



Recommandations professionnelles

Bardages rapportés végétalisés



CONCEPTION - RÉALISATION - MAINTENANCE



Adivet

Décembre 2024

Sommaire

1	Préambule	3		
2	Objet	4		
3	Domaine d'emploi et destination	5		
3.1	Sites admissibles	5		
3.2	Supports concernés	5		
3.3	Inclinaison par rapport à la verticale	6		
4	Documents techniques de référence	7		
4.1	Réglementation	7		
4.2	Normes DTU et normalisation	7		
4.3	Cahiers du CSTB et guide d'application	7		
4.4	Règles de l'art Grenelle de l'environnement	7		
4.5	Règles professionnelles	7		
5	Vocabulaire - terminologie	8		
6	Conception du procédé de végétalisation	11		
6.1	Généralités	11		
6.1.1	Sollicitations à prendre en compte	11		
6.1.2	Comportement au feu	11		
6.1.3	Protection contre le vandalisme	11		
6.1.4	Éléments de conception particuliers	11		
6.2	Ossatures	12		
6.2.1	Généralités	12		
6.2.2	Ossatures simple réseau	12		
6.2.3	Ossatures double réseau	12		
6.2.4	Caractéristiques des ossatures	13		
6.2.5	Propriétés des ossatures	13		
6.2.6	Éléments et organes de fixations	13		
6.2.7	Accessoires et finitions	14		
6.3	Contenants	15		
6.3.1	Généralités	15		
6.3.2	Typologie des contenants	15		
6.3.3	Matériaux constitutifs des contenants	16		
6.3.4	Caractéristiques des contenants	17		
6.3.5	Fixation des contenants	18		
6.4	Supports de culture	19		
6.4.1	Généralités	19		
6.4.2	Typologie des supports de culture	19		
6.4.3	Caractéristiques des supports de culture	21		
6.5	Végétation	22		
6.5.1	Choix des végétaux et conception	22		
6.5.2	Catégories de végétaux	22		
6.5.3	Conditionnement des végétaux	22		
6.5.4	Conditions sanitaires et environnementales	22		
6.6	Système d'irrigation	23		
6.6.1	Généralités	23		
6.6.2	Réseau d'irrigation	23		
6.6.3	Alimentation en eau	24		
6.6.4	Pompage, distribution, mesure et filtration	24		
6.6.5	Régulation et automatisation	25		
6.6.6	Fertirrigation	25		
6.6.7	Répartition et diffusion de l'eau	26		
6.6.8	Évacuation, collecte ou recyclage	26		
7	Mise en œuvre	27		
7.1	Accès en hauteur	27		
7.2	Phasage des travaux	27		
7.2.1	Mise en œuvre de l'ossature	27		
7.2.2	Mise en œuvre des modules ou plaques pour nappes continues	27		
7.2.3	Mise en œuvre des végétaux (ne concerne pas les modules pré-cultivés)	28		
7.2.4	Mise en œuvre du système d'irrigation	28		
7.3	Contrôles et mise en service	28		
7.3.1	Généralités	28		
7.3.2	Contrôles relatifs à la structure porteuse	28		
7.3.3	Contrôles relatifs à l'isolant thermique	28		
7.3.4	Contrôles relatifs à l'ossature	28		
7.3.5	Contrôles relatifs aux contenants, aux supports de culture et aux végétaux	28		
7.3.6	Contrôles relatifs au système d'irrigation et mise en service	29		
8	Entretien	30		
8.1	Généralités	30		
8.2	Besoins en eau	30		
8.3	Maintenance du système d'irrigation	30		
8.3.1	Maintenance courante	30		
8.3.2	Arrêt hivernal et réalimentation temporaire	30		
8.3.3	Remise en service saisonnière	30		
8.4	Fertilisation	30		
8.5	Entretien de la végétation	30		
8.5.1	Définition du programme d'entretien	31		
8.5.2	Suppression des adventices	31		
8.5.3	Remplacement de végétaux	31		
8.5.4	Taille	31		
8.5.5	Surveillance sanitaire des végétaux	31		
8.6	Maintenance technique	31		
8.6.1	Nettoyage	31		
8.6.2	Contrôle relatif aux moyens d'élévation permanents	31		
8.7	Contrat d'entretien	31		
9	Prévention/sécurité	33		
9.1	Conditions de travail et sécurité des personnes	33		
9.2	Protection environnementale	33		
10	Garantie décennale	33		



