

Travaux

Travaux de mise
en œuvre
et d'entretien
en végétalisation
de bâtiments

Recommandations professionnelles

Conception, réalisation et entretien
de solutions de végétalisation
de façades par bardage rapporté

N°: **B.C.3-R0** | Création : septembre 2016



chaque
jardin
compte



Préambule

Les règles et recommandations professionnelles sont la transcription et l'identification du savoir-faire des entreprises du paysage.

Elles sont rédigées par des professionnels du paysage : entreprises, donneurs d'ordre, bureaux d'études, enseignants, fournisseurs, experts.

Elles sont élaborées en tenant compte de l'état des lieux des connaissances au moment de leur rédaction, et des documents existants sur certains sujets spécifiques. Elles constituent ainsi une photographie des "bonnes pratiques" du secteur.

Elles sont toutes organisées selon le même principe. Ainsi, on y trouve :

- une délimitation précise du domaine d'application ;
- un glossaire détaillé des termes employés dans le document ;
- des prescriptions techniques organisées selon la logique du déroulement de chantier ;
- des points de contrôle, qui donnent les moyens de vérifier la bonne exécution du travail ;
- des annexes techniques pouvant être de différents ordres : compléments techniques spécifiques, exemples de méthodes à mettre en œuvre, etc.

Les règles et recommandations professionnelles sont applicables à tout acteur concourant à la réalisation et l'entretien d'un ouvrage paysager.

Nota bene : Les règles et recommandations professionnelles du paysage n'ont pas pour vocation de remplacer le fascicule 35 mais de le compléter et de l'enrichir. Les règles et recommandations professionnelles du paysage sont bien sûr conformes aux prescriptions générales du fascicule 35 et visent essentiellement à décrire les techniques mises en œuvre et les résultats à obtenir, pouvant s'intégrer notamment dans les CCTP des marchés de travaux.

Avertissement : les réglementations de chantier et celles relatives à la sécurité des personnes ne sont pas abordées dans ces documents. Il va de soi que toutes les activités décrites doivent être réalisées dans le respect de la législation en vigueur.

Liste des personnes ayant participé à la rédaction

Comité de pilotage

Jean-Pierre BERLIOZ (Unep, Membre honoraire)
 Christophe GONTHIER (Unep, Président de la Commission technique)
 Eric LEQUERTIER (Unep, Vice-président de Plante & Cité, Président du comité de pilotage des règles professionnelles)
 Thierry MULLER (Unep, Vice-président de QualiPaysage)

Comité de rédaction

Christophe BOUTAVANT (Unep/Le Vivant et la Ville - entrepreneur)
 José DOS SANTOS (Unep)
 Philippe FAUCON (Ingénieur Horticole - CRITT Horticole)
 Claude GUINAUDEAU (Expert indépendant des techniques du paysage et de l'environnement)
 Thierry MULLER (Unep)

Comité de relecture

Claude CAILLET (Ino Végétal)
 Olivier DAMAS (Plante & Cité)
 Manuel DARSE (Novintiss)
 Cécile DUMAS (Unep)
 Valentine GIRAUD (Greenwall)
 Claire GROSBELLET (fournisseur de substrat)
 François-Xavier JACQUINET (Tracer)
 Antoine PIGOT (Casa Verde)
 Jean-Pierre ROSSIGNOL (expert)
 Marie RUAUD (Unep)
 Pierre-Antoine THÉVENIN (Unep)
 Régis TRIOLLET (DGER)
 Damien VIVIER (FNPHP)



Document réalisé dans le cadre de la convention de coopération signée entre l'Unep et le Ministère en charge de l'Agriculture et sous la direction de l'Unep en partenariat avec Plante & Cité

Une nomenclature spécifique a été retenue pour les règles et recommandations professionnelles du paysage. Par exemple, le numéro des règles professionnelles des travaux de terrassements généraux est le C.C.1-R0. La première lettre de la nomenclature sert à identifier l'axe auquel appartient le sujet (axe 1 - P : plantes / axe 2 - C : constructions paysagères / axe 3 - B : végétalisation de bâtiments / axe 4 - N : zones naturelles / axe 5 - S : terrains de sport). Quant à la seconde lettre, elle permet d'identifier les travaux de création (C) ou d'entretien (E). Le premier chiffre est un numéro d'ordre et la mention "Rchiffre" indique le numéro de révision. Les annexes sont indiquées par la mention "Achiffre", placée avant le numéro de révision.

Les règles et recommandations professionnelles du paysage sont téléchargeables sur le site de l'Unep à l'adresse suivante : <http://www.lesentreprisesdupaysage.fr/tout-savoir/règles-professionnelles>

Sommaire

Préambule	2
Liste des personnes ayant participé à la rédaction	2
1. Objet et domaine d'application	5
2. Définitions des termes	5
2.1. Présentation générale des ouvrages	5
2.2. Description technique des solutions de végétalisation de façade	6
2.2.1. Généralités	6
2.2.2. Cage métallique (gabion)	6
2.2.3. Modules préformés	6
2.2.4. Cassettes métalliques modulaires	7
2.2.5. Système linéaire de cassettes métalliques à paniers	7
2.2.6. Mur végétal sur nappe continue	8
2.3. Termes relatifs au matériel d'arrosage	8
2.3.1. Goutteur	8
2.3.2. Nappe d'irrigation	8
2.3.3. Pompe doseuse volumétrique	8
2.3.4. Recyclage	8
2.4. Catégories de plante	9
2.4.1. Adventice	9
2.4.2. Plante ligneuse	9
2.4.3. Plante vivace	9
2.5. Propriétés agronomiques	9
2.5.1. Support de culture	9
2.5.2. Engrais	9
2.5.3. Hydroponie	9
2.5.4. Propriétés chimiques	9
2.5.5. Conditions d'utilisation de l'eau dans les substrats	10
2.5.6. Capacité maximale en eau (CME)	10
2.5.7. Eaux de drainage	10
2.6. Termes relatifs à la façade du bâtiment	10
2.6.1. Enduit	10
2.6.2. Façade non porteuse	10
2.6.3. Façade porteuse	10
2.6.4. Lame d'air	10
2.6.5. Mur rideau	10
2.6.6. Mur panneau	10
2.6.7. Mur support	10
2.7. Documents de référence	10
2.7.1. Documents techniques unifiés (DTU)	10
2.7.2. Avis technique (ATEC)	10
2.8. Relations contractuelles et intervenants	11
2.8.1. Appréciation technique d'expérimentation (ATEX)	11
2.8.2. Contrôleur technique	11
2.8.3. Maître d'ouvrage	11
2.8.4. Maître d'œuvre	11
2.8.5. Travaux de parachèvement	11
2.8.6. Travaux de confortement	11
2.8.7. Constat de reprise	11

3. Description et prescriptions techniques.....	11
Point de contrôle interne	11
3.1. Les responsabilités selon les procédures	11
3.2. Les murs végétalisés.....	12
3.2.1. Description et prescriptions techniques à prendre en compte lors de la conception.....	12
3.2.1.1. Prise en compte des risques constructifs	12
3.2.1.2. Accessibilité de l'ouvrage.....	12
3.2.1.3. Liaison mur support/système de végétalisation.....	13
3.2.1.4. Ossature des systèmes de végétalisation.....	13
3.2.1.5. Comportement au feu	14
3.2.1.6. Support de culture.....	15
3.2.1.6.1. Cas des supports de culture granulaires poreux	15
3.2.1.6.2. Cas des feutres (systèmes « continus »).....	15
3.2.1.7. Système d'arrosage	16
3.2.1.8. Critères de choix des végétaux.....	17
3.2.1.9. Prévention du vandalisme.....	18
3.2.1.10. Traitement des points singuliers	18
Point de contrôle contradictoire.....	18
3.2.2. Description et prescriptions techniques à prendre en compte lors de la réalisation	18
3.2.2.1. Conditions d'intervention	18
3.2.2.2. Liaison mur support/système de végétalisation.....	18
3.2.2.3. Mise en place de la structure des systèmes de végétalisation.....	19
Point de contrôle interne	19
3.2.2.4. Support de culture.....	19
Point de contrôle interne	19
3.2.2.5. Arrosage	19
Point de contrôle interne	19
3.2.2.6. Mise en place de la végétation	19
Point de contrôle interne	20
3.2.2.7. Finitions.....	20
3.2.3. Description et prescriptions techniques à prendre en compte lors de l'entretien et du suivi.....	20
3.2.3.1. Programme d'entretien	20
3.2.3.2. Opérations de contrôle du bon fonctionnement.....	20
3.2.3.3. Opérations de maintenance.....	20
3.2.3.4. Contrôle visuel de la structure et de la fixation au mur support.....	21
3.2.3.5. Conduite de l'arrosage et de la fertilisation	21
4. Définition des points de contrôle internes et des points de contrôle contradictoires	22
5. Bibliothèque de référence	23
Annexe	
Annexe 1 : Exemples de plantes utilisées pour la réalisation de façades végétalisées (nord-est de la France)	25

1. Objet et domaine d'application

Les murs végétalisés ont pour finalité l'ornement d'un ouvrage bâti, en ne se substituant pas aux fonctions primaires du mur support telles que l'étanchéité à l'air et à l'eau, l'isolation thermique et phonique, la résistance du bâtiment, mais elles peuvent en améliorer les propriétés.

Ces recommandations professionnelles complètent sans les contredire les différents textes réglementaires en vigueur dans le domaine de la construction pouvant interférer avec les murs végétalisés, notamment :

- les normes concernant les classes de matériaux ;
- les documents techniques unifiés (DTU) concernant les techniques de pose ;
- les éventuels avis techniques de pose (ATEC).

L'entreprise doit en avoir connaissance, leur consultation est donc vivement recommandée. En tout état de cause et en cas de contradiction, il reviendra aux organismes de contrôle technique de se prononcer.

Enfin, il est fortement recommandé aux intervenants de se rapporter aux règles professionnelles P.C.2-R1 « Travaux de plantation des arbres et des arbustes », P.C.3-R0 « Travaux de plantation des massifs », P.C.6-R0 « Conception des systèmes d'arrosage », P.C.7-R0 « Travaux de mise en œuvre des systèmes d'arrosage » et P.E.4-R0 « Travaux de maintenance des systèmes d'arrosage ».

Sont concernés uniquement les systèmes de végétalisation verticale pérennes associés à une façade de bâtiment, quels que soient les éléments porteurs (bois, béton, métal, etc.), extérieurs ou intérieurs, par bardage rapportés. Ces ouvrages ont une durabilité d'au moins 25 ans. Les solutions de végétalisation de façade par plantes grimpantes sont abordées dans la recommandation professionnelle B.C.5-R0 « Conception, réalisation et entretien de solutions de végétalisation de façades par plantes grimpantes ».

Ne sont pas concernés :

- les travaux de bord de route : accompagnements de voirie, gabions remplis de matériau inerte
- les murs modulaires en béton préformé
- les murs de soutènement
- le fleurissement saisonnier : SIFU, bacs de plantes retombantes, plantes volubiles annuelles
- les arbres palissés
- la végétation de pied de façade
- les plantes grimpantes.

2. Définitions des termes

2.1. Présentation générale des ouvrages

Il existe plusieurs formes de végétalisation de façade. Le tableau suivant donne, de manière indicative, un aperçu général de ces solutions techniques, de leur domaine d'application et de leurs principales caractéristiques.

Tableau 1 : tableau des différentes solutions de végétalisation de façade.					
	Plantation dans le sol		Plantation hors-sol sur façade		
Position du système racinaire	En pleine terre		Hors sol, dans un substrat artificiel		
Description	Grimpantes ne nécessitant pas de support (à ventouse ou à crampon)	Grimpantes sur support (volubiles, à vrille, à épines-crochet sarmenteuses)	Bac de plantation accroché au mur	Végétation verticale	
				Système modulaire	Système continu
Compléments descriptifs	Sans accompagnement et soutien à la croissance	Espalier, support physique (câbles, filets, grille)	Substrat contenu dans des bacs unitaires ou continus	Substrat dans des éléments unitaires	Substrat constitué d'une couche continue, matériaux naturels ou artificiels
Exemples d'espèces végétales	Lierre, vigne vierge	Clématite, glycine, chèvrefeuille, rosier grimpant	Vivaces, graminées, bulbeuses, petits ligneux, grimpantes		
Pouvoir couvrant des végétaux	Couverture du mur en plusieurs années		Couverture du mur à 80 % environ en 3 à 6 mois sauf pré-culture		
Infra-structure	Infra-structure légère/ inexistante	Infra-structure moyenne	Infra-structure lourde		
Arrosage	Réseau d'arrosage selon la situation		Réseau d'arrosage et de fertilisation obligatoire		
Besoins	Pas de besoin spécifique	Bâtiment capable de supporter des charges statiques, matériau support résistant à la corrosion ou inoxydable			
Bâtiment support	Matériau de construction résistant à la pénétration racinaire	Construction tous matériaux, bois, métal, façades isolées par l'extérieur possible			
Protection de la façade	Protection du soubassement		Protection obligatoire de la façade contre l'humidité, en l'absence de pare pluie intégré		
Investissement	Faible	Faible à élevé	Moyen à élevé	Elevé	
Entretien	Faible à moyen	Moyen à important			
Niveau de surveillance et de contrôle	Faible		Moyen à élevé	Très élevé	
Consommation en eau	Faible à très faible		Moyenne	Elevée à très élevée si absence de recyclage adapté des eaux de drainage	

2.2. Description technique des solutions de végétalisation de façade

2.2.1. Généralités

Un système de végétalisation de façade est un procédé proposé par un fournisseur, associant obligatoirement :

- une structure : cadre métallique, cadre PVC, module préformé, treillis, etc. ;
- un support de culture ;
- un dispositif d'arrosage ;
- une gamme végétale adaptée.

