

TOITURES VEGETALISEES

PRESENTATION DU PRODUIT ET CONTEXTE D'UTILISATION

La toiture végétalisée consiste en un système d'étanchéité recouvert d'un complexe drainant, composé de matière organique et volcanique, qui accueille un tapis de plantes mis en oeuvre par semis, par plantations ou pré-cultivées (sédum, vivaces, graminées). Une toiture végétalisée peut être installée sur une structure en béton, en acier ou en bois et ainsi offrir une surface qui vit et se transforme au rythme des saisons.

Les toitures végétalisées peuvent être de deux types :

- Les toitures végétalisées traditionnelles, dite « **intensive** », accessibles ou non, sont comparables aux jardins ordinaires. Appelées aussi jardins suspendus, ces toitures végétales sont plutôt préconisées pour les petites et moyennes surfaces et présentent les caractéristiques suivantes :

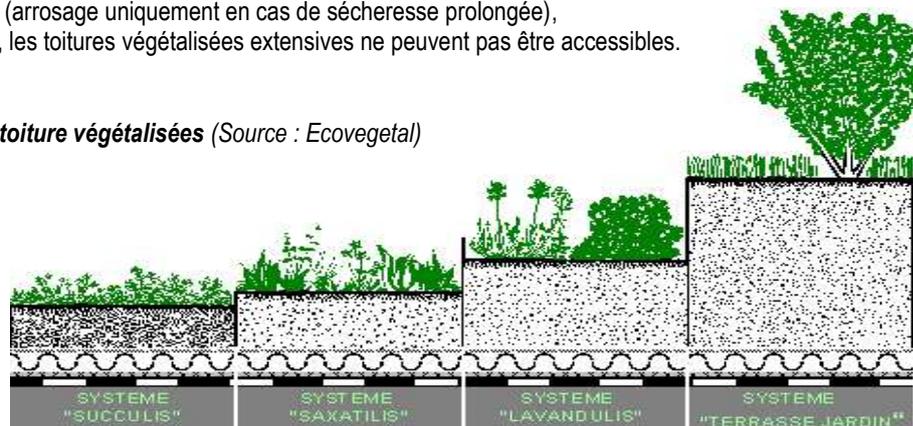
- épaisseur de substrat importante (15 à 30 cm environ),
- poids de surcharge compris entre 100 et 400 kg/m² (à capacité maximale en eau). (source CSTC)
- possibilité d'implanter une végétation à fort développement racinaire et aérien de type horticole (graminées, gazons, plantes vivaces ou même arbustes), ce qui constitue un poids important et oblige la construction à être apte à supporter cette surcharge importante.
- entretien modéré mais arrosage régulier nécessaires.

- Les toitures végétalisées modernes supportent une végétation dite « **extensive** », c'est à dire ne nécessitant pas d'enracinement profond.

Particulièrement adaptées aux bâtiments de grandes superficies, toits inclinés ou habitations déjà existantes, elles présentent les avantages suivants :

- réalisation sur tout type de support (bac acier, bois...), et non plus seulement sur support maçonné de type béton,
- faible épaisseur de substrat (3 à 15 cm environ),
- poids de surcharge compris entre 30 et 100 kg/m² (à capacité maximale en eau). (source CSTC)
- végétation colonisatrice très résistante (mousses et sédums, graminées, plantes grasses). La hauteur de ces végétaux ne dépassant guère 25 cm et le mixage de plusieurs variétés leur donnant un aspect multicolore variant au gré des saisons.
- entretien restreint (arrosage uniquement en cas de sécheresse prolongée),
- seul inconvénient, les toitures végétalisées extensives ne peuvent pas être accessibles.

Type de toiture végétalisées (Source : Ecovegetal)



Végétalisation extensive	Végétalisation semi-intensive	Végétalisation intensive
<ul style="list-style-type: none"> - Faible entretien sans arrosage (sauf en méditerranée) - Végétaux : des mousses sédums aux graminées - Hauteur du système : 60 – 200 mm - Poids : 60 – 150 kg/m² 	<ul style="list-style-type: none"> - Entretien périodique - Arrosage périodique - Végétaux : des graminées aux arbustes - Hauteur du système : 100 – 250 mm - Poids : 150 – 200 kg/m² 	<ul style="list-style-type: none"> - Entretien régulier - Arrosage régulier - Végétaux : du gazon aux arbustes et arbres - Hauteur du système : 150 – 1000 mm - Poids : 150-> 1500 kg/m²
Protection écologique qui remplace avantageusement le gravier Toiture non accessible	Végétalisation avec un entretien plus régulier	Jardin très entretenu pour toiture plate accessible

Les atouts des toitures végétalisées :

- Confort thermique : amélioration des caractéristiques thermiques (surtout l'été en climat méditerranéen).
- Gestion des eaux pluviales (rôle de tampon : retient entre 20 et 40 litres/m², évitant la saturation des réseaux).
- Confort visuel : apport de végétation en zones urbaines (optimisation des surfaces, esthétique, intégration du bâtiment dans son environnement).
- Confort acoustique : diminution des nuisances sonores (rôle d'absorption des bruits extérieurs).
- Qualité de l'air : amélioration de la qualité de l'air par production d'oxygène et fixation du CO₂ (contribution à la lutte contre la pollution). Absorption d'une partie des gaz polluants et des poussières contenus dans l'air. Humidification de l'air asséché par la pollution urbaine entraînant une réduction de l'aptitude aux allergies.
- Protection des étanchéités (durabilité augmentée).
- Maintien de la biodiversité.
- Valorisation de l'image du bâtiment.
- Prolongation de la durée de vie de la toiture en servant d'écran contre les rayons ultra-violet et rayons solaires et en la protégeant contre les agressions des intempéries.

Retours d'expériences :

● **La toiture végétalisée comme outil thérapeutique** (Source : *Architecte*)

La toiture végétalisée présente des aspects positifs en terme de qualité de vie, non négligeables, en plus des nombreux avantages environnementaux, déjà présentés.

Le rapport au végétal est reconnu thérapeutique. Les effets positifs sur le stress, l'hypertension, etc. ont été démontrés par les travaux de Ulrich et Simon dans les années 1995-1997.

En effet, la toiture végétalisée diminue l'agressivité du milieu avec une insertion paysagère améliorée par l'enchaînement sol-toit.

