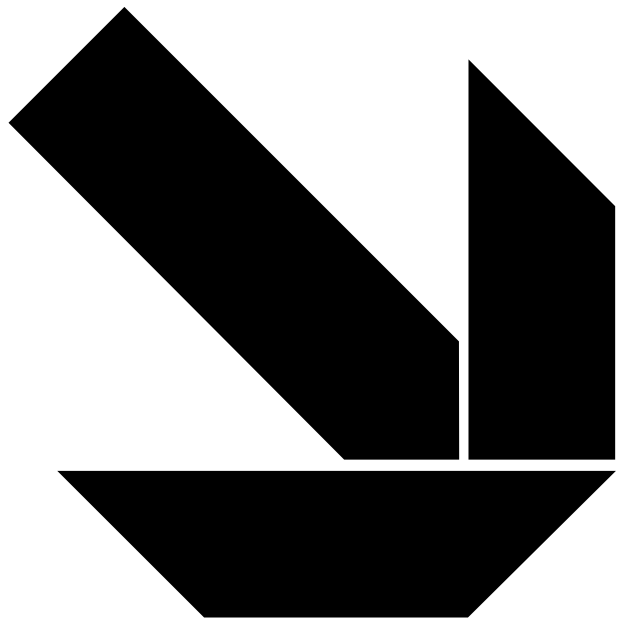


COMMUNAUTÉ D'AGGLOMÉRATION  
**GRENOBLE-ALPES MÉTROPOLE**



**LES TOITS VÉGÉTALISÉS**  
ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

STRAISS  
VEGETALI

STRAISS  
VEGETALI

LE  
VEGETALI

## OBJECTIFS

Les températures sont particulièrement élevées au-dessus des villes qui sont soumises à l'effet d'îlot de chaleur urbain (ICU). Ce phénomène, causé par l'importance des surfaces minérales qui absorbent la chaleur, et les formes de tissu urbain qui ralentissent le rafraîchissement par les vents, provoque une hausse des températures et diminue le rafraîchissement nocturne. Plus le territoire d'une zone agglomérée densément urbanisée est étendu, plus ce territoire peut stocker l'énergie solaire et restitue sous forme de chaleur. Les écarts de température entre zones urbaines et périurbaines sont alors conséquents. Une campagne de mesure en été menée par Grenoble a permis de valuer ces écarts à 5°C en moyenne la nuit entre les quartiers centraux et minéraux de la ville de Grenoble et Le Versoud.

L'un des moyens de lutter contre cet effet d'ICU est de minimiser les surfaces minérales sombres, donc d'augmenter la part de la surface urbaine recouverte par la végétation qui, via l'ombre qu'elle donne et l'évapotranspiration, rafraîchit l'atmosphère en l'humidifiant. Or, trouver de nouveaux espaces à végétaliser en espace urbain contraint est une mission difficile. Elle est d'autant plus périlleuse dans les agglomérations, comme à Grenoble, où les objectifs de confortement urbain et de construction de logements sont élevés.

La végétalisation des toitures constitue alors un levier intéressant. Il existe en effet, dans toutes les villes, une importante surface de toits plats pouvant être recouverte par une végétation adaptée aux milieux extrêmes.

La végétalisation des toits urbains peut contribuer à adoucir le climat urbain en évitant l'absorption de rayonnements solaires par des surfaces minérales qui les auraient restituées sous forme de chaleur. D'autre part, cette technique permet d'améliorer le confort thermique à l'intérieur des bâtiments, par son effet isolant, s'exerçant notamment pendant les grandes chaleurs d'été. La régulation des écoulements pluviaux Elle permet également de faire de la rétention des eaux pluviales, restituée par évaporation et par évacuation au réseau de manière différée. Enfin, elle concourt à augmenter la durée de vie de l'étanchéité par limitation des chocs thermiques.

## LES TOITS VÉGÉTALISÉS EN CHIFFRES

EN ALLEMAGNE, LE MARCHÉ ANNUEL DES TOITS VÉGÉTALISÉS EST ESTIMÉ À PLUS DE 13 MILLIONS DE M<sup>2</sup> ET 14 MILLIONS DE M<sup>2</sup> ONT ÉTÉ CONSTRUITS EN 2007 (ADIVET).

# 1%

SOIT 210 000 M<sup>2</sup> DES TOITURES FRANÇAISES VÉGÉTALISÉES EN 2005 (ADIVET), CONTRE 10% DES TOITS ALLEMANDS EN 2004 (LIVINGROOFS.ORG).

# 22

MILLIONS DE M<sup>2</sup> DE MARCHÉ POTENTIEL DES TOITS VÉGÉTALISÉS EN FRANCE (CSTB).

# 65 000

M<sup>2</sup> DE TOITS VERTS INSTALLÉS EN FRANCE EN 2002, 140 000 M<sup>2</sup> EN 2004, ET 300 000 M<sup>2</sup> EN 2006, 300 000 M<sup>2</sup> EN 2008 (CSTB-ADIVET).



# ÉMERGENCE DE LA FILIÈRE ET SITUATION ACTUELLE

La végétalisation des toitures n'est pas une innovation, mais plutôt la remise au goût du jour d'une technique utilisée depuis des siècles en raison de ses performances en tant qu'isolant thermique, tant contre le froid (Scandinavie, Islande...) que contre la chaleur (Tanzanie, Turquie, Mongolie, etc.).

