



Végétalisation des murs

Conception, mise en œuvre, entretien et maintenance

Végétalisation des murs

Établissement public au service de l'innovation dans le bâtiment, le CSTB, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, exerce quatre activités clés : la recherche, l'expertise, l'évaluation, et la diffusion des connaissances, organisées pour répondre aux enjeux de la transition écologique et énergétique dans le monde de la construction. Son champ de compétences couvre les produits de construction, les bâtiments et leur intégration dans les quartiers et les villes.

Avec plus de 900 collaborateurs, ses filiales et ses réseaux de partenaires nationaux, européens et internationaux, le groupe CSTB est au service de l'ensemble des parties prenantes de la construction pour faire progresser la qualité et la sécurité des bâtiments.

Le présent guide est destiné à commenter et à expliquer certaines règles de construction et les documents techniques de mise en œuvre. Il ne se substitue en aucun cas aux textes de référence, qu'ils soient réglementaires (lois, décrets, arrêtés...), normatifs (normes, DTU ou règles de calcul) ou codificatifs (Avis Techniques, « CPT »...) qui doivent être consultés.

Le CSTB décline toute responsabilité quant aux conséquences directes ou indirectes de toute nature qui pourraient résulter de toute interprétation erronée du contenu du présent guide.

Ce guide a été réalisé d'après les documents de référence déjà publiés à la date du 5 janvier 2015.

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans le présent ouvrage, faite sans l'autorisation de l'éditeur ou du Centre Français d'Exploitation du droit de copie (3, rue Hautefeuille, 75006 Paris), est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage du copiste et non destinées à une utilisation collective et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (Loi du 1^{er} juillet 1992 - article L 122-4 et L 122-5 et Code Pénal article 425).

GUIDE PRATIQUE

DÉVELOPPEMENT DURABLE

Végétalisation des murs

Conception, mise en œuvre,
entretien et maintenance

Claude GUINAUDEAU

Couverture : Jean-Claude GUINAUDEAU

Illustrations : Jean-Claude GUINAUDEAU

Photographies : Claude GUINAUDEAU

S O M M A I R E

| | |
|-----|---|
| 7 | Avant-propos |
| 9 | Typologie de la végétalisation des murs |
| 9 | 1. La colonisation naturelle |
| 10 | 2. Les plantes grimpantes |
| 13 | 3. Les jardinières et suspensions |
| 14 | 4. Les murs végétalisés |
| 15 | 5. La végétalisation des pieds de murs dans l'espace public par les riverains |
| 17 | Les plantes grimpantes |
| 17 | 1. Mode d'implantation : créer un espace « plantable » |
| 19 | 2. Mode de fixation au mur |
| 25 | 3. Critère de choix des espèces |
| 35 | Les jardinières et suspensions : fleurissement saisonnier |
| 35 | 1. Conditions de mise en œuvre |
| 42 | 2. Meilleures plantes : valeurs sûres des fleurissements |
| 45 | Les murs végétalisés : des jardins verticaux |
| 45 | 1. Champ d'application |
| 46 | 2. Fonctions paysagères et environnementales |
| 48 | 3. Les acteurs : modalités d'intervention |
| 50 | 4. Les différents procédés existants |
| 54 | 5. Les composants des structures de végétalisation |
| 91 | 6. Conditions de la faisabilité |
| 94 | 7. L'assurance de la qualité : points de contrôle |
| 95 | 8. La gestion, la maintenance et l'entretien |
| 99 | Végétalisation des pieds de murs du domaine public |
| 99 | 1. Champ d'application |
| 99 | 2. Organisation : un partenariat |
| 99 | 3. Documents à établir |
| 103 | Glossaire |
| 107 | Réglementation, normes et autres documents de référence |
| 107 | 1. Textes réglementaires |
| 107 | 2. DTU - normes |
| 108 | 3. Règles professionnelles |
| 109 | Index |

Avant-propos

L'architecture verte née au début des années 1970 a développé depuis plusieurs concepts de végétalisation des bâtiments en milieu urbain. Ce furent d'abord les « toits végétalisés » puis plus récemment « les murs végétalisés ».

Le concept de « murs végétalisés » a été initié il y a une vingtaine d'années par Patrick Blanc à Chaumont-sur-Loire. Aujourd'hui, ses murs sont toujours aussi spectaculaires, ce qui nous indique que ces structures peuvent être durables. Il a fallu attendre 2005 pour constater chaque année une augmentation sensible de ces réalisations.

De nombreux procédés sont proposés par des industriels, avec en majorité des systèmes « prêt à poser » par le fabricant ou par une entreprise. Une enquête récente de l'association Plante & cité a mis en évidence des problèmes plus ou moins bien résolus. Toutefois, les excellents résultats démontrent que l'on peut réussir si on maîtrise la faisabilité technique. Cette enquête a également souligné les coûts élevés de leur création et de leur gestion par rapport aux autres structures végétales d'aménagements paysagers.

Lors du congrès mondial des « Toits et murs végétalisés » qui s'est tenu à Nantes en septembre 2013, plusieurs intervenants ont confirmé qu'il y avait encore des progrès à faire pour bien maîtriser la fabrication et l'entretien des murs végétalisés. Les entreprises de l'UNEP (Union nationale des entreprises paysagistes), membres du comité de rédaction des « règles professionnelles des murs végétalisés » qui sont en cours de finalisation, ont fait part des difficultés rencontrées pour réaliser et gérer ces structures paysagères. Nous en avons tenu compte dans la rédaction de ce guide.

L'association Le vivant et la ville regroupant des élus, des professionnels et des citoyens a édité un « Guide des bonnes pratiques des enveloppes végétalisées ». Celui-ci a pour but de sensibiliser et d'informer tous les acteurs créateurs et utilisateurs concernés par ce type d'aménagements.

Les problèmes identifiés concernent :

- la fiabilité technique ;
- l'accessibilité à prendre en compte pour la création et l'entretien ;
- les substrats, souvent peu performants ;
- la palette végétale, plus ou moins bien adaptée ;
- le fonctionnement de l'alimentation en eau, difficile à régler faute de compétences suffisantes.

Toutes ces raisons justifient la publication de ce guide ayant pour objectif d'aider les intervenants de la création et de l'entretien de ces murs (maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, entreprises, gestionnaires) à bien maîtriser leurs fonctions.

S'il y a encore des progrès à faire, nous avons néanmoins aujourd'hui suffisamment de connaissances pour bien les conseiller.

Typologie de la végétalisation des murs

1. La colonisation naturelle

Elle concerne les murs en pierre sur lesquels se développent des plantes qui se fixent dans les interstices où se sont accumulées des poussières formant un substrat terreux permettant aux graines de certaines plantes de germer, puis de se développer et de perdurer.

Des espèces peu exigeantes et résistantes à la sécheresse peuvent pousser dans de telles conditions comme les sédums, les valérianes, les campanules des murs, les fougères ou les *Erigeron karvinskianus*.



Figure 1 : Mur colonisé naturellement



Figure 2 : *Erigeron karvinskianus*



Figure 3 : Campanules des murs

2. Les plantes grimpantes

Ces plantes sont les mieux adaptées à la végétalisation des murs car elles poussent naturellement à la verticale.

Les plantes grimpantes sont classées en 5 grandes catégories selon leur mode de fixation.

2.1 Les grimpantes à racines aériennes

Elles s'accrochent directement sur le mur par des crampons, à condition que les surfaces ne soient pas lisses (métaux, ciment fin, briques vernissées).

Les pierres et le crépi doivent être solides, au risque qu'il y ait dégradation.

Ces grimpantes à racines aériennes sont principalement :

- les bignonnes (*Campsis*) ;
- les figuiers rampants (*Ficus*) ;
- les lierres (*Hedera*) ;
- les hortensias grimpants (*Hydrangea petiolaris*) ;
- les vignes vierges du genre *Parthenocissus*.

2.2 Les grimpantes sarmenteuses

Ce sont des plantes à longue tige qui doivent être solidement fixées à un support accroché au mur. On peut notamment citer :

- les actinidias (*Actinidia*) ;
- les aristoloches (*Aristolochia*) ;
- la Plante corail (*Berberidopsis corallina*) ;
- les bougainvillées (*Bougainvillea*) ;
- la Bignone à grandes feuilles (*Campsis grandifolia*) ;
- la Dentelaire du cap (*Plumbago*) ;
- le Jasmin d'hiver (*Jasminum nudiflorum*) ;
- les morelles (*Solanum*) ;
- les rosiers sarmenteux ;
- les rosiers lianes ;
- les arbustes sarmenteux :
 - le *Camellia* × *williamsii* ;
 - le Cotonéastre de Franchet (*Cotoneaster franchetti*) ;
 - le Cotonéastre laiteux (*Cotoneaster lacteus*) ;
 - le Cotonéastre à feuilles de saule (*Cotoneaster salicifolius*) ;
 - l'escalonna (*Escallonia*) ;
 - le Frémontodendron de Californie (*Fremontodendron californicum*) ;
 - les buissons ardents (*Pyracantha*).



Figure 4 : Rosiers sarmenteux



Figure 5 : Pyracantha

2.3 Les grimpantes volubiles ligneuses

Les tiges de ces plantes s'élèvent en s'enroulant autour de leur support dans le sens des aiguilles d'une montre ou dans le sens inverse, selon les espèces. On trouve, notamment :

- l'Akebie à 5 feuilles (*Akebia quinata*) ;
- les clématites (*Clematis*) ;
- les célastres (*Celastrus*) ;
- le Jasmin de Caroline (*Gelsemium sempervirens*) ;
- le Houblon d'Europe (*Humulus lupulus*) ;
- les jasmins (*Gelsemium*) ;
- les chèvrefeuilles grimpants (*Lonicera*) ;
- les bignonnes (*Campsis*) ;
- la Renouée d'Aubert (*Fallopia aubertii*), encore appelée Renouée de Chine ;
- les schisandras (*Schisandra*) ;
- le Jasmin étoilé (*Trachelospermum*) ;
- les glycines (*Wistaria*).



Figure 6 : Clématite



Figure 7 : Glycine

2.4 Les grimpantes à vrilles ligneuses

Les vrilles se forment à l'extrémité des tiges ou des feuilles pour fixer la plante sur le support au fur et à mesure qu'elle grimpe. Il s'agit des espèces suivantes :

- les vignes vierges *Ampélopsis* ;
- la Bignone à vrilles (*Bignonia capreolata*) ;
- la Bignone du Chili (*Eccremocarpus scaber*) ;
- les passiflores (*Passiflora*) ;
- les vignes d'ornement (*Vitis coignetiae*).



Figure 8 : Vigne d'ornement

2.5 Les grimpantes à « ventouses »

Certaines plantes comme les vignes vierges ont des ventouses qui peuvent adhérer aux surfaces lisses et ainsi se fixer directement au mur comme les *Parthenocissus*.

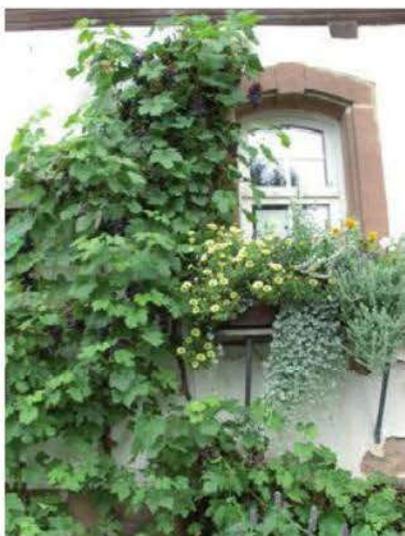


Figure 9 : Vigne vierge

3. Les jardinières et suspensions

Le concours du fleurissement de France, organisé depuis 50 ans par le Conseil national des villes fleuries (CNVF), a beaucoup développé le fleurissement des murs avec des jardinières et des suspensions.

Cette végétalisation est mise en œuvre par le service des espaces verts des collectivités locales.



Figure 10 : Jardinières



Figure 11 : Suspensions

4. Les murs végétalisés

Les murs végétalisés sont de nouvelles structures paysagères : des jardins verticaux en milieu urbain. La conception est originale et la gestion particulière.

Les végétaux sont plantés à l'horizontale et recouvrent la totalité de la surface aménagée comme des couvre-sols et des pelouses.

Il existe deux grandes catégories de murs végétalisés :

- les nappes continues ;
- les systèmes modulaires.

Quel que soit le contexte, la structure comprend 5 composantes :

- un support fixé au mur ou indépendant de celui-ci ;
- un complexe de végétalisation ;
- un substrat pour l'enracinement ;
- une palette végétale à recouvrement total ;
- une installation d'irrigation et de fertilisation.



Figure 12 : Mur végétalisé en nappe



Figure 13 : Mur végétalisé en modules

5. La végétalisation des pieds de murs dans l'espace public par les riverains

Ce concept, mis au point par la ville de Rennes, est maintenant mis en œuvre par de nombreuses collectivités.

Le projet est présenté par les riverains qui le réalisent et l'entretiennent, après accord de la mairie et avec le suivi du service des espaces verts.



Figure 14 : Végétalisation des pieds de mur

Les plantes grimpantes

1. Mode d'implantation : créer un espace « plantable »

Il existe deux modalités pour l'installation de plantes grimpantes dans un substrat terreux au pied d'un mur :

- en pleine terre, dans une tranchée ayant au minimum 60 cm de large pour 60 cm de profondeur ;
- dans une grande jardinière, posée contre le mur sur une surface minérale (trottoir/cour).



Figure 1 : Tranchée en pleine terre

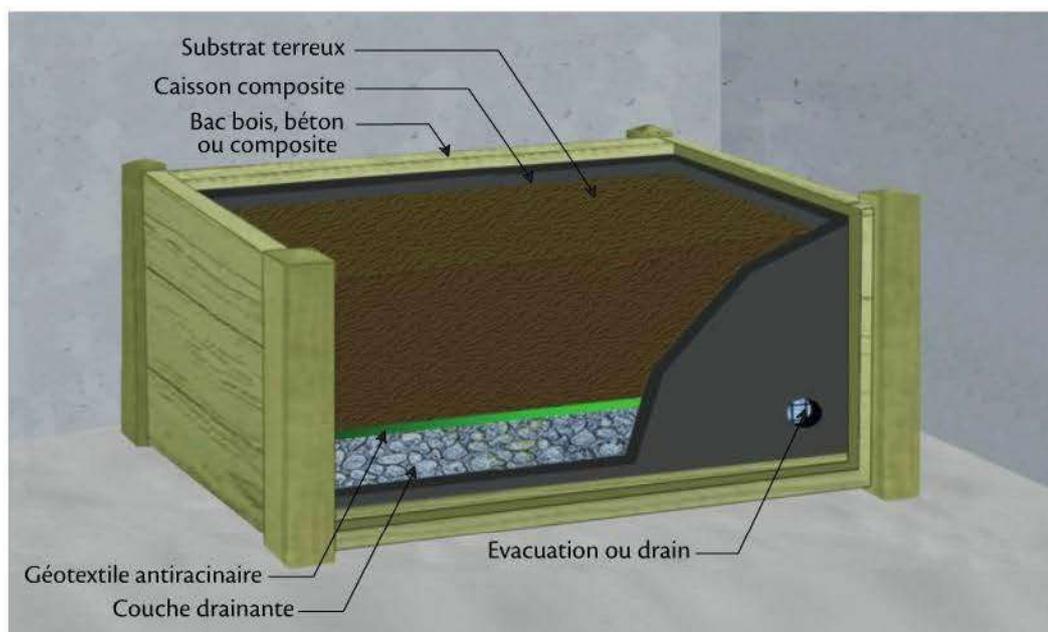


Figure 2 : Grande jardinière au sol

Dans les deux cas :

- le substrat terreux doit être d'une qualité qui convient à l'espèce qui sera plantée ;
- le fond de la tranchée sera drainé avec évacuation des eaux de drainage vers un exutoire.

OBSERVATION

Lors de la conception du bâtiment, l'architecte devra prévoir l'emplacement du mur pour avoir un espace plantable.



Figure 3 : Espace plantable 1 m de large au pied d'un mur

2. Mode de fixation au mur

2.1 Conditions pour que les grimpantes s'accrochent seules

Les grimpantes, qui peuvent s'accrocher avec les crampons de leurs racines aériennes (lierre, vigne vierge, hortensia grimpant), ne peuvent le faire que sur des surfaces rugueuses soient :

- les murs en pierre ;
- les murs en crépi.

Il est important que ces supports soient solides et ne soient pas en cours de dégradation car, dans cette situation, la plante grimpante va accélérer cette dégradation.

Les murs en surface lisse (béton fin, métaux, briques vernissées) ne peuvent recevoir ce type de plantes.

2.2 Les grimpantes palissées

Les grimpantes palissées nécessitent la présence de guides d'accroche et/ou de fixation qui peuvent se faire :

- sur des fils horizontaux ;
- sur un câblage vertical ;
- sur des treillages ;
- sur des poteaux.

■ Fixation sur des fils de fer horizontaux

Ce mode de fixation, le plus économique, convient à toutes les catégories de grimpantes et particulièrement aux sarmenteuses. Les fils doivent être :

- fixés parallèlement au sol : le premier rang à 60 cm de haut ; les suivants au-dessus tous les 30 cm ;
- à 5 cm minimum du mur sur pitons solidement implantés ;
- tendus par des crochets à anneau et des contre-écrous.

■ Fixation sur câblage vertical

Ce système est utilisé pour faire grimper des plantes grimpantes à grand développement comme les glycines, le plus haut possible à partir d'une plantation partant du sol.

Ces câbles en acier inoxydable doivent être fixés très solidement. À cet effet, il y a eu lieu de respecter la notice du fabricant pour choisir le modèle et la technique de pose.

OBSERVATION

Les câbles verticaux peuvent être renforcés par des câbles horizontaux permettant d'assurer une couverture totale par la végétation de la plante grimpante.

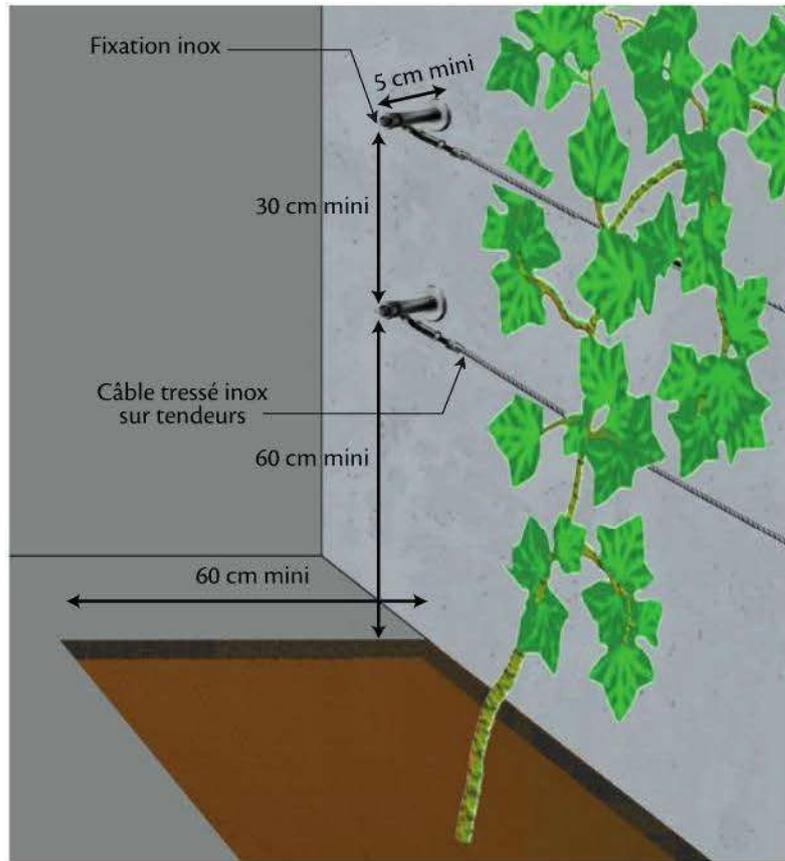


Figure 4 : Fixation sur câbles horizontaux

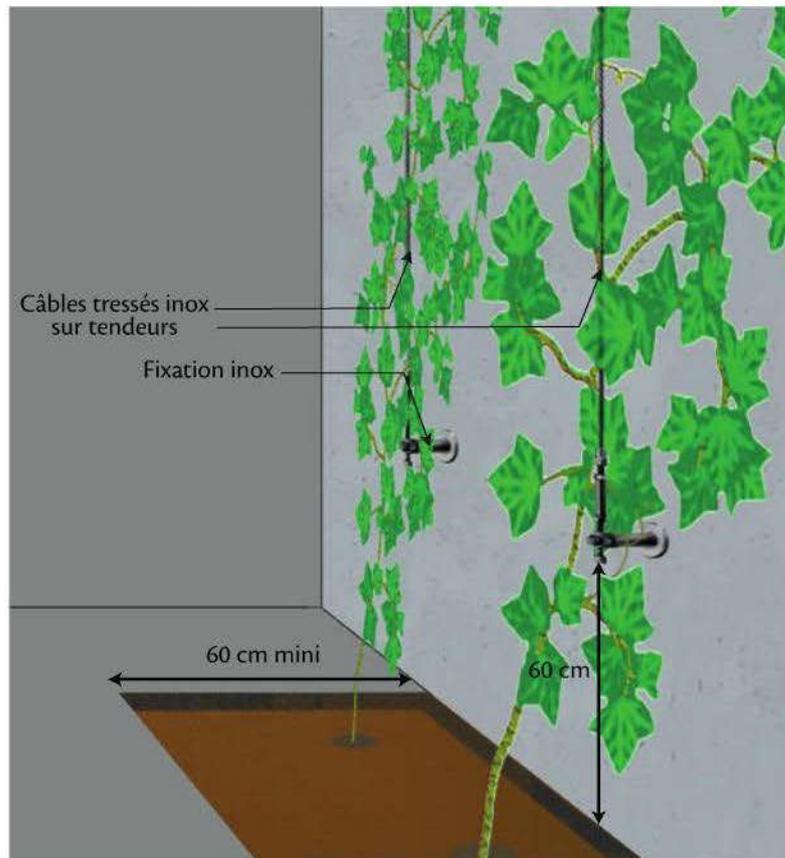


Figure 5 : Fixation sur câbles verticaux

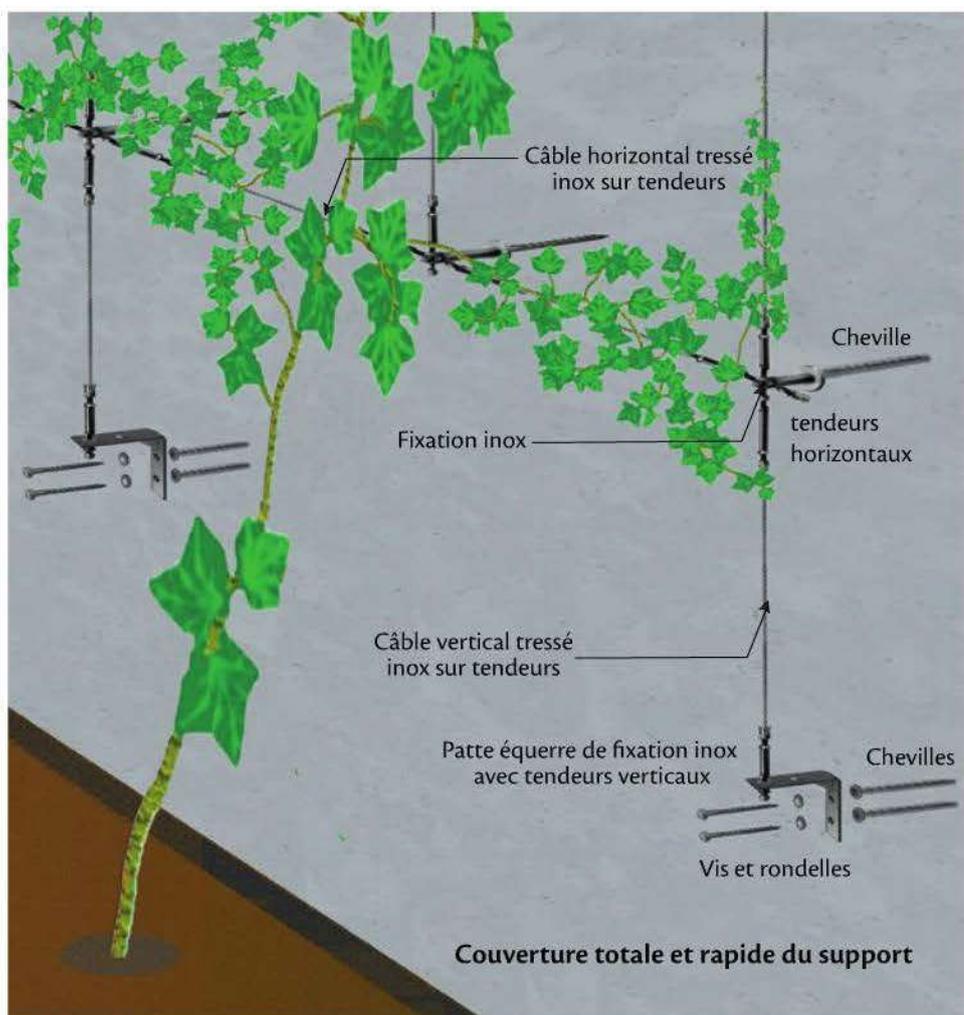


Figure 6 : Fixation sur câbles croisés

■ Fixation sur treillages

Ce mode de fixation, le plus décoratif, est utilisé pour les plantations de grimpanes ne dépassant pas 3 m de haut et pour celles à feuillage caduc (rosiers grimpants) qui laissent visible le treillage en hiver.

On trouve dans le commerce toute une gamme de treillages en bois traité, en bois peint ou à peindre. Le blanc valorise les feuillages et la floraison, le vert se fond mieux dans la végétation. Ils conviennent bien pour les plantes volubiles et à vrilles.

Ils seront fixés à au moins 10 cm du mur. On utilise dans certains cas des éléments de clôture rigide (panneau de largeur 2,50 m pour une hauteur variant de 0,50 m à 3 m).



Figure 7 : Fixation sur treillage

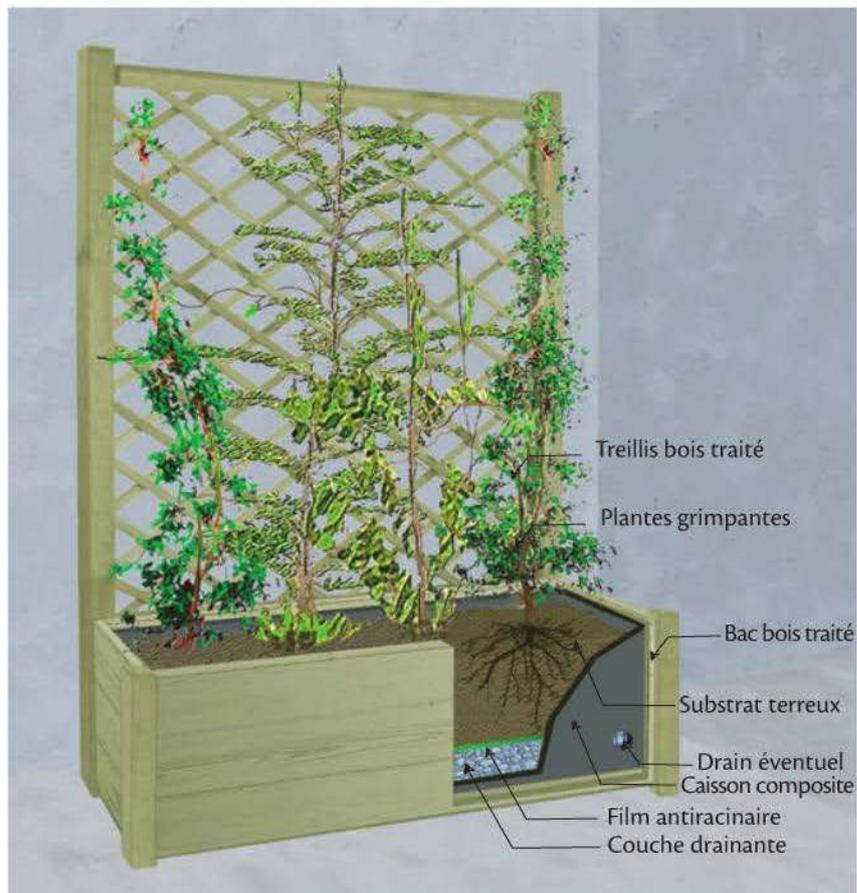


Figure 8 : Bac et treillage bois

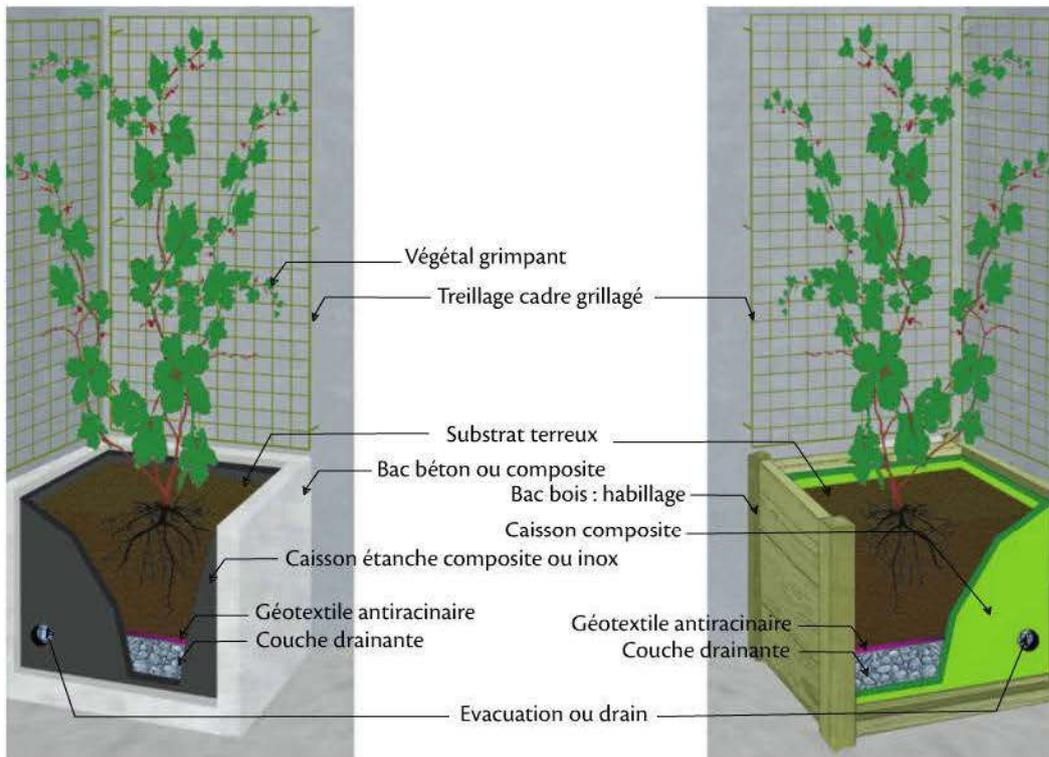


Figure 9 : Bac en bois ou béton composite et treillage

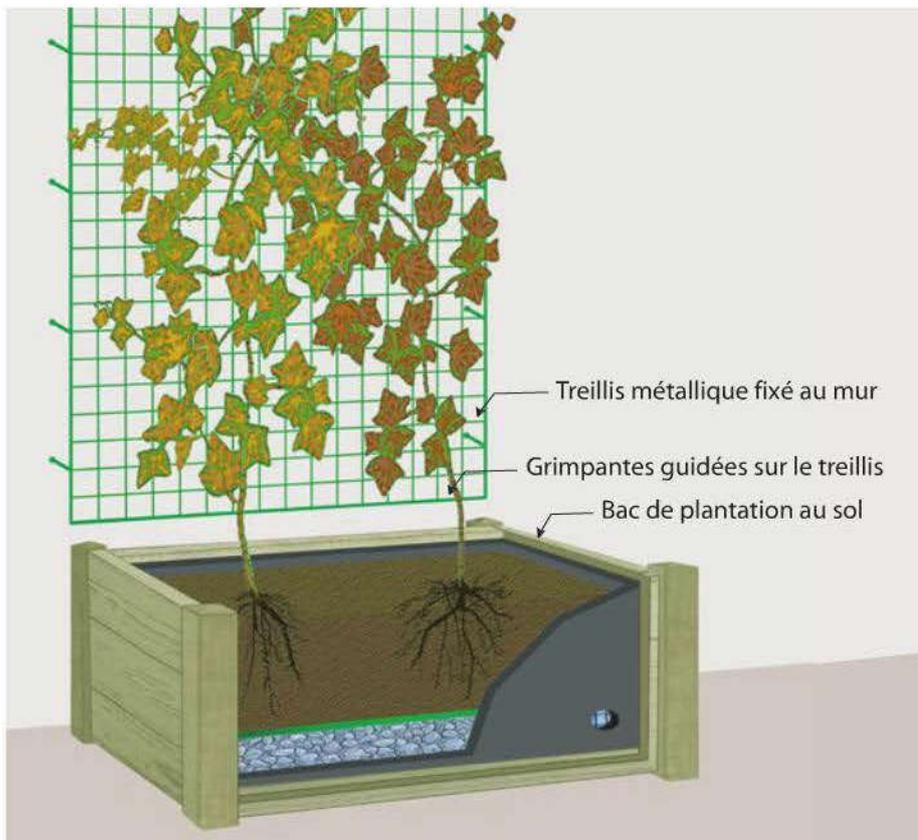


Figure 10 : Bac en bois et treillis

■ Fixation sur poteaux

Lorsqu'il n'est pas possible de fixer des supports au mur (fils, câbles, treillages), on peut faire grimper les plantes sur des poteaux fixés dans le sol, à proximité du mur.