La protection au vent est accrue et la sociabilisation des sols améliorée.

Dans un contexte urbain, les terrasses plantées créent un territoire de transition entre intérieur et extérieur.

Il s'agit de rendre au sol ce qu'on lui prend et de recréer un lien entre l'homme et la nature.

FABRICANTS ET TYPE

Fabricants (sélection de produits) :

SMAC ACIEROID* (13, 06, 83, 26, 38, 42, Monaco) : TECFLOR, ECOFLOR

SOPREMA ETANCHEITE* (84, 67) : SOPRANATURE

MEPLE* (13, 34, 16) : MEPS SEMPERVIVUM

SIPLAST – ICOPAL (26) : GRAVILAND S

TIVAO (26) : Toiture irriguée végétalisée assistée par ordinateur

SARNAFIL (69) : SARNAFIL T & SARNAVERT

AXTER (71) : CITYFLOR

IMPERFRANCE / DERBIGUM (59) : DERBISEDUM

KALZIP (77) : Kalzip Verdure

PITTSBURGH CORNING (94) : Toiture-Compacte FOAMGLASS classique, FOAMGLASS DUO-Compacte

Intemper (Espagne) : toitures terrasses végétalisées avec dalles filtron et réserve d'eau pluviale et façades végétalisées

*Présents dans la région PACA

Pour le complexe de végétalisation uniquement :

ECOVEGETAL (28) : Succulis, Saxatilis, végétalisation en pente

ETERNIT (81) : Eternit Verdura

LE PRIEURE (41) : Végétal I.D, HydroPack

VERTIGE SARL (33) : Vertige

TOIT VERT (08) : Optigreen (6 systèmes)

Distributeurs (Région PACA et départements limitrophes)

LARIVIERE (13) : distributeur de Derbigum, Icopal et Eternit

SURYA'NA (38) : distributeur de Vertige SARL et Le Prieuré

CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

COMPOSITION (de l'intérieur vers l'extérieur)

<u>Système conventionnel</u>	Support (béton, béton cellulaire, tôles d'acier nervurées, bois et panneaux dérivés) Pare-vapeur Isolant thermique (de type usuel d'une classe C en compression minimum) Membrane d'étanchéité Drainage Filtre Substrat Végétalisation	} Complexe de végétalisation
------------------------------	---	------------------------------

<u>Système inversé</u> (en cas de rénovation)	Support (béton, béton cellulaire, Tôles d'Acier Nervurées, bois et panneaux dérivés) Pare-vapeur Etanchéité Isolant Drainage Filtre Substrat Végétalisation	} Complexe de végétalisation
--	--	------------------------------

Couches en détails

Support : Tout type d'élément (béton, bois, acier) à la condition que la surcharge admissible soit compatible avec celle du système projeté. Il faut savoir que seule une toiture lourde en béton permet une pente nulle. Tous les autres types de support impliquent des pentes minimum de 3 %.

Complexe isolant : Ils doivent avoir une résistance mécanique importante compatible avec les surcharges prévues, en particulier à la compression et au poinçonnement. Tous types d'isolants : isolants minéraux, plastiques alvéolaires de type polystyrène ou isolants écologiques de type laine de chanvre, liège, bois feutrés...

Le système d'étanchéité : Il assure l'étanchéité de la toiture. La membrane est conçue pour résister à la pénétration des racines. Les systèmes d'étanchéité se répartissent également en 3 familles (bitumes, asphaltes et membranes synthétiques). Aucun n'est vraiment satisfaisant du point de vue environnemental, sauf peut-être les nouvelles membranes sans chlore à base de polyoléfinés souples. Mais leur coût reste élevé.

Le drainage : Son rôle est de stocker l'eau nécessaire à la croissance des plantes, de faciliter l'écoulement de l'eau vers les évacuations d'eaux pluviales, mais également de ventiler la sous face du substrat. Celui-ci sera choisi en fonction de la pente de la toiture. (Granulats d'argile expansée, cailloux, graviers, plaques de polystyrène alvéolées et nervurées)

Le filtre : Il est constitué d'une nappe de fibres synthétiques non tissées. Il permet d'empêcher le colmatage de la couche drainante par les particules fines du substrat. (Nappes de laines de verre, synthétiques en polyester ou polypropylène)

Le substrat : Il assure les caractéristiques optimales constantes pour la végétalisation des toitures : capacité de rétention en eau, perméabilité, résistance à l'érosion, densité. (Mousse de sphaigne, terreau, terre noire, compost, etc.)

La végétalisation : Les végétaux sont sélectionnés pour leurs capacités à s'adapter aux conditions spécifiques de l'ouvrage : climat, ensoleillement, pente...

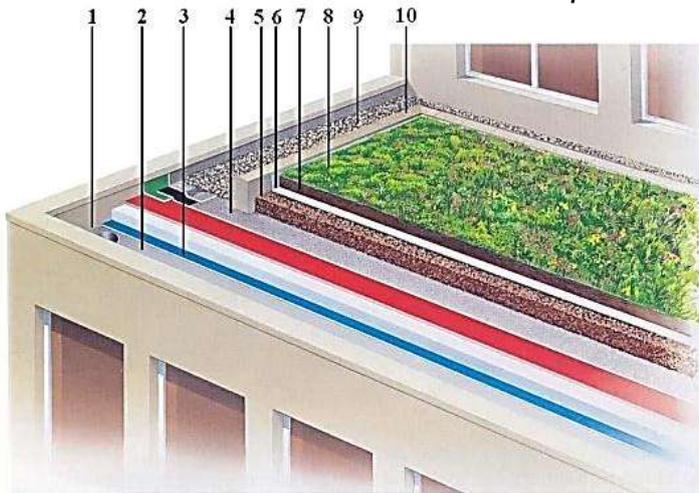
La végétation est constituée d'un couvert permanent résistant au gel, à la sécheresse et à l'excès d'eau.

Elle a l'aptitude à couvrir le sol, à l'auto-génération et a un aspect décoratif.

Elle est composée de plantes succulentes (type Sedum), de plantes vivaces et bulbeuses (type Caillet, Iris), de graminées (type Fétuques) et de petits ligneux (type Lavande). Pour le climat méditerranéen, les plantes sont essentiellement composées de sédums.