**En Europe du Nord**, c'est la mouvance écologiste qui a remis les toits végétalisés au goût du jour dans les années 1960. Dès le début des années 1980, l'Allemagne a été le fer de lance du développement de cette technique, en investissant dans la recherche et en soutenant les nouveaux projets. Mais d'autres pays soutiennent également la végétalisation des toits : la Suisse, la Grande-Bretagne, l'Autriche ou encore le Japon.

**En France**, les professionnels de l'étanchéité développent la technique dès les années 1990, ce n'est qu'à partir de 2004, avec leur intégration aux différentes cibles de la démarche HQE, que les toits végétalisés trouvent véritablement « leur public » dans l'hexagone. Peu à peu, divers processus de subvention spécifique se mettent en place, permettant aux toits végétalisés de se développer.

---

A **Berlin**, 60% des dépenses de végétalisation sont prises en charge par la commune.

A **Stuttgart**, les toits végétalisés sont obligatoires pour tout nouveau bâtiment industriel à toit plat.

La ville de **Bâle** les subventionne à hauteur de 40%. L'objectif est de végétaliser 20 000 à 30 000 m<sup>2</sup> par an !

---

---

**En France des subventions existent, financées par le Conseil Régional de l'Île de France, le Conseil Général des Hauts-de-Seine ou encore l'Agence de l'Eau Seine-Normandie.**

A **Paris**, les toits végétalisés sont intégrés au PLU comme une solution de verdissement de l'espace urbain.

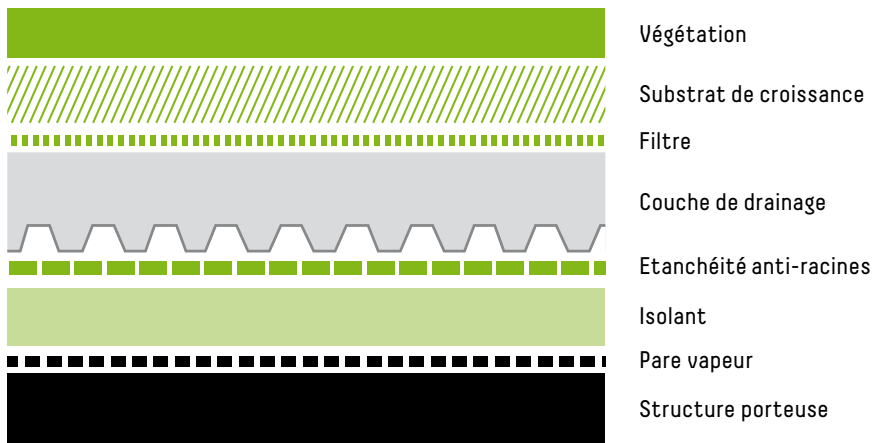
---



# STRUCTURE ET COMPOSITION

Un toit végétalisé comporte, de bas en haut, plusieurs couches (voir schéma) :

## LE COMPLEXE DE VÉGÉTATION



- la structure du toit et un isolant posé au-dessus ou en-dessous de celle-ci ;
- une membrane imperméable de couverture comportant un agent anti-racines ;
- une couche de drainage spécialisée, comprenant généralement des réservoirs d'eau intégrés ;
- un support filtrant qui contient les racines et laisse pénétrer l'eau ;
- un substrat de croissance dont la composition varie en fonction du type de végétalisation et
- les plantes, choisies en fonction des objectifs et de la situation du toit.



# PLUSIEURS TYPES DE TOITS VÉGÉTALISÉS

Les toits végétalisés peuvent être de trois types : intensifs, semi-intensif et extensifs

## INTENSIFS

Il s'agit de véritables **terrasses jardins**. Leur installation est d'autant plus complexe que ces terrasses sont généralement accessibles au public (questions de sécurité...). La grande profondeur du substrat (**20 à 60 cm, voire 2 m**, en cas de plantation de grands arbres !), constitué majoritairement de terre, le rend très lourd (**600 à 1 000kg/m<sup>2</sup> lorsqu'il est gorgé d'eau**), mais permet un large choix dans les espèces qui seront plantées. Ces espèces peuvent inclure des arbustes et même certains arbres, qui contribueront à la formation d'un écosystème relativement complexe.

L'entretien et l'arrosage des terrasses végétalisées sont indispensables, de même que pour un jardin classique, et des systèmes d'irrigation sont généralement installés, ce qui induit une consommation d'eau relativement importante.

Du fait du poids important de l'installation, le support de la toiture végétalisée intensive doit avoir été conçu spécifiquement pour supporter une telle charge. Par ailleurs, **sa pente ne peut excéder 5 %**.

## SEMI-INTENSIFS

La végétalisation semi-intensive constitue une « amélioration » de la terrasse-jardin, dans la mesure où les matériaux de culture sont dûment sélectionnés. Le choix des végétaux et la conception d'ensemble s'orientent vers un entretien plus limité que dans la solution traditionnelle. **L'épaisseur maximale du substrat est de 30 cm et son poids oscille entre 150 et 350 kg/m<sup>2</sup>**. La végétalisation semi-intensive n'est pas décrite dans le cadre réglementaire actuel mais des « Cahiers de Prescription de Pose » de fabricants peuvent en prévoir la réalisation sur les supports légers comme l'acier ou le bois.

