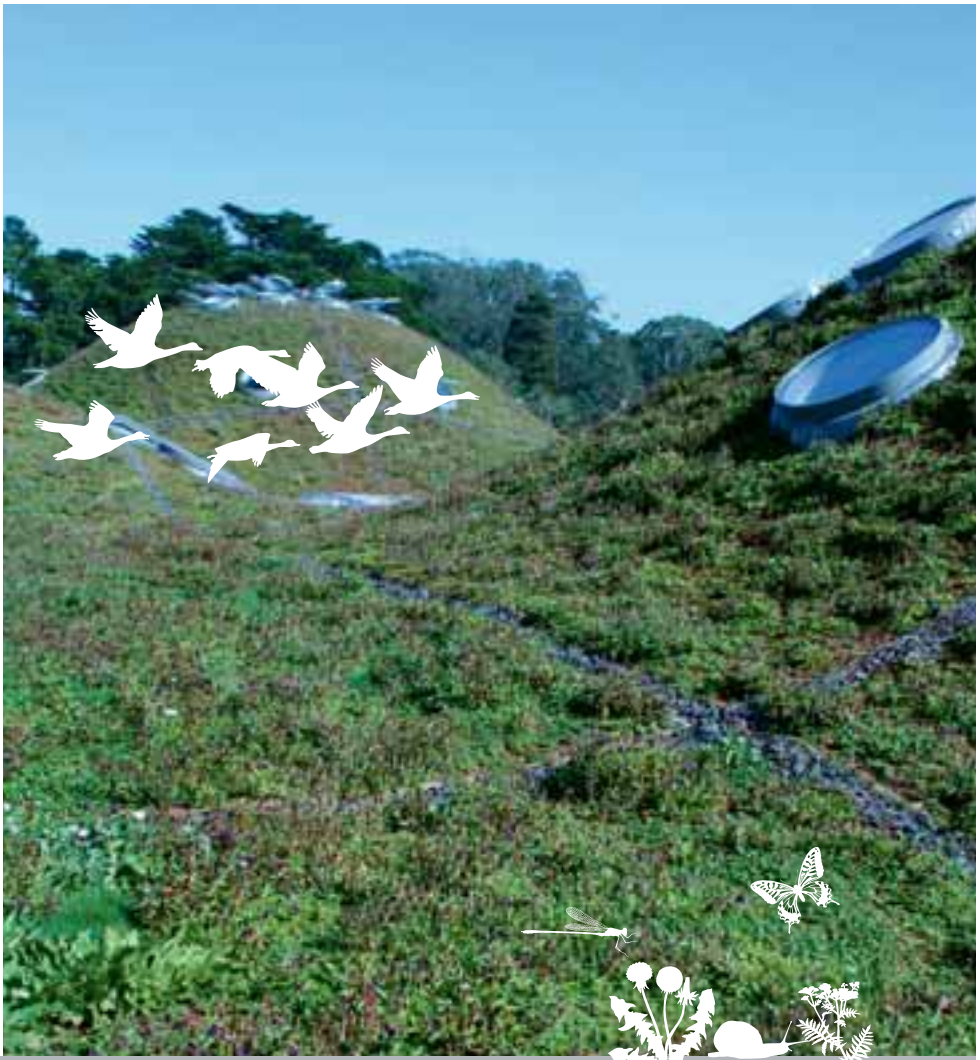




Réaliser des toitures végétalisées favorables à la biodiversité





Introduction



L'arrêt de la perte de biodiversité en France, en Europe et dans le monde, nécessite avant tout des mesures de protection, de gestion et de restauration des espaces naturels, cultivés ou non. L'enjeu en milieu urbain est complémentaire : il s'agit de restaurer les fonctionnalités écologiques dégradées par l'urbanisation (fertilité des sols, photosynthèse, production primaire, habitats d'espèces, etc.). La végétalisation des toitures peut contribuer à cet enjeu, à condition qu'elle s'inscrive dans un ensemble d'actions cohérentes et globales (gestion écologique des espaces verts, restauration de la qualité des sols urbains, réflexion sur les continuités écologiques). Loin d'une simple parure « verte », l'apport de ces toitures à la biodiversité est directement dépendant de la diversité des milieux ainsi créés, des végétaux plantés, de l'épaisseur et de la teneur en matière organique du substrat. Elle est également influencée par l'âge de la toiture et le type d'entretien effectué.

Depuis quelques années, les référentiels de construction tout comme les préconisations du Grenelle de l'environnement et les recommandations de certains documents d'urbanisme, incitent à la végétalisation des toitures et des murs.

L'Observatoire Départemental de la Biodiversité Urbaine de la Seine-Saint-Denis (ODBU) et Natureparif, l'Agence régionale pour la nature et la biodiversité en Île-de-France, avec l'appui technique de Plante & Cité et du Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN), se sont associés pour élaborer cette fiche-technique afin de contribuer à une évolution positive des pratiques.


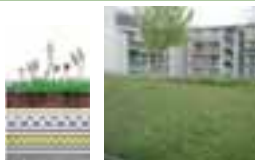
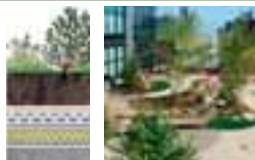



Cette fiche propose aux maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, architectes, professionnels de l'étanchéité comme du paysage, des pistes pour leur permettre de favoriser au maximum la biodiversité sur les toitures.