Le complexe de végétation a une épaisseur de 5 à 15 cm pour une charge de 40 à 150 kg/m².

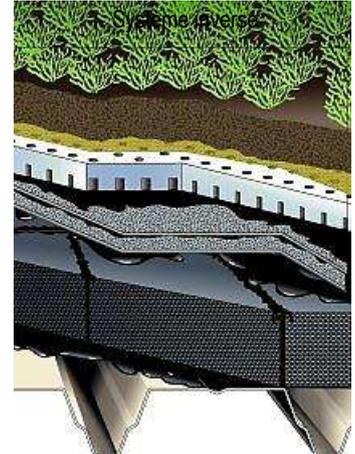
Composition d'une toiture végétalisée



(Source Soprema)

1. Evacuation pluviale
2. L'élément porteur
3. Le complexe isolant
4. L'étanchéité SOPRALÉNE JARDIN
5. Le drainage SOPRALITHE ou SOPRADRAIN
6. Le filtre SOPRAFILTRE
7. Le substrat SOPRAFLOR
8. La végétation
9. Bande-pourtour
10. Dispositif de séparation (bordure préfabriquée en pierre par exemple)

FOAMGLASS DUO-Compacte :



(Source Pittsburgh Corning)

CARACTERISTIQUES FONCTIONNELLES

AVIS SOLIDITE / STRUCTURE

La charge de calcul non pondérée est la somme de la charge permanente et de la charge d'exploitation.

Charges permanentes :

- Poids de l'isolant et du pare vapeur éventuels
- Poids du revêtement d'étanchéité
- Poids du complexe de végétalisation donnée à capacité maximale en eau (CME)
- Végétalisation : entre 60 et 350 kg/m² (suivant l'épaisseur du substrat et le type de toiture : extensive ou intensive)
- Poids d'une charge forfaitaire de sécurité de 15 kg/m²
- Poids d'une charge complémentaire forfaitaire de 85 kg/m², ajoutée pour le dimensionnement des seuls éléments porteurs à base de bois (bois massif et panneaux dérivés) pour tenir compte de leur fluage naturel, lorsque la pente est <7% sur plan.

(Règles Professionnelles pour la conception et la réalisation des terrasses et toitures végétalisées, édition n°2)

Charges d'exploitation, la plus élevée sera retenue :

- Poids de la charge d'entretien (100 kg/m²), au sens de la norme NF P 06-001
- Poids de la charge climatique de neige en région méditerranéenne
 - Bouches du Rhône : A2 = entre 35 et 60 kg/m²
 - Hautes Alpes : C1 = entre 55 et 90 kg/m²
 - Var : A2 = entre 35 et 60 kg/m²
 - Sauf (Barjols, Besse sur Issole, Brignoles, Cotignac, Fréjus, Grimaud, Lorgues, Le Luc, Le Muy, Saint Maximin la Sainte Baume, Saint Raphaël, Saint-Tropez) : C2 = entre 55 et 90 kg/m²
 - Vaucluse : B2 = entre 45 et 75 kg/m²
 - Sauf Valréas : C2 = entre 55 et 90 kg/m²
 - Alpes Hautes Provence : C1 = entre 55 et 90 kg/m²
 - Alpes Maritimes : A2 = entre 35 et 60 kg/m²
 - Sauf (Breil-sur-Roya, Guillaumes, Lantosque, Puget-Théniers, Roquebillières, St-Etienne-de-Tinée, St-Martin-Vésubie, St-Sauveur-sur-Tinée, Sospel, Tende, Villars-sur-Var) : C1 = entre 55 et 90 kg/m²

(NV65 2009 section 2.1)

AVIS MISE EN ŒUVRE

La mise en œuvre du **couvert végétal** se réalise de plusieurs façons :

- soit on dispose des bacs pré-végétalisés à réserve d'eau ou un système traditionnel multicouche, tapis pré-cultivés sous forme de rouleaux de gazon (nécessite un suivi de reprise racinaire).
- soit on plante sur place, dans le substrat, des mottes de végétation ou des fragments (pour un couvert total, il faudra attendre l'enracinement des fragments puis leur développement foliaire, délais 6 mois)
- soit on disperse des graines, plantation par semis (délais d'enracinement de 2 ans : dans notre région, le Mistral peut rendre la

mise en œuvre difficile)

Il est conseillé de l'installer entre mars et mai, puis entre septembre et novembre (Guide Régional des matériaux éco-performants)



Systèmes de pose de végétation

Système bacs pré-cultivés avec réserve d'eau



Système tapis pré-cultivés



Système par plantation de motte



Système par plantation de fragment



(Source Siplast)

(Source Siplast)

En périphérie de toiture et de toute émergence, une zone stérile (ou bande de pourtour) de 40 cm minimum doit être réservée pour assurer les contrôles et relevés d'étanchéité ainsi que la bonne évacuation des eaux pluviales.

Il faut également s'assurer que l'étancheur s'occupant de la mise en œuvre de la toiture végétalisée travaille en partenariat avec un paysagiste. Des formations sont possibles pour les étancheurs, par des paysagistes, pour l'entretien de la végétalisation et de l'étanchéité.

Arrosage intégré impératif en climat méditerranéen. Contrairement aux annonces de certains fournisseurs, toute toiture végétalisée nécessite un arrosage non seulement en période de croissance, mais également en période de sécheresse. Il faut donc le prévoir, et intégrer les consommations d'eau s'il s'agit d'eau potable dans le bilan global.

