

TECHNICIEN TERRITORIAL
CONCOURS INTERNE ET DE TROISIÈME VOIE
SESSION 2016
ÉPREUVE DE RAPPORT

ÉPREUVE D'ADMISSIBILITÉ :

Élaboration d'un rapport technique rédigé à l'aide des éléments contenus dans un dossier portant sur la spécialité au titre de laquelle le candidat concourt.

Durée : 3 heures
Coefficient : 1

SPÉCIALITÉ : ESPACES VERTS ET NATURELS

À LIRE ATTENTIVEMENT AVANT DE TRAITER LE SUJET :

- ♦ Vous ne devez faire apparaître aucun signe distinctif dans votre copie, ni votre nom ou un nom fictif, ni votre numéro de convocation, ni signature ou paraphe.
- ♦ Aucune référence (nom de collectivité, nom de personne, ...) **autre que celles figurant le cas échéant sur le sujet ou dans le dossier** ne doit apparaître dans votre copie.
- ♦ Seul l'usage d'un stylo à encre soit noire, soit bleue est autorisé (bille non effaçable, plume ou feutre). L'utilisation d'une autre couleur, pour écrire ou pour souligner, sera considérée comme un signe distinctif, de même que l'utilisation d'un surligneur.
- ♦ L'utilisation d'une calculatrice de fonctionnement autonome et sans imprimante est autorisée
- ♦ Le non-respect des règles ci-dessus peut entraîner l'annulation de la copie par le jury.
- ♦ Les feuilles de brouillon ne seront en aucun cas prises en compte.

Ce sujet comprend 23 pages

**Il appartient au candidat de vérifier que le document comprend
le nombre de pages indiqué**

S'il est incomplet, en avertir le surveillant

Vous êtes technicien territorial au sein de la commune de Technville qui compte environ 50 000 habitants, dont le patrimoine bâti public est important. Votre municipalité, très attachée à la biodiversité, réfléchit à une démarche de végétalisation des façades de certains édifices communaux ouverts au public.

Le directeur des services techniques vous demande de rédiger à son attention, exclusivement à l'aide des documents joints, un rapport sur les façades et murs végétalisés.

Liste des documents :

- Document 1 :** « Végétalisation des murs et des toits » - *Habiter durable*, édition n°1 - Septembre 2014 - 3 pages
- Document 2 :** « Recherche et développement : les techniques progressent et soulèvent de nouvelles questions » - *lemoniteur.fr* - 11 septembre 2013 - 2 pages
- Document 3 :** « Murs et façades végétalisés » - *Guide technique Biodiversité & bâti* - Janvier 2013 - 2 pages
- Document 4 :** « Système Optigreen "Façade-jardin" » - *optigreen.fr* - consulté en juin 2015 - 3 pages
- Document 5 :** O. Damas, P. Faucon, F. Glatard et O. Riaudel - « Murs végétalisés : une enquête sur les modalités d'entretien » - *Jardins de France 629* - Mai-juin 2014 - 3 pages
- Document 6 :** « Végétalisation des bâtiments : Quelle efficacité pour la biodiversité ? » - *urbanisme-bati-biodiversite.fr* - consulté en octobre 2015 - 1 page
- Document 7 :** « Végétalisation des murs et des toits à Paris » - fiche thématique - cahier de Recommandations Environnementales (extrait) - Conseil architecture urbanisme environnement Paris - *caue75.archi.fr* - consulté en octobre 2015 - 3 pages
- Document 8 :** « Murs et pieds de murs à biodiversité positive » - guide BBP - Les fiches techniques - Institut du développement durable et responsable (IDDR) - *biodiversite-positive.fr* - consulté en octobre 2015 - 3 pages
- Document 9 :** « Le mur végétal du quai Branly a souffert » - *Le Parisien* - 14 avril 2009 - 1 page

Documents reproduits avec l'autorisation du CFC

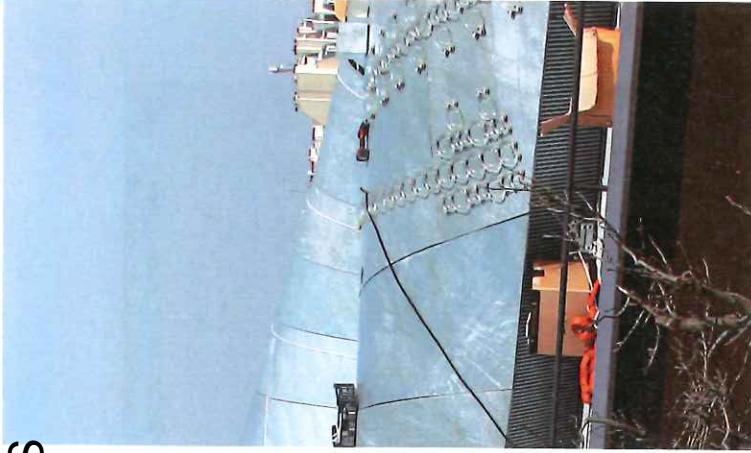
Certains documents peuvent comporter des renvois à des notes ou à des documents non fournis car non indispensables à la compréhension du sujet.

La démarche parisienne

A PARIS, COMME DANS TOUTES LES MÉTROPOLES, LA PRÉSENCE DU VÉGÉTAL CONSTITUE UN ENJEU ÉCOLOGIQUE INCONTOURNABLE DANS LA LUTTE CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE. **LE PLAN BIODIVERSITÉ DE PARIS** RAPPELLE CET OBJECTIF EN PRÉCONISANT LA PRÉSERVATION ET LE RENFORCEMENT DE LA NATURE À PARIS.

La végétalisation des toitures et des murs des bâtiments participe :

- à la rétention des eaux pluviales (4 à 38 mm selon l'épaisseur de substrat) : réduction de la saturation du réseau d'évacuation et diminution des risques d'inondation,
- à l'amélioration du cadre urbain : présence accrue de végétaux en ville,
- au développement de la biodiversité : les espaces végétalisés offrent des lieux de refuge, de repos, de nourrissage et de reproduction pour la faune,
- à l'isolation phonique : bruits aériens atténués pour les végétalisations de toitures semi-intensives à intensives et les murs végétalisés,
- à la régulation de la température ambiante car l'air est rafraîchi et humidifié grâce au phénomène d'évapotranspiration, contribuant ainsi à la lutte contre le phénomène d'îlots de chaleur,
- à l'amélioration de la qualité de l'air : absorption des particules en suspension telles que poussières substances polluantes (NO_x, SO₂ ...),
- à la protection de l'étanchéité des toitures : pérennité améliorée.



Les murs et façades végétalisés

définitions et principes

Les murs végétalisés apportent une multitude d'avantages à la fois sur le plan environnemental et esthétique, mais aussi pour la pérennité de la façade.

Dans les quartiers déjà pourvus en espaces verts et en toitures jardins, ils assurent également une continuité végétale et contribuent ainsi à la constitution de corridors «écologiques» pour maintenir et développer la biodiversité à Paris.

Plantes grimpantes - végétalisation en pleine terre

De nombreuses structures verticales ne demandent qu'à verdir : murs pignons, palissades, clôtures, écrans acoustiques, piliers, surfaces régulièrement taguées... La végétalisation avec des plantes grimpantes constitue alors un recours peu onéreux et sans entretien. Les plantes utilisables sont nombreuses (lierre, vigne vierge...).

Néanmoins, la végétalisation n'est pas toujours recommandée directement sur une structure bâtie traditionnelle (ancrage entre enduit et maçonnerie, insertion entre les joints des moellons, colmatage des gouttières et descentes d'eaux pluviales...). Il est alors préférable de fixer préalablement une structure saine à la façade, sur laquelle les plantes grimpantes peuvent se développer naturellement grâce à leurs tiges volubiles (ex : glycine) ou leurs vrilles

(ex : clématites) : fils métalliques, treillis, grilles...

Végétalisation suspendue

La végétalisation suspendue pourrait être assimilée à l'adaptation d'une toiture végétale sur le plan vertical. La végétation ne prend pas racine au sol mais pousse directement sur un substrat couvrant toute la surface du mur.

Végétalisation suspendue modulaire

Il existe plusieurs procédés pour réaliser la végétalisation suspendue d'un mur. Des plantes peuvent ainsi être mises en terre dans des bacs adaptés. Des modules spécialement conçus remplis de substrats (laine de roche...), pré-cultivés ou à planter, sont placés dans une structure métallique. L'installation

est chevillée au mur ou fixée à l'aide de rails. Une lame d'air est conservée entre le complexe végétalisé et le mur. Le mur végétal est irrigué par le haut à l'aide de tuyaux perforés, raccordés au circuit fermé d'alimentation en eau et en substrat.

Végétalisation suspendue sur feutre

La végétation suspendue peut également être plantée dans des poches de feutre, agrafées sur une structure porteuse. La paroi est irriguée par le haut. Une solution nutritive est ajoutée plusieurs fois par an dans le système d'irrigation. Une couche d'air ménagée à l'arrière de la structure est indispensable pour éviter le pourrissement des végétaux.

Ces types de végétalisation verticale hors-sol relèvent davantage de la composition florale et artistique que d'un dispositif à vocation écologique, car la consommation d'eau et d'engrais est importante.



Végétalisation suspendue modulaire

Murs et façades végétalisés mise en oeuvre

Entretien

Plantes grimpantes

Elles ne demandent aucun entretien spécifique mis à part une taille périodique pour maîtriser la croissance de la végétation.

Concernant le choix des végétaux, il n'y a pas de restriction sous réserve de respecter les contraintes imposées par le code rural. Il s'agira de vérifier que les végétaux choisis n'engendreront pas une surcharge sur la structure porteuse.