État des lieux

TYPOLOGIE ET STRUCTURE DES TOITURES VÉGÉTALISÉES

On distingue classiquement trois types de toitures végétales en fonction de leur épaisseur : les toits extensifs, semi-intensifs et intensifs (*voir tableau ci-dessous*). Les toitures de type extensif représentent, à l'heure actuelle, la majorité des toitures végétalisées construites en France, principalement en raison de leur faible coût, de leur légèreté et du faible entretien, ce qui les rend adaptables à de nombreux bâtiments existants ou en projet¹.

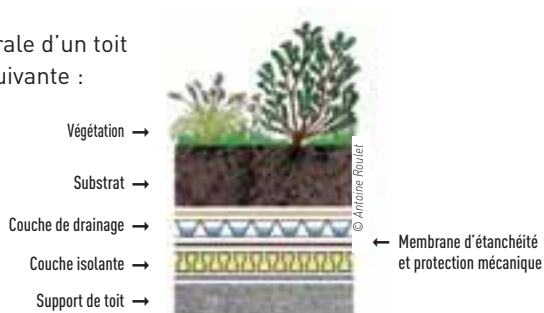
			
	Extensif	Semi-intensif	Intensif
Épaisseur	3-12 cm	12-30 cm	> 30 cm
Portance	30-150 kg/m ²	150-350 kg/m ²	> 350 kg/m ²
Végétation	Sédums 	Sédums, graminées, vivaces 	Herbacées, arbustes, arbres 
Entretien	2 fois/an pas d'arrosage au Nord de la Loire	4 fois/an arrosage conseillé en été	type jardin classique
Accès	non	oui	oui
Coût	25-100 €/m ²	100-200 €/m ²	> 200 €/m ²

© Julien Artus et A. Roulet

1. Pour des informations détaillées sur les toitures extensives (hors biodiversité), consultez la fiche qui leur est consacrée sur le site de l'ARENE Ile-de-France.



La structure générale d'un toit végétalisé est la suivante :



DES AVANTAGES ENVIRONNEMENTAUX ?

Des avantages pressentis sont souvent mis en avant à propos des toitures végétalisées. Cependant, peu d'expérimentations et de publications scientifiques permettent de statuer de manière consensuelle sur la réalité de ces bénéfices environnementaux supposés. De plus, ces avantages, particulièrement les potentialités de développement de la biodiversité, varient fortement en fonction du type de toiture végétalisée².

Avantage environnemental	Gradient d'amélioration suivant les caractéristiques du toit végétalisé	Focus pour les toits extensifs
Protection du toit	Croissant avec l'épaisseur	
Isolation thermique	Croissant avec l'épaisseur et la densité de végétation	
Rétention des eaux pluviales	Croissant avec l'épaisseur et la densité de végétation	Atout non avéré
Diminution de l'îlot de chaleur urbain	Croissant avec l'épaisseur et la densité de végétation	Atout non avéré
Adaptation au changement climatique	Croissant avec l'épaisseur et la densité de végétation	Atout non avéré
Amélioration du cadre de vie	Croissant avec l'épaisseur et la densité de végétation	Atout non avéré
Amélioration de la biodiversité	Croissant avec l'épaisseur et la densité de végétation	Atout non avéré

2. Tisseront Fanny, Conseil général de Seine-Saint-Denis (2010), *Étude sur la contribution des toits verts dans la mise en place de la trame verte urbaine*.



Protection ?

La végétalisation présente sur les toits permettrait d'augmenter la durée de vie de l'ouvrage. La présence d'un substrat et d'une couche de végétaux joue un rôle tampon et fait diminuer les écarts de température à la surface du toit, protégeant ainsi le bâtiment. Si le rôle de la végétation est plus incertain, surtout quand la couche végétale est très fine, une hauteur de substrat suffisamment importante (> 10 cm) accentuera la protection.

Isolation thermique ?

La présence du substrat et des végétaux améliorerait également l'isolation thermique des bâtiments, engendrant une baisse de la consommation d'énergie. Cet avantage n'est toutefois pas démontré car de nombreux paramètres relatifs à la conception du bâtiment doivent être pris en compte pour évaluer la capacité d'isolation thermique de la toiture (température de surface, flux de chaleur, nature de la structure et de l'isolation du bâtiment). Des études sont actuellement en cours pour tenter d'évaluer l'impact de la végétalisation d'une toiture sur le comportement thermique du bâtiment³.

Rétention des eaux pluviales ?

La rétention des eaux pluviales des toitures végétalisées permet, d'une part, de réduire le volume d'eau ruisselée et, d'autre part, d'étaler l'évacuation de cette eau dans le temps⁴. La quantité d'eau rejetée dépend fortement de l'épaisseur et du pouvoir drainant du substrat, ainsi que de la pente du toit. Ainsi, un toit de type extensif avec un substrat artificiel très drainant et de faible épaisseur apparaît comme la technique de végétalisation la moins efficace en matière de capacité de rétention en eau.

Qualité de l'air ?

Une toiture végétale participe théoriquement au rafraîchissement de l'air en ville, plus chaud qu'en milieu rural (phénomène d'îlot de chaleur

3. Étude ARRDHOR, Critt horticole.

4. De manière générale, la capacité de rétention de la toiture doit constituer un volume correspondant à celui d'une pluie décennale (ex : 36 litres par m² en une journée pour la Seine-Saint-Denis).