Mise en œuvre de l'étanchéité

Figure 1 : exemple avec étanchéité habitant le relief en maçonnerie traité avec Gravidand-Pack

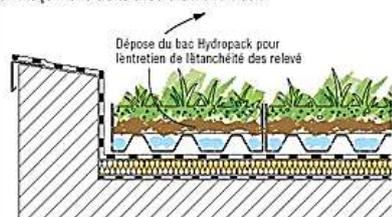
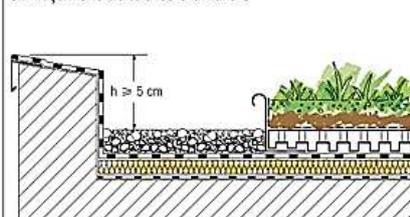


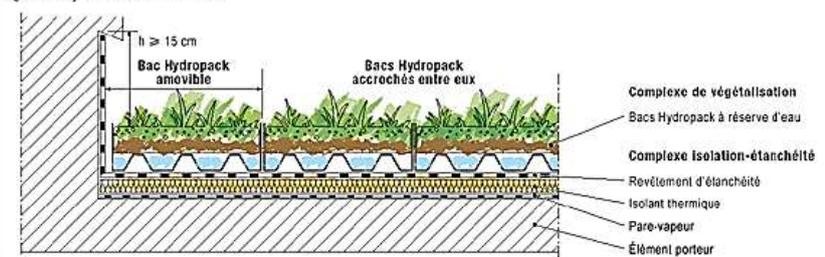
Figure 2 : exemple avec étanchéité habitant le relief en maçonnerie traité avec Gravidand S



L'entretien de l'étanchéité en relevé doit être facilité :

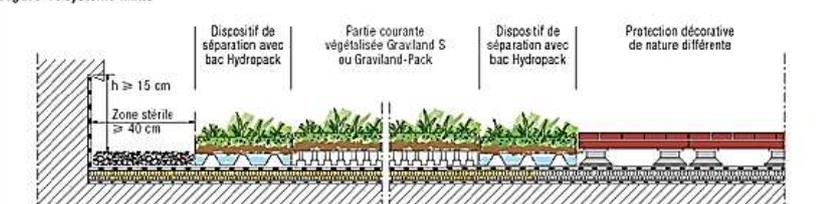
- soit par la mise en place d'éléments facilement amovibles (cf. figure 1)
- soit par la création d'une zone stérile de 40 cm de large (cf. figure 2) dépourvue de végétation (revêtement d'étanchéité apparent ou sous gravillons, dalles sur plots, etc.) réalisée conformément aux règles CSFE.

Figure 3 : système Gravidand-Pack



Dans le cas courant, quelle que soit la constitution du relief (sur maçonnerie, acier, bois avec ou sans isolant thermique), le relevé d'étanchéité est remonté sur une hauteur de 15 cm au-dessus du niveau supérieur de la protection (figure 3).

Figure 4 : système mixte



Lorsque la toiture comporte différentes zones de protection, on peut avantageusement constituer un dispositif de séparation entre ces zones selon le principe présenté en figure 4.

(Source Photothèque Siplast)

Des précautions spéciales sont à prendre suivant l'orientation de la toiture, la localité de l'habitation (en bord de mer par exemple à cause des agressions des sels marins, des mouettes ou du vent), ou encore la proximité des bâtiments voisins (leur ombre pourrait réduire l'ensoleillement et influencer sur le développement des végétaux).

La structure du bâtiment doit être vérifiée par des professionnels afin de déterminer le type de toiture que vous pouvez installer. Suivant l'inclinaison du toit, un système d'accrochage peut s'avérer nécessaire. Un permis de construire peut être nécessaire pour l'aménagement d'une toiture verte. La demande se fait auprès des services d'urbanisme de votre commune.

Lors de la mise en œuvre, il faut se reporter 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). Elles précisent en outre les essences déconseillées ou interdites pour ces ouvrages.

Attention : Selon les règles professionnelles Toiture et Terrasse Végétalisée, la mise en œuvre des complexes de végétalisation de toiture doit se faire lorsque les conditions climatiques sont favorables. Aussi, il est important de suivre les recommandations de l'association ADIVET. Cette dernière rappelle par ailleurs que la présence d'un point d'eau en toiture est indispensable afin que les préconisations de mise en œuvre et d'entretien puissent être respectées.

Extrait du chapitre 8.5.3 des Règles (à télécharger sur www.adivet.net)

Périodes de mise en œuvre et taux de couverture				
Mode de mise en œuvre	Période de mise en œuvre ^a	Taux initial après mise en œuvre	Taux de couverture à 1 an	Taux de couverture à 3 ans
Éléments pré-cultivés (plaques, tapis et bacs)	Toutes saisons	≥ 70 %	≥ 80 %	≥ 80 %
Plantation de micromottes ou godets	Printemps ou automne ^b	≥ 5 %	≥ 60 %	≥ 80 %
Semis de fragments ou de graines	Printemps ou automne ^c	0 %	≥ 40 %	≥ 80 %

^a sauf périodes de sécheresse ou de gel
^b à moduler en fonction des zones climatiques (sur conseil du tenant du procédé)
^c milieu de printemps et début d'automne

Retour d'expérience

● **Plantation difficile par semis** (Source : Architecte)

La mise en œuvre d'un couvert végétal par semis est difficile à réaliser selon la situation géographique du projet. La végétalisation de la toiture, la semence des graines, doit s'effectuer par une météo dénuée de tous vents. Un seul souffle peut en effet disperser les graines hors de la toiture et conduire ainsi à une réduction de 30 à 50% de la végétation attendue.

Il est donc préférable de recourir au minimum à des plantations par mottes ou fragments.

Toutefois le fabricant *Sarnafil* propose un nouveau procédé qui consiste à semer des graines « enrobées de colle » qui adhèrent directement au substrat et évite ainsi tout envol.

● **Toiture végétalisée horizontale plus efficace** (Source : Architecte)

Les toitures végétalisées réalisées sur supports horizontaux sont plus efficaces que sur supports en pente. En effet, les supports en pente conduisent plus facilement les eaux vers les évacuations. La rétention en eau est donc moins importante pour une toiture inclinée.

● **Comparaison d'expériences** (Source : Architecte)

Site : domaine d'architecture expérimentale à 50 km au nord de Montpellier. Climat méditerranéen à faible altitude.

L'installation de 2 types de procédés végétalisés a permis de réaliser une comparaison qualitative de ces 2 toitures.

- Toiture végétale sur dalle de bois massif (support bois massif, pare vapeur, isolant à 2 couches croisées de fibres de bois de 8 cm, étanchéité polyoléfine, substrat 10 cm), végétalisation semée 2,5 kg/m².

- Toiture ventilée, 7 cm de vide, avec une toiture végétalisée par-dessus.

Le confort d'été s'est révélé bon avec les deux types de toitures, mais meilleur toutefois avec la toiture sur dalle de bois.

● **Toiture végétalisée moins efficace qu'un grenier ventilé** (Source : Architecte)

Lorsque qu'on fait des études de confort d'été avec le logiciel Pléiades, mettre une toiture végétalisée est moins efficace que mettre un grenier ventilé (équivalent à une mise à l'ombre de la toiture).