Le système de végétalisation s'accompagne de prescriptions d'utilisation pouvant être formalisées par un avis technique. Il peut aussi être juridiquement protégé par un brevet.

Un mur végétalisé autoportant est un système de végétalisation de façade reposant uniquement sur le sol, ne reportant aucun effort sur le mur associé.

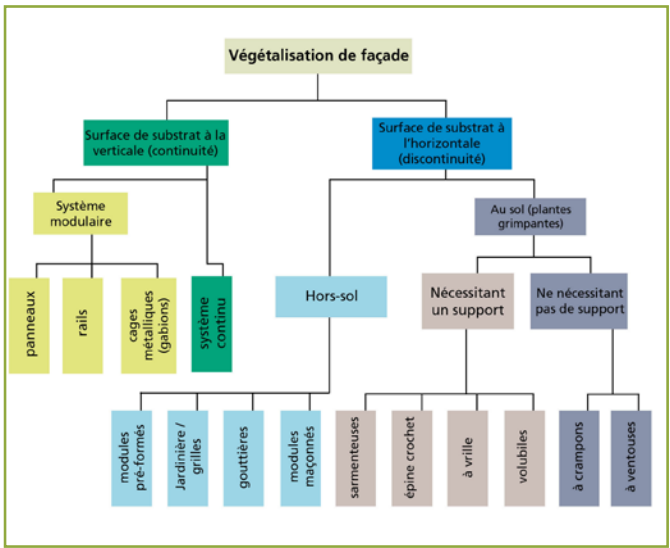


Figure 1 : schéma de détermination des systèmes de végétalisation. Source : P. Faucon.

2.2.2. Cage métallique (gabion)

Système de végétalisation constitué d'éléments de taille régulière, assemblés lors de la mise en œuvre. Ces modules sont généralement constitués d'un volume délimité par une cage complétée ou non par une enveloppe extérieure, rempli de support de culture, et dont au moins une des faces est végétalisée. Ils peuvent être pré-cultivés ou plantés sur le lieu du chantier.

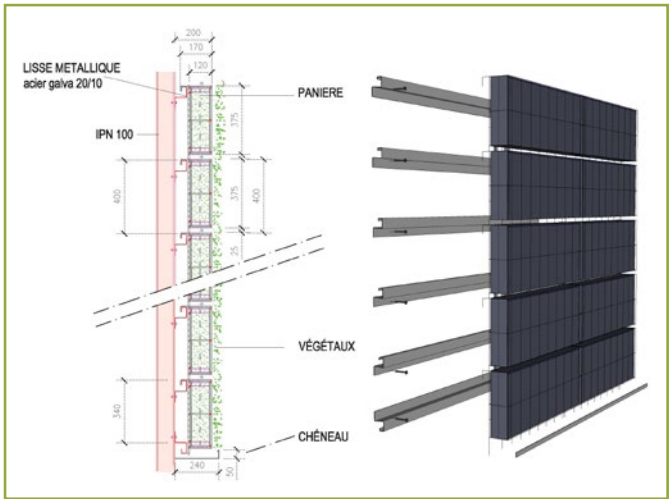


Figure 2 : schémas de végétalisation de façade par gabions. Source : T. Muller.



Figure 3 : photo de végétalisation de façade par gabions. Source : T. Muller.

2.2.3. Modules préformés

Les murs végétaux modulaires peuvent être constitués de matériaux synthétiques préformés remplis de substrat.

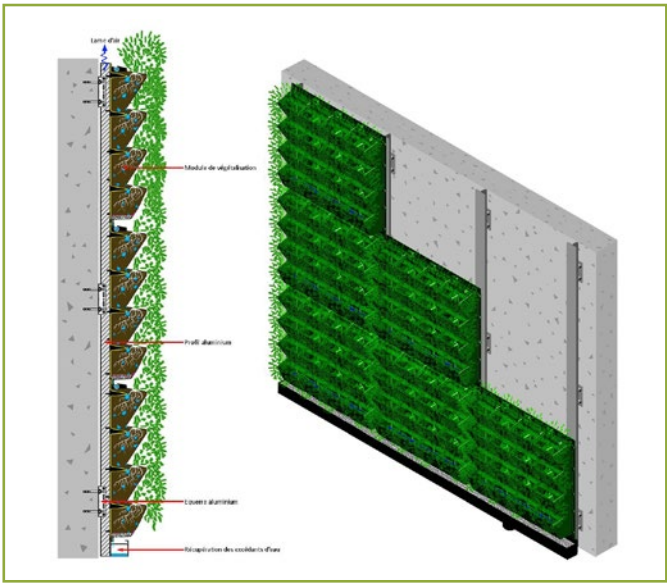


Figure 4 : Schéma d'un exemple de modules préformés. Source : José Dos Santos.



Figure 5 : photos de modules préformés.
Source : José Dos Santos - Casaverde.

2.2.4 Cassettes métalliques modulaires

Elles diffèrent des cages métalliques par l'épaisseur de substrat (inférieure à 10 cm) et le système de maintien de celui-ci. La plante est mise en place dans des réservations interchangeables prévues à cet effet.



Figure 6 : photo de cassettes métalliques modulaires.
Source : Lambert Clôtures – Ino Végétal.



Figure 7 : Schéma d'un exemple de cassettes métalliques modulaires. Dessin : Cédric Houel.

2.2.5. Système linéaire de cassettes métalliques à paniers

Le système linéaire de cassettes métalliques à paniers est destiné à former un bandeau végétalisé continu. Les cassettes sont encliquetées sur un profilé-support horizontal continu ou discontinu, fixé sur un mur-support.



Figure 8 : photo de système linéaire de cassettes métalliques à paniers. Source : Limeparts.



Figure 9 : schéma d'un exemple de système linéaire de cassettes métalliques à paniers. Dessin : C. Houel.



Figure 11 : photo de mur végétal sur nappe continue.
Source : C. Guinaudeau – musée du quai Branly.

2.2.6. Mur végétal sur nappe continue

Système de végétalisation dont le support de culture ne présente pas d'interruption sur toute la façade, et dans lequel l'arrosage se fait par ruissellement (exemple : une nappe d'irrigation en feutre imputrescible fixée sur une plaque de PVC).

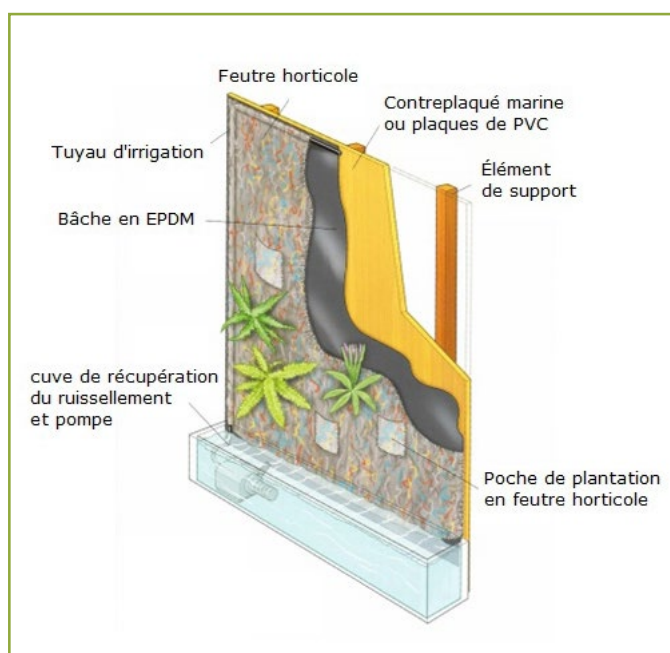


Figure 10 : schéma en coupe d'un mur végétal sur nappe continue. Source : J.-M. Groult.

2.3. Termes relatifs au matériel d'arrosage

Pour plus de précisions, voir les règles professionnelles citées en partie 1.

2.3.1. Goutteur

Emetteur d'eau prévu permettant de réaliser un arrosage localisé en surface ou enterré. Débit inférieur à 20 l/h. Il peut être piqué sur le tube, en dérivation ou intégré au tube. Les goutteurs peuvent être turbulents ou autorégulés (avec compensation de pression).

2.3.2. Nappe d'irrigation

Feutre imputrescible, réalisé en matériaux synthétique, jouant le rôle de support de culture dans les murs végétaux continus ou d'enveloppe dans certains systèmes modulaires.

2.3.3. Pompe doseuse volumétrique

Dispositif assurant la dilution d'une solution proportionnellement au débit d'eau circulant dans le système d'arrosage. Les pompes doseuses sont utilisées pour enrichir l'eau d'arrosage en éléments fertilisants. On parle alors de fertirrigation.

2.3.4. Recyclage

Récupération des eaux de drainage en vue de les réutiliser, après filtration et éventuelle correction, pour un arrosage ultérieur.

2.4. Catégories de plante

2.4.1. Adventice

Espèce végétale qui se développe spontanément, non désirée à côté de la végétation implantée. Communément, les adventices sont appelées « mauvaises herbes » ou, préférentiellement, « herbes indésirables ».

2.4.2. Plante ligneuse

Une plante ligneuse est une plante qui fabrique de la lignine, molécule donnant à la plante sa rigidité (bois), par opposition aux plantes herbacées. Les arbres et arbustes sont des plantes ligneuses.

2.4.3. Plante vivace

Plante herbacée qui résiste au gel hivernal ou à la sécheresse des étés caniculaires. Selon les espèces et la rigueur climatique, la partie aérienne de la plante peut disparaître temporairement en l'hiver. Cette expression s'oppose à « plante annuelle » qui meurt complètement en hiver.

2.5. Propriétés agronomiques

2.5.1. Support de culture

Matériaux 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 absorbants des plantes et de leur permettre d'être en contact avec les solutions nécessaires à leur croissance.

Dans le cas des murs végétalisés, les supports de culture peuvent être d'origine naturelle ou synthétique (les supports de culture sont réglementés par la norme NF U44-551).

Par usage, les supports de cultures composés de matières minérales et/ou organiques sont appelés substrats.

2.5.2. Engrais

Matières fertilisantes dont la fonction principale est d'apporter aux plantes des éléments directement utiles à leur nutrition (éléments fertilisants majeurs, secondaires et oligo-éléments). Les matières fertilisantes sont réglementées par la norme NF U42-001.

2.5.3. Hydroponie

Système de culture où le système racinaire est dans une solution nutritive.

2.5.4. Propriétés chimiques

La conductivité permet de mesurer la concentration en ions de la phase liquide d'un substrat en utilisant la propriété d'une solution aqueuse de conduire l'électricité proportionnellement à sa concentration en ions, d'où l'appellation « conductivité ».

Un contrôle de la conductivité est nécessaire pour identifier d'éventuels problèmes physiologiques. De manière générale, on considère que la conductivité devrait être entre 0,33 et 1,2 mS/cm. En dehors de ces valeurs, des mesures correctives doivent être adoptées :

- une fertilisation si la conductivité est trop basse ;
- un arrêt de la fertirrigation si la conductivité est trop élevée.

2.5.5. Conditions d'utilisation de l'eau dans les substrats

Un substrat présente des pores de différentes tailles, entre les différents constituants et à l'intérieur même de ces constituants (exemple : fibre de tourbe, substrats à base de matériaux volcaniques, etc.) On distingue :

- la macroporosité, correspondant au volume qui est occupé par l'eau lorsque le substrat est saturé, et par l'air après ressuyage (écoulement des eaux de gravité) ;
- la microporosité, correspondant au volume qui est toujours occupé par l'eau après ressuyage. Elle permet la rétention de l'eau dans le sol et donc son utilisation par les plantes.

Au point de ressuyage, qui est un stade caractéristique, les racines doivent exercer une force de succion minimale pour extraire l'eau. Les forces de tension de l'eau dans le sol s'expriment en unité de pression (Pascal) ou, plus généralement en France, en valeurs logarithmiques (le pF). La valeur de cette force, au point de ressuyage, est pF1 (équivalent à 10kPa).

Au fur et à mesure de la baisse de la réserve hydrique (notamment en raison du prélèvement de l'eau par les végétaux), la force de succion à exercer par les racines est plus élevée.

Plusieurs états caractéristiques sont déterminés.

- pF1,7 : jusqu'à ce stade, les végétaux extraient l'eau relativement facilement (réserve en eau facilement utilisable : RFU).

- entre pF2 et pF4,2 : la plante doit dépenser de plus en plus d'énergie pour réussir à extraire de l'eau du substrat ; cette eau est considérée comme peu disponible par les plantes.

- pF4,2 : il s'agit du point de flétrissement permanent. A partir de ce point, l'eau restante ne peut plus être absorbée, les plantes fanent et meurent.