Annexes	34
A1 Document de Référence (DR) d'un BRV	34
A2 Normes DTU et normalisation	35
A3 Cahiers du CSTB et guide d'application	35
A4 Règles de l'art Grenelle de l'environnement	35
A5 Règles professionnelles	35
A6 Capacité maximale en eau (CME)	35
A7 Sollicitations à prendre en compte	36
A8 Comportement au feu	37
A9 Isolation thermique par l'extérieur (ITE)	37
A10 Protection contre la corrosion	38
A11 Compatibilité électrochimique	38
A12 Supports de culture	38
A13 Supports de culture organo-minéraux granulaires	39
A14 Supports de culture synthétiques en nappes continues	39
A15 Conditions sanitaires et environnementales	39
A16 Contrôles relatifs à l'ossature	39
A17 Entretien de la végétation : la taille	39



Table des illustrations

Figure 1	BRV à ossature simple réseau vertical avec ou sans isolant et ossature simple réseau horizontal sans isolant	4
Figure 2	BRV à ossature double réseau sans ou avec isolant	4
Figure 3	Principe d'un mur avec BRV de conception similaire à des murs de type III et de type XIII	5
Figure 4	Exemples de brv à ossature simple réseau vertical sans et avec isolant	12
Figure 5	Exemples de BRV à ossature double réseau (ossature primaire verticale et secondaire horizontale) sans et avec isolant	12
Figure 6	Exemples de fixations sur la structure porteuse et l'ossature	14
Figure 7	Exemples de points singuliers	14
Figure 8	Composants d'un système d'irrigation	23



Pour mener à bien ce travail, l'Adivet remercie François Lassalle (Flax), animateur du groupe de travail, Jean-Claude Burdloff (SECC) et Simone Frasquet, les rédacteurs, Christophe Boutavant (Les Jardins de Gally), Frédéric Bureau (Vertical Flore), Gildas Caillé (Inventae Vert), Caroline Chiquet (Le Prieuré), Manuel Darse (Novintiss), François-Xavier Jacquinet (Tracer), Frédéric Madre (Topager) et Benny Pycke (GreenTexx), membres du groupe de travail, ainsi que Lucas Noblesse (SECC) pour les schémas.

1 Préambule

Les présentes Recommandations Professionnelles concernent les procédés de végétalisation verticale de type « bardage rapporté » (BR), modulaires ou continus. Le terme de « Bardage Rapporté Végétalisé » (BRV) sera employé pour les désigner (cf. § 5.13).

S'agissant de solutions techniques récentes, elles viennent combler l'absence d'un référentiel spécifique dans ce domaine. Elles s'appuient, chaque fois que possible, sur les différents documents techniques de référence (cf. § 4) en vigueur, lorsqu'ils traitent de façon spécifique de tel ou tel sujet du présent document.

La végétalisation des façades présente les principaux avantages suivants¹ :

- contribution au confort thermique du bâtiment ;
- atténuation des bruits ambiants ;
- augmentation de l'hygrométrie et rafraîchissement de l'air grâce à l'évapotranspiration ;
- contribution à la dépollution de l'air par les parties aériennes des plantes et les micro-organismes, contenus dans le support de culture, qui fixent les poussières et dégradent les polluants ;
- atout esthétique pour le bâtiment grâce à la présence de végétaux ;
- accueil de la biodiversité.

