

Toitures végétalisées : une contribution au développement durable



[Jardins suspendus de Babylone](#), une des [sept merveilles du monde](#)

Une **toiture végétale** également appelée **toiture végétalisée**, **toit végétalisé**, **toit vert** ou plus scientifiquement **PCV_H¹** (Paroi Complexe Végétalisée Horizontale) est une [toiture](#) aménagée en [toit-terrasse](#) ou [penthouse appartement](#), recouverte de [végétation](#), alternative à des matériaux couramment utilisés, comme les [tuiles](#), le [bois](#) ou les [tôles](#).

Cette technique existe vraisemblablement depuis le [néolithique](#) (12500 à 8000 av. J.-C.). Il consiste à recouvrir d'un [substrat](#) végétalisé un [toit](#) plat ou à faible pente (jusqu'à 30° et rarement plus, au-delà, on parlera de [mur végétalisé](#) ou plus scientifiquement de PCV_V¹).

De nombreuses expériences conduites en Europe (depuis les [années 1970](#) surtout en [Allemagne](#), [Pays-Bas](#), [Suisse](#), [pays scandinaves](#), et depuis peu en [Belgique](#), [France](#), etc.) ont montré que pour des objectifs [esthétiques](#) ou de durabilité, comme dans la perspective de restauration ou protection de la [biodiversité](#)² et de l'[Environnement](#) en milieu [urbain](#) (en particulier concernant la qualité de l'air et l'atténuation des [îlots de chaleur urbaine](#)^{Note 1}) l'aménagement d'un toit planté se révélait intéressant³.

Plusieurs entreprises spécialisées ont mis au point des systèmes complets de verdissement des toitures, fiables et performants. Elles proposent toutes sortes de systèmes, allant des tapis pré-végétalisés de [sédums](#) à la station d'arrosage automatisée en passant par des caissons emboîtables pré-végétalisés, autodrainants, mais équipés d'une petite réserve en eau. Il est conseillé de se faire assister par un bureau d'étude spécialisé pour réaliser des choix techniques adaptés au contexte de chaque projet (conditions climatiques locales, configuration de la toiture, attentes du maître d'ouvrage...) tout en respectant la réglementation existante⁴.

La végétalisation de toiture nécessite un savoir-faire et des connaissances bien spécifiques et la réussite des projets repose en grande partie sur les choix relatifs à la couche de culture. Le choix du substrat est essentiel et doit faire l'objet d'une réflexion qui prend en compte l'ensemble des contraintes du site⁵.

L'intégration d'un toit vert dans le bâtiment sera d'autant mieux réussie si elle est envisagée dès la conception du bâtiment, mais elle est toutefois réalisable sur des constructions déjà existantes.

Les coûts d'entretien et surcoûts de construction sont faibles, en comparaison des services rendus, particulièrement pour les terrasses plantées en extensif qui ne nécessitent qu'un nettoyage annuel des écoulements, aucun arrosage et un entretien très réduit.

Cette technique, qui est parfaitement au point et relativement aisée à mettre en place, ne provoque pas l'altération du bâtiment. Au contraire, la stabilité et l'étanchéité des toitures végétalisées sont supérieures aux toitures plates classiques. La chambre syndicale française de l'étanchéité (CSFE) promeut depuis avant 2004 l'intérêt des TTV pour l'étanchéité⁶, mais aussi de manière plus large pour l'approche [HQE](#) ; en particulier concernant l'énergie, le cycle de

l'eau, le confort thermo-hygrométrique, le bruit et de l'amélioration du cadre urbain, protection du bâti contre les chocs thermiques, biodiversité urbaine³.

En France, des centres de compétences travaillent sur la thématique des toitures végétalisées. Ils font évoluer les procédés existants, facilitent l'innovation et permettent l'amélioration des techniques⁷.

Projet Geen Roof

Présentation

Certains pays ont imposé une couverture verte aux toits des bâtiments (Suisse)

Les toits végétalisés à travers le Monde

A Paris, les toitures végétalisées sont inscrites au PLU

En inscrivant les TVE dans son PLU pour essayer d'introduire ou d'augmenter la présence végétale dans la ville, Paris connaît une situation tout à fait nouvelle par rapport aux anciennes règles du POS qui végétalisaient au sol. Comme il n'est pas possible d'augmenter les espaces verts à terre, il suffit de les remplacer par des ouvrages en élévation, en toiture ou en façade. Les TVE pouvant être réalisées sur la plupart des équipements de la ville, ou des constructions privées, le projet a rencontré un vif succès.

En France, les toits des zones commerciales seront verts ou ne seront pas

Par [Lara Charmeil](#) | Publié le 26 Mars 2015

L'Assemblée nationale vient de voter un amendement obligeant les nouveaux centres commerciaux à végétaliser leurs toits, ou à y installer des moyens de production d'énergie renouvelable. L'objectif : limiter les "îlots de chaleur urbains".



Un toit végétalisé, à Toronto (Crédit : Scott Torrance Landscape Architect Ltd)

Histoire

Cette section est vide, insuffisamment détaillée ou incomplète. [Votre aide](#) est la bienvenue !

Historiquement, la construction de toitures végétales se fait de manière traditionnelle dans plusieurs [pays scandinaves](#) et [européens](#). Le principe utilisé depuis des millénaires dans la zone paléarctique, qui fait encore partie des traditions des [Amérindiens](#) d'[Amérique du Nord](#), est le suivant :

Un épais mélange de terre et de végétaux herbacés enracinés permettait de réaliser des toitures relativement bien [isolées](#), étanches à l'air et à l'eau, résistantes au vent et au feu, le tout se faisant avec des matériaux facilement disponibles localement. Ces lourdes toitures exigent de solides charpentes et une couche protectrice placée entre la partie végétalisée et la charpente afin que cette dernière ne pourrisse pas. Pour ce faire, on utilise traditionnellement par exemple des tuiles de bois peu putrescibles, ou plus souvent des plaques d'écorce déroulée de [bouleau](#). La construction moderne utilise des bâches spéciales en matière plastique type [EPDM](#) (avec feutre antiracine le cas-échéant) ou des éléments étanches thermosoudés ou collés non métalliques. Des bénéfices intéressants peuvent aussi être attendus en [zone tropicale](#)⁸.

Allemagne

Grâce aux aides gouvernementales, les Allemands de l'Ouest furent les pionniers des toits végétaux modernes dès les [années 1960](#). Durant les années 1995 à 2005, environ 10 % des toits allemands nouvellement construits ont été végétalisés. Dans certaines villes ([Hambourg](#), [Stuttgart](#)), durant un certain temps, le surcoût a été remboursé ou fortement subventionné par la commune, qui y trouvait son intérêt, ces toitures lui évitant d'agrandir les réseaux d'[égouts](#) qui étaient à saturation pour absorber le [ruissellement](#) lié aux fortes pluies sur des sols de plus en plus imperméabilisés ; grâce au pouvoir « *tampon* » du substrat végétalisé sur les pluies. La municipalité de [Berlin](#) prend en charge 60 % des frais des toits végétaux.

Des fabricants allemands vendent les garages directement fournis avec leur terrasse ou toiture végétalisée. Aujourd'hui, un système de points « *bonus* » accorde une réduction de taxe environnementale aux promoteurs immobiliers qui utilisent les toits végétaux. Les assureurs allemands notent que les terrasses végétalisées sont moins sources de sinistres que celles couvertes de goudron ou de cailloux, car le bâtiment subit des chocs thermiques très atténués. Vers 2010, dans la construction neuve, les toitures et terrasses vertes étaient d'environ 1 million de mètres carrés (1/30 de la surface totale) en France (et essentiellement - à 90 % - dans des chantiers de construction neuve), contre 13 millions de mètres carrés construits par an en Allemagne, soit 1/6ème des nouvelles toitures³.

Canada

Au [Canada](#), les projets commerciaux et résidentiels incluant des toits végétaux sont encore peu nombreux (une vingtaine au [Québec](#)), mais les produits et l'expertise sont maintenant disponibles. Il y aurait, parmi les baby-boomers, une certaine popularité des toits-jardins, sortes de prés fleuris pour [condominium](#) ou appartement de ville.

Parmi les toitures végétalisées les plus connues, on note celles du [Mountain Equipment Co-op](#) de [Toronto](#) et des [Pavillons Lassonde](#), de l'[École polytechnique de Montréal](#), du 740 Bel-Air, les locaux de la gendarmerie royale du Canada, le [Cégep de Rosemont](#)⁹ à [Montréal](#), et la bibliothèque de Bromont¹⁰. La bibliothèque publique de [Vancouver](#) possède au-dessus du neuvième étage un jardin de 1 850 m², conçu par la paysagiste Conelia H. Oberland en 1995.

Japon

Au [Japon](#), la ville de [Tokyo](#) exige que toute construction occupant plus de 1000 mètres carrés de terrain soit couverte de végétaux sur 20 % de sa surface.^{[[réf. souhaitée](#)]} Kobe a suivi l'exemple et d'autres villes japonaises pensent à l'adoption de lois similaires.

États-Unis

Les toits « vivants » ne sont pas une nouveauté en [Amérique du Nord](#). Dans la seconde moitié du XIX^e siècle des mottes de gazon de la grande prairie américaine recouvraient souvent les maisons. Aux [États-Unis](#), les toitures vertes ont longtemps été associées à des concepts marginaux d'architecture bio-climatique, enfouie et recouverte de terre. Cette architecture d'abri anti-atomique n'avait pas connu une grande popularité. La venue de nouveaux systèmes de culture plus légers et les nouveaux enjeux environnementaux ont relancé l'intérêt pour ces toitures. On parle maintenant de toitures durables qui ajoutent une qualité de vie aux immeubles résidentiels urbains. L'association [Green Roofs for Healthy Cities](#) regroupe des [paysagistes](#) qui encouragent l'aménagement de toitures végétales¹¹.

Le maire [Richard M. Daley](#) a fait de [Chicago](#) la première ville d'[Amérique du Nord](#) en matière de « toits verts » grâce à des incitations fiscales qui ont été mises en place depuis le début des années 2000¹¹. Ils se développent également dans l'agglomération et l'État de [New York](#) qui subventionne ces projets¹¹. L'une des plus grandes toitures végétales américaines est celle de l'usine du [Ford River Rouge Complex](#) ([Dearborn](#), [Michigan](#)) ; elle mesure 42 000 m² et fut conçue par l'architecte-paysagiste [William McDonough](#). Quant à celle du [Millennium Park](#) Garage de Chicago, elle s'étend sur quelque 99 000 m². Parmi les autres réalisations de ce type aux États-Unis, on peut citer le siège social de [Gap](#) ([San Bruno](#) ([Californie](#))), le siège de l'[American Society of Landscape Architects](#) à [Washington, D.C.](#), la [Ballard Library](#) de [Seattle](#), la [California Academy of Sciences](#) de [San Francisco](#) ou encore le siège de Weyerhaeuser (Washington).

En 2012, un million de mètres carrés de nouvelles toitures végétalisées a été construit aux États-Unis¹².

France

La France a pris un certain retard par rapport à nombre de ses voisins. Un référentiel des Règles Professionnelles de conception et réalisation des terrasses et toitures végétalisées y a été mis à jour en 2007¹³.

Des subventions existent, par exemple :

- en [région Île-de-France](#)^{Note 2},
- au [conseil général des Hauts-de-Seine](#)^[Quand ?],
- par les [Agences de l'eau](#)^{Note 3} ou sont données ou prévues par certaines villes comme [Lille](#)^[Quand ?].

En accompagnement, des conseils¹⁴ (ex : *Fiche sur le thème de la végétalisation des murs et des toits et cahier de recommandations environnementales*¹⁵).

Des villes les prévoient aussi dans leurs [PLU](#) (Paris, Grenoble...)³. Depuis 2006, la ville de [Paris](#) rend le mur et/ou la toiture végétalisé(s) obligatoire(s) si une demande de [permis de construire](#) ne prévoit pas un taux suffisant d'espaces végétalisés au sol (Cf. « *Coefficient de biotope* »)¹⁶ ; début 2007, on comptait à Paris, plus de 40 murs pignons végétalisés¹⁷, et en 2012, toujours pour la capitale française, 22 ha de toits végétalisés¹².

Le cap du million de mètres carrés supplémentaires aurait été franchi en 2011 (1,36 million de mètres carrés réalisés dans l'année (35 M €), pour un marché de couverture représentant au total 25 millions de mètres carrés selon l'Association des toitures végétales (Adivet)¹⁸. Le prix moyen en France en 2011 était de 30/35 €/m²¹⁸. Les commanditaires sont surtout public, pour des écoles, collèges, lycées, bâtiments sportifs... qui représentent environ 70 % du marché, loin devant les grandes surfaces commerciales et industrielles (20 % du marché), elles-mêmes devant les maisons individuelles (10 % du marché)¹⁸.