Les toitures avec pente en contact avec le sol offrent continuité écologique et intégration paysagère.

urbain). L'évapotranspiration de l'eau des végétaux qui y poussent et l'évaporation de l'eau du substrat piègent en effet de la chaleur. Les végétaux ont également la capacité de piéger des particules fines et pourraient participer à la filtration de l'air urbain. Encore une fois, les toits de type extensif, minces et dotés de végétaux résistants à la sécheresse donc peu évapotranspirants, sont ceux qui participent le moins à ces phénomènes.

Changement climatique ?

Vus sous l'angle de la lutte contre le réchauffement climatique, les toits végétalisés participeraient à la réduction des consommations énergétiques par l'isolation et au rafraîchissement de l'air urbain⁵ si l'épaisseur du substrat et la densité de végétation sont suffisantes. Pour ce qui est du piégeage du carbone par la photosynthèse, ce facteur n'est pas avéré et demeure un phénomène temporaire.

Qualité du cadre de vie ?

La végétalisation des toitures peut apporter aux citoyens des espaces de verdure supplémentaires améliorant leur cadre de vie et propices à la détente et à certains loisirs, comme le jardinage. Pour cela, il faut cependant que ces toitures soient visibles et/ou accessibles au public,

5. Les modèles d'évolution climatique actuels font craindre une augmentation des événements climatiques extrêmes, dont les orages accompagnés de fortes précipitations et les périodes de canicule en été.



ce qui est actuellement rarement le cas. Les toitures extensives sont souvent aménagées sur des toits non praticables pour cause de sécurité et de risque de détérioration. Par ailleurs, le gain esthétique des toitures de sédums à l'aspect rougeâtre en été est discutable⁶.

AMÉLIORATION DE LA BIODIVERSITÉ ?

Les études sur la richesse écologique des toitures végétalisées sont peu nombreuses mais certaines font ressortir un potentiel intéressant concernant la présence de flore, d'insectes, d'araignées, d'oiseaux et de la microfaune du sol. Les milieux créés sur certains de ces toits peuvent s'apparenter à un habitat pionnier permettant le développement de certaines espèces.

Si l'expérimentation scientifique de long terme demeure encore nécessaire, l'état actuel de la connaissance permet de considérer que les apports des toitures végétalisées en matière de biodiversité évoluent favorablement en fonction de trois facteurs :

- la diversification des espèces végétales plantées
- l'augmentation de l'épaisseur du substrat
- la nature du substrat



Un toit
suffisamment
porteur et étanche



Un substrat épais
et de composition
à rapprocher
d'un sol naturel



Une végétation
variée et adaptée
aux conditions
locales

© Pascal Greboui

6. Une enquête menée en Seine-Saint-Denis en 2010 a fait apparaître des écarts entre les attentes recensées et les résultats obtenus, vis-à-vis de l'aspect visuel et du caractère inaccessible des toits réalisés.



Comment améliorer les toitures végétalisées pour la biodiversité ?

UNE VÉGÉTATION DIVERSIFIÉE ET ADAPTÉE AUX CONDITIONS LOCALES

La végétation dépend en premier lieu du type de toit et du substrat qui la supporte. Les toitures extensives sont aujourd'hui plantées presque exclusivement du genre *Sedum ssp.* de la famille des Crassulaceae, en raison de leur capacité de résistance à la sécheresse (photosynthèse de type CAM)⁷ et de leur important pouvoir couvrant. Bien adaptés aux toits supportant un faible poids, les « tapis » de sédums sont généralement trop peu diversifiés et le substrat trop fin pour être qualifiés de favorables à la biodiversité. Aussi, il est recommandé de rompre avec la monoculture de sédums pour viser une plus grande diversification végétale (entre 20 et 30 espèces). Il existe différentes techniques de plantation, pouvant être complémentaires, qui influencent la diversité végétale :

- Les « tapis » sont les applications les moins coûteuses et les plus faciles à mettre en place. Pré-cultivés, la plupart du temps selon des modes de culture intensive et hors-sol, les tapis sont simplement déroulés sur le substrat. Ils offrent un couvert végétal immédiat, mais sont les moins riches en espèces (5 à 7 espèces, quasi-exclusivement du genre *Sedum ssp.*) et limitent la colonisation par une végétation spontanée.

7. CAM = Crassulacean Acid Metabolism – Métabolisme découvert chez des plantes appartenant à la famille des Crassulaceae (comme les sédums) qui, à la différence d'autres plantes, ont la capacité de fixer le CO₂ dans l'obscurité ; un phénomène adaptatif pour limiter, entre autre, les pertes d'eau par transpiration.



Comment améliorer les toitures végétalisées pour la biodiversité ?

- Le semis permet quant à lui de diversifier les espèces végétales plantées mais nécessite des conditions de germination et de croissance optimales : un substrat suffisamment rétenteur d'eau et humide. Souvent, un arrosage est nécessaire pour garantir le succès de cette technique.
- Les plantations en mottes ou en godet sont des modes d'implantation ponctuels de végétaux pré-cultivés. Ils permettent un large choix dans la palette végétale (plantes locales, mais également les sédums pour les zones à faible hauteur de substrat). La couverture végétale est plus longue à obtenir car elle nécessite l'implantation et la croissance des végétaux. Le succès d'implantation dépend également de la qualité du substrat.
- Les godets, dont le substrat est plus épais que dans les mottes offre un bon taux de réussite. C'est cependant une technique plus onéreuse.
- Enfin il est possible de mettre en place des bacs pré-cultivés, structures amovibles ne couvrant pas l'ensemble du toit. Ils peuvent contenir une plus grande épaisseur de substrat et être adaptés à des plantations variées (plantes sauvages, potager, etc.).