* ¹ Le document de référence (cf. § 2) peut également donner des caractéristiques et performances ainsi que leurs justifications sur ces différents sujets.

2 Objet

Ce document a pour objet de caractériser les principes de conception, de réalisation et de maintenance des procédés de végétalisation verticale de type BRV, à destination des maîtres d'œuvre, maîtres d'ouvrage, constructeurs et entrepreneurs.

⚠ Les présentes Recommandations Professionnelles se limitent aux cas des réalisations situées en extérieur et en France européenne sur une structure porteuse en béton ou en maçonnerie de petits éléments enduits.

Comportant des références aux normes NF-DTU et Avis Techniques (et Documents Techniques d'Application), ce document constitue donc un complément dans la mesure où les cas de figure qu'il évoque ne sont pas traités par ces textes. S'inspirant des dispositions constructives des documents précités, il a pour objet de caractériser les principes de conception et de réalisation d'un Bardage Rapporté Végétalisé (BRV) à destination des maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, constructeurs et entrepreneurs.

Chaque système de BRV se doit de faire l'objet d'un document technique appelé document de référence (DR dans la suite de ce document). Il est établi par le tenant du procédé. Ce document doit caractériser et spécifier le procédé.

Le DR devra comporter toutes les informations nécessaires et spécifiques à chaque procédé (voir A1).

Le procédé de végétalisation par bardage rapporté est composé des éléments suivants :

- ossature métallique simple ou double réseau fixée sur la structure porteuse constituée par la façade ;
- contenant renfermant le support de culture ou permettant sa fixation (cas des nappes continues) ;
- support de culture ;
- végétaux adaptés ;
- système automatique d'arrosage et de fertilisation dimensionné spécifiquement.

Une isolation thermique par l'extérieur (ITE) peut être mise en œuvre sur la structure porteuse après la pose des pattes de fixations permettant l'installation de l'ossature.

La terminologie relative à l'ossature adoptée dans le présent document est :

- à simple réseau : comportant uniquement une ossature primaire ;
- à double réseau : associant une ossature primaire verticale à une ossature secondaire constituée de lisses horizontales.

La **figure 1** présente une coupe sur les différents constituants d'un BRV à ossature simple réseau vertical sans ou avec isolation.

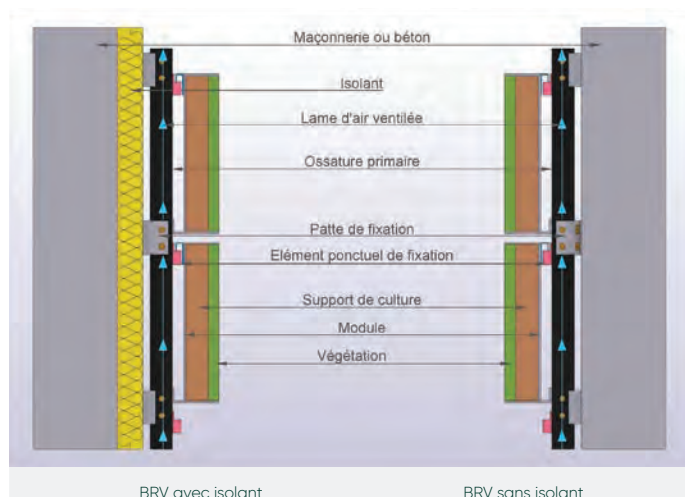


Figure 1 : BRV à ossature simple réseau vertical avec ou sans isolant

La **figure 2** présente une ossature double réseau comportant une ossature primaire verticale et une ossature secondaire horizontale sans ou avec isolation thermique.