En 2012, un million de mètres carrés de toitures végétalisées a encore été construit en France¹², et en avril 2013, la plus grande toiture végétalisée de Paris (7 000 m²) a été inaugurée sur le toit du [Centre commercial Beaugrenelle](#)¹² ; la mairie de Paris espère atteindre 7 ha de toits végétalisés d'ici 2020¹⁹.

Suisse

Dans le [canton de Bâle-Ville](#), la végétation y est obligatoire sur tout nouveau toit plat. En 2013, 25 % de ses toits plats sont végétalisés, ce qui constitue un record mondial²⁰. Il a été constaté que des [orpins](#), insectes et oiseaux colonisent le toit d'un hôpital de [Bâle](#), en Suisse.

Autriche

En Autriche, comme en Suisse ou en Allemagne, des lois locales rendent les toits verts obligatoires sur les toitures présentant une inclinaison propice. [\[réf. souhaitée\]](#)

Avantages et Impacts

la toiture végétalisée devrait permettre, à grande échelle, de réduire les impacts négatifs liés aux évolutions urbanistiques et climatiques ; à l'échelle de la ville, d'améliorer la qualité de l'air et l'esthétique paysager, de réguler la température, d'optimiser la gestion des eaux pluviales ; au niveau du bâtiment, d'améliorer ses caractéristiques thermiques, acoustiques et la durabilité de l'étanchéité de sa toiture, de protéger le bâti...

Une contribution au confort urbain

Etant donné que l'assèchement du climat urbain est une réalité (à Paris, par exemple, depuis plus de quinze ans, aucun brouillard urbain n'est relevé alors qu'il couvrait la ville de 15 à 25 jours par an), que les températures s'élèvent de 4 à 6° intra muros, que les eaux de pluie s'écoulent trop rapidement, la végétalisation des toitures est susceptible d'être l'une des solutions destinées à freiner l'augmentation de la pollution et à adoucir le climat urbain. Etant donné qu'une bonne proportion des eaux de pluie restent sur les toitures végétalisées extensives, elles participent activement à l'humidification de l'air.

Les toitures végétalisées améliorent le confort thermique des villes, car elles récréent des zones d'évapotranspiration et d'humidification de l'air dans les villes qui sont devenues des îlots de chaleur, dont la température ne cesse d'augmenter. En moyenne, les toitures classiques représentent 30 % des déperditions de chaleur d'un bâtiment. La toiture végétalisée extensive permet de pallier le déficit. Elle constitue une stratégie bioclimatique idéale en associant sur le même toit protection solaire, inertie thermique et isolation acoustique. Par ailleurs, du fait de leur faible poids, les toitures végétalisées extensives sont particulièrement bien adaptées aux réhabilitations. Reste à déterminer la superficie nécessaire pour que cette technologie ait une action efficace et mesurable, la performance des toitures végétalisées extensives variant en fonction de la nature du substrat, de sa pose et des conditions climatiques. Une préconisation ? Etablir des protocoles communs entre les différents systèmes de toitures végétalisées extensives des différents pays afin de capitaliser les expériences dans un objectif d'optimisation de la performance thermique.

Table 1. Major benefits of green roof urban farming

Environmental Sustainability:

- Reduce food transportation
- Reduce wastes by generating less packaging
- Recycle organic wastes by composting
- Mitigate urban heat island
- Increase biodiversity
- Improve air quality
- Improve urban stormwater management
- Sound insulation and noise absorption

Social Sustainability:

- Active community participation
- Community green space and gardens
- Social inclusion: provide fresh food to the poor
- Education
- Local employment
- Amenity space for exercise and recreation

- Aesthetic value

Economic Sustainability:

- Increase local food production and sale
- Increase local food security
- Sell organic vegetable and food
- Access to open space/views increases property value
- Improve roof durability
- Reduce building cooling load and energy costs
- Increase roof life span
- Increase availability of biofuels

A more established green roof standards publication is the *Guideline for the Planning, Execution and Upkeep of Green Roof Sites*, provided by the FLL (*Landscape Research, Development & Construction Society*) in Germany. This guideline was initiated by the German *Ministry of Planning, Building Construction and Urban Areas* who gave the FLL the responsibility of researching cost effective methods for extensive and simple intensive green roofs. The guidelines were first published in 1990 and were revised in 1995 and 2002 to incorporate latest technologies. It is now widely accepted as a technical standard and is regularly referred to by the German DIN Standard. It covers the following topics:

- ◆ Waterproofing;
- ◆ Structural Loading;
- ◆ Protection against root penetration;
- ◆ Protection against mechanical damage;
- ◆ Protection against corrosion;
- ◆ Joints and borders;
- ◆ Protection against emissions (such as on vent buildings);
- ◆ Wind loads;
- ◆ Fire Protection;
- ◆ Protection against slipping and shearing;
- ◆ Trafficable paved surfaces;
- ◆ Landscape furniture (trellises, pergolas, lighting, ponds, etc);
- ◆ Working layers: soil substrate, filter layer, drainage layer, protection layer, root barrier, separation layers, anti-bonding layers;
- ◆ Construction techniques;
- ◆ Water retention (maximum water capacity, water permeability, discharge co-efficient, etc.);
- ◆ Water storage and additional watering;
- ◆ Drainage Layer (materials and types, physical requirements, granule size, structural stability, behaviour under compression, water permeability, pH, carbonate content, salt content and construction);
- ◆ Filter Layer (materials and types, physical requirements, weight, cut-through strength, filtration effectiveness, susceptibility to root penetration, weathering, resistance to soil-borne solutions and micro-organisms, tensile strength, flexibility, frictional co-efficient, and construction);
- ◆ Soil substrate (materials and types, physical requirements, granule size, organic content, structural stability, behaviour under compression, water permeability, water storage capacity, air content, pH, carbonate content, salt content, nutrient content, weed content, foreign substances, and construction);
- ◆ Application of Vegetation;
- ◆ Erosion Protection;
- ◆ Final care and readiness for handover;
- ◆ Subsequent upkeep and maintenance
- ◆ Warranties and periods of limitation;
- ◆ Testing and monitoring methods; and
- ◆ Reference Values for design loads.

Environmental Advantages

(by livingroofs.org)

1. Air Quality

Extensive planting within cities is now widely recognised as a means of improving air quality. Therefore, green roofs contribute to the reduction of a number of polluting air particles and compounds not only through the plants themselves, but also by deposition in the growing medium itself.

Plants reduce carbon dioxide in the atmosphere and produce oxygen. Green roofs reduce the heat island effect, which is the main cause of ozone production. Plant roofs remove heavy metals, airborne particles and volatile organic compounds. Being absorbed into the green roof system, these polluting particles do not enter the water system through surface run off, leading to improvement in water quality. Although green roofs are recognised as playing a positive role in improving air quality, this is linked to the positive effect they have on the urban heat island effect. Individual roofs in themselves will not have a great effect. However, a large area of green roofs in specific areas of large cities or in Air Quality Management Zones would have a noticeable effect. Livingroofs.org understands that in the UK, the Greater London Authority's Climate Change Adaptability Team are modeling the urban heat island effect in London to establish areas where action will be required in the future to adapt to climate change. Green roofs will certainly be a pragmatic and in some cases the only means of adapting the urban fabric in London, especially central London, to climate change. As 28 times the size of Richmond Park, such an area of green roofs would have a significant positive impact on the urban heat island effect and resulting in improved air quality.

2. Biodiversity and Wildlife

Green roofs are intrinsically of greater benefit to biodiversity than more traditional roofing methods. Many green roof manufacturers promote green roofs as benefiting wildlife, but with little evidence to demonstrate this. Of course 'off the shelf' green roof systems do provide benefits for wildlife compared to non-green roofs, but research in Switzerland and in London shows that green roofs need to be designed to meet specific local biodiversity conservation objectives.

Swiss research: Detailed research into biodiversity and green roofs has been undertaken since 1997. This research was specifically driven by concern over the impacts of new developments on brownfield land in the city. Such land has been recognised as important for a number of national scarce beetles and rare spiders. These species were originally associated with Rhineland alluvial gravel habitat, little of which remains. These species had found refuge on brownfields in Northern Switzerland. Could green roofs be better designed to provide refuge for such species as new developments encroached on their habitats?

A number of design principles were arrived at:

- The use of local substrates as growing mediums on green roofs helped replicate the conditions at ground level.
- Varying the depth of the substrate provided microhabitats for rare spiders and beetles associated with brownfields in the city.
- Planting with a local seed mix.

The placing of objects associated with natural habitats such as dead wood and old branches increased the biodiversity of the roofs. Around the same time the term 'brown' roof was coined to ensure that where green roofs are to be placed in developments as mitigation for brownfield biodiversity issues, these roofs would not use 'off the shelf' solutions but be designed specifically for the biodiversity that is to be mitigated for.

3. Energy Conservation improved thermal performance

Green roof systems are recognised as providing greater thermal performance and roof insulation for the buildings they are laid on. This can vary depending on the time of the year, and the amount of water held within the system. Cooling [summer] Poorly protected and insulated roofs can lead to substantial overheating of spaces beneath them. This can lead to the need for increased air-conditioning. A green roof not only acts as an insulation barrier, but the combination of plant processes [photosynthesis and evapotranspiration] and soil processes [evapo-transmission] reduces the amount of solar energy absorbed by the roof membrane, thus leading to cooler temperatures beneath the surface.

Research by Nottingham Trent University has shown the following:

Mean daily temperature 18.4C

Temperature beneath membrane of normal roof 32C

Temperature beneath membrane of green roof 17.1C

A study conducted in Chicago, USA, recently estimated that building energy savings to the value of \$100,000,000 could be saved each year if all roofs were greened, as the need for air conditioning would be reduced.

Thermal Insulation [winter] Green roofs can help to reduce heat loss from buildings during the winter when root activity of plants, air layers and the totality of the specific system create heat and thereby provide an insulation

membrane. However the efficiency of green roofs as thermal barriers is dependent on the amount of water held within the system. Water retention can increase the amount of heat lost through the system and therefore any efficiency gains are dependent on daily conditions. It is therefore difficult to provide accurate figures on the net effect of green roofs on energy efficiency during the winter months.

The study at Trent University on the temperatures under membranes of standard roofs and those under green roofs also showed that green roofs appear to have a positive effect in winter.

Mean Temperature 0C

Temperature under membrane standard roof 0.2C

Temperature under membrane green roof 4.7C

This shows that green roofs do have the ability to affect the temperature and insulation properties of roofs, though this is variable due to the daily conditions of the green roof. The potential for the cooling and thermal insulation properties of green roofs can have costs benefits for building owners/managers.

4. Green space

The value of green spaces to people living and working in towns and cities has increasingly been recognised by Government. The work of the Urban Green Spaces Taskforce (Green Spaces, Better Places, 2002) demonstrated the various benefits that green space provide, such as ecological function, visually softening the built environment, supporting biodiversity, aiding people's mental and physical health, and providing a communal focus and sense of place. Government has subsequently launched a raft of new policies, initiatives and funding to promote the good design and management of green spaces.

English Nature has published research that suggests that an accessible natural green space should be no more than 300 metres from where anyone lives in order to meet people's needs for contact with nature. Evidence suggests that regular direct contact with natural green space (and elements of the natural world such as birdsong and seasonal colour change) is good for people's health (see below).

There is a need for increased densities in urban residential development (>30 dwellings per hectare), which could result in terrestrial green space being reduced or lost. In the urban core the provision of green space is usually already severely limited, partly through historical circumstances, and more recently very high land values; this makes the creation of new green space both important and difficult. Given the nature and pressures of urban regeneration, the creation of new spaces has to meet a number of interests; these generally result in highly formal spaces with little ecological benefit. Creating low-maintenance, terrestrial, naturalistic green spaces in the urban core is not popular; green roofs may provide one solution. Green roofs can provide both visually accessible and physically accessible green space. Roofs are largely visually 'dead' and unappealing and their appearance to those overlooking them can be softened by vegetation. There are instances where the sole justification of a green roof installation is for visual aesthetics. Areas of green roofs can also provide accessible space for people to enjoy, and some can be landscaped to extend existing green space, for example at Canary Wharf station on the Isle of Dogs, London. Roof gardens and terraces are options for smaller buildings and have some historical ancestry. The Berlin roof gardens of the 19th century, have been adopted on similar housing blocks in Britain (for example, Peabody Trust's Balderton Flats in Mayfair) and were one of the inspirations for the first modern green roof in the UK, at Derry & Toms, Kensington, 1938, which still serves as a garden, albeit with limited public access. Roof gardens are increasingly being proposed for new office and housing developments. Large areas of accessible green roof space can be created if the building is large enough, for example above Cannon Street Station in the City of London [intensive], and at Chicago City Hall [extensive]. More 'extreme' examples include a golf course on a roof in the USA. The key issues that need to be considered in providing accessible open space are health & safety (the need for an external rail or fence), overlooking neighbouring properties (a material planning consideration), access to and from the roof-space, load-bearing (if the proposed numbers of people are to be more than a few), and management. The existence of green roofs that provide this function suggest that these issues can usually be easily addressed.