En fonction des constituants des substrats, les quantités d'eau retenues (exprimées en pourcentage du volume) varient.

Connaitre la quantité d'eau présente aux différents pF caractéristiques est essentiel pour régler l'arrosage. La réserve utile en eau (RU), qui est égale à la différence entre l'eau retenue à pF1 (point de ressuyage) et eau retenue à pF2 correspond à la dose d'arrosage.

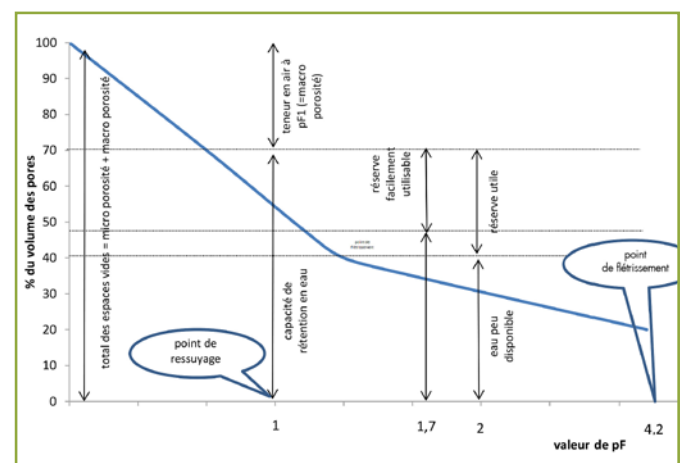


Figure 12 : exemple de schéma des différents degrés de disponibilité en eau en fonction des forces de tension de l'eau dans le sol.

2.5.6. Capacité maximale en eau (CME)

Quantité d'eau maximale qui peut être retenue par un substrat après ressuyage. Elle est exprimée en mL/L de substrat.

Cette mesure est particulière par deux aspects :

- elle est faite sur un échantillon de substrat compacté, il s'agit donc d'une mesure sous contrainte ;
- cette capacité permet de déduire la charge exercée par le système sur une structure par m² de façade.

La capacité maximale en eau et la perméabilité sont mesurées selon le protocole conçu par la Chambre Syndicale Française de l'Étanchéité. Ce protocole est téléchargeable gratuitement à l'adresse suivante : <http://www.etancheite.com/etancheite/technique/textes-de-reference/4-protocole-de-mesure-de-la-capacite-maximal-en-eau.html>.

2.5.7. Eaux de drainage

Eaux non absorbées par le sol ou le substrat. Il peut s'agir d'eau d'arrosage ou d'eau de pluie qui ne peuvent plus être stockées dans le substrat ou le géotextile (support de plantation dans le cas des murs sur nappe continue).

2.6. Termes relatifs à la façade du bâtiment

2.6.1. Enduit

Mélange pâteux appliqué en une ou plusieurs couches sur les façades. Il a comme fonction de les imperméabiliser et d'en assurer la finition esthétique.

2.6.2. Façade non porteuse

Façade ne participant pas à la stabilité de l'édifice. Elle peut être constituée de murs rideau ou de murs panneau.

2.6.3. Façade porteuse

Les façades sont appelées porteuses quand elles servent d'appui aux planchers et aux charpentes.

2.6.4. Lame d'air

Espace libre de quelques centimètres entre deux parois, ayant une fonction d'amélioration des performances d'isolation thermique, phonique et/ou d'assainissement des murs.

2.6.5. Mur rideau

Façade légère passant devant les abouts de plancher. Façade non porteuse.

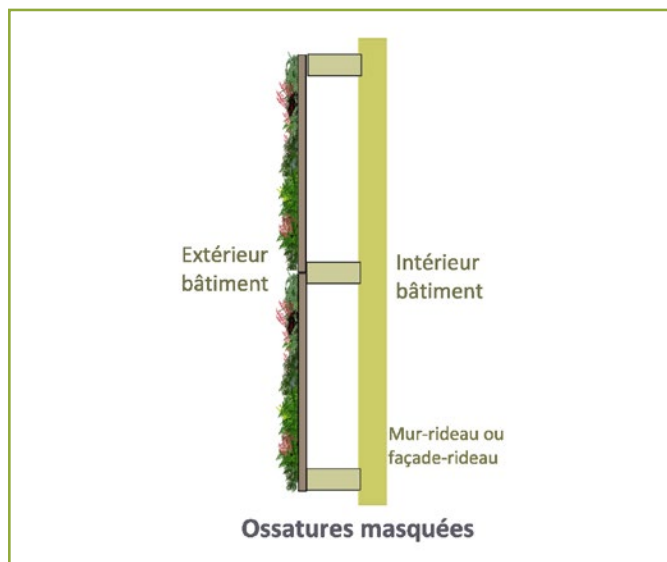


Figure 13 : schéma de mur rideau. Dessin : C. Houel.

2.6.6. Mur panneau

Façade légère dont l'ossature verticale ou horizontale est apparente.

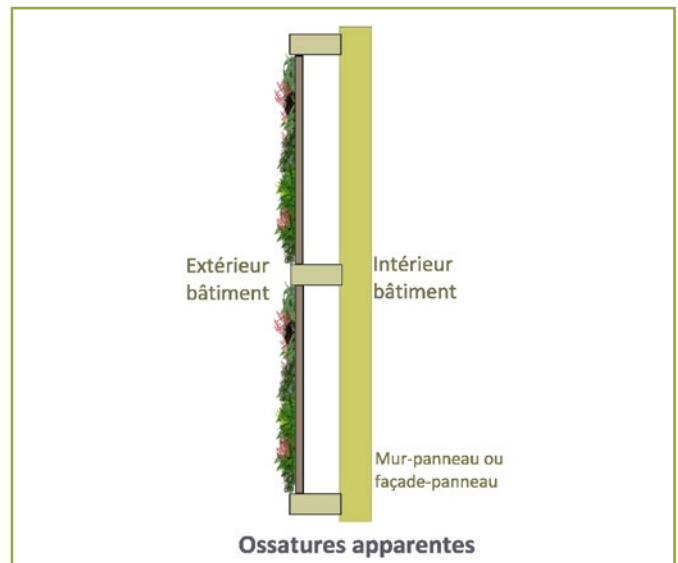


Figure 14 : schéma de mur panneau. Dessin : C. Houel.

2.6.7. Mur support

Façade sur laquelle est accroché le système de végétalisation. Cela n'implique pas nécessairement que le poids du mur végétalisé repose sur le mur support.

2.7. Documents de référence

2.7.1. Documents techniques unifiés (DTU)

Les Documents Techniques Unifiés (DTU) traitent de la conception et de l'exécution des ouvrages de bâtiments. Ils ne concernent que le domaine traditionnel, pour des techniques mures et éprouvées. Les DTU sont constitués pour la plupart de :

- cahiers des clauses techniques, qui précisent pour chaque corps d'état les conditions techniques de bonne exécution ;
- critères généraux de choix des matériaux assortis de références normatives ;
- cahiers des clauses spéciales, qui ont pour but de définir les limites de prestations et d'obligations, pour un corps d'état donné.

Ils sont d'application obligatoire dans les marchés publics. Sauf accord contractuel, les DTU s'appliquent par défaut dans les marchés privés de travaux.

2.7.2. Avis technique (ATEC)

L'Avis Technique (ATEC) est une opinion autorisée, délivrée par un collège d'experts, sur un procédé ou un matériau lorsque leur nouveauté ou celle de l'emploi qui en est fait ne leur permet pas d'être normalisé. L'obtention d'un avis technique est conditionnée par la présentation d'un dossier étayé, contenant notamment la description du produit, le domaine d'emploi, les méthodes de mise en œuvre et tous résultats de caractérisation utiles. L'avis technique porte sur un produit ou procédé, avec indication de la société qui le produit et de l'usine qui le fabrique. La durée de validité d'un avis technique est comprise, selon la maturité du produit, entre 2 et 7 ans.

2.8. Relations contractuelles et intervenants

2.8.1. Appréciation technique d'expérimentation (ATEX)

L'Appréciation technique d'expérimentation (ATEX) est une procédure rapide permettant, dans le cas d'un procédé innovant pour lequel la délivrance d'un avis technique n'a pas encore été obtenue, d'obtenir un avis éclairé. Un ATEX n'est valable que pour une seule opération, dans le but de contribuer à la mise au point de procédés innovants, tout en autorisant une couverture des risques constructifs par les assurances.

2.8.2. Contrôleur technique

Bureau d'étude missionné par le maître d'ouvrage. Il est chargé de vérifier la conformité réglementaire des matériaux et procédés de construction et de prévenir les aléas techniques susceptibles de se produire au cours de la conception ou de la réalisation d'un ouvrage.

2.8.3. Maître d'ouvrage

Le maître d'ouvrage est une personne physique ou morale pour laquelle un projet est mis en œuvre et réalisé. C'est lui qui définit les besoins, le budget, le calendrier prévisionnel ainsi que les objectifs à atteindre. Donneur d'ordre, il suit le projet durant toute sa réalisation, il est le dernier à intervenir si besoin lors de la réception, puisqu'il en est à la fois le pilote et le propriétaire.

2.8.4. Maître d'œuvre

Le maître d'œuvre est la personne physique ou morale qui a en charge la réalisation d'un ouvrage. Le maître d'œuvre peut aussi bien être une entreprise à laquelle on a fait appel, qu'un professionnel ou une organisation. Le maître d'œuvre conçoit les plans, organise, supervise, coordonne les différentes personnes qui travaillent sur un même projet et livre le produit une fois terminé.

2.8.5. Travaux de parachèvement

Ils comprennent les travaux nécessaires à l'accompagnement et au développement optimal des végétaux. Ces travaux correspondent à la période entre la mise en place des végétaux et le moment de la « reprise de développement » avérée, donnant lieu à réception des travaux.

2.8.6. Travaux de confortement

Ils comprennent les travaux nécessaires au bon développement des plantations pendant le délai de garantie. Les travaux de confortement sont liés à la mise en place des végétaux. Ils permettent d'éviter leur dépérissement et d'assurer leur bon développement. Ces travaux correspondent aux soins apportés après la réception et jusqu'à la fin du délai de garantie.

2.8.7. Constat de reprise

Le constat de reprise des plantes s'effectue entre le 15 août et le 15 octobre suivant la plantation. Il est prêté attention au bon état sanitaire général de la plante. L'indicateur majeur observé est celui de la pousse à la reprise : la plante doit être en croissance active (état de la feuillaison, longueur des pousses de l'année, etc.) En fonction du résultat de l'observation des plantes, le constat de reprise est validé ou non. Dans ce dernier cas, l'entreprise peut procéder au remplacement d'une plante, dans les conditions suivantes :

- si le contrat de plantation prévoit un entretien par l'entreprise, alors il est de la responsabilité de l'entreprise de procéder au remplacement ;
 - si le contrat de plantation ne prévoit pas d'entretien, alors l'entreprise remet au client des fiches-conseils dans lesquelles sont stipulées, pour les chantiers concernés, les opérations d'entretien nécessaires pour créer les conditions d'une bonne reprise. La garantie ne peut s'exercer qu'en contrepartie d'un engagement d'entretien minimal de la part du client comprenant notamment le désherbage des plantations et leur arrosage régulier.
- Dans le cas de module précultivés au moins 3 mois avant la mise en place, le constat de reprise peut être avancé au 15 juin.

3. Description et prescriptions techniques

Point de contrôle interne

Il est nécessaire de bien vérifier les limites de prestation pour avoir une connaissance précise des responsabilités de chacun (assainissement, électricité, VRD, gros œuvre, etc.)

3.1. Les responsabilités selon les procédures

Cas de la commande du maître d'ouvrage au fabricant qui livre, pose et garantit le produit

Le maître d'ouvrage doit désigner un maître d'œuvre pour la phase « direction des travaux », car juridiquement il n'a pas de compétences techniques.

Le maître d'œuvre doit alors contrôler jusqu'à réception de l'ouvrage la conformité des fournitures et prestations au titulaire du marché.

Les principales étapes de contrôle sont les suivantes.

- Réception des fournitures composantes du système sur le chantier, avec validation par le maître d'œuvre.
- Constat d'achèvement des prestations végétales par le maître d'œuvre et l'entreprise. Le maître d'œuvre établit un compte rendu au maître d'ouvrage, en indiquant les conformités et les défauts éventuels. Ce constat marque le début de la période de garantie, au cours de laquelle sont réalisés les travaux de parachèvement (finitions) et de confortement (entretien de la végétation).
- Constat de reprise après la saison de végétation active (15 août/15 octobre ou plus tôt pour éléments précultivés), remplacement des végétaux morts ou dépérissant à une date butoir à fixer (31 décembre ou 15 avril suivant, selon les régions). Un procès-verbal signé du maître d'œuvre et de l'entreprise est établi.
- Préparation à la réception par le maître d'œuvre à la fin de la garantie de reprise.
- La réception est effectuée par les signataires du marché, c'est-à-dire le maître d'ouvrage et l'entreprise qui a réalisé les plantations.

Cas de la commande du maître d'ouvrage au fabricant qui livre et fait poser en sous-traitance et garantit le produit

Une entreprise paysagiste peut intervenir pour la mise en œuvre pour le compte du fournisseur fabricant titulaire du marché, en tant que sous-traitant dûment déclaré. Elle n'est pas responsable de l'ouvrage vis-à-vis du maître d'ouvrage, mais seulement de la conformité de ses prestations commandées par le fournisseur, et dans le respect des règles professionnelles.