- *La toiture végétalisée :*

La terre constitue une couche d'inertie qui emmagasine la chaleur la journée et qu'il est difficile de rafraîchir la nuit. Une solution est l'arrosage de la toiture végétalisée mais dans la région méditerranéenne, il est préférable de préserver l'eau.

- *Mise à l'ombre de la toiture :*

On fait une toiture terrasse avec l'isolant à l'extérieur, sous la couche d'étanchéité, et on installe un brise soleil au-dessus (lames, tôle ondulée, auvent etc.). Toute la journée, la toiture se retrouve à l'ombre et n'est plus soumise au rayonnement solaire direct. La nuit, on surventile pour rafraîchir les parois intérieures.

Il faudrait vérifier cela par le calcul et regarder également ce que ça donne pour l'hiver.

On peut donc dire que la combinaison d'une toiture végétalisée et d'une toiture ventilée semble être la solution idéale.

AVIS REGLEMENTATION / SECURITE / INCENDIE / ERP

Les éléments porteurs suivants sont admis avec une pente maximale de 20 % (limitation des professionnels de la construction) :

- maçonnerie conforme aux normes NF P 10-203 (réf DTU 20.12) et NF P 84-204 (réf DTU 43.1),
- béton cellulaire autoclavé conforme aux "Conditions Générales d'emploi des dalles de toiture en béton cellulaire autoclavé armé" (cahier du CSTB 2192) avec pente minimale de 1 %,
- en tôles d'acier nervurées conformes à la norme NF P 84-206 (référence DTU 43.3) avec pente minimale de 3 %, fixées à l'ossature comme si elles recevaient un revêtement autoprotégé,

DERBISEDUM admet des pentes de 25% (dimensionnement avec une flèche limitée à 1/300^e de la portée).

- en bois ou panneaux dérivés du bois conforme à la norme NF P 84-207 (référence DTU 43.4) ou panneaux bénéficiant d'un Avis Technique visant favorablement son emploi en élément porteur pour toiture avec revêtement d'étanchéité sous protection lourde, avec pente minimale de 3 %.

DERBISEDUM admet des pentes de 25% (dimensionnement avec une flèche limitée à 1/500^e de la portée).

Les avis techniques sont disponibles sur le site des fabricants notamment :

Cityflor : AT 5/07 – 1968

Pittsburgh : AT 5/02 – 1637

Prieuré : AT 5/10 – 2120

Sarnafil Sarnavert : AT 5/06 – 1911

Vertige : AT 5/10 - 2102

NB : La loi dite « Grenelle 2 » va faciliter la mise en œuvre de toitures végétalisées, qui n'étaient pas envisageables lorsque le PLU (plan local d'urbanisme) imposait des toitures de couleurs rouge par exemple.

CONFORT ET ENERGIE

THERMIQUE

Participe à la réduction de gain de chaleur par limitation de l'échauffement superficiel de l'étanchéité et par évapotranspiration en été et diminue le refroidissement nocturne en hiver. Il régule ainsi les variations de température, augmente l'inertie thermique du bâtiment évitant ainsi les chocs thermiques, et réduit les contraintes induites (dilatation, retrait, etc.).

Retour d'expérience

• Impacts thermiques et gestion de l'eau (Source : Architecte)

Des études sur le rôle thermique existent en Allemagne, mais ne sont qu'en projet en France où elles ne paraissent pas transposables. Une diminution de 3 à 4°C en été est couramment avancée. L'impact est moins sensible en hiver à Cantercel (lieu de recherche, de formation et de diffusion autour de l'architecture environnementale situé dans le 34).

Impact sur la rétention des eaux de pluie : en contexte méditerranéen, il faudrait avoir une capacité de rétention de l'ordre de 100 L/m². Les toitures végétalisées ne peuvent en assurer qu'environ 30 %.

ACOUSTIQUE

Les bruits d'impacts (pluie, grêlons) sont fortement amortis. Réduction acoustique de 5 dB(A) des bruits aériens. A 125 Hz (fréquence la plus difficile à isoler), le gain est de 8 dB (A).

VISUEL

Apport de végétation en zone urbaine (optimisation des surfaces, esthétique, intégration du bâtiment dans son environnement).

OLFACTIF

Le tapis végétal améliore la qualité de l'air par une production accrue d'oxygène et par l'absorption des gaz nocifs (CO₂). Il fixe les poussières et humidifie l'air asséché par la pollution urbaine.

De plus, selon le type de végétation installée, on peut s'attendre à divers parfums champêtres.

APPROCHE FINANCIERE

INVESTISSEMENT (tarifs donnés à titre indicatif 06/2011)

D'une manière globale, le coût d'une toiture-terrasse végétalisée est supérieur à celui d'une étanchéité auto-protégée ou protégée par gravillons (plus-value moyenne observée de 45 €/m²) mais inférieure à une étanchéité avec dalles sur plots.

Cette fiche est le fruit d'un travail collectif et n'engage en rien ses rédacteurs. Elle est libre de droit pour les utilisateurs de l'enviroBOITE.

Rédacteurs : Groupe Coopératif Matériaux - mai 2006 / Mise à jour : mai 2011

Comparativement à une terrasse-jardin, on réalise une économie importante sur le coût de la structure de l'ordre de 60 €/m².

Concernant l'investissement initial, celui-ci comprend :

- Un coût de définition et de conception du projet : la phase de conception demande en général l'intervention d'un spécialiste. Cette phase, aboutissant à un devis, représente 5 à 10 % du coût global du projet de toit végétalisé.
- Un coût de diagnostic initial du toit : une fois le projet défini, la phase de lancement du projet avec le maître d'œuvre et l'examen initial de la surface qui recevra le complexe de végétalisation engendrent des coûts pouvant représenter 2.5 à 5 % du coût global du projet.
- Un coût pour la réfection du toit (en rénovation) : avant la pose du complexe de végétalisation, des travaux de réfection de la couverture, en général au moyen d'une membrane anti-racines sont réalisés. Ces travaux peuvent coûter de 80 à 130 €/m², selon le type de toiture préexistante et la facilité d'accès au toit notamment.
- Un coût des matières premières : la base du complexe de végétalisation comprenant la bordure, le système drainant, le tissu filtrant, coûte de 45 à 90 €/m² pour une végétalisation extensive et de 130 à 250 €/m² pour une végétalisation intensive (comprenant le plus souvent des coûts de matériaux de construction pour la réalisation des allées). Les plantes peuvent représenter quant à elles un investissement de 9 à 25 €/m² pour une végétalisation extensive et de 45 à 1800 €/m² pour une végétalisation intensive, laissant plus de place à la créativité. Ces coûts dépendent des plantes choisies et de leur forme (semis, tapis pré-semés ou pots).