5. Health

There is a growing body of evidence that the visual and physical contact with natural greenery provides a range of benefits to people. These include both mental benefits (such as reduction of stress) and physical benefits (including the provision of cleaner air). Access to green space can bring about direct reductions in a person's heart rate and blood-pressure, and can aid general well-being. A Texan study of post-surgery recovery in hospitals demonstrated that recovery was quicker and with less chance of relapse if patients could look out onto green space. A number of American hospitals have subsequently been redesigned to bring these benefits to patients, and have been rewarded with greater patient 'through-put'. A roof on the Kanton Hospital in Basel was redesigned 20 years ago by vegetating it, because it was felt that patients in intensive care would benefit from looking out onto this rather than the grey-

space of before. A few community hospitals in the UK are now being designed with a greater consideration of green-space provision, and the good-practice work on hospital design being developed by Commission for Architecture and the Built Environment [CABE] is likely to further this.

The thermal benefits that green roofs provide may also have indirect benefits for people living or working within the buildings. This has not been researched, but anecdotal evidence from Germany in the late 1990s is of interest. In a survey of staff absence from sickness at the Bundepost offices in Stuttgart, it was shown that staff in one building demonstrated significantly lower absences than those in others. The only change in the 4-year period that could be identified was that one of the buildings was given a green roof; this building supported lower staff sickness levels. It is possible that the green roof reduced the fluctuation of daily mean temperatures within the upper levels of the building, and/or the vegetation helped cool and moisturise in-going air near ventilation ducts.

In the past 2-3 years, possibly picking up on the increasing interest in green roofs and Government's interest in green space, developers are increasingly showing green roof space as a component of their new commercial development proposals. The provision of specific accessible green roof space for future workers appears to be gaining currency, and could help off-set the likely constraints of green space provision on the ground.

6. Urban Heat Island Effect [albedo effect]

The urban heat island effect is the difference in temperature between urban areas and the surrounding countryside. In large cities this can be as much as a 5°C difference between the city centre and the rural environs. Urban areas have large areas of hard reflective surfaces. This is referred to as the albedo effect. These surfaces absorb solar radiation and reflect this heat back into the atmosphere. Any reduction in this effect can have a positive effect on smog and airborne particles in the atmosphere.

Roof areas are a significant part of urban hard surfaces. Plants on green surfaces absorb heat and then use it through evapotranspiration. Green roofs therefore would play an important role in reducing urban temperatures, and subsequent improvements in air pollution/smog, as associated with the albedo effect.

In Tokyo the albedo effect increases the humidity within the city and this, with increased air pollution, is one of the main reasons for the growing tendency for very complex intensive green roofs on many buildings in that City.

In many parts of the USA there is growing interest in this benefit of green roofs. Research by NASA in Atlanta has compared temperatures of different surfaces. On a typical Atlanta day with maximum air temperature of 25°C (77°F) the following temperatures were recorded:

Tree shaded grass 28°C

Tree canopy 21°C

Asphalt in full sun 50°C

Membrane roof surface 52°C

Research at Trent University has found on a typical day with a temperature of 18.4°C a normal roof surface temperature was 32°C while that of a green roof was 15°C.

The reduction in the protection of photochemical smog and subsequent improvements in air quality needs to be recognised as a powerful planning 'tool' and potential mitigation for polluting developments. Local Authorities may include green roof plans as part of their commitment to Air Quality Management Areas [AQMA].

7. Noise and sound Insulation

The combination of soil, plants and trapped layers of air within green roof systems can act as a sound insulation barrier. Sound waves are absorbed, reflected or deflected. The growing medium tends to block lower sound frequencies whilst the plants block higher frequencies. The amount of sound insulation is dependent on the system used and the substrate depth. A green roof with a 12 cm substrate layer can reduce sound by 40dB and one of 20 cm by 46-50dB. A study by Kalzip [www.kalzip.co.uk] compared sound insulation of their standard unvegetated roof system with that of the Kalzip vegetated 'NatureRoof':

Standard Unvegetated 33dB

Vegetated [dry] 41dB

Vegetated [wet] 51dB

100mm Concrete Wall 43dB

This suggests that a green roof can reduce sound by 8dB compared with a conventional roof system. This could be particularly important in areas of high noise pollution such in the approaches to airports, as these levels are sufficient to provide noise insulation to buildings under aircraft flight paths.

8. Recycled Materials

A number of materials used in green roofs are from recycled sources, such as the membranes and growing mediums, such as crushed porous brick, which is used by some suppliers. In London, uniquely, there has been a move to use recycled secondary aggregate as the growing medium, preferably from the original site.

This reduces the need for waste disposal to landfill and reduces the transport miles/distances for used for disposal of waste. This meets UK government targets for the reuse of secondary aggregates and where reuse from site can reduce the impact of lorries in terms of importation and exportation of materials.

9. Storm Water Amelioration

Green roofs store rainwater in the plants and growing mediums and evaporate water into the atmosphere. The amount of water that is stored on a green roof and evaporated back is dependent on the growing medium, its depth and the type of plants used. In summer green roofs can retain 70-80% of rainfall and in winter they retain between 25-40%.

In Germany, the world leader in green roofs, 25 million m² of green roofs were installed between 2000 and 2001. This area is primarily down to legal requirements in certain 'landers' for roofs to be installed for their benefits in alleviating storm water run off. In Portland, Oregon one of the leading cities in USA for installing green roofs green roof policies are being driven over concerns of storm water run off and the consequences of it on water quality in rivers, and therefore the continued health of rivers for salmon [a key cultural indicator].

Green roofs also reduce and delay run off during times of heavy and prolonged precipitation. A study in Germany has shown that during a 10mm rainstorm, 200 litres of rainwater fell on an 18m² extensive green roof and only 15 litres actually passed from the roof to the ground.

Green roofs, therefore, reduce the impact of run off on the storm water drainage system, and reduce the likelihood of local flooding.

Green Roof Benefits

[Tweet](#)

Green roofs offer many public, private, and design-based benefits.

Please Note: while there are similarities among green roofs, each installation is unique. Hence, all technical performance details provided will vary by region, climate, building and green roof type and design. These figures are provided as generic examples only and should not be used for designing projects.

GRHC (Green Roofs for Healthy Cities) [Corporate Members](#) and [Green Roof Professionals](#) are an excellent source of green roof expertise. Resource manuals are available from GRHC's [Green Infrastructure Store](#). Online training is available through the [Living Architecture Academy](#). For more site-specific benefits calculations, GRHC members can access the GreenSave Calculator, which lets users compare the costs and benefits of different green roof systems.

Public Benefits



The Louisa, Portland, Oregon
2007 Green Roof Awards of Excellence Winner

Aesthetic Improvement

- Urban greening has long been promoted as an easy and effective strategy for beautifying the built environment and increasing investment opportunity.

Waste Diversion

Green roofs can contribute to landfill diversion by:

- Prolonging the life of waterproofing membranes, reducing associated waste
- The use of recycled materials in the growing medium
- Prolonging the service life of heating, ventilation, and HVAC systems through decreased use

Stormwater Management

- With green roofs, water is stored by the substrate and then taken up by the plants from where it is returned to the atmosphere through transpiration and evaporation.
- In summer, depending on the plants and depth of growing medium, green roofs retain 70-90% of the precipitation that falls on them; in winter they retain between 25-40%. For example, a grass roof with a 4-20 cm (1.6 - 7.9 inches) layer of growing medium can hold 10-15 cm (3.9 - 5.9 inches) of water.
- Green roofs not only retain rainwater, but also moderate the temperature of the water and act as natural filters for any of the water that happens to run off.
- Green roofs reduce the amount of stormwater runoff and also delay the time at which runoff occurs, resulting in decreased stress on sewer systems at peak flow periods.
- More on the stormwater management benefits of green roofs can be found in GRHC's half-day course: [Integrated Water Management for Buildings and Sites](#).

Costs

(by livingroofs.org)

1. Extended Roof Life

A green roof system protects the waterproofing membrane from climatic extremes, UV light & mechanical damage and in so doing almost doubles its life expectancy. Therefore a good quality root resisting waterproofing system with a normal life expectancy when exposed to the elements of 30 years, can be expected to last up to 60 years, thus saving the client the cost of re-waterproofing during the average buildings expected life time.

2. Fuel Savings

Green roofs have a positive effect in terms of thermal insulation through their ability to cool buildings and insulate them during the winter [dependent on daily conductance of the green roof].

The German Green roofing manufacturer Zinco International has estimated that green roofs can contribute to savings in fuel heating costs of 2 litres of fuel oil/m²/year in Germany and an industrial plant in Frankfurt [Possman Cider Cooling and Storage Facility], which had a green roof installed recovered the cost of the green roof in 2-3 years through the savings in heating and cooling costs, and the reduction in industrial equipment associated with these activities.

A conversation with a building services manager in London happened to uncover that the application of a retrofitted green roof on a building had reduced the need for cooling/heating of industrial plant in the floor beneath. Since the green roof has been installed cooling and heating fans have not been used. It is estimated that about 25.9 MW per year is being saved. Using current electricity rates this is approximately a £4,300 saving per year. If the green roof had been installed as part of the original design of the building and the ability of the green roof to reduce cooling and heating requirements had been known, there would have been a potential saving of £10,000 due to reduction in the need to replace heating and cooling equipment in the floor in question.

A recent article in Heating and Air Conditioning Magazine www.emap.com is available as a [pdf here](#) [500Kb]

3. Reduction in costs of drainage

There are potential savings for developers and owners in that a green roof installation could reduce the number of drainage outlets. A number of developers and green roof manufacturers have pointed out that quantity surveyors are unlikely to factor in these cost benefits, as they tend to separate the costs of roofs and drainage. However, depending on the size of the roof and the height of the building, the cost benefit of drainage outlet savings could significantly offset the cost of a green roof.

Industrial buildings, if designed at the planning stage, can take the weight of a green roof. The additional cost of a strengthening deck is outweighed by the reduction in drainage capacity requirement both on the roof and at ground level.

4. Cost savings through the re-use of secondary aggregates

The reuse of local or secondary aggregates can provide a cost saving during the construction of the roofs within a development. The cost of growing mediums is in the region of £10-£15/m². Although there will be a cost incurred if materials such as brick and concrete are used from site in terms of crushing to the required grade, screening and transportation within site this will be minimal. A 1000m² green roof could potentially save the developer £10,000 off the cost of the materials needed on the roof. Inverted roofs require hard landscape features such as paving slabs to prevent the possible flotation of the insulation. The cost of paving is in the region of £15/m². The required weight to prevent flotation can be achieved by the use of secondary aggregates in a green roof system thus leading to a cost saving by eliminating the use of paving slabs.

Extensive and Intensive Green Roofs

(by livingroofs.org)

Introduction

Green Roofs are, in short, vegetated roofs, or roofs with vegetated spaces. They are also referred to as eco-roofs and roof gardens. Green roofs have been with us for centuries ranging from the hanging gardens of Babylon to the turf roofed dwellings of Ireland and Scandinavia. However, modern green roofs have largely developed in the last 50 years, with increasing sophistication to meet a growing range of needs.

Most of this technological advance has been made in Germany; their growth in the 1970s and 1980s has led to £39million industry. The modern green roof systems are highly durable and provide a number of key sustainable and environmental benefits. The German Green Roof Standards, known as the FLL, are very high and all systems are required to be tested for to ensure that they perform to the highest building standards, whether that be waterproofing or fire resistance. No such standards are in force within the UK, although the larger manufacturers accord to them.

Within the UK the growth of self-build and ecological construction processes from the late 1960s saw an increasing interest in green roofs over the following decades. However, this was never fully exploited by either the industry or policy-makers, and consequently the UK remains without incentives, standards, or policies to encourage the installation of green roofs.

Myths still abound. In the UK there are concerns within the professions and public that green roofs are more liable to leak than traditional roofing systems. This is partly down to a preference for pitched, rather than flat roofs. However, vegetated roofs provide an extra protection to waterproofing systems from Ultra-Violet light, frost, erosion and other forms of weathering. If in the rare case that they do leak, this is largely down to poor roof construction, and not the green roof system itself.