## EXTENSIFS

Les toitures végétalisées extensives sont plus simples à mettre en œuvre et à entretenir que les toitures intensives : elles se composent d'un simple tapis végétal reposant sur un substrat assez fin (**de 5 à 15 cm**) et relativement léger (**70 à 170 kg/m<sup>2</sup> lorsqu'il est gorgé d'eau**). Le substrat est un terreau minéral dont la composition est étudiée afin d'éviter un tassement trop important du substrat.

**Composition du substrat :**  
sable, gravier, briques concassées, billes d'argile expansée, tourbe, matière organique, un peu de terre...

Possibilité d'intégrer des matériaux recyclés : tuiles, briques, etc.

Le **faible surpoids** d'une toiture végétalisée extensive la rend applicable sur tous les supports : béton, bois, acier. De plus, la légèreté de la couche végétale permet de l'installer sur **des toits en pente, jusqu'à 30°**, sous réserve de l'installation de dispositifs anti-glissement.

**Attention : toujours faire vérifier les capacités de la structure porteuse par un professionnel.**

La végétation est généralement composée de sédums, plantes grasses indigènes rustiques dont le développement en hauteur est limité. Ces plantes possèdent un double avantage : **elles nécessitent peu d'entretien** et, comme elles sont gorgées d'eau, elles peuvent aussi être considérées comme **des plantes coupe-feu**.

De par sa grande autonomie, la végétalisation extensive est sans doute la méthode qui présente le meilleur compromis entre l'efficacité en termes de réduction de l'ICU, l'utilisation « soutenable » de la ressource en eau et le renforcement de l'isolation.

TYPE DE VÉGÉTALISATION	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
<b>Végétation intensive</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Grande diversité de plantes et d'habitats</li> <li>■ bonnes propriétés isolantes</li> <li>■ simulation d'un jardin naturel</li> <li>■ qualité esthétique</li> <li>■ accessibilité : permet diverses fonctions : loisirs, potager...</li> <li>■ forte efficacité énergétique et bonne rétention des eaux pluviales</li> <li>■ durée supérieure de la membrane</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Forte charge sur le toit</li> <li>■ nécessité d'irrigation et de drainage : consommation d'eau, d'énergie et de matériaux</li> <li>■ coûts d'immobilisation et d'entretien supérieurs</li> <li>■ systèmes et expertise plus complexes</li> </ul>
<b>Végétation extensive</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Légèreté : le renforcement de la structure du toit est rarement nécessaire</li> <li>■ adapté aux grandes surfaces</li> <li>■ adapté aux toits en pente (jusqu'à 30°)</li> <li>■ faible entretien</li> <li>■ longévité</li> <li>■ irrigation et drainage spécifiques rarement nécessaires</li> <li>■ faible consommation d'eau</li> <li>■ expertise techniques pas toujours nécessaire</li> <li>■ facile à intégrer à une rénovation</li> <li>■ permet une végétation spontanée</li> <li>■ peu onéreux</li> <li>■ apparence naturelle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Efficacité énergétique et rétention des eaux pluviales moindres que dans les systèmes intensifs</li> <li>■ choix de plantes restreint</li> <li>■ rarement accessible pour les loisirs</li> </ul>

**Les économies de fuel domestique** pour le chauffage hivernal peuvent atteindre 2L/m<sup>2</sup>/an (livingroofs.org, 2004).





# LES AVANTAGES DES TOITURES VÉGÉTALISÉES

## INTÉRÊTS « PRIVÉS »

Ils concernent le propriétaire ou le locataire du bâtiment au toit végétalisé.

■ **Economies d'énergie et confort thermique** : en été, le complexe de végétation agit comme un tampon qui permet au bâtiment de ne pas absorber autant de rayonnements solaires qu'un toit classique. De plus, la combinaison de la photosynthèse, de l'évapotranspiration des plantes et de l'évaporation du sol fait de la toiture végétalisée un climatiseur naturel.

Cela empêche la chaleur de se diffuser vers l'intérieur du bâtiment et permet donc de réduire voire supprimer l'usage de la climatisation. Pour preuve, une étude comparative a montré que le toit vert permet de réduire la chaleur totale qui pénètre dans le bâtiment durant le jour de plus de 85 % (livingroofs.org, 2004). La consommation d'énergie en est donc réduite d'autant, permettant de substantielles économies. La nuit, le toit végétalisé rafraîchit très vite et ne restitue pas de chaleur, ce qui permet au bâtiment de se rafraîchir plus et plus vite qu'un bâtiment avec un toit classique. La végétalisation influe donc sur le comportement thermique des bâtiments et, par voie de conséquence, sur le confort de ses habitants.

En hiver, le toit végétalisé joue son rôle d'isolant dans le sens inverse, empêchant la chaleur accumulée à l'intérieur du bâtiment de s'échapper vers l'extérieur. Mais dans ce sens, le phénomène est moins net, puisque la présence d'eau dans le complexe de végétation peut réduire à néant ses capacités isolantes. D'autre part, la végétation protège le bâtiment du froid, puisque sous le complexe, la température n'est presque jamais négative.

