

I/ Description générale et caractérisation du type de SfN

| I.1 Définition et différentes variantes existantes | |
|--|---|
| Définition | <p>Pour le détail des bénéfiques, les informations techniques générales et la description des toits verts, merci de vous référer à la fiche du "Toit vert extensif". Ici, seules les caractéristiques spécifiques aux toits verts intensifs sont données.</p> <p>Les toits verts intensifs sont ceux qui ont une capacité de charge supplémentaire d'au moins 320 kg/m² et un système construit de 30 cm à 150 cm et plus. Habituellement, soit les toits ont déjà été prévus pour une telle charge lors de la construction du bâtiment, soit des travaux de renforcement structurel ont été effectués dans le cas de bâtiments existants. Les options de couverture végétale sont nombreuses, allant des pelouses, des plantes vivaces, des arbustes à l'agriculture urbaine et aux arbres. Les toits verts intensifs nécessitent toujours une planification détaillée de l'irrigation et de l'entretien ainsi que des spécifications techniques. Des systèmes de stabilisation supplémentaires pour les grands arbres et arbustes peuvent être nécessaires pour qu'ils résistent aux sollicitations du vent. Comme pour tout toit vert, le concept de végétation et le choix des plantes doivent correspondre aux conditions locales : exposition au soleil, sécheresse, pluie, réduction de l'espace pour les racines... C'est pourquoi il est nécessaire de se référer aux normes et directives locales ainsi qu'aux codes de bonnes pratiques. Important à savoir : le concept de plantes à enracinement superficiel et profond n'est pas applicable aux toits verts, car ce comportement des plantes vient de la nature et elles s'adapteront à ce qu'elles ont - un toit vert doit être considéré comme une grande jardinière. Il existe néanmoins des plantes qui ont un comportement d'enracinement agressif et qui ne doivent pas être utilisées sur les toits, comme le bambou, le tamarinier et surtout les espèces d'arbres pionniers, car elles peuvent même endommager la membrane antiracinaire.</p> <p>Les toits verts intensifs peuvent être décrits comme un jardin ou un parc entièrement fonctionnel sur le toit d'un bâtiment ou d'une autre structure. C'est pourquoi ils sont généralement multifonctionnels et accessibles. Souvent, les toits verts intensifs peuvent servir de parcs ouverts au public et certains d'entre eux ne sont pas situés en hauteur mais au niveau du sol (par exemple, au sommet d'un parking souterrain).</p> <p>La philosophie d'un jardin sur le toit repose sur le fait que le végétal détruit pendant la phase de construction sera restauré au sommet du bâtiment de manière à réduire les effets néfastes de l'urbanisation et de la déforestation (Osmundson, 1999). La contribution des jardins sur les toits à l'environnement urbain est multiple : par l'absorption du rayonnement solaire, ils réduisent l'effet d'îlot de chaleur urbain (Osmundson, 1999) et le flux de chaleur transmis au bâtiment (Onmura et al., 2001). Il en résulte une économie d'énergie significative pour les bâtiments. Ils protègent la structure du toit et en garantissent la longévité. Ils jouent un rôle important dans la gestion des eaux pluviales (Nektarios et al., 2011).</p> |



Toit vert intensif sur un centre commercial, Allemagne
© European Federation of Green Roof Associations (EFB)



Toiture verte intensif (parc) sur un centre commercial, Porto, Portugal
© European Federation of Green Roof Associations (EFB)



Toit vert intensif pour la biodiversité sur un bâtiment public, République Tchèque
© EFB

Différentes variantes existantes

Les toits verts intensifs peuvent être constitués d'une seule couche ou de plusieurs couches. Leurs substrats sont plus riches que ceux des toits extensifs, notamment en ce qui concerne leur contenu organique. Il existe de nombreux types de substrat, différents en termes de poids et d'usage, par exemple des substrats spécifiques pour l'agriculture urbaine et les jardins de toit.

Les toits verts intensifs peuvent recouvrir entièrement le toit, ou être installés sur une partie du toit (en fonction principalement de l'utilisation et des capacités de charge disponibles). Les toits verts intensifs qui occupent une partie du toit fonctionnent principalement avec des structures de type jardinières (par exemple, des parcelles de plantation, des profils en L pour les plates-bandes), qui peuvent également servir en même temps de structure de garde-corps sur les bords. En raison de leur dimension réduite et de leur construction, ces toits ont une capacité de drainage et de stockage de l'eau limitée (Authority, 2008). Les autres toits verts intensifs jouent un rôle important dans la gestion des eaux de pluie, car leur capacité est élevée et peut même être améliorée par l'installation de structures de rétention d'eau supplémentaires sous le toit. Ils peuvent retenir jusqu'à 100 % de l'eau de pluie et même accueillir l'eau de pluie d'autres surfaces environnantes, les autres toits par exemple. Plus on peut stocker de l'eau pour la végétation, moins il sera nécessaire d'irriguer.