Les toitures végétalisées peuvent permettre de prétendre à certaines aides financières (crédit d'impôts développement durable, éco-prêt à taux zero, ...). De même, certains PLU encouragent la réalisation de toitures végétalisées par une possibilité de dépassement des hauteurs maximales de construction (PLU de Paris), d'un droit à construire supplémentaire (emprise au sol), voire une obligation de végétalisation dans certains cas (PLU de Charleville-Mézières).

MISE EN ŒUVRE

La mise en œuvre de la végétalisation doit impérativement être confiée contractuellement à l'étancheur car elle constitue une protection à l'étanchéité.

La couche de végétation est obtenue selon différents types de mise en œuvre, (semis, plantations en godets ou rouleaux pré-cultivés), voir avis mis en œuvre, ce qui influencera son coût et son temps de végétalisation (respectivement 2 ans, 6 mois ou instantané) pour une couverture entre 80 et 100 %. Toutefois, on peut noter qu'en moyenne, les coûts de mise en œuvre (fonction de l'accessibilité au toit, de la taille du projet et de sa complexité, des techniques de plantation nécessaires) varient de 25 à 70 €/m² pour une végétalisation extensive et de 70 à 160 €/m² pour une végétalisation intensive.

ENTRETIEN

Les plantes doivent être arrosées après la mise en terre et pendant toute la période de croissance.

Selon le complexe de végétalisation choisi, un système d'irrigation pourra être mis en place. Le coût de ce système est de 18 à 35 €/m², selon le type d'arrosage.

Deux systèmes d'arrosage peuvent être utilisés :

- les systèmes de goutte à goutte par tuyaux microporeux qui présentent 2 risques : bouchage des pores par le calcaire et percolation importante de l'eau à travers le substrat.
- les systèmes par aspersion, plus sûr, mais peut-être plus consommateurs d'eau.

Dans les deux cas, une programmation est quasi obligatoire. Par la suite, ce système demande peu d'entretien. Dans les conditions normales, les fournisseurs proposent une à deux inspections annuelles. La pose d'un adoucisseur sur l'alimentation en eau permet de limiter la formation de calcaire.

Pour une toiture végétalisée de type extensif, les frais d'entretien et d'arrosage sont limités, la fréquence d'entretien étant comprise entre 1 et 4 interventions par an (pour éliminer les plantes indésirables, contrôler le système de drainage, voire des services complémentaires proposés par le fournisseur) et l'arrosage n'étant pas toujours nécessaire.

Le coût d'entretien est de 10 à 18 €/m² par an au cours des deux premières années, le temps de développement de la végétation. Le conditionnement de type semis est le plus économique à la pose mais cher à l'entretien (complément de semis, fertilisation...)

Pour une toiture de type intensif, l'entretien est continu, plus fréquent et plus conséquent : les coûts peuvent varier de 11 à 18 €/m² par an, sur l'ensemble de la durée de vie de la toiture. Un coût supplémentaire devra être prévu pour l'arrosage, dans la région méditerranéenne, durant les mois d'été lors des 3 premières années environ. Un arrosage par brumisation permet une économie non négligeable d'eau.

Innovation : La société TIVAO a mis au point une solution informatique spécifique permettant de mesurer les besoins du substrat des toitures végétalisées et de commander à distance l'irrigation et la fertilisation nécessaires à la bonne croissance de vos plantes. Pour plus d'informations, se référer au site : www.tivao.fr

Retour d'expérience

• Importance de l'entretien

A Cadenet (84), une toiture végétalisée extensive a été mise en place pour la Maison de la Petite Enfance de la commune. Faute d'entretien, la zone stérile ainsi que la toiture est envahie par des espèces végétales. Les asperseurs étant mal réglés, certaines zones de la toiture sont peu arrosées. Le sédum, initialement planté, n'est plus apparent car d'autres végétaux sont apparus.

CARACTERISTIQUES ENVIRONNEMENTALES

ORIGINE DES PRODUITS (naturelle, synthétique, recyclage)

Le système comprend plusieurs couches qui peuvent provenir de divers produits.

Le support peut être en béton, en bois ou en acier.

L'isolation peut provenir de n'importe quel isolant du marché (voir chapitre isolation pour plus de détail ainsi que le DTU correspondant).

L'étanchéité est le point faible du système, elle provient souvent de la pétrochimie.

La couche de végétalisation provient de la culture pour les tapis précultivés.

CARACTERISTIQUES SANITAIRES ET SANTE (micro-organisme, émission COV, radioactivité, fibres...)

Les risques sur la santé pourrait provenir essentiellement de l'étanchéité (cf. Fiche Envirobat « [Comparaison étanchéité toiture bitume, PVC, polyoléfine](#) »). Toutefois, étant situé à l'extérieur du bâtiment, les risques sont minimes.

La couche de végétalisation améliore la qualité de l'air par la production d'oxygène et la fixation du CO₂.

Le tapis végétal humidifie l'air asséché par la pollution urbaine, entraînant une réduction de l'aptitude aux allergies.

Face à l'expansion urbaine croissante, la surexploitation des ressources naturelles, le changement climatique et bien d'autres sujets qui soulèvent le débat, Raphaëlle Bregal et Aurélie Brohan (Institut EGID) ainsi que Céline Mandallena (NOBATEK) vous présente dans un article des solutions d'introduction de la biodiversité à l'échelle du bâtiment et du quartier, dont le système des toitures végétalisées : <http://www.constructionsdurablesaquitaine.com/actunique.asp?id=210>

ELEMENTS D'ACV (contexte local, recyclage)

L'utilisation de membranes d'étanchéité à base d'alliage de polyoléfines souples (FPO), ne contenant ni plastifiant, ni chlore, ni aucun autre halogène s'avère totalement neutre pour l'environnement. Conformément à la norme ISO 14001, la production s'opère sans pollution de l'environnement (soudure à air chaud ne dégageant ni fumée, ni gaz toxique) et les déchets font l'objet d'un recyclage total (broyage pour servir de matière première pour la fabrication de produit d'étanchéité ou possibilité d'incinération si aucun résidu de chlore ou plastifiant).