Cette technique est utilisée pour des plantes volubiles vigoureuses qui s'enroulent autour du support comme les glycines. Ce support convient aussi aux rosiers, vignes vierges du genre *Parthenocissus*, chèvrefeuilles et clématites.



Figure 11 : Grimpante sur poteau

ATTENTION

Certains règlements de voirie interdisent les plantes grimpantes sur les poteaux téléphone et EdF. Ce qui s'applique à tous les poteaux à proximité des lieux publics.

3. Critère de choix des espèces

3.1 Le développement

La hauteur atteinte par les grimpances est variable selon les espèces. Les plus petites ne dépassent guère 2 m de haut alors que les plus grandes peuvent atteindre 10 à 12 m, parfois 18 à 20 m pour les glycines.

Dans un même genre, il peut y avoir plusieurs catégories de taille comme chez les clématites, les chèvrefeuilles ou les rosiers.

On peut classer ces plantes en 3 catégories :

- les plantes basses, de 2 à 3 m de haut, utilisées pour décorer les murs des rez-de-chaussée ;
- les plantes moyennes, dont le développement se situe entre 5 et 7 m, qui couvrent jusqu'au 2^e étage et peuvent atteindre le 3^e ;
- les plantes hautes utilisées pour couvrir 3 étages et atteindre le 4^e, soit au moins 9 à 10 m de haut.

■ Les plantes basses (2 à 3 m de haut)

Plantes basses à palisser

- Pour climat doux :
 - *Berberidopsis corallina* (Plante corail) ;
 - *Bougainvillea*, espèces (bougainvillées) ;
 - *Camellia* × *williamsii*, espèces (Camélias hybrides Williamsi) ;
 - *Campsis grandiflora* (Bignone à grande fleur) ;
 - *Cotoneaster franchetti* et *lacteus* (cotonéastre de Franchet et laiteux) ;
 - *Escallonia*, espèces et cultivars (escallonias) ;
 - *Jasminum nudiflorum* (Jasmin d'hiver) ;
 - *Plumbago capensis* (Dentelaire du cap) ;
 - *Pyracantha*, espèces et cultivars (buisson ardent) ;
 - rosiers sarmenteux, nombreuses variétés ;
 - *Solanum*, espèces (solanums).
- Volubiles (les rameaux se fixent en s'enroulant autour du support) :
 - Clématites : les espèces et variétés les moins vigoureuses ;
 - *Lonicera*, espèces (chèvrefeuilles grimpants) :
 - *Lonicera acuminata*,
 - *Lonicera giraldii*,
 - *Lonicera* × *brownii*,
 - *Lonicera festuca*,
 - *Lonicera* × *heckrottii*,
 - *Lonicera periclymenum* ;
 - *Jasminum mesneyi* (Jasmin de printemps) ;
 - *Schisandra rubrifolia* (Schisandra).
- Vrilles ligneuses (les extrémités se fixent sur les supports) :
 - Vigne vierge : *parthenocissus tricuspidata* « Lowii »

Plantes basses s'accrochant directement aux murs

- Les lierres des bois (*Hedera helix*) de petite taille :
 - cultivars ne dépassant pas 2 m :
 - 'Anne Marie',
 - 'Chicago',
 - 'Eva',
 - 'Green ripple',
 - 'Ivalace',
 - 'Luzzi',
 - 'Sagittifolia' ;
 - cultivars pouvant atteindre entre 3 et 4 m :
 - 'Buttercut',
 - 'Cecilia',
 - 'Chester',
 - 'Digitata',
 - 'Elegantissima',
 - 'Goldheart' = 'Oro di Bogliasco',
 - 'Kolibri',
 - 'Parsley Crested' = 'Cristata',
 - 'Sagittifolia'.

■ Les plantes moyennes

Plantes moyennes à palisser

Sarmenteuses

- *Actinidia kolomikta* (Actinidia à petites feuilles) ;
- Camélias : les hybrides les plus vigoureux ;
- *Fremontodendron californicum* (Frémontodendron de Californie) ;
- rosiers sarmenteux : les variétés les plus vigoureuses.

Volubiles

- *Celastrus scandens* (Celastre) ;
- Chèvrefeuilles :
 - *Lonicera henryi* (Chèvrefeuille de Henry),
 - *Lonicera hildebrandiana* (Chèvrefeuille hildebrandiana),
 - *Lonicera chinensis* (Chèvrefeuille de Chine),
 - *Lonicera caprifolium* (Chèvrefeuille des jardins),
 - *Lonicera x Americana* = *x italica*,
 - *Lonicera x telimanniana* (Chèvrefeuille de Tellmann) ;
- Clématites : les espèces et cultivars les plus vigoureux ;
- *Gelsemium sempervirens* (Jasmin de Caroline) ;
- *Jasminum polyanthum* (Jasmin de Chine) ;
- *Jasminum x stephanense* (Jasmin hybride) ;
- *Pandorea jasminoïdes* (Bignone jasmin) ;
- *Schisandra sinensis* (Schisandra) ;

- *Trachelospermum jasminoïdes* (Jasmin étoilé) ;
- *Wistaria sinensis* (Glycine d'Amérique) ;
- *Wistaria venusta* (Glycine de Vénus).

Vrilles ligneuses

- *Eccremocarpus scaber* (Bignone du Chili) ;
- Passiflores :
 - *Passiflora caerulea* (Passiflore bleue),
 - *Passiflora quadrangulari*, moins rustique (Grenadille géante) ;
- Vignes d'ornement :
 - *Vitis vinifera* (Vigne vinifère) :
 - 'Fragoia', à feuilles de persil,
 - 'Incana', à feuilles argentées,
 - 'Purpurea', vigne des teinturiers,
 - *Vitis* 'Brant', hybride ;
- Vignes vierges :
 - *Ampélopsis aconitifolia* (Vigne vierge à feuilles d'Aconit),
 - *Ampélopsis brevipedunculata*,
 - *Parthenocissus tricuspidata*.

Plantes moyennes s'accrochant directement aux murs

- *Aristolochia macrophylla* (Aristolochie d'Amérique) ;
- *Campsis radicans* (Bignone commune, Jasmin de Virginie) ;
- *Campsis x tagliabuana* (Bignone hybride) ;
- *Hedera canariensis* (Lierre des Canaries) ;
- *Hedera colchica* (Lierre de Perse) ;
- *Hedera helix* (Lierre des bois), les cultivars :
 - 'Glacier',
 - 'Harald',
 - 'Woerner' ;
- *Hedera hibernica* (Lierre d'Irlande) ;
- *Hydrangea petiolaris* (Hortensia grim pant) ;

Plantes moyennes volubiles

- *Akebia quinata* (Akebie à 5 feuilles) ;
- *Humulus lupulus* (Houblon d'Europe) ;
- *Lonicera japonica* (Chèvrefeuille du Japon) ;
- *Polygonum aubertii* = *Fallopia aubertii* (Renouée de Chine) ;
- *Wisteria floribunda* (Glycine du Japon) ;
- *Wisteria sinensis* (Glycine de Chine) ;

■ Les grandes plantes

Grandes plantes à palisser

- Sarmenteuses :
 - *Aristolochia macrophylla* (Aristolochie d'Amérique) ;
 - rosiers lianes.

- Volubiles :
 - *Akebia quinata* (Akebie à 5 feuilles) ;
 - *Humulus lupulus* (Houblon d'Europe) ;
 - *Lonicera japonica* (Chèvrefeuille du Japon) ;
 - *Polygonum aubertii* = *Fallopia aubertii* (Renouée de Chine) ;
 - *Wisteria floribunda* (Glycine du Japon) ;
 - *Wisteria sinensis* (Glycine de Chine) ;
- À vrilles ligneuses, vignes vierges :
 - *Ampelopsis megalophylla*,
 - *Parthenocissus quinquefolia* (Vigne vierge à cinq folioles),
 - *Bignonia capreolata* (Bignone orange).

Grandes plantes s'accrochant directement au mur

- *Hedera hélix* (Lierre des bois) ;
- hortensias grimpants :
 - *Schizophragma hydrangeoïdes*,
 - *Schizophragma integrifolium* (Hydrangée à feuilles entières),
- vignes vierges.

3.2 L'exposition

■ À l'ombre

Plantes les mieux adaptées (exposition nord)

- Hortensias grimpants :
 - *Hydrangea petiolaris*,
 - *Schizophragma hydrangeoïdes*,
 - *Schizophragma integrifolium* (Hydrangée à feuilles entières) ;
- Vigne vierge de Chine :
 - *Parthenocissus henryana* (Vigne vierge de Henry).

Plantes tolérantes (exposition nord/est - nord/ouest)

- *Akebia quinata* (Akebie à 5 feuilles) ;
- *Berberidopsis corallina* (Plante corail) ;
- *Celastrus orbicularis* (Celastré) ;
- Chèvrefeuilles :
 - *Lonicera x hecknottii*,
 - *Lonicera japonica* (Chèvrefeuille du Japon),
 - *Lonicera periclymenum* (Chèvrefeuille des bois),
 - *Lonicera tellmanniana* (Chèvrefeuille de Tellman) ;
- Clématites :
 - *Clematis alpina* (Clématite des Alpes),
 - *Clematis macropetala* (Clématite macropetala),
 - *Clematis montana* (Clématite des montagnes),
 - *Clematis* hybrides à grandes feuilles ;
- *Hedera hélix* et cultivars (Lierres des bois) ;
- *Vitis coignetiae* (Vigne de Chine).

■ Exposition très chaude

- Bignonées du genre *Campsis* ;
- Clématites :
 - *Clematis armandii* (Clématite d'Armand),
 - *Clematis flammula* (Clématite odorante) ;
- *Hedera helix* 'Goldheart' = 'oro di Bogliasco' (Lierre doré) ;
- *Lonicera hildebrandiana* (Chèvrefeuille) ;
- Jasmins :
 - *Jasminum affine* (Jasmin d'été),
 - *Jasminum officinale* (Jasmin blanc),
 - *Jasminum stephanense* (Jasmin stéphanois) ;
- *Passiflora caerulea* (Passiflore bleue) ;
- *Trachelospermum jasminoïde* (Jasmin étoilé) ;
- *Vitis vinifera* (Vignes vinifère).

3.3 Les sols contraignants

■ Sols calcaires

La majorité des plantes grimpantes ont besoin de sols fertiles, légers, profonds, perméables, humifères, plutôt acides et frais.

Quelques espèces peuvent pousser dans des sols calcaires mais, à l'exception des vignes d'ornement, c'est une tolérance.

Plantes adaptées

- Vignes d'ornement :
 - *Vitis coignetiae* (Vigne de Coignet) ;
 - *Vitis vinifera* (Vigne vinifère).

Plantes tolérantes

- *Celastrus orbicularis* (Célastré) ;
- Chèvrefeuilles à feuillage caduc :
 - *Lonicera x brownii* (Chèvrefeuille de Brown),
 - *Lonicera caprifolium* (Chèvrefeuille des jardins),
 - *Lonicera etrusca* (Chèvrefeuille d'Etrurie),
 - *Lonicera x heckrottii*,
 - *Lonicera x italica* (Chèvrefeuille d'Italie),
 - *Lonicera periclymenum* (Chèvrefeuille des bois),
 - *Lonicera x tellmanniana* (Chèvrefeuille de Tellman) ;
- Clématites : toutes les espèces du genre *Clematis* sont tolérantes au calcaire, la mieux adaptée étant *Clematis paniculata* ;
- *Hedera helix* et ses cultivars (Lierres des bois) ;
- *Hedera hibernica* (Lierre d'Irlande) ;
- Les vignes vierges du genre *Parthenocissus* :
 - *Parthenocissus quinquefolia* (Vigne vierge à cinq folioles),
 - *Parthenocissus tricuspidata*.

■ Sols secs

Comme pour les sols calcaires, qui sont d'ailleurs souvent secs, peu de plantes grimpantes peuvent s'adapter à la sécheresse.

Quelques espèces sont tolérantes :

- Bignonées du genre *Campsis* ;
- *Celastrus orbicularis* (Célastre) ;
- Clématites :
 - *Clematis flammula* et cultivars (Clématite odorante),
 - *Clematis integrifolia* et cultivars,
 - *Clematis orientalis* (Clématite orientale),
 - *Clematis tangutica*,
 - *Clematis viticella* (Clématite bleue) ;
- Jasmins :
 - *Jasminum affine* (Jasmin d'été),
 - *Jasminum officinale* (Jasmin blanc) ;
- *Hedera helix* (Lierre des bois), seulement deux cultivars :
 - 'Elegantissima',
 - 'Goldheart' ;
- *Polygonum aubertii* (Renouée de Chine) ;
- vignes vierges du genre *Ampélopsis* :
 - *Ampélopsis bodinieri* ;
- *Trachelospermum jasminoïdes* (Jasmin étoilé) ;
- *Vitis coignetiae* (Vigne d'ornement) ;
- *Wistaria*, espèces et cultivars (Glycines).

3.4 L'intérêt décoratif

Un ou plusieurs critères peuvent guider le choix des plantes grimpantes :

- feuillages persistants pour un verdissement permanent ;
- feuillages colorés ;
- feuillages d'automne ;
- floraisons spectaculaires ;
- floraisons parfumées.

■ Feuillages persistants

- *Bignonia capreolata* (Bignone orange), pour climat doux ;
- clématites persistantes :
 - *Clematis armandii* et cultivars (Clématite d'Armand),
 - *Clematis cirrhosa balearica* et cultivars (Clématite de Noël) ;
- chèvrefeuilles persistants :
 - *Lonicera giraldii*,
 - *Lonicera henryi* (Chèvrefeuille de Henry),
 - *Lonicera japonica* et cultivars (Chèvrefeuille du Japon) ;

- jasmins :
 - *Jasminum mesneyi* (Jasmin de printemps), climat doux,
 - *Jasminum humile* (Jasmin d'Italie), climat doux,
 - *Jasminum polyanthum* et cultivars (Jasmin d'hiver) ;
- *Tachelospermum*, espèces (Jasmin étoilé) ;
- lierres : *Hedera*, toutes espèces.

■ Feuillages colorés

- *Actinidia kolomikta* (Actinidia) : rose et blanc crème au printemps ;
- *Hedera canadensis* (Lierre des Canaries) :
 - 'Gloire de Marengo' : gris-bleuté bordé de blanc,
 - 'Margino maculata' : panaché jaune crème, pour climats doux ;
- *Hedera colchica* (Lierre de Colchide) :
 - 'Dentata variegata' : marbré gris-vert bordé jaune crème ;
 - 'Sulphur Heart' : tâches jaunes vert clair ;
- *Hedera helix* (Lierre des bois), nombreux cultivars à feuillages colorés :
 - 'Buttercup' : jaune vif,
 - 'Coecilia' : bordé de jaune crème,
 - 'Chester' : centre blanc crème,
 - 'Elegantissima' : gris-vert argenté à marge blanc crème,
 - 'Eva' : gris-vert à marge blanche,
 - 'Goldchild' : vert-gris à marge jaune,
 - 'Goldheart' : panaché de jaune,
 - 'Harald' : gris-argenté à marge blanc crème,
 - 'Kolibri' : marbrures vertes, grises, argentées,
 - 'Luzzi' : panaché blanc crème,
 - 'Sagittifolia variegata' : marge blanche ;
- *Humulus lupulus* 'Aureus' (Houblon doré) ;
- *Ionicera x italica* 'Harlequin' (Chèvrefeuille d'Italie) : panaché blanc crème et rose ;
- *Jasminum officinale* 'Argenteo variegatum' (Jasmin officinal) : bordé de jaune crème ;
- *Trachelospermum jasminoïdes* 'Variegata' (Jasmin étoilé) : panaché blanc crème, rougeâtre en hiver ;
- vignes vierges :
 - *Ampélopsis brevipedunculata elegans* : jeunes feuilles roses et crème, pour climat doux,
 - *Parthenocissus henryana* (Vigne vierge de Henry) : vert foncé pourpre.

■ Feuillages à belle coloration automnale

- vignes vierges : toutes les espèces et cultivars du genre *Parthenocissus* ;
- vignes d'ornement :
 - *Vitis* 'Briant',
 - *Vitis coignetæ*,
 - *Vitis vinifera* 'Fragola' (Vigne vinifère).

■ Floraisons spectaculaires

- *Bignonia* : toutes les espèces et variétés ;
- clématites : toutes les espèces et variétés ;
- chèvrefeuilles : toutes les espèces et variétés ;
- jasmins : toutes les espèces et variétés ;
- glycines : toutes les espèces et variétés ;
- rosiers grimpants.

■ Floraisons parfumées

- clématites ;
 - *Clematis armandii* (Clématite d'Armand),
 - *Clematis flammula* (Clématite odorante),
 - *Clematis montana* (Clématite des montagnes),
 - *Clematis paniculata*,
 - *Clematis recta* (Clématite vivace) ;
- chèvrefeuilles :
 - *Lonicera hecknottii* 'Goldflame',
 - *Lonicera japonica* 'Chinensis' (Chèvrefeuille du Japon),
 - *Lonicera japonica* 'Halliana' (Chèvrefeuille du Japon),
 - *Lonicera periclymenum* 'Belgica' (Chèvrefeuille des bois),
 - *Lonicera periclymenum* 'Serotina' (Chèvrefeuille des bois) ;
- jasmins :
 - *Jasminum affine* (Jasmin d'été),
 - *Jasminum officinale* (Jasmin blanc),
 - *Jasminum stephanense* (Jasmin stéphanois) ;
- *Trachelospermum jasminoides* (Jasmin étoilé) ;
- *Wisteria sinensis* (Glycine de Chine).

Lorsqu'il n'est pas possible de planter au pied du mur en pleine terre ou en bacs, on peut végétaliser avec des plantes grimpantes plantées au sommet du mur dans une jardinière. Quelques espèces, dont les rameaux retombent, peuvent être utilisées :

- les chèvrefeuilles à feuillage persistant et notamment le Chèvrefeuille du Japon et ses cultivars (*Lonicera japonica*) ;
- le Jasmin d'hiver (*Jasminum nudiflorum*), même s'il est caduc, reste décoratif en hiver par ses rameaux fins ;
- les lierres ;
- les vignes vierges vigoureuses du genre *Parthenocissus* :
 - *Parthenocissus henryana* (Vigne vierge de Henry),
 - *Parthenocissus tricuspidata* ;
- la Renouée de chine à croissance rapide et très vigoureuse (*Polygonum aubertii*), souvent appelée « cache-misère ».

3.5 Les contraintes de gestion

En principe, les plantes grimpantes ne sont pas difficiles à entretenir. Cependant, pour certaines espèces, il faut des jardiniers expérimentés pour la taille et d'éventuels traitements phytosanitaires.

On peut classer les grimpantes en 3 catégories :

- celles à faibles contraintes ;
- celles à contraintes moyennes ;
- celles à fortes contraintes.

L'arrosage est à prévoir pour les périodes de canicule, particulièrement pour les expositions de plein soleil et les rosiers.

■ Contraintes faibles

Ces plantes, qui s'accrochent seules aux murs par des crampons, ne nécessitent pratiquement pas de soins après leur installation :

- les hortensias grimpants ;
- les lierres ;
- les vignes vierges.

Toutefois, des tailles peuvent être nécessaires pour éviter qu'elles envahissent les toits et les ouvertures.

■ Contraintes moyennes

Il s'agit de contrôler le développement des plantes par des tailles qui consistent, lorsque cela devient nécessaire, à :

- raccourcir les rameaux vigoureux qui poussent en dehors des limites souhaitables ;
- supprimer ceux en surnombre et mal dirigés.

Des tailles de floraison peuvent être réalisées en supprimant les parties de rameaux portant les fleurs fanées.

Plusieurs espèces, que l'on peut considérer comme des « plantes faciles », font partie de cette catégorie :

- bignone ;
- houblon ;
- jasmins ;
- chèvrefeuilles ;
- renouée ;
- glycines.

■ Contraintes fortes

Il s'agit de tailles spécifiques qui concernent les clématites, les rosiers grimpants et les vignes d'ornement à fruits.

Ces plantes ne doivent être implantées que lorsqu'il y a la possibilité d'avoir un gestionnaire compétent dans ce domaine (service technique, espaces verts ou entreprise paysagiste).

ATTENTION

Un traitement phytosanitaire est nécessaire pour les rosiers et les vignes d'ornement à fruits.

Les jardinières et suspensions : fleurissement saisonnier

Le fleurissement des murs des bâtiments publics et privés s'est développé depuis la création du Conseil national des villes et villages fleuris (CNNVF), qui a créé il y a 50 ans le concours du fleurissement de la France concernant aujourd'hui plus de 12 000 communes.

1. Conditions de mise en œuvre

1.1 Les contenants

Les végétaux peuvent être plantés dans 4 types de récipients :

- les bacs : en bois ou métal ;
- les jardinières : en plastique ou terre cuite ;
- les pots : en plastique ou terre cuite ;
- les suspensions : en plastique ou métal.

Les bacs sont placés au pied du mur.

Les jardinières et les pots sont placés au pied du mur ou accrochés aux façades.

Les suspensions sont accrochées aux façades.

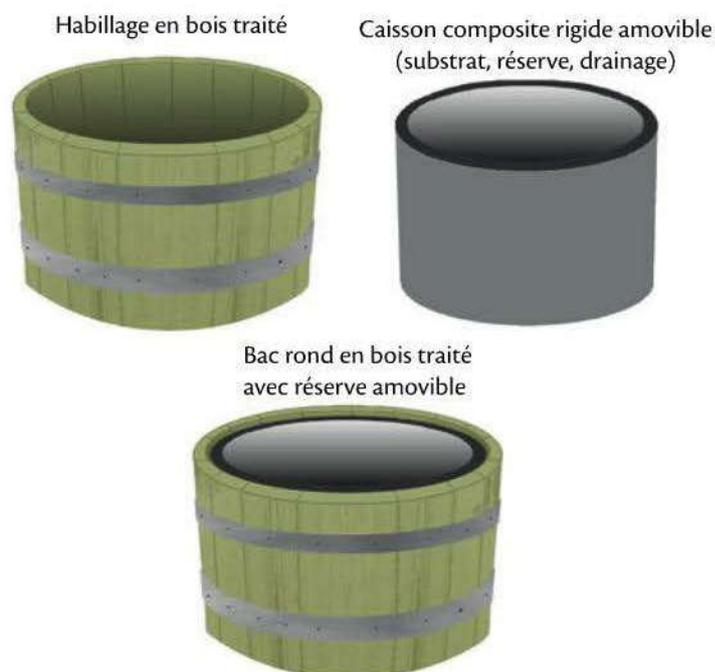


Figure 1 : Bac en bois ou composite



Figure 2 : Différentes jardinières



Figure 3 : Fleurissement en jardinières



Figure 4 : Jardinières en pied



Figure 5 : Jardinières accrochées



Figure 6 : Suspensions

1.2 Les saisons

Ces plantations concernent essentiellement deux saisons :

- le printemps, avec les plantes bulbeuses (crocus jacinthes, narcisses, tulipes) et les fleurs bisannuelles (primevères, pensées, myosotis, etc.) ;
- l'été, avec les plantes annuelles et les plantes vivaces à longue et abondante floraison, de plus en plus associées à des espèces à feuillage décoratif (vivaces, fougères, graminées, arbustes nains).

Les deux autres saisons peuvent néanmoins être décorées, comme le font de plus en plus certains services d'espaces verts :

- en automne, avec les chrysanthèmes et notamment les « cascades à port retombant » ;
- l'hiver, qui est de moins en moins oublié, avec toutes les espèces à feuillage et à fructification décoratives, sans oublier la longue floraison des bruyères d'hiver.

1.3 Les contraintes

■ À la conception

- Choix de la bonne implantation (distances des murs et de la voirie).
- Nécessité de concepteurs qualifiés.
- Bacs adaptés et systèmes d'accrochage éventuels coûteux.
- Choix des substrats et du système d'arrosage.
- Choix des fertilisants.
- Choix des espèces et compatibilité dans un même contenant.
- Prix du végétal qui peut être élevé.
- Difficulté éventuelle d'approvisionnement en plants de qualité.
- Manutention délicate et coûteuse (nacelles pour les façades et grues ou élévateurs pour les grands bacs au sol).

■ Manutention et port de charges

Les limites acceptables de port de charges sont définies par la loi en fonction de l'âge, du sexe du salarié, de la distance à parcourir et des caractéristiques de la tâche. Un employeur doit prendre les mesures d'organisation appropriées ou utiliser les moyens adéquats, notamment les équipements mécaniques, afin d'éviter le recours à la manutention manuelle de charges par les travailleurs :

- Décret n° 92-958 du 3 septembre 1992 relatif aux prescriptions minimales de sécurité et de santé concernant la manutention manuelle de charges comportant des risques, notamment dorso-lombaires, pour les travailleurs et transposant la directive (CEE) n° 90-269 du Conseil du 29 mai 1990 ;
- Articles R. 4541-1 à R. 4541-9 du Code du travail ;
- Norme NF X35-109, *Ergonomie - Manutention manuelle de charge pour soulever, déplacer et pousser/tirer - Méthodologie d'analyse et valeurs seuils* (octobre 2011).

Cette réglementation s'applique aux techniciens des services techniques qui manipulent des bacs et jardinières sachant que les limites de charges sont fixées à 55 kg pour un homme (hors dérogation) et à 25 kg pour une femme.

Seuls les éléments de petite taille pourront être manuellement déplacés, ce qui engendre des coûts importants pour les grands bacs sur voirie.

De même, le travail en hauteur étant très réglementé, les jardinières suspendues nécessiteront l'utilisation de nacelles avec les complications dues à ces interventions sur le domaine public.

Lorsque les jardinières sont suspendues à des patères, fixées aux murs ou sur un mobilier urbain, le système de fixation devra répondre à toutes les normes de sécurité et il est indispensable d'effectuer divers tests comme la résistance à l'effort ou à l'arrachement et qui concernent la jardinière, les fixations mais aussi le support (mur, poteau, mobilier urbain, etc.).

Pour les bacs au sol, ils ont toutefois l'avantage de pouvoir être déplacés et/ou implantés momentanément lors du réaménagement d'un quartier, en séparation de voirie provisoire...

■ Entretien et maintenance

- Nécessité d'un personnel très qualifié.
- Entretien variables mais contraignants et coûteux (travail manuel précis).
- Fréquence variable des arrosages manuels ou surveillance systématique des arrosages automatiques.
- Apports d'engrais et dosage.
- Suppression des fleurs fanées pour prolonger le fleurissement.
- Traitement phytosanitaire chimique ou protection biologique intégrée (PBI).

■ Des coûts élevés

Si l'on se réfère aux classes d'entretien en fonction des tâches effectuées et de leur fréquence fournies par la ville de Lyon, on s'aperçoit rapidement du fort décalage entre le coût des jardinières et celui d'autres espaces verts.