Le besoin d'entretien d'un toit végétal intensif dépend de son utilisation, de la végétation et du concept global de gestion de l'eau. Presque tous les toits verts intensifs sont utilisés et conçus pour un usage par les gens. Il est donc nécessaire d'avoir des endroits ombragés et protégés pour les loisirs. Ceux-ci sont souvent fournis par des arbres et d'autres structures couvertes de plantes comme par exemple des pergolas.

Trois types de toits verts intensifs peuvent être identifiés, en fonction de leur utilisation : toit-jardin, toit paysager et toit public (parc).

→ Toit récréatif ou toit jardin

Il s'agit principalement d'investissements privés, de jardins privés ou de toits de bureaux.



Toit vert intensif sur un bâtiment privé de 1870, 4eme étage, installé en 1990, Vienne, Autriche
© GRÜNSTATTGRAU



Toit vert intensif sur un toit privé, Italie © EFB

→ **Toit paysager**

Il s'agit d'investissements privés à plus grande échelle, partiellement accessibles au public ou à un groupe plus important de personnes, par exemple dans les bureaux ou les hôpitaux.



Toit vert intensif d'un bâtiment de bureaux, Vienne, Autriche
© Optigrün



Toit vert intensif d'un hôpital, Allemagne
© EFB

→ **Toit public**

Toits accessibles au public, principalement sous forme de parcs et dans des environnements semi-ouverts, par exemple dans les écoles.



Toit vert intensif cour d'école, Allemagne
© Optigrün



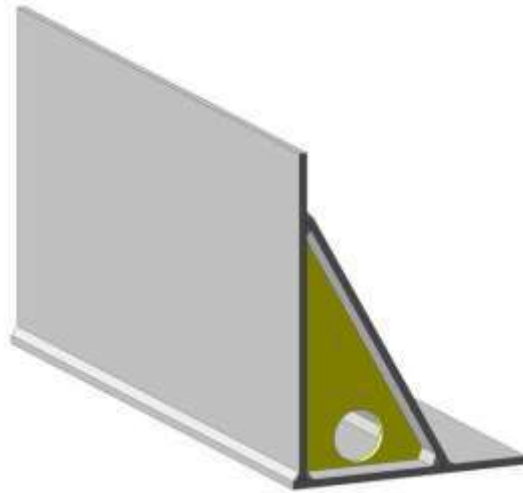
Parc public sous forme d'un toit vert intensif, New York
© ZinCo

Détails techniques : Les structures de jardinières et leur fonction de garde-corps (surtout pour les toits verts intensifs partiellement couverts)

Les jardinières et les éléments de mise en forme sont principalement utilisés sur les toits partiellement végétalisés. Ils peuvent aussi servir de systèmes de garde-corps sur les bords.



Exemple d'élément de bordure © Dachgrün



Elément en forme de L (Pierre fibrée) pour des toits verts intensifs partiels © Optigrün