© Fanny Tisserand

Le choix des espèces végétales doit privilégier les espèces indigènes ou locales, mieux adaptées au climat régional. Les caractéristiques de développement des plantes, comme la profondeur des racines et le type de déchets végétaux qui peuvent boucher les évacuations, doivent également être prises en compte. Pour les toitures à végétalisation semi-intensive, les espèces végétales couramment utilisées sont les



VÉGÉTATION : LES « + » POUR LA BIODIVERSITÉ

- Diversifier les espèces végétales plantées⁸, en privilégiant des essences d'origine locale dont certaines mellifères, ce qui contribue à la présence d'insectes, notamment pollinisateurs, et d'oiseaux⁹.
- Pour choisir au mieux les espèces à planter, il est possible de réaliser au préalable un diagnostic écologique de la parcelle et des milieux alentours, ou encore de consulter les études naturalistes déjà réalisées dans le secteur¹⁰.
- Éviter la monoculture (notamment de sédum).
- Le climat local doit être considéré dès la conception (pluviométrie, température, direction et force des vents) pour choisir le type de végétation à planter et les matériaux à utiliser. La hauteur du bâtiment joue également un rôle, notamment sur l'intensité des vents.

graminées, les plantes à bulbes ou encore les légumineuses. Mais les toits les plus diversifiés sont de type intensif. Plus profonds, il est possible d'y planter aussi bien des herbacées que des arbustes et des arbres (certains toits présentent jusqu'à 2 mètres de substrat et une végétation de chênes et hêtres¹¹).

Plusieurs recherches ont montré le rôle positif de la diversification végétale dans la longévité des écosystèmes. Plus il y a d'espèces, plus elles utilisent efficacement les ressources disponibles à proximité (eau, lumière, nutriments) et résistent aux contraintes extérieures (climat, pollutions, prédation). Une plantation variée a donc plus de chances de survivre en conditions extrêmes qu'une monoculture. De plus, la diver-

8. Certaines pépinières, encore rares, se tournent aujourd'hui vers la production d'essences adaptées aux conditions locales. Afin d'aider ces filières à se développer, il est important d'exiger de la part des fournisseurs des garanties de provenance et de mode de production.

9. Lundholm J, MacIvor JS, MacDougall Z, Ranalli M, 2010, Plant Species and Functional Group Combinations Affect Green Roof Ecosystem Functions, PLoS ONE.

10. En Île-de-France, Natureparif met à disposition la liste de ces études, géolocalisées, dans le cadre du système d'information sur la nature et les paysages : www.natureparif.fr

11. Projet ZAC Rives de Seine, Lot A4 Est, Boulogne Billancourt [92]
<http://chartier-dalix.com/index.php?education/boulogne-2010/>



Comment améliorer les toitures végétalisées pour la biodiversité ?



© Breaking Ground Green Roof

FAUNE ET MICRO-FAUNE : LES « + » POUR LA BIODIVERSITÉ

- Aménager des zones-refuge pour la faune : nichoirs à oiseaux et chauves-souris, abris à insectes, bois mort, etc. Diversifier les micro-milieus : la forme, les strates, la hauteur du substrat, les typologies de plantes. L'hétérogénéité est favorable à la biodiversité !



sité végétale crée différentes niches écologiques. Elle favorise la présence des micro-organismes et de la microfaune du sol, dont le rôle, souvent négligé, est crucial dans le bon fonctionnement du complexe végétation-substrat.

UN SUBSTRAT SUFFISAMMENT ÉPAIS ET DE COMPOSITION À RAPPROCHER D'UN SOL NATUREL

La composition du substrat a un impact très important sur les végétaux présents sur le toit et sur la biodiversité qu'il héberge. Il doit en outre posséder un certain nombre de propriétés physiques. Le substrat idéal doit allier une bonne capacité de rétention en eau à une capacité de drainage évitant de noyer les plantes. Il doit également conserver les nutriments, ne pas être trop lourd pour le toit et être résistant à l'érosion (eau, vent). Les substrats existant aujourd'hui ne répondent que partiellement à cet idéal. Ils sont composés en majeure partie de matériaux minéraux de gros calibre, en raison de leur rôle drainant malgré leur





➤ Zoom sur les sédums

S'il est nécessaire de viser une diversification de la palette végétale en évitant la monoculture de sédum, il ne faut pas pour autant bannir ces espèces des toitures. En effet, les sédums sont des xérophytes¹² particulièrement bien adaptées à la situation des toitures telles qu'elles sont conçues actuellement. Ils sont les seuls capables de pousser sur de très faibles épaisseurs de sol et ne nécessitent qu'un entretien limité.

Adaptés aux milieux secs, ils forment un tapis dense qui permet de fixer le substrat et de limiter les risques de dégradation de la toiture, par le vent ou de fortes pluies par exemple. Le tapis végétal formé préserve une certaine humidité dans le substrat, ce qui peut favoriser le maintien d'espèces moins résistantes à la sécheresse. Malgré leur important pouvoir couvrant qui concurrence et limite l'implantation d'autres espèces, certaines variétés d'origines locales peuvent participer au fonctionnement des écosystèmes en servant d'habitats pour les insectes ou les oiseaux¹³.