■ **Protection et prolongation de la durée de vie du toit** : la végétalisation protège les étanchéités contre les grands écarts de température subies par les toits et les ultra-violets. La limitation du choc thermique permet ainsi de doubler la durée de vie des étanchéités, qui passe de 30 à 60 ans, ce qui permet des économies substantielles (livingroofs.org, 2004).

---

Les toitures végétalisées **réduisent globalement l'énergie transmise de 70 à 90 %** par rapport à une toiture nue.

---

---

**Réduction des pics de température dans la membrane d'étanchéité de 30 °C** par rapport à une toiture plate nue qui peut atteindre ~70 °C (-20 °C par rapport à une toiture recouverte de gravier).

---

---

**Réduction de la valeur moyenne de la température dans la membrane d'étanchéité de 6°C** par rapport à une toiture plate nue (-4°C par rapport à une toiture recouverte de gravier)

---

---

La végétation pourrait **réduire la température ambiante intérieure ~ 2 à 5°C**.

---

---

**Décalage de 2 à 3 heures** environ entre les pics de température par rapport à ceux de la température extérieure.

---

■ **Isolation acoustique** : le substrat d'une couverture végétalisée bloque les basses fréquences acoustiques et la végétation bloque les hautes, ce qui fait de la toiture végétalisée un remarquable isolant phonique. Cette caractéristique se révéler fort utile, notamment pour les bâtiments situés sous un couloir aérien ou près des aéroports.

■ **Résistance au feu** : les toits verts permettent de retarder la propagation d'incendies du toit d'un bâtiment vers l'intérieur aussi bien que dans le sens inverse, surtout si le substrat est gorgé d'eau. Certaines plantes sont même dites « ignifugeantes » : c'est le cas des orpins ou autres plantes grasses, par exemple, qui ont une forte teneur en eau.

■ **Amélioration du cadre de vie et rôle esthétique** : les toits végétalisés accessibles peuvent devenir un espace de loisirs et de détente pour les riverains, les propriétaires ou les employés, selon le maître d'ouvrage. De plus, ils offrent aux habitants des éventuels immeubles voisins qui les surplombent un paysage plus agréable que celui des toits minéraux classiques.

## INTÉRÊTS « PUBLICS »

ils bénéficient à la collectivité.

■ **Influence sur le climat urbain** : à l'échelle de la ville, la végétation des toitures absorbe les rayons solaires et réduit le stockage de chaleur par les surfaces urbaines. Ainsi, l'énergie est absorbée par la végétation et non restituée sous forme de chaleur par les surfaces minérales. D'autre part, la comparaison entre toit végétalisé et toit conventionnel montre que le toit vert permet de **réduire la chaleur qui s'échappe du bâtiment la nuit d'environ 70 %** (livingroofs.org, 2004). Ainsi, en réduisant l'îlot de chaleur urbain, cette végétation contribue à modérer les températures estivales, ainsi que la demande d'énergie à l'échelle d'une agglomération.

Selon que le substrat est sec ou gorgé d'eau, une toiture végétalisée permet de gagner **15 à 20 dB** par rapport à une toiture classique (CSTB).

## LES « PLUS THERMIQUES »

### Pour le bâtiment

■ La couche protectrice formée par le substrat de culture et les végétaux permet d'isoler efficacement le bâtiment contre la chaleur. Cela contribue donc directement à limiter la consommation d'énergie qui pourrait être générée par la climatisation.

■ Une étude de 2004 (Koehler, 2004) indiquait qu'un toit végétalisé permettait d'économiser 42€/m<sup>2</sup> en énergie électrique, par rapport à un toit gravillonné, ce qui permet d'économiser une quantité importante de GES.

■ Les étanchéités voient leur durée de vie double, car elles sont protégées des chocs thermiques.

### Pour le climat urbain

■ Les plantes rejettent l'eau absorbée pour assurer leur croissance sous forme de vapeur (évapotranspiration). Ce processus chimique demande de l'énergie et a pour conséquence une baisse de la température de l'air au-dessus de la végétation. Ce phénomène permet aux toits végétalisés d'agir sur le climat urbain dans le sens d'une réduction de la température estivale.

■ A Toronto, la végétalisation de 6% des toits de la ville permettrait de réduire la température urbaine de 1 à 2°C (Konopacki et al, 2001).

■ Le Lawrence Berkeley Institute Laboratory, laboratoire de recherche américain, estime que la végétalisation de 15% des toits d'une ville permettrait de réduire la température moyenne de 3,3°C.

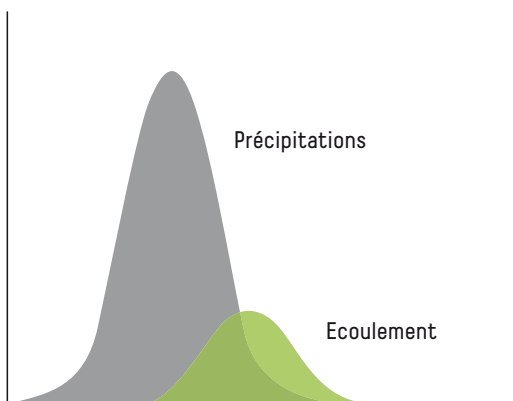
## VÉGÉTATION ET CLIMAT

L'influence du toit végétalisé sur le climat urbain est conditionnée par la composition végétale du toit. En effet, c'est la végétation qui, par le biais de l'évapotranspiration, permet d'humidifier et de rafraîchir l'atmosphère.