Cas de la commande du maître d'ouvrage au fabricant qui livre et fait poser en co-traitance et garantit le produit

Après avoir fait le choix du type de cotraitance, soit celle d'entreprises conjointes ou celle d'entreprises solidaires, une entreprise paysagiste peut intervenir pour la mise en œuvre pour le compte du fournisseur fabricant titulaire du marché, en tant que co-traitant dûment déclaré. Elle est co-responsable de l'ouvrage vis-à-vis du maître d'ouvrage, selon les termes du contrat de cotraitance, et pas seulement de la conformité de ses prestations commandée par le fournisseur, et dans le respect des règles professionnelles.

Cas de la commande du maître d'ouvrage à une entreprise du paysage

Le marché de travaux est attribué à une entreprise du paysage sur la base d'un projet et d'un Dossier de Consultation des Entreprises (DCE) élaboré par un maître d'œuvre. Par rapport au cas précédent, la procédure de réception qui va engager l'entière responsabilité de l'entreprise et dégager celle du fournisseur est la suivante.

- Réception par l'entreprise des fournitures livrées par le fabricant. Un bon de livraison est signé. Il engage les entreprises concernées (fournisseur et poseur) sur la conformité.
- Procès verbal de réception des fournitures par le maître d'œuvre et l'entreprise, après en avoir contrôlé la conformité par rapport aux pièces du marché.

A partir du moment où l'entreprise a accepté les fournitures, elle en devient entièrement responsable.

En ce qui concerne la végétalisation, il faut considérer deux cas.

- Les modules sont préculтивés : le choix et la mise en œuvre ont été effectués par le fournisseur. L'entreprise peut émettre une réserve et demander au fournisseur d'assurer la garantir jusqu'à réception.
- La plantation est effectuée sur place par l'entreprise, qui en assume la responsabilité jusqu'à réception.

La gestion après réception peut faire l'objet d'un marché différent, puisque l'ouvrage est alors sous la responsabilité entière du maître d'ouvrage. Le titulaire du marché de gestion après réception est seulement responsable de la bonne exécution des prestations demandées. N'ayant pas réalisé l'ouvrage, ils n'a pas d'obligation de résultat.

Cas de la commande du maître d'ouvrage à une entreprise du paysage qui sous traite la réalisation du mur végétalisé

Le marché de travaux est attribué à une entreprise du paysage sur la base d'un projet et d'un DCE élaboré par un maître d'œuvre. La réalisation du mur est sous traitée à un fournisseur. Le fournisseur de système n'est pas responsable vis-à-vis du maître d'ouvrage, mais est responsable vis à vis de son donneur d'ordre (entreprise de paysage titulaire du marché). C'est l'entreprise de paysage titulaire du marché qui

est responsable de l'ouvrage. Par rapport au cas précédent, la procédure de réception qui va engager l'entière responsabilité de l'entreprise et dégager celle du fournisseur est la suivante.

- Réception des fournitures composantes du système sur le chantier, avec validation par le maître d'œuvre.
- Constat d'achèvement des prestations végétales par le maître d'œuvre, l'entreprise et son sous traitant. Le maître d'œuvre établit un compte rendu au maître d'ouvrage, en indiquant les conformités et les défauts éventuels. Ce constat marque le début de la période de garantie, au cours de laquelle sont réalisés les travaux de parachèvement (finitions) et de confortement (entretien de la végétation).
- Constat de reprise après la saison de végétation active (15 août/15 octobre ou plus tôt pour éléments préculтивés), remplacement des végétaux morts ou dépérissant à une date butoir à fixer (31 décembre ou 15 avril suivant, selon les régions). Un procès verbal signé du maître d'œuvre et de l'entreprise est établi.
- Préparation à la réception par le maître d'œuvre à la fin de la garantie de reprise.
- La réception est effectuée par les signataires du marché, c'est-à-dire le maître d'ouvrage et l'entreprise titulaire du marché.

3.2. Les murs végétalisés

3.2.1. Description et prescriptions techniques à prendre en compte lors de la conception

3.2.1.1. Prise en compte des risques constructifs

Une évaluation des risques induits par la végétalisation de la façade doit être menée au préalable par le maître d'ouvrage. Ce dernier doit fournir ces éléments à l'entreprise chargée de la pose, de manière à dimensionner l'ancrage et la structure.

Le maître d'ouvrage doit assurer à l'entreprise (et celle-ci doit l'exiger) que les espaces d'installation de l'ouvrage soient aptes à le recevoir.

L'évaluation des risques concerne :

- la solidité des murs ;
- la préservation de l'étanchéité du mur après pose des fixations ;
- la portance du sol (étude géotechnique) pour les systèmes autoportant ;
- les risques sismiques ;
- les événements météorologiques exceptionnels ;
- le comportement de la structure au feu, sa propagation et ses conséquences sur la façade.

Nous recommandons vivement à toute entreprise intervenant physiquement sur le mur support (perçement, chevillage, etc.) de se prévaloir d'une assurance décennale.

3.2.1.2. Accessibilité de l'ouvrage

Le concepteur de l'ouvrage doit assurer l'accessibilité du mur végétalisé en phase de chantier et ultérieurement pour l'entretien. Cette accessibilité peut se faire, selon la hauteur de la végétation et la forme du bâtiment :

- depuis le sol ;
- par échafaudage ou gazelle (escabeau sécurisé) ;

- par nacelle suspendue au bâtiment, si celui-ci le permet ;
- par nacelle élévatrice avec ou sans déport. Dans ce cas, la nature du sol doit être en mesure de supporter le passage et la stabilité de tels engins.

Il est rappelé les points suivants.

- Le Code du travail (articles R4323-58 à R 4323-64) régit les conditions d'intervention en hauteur. L'échelle est un moyen d'accès, et n'est en aucun cas un poste de travail.
- L'utilisation de nacelles élévatoires est conditionnée par l'autorisation de conduite délivrée par le chef d'entreprise ; il est fortement recommandé aux utilisateurs des engins d'être titulaires d'un CACES (R386 et, selon les types de nacelles, catégories 1A, 1B, 3A, 3B).
- Le travail sur corde doit constituer l'exception, et n'être réservé qu'à des cas particuliers et justifiés (cf. article R4323-64 du Code du travail).
- Tout travail en hauteur doit être réalisé par du personnel dûment habilité.

Remarque :

Jusqu'à la réception par le maître d'ouvrage, l'entreprise prestataire est tenue responsable des conditions de sécurité des travailleurs. Ensuite, c'est le maître d'ouvrage qui endosse cette responsabilité, même pour du personnel extérieur.

3.2.1.3. Liaison mur support/système de végétalisation

Sauf dans le cas de murs végétalisés autoportants, la liaison entre le mur végétalisé et le mur support doit se faire par un dispositif de fixation adapté :

- à la nature du mur et à son revêtement ;
- à la nécessité de préserver l'étanchéité du mur (privilégier les scellements chimiques au lieu des chevilles mécaniques)
- aux caractéristiques mécaniques du mur porteur ;
- aux efforts mécaniques exercés par :
 - la structure
 - le support de culture et les dispositifs de retenue du substrat à capacité maximale en eau
 - le système d'arrosage en charge
 - le poids propre des végétaux estimé à 20 daN/m², soit environ 20 kg/m²

- aux caractéristiques géotechniques du sol supportant le mur végétalisé dans le cas d'un mur autoportant.

Le dimensionnement et le nombre des fixations doivent éviter toute déformation lors la mise en charge définitive du mur (mise en eau).

La structure végétalisée n'est en aucun cas un moyen d'accès et ne doit supporter aucun appui. Ainsi, le dimensionnement du système de fixation ne doit pas prendre en compte le poids d'une personne s'accrochant à la structure.

Si le mur support n'est pas conçu pour recevoir une structure végétalisée, un dispositif correctement dimensionné (console, élargissement des fondations) doit reprendre les efforts verticaux.

Le système de liaison doit être rigide (câbles proscrits). Sa conception doit prendre en compte la dilatation et la rétraction des matériaux en fonction des conditions climatiques. Les matériaux utilisés doivent résister au vieillissement et à la corrosion. Une attention particulière doit être apportée à la compatibilité entre les matériaux des supports et ceux de la visserie. Le couple aluminium/acier zingué est interdit (risque d'électrolyse).

La structure métallique doit être reliée à la terre par une cablette en cuivre.

Dans tous les cas, une lame d'air doit être ménagée (épaisseur minimum 2 cm, épaisseur recommandée 5 cm). En pourtour du mur végétalisé, et au regard de la lame d'air, une grille de ventilation, à fonction anti rongeurs, doit être fixée si ces derniers peuvent y pénétrer.



Figure 15 : photo montrant la lame d'air ménagée derrière un mur végétalisé.

La longueur des rails porteurs doit être limitée à 3 m (tolérance 10 %), pour limiter la dilatation.

Le choix du dispositif de liaison et son dimensionnement doivent faire l'objet d'une note de calcul soumise pour vérification au bureau de contrôle chargé de l'opération.

Remarque :

Selon la typologie de mur, il peut parfois être judicieux de choisir des scellements mécaniques, au lieu des scellements chimiques privilégiés.

3.2.1.4. Ossature des systèmes de végétalisation

Dans le cas des murs continus, la structure est constituée d'une plaque étanche, sur laquelle la nappe support de culture est accrochée.

Dans le cas de murs modulaires, le support de culture est retenu :

- par un cadre rigide, pouvant être constitué d'acier galvanisé à chaud, ou de matériau plastique résistant aux UV et imputrescible ;
- par un élément retenant le support de culture (tôle d'acier galvanisé, coque préformée, toile géotextile intissé 800 g/m² minimum, toile tissée 110g/m² minimum synthétique résistante aux UV et imputrescible, etc.)

Les murs végétalisés étant des ouvrages pérennes, ils doivent rester fonctionnels à long terme, avec un objectif de durée de vie de l'ordre de 25 ans.

Dans cette optique :

- l'acier brut et les bois sont proscrits ;
- les matériaux synthétiques sont acceptés, sous condition de protection contre les UV ;
- l'inox, l'aluminium, l'acier galvanisé à chaud et l'acier thermo plastifié sont autorisés.

A la base de chaque module ou groupe de module, les éléments structurants doivent permettre un écoulement de l'eau en excès.

Les aciers inox, galvanisés, peints ou thermo-laqués doivent faire l'objet d'une attention toute particulière en termes de durée de vie.

Pour les murs végétalisés, plusieurs paramètres et facteurs de corrosion peuvent s'additionner.

Les structures de ces murs, sous couvert végétal arrosé automatiquement, sont soumises à une ambiance humide permanente et sont le plus souvent installées en site urbain dont l'atmosphère est plus ou moins polluée au dioxyde de soufre.

A ces deux facteurs viennent s'ajouter la contrainte de la bonne maîtrise du pH et de la salinité des eaux de drainage qui peuvent dans certains cas être légèrement acides.

Tous ces facteurs doivent être pris en compte et communiqués pour établir le cahier de charge et déterminer la bonne classe de corrosivité (détaillées dans la norme NF EN ISO 12944-2).

Cette classe de corrosivité sera comprise entre C3 et C4 dans la plupart des cas et entre C4 et C5-M pour les ouvrages situés en zones côtières soit à moins de 4,5 km du littoral.

Remarque :

Il est important de faire attention au risque d'incompatibilité des métaux entre eux pour la réalisation de ce type d'ouvrage. Par exemple si un couple galvanique est identifiable à la source (Inox / Alu ; Inox / Zinc ; etc.) on préférera remplacer un des matériaux pour éviter l'effet de pile sous ambiance humide et salée.

La protection contre la corrosion des ouvrages en acier doit être calculée selon les recommandations de la norme NF EN ISO 12944-2.

Le dimensionnement des pièces et de leur protection galvanisation devra tenir compte :

- de la classe de corrosivité ;
- de la durée de vie attendue de l'ouvrage.

La méthode classique vise à définir le niveau de tenue en heures au brouillard salin avant apparition de rouille rouge. C'est le seul critère permettant de fixer une tenue et de pratiquer du contrôle qualité. En accord avec le fournisseur et après test, cette tenue pourra être convertie au plan en une nuance (pièces INOX) ou une épaisseur de traitement (aciers traités ou peints) suivie d'une spécification technique.

Il devient possible d'envisager des protections anticorrosion presque sans entretien pour des durées de vie bien supérieures à 20 ans si la classe de corrosivité a bien été déterminée en intégrant tous les paramètres.

C'est ce qui permettra de définir l'épaisseur de la couche de protection.

Le graphique ci-dessous donne une approche des épaisseurs de la couche de traitement en zinc des aciers galvanisés à respecter en fonction de la catégorie de corrosivité et de la durée de vie de ladite couche de protection.