Nevertheless, within the past 5 years we have witnessed a significant renewed interest in green roofs, and a marked increase in green roofs being designed and installed. Many of these are part of urban regeneration schemes, but be it the garden shed or a large commercial block in the heart of our cities, the opportunities are almost endless. We are, we believe, on the crest of a third wave of green roofs in the UK. Mechanisms are now being put in place to help ensure that this interest is sufficiently captured and developed in a way that the necessary policies, incentives and regulatory frameworks in put in place.

This requires research pertinent to the UK, policy development, and advocacy to all levels of Government, which Livingroofs.org is setting out to achieve.

Livingroofs.org aims to promote green roofs, green walls and other similar features, at all levels, working with industry, contractors, local authorities regeneration teams, researchers, and the wider public to ensure that they become a mainstream component of building design and function.

Extensive Green Roofs

Extensive green roofs have a thin growing medium and require minimal maintenance, and in general do not require irrigation [some require irrigation initially]. They are generally less costly to install than intensive green roofs.

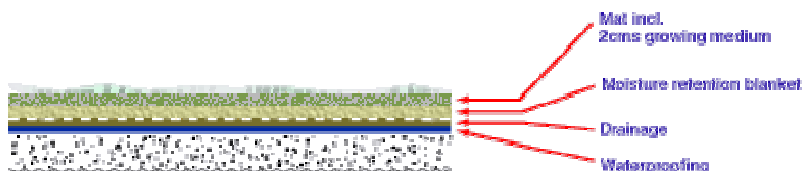
There are 3 types currently used in the UK:

1. Sedum mats

Sedum Mats - a sedum mat is a base layer of Polyester, Hessian, or porous polythene depending on the supplier, on which is laid the 2cm growing medium, on to which is sprinkled sedum cuttings. These grow into the substrate to maturity. When harvested the Sedum blanket is rolled up from the carrier upwards and delivered to site. When installed the Sedum blanket (including the 2cm of growing medium) is rolled out onto either 5 - 7cm of growing medium (standard method) or direct onto a moisture retention blanket (ultra light weight method).

Sedums are used because they are wind, frost and drought resistant not because they absorb water. Its ability to absorb water makes it drought resistant.

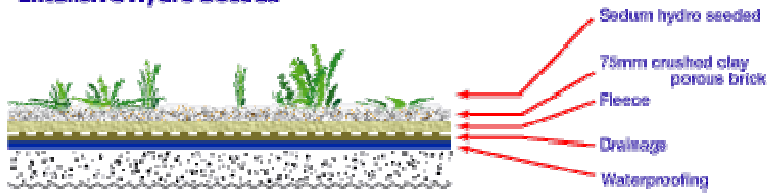
Sedum Mat System [ultra light weight]



2. Substrate based roof

7cm of crushed recycled brick is placed on the green roof system and plug planted with sedums or with sedum mats applied. There is a misconception that green roofs are made of turf. Although some green roofs are made of turf this is not generally the case.

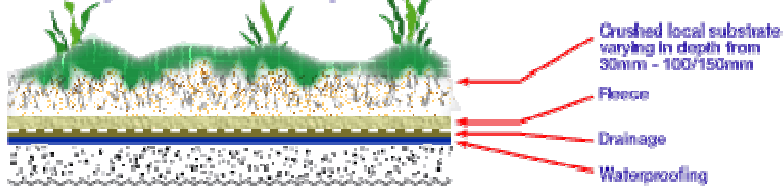
Extensive Hydro Seeded



3. Green / Brown roofs for biodiversity

Similar to substrate based but can, in some cases, use recycled aggregate from site and generally left to colonise naturally or seeded with an annual wildflower mix or local seed source.

Green System for Biodiversity



Intensive Green Roofs

Intensive green roofs have a deep growing medium, which allows the use of trees and shrubs. Some city parks are in fact intensive green roofs, such as the parks within the Canary Wharf Estate, Canada Square and West Ferry Circus and the roof of Cannon Street Station in London. The depth of the growing medium requires extra loading requirements within the holding structure and requires a complex irrigation system for maintenance. They are generally quite costly and require extra structural design to the building.



intensive green roofs require extra loading requirements

Moderation of Urban Heat Island Effect

- Through the daily dew and evaporation cycle, plants on vertical and horizontal surfaces are able to cool cities during hot summer months and reduce the Urban Heat Island (UHI) effect. The light absorbed by vegetation would otherwise be converted into heat energy.
- UHI is also mitigated by the covering some of the hottest surfaces in the urban environment – black rooftops.
- Green roofs can also help reduce the distribution of dust and particulate matter throughout the city, as well as the production of smog. This can play a role in reducing greenhouse gas emissions and adapting urban areas to a future climate with warmer summers.

Improved Air Quality

- The plants on green roofs can capture airborne pollutants and atmospheric deposition.
- They can also filter noxious gases.
- The temperature moderating effects of green roofs can reduce demand on power plants, and potentially decrease the amount of CO₂ and other polluting by-products being released into the air.

New Amenity Spaces

Green roofs help to reach the principles of smart growth and positively affect the urban environment by increasing amenity and green space and reducing community resistance to infill projects. Green roofs can serve a number of functions and uses, including:

- Community gardens (e.g. local food production or co-ops)
- Commercial space (e.g. display areas and restaurant terraces)
- Recreational space (e.g. lawn bowling and children's



playgrounds)

Herb Garden on Fairmount Waterfront Hotel, Vancouver, BC.
(Courtesy of David Walker)

Local Job Creation

- The growth of green roof and wall market gives new job opportunities related to manufacturing, plant growth, design, installation, and maintenance.
- American Rivers suggests that a USD \$10B investment could create 190,000 jobs by building 48.5 billion-square-feet of green roof area, or just one percent of the United States' roof space in every community over 50,000 in population.
- There is significant potential for new growth in dense urban areas that were previously unusable.

Private Benefits

Energy Efficiency

- The greater insulation offered by green roofs can reduce the amount of energy needed to moderate the temperature of a building, as roofs are the sight of the greatest heat loss in the winter and the hottest temperatures in the summer.
- For example, research published by the National Research Council of Canada found that an extensive green roof reduced the daily energy demand for air conditioning in the summer by over 75% (Liu 2003).
- The [Green Roof Energy Calculator](#) co-developed by GRHC with the University of Toronto and Portland State University allows you to compare the annual energy performance of a building with a vegetative green roof to the same building with either a conventional roof or a highly reflective roof.

Increased Roofing Membrane Durability

- The presence of a green roof decreases the exposure of waterproofing membranes to large temperature fluctuations, that can cause micro-tearing, and ultraviolet radiation.

Fire Retardation

- Green roofs have a much lower burning heat load (the heat generated when a substance burns) than do conventional roofs (Köhler 2004). GRHC has co-developed [Fire Design Standards](#) with SPRI (approved by ANSI) that ensure that green roofs offer fire protection and follow local fire codes.

Reduction of Electromagnetic Radiation

- The risk posed by electromagnetic radiation (from wireless devices and mobile communication) to human health is still a question for debate. Nevertheless, green roofs are capable of reducing electromagnetic radiation penetration by 99.4% (Herman 2003).

Noise Reduction

- Green roofs have excellent noise attenuation, especially for low frequency sounds. An extensive green roof can reduce sound from outside by 40 decibels, while an intensive one can reduce sound by 46-50 decibels (Peck et al. 1999).

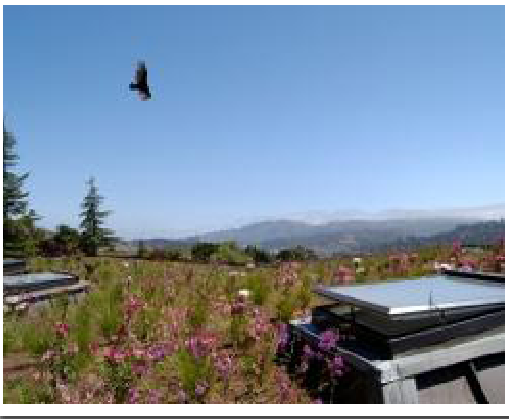
Marketing

- Green roofs can increase a building's marketability. They are an easily identifiable symbol of the green building movement and can act as an incentive to those interested in the multiple benefits offered by green roofs.
- Green roofs, as part of the green building movement, have been identified as facilitating (Wilson 2005):
 - Sales
 - Lease outs
 - Increased property value due to increased efficiency
 - Easier employee recruiting
 - Lower employee and tenant turnover

Design-Specific Benefits

Increased Biodiversity

- Green roofs can sustain a variety of plants and invertebrates, and provide a habitat for various bird species. By acting as a stepping stone habitat for migrating species they can link species together that would otherwise be fragmented.
- Increasing biodiversity can positively affect three realms:
 1. Ecosystem: Diverse ecosystems are better able to maintain high levels of productivity during periods of environmental variation than those with fewer species
 2. Economic: Stabilized ecosystems ensure the delivery of ecological goods (e.g. food, construction materials, and medicinal plants) and services (e.g. maintain hydrological cycles, cleanse water and air, and store and cycle nutrients)
 3. Social: Visual and environmental diversity can have positive impacts on community and psychological well-being



*Mill Valley Hillside Project, Mill Valley, CA. 2010 Awards of Excellence Winner.
(Courtesy of McGlashan Architecture)*

Improved Health and Well-Being

- The reduced pollution and increased water quality that green roofs bring can decrease demands for health care
- Green roofs can serve as community hubs, increasing social cohesion, sense of community, and public safety.

Urban Agriculture

- Using green roofs as the site for an urban agriculture project can reduce a community's urban footprint through the creation of a local food system.
- These projects can serve as a source of community empowerment, give increased feelings of self-reliance, and improve levels of nutrition.
- More information on urban agriculture can be found in GRHC's half-day course: [Introduction to Rooftop Urban Agriculture](#).

Educational Opportunities

- Green roofs on educational facilities can provide an easily accessible sight to teach students and visitors about biology, green roof technology, and the benefits of green roofs.

Côté gestion des eaux

La mise en place de schémas départementaux d'assainissement sera de toute évidence longue ; d'autres solutions peuvent être envisagées, telles que l'installation de toitures végétalisées. La TVE ralentit et limite le rejet des eaux d'orage dans les dispositifs d'évacuation, donc les risques d'inondation. La TVE peut absorber en effet des quantités d'eau très importantes. Certains systèmes de 6 à 10 cm peuvent retenir en moyenne jusqu'à 50 % des précipitations annuelles qui restent alors sur le toit, rafraichissant l'habitat. En outre, la TVE s'intègre parfaitement dans la démarche HQE dont elle atteint les objectifs des cibles 1 (qualité des paysages) et 2 (utilisation de produits renouvelables nécessitant peu d'eau et d'entretien).

- Télécharger la présentation : [Gestion de l'eau](#)
- Télécharger le document : [La nouvelle donne en matière de gestion des eaux](#)

Rétention, effet retard et qualité des eaux de pluie

Entre 2002 et 2004, le CSTC (Centre Scientifique et Technique de la Construction, en Belgique) a mené une étude destinée à vérifier les performances de neuf "toitures vertes" disponibles sur le marché belge. Les conclusions portent sur leurs capacités de rétention hydraulique sur de longues périodes, leur effet retardateur lors d'averses intenses et la qualité des eaux rejetées. Les différences observées dans les toitures testées grande nature proviennent de la composition et de l'épaisseur des couches de drainage, de la densité des filtres, de la nature des substrats et des couches de végétation. Cette étude a permis de démontrer que les toitures vertes rejettent clairement moins d'eau que les toitures traditionnelles ; que dans la fraction d'eau rejetée, plus le substrat est épais, plus importante est la rétention. Cependant, la combinaison d'un substrat moins épais et d'une couche drainante adéquate permet également d'optimiser la rétention d'eau. Quant à l'effet retard, il a été observé notamment que les TVE à substrat inférieur ou égal à 100 mm réduisaient le débit de 30 à 50% et qu'elles décalaient de 5 à 10mn le point culminant des averses intenses. Cette étude a des répercussions intéressantes, tant en réhabilitation qu'en construction, car l'effet retard d'une toiture verte est fonction de ses dimensions, sa composition et de sa pente.

Avantages et inconvénients

Avantages

La mise en place de ces terrasses et toitures plantées présente un certain nombre d'avantages parmi lesquels certains sont d'utilité publique. Les avantages des toitures végétales sont destinés tant aux propriétaires qu'à la société dans son ensemble.