Une étude d'ensoleillement préalable est nécessaire pour choisir des espèces adaptées. De plus, dans un but esthétique, il est intéressant de combiner des plantes grimpantes persistantes, caduques, à fleurs. En effet, ce genre de composition offre une couverture végétale toute l'année et devient à terme suffisamment dense pour recouvrir toute la structure.

Végétation suspendue

Il est conseillé de vérifier au minimum deux fois par an la croissance et l'aspect des végétaux afin de modifier si nécessaire les conditions d'arrosage et de fertilisation, de tailler ou remplacer les plantes. Il faut également s'assurer lors de cet entretien du bon fonctionnement des goutteurs et minuteurs, et inspecter le support. Pour l'irrigation, étant donné que la végétalisation est hors-sol, un dispositif d'alimentation fréquente en eau et en minéraux est indispensable. Un système de récupération de l'eau résiduelle est également nécessaire (circuit fermé).

Dans les deux cas (modulaire ou sur feutre), des études spécifiques concernant la charge engendrée par cette végétalisation devront être menées afin de prévoir une structure porteuse et des points d'attaches suffisamment résistants.



Aménagement paysager de mur aveugle, rue Henri Noguères, Paris 19^e



Mur végétalisé sur feutre

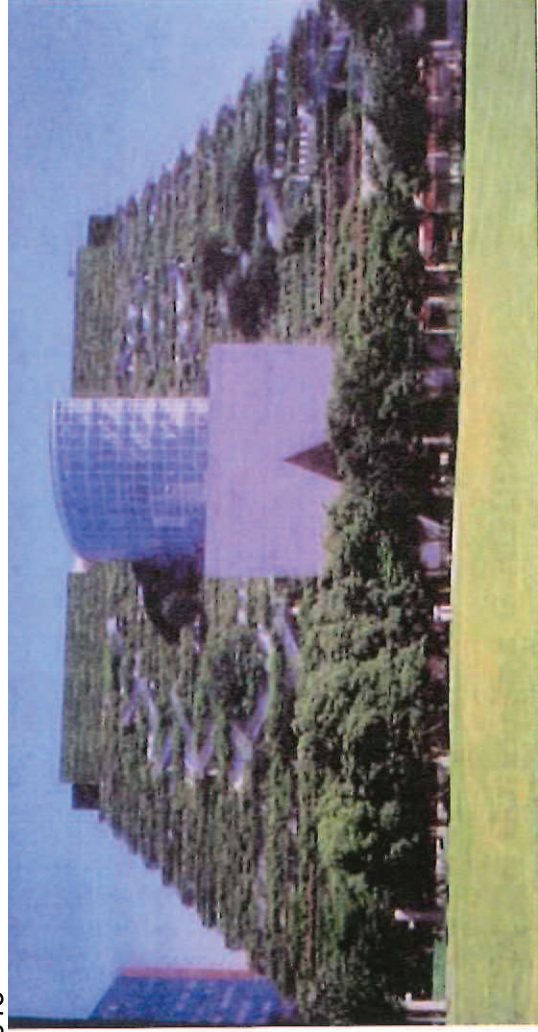


Végétalisation de bâtiment ancien, Paris 6^e

Recherche et développement : les techniques progressent et soulèvent de nouvelles questions

lemoniteur.fr

11/09/2013



© JN - Terrasses végétalisées au Japon

Le World Green Infrastructure Congress se tient à Nantes du 9 au 13 septembre. L'occasion pour les spécialistes des toits et façades végétalisés du monde entier de se rencontrer et d'échanger sur des thèmes aussi variés que la gestion des eaux pluviales, l'efficacité thermique ou les façades végétalisées.

« En dix ans, nous avons acquis des connaissances et de nombreux retours d'expériences sur les façades végétalisées », a rappelé l'architecte Jean-François Daures, lors du World green infrastructure congress (WGIC) qui se tient du 9 au 13 septembre à Nantes. Parallèlement à l'acquisition de connaissances, de nouvelles problématiques ont émergé. Ainsi si les façades végétalisées appartiennent encore au domaine du rêve et du prestige, avec un coût moyen de 500 euros/m² environ, « il est important d'indiquer dès le début d'un projet la réalité de ces dispositifs aux maîtres d'ouvrages, en particulier en matière d'irrigation, d'accessibilité et d'entretien en général », a souligné à plusieurs reprises Hema Kumar, fondateur et directeur de ZTC International, qui a réalisé la première façade végétalisée en Inde pour l'aéroport d'Hyderabad.

Pour que le rêve devienne réellement réalité, un certain nombre de conditions doivent être réunies. Premier point : le système d'irrigation des plantes doit être correctement dimensionné et mis en œuvre. « Au-delà de 50 m de hauteur, ce dispositif représente un défi majeur », a-t-il expliqué. Les systèmes de

goutte à goutte sont conçus pour résister à une certaine pression et il n'est pas toujours économiquement possible de changer de matériau ou d'augmenter la taille des tubes. « Il est fort probable que les industriels de l'irrigation s'emparent de ces questions quand le marché des façades végétalisées deviendra plus important », a estimé Christophe Boutavant, ingénieur R&D aux Jardins de Gally.

En attendant, cette question de l'irrigation est liée à l'entretien de la façade. Si certains imaginent une surveillance par des caméras, le jardinier reste la solution incontournable. C'est pourquoi, selon Jean-François Daures, « le nouveau métier de jardinier vertical va probablement émerger. Il sera capable de travailler attaché à des cordes, de reconnaître les plantes indésirables ou malades. » Ce métier reste lié à l'accessibilité de la façade. Là aussi, il s'agit d'un point à prendre en compte dès le début du projet, car de l'accessibilité dépend le bon entretien et donc l'esthétique globale du mur végétal, d'autant plus qu'une façade soignée réduit les tentatives de vandalisme.

Prévoir des dispositifs contre l'incendie

En effet, ces systèmes qui sont souvent partie intégrante de l'espace public doivent également résister aux assauts des vandales, en particulier contre l'incendie. La SNCF, qui possède des façades végétalisées dans plusieurs gares, a ainsi mis en place des systèmes de double irrigation, dont l'un est dédié à la sécurité incendie. Cette solution est à conjuguer avec le choix des plantes, en particulier sur la partie basse. Y installer des espèces urticantes comme les orties, ou des variétés piquantes constitue une partie de la solution.

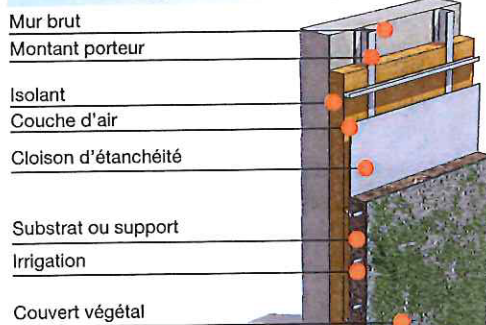
En règle générale, le choix de la palette végétale reste l'élément déterminant de la façade végétalisée. Les espèces plantées doivent être adaptées au climat local, mais aussi au contexte plus spécifique du quartier ou de la parcelle et même en fonction de leur position sur la façade et les unes par rapport aux autres. Les recherches pour mieux connaître les variétés de plantes, leurs caractéristiques et leurs facultés d'adaptation vont bon train.

Murs et façades végétalisés

“ De quoi parle-t-on ? ”

La végétalisation des façades fait référence à des jardins ou écosystèmes verticaux, plus ou moins artificiels, conçus comme éléments esthétiques de décor, œuvres d'art ou éléments d'écologie urbaine. La façade végétalisée correspond aux plantes grimpantes accrochées par elles-mêmes au mur ou via une structure de soutien. Le mur végétal est une paroi élevée parallèlement au mur du bâtiment qui peut être revêtue d'un élément porteur, ou d'un support pour la végétation, d'un système d'irrigation ainsi que de la végétation elle-même. Il peut servir d'isolant thermique mais aussi d'isolant acoustique et joue un rôle en matière de micro-climat et de qualité de l'air. Il sert aussi de refuge et de source de nourriture pour la faune locale.

Structure type d'un mur végétalisé



Technique mise en œuvre :

La végétalisation d'un mur peut se faire soit à partir du sol directement, les racines de plantes grimpantes y puisant leur nourriture et l'eau, soit en intégrant la flore au bâtiment, via des balconnières, des jardinières ou des systèmes plus complexes de murs végétaux.

Façade végétalisée

Les façades végétalisées sont construites à partir de plantes grimpantes qui peuvent se diviser en trois catégories :

- les plantes ligneuses qui se soutien-

nent elles-mêmes en se palissant contre un mur comme par exemple les rosiers grimpants (*Rosa canina*, *Rosa rugosa*)

- les plantes grimpantes qui ont besoin d'un support tel que les arbrisseaux à tiges flexibles
- les plantes grimpantes qui ont leur propre système de fixation tel que :
 - > des racines crampons comme le lierre (*Hedera helix*), la bignone (*Campsis grandiflora*) ou l'hortensias grimpant (*Hydrangea petiolaris*)
 - > des ventouses comme la vigne vierge (*Parthenocissus quinquefolia*)
 - > des vrilles comme une autre vigne vierge (*Parthenocissus tricuspidata*).

Les structures de soutien des plantes grimpantes peuvent être constituées de bois, de câbles et de fils de fer, de plastique, de fibres de verre ou encore de cordes, formant des systèmes de fixation et de portance multiples, afin d'obtenir une bonne répartition du poids des plantes.