La solution réside donc peut-être dans l'alternance, sur un même toit, de zones de faible épaisseur couvertes de sédums et de zones un peu plus épaisses plantées d'espèces végétales plus variées.

12. Plantes adaptées aux milieux secs.

13. Butler, 2009 et Coffman, 2005, 2007, 2010.



Comment améliorer les toitures végétalisées pour la biodiversité ?



➤ Zoom sur l'Observatoire des plantes de toitures

Des expérimentations en cours menées par Plante & Cité sur 4 sites de géographie et de climats différents démontrent un potentiel de diversification supplémentaire pour ces toitures, partout en France, et sans irrigation. D'autres études réalisées par le Muséum national d'Histoire naturelle sont également en cours.

Plante & Cité a créé début 2011, en complément des essais de diversification végétale pour toitures extensives menés depuis 3 ans, un Observatoire des plantes de toitures. Sur la base du volontariat, il s'agit de créer un réseau d'observateurs de toitures végétalisées en France. Ceux-ci font un retour une fois par an sur la pérennité des végétaux plantés et éventuellement spontanés des toitures sur lesquelles ils interviennent, à l'aide d'une fiche d'information simple et rapide à renseigner (15 minutes maximum).

Le but est de produire régulièrement des listes et des cartes thématiques nationales de répartition des essences végétales, des typologies d'installation, etc.¹⁴

14. Pour participer à cet observatoire et recevoir le modèle de fiche, veuillez contacter Olivier Damas (Plante & Cité) olivier.damas@plante-et-cite.fr



forte densité : 70 % à 90 % de graviers, pouzzolane, briques concassées, sable, auxquels on rajoute 10 à 30 % de matière organique qui contient les nutriments indispensables à la végétation, allège le substrat et éventuellement lui confère une structure en se recombinaut avec la fraction minérale argileuse lorsqu'elle est présente. De plus elle constitue la base d'une chaîne trophique pour la microfaune.

La quantité de matière organique doit être suffisante pour permettre un choix large dans la palette végétale. La composition du substrat sur des toitures de type extensif est adaptée au modèle « sédum » ; il est nécessaire de la faire évoluer pour permettre un développement de la biodiversité grâce à une palette végétale plus variée. Il faudrait également qu'une proportion de la fraction minérale soit de taille plus fine pour améliorer la capacité de rétention en eau.

Certains de ces matériaux ne sont pas renouvelables ou nécessitent une exploitation énergivore ou non durable. Il faut autant que possible les remplacer par des substrats prélevés sur place (terre locale) ou à proximité.

Il est difficile d'approcher les conditions d'un sol « naturel ». La constitution d'un sol artificiel fonctionnant bien et durablement est très délicate étant donné la multiplicité et la complexité des interactions entre éléments vivants et non-vivants qui s'y opèrent. Cela nécessite la mise au point de véritables techniques d'ingénierie écologique pour les sols urbains.

UN TOIT SUFFISAMMENT PORTEUR

On a vu que la diversification végétale et l'augmentation de l'épaisseur et de la qualité du substrat sont des éléments importants pour obtenir une toiture plus favorable à la biodiversité. Cette évolution souhaitable implique néanmoins une portance¹⁵ plus grande, donc un coût supérieur. La portance et la pente conditionnent le type et l'épaisseur du complexe de végétalisation. Dans le cas des toitures extensives et semi-intensives, la pente ne doit pas dépasser 20 % et la charge admissible se situe entre

15. Charge maximale admissible.



Comment améliorer les toitures végétalisées pour la biodiversité ?

© Pascal Granel



SUBSTRAT : LES « + » POUR LA BIODIVERSITÉ

- Privilégier une épaisseur moyenne de substrat d'au moins 10 cm, avec des hauteurs variables (de 5 cm à 25 cm, voire 1 mètre¹⁶) pour créer différents habitats.
- Varier la composition, l'origine et la granulométrie du substrat (sable, calcaire, sol local, compost, schiste...).
- Éviter l'utilisation de matériaux artificiels ou non renouvelables (tourbe) et privilégier les approvisionnements en circuit court.
- Utiliser si possible de la terre prélevée *in situ* lors des travaux de terrassement, qui sera enrichie de compost issu de déchets verts (prévoir un espace de stockage de la terre) ; en effet, un sol « naturel » est riche en biodiversité (bactéries, acariens, champignons, vers de terre, cloportes, fourmis, etc.) qui transforment les débris végétaux en une matière organique complexe et diversifiée qui profite à la fertilité.
- Conserver la « banque de graines » déjà présente dans la terre prélevée (donc adaptée au substrat) pour limiter les apports en végétaux.
- Dans certains cas, l'inoculation de lombriciens (vers de terre) et de micro-organismes via du compost permet de dynamiser la faune du sol, et donc de retrouver un sol fertile et stimuler la croissance des végétaux.
- Prévoir dès la conception des méthodes de rénovation de l'étanchéité « par tranches » afin de préserver l'écosystème de la toiture à long terme.