Intérêt écologique et sanitaire

- La fixation des poussières atmosphériques et des [pollens](#). L'[évapotranspiration](#) engendrée par les terrasses plantées élève l'humidité de l'air et favorise donc la formation de [rosée](#), indispensable à la fixation des poussières et des pollens en suspension dans l'air. Les particules de plomb, de carbone, les matières organiques particulières ou de faible densité sont fixées dans le substrat ou nourrissent les bactéries, plantes et insectes qui s'y développent. Ainsi, tout en étant affectées par la pollution, ces terrasses peuvent aussi contribuer à dépolluer l'air urbain²¹.
- Une diminution des taux de CO et CO₂, pour plus de [dioxygène](#) produit.
- Une augmentation de la superficie disponible en espace de nature sauvage ou non, accessible ou non, mais aussi le cas échéant en espace de loisirs, ce qui soulagera les milieux naturels surfréquentés, tout en diminuant le trafic et ses nuisances.

- Des effets bénéfiques sur le climat, les microclimats, l'[hygrométrie](#), et donc sur la santé et le bien-être des habitants. L'écoîlot permet de récupérer une partie de la surface perdue, à cause de l'occupation du sol par le bâtiment, par les espaces verts.
- De nombreux effets bénéfiques sur la [biodiversité](#). Une partie de la vie sauvage retrouve des habitats de substitution, et des équilibres naturels se recréent. Sur les terrasses extensivement végétalisées, les plantes les plus adaptées sont les plantes de milieux secs et [oligotrophes](#) qui sont justement menacées de disparition à cause de l'eutrophisation générale des milieux. Certains cortèges faunistiques associés trouvent ainsi des îlots où leur survie est possible²². On peut également associer un [rucher](#) à la toiture végétalisée, ce qui permet notamment la réintroduction des [abeilles](#) en ville, indispensables à la pollinisation de certains végétaux. Quand une partie au moins des espèces installées est autochtone, la biodiversité en profite, avec par exemple à Londres sur un site étudié en pleine ville (zone du « Canary Wharf et environs » qui inclut des buildings dépassant 50 m) près de 136 espèces d'[invertébrés](#)²³ dits « [tecticoles](#) » (typiques des [jardins alpins](#) et des [rocailles](#)) dont coléoptères, hémiptères, arachnides, ... qui colonisent la [niche écologique](#) offerte par les tapis de [sedum](#) (*Sedum album*, *S. acre*, *S. reflexum*, *S. spurium*, *S. pulchellum*, *S. sexangulare*, *S. hispanicum*, *S. kamtschaticum*, [saxifrages](#) (*Saxifraga granulata*) et autres plantes. Dans ce cas, des [campanules](#) sont aussi apparues²⁴. Des invertébrés peu communs profitent de ces milieux²⁵.
- La reconstitution partielle d'un [maillage écologique](#) et parfois de [corridors biologiques](#), qui autorisent au sein de la ville la circulation des espèces animales et végétales, les flux de gènes indispensables à la survie des espèces et à leur adaptation au milieu.
- Un impact très positif sur l'eau avec une filtration et une épuration biologique des eaux de pluies par complexation, par exemple, des métaux lourds dans le substrat.
- Une régulation des débits hydriques. Les toitures représentent jusqu'à 20 % des surfaces de nos villes. Les eaux de pluies qui tombent sur les toits sont ensuite acheminées vers les égouts pluviaux. Ceci surcharge les égouts et les stations d'épuration d'eau tout en causant parfois des inondations de sous-sols. À l'image d'une éponge, la toiture végétalisée accumule l'eau dont une partie est utilisée par les plantes, une autre est évaporée et une autre évacuée par les canalisations avec un retard favorisant le bon écoulement. Les toitures et terrasses plantées, par leur capacité de rétention (jusqu'à 90 % avec un substrat d'au moins 12 cm¹²), d'évaporation et de relargage différé des eaux de pluies contribuent à lutter contre les effets néfastes de l'imperméabilisation des sols, à savoir : augmentation constante des débits de pointe, engorgement des réseaux d'assainissement en période crue, afflux de pollutions métalliques et organiques après les orages, etc. Annuellement, un toit végétal pourrait absorber jusqu'à 50 % de la quantité d'eau tombant sur les toits, permettant ainsi une réduction des coûts de traitement de l'eau de 5 à 10 %.
- Les villes sont toujours plus chaudes que les campagnes adjacentes ([Bulle de chaleur urbaine](#)). Le réchauffement excessif des toitures, du [béton](#), de l'[asphalte](#) des rues et de la maçonnerie extérieure des murs réchauffe l'air environnant de quelques degrés supplémentaires. En [Amérique du Nord](#), la température estivale moyenne dans les villes a augmenté durant les dix dernières années ajoutant encore à l'inconfort et aux malaises dus à la chaleur.

Selon une étude du Ministère canadien de l'Environnement, la présence de toitures vertes sur seulement 6 % des toits des villes canadiennes ferait descendre la température d'environ 1,5 °C et ferait ainsi économiser près de 5 % des coûts de [climatisation](#) dans tous les immeubles climatisés des villes¹². La validation de cette hypothèse en France (système constructif et climat différent) est à l'étude en 2013¹².

[Impacts techniques](#)

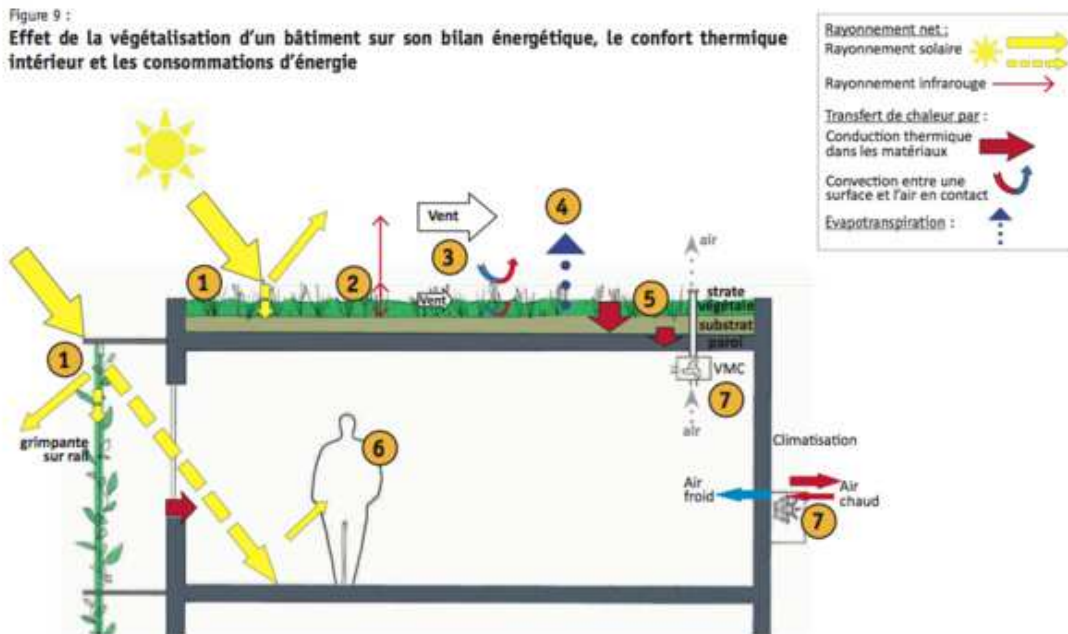
La cinquième façade qui rafraîchit les villes

Si la mesure ne concerne que les zones commerciales, c'est que les toits des bâtiments y sont suffisamment vastes et bas. Les végétaux qu'ils supportent peuvent ainsi refroidir des volumes d'air conséquents, à proximité du sol.

En effet, les toits végétalisés favorisent l'absorption et le stockage de l'eau de pluie. Une eau qui, lors du processus d'évaporation, rafraîchit l'air ambiant, ce qui permet de réduire l'usage de la climatisation à l'intérieur des bâtiments.

Mais les toits végétalisés génèrent un autre type d'économies d'énergie pour les bâtiments : cette "cinquième façade" améliore leur isolation, notamment au niveau du dernier étage.

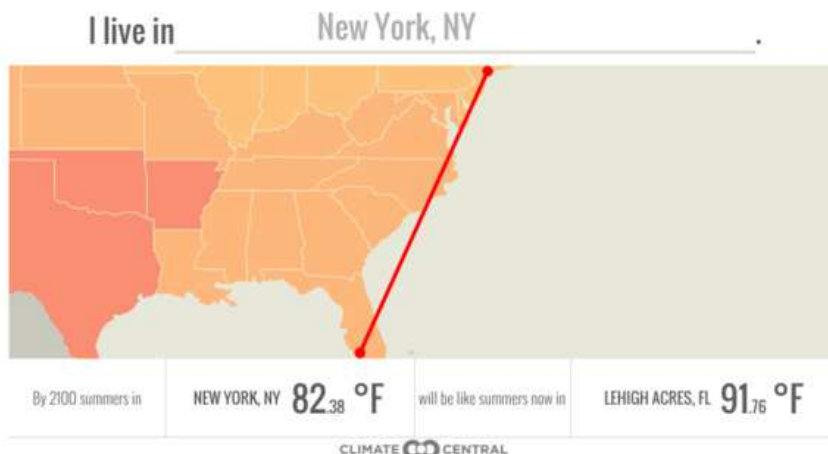
L'apport d'énergies renouvelables, enfin, doit aider à couvrir une grande partie de leur consommation.



(Crédit : GEP VegDUD-VD synthèse P&C, oct. 2014)

D'après une étude réalisée entre 1998 et 2008 par l'Ifsttar (Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux) et Météo-France, "les toitures végétalisées permettent d'économiser de l'énergie quelle que soit la saison", avec 23 % de gains en été, voire 28 % si les toitures sont arrosées régulièrement.

En hiver, ces gains de consommation sont plus faibles (4,5 %), mais "les économies d'énergies correspondantes [sont] plus importantes". Seule limite observée par l'Ifsttar : ces toits verts n'amélioreraient que "peu" le confort thermique à l'intérieur des bâtiments.



L'ONG Climate Change a imaginé une infographie interactive qui permet de comprendre le réchauffement des villes à l'horizon 2010 (Crédit : Climate Change Central)

Des gains d'ores et déjà observés à Toronto, au Canada, où, [depuis 2009](#), les toits verts sont obligatoires pour toute construction de bâtiments en zone industrielle et résidentielle.

Ces initiatives visent à rendre les villes, que les chercheurs décrivent comme des "*îlots de chaleur urbains*", plus vivables et moins énergivores. D'autant que la température qui y règne va croissante. Selon une récente étude de l'ONG scientifique [Climate Change Central](#), à l'horizon 2100, New York devrait par exemple connaître les températures de la Floride.

Un impact technique sur la durabilité et le confort du bâtiment. En effet, les toitures végétalisées offrent :

- une protection de l'étanchéité résulte du fait que les matériaux imperméabilisant résistent plus longtemps à l'abri des [ultraviolets \(UV\)](#) et du rayonnement thermique solaire. En effet, la dégradation des membranes est principalement due à la chaleur. Celle-ci dégrade les huiles du bitume élastomère qui devient alors plus cassant. Finalement, le substrat bloque aussi les rayons UV qui sont responsables d'environ 5 % du vieillissement des membranes. De plus, l'éco-toit constitue une barrière contre les intempéries. Ces actions combinées permettent d'espérer un doublement de la durée de vie de l'étanchéité¹², avec une durée de 30 à 50 ans pour la membrane d'étanchéité ;
- une protection contre les chocs thermiques (jour/nuit ou dues par exemple à une pluie froide sur toiture chaude), avec réduction des contraintes mécaniques. Les toitures végétalisées permettent une réduction des variations de température jusqu'à 40 % ;
- une inertie thermique permettant de réaliser d'importantes économies d'énergie. Un goudron ou une membrane de toiture exposée au soleil peuvent atteindre une température de surface de 65 °C alors que la même membrane recouverte de végétaux demeure à une température de 15 à 20 °C. La température de la toiture influence la température intérieure d'un logement et donc les besoins de climatisation. Une toiture couverte de végétaux et de son substrat de culture (une terre légère) réduit aussi sensiblement les pertes de chaleur en hiver, mais cet impact est moindre que celui de la climatisation ; Une étude allemande de 2004 concluait que 40 € d'électricité pouvait être économisé en chauffage ou climatisation par mètre carré et par an (par rapport à terrasse couverte de gravier)³ ;
- une isolation phonique : la terre végétalisée est un des meilleurs isolants acoustiques, elle absorbe les ondes sonores. Elles permettent notamment de diminuer les bruits de l'environnement urbain. Un substrat de 12 cm d'épaisseur peut réduire les bruits aériens de près de 40 dB. Un avantage non négligeable dans les secteurs survolés par des avions à basse altitude. Selon une étude du laboratoire européen d'acoustique du bâtiment du CSTB à Marne-la-Vallée ; selon que le substrat soit sec ou humide, une TTV amorti le bruit de 15 à 20 [décibels](#) (par rapport à une toiture classique)³.