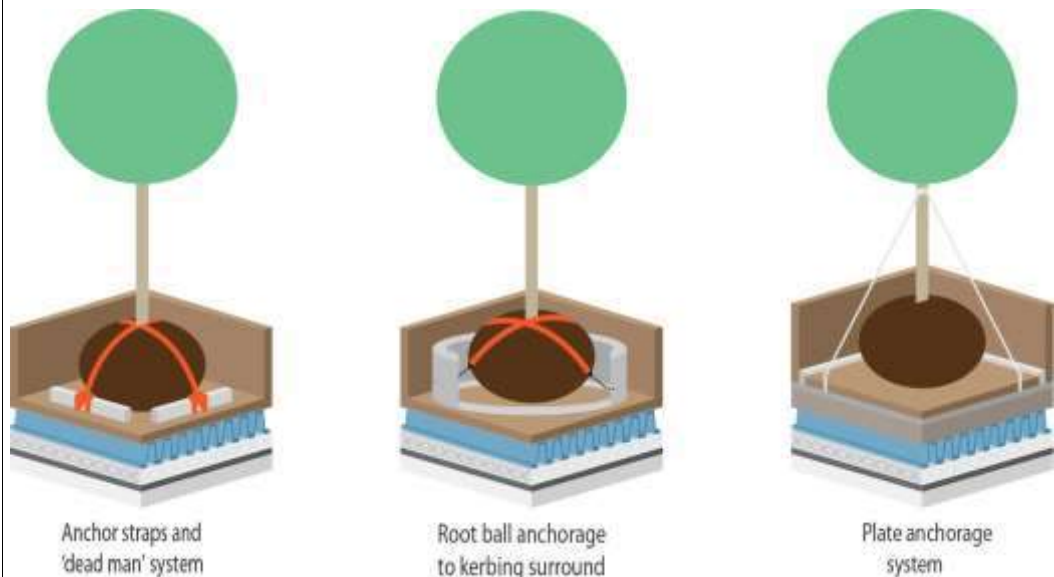


Toit vert intensif partiellement couvert, Autriche
@Verband für Bauwerksbegrünung (VfB)



Toit vert intensif jardin partiellement couvert, Autriche
@Kräftner

Détail technique: ancrage des arbres




Exemples de systèmes d'ancrage des arbres pour les toits verts
(Source: <https://www.growinggreenguide.org/technical-guide/construction-and-installation/green-roofs/vegetation/>)

I.2 Enjeux urbains principaux et secondaires associés + impacts

Principaux enjeux et sous-enjeux ciblés par la SfN

- 01| Questions climatiques
 - > 01-2 Adaptation au climat
- 02| Gestion et qualité de l'eau urbaine
 - > 02-1 Gestion de l'eau urbaine
 - > 02-2 Gestion des crues
- 3 | Qualité de l'air
 - > 3.2 | Qualité de l'air local
- 07| Santé publique et bien-être
 - > 07-2 Qualité de vie
 - > 07-3 Santé

- La canopée des arbres réduit le rayonnement solaire qui atteint la surface du toit (Jim et Tsang, 2011)
- (Berndtsson et al., 2009) qui ont étudié un toit intensif (au Japon) construit avec un sol léger inorganique ont constaté que le toit vert contribuait à la diminution substantielle de l'azote total dans les eaux de ruissellement
- Des études allemandes de 1987 à 2003, résumées par (Mentens et al., 2006), indiquent que les toits verts intensifs ont montré une réduction du ruissellement annuel de 85-65% des précipitations annuelles.
- Les arbres des toits verts intensifs captent les polluants et les particules, contribuant à une meilleure qualité de l'air

| | | |
|----------------------------------|--|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> - Les toits verts intensifs produisent une amélioration esthétique remarquable, particulièrement importante pour les bâtiments environnants. |
| Co-bénéfices | <p>04 Biodiversité et espace urbain > 04-1 Biodiversité > 04-2 Développement et régénération de l'espace urbain > 04-3 Gestion de l'espace urbain</p> <p>06 Efficacité des ressources > 06-1 Aliments, énergies et eau</p> <p>05 Gestion des sols > 5-1 Gestion et qualité des sols</p> <p>7 Santé publique et bien-être > 07-1 Acoustique</p>  <p>Ce toit vert semble s'échapper du toit du bâtiment à Manhattan. Credit : Alyson Hurt, CC-by-2.0</p> | <ul style="list-style-type: none"> - La température de surface du toit vert est jusqu'à 15°C inférieure à celle d'un toit conventionnel (Karachaliou et al., 2016), ce qui réduit la consommation d'énergie des bâtiments. - Les toits verts intensifs pourraient offrir un habitat de qualité équivalente aux espaces naturels pour de nombreux insectes urbains, et donc une possibilité d'augmenter et de gérer les services écosystémiques qui leur sont associés, en combinaison avec l'espace d'habitat au niveau du sol (Maclvor et Lundholm, 2011) - Les toits verts servent d'habitat aux espèces végétales indigènes dans le paysage urbain (Madre et al., 2014) - Le substrat du toit vert est capable de supporter la végétation. En outre, il peut stocker du carbone (Bouzouidja et al., 2018). Les particules et les polluants en suspension dans l'air sont filtrés de l'atmosphère par les substrats et la végétation du toit vert. - Les toits verts diminuent la propagation du son. - Les toits jardins et les parcs sur les toits sont des espaces verts importants. Ils améliorent la qualité de vie des habitants des villes. - Les toits verts intensifs peuvent être utilisés pour la culture alimentaire urbaine (jardinage, agriculture). |
| Possible negative effects | <p>06 Efficacité des ressources > 06-1 Aliments, énergies et eau</p> <p>07 Santé publique et bien-être > 07-3 Santé</p> <p>10 Sécurité >10-3 Autre : mauvaises conceptions structurelles</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Le niveau d'énergie consommée pour l'entretien des toits verts peut être élevé (Carpenter et Zhou, 2013) - Les plantes peuvent provoquer des allergies, par exemple les néophytes comme l'herbe à poux pendant la période d'établissement si le toit vert n'est pas entretenu, etc. - Les questions structurelles doivent être bien étudiées, notamment pour l'installation d'un toit vert sur un bâtiment historique. La connaissance des codes applicables est nécessaire et les questions liées à la construction et à l'entretien du toit doivent être anticipées (GSA, 2011). - En raison d'un manque de professionnalisme dans la planification, la réalisation et l'entretien des toits verts, il arrive qu'ils n'atteignent pas le niveau pour lequel ils ont été conçus. Les défaillances potentielles comprennent les fuites, la perte de plantes, le drainage inadéquat, l'érosion des sols et l'instabilité des pentes (GSA, 2011). |