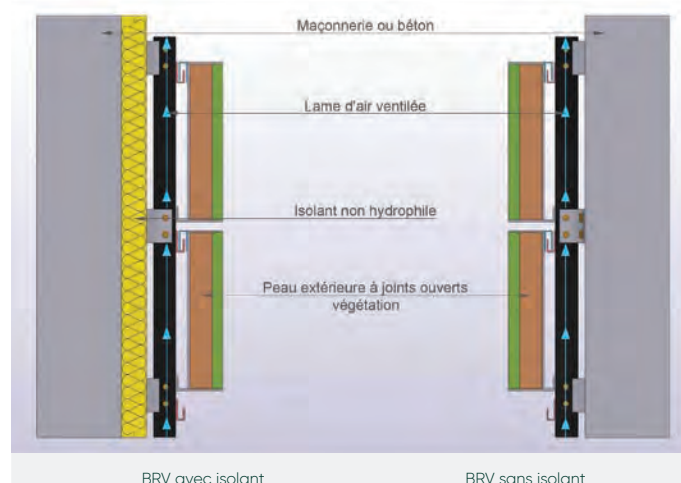


Figure 2 : BRV à ossature double réseau avec ou sans isolant

Les façades peuvent être entièrement ou partiellement végétalisées. Les BRV peuvent être mis en œuvre sur des façades mixtes comportant, autour des zones traitées, d'autres types de façades : béton, maçonnerie enduite ou bardage rapporté.

3 Domaine d'emploi et destination

3.1 Sites admissibles

Pour être admissible à la végétalisation, un site doit présenter des caractéristiques favorables à la croissance végétale et à la pérennité de la végétation et du procédé.

Caractéristiques climatiques et végétation

Les paramètres climatiques du site de la réalisation (luminosité, température, hygrométrie, vent) participent à la détermination du choix des végétaux.

Ces informations sont prises en compte soit par le détenteur du procédé, soit par le poseur pour le choix des végétaux. La liste de plantes est communiquée soit par le détenteur du procédé, soit par le poseur, puis discutée et validée par un maître d'œuvre.

La zone climatique dans laquelle se trouve le site détermine le type de végétaux qui peuvent être plantés, en fonction des paramètres suivants :

- luminosité ;
- température ;
- hygrométrie ambiante ;
- vent.

Le DR spécifique à chaque procédé précise les limites et les dispositions constructives complémentaires en fonction de l'intensité ou de l'importance de ces phénomènes naturels.

Zones sismiques

La situation du site dans une zone sismique comportant des risques importants peut interdire certains types de procédés de végétalisation.

Le DR définit les limites d'emploi ainsi que les dispositions techniques complémentaires nécessaires en fonction des zones sismiques et de la catégorie d'importance des bâtiments.

Note : Les zones sismiques et la catégorie d'importance sont définies par la réglementation parasismique. La performance d'un procédé et donc son adéquation en fonction des zones et de catégories d'importance repose généralement sur des essais en laboratoire demandés par le titulaire du procédé.