Impact paysager

Judicieusement conçues, les toitures végétalisées redonnent aux villes, notamment industrielles, une indéniable valeur esthétique et valorisent l'habitat en offrant une bonne solution pour que le bâtiment s'intègre dans son environnement.

Impact sur la santé

Amélioration de la qualité de l'air (hygrométrie, poussières, toxiques).

La végétation supplémentaire apportée par les toits végétaux crée un apport de [dioxygène](#) dans les villes tout en filtrant bon nombre de polluants atmosphériques tels le [dioxyde de soufre](#) ou l'[oxyde d'azote](#). De plus, les végétaux retiennent la poussière et réduisent la quantité de particules en suspension dans l'air.

Impact social

Les toitures végétalisées contribuent à rendre la ville plus « calme », moins stressante. Les habitants retrouvent une certaine harmonie urbanisme-nature.

Notion de chaîne de pluie

La toiture végétalisée doit être liée à la notion de [chaîne de pluie](#) afin de rediriger les eaux propres vers les nappes phréatiques. [Chaîne de pluie et toiture verte](#)

Coûts, effets sur l'économie

Selon le [CSTB](#), en 2008 et en France :

- la terrasse-jardin est plus chère (150 à 300 €/m²) ;
- le complexe *étanchéité + végétalisation extensive* coûte de 45 à 100 € le mètre carré (selon la surface, la pente, les végétaux choisis et les éventuels travaux de renforcement, soit un surcoût apparent de 45 €/m². En réalité l'allongement de durée de vie de l'étanchéité rend à long terme cette solution moins coûteuse qu'un toit de tuile ou d'ardoise²⁶.

En 2013, toujours en France, le coût est estimé entre 120 € et 150 € le mètre carré pour un toit d'une quinzaine de mètres carrés, contre 50 € pour des surfaces plus grandes. Et, dans tous les cas, un entretien est nécessaire, à raison de 5 à 10 € par mètre carré et par an¹².

Sur les toits verts, le substrat et la végétation servent d'isolant thermique. Les températures y fluctuent modérément, réduisant jusqu'à 20 % les coûts de chauffage ou de refroidissement des immeubles situés en dessous. Cependant, en 2013, cet impact est réévalué : il serait nul en hiver, et de seulement 10 % en été, mais à condition que la toiture reste humide (difficile en cas de fortes chaleurs)¹².

De plus, les toitures végétalisées contribuent secondairement à une réduction des dépenses de santé, de nettoyage (des [poussières](#) dans la rue par exemple, qui, en raison de leur quantité et de leur relative [toxicité](#) commencent à poser des problèmes d'élimination et de stockage), des dépenses d'entretien et de réparation dues aux inondations, aux pollutions dues aux crues subites engendrées par l'imperméabilisation des sols, aux dysfonctionnements des réseaux d'eaux pluviales ou d'égout, des stations d'épuration, etc.

L'ajout d'un toit végétal offre parfois une aire extérieure additionnelle aux occupants, ce qui en zone urbaine ajoute une [plus-value](#) pour la vente ou la location.

Pour les édifices à bureaux, le [toit-terrasse](#) vert ajoute du prestige aux entreprises qui y ont un accès direct. Cet espace vert extérieur devient un reflet de l'engagement social et/ou environnemental de l'entreprise. L'espace vert extérieur crée aussi un climat propice aux rencontres et aux bonnes relations entre les employés.

Pour un bâtiment public (école, lieu de travail, etc.), les coûts sont aussi compensés par le fait qu'un tel environnement augmente la productivité de ses occupants de 5 à 15 % [\[réf. nécessaire\]](#), tandis que la construction représente 2 % des coûts à long terme et la masse salariale, 92 % (le 6 % restant est pour l'exploitation du bâtiment)²⁷.

Inconvénients

La pose ne peut être effectuée que par un professionnel formé à la technique contrairement à un toit de tuile pour lequel elle peut être effectuée avec un minimum de connaissance mais dans le respect des règles de construction et de sécurité.

La végétalisation la plus simple est mal adaptée aux toits à forte pente mais des solutions plus complexes existent puisque l'on peut même aller jusqu'à la [végétalisation de surfaces verticales](#).

La culture extensives peut convenir presque partout, mais une végétation arborée nécessite une charpente ou une dalle surdimensionnée, selon le type d'arbre et le poids de terre que l'on voudra y disposer. Dans ce dernier cas, un système d'arrosage peut être nécessaire en période sèche et chaude.

La végétalisation reste une technique en moyenne de 4 à 5 fois plus onéreuse qu'un toit en tuile. Cependant, des discussions sont en cours pour une remise de « [bonus écologique](#) » qui rendrait ce projet accessible à tous.

Des restrictions importantes

L'ajout d'un substrat de culture et de végétaux nécessite une structure suffisamment forte du toit mais aussi des éléments porteurs du bâtiments (adaptés dans le neuf, mais pas toujours en cas de réhabilitation d'une toiture ou d'une extension), une étanchéité parfaite, une pente relativement faible et un accès facile pour l'entretien durant les premières années...

Diversité des types de toiture

Diversité de l'usage des bâtiments

Les toitures végétalisées peuvent équiper des bâtiments à usage d'[habitat](#), [commercial](#), [agricole](#)...

Par exemple, à [Bonneval-sur-Arc](#) en [Savoie](#), 9 bâtiments agricoles d'élevage ont été construits. Les toitures végétalisées sont accessibles, pâturables et fauchables²⁸.

Techniques de Pose

Plantation extensive ou intensive

Selon l'épaisseur de substrat et le degré d'arrosage souhaité, on pourra faire une [plantation de type extensif](#), semi-extensif ou intensif.

Plantation extensive

Il s'agit d'un type de plantation sur substrat de 10 à 15 cm d'épaisseur qu'on ne veut pas nécessairement arroser, sauf éventuellement en cas de sécheresse prolongée. Cette plantation utilise surtout des couvre-sols très rustiques capables de supporter des sécheresses et qui prennent rapidement de l'expansion pour ombrager le sol et le stabiliser par leurs racines. Son substrat de culture contiendra jusqu'à 70 % d'agrégats poreux, en volume, afin de conserver le plus d'eau possible.

Plantation semi-extensive

C'est aussi une plantation de faible épaisseur (15 cm) ayant généralement un système d'arrosage automatique [goutte-à-goutte](#) se faisant par petits conduits situés sous le substrat de culture entre le géotextile filtrant et le géotextile anti-racine. Voilà pourquoi le [géotextile](#) filtrant doit aussi être un géotextile absorbant. Il absorbe les gouttes d'eau pour humidifier les racines sans réduire leur oxygénation. Ce système est aussi très économe en eau, ne créant presque pas d'évaporation. Ce type de culture peut mélanger les couvre-sols, les plantes à fleurs ou à feuillage, les légumes et même de petits arbustes ou des grimpants comme la [vigne vierge](#) ou le [chèvrefeuille](#). Le substrat d'une culture semi-extensive est généralement composé d'environ 50 % d'agrégats poreux.

Plantation intensive

C'est un type de culture dans des bacs pouvant faire jusqu'à 1 ou 2 mètres de profondeur. La culture intensive peut permettre la culture d'arbres tels les [arbres fruitiers](#) décoratifs ou nains. De manière générale, il est recommandé de leur poser des haubans pour résister aux grands vents. Ces systèmes devraient toujours être munis d'arrosage automatique pour assurer la survie des arbres. Le volume d'agrégats est souvent réduit à 40 % pour faire place à plus d'éléments nutritifs.

Éléments d'un toit vert

Un toit vert ou végétal est constitué essentiellement de cinq composantes. En partant du support de toit, on retrouve :

- la **structure portante** ;
- une **couche d'étanchéité**. Une barrière antiracines et une membrane d'étanchéité séparent le système du toit vivant du bâtiment isolé qui se trouve en dessous ;
- une **couche** éventuelle **de drainage et de filtration**. En cas d'excédent d'eau, une couche de réservoirs ou de galets la filtre puis elle se déverse dans une canalisation. Pendant les périodes sèches, l'eau stockée remonte vers les racines ;
- un **substrat de croissance**. La terre naturelle devient trop lourde quand elle se gorge d'eau. Les architectes des toits verts utilisent un substrat ;
- une **couche végétale** si l'on recherche un aspect engazonné ou de type prairie, ou une couche d'un substrat léger, pauvre et absorbant type mélange de billes d'argile expansée ou d'ardoise expansée, sans engrais dans lequel on plantera surtout des [plantes succulentes](#), de type [sédums](#) (ex : [sedum album](#), [sedum sexangulare](#), [sedum lydium](#)...) et de plantes adaptées aux milieux secs ([thym](#), [ciboulette](#), [fétuque](#)...). Les sédums stockent l'eau, absorbent les pluies qui ruisselleraient sur un toit plat ordinaire.

L'épanouissement des plantes du toit végétal prend quelques années.

Structure portante

Elle peut être en béton, acier ou bois et doit supporter le poids de l'installation prévue qui peut doubler voire tripler lorsqu'elle est gorgée d'eau en cas de pluie ou de neige accumulée.

Le toit peut être plat ou incliné (20° au maximum). Les toits plats sont recommandés avec une pente minimale de 1 à 2 %, pour diminuer l'épaisseur de la couche drainante, et donc le poids de la structure.

Étanchéité

Comme pour toute toiture, elle est essentielle. L'importance de la couche d'étanchéité ne doit jamais être sous-estimée ; elle doit être adaptée à la végétalisation et parfaitement posée car les coûts de réparation d'une fuite sont souvent au moins doublés comparés aux toitures-terrasses classiques. Le complexe isolant doit être résistant à la compression et aux racines.

Les membranes bitumineuses SBS (éventuellement APP) dans leurs versions « anti-racine » uniquement (application en deux couches recommandée) comme les membranes en [polyoléfine](#) dites TPO ou FPO (cartouche éthylène propylène + polypropylène), en caoutchouc synthétique (EPDM) ou en [PVC-P](#) sont adaptées.

Le choix des espèces, le type de drainage (barrière composée d'une couche d'air) et l'entretien régulier rendent inutile le traitement herbicide inclus dans le bitume. Cependant, la réglementation exige l'ajout d'une couche anti-racine car les fabricants d'étanchéité utilisent du bitume qui est une base « attirant » les racines.

Les essais faits en Allemagne par le [FLL](#) sont les meilleurs indicateurs de performance des systèmes disponibles en Europe.

Remarque : selon l'épaisseur et le type de substrat et le climat local, certaines plantes doivent être proscrites. Ceux qui veulent favoriser la biodiversité chercheront à y favoriser les espèces plus locales, mais adaptées à ces « milieux extrêmes » très secs et chauds au plus fort de l'été et exposés aux chocs thermiques de forte amplitude.

Les rouleaux « *pré-végétalisés* » peuvent être réenroulés pour contrôle ou réparation de l'étanchéité. Certaines terrasses sont couvertes de plantes en godets qu'on peut enlever ou déplacer.

La couche de drainage et de filtration

Selon l'inclinaison de toit, la résistance de la structure portante et l'épaisseur et la nature du substrat, une couche drainante peut être mise en œuvre. C'est le plus souvent du [polyéthylène](#) gaufré qui crée un espace de drainage d'environ 10 cm de hauteur dirigeant l'eau de pluie vers le drain du toit ou vers les gouttières extérieures. Pour éviter son colmatage par des particules du sol/substrat, il est éventuellement possible de lui adjoindre un filtre [géotextile](#) non-tissé qui retient les fines particules du sol et laisse l'eau s'égoutter. Ce géotextile absorbe aussi l'eau qui la traverse, offrant un milieu humide pour les racines des plantes. Cependant, le non-tissé offre peu de résistance aux racines qui le pénètrent en réduisant son efficacité. On le recouvre donc généralement encore d'un autre géotextile traité anti-racine.

Le substrat de croissance

Le substrat doit être léger et résistant à la compaction tout en retenant l'eau. Sa composition est généralement un mélange de terre et/ou de compost végétal de feuilles ou d'écorces mélangé à des agrégats de pierres légères et absorbantes (*pierre ponce, matériau expansé, éventuellement récupération de déchets de tuiles broyés..*) ayant un diamètre de 3 à 12 mm. Les agrégats représentent un volume variant de 40 à 70 % du substrat de culture en fonction de l'épaisseur de substrat, de l'irrigation (si engazonnement) et du type de culture souhaité. L'épaisseur totale du substrat peut ainsi être réduite à seulement 10 cm d'épaisseur, voire moins pour les rouleaux prévégétalisés de sédums. 15 cm est en zone tempérée l'épaisseur minimale convenant aux plantes très résistantes au gel. 15 cm sont nécessaires pour bénéficier d'une plus grande variété de plantes.