En se basant sur une classe horticole moyenne, on obtient les chiffres suivants :

Tableau 1 : Coûts annuels d'entretien pour différents types de plantations (source : ville de Lyon)

| Composition | Quantité | Classe | Coût annuel |
|----------------------|----------------|---------------------------|-------------|
| Massif fleuri | m ² | Horticole + | 9 à 11 € |
| Massif arbustif | m ² | Horticole + | 8 à 10 € |
| Jardinière fleurie | U | Sans arrosage automatique | 250 € |
| | U | | 200 € |
| Jardinière arbustive | U | Avec arrosage automatique | 150 € |
| | U | | 100 € |

Les végétalisations par bacs ou jardinières relèvent donc des réalisations de prestige, et il sera préférable de les réserver en priorité :

- aux centres historiques, zone piétonnes et commerciales ;
- aux bâtiments anciens à fort impact visuel ;
- aux emplacements où le manque de végétal est significatif et où la plantation en sol est impossible (trottoirs, places pavées) ;
- en complément des fleurissements et plantations dans le cadre de concours de villes et villages fleuris.

ATTENTION

Avant de choisir l'option d'une végétalisation par bacs ou jardinières, il faudra évaluer les coûts de fonctionnement et de maintenance, ainsi que la faisabilité en termes d'espaces de travail.

1.4 Les suspensions : l'innovation SIFU

Mis au point en 1986 par le SEVE (service espace vert et environnement) de la ville de Nantes, le SIFU (système interchangeable de fleurissement urbain) est depuis utilisé par de nombreuses villes en France et à l'étranger.

Le SIFU se compose d'une ou plusieurs vasques, éléments de base du système. Il s'agit d'une sorte de coupelle avec un espace pour le substrat, un réservoir d'eau, une grille de séparation entre les deux compartiments et un espace central où passe l'axe ou le mât...

Ces vasques sont aujourd'hui fabriquées à partir de polypropylène copolymère injecté qui présente l'avantage de bien résister aux agressions atmosphériques et aux éventuels produits phytosanitaires.

Les différentes tailles de vasques ainsi que les nombreux types de supports offrent la possibilité de varier les structures décoratives.

Ainsi, peut-on trouver des ensembles de vasques reliées entre elle sur un axe (les axes étant conçus aujourd'hui pour porter 3 vasques au maximum), sur un mât ou sur une potence. Il est également possible aujourd'hui d'associer les SIFU à d'autres types de structures tels que liminaires, arceaux, bouquets.

Afin de maintenir la beauté du fleurissement durant les 5 à 7 mois d'exposition sur site, un terreau spécifique est utilisé. Celui-ci se compose de tourbe brune, de tourbe blonde, d'argile, de fibres de coco, d'un rétenteur d'eau, de mouillant et d'engrais à libération lente.

À ses débuts, le SIFU ne comprenait pas de système automatisé d'arrosage et celui-ci ne pouvait se faire que manuellement. En raison de son aspect peu pratique, un système automatisé fut rapidement développé. Aujourd'hui, l'arrosage des SIFU peut se faire de façon manuellement, semi-automatique ou automatique.



Figure 7 : SIFU

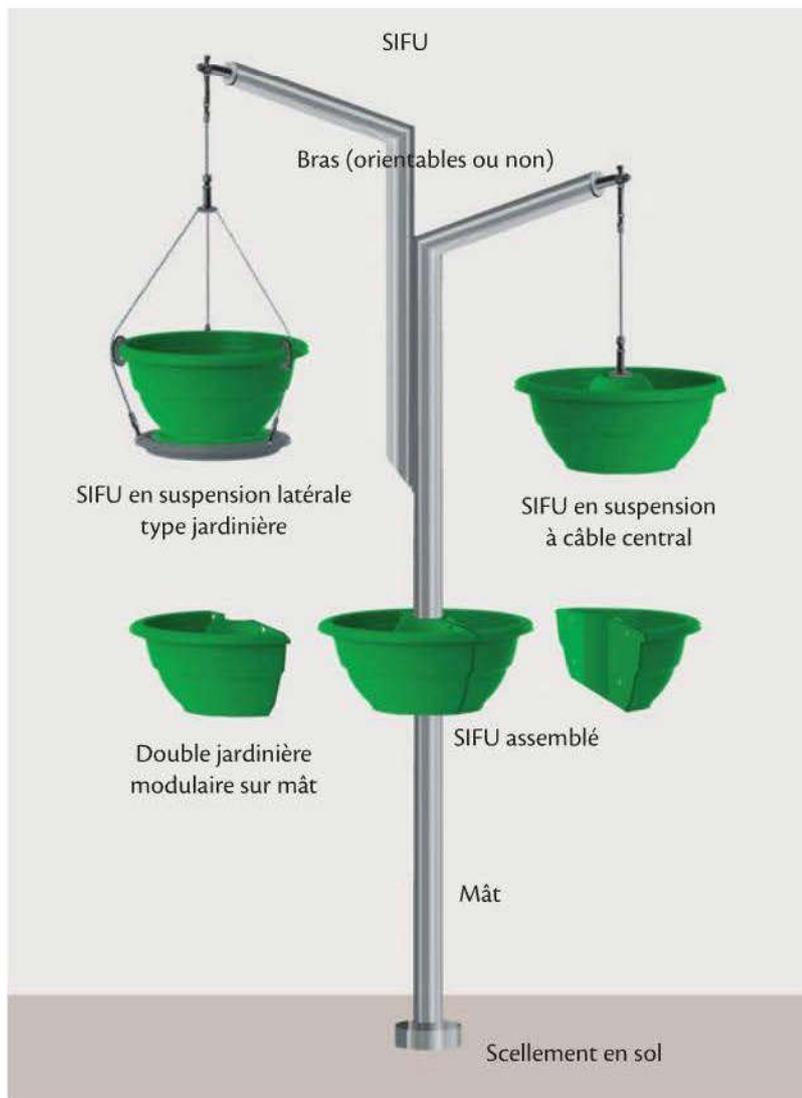


Figure 8 : Exemple de SIFU

2. Meilleures plantes : valeurs sûres des fleurissements

2.1 Les fleurs annuelles – les fleurissements d'été

Les fleurs annuelles ont un cycle de végétation qui se déroule sur un an du printemps à l'automne. Quelques espèces vivaces sont cultivées comme annuelles car elles ont une faible résistance au froid et sont détruites par le gel en hiver. Elles sont multipliées par semis ou boutures sous abri en hiver, afin d'obtenir de bons plants à mettre dans les contenants en avril-mai pour un fleurissement à partir de juin jusqu'aux gelées de l'automne.

La production est assurée par des horticulteurs spécialisés ou par les services d'espaces verts des collectivités lorsque ces derniers ont les compétences et les moyens.

Dans le choix des espèces à planter dans les jardinières, bacs et suspensions, on a intérêt à donner priorité à celles qui ont une assez bonne résistance à la sécheresse. Sont donc privilégiées :

■ Les espèces de bases incontournables

- Pélargoniums : à floraison longue durée, rose, rouge, orange et blanche. De nombreuses variétés de formes érigées buissonnantes ou retombantes ;
- Pétunias : résistant à la pluie et au vent. Les « cascades » sont à port retombant.

■ Les plantes se comportant bien par une longue floraison et une bonne résistance à la sécheresse

- Bacopa : touffe compacte, fleurs blanches abondantes ;
- Bidens : fleurs jaune de juillet à octobre ;
- Calendula : le souci jaune ou orange adapté à mi-ombre ;
- Coreopsis annuel : fleurs jaune de juin à octobre ;
- Dianthus : les œillets des poètes parfumés ;
- Diascia : fleurs roses saumon de mai à octobre compactes retombantes ;
- Dimorphoteca : fleurs bleue, blanche, orange saumon et rose très florifère ;
- Felicia : pour climat doux, un très beau bleu ;
- Impatiens : basalmine très adaptée à l'ombre ;
- Lombelia : fleurs rouge ou bleue adaptée à l'ombre ;
- Sanvitalia : floraison jaune longue durée ;
- Sauges : vivaces cultivées en pot, très florifères et tout coloris de fleurs ;
- Verveine : fleurs bleue et violette jusqu'en octobre.

2.2 Les fleurs bisannuelles – les fleurissements de printemps

Les espèces de cette catégorie ont un cycle de végétation sur 2 ans :

- 1^{re} année :
 - semées en été ou plantées à l'automne,
 - plantées à l'automne ou en fin d'hiver ;

- 2^e année :
 - fleurissement au printemps.

Associées aux bulbeuses à port érigé, elles forment un sous étage tapissant prolongeant la floraison jusqu'en juin. Il faut les planter dans de bons sols à maintenir frais.

- Giroflées : ravenelles les moins exigeantes supportant la sécheresse ;
- Myosotis : faciles à réussir, les plus beaux bleus ;
- Pâquerettes : des tapis denses ;
- Pensées : la plus longue floraison dans des coloris variés ;
- Pois de senteur : à port retombant en jardinière pour donner de l'ampleur ;
- Violettes : *viola cornuta*, cousines élégantes des pensées.

2.3 Les bulbeuses

Ce sont des plantes faciles à cultiver dans un cycle annuel comme par exemples les tulipes et jacinthes. Certaines se renouvellent à partir de bulbes récupérés, tels les crocus, narcisses, muscari, d'autres peuvent rester en place, comme par exemples les cyclamen, narcisses, crocus, tulipes botaniques.

■ Les printanières

Elles fleurissent dès la fin de l'hiver (février) pour les plus précoces comme les crocus et la floraison se termine en mai pour les plus tardives (tulipes).

- Crocus : plantes basses très faciles à cultiver ;
- Jacinthes : les plus élégantes ;
- Narcisses : faciles à cultiver, floraison lumineuse ;
- Tulipes : choisir les variétés les plus résistantes aux intempéries.

Leur durée de floraison étant limitée, il faut les associer à des bisannuelles ou à des vivaces à feuillage décoratif.

■ Les estivales

Les plus longues floraisons sur des plantes à port buissonnant et à feuillage denses sont obtenues avec :

- les bégonias tubéreux à l'ombre ;
- les dahlias nains au soleil

2.4 Les feuillages décoratifs

L'introduction de plantes à feuillage décoratif dans les compositions donne des textures et des couleurs nouvelles pour toute la durée de la période de végétation du printemps à l'automne et même en hiver avec les feuillages persistants.

On distingue 4 grandes catégories de couleurs :

- argenté ;
- bleu et bleuté ;
- panaché (jaune, blanc) ;
- pourpre et bronze.

Ces plantes peuvent être :

- annuelles ;
- légumes décoratifs ;
- graminées ;
- vivaces ;
- petits arbustes ;
- conifères nains.

Au chapitre « critère de choix », nous avons noté pour chaque catégorie de plantes utilisées pour les murs végétalisés, qu'un certain nombre d'entre elles étaient bien adaptées à l'association avec les fleurs dans les jardinières et suspensions.

■ Feuillages argentés

- Armoises (vivaces) : plusieurs espèces et variété ;
- *Carex comans* 'frosted curis' (graminées) ;
- Hélianthèmes hybrides (vivaces) : plusieurs cultivars ;
- Hélichrysum orientale (vivace) immortelle d'orient ;
- Silène maritime (vivace).

■ Feuillages bleus et bleutés

- *Acaena* hybride 'blue haze' (vivace) ;
- *Delosperma cooperi* (vivace) : plusieurs cultivars bleus ;
- Euphorbes (vivaces) dont *Euphorbia myrsinites* à port retombant ;
- Fétuques bleues (graminée) ;
- Géranium cendre.

■ Feuillages panachés

- *Acorus* (graminées) : plusieurs espèces ;
- *Carex* (graminées) : plusieurs variétés de l'espèce *Carex morrowii* ;
- Choux d'ornement panaché (annuel)
- *Hakonechloa* (graminée) : de très beaux feuillages
- Heucheras (vivaces) : de nombreuses variétés très utilisées ;
- Pervenches panachés ;
- Sauges officinales (vivaces) : en variétés panachées ;
- Thyms panachés (vivaces).

■ Feuillages pourpre et bronze

- Bugles rampants (vivaces) : plusieurs variétés ;
- *Acaena* pourpres (vivaces) ;
- *Bergenia* 'pourpre' var. *erōica*, vivace ;
- *Carex buchananii* (graminée) ;
- *Carex comans* : pourpres (vivaces) : plusieurs variétés ;
- Bettas d'ornement (annuel) pourpre ;
- Choux d'ornement pourpre (annuel) ;
- Heucheras pourpre (vivace) ;
- *Ophiopogon imperata* (graminée).

Ces listes ne sont pas exhaustives, d'autres espèces ont également des cultivars à feuillages colorés.

Les murs végétalisés : des jardins verticaux

1. Champ d'application

Tous les murs peuvent être végétalisés, à condition que l'on puisse y fixer le support de végétalisation. C'est ici la première condition de faisabilité.

Le choix doit se porter en priorité sur les endroits ayant un impact fort sur le cadre de vie et sur les lieux où il n'y a pas ou très peu d'espaces verts.

Ils peuvent être implantés pour leurs fonctions environnementales : l'isolation acoustique et thermique et leur contribution à la trame verte pour améliorer la biodiversité urbaine.

Ce sont aussi des outils de communication pour les centres commerciaux et les sièges d'entreprises. Ils humanisent des espaces tristes ou bruyants : les murs aveugles, les cours d'immeubles, les bâtiments des zones d'activités, l'environnement des gares.

Dans l'espace public, les collectivités peuvent créer des murs végétalisés dans les entrées et façades des bâtiments ouverts au public et sur les bâtiments techniques.



Figure 1 : Mur végétalisé sur domaine public

2. Fonctions paysagères et environnementales

2.1 Fonctions paysagères

■ Valoriser des bâtiments

Cette structure paysagère verticale, même pour de petites surfaces, est spectaculaire et attire le regard.

■ Compenser le déficit d'espaces verts

Ce déficit d'espaces verts au sol et d'arbres existe principalement dans les quartiers densément urbanisés. Le mur végétalisé introduit la nature dans des lieux très minéralisés.

■ Embellir les murs inesthétiques

Cet embellissement est particulièrement efficace pour les « murs aveugles » et ceux des bâtiments industriels.



Figure 2 : Embellissement par mur végétalisé

2.2 Fonctions environnementales

■ L'isolation acoustique

L'isolation acoustique d'un mur végétalisé est assurée par le support de culture qui doit être :

- épais, soit au moins de 20 cm ;
- dense ;
- étanche à l'air.

Seulement quelques procédés cumulent ces trois caractéristiques nécessaires pour une bonne efficacité.

Les murs qui peuvent absorber le bruit de façon significative ont la certification A4 du CSTB. Cet élément est donc à vérifier dans la fiche technique du fabricant du module.

■ La régulation thermique

Le bâti en zone urbaine génère des augmentations de températures appelées « îlots de chaleur urbains ». La lutte contre ce phénomène est un des enjeux majeurs pour améliorer le confort dans la ville.

Les murs végétalisés contribuent au rafraîchissement par le phénomène d'évapotranspiration des plantes qui rejettent l'eau dans l'air. C'est d'autant plus important que la gestion maintient humide en permanence le complexe de végétalisation.

■ L'épuration de l'air : lutter contre les pollutions

Les expérimentations et les mesures ont été effectuées pour les murs d'intérieur identifiant des plantes dépolluantes par le feuillage ou les racines (*Chlorophytum*, fougères, palmiers, lierres, *Spathyphilum*, dracénas, orchidées, ficus, *Anthurium*, *Cyclamen*).

Pour les murs d'extérieur, compte tenu de l'échelle, l'efficacité est relative. Cependant, une expérimentation a mis en évidence une bonne dépollution de l'air provenant de parkings souterrains :

- dès 2007, la société Canevaflor a mis en expérimentation au centre d'échange de Perrache 14 murs colonnes de 2 x 13 m (pour une surface totale prévue d'environ 400 m²) avec en prévision une action dépolluante sur l'air ambiant, mais surtout sur celui qui leur est injecté par un système d'air pulsé, qui leur amène l'air d'un parking souterrain ;
- dans le parking souterrain de la place des Archives à Paris ont aussi été inaugurés en 2010 deux murs végétaux de 22 m de haut, créés par Patrick Blanc, avec le même type d'objectif.

■ La biodiversité

L'impact des murs végétalisés sur la biodiversité d'un écosystème urbain n'a pas été mesuré car les réalisations sont récentes et nous avons encore assez peu de recul.

Cependant, on a constaté la présence d'une diversité d'oiseaux et d'insectes.

Il faut considérer le mur végétalisé comme une contribution à un ensemble en participant à la trame verte et en diversifiant les espèces végétales dans la mesure où celles-ci sont bien adaptées à la zone bioclimatique.



Figure 3 : Mur végétalisé et biodiversité

3. Les acteurs : modalités d'intervention

3.1 Les intervenants

Comme dans tout aménagement, quatre intervenants constituent la chaîne de compétences :

- le maître d'ouvrage qui élabore un programme, choisit un maître d'œuvre, valide le dossier de consultation des entreprises, coordonne la mise en œuvre et réceptionne l'ouvrage ;
- le maître d'œuvre qui élabore le projet dans la phase des études, dirige les travaux dont il vérifie la conformité pendant la phase de réalisation par l'entreprise ;
- l'entreprise qui a l'obligation de résultat et doit fournir la qualité demandée par le programme du maître d'ouvrage et décrite par le maître d'œuvre ;
- le gestionnaire qui doit assurer l'entretien et la maintenance de l'ouvrage après réception de celui-ci (il s'agit là d'une fonction très contraignante).

Les murs végétalisés sont des ouvrages complexes dans leur structure et dans leur fonctionnement.

Les structures sont des fabrications industrielles faisant souvent l'objet de brevet. Leur gestion nécessite un haut niveau de technicité.

Ces contraintes ont généré des modalités d'intervention des intervenants souvent différentes des démarches habituelles en matière d'espaces verts.

3.2 L'origine de la commande : les prescripteurs

La décision de végétaliser un mur est prise par le maître d'ouvrage (privé ou public). L'origine de la prescription va déterminer la procédure de fabrication.

Les intervenants suivants peuvent être prescripteurs auprès du maître d'ouvrage :

- le maître d'ouvrage qui a décidé lui-même du projet et fait le choix d'un procédé ;
- le fournisseur fabricant de murs qui aura fait une démarche commerciale convaincante ;
- l'architecte, maître d'œuvre de la construction d'un bâtiment qui prévoit dans son projet un mur végétalisé : soit de sa propre initiative, soit à la suite de la démarche commerciale convaincante d'un fournisseur ;
- les services techniques (urbanisme, espaces verts) qui proposent aux élus une programmation de murs végétalisés sur les bâtiments publics, souvent après consultation de fournisseurs.

3.3 Les modalités de réalisation

■ La procédure classique

Le maître d'ouvrage élabore un programme (choix d'un procédé) et désigne un maître d'œuvre.

Le maître d'œuvre qui est choisi :

- présente le projet ;
- élabore un dossier de consultation des entreprises. Les entreprises consultées peuvent être :
 - le fournisseur d'un procédé industriel qui en assure la mise en œuvre,
 - une entreprise paysagiste qui assure la mise en œuvre du procédé choisi.

L'entreprise peut être, selon le choix fait par le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre :

- le fournisseur ;
- une entreprise paysagiste.

Le gestionnaire peut être, après le délai de garantie :

- le fournisseur ;
- une entreprise paysagiste ;
- les services des espaces verts du maître d'ouvrage.

ATTENTION

Dans cette procédure, lorsque la pose est effectuée par une entreprise paysagiste, elle devient responsable de la qualité de l'ouvrage. Elle doit donc réceptionner avec rigueur les fournitures du fabricant.

■ La commande à un fabricant/fournisseur

Le maître d'ouvrage

Il fait une commande sur la base du descriptif du procédé du fabricant.

La maîtrise d'œuvre et l'entreprise

Le fournisseur qui effectue la mise en œuvre est à la fois maître d'œuvre de la conception et des travaux. Il est donc entièrement responsable de l'ouvrage jusqu'à sa réception.

L'assistance à maître d'ouvrage pour les réceptions

Un maître d'ouvrage étant juridiquement irresponsable sur le plan technique, il doit faire appel à une assistance à maître d'ouvrage compétente pour les phases suivantes :

- la réception des fournitures composant le mur avant la mise en œuvre sous la forme d'un contrôle qualité ;
- la préparation à la réception de l'ouvrage terminé.

Cette mission peut être réalisée par :

- un bureau d'études spécialisé ;
- le service technique futur gestionnaire de l'ouvrage.

Le gestionnaire

Il y a trois possibilités pour le maître d'ouvrage :

- passer un contrat d'entretien et de maintenance avec le fournisseur qui a réalisé l'ouvrage ;
- passer un contrat d'entretien et de maintenance avec une entreprise paysagiste spécialisée dans ce domaine ;

ATTENTION

Dans ces deux cas, l'assistance technique à maître d'ouvrage doit assurer un contrôle de conformité des prestations décrites dans le contrat qu'elle aura validé au préalable.

- confier la gestion au service des espaces verts qui doit être compétent dans ce domaine. Prévoir une formation, si nécessaire.

4. Les différents procédés existants

S'il existe une multitude de marques déposées, de concepteurs, de fabricants ou de poseurs, il existe quatre grandes familles de procédés de murs végétalisés extérieurs artificiels avec des supports de cultures inertes (Si) ou fertiles (Sf) :

- les murs en nappe continue (système Patrick Blanc) (Si) ;
- les murs modulaires en :
 - cages métalliques et coussins :
 - cages métalliques (Si),
 - coussins (épaisseur < à 10 cm) (Si),
 - les modules préformés en matériaux composites rigides « jardinières multiples » (Sf) ;
- les rails « jardinières longues » (Sf) ;
- les gabions (Sf).

4.1 Les nappes continues : système Patrick Blanc

Appelé aussi « mur végétal continu », ce système de végétalisation initié par Patrick Blanc (brevet déposé) est le premier qui est apparu.

Il comporte une structure porteuse métallique rigide et le support de culture ne présente pas d'interruption sur toute la partie de façade végétalisée. L'arrosage se fait par ruissellement sur une nappe d'irrigation double en feutre imputrescible fixée sur une plaque de PVC.



Figure 4 : Détail des cornières et traitement des ouvertures sur un mur en nappes continues

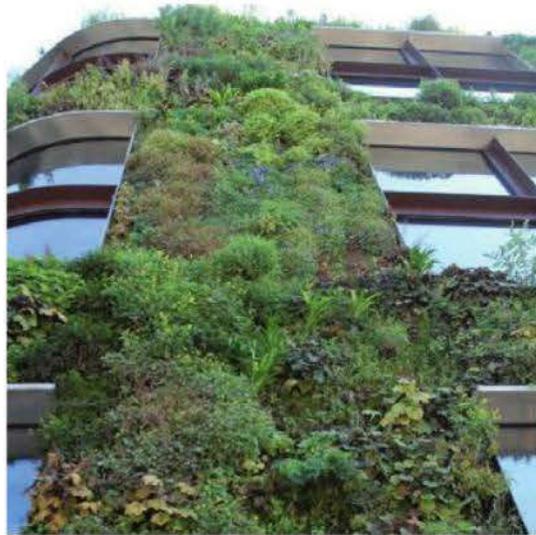


Figure 5 : Mur végétalisé en continu

4.2 Les systèmes modulaires

Un mur végétal modulaire est un système de végétalisation constitué d'éléments de taille régulière, assemblés et fixés sur une structure rigide lors de la mise en œuvre. Ces modules sont de deux sortes :

- les cages métalliques ;
- les modules préformés constitués de matériaux synthétiques remplis de substrat.

■ Les cages métalliques

Les murs en cages métalliques sont généralement constitués d'un volume fermé en métal inoxydable ou traité, rempli par un support de culture inerte et dont au moins une des faces est végétalisée. Chaque cage peut être pré-cultivée ou plantée sur le lieu du chantier.

■ Les coussins

Les coussins sont différents des cages métalliques par l'épaisseur de substrat (inférieure à 10 cm) et le système de maintien de celui-ci.

■ Les modules préformés

Les murs végétaux modulaires sont constitués de modules de même taille (variable suivant le fabricant) en matériaux synthétiques préformés (PVC, PE, PEHD) remplis de substrat. Ce sont finalement des « jardinières multiples » en suspension dans lesquelles le système d'irrigation et de nutrition est parfois incorporé.



Figure 6 : Présentation des modules préformés pour mur végétalisé



Figure 7 : Détail des réceptacles de modules préformés composites

4.3 Les rails

Il s'agit de cassettes continues, sortes de « jardinières longues » ou « gouttières », fixées horizontalement sur un cadre porteur, puis remplies de substrat et plantées.

4.4 Les gabions à fonction paysagère

Les gabions à fonction paysagère (cf. systèmes Pena et Lambert) ou « gabions végétalisés » sont assez récents alors que les gabions (cages métalliques remplies de pierres) servent depuis longtemps pour les ouvrages hydrauliques (barrages et berges) ou de génie civil afin de créer des retenues de terres, des écrans antibruit, des murs décoratifs emplis de pierres de couleurs différentes.

La technique des gabions inoxydables en panneaux électrosoudés à petite maille carrée ou rectangulaire assemblés par spirales ou agrafes a permis en premier lieu de réaliser des murs décoratifs emplis de pierres de taille et de couleurs différentes.

Aujourd'hui, ce procédé de gabions électrosoudés (et parfois plastifiés) s'est étendu à la création de véritables murs végétalisés par empilement pour lesquels le support (gabion) est rempli de pierres (matériau drainant naturel) qui laisse les espaces suffisants pour l'ajout de substrat et permet donc une végétalisation ultérieure en façade mais également au-dessus.

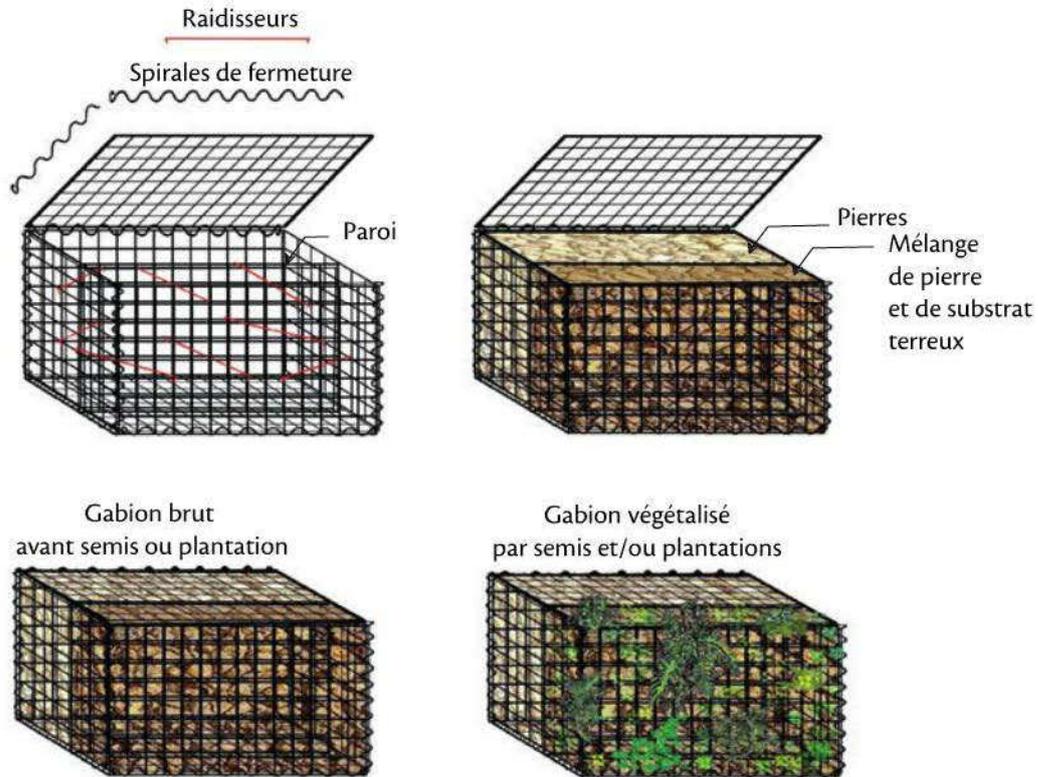


Figure 8 : Gabions à végétaliser



Figure 9 : Gabions végétalisés

5. Les composants des structures de végétalisation

Les murs végétalisés ont pratiquement tous la même base de composition (construction), à savoir :

- Une structure porteuse (du futur complexe végétalisé) :
 - fixée au mur de façade bâti :
 - un cadre métallique,
 - des rails d'accroche (horizontaux ou verticaux) ;
 - apposée devant :
 - un cadre métallique autoportant scellé en sol,
 - des gabions type « Pena » (cf. 4.4).
- Un complexe de végétalisation comportant :
 - un système rigide, support de végétalisation pour l'enracinement (les plantations) :
 - sur nappe continue (plaques et feutres),
 - en modules (cages grillagées acier et coussins moins épais ou en matériau composite),
 - en cassettes continues (en forme de rails creux),
 - sur gabions ;
 - le substrat d'enracinement inerte ou substrat fertile ;
 - un système d'irrigation et de fertilisation (« ferti-irrigation ») ;
 - les végétaux implantés dans le substrat.
- Le local technique éventuel de gestion.

Pour les liaisons aux façades et les types de fixations, on distinguera :

- les murs végétalisés dont la structure porteuse est fixée au mur de façade ;
- les structures indépendantes de celui-ci, posées ou scellées en sol.

OBSERVATION

Dans le cas de murs importants, on peut éventuellement avoir la double fixation : façade et sol.