16. Dans son PLU, la ville de Montreuil (Seine-Saint-Denis) attribue une bonification pour les toitures végétalisées dont le substrat est supérieur à 80 cm (le coefficient est alors de 0,6 contre 1 pour des espaces verts en pleine terre ; ce coefficient passe à 0,2 lorsque le substrat est inférieure à 80 cm).



30 et 350 kg/m². Pour les toitures intensives, la pente ne doit pas dépasser 5 % pour une charge admissible supérieure à 350 kg/m².

Pour un bâtiment à construire, ces critères doivent être définis et pris en compte très en amont dans le projet, afin que la structure soit conçue, dimensionnée et budgétée en conséquence.

Pour un bâtiment existant, l'épaisseur de la végétalisation doit s'adapter à la structure et à la portance de celui-ci. Il est possible de travailler sur des épaisseurs différentes selon le positionnement des piliers et des structures porteuses. Certains toits pourraient supporter des charges plus importantes, du moins localement, notamment au-dessus des murs porteurs. Un diagnostic du bâtiment pour connaître la charge réelle de portance au m² s'avèrera utile.

© Pascal Geborel



STRUCTURE PORTEUSE : LES « + » POUR LA BIODIVERSITÉ

- Préférer les toitures dont la charge est supérieure à 150 kg/m².
- Réaliser un diagnostic préalable sur

les bâtiments permettant de connaître la charge réelle de portance au m² et optimiser l'épaisseur et la répartition du substrat.

- Les gardes corps obligatoires pour l'accessibilité peuvent aussi servir de support au développement de plantes grimpantes (on peut aussi créer des liaisons sol-toit à l'aide de filins).
- Certains revêtements d'étanchéité sont fabriqués à partir du pétrole, ressource naturelle non-renouvelable. Leur production tout comme leur traitement en fin de vie est énergivore et émettrice de pollutions. La recherche d'alternatives doit se poursuivre (revêtements à base d'huiles et résines végétales¹⁷, biomembranes, résidus recyclés).
- La question du devenir de la végétation lors de la rénovation future, voire de la déconstruction du bâtiment, devrait être prévue dès la phase de conception du projet¹⁸.

17. www.techniques-ingenieur.fr/actualite/environnement-securite-energie-thematique_191/premier-revetement-d-etancheite-de-toiture-100-vegetal-article_7772

18. À l'instar du « Jardin sur le toit » réalisé par les ateliers TOA pour le compte de la Ville de Paris et de Paris Habitat sur le toit d'un gymnase.





Des contraintes à surmonter

À QUEL PRIX ?

La présence très majoritaire de toitures végétalisées de type extensif s'explique par l'adaptabilité à la portance des bâtiments, leur faible coût et leur facilité d'installation ainsi qu'à la forte tolérance des espèces au stress hydrique. Les facteurs faisant varier le coût d'une installation sont principalement la portance, les types de matériaux utilisés, le type de substrat, le choix des végétaux et le coût de maintenance et éventuellement de fin de vie (déconstruction).

Les coûts d'entretien, généralement croissants en fonction de la densité de végétation, mais jamais inexistant, sont également à considérer dès la conception.

Les surcoûts d'installation et d'entretien sont souvent considérés comme des freins à la réalisation de toitures végétalisées. Cependant, ils doivent être mis en balance avec les bénéfices environnementaux procurés et comparés aux coûts des dégradations de l'environnement que la collectivité supporte aujourd'hui. Une toiture végétale un peu plus épaisse n'entraîne pas forcément un surcoût important, notamment lorsque le toit peut supporter cette charge. Elle permet également d'optimiser l'ensemble des atouts écologiques et de réaliser des économies sur la gestion des eaux pluviales et d'augmenter la durée de vie de la structure. Les pouvoirs publics qui choisissent de financer la réalisation de toitures

Caractéristiques techniques	Gradient d'amélioration suivant les caractéristiques de la toiture végétalisée
Coût d'installation	 Croissant avec l'épaisseur
Coût d'entretien	 Croissant avec l'épaisseur et la densité de végétation



végétalisées devraient rapidement intégrer des critères d'attribution (éco-conditionnalités) parmi lesquels devrait figurer la contribution à la préservation de la biodiversité. Certaines collectivités ont déjà révisé leurs documents d'urbanisme en ce sens, et pourraient à l'avenir être plus exigeantes dans la délivrance de permis de construire.

ACCESSIBILITÉ ET ENTRETIEN

Les toitures végétalisées doivent être accessibles pour l'entretien et la montée du matériel nécessaire de manière sécurisée jusqu'au toit. L'entretien consiste principalement à limiter les risques de dégradation de l'étanchéité de la toiture par le développement des ligneux et des résineux. Une maintenance de l'ouvrage (arrachage manuel) est donc nécessaire pour assurer la pérennité de la toiture.

Leur installation doit prendre en compte les normes de sécurité relatives à la protection des personnes contre les chutes¹⁹.

Cet entretien fait souvent l'objet d'un contrat unique entre l'entreprise et le maître d'ouvrage portant à la fois sur l'étanchéité (l'examen général des ouvrages, relevés d'étanchéité) et la végétation. Au même titre qu'un espace vert au sol, la végétation d'une toiture requiert de l'entretien, même si, à l'image de la gestion différenciée des espaces verts, l'objectif est de tendre vers un minimum d'intervention humaine : arrosage limité, amendement seulement si nécessaire, travail sur les plantations, enlèvement des déchets apportés par le vent.