II/ Informations plus détaillées sur l'entité de la SfN

II.1 Description et implication à différentes échelles spatiales

| | |
|--|---|
| Échelle à laquelle la SfN est mise en | Entité : Bâtiments (parfois partiellement), structures souterraines et infrastructures et structures routières secondaires. |
|--|---|

| | |
|---|--|
| œuvre | |
| Échelles affectées | À l'échelle des bâtiments (énergie, acoustique). En fonction du nombre de toits verts, à l'échelle du voisinage ou de la ville, l'impact des toits verts est moins important pour le bénéfice commun, tout dépend de la zone totale couverte, de la densité, de la capacité totale de stockage d'eau, de la qualité des toitures, de leur entretien et de leur potentiel en terme de biodiversité. |
| II.2 Perspective temporelle (avec problèmes de gestion) | |
| Temps estimé avant que la SfN ne prenne entièrement effet après sa mise en œuvre | <ul style="list-style-type: none"> > Système de plateaux préétablis ou tapis de végétation préétablie : immédiatement > L'établissement d'un toit vert installé sur le site dépend des espèces choisies, de la résilience de l'aménagement et de l'entretien et des soins appropriés pendant les deux premières périodes de végétation : <ul style="list-style-type: none"> - plantes à racines peu profondes comme le sédum, les mousses et les herbes : 1 an - plantes à fleurs, herbes hautes et petits arbustes : 1 à 2 ans - buissons, arbres : 3 ans et plus |
| Durée de vie | 40-50 ans, des toits verts de plus 100 ans existent en Europe |
| Développement durable et cycle de vie | La bonne planification d'un toit vert intensif, en utilisant des matériaux recyclés et un approvisionnement local (substrat fait de briques concassées par exemple), permet d'atteindre de hauts niveaux de performance écologique et est favorable à la communauté et aux emplois locaux. Les toits verts intensifs nécessitent des interventions significatives pour être retirés. Les systèmes tout-en-un pré-cultivés sont plus faciles à enlever et à réutiliser ailleurs. La plupart des plantes et substrats peuvent être compostés ou recyclés ou même réutilisés sur un autre site dans la plupart des cas. |
| Aspects relatifs à la gestion (type d'interventions + intensité) | <ul style="list-style-type: none"> - Les toits verts intensifs nécessitent une irrigation et une gestion de l'eau permettant d'augmenter la capacité de collecte et de stockage des eaux de pluie - Nutriments, taille régulière - Gestion maximale, au moins 2 fois par an, en fonction de la végétation (par exemple dans le cas de pelouse, une tonte régulière est nécessaire pour des raisons d'usage et d'esthétique). La gestion peut être, comme dans tout jardin, très intensive. Une planification correcte permet de réduire les coûts de gestion. - Une gestion technique adaptée et l'utilisation de l'automatisation (par exemple irrigation gérée par une application intégrée au système de gestion du bâtiment) facilite la maintenance - Un système d'irrigation bien géré permet de réduire de 40% les besoins en eau. |
| II.3 Intervenants impliqués/aspects sociaux | |
| Intervenants impliqués dans le processus de décision | <ul style="list-style-type: none"> - Propriétaires privés ou co-propriétaires des bâtiments - Municipalité en cas de bâtiments publics - Ingénieurs expérimentés - Experts du bâtiment - Responsables de la gestion immobilière |
| Intervenants et réseaux techniques | <ul style="list-style-type: none"> - Paysagistes, aménageurs, concepteurs - Ecologues - Ingénieurs structure - Architectes - Sociétés d'entretien paysage spécialisés dans les toits verts - Installateurs spécialisés dans les toits verts |
| Aspects sociaux | <ul style="list-style-type: none"> - Nécessité de trouver un accord avec la majorité des co-propriétaires d'un bâtiment (en fonction des lois nationales) => importance du processus participatif. - Nécessité d'informer la population sur les impacts réels afin de la rassurer concernant les préjugés répandus (risque de conserver l'humidité sur le toit, crainte d'introduire des insectes dans le bâtiment, etc.) - Mettre l'accent sur la possibilité de contact avec la nature et sur la formation et la des enfants et des personnes en général |