Mur végétalisé

Il existe trois différents types de murs végétalisés :

Systèmes	végétalisation sur mesure	végétalisation modulée	végétalisation à planter
Structure	feutre dissocié du bâti, imprégné d'une solution nutritive, puis planté d'espèces adaptées aux conditions climatiques du site	éléments modulaires remplis de substrat et plantés en usine, assemblés sur chantier	structure construite sur mesure en usine, remplie et plantée sur chantier
Poids	30 kg/m ²	45 kg par m ²	variable suivant épaisseur
Consommation d'eau	non connue	2 m ³ par m ² par an	0,2 m ³ par m ² par an
Substrat ou support	feutre synthétique micro-percé	sphaigne ou laine de roche	mélange de tourbe, perlite, fibre de coco, pouzzolane
Épaisseur complexe		10 à 15 cm (y compris lame d'air 2 cm)	variable, optimum à 20 cm
Entretien	2 tailles par an ; vérification des goutteurs et du minuteur, inspection du tissu de support, apport d'engrais régulier	2 visites techniques de contrôle et d'entretien par an : désherbage non chimique, taille ; alarme téléphonique pour défaut d'irrigation	2 visites techniques de contrôle et d'entretien par an : désherbage non chimique, taille ; alarme téléphonique pour défaut d'irrigation

Murs et façades végétalisés



Le lierre grimpant, moyen simple de végétalisation

> Favoriser la biodiversité

Substrat

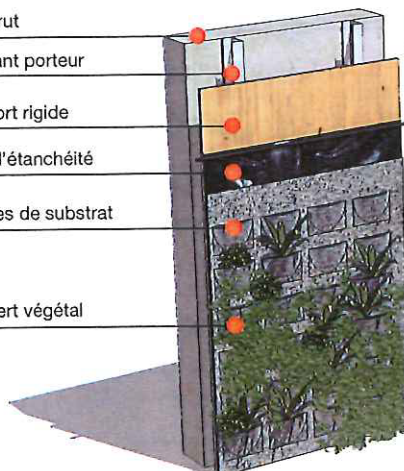
Les murs végétalisés présentent une problématique différente des toitures végétalisées en terme de substrat. Le substrat idéal doit avoir une grande capacité de rétention d'eau sans perte de volume dans le temps, des caractéristiques antibactériennes et inodores, un pH naturellement acide. Il doit aussi être efficace comme isolation thermique et résistant. Le substrat d'origine locale ne réunit pas toujours ces caractéristiques. On privilégiera alors l'utilisation de sphagnes présentant de bonnes propriétés: elles ne se tassent pas facilement, résistent grâce à leurs fibres, n'ont pas besoin d'être désherbées et restent propres et inodores.

Végétaux choisis

La plantation doit être variée et constituée si possible de végétation locale afin de convenir à la biodiversité alentour.

Végétalisation sur mesure

Mur brut
Montant porteur
Support rigide
Film d'étanchéité
Poches de substrat
Couvert végétal



Végétalisation modulée

Structure métallique



Végétalisation à planter

Structure métallique



De plus, les plantes grimpantes utilisées sur les façades végétales doivent répondre aux critères suivants :

- constituer des espaces de repos et de nidification pour l'avifaune et des gîtes hivernaux pour les insectes par l'utilisation par exemple d'une végétation épaisse et enchevêtrée,
- être une source de nourriture pour les oiseaux et les insectes : la végétation devra produire du nectar et des fruits, les plantes à floraison tardive ou précoce étant très avantageuses.

Enfin, les végétaux choisis ne doivent pas nécessiter un arrosage et une fertilisation permanente et doivent tenir compte des conditions climatiques du site d'installation.

Entretien

Il faut éviter d'opérer sur la façade pendant les périodes de nidification (de mars à juillet) ou les périodes de froid



Mur végétalisé du Musée du Quai Branly

hivernal (périodes de gel) pendant lesquelles la végétation sert d'abri à de nombreux invertébrés. De plus, on limitera l'utilisation de l'eau et de produits phytosanitaires pour l'entretien de la végétation. ■

Retour d'expériences

Le mur végétalisé d'Anthos, Boulogne-Billancourt, tampon acoustique, design et biodiversité

- Maître d'oeuvre : Naud & Poux architectes
- Promoteur : Hines Prelude
- Investisseur : Gecina
- Maître d'oeuvre mur végétal : CANEVAFLOR
- Substrat : substrat CANEVAFLOR (mélange de fibres naturelles et de roche expansée)
- Fleurs : pas de semis mais uniquement une plantation directe sur site de végétaux tels que *Cerastium tomentosum*, *Teucrium fruticans*, *Helichrysum apicalum*...

Le mur végétalisé d'Anthos qui se prolonge en toiture végétalisée est le plus grand mur végétalisé d'Europe. Constitué d'une palette végétale faite de lierre et d'essences locales composant ainsi un « mur végétal sec », le mur prend une teinte gris argenté qui s'harmonise

avec la façade métallique. La végétation présente est en harmonie avec l'environnement et permet une insonorisation du bâtiment. Les plantes vivent en situation naturelle, c'est à dire qu'elles s'autogèrent limitant ainsi l'utilisation de produits phytosanitaires.

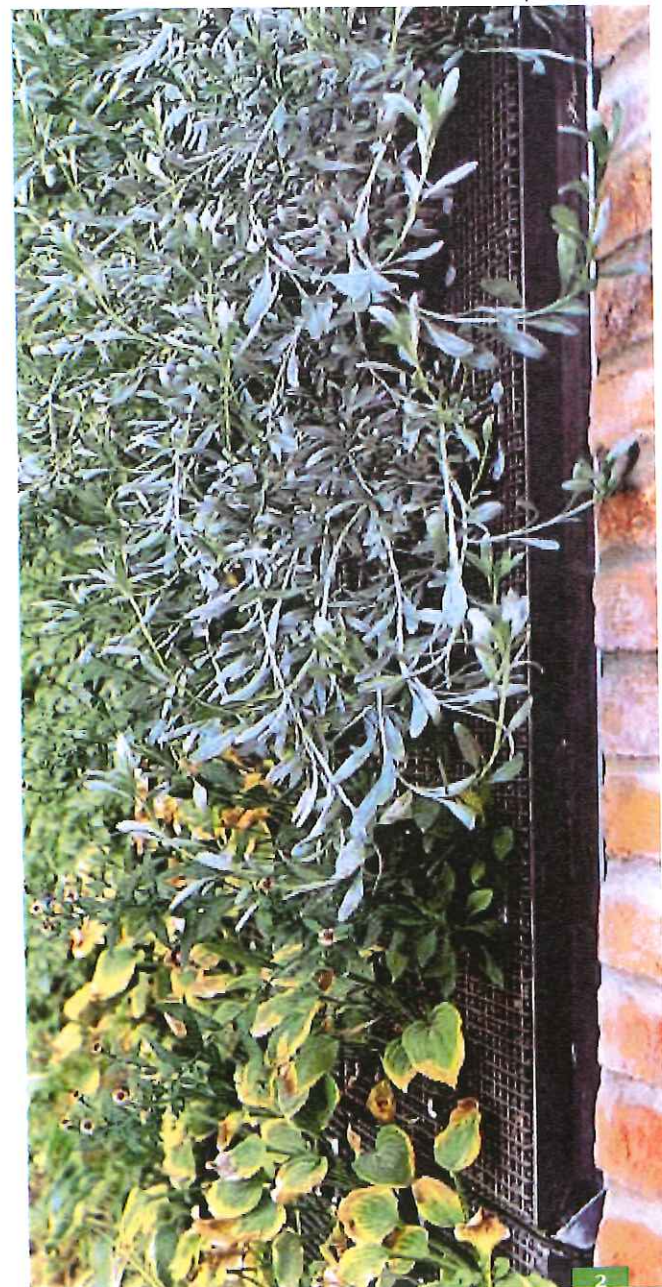




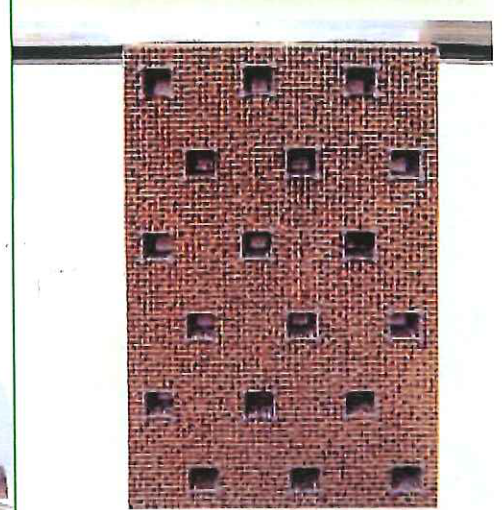
Le système « Façade-jardin » est un système de végétalisation de façades installé sur un substrat, sans ancrage dans le sol. L'élément principal de la solution Optigreen « Façade-jardin » consiste en un système à cassettes sophistiqué en aluminium, rempli de substrat (élément de façade Optigreen). Les cassettes peuvent être fournies avec des plantes préalablement incorporées dans les godets de plantations. Les éléments de façade préfabriqués sont accrochés sur des rails vissés au préalable horizontalement sur l'ossature porteuse.