La fréquence est généralement de 2 passages par an en végétalisation extensive (mais un passage reste suffisant pour assurer l'arrachage d'éventuelles pousses de résineux et laisser la végétation se développer) et de 4 interventions par an en végétalisation semi-intensive et intensive. L'entretien n'est généralement jamais pris en compte en amont du projet, ce qui entraîne des effets négatifs : surcoût, déception visuelle du résultat par rapport au projet présenté au départ. Il est donc important de prendre en compte l'aménagement ainsi que le coût d'entretien

19. Normes NF P 01-012, 01-013, 06-111-2/A1 et 06-001 pour les gardes corps accessibles au public (habitation, bureaux, commerces, scolaires...) et norme NF E 85-015 pour les gardes corps industriels.



© Naturparif



ACCESSIBILITÉ ET ENTRETIEN : LES « + » POUR LA BIODIVERSITÉ

- Proscrire l'usage des pesticides et des engrais chimiques, préférer l'utilisation d'engrais organiques lorsqu'un amendement est nécessaire.
- Permettre l'implantation spontanée de végétaux en adoptant un mode d'entretien plus souple (fauche ou désherbage manuel partiel et sélectif).
- Certains ligneux, qui risqueraient d'endommager le toit, sont à retirer lors de l'entretien (cf. érables en photo)

dès l'amont du projet de construction du bâtiment, de manière à adapter la portance du toit à la structure végétalisée et de ne pas négliger les problèmes ponctuels d'infiltration, d'évacuation ou de dégradation. Le futur gestionnaire de cet espace doit donc être consulté dès l'amont du projet afin de prévoir au mieux l'entretien de la toiture végétalisée.

DIALOGUE PRÉALABLE ET MUTUALISATION DES SAVOIR-FAIRE

Si le secteur public, à l'origine de 75 % des commandes, joue un rôle majeur dans ce secteur économique en forte expansion, marqué par une vive concurrence entre entreprises, le choix du type de toiture végétalisée dépend du dialogue entre le maître d'ouvrage, l'architecte, le paysagiste, l'écologue et les entreprises qui réaliseront les travaux et effectueront l'entretien.

Actuellement, en France, l'association des métiers liés à l'étanchéité des toitures avec les métiers du paysage et de l'écologie est très rare en matière d'installation de toitures végétalisées. Comme cela se fait en Allemagne ou en Angleterre, le maître d'ouvrage peut envisager de dissocier les lots d'étanchéité et de végétalisation dans le cadre de la conception du bâtiment. Cela permettrait d'associer des paysagistes ou des écologues à ces constructions et d'obtenir des solutions plus favorables à la biodiversité.



Mettre à contribution les toitures pour des usages variés

Les toitures végétalisées peuvent servir aux citoyens pour le jardinage d'agrément (horticulture et jardinage-plaisir) voire à l'agriculture urbaine (jardins potagers, jardinage en bacs).

Le jardinage ornemental est une activité favorable à la biodiversité si elle respecte les techniques de gestion écologique. On peut citer par exemple la technique botanique appelée « compagnonnage », qui consiste à associer des plantes compagnes les unes des autres qui peuvent s'échanger divers services (fertilisation, action répulsive, attractive ou toxique sur des insectes spécifiques et/ou des herbes indésirables)²⁰. Cette technique favorise la lutte biologique et permet ainsi l'arrêt de l'utilisation de pesticides et d'intrants chimiques.

L'agriculture urbaine²¹ peut avoir sa place sur les toitures tant qu'elle respecte les principes de l'agriculture biologique en favorisant les rotations culturales, la polyculture et/ou l'usage de variétés anciennes. Elle peut aussi être l'occasion de tester de nouveaux types de composts (issus de la lombriculture et/ou des déchets fermentescibles alimentaires).



© Alain Delaive / www.pariscolegardin.fr

Un jardin d'insertion sur le toit d'un gymnase parisien.

20. [www.wikipedia.org/wiki/Compagnonnage_\(botanique\)](http://www.wikipedia.org/wiki/Compagnonnage_(botanique))

21. www.ruaf.org/sites/default/files/UA%20and%20biodiversity.pdf



Mettre à contribution les toitures pour des usages variés

La production de miel est également possible grâce à l'installation d'une ruche. Attention cependant à ne pas en saturer les espaces urbains car il existe une compétition entre les abeilles d'élevage et les pollinisateurs sauvages²². À ce sujet, il faut avant tout promouvoir les pratiques favorables aux pollinisateurs sauvages par des choix de plantations appropriées (fleurs sauvages, semences mellifères), l'installation éventuelle dans les milieux très urbains d'abris à insectes, de ruches non productives, et surtout, renoncer à l'usage des pesticides.

22. www.inra.fr/dpenv/pdf/GadoumC54.pdf

➤ Zoom sur les panneaux solaires sur toiture végétalisée

© Ernst & Young Project



La promotion des toitures végétalisées n'est pas incompatible avec le développement des panneaux de production d'énergie photovoltaïque ou solaire-thermique. Au contraire, cette association procure à l'installation des avantages réciproques.

La présence des panneaux solaires crée des alternances de zones ombragées et ensoleillées. Ces différentes conditions microclimatiques favorisent une plus grande diversité végétale. Les zones à l'ombre permettent aussi aux plantes de mieux résister à la sécheresse. De plus, la végétation, limitant la réverbération du soleil sur le toit et y réduisant la température, augmente la durée de vie des panneaux solaires²³.