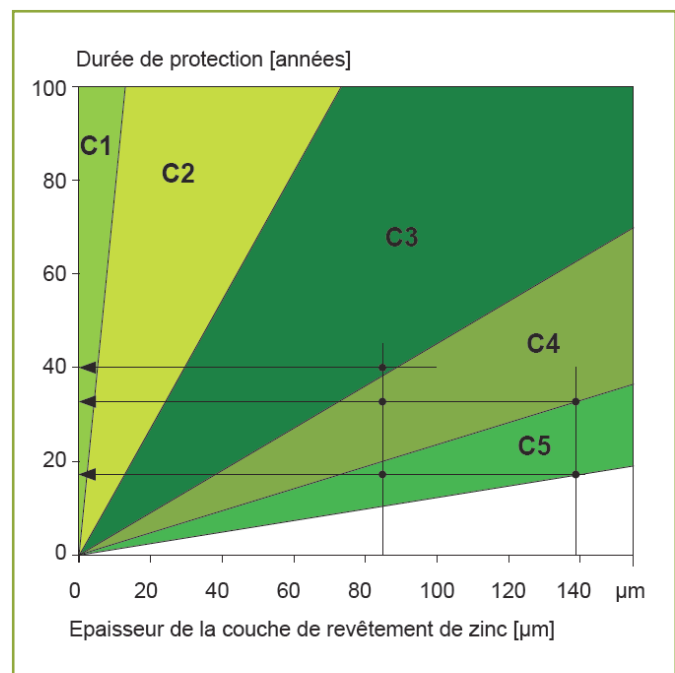


Figure 16 : graphique décrivant l'épaisseur de la couche de revêtement en zinc des aciers galvanisés en fonction du temps.

Par exemple pour la catégorie de corrosivité C4 on obtient une durée de protection d'au moins 20 ans pour une épaisseur de la couche de Zinc d'au moins 85 microns et d'au moins 35 ans pour une épaisseur minimum de 140 microns

La conception et la réalisation des pièces métalliques doivent être conformes aux prescriptions de la norme NF EN ISO 14713 qui précise les précautions nécessaires pour satisfaire une bonne qualité de galvanisation.

3.2.1.5. Comportement au feu

Les matériaux synthétiques utilisés doivent présenter le classement de réaction au feu suivant.

- Murs intérieurs : M1 (combustible, non inflammable).
- Murs extérieurs : M3 (combustible, difficilement inflammable).

La résistance au feu du système complet devra être conforme aux exigences de l'Instruction Technique 249. Les tests devront préciser l'état hydrique du support de culture.

La personne en charge de la végétalisation veillera sur l'élaboration des panoplies végétalisées de manière à ne pas permettre que l'éclosion d'un incendie dans l'un des niveaux d'un bâtiment engendre des risques de propagation du feu au(x) niveau(x) supérieur(s) ou latéralement, par les façades. La personne en charge de la végétalisation devra s'informer auprès du maître d'œuvre des dispositions que ce dernier aura défini pour éviter que le passage rapide des flammes ou gaz chauds d'un étage à l'autre, que l'application de la règle dite du C + D soit requise ou non.

Le maître d'œuvre déterminera toutes les solutions constructives prévues dans les textes de cette instruction et en particulier celles qui font référence aux notions d'étanchéité aux jonctions façade-planchers.

La mise en œuvre de ces solutions constructives reste du domaine de compétence et de responsabilité du maître d'œuvre qui en validera les principes d'exécution avec l'entreprise de son choix.

3.2.1.6. Support de culture

Le support de culture utilisé doit répondre à la norme NF U44-551 d'application obligatoire et devrait faire l'objet d'une fiche descriptive indiquant :

- la mention « SUPPORT DE CULTURE NF U44-551 en lettres capitales ;
- la dénomination du type de support (liste figurant à l'article 4 de la NF U44-551) ;
- l'identité du responsable de la mise sur le marché ;
- le volume ;
- la masse nette ;
- le pays d'origine pour les produits hors CE ;
- la masse sèche sur brut ;
- la masse organique sur sec ;
- la conductivité électrique (EC, en mS/m) ;
- la capacité de rétention en eau en mL/L (CME) ;
- la liste des constituants par ordre de volume prépondérant ;
- Les marquages obligatoires prévus pour une dénomination spécifique (article 4 de la NF U 44-551).

3.2.1.6.1. Cas des supports de culture granulaires poreux

Les supports de culture granulaires (par opposition aux substrats 100 % organiques de type sphaigne du Chili) doivent présenter les caractéristiques suivantes, reportées dans le tableau ci-dessous de manière indicative :

Tableau 2 : tableau des caractéristiques physiques indicatives des supports de culture granulaires poreux.	
	Valeur indicative
Fraction minérale	95 % en poids sur matière sèche
Matière organique	5 % en poids sur matière sèche
Densité à CME	1,2 à 1,6
Teneur en eau à CME	30 à 45 %
Réserve utile (différence entre teneur en eau à pF1 et à pF2)	25 % en volume
Perméabilité	Compris entre 0,005 cm/s et 0,015 cm/s
Teneur en fines (<à 0,063 mm)	2 à 5 % en masse

Ces valeurs indicatives devront être adaptées et raisonnées en fonction du système de végétalisation, de la localisation, de l'exposition, de la végétation installée, etc.

Les commentaires suivant doivent être apportés.

- Les supports de culture doivent être physiquement stables. Ainsi, le tassement au cours de la vie du mur est limité, et le raisonnement des doses d'arrosage est inchangé.
- Une relativement faible densité à Capacité Maximale en Eau (1,2 à 1,6) sera recherchée, pour diminuer les efforts sur le mur support.
- L'asphyxie racinaire, qui est à craindre avec un arrosage intermittent (cf. 3.2.3.5 Conduite de l'arrosage) sera évitée avec des substrats présentant une teneur en air à pF1 supérieure à 10 %
- Les risques de stress hydriques et de difficultés de réhumectation inhérents aux arrosages intermittents seront diminués avec des substrats ayant une réserve utile (disponibilité en eau) de l'ordre de 25 %.

- La constitution du système de végétalisation assure normalement une évacuation interne rapide, c'est pourquoi la perméabilité du substrat (donnée en centimètre par seconde) est également mesurée. Une forte perméabilité (valeur idéalement comprise entre 0,005 cm/s et 0,015cm/s) constitue une valeur cible.

- La teneur en fines (particules de taille inférieure à 0,063 mm) devra être limitée (2 à 5 % en masse) pour éviter le colmatage.

- Pour atteindre ces différentes valeurs « idéales », la présence de matières minérales à forte porosité (de type roche volcanique, par exemple), sera recherchée. Par conséquent, le taux de matière organique sera limité, et devra privilégier l'emploi de fibres longues et stables.

La proportion de particules et de corps étrangers de taille supérieur à 6 mm ne doit pas dépasser 0,3 % en masse.

La courbe granulométrique cumulée de référence pour les substrats utilisables en toitures végétalisées intensives selon les règles allemandes FLL peut constituer une base de réflexion.

L'emploi des hydrorétenteurs est déconseillé. L'effet des hydrorétenteurs sur le stockage de l'eau évolue après quelques années. La gestion de l'arrosage doit alors être adaptée aux nouvelles caractéristiques.

Il est recommandé d'utiliser des matériaux organiques comportant des fibres longues, afin d'éviter un tassement ultérieur.

Pour la fraction minérale, la granulométrie recommandée est de 0 à 10 mm.

Une capacité d'échange cationique (CEC) de l'ordre de 10 Cmol+/kg est recherchée afin d'optimiser les apports d'éléments fertilisants.

L'emploi de terre végétale (selon la norme NF U44-551) pure est déconseillé. Il peut être toléré dans des proportions faibles afin d'atteindre les valeurs agronomiques recommandées plus haut, avec un maximum de 5 %.

Les composts de déchets verts sont déconseillés car ils peuvent favoriser l'apparition d'adventices. De plus, leurs caractéristiques initiales évoluent dans le temps.

Le fournisseur du système de végétalisation doit indiquer la capacité maximale en eau exprimée en volume d'eau par m² de mur.

3.2.1.6.2. Cas des feutres (systèmes « continus »)

Il est nécessaire de disposer deux épaisseurs parallèles, de manière à prendre les racines en « sandwich » lors de la plantation. Le poids cumulé des couches doit être au minimum de 1000 g /m² à sec. Le matériau doit être imputrescible et résistant aux UV.

3.2.1.7. Système d'arrosage

Éléments constitutifs

Le système d'arrosage comporte les éléments obligatoires suivants :

- un programmeur ;
- un disconnecteur à zones de pressions réduites contrôlables ;
- des filtres (maille minimum 130 µm) ;
- des régulateurs de pression et un manomètre ;
- un dispositif de vidange hivernale, avec un purgeur aux points bas des canalisations exposées au gel de manière à permettre une vidange complète du circuit ;
- un dispositif de collecte des eaux de drainage ;
- une ou des électrovannes maîtresse(s) ;
- un compteur d'eau dédié.

Un local technique non accessible au public abrite les installations de commande de l'arrosage. S'il n'est pas hors gel, la vidange doit pouvoir être réalisée en amont. Le sol du local est équipé d'un siphon de sol (nettoyage des filtres, vidanges des circuits, risque de fuites, etc.).

Un dispositif anti coup de bélier est conseillé, ainsi qu'un clapet antiretour en amont de la pompe doseuse.

La vidange hivernale du circuit d'arrosage doit se faire depuis le sol, et être aisément réversible (besoin d'un minimum d'arrosage en hiver).

Commande de l'arrosage

La programmation doit être accessible depuis le sol ou à distance par console ad hoc. La programmation de l'arrosage peut être de type horaire, asservie aux conditions météorologiques (reconstitution de l'ETP), à l'état hydrique du substrat, aux informations transmises par les capteurs.

Des secteurs d'arrosage horizontaux doivent être définis pour prendre en compte des besoins d'arrosage différents : différentes expositions, parties basses pouvant bénéficier des apports par percolation des zones supérieures, etc.

Les durées et fréquences d'arrosage doivent être adaptées aux caractéristiques du substrat, et pouvoir être aisément modifiées.

Provenance de l'eau

L'eau utilisée pour l'arrosage peut être au choix :

- de l'eau du réseau d'adduction d'eau potable ;
- de l'eau de pluie ;
- de l'eau de forage ;
- des eaux de drainages recyclées.

L'arrosage à partir d'eaux usées est interdit.

Le nettoyage des filtres doit être aisé. A cet effet, le contre lavage des filtres peut être automatisé.

Distribution de l'eau

L'arrosage par aspersion est interdit.

Les goutteurs sont auto-régulants et peuvent être anti vidange.

L'installation doit être dimensionnée en fonction du débit et de la pression délivrée en haut du mur. Si un de ces paramètres est insuffisant, des dispositifs complémentaires doivent être installés : surpresseur, stockage tampon.

Le diamètre des canalisations est calculé pour limiter les pertes de charge et respecter les spécifications des goutteurs. La verticalité doit être prise en compte dans les calculs de pertes de charges. Il faut limiter au maximum le nombre de boucles.

Il est vivement recommandé, de manière à assurer l'homogénéité de l'arrosage, d'utiliser des goutteurs espacés de 15 cm horizontalement.

Les débits unitaires des goutteurs doivent être adaptés à la perméabilité du substrat (de 1 à 4 L/h).

Les lignes doivent être facilement accessibles pour pouvoir être remplacées le cas échéant.

Les lignes d'alimentation horizontales doivent être correctement soutenues pour éviter tout fléchissement.

Collecte des eaux de drainage

Dans le cas de murs modulaires, et dans le cas d'un support de culture chimiquement inerte où un sur-arrosage est

nécessaire, il est recommandé d'installer un dispositif de collecte des eaux de drainage sur toute la largeur du mur, tous les 2 à 7 m (écartement vertical).

Dans le cas de supports de culture à forte capacité de rétention, pouvant se passer de sur-arrosage, une collecte en pied de mur peut être suffisante.

Sauf réglementation locale particulière, les eaux de drainage, de vidange de l'installation et issues du contre lavage doivent être dirigées par gravité vers un réseau d'évacuation (eaux usées). Elles peuvent aussi être éloignées du pied de bâtiment pour être réutilisées sur des plantations environnantes. Les eaux recueillies ne peuvent être infiltrées en pied de bâtiment, sauf cas exceptionnel (drainage correctement raccordé à un exutoire et réalisé dans les règles de l'art).

Dans le cas de recyclage des eaux de drainage, une dilution à l'eau claire doit être réalisée pour éviter une trop forte concentration d'engrais. La cuve de centralisation des eaux de drainage doit être munie d'un trop plein raccordé au réseau d'évacuation.

L'apport de fertilisant peut être assuré par une pompe doseuse volumétrique. Dans ce cas, elle est montée en by-pass, de manière à permettre des arrosages sans fertilisation et de la remplacer ou de la réparer sans avoir à couper l'irrigation.