Caractéristiques du système Optigreen « Façade-jardin » :

- Grande flexibilité en ce qui concerne la couleur de la surface et le remplissage des éléments de façade en aluminium : ceux-ci sont disponibles au choix en aluminium naturel de couleur standard brun lave ou dans tous les coloris RAL. Remplissage par exemple avec de la pierre ponce (blanc), de la lave (marron), du tuff (marron-beige) ou des briques concassées (rouge). De nombreuses possibilités d'agencement individuel sont ainsi offertes.
- Apparence élégante, même sans verdure (dans la phase d'installation initiale par exemple ou en période de repos de la végétation). Les éléments de façade sont entourés d'un cadre en aluminium, ce qui donne à la façade végétalisée une apparence homogène attrayante.
- Outre les dimensions standard des éléments de façade, une fabrication sur mesure est également possible lorsqu'il est nécessaire de tenir compte des contraintes spécifiques d'un bâtiment
- Valorisation du bâtiment
- Extrêmement résistant aux intempéries, en particulier aux rayons UV, au gel et à l'influence du vent.
- ininflammable
- L'ossature porteuse sur laquelle sont fixées les éléments de façade doit être montée par un constructeur de façades
- Montage simple et rapide des éléments de façade
- Avantages multiples de la culture sur substrat : meilleure résistance au gel des plantes, stockage d'eau et régulation hygrométrique (pouvoir tampon) accrus
- Possibilité de livraison facultative d'éléments de façade végétalisés dans le cadre de pré-cultures, d'où une flexibilité accrue
- Grande variété d'espèces végétales éprouvées pouvant être plantées sur place (sur demande, selon un plan de plantation)
- Possibilité de démontage et de remplacement séparé des éléments de façade, des plantes et du système d'irrigation goutte à goutte
- Si nécessaire, remplacement du système d'irrigation latéralement, grâce à la pose de tuyaux vides
- Adapté pour des végétalisations intérieures ou extérieures
- Peut également être utilisé comme élément de séparation, pare-vue et bordure de jardin.



Données techniques



Données techniques relatives au système Optigreen « Façade-jardin »

Matériau :	aluminium de couleur naturelle, brun lave ou coloris RAL
Largeur* :	60 cm
Profondeur* :	6 cm (+ 3 cm pour le rail de fixation)
Poids* :	50 kg (0,5 KN)/Cassette** 83 kg (0,83 KN)/m ² **

* Dimensions et poids d'un élément standard.
Autres dimensions spéciales sur demande.
** Saturé en eau, relative du remplissage.

Technique de fixation :

Accrochage sur des rails horizontaux (en aluminium) prémontés dans les règles de l'art sur des façades et parois possédant une statique adéquate.

Géotextile non tissé hydrophile à effet capillaire pour stockage et répartition de l'eau.

Remplissage

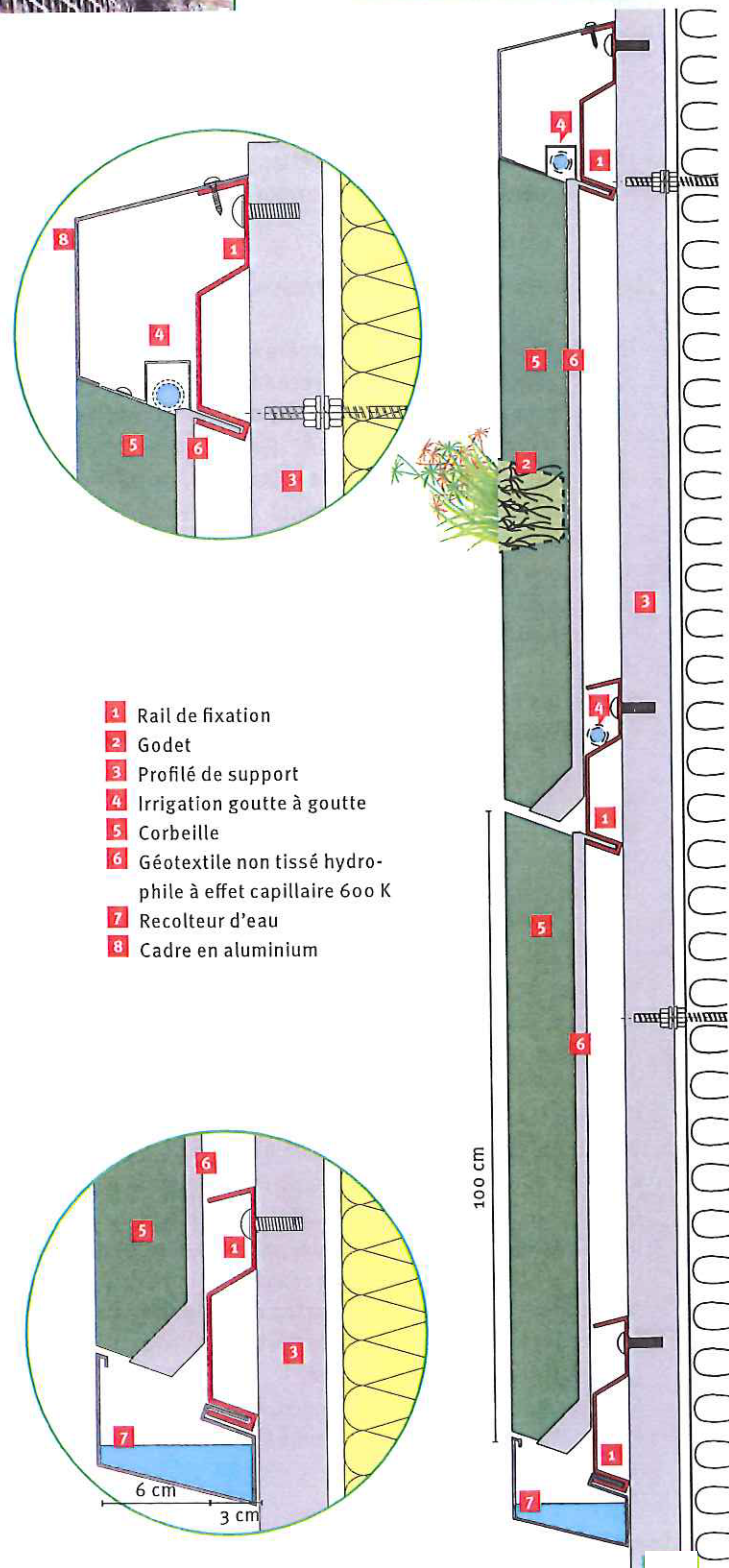
Substrats spéciaux pour végétalisation de façades avec réservoir d'eau de 20 litres/m². Possibilité de varier la couleur de la couche de couverture grâce à l'emploi de différents matériaux de remplissage. Niches végétales préparées avec godets ajourés favorisant la traversée des racines.

Végétaux

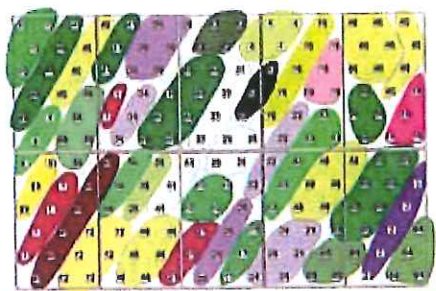
Espèces adaptées issues de la gamme de végétaux Optigreen pour végétalisation extérieure, avec ou sans plan de plantation.

Technique d'irrigation et apport en éléments nutritifs

Utilisation requise d'un système d'irrigation courant dont l'installation doit être planifiée en fonction de la configuration du bâtiment. Possibilité de surveillance électronique à distance du système d'irrigation.



3,00m



Conditions de mise en œuvre et technique de fixation

Pour assurer une mise en œuvre sûre et durable du système Optigreen « Façade-jardin » (avec ou sans isolation thermique), il est fondamental que la structure d'une façade ou d'un mur réunisse les conditions statiques adéquates et puisse supporter une charge supplémentaire d'au moins 80 kg/m². Les rails de fixation sont montés et ajustés sur cette structure à l'aide de moyens de fixation homologués par l'organisme de contrôle des travaux de construction. Les rails de fixation Optigreen peuvent être installés directement sur le mur si les conditions de construction le permettent. Si cela s'avère impossible, en raison par exemple de la hauteur du complexe de végétalisation de façade et, par conséquent, des contraintes statiques accrues, il est nécessaire d'installer des profilés supports. Les rails de fixation Optigreen sont alors fixés sur ces profilés supports.

La société Optigrün international AG fournit les éléments de végétalisation de façade préconfectionnés (c'est-à-dire remplis de substrat) et dotés de pots de plantation. En fonction des besoins, ces éléments sont livrés avec ou sans plantes. Une fois les conditions de construction et contraintes statiques remplies et les rails de fixation horizontaux posés, le montage du système Optigreen « Façade-jardin » s'effectue très facilement.

Après avoir sélectionné des végétaux adaptés aux conditions du site, vous pouvez aménager comme bon vous semble votre façade-jardin, soit avec des plantes à floraison printanière ou estivale soit avec des plantes à feuilles persistantes et créer ainsi le décor que vous souhaitez.

Pour garantir un approvisionnement en eau adéquat de la façade végétalisée à l'aide d'une installation d'irrigation automatique, il est nécessaire de prévoir des équipements techniques domestiques (alimentation en eau et en électricité) suffisamment performants (cf. « Conseils d'entretien »).

Il est utile de préciser que les façades végétalisées changent constamment d'apparence en fonction des saisons.

Conseils d'entretien (équipements techniques domestiques et surveillance)

Etant donné qu'ils ne sont pas ancrés dans le sol, les systèmes de végétalisation de façade nécessitent par principe une alimentation permanente et adéquate en eau et en éléments nutritifs. Optigreen propose un système d'irrigation avec dispositif d'alimentation en substances nutritives intégré, spécialement adapté au système « Façade-jardin ». Les systèmes à recirculation commandés par ordinateur ont fait leurs preuves en matière de réduction de la consommation d'eau fraîche. Des sondes hygrométriques mesurent le degré d'humidité du substrat et régulent, en fonction des besoins, l'alimentation en eau via des tuyaux goutte à goutte. L'excédent d'eau est recueilli dans la rigole d'écoulement des éléments de façade Optigreen, évacué en toute sécurité et de manière invisible dans un réservoir et réutilisé ensuite. En cas de planification adéquate et si la structure du bâtiment le permet, les eaux de pluie provenant du toit peuvent être également réutilisées pour l'irrigation de la façade végétalisée.