La plupart du temps, la végétation est composée d'un mélange de plantes à base de sédums, plantes grasses résistantes à la sécheresse et à la chaleur. Mais ces propriétés viennent du fait que les sédums ferment leurs pores la journée, précisément pour limiter leur déperdition d'eau. Ils constituent leur photosynthèse de nuit, contrairement à la plupart des végétaux. Par conséquent l'évapotranspiration des sédums est très limitée de jour et ils ne permettent pas de rafraîchir l'air ambiant comme le ferait d'autres plantes.

Pour s'assurer d'une bonne capacité rafraîchissante du toit végétalisé, il faut y intégrer d'autres plantes dont l'évapotranspiration suit un cycle diurne classique, mais qui, en retour auront une consommation d'eau plus importante. C'est par exemple le cas des graminées, de plantes à fleur comme l'œillet, et plus généralement de la flore que l'on trouve sur les pelouses sèches calcaires des massifs préalpins : Vercors, Chartreuse, etc.

### VOLUME DE PRÉCIPITATIONS ET ÉCOULEMENT DANS LE CAS D'UN TOIT VÉGÉTALISÉ



Source : OFEFP, 1995

- **Régulation des eaux pluviales** : en retenant une partie des eaux de pluie à la manière d'une éponge, les toitures végétalisées régulent les écoulements et limitent les risques d'inondation et en évitant la saturation des réseaux. L'ampleur de l'effet retardateur de l'évacuation de l'eau peut atteindre 2/3 des effets d'un orage d'une durée d'une heure. L'ADIVET indique que la rétention des eaux pluviales est de l'ordre de 45 l/m<sup>2</sup> (± 20 %). Par ailleurs, d'autres études estiment qu'en fonction du type de complexe de végétation, les toits végétalisés peuvent retenir 70 à 80% des eaux pluviales en été et entre 25 et 40% en hiver (livingroofs.org, 2004). Cette capacité est due en grande partie au système de drainage qui permet le stockage de l'eau de pluie et son utilisation ultérieure par la végétation.

---

Lors d'averses orageuses, alors que **200 L** d'eau tombaient sur un toit végétalisé de 18m<sup>2</sup>, il ne s'en écoulait que **15 L** vers le sol (livingroofs.org, 2004).

---

- **Lutte contre la pollution atmosphérique** : les toitures végétalisées contribuent à fixer les polluants atmosphériques tels que les métaux lourds, les particules et les composés organiques volatiles. Cette capacité, associée à la réduction de l'îlot de chaleur urbain (et donc à la baisse des températures) en fait un facteur important de la **lutte contre l'ozone**. De plus, la végétation des toitures peut capter jusqu'à 95 % du cadmium, du cuivre, du plomb et 16 % du zinc (DUNNET et KINGSBURY, 2005). Enfin, elles fixent également des pollens, ce qui peut contribuer à réduire les phénomènes d'allergies.

---

1 m<sup>2</sup> de toit végétalisé (gazon) capture jusqu'à **0,2 kg** de particules en suspension par jour (Rosenzweig, 2006)

---

■ **Puits de CO<sub>2</sub>** : l'activité biologique (photosynthèse) permet au toit végétalisé de capter le carbone atmosphérique. Mais, sauf dans le cas de végétalisation intensive, les plantes utilisées sont généralement gorgées d'eau et leur capacité de stockage de CO<sub>2</sub> est limitée. C'est donc surtout l'énergie économisée par le bâtiment grâce au toit végétalisé qui permet de contribuer à réduire les émissions de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère.

■ **Filtration des eaux pluviales** : la fonction de filtre remplie par les végétaux permet de faire baisser le taux de nitrate présents dans les eaux pluviales et de limiter les déperditions de minéraux dans l'environnement, car ceux-ci sont fixés par les plantes. Mais l'eau qui s'écoule des toits végétalisés est généralement chargée en matières en suspension, ce qui oblige à la filtrer si l'on veut la réutiliser. Il est donc plus intéressant de la stocker directement dans le complexe de végétation et de la tenir ainsi à disposition de la végétation.

■ **Création d'habitats et refuge de biodiversité** : outre les espèces plantées à la création, les toits végétalisés peuvent devenir des refuges pour la flore sensible ou protégée (Orchidées, Liliacées, plantes annuelles...), mais également pour les insectes et les araignées et même pour les oiseaux nichant au sol (alouettes des champs, rouge-queue noirs ou même vanneaux huppée).

■ **Intégration paysagère** : la mise en place de toits végétalisés peut contribuer largement à l'intégration d'un bâtiment dans le paysage environnant.