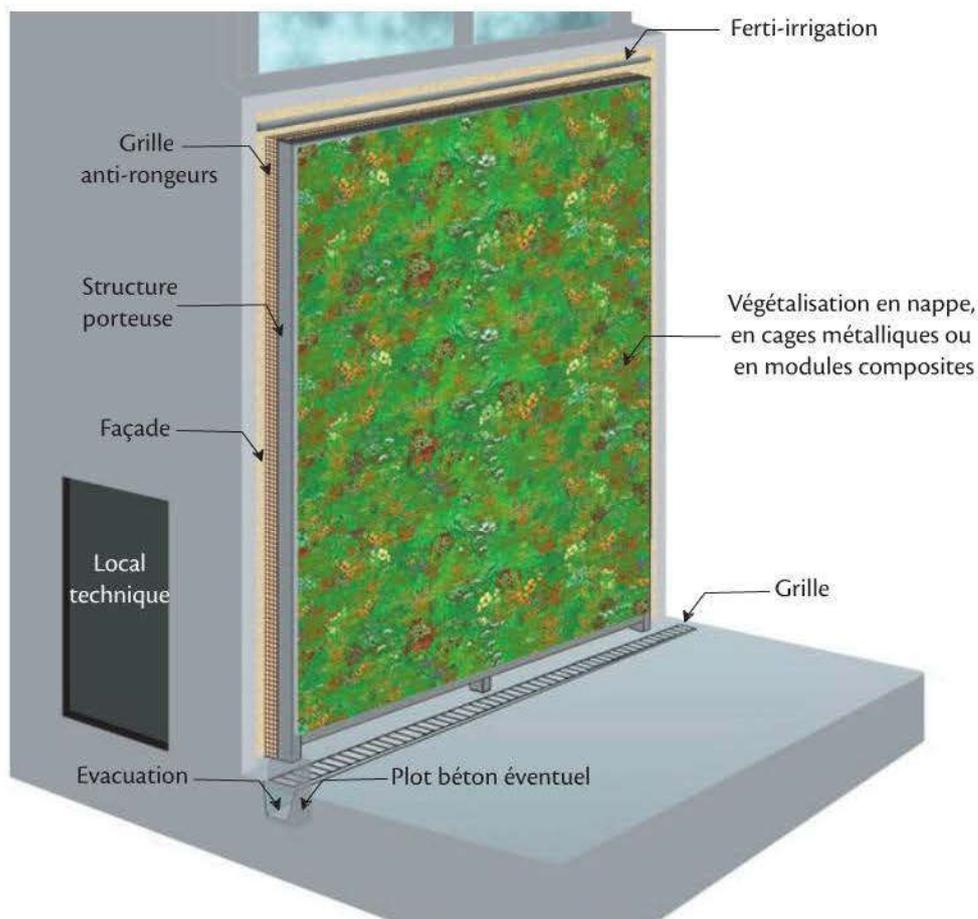


Figure 10 : Structure porteuse sur mur

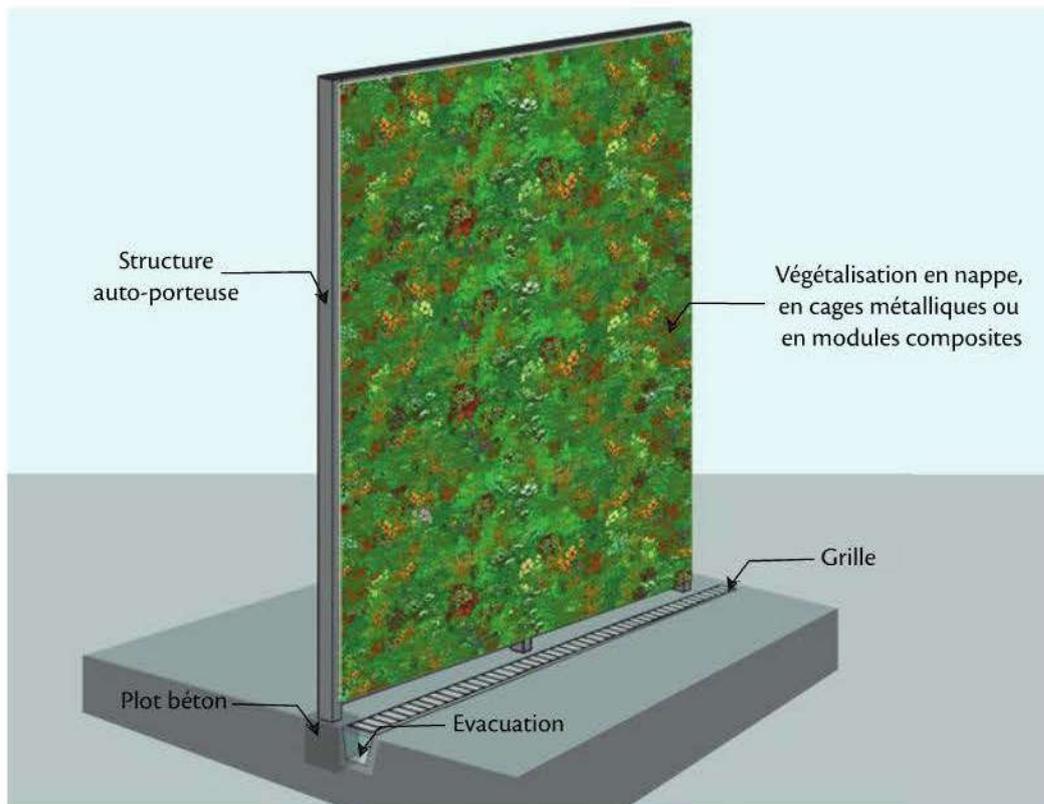


Figure 11 : Structure auto-porteuse indépendante

5.1 Les structures porteuses et leurs fixations

Pour les murs végétalisés d'extérieur, on retrouve ici les deux grandes familles que sont :

- les murs en nappes continues, avec support plan fixé sur la structure porteuse sur lequel est apposé et agrafé un complexe support de végétalisation servant de substrat ;
- les murs modulaires pour lesquels le complexe est un contenant pré-dimensionné composé de cages grillagées ou d'éléments composites moulés accrochés un à un à la structure et dans lesquels est incorporé le substrat qu'il maintient en place (certains sont pré-cultivés avant pose)

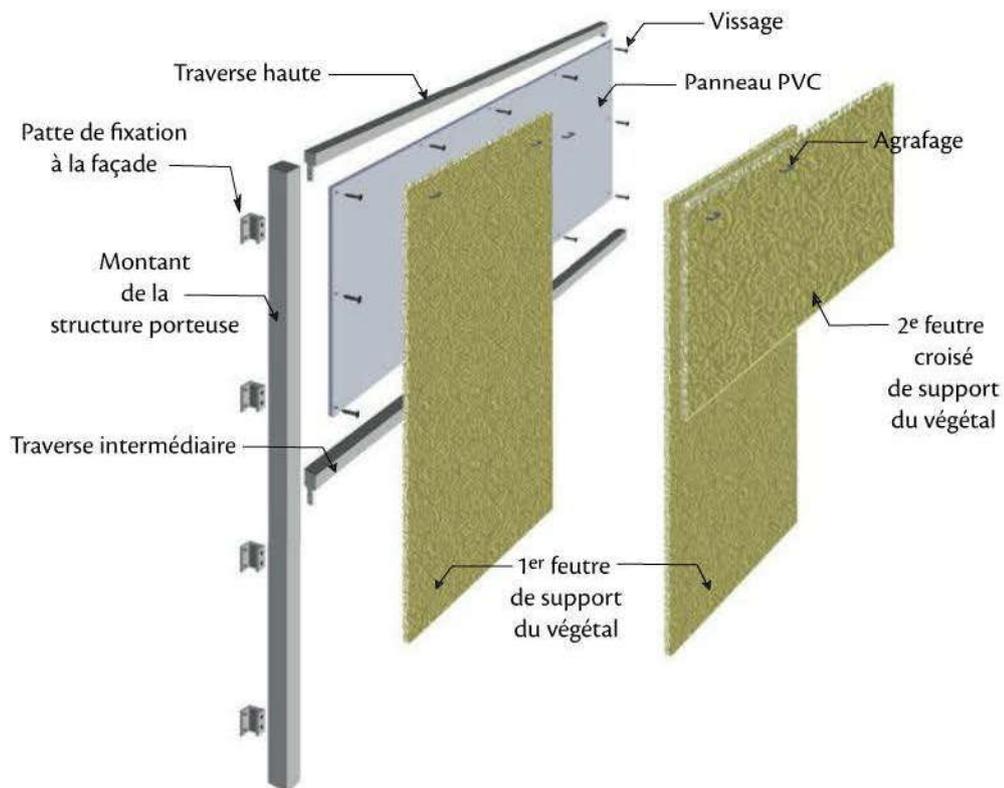


Figure 12 : Montage de mur en nappes continues

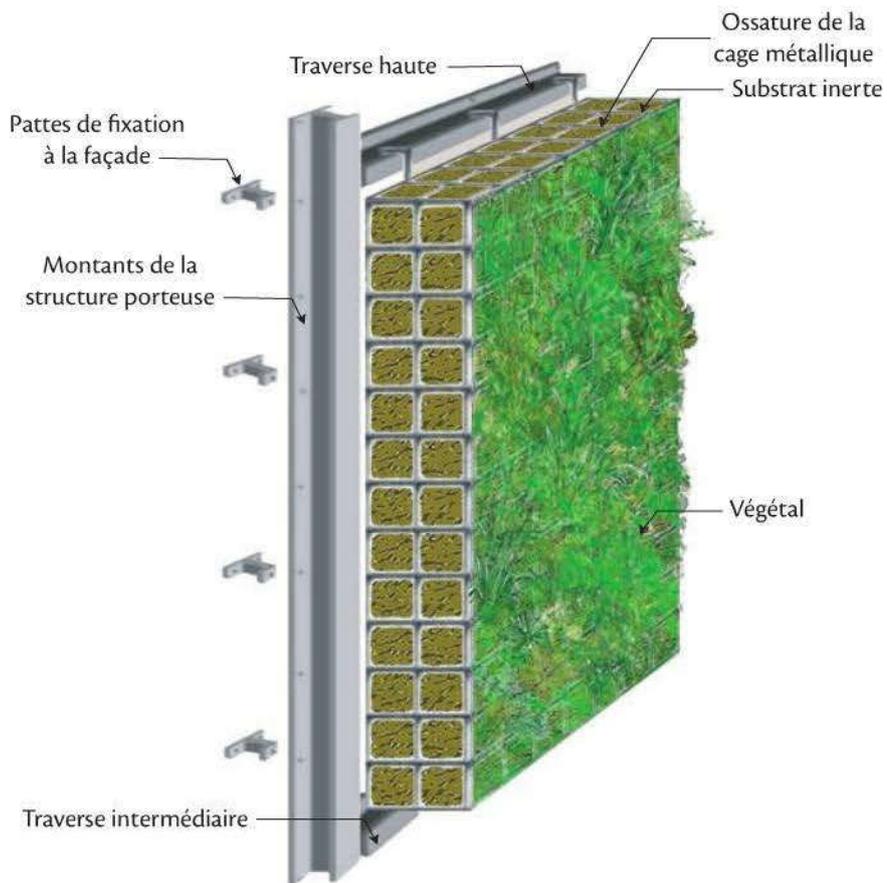


Figure 13 : Montage de mur modulaire composé de cage métallique

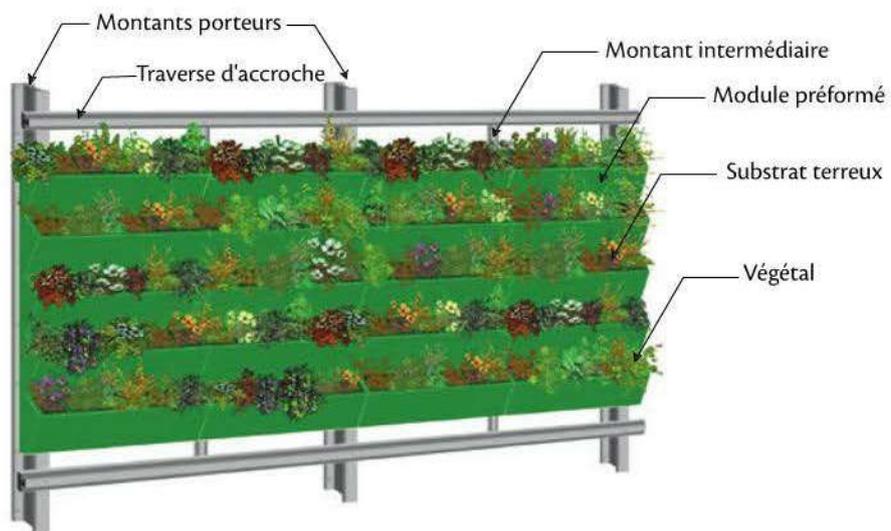


Figure 14 : Montage de mur en module composite

■ Les structures porteuses

Fixée au mur de façade bâti avec ses fixations ou apposée devant, la structure porteuse est l'ossature première des murs végétalisés sur laquelle vont ensuite venir s'apposer par strates successives les autres composants : complexe plan ou modules, substrat, végétaux et irrigation/fertilisation.

Il faut donc s'assurer que ce support est correctement dimensionné en fonction des charges diverses qu'il aura à maintenir et que son système de fixation au mur façade ou en sol est adapté à l'effort sollicité par :

- son propre poids ;
- les autres charges des composants de base du mur végétalisé ;
- les charges d'eau, de neige et de vent ultérieures.

En revanche, elle ne doit en aucun cas servir de structure à grimper pour l'entretien et la maintenance ou supporter d'autres charges que celles citées au paragraphe 6 de ce chapitre.

■ Les fixations

Principales contraintes

Dans le cas des liaisons murs et structure, les contraintes liées aux supports, fixations intermédiaires et à la visserie sont les suivantes :

- ces éléments doivent être rigides et les matériaux utilisés doivent résister au vieillissement et à la corrosion ;
- les matériaux du support et de la visserie doivent être compatibles (éviter l'aluminium et l'acier zingué) ;
- la longueur des éléments porteurs doit être limitée à 3 m (problème de dilatation) ;
- la structure métallique doit être reliée à la terre par une cablette de cuivre.

C'est la structure porteuse de maintien (ossature) et non le mur de façade qui doit supporter les efforts du mur végétalisé dans son ensemble.

Importance du report de charges

En revanche, le report de charges sur les fixations éventuelles dans la façade est ici primordial et demande :

- une étude de la capacité de la façade bâtie à recevoir le mur végétalisé ;
- un système de pattes de fixation adapté et suffisant avec des percements oblongs ;
- une visserie et un chevillage solide à l'arrachement, durable et reportant les efforts verticaux et horizontaux en tout point avec en sus des percements oblongs ;
- une compatibilité entre les matériaux du mur végétalisé et les revêtements utilisés pour les façades de bâti.

S'il n'y a pas de liaison au mur

En l'absence de liaison au mur, en plus des contraintes de fixation et de matériaux, cette structure sera :

- dimensionnée de façon à résister seule en fonction de son orientation dans l'espace aux effets vent, neige et pluie de la zone géoclimatique où elle est implantée ;
- accompagnée d'un local technique étanche, adjacent ou éventuellement enterré, si la gestion du végétal le nécessite.

Équipements et aménagements complémentaires

L'éclairage éventuel, les descentes d'eaux pluviales, les enseignes, les pièces d'appuis, les monte-charge, les échelles, les locaux ou les boîtiers techniques devront être indépendants de cette structure porteuse et de tout autre élément du mur végétalisé.

Ces équipements ou aménagements seront fixés soit directement sur le mur façade ou sur la toiture, soit sur des poteaux de mobilier indépendant, voire incorporés au mur de façade.

5.2 Les systèmes rigides supports de végétalisation pour l'enracinement

■ Pour les murs en nappe continue (système Patrick Blanc) (Si)

Il s'agit de panneaux PVC étanches, fixés sur le support et recouverts de nappes d'irrigation en deux couches croisées agrafées (substrat inerte).

■ Pour les murs modulaires

Cages métalliques ou coussins (Si)

Il s'agit de modules métalliques remplis de substrat inerte, souvent prévégétalisés et posés sur la structure porteuse (acier en général à cause du poids).

Modules préformés « jardinières multiples » (Sf)

Ce sont des modules composites (PVC, PEHD) remplis de substrat fertile, rarement prévégétalisés, et posés sur une structure porteuse en acier ou PVC.

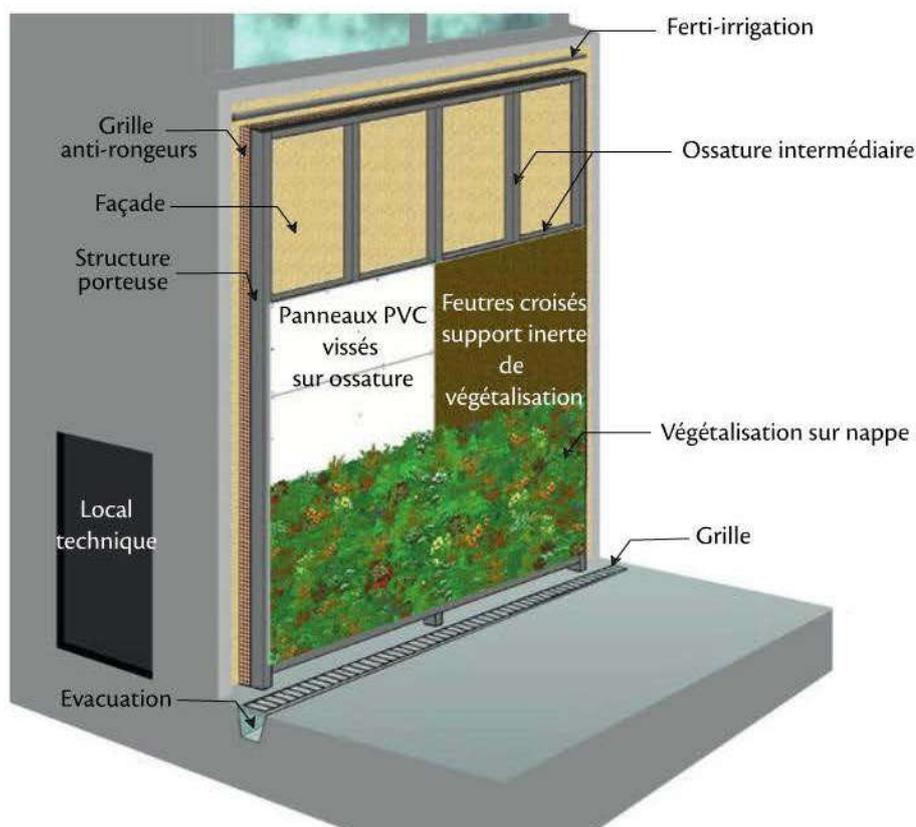


Figure 15 : Structure de mur en nappe continue

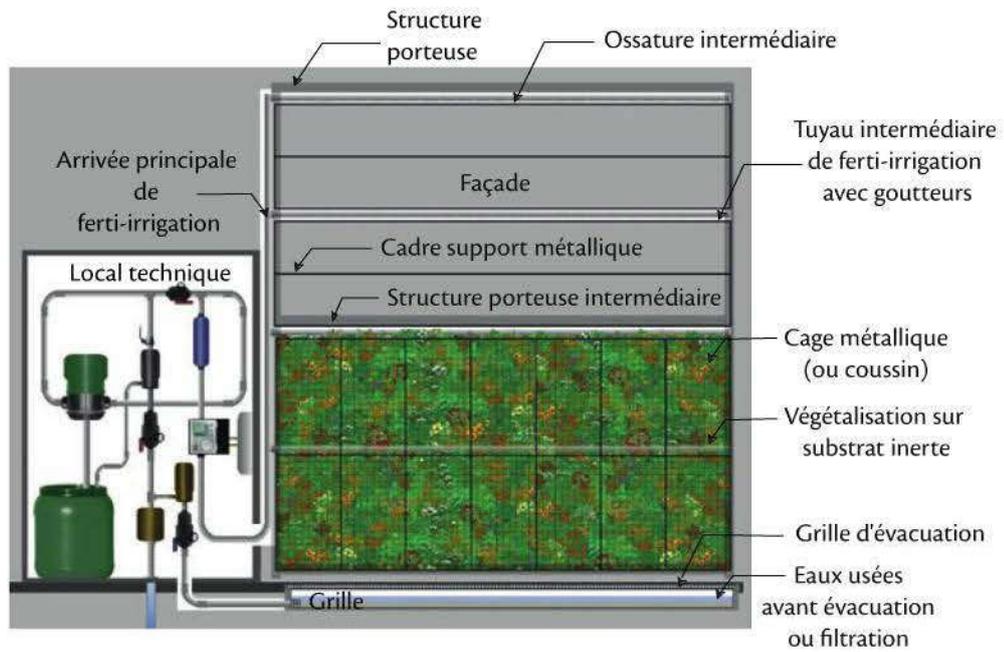


Figure 16 : Structure de mur avec cage et coussins métalliques

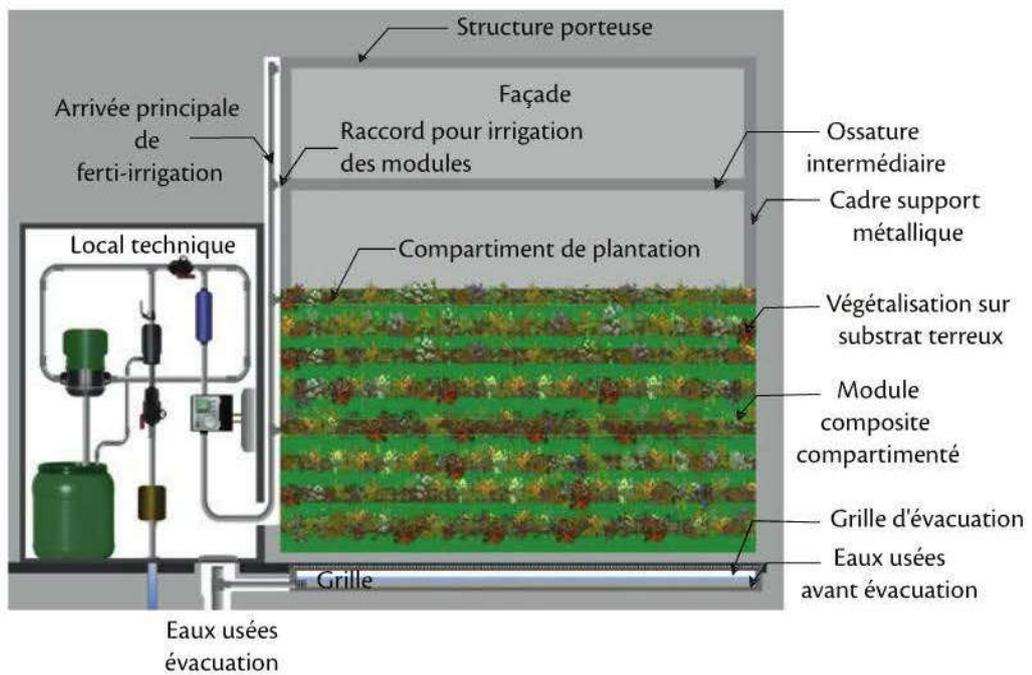


Figure 17 : Structure de mur en module composite

■ Les rails « jardinière longue » (Sf)

Ce sont des sortes de « gouttières » ou cassettes continues fixées au mur et superposées horizontalement, remplies de substrat et plantées.

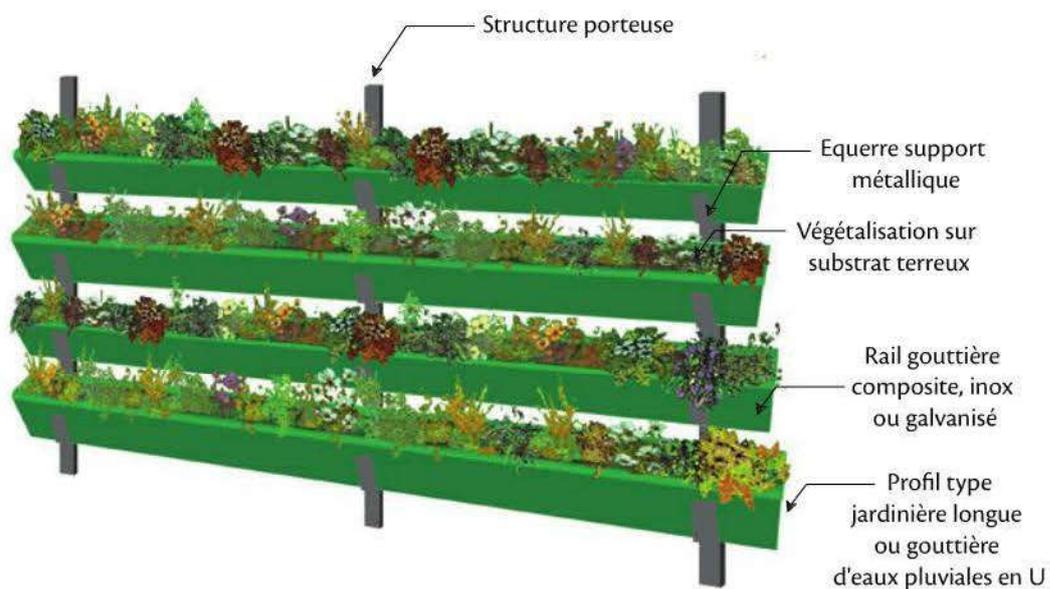


Figure 18 : Structure de mur avec rails gouttières

■ Les gabions (Sf)

Il s'agit de structures métalliques en inox autoportées de différentes dimensions parallélépipédiques emplies de substrat fertile et posées devant la façade de bâti, puis végétalisés.

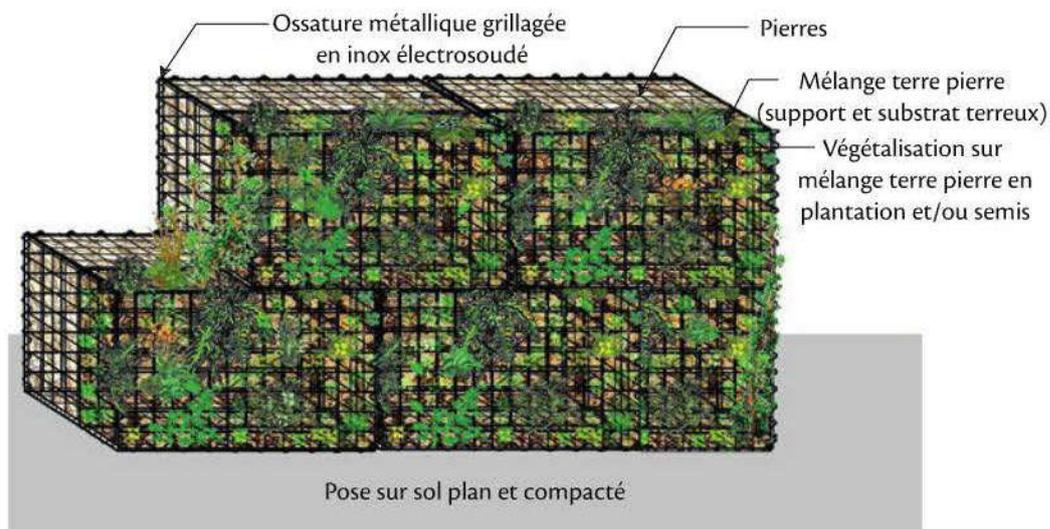


Figure 19 : Gabions végétalisés posés en coupe de pierre

5.3 Les substrats d'enracinement : le support de culture

■ Définition

« Substrat » et « support de culture » sont deux termes qui désignent un matériau dans lequel se développent et s'alimentent (eau et éléments minéraux) les racines d'un végétal. D'un point de vue réglementaire, il existe deux définitions :

Fascicule n° 35 du Cahier des clauses techniques générales (CCTG)

Le fascicule n° 35 du Cahier des clauses techniques générales (CCTG) des aménagements paysagers ayant valeur contractuelle en donne la définition suivante : « Partie du sol dans laquelle une plante développe son système racinaire. Le substrat emmagasine les éléments nécessaires à sa vie ».

Ensemble de normes NF U 44-551

L'ensemble de normes NF U 44 551, *Supports de culture – Dénominations, spécifications, marquage* renseigne sur les dénominations et les spécifications des différents types de supports de culture, ainsi que sur les marquages correspondants. Ces normes ont pour but d'informer l'utilisateur sur le mode d'obtention et la composition détaillée de ces produits, leurs caractères agronomiques et sur les éléments de marquage.

La définition Afnor des supports de culture est la suivante : « Produits destinés à servir de milieu de culture à certains végétaux. Leur mise en œuvre aboutit à la formation de milieux possédant une porosité en air et en eau telle qu'ils sont capables à la fois d'ancrer les organes absorbant des plantes et de leur permettre d'être en contact avec les solutions nécessaires à leur croissance ».

L'ensemble de normes distingue trois grandes catégories de supports de culture :

Classe 1. Support de culture minérale et de synthèse minérale ou organique

- 1.1 Terre support ;
- 1.2 Terre végétale ;
- 1.3 Sable ;
- 1.4 Roche volcanique ;
- 1.5 Argile ;
- 1.6 Argile expansée ;
- 1.7 Schiste expansée ;
- 1.8 Perlite ;
- 1.9 Vermiculite expansé ;
- 1.10 Polystyrène broyé ;
- 1.11 Substrat minéral (pouzzolane - granulat) ;
- 1.12 Laine minérale.

Classe 2. Support de culture avec matières organiques végétales prépondérantes

- 2.1 Tourbe blonde de sphaignes ;
- 2.2 Tourbe de sphaignes ;
- 2.3 Tourbe brune ;
- 2.4 Terre de tourbière ;
- 2.5 Écorces ;
- 2.6 Écorces de résineux ;
- 2.7 Écorces de feuillus ;

- 2.8 Écorces de résineux et de feuillus ;
- 2.9 Écorces compostée ;
- 2.10 Fibre de bois ;
- 2.11 Fibre de coco ;
- 2.12 Support de culture végétale ;
- 2.13 Support de culture végétale composte ;
- 2.14 Terreau ;
- 2.15 Terre dite « de bruyère » ;
- 2.16 Terre de bruyère forestière ;
- 2.17 Substrat organo-minéral.

Classe 3. Supports de culture des classes 1 ou 2 avec additifs

- 3.1 Avec engrais ;
- 3.2 Avec rétenteur d'eau de synthèse ;
- 3.3 Avec mouillant.

■ Caractérisation

Chaque support de culture est décrit selon trois paramètres :

- le mode d'obtention et les composants essentiels ;
- la spécification qui est le pourcentage de matière organique et de matière sèche ;
- les teneurs et autres critères à déclarer, obligatoirement ou facultativement.