Au-delà de l'alimentation en eau et d'apport de substances nutritives, les mesures d'entretien consisteront également, le cas échéant, à tailler et à remplacer certaines plantes. L'intensité de l'entretien dépend des espèces végétales, des saisons et de la croissance des végétaux en fonction de ces dernières.



EXEMPLE DE MUR VÉGÉTALISÉ
SUR NAPPE, DE PATRICK
BLANC AU MUSÉE DU QUAI
BRANLY À PARIS
© O. DAMAS - PLANTE & CITÉ

MURS VÉGÉTALISÉS : UNE ENQUÊTE SUR LES MODALITÉS D'ENTRETIEN

Par Olivier Damas, Philippe Faucon, Florent Glatard et Olivier Riaudel

La végétalisation de façade est une pratique encore récente. Très peu d'informations existent sur les différents procédés utilisés (cf. encadré), l'installation et la maintenance - niveau et coût d'entretien - que requiert ce type de réalisation. Une enquête menée par Plante & Cité et le Critt horticole nous apporte des premiers éléments*.

Les principales motivations à l'origine de la construction de ces jardins verticaux que sont les murs végétalisés sont souvent liées à des préoccupations d'image et d'esthétique plus qu'à d'autres critères. L'idée est généralement suggérée par le concepteur du bâtiment. L'émergence de la démarche HQE ¹ a également contribué à l'essor de la

végétalisation de façade, cette technique permettant d'atteindre les objectifs de certaines cibles du référentiel.

Un mur végétalisé extérieur représente un réel engagement financier, de l'ordre de 700 € HT/m². À titre de comparaison, le coût moyen d'un aménagement paysager urbain varie de manière générale de 35 à 200 € HT/m², selon la configuration du lieu et le niveau d'équipement de l'espace vert. De la même façon on peut comparer au coût moyen d'un revêtement de façade inerte, de 15 à 200 € HT/m² (de l'enduit au bardage), voire plus encore pour des revêtements plus sophistiqués.

— L'IMPORTANCE DU CHOIX DES VÉGÉTAUX —
Contrairement à ce que l'on pourrait croire, le choix des végétaux ne doit pas se baser prioritairement sur des critères agronomiques. Un mur végétalisé est un système artificialisé dont on contrôle les paramètres de culture,

¹ HQE: Haute Qualité Environnementale

UN RECENSEMENT DES MURS VÉGÉTALISÉS EXTÉRIEURS EN FRANCE

Un recensement le plus exhaustif possible a été réalisé début 2012. Il a permis de répertorier sur le territoire français 250 murs végétalisés d'extérieur. Le rythme d'installation s'accélère depuis 2007, passant de moins de 5 à plus de 25 murs/an. Les réalisations sont donc majoritairement jeunes, avec une importante diversité des procédés. Cinq types ont été identifiés dont trois dominent le marché : cages métalliques, nappe continue et modules préformés.

Le parc des murs végétaux est constitué pour les trois quarts de réalisations de moins de 150 m² et pour moitié de moins de 50 m². Les murs sont principalement implantés dans les grandes agglomérations ; la présence locale d'un fournisseur stimule le marché. La région parisienne concentre à elle seule un tiers du parc français.

tout particulièrement l'irrigation. Au-delà d'une cohérence assez globale en autécologie à trouver parmi les végétaux choisis (eau, luminosité, pH), la priorité du choix doit porter sur :

- **la vigueur** : à maintenir modérée, pour plus de diversité sur la surface et pour limiter les phénomènes de compétition et d'étouffement ;
- **le port** : des ports trop dressés ou retombants jouent davantage sur les surfaces d'occupation et la compétition entre végétaux ;
- **la persistance d'un intérêt ornemental** durant toutes saisons (feuillage persistant, à défaut floraison, écorce et fructification décoratives en hiver).

Au final, la gamme retenue comprend des ligneux à faible développement, des vivaces, des plantes grasses et des graminées. Pour la majorité des réalisations, une végétation multi-spécifique est installée (autour d'une vingtaine d'espèces différentes). Cette diversité favorise à terme, la persistance de la végétation.

L'esthétique d'un mur végétalisé évolue avec les saisons. La saison hivernale est la moins satisfaisante en rendu. C'est une réalité peu connue qu'il faut communiquer et faire accepter par les usagers et les clients. Par ailleurs, la mise hors gel de l'irrigation est indispensable en hiver ce qui peut conduire à une mortalité des plantes, faute d'arrosage.

— LA QUESTION DES OPÉRATIONS D'ENTRETIEN —

Les opérations d'entretien se répartissent en deux types d'interventions :

Contrôle : visite simple et rapide mais fondamentale, destinée à vérifier le bon fonctionnement. Le contrôle du système

d'irrigation est principalement visuel (détection de fuite ou bouchage des goutteurs, observation de la végétation, etc.)

Maintenance : il s'agit d'interventions impliquant un travail sur le mur : désherbage, remplacement de plantes (taux de substitution annuel entre 10 et 20 %), taille etc. Les interventions de maintenance ont lieu 2 à 3 fois par an. Elles nécessitent généralement un matériel spécifique pour l'accès.

Plus que les caractéristiques intrinsèques des murs végétalisés, c'est la régularité de l'entretien qui garantit un bon rendu, et un relâchement se traduit rapidement par une apparence non satisfaisante.

Le coût moyen d'entretien (main-d'œuvre ou sous-traitance, hors consommations d'eau et d'électricité) est d'environ 60 € HT/m²/an.

L'apport d'eau est systématiquement réalisé par goutte-à-goutte, généralement associé à un programmeur horaire ajusté en fonction de la saison. L'alimentation est très largement réalisée à partir du réseau d'eau potable. La consommation moyenne en eau est de 650 l/m²/an, avec une grande hétérogénéité relevée (entre 120 et 1 600 l/m²/an).

— LA PERCEPTION DES MURS VÉGÉTALISÉS —

À la réception des ouvrages, l'accueil est favorable et positif aussi bien du point de vue du propriétaire, des usagers, que de la plupart des gestionnaires. L'aspect fini et fourni à la livraison joue le rôle principal dans cette satisfaction initiale.

En revanche, à l'usage, si les élus restent plutôt satisfaits, les gestionnaires et dans une moindre mesure les usagers, le sont moins.



FIGURE 2: EXEMPLE DE MUR VÉGÉTALISÉ CANEVAFLOR (CAGES MÉTALLIQUES) QUARTIER SEGUIN RIVES À BOULOGNE-BILLANCOURT - © PLANTE & CITÉ

La sensibilité des systèmes à des facteurs extérieurs, et le besoin de réactivité sont régulièrement pointés du doigt, ce qui fait apparaître des demandes d'ajustements et d'optimisation des techniques actuelles.

Cependant, sauf accident, la posture innovante recherchée à l'installation est le plus souvent atteinte. Les propriétaires de murs végétalisés s'accordent pour recommander ce type d'ouvrage, mais à la seule condition de mener une réelle réflexion au préalable sur le coût et les modalités de fonctionnement induits.

— LA NATURE EN VILLE —

Les murs végétalisés sont une manière élégante et innovante de faire entrer la nature en ville. Cette technique est en essor en France depuis 2007, et plus de 250 réalisations en extérieur ont été identifiées.

En l'absence de réglementation et de normalisation, les procédés évoluent au fur et à mesure des réalisations.

La sensibilité aux conditions hivernales explique le taux élevé de remplacement des plants, et des retours d'expériences parfois très négatifs.



FIGURE 3: EXEMPLES DE VÉGÉTAUX UTILISÉS POUR UN MUR VÉGÉTALISÉ À CERGY-PONTOISE - © PLANTE & CITÉ

FIGURE 4: DÉTAIL ET VÉGÉTAUX SUR LE MÊME MUR VÉGÉTALISÉ: *HOSTA SP.*, *LONICERA NITIDA*, *VINCA MINOR 'AUREOVARIEGATA'* - © PLANTE & CITÉ

À noter que l'utilisation de plantes grimpantes n'implique pas nécessairement un entretien plus simple: tailles obligatoires à partir de plusieurs années de développement, sous peine de dépasser le gabarit du bâtiment et potentiellement d'engendrer des dégâts au bâtiment lui-même. Il s'agit néanmoins d'une solution qui s'affranchit des risques de gel et se montre moins sensible au déficit hydrique.

Un mur végétalisé est un élément vivant qui requiert une réelle attention. Les contraintes de gestion qui lui sont propres ne sont pas à négliger. L'image positive, voire de prestige, qu'il véhicule est à ce prix.

* L'enquête sur les pratiques d'entretien et sur la perception de ces ouvrages a porté sur un échantillon représentatif de 40 réalisations dont 3 à base de plantes grimpantes.

Cet article reprend pour l'essentiel les résultats obtenus lors de la toute première enquête sur les murs végétalisés, menée en 2012 par Plante & Cité et le Critt horticole. Ces résultats sont complétés par des informations échangées lors d'une journée technique Plante & Cité organisée en 2013 à Cergy-Pontoise, et d'une conférence au Salon du Végétal en 2010. - Les ouvrages considérés sont positionnés en extérieur, sur façades, hors mur en gabions et murs séparatifs. Les façades végétalisées à partir de plantes grimpantes constituent le témoin de référence.