-Les toits semi-intensifs peuvent avoir un impact important sur les aspects sociaux (accès du public aux infrastructures vertes)

II.4 Conception / techniques / stratégie

Connaissances et savoir-faire impliqués

- Notions de base sur les équipements et réglementations de sécurité : choix entre les types d'utilisation : accès réservé aux professionnels (par exemple, maintenance), accès pour les personnes qui doivent tenir compte de considérations de sécurité plus importantes (par exemple, locataires et personnel de maintenance non qualifié) ou toit public.
- Connaissances d'ingénieurs en structure, notamment pour les projets de rénovation
- Sélection de la végétation cible et des constructions techniques adaptées :
 - aux conditions climatiques locales et aux changements futurs (en particulier la rareté de l'eau et les fortes pluies)
 - à l'exposition à la lumière et au soleil
 - à l'exposition au vent
- Établir le plan d'entretien en maintenant la végétation dans les bonnes conditions. Ce plan évolue entre la période d'établissement et la période courante.
- Maintenance pour assurer que les fonctions du toit sont maintenues. Vérification du risque d'obstruction du système de drainage par les racines.
- Attention particulière pour les constructions de toits en bois : veiller à utiliser des matériaux de construction appropriés (diffusion de vapeur)
- Une expertise additionnelle peut être nécessaire en fonction de l'usage du toit (jardinage, ferme urbaine, toiture accessible au public...)
- Savoir-faire spécifique sur l'agriculture pour les habitants ou un professionnel (forme d'organisation de la production agricole ou du jardinage, en informant la direction du bâtiment, en proposant des équipements techniques tels que des tuyaux d'arrosage, une serre, une ruche, etc..)

Matériel impliqué

- 1.) membrane antiracine (imperméabilisation)
- 2.) couche de protection (géotextile)
- 3.) couche de stockage et de drainage (systèmes minéraux ou structure)
- 4.) couche filtrante
- 5.) couche de substrat(s)
- 6.) couche de végétation
- 7.) éléments favorisant la biodiversité:
 - Poches de sable et lits de gravier grossier
 - Surfaces d'eau temporaires
 - Aide au nichage
 - Bois mort
- 8.) équipements supplémentaires : connexion à l'eau, structures de jardinage (par ex. serre), point d'ombre pour les usages (pergolas, ombrières, buissons hauts)
- 9.) Accessoires liés à l'usage : pavés, clôtures, bancs, tuyaux d'arrosage...
- 10.) Rambardes de sécurité

II.5 Aspects légaux associés

- Réglementations et lois nationales en matière de construction, normes, lignes directrices, politiques, état de l'art, codes de bonne pratique, réglementations en matière de santé et de sécurité, préoccupations concernant la durabilité des matériaux et des composants, aspects liés à la biodiversité -> s'appliquent aux conditions nationales
- Statut de l'occupant, propriétaire et locataire. Il existe une différence claire entre un propriétaire (bailleur) et un locataire (preneur). Un propriétaire a le droit exclusif d'utiliser sa propriété de n'importe quelle manière, conformément aux contraintes et aux autorisations d'urbanisme de chaque juridiction (et aucun consentement de tiers n'est généralement requis pour créer un toit ou un mur végétal). Un locataire est lié par les termes de son bail, et un toit ou un mur végétal peut être interdit ou une mise en place autorisée avec son consentement. Le consentement du propriétaire sera probablement requis.
- Charges structurelles. Une analyse par un ingénieur en structure est requise, en particulier dans les projets de rénovation et si le maître d'œuvre /architecte n'offre pas cette qualification.