■ **Amélioration du cadre de vie et rôle esthétique** : les

toits végétalisés offrent des avantages paysagers dont le rôle est particulièrement important dans les quartiers faiblement pourvus d'espaces verts au sol. Au-delà de l'aspect esthétique, on peut également évoquer l'effet thérapeutique des plantes et de la nature sur la personne humaine : réduction du stress, baisse de l'hypertension, détente musculaire, augmentation des émotions positives.... Lorsque la végétalisation des toitures ou des dalles prend une certaine dimension et permet de développer des espaces accessibles au public, l'intérêt est alors décuplé en termes d'usage récréatif et d'appropriation par les usagers.

---

En Suisse, depuis 2006, le Canton de Bâle demande que tous les nouveaux bâtiments à toit plat soient végétalisés, en intégrant la biodiversité.

Près de Zurich, un toit végétalisé datant de 1914 n'abrite pas moins de 175 espèces végétales, dont plusieurs orchidées !

---



# LES INCONVÉNIENTS DES TOITURES VÉGÉTALISÉES

- **Coût** : le surcoût de l'installation peut être important, par rapport à un toit classique, mais il est en partie compensé par les gains énergétiques au cours de la vie du bâtiment (jusqu'à 42€/m<sup>2</sup>, selon les études). De plus, la prolongation de la durée de vie des étanchéités est également un facteur économiquement intéressant. Quant à l'entretien, le surcoût qui lui est imputable est relativement faible, par rapport à une toiture classique.
- **Surpoids** : le poids du substrat de végétation peut être un facteur limitant à l'implantation des toits végétalisés, surtout pour la végétalisation intensive (200 à 1 000 kg/m<sup>2</sup>). Pour ce qui concerne la végétalisation extensive, elle peut parfois, après étude du bâtiment, être mise en œuvre sans modification de la structure, son poids étant relativement faible (60 à 150kg/m<sup>2</sup>) (livingroofs.org, 2004).
- **Risques d'incendie** : dans des conditions de sécheresse prolongée, certaines plantes du toit végétalisé peuvent devenir elles-mêmes une source d'incendies, en séchant : c'est le cas des graminées, par exemple. Il faut donc prévoir des coupe-feu, ou bien un système d'irrigation relié à une alarme incendie, surtout si la zone d'implantation est susceptible de subir de telles sécheresses.
- **Humidité** : dans les régions très arrosées, un toit végétalisé peut contribuer à augmenter l'humidité de l'habitat.

---

En **Allemagne**, l'installateur du toit végétalisé cesse généralement ses vérifications annuelles une fois qu'il s'est assuré que la végétation est saine et ne dégénère pas.

---

## RÉCAPITULATIF DES AVANTAGES ET DES INCONVÉNIENTS DES TOITURES VÉGÉTALISÉES, À DEUX ÉCHELLES

### A L'ÉCHELLE DU BÂTIMENT

#### AVANTAGES :

- Optimisation du confort thermique ;
- Economies d'énergie ;
- Augmentation de la durée de vie des membranes d'étanchéités ;
- Isolation phonique ;
- Résistance au feu ;
- Filtration des eaux pluviales ;
- Valeur esthétique.

#### COÛTS ET INCONVÉNIENTS :

- Coût de l'installation ;
- Entretien ;
- Surpoids ;
- Humidité accrue (dans les régions arrosées) ;
- Risques d'incendies, sous certaines conditions.

### A L'ÉCHELLE DE L'AGGLOMÉRATION

#### AVANTAGES :

- Réduction de l'ICU ;
- Réduction des dépenses pour la gestion des eaux pluviales ;
- Amélioration de la qualité de l'air ;
- Réduction des émissions de GES ;
- Amélioration de la santé publique ;
- Augmentation de la biodiversité urbaine ;
- Valeur esthétique.

#### COÛTS (POUR LA COLLECTIVITÉ)

- Mise en place et gestion d'un programme d'incitation à la construction de toits végétalisés : financement des aides, etc.



# ÉLÉMENTS À PRENDRE EN COMPTE LORS DE LA CONCEPTION

La conception et la mise en œuvre d'une toiture végétalisée sont assez simples, surtout dans le cas d'une végétation extensive, mais elles peuvent varier en fonction de son usage et de l'emplacement du toit. De manière plus précise, un certain nombre de points sont à considérer, qui devront être pris en compte dans la réalisation du projet.

■ **L'emplacement du toit est déterminant, notamment pour la flore** : le lieu du futur toit végétalisé doit être réfléchi, aussi bien en ce qui concerne le climat général de l'endroit que le microclimat particulier du toit lui-même. Sa hauteur par rapport au sol, son exposition au vent et aux rayonnements solaires, l'ombre qu'il reçoit des bâtiments ou des arbres alentours comptent également.

■ **La maîtrise d'œuvre peut être multiple** : la nécessaire implication et coordination des corps de métiers liés à la construction : ingénieur structure, (portance du bâtiment), architecte (AMO, coordination du projet), étancheur, couvreur... doivent participer au projet d'installation d'une toiture végétalisée.

■ **Autorisations réglementaires** : un permis de construire peut être nécessaire. Lors de la mise en œuvre, il faut se reporter à la norme DTU 43.1 (« Travaux d'étanchéité des toitures terrasses avec éléments porteurs en maçonnerie ») et aux règles professionnelles pour la conception et la réalisation des terrasses et toitures végétalisées établies par la CSNE (Chambre Syndicale Nationale de l'Étanchéité) et l'UNEP (Union Nationale des Entrepreneurs du Paysage).