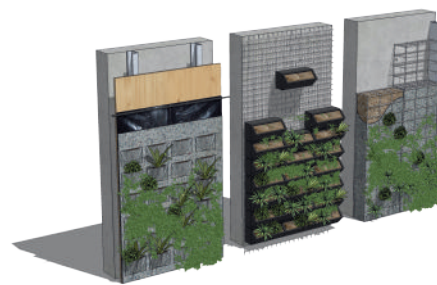
Végétalisation des bâtiments :

Quelle efficacité pour la biodiversité ?

Façade végétalisée



Mur végétalisé



Techniques

Installation de **plantes grimpantes** (type lierre) en pot ou en pleine terre, directement contre les murs ou en suivant des guides écartés du mur (treillis, câbles, filets...).

Techniques variées comportant une structure porteuse isolée du mur, un système de support des **végétaux épiphytes**, d'irrigation et de gestion électrique. Les végétaux sont alors fixés via des modules variés : poches de substrat, modules pré-ensemencés ou directement dans le substrat inclus dans l'armature....

Avantages

- Faible technicité
- Coût relativement faible
- Espèces favorables à la faune locale, généralement sempervirentes et résistantes
- Aspect naturel

- Très bon rendu esthétique et potentiel artistique fort
- Densité végétale importante
- Résultat immédiat
- Isolation importante du bâtiment

Inconvénients

- Nombre d'espèces limité
- Recouvrement de la façade nécessitant plusieurs années
- Développement pouvant être envahissant

- Entretien et coût important
- Gestion de l'eau et besoin électrique
- Bilan écologique
- Peu d'espèces autochtones adaptables
- Aspect hivernal médiocre
- Espèces souvent fragiles

Éléments favorisant la biodiversité

- Favoriser les espèces locales plus attractives pour la faune
- Combiner la végétalisation avec la mise en place d'abris, de gîtes ou de nichoirs intégrés

Source : Urbanisme, bâti & Biodiversité - urbanisme-bati-biodiversite.fr

Le Club «Urbanisme, Bâti et Biodiversité » (U2B) est un espace de réflexion et d'échanges qui rassemble des acteurs publics et privés de l'urbanisme et du bâtiment. Il a été créé et est animé par la LPO depuis septembre 2013. Cette fiche est la synthèse d'un atelier thématique du Club U2B dont les intervenants étaient :

M. Barra
(NatureParif), J. Rebello (Gecina), P. Darnet (Les Jardins de Gally), V. Hulin (CDC Biodiversité), S. Le Briquir (LPO Isère).

Contact : U2B@lpo.fr
www.urbanisme-bati-biodiversite.fr

④ Les murs et façades végétalisés : définitions et principes

Les murs végétalisés apportent une multitude d'avantages à la fois sur le plan environnemental, esthétique mais aussi de pérennisation de la façade. Dans les quartiers déjà pourvus en espaces verts ou en toitures-jardins, ils assurent également une continuité végétale constituant un véritable couloir écologique pour la faune et la flore.



© Mairie de Paris - DEVE

● Plantes grimpantes - végétalisation en pleine terre

Définition

De nombreuses structures verticales ne demandent qu'à verdier : façades dégradées, murs pignons, palissades, écrans acoustiques, piliers, surfaces régulièrement taguées ... Les plantes grimpantes constituent alors un recours peu onéreux dont les espèces utilisables sont nombreuses (lierre, vigne vierge ...) et s'accrochent sans problème sur la plupart des surfaces.

Mise en oeuvre

La végétalisation n'est pas à recommander directement sur une structure bâtie traditionnelle (ancrage entre enduit et maçonnerie, insertion entre les joints des moellons, colmatage des gouttières et descentes d'eaux pluviales) ... Toutefois, certaines plantes grimpantes dotées de racines aériennes, de vrilles ou de ventouses peuvent s'accrocher naturellement sur un support sain.

Outre le mur en lui-même, il existe plusieurs types de support sur lequel la végétalisation grimpante peut se développer : fils de fer, treillis en fer et autres treillages, grilles de clôture ...



© Mairie de Paris - DEVE

(extrait)

Caractéristiques

Les plantes grimpantes ne demandent aucun entretien spécifique mis à part une taille ponctuelle pour maîtriser la croissance de la végétation du mur concerné.

Concernant le choix des végétaux, tout comme pour les toitures, il n'y a pas de restriction sous réserve de respecter le code rural. Vérifiez tout de même que les végétaux choisis n'engendreront pas une surcharge sur la structure porteuse.

Une étude d'ensoleillement préalable est néanmoins nécessaire ainsi qu'une protection initiale pour permettre aux plantes grimpantes de s'épanouir.

De plus, dans un but esthétique, il est intéressant de combiner des plantes grimpantes, persistantes, caduques et à fleurs. En effet, ce genre de composition offre une couverture végétale toute l'année et devient à terme suffisamment dense pour recouvrir toute structure.

● Végétalisation suspendue

Définition

La végétalisation suspendue pourrait être assimilée à l'adaptation d'une toiture végétale sur le plan vertical. La végétation ne prend pas racine au sol mais pousse directement sur un substrat couvrant toute la surface du mur.



© EIE 4 (IDEMU - CAUE de Paris)

Mise en oeuvre

- *Végétalisation suspendue modulaire*

Il existe plusieurs procédés pour réaliser la végétalisation suspendue d'un mur. Des plantes peuvent ainsi être mises en terre dans des bacs spécialement conçus. Des modules remplis de substrat (sphaigne, laine de roche, ...), pré-cultivés ou à planter, sont placés dans une structure métallique. L'installation est chevillée au mur ou fixée à l'aide de rails. Une lame d'air est conservée entre le complexe végétalisé et le mur.

Le mur végétal est irrigué par le haut à l'aide de tuyaux perforés, raccordés au système d'alimentation en eau et en engrais. En règle générale, l'arrosage est automatisé.

- *Végétalisation suspendue sur feutre*

La végétation suspendue peut également être plantée dans des poches de feutre, agrafées sur une structure porteuse. La paroi est irriguée par le haut. Une solution nutritive est ajoutée plusieurs fois par an dans le système d'irrigation. Une couche d'air ménagée à l'arrière de la structure est indispensable pour éviter le pourrissement des végétaux.

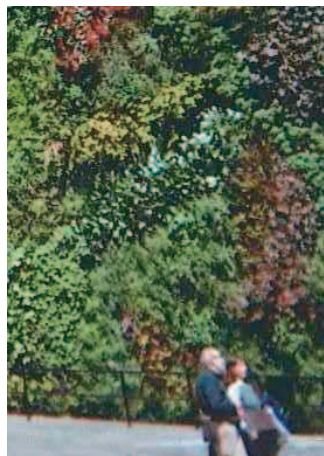
Ce type de végétalisation verticale hors-sol relève davantage de la composition florale et artistique que d'un dispo-

sitif à vocation environnementale, car la consommation d'eau et d'engrais est importante.

Caractéristiques

Concernant l'entretien d'une végétation suspendue, il est conseillé de vérifier au minimum deux fois par an la croissance et la couleur des végétaux afin de modifier si nécessaire les conditions d'arrosage, de fertilisation, de tailler ou remplacer les plantes. Il faut également s'assurer lors de cet entretien pluriannuel du bon fonctionnement des goutteurs, minuteurs et inspecter le support.

Pour l'irrigation, étant donné que la végétalisation est hors-sol, un dispositif d'alimentation fréquente en eau et en minéraux est indispensable. Un système de récupération de l'eau résiduelle est également nécessaire (circuit fermé).



© EIE 4 (IDEMU – CAUE de Paris)

Dans les deux cas (modulaire ou sur feutre), des études spécifiques concernant la charge engendrée par cette végétalisation devront être menées afin de prévoir une structure porteuse et des points d'attaches suffisamment résistants.

● Avantages et contraintes des différentes techniques

	LA VÉGÉTALISATION EN PLEINE TERRE DE TYPE PLANTES GRIMPANTES	LA VÉGÉTALISATION SUSPENDUE MODULAIRE	LA VÉGÉTALISATION SUSPENDUE SUR FEUTRE
ASPECT	Variable selon le type de végétation retenu	Jardin vertical	Jardin vertical
TYPES DE VÉGÉTALISATION	Lierre, vigne vierge, houblon, chèvrefeuille des haies ...	Combinaison de plantations grimpantes persistantes, caduques et à fleurs à privilégier	
EPAISSEUR DU SUBSTRAT	Aucun substrat car la plantation est effectuée en pleine terre	Entre 10 et 20 cm	Quelques mm car le feutre fait office de substrat
IRRIGATION	Arrosage régulier si parterre arbustif	Arrosage régulier indispensable – généralement automatique	
ENTRETIEN	Limité	Important	
AVANTAGES	Protection contre les rayons ultra-violets et les aléas climatiques Pérennisation de la façade Amélioration de l'isolation thermique et phonique Amélioration de la qualité de l'air Régulation de la température et de l'hygrométrie Amélioration du paysage urbain et développement de la biodiversité Limite les déchets, tags et affiches en pied de mur		
INCONVÉNIENTS	Contraintes de micro-climat : vent ensoleillement, gel influant sur le choix des végétaux Accessibilité difficile Risque d'escalade Délai de développement des végétaux Ancrage dans le mur support		
COÛT MOYEN	A partir de 100 € / m ²	De 300 à 600 € HT / m ²	De 500 à 1500 € / m ²

Entretien et sécurité liée au travail en hauteur

L'entretien des toitures et murs végétalisés est obligatoire et doit être formalisé par un contrat à la réception de l'ouvrage. L'entretien se décompose en un entretien initial qui concerne la première année suivant l'installation et un entretien courant, au-delà de cette première année. Pour les toitures végétalisées, les DTU 43 rendent obligatoire au moins une visite annuelle de surveillance des ouvrages.