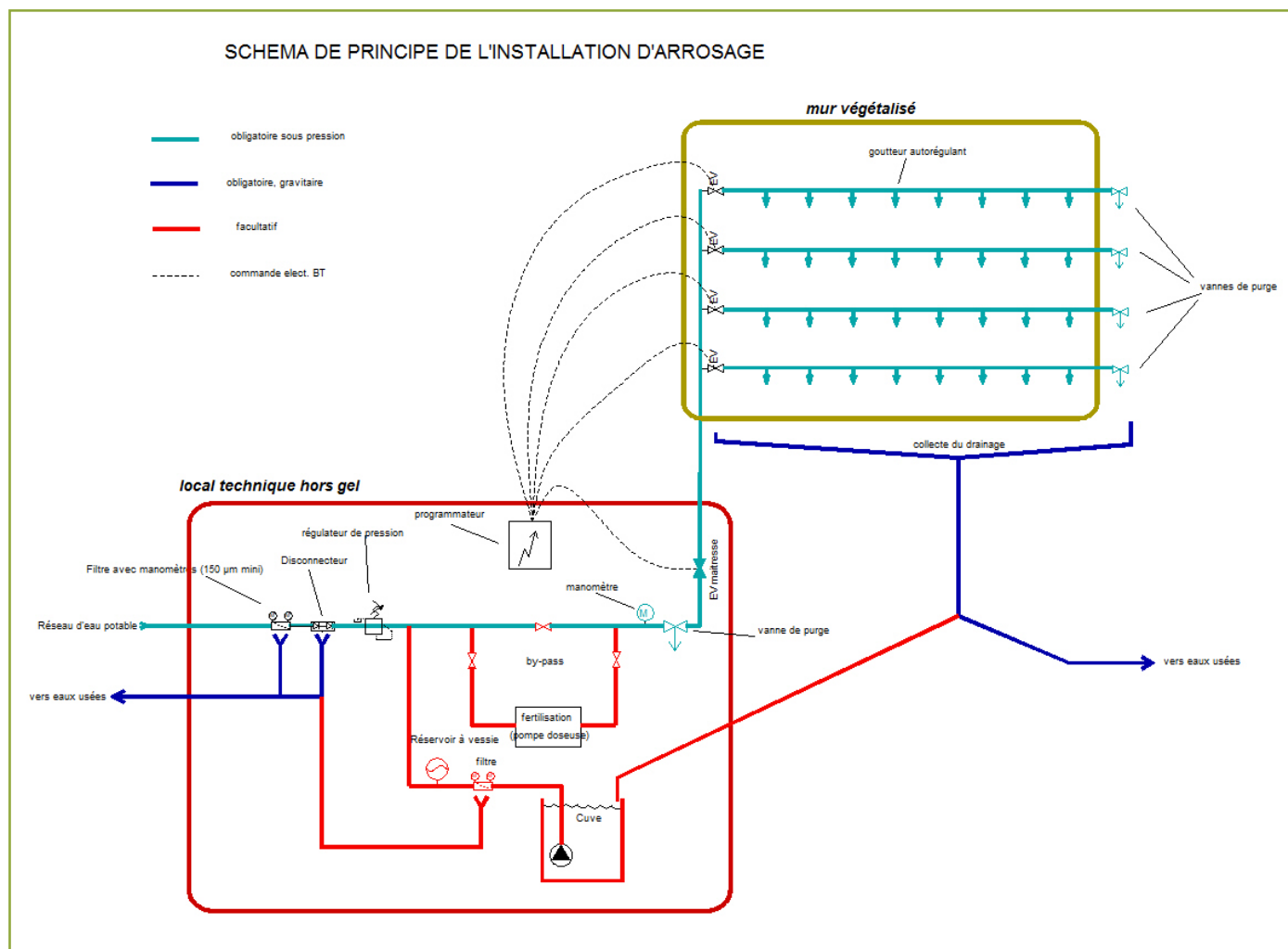


Figure 17 : schéma de principe de l'arrosage des murs végétalisés. Source : P. Faucon.

3.2.1.8. Critères de choix des végétaux

Les espèces végétales utilisables ne sont pas fixées par les règles professionnelles. Cependant un certain nombre de contraintes doivent être prise en compte :

- adaptation à la zone climatique ;
- orientation ;
- situations particulières : couloirs de vent, ombres portées de bâtiments et ouvrages voisins, exposition particulièrement froide ou chaude, etc. ;
- hétérogénéité de l'humidité du substrat (bordures sèches, zones inférieures plus humides) ;
- selon le système installé, persistance de l'humidité au niveau des racines.

En l'état actuel des connaissances, il est recommandé à l'entreprise responsable de la pose de procéder à des tests à petite échelle avant d'arrêter une palette végétale adaptée aux conditions locales, au procédé utilisé, au substrat et à l'exposition.

La mono spécificité sur l'ensemble du mur augmente la sensibilité du mur aux agressions diverses (événements climatiques exceptionnels, parasites, maladies, etc.) C'est pourquoi l'emploi simultané de plusieurs espèces est à encourager pour garantir un effet esthétique durable. L'association de différentes espèces doit regrouper des espèces aux besoins proches.

La phytosociologie des espèces doit être considérée : les espèces pionnières et/ou à fort pouvoir drageonnant demandent une attention particulière.

La répartition entre espèces persistantes et caduques doit garantir un aspect hivernal esthétique. Il est nécessaire de tenir compte de cet aspect afin de répartir sur l'ensemble du mur les zones dénudées en hiver.

La disparition éventuelle de certaines espèces par rapport à d'autres est un phénomène naturel, non inquiétant. La diversité végétale se stabilise en réponse aux contraintes de milieu et d'exposition. Il peut être utile de choisir des espèces en adéquation avec ces contraintes : l'exposition de la façade, le gabarit, le port et le développement des végétaux, l'organisation entre elles (concurrence, compatibilité), les actions éventuelles de l'entreprise d'entretien pour modifier le système.

La densité initiale de plantation pourra au fur et à mesure de l'âge du mur être modifiée.

L'attention des concepteurs est attirée sur les risques de prise au vent ou de surcharge en neige lors de l'emploi d'arbustes à fort développement, qui peuvent occasionner un risque pour la structure elle-même.

De même, les végétaux à appareils racinaires réputés puissants sont déconseillés (*Forsythia* par exemple). L'introduction partielle de plantes indigènes et/ou mellifères améliore la biodiversité. Leur emploi est possible, dans la limite de la compatibilité avec le programme et le projet. Les plantes exotiques envahissantes sont prosrites (cf. listes régionales).

La compatibilité entre l'emploi de plantes allergisantes et/ou toxiques et l'environnement du projet doit être vérifiée (personnes âgées, enfants, etc.)

Les végétaux drageonnant (de type menthe, *Hypericum calycinum*, etc.) peuvent, dans certains cas, perturber la bonne circulation de l'eau.

Les plantes à fort pouvoir de dissémination naturelle, comme par exemple certaines variétés de sedum (*Album*, *Gypsicola*, *Acre*, etc) ou l'*Erigeron karvinskianus* (liste non exhaustive) sont à utiliser avec précaution pour éviter leur prolifération dans les espaces verts environnants.

Les espèces suivantes sont déconseillées (liste non limitative) :

- buddleia ;
- bambous ;
- *Erigeron karvinskianus* ;
- arbres et arbustes (*amélanchier*, *Aralia elata*, *Clethra alnifolia*, *Gaultheria shallon*, *Hippophae ramnoides*, *Sambucus nigra*, *Rhamnus frangula*) ;
- graminées géantes et/ou envahissantes (*Arundo donax*, *Carex glauca*, *Alymus racemosus*, *Miscanthus floridus*, *Miscanthus sacchariflorus*, *Miscanthus sinensis*, *Phragmites australis*, *Spartina pectinata*).

Remarque :

Des ligneux peuvent s'installer spontanément sur les murs végétalisés : saules, buddleia, sureaux, frênes, érables, etc. Ils devront être retirés régulièrement au cours des opérations d'entretien courant.

3.2.1.9. Prévention du vandalisme

Afin de limiter le vandalisme, il peut être utile que le point inférieur du mur végétalisé soit à plus de 2 m du sol, et de ce fait soit placé hors d'atteinte.

Dans le cas contraire, des gardes corps peuvent éloigner physiquement le public de la base du mur végétalisé, et diminuer les risques de dégradation volontaire ou involontaire.

Les dispositifs de commande de l'arrosage et de traitement de l'eau doivent être rendus inaccessibles au public (armoire fermant à clé, local inaccessible, etc.)

Le mur doit être rendu inaccessible ou, si cela n'est pas possible, le dimensionnement des systèmes de fixation et de la structure doit prendre en compte la surcharge de personnes éventuelles.

3.2.1.10. Traitement des points singuliers

La végétalisation devra être décalée au minimum de 15 cm de tout point singulier de la façade tels que :

- fenêtres ;
- portes ;
- surplombs de façades ;
- appliques d'éclairage ;
- enseignes ;
- etc.

Au surplomb des portes et fenêtres, il est nécessaire de prévoir un dispositif renvoyant le drainage sur le côté, de manière à éviter tout gouttage.

Les flux d'air issus de systèmes de ventilation et d'aération ne doivent pas être dirigés vers la végétation.

Un espace de 20 cm au minimum doit être prévu entre tout chéneau et la structure des murs végétalisés. Il est adapté en fonction du développement des plantes et du projet architectural.

En intérieur, un retrait par rapport au plafond de 20 cm minimum doit être observé.

Point de contrôle contradictoire

Avant le démarrage de la réalisation, l'entreprise en charge de l'installation communique pour validation au maître d'ouvrage ou au bureau de contrôle les éléments suivants :

- une note de calcul sur le dimensionnement des fixations, établie à partir des éléments techniques et du diagnostic fourni par le maître d'ouvrage ;
- le certificat de classement « réaction au feu » pour les matériaux synthétiques ;
- la liste des constituants du support de culture ;
- la caractérisation du substrat selon le tableau pour matériaux granulaires, dont la disponibilité en eau ;
- la fiche technique pour matériaux synthétiques ;
- le descriptif détaillé du système d'arrosage, sous forme d'un schéma indiquant la nature des matériaux, les diamètres des canalisations et les dispositifs particuliers (vidange, disconnecteurs, pompe doseuse, etc.) ;
- le plan de calepinage de l'infrastructure (ancrages et modules) indiquant le traitement des points singuliers (fenêtres, haut de la façade, etc.) ;
- le plan de calepinage de la végétalisation, accompagné du détail quantitatif par espèces.

Une liste non exhaustive de plantes utilisables en façade végétalisée est disponible en téléchargement sur le site internet de l'Unep, sur la page des règles professionnelles.

3.2.2. Description et prescriptions techniques à prendre en compte lors de la réalisation

3.2.2.1. Conditions d'intervention

La mise en place de la structure ne peut se faire qu'une fois le mur support réceptionné. La mise en place des végétaux n'intervient qu'une fois le bâtiment hors d'eau et hors d'air, les enduits posés, lissés et séchés, les finitions de bardage achevées. La plantation ne peut être envisagée qu'une fois l'eau et l'électricité disponibles, le réseau d'arrosage testé et opérationnel, et le réseau d'assainissement achevé. Pour les murs intérieurs, le chauffage doit être opérationnel, et les intervenants du second œuvre doivent avoir achevé leurs ouvrages pour éviter les dégradations et les pollutions provoquées par les poussières de plâtre et projections de peinture.

3.2.2.2. Liaison mur support/système de végétalisation

La pose du mur est conditionnée à un avis positif du bureau de contrôle mandaté par le maître d'ouvrage. La conception est quant à elle validée par le maître d'œuvre. En effet, le choix du dispositif de liaison et son dimensionnement doivent systématiquement être soumis pour vérification à un bureau de contrôle, pour vérifier l'adéquation entre mur support et système de végétalisation.

3.2.2.3. Mise en place de la structure des systèmes de végétalisation

Une lame d'air d'une épaisseur minimum de 2 cm doit être réservée entre la façade du mur support et la face arrière du système de végétalisation. Une épaisseur de 5 cm est recommandée.

Le flux d'air ne doit pas être interrompu par des réseaux de distribution d'arrosage disposés horizontalement dans la lame d'air. Toutefois, la pose de tuyaux verticaux est tolérée. Dans le cas où le matériau de revêtement du mur support est sensible à l'eau, la face arrière du système de végétalisation doit être rendue imperméable.

Tous les éléments de fixation (visserie, entretoises de calage, etc.) doivent être en matériau tel que :

- acier galvanisé à chaud, conformément à la norme NF EN ISO 1461 et selon classe de corrosivité ;
- acier inoxydables (qualité A2 minimum, A4 si installation en bord de mer), répondant à la norme NF E25-035 ;
- aluminium dont la nuance est compatible avec l'emploi à l'extérieur, et notamment par rapport à la résistance à la corrosion (nuance de série 1 recommandée) ;
- matériaux plastiques résistants aux UV.

La qualité des aciers doit être compatible avec les situations particulières suivantes : bord de mer, couple électrolytique entre différents aciers.

Les eaux d'arrosage étant corrosives, il est nécessaire d'en tenir compte dans le choix des matériaux de fixation.

La pose de la structure doit prendre en compte le calepinage des joints de dilatation et de construction. Au droit de ces points singuliers, la structure porteuse doit s'interrompre pour ne pas être endommagée par les mouvements différentiels du bâtiment.

Point de contrôle interne

Réception de la façade et réseaux opérationnels.
Fiches techniques pour la visserie et les éléments de fixation.
Calage et bon alignement des éléments modulaires vérifiés avant la pose de la végétalisation.

3.2.2.4. Support de culture

Le support de culture peut être livré sur le chantier (vrac interdit, big-bag ou sacs autorisés) ou être déjà en place dans les modules préformés.