- Drainages : L'alimentation en eau est généralement un simple raccordement, un ingénieur hydraulicien/fournisseur de système est requis pour le calcul des dimensions du drainage.
- Permis d'accès sécurisé au toit pendant l'installation et la maintenance, si l'accès de parties/visiteurs non formés est prévu, si les assurances et les réglementations nationales applicables régissent les normes de sécurité .)

II.6 Aspects économiques et financiers

| | |
|--|--|
| Gamme de coûts | <p>Le calcul du coût moyen des toits verts semi-intensifs est assez difficile car il y a un certain nombre de variables, non seulement la taille et l'accessibilité et le cas d'utilisation du site mais aussi les types de végétation qui vont être établis et les éléments additionnels (aire de jeu, structures d'ombrage, pavages...) .</p> <p>En moyenne, le cout d'un toit vert intensif simple démarre à 120 €/m² sans limite maximale.</p> <p>En fonction de l'effort d'entretien dans le temps, les coûts d'entretien des toits verts extensifs ou intensifs varient entre 45 et 80 €/h, assurés par des professionnels qualifiés en Europe.</p> |
| Origine du financement (public, privé, public/privé, autre) | <ul style="list-style-type: none"> - Investissement privé : la propriété est privée (par exemple, immeuble de bureaux/industrie, hôtels, logements privés) - Investissement public : le propriétaire du bâtiment est un propriétaire public, par exemple les municipalités et l'État (par exemple les écoles, les organismes publics, les logements sociaux, etc.) <p>Dans la plupart des pays de l'UE, il existe des fonds locaux ou publics supplémentaires, des subventions et des possibilités de cofinancement pour les toits verts (rénovation, nouveaux bâtiments)</p> |

II.7 Associations possibles avec d'autres types de solutions (autres solutions écologiques ou conventionnelles)

- Il est possible de combiner les toits verts intensifs avec la production d'énergie photovoltaïque (PV) sans perforer les membranes, notamment par l'usage de pergolas. Cette solution apporte un changement structurel dans les micro-habitats disponibles pour les espèces végétales et les insectes pollinisateurs, ainsi que pour les oiseaux (zones ombragées, zones avec plus ou moins d'eau) et des zones attrayantes et ombragées pour les utilisateurs du toit. Ils peuvent également être combinés avec la culture de légumes ou un parc ombragé. Une influence positive de cette intégration est que les températures de la surface du toit vert et du sol sont réduites grâce à l'ombrage et le refroidissement microclimatique de la végétation permet d'améliorer le rendement du panneau photovoltaïque.

Un manuel de planification pour cette intégration de système est librement accessible à l'Université des sciences de la vie de Vienne (manuel en allemand) :

https://boku.ac.at/fileadmin/data/H03000/H87000/H87400/VT/PV-Dachgarten_Planungshandbuch.pdf

Attention : une solution adéquate est nécessaire (distance minimale entre les panneaux et la végétation, bonne gestion de l'eau sous les panneaux).