Pour tout projet, la réglementation impose des obligations en termes de dispositifs techniques afin de limiter les risques de chute liés au travail en hauteur.

⑤ Les règles d'urbanisme à respecter et principes d'intégration dans le paysage

Comme tout ce qui a trait à l'aspect extérieur des constructions, la végétalisation d'une toiture ou d'un mur doit faire l'objet d'une demande d'urbanisme et respecter les règles d'urbanisme en vigueur.

Ces règles sont définies par le Plan Local d'Urbanisme (PLU), et par deux Plans de Sauvegarde et de Mise en Valeur (PSMV du Marais et du 7^{ème} arrondissement). Une récente modification du PLU encourage la végétalisation à Paris. Ainsi, dans le cas d'une végétalisation et sous certaines conditions, l'article 10 du PLU autorise le dépassement de hauteur des constructions, l'article 11 recommande la végétalisation des toitures-terrasses accessibles, murs pignons, balcons et loggias, ainsi que des éléments de construction en saillie, et l'article 13 stipule que toute végétalisation existante de toitures et terrasses doit être maintenue ou reconstituée lors de travaux de réfection. Le PLU autorise également la réalisation d'accès à des toitures terrasses afin de faciliter la mise en oeuvre et l'entretien de la végétation.

Il est à noter que les façades végétalisées en pleine terre de type plantes grimpantes ne sont pas soumises à déclaration d'urbanisme, sauf si des travaux de ravalement sont entrepris. Toutefois, l'avis du maire d'arrondissement doit être sollicité. Les travaux situés en secteur sauvegardé doivent quand à eux, être soumis à l'accord de l'Architecte des Bâtiments de France (ABF).

⑥ Quelques bonnes questions à se poser

- Quelle utilisation ?
- Quel type de structure ?
- Quelle inclinaison ?
- Quelle charge ?
- Quelles conditions climatiques locales (exposition, vent, masques, pluie ...) ?
- Quelles espèces végétales ?
- Quelle technique ?
- Quel entretien ?

Si vous souhaitez proposer un mur donnant sur l'espace public, à végétaliser par le service des parcs et jardins de la Ville de Paris, adressez à la Mairie de Paris un courrier indiquant l'adresse exacte de l'immeuble support du mur pignon, et si possible une photo ainsi que les coordonnées des propriétaires ou du syndic.

**Direction des Espaces Verts et de l'Environnement
103, avenue de France - 75639 Paris Cedex 13**

Conseil architecture urbanisme environnement Paris
- caue75.archi.fr

Murs et pieds de murs à biodiversité positive

Groupes espèces
Toutes selon les variantes

Echelles de bâti



Situation



Types de bâtis



Neuf/ rénovation



Autres intérêts



Façade exemplaire végétalisée de lierre en centre ville de Lille

Pourquoi végétaliser les murs et pieds de murs ?

Les murs et parois en ville représentent une surface importante. Les végétaliser est une solution non négligeable pour augmenter la capacité biologique de l'écosystème urbain et la recolonisation des villes par le vivant. De plus, c'est un espace disponible qui connaît peu de compétition pour son utilisation. De nombreux intérêts pour la biodiversité sont attendus : la fonction de refuge, de source de nourriture, de corridor de déplacement d'un espace vert à un autre...

Au-delà des intérêts pour la biodiversité, qui vont être développés dans cette fiche, établir de la végétation sur les murs permet par ailleurs :

- D'économiser de l'énergie : le substrat et/ou la végétation aident à garder la chaleur en hiver et la fraîcheur en été,
- D'isoler acoustiquement le bâtiment : les végétaux et le substrat absorbent les ondes sonores,
- De diminuer l'effet d'îlot thermique en ville : la présence de végétaux augmente notamment l'hygrométrie de l'air et le rafraîchit,
- D'améliorer la qualité de l'air en absorbant les poussières, certains polluants et le CO₂,
- D'augmenter la durée de vie des matériaux qui composent le mur par protection de l'humidité, des UV, des chocs thermiques
- D'améliorer l'aspect esthétique des parois.



Trois types de murs végétalisés peuvent être décrits : les murs simples, les murs complexes et les murs mixtes. L'aménagement des pieds de murs sera également traité dans cette fiche.

Les murs simples

Définition

Ce type de mur consiste en l'installation d'une plante grimpante puisant ses ressources en eau et nutriments au pied du mur.

La végétalisation

On trouve différents types de plantes grimpantes, dont les caractéristiques guideront les installations techniques nécessaires :

- **Les plantes à crampons** qui sont capables de s'accrocher d'elles-mêmes sur la paroi. Exemple : le lierre (*Hedera Helix*), la vigne vierge (*Parthenocissus sp.*), l'hortensia grimpant (*Hydrangea petiolaris*). Même si ces plantes n'ont pas nécessairement besoin d'un support, il est possible de les orienter en début de croissance par un treillage au bas de la paroi.
- **Les plantes volubiles** qui s'élèvent le long d'un support en enroulant leur tige. Exemple : la glycine (*Wisteria sp.*) ou le houblon (*humulus lupulus*). Ces plantes auront besoin d'un treillage en bois, en métal ou de câbles de fer pour pousser. Une section ronde est recommandée.
- **Les plantes à vrilles** qui s'attachent aux supports par le pétiole de certaines feuilles dont la morphologie s'est adaptée pour cette fonction. C'est le cas des clématites (*Clematis sp.*). Ces plantes auront besoin d'un treillage en bois, en métal ou de câbles de fer pour pousser.

Le choix de l'espèce devra se faire en fonction des conditions locales d'exposition (certaines plantes préfèrent l'ombre, d'autres le soleil) et de substrat proposées par le mur. Le substrat pourra être amélioré par l'apport de matière organique et conservé frais par un paillage par exemple. Il faudra également tenir compte de la persistance ou non des feuilles en hiver selon l'esthétique et autres fonctions recherchées.

Les systèmes de fixation

Nom	Durée de vie	Remarques, recommandations
Treillage en bois	25 ans	Mélèze, chêne, robinier ou orme. Éloigner le treillage du mur pour augmenter l'épaisseur de la lame d'air et prolonger la longévité du bois. Recouvrir d'un produit de protection.
Treillage métallique	30 ans et +	Inox, aluminium ou acier galvanisé. Diamètre minimal de 6mm et zingage de 380g/m ²
Câbles en fer	30 ans et +	Inox, pour réalisations de grande envergure. Utiliser des serre-câbles à croix au niveau de l'intersection des câbles pour une meilleure rigidité.
Fibres de verre	40 ans et +	Insensibles à la corrosion. Diamètre minimal de 7,75mm, teneur en verre minimal de 80% et surface rugueuse. Plus coûteux mais solide, flexible et léger.
Autres	< 20 ans	Treillage en plastique, cordages.

Pour aller plus loin ...

- Guide pratique pour l'installation des toitures et murs végétaux, Blanc William, Brun Michaël sur commande de Norpac.
- Fiche écozones par l'association Chantier Nature : <http://www.paysage.be/telechargement/Fiches-Ecozones.pdf>

- Sites de fournisseurs :
www.canevaflor.com
www.jardinsdebabylone.fr
www.wallzfactory.fr
www.verticalgardenpatrickblanc.com
www.greenwall.fr
www.mursvegetaux.com
www.murvegetalpng.com
www.murmurevegetal.com
www.sphaigine.com

Murs et pieds de murs à biodiversité positive

Le lierre détruit-il les murs ?

Le lierre s'accroche au mur à l'aide de crampons qui secrètent une sorte de colle. Si le joint entre les briques est humide, vieux ou si le mortier a été mal dosé, il est emporté avec le lierre lorsque celui-ci est arraché. Le lierre n'entre donc pas dans les joints lorsque ceux-ci sont en bon état mais se fixe simplement en surface. Certains soupçonnent même le lierre de protéger le mur de l'humidité et des intempéries grâce à son feuillage dense.



Espacements

Il varie en fonction de la vigueur des plantes :

- Les supports verticaux pourront être séparés de 20 à 80 cm ;
- Les treillages pourront avoir une intersection de 15*25cm à 30*40cm.

L'espacement par rapport au mur sera supérieur d'au moins 2cm au diamètre de la plus grosse tige potentielle pour l'espèce choisie.

Prise en compte des charges

La hauteur maximale qui peut être envisagée avec ce système est d'environ 24m pour des raisons de sécurité et de capacité des plantes. Les charges à prendre en compte sont :

- Le poids des plantes qui peut varier de 1 à 50kg/m².
- Le poids de la neige qui correspond à deux fois le poids d'une plante à feuillage caduc et trois fois le poids d'une plante à feuillage persistant.
- La charge du vent de 0,5kN/m² pour une hauteur de 8m à 1,1 kN/m² pour une hauteur de plus de 20m.

Lorsque le poids total est pris en charge uniquement par les supports aux extrémités hautes et basses, les supports hauts prennent en charge la totalité du poids et la moitié de la charge du vent. Les supports bas prennent en charge la moitié de la charge du vent.

Coût

Le coût sera très variable en fonction de la technique choisie et de la taille du mur à végétaliser. Seul un devis vous fournira une estimation fiable. Voici cependant quelques chiffres sur la base d'exemples concrets, matériaux de support, végétaux et pose inclus :

Installation	Coût total
→ Haut de gamme : 4 treillages de 7m de haut sur 3m de large, grillagés sur la façade d'un bâtiment industriel. Treillage au couleurs de l'entreprise fixés à partir du toit à distance permettant l'entretien de la façade.	7 000 €
→ 5 dispositifs de câbles tendus sur un magasin d'usine pour plantes à vrille de 4m de haut. Partie supérieure en étoile.	2 500€
→ 4 treillis de 2* 1,50m pour plantes volubiles	
→ Dispositif de câbles galvanisés sur la façade d'un bâtiment industriel de 30 m de long.	600€
→ Plantes à crampons type lierre ou vigne vierge pour bâtiment classique en briques sans support. Façade de 30 m de long.	100€

Exemple de fournisseurs

Les treillages en bois, en plastique et autres petits supports se trouvent en jardineries ou en magasins de bricolages pour les particuliers.