23. 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.



BIBLIOGRAPHIE

- World Green Roofs Congress, 15-16 septembre 2010, Londres, www.worldgreenroofcongress.com/
- Tisseront Fanny, Conseil général de Seine-Saint-Denis (2010), *Étude sur la contribution des toits verts dans la mise en place de la trame verte urbaine.*
- Chanal Johan, CETE de l'Est (2010), *La toiture végétalisée en France.*
- Ernewein Antoine, CETE de l'Est (2010), *Analyse socio-économique des freins et leviers pour le développement des toitures végétalisées en France : application à l'agglomération nancéenne.*
- Greater London Authority (2008), *Living roofs and walls, technical support : supporting London plan policy.*
- City of Islington (2003), *Green roofs and walls, good practice.*
- Dunnett Nigel, Kingsbury Noël (2008), *Toits et Murs Végétaux*, Édition du Rouergue, 528 p.
- ADIVET, CSFE, SNPPA, UNEP (2007), *Règles Professionnelles pour la Conception et la Réalisation des Terrasses et Toitures Végétalisées.*
- Ecovégétal (2005), *Coupes Systèmes, Végétalisation des Toitures, Ingénierie et Systèmes de Végétalisation de Toiture.*
- Baumann Nathalie (2006), *Ground-Nesting Birds on Green Roofs In Switzerland: Preliminary Observations*, Urban Habitats, 4 : 37-50.
- Brenneisen Stephan (2006), *Space for Urban Wildlife: Designing Green Roofs as Habitats in Switzerland*, Urban Habitats, 4 : 27-36.
- Kadas Gyongyver Julia, Gedge Dusty, Gange Alan C. (2008), *Can Green Roofs Provide Invertebrate Habitat in The Urban Environment*, in Proc. of World Green Roof Conference Congress, London, 17-18 September, 19 p.
- Lundholm J, MacIvor JS, MacDougall Z, Ranalli M (2010), *Plant Species and Functional Group Combinations Affect Green Roof Ecosystem Functions*, PLoS ONE.
- Hooper, D.U., Vitousek, P.M. (1997). *The effects of plant composition and diversity on ecosystem processes*, Science 277: 1302-1305.
- Hector, A. et al. (1999). *Plant diversity and productivity experiments in European grasslands*, Science 286 : 1123-1127.
- Reich, P. B., et al. (2001). *Plant diversity enhances ecosystem responses to elevated CO₂ and nitrogen deposition*. Nature 410: 809-812.
- Atlas de la nature à Paris (2006), Paris, Atelier parisien d'urbanisme, Museum d'Histoire naturelle, Equipe AMP de ENSA de Paris-la-Villette, Édition Le Passage, 288 p.
- Oberndorfer, Erica, et al. (2007). *Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions, and Services*, BioScience 57(10): 823-833.
- Gadoum S., Terzo M., Rasmont P. (2007), *Jachères apicoles et jachères fleuries : la biodiversité au menu de quelles abeilles ?*, Courrier de l'environnement de l'INRA n° 54, septembre 2007 p 57.

Rédaction :

Observatoire Départemental de la Biodiversité Urbaine de la Seine-Saint-Denis : Anne-Laure Benoit, Antoine Roulet
Natureparif : Marc Barra, Gilles Lecuir
Plante & Cité : Olivier Damas
Muséum national d'Histoire naturelle : Frédéric Madre

Édition : Ophélie Alloitteau

Mise en page : PPC Studio

Photos de couvertures : © Breaking Ground Green Roof, GFDL, Urban Habitats 2010

Parution : Octobre 2011

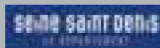




L'Observatoire Départemental de la Biodiversité Urbaine de la Seine-Saint-Denis (ODBU) et Natureparif, l'Agence régionale pour la nature et la biodiversité en Île-de-France, avec l'appui technique de Plante & Cité et du Muséum national d'Histoire naturelle (MnHn), se sont associés pour élaborer cette fiche-technique afin de contribuer à une évolution positive de la biodiversité des toitures végétalisées.

Maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, architectes, professionnels de l'étanchéité comme du paysage y trouveront des pistes pour leur permettre de faire évoluer de manière positive leurs pratiques.

Une fiche réalisée par :



**Observatoire Départemental de la Biodiversité
Urbaine de la Seine-Saint-Denis**
Direction des Espaces Verts
Conseil général de la Seine-Saint-Denis
Hôtel du département – 93006 Bobigny CEDEX
Tél. : 01 43 93 69 61
www.seine-saint-denis.fr



Natureparif
Agence régionale pour la nature
et la biodiversité en Île-de-France
84 rue de Grenelle – 75007 Paris
Tél. : 01 75 77 79 00
www.natureparif.fr

Avec l'appui de :



Plante & Cité
Plateforme nationale d'expérimentations
et de conseils techniques à destination
des services espaces verts des collectivités
territoriales et des entreprises du paysage
3 rue Fleming – 49066 Angers Cedex 1
Tél. : 02 41 72 17 37
www.plante-et-cite.fr



Muséum national d'Histoire naturelle
Département Écologie
et Gestion de la Biodiversité
UMR CERSP
61 rue Buffon – 75005 Paris
www.mnhn.fr