■ **La structure du toit doit pouvoir supporter la charge additionnelle** que suppose une toiture végétalisée. Cette charge supplémentaire varie considérablement selon le type de végétalisation choisi. Si elle est trop importante (dans le cas d'une végétalisation intensive, par exemple), la structure du toit devra être renforcée, ce qui suppose des travaux et des coûts qui peuvent être très importants. Cependant, dans le cas d'une végétalisation extensive, les supports de croissance sont généralement composés de matériaux composite (argile expansée, pierre ponce...), spécialement étudiés pour ne pas être trop lourds lorsque gorgés d'eau. On peut alors poser le complexe de végétation sans modifier la structure du bâtiment.

---

■ **Un toit conçu spécifiquement pour la rétention des eaux pluviales n'aura pas la même structure qu'un toit à usage esthétique.**

■ **Esthétique** : penser également au panorama qui sera visible depuis le toit et à la vue qu'en auront les voisins.

---

---

■ **Le risque d'incendie causé par le toit végétalisé reste très faible.** La végétation peut se consumer, mais il est improbable que les flammes se propagent au bâtiment, sous le substrat minéral.

■ **Une expertise professionnelle : la faisabilité d'un tel projet doit être vérifiée par une entreprise spécialisée.** Il est donc préférable de s'adresser à un maître d'œuvre pour choisir et (re) dimensionner la structure porteuse.

---

■ **Prévoir un accès fonctionnel et sécurisé** : cet aspect est crucial, non seulement pour l'entretien, mais également pour le transport de matériaux lors de l'installation. Il est important de réfléchir aux voies et aux modes d'accès (échelle, escalier, trappe, ascenseur ou autre), en particulier si le toit végétalisé est prévu sur un nouveau bâtiment. Dans tous les cas, des zones stériles seront prévues autour de la végétation pour préserver l'accès et empêcher la colonisation intempestive des plantes.

■ **Garantir l'étanchéité** : la membrane d'imperméabilisation est l'un des composants les plus importants du toit végétalisé, car c'est elle qui garantit son étanchéité. D'autre part, un drainage efficace du toit doit également être assuré, notamment pour éviter l'engorgement du substrat et les fuites vers les diverses ouvertures du toit (puits de lumière, aérations...). Enfin, lorsque le toit est fortement pentu (plus de 20°), il faut s'assurer d'un dispositif spécial empêchant les végétaux de glisser. Enfin, les étancheurs indiquent que la mise en place de toitures végétalisées (jouant à la fois sur la réduction drastique du choc thermique et un lissage des températures dans le temps) permet d'allonger nettement la durée de vie des membranes d'étanchéité, voire de la doubler.

---

■ **Une question de sécurité** : le choix du mode d'accès au toit est crucial, particulièrement lorsqu'il s'agit d'une toiture-terrasse accessible au public.

■ **En cas de réhabilitation**, il faut vérifier la membrane avant d'installer le complexe de végétation, ou mieux, la remplacer pour s'assurer qu'elle soit résistante à la pénétration des racines.

---

---

**Espaces verts supplémentaires** : les toits végétalisés peuvent parfois être considérés comme des espaces verts et être comptés au bénéfice de la parcelle construite (cf. PLU de Paris).

---

■ **La durabilité des plantes** : la survie des plantes est directement liée à l'intensité de leur entretien, notamment lors des deux premières années. Il faut donc prévoir un budget en conséquence. Le complexe de végétalisation pourra donc également être choisi par le maître d'œuvre, parfois en lien avec un spécialiste de la végétation. Le choix des plantes et de leur emplacement sera déterminé par la hauteur du toit, son exposition aux vents, son orientation par rapport au toit, l'ombre qu'il subit, etc.

■ **L'entretien doit être régulier** : les plantes, mais aussi la membrane d'étanchéité méritent d'être entretenues. Comme sur toute toiture, il faut vérifier les évacuations d'eau pluviales, mais aussi nettoyer les zones stériles en gravillon, s'assurer du bon développement des végétaux et éliminer les espèces indésirables. Une toiture végétalisée nécessite au moins 1 à 3 visites d'entretien par an. Des visites régulières doivent donc être effectuées, éventuellement par l'entreprise qui a installé le toit végétalisé.

Enfin, au bout de la durée de vie des étanchéités (30 à 60 ans), leur remplacement peut nécessiter de déplacer le complexe de végétation, voir de le remplacer si les conditions ne permettent pas de le remettre en état.

■ **Responsabilité** : l'entreprise d'étanchéité est responsable de la mise en œuvre du complexe de végétalisation et en assure la garantie décennale. Elle doit notamment respecter une zone stérile de 40 cm le long du pourtour du toit pour permettre le contrôle des relevés d'étanchéité et l'évacuation des eaux pluviales.

---

**Chronologie de l'installation** : les différentes étapes doivent être synchronisées (surtout quand plusieurs entreprises sont présentes) pour ne pas mettre en danger la survie des plantes. En été, un supplément d'eau peut être nécessaire pour leur permettre de reprendre.

A l'automne, les plants doivent avoir le temps de s'établir avant l'hiver.