Il faut toutefois noter que les membranes à base de polyoléfine contiennent des stabilisants qui peuvent être sources d'émission. De plus il faut tenir compte, le cas échéant, du type de colle utilisée.

NUISANCES (emballage, déconstruction, déchets, types de déchets)

Déchet vert fermentescible compostable pour amendement et/ou biométhanisation pour la couche de végétalisation.

ENTRETIEN MAINTENANCE

La végétalisation augmente la longévité des toitures, et aucune pathologie spécifique des toitures végétalisées n'est notée, à quelques conditions :

- une étanchéité bien faite
- pas de dégradations ultérieures (pose d'antennes, par ex...)

L'Allemagne dispose de références faisant état de durée de vie de l'ordre de 25 ans (expérience à Berlin sur des toitures de 70 ans). En France, les toitures végétales ont maintenant 12 à 15 ans et peuvent perdurer davantage si un entretien régulier est effectué.

Entretien initial : 4 passages nécessitant un nettoyage des dispositifs d'évacuation pluviale, un désherbage, un arrosage (en cas de période sèche prolongée), des semis complémentaires ou un remplacement des végétaux si nécessaire.

Contrôle annuel : un nettoyage des dispositifs d'évacuation pluviale, un désherbage et une fertilisation tous les 2 à 3 ans.

Sur ce principe, les fournisseurs proposent un entretien initial et un contrôle annuel, voire des services complémentaires.

Dans la région méditerranéenne, l'arrosage pendant l'entretien initial doit être régulier. En plus du contrôle annuel courant il faut un arrosage par aspersion ou par brumisation (meilleure rentabilité) hebdomadaire en été les premières années. Eviter un arrosage goutte à goutte qui demande beaucoup plus d'eau à cause de la percolation de l'eau trop rapide ainsi que les tuyaux micro-

Cette fiche est le fruit d'un travail collectif et n'engage en rien ses rédacteurs. Elle est libre de droit pour les utilisateurs de l'enviroBOITE.

Rédacteurs : Groupe Coopératif Matériaux - mai 2006 / Mise à jour : mai 2011

perforés qui se bouchent avec l'eau calcaire.

Comme exemple, vous pouvez consulter la fiche d'entretien et de préconisation extraite du cahier des charges du fournisseur Siplast: http://www.siplast.fr/prescriplast/terrasse/TTV/pdf/Information_GravilandPack.pdf

Retours d'expériences

- La phase d'installation est cruciale, il faut aider la végétation à s'installer. Ensuite elle doit s'adapter. En climat méditerranéen, un arrosage hebdomadaire avec apport d'environ 30 mm/m² doit suffire.

Avec goutte à goutte, les points d'apports doivent être plus rapprochés qu'au sol car le substrat est moins profond.

A Cantercel (lieu de recherche, de formation et de diffusion autour de l'architecture environnementale situé dans le 34) une expérience montre qu'au bout de 5 ans sans arrosage ni entretien, une végétation subsiste en toiture végétalisée (20 cm de terre sur pouzzolane, en légère pente, semée à la volée avec des fétuques sur toile de jute). (Source: Architecte)

- L'arrosage par goutte à goutte est moins efficace que par aspersion. Cet arrosage très localisé humidifie la terre ponctuellement, seulement sur les surfaces où il est disposé. (Source: Architecte)

- **La programmation de l'arrosage**

Pour le système de programmation de l'arrosage, il est conseillé de le délocaliser dans un local facilement accessible. En effet, si ce n'est pas le cas (en toiture par exemple), il peut être la cause d'un oubli de réglage (différent en période sèche et en période humide) et peut engendrer une surconsommation d'eau, une détérioration de la végétalisation, etc. Pour nos toitures végétalisées de 2000 et 5000 m², nous avons choisi une programmation par tranche de 100 m². (Source : Architecte)

CONCLUSIONS

Malgré un prix légèrement plus élevé qu'une étanchéité auto-protégée ou sous-gravillons, les toitures végétalisées offrent l'avantage de participer à la fois au confort du bâtiment et à l'amélioration des aspects environnementaux et écologiques. Elles ont à la fois un impact sur le maintien de la biodiversité (insectes, arachnides, oiseaux...), la rétention des eaux de pluie et la qualité du climat et de l'atmosphère environnants.