A la mise en place, le support de culture doit être tassé ou vibré (selon la typologie du module et du substrat) par couches successives pour anticiper les tassements ultérieurs qui peuvent atteindre jusqu'à 20 % de l'épaisseur initiale.

Si l'installation ne comporte pas de dispositif de fertilisation, il est nécessaire, pour assurer une bonne installation de la végétation, d'enrichir le support de culture avec un engrais organique ou à libération contrôlée longue durée (en adéquation avec le substrat en place).

Dans le cas de murs intérieurs, les engrais organiques peuvent, selon leur composition, dégager une odeur désagréable. Leur emploi doit donc être réfléchi en fonction de cette caractéristique.

Point de contrôle interne

Remplissage correct des éléments modulaires (pas de vides de substrat).

Homogénéité du mélange du substrat.

Vérification de la conformité du pH (mesure selon norme NF EN 13 037) et de la conductivité (mesure selon norme NF EN 13 038) avec la fiche technique du support de culture. La mesure se fera à partir d'une quantité de support de culture de 1 kg, constituée par mélange d'échantillons de 100 g prélevés dans 10 éléments modulaires pris aléatoirement. La fiche technique du fournisseur peut suffire s'il fait l'objet de contrôles qualité réguliers.

3.2.2.5. Arrosage

Le réseau d'arrosage ne doit comporter aucun raccord non accessible qui pourrait se situer dans la lame d'air entre mur support et mur végétalisé.

Les canalisations horizontales doivent être correctement soutenues pour éviter le fléchissement.

A la mise en service, le réseau d'arrosage doit être nettoyé et rincé à l'eau claire.

Pour plus de détails, il est possible de se référer aux règles professionnelles sur l'arrosage (PC6, PC7 et PE4).

Point de contrôle interne

A la mise en service, le réseau d'arrosage doit être éprouvé par une mise sous pression (1,5 fois la pression de service), afin de détecter les fuites éventuelles et d'y remédier.

Le débit des goutteurs doit être contrôlé. L'écart de débit maximum admis sur un secteur commandé par une même électrovanne est de 10 %.

De même, l'homogénéité de l'arrosage sur l'ensemble du support de culture doit être vérifiée, ainsi que sur l'ensemble du mur.

Le fournisseur du système de végétalisation doit remettre au gestionnaire du mur végétalisé une notice rédigée en français expliquant :

- le fonctionnement du programmateur d'arrosage ;
- le mode de calcul des doses d'arrosage, prenant en compte le volume de substrat, sa disponibilité en eau, le débit des goutteurs ;
- la procédure de mise hors gel ;
- les procédures à suivre pour la fertilisation (fréquence et doses d'engrais).

3.2.2.6. Mise en place de la végétation

En cas de gel, la mise en place de la végétation ne peut se faire. En cas de fortes chaleurs, seuls les modules pré-cultivés peuvent être installés.

Les substrats utilisés pour l'élevage des plantes en godet sont généralement très organiques. Il est recommandé, afin d'assurer une colonisation rapide du support de culture par les racines après plantation, d'éliminer le surplus du substrat d'origine qui n'est pas colonisé par des racines. Il est également conseillé d'effectuer une saturation du substrat avant et après la plantation.

L'incision de la toile de protection extérieure se fait de telle manière que le substrat ne s'écoule pas.



Figure 18 : photo d'une plantation par incision de la toile de protection extérieure. Source : T. Muller.

L'objectif de recouvrement minimum est de 50 % 6 mois après la mise en place, 80 % 1 an après.

La plantation n'est autorisée que lorsque le système d'arrosage est opérationnel.

Point de contrôle interne

Respect du plan de calepinage (espèces et variétés).
Respect de la densité de plantation.
Etat de la végétation.

3.2.2.7. Finitions

Les éléments de finition doivent être dimensionnés et posés conformément aux dispositions prévues par le NF DTU 33.1 (travaux de bâtiments : façades rideaux). Ce document indique notamment les matériaux autorisés, les méthodes de mise en œuvre, ainsi que les tolérances dimensionnelles. Les champs visibles (angles, encadrements de fenêtre et de porte, etc.) doivent être habillés afin d'empêcher le vent de pénétrer entre le mur et le système de végétalisation.

3.2.3. Description et prescriptions techniques à prendre en compte lors de l'entretien et du suivi

3.2.3.1. Programme d'entretien

L'entretien et le suivi des murs sont divisés en quatre types d'opération :

- contrôle du bon fonctionnement du mur végétalisé ;
- maintenance ;
- contrôle visuel des éléments de structure ;
- réglage de l'arrosage et de la fertilisation.

3.2.3.2. Opérations de contrôle du bon fonctionnement

Ces opérations de contrôle sont fréquentes, de courte durée, et sont réparties sur l'année. Elles consistent à vérifier le bon fonctionnement et le bon état de la végétation.

Leur fréquence recommandée est au minimum bimensuelle pour les murs modulaires, et hebdomadaire pour les murs en nappes continues. La fréquence est à adapter aux conditions climatiques (sécheresse, gel, forte humidité, zone climatique), à l'exposition du mur végétalisé, à l'éventuelle présence de systèmes d'alarme à distance.

Les points à vérifier sont les suivants.

- Dysfonctionnement du système d'arrosage : pression, débit, état des filtres, fuite, bouchage de goutteurs, interruption de la fourniture d'eau, panne du programmeur.

- Dysfonctionnement du système de fertilisation : fuite, manque d'engrais, casse/dérèglement de la pompe doseuse volumétrique.

- État de la végétation : mortalité anormale des plants, attaques de parasites, etc.

- Vandalisme.

En hiver, le contrôle est moins fréquent et porte sur la mise hors gel de l'installation et d'éventuelles défaillances à la remise en eau.

Les fréquences de contrôle peuvent être allégées en cas de dispositifs d'alarme et de suivi à distance.

Dans le cas des murs intérieurs, le bon fonctionnement de l'éclairage et le régime de température est à vérifier.

Les préconisations d'entretien formulées par les fournisseurs d'automatismes (programmeurs, batteries, sondes, pompes doseuses volumétriques, etc.) doivent être respectées.

En cas de dysfonctionnement décelé à l'occasion d'un contrôle, l'entreprise prestataire doit informer le donneur d'ordre et proposer des mesures correctives, dans un délai compatible avec la préservation de l'ouvrage.

3.2.3.3. Opérations de maintenance

Deux interventions annuelles sont à prévoir au minimum :

- intervention en sortie d'hiver : remplacement des plants morts, fertilisation éventuelle (si absence de fertirrigation), taille ;

- intervention en automne : nettoyage et taille légère selon les espèces et la zone climatique.

En cas de besoin, les opérations suivantes sont réalisées aux cours des interventions décrite plus haut :

- comblement des vides dans le substrat ;
- nettoyage des dispositifs d'évacuation d'eau ;
- contrôle des feutres et toiles retenant le substrat.

Afin d'éviter l'apparition et le développement de plantes non-désirées ainsi que la propagation de pathogènes, la lutte biologique est privilégiée, mais il n'est normalement pas nécessaire d'intervenir. En dernier recours, dans le cadre d'une lutte raisonnée, des traitements phytosanitaires peuvent être réalisés. Ils doivent alors respecter les règles en vigueur : utilisation de produits homologués, précautions d'emploi, personnel habilité, conditions météorologiques propices, etc. Toutefois, la loi Labbé interdira l'usage de produits phytosanitaires dans les espaces publics en 2017. Il est à noter que les murs végétalisés en intérieur sont concernés par des règles particulières.

Les usagers du bâtiment doivent obligatoirement être prévenus de ces interventions.

Les déchets issus des opérations de taille et de nettoyage sont évacués par la filière locale adéquate.

Toutes les précautions pour ne pas endommager l'environnement immédiat du mur (revêtements de sols, appareils électriques, réseaux, etc.) doivent être prises par l'entreprise prestataire, en accord avec le donneur d'ordre.

De même, le cas échéant, les démarches d'autorisation d'occupation temporaire de la voirie doivent être réalisées avant intervention par l'entreprise prestataire.

Toutes les interventions doivent se faire en respectant les règles de sécurité définies plus haut.

Il est recommandé de vérifier que l'aspect général du mur est satisfaisant, et qu'aucun secteur n'a été omis en prenant du recul par rapport à l'ouvrage, avant de quitter le chantier.

3.2.3.4. Contrôle visuel de la structure et de la fixation au mur support

A l'occasion des opérations de contrôle ou de maintenance, toute anomalie sur la structure et la fixation au mur support constatée doit être signalée au donneur d'ordre. Celui-ci doit alors diligenter les investigations et contrôles nécessaires et procéder à la mise en sécurité de l'ouvrage.

3.2.3.5. Conduite de l'arrosage et de la fertilisation

Les doses et fréquences d'arrosage doivent être modulées en fonction de la saison et de l'état physiologique des végétaux. Elles doivent être adaptées aux caractéristiques physiques du support de culture et aux besoins des végétaux.

Il est nécessaire d'arroser les plantes en hiver pour assurer leur survie. L'objectif est de maintenir le substrat humide. Après chaque grand froid, on procédera si besoin à un arrosage suivi d'une vidange du système. Ainsi, entre deux périodes de gel, il peut s'avérer judicieux de remettre en marche le système d'arrosage pour procéder à un arrosage et de refaire immédiatement les opérations d'hivernage (vidange des canalisations).

Dans les régions au climat hivernal particulièrement froid et sec cette opération peut être répétée plusieurs fois si nécessaire, particulièrement au cours des mois de janvier et février. Les fréquences d'arrosage dépendent des besoins des plantes et du climat des régions.

Concernant la fertilisation, les équilibres nutritifs (dont oligo-éléments), doses et fréquences d'apport doivent être raisonnés en fonction de la saison, du type de végétaux et de leur état physiologique. La qualité de l'eau utilisée doit être prise en compte dans le raisonnement.

Dans le cas de réutilisation des eaux de drainage en circuit fermé, une augmentation de la conductivité entraînant le dépérissement des plantes est à craindre. Un contrôle régulier de la conductivité doit être réalisé (tous les mois en été). Une gestion particulière de l'irrigation doit être mise en place : by-pass automatisé pour rinçage de l'installation à l'eau claire jusqu'à diminution de la conductivité.

Les risques de salinité trop élevée doivent être limités. Les produits de fertirrigation ne sont pas forcément adaptés aux murs. Leur dosage doit être finement réalisé de manière à ne pas dépasser une conductivité de 1,2 mS.

Le choix des engrais utilisés doit limiter les phénomènes de précipitation de matières solides.

Les goutteurs seront régulièrement contrôlés pour prévenir tout risque de bouchage. En cas d'arrosage à l'eau dure, il peut être utile d'installer un adoucisseur d'eau en amont de l'installation d'arrosage. Dans le cas d'un goutteur est bouché, il est nécessaire de le remplacer.

4. Définition des points de contrôle internes et des points de contrôle contradictoires

	Description	Qui effectue le point de contrôle ?	Matérialisation du point de contrôle
Point de contrôle interne	Il correspond à la vérification de la bonne exécution des travaux au fur et à mesure de l'avancement du chantier, et plus spécifiquement quand une tâche est achevée. Il permet de prendre du recul sur le chantier avant de passer à l'étape suivante.	Le chef d'équipe, le chef de chantier ou le conducteur de travaux. Le maître d'œuvre peut être impliqué s'il en a manifesté le souhait.	Consignation facultative sur un document interne et spécifique au chantier ou sur une fiche de journée. > Ce type de point de contrôle ne débouche pas systématiquement sur une preuve mobilisable en cas d'expertise judiciaire / de litige.
Point de contrôle contradictoire	Il correspond : - à la formalisation d'un accord entre l'entreprise et le maître d'œuvre ou le maître d'ouvrage - à un changement de tâche, notamment lorsqu'une tâche a des conséquences sur la suivante ou lorsqu'elle a des conséquences irréversibles - à la réception des travaux. <i>Chaque règle professionnelle ne doit pas comporter plus de 5 points de contrôle contradictoires.</i>	- Le chef de chantier, le conducteur de travaux ou le dirigeant de l'entreprise du paysage, en présence du maître d'œuvre ou du maître d'ouvrage. - Une entreprise tierce (exemple : mesure de la portance).	- Consignation au niveau du compte-rendu de chantier, cosigné par l'entreprise et le maître d'œuvre ou le maître d'ouvrage. - Un document réalisé par une entreprise tierce. > Ce type de point de contrôle doit déboucher sur une preuve mobilisable en cas d'expertise judiciaire / de litige.

Les points de contrôle contradictoires constituent des **points d'arrêt**. Ces arrêts obligatoires sont contractuels. Ils interdisent de continuer la phase suivante de la tâche jusqu'à ce que les points d'arrêt soient levés. La levée des points d'arrêt a lieu dès que les contrôles contradictoires ont donné satisfaction. La phase suivante du travail peut alors reprendre de façon formelle avec toutes les garanties de bonne exécution de la ou des tâches précédentes.

Il existe par ailleurs deux types de points de contrôle contradictoires particuliers :

- les points de contrôle relatifs aux approvisionnements
- les points de contrôle relatifs à la réception du support.