Ses capacités de rétention en eau, de perméabilité, de résistance à l'érosion, de densité conditionnent le bon fonctionnement du système.

Pour les toitures de [graminées](#), les architectes paysagistes ont longtemps recommandé un minimum de 30 cm de terre sur les toits végétaux, mais la terre devient très lourde lorsqu'elle est saturée d'eau (environ 1,6 tonne par mètre cube, ou 160 kg par mètre carré pour une épaisseur de 10 cm) avec des risques de dommages à l'étanchéité et à la structure d'un immeuble classique si elle n'a pas été soigneusement renforcée. Le milieu étant moins favorable aux vers de terre, la terre tend à se compacter, évacuant l'oxygène nécessaire à la survie des plantes. Les erreurs passées incitent à attacher la plus grande importance au substrat qui doit permettre la vie des plantes, sans recherche de productivité (laquelle demanderait un entretien accru).

La couche végétale

Techniquement, toutes les plantes peuvent pousser sur les toits mais certaines peuvent nécessiter des soins constants pour les préserver d'un soleil permanent, du gel et des grands vents. Dans la plupart des cas, la végétation ne sera qu'herbacée ou arbustive. Elle sera choisie en fonction du climat de la région, de l'ensoleillement, de la pente du toit, de l'épaisseur du substrat, etc.

Pour les substrats les plus minces, idéalement les végétaux devraient être choisis parmi la flore indigènes vivaces [xérophyte](#) et [lithophytique](#) qui est naturellement très résistantes aux variations locales des paramètres climatiques. Elles s'implanteront rapidement pour couvrir les surfaces réduisant l'assèchement du substrat par le soleil et le vent.

Pour des épaisseurs de sols plus importantes, les plantes alpines et rudérales conviennent bien aussi généralement à cet usage.

Dans tous les cas, les plantes couvre-sols sont à préférer car elles ont l'avantage de laisser peu de place aux herbes sauvages ou indésirables et de réduire l'entretien.

Les plantes à privilégier peuvent être :

- *plantes fleuries* : les [origans](#) ; les [alliums](#) de petite taille comme la [ciboulette](#), qui offre aussi l'avantage d'être un condiment ; un mélange de fleurs des champs pour créer un pré fleuri ; le gazon d'Espagne ou [armérie maritime](#) (*Armeria maritima*) ; les [iris](#) nain comme l'iris *Pumila* ; le géraniums sanguin (*g.sanguineum*); les [campanules](#), les [centaurées](#), etc. ;
- *couvre-sols* : les [œillets](#) ; les [gypsophiles](#) ; les [sedums](#) ; les [thyms](#), les [joubarbes](#), etc. ;
- *graminés* : les [fétuque](#) et particulièrement la fétuque bleue (*Festuca glauca*) et fétuque améthyste (*Festuca amethystina*) particulièrement compact et décoratives ;
- *plantes vertes* : les [iberis](#) comme la corbeille d'argent (*Iberis sempervirens*) ; les [armoises](#), etc.

Précautions et Maintenance

Expérience à Marrakech

Arrondissement Guéliz

Données

Surface à couvrir

Plantes

Dispositions et Pose

Arrosage : goutte à goutte

Autres dispositifs : Eclairage, panneaux photovoltaïques, fontaines, Compostage,

Budget :

Délais

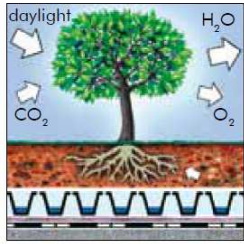
Extension de l'expérience

- Bâtiments administratifs, municipaux, étatiques,
- Autres Bâtiments d'organismes publics ou semi-publics
- Ecoles, Collèges, Lycées, Instituts, Universités
- Stations de service
- Hôpitaux et cliniques
- Hôtels
- Usines et bâtiments en zone industrielle
- Centres commerciaux
- Centres de vacances
- Résidences privées

L'expérience peut évidemment se généraliser pour d'autres villes, notamment celles qui subissent de fortes chaleurs et elles sont très nombreuses !

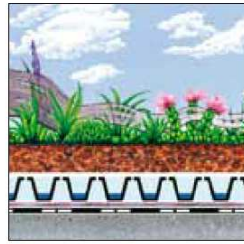
Beyond their attractive visual nature, Green Roofs offer many undisputable benefits, both ecological and economical, provided they are built with the right system.

Improve the Microclimate



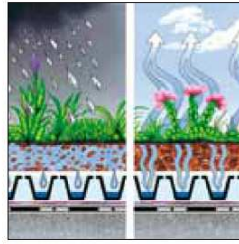
Green Roofs cool and humidify the surrounding air. Thus they contribute to improving the microclimate in urban centres. This cooling effect significantly increases the performance of air-conditioning systems, reducing carbon emissions.

Bind Dust and Toxic Particles



Green Roof vegetation helps to filter out dust and smog particles. Nitrates and other harmful materials are absorbed by the plants out of the air and rainfall and bound within the substrate.

Increase Rainwater Retention



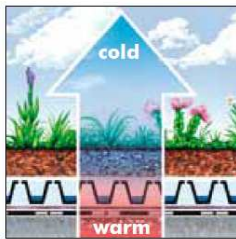
A Green Roof can reduce water run-off by 50-90%; any water flows from the roof with a delay. Outlets, pipes and drains can be reduced in capacity, thereby saving construction costs. Sewer costs can be reduced in some areas.

Improve Noise Protection



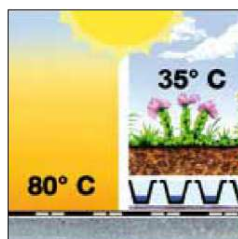
Planted areas are natural sound insulators and absorb more sound than hard surfaces. Green Roofs reduce reflective sound by up to 3 dB and improve sound insulation by up to 8 dB. This is very effective for buildings near airports, noisy nightclubs and factories.

Reduce of Energy Costs



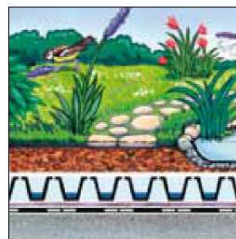
A Green Roof has the ability to buffer temperature extremes and improve the buildings energy performance.

Protect the Waterproofing



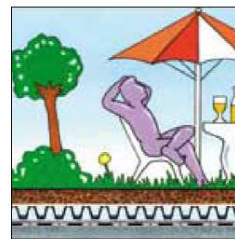
A Green Roof protects the waterproofing from climate extremes, UV exposure and mechanical damage. This greatly increases the life expectancy of the waterproofing and results in reduced maintenance and replacement costs.

Offer a Natural Habitat



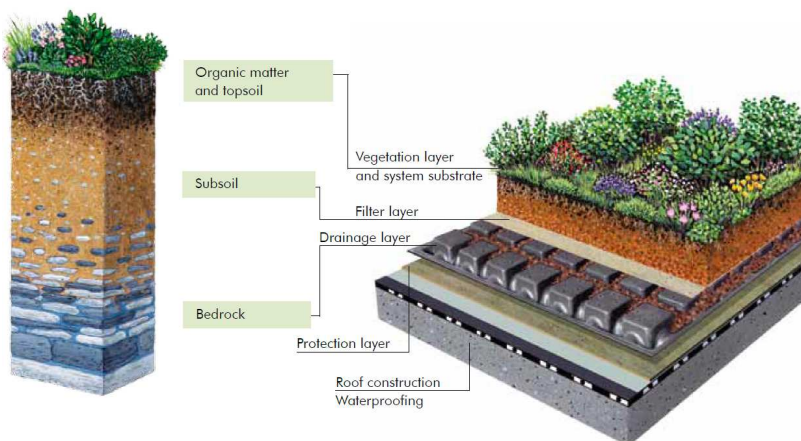
Landscaped roofs compensate for green spaces, which are lost to building development. They provide natural habitats for wildlife and bring nature back into the cities.

Provide Additional Space



Green Roofs offer additional space for numerous uses. Whether you want a relaxing garden, a playground or a golf course, it all can be achieved as part of the existing footprint.

Replicating Nature on Roofs



Rooftop Gardening

There are many benefits of a rooftop garden beyond the fact that they can be quiet retreats. They add another dimension of green space to an urban scape without taking up an extensive area of land in densely populated places. In some European countries such as Switzerland, By laws have been passed that new buildings must be designed to relocate the greenspace covered by the building to their roofs. Existing buildings must also comply with the bylaw by greening at least 20% of their rooftops.

These relatively simple changes to rooftops can greatly benefit our urban areas. Here are some examples of the advantages of rooftop gardens:

- Green roofs can help in the absorption of carbon dioxide and help reduce air pollution
- Storm water runoff, flooding and water pollution can be reduced
- The building and surrounding area's aesthetics will be enhanced and property value could be increased
- Economically, there are no additional land costs
- Temperatures around the building can be lowered in the summer
- A building can be further insulated from the cold in the winter
- The roof life can be extended by protecting it from various weather conditions
- Heating and cooling bills will be reduced
- The rooftop garden space can be used for food production

ROOFTOP GARDEN TYPES

There are two types of rooftop gardens and depending on the structural design of your roof, one might be preferable to the other. One is the extensive rooftop garden, often inaccessible and the other is the intensive rooftop garden, which is accessible to people.

1. Extensive rooftop gardens:

- Generally lightweight gardens
- Require little or no maintenance
- Vegetation acts like another layer of the roofing material and usually covers the entire roof
- Can be installed on both flat and sloped roofs
- Depending on climate and the amount of rainfall, can grow a variety of hardy grasses, wildflowers, mosses and sedums
- Use drought-tolerant plants that will go into hibernation if exposed to harsh conditions like wind and sun exposure and/or under-wateri
- Since they are not generally walked upon, guard rails, exit requirements and access need not be a concern. If they will be walked on, these aspects need to be considered. SEE

THINGS TO CONSIDER - ACCESS AND SAFETY

FoodShare Toronto | Archive | www.foodshare.net | Rooftop Gardening | 2

2. Intensive rooftop gardens:

- Allow for a more diverse plant selection such as perennial flowers, trees and shrubs (all of which can remain in containers over the winter) and the potential to grow food.
- Are subject to building and zoning codes, especially with respect to public safety issues, hence the need for proper exits, guard rails, and lighting.
- Generally installed on flat roofs with the vegetation either covering the entire area or in containers and raised beds.
- A stronger roof structure is required due to the added weight of people accessing the garden as well as higher soil and container weights, decking and trees all adding to the weight impact to the roof.
- More maintenance is required because of the greater variety of plants.
- Other considerations for an intensive rooftop garden include condition of roof, structural and weight capacity, access, cost, irrigation, and drainage.

THINGS TO CONSIDER

1. Weight capacity

The primary concern when thinking about starting up a rooftop garden is the weight bearing capacity of the roof. The best possible and most cost-effective scenario is to construct a rooftop garden when the roof needs to be replaced or is newly constructed.

- Before you even start designing your rooftop garden, consult with a structural engineer and if possible the building's architect regarding the weight bearing capacity of the roof. If you live in an apartment building, consult with the superintendent or owner to propose the idea.
- For the structural analysis of the roof, the architect and/or structural engineer will consider such factors as loading strength, condition of the waterproof membrane of the roof, and necessary safety provisions.
- Once the structural capacity has been determined, you will then know the type of garden that is best suited for your roof.
- Your first concern should be the weight bearing capacity of the roof. Most roofs are designed with an average loading strength of 40 lbs. per cubic foot. Wet soil weighs on average 100 lbs. per cubic foot.
- In order to reduce the soil weight, lighter soil varieties should be used such as perlite, vermiculite, peat moss and coconut husk fibre. SEE **WHAT YOU'LL NEED - SOIL**
- Find out where the building's structural columns are located, as they are able to support greater loads than other areas. Place the largest planters and containers at these locations and spread the smaller, lighter ones about equally. SEE **WHAT YOU'LL NEED -**

CONTAINERS

FoodShare Toronto | Archive | www.foodshare.net | Rooftop Gardening | 3

- Since different plants require different soil depths depending on their root structure, find out how much soil each plant requires. Plants with shallow, spreading roots can grow in less soil depth than plants with longer (tap) roots. Do not use more soil than you need.

2. Exposure

The second and almost equally important concern to the weight capacity of your rooftop is the exposure to elements. Rooftop gardens are more susceptible to factors such as wind, sun and heat due to their height off the ground. The roof can actually be as much as 5oC hotter than the surrounding land. A four pronged approach is usually the best option to overcome these conditions.