Principales caractéristiques environnementales des toitures végétalisées

Problèmes environnementaux des villes	Caractéristiques des toitures végétalisées	Cibles HQE
Appauvrissement du biotype urbain	Biodiversité : les végétaux attirent les insectes qui attirent eux-mêmes les oiseaux... La toiture végétalisée permet en outre de créer des espaces protégés pour les espèces végétales menacées.	Cible 1 (Eco-construction) relation harmonieuse du bâtiment avec son environnement immédiat.
Manque d'espaces verts	Restitution d'espaces verts : la surface occupée par le bâtiment se présente au niveau de la toiture comme un espace vert. Avantage dans le calcul du taux d'occupation du sol permettant d'arriver à 100% des surfaces couvertes par le projet. Les toitures végétalisées améliorent le paysage urbain et participent à l'harmonie visuelle des villes.	Cible 1 (Eco-construction) relation harmonieuse du bâtiment avec son environnement immédiat.
Production des déchets	Diminution des déchets : le "fonctionnement" des terrasses-jardins génèrent des déchets végétaux en grande quantité qu'il est nécessaire d'évacuer et de traiter. A contrario, la toiture végétalisée forme un écosystème fonctionnant en circuit fermé qui produit peu de déchets. - La végétation confère une protection supplémentaire de l'étanchéité qui peut lui permettre de doubler sa durée de vie (protection UV, poinçonnement, limite les chocs thermiques...) Traitement facilité des déchets : son mode de mise en œuvre indépendant facilite la déconstruction et la récupération des matériaux. - La plupart des systèmes sont composés de produits naturels, entièrement recyclables (ex: les camions-silo acheminant le substrat suppriment la production d'emballages)	Cible 2 (Eco-construction) durée de vie des matériaux Cible 6 (Eco-gestion) gestion des déchets
Gaspiillage énergétique	Renforcement de l'efficacité énergétique des projets : amélioration de l'isolation thermique des bâtiments.	Cible 4 (Eco-gestion) gestion de l'énergie
Inondations	Retenue temporaire des eaux pluviales : la toiture végétalisée fonctionne comme une éponge, possède une grande capacité de reprise d'eau: effet retardateur de l'évacuation de l'eau pluviale (le volume de rétention en eau s'échelonne selon les systèmes entre 20 et 100 l/m ²)	Cible 5 (Eco-gestion) gestion de l'eau
Traitement des eaux usées	Non restitution d'eau au réseau : un système de 8cm peut retenir jusqu'à 50% des précipitations annuelles; c'est autant d'eau "propre" ne venant pas perturber le traitement des eaux usées dans le cas des réseaux d'eau non séparatifs.	Cible 5 (Eco-gestion) gestion de l'eau
Gaspiillage des ressources	Récupération de l'eau de pluie : restitution d'une eau pluviale filtrée de bonne qualité dans les réseaux d'eau séparatifs permettant un usage domestique.	Cible 5 (Eco-gestion) gestion de l'eau
Entretien des espaces verts	Faible coût : entretien minimisé	Cible 7 (Eco-gestion) entretien et maintenance
Haute température Effet de serre	Régulation de la température des villes : le tapis végétal absorbe les rayonnements solaires et va à l'encontre de l'effet de serre.	Cible 8 (Confort) confort hygrothermique
Manque d'humidité	Humidification de l'air : le substrat retient l'eau, puis par évaporation le restitue à l'atmosphère qui se rafraîchit et s'humidifie.	Cible 8 (Confort) confort hygrothermique
Pollution acoustique	Diminution de la contamination acoustique : les plantes absorbent le son. Isolation acoustique aux bruits aériens (réduction de 5 dB(A))	Cible 9 (Confort) confort acoustique
Qualité de l'air	Oxygénation de l'air : les plantes transforment le gaz carbonique en oxygène, filtrent les particules et les gaz toxiques. Dégradation des polluants automobiles.	Cible 13 (Santé) qualité de l'air

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages

- « Végétalisation extensive des terrasses et toitures ». **LE MONITEUR**. François Lassale. Septembre 2006.
- « Toits et murs végétaux ». Nigel Dunnett Noël Kingsbury. Editions du Rouergue. Mars 2005.
- « Exemple d'intégration de l'Environnement dans le bâtiment ». Déchets / Recyclage. Juillet 2004. CD REEF. TOUS LES DTU, NORMES DTU, CAHIERS DE PRESCRIPTIONS TECHNIQUES ET REGLES DE CALCUL EN VIGUEUR. **CSTB** le futur en construction.
- « La maison écolo, c'est du sérieux ». Vivre mieux Environnement. Le Journal de Paris. 4 décembre 2004.
- « Revêtement végétalisé pour surfaces planes, pentues ou verticales ». Toitures-terrasses. Le Moniteur. 11 février 2005.

Sites internet

AXTER : www.axter.com

IMPERFRANCE / DERBIGUM : www.derbigum.fr

- Cahier des clauses techniques du DERBIGUM JARDIN. Procédé d'étanchéité pour toitures-terrasses jardins.
- Cahier des clauses techniques du DERBISEDUM. Procédé de végétalisation extensive.

KALZIP : www.kalzip.com

MEPLE : www.meple.com

PITTSBURGH CORNING : www.foamglass.com

- Projet bâtiment info. FOAMGLAS Isolation en verre cellulaire. Construire de manière durable. Ref 2004/05/FR
- Projet bâtiment info. FOAMGLAS Isolation en verre cellulaire. Solutions pour une construction durable. Ref 2004/11/FR

SARNAFIL : www.sarnafil.fr

SIPLAST – ICOPAL : www.siplast.fr

- Gravidand S. Procédé d'étanchéité pour terrasses et toitures végétalisées. Etanchéités des toitures_terrasses inaccessibles.
- Cahier des charges de pose établi par SIPLAST-ICOPAL. Debeb n°51. Edition octobre 2002.
- Avis technique 5/99-1419 Gravi 2000.

SMAC ACIEROID : www.smac-acieroid.fr

- VEGETALISATION. Tecflor, le procédé de végétalisation à réserve d'eau

SOPREMA ETANCHEITE : www.soprema.fr

- SOPRANATURE la nature est le toit. Végétalisation de toitures et terrasses
- Cahier de prescriptions de pose SOPRANATURE sur toitures de pentes < 20 % - CPP n° 02/055 F
- Caractéristiques environnementales du système Etanchéité bitumineuse bi-couche sous protection végétalisée en mode de liaison indépendant. TRIBU.
- Cahier de clauses techniques d'août 1994, examiné favorablement Contrôle et prévention (enquête n° DT 00666 du 31/01/95).

ECOVEGETAL : www.ecovegetal.fr

- Les dalles végétalisées. Construisons le développement durable. ECOVEGETAL.

ETERNIT : www.etermit.fr

- Eternit Verdo. Le « Toit Vert » : une plaque ondulée révolutionnaire d'Eternit. Publi. Et. n° 8431-2F-0299

LE PRIEURE : www.vegetalid.com

VERTIGE SARL : www.vert-tige.eu

TOIT VERT : www.toitvert.info

LARIVIERE www.lariviere-sa.fr

SURYA'NA : www.suryana.fr

MEMOIRE DE FRANCOIS LEROUX : exemple d'intégration, maison individuelle Chaponost

http://www.lyon.archi.fr/sitehqe/site_carnetdevoilage_2004/carnetdevoilage/HQE_M%E9moires/hqe_memoires_2005/leroux.pdf

“Végétaliser un toit” (Terre vivante) : <http://www.terrevivante.org/131-vegetaliser-un-toit.htm>

Guide « Réaliser des toitures végétalisées favorables à la biodiversité » (Observatoire Départemental de la Biodiversité Urbaine de la Seine-Saint-Denis et Natureparif, l'Agence régionale pour la nature et la biodiversité en Île-de-France)

<http://www.natureparif.fr/attachments/Documentation/livres/Toitures-vegetalisees.pdf>