Chaque approvisionnement et chaque réception de support doit automatiquement déboucher sur un point de contrôle contradictoire entre l'entreprise de paysage et le fournisseur dans le premier cas et entre l'entreprise de paysage et l'entreprise ayant réalisé le support dans le second cas.

Le cas particulier de la clientèle particulière sans maîtrise d'œuvre :

Parce que la clientèle particulière n'est pas « sachante » en termes d'aménagements paysagers et de végétalisation verticale, les points de contrôle pour ce type de clientèle sont principalement des points de contrôle internes.

Il est fortement recommandé de formaliser les étapes de validation des plantes et des matériaux à mettre en œuvre et de réception des travaux avec la clientèle particulière. De même, il est fortement recommandé que chaque modification de la commande initiale du client débouche sur la rédaction d'un nouveau devis, la signature par le client particulier du nouveau devis prouvant son accord.

5. Bibliothèque de référence

CERTU, CETE Nord-Picardie. *Memento technique du Bâtiment – les façades*. Certu. 2002.

Code du Travail : articles R4323-58 à R 4323-64

DUNNETT Nigel, KINGSBURY Noël. *Toits et Murs végétaux*. Éditions du Rouergue. 2005.

Fascicule 35, 1999 : Aménagements paysagers – Aires de sports et de loisirs de plein air

FLL. *Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Fassadenbegrünungen mit Kletterpflanzen*. 2000.

FRASQUET Simone. *Végétalisation des murs et autres structures verticales*. Le Moniteur des travaux publics et du bâtiment, 2011, n°5624, p. 40.

GROULT Jean-Michel. *Créer un mur végétal en intérieur et en extérieur*. Édition Ulmer. 2008.

Instruction technique n°246 relative aux façades. Arrêté du 24 mai 2010.

Instruction Technique 249 relative aux façades (2010)

KÖHLER Manfred (Hrsg.) *Handbuch Bauwerksbegrünung, planung, Konstruktion, Ausführung : Dach, Fassade, Innenraum*. Édition : Rudolf Müller. 2012.

LEMAIRE F. et al. *Cultures en pots et conteneurs, principes agronomiques et applications*. INRA éditions. 2003.

Le Vivant et la Ville. *Guide des bonnes pratiques : enveloppes végétalisées du bâti*. Le Vivant et la Ville. 2013.

MUSY Marjorie (coordinatrice). *Une ville verte, les rôles du végétal en ville*. Éditions QUAE. 2014.

NF DTU 33.1, 2008 : Travaux de bâtiment - Façades rideaux

NF E25-035, 1995 : Éléments de fixation - Assemblages vissés en acier inoxydable - Méthode d'essai - Aptitude au serrage

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

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

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

NF EN ISO 12944-2, 1998 : Peintures et vernis - Anticorrosion des structures en acier par systèmes de peinture - Partie 2 : classification des environnements

NF EN ISO 14713, 2010 : Revêtements de zinc - Lignes directrices et recommandations pour la protection contre la corrosion du fer et de l'acier dans les constructions

NF U42-001, 1981 : Engrais - Dénominations et spécifications

NF U44-551, 2002 : Supports de culture - Dénominations, spécifications, marquage

Plante & Cité – CRITT Horticole. *Enquête et retour d'expériences de gestionnaires de murs végétalisés*. 2013.

Règles professionnelles de l'Unep (<http://www.lesentreprisesdupaysage.fr/tout-savoir/règles-professionnelles>)

Travaux

Travaux de mise
en œuvre
et d'entretien
en végétalisation
de bâtiments

Recommandations professionnelles

Conception, réalisation et entretien
de solutions de végétalisation
de façades par bardage rapporté

N°: **B.C.3-A-R0** | Création : septembre 2016



chaque
jardin
compte



Annexe 1 : Exemples de plantes utilisées pour la réalisation de façades végétalisées (nord-est de la France)



Campanula portenschlagiana
Echinacea purpurea 'Magnus'
Euphorbia griffithii 'Dixter'
Euphorbia myrsinites
Geranium macrorrhizum
Geranium pratense x 'Johnson's Blue'
Glechoma hederacea
Gypsophila paniculata
Hedera helix
Heuchera micrantha 'Palace purple'
Heuchera sanguinea 'Leuchtkäfer'
Lamium maculatum
Lamium maculatum 'White Nancy'
Lonicera nitida 'Maigrün'
Nepeta sibirica
Origanum vulgare
Potentilla aurea
Saponaria officinalis 'Rosea Plena'
Symphytum grandiflorum 'Hidcote blue'
Campanula portenschlagiana
Echinacea purpurea 'Magnus'
Euphorbia griffithii 'Dixter'
Euphorbia myrsinites
Geranium macrorrhizum
Geranium pratense x 'Johnson's Blue'
Glechoma hederacea
Gypsophila paniculata
Hedera helix
Heuchera micrantha 'Palace purple'
Heuchera sanguinea 'Leuchtkäfer'
Lamium maculatum
Lamium maculatum 'White Nancy'
Lonicera nitida 'Maigrün'
Nepeta sibirica
Origanum vulgare
Potentilla aurea
Saponaria officinalis 'Rosea Plena'
Symphytum grandiflorum 'Hidcote blue'



Campanula muralis, P 0,5
Carex pendula, P 0,5
Cotoneaster damneri, P 0,5
Euphorbia characias, P 0,5
Euphorbia myrsinites, P 0,5
Geranium macrorrhizum, P 0,5
Geranium pratense x 'Johnson's Blue', P 0,5
Glechoma hederacea, P 0,5
Hydrangea, P 0,5
Heuchera micrantha 'Palace purple', P 0,5
Heuchera sanguinea 'Leuchtkäfer', P 0,5
Lamium maculatum 'Baecon Silver', P 0,5
Lamium galeobdolon 'Florentinum', P 0,5
Lonicera nitida 'Maigrün', P 0,5
Mahonia charity, P 0,5
Pennisetum alopecuroides, P 0,5
Symphytum caucasicum, P 0,5
Symphytum grandiflorum 'Hidcote blue', P 0,5
Pennisetum alopecuroides, P 0,5
Symphytum caucasicum, P 0,5
Symphytum grandiflorum 'Hidcote blue', P 0,5



Thierry Muller SAS

FACADE NORD

Astilbe chinensis var. *pumila*
Astilbe 'Red Sentinel'
Bergenia cordifolia
Brunnera macrophylla
Carex morrowii 'Variegata'
Carex plantaginea
Cotoneaster dammeri
Epimedium x versicolor 'Sulphureum'
Geranium maccrorrhizum
Geranium maccrorrhizum 'Spessart'
Geranium nodosum
Glechoma hederacea
Gypsophila 'Rosenschleier'
Heuchera micrantha 'Palace purple'
Heuchera sanguinea 'Leuchtkäfer'
Lamium maculatum
Lonicera nitida
Luzula sylvatica
Luzula sylvatica 'Aurea'
Lysimachia nummularia
Lysimachia nummularia 'Aurea'
Polystichum setiferum 'Plumosum'
Saxifraga umbrosa
Symphytum caucasicum
Symphytum 'Hidcote blue'

FACADE OUEST

Aubrieta deltoidea
Bergenia cordifolia
Campanula portenschlagiana
Carex morrowii 'Variegata'
Carex oshimensis 'Evergold'
Cotonéaster damneri
Dianthus gratianopolitanus
Dianthus Bovelli belle
Euphorbia myrsinites
Festuca amethystina
Festuca glauca
Geranium endressii
Geranium maccrorrhizum
Heuchera micrantha 'Palace purple'
Heuchera sanguinea 'Leuchtkäfer'
Heuchera Viking ship
Iberis sempervirens
Lonicera nitida
Luzula sylvatica
Lysimachia nummularia
Nepeta sibirica
Potentilla aurea
Salvia nemorosa
Stipa tenuifolia
Thymus pseudolaginosus



Thierry Muller SAS

BLANC

Aster dumosus 'Schneekissen'
Bergenia x 'Bressingham White'
Gaura lindheimeri 'Whirling butterflies'
Geranium x cantabrigiense 'Biokovo'
Gypsophila paniculata
Heuchera sanguinea 'White Cloud'
Heuchera villosa 'Chantilly'
Hosta plantaginea 'Royal Standard'
Lamium maculatum 'White Nancy'
Monarda 'Schneewittchen'
Nepeta racemosa 'Alba'
Potentilla alba
Prunella grandiflora 'Alba'
Salvia nemorosa 'Schneehügel'
Saponaria officinalis 'Alba Plena'
Symphytum grandiflorum
Tellima grandiflora
Veronica spicata 'Alba'

Salvia nemorosa 'Blauhügel'
Symphytum grandiflorum 'Hidcote blue'
Trachystemon orientalis
Veronica austriaca ssp. *teucrium* 'Knallblau'
Viola odorata 'Königin Charlotte'
Brunnera macrophylla
Nepeta sibirica

FEUILLAGE GRIS-BLEU

Artemisia schmidtiana 'Nana'
Geranium macrorrhizum 'Variegatum'
Gypsophila paniculata 'Bristol Fairy'
Heuchera sanguinea 'White Cloud'
Hosta hybride 'Krossa regal'
Lamium maculatum 'White Nancy'
Lychnis coronaria 'Alba'
Ruta graveolens 'Jackman's blue'
Salvia officinalis 'Berggarten'
Stachys byzantina

BLEU-VIOLET

Aster alpinus
Aster amellus 'Rudolph Goethe'
Campanula glomerata 'Acaulis'
Campanula portenschlagiana
Campanula trachelium
Cymbalaria muralis
Geranium pratense X 'Johnson's Blue'
Glechoma hederacea
Hosta elata
Hosta lancifolia
Hyssopus officinalis
Limonium latifolium
Nepeta x *faassenii*
Pulmonaria angustifolia 'Azurea'

FEUILLAGE POURPRE

Cimicifuga ramosa 'Brunette'
Eupatorium rugosum 'Chocolate'
Euphorbia griffithii 'Dexter'
Geranium maculatum 'Espresso'
Heuchera 'Rachel'
Heuchera hybride 'Cascade Dawn'
Heuchera micrantha 'Palace purple'
Lychnis arkwrightii-hybr. 'Orange Zwerg'
Lysimachia ciliata 'Firecracker'
Salvia lyrata 'Purple Knockout'
Salvia officinalis 'Purpurascens'
Cimicifuga simplex 'Pink spike'

JAUNE

Achillea filipendulina hybride 'Coronation Gold'
Alchemilla mollis
Alyssum saxatile
Anthemis tinctoria
Euphorbia myrsinites
Heliopsis helianthoides 'Mars'
Hypericum 'Hidcote'
Kirengeshoma palmata
Oenothera tetragona 'Sonnenwende'
Phlomis russeliana
Potentilla aurea
Primula florindae
Rudbeckia fulgida
Salvia glutinosa
Waldsteinia ternata

ROUGE

Achillea millefolium 'Cerise Queen'
Aster dumosus 'Jenny'
Astilbe japonica X 'Red Sentinel'
Astrantia major 'Rubby Wedding'
Bergenia cordifolia
Dianthus plumarius 'Heidi'
Euphorbia griffithii 'Dixter'
Geranium macrorrhizum 'Czakkor'
Heuchera sanguinea 'Leuchtkäfer'
Knautia macedonica
Monarda X 'Cambridge Scarlet'
Phlox X *paniculata* 'Starfire'
Potentilla 'Gibson's Scarlet'
Veronica spicata 'Rotfuchs'
Geranium macrorrhizum

VIOLET-ROSE

Aster amellus 'Lady Hindlip'
Astilbe x *arendsii* 'Anita Pfeifer'
Aubrieta x 'Rosenteppich'
Bergenia cordifolia
Calamintha grandiflora
Dianthus gratianopolitanus
Echinacea purpurea 'Magnus'
Geranium x *cantabrigiense* 'Karmina'
Gypsophila repens-hybride 'Rosenschleier'
Heuchera 'Rachel'
Monarda hybride 'Croftway Pink'
Origanum vulgare
Phlox glaberina 'Bill Baker'
Saponaria officinalis 'Rosea Plena'
Stachys grandiflora 'Superba'
Symphytum 'Hidcote Pink'
Veronica spicata 'Rosenrot'
Heuchera sanguinea 'Leuchtkäfer'
Geranium macrorrhizum
Achillea millefolium 'Cerise Queen'

Edité par les Editions de Bionnay

SAS d'édition de presse au capital de 140 800 euros - RCS Lyon 401 325 436

Les Editions de Bionnay - 493 route du Château de Bionnay - 69640 Lacenas
Président : Erick Roizard, Directeur général : Martine Meunier
Tél. 04 74 02 25 25 - Fax. 04 37 55 08 11 - E-mail : leseditionsdebionnay@orange.fr



Dépôt légal à parution - ISBN : 978-2-917465-23-3 - Imprimerie Chirat (42540).

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans la présente publication, faite sans autorisation de l'éditeur, est illicite et constitue une contrefaçon.

Seules sont autorisées les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, et les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (Loi du 11 Mai 1957 - articles 40 et 41 et Code pénal en son article 425).

L'UNEP étant titulaire des droits d'auteur, en aucun cas, les Editions de Bionnay ne pourraient être tenues pour responsables de toute omission d'une donnée ou d'une information, ou de toute erreur ou lacune dans les règles professionnelles.