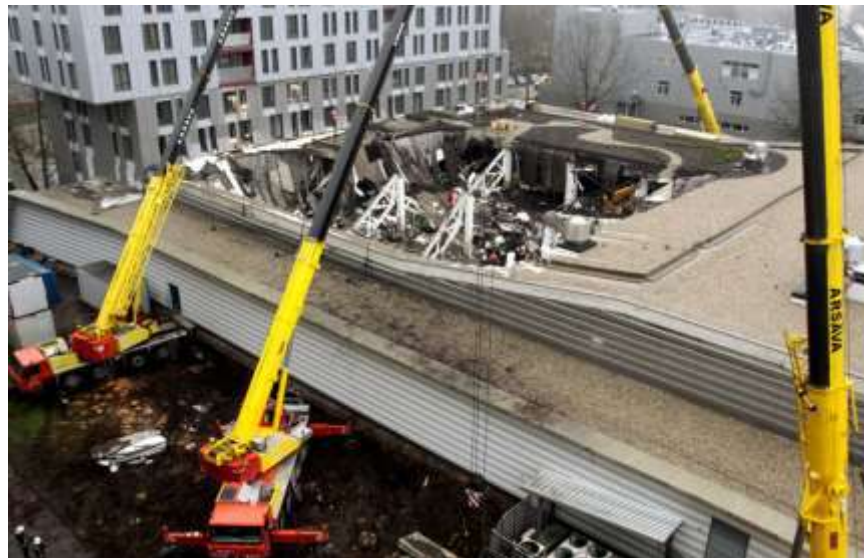


Toit vert intensif jardin avec des PV, Vienne, Autriche
© BOKU

III/ Éléments clés et comparaison avec des alternatives

III.1 Facteurs de réussite et limites

| | |
|------------------------------------|--|
| <p>Facteurs de réussite</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Objectif du toit vert : il est essentiel de démarrer la planification d'un projet en réfléchissant à l'objectif du toit vert. Est-il principalement conçu pour générer des avantages écologiques, économiques ? Doit-il servir d'élément décoratif ? A-t-il un usage agricole urbain ? Pour définir la direction d'un projet, il faut d'abord définir l'objectif du toit vert, établir les priorités de chaque objectif et s'aligner sur les attentes des intervenants (Rugh, 2014). - Facteurs architecturaux : La capacité de charge structurelle du toit est le problème le plus basique (Rowe et al., 2003) - Lieu : le climat régional détermine le type de toit vert et de plantes qui peuvent être mis en place (Rowe et al., 2003). |
| <p>Facteurs de limite</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Prendre en compte la nouvelle charge structurelle lors de la rénovation d'un bâtiment. Un élément important à prendre en compte est l'augmentation de la charge structurelle. L'ingénieur structure doit intégrer le poids du sol entièrement saturé après les plantations et la quantité d'eau considérable qu'il va contenir. L'installateur doit aussi prendre en compte le poids du matériel nécessaire à la logistique de l'installation. |



Rénovation d'un centre commercial à Riga, Lettonie, le toit s'est effondré durant l'installation

Auteur: https://www.researchgate.net/figure/Maxima-shopping-center-roof-collapsed-in-Riga-before-and-after-roof-collapse-Photo-by_fig1_314644702

- Durée de vie de la membrane du toit. Les toits verts tendent à améliorer la durée de vie de la membrane d'au moins 10 ans car elle est complètement recouverte de plantations et n'est pas exposée aux rayons UV directs du soleil. Toutefois, il faut être très attentif à la qualité de la membrane et l'intervention des professionnels doit être gérée très attentivement. La recherche de fuite peut également être faite sur des toits verts.
- **Coût réel de la maintenance. Il est également important de prendre en compte** que les toits verts nécessitent une maintenance de l'aménagement, qui peut être occasionnelle ou régulière en fonction des besoins.

III.2 Comparaison avec des alternatives

Solutions grises ou conventionnelles

Toit blanc ou frais : le toit vert réduit les besoins annuels du bâtiment en termes de chauffage et de climatisation de 1,2 % tandis que le toit blanc contribue à la réduction des besoins de seulement 0,4 %. Cette légère différence provient principalement de la capacité d'isolation supérieure du toit vert et des températures de surface plus basses (Santamouris, 2014)



© NREL/CRAIG MILLER PRODUCTIONS/DOE

- Toit de gravier : Les toits de gravier sont des toits de ballast qui permettent d'absorber la chaleur, empêchent le soleil de réchauffer les matériaux du toit et rendant le toit plus efficace en termes d'énergie. En outre, le gravier protège le toit contre la grêle et contre le piétinement lors des travaux de réparation ou de maintenance. Le gravier est simple à déplacer lors de ces travaux.
- Jusqu'à 65 à 70 % des précipitations annuelles peuvent être retenues par des

toits verts extensifs avec 10 cm de substrat, un toit de gravier ne retient que 0 à 18 % (Köhler, Kaiser, Wolff, 2018). Ainsi, un toit de gravier ne s'accompagne d'aucun des avantages et co-bénéfices du toit vert.



Toit de graviers
© Anderson Roofing

SfN similaires

- Autres types de toits verts (intensifs et extensifs)
- Systèmes à support de plantation construits ou fixés (y compris balcons)