L'important étant ici le paramètre « teneurs et autres critères à déclarer obligatoirement ». Par exemple, ces éléments à déclarer au minimum sont :

- Pour la classe 1 :
 - la matière sèche (MS) ;
 - la capacité de rétention en eau / densité à saturation ;
 - le pH ;
 - la matière organique (MO) ;
 - la granulométrie.
- Pour la classe 2 :
 - la nature des constituants par ordre décroissant ;
 - plus les critères de la classe 1.
- Pour la classe 3 :
 - spécification des classes 1 ou 2, avec en plus les additifs.

OBSERVATION

Le fournisseur doit communiquer à l'acheteur les caractéristiques des supports de culture en référence aux normes AFNOR. La référence au secret de fabrication invoquée par certains fabricants n'est pas ici recevable.

■ Qualités requises pour la végétalisation des murs

Les quatre critères qui ont guidé les fabricants de murs végétalisés pour le choix des supports de culture sont :

- la faible, et même très faible densité ;
- la forte capacité en eau ;

- une stabilité structurelle durable ;
- le poids limité de l'ensemble du complexe ayant pour conséquence de diminuer l'épaisseur.

Ces contraintes ont imposé en grande majorité des compositions à base de sphaignes de tourbe et de substances minérales légères et à bonne capacité en eau.

Ces supports ont de très faibles réserves nutritionnelles et doivent être alimentés en permanence par des solutions nutritives provenant d'un système de ferti-irrigation hydroponique, installé dans un local technique. C'est une forte contrainte pour le futur gestionnaire réclamant un haut niveau de compétence et une vigilance permanente.

Une enquête de Plante & cité et ARRDHOR de 2013 a identifié chez les principaux fournisseurs 16 types de substrats de culture, que l'on peut classer en 2 catégories :

- **les substrats inertes** (au nombre de 14) dont la fertilité structurelle est nulle ou très faible :
 - 5 organo-minéraux (mélange de matière organique et de matière minérale),
 - 4 sphaignes,
 - 2 minérales,
 - 1 roche volcanique,
 - 1 laine de roche,
 - 1 fibre tissée.

Ces substrats sont utilisés dans les procédés à nappes continues et les systèmes modulaires à cage métallique, actuellement majoritaires sur le marché ;

- **les substrats fertiles** (au nombre de 3), dont la composition permet d'avoir une réserve nutritionnelle suffisante pour assurer une sécurité d'alimentation en cas de défaillance des systèmes de ferti-irrigation :
 - 1 tourbe + fibre végétale + chanvre + pouzzolane + engrais,
 - 1 tourbe + sphaigne + argile,
 - 1 terre végétale + compost + composé biologique.

Ces substrats sont utilisés dans les systèmes modulaires préformés et les gabions à fonction paysagère.

Des progrès sont attendus dans les prochaines années avec l'introduction dans les supports d'argilo-humique (terre argileuse, compost), base essentielle d'un bon fonctionnement agronomique.

5.4 Critères de choix des espèces : les palettes végétales

■ Règles générales

Les espèces utilisées dans la composition des murs végétalisés doivent respecter impérativement les règles suivantes.

Adaptation à la zone bioclimatique

L'adaptation à la zone climatique du site d'implantation est nécessaire et peut être vérifiée :

- par l'observation des aménagements paysagers existants ;
- avec les cartes bioclimatiques indiquant les facteurs limitant ;
- par les banques de données qui font référence à ce critère.

Adaptation au substrat de plantation

L'adaptation au substrat de plantation est actuellement difficile à maîtriser car la majorité des substrats utilisés ne sont pas choisis sur des critères agronomiques (sols vivants). Or, ces milieux artificiels sont plus ou moins inertes et n'assurent pas directement l'alimentation des racines, ce qui oblige à avoir recours à l'hydroponie, un système d'irrigation/fertilisation assimilable à de la perfusion.

Toutefois, il est important de procéder à une analyse (décrite dans le groupe de normes NF U 44-551), pour connaître la composition et les caractéristiques de ces substrats, tels que le Ph, la teneur en matière organique, la granulométrie, la réserve en eau utilisable liée à la porosité (RFU).

Cela est d'autant plus nécessaire que les fabricants ne donnent pas ces informations dans les fiches techniques de produit (FTP).

Adaptation à l'exposition

L'adaptation à l'exposition, notamment à l'ombre et au plein soleil, est indispensable à connaître : on ne doit utiliser que les espèces qui conviennent.

Adaptation aux aléas climatiques

Cela concerne :

- le froid en hiver (zones bioclimatiques nord, expositions est et nord) ;
- la chaleur en été (zones bioclimatiques sud, exposition plein sud) ;
- le vent (les expositions dominantes pour les vents les plus violents et les couloirs) ;
- la neige.

Adaptation au fonctionnement hydrique des murs végétalisés

Cela consiste à régler l'hydroponie en fonction des besoins des espèces plantées :

- sec en haut et sur les bords ;
- humide en bas ;
- ne pas mélanger les plantes de milieux secs avec celles de milieux humides.

Réalisation de mélanges cohérents

Dans un mélange, il faut utiliser des espèces ayant les mêmes exigences et adaptées aux mêmes contraintes.

ATTENTION

Le non-respect de l'une ou plusieurs de ces règles de l'art est la cause des mortalités après implantation.

■ Espèces originaires des milieux secs

Ces espèces redoutent les excès d'humidité. Elles sont en général mal adaptées aux procédés d'alimentation par hydroponie. Le gestionnaire doit être particulièrement attentif aux réglages des goutteurs.

Arbustes

(C = caduc ; P = persistant)

Les espèces à petit développement de la catégorie des sous-arbrisseaux peuvent être utilisées. Il s'agit :

- *Aralia elata* (Angélique du Japon) : P, climat doux-vigoureux ;
- *Aronia arbutifolia* (Aronie) : C, beau feuillage d'automne ;
- *Atriplex halimus* (Pourpier de mer) : bord de mer , C ;
- *Baccharis halimifolia* (Séneçon en arbre) : bord de mer, C, plante invasive ;
- *Berberis thunbergii* (Berberis pourpre) : C, feuillage décoratif ;
- *Caryopteris clandonensis* (Carioptéris) : C, floraison estivale ;
- *Cistus*, espèces (cistes) : P, floraison printanière ;
- *Frankenia* (Frankénia), *frankénia laevis* : P, climat doux, floraison juin à juillet ;
- *Euonymus fortunei* (Fusain de fortune, fusains nains) : P, feuillage décoratif ;
- *Genista*, espèces (genêts nains) : P, floraison estivale tapissante :
 - *g. lydia*,
 - *g. hispanica*,
 - *g. pilosa* ;
- *Halimium lasianthum* (Hélianthème à feuille d'arroche) : P, floraison mai à juillet ;
- *Hebe*, espèces (Véronique de Nouvelle-Zélande) : P, climat doux, choisir les petits développements ;
- *Hypericum*, espèces (millepertuis) : P, floraison estivale ;
- *Lavandula*, espèces (lavandes) : P, floraison estivale ;
- *Lithodora diffusa* (Grémil) : P, floraison estivale ;
- *Myrtus*, espèces (myrtes) : P, climat doux et bord de mer ;
- *Physocarpus opulifolius* (Physocarpe à feuilles d'Obier) : C, feuillage décoratif ;
- *Potentilla*, espèces (potentilles) : C, floraison estivale, à tailler en hiver ;
- *Prostanthera cuneata* (Menthe arbustive) : P, aromatique, climat doux, au soleil à l'abri du vent ;
- *Rosa rugosa* (Rosier rugueux) : C, bord de mer, floraison odorante ;
- *Rosmarinus officinale*, plusieurs variétés (romarins) : P, feuillage vert dessus, argenté dessous, floraison bleue de mars à juin ;
- *Spiraea* (spirées), espèces de printemps : C, très florifère, à tailler après floraison ;
- *Spiraea* (spirées), espèces d'été : C, floraison estivale, très florifère ;
- *Teucrium*, espèces arbustives : P, feuillage décoratif, longue floraison.

Plantes vivaces

(C = caduc ; P = persistant)

Sont à privilégier les espèces pouvant pousser naturellement dans les murs et murets :

- *Campanula portenschlagiana* (Campanule des murs) : P ;
- *Centranthus ruber* (Valériane rouge) : C ;
- *Cymbalaria muralis* (Ruine de Rome) : C ;

- *Erigeron karvinskianus, vittadinia* (Pâquerettes des murailles) : P ;
- *Hedera helix* et cultivars (Lierre des bois) : P ;
- *Sedum acre* (Poivre des murailles) : P.

D'autres espèces sont utilisables en privilégiant les feuillages persistants pour un décor permanent :

- *Abutilon megapotanicum* (Abutilon, vivace arbustive) : P, pour climat doux ;
- *Acaena*, espèces (*acaenas* tapissantes) : P, feuillage bleuté ou brun, fruits décoratifs ;
- *Aethionema armenum* (Aethionème) : P, floraison rose vif abondante de mai à juillet ;
- *Althea officinalis* (Guimauve) : C, plein soleil, floraison blanc rosé de juin à septembre ;
- *Alyssum*, espèces (alyssons) : P, belle floraison printanière jaune, port étalé ;
 - *a. montanum* (Alysson des montagnes),
 - *a. murale* (Alysson des murs) ;
- *Anacyclus pyrethrum* var. *depressus* (Camomille d'Espagne) : P, tapis à floraison blanche de mai à septembre ;
- *Arabis*, espèces (corbeilles d'argent) : P, abondante floraison printanière jaune ;
- *Armeria maritima* (Gazon d'Espagne) : P, coussin florifère d'avril à mai, bord de mer ;
- *Artemisia*, espèces (armoises) : C, feuillage décoratif et aromatique, tolère le calcaire ;
- *Aurinia saxatilis* (Corbeille d'or) : P, port étalé et retombant, floraison jaune d'or, aime la mer ;
- *Calceolaria biflora* 'goldcrest' (Calcéolaire) : P, floraison jaune de mai à juin ;
- *Campanula*, espèces (campanules) : P, tolère le calcaire adapté au bord de mer, les mieux adaptées à la sécheresse sont :
 - *c. alliariifolia* (Campanule à feuilles d'alliaire) : clochettes blanches pendantes, de mai à juillet,
 - *c. carpatica* (Campanule des Carpates) : coussin étalé à grosses fleurs bleues de juin à août,
 - *c. gagarina* : coussin vert clair, fleurs étoilées bleu clair de mai à juillet,
 - *c. portenschlagiana* (Campanule des murailles) : tapis vigoureux, abondante floraison bleu violacé ;
 - *c. poscharskyana* (Campanule des murets) : coussin de feuillage très décoratif, fleurs bleues étoilées de mai à septembre ;
 - *c. pyramidalis* (Campanule pyramidale) : petites touffes de feuilles vernissées, fleurs bleues étoilées brillantes ;
- *Cerastium*, espèces (céraistes) : P, feuillage argenté, floraison printanière blanche ;
- *Crassula exilis* (Crassule) : P, coussin, floraison rose clair de mai à juillet ;
- *Delosperma*, espèces (delospermas), nombreux cultivars : P, climat doux, bord de mer, très florifère ;
- *Dianthus*, espèces (œillets), nombreux cultivars : P, feuillage décoratif, floraison printemps et été ;
- *Dorycnium hirsutum* (Dorycnium) : P, pour climats doux, floraison estivale ;
- *Dryas octopetala* (Dryade) : P, très tapissant, floraison blanche au printemps ;
- *Duchesnea indica* (Fraisier des Indes) : P, tapissant vigoureux, floraison blanche au printemps ;

- *Erigeron karvinskianus* (Pâquerette des murailles) : P, très résistant, très florifère ;
- *Erysimum hybride* (Giroflée d'été) : P, touffes denses, longue floraison de mai à septembre ;
- *Euphorbia*, espèces (euphorbes) : P, rustique, décoratif par les feuillages,
 - *e. characias* (Euphorbe des garrigues) : feuilles bleutées,
 - *e. cyparissias* (Euphorbe petit cyprès) : petites touffes, feuillage jaune à l'automne,
 - *e. myrsinites* (Euphorbe de Corse) : port étalé, feuillage bleuté,
 - *e. polychroma* (Euphorbe polychrome) : touffe arrondie, rameaux rouges, fleurs jaunes au printemps,
 - *e. rigida* (Euphorbe rigide) : feuilles bleues teintées de rose, fleurs jaunes au printemps,
 - *e. nicaensis* (Euphorbe de Nice) : port érigé, feuillage bleuté,
 - *e. pithyusa* (Euphorbe sapinette) : port érigé compact, feuillage gris bleuté ;
- *Geranium*, espèces (géraniums) : P,
 - *g. cinereum* (Géranium cendré) : touffes étalées très florifères de mai à octobre,
 - *g. dalmaticum* (Géranium vivace de Dalmatie) : touffes de feuilles arrondies teintées de rouge, climat doux ;
- *Hedera helix* (Lierre des bois), nombreux cultivars : P ;
- *Helianthemum*, espèces (hélianthèmes), nombreux cultivars : P, belle floraison de mai à août ;
- *Hieracium*, espèces (épervières) : P,
 - *h. aurantiacum* (Épervière orangée) : tapissante floraison estivale orange ;
 - *h. pilosella* (Piloselle, oreille de souris) : tapissante, feuillage vert argenté, fleurs d'été jaune clair ;
- *Hypericum calycinum* (Millepertuis) : P, plante robuste tapissante, floraison au printemps, jaune ;
- *Hyssopus officinalis* (Hysope) : P, rameaux dressés, fleurs bleues, roses ou blanches en été ;
- *Iberis*, espèces (thlaspi vivace) : P, coussin étalé ;
- *Iris*, espèces (iris des jardins) : P,
 - *i. barbata eliator* (Iris barbu) : très grand choix de couleurs,
 - *i. barbata nana* (Iris lilliput) : iris nains,
 - *i. pumila* (Iris nain),
 - *i. pallida* (Iris de Dalmatie) : longues feuilles étroites ;
- *Jasione laevis* (Jasione) : P, coussin de feuilles velues vert gris, floraison bleu brillant l'été ;
- *Jovibarba* (Barbe de Jupiter) : P, feuilles en rosette vert pourpré ;
- *Leontodon rigens* (Liondent) : P, feuilles finement dentées, rustiques, longue floraison ;
- *Limonium latifolium* (Lavande de mer) : C, rosette de feuilles vert foncé, fleurs bleu violet en été ;
- *Malvastrum latericum* (Mauve) : P, feuillage décapé vert brillant tapissant ;
- *Matricaria tchihatchewii* (Pyrèthe gazonnant) : P, feuillage finement découpé ;
- *Nepeta*, espèces (cataires, menthes des chats) : C, feuillage aromatique, fleurs blanches en été ;

- *Rhodanthemum hosmariense* (Rhodanthème) : C, touffes gris argenté, longue floraison de février à octobre ;
- *Rhodiola himalayensis* (Rhodiole) : P, fleurs mauves en été ;
- *Saxifraga*, espèces (saxifrages) : P, plantes peu exigeantes,
 - *s. apiculata* : coussin vert grisâtre, fleurs jaune clair au printemps,
 - *s. arendsii* : coussin de feuilles digitées, fleurs blanches au printemps,
 - *s. cotyledon* : rosette de feuilles charnues, fleurs blanches de mai à juillet,
 - *s. hostii* : grandes rosettes cuivrées à l'automne, fleurs blanches de mai à juillet,
 - *s. hypnoïdes* : coussin gazonnant vert clair, fleurs blanches de mai à juillet,
 - *s. paniculata* : coussin de feuilles de rosette, fleurs blanc pourpre au printemps ;
- *Sedum*, espèces (sédums) : P, plantes très peu exigeantes,
 - *s. acre* (Poivre des murailles) : tapis vigoureux, fleurs jaunes de mai à juillet,
 - *s. album* (Orpin blanc) : tapissant à croissance rapide, abondante floraison blanche en été,
 - *s. alpestre* (Sédum des Alpes) : feuillage vert bronze, fleurs jaune d'or d'octobre à février,
 - *s. divergens* : tapissant à fleurs blanches en mai-juin,
 - *s. floriferum* : tapissant vert sombre pourpre en automne,
 - *s. hispanicum* : rampant à feuilles très fines, peu florifère,
 - *s. pachycladus* : rosettes vert intense à feuilles très fines, fleurs blanches en été,
 - *s. reflexum* : tapissant à fleurs jaunes en été,
 - *s. sexangulare* : feuillage vert bronze, fleurs jaunes en été,
 - *s. sieboldii* : touffes étalées, tige pourpre, feuilles bleutées, fleurs roses en été,
 - *s. spathulifolium* : tapis dense de feuilles gris argenté, fleurs jaunes de mai à juillet,
 - *s. spurium* : tapis vigoureux, feuillage dense, fleurs blanc nacré en été ;
- *Sempervivum*, espèces (joubarbes), nombreux cultivars : P, feuillage épais en rosette, grande variété de couleurs ;
- *Silene*, espèces (silènes) : P
 - *s. acaulis* (Silène acaule) : coussin très dense vert clair, fleurs rose vif en été,
 - *s. maritima* (Silène maritime) : feuillage gris bleuté, fleurs blanc rosé en été ;
- *Sisyrinchium*, espèces (sisyrinques) : P, touffes très serrées à feuilles d'iris,
 - *s. bermudianum* (Sisyrinque des Bermudes) : fleurs bleu violacé de mai à octobre,
 - *s. californicum* (Sisyrinque de Californie) : fleurs jaune d'or de mai à octobre,
 - *s. idahoense* (Sisyrinque de l'Idaho) : grandes fleurs bleu violacé en juin-juillet,
 - *s. striatum* (Sisyrinque striée) : fleurs blanc crème en juin-juillet ;
- *Stachys*, espèces (épiaires) : P, feuillage laineux ;
- *Tanacetum haradjanii* (Tanaïs) : P, touffe étalée de feuillage argenté ;
- *Teucrium ackermerum* (Germandrée) : feuillage fin gris bleuté, fleurs rose nuancé de mai à août ;
- *Thymus* (thym) : P, aromatiques,
 - *t. citriodorus* (Thym citron) : tapissant, fleurs lavande au printemps,
 - *t. doerfleri* : tapissant, vigoureux, fleurs roses en juin-juillet,
 - *t. microphylla variegata* : arbustif, feuillage vert clair grisâtre panaché de blanc, fleurs lilas en été,

- *t. polytrichus* : touffe très tapissante, fleurs rose clair en juin-juillet,
- *t. praecox* (Thym serpolet) : feuillage vert intense, très décoratif en hiver, fleurs blanches,
- *t. serpyllum* (Thym serpolet) : tapissant vert pourpré, fleurs rose pourpre en été,
- *t. vulgaris* (Thym commun) : feuillage fin très parfumé.

Graminées

Le choix se limite aux espèces de petit développement, soit au maximum 40 à 50 cm et celles qui restent décoratives en hiver.

Dans cette catégorie, on trouve des couleurs de feuillage originales (tous les tons de bruns et des panachés) :

- *Bouteloua gracilis* (Pied de dindon, 30 cm) : P, feuilles fines, épis bruns ;
- *Carex solandri* (Laîche, 30 cm) : P, feuillage remarquable, évoluant du vert à l'orange ;
- *Carex testacea* (Laîche orange, 30 cm) : P, feuillage fin retombant vert olive et orange ;
- *Corynephorus canescens* (Corynéphore blanchâtre, 15 cm) : P, touffes vert bleuté, épis rougeâtre ;
- *Elymus magellanicus* (Agropyrum, 60 cm) : C, feuillage bleu ;
- *Festuca*, espèces (fétuques, 20 à 30 cm) : P,
 - *f. amethystina* (Fétuque bleue) : feuillage fin bleuté, épis bruns,
 - *f. glauca* (Fétuque glauque) : feuillage très bleuté, épis beige,
 - *f. valesiaca* 'glaucantha' : feuillage très fin bleu argent ;
- *Koeleria glauca* (Keulérie, 30 cm) : P, feuillage dense vert foncé.

Fougères

Les fougères sont des plantes des milieux frais en situation ombragée. Une seule espèce peut supporter la sécheresse, le *Polypodium vulgare* (Polypodium commun, 20 cm) qui pousse dans peu de terre et peut s'installer naturellement sur les murs.

■ Espèces originaires des milieux frais ou humides

Arbustes

(C = caduc ; P = persistant)

Il y a peu de petits arbustes des milieux frais et humides, décoratifs toute l'année, utilisables dans les murs végétalisés.

Les plantes de terre de bruyère semblent les mieux adaptées dans les expositions mi-ombragées :

- *Andromeda polifolia* 'compacta', de 60 cm de haut, a donné des variétés naines : 'blue ice' (30 cm) et 'nikko' (30 cm) ;
- *Azalea japonica* (Azalée japonaise) : très nombreuses variétés ; choisir les plus petites à port étalé ou buissonnant ;
- *Daphne odora* (Bois joli odorant) : intéressant pour sa floraison hivernale parfumée ;
- *Erica carnea* (Bruyère des neiges) : bruyère alpine à floraison hivernale et printanière ;

- *Erica x darleyensis* (Bruyère d'hiver) ;
- *Erica tetralix* (Bruyère quaternée) : bruyère à feuilles en croix, la mieux adaptée à l'humidité, floraison hivernale ;
- *Pernettya mucronata* (Pernettya) : floraison printanière, fructification automnale (planter en groupe, la fécondation étant croisée) ;
- *Pieris japonica* (Andromède du Japon) : utiliser les variétés naines comme 'little heath green', 'little heath variegata', 'prélude' et 'sarabande' ;
- rhododendrons nains, de nombreuses variétés ;
- *Sarcococca hookerianua* (Sarcococca) : floraison hivernale très parfumée.

Plantes vivaces

(C = caduc ; P = persistant)

- *Acorus*, espèces (acores) : P,
 - *a. calamus* (Acore odorant) : feuillage vert foncé lustré,
 - *a. gramineus* 'argenteostriatus' (Acore graminée) : feuilles panachées de blanc ;
- *Ajuga*, espèces (bugles) : P,
 - *a. pyramidalis* 'metallica crispier' (Bugle pyramidale) : feuillage très pourpre,
 - *a. reptans* (Bugle rampante) : plusieurs cultivars à feuillage pourpre ;
- *Epimedium*, espèces (fleurs des elfes) : P, floraison printanière,
 - *e.* 'amber queen' : cultivar très décoratif, feuilles allongées marbrées de rouille au printemps et de rouge à l'automne,
 - *e. x perralchicum* 'frohnleiten' : feuillage cuivré en hiver,
 - *e. pubigerum* 'orangekonigin' : feuillage bronze pourpre au printemps, vert en été, corail à l'automne,
 - *e. rubrum* : feuillage rouge brun,
 - *e. versicolor* : feuillage rougeâtre, brun pourpre en hiver,
 - *e. warleyense* : feuilles marginées de rouge,
 - *e. youngianum* : feuilles allongées, fleurs blanches au printemps,
- *Euphorbia*, espèces (euphorbes des sols frais) : P,
 - *e. characias* (Euphorbe des garrigues) : supporte la sécheresse, feuillage bleuté,
 - *e. griffithii* (Euphorbe de Griffith) : supporte la sécheresse, feuille vert glauque, pourpre orangé à l'automne, fleurs rouges en été,
 - *x martinii* (Euphorbe de Martin) : supporte la sécheresse, feuillage très décoratif à tige rouge,
 - *e. palustris* (Euphorbe des marais) : feuillage passant du vert clair au rose et pourpre orangé ;
- *Geranium*, espèces (géraniums) : P,
 - *g. x cantabrigiensis* : tapissant, feuillage teinté de brun, fleurs blanc rosé de mai à juillet,
 - *g. macrorrhizum* (Géranium à rhizome long) : plusieurs cultivars, peut supporter la sécheresse, feuillage vert clair à belles couleurs, d'autres fleurs roses de mai à juillet ;
- *Geum*, espèces (benoîtes) : P, belles floraisons de mai à août,
 - *g. chiloense* : fleurs jaunes,
 - *g. coccineum* (Benoîte orangée) : fleurs rouges,
 - *g. rivale* (Benoîte des ruisseaux) : touffes étalées, fleurs rose orangé ;
- *Glechoma hederacea* (Lierre terrestre) : P, tapissant vigoureux ;

- *Helleborus*, espèces (hellébore) : P, supporte la sécheresse, plantes robustes ;
 - *e. corsicus* (Hellébore de Corse) : feuillage vert bleuté, grappe de fleurs verdâtres de janvier à avril,
 - *e. foetidus* (Pied de griffon) : feuillage épais denté, fleurs vert clair et liseré rouge de janvier à avril,
 - *e. niger* (Rose de Noël) : feuillage vert sombre, fleurs blanches de décembre à mars,
 - *e. orientalis* (Hellébore orientale) : fleurs blanches de janvier à avril,
 - *e. purpurascens* (Hellébore pourpre) : feuillage vert brillant découpé, fleurs pourpre rose de décembre à mars,
 - *e. x sternii* (Hellébore de Stern) : feuillage vert glauque, tiges rose pourpre, fleurs vert tendre teinté de rose de janvier à avril ;
- *Heuchera*, espèces (heuchères) : P, épais coussin de feuilles marbrées,
 - *h. americana* : nombreuses variétés à feuillage coloré,
 - *h. sanguinea* (Heuchère sanguine) : feuillage denté, grandes fleurs blanches ou rouges de mai à juillet,
 - *h. villosa* : feuillage vert bordé de brun, fleurs blanc crème de juin à septembre ;
- *Heucherella alba* (heuchère hybride) : P, feuillage coloré en rouge, fleurs blanches ou roses de mai à juin ;
- *Hosta*, espèces (hostas) : C, bien que le feuillage soit caduc, les hostas sont utilisés pour la beauté de leurs grandes feuilles diversement colorées :
 - *h. decorata* : feuillage doré, bleuté, panaché selon les variétés,
 - *h. elata* : feuilles vertes, fleurs bleues ou violettes selon les variétés en juillet-août,
 - *h. plantaginea* : larges feuilles vertes, grandes fleurs parfumées en août-septembre,
 - *h. sieboldana* : feuillage doré, bleuté, panaché selon les variétés,
 - *h. ventricosa* : grandes feuilles vert foncé luisantes, fleurs violet foncé en août-septembre ;
- *Iris*, espèces des zones humides :
 - *ensata* (Iris du Japon) : grandes fleurs bleu mauve ou violet de juin à août,
 - *sibirica* (Iris de Sibérie) : supporte la sécheresse, feuilles étroites, belle floraison bleu blanc de mai à juin ;
- *Liriope*, espèces (liriopes) : P, les espèces supportent la sécheresse, touffes denses :
 - *l. graminifolia* : feuilles vert franc, épis violet mauve de juillet à octobre,
 - *l. muscari* : feuilles vert foncé, épis bleu violet de juillet à août,
 - *l. purpureum* : feuilles vert brillant, épis violet pourpre d'août à octobre,
 - *l. spicata* : feuilles vert foncé, rustique, épis violet de juillet à août ;
- *Lysimachia nummularia* 'aurea' (Lysimaque dorée) ;
- *Muehlenbeckia complexa* (Muehlenbeckie) : tapis dense pour climat doux ;
- *Ophiopogon*, espèces (muguets du Japon) : P,
 - *o. japonicus* (Herbe aux turquoises) : feuillage vert sombre luisant, dense, fleurs blanches de juin à août,
 - *o. planiscapus* 'niger' : feuillage noir brillant, fleurs blanc rose de juin à août ;

- *Penstemon*, espèces (galanes) : P, supporte la sécheresse avec de nombreux cultivars dans les espèces :
 - *p. barbatus* : feuilles vert glauque, fleurs rouge vermillon de juin à septembre,
 - *p. digitalis* : feuilles pourprées, fleurs blanc rosé de mai à août,
 - *p. heterophyllus* : feuilles vert glauque, fleurs bleues de mai à juillet,
 - *p. hirsitus* : feuilles vert sombre, pourpré en hiver, fleurs blanches et bleues de juin à septembre ;
- *Phlox*, espèces (phlox) : P, à feuilles persistantes supportant la sécheresse :
 - *p. divaricata* : plusieurs variétés à longue floraison d'avril à juillet,
 - *p. stolonifera* : forme des tapis très florifères blancs, bleus ou roses d'avril à juin ;
- *Pratia pedunculata* (Campanule à fleurs étoilées) : P, tapissante pour climat doux, fleurs bleues de mai à juillet ;
- *Reineckea carnea* (Reineckea) : P, tapissant pour climat doux, feuilles vert sombre, fleurs roses d'avril à mai ;
- *Sagina subulata* (Sagine) : P, tapis moussu, feuillage vert, fleurs blanches étoilées de juin à juillet ;
- *Tellima grandifolia* (Tiarelle) : P, coussin de feuillage dense, fleurs verdâtres de mai à juillet ;
- *Tiarella cordifolia* (Tiarelle) : P, tapis vert clair pourpre à l'automne, fleurs blanc crème en avril-mai,
- *Veronica cantiana* (Véronique à feuillage persistant) : P, tapissant très compact vert foncé luisant, épis roses de mai à juin ;
- *Vinca*, espèces (pervenches) : P,
 - *v. difformis* : feuillage vert à centre doré, fleurs bleues en avril-juin,
 - *v. major* (Grande pervenche) : vigoureuse à grandes feuilles, fleurs bleues en avril-juin,
 - *v. minor* (Petite pervenche) : rampante à petites feuilles, des variétés à feuillage panaché, fleurs bleues ou blanches en avril-juin.

Graminées

(C = caduc ; P = persistant)

- *Carex*, espèces (laïches) : plusieurs espèces très décoratives par leur feuillage, on utilisera celles de petite et moyenne tailles (30 à 50 cm de hauteur) :
 - *c. buchananii* : tolère la sécheresse, P, touffes dressées, brun rougeâtre toute l'année,
 - *c. comans* : P, feuilles pourpres au printemps, plante robuste,
 - *c. conica* : P, feuillage fin retombant,
 - *c. flagellifera* : P, feuillage fin bronzé,
 - *c. grayi* : P, feuillage vert clair souple, tolère la sécheresse,
 - *c. montana* : P, feuillage fin, supporte le calcaire,
 - *c. morrowii* : P, plusieurs variétés à feuillage panaché,
 - *c. muskingumensis* : P, feuillage fin, épis bruns,
 - *c. panicea* : P, petite touffe à feuillage bleu,
 - *c. plantaginea* : P, touffe dense de feuilles vert clair ;

- *Luzula*, espèces (luzules) : P, supportent la sécheresse temporaire, plantes d'ombre sous-bois :
 - *l. nivea* : P, feuilles étroites vert foncé,
 - *l. pilosa* : P, feuilles pileuses vert clair,
 - *l. sylvatica* : P, feuilles vert brillant ;
- *Pleioblastus pygmaeus* var. *distichus* (Bambou nain) : P, attention, plante envahissante,
- *Sesleria*, espèces (sesleries) : P, supportent la sécheresse :
 - *s. autumnalis* : P, feuilles vert clair dorées à l'automne,
 - *s. coerulea* : P, feuilles vert intense à revers bleu,
 - *s. heufleriana* : large touffe, feuilles vertes à revers bleuté,
 - *s. sadleriana* : feuilles vert bleuté, la plus tolérante à la sécheresse.