---





# ÉLÉMENTS DE COÛTS

## L'INSTALLATION

Les frais d'installation varient évidemment en fonction du type de végétalisation souhaitée.

- **végétalisation intensive** : 100 à 205 €/m<sup>2</sup> en moyenne, selon l'importance de la végétation que l'on veut implanter, et donc selon l'épaisseur du substrat (ALE Grenoble, 2007).
- **végétalisation semi-intensive** : très variable selon la solution technique et les végétaux choisis.
- **végétalisation extensive** : de 35 à 85 €/m<sup>2</sup>, coût comprenant la pose du complexe de végétation et son entretien sur 10 ans, mais excluant les éventuels travaux nécessaires au renforcement de la toiture (ALE Grenoble, 2007).

---

**Faciliter la vérification des étanchéités**: du gravier peut être installé aux endroits stratégiques, à la place de la végétation. Il est même possible de poser un système électronique de détection des fuites !

---

## L'ENTRETIEN

Une toiture végétalisée extensive ne nécessite pas plus d'entretien qu'une toiture classique : **1 à 2 visites d'entretien par an**. Par contre, une attention particulière doit être portée lors des deux à trois premières années. Tout d'abord, un arrosage systématique est nécessaire une fois par semaine pendant les 2 premiers mois (suivant pluviométrie). Puis, comme sur toute toiture, il faut vérifier les évacuations d'eau pluviales, mais aussi nettoyer les zones stériles en gravillon, s'assurer du bon développement des végétaux, éliminer les espèces indésirables par désherbage et apporter un engrais si besoin.

- **végétalisation intensive** : 2 à 5€/m<sup>2</sup>/an, dont la moitié liée à l'arrosage et à l'entretien des végétaux (CAUE 81, 2008) ;
- **végétalisation extensive** : 1 à 2,5€/m<sup>2</sup>/an (CAUE 81, 2008).

En prenant en compte le cycle de vie de l'ensemble du matériel, et y compris le coût de l'entretien et du remplacement reportés dû à une durée de vie plus longue, le coût d'un toit vert extensif est égal, voire inférieur à celui d'un toit traditionnel.



# RÉFÉRENCES

## SITES INTERNET

Association des toitures végétales (ADIVET) :

<http://www.adivet.net>

Centre Scientifique et technique du Bâtiment (CSTB) :

<http://www.cstb.fr>

L'Agence Locale de l'énergie de Grenoble :

<http://www.ale-grenoble.org/>

## OUVRAGE DE RÉFÉRENCE

Dunnett Nigel et Kingsbury Noël, 2005. Toits et murs végétaux, Editions du Rouergue. 254 p.

## PUBLICATIONS

ADIVET, FFB étanchéité, SNPPA, UNEP et CSFE, novembre 2007, Règles professionnelles pour la conception et la réalisation des terrasses et toitures végétalisées, éditions n°2, 37 p.

CAUE du Tarn, février 2008. Conception d'une toiture végétale, Fiche technique, 4 p.

CSTB, NF P 84-204 / DTU 43.1 : «Etanchéité des toitures-terrasses avec éléments porteurs en maçonnerie», Document technique unifié.

Koehler, Manfred, Prof. Dr., septembre 2004. Energetic Effects of Green Roofs to the Urban Climate Near to the Ground and to the Building Surfaces. Aus Wissenschaft und Forschung - Science and Research, International Green Roof Congress 14 - 15 Sept 2004 Nürtingen, 7 p.

Konopacki, S., and Akbari, H. 2001. Energy Impacts of Heat Island Reduction Strategies in the Greater Toronto Area, Canada. LBNL-49172. Berkeley, CA: Lawrence Berkeley National Laboratory, 49 p.

Livingroofs.org et Ecology Consultancy, mars 2004. Green roofs, benefits and costs implications, 84 p.

Rosenzweig Cynthia, Gaffin Stuart and Parshall Lily (Eds), 2006. Green Roofs in the New York Metropolitan Region: Research Report. Columbia University Center for Climate Systems Research and NASA Goddard Institute for Space Studies. New York, 59 p.

## EXEMPLES

### Centre Technique du Pays Voironnais :

Le Centre Technique du Pays Voironnais a eu recours à la végétalisation extensive pour couvrir 2 700 m<sup>2</sup> de garages. Il s'agit de toits en pente (19%) orienté au nord, et plantées d'un mélange de sédum.

L'intégration paysagère est le motif du choix d'une toiture végétalisée mise en avant par le maître d'ouvrage. Viennent ensuite l'isolation phonique vis-à-vis du voisinage (le centre technique abrite notamment les bennes à ordures qui partent très tôt le matin) et l'isolation thermique du bâtiment, notamment l'été (la partie végétalisée des garages est effectivement nettement plus fraîche que la partie non végétalisée).

Coût de la végétalisation : 306 000€ pour 2 600m<sup>2</sup>, soit environ 117€/m<sup>2</sup>.

STREET TO ITS  
VEGETALI

ITS  
TALI  
LISES

LESS T  
VIA FIA



GRENOBLE • ALPES  
MÉTROPOLIS

Le Forum - 3 rue Malakoff - 38 031 Grenoble cedex 01  
T - 04 76 59 59 59 F - 04 76 42 33 43

lametro.fr