IV/ Références

IV.1 Références scientifiques et opérationnelles

- Appl, R. und Mann, G. Gründächer und Dachgärten. [Buchverf.] Manfred Köhler. Handbuch Bauwerksbegrünung. Planung - Konstruktion - Ausführung. Köln : s.n., 2012.
- Authority, G.L., 2008. Living Roofs and Walls: Technical Report Supporting London Plan Policy (Technical Report).
- Berndtsson, J.C., Bengtsson, L., Jinno, K., 2009. Runoff water quality from intensive and extensive vegetated roofs. *Ecol. Eng.* 35, 369–380.
- Bianchini, F., Hewage, K., 2012. How “green” are the green roofs? Lifecycle analysis of green roof materials. *Build. Environ.* 48, 57–65.
- Carpenter, J., Zhou, J., 2013. Life cycle analysis of a St. Louis flat roof residential retrofit for improved energy efficiency, in: *ICSDEC 2012: Developing the Frontier of Sustainable Design, Engineering, and Construction*. pp. 20–28.
- Jim, C.Y., Tsang, S., 2011. Biophysical properties and thermal performance of an intensive green roof. *Build. Environ.* 46, 1263–1274.
- Karachaliou, P., Santamouris, M., Pangalou, H., 2016. Experimental and numerical analysis of the energy performance of a large scale intensive green roof system installed on an office building in Athens. *Energy Build.* 114, 256–264.
- Köhler, Manfred, Kaiser, Daniel und Wolff, Fiona. Regenwassermanagement mit bewässerten Gründächern zur Gebäudeklimatisierung sowie zur Verbesserung der Aufenthaltsqualität. s.l. : Hochschule Neubrandenburg, 2018.
- Maclvor, J.S., Lundholm, J., 2011. Insect species composition and diversity on intensive green roofs and adjacent level-ground habitats. *Urban Ecosyst.* 14, 225–241.
- Madre, F., Vergnes, A., Machon, N., Clergeau, P., 2014. Green roofs as habitats for wild plant species in urban landscapes: first insights from a large-scale sampling. *Landsc. Urban Plan.* 122, 100–107.
- Matteson, K.C., Ascher, J.S., Langello, G.A., 2008. Bee richness and abundance in New York City urban gardens. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 101, 140–150.
- Mentens, J., Raes, D., Hermy, M., 2006. Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century? *Landsc. Urban Plan.* 77, 217–226.
- Nektarios, P.A., Amountzias, I., Kokkinou, I., Ntoulas, N., 2011. Green roof substrate type and depth affect the growth of the native species *Dianthus fruticosus* under reduced irrigation regimens. *HortScience* 46, 1208–1216.
- Onmura, S., Matsumoto, M., Hokoi, S., 2001. Study on evaporative cooling effect of roof lawn gardens. *Energy Build.* 33, 653–666. [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-7788\(00\)00134-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-7788(00)00134-1)
- Osmundson, T., 1999. Roof gardens: history, design, and construction. WW Norton & Company.
- Pedersen, K.L., 2014. Green roofs for sustainable urban development: the Oslo case study (Master's

Thesis). Norwegian University of Life Sciences, \AAs.
 Rowe, D.B., Rugh, C.L., VanWoert, N., Monterusso, M.A., Russell, D.K., 2003. Green roof slope, substrate depth, and vegetation influence runoff, in: Proceedings of the 1st North American Green Roof Conference: Greening Rooftops for Sustainable Communities. The Cardinal Group, Chicago. pp. 354–362.
 Rugh, C.L., 2014. Critical Success Factors for Green Roof Projects. Roof. Contract. Mag.
 Santamouris, M., 2014. Cooling the cities—a review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments. Sol. Energy 103, 682–703.
 Tommasi, D., Miro, A., Higo, H.A., Winston, M.L., 2004. Bee diversity and abundance in an urban setting. Can. Entomol. 136, 851–869.

IV.2 Sources utilisées dans la fiche

1. Measurable Benefits of Green Roofs
https://www.gebaeudegruen.info/fileadmin/website/downloads/bugg-fachinfos/Dachbegruenung/BuGG_Fachinformation_Positive_Wirkungen_Gebaeudebegruenung19112019.pdf
2. FLL Green Roof Guideline (2018), Austrian Green Roof Standard ÖNORM L1131 (2010), Swiss Greenroof Standard SIA 312 (2013)
3. Exemplar Projects: EFB <https://efb-greenroof.eu/exemplar-projects/>, GSG https://gruenstattgrau.at/datenbank/?type=projekt&tax-art-der-begruenung%5B%5D=000_dachbegruenung

V/ Auteurs

| Nom | Institution / entreprise | Ecriture/ révision |
|---------------------|--------------------------|--------------------|
| Marta Regoyos Sainz | Acciona | Ecriture |
| Ryad Bouzouidja | Agrocampus Ouest | Ecriture |
| Florian Kraus | Green4Cities | Révision |
| Marjorie Musy | Cerema | Révision |
| Tijana Matic | GRÜNSTATTTGRAU | Révision |
| Vera Enzi | GRÜNSTATTTGRAU | Révision |