Fougères

(C = caduc ; P = persistant)

- *Cyrtomium falcatum* (Fougère-houx) : P, frondes dressées vert foncé ;
- *Dryopteris erythrosora* : P, frondes triangulaires cuivrées à l'état jeune puis vert foncé ;
- *Phyllitis scolopendrium* (Scolopendre) : longues frondes étroites vert clair ;
- *Polystichum*, espèces (aspidies) : P et C
 - *p. polyblepharum* (Aspidie du Japon) : P, frondes vert foncé brillantes,
 - *p. setiferum* (Aspidie à cils raides) : C, frondes vert clair.

■ Choix selon l'exposition

En plein soleil (sud, sud/est, sud/ouest)

(C = caduc ; P = persistant)

Arbustes

Adaptés à la sécheresse :

- *Andromède polifolia* (Andromède à feuilles de Podium) : P, plante compacte, épis roses d'avril à juillet ;
- *Aralia elata* (Angélique du Japon) : P, envahissant ;
- *Atriplex halimus* (Pourpier de mer) : P, bord de mer ;
- *Caryopteris clandonensis* (Caryopteris) : P, fleurs bleues en été ;
- *Cistus*, espèces (cistes) : P, fleurs en été, climat doux ;
- *Erica carnea* (Bruyère alpine) : P, floraison en juin-juillet, climat doux ;
- *Erica x darleyensis* (Bruyère d'hiver) : P, longue floraison de novembre à avril ;
- *Erica tetralix* (Bruyère à feuilles en croix) : P, floraison estivale ;
- *Frankenia laevis* (Frankénia) : P, floraison en juin-juillet, climat doux ;
- *Genista*, espèces (genêts nains) : abondante floraison au printemps ;
- *Halimium lasianthum* (Hélianthème à feuilles d'arroche) : P, floraison de mai à juillet ;
- *Hebe*, espèces (Véronique de Nouvelle-Zélande) : P, floraison au printemps ou été selon les espèces ;
- *Lavandula*, espèces (lavandes) : P, floraison estivale bleue ;
- *Potentilla*, espèces (potentilles) : C, floraison estivale blanc, jaune ou rouge selon les variétés ;

- *Prostanthera cuneata* (Menthe arbustive) : P, aromatique pour climat doux ;
- *Pernettya mucronata* (Pernettya) : P, port étalé, fleurs blanc rosé de mai à juin ;
- *Rosmarinus officinale* (Romarin) : P, feuillage vert dessus, argenté dessous, fleurs bleu violet de mars à juin ;
- *Teucrium chamaedrys* (Germandrée) : P, feuillage décoratif, longue floraison en printemps-été.

Plantes vivaces

Plantes de terrain sec en général et quelquefois humide :

- *Abutilon megapotanicum* (Abutilon) : vivace arbustive, P ;
- *Aethionema armenum* (Aethionème) : P ;
- *Althea officinalis* (Guimauve) : C ;
- *Alyssum*, espèces (corbeilles d'or) : P ;
- *Anacyclus pyrethrum* (Camomille d'Espagne) : P ;
- *Armeria maritima* (Gazon d'Espagne) : P ;
- *Artemisia*, espèces (armoises) : C ;
- *Aurinia saxatilis* (Corbeille d'or) : P ;
- *Campanula*, espèces (campanules) : P ;
- *Cerastium*, espèces (céraistes) : P ;
- *Crassula exilis* (Crassule) : P ;
- *Delosperma*, espèces (delospermas) : P ;
- *Dianthus*, espèces (œillets) : P ;
- *Dorycnium hirsutum* (Dorocnie) : P ;
- *Dryas octopetala* (Driade) : P ;
- *Erigeron karvinskianus* (Pâquerette des murailles) : P ;
- *Erysimum hybride* (Giroflée d'été) : P ;
- *Euphorbia*, espèces (euphorbes) : P ;
- *Helianthemum*, espèces (hélianthèmes) : P ;
- *Hieracium*, espèces (épervières) : P ;
- *Iris*, espèces (iris) : P ;
- *Iberis*, espèces (thlaspis vivaces) : P ;
- *Jovibarba* (Barbe de Jupiter) : P ;
- *Leontodon rigens* (Liondent) : P ;
- *Limonium latifolium* (Lavande de mer) : P ;
- *Nepeta*, espèces (cataires, menthes des chats) : C ;
- *Penstemon*, espèces (galanes) : P, humide ;
- *Raoulia australis* (Mouton végétal) ;
- *Rhodanthemum hosmariense* (Rhodanthème) ;
- *Rhodiola himalayensis* (Rhodirole) ;
- *Sedum*, espèces (sédums) : P ;
- *Sempervivum*, espèces (joubarbes) : P ;
- *Silene*, espèces (silènes) : P ;
- *Sisyrinchium*, espèces (sisyrinques) : P ;
- *Stachys*, espèces (épiaires) : P ;

- *Teucrium ackermerum* (Germandrée) : P ;
- *Tanacetum haradjanii* (Tanaïs) : P ;
- *Thymus*, espèces (thym) : P ;
- *Veronica cantiana* (Véronique persistante) : P.

Graminées

- *Bouteloua gracilis* (Pied de dindon) ;
- *Corynephorus canescens* (Corynephore blanchâtre) ;
- *Elymus magellanicus* (Agropyron) ;
- *Festuca*, espèces (fétuques) ;
- *Koeleria glauca* (Koelerie).

Fougères

Les fougères ne sont pas adaptées au plein soleil, sauf à la rigueur *Polypodium vulgare*.

En situation ombragée (nord, nord/est, nord/ouest)

Il s'agit principalement de plantes de milieux humides, et quelques-unes de sols secs.

(MO : mi-ombre ; O : ombre ; S : tolère le soleil)

Arbustes

- *Aralia elata* (Angélique du Japon) : MO, S ;
- *Aronia arbutifolia* (Aronie) : MO, S ;
- *Azalea japonica* (Azalée du Japon) : O, MO, S ;
- *Berberis*, espèces naines (berberis) : MO, S ;
- *Daphne odora* (Bois joli odorant) : MO, S ;
- *Euonymus fortunei* (Fusains nains) : MO, S ;
- *Hypericum*, espèces arbustives (millepertuis) : MO ;
- *Lithodora diffusa* (Grémil) : MO ;
- *Physocarpus opulifolium* (Physocarpe) : MO ;
- *Rhododendrons*, espèces naines : (rhododendrons) : MO ;
- *Sarcococca hookeriana* (Sarcococca) : MO.

Plantes vivaces

- *Acaena*, espèces (acaenas) : MO, S ;
- *Acorus*, espèces (acores) : MO, S ;
- *Ajuga*, espèces (bugles) : MO, S ;
- *Arabis*, espèces (corbeilles d'argent) : O, MO, S ;
- *Bergenia*, espèces (plantes des savetiers) : MO, S ;
- *Calceolaria biflora* 'goldcrest' (Calcéolaire) : MO, S ;
- *Duchesnea indica* (Fraisier des Indes) : MO, S ;
- *Epimedium*, espèces (fleurs des elfes) : O, MO ;
- *Geranium*, espèces (géraniums vivaces) : MO, S ;
- *Geum*, espèces (benoîtes) : MO, S ;
- *Glechoma hederacea* (Lierre terrestre) : O, MO, S ;
- *Hedera helix* (Lierre des bois) : O, MO ;
- *Helleborus*, espèces (hellébores) : O, MO ;
- *Heuchera*, espèces (heuchères) : O, MO ;
- *Heucherella alba* (Heuchère hybride) : O, MO ;

- *Hosta*, espèces (hostas) : O, MO ;
- *Hypericum calycinum* (Millepertuis) : MO, S ;
- *Jasione laevis* (lasione) : MO, S ;
- *Liriope*, espèces (liriopes) : O, MO ;
- *Lysimachia nummularia* (Lisimaque) : MO-S ;
- *Malvastrum latericum* (Mauve) : MO, S ;
- *Matricaria tchihatchewii* (Camomille en tapis) : MO, S ;
- *Ophiopogon*, espèces (ophiopogons) : MO, S ;
- *Phlox*, espèces persistantes (phlox) : MO, S ;
- *Pratia pedunculata* (Campanule à feuilles étoilées) : MO, S ;
- *Reineckea cornea* (Reineckea) : O, MO ;
- *Saxifraga*, espèces (saxifrages) : MO, S ;
- *Tellima grandiflora* (Tellima) : O, MO ;
- *Tiarella cordifolia* (Tiarelle) : O, MO ;
- *Vinca*, espèces (pervenches) : O, MO.

Graminées

- *Carex*, espèces (laïches) : MO, S ;
- *Luzula*, espèces (luzules) : O, MO ;
- *Pleiblastus pygmae* (Bambou nain) : MO, S ;
- *Sesleria*, espèces (sesléries) : O, MO.

Fougères

Toutes les fougères doivent être plantées en situation d'ombre ou mi-ombre à l'exception du *Polypodium vulgare* adapté au soleil.

Plantes de bord de mer

Les facteurs contraignants en bord de mer sont le vent et le sel, qui ont un fort pouvoir corrosif et asséchant.

Il est déconseillé de créer des murs végétalisés face aux vents dominants sans protection de haies ou de bâtiments.

Le choix des espèces se limite à celles qui résistent bien aux embruns salés et à la sécheresse :

- *Althea officinalis* (Guimauve) ;
- *Arabis*, espèces (corbeilles d'argent) ;
- *Atriplex halimus* (Pourpier de mer) ;
- *Artemisia*, espèces (armoises) ;
- *Bergenia*, espèces (plantes des savetiers) ;
- *Campanula*, espèces (campanules) ;
- *Cerastium*, espèces (céraistes) ;
- *Cistus*, espèces (cistes) ;
- *Delosperma*, espèces (delospermas) ;
- *Dianthus*, espèces (œillets) ;
- *Dorycnium hirsutum* (Dorycnium) ;
- *Erica*, espèces (bruyères) ;
- *Erigeron karvinskianus* (Pâquerette des murailles) ;

- *Euphorbia*, espèces (euphorbes) ;
- *Festuca*, espèces (fétuques) ;
- *Frankenia laevis* (Frankénie) ;
- *Geranium*, espèces (géraniums) ;
- *Hebe*, espèces (véroniques arbustives) ;
- *Helianthemum*, espèces (hélianthèmes vivaces) ;
- *Heuchera*, espèces (heuchères) ;
- *Jovibarba*, espèces (barbes de Jupiter) ;
- *Leontodon rigens* (Liondent) ;
- *Limonium latifolium* (Lavande de mer) ;
- *Malvastrum latericum* (Mauve) ;
- *Sedum*, espèces (sédums) ;
- *Sempervivum*, espèces (joubarbes) ;
- *Teucrium ackermerum* (Germandrée) ;
- *Thymus*, espèces (thyms).

■ Choix esthétiques

Plantes tapissantes

Utilisées habituellement en couvre-sol, ces plantes ont l'avantage de recouvrir totalement et durablement la paroi du mur qui, en général, n'est pas très esthétique lorsqu'elle est visible :

- *Acaena* espèces (acaenas) : tapis de feuillage fin vert bleuté ;
- *Aethionema armenum* 'warley rose' (Aethionème) ;
- *Ajuga*, espèces (bugles rampants) : tapis de feuillage coloré pourpre ;
- *Alyssum*, espèces (alysses) : feuillage vert grisâtre ;
- *Anacyclus pyrethrum* var. *depressus* (Camomille marocaine) : feuillage fin ;
- *Arenaria montana* (Sabline des montagnes) : coussins vert sombre ;
- *Armeria maritima* (Gazon d'Espagne) : tapis de coussins ;
- *Artemisia schmidtiana nana* (Armoise de Schmidt naine) : tapis de feuillage fin argenté ;
- *Asarum europaeum* (Asaret d'Europe) : tapis dense de feuilles vernissées ;
- *Aubrieta*, espèces (aubrites) : floraison très décorative ;
- *Bergenia*, espèces (plantes des savetiers) : tapis épais de grandes feuilles ;
- *Calceolaria biflora* 'goldcrest' (Calcéolaire) : feuillage en rosette ;
- *Campanula portenschlagiana* (Campanule des murailles) ;
- *Cerastium*, espèces (céraistes) : feuillage argenté ;
- *Corydalis*, espèces (corydalis) : pousse naturellement dans les murs ;
- *Crassula exilis* (Crassula) : rosettes formant des coussins ;
- *Dianthus deltoïdes* (Œillet à delta) ;
- *Dryas octopetala* (Dryade) : rameaux étalés, très tapissant ;
- *Euphorbia myrsinites* (Euphorbe de Corse) ;
- *Frankenia laevis* (Frankenia) : arbuste à rameaux tapissants ;
- *Gentiana acaulis* (Gentiane acaule) : feuillage en rosette formant tapis ;
- *Hedera hélix* (Lierre) ;
- *Helichrysum orientale* (immortelle d'orient) ;

- *Heuchera*, espèces (heuchères) : coussins de feuillage décoratif ;
- *Hieracium*, espèces (épervières) ;
- *Hypericum calycinum* (Millepertuis couvre-sol) ;
- *Iberis*, espèces (thlaspis vivaces) : coussins étalés ;
- *Jovibarba*, espèces (barbes de Jupiter) ;
- *Leontodon rigens* (Liondent) ;
- *Lysimachia nummularia aurea* (Lysimaque) ;
- *Malvastrum latericum* (Mauve) ;
- *Matricaria tchihatchewii* (Matricaire) ;
- *Mazus reptans* (Mazus) ;
- *Ophiopogon*, espèces (muguets du japon) ;
- *Phlox divaricata* (Phlox) ;
- *Pratia pedunculata* (Pratia) : très tapissant ;
- *Primula pubescens* (Auricule des jardins) ;
- *Reyneckea himalayensis* (Rhodiola) ;
- *Sagina subulata* (Sagine subulée) ;
- *Saxifraga*, espèces (saxifrages) : tapis de feuilles en rosettes ;
- *Sedums*, espèces (sédums) ;
- *Sempervivum*, espèces (joubarbes) ;
- *Silene acaulis* (Silène acaule) ;
- *Tellima grandiflora* (Tellima).

Plantes retombantes

Les plantes retombantes donnent un aspect original aux compositions :

- *Abutilon megapotamicum* (Abutilon) : vigoureux pouvant recouvrir au moins 1 m² ;
- *Delosperma*, espèces (delospermas) : touffes retombantes ;
- *Glechoma hederacea* (Lierre terrestre) ;
- *Hedera helix* (Lierre des bois) ;
- *Vinca*, espèces (pervenches).

Plantes buissonnantes

Les plantes buissonnantes donnent du volume aux compositions et, en général, recouvrent bien les murs :

- *Aurinia saxatilis* (Corbeille d'or) : touffes étalées retombantes ;
- *Carex*, espèces (carex) ;
- *Delosperma*, espèces (delospermas) ;
- *Erigeron karvinskianus* (Pâquerette des murailles) ;
- *Erysinum*, espèces (giroflées d'été) ;
- *Euphorbia*, espèces (euphorbes) ;
- *Geranium*, espèces (géraniums vivaces) ; tapissant ou retombant ;
- *Goniolimon*, espèces (statices) ;
- *Hebe*, espèces (véroniques) ;
- *Helianthemum*, espèces (hélianthèmes vivaces) ;
- *Hypericum*, espèces (millepertuis arbustifs) ;
- *Lavandula*, espèces (lavandes) ;

- *Liriope*, espèces (liriopes) ;
- *Lithodora diffusa* (Grémil) ;
- *Myrtus communis* (Myrte) ;
- *Nepeta*, espèces (cataires, menthes des chats) ;
- *Origanum*, espèces (origans) ;
- *Pachysandra terminalis* (Pachysandres) ;
- *Penstemon*, espèces (penstemons) ;
- *Prostanthera cuneata* (Menthe arbustive) ;
- *Prunella grandiflora* (Brunette) ;
- *Raoulia australis* (Mouton végétal) ;
- *Salvia officinalis* (Sauge officinale) ;
- *Santolina*, espèces (santolins) ;
- *Sisyrinchium*, espèces (sisyrinques) ;
- *Stachys*, espèces (épiaires) ;
- *Stokezia laevis* (Aster de Chine) ;
- *Tanacetum haradjanii* (Tanaïsie) ;
- *Teucrium*, espèces (germandrées).

Plantes à port érigé

Elles donnent du relief aux compositions :

- *Acorus*, espèces (acores) : ressemble aux iris ;
- *Chiastophyllum oppositifolium* (Goutte d'or) ;
- *Cistus*, espèces (cistes) : petits arbustes ;
- *Dianthus*, espèces (œillets) ;
- *Helichrysum italicum* (Hélichryse italienne, herbe au curry) ;
- *Hosta*, espèces (hostas) ;
- *Hysopus officinalis* (Hysope) ;
- *Iris*, espèces (iris) ;
- *Rumex montanum* 'rubifolia' (Oseille pourpre) ;
- *Scabiosa graminifolia* (Scabieuse) ;
- toutes les graminées sauf les carex ;
- toutes les fougères adaptées aux situations ombragées.

Feuillages argentés

- *Alyssum montanum* (Alysse des montagnes à petites feuilles) ;
- *Alyssum murale* (Alysse des murs) ;
- *Artemisia*, espèces (armoises) ;
- *Aurinia saxatilis* (Corbeille d'or) ;
- *Carex comans* 'frosted curls' (Laiche) ;
- *Cerastium*, espèces (céraistes) ;
- *Cistus*, espèces (cistes) :
 - *c. albidus*,
 - *c. psilosepalus*,
 - *c. pulverulentus*,
 - *c. skanbergii* ;
- *Dorycnium hirsutum* (Dorycnium) ;
- *Erysimum* 'bowles mauve' (Érysimum, vélar) ;

- *Halimium halimifolium* (Hélianthème à feuilles d'arroche) ;
- *Hebe* cultivars '*caledonia red hedge*' (Véronique de Nouvelle-Zélande) ;
- *Helianthemum* hybride (Hélianthème), les cultivars :
 - 'fire dragon',
 - 'miss mould',
 - 'raspberry ripple',
 - 'rhodanthe carneum',
 - 'the bride',
 - 'tomato red' ;
- *Helichrysum orientale* (Immortelle d'Orient) ;
- *Heucherella* hybrides '*cascadedown*', '*silver scrolls*' (Heuchère) ;
- *Heucherella* '*quicksilver*' (Heuchère) ;
- *Hieracium pilosella* (Épervière) ;
- *Lavandula angustifolia* (Lavande à feuilles étroites), les cultivars :
 - 'alba',
 - 'compacta',
 - 'dwarf blue',
 - 'hidcote',
 - 'nana alba',
 - 'rosea' ;
- *Lavandula x intermedia* (Lavandin), les cultivars :
 - 'grappenhall',
 - 'dutch',
 - 'silver',
 - 'richard grey' ;
- *Nepeta cataria* '*citriodora*' (Cataire ou menthe des chats) ;
- *Nepeta clarkei* (Cataire de l'Himalaya) ;
- *Nepeta racemosa* '*snowflake*' (Cataire ou menthe des chats) ;
- *Primula pubescens* (Auricule des jardins) ;
- *Raoulia australis* (Mouton végétal) ;
- *Salvia officinalis* (Sauge officinale), cultivars :
 - 'berggarten',
 - 'icterina' ;
- *Santolina chamaecyparissus* (Santoline petit cyprès) ;
- *Saxifraga hostii* (Saxifrage) ;
- *Scabiosa graminifolia* (Scabieuse à feuilles de graminée) ;
- *Sedum spathulifolium* '*capeblanco*' (Orpin spatulée) ;
- *Sempervivum arachnoideum* (Joubarbe à toile d'araignée) ;
- *Silene maritima* (Silène maritime) ;
- *Stachys byzantina* (Épiaire laineuse), les cultivars :
 - 'big ears',
 - 'cotton bail'
 - 'silver carpet' ;
- *Tanacetum haradjanii* (Tanaïs) ;
- *Thymus praecox* '*pseudolanuginosa*' (Thym laineux).

Feuillages bleus et bleutés

- *Acaena adscendens* (Acaena) ;
- *Acaena hybride* 'blue haze' (Acaena) ;
- *Acaena magellanica* (Acaena) ;
- *Aethionema armenum* 'warley rose' (Aéthionème d'Arménie) ;
- *Bouteloua gracilis* (Boutelou gracieux, pied de dindon, graminée) ;
- *Delosperma cooperi* (Pourpier de Cooper) : de nombreux cultivars sont à feuillage bleuté ;
- *Euphorbia*, espèces (euphorbes) :
 - *e. characias*,
 - *e. martinii*,
 - *e. myrsinites*,
 - *e. nicaeensis*,
 - *e. pithyusa*,
 - *e. rigida* ;
- *Elymus magellanicus* (Agropyron) ;
- *Festuca*, espèces (fétuques bleues, graminée) :
 - *f. amethystyna*,
 - *f. glauca*, les cultivars 'azurit', 'elijah blue', 'uchte',
 - *f. valesiana* 'glaucantha' ;
- *Geranium cinereum* 'purple pillow' (Géranium cendré) ;
- *Goniolimon collinum* 'sea spray' (Statice) ;
- *Helleborus x sternii* (Hellébore de Stern) ;
- *Hosta hybride* (Hoste), les cultivars :
 - 'big daddy',
 - 'bressingham blue',
 - 'elegans',
 - 'halcyon',
 - 'krossa regal',
 - 'sieboldana' ;
- *Koeleria glauca* (Koélerie bleue, graminée) ;
- *Origanum laevigatum* (Origan) ;
- *Sedums*, espèces et cultivars bleutés (sédums) :
 - *s. herbstfreude*,
 - *s. hispanicum*,
 - *s. pachyclados*,
 - *s. reflexum glaucum*,
 - *s. robustum*,
 - *s. sieboldii* ;
- *Sesleria*, espèces (sesleries) :
 - *s. coerulea*,
 - *s. sadleriana* ;
- *Sisyrinchium striatum* (Sisyrinque striée).

Feuillages panachés

Il s'agit de cultivars de quelques espèces dont les feuilles se colorent en partie de blanc ou de jaune.

Elles sont bicolores et quelques-unes peuvent être tricolores, voire quadricolores :

- *Acorus calamus* 'variegatus' (Acore odorant) : jaune crème ;
- *Acorus gramineus* 'argenteostriatum' (Acore graminée) : blanc crème ;
- *Acorus gramineus* 'hakuro-nishiki' (Acore graminée) : jaune ;
- *Acorus gramineus* 'ogon' (Acore graminée) : jaune doré ;
- *Ajuga reptans* 'burgundy blow' (Bugle rampant) : pourpre - crème - rose ;
- *Ajuga reptans* 'multicolor' (Bugle rampant) : crème - rose ;
- *Arabis ferdinandi-coburgii* 'variegata' (Arabette fernandi-coburgi panachée) : crème ;
- *Aubrieta* 'argenteo variegata' (Aubriète) : marginé blanc ;
- *Aubrieta* 'silberrand' (Aubriète) : marginé, ponctué de blanc ;
- *Carex conica* 'snowline' (Laîche) : marginé blanc ;
- *Carex morrowii* 'ice dance' (Laîche japonaise) : marginé blanc pur ;
- *Carex morrowii* 'variegata' (Laîche japonaise) : bande blanche ;
- *Carex siderosticha* 'variegata' (Laîche à larges feuilles) : blanc ;
- *Carex siderosticha* 'silver sceptre' (Laîche à larges feuilles) : strié blanc-crème ;
- *Euphorbia griffithii* 'Helena' (Euphorbe de Griffith) : jaune crème et pourpre ;
- *Geranium macrorrhizum* 'variegatum' (Géranium à rhizome long) : blanc crème ;
- *Glyceria maxima* 'variegata' (Glycérie aquatique panachée) : blanc ;
- *Heucherella* 'stoplight' : macules brun rougeâtre ;
- *Hedera hélix* 'glacier' (Lierre grimpant) : blanc ;
- *Hosta*, espèces et cultivars (hostas) : panachés jaunes :
 - 'fortunei aureomarginata',
 - 'frances Williams',
 - 'gold standard',
 - 'great expectation',
 - 'guacamole',
 - 'june ;
- *Hosta*, espèces et cultivars (hostas) : panachés blanc :
 - 'francee',
 - 'decorata',
 - 'independence',
 - 'loyalist',
 - 'patriot',
 - 'undulata albomarginata',
 - 'undulata mediovariegata',
 - 'wide brim' ;
- *Glyceria maxima* 'variegata' (Glycérie aquatique) : blanc ;
- *Iris pallida* 'variegata' (Iris de Florence) : jaune ;
- *Iris pallida* 'argentea variegata' (Iris de Dalmatie) : blanc ;
- *Luzula sylvatica* 'marginata' (Luzule des bois) : jaune ;

- *Origanum vulgare* 'country cream' (Origan commun) : jaune ;
- *Pachysandra terminalis* 'variegata' (Pachysandre du Japon) : blanc ;
- *Pleioblastus chino* 'elegantissimus' : blanc ;
- *Salvia officinalis* 'icterina' (Sauge officinale) : jaune ;
- *Salvia officinalis* 'tricolor' (Sauge officinale) : jaune rosé ;
- *Sedum* 'frosty morn' (Orpin) : marginé blanc argenté ;
- *Sedum kamtschaticum* 'variegatum' (Orpin du Kamtschaka) : rose jaune ;
- *Sedum sieboldii* 'mediovariegatum' (Orpin de Siebold) : centre jaune crème ;
- *Sedum spurium* 'variegatum' (Orpin spurium) : blanc rose ;
- *Sedum maritima* 'drueds variegata' : blanc ;
- *Thymus x citriodorus* (Thym citron) : plusieurs cultivars panachés :
 - 'aureus jaune',
 - 'bertram anderson jaune',
 - 'variegata jaune',
 - 'doone valley jaune',
 - 'silver queen blanc' ;
- *Thymus microphylla* 'variegata' (Thym à petites feuilles panachées) : blanc ;
- *Thymus vulgaris* 'silver posie' (Thym) ; blanc ;
- *Tiarella* 'ninja' (Tiarelle) : marqué de brun ;
- *Tiarella* 'tiger stripe' (Tiarelle) : maculé de brun ;
- *Vinca difformis* 'oxford' (Pervenche difforme) : centre doré ;
- *Vinca major* 'variegata' (Grande pervenche panachée) : crème ;
- *Vinca minor* 'argenteovariegata' (Petite pervenche panachée) : blanc crème ;
- *Vinca minor* 'aureovariegata' (Petite pervenche) : jaune doré.

Feuillages pourpres et bronze

- *Ajuga reptans*, plusieurs cultivars pourpres (Bugle rampante) :
 - 'atropurpurea' : pourpre luisant,
 - 'catlin's giant' : pourpre puis vert pourpré,
 - 'elmlüt' : pourpre foncé ;
- *Ajuga pyramidalis* 'metallica crispa' (Bugle pyramidal) : pourpre métallique ;
- *Acaena*, espèces, 2 cultivars ont un feuillage de couleur bronze :
 - *microphylla* 'kufferteppich' (Lampourde à petites feuilles) : brun cuivré,
 - 'novae zelandiae' : bronze ;
- *Bergenia cordifolia* 'eroica' (Plante des savetiers) : pourpre à revers rosés ;
- *Bergenia hybride* 'rotblum' : pourpre sur les deux faces ;
- *Carex buchananii* (Laîche de Buchanan) : brun rougeâtre ;
- *Carex comans*, 3 cultivars ont un feuillage de couleur bronze (Laîche) :
 - 'bronze form' : à reflets orangés,
 - 'kupfer flam' : cuivre clair,
 - 'milk chocolat' : chocolat au lait à reflets rosés ;
- *Carex flagellifera* (Laîche flagellée) : bronze très lumineux, le cultivar 'vert olive' devient bronze orangé ;
- *Carex solandri* (Laîche) : orange cuivre ;
- *Carex testacea* (Laîche orange) : vert olive et orange ;

- *Dianthus deltoïdes* (Œillet à delta) :
 - 'brillant : rouge,
 - 'flashing light' : vert sombre et brun ;
- *Dryopteris erythrosora* (Fougère) : cuivre au printemps, vert foncé en été et orange à l'automne ;
- *Euphorbia dulcis* 'helena' (Euphorbe douce) : jaune crème ;
- *Heuchera*, espèces, de nombreux cultivars sont à feuilles pourpre (heuchères) :
 - 'black beauty',
 - 'chocolate ruffles',
 - 'palace purple',
 - 'miracle',
 - 'plum pudding',
 - 'Rachel',
 - 'velvet night' ;
- *Heuchera*, espèces, de nombreux cultivars sont à feuillage brun (heuchères) :
 - 'caramel',
 - 'ginger ale',
 - 'kassandra',
 - 'peach flambe' ;
- *Imperata cylindrica* 'red baron' (graminée) : rouge ;
- *Penstemon digitalis* 'husker red' (Galane) : pourpre ;
- *Salvia officinalis* 'purpurascens' (Sauge officinale) : pourpre gris rose ;
- *Saxifraga cortusifolia* 'black rubis' (Saxifrage) : noir lustré ;
- *Sedum album* 'murale' (Orpin blanc) : brun rougeâtre ;
- *Sedum floriferum* 'garnet brocade' (Orpin) : nervure pourpre ;
- *Sedum pachyclados* 'postman's pride' (Orpin) : chocolat ;
- *Sedum spathulifolium* 'purpureum' (Orpin spatulée) : gris pourpre ;
- *Sedum spurium*, 3 cultivars à feuillage rouge (Orpin) :
 - 'astropurpureum' : teinté de pourpre,
 - 'fuldaglut' : vert bronze pourpre,
 - 'schorbuser blut' : bronze pourpre ;
- *Sedum sexangulare* (Orpin de Bologne) : vert bronze ;
- *Sempervivum arachnoideum*, de nombreux cultivars à feuillage coloré dont plusieurs pourpres remarquables (Joubarbe à toile d'araignée) :
 - 'commander hay' : brun clair à brun pourpre,
 - 'noir' : pourpre très foncé,
 - 'rubin' : pourpre lumineux,
 - 'vega' : pointes rouge violacé ;
- *Tellima grandiflora* 'rubra' (Tellima) : vert brun, belle coloration automnale.