- Choose **PLANTS** that have the ability to withstand harsh conditions, or provide them with **SHADE**.
- Provide a thick layer of mulch to insulate and shade the soil. This will minimise evaporation and keep the soil cooler .
- Install a drip irrigation system, on a timer, that will deliver steady moisture to each planting bed. Without this kind of irrigation, many planters, especially the smaller ones, may need watering twice a day. SEE **WHAT YOU'LL NEED - WATER**
- Choose your **CONTAINERS** with care. Although you might find that terra cotta pots look better than plastic containers, they are too porous to conserve water under rooftop conditions. Plastic pots seem to work a lot better

3. Wind and sun protection

Wind conditions on a roof can be dramatically different from those on ground level. Generally, the higher up you are, the stronger the wind. Combined with the increased sun and heat exposure on a rooftop, plants could have a hard time surviving unless some precautions are taken.

- Use the sides of the plant's own container as a windshield for young plants by planting them several inches below the top of the pot.
- For larger plants in very sever conditions, you may have to build a windbreak or use hardier plants themselves as windbreaks. An outside row of tall sturdy plants, such as sunflowers or evergreens, or hardy vines on a trellis, can protect other more delicate plants.
- When selecting plants for a windbreak, look for plants with thick leaves with hairy or waxy surfaces. They loose less water to evaporation than thin, smooth leaves.
- Stake your plants using stronger and more numerous stakes than you would normally use on ground level. These will protect and support the more heavily laden plants. If the plant grows upright rather than in a spreading fashion, it will probably need some support.

4. Access and safety

Access and roof safety should be priority considerations when designing your rooftop garden. As well as physical access for people, there should be water access as well. If your only method of getting to the roof is by ladder, you should think carefully about the task of carrying all the materials needed for building your garden as well as the repeated transportation of water to the roof.

If it is a public building, the Building Code will not allow ladder access for this intended use. In terms of safety, consider installing guard-rails at appropriate heights around the perimeter of the roof where there is garden access. These will not only protect the people visiting the rooftop garden, but will also shield the plants themselves.

5. Roof properties and drainage

Any excess water not absorbed by the plants should be drained into the existing drainage system with only a few slight modifications depending on the complexity of your garden. Try to keep the flow of draining water free of obstructions (i.e. containers) so water does not build up on the roof and can reach drains and eaves troughs. Maintain a gravel ring and filter cloth layer around the roof drains and over flow scuppers.

WHAT YOU'LL NEED

1. Soil

- **Lightweight soil.** Due to the weight of soil, especially wet soil, it is best to use lighter soils such as perlite, vermiculite, peat moss, coconut husk fibre and rockwool pad (a Danish product that can completely replace soil without harming the plant)—these add bulk without jeopardising the stability of the plants.
- **Fertilisers.** If you use these types of soil, they need to be mixed with fertilisers, preferably organic ones, to ensure the survival of your plants.
- **Minimum soil.** Many plants do not need 12 inches of soil for healthy growth so use a minimum amount of soil as possible. Select plants that require less soil depth such as ones with shallow and spreading roots.

2. Water

- **Water access.** Water on the roof is ideal—i.e. a water tap.
- **Water pressure.** Moderate to high water pressure is preferable. If the water pressure is low, there may not be enough force to have a long drip system or soaker hose. In this case, several shorter hoses on separate zones would get water to all the plants.
- **Drip irrigation system.** This is an effective way to get a steady amount of moisture to your plants and can be put on a timer for efficiency and lower maintenance.

3. Plants

- **Hardy or indigenous plants.** Use plants of these varieties, as they are more capable of withstanding the harsh climate conditions of a rooftop such as sun, wind, rain fall, soil depth, shade and air pollution.

FoodShare Toronto | Archive | www.foodshare.net | Rooftop Gardening | 5

- **Roots.** Choose plants that have shallow root systems rather than ones that require higher soil depths making the container too heavy to be sustainable on a rooftop.
- **Growth conditions.** Consider where your plants have been grown prior to being planted on the roof and try and get plants that have been subjected to similar conditions.
- **Plants and garden types.** For an inaccessible/extensive garden, mixtures of grasses, mosses, sedums, sempervivums, festucas, and irises—plants native to drylands, tundra and alpine slopes are best suited for this rooftop environment. Accessible/intensive gardens can support just about any type of plant, provided that special protective precautions are taken for more sensitive plants such as using windbreaks and shading.
- **Windbreak plants.** Choose plants that have thick leaves with hairy or waxy surfaces as they tend to be stronger and lose less water to evaporation.

4. Containers

- **Appropriate containers.** Although terra cotta pots look good, they are too porous to conserve water under rooftop conditions. Plastic pots do a much better job.

- Size. Do not use anything smaller than 20 cm (8 inches) in diameter because there isn't enough soil mass relative to the exposed surface area in a small container to hold much moisture for very long.
- Alternatives. Plastic pails that restaurant food supplies come in (usually 3.5 gallons or 16L) are perfect for a single tomato, pepper or eggplant. Poke a few holes in the bottom, add an inch of gravel for drainage, covered by a filter cloth to prevent the soil from coming out the bottom. Fill it about 2/3 full with a light weight soil mix, leaving room for mulch, and you have a perfect rooftop garden plant container.
- Larger planting beds. You can build wooden planter boxes or adapt packing crates. To do this, line with plastic, cutting a few holes in the bottom for drainage, and also fit with insulation on the inside, especially if you are planting anything that will be over wintering on the roof, such as perennials, shrubs or trees. These plants can be damaged by repeated with thawing and re-freezing in the winter and the interior insulation helps to minimise the thawing of the soil.
- Soil. No matter what kind of container you use, do not fill it to the top with soil. The lower soil level will enable the plant to get some wind protection from the container itself, as well as leaving enough room for a generous layer of mulch (at least 1 inch).



(Source: Dr. Sam C. M. Hui)

Figure 13. Sustainable rooftop farming (pilot study)

ADVANTAGES OF SPECIFYING A GREEN ROOF

Amenity

- psychological benefits of seeing greenery
- blends in with surroundings
- gardens for inhabitants of buildings
- masks ugly rooftops
- complements building forms

Ecological

- reduction of stormwater runoff
- provision of wildlife habitats
- absorption of CO₂, some air pollutants and dust
- links in city-wide networks of green space
- reduction of urban 'heat-island' effect

Technical

- protection of roof surface from ultra-violet radiation and mechanical damage

- thermal insulation
- acoustic insulation

Financial

- lower maintenance costs for roofing materials

LIVING CONDITIONS ON THE ROOF

To flourish on a roof, many plants will have to cope with harsher living conditions than those encountered on the ground. For some plants conditions will be intolerable. Others may find life on a roof amenable and they will grow quite happily. Lower concentrations of some pollutants and reduced disturbance from people are positive factors. The conditions in individual situations vary enormously and depend on combinations of local factors. The most common variables that need to be considered are wind, temperature and moisture regime.

Wind

Wind speeds generally increase at higher levels. However, as any urban dweller can attest, wind speeds can also be high where the configuration of tall buildings creates a wind tunnel effect on the ground. Each situation will merit study to ascertain what wind conditions on the roof will be. Wind has a drying effect on plants and soils. It can also cause erosion of the substrate, particularly before good ground cover has been established. Strong winds can uproot or damage vegetation which has not been adequately protected.

Moisture

Moisture is perhaps the most critical limiting factor for plants on roofs.

Due to thin substrates and increased exposure, there is often rapid fluctuation between saturation and drought.

Water loss is a particular concern between May and September. During these months some form of artificial irrigation will probably be needed. To some extent this can be modified for extensive green roofs planted with drought resistant species (see below), or by incorporating rainwater-fed water storage sumps at roof level in the form of tanks or open pools. Even here, however, prolonged dry spells may necessitate some form of additional irrigation.

SOME CONSIDERATIONS FOR DESIGNING ROOF GARDENS AND GREEN ROOFS

Objectives

- nature conservation
- amenity
- informal recreation
- energy conservation
- improvement of microclimate
- gaining of planning permission
- integration within green development
- protection of roof

Site

- space available
- conditions
- aspect
- height above ground
- slope of roof
- strength of roof (load bearing)
- shelter

- distance from other green space
- wind speed and direction at roof height

Maintenance

- access to roof
- management of vegetation and facilities
- irrigation system

Costs

- substrate and plant materials
- hard landscaping
- maintenance and irrigation systems
- strengthening of structure
- equipment for erecting green roof materials (cranes etc.)
- professional fees

Green roof design goals	Considerations
Reduced stormwater run-off	Increase depth and water-holding capacity (WHC) of substrate, use plants with high water uptake
Recreation and amenity use	Increase weight loading, ensure ready roof access
Lightweight, long-life and no irrigation	Choose stable, lightweight substrates and components, and high stress tolerant plants, e.g. succulents
Cooling and integration with photovoltaic panels	Select leafy plants, provide irrigation, plant around (but not shade) solar panels
Maximise thermal insulation	Increase substrate depth, provide irrigation, select species for leafy plant cover in summer. (Passive heat gain in winter may be increased if the roof is bare in winter but this strategy increases maintenance and reduces aesthetic benefit)
Provide biodiversity outcomes	Include habitat plants and features (such as water and shelter)
Produce food	Increase weight loading and depth and organic content of substrate, ensure good access to the site, provide irrigation

ROOF GARDENS AND GREEN ROOFS: A COMPARISON

ROOF GARDEN INTENSIVE traditional

Deep soil, irrigation system, more favourable conditions for plants.

Advantages

- allows greater diversity of plants/habitats
- good insulation properties
- can simulate a wildlife garden 'on the ground'
- can be very attractive visually
- more diverse utilisation of roof, e.g. for growing food, as open space

Disadvantages

- greater weight loading on roof
- need for irrigation and drainage systems (greater need for energy, water, materials, etc.)
- higher cost
- more complex systems and expertise required

GREEN ROOF EXTENSIVE ecological

Thin soil, little or no irrigation, stressful conditions for plants.

Advantages

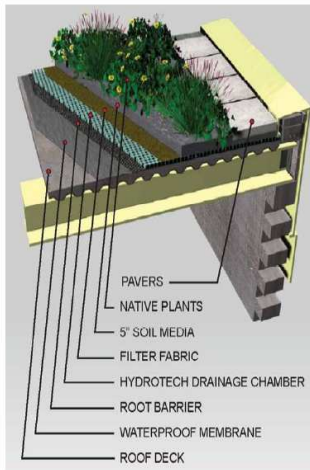
- lightweight – roof generally does not require strengthening
- suitable for large areas
- suitable for roofs from 0° - 30° slope
- low maintenance
- often no need for irrigation/drainage system
- relatively little technical expertise needed
- often suitable for refurbishment projects
- can leave vegetation to develop spontaneously
- relatively inexpensive
- looks more natural
- easier for planning authority to demand green roof as a condition of planning permission

Disadvantages

- more limited choice of plants
- usually no access for recreation etc.
- unattractive to some, especially in winter

Benefits

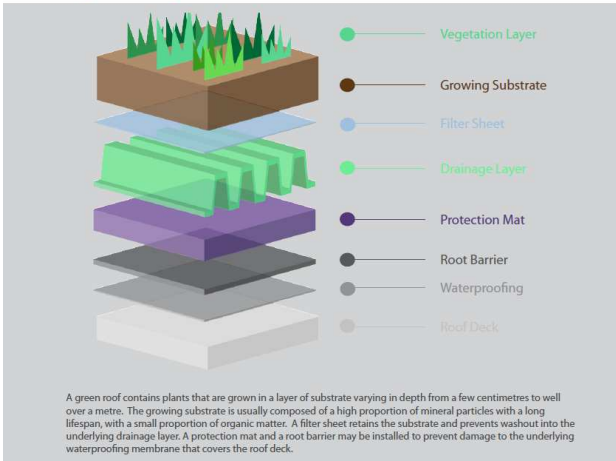
- Reduces stormwater volume (50% to 85%)
- Improves stormwater quality through load reduction
- Saves water by harvesting rain
- Reduces heat island effect
- Lowers surface temperatures by 40°-50° F
- Energy savings can reach 15%-30%
- Reduces noise for building occupants
- Increases the life of the roof and reduces roof maintenance costs
- Contributes to biodiversity and creates habitats for birds and invertebrates
- Filters air pollutants and captures airborne particles



As substrate depth increases a greater range of plants can be used



Layers of a green roof



What are the components of a typical green roof system?

The requirements that all plants need to grow include water, light and a suitable growing medium. This can be created by the installation of a series of functioning layers which, while retaining the necessary water to support the plants, allow excess water to drain off the roof. They also protect the roof surface from plant roots and mechanical damage. A variety of systems can be used which provide a stable roof-top environment for plant growth.

The diagrams below show the build up of the more typical green roof systems.