Pour les professionnels, voici deux exemples de fournisseurs pour les ouvrages de grande envergure :

- Greencable : <http://www.carlstahl.fr/greencable-vegetalisation,fr,8,24.cfm>
- Jakob : www.jakob.ch

Entretien

L'entretien des plantes grimpantes se résume à deux à trois désherbages manuels au sol selon les exigences du contexte.

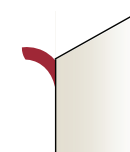
Lorsqu'il s'avère que la plante devient trop vigoureuse, la taille est primordiale pour la tenir éloignée des gouttières, toitures et autres éléments sensibles. La pose de retour « anti-lierre » ralentissant sa progression est actuellement testée à Lille (schéma).

L'entretien des plantes des édifices hauts doit être pensé dès la conception, sur l'exemple de l'entretien des vitrages : installation d'accès, de crochets d'arrimages...

Une plante volubile : la glycine. Il sera ici nécessaire de la tailler pour protéger la toiture.



Principe du retour « anti-lierre »



Mur végétalisé de plantes grimpantes avec jardinières
Jardin Biopark, Paris.



L'expérimentation du HU Building de Berlin Adlershof

Depuis 2002, les fonctions écologiques de plantes grimpantes sur le bâtiment de l'Institut de physique de Berlin Adlershof sont suivies. 6 espèces ont été réparties dans 150 jardinières ou à même le sol dans 4 expositions différentes avec deux types de substrats. La fonction de rétention d'eau et l'effet d'ombrage et de rafraichissement apportés par les plantes sont étudiés.

Le *Wisteria Sinensis* montre la croissance la plus rapide mais d'autres espèces sont également testées : *Actinidia komomikta*, *Campsis tagliabuana*, différentes variétés de climatis, *Hydrangea petiolaris*, *Vitis coignetiae*.

Une citerne récupère l'eau de pluie des surfaces imperméables de la propriété et les plantes sont irriguées. Le rafraichissement par évapotranspiration (plantes + sol) dépend des espèces et de l'exposition. Les premiers résultats révèlent qu'une jardinière d'1m² sur 40 cm de profondeur peut éliminer 2000 l d'eau par an par évapotranspiration de 2 *Wisterias*.

Murs et pieds de murs à biodiversité positive

Les murs complexes

Définition

Les murs complexes comportent la plupart du temps une structure fixée à l'avant du mur du bâtiment, dédiée à maintenir un substrat pour l'implantation et la survie des végétaux.

Les procédés dans le commerce

On dénombre de nombreuses techniques qui diffèrent par la nature du substrat et le type de structure de soutien. Le tableau ci-dessous propose quelques exemples commercialisés sous brevet.

Les prix sont donnés à titre indicatif, la demande de devis restant le meilleur moyen d'évaluer le coût de votre projet en fonction de sa taille et autres caractéristiques. Il existe par exemple chez certains fournisseurs des kits de quelques m² pour particulier livrés sans la pose pour un coût inférieur à 200€/m².



Nom	Canevaflor	Greenwall ou WallZFactory	Babylone	Mur Végétal Patrick Blanc
Structure	Cellules autoportées en acier galvanisé	Cages d'acier galvanisé fixées sur le mur	Structure d'aluminium fixée sur le mur puis une plaque de PVC	Support par tasseaux de bois puis contreplaqué marine ou PVC puis bâche EPDM d'étanchéité
Substrat	Fibre de coco et perlite	Sphaigne du chili	Nappe hydrophile, mousse d'ouate de cellulose	En hydroponie avec feutre horticoles et poches de plantation
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> Structure autoportée adaptable à tous supports Pouvoir dépolluant, isolation thermique et acoustique (20 dB en absorption et 32dB en isolation) Plantes dites autochtones Irrigation par goutte à goutte économe 	<ul style="list-style-type: none"> Adaptable aux situations Isolation thermique et acoustique Garantie décennale pour Greenwall Garantie 1 an pour WallZ Dispositif léger et esthétique dès la pose Econome en eau, irrigation automatique. 	<ul style="list-style-type: none"> Pouvoir dépolluant Isolation thermique Isolation acoustique 55dB Esthétique dès la pose Mur très fin (6cm) et léger Arrosage automatique et récupération d'eau 	<ul style="list-style-type: none"> Très léger Résultat spectaculaire Isolation thermique Arrosage et fertilisation automatisés
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> Temps d'adaptation des végétaux Dispositif lourd Entretien du système d'irrigation complexe 	<ul style="list-style-type: none"> Remplacement coûteux des plantes Provenance de la sphaigne non écologique Longévité limitée de la sphaigne 		<ul style="list-style-type: none"> Peu économe en eau Entretien assez lourd Racines peu protégées : éviter les régions à hivers froids Contrôle fréquent de la solution nutritive et du pH
Poids (kg/m ²)	70 à 150	GreenWall : 45 à 70 WallZ : 50 à 70	12	30
Prix fourni posé (€/m ²)	500 à 800	Greenwall : 500 à 800 WallZ : 900		500 à 700

Notez qu'il existe d'autres fournisseurs dont l'offre est à envisager :

- Végétales Visions
- PNG Mur végétal
- Héliotrope
- Sphaigne (Cerise SARL)
- MurMure végétale
- ...

Choix de conception

Ces murs végétalisés nécessitent généralement l'intervention d'un bureau d'étude de paysagistes voire d'architectes pour le calcul des charges, le choix des plantes, le design sauf si leur envergure est limitée.

Les fournisseurs proposent une palette végétale qu'ils adaptent aux exigences du projet. Les plantes autochtones qui seront mieux adaptées et plus favorables à la biodiversité pourront être favorisées.

Contactez les fournisseurs pour plus d'informations sur ces choix et sur l'entretien relatif à leur procédé.

Vers de nouveaux concepts

Les murs complexes et les plantes grimpantes sur un support sont des solutions rassurantes dans la mesure où la crainte d'atteinte de l'intégrité de l'enveloppe du bâtiment est écartée. Ces solutions peuvent cependant être améliorées :

- Pour permettre la mise en place de solutions moins coûteuses et donc généralisables sur un plus grand panel de constructions,
- Pour améliorer l'empreinte écologique de ces solutions dont l'analyse du cycle de vie est parfois discutable notamment de par la provenance des matériaux, et à cause de l'irrigation permanente qu'ils exigent ;
- Pour rendre les solutions plus autonomes en eau et en énergie et plus bénéfiques à la biodiversité locale par l'utilisation d'espèces autochtones adaptées au climat.

La solution « mixtes », alliant plantes grimpantes enracinées au sol et jardinières de plantes retombantes ou non fixées au mur semblent être une piste d'innovation.

Par ailleurs pourquoi ne pas aller chercher des idées dans les modèles de parois naturelles et de murs colonisés spontanément par la flore ? En ville, certaines espèces sont très répandues dans les interstices que proposent par exemple les murs de briques. La cymbalaire, *cymbalaria muralis* (1) et la corydale jaune *pseudofumaria lutea*, (2) par exemple vivent avec très peu de substrat et sont tout à fait adaptées à la verticalité.



Le mur végétal du quai Branly a souffert

Le Parisien | 14 Avril 2009

Des feuilles jaunâtres et flétries, des branchages qui pendouillent : le mur végétal du musée du Quai Branly (VII^{ème}) offre un désolant aspect. D'ordinaire verts et luxuriants, les 800 m² de tapis végétal qui faisaient aussi la fierté du temple des arts premiers s'étiolent.

La géniale invention du botaniste Patrick Blanc, chercheur au CNRS, serait-elle en train de virer à la catastrophe ? A en croire le botaniste, qui a conçu des murs de plantes un peu partout dans le monde, le procédé n'est pas en cause.

Mais, un malheureux concours de circonstances rend « furieux » le concepteur.

« Les végétaux avaient déjà beaucoup souffert du froid. Mais en plus, l'eau a été coupée pendant huit jours au moment où les plantes commençaient à repartir ! Heureusement que mon équipe a signalé le problème, sinon... » explique Patrick Blanc, qui a pu constater sur place que « les 2/3 de la surface redémarreraient quand même bien ». Quelque 4 000 boutures vont toutefois devoir être remplacées ce printemps alors que, d'ordinaire, seules 1 000 à 1 500 plantes sur les 15 000 sont renouvelées chaque année.

La direction du Quai Branly invoque surtout un retard dans les soins apportés aux plantations. « A la sortie de l'hiver, le mur paraît toujours un peu fatigué, tempère Pierre Hanotaux, le directeur du musée. Le gel de cette année n'a rien arrangé. Mais, surtout, les travaux EDF sur le trottoir nous ont empêchés d'accéder au mur et de tailler comme d'habitude les plantes. D'où cette impression de délabrement. » La partie basse du mur vert semble être celle qui a le plus souffert. « C'est un moindre mal : la réparation sera moins coûteuse, puisque les jardiniers n'auront pas besoin d'être hissés sur une nacelle pour replanter », se félicite le chercheur au CNRS. Une semaine de petits soins apportés par deux jardiniers devrait redonner fière allure au mur vert. « Mi-mai, tout sera rentré dans l'ordre », estime Pierre Hanotaux, le directeur du musée.