Les plus belles floraisons

La floraison n'est pas un critère prioritaire dans la composition des murs végétaux où l'harmonie (ou contraste) est recherchée par les feuillages. Cependant, pour chaque saison, on peut rechercher un fleurissement qui apporte de nouvelles couleurs.

Parmi toutes les plantes utilisées pour leur feuillage, quelques-unes sont particulièrement décoratives par l'abondance et la durée de leur floraison ou encore la beauté de celles-ci.

Hiver - printemps

- *Aethionema armenum* 'Warley rose' (Aéthionema d'Arménie) : rose vif, mai-juillet ;
- *Alyssum*, espèces (corbeilles d'or) : jaune, avril-mai ;
- *Arabis*, espèces (corbeilles d'argent) : blanc-rose, avril-mai ;
- *Armeria maritima* (Œillet de mer) : blanc, rose, rouge, avril-juin ;
- *Aubrietia*, espèces (aubriètes) : bleu, violet, rose, avril-mai ;
- *Cerastium*, espèces (céraistes) : blanc avril-juin ;
- *Phlox divaricata* (Phlox divariqué bleu) : bleu, mauve, rouge, mai-juillet ;
- *Silene acaulis* (Silène acaule) : rose, mai-juin.

Été - automne

- *Abutilon megapotanicum* (Abutilon) : jaune, rouge, juin-octobre ;
- *Ajuga reptans* (Bugle rampant) : bleu, mai-août ;
- *Anacyclus pyrethrum* var. *depressus* (Camomille marocaine) : blanc, mai-septembre ;
- *Campanula portenschlagiana* (Campanule des murailles) : bleu violet, mai-septembre ;
- *Cistus*, espèces (cistes) : blanc, rose, rouge, mai-août ;
- *Delosperma*, espèces (pourpiers) : blanc, rose, jaune, violet, juin-octobre ;
- *Dianthus*, espèces (œillets) : blanc, rose, rouge, mai-juillet ;
- *Erigeron karvinskianus* (Pâquerette des murailles) : blanc, mai-octobre ;
- *Geranium*, espèces (géraniums) : rose rouge, mai-octobre ;
- *Geum*, espèces (benoîtes) : jaune, orange, rouge, mai-août ;
- *Helianthemum*, espèces (hélianthèmes) : rose, rouge, mai-août ;
- *Nepeta*, espèces (cataires, menthes des chats) : bleu, mauve, juin-octobre ;
- *Origanum*, espèces (origans) : bleu, rose, juin-septembre ;
- *Penstemon*, espèces (galanes) : rose, rouge, juin-octobre ;
- *Prunella grandiflora* : blanc, bleu, rose, juin-septembre ;
- *Sedum*, espèces (sédums) : blanc, jaune, rose, rouge, juin-octobre.

5.5 Le système d'irrigation et de fertilisation

■ Principe général : l'hydroponie

Tous les procédés de végétalisation des murs doivent être irrigués par un système de distribution par gouteurs amenant l'eau et les éléments nutritifs dans le substrat d'enracinement : c'est la technique de l'hydroponie, très utilisée en production horticole intense et maîtrisée quotidiennement.

Cette solution fertilisante doit être apportée en permanence et en quantité suffisante car le substrat d'enracinement n'est qu'un support quand il est inerte et ses réserves sont faibles lorsqu'il est fertile.

Le bon dosage, variable selon les saisons et les expositions, est la difficulté principale de la gestion de ce procédé. L'installation doit être pilotée par un technicien compétent assurant un contrôle permanent de son bon fonctionnement. La marge de sécurité est faible (quelques jours au plus).

Un local technique sécurisé est nécessaire pour le matériel de production et de distribution ainsi que le stockage des solutions nutritives.

■ Le matériel d'irrigation

Sont couramment utilisés, suivant le type de murs, les systèmes avec cuve ou avec pompe microdoseuse.

Le système avec cuve

Il est constitué des éléments suivants.

La cuve

Celle-ci contient la réserve de solution nutritive et son volume est proportionnel à la surface à irriguer soit : 10 litres/m² en moyenne.

On peut utiliser :

- les réservoirs utilisés en hydroponie (jusqu'à 200 litres) ;
- les citernes à eau de pluie ;
- les cuves à liquide.

Les pompes

La pompe immergée électrique doit avoir une puissance de 100 watts/m² de surface à irriguer. Elle doit être équipée d'un filtre afin d'éviter que des impuretés bouchent les gouttières.

OBSERVATION

Une petite pompe pour le brassage de la solution nutritive est nécessaire à partir de 200 litres.

Les tuyaux

Comme ceux de l'arrosage automatique horticole, ils sont en polyéthylène de 16 mm de diamètre.

Le pH-mètre

C'est également un appareil indispensable pour mesurer l'acidité de la solution qu'il faudra corriger si elle est néfaste au bon développement des plantes (*voir chapitre Gestion*). On peut utiliser :

- un pH-mètre conductimètre à électrodes que l'on plonge dans la solution ou un pH-mètre colorimétrique (une simple bandelette dont la couleur indiquera le pH) bien que moins précis ;
- un pH-mètre électronique, plus précis mais coûteux.

L'hygromètre

L'hygromètre électronique ou à cadran est utile pour les murs végétaux d'intérieur. La sécheresse de l'air étant la cause principale de dépérissement. Ce paramètre est à surveiller attentivement et régulièrement afin de corriger à temps par des brumisations.

Le système de la pompe microdoseuse

Ce système, dont le nom commercial est « Dosatron », est utilisé couramment par les horticulteurs.

Principe de fonctionnement

La pompe est branchée d'une part sur l'eau du secteur et d'autre part sur un récipient contenant de l'engrais.

Elle fonctionne sous la pression de l'eau du secteur ou de l'eau pressurisée par une autre pompe permettant de puiser de l'engrais et de le mélanger à l'eau.

Le matériel

Il se compose des éléments suivants :

- la pompe branchée sur l'arrivée d'eau ;
- le récipient contenant l'engrais relié à la pompe par un tuyau d'approvisionnement ;
- la tuyauterie de distribution de la solution diluée sortant de la pompe équipée des éléments suivants :
 - un régulateur de pression,
 - une purge,
 - un filtre,
 - une électrovanne et un programmeur,
 - une cuve-tampon,
 - un départ vers la paroi végétale.

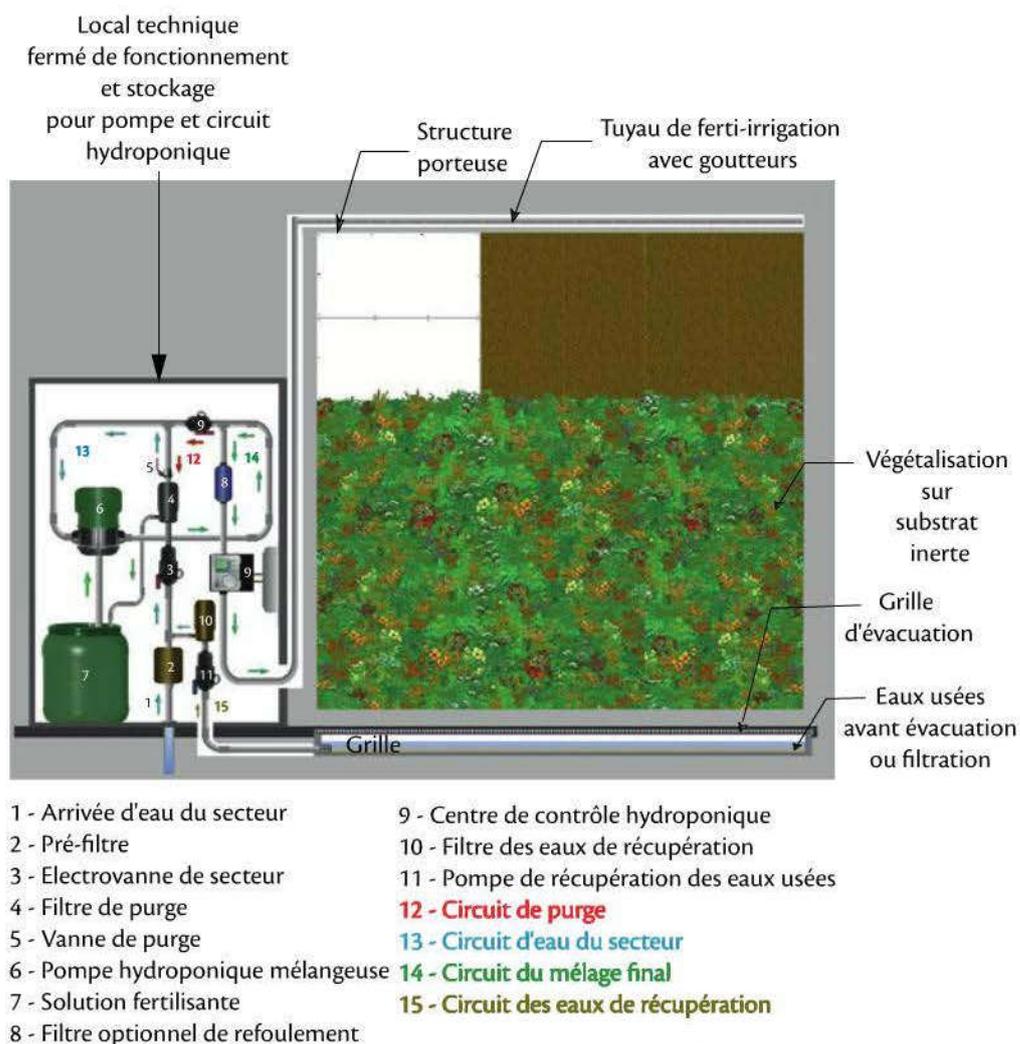


Figure 20 : Système avec pompe microdoseuse en local technique

Les goutteurs

Pour les petites surfaces, les goutteurs ne sont pas indispensables. Il suffit de percer des trous de 2 mm tous les 10 cm dans le tuyau horizontal en haut du mur végétal.

Deux modèles de goutteurs sont utilisables :

- ceux à débit réglable (jusqu'à 20 litres/heure), intéressants pour la souplesse d'utilisation ;
- ceux à débit auto-régulé qui fournissent toujours la même quantité, indépendamment de la pression.

OBSERVATION

Six goutteurs par mètre linéaire sont suffisants pour les petites hauteurs du mur (jusqu'à 2-3 m). Il en faut le double pour les grandes hauteurs.

Le collecteur

Lorsque la fonction de récupération en bas du mur n'est pas assurée par la cuve de stockage de la solution nutritive, il faut installer un collecteur sur toute la largeur du mur.

Deux systèmes peuvent être mis en place :

- une gouttière de couverture ;
- un collecteur d'eaux de ruissellement.

OBSERVATION

Pour les murs extérieurs de faible hauteur, il n'est pas nécessaire de récupérer la solution qui s'écoule à la base lorsqu'il y a un espace vert (pelouse ou massif) au pied du mur.

Le programmeur–minuteur ou timer

Il sert à commander la pompe de distribution de la solution nutritive.

Il faut choisir un modèle électronique qui sera plus précis et plus souple d'utilisation que les modèles mécaniques.

OBSERVATION

Le programmeur est placé entre le robinet d'arrivée d'eau et la pompe de distribution de la solution.

Les appareils de mesure

Le conductimètre (Ec.Mètre : électro conductimètre) sert à mesurer à tout moment la quantité d'éléments minéraux contenus dans la solution nutritive pour corriger les insuffisances ou les excès.

En hydroponie, on utilise des modèles électroniques. Leur utilisation est très simple, il suffit de tremper l'extrémité dans la solution et une valeur s'affiche sur un cadran indiquant la concentration.

5.6 Le local technique de gestion

Voir figure 20. Lorsqu'un système de ferti-irrigation avec pompe microdoseuse est mis en place, et pour certains systèmes extérieurs avec cuve, un local technique sécurisé et accessible par une, voire deux, personne(s) est nécessaire pour :

- protéger le matériel sensible de ferti-irrigation (pompes, programmeur, matériel informatique éventuel) ;
- isoler les arrivées et sorties d'eau et de solutions diluées ;
- entreposer des pièces de rechange et les réserves nécessaires de solutions nutritives afin de ne jamais se trouver en rupture de stock ;
- effectuer les travaux de maintenance (purges, nettoyages de conduits).

Sa surface dépendra des contraintes et/ou du dimensionnement du mur végétalisé mais aussi du choix de gestion (automatisée, semi-automatique, informatisée sur site ou à distance, etc.).

Son implantation peut se faire dans un local de bâti existant, s'il y a possibilité. Autrement, il devra être créé et provisionné dans le budget global du mur.

6. Conditions de la faisabilité

Dans leur grande majorité, les murs sont techniquement végétalisables sauf si une réglementation de protection du patrimoine l'interdit et si l'accessibilité rend très difficile sa construction et/ou entretien.

Néanmoins, avant de prendre la décision de végétaliser, le maître d'ouvrage doit appréhender les difficultés qu'il doit maîtriser en ce qui concerne les coûts, très élevés en création et gestion par rapport aux aménagements paysagés classiques, et les contraintes techniques qui peuvent être très fortes, rendant difficile le maintien de la qualité et le pérennisation de l'ouvrage.

6.1 Prise en compte des coûts

Une enquête de Plante & cité réalisée en 2012 sur un ensemble de murs représentatifs des pratiques actuelles a confirmé les coûts élevés de création et de gestion de ce mode de végétalisation.

L'implantation d'un mur végétalisé doit se justifier par une valorisation en rapport à l'investissement engagé et aux frais de fonctionnement imputés au budget du service des espaces verts.

Il s'agit de mesurer l'impact esthétique et les fonctions écologiques et sociales sur le bâtiment aménagé et sur les citoyens du quartier qui sont sensibles au quantitatif et qualitatif des aménagements paysagés de proximité. Les murs végétalisés sont une bonne solution pour compenser l'insuffisance des espaces verts urbains.

Les murs végétalisés intéressent également les bâtiments privés commerciaux et industriels pour améliorer une esthétique parfois discutable et créer une nouvelle image de marque facilement indentifiable.

6.2 Prise en compte des contraintes techniques

■ Les risques constructifs

Le maître d'ouvrage doit faire exécuter une étude préalable de l'évaluation des risques de la végétalisation : pour le mur lui-même et pour son environnement lorsqu'il s'agit d'un espace public.

Le maître d'œuvre devra en tenir compte dans la conception de l'ouvrage.

■ L'accessibilité de l'ouvrage

Pour la création, et ensuite pour l'entretien, le mur doit être accessible :

- depuis le sol pour les végétalisations de faible hauteur ;
- par échafaudage ;
- par nacelles élévatrices avec ou sans déport, dont l'utilisation exige le respect de deux conditions :
 - un sol dont la portance permet le passage et la stabilité des engins,
 - la détention d'habilitation spéciale (CACES catégorie 1A , 1B, 3A, 3B pour les opérateurs) ;

- par nacelles suspendues au bâtiment si la conception de celui-ci le permet.
Le travail sur corde (arboriste/grimpeur/élagueur) doit constituer l'exception et n'être mis en œuvre que si les autres moyens ne sont pas utilisables.

ATTENTION

Il est rappelé que l'échelle n'est pas un poste de travail mais seulement un moyen d'accès et que tout travail en hauteur doit être réalisé par du personnel habilité.

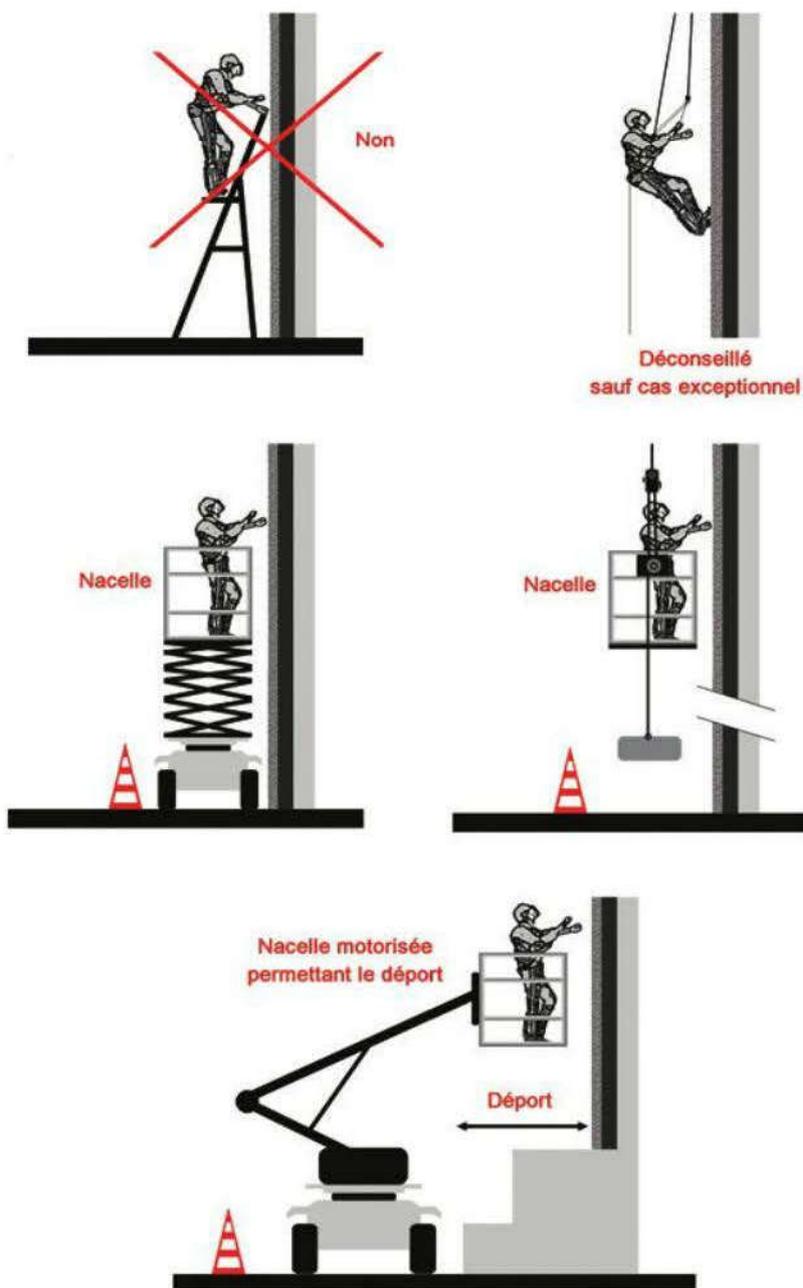


Figure 21 : Exigences et contraintes d'accessibilité

■ Liaison du système de végétalisation avec le mur support

Systeme de végétalisation fixé au mur support

Le dispositif de fixation doit respecter un certain nombre de règles.

- Il doit être adapté :
 - à la nature du revêtement du mur ;
 - aux caractéristiques du mur porteur ;
 - aux efforts mécaniques exercés par la structure et le support de culture à capacité maximale en eau ;
 - au système d'arrosage en fonctionnement ;
 - au poids des végétaux ;
 - à la zone géoclimatique.
- Il doit être rigide et les matériaux utilisés doivent résister au vieillissement et à la corrosion.
- Les matériaux du support et de la visserie doivent être compatibles (éviter aluminium/ acier zingué).
- Une lame d'air (2 cm épaisseur au minimum, 5 cm souhaitables) doit être ménagée entre le mur support et le système de végétalisation.
- Sur le pourtour, une grille de ventilation anti-rongeur doit être posée.
- La longueur des éléments porteurs doit être limitée à 3 m (problème de dilatation).
- La structure métallique doit être reliée à la terre par une cablette de cuivre.

Systeme de végétalisation indépendant du mur en extérieur

Dans ce cas, et souvent parce que le mur à occulter ne peut recevoir directement un mur végétal accolé, la structure porteuse devient une construction à part entière :

- manque de place au droit du mur ;
- faible résistance du mur ;
- enduits détériorés.

Cette structure autoporteuse est scellée en sol sur socle béton de type longrine ou par plots à chaque armature porteuse verticale.

Dans le cas des gabions, elle sera posée sur sol stabilisé et plan avec un système d'évacuation des eaux.

Le dispositif de fixation doit aussi respecter un certain nombre de règles. Il doit être totalement indépendant du mur éventuel qu'il occulte et scellé en sol tout en respectant :

- une distance de sécurité avec le mur occulté permettant aussi l'entretien et la maintenance en tout point (dont la partie arrière) ;
- la nature du sol pour la profondeur et largeur de scellement (une étude géotechnique adaptée sera à prévoir dans la majorité des cas) ;
- les efforts mécaniques exercés par :
 - la structure elle-même sur le socle ;
 - le support de culture à capacité maximale en eau ;
 - le système d'arrosage en fonctionnement ;
 - le poids des végétaux.

7. L'assurance de la qualité : points de contrôle

7.1 Principes généraux

L'assurance de la qualité est de l'entière responsabilité de l'entreprise qui réalise l'ouvrage. Celle-ci doit contrôler la qualité des fournitures et celle de ses prestations de mise en œuvre.

■ L'évaluation des risques

La qualité des fournitures

La qualité des fournitures vérifiée avec les fiches techniques de produits, les analyses et les essais est finalisée à la réception sur le chantier en présence du maître d'œuvre. Le procès-verbal de cette réception est signé par les deux parties.

Le contrôle des prestations

Le contrôle des prestations de la mise en œuvre, défini par la liste des points de contrôle du CCTP ou du plan d'assurance qualité (PAQ) lorsque ce document est validé par la maîtrise d'œuvre, est exigé dans le règlement du marché.

Pour chaque point de contrôle, l'entreprise doit en faire un compte rendu transmis à la maîtrise d'œuvre.

Les points d'arrêt sont des points de contrôle dont la non-conformité interrompt totalement le chantier sur décision de maître d'œuvre.

OBSERVATION

Des contrôles peuvent être effectués à l'initiative du maître d'œuvre lorsqu'il constate que ceux de l'entreprise sont insuffisants ou pour obtenir une certitude lorsqu'il a un doute.

La dangerosité

Le maître d'ouvrage doit faire réaliser par un expert une étude d'évaluation des risques pour les biens et les personnes avant l'installation d'un mur végétalisé. Le maître d'œuvre devra prendre les mesures qui s'imposent pour les maîtriser.

Les risques constructifs

Ils se situent au niveau de :

- la solidité du mur ;
- l'étanchéité du mur ;
- l'accessibilité pour la réalisation et surtout la gestion future ;
- la liaison mur porteur/système de végétalisation dont le dispositif de fixation doit avoir durablement une résistance suffisante aux efforts mécaniques de la structure à sa charge maximale (saturation en eau, poids des végétaux) ;
- les caractéristiques géotechniques du sol qui doivent supporter un mur végétalisé autoportant.

7.2 Responsabilité

Lorsque l'ouvrage est réceptionné, il est sous la responsabilité du maître d'ouvrage. Celle de l'entreprise est dérogée, sauf en cas de vice caché prouvé par une expertise judiciaire.

8. La gestion, la maintenance et l'entretien

8.1 L'alimentation en eau et les éléments fertilisants

Le système de ferti-irrigation est basé sur l'hydroponie du fait de la configuration du complexe de végétalisation qui ne permet pas l'apport d'eau climatique et la composition des substrats de culture stériles ou peu fertiles.

Ce fonctionnement doit être permanent et modulé en fonction des saisons et des expositions et de la palette végétale.

Les contrôles concernent :

- l'eau ;
- les solutions fertilisantes.

■ La qualité de l'eau

Deux caractéristiques importantes sont à prendre en compte :

- le taux de calcaire (qui détermine la dureté de l'eau) ;
- le pH.

La dureté

Elle est mesurée à l'aide du titre hydrométrique TH, indiqué en °f (degrés français). Cet indice est obligatoirement indiqué dans la facture d'eau, c'est une disposition légale.

Il est important de le connaître pour le corriger éventuellement et surtout pour déterminer la dose d'engrais à apporter dans la solution nutritive. À cet effet, on distingue trois catégories de dureté :

- eau douce ;
- eau moyennement dure = TH de 10 à 20 °f ;
- eau dure à très dure = TH de 25 à 45 °f.

Il est possible de diminuer le TH de l'eau de la cuve de solution nutritive avec un « osmoseur », appareil qui débarrasse l'eau du calcaire.

ATTENTION

Les adoucisseurs d'eau sont à proscrire car ils remplacent le calcium par le sodium, aussi mauvais pour les plantes.

Le pH

Lié ou non à la présence de calcaire, il doit être mesuré pour être corrigé.

OBSERVATION

Le bon pH pour les plantes se situe entre 5,5 et 6,5.

Il existe deux façons de le modifier :

- apporter dans la solution un correcteur de pH : soit un produit alcalinisant qui remonte le pH, soit un produit acidifiant qui le diminue. Il faut apporter de petites quantités jusqu'à l'obtention du bon pH, en mesurant après chaque apport ;
- changer le type d'engrais : lorsque le pH est élevé, l'engrais azoté doit être à base d'ammonium pour le diminuer, alors que le nitrate a tendance à l'augmenter.

■ Les engrais

Deux types d'engrais doivent être apportés :

- les **macro-éléments** indispensables : principalement l'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K) présents dans les engrais complets NPK qui contiennent aussi du soufre et du magnésium dont les plantes ont besoin ;
- les **oligo-éléments** indispensables en petite quantité, comme le fer, le cuivre, le bore, le manganèse.

OBSERVATION

Pour la fabrication des solutions nutritives, on trouve dans le commerce ces engrais sous forme liquide.

Les quantités à apporter sont fonction de la dureté de l'eau.

Tableau 1 : Quantité d'engrais à utiliser en fonction de la dureté de l'eau

| Quantité par litre d'eau | Macro-éléments | Oligo-éléments |
|---|----------------|----------------|
| Eau douce (inférieure à 10 °f) | 0,20 g | 0,10 g |
| Eau moyennement dure (de 10 à 25 °f) | 0,30 g | 0,15 g |
| Eau dure à très dure | 0,40 g | 0,20 g |

OBSERVATION

Pour les murs végétalisés, ces quantités sont en 1/10 de celles pratiquées en production horticole.

Ces quantités sont indicatives. Il est nécessaire de vérifier avec le conductimètre la conductivité de la solution :

- 1,5 (ms/cm²) est la bonne moyenne ;
- 1,0 est une solution pauvre, acceptable seulement en période de végétation ralentie (hiver) ;
- 2,5 à 3,0 est une solution très riche, valable seulement en pleine saison de végétation (en été).

Le pH et la conductivité vont varier (diminuer ou augmenter) au cours des saisons et la composition se modifie du fait de la consommation par ces plantes.

Il faut donc vérifier périodiquement la valeur de ces deux paramètres (une fois par mois est le bon rythme) pour y apporter les bonnes corrections :

- Pour le pH :
 - la diminution est une évolution normale que l'on corrige par apport d'engrais à base de nitrates ;
 - l'augmentation correspond à un apport d'engrais à base d'ammonium peut rectifier le pH mais si cela est insuffisant, il vaut mieux renouveler la solution.
- Pour la conductivité :
 - la diminution est conjointe à celle du pH, il faut alors apporter du nitrate ;
 - l'augmentation signale qu'il faut stopper les engrais.

ATTENTION

La salinisation du substrat d'enracinement est le problème principal de la ferti-irrigation par hydroponie et peut être la cause de la mortalité des végétaux. C'est la raison pour laquelle les quantités d'engrais dans les solutions sont beaucoup moins élevées (1/10 pour le procédé Patrick Blanc) que celles des productions horticoles. L'indicateur est la conductivité du substrat, il faut arrêter les apports d'engrais lorsque le seuil de tolérance est atteint.

■ Modalités d'apport

Durée

Chaque irrigation déclenchée par le programmeur doit durer le temps nécessaire pour humidifier totalement et uniformément le substrat (lorsque l'excédent a coulé dans la gouttière).

Selon la hauteur du mur et la pression de l'eau, cette durée est de l'ordre de 1 à 5 min.

Fréquence

La séquence suivante est déclenchée alors que le substrat est encore légèrement humide, soit une fréquence de 3 à 6 fois par jour au programmeur.

OBSERVATION

Pour déterminer la bonne durée et la bonne fréquence, il faut faire des tests à la mise en fonctionnement et à chaque changement de saison.

La consommation d'eau

Elle varie en fonction du climat, de l'exposition et de la saison, et aussi selon qu'il y ait ou non recyclage.

Seul Patrick Blanc donne des indications concernant son concept : il annonce 0,5 à 5 litres d'eau par m² et par jour, les consommations étant plus importantes en mur extérieur qu'en murs intérieurs.

OBSERVATION

À l'extérieur, en climat tempéré, il faut compter 3 litres par m² et par jour en été.

8.2 Maintenance des installations

- Vérifier au moins une fois par mois le bon fonctionnement du système d'irrigation :
 - détection des pannes ;
 - entretien et réglages de l'approvisionnement en eau et nutriments en fonction des besoins de la saison ;
 - nettoyage des filtres ;
 - vérification du bon fonctionnement des goutteurs.
- Maintenance du système informatisé de régulation.
- Nettoyage du local technique.
- Vérifier au moins une fois par an les fixations du système de végétalisation au mur support.
- Vidange du réseau avant l'hiver.

8.3 Entretien des plantations

- Visualisation au moins une fois par semaine de l'état de la végétation pour détecter tout dysfonctionnement du système d'irrigation en excès ou en insuffisance.
- Taille des espèces vigoureuses pour contrôler la concurrence.
- Nettoyage, suppression des rameaux au printemps.
- Remplacement des plants manquants au printemps à la remise en fonctionnement de l'irrigation.

Végétalisation des pieds de murs du domaine public

1. Champ d'application

La végétalisation est réalisée sur les trottoirs du domaine public (rues urbaines), au pied des murs des propriétés privées et est dénommée « aménagement à titre précaire du domaine public routier communal ».

Les travaux d'aménagement qui comportent la tranchée et les plantations sont effectuées par les propriétaires riverains qui assureront également par la suite l'entretien.

Cette nouvelle catégorie d'espaces verts dans la ville a été initiée par la ville de Rennes, pionnière dans ce domaine, et qui a fait de nombreux émules dans d'autres collectivités. La démarche est toujours en bon développement partout où elle est appliquée.

2. Organisation : un partenariat

Elle est mise en place à partir d'une démarche spontanée d'un collectif de citoyens demandeurs au niveau d'une rue, d'un îlot d'habitation ou d'un quartier.

Plusieurs organismes doivent participer pour apporter une assistance technique :

- le service « espaces verts » (et voirie) ;
- les associations concernées.

Dans le cas de la ville de Rennes, ont participé à l'opération :

- la Société d'horticulture ;
- la Maison de la consommation et de l'environnement (MCE - Bretagne vivante) ;
- la Société d'étude et de protection de la nature en Bretagne (SEPNB).

3. Documents à établir

3.1 Cahier des charges techniques à l'attention des demandeurs

Le cahier des charges techniques à l'attention des demandeurs est à établir par la réunion des partenaires.

À titre d'exemple, ci-dessous, celui de la ville de Rennes :

« Végétalisation à titre précaire du domaine public routier communal »

Cahier des charges technique à l'attention des demandeurs

I°) Objet :

La ville de Rennes met à disposition des demandeurs riverains certains espaces du domaine public en vue de les végétaliser : pieds d'arbre en terre ou en sablé, espaces en terre non végétalisés, trottoirs, îlots ainsi que pieds de façades et de palissades.

Cette végétalisation comportera l'aménagement du site et la plantation de végétaux ainsi que leur entretien suivant les conditions définies dans le présent cahier des charges.

II°) Conditions :

1. L'occupation du domaine public routier communal dans le cadre de cette action est accordée à titre gratuit.
2. L'ensemble des travaux relatifs à la végétalisation de façades et de palissades est soumis à instruction préalable des services de la ville.
3. Les projets d'aménagement sur trottoir ne pourront être acceptés qu'à la condition de maintenir un passage libre pour les piétons d'au moins 1,40 m.
4. Le demandeur s'engage à respecter les conditions d'aménagement, d'entretien et les limites du cahier des charges.
5. En cas de défaut d'entretien ou de non respect des conditions du cahier des charges, la ville de Rennes informe le demandeur de ses intentions et récupère sans formalité la maîtrise de l'espace.

6. Limites :

- L'utilisation de tout désherbant et produit chimique est interdite.
- Pas d'apport d'engrais.
- Limitation du travail du sol à 15 cm de profondeur
- Afin de ne pas gêner la circulation des piétons, l'emprise des espaces aménagés sur le domaine public sera inférieure ou égale à 15 cm par rapport aux façades. L'épaisseur devra aussi être contenue dans cette même mesure de 15 cm et ceci jusqu'à une hauteur de 2 mètres.
- Proscrire l'usage des plantes épineuses sur l'ensemble des aménagements.
- Respecter les racines, les écorces, les troncs et les branches des arbres qui demeurent propriété de la ville de Rennes (pas de blessures, coupes, clous, crochets, fils de fer).
- Pas de plantation au pied des poteaux et du mobilier urbain.
- Pas de plantes grimpantes au pied des arbres.
- D'une manière générale, il ne devra résulter de l'activité aucune gêne pour la circulation ni pour l'accès aux propriétés riveraines.

7. Consignes d'entretien :

- Assurer l'arrosage des plantations autant que nécessaire
- Ramasser les feuilles mortes et déchets verts issus des plantations afin de tenir le trottoir dans un état de propreté permanent.
- Tailler régulièrement les végétaux pour éviter toute entrave à la circulation des piétons et des véhicules et d'éviter l'envahissement des propriétés voisines sauf accord des propriétaires.
- Conduire le développement des plantes grimpantes.
- Pour les aménagements plantés en pied de mur sur trottoir, une délimitation du pied des plantes devra être mise en place au moyen d'une ardoise disposée comme bordure. Ce mode de protection permettra en outre de prévenir les agents d'entretien de la voirie lors de leurs interventions.

8. Responsabilité

Quelles que soient les modalités de suppression de l'aménagement, le demandeur ne pourra prétendre au versement d'une indemnité. La ville de Rennes s'engage à respecter les plantations qu'elle aura autorisées, toutefois sa responsabilité ne pourra être engagée en cas de destruction accidentelle ou d'intervention sur la voirie nécessitée pour des motifs d'urgence ou impérieux liés à la gestion de la voie publique. »

3.2 Guide pratique

Il doit donner les conseils essentiels pour bien concevoir, réaliser et entretenir les plantations au pied des murs.

■ Caractéristiques du milieu de plantation

Le milieu de plantation a deux caractéristiques dont il faudra tenir compte :

- le faible volume de terre. Ainsi, à Rennes, les dimensions imposées sont 15 cm de largeur et 15 cm de profondeur ;
- des expositions contraignantes pour les végétaux :
 - plein sud : chaud et sec,
 - plein nord : froid et ombragé.

■ Contenu du guide

Le guide comprend trois grands chapitres :

I - Le rappel des règles de l'art pour préparer les sols, planter et entretenir.

Il est conseillé d'utiliser une bonne terre de jardin et d'éviter celles qui sont très compactes (asphyxiantes), très légères (desséchantes), très acides (sauf pour les plantes de terre de bruyères) ou très carbonatées (seulement pour les espèces qui tolèrent le calcaire).

OBSERVATION

Les pesticides sur trottoirs sont interdits dans de nombreuses communes.

II – La description des supports utilisables autorisés pour les plantes grimpantes :

- fil de fer ;
- treillis en fer ;
- treillages.

III - La palette végétale conseillée :

- grimpantes ;
- couvre- sols ;
- vivaces ;
- sauvages annuelles ;
- bulbes ;
- graminées ;
- annuelles ;
- arbustes.

Dans chacune de ces catégories sont indiquées les contraintes d'exposition (plein soleil ou ombre) dont il faut tenir compte pour bien choisir.

À Rennes, cette palette végétale conseillée par la ville comportait 127 espèces adaptées aux différentes situations d'aménagement.

3.3 Faire une demande au maire

ATTENTION

Aucune intervention ne peut être réalisée sans autorisation demandée au maire de la ville et accordée par celui-ci.

Modèle de demande, exemple de la ville de Rennes

Ville de Rennes
Direction des Jardins
CS 631 126
35031 Rennes Cedex

Rennes, le

DEMANDEUR

Nom : _____
Prénom : _____
Adresse : _____
Téléphone : _____
E-mail : _____

Objet : Demande d'autorisation de végétalisation sur rue.

Madame la Maire,

Dans le cadre de l'opération « Embellissons nos murs », je souhaite pouvoir végétaliser la façade de :

- la maison dont je suis le propriétaire/locataire*
 l'immeuble où je réside

sur : mètres linéaires.

La maison dont la façade est à végétaliser est située à Rennes à l'adresse suivante :

.....
L'espace à végétaliser se situe sur : trottoir espace vert

S'il s'agit du trottoir situé devant la maison/immeuble, fait-il plus de 1,40 mètres de large* :

- Oui
 Non

Je souhaite :

- que les travaux soient pris en charge par la ville de Rennes*
 faire les travaux moi-même*

Je m'engage, par ce courrier, à entretenir les parterres et à respecter le cahier des charges techniques « Végétalisation à titre précaire du domaine public routier communal » mis en place par la ville de Rennes.

- Je vous joins un plan de la façade et des zones que je désire percer.**

Et vous demande par la présente votre autorisation.

Recevez, Madame la Maire, mes meilleures salutations.

Signature

* Rayer la mention inutile

** Modèle de plan à joindre

Glossaire

Appréciation technique d'expérimentation

ATEX c'est une procédure rapide pour les projets innovants qui n'ont pas d'Avis Technique. L'ATEX est un avis éclairé d'experts (du CSTB) accordé pour une seule opération.

Avis technique

Il concerne les procédés ou les matériaux dont l'emploi qui en est fait constitue une nouveauté qui ne permet pas encore leur normalisation. Des composantes de murs végétalisés en font partie. L'ATEC est une opinion délivrée par un collège d'experts sur présentation d'un dossier et valable entre 2 et 7 ans.

Biodiversité

Diversité des espèces animales et végétales à l'intérieur d'un territoire homogène, l'écosystème, où le plus grand nombre d'animaux et de végétaux trouvent les conditions nécessaires pour se nourrir, s'abriter et se reproduire.

Capacité maximale en eau (CME)

C'est la quantité d'eau retenue par le support de culture mis en saturation pendant 24 heures puis en ressuyage pendant 2 heures. C'est important pour le contrôle de l'arrosage afin d'éviter les excès qui constituent un risque important dans les murs végétalisés.

Conductivimètre

Appareil servant à mesurer la conductivité : très important dans les systèmes de ferti-irrigation par hydroponie où les excès sont toujours à craindre.

Conductivité

C'est la mesure de la salinité d'un sol par la conduction de l'électricité dans la phase liquide d'un substrat où se développent les racines. L'excès de salinité dû à une fertilisation excessive est une cause de mortalité des végétaux.

Confortement

Travaux réalisés par l'entreprise pendant la période de garantie pour maintenir en bon état de végétation l'ouvrage : arrosage, tailles, fertilisation, etc.

Constat d'achèvement des travaux de plantation

Ce constat effectué conjointement par le maître d'œuvre et l'entreprise marque le début de la garantie de reprise. Il fait l'objet d'un procès-verbal signé par les deux parties et transmis au maître d'ouvrage.

Constat de reprise

Il est effectué chaque année pendant la durée de la garantie de prise entre le 15 août et le 15 octobre par le maître d'œuvre et l'entreprise. Les plantations et gazons notés comme morts et dépérissants devront être remplacés avant le 31 décembre (par dérogation avant le 15 mars). Il est souhaitable que le maître d'ouvrage assiste à cette opération pour valider le procès verbal.

Contrôleur technique

Bureau d'étude de la maîtrise d'ouvrage chargé d'évaluer les risques de la réalisation de l'ouvrage.

Documents techniques unifiés

Ils concernent la conception et l'exécution des ouvrages de bâtiments et ils sont constitués des documents suivants :

- Cahiers des clauses techniques ;
- Critère de choix des matériaux avec indication des normes ;
- Cahiers des clauses spéciales définissant les limites des prestations et les obligations.

L'application des DTU est obligatoire pour les marchés publics et facultative pour les marchés privés mais pouvant être exigée par les assurances.

Dosatron

Système de dosage et de récupération de la ferti-irrigation en méthode hydroponique.

Entreprise de mise en œuvre

Elle réalise l'ouvrage dont elle est responsable jusqu'à la réception par le maître d'ouvrage. Elle peut être le fournisseur du système ou une entreprise paysagiste appliquant les règles professionnelles de l'UNEP (Union nationale des entreprises paysagistes) dans le domaine des murs végétalisés.

Façade non porteuse

Elle ne sert pas à la solidité de la construction étant constituée de murs rideaux ou de murs panneaux.

Façade porteuse

Elle sert d'appui aux charpentes et aux planchers.

Ferti-irrigation

Système d'irrigation fertilisante à partir d'une solution nutritive apportée dans le substrat d'enracinement des plantes par des tuyaux, équipés de goutteurs ou seulement percés. Ce procédé est appelé hydroponie.

Gestionnaire

Personne physique ou morale qui assure l'entretien et la maintenance de l'ouvrage après la réception. Le gestionnaire doit maintenir et pérenniser la qualité. Cette mission peut être confiée à un service technique du maître d'ouvrage ou à une entreprise d'espaces verts.

Goutteurs

Éléments des systèmes d'arrosage « goutte à goutte » permettant l'arrosage localisé en surface ou en profondeur. Ils sont fixés sur les tubes d'amenée en dérivation ou fixés au tube. Ils peuvent être turbulents ou autorégulés.

Hydroponie

Système de distribution d'eau et d'éléments nutritifs par goutteurs ou tuyaux percés dans des supports de cultures non fertiles comme les feutres, les sphaignes et les tourbes.

Lame d'air

Intervalle entre le mur support et le complexe de végétalisation. Il est recommandé une épaisseur de 5 cm.

Matière organique

Composés d'origine végétale fermentés ou fermentescibles. Ils sont transformés en humus par les champignons et bactéries. Ils sont la base de la fertilité biologique des sols et support de culture, contribution essentielle de l'alimentation de la plante. Lorsque leur taux est insuffisant, un amendement organique est nécessaire. Dans les murs végétalisés cette procédure s'applique seulement dans les procédés ayant un substrat de culture fertile. Ceux qui ont un substrat inerte sont alimentés artificiellement par hydroponie.

Maître d'œuvre

Personne physique ou morale qui conçoit et dirige les travaux de réalisation du projet conformément au programme du maître d'ouvrage.

On distingue :

- la phase études qui aboutit à un dossier de consultation des entreprises (DCE) ou une commande ;
- la phase travaux, organisation et contrôle de la conformité des prestations des entreprises.

Maître d'ouvrage

Personne physique ou morale pour laquelle est réalisé un projet conforme au programme qu'elle a élaboré définissant :

- les besoins ;
- les objectifs ;
- le budget ;
- le calendrier.

Il désigne le, ou les maîtres d'œuvre ; il choisit la ou les entreprises et il réceptionne l'ouvrage à la fin de la période de garantie.

Mur support

Façade sur laquelle est fixé le complexe de végétalisation.

Nappe d'irrigation

Elle est utilisée dans le procédé Patrick Blanc appelé « nappe continue ». Il s'agit d'un feutre imputrescible en matériaux synthétiques posé en double épaisseur sur un support imperméable. Il a le rôle d'un support de culture dans lequel les plantes s'enracinent.

Parachèvement

Ce sont les travaux réalisés après le constat d'achèvement des plantations au début de la période de garantie de reprise pour terminer l'ouvrage. Ils sont en principe peu importants sur les murs végétalisés (par exemple, terminer l'installation d'irrigation).

pH

Il désigne le degré d'acidité d'un support de culture ou d'une solution nutritive selon une échelle de 0 à 7 et celui de l'alcalinité (basique) de 7 à 14. Le chiffre 7 désigne un milieu neutre dans chacune des deux grandes catégories (acide, alcalin). Les espèces de végétaux utilisés peuvent être : adaptées, tolérantes ou inadaptées. Il faut donc connaître le pH pour faire les bons choix et le corriger quand c'est nécessaire. Il doit être surveillé dans les systèmes hydroponiques.

pH-mètre

Appareil pour mesurer le Ph.

Pompe doseuse volumétrique

Pompe qui assure la dilution de la solution nutritive dans l'eau d'arrosage, en fonction du débit et du dosage déterminés par le gestionnaire.

Réception de l'ouvrage

Elle est effectuée à la fin de la garantie de reprise par le maître d'ouvrage et l'entreprise. Elle est préparée par le maître d'œuvre à la demande de l'entreprise lorsque celle-ci a terminé toutes ses prestations. Elle sera définitive si l'ouvrage est entièrement conforme, ou avec réserves si des non-conformités sont constatées et elle ne sera définitive que lorsqu'elles seront levées par la maîtrise d'œuvre.

Recyclage

Dans les murs végétalisés c'est la récupération de l'excès de solution nutritive qui s'écoule au pied de ceux-ci. Cet excédent est renvoyé dans la cuve et remis dans le circuit.

Support de culture

Produits dans lesquels les végétaux peuvent s'enraciner. Ils doivent être conformés à la norme NFU 44551. On distingue deux grandes catégories :

- Les supports fertiles qui contiennent les éléments nécessaires à la nourriture des plantes, ils contiennent de la terre végétale.
- Les supports inertes stériles : Les plus fréquents dans les murs végétalisés. Ils permettent aux racines de s'installer, mais la nourriture doit être apportée de l'extérieur (hydroponie).

Réglementation, normes et autres documents de référence

1. Textes réglementaires

Code du travail, articles R4323-58 à R 4323-64 relatifs aux travaux temporaires en hauteur. Les principales obligations figurent dans la Section 8, (livre III, titre II, chapitre III), intitulée « dispositions particulières applicables à l'exécution de travaux temporaires en hauteur et à certains équipements de travail utilisés à cette fin ».

2. DTU - normes

NF DTU 33.1 Travaux de bâtiment – Façades rideaux

- Partie 1-1 : Cahier des clauses techniques types (indice de classement : P28-002-1-1), mai 2008.
- Partie 1-2 : Critères généraux de choix des matériaux (indice de classement : P28-002-1-2), mai 2008.
- Partie 2 : Cahier des clauses administratives spéciales types (indice de classement : P28-002-2), mai 2008.

NF P 94-325-1 : Exécution des travaux géotechniques spéciaux - Ouvrages en gabions en grillage métallique à maille hexagonale double torsion – Partie 1 : ouvrages hors site aquatique, mars 2004.

NF EN 10223-3 : Fils et produits tréfilés en acier pour clôtures et grillages – Partie 3 : produits en grillage à mailles hexagonales en acier pour applications en génie civil, avril 2014.

NF EN 10223-8 : Fils et produits tréfilés en acier pour clôtures et grillages – Partie 8 : gabions à mailles soudées, avril 2014.

NF EN 10244-1 : Fils et produits tréfilés en acier – Revêtements métalliques non ferreux sur fils d'acier – Partie 1 : principes généraux, août 2009.

NF EN 10244-2 : Fils et produits tréfilés en acier – Revêtements métalliques non ferreux sur fils d'acier – Partie 2 : revêtement de zinc ou d'alliage de zinc, août 2009.

NF EN 10245-1 : Fils et produits tréfilés en acier – Revêtements organiques sur fils d'acier – Partie 1 : principes généraux, décembre 2011.

NF EN 10245-2 : Fils et produits tréfilés en acier – Revêtements organiques sur fils d'acier – Partie 2 : fils à revêtement de PVC, décembre 2011.

NF EN 10245-3 : Fils et produits tréfilés en acier – Revêtements organiques sur fils d'acier – Partie 3 : fils à revêtement de PE, décembre 2011.

NF EN 12944-2 : Engrais et amendements calciques et/ou magnésiens – Vocabulaire – Partie 2 : termes relatifs aux engrais, mars 2000.

NF EN 13037 : Amendements du sol et supports de culture – Détermination du pH – Amendements organiques et supports de culture, février 2012.

NF EN 13038 : Amendements du sol et supports de culture – Détermination de la conductivité électrique – Amendements organiques et supports de culture, février 2012

NF U 44-551 : Supports de culture – Dénominations, spécifications, marquage, mai 2002.

NF EN ISO 1461 : Revêtements par galvanisation à chaud sur produits finis en fonte et en acier – Spécifications et méthodes d'essai, juillet 2009.

NF EN ISO 14713 : Revêtements de zinc – Lignes directrices et recommandations pour la protection contre la corrosion du fer et de l'acier dans les constructions – Partie 1 : principes généraux de conception et de résistance à la corrosion, mars 2010.

NF X 35-109 : Ergonomie – Manutention manuelle de charge pour soulever, déplacer et pousser/tirer – Méthodologie d'analyse et valeurs seuils, octobre 2011.

3. Règles professionnelles

Fascicule 35 – Cahier des clauses techniques générales : Aménagements paysagers – Aires de sports et de loisirs et de plein air, avril 1999.

Règles professionnelles P.C.2-R1 « Travaux de plantation des arbres et des arbustes », février 2012 et révision avril 2012.

Règles professionnelles P.C.6-R0 « Conception des systèmes d'arrosage », juillet 2012.

Règles professionnelles P.E.4-R0 « Travaux de maintenance des systèmes d'arrosage », juillet 2012.

Règles professionnelles P.C.7-R0 « Travaux de mise en œuvre des systèmes d'arrosage », juillet 2014.

Règles professionnelles : Conception, réalisation et entretien de murs végétalisés, UNEP (Union nationale des entreprises du paysage), rédaction en cours de finalisation.

Index

Acides — 29, 101

Acoustique — 46

Arbustes — 10, 66, 70, 74, 76

Bord de mer — 77

Buissonnantes — 79

Bulbeuses — 43

Câblage — 19

Calcaires — 29, 95

Contenants — 35

Crampons — 10, 19, 33

Drainage — 18

Eau — 95

Feuillages — 30, 31, 43, 44, 80, 81, 82, 84

Fertilisants — 95

Fils — 19

Fleurissement — 40

Fleurissements — 42

Floraisons — 85

Fougères — 70, 74, 75, 77

Gabions — 53

Grandes plantes — 27

Graminées — 44, 70, 73, 75, 77, 80

Grimpantes — 10, 11, 12, 13

L'hydroponie — 86

Nappes continues — 50

Neige — 58

Plantes basses — 25

Plantes moyennes — 26

Port érigé — 80

Poteaux — 24

Rails — 52

Retombantes — 79

Sarmenteuses — 26, 27
Sec — 74
Sols secs — 30
Sphaignes — 64
Substrat — 62, 64
Suspensions — 40
Systèmes modulaires — 51

Tapissantes — 78
Treillages — 21

Vent — 58
Vivaces — 42, 66, 71, 74, 76
Volubiles — 11, 26, 27, 28
Vrilles — 12, 27



**Déjà parus
dans les
collections**

Collection Guide Pratique

Fondations

Conception, dimensionnement et réalisation
Maisons individuelles et bâtiments assimilés
En application des DTU 13.12, 13.3 et du fascicule 62, titre V

Maçonneries

Murs intérieurs et extérieurs
En application des NF DTU 20.1 et 20.13

Les enduits de façade

Mise en œuvre des enduits minéraux sur supports
neufs et anciens
En application de la norme NF DTU 26.1 et de la certification
« Certifié CSTB Certified » des mortiers d'enduits monocouches

Le ravalement de façade

Par application de revêtements
En application des DTU 42.1 et 59.1

Façades rideaux

Performances, mise en œuvre, entretien
et maintenance
En application de la norme NF DTU 33.1

Salissures de façade : comment les éviter ?

Exemples de solutions techniques
Diagnostic des causes de salissures et solutions pour les prévenir
ou y remédier

Planchers et rupteurs de ponts thermiques

Conception et mise en œuvre
En application des normes européennes, des Eurocodes et des DTU

Plafond Rayonnant Plâtre (PRP)

En application des Avis Techniques et du DTU 25.41

Plancher Rayonnant Electrique (PRE)

En application des Avis Techniques, du CPT PRE
(e-Cahiers du CSTB n° 3606_V3), des normes NF DTU 26.2,
du NF DTU 52.1 et du DTU 26.2/52.1

Les escaliers

Conception, dimensionnement, exécution :
escalier en bois, métal, verre, maçonnerie, pierre
naturelle...
En application des textes réglementaires, normes et règles
consacrées par l'usage

Ouvrages en plaques de plâtre avec ou sans isolation

Plafonds, habillages, cloisons, doublages,
parois de gaines techniques
En application des normes NF DTU 25.41, 25.42

Pose collée de carrelage en travaux neufs

Carreaux céramiques ou assimilés – pierres naturelles
En application de la norme NF DTU 52.2
et du e-Cahiers du CSTB n° 3527_V3

Revêtements de sol scellés en intérieur et extérieurs

Carreaux céramiques ou assimilés - Pierres naturelles

Les sous-couches isolantes sous carrelage

Mise en œuvre sous carrelage scellé
ou sous chape et carrelage collé

En application des NF DTU 52.10, 26.2 et 52.1

Pose flottante des parquets

Revêtements de sol à placage bois et stratifiés
En application de la norme NF DTU 51.11 et du CPT
« Systèmes de revêtements de sol stratifiés posés flottants »

Les peintures et revêtements muraux collés

En intérieur
En application du NF DTU 59.1 et du DTU 59.4

Garde-corps de bâtiments

Fonction, conception et dimensionnement
En application de l'article R. 111-15 du Code de la construction
et de l'habitation (CCH) et des normes NF P01-012 et P01-013

Les couvertures en tuiles

Tuiles de terre cuite - tuiles en béton
En application des DTU 40.21, 40.211, 40.22, 40.23, 40.24, 40.241 et 40.25

Écrans souples de sous-toiture

Conception et mise en œuvre

Étanchéité des toitures-terrasses

Conception et réalisation
En application des DTU 43.1, 43.3, 43.4 et 43.5

Les vérandas

Conception, construction, entretien, maintenance
En application des règles professionnelles SNFA et du référentiel
du CSTB pour l'homologation des systèmes de vérandas

Ossatures métalliques

Maisons individuelles, bâtiments résidentiels,
locaux industriels et bureaux
En application du PR NF DTU 32.3

Installations de gaz dans les bâtiments d'habitation

En application de la norme NF DTU 61.1

Installations électriques et de communication des bâtiments d'habitation

En application de la norme NF C 15-100 et du guide UTE C 15-900

Procédés de traitement des eaux

à l'intérieur des bâtiments individuels ou collectifs

Plomberie et raccordements aux appareils

Conception, mise en œuvre et entretien des réseaux

En application des DTU 60.1, 60.11 et du *e-Cahiers du CSTB 2808_V2*

Collection **Guide Pratique**
Développement durable

Installation d'assainissement autonome

Pour maison individuelle

En application de la norme NF DTU 64.1

Procédés non traditionnels d'assainissement autonome

Procédés compacts de filtration, micro-stations et filtres plantés de roseaux

Perméabilité à l'air de l'enveloppe

Réglementation, risques, mesure et amélioration

En application de la RT 2012

Les ponts thermiques dans le bâtiment

Mieux les connaître pour mieux les traiter

En conformité avec la réglementation thermique

Fenêtres en travaux de rénovation

Aluminium, bois, PVC

Conception et mise en œuvre

En application de la norme NF DTU 36.5

et du *e-Cahiers du CSTB n° 3709*

Fenêtres en travaux neufs

Aluminium, bois, PVC

Conception et mise en œuvre

En application de la norme NF DTU 36.5 et

du *e-Cahiers du CSTB n° 3709*

Les volets roulants

Conception et mise en œuvre

En application du CPT n° 3676

Isolation thermique extérieure par enduit sur isolant PSE

En application du *e-Cahiers du CSTB n° 3035_V2*

Bardage rapporté sur ossature secondaire en bois

Mise en œuvre sur murs en béton banché ou en maçonnerie d'éléments

En application du Cahier du CSTB n° 3316 et de ses modificatifs n° 3422 et n° 3585_V2

Isolation des combles aménagés

Produits en rouleaux, panneaux

Isolation des combles perdus

Produits en rouleaux, panneaux et en vrac

Isolation en sous face des planchers bas

Bâtiments neufs et existants

En application du DTU 27.1 pour la technique de projection de laine minérale

Isolation des toitures-terrasses

Conception, mise en œuvre et entretien

En application des DTU de la série 43

Les toitures végétalisées

Conception, réalisation et entretien

En application des DTU de la série 43 et des Règles professionnelles CSFE-ADIVET-SNPPA-UNEP

Ventilation double-flux dans le résidentiel

Conception, mise en œuvre et entretien

Construction d'une cheminée

Âtres, appareils à foyer ouvert, inserts et poêles

à bois. Conduits maçonnés et métalliques

En application des normes NF DTU 24.1 et 24.2

Chauffe-eau solaire individuel

Conception, mise en œuvre et entretien

Pompe à chaleur géothermique

Chauffage et rafraîchissement en maison individuelle

Conception, mise en œuvre et entretien

Plancher chauffant - rafraîchissant basse température

Conception, mise en œuvre et entretien

En application du DTU 65.14, de la norme NF EN 1264

et du *e-Cahiers du CSTB N° 3164*

Collection **Guide Pratique**
Aménagements urbains durables

Aires de jeux

Conception, installation, entretien

En application des normes NF EN 1176 et EN 1177

L'arbre en milieu urbain

Choix, plantation et entretien

Les haies urbaines et péri-urbaines

Fonctions, choix des espèces, mise en œuvre et entretien

Conception et mise en œuvre des clôtures et portails

Réalisation, entretien et sécurité

Collection **Guide Pratique**
Droit & construction

L'Assurance construction

Mieux comprendre le système de l'assurance construction

Les diagnostics immobiliers

Diagnostics obligatoires ou quasi-obligatoires

Risques et litiges des marchés privés de travaux

Passation des marchés, exécution et réception des travaux et garantie de parfait achèvement

Végétalisation des murs

Conception, mise en œuvre, entretien et maintenance

Avec la collection Guide Pratique Développement durable, le CSTB met en avant des sujets mariant bâtiment et préoccupations environnementales. Cette collection permet aux professionnels du bâtiment une lecture facilitée des règles techniques de construction à travers un large éventail de situations possibles de mise en œuvre.

Les murs végétalisés participent à la protection de la biodiversité en milieu urbain. Ces murs sont de nouvelles structures paysagères, la conception est originale et la gestion particulière. Les végétaux sont plantés à l'horizontale et recouvrent la totalité de la surface aménagée comme des couvre-sols et des pelouses

Tous les murs peuvent être végétalisés, à condition que l'on puisse y fixer le support de végétalisation. Le guide pratique « Végétalisation des murs » décrit et illustre l'ensemble des étapes, de la conception à la mise en œuvre, des différents procédés de murs végétalisés extérieurs :

- composants (support, complexe de végétalisation, substrat, palette végétale, installation d'irrigation et fertilisation) ;
- modes de fixation au mur (sur fils, câbles, treillages, poteaux) ;
- critères de choix des espèces selon le développement, l'exposition, le sol, l'intérêt décoratif ;
- conditions de faisabilité (réglementation, accessibilité, coûts) ;
- exigences de fonctionnement (points de contrôle, maintenance, entretien).

Les aspects budgétaires sont également abordés ainsi que les contraintes de gestion, elles sont essentielles pour que l'ouvrage soit durable.

Ce guide pratique « Végétalisation des murs » sera utile à tous les intervenants de la création et de l'entretien de ces murs (maître d'ouvrage, maître d'œuvre, gestionnaire, entreprise). Il a été rédigé par Claude Guinaudeau, ingénieur horticole et illustré par Jean-Claude Guinaudeau.

SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33)01 60 05 70 37 | www.cstb.fr

CSTB
le futur en construction