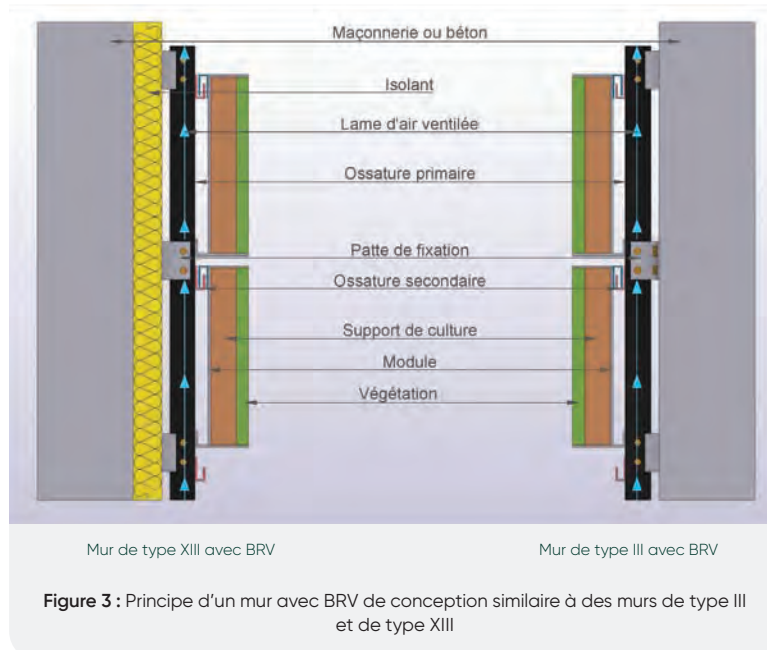
3.2 Supports concernés

Les murs et façades neufs ou existants et les murs autoportants peuvent être végétalisés. La structure porteuse doit respecter les prescriptions établies par la normalisation et les autres textes afférents.

Les normes applicables aux structures porteuses en béton et en maçonnerie de petits éléments sont les suivantes :

- NF DTU 21 : exécution des ouvrages en béton ;
- NF P 18 210 (DTU 23.1) : murs en béton banché ;
- NF P 10 202 (DUT 20.1) : ouvrages en maçonnerie de petits éléments.

Les murs de façades de conception s'appuyant sur des principes identiques au BRV sont des murs de type III ou de type XIII tels que définis dans le NF DTU 20.1. La figure 3 présente ces deux types de murs avec en illustration un BRV.



Selon le NF DTU 20.1, un mur de type XIII peut comporter un bardage rapporté ou être revêtu d'un enduit.

Dans le cas d'un bardage, un mur de type XIII est constitué « d'un système d'isolation par l'extérieur dont le parement extérieur n'est pas totalement étanche à l'eau de pluie, mais derrière lequel est disposée une lame d'air continue permettant la récupération et l'évacuation des eaux d'infiltration ».

Un mur de type XIII est composé des éléments présentés sur la figure 3 (réalisée d'après la figure 13a du NF DTU 20.1 P3 :

- paroi en béton ou en maçonnerie enduite ;
- isolant non hydrophile ;
- lame d'air ;
- parement extérieur à joints ouverts.

Ce parement extérieur peut être constitué par un bardage rapporté ou en intégrant des dispositions complémentaires (cf. DR) par un BRV tel que représenté sur la figure 3. Pour un BRV, et si nécessaire, un traitement permettant d'assurer la fonction de parois « étanche » peut être demandé dans le DR au niveau de la lame d'air.

Le mur de type III est composé des mêmes éléments à l'exception de l'isolant.

3.3 Inclinaison par rapport à la verticale

Le BRV doit être sensiblement vertical. Son inclinaison doit être comprise entre $- 5^\circ$ (inclinaison vers l'extérieur) et $+ 5^\circ$ (inclinaison vers l'intérieur). Dans tous les cas de figure, la structure porteuse sera verticale et les tolérances d'aplomb seront celles de leur document normatif de référence (cf. 3.2.2).

Note : Au-delà de ces inclinaisons, une étude particulière de la stabilité structurelle et de l'étanchéité doit être réalisée. Ces présentes recommandations ne traitent pas ce cas.



4 Documents techniques de référence

Les documents techniques de référence cités dans le texte sont listés ci-dessous.

4.1 Réglementation

À différents titres, la réalisation des BRV est principalement assujettie au Code de la construction et de l'habitation, au Code du travail, au Code rural et de la pêche maritime, au Code de l'environnement et au Code général des collectivités territoriales ainsi qu'à leurs textes d'application.

4.2 Normes DTU et normalisation

Des DTU et des normes sont applicables aux BRV (voir **A2** pour les principaux d'entre eux).

Le document principal pour appréhender techniquement un BRV est le NF DTU 45.4 pour ses spécifications communes. Ce DTU traite des « systèmes d'isolation thermique par l'extérieur en bardage rapporté avec lame d'air ventilée ».

4.3 Cahiers du CSTB et guide d'application

(voir **A3** pour les principaux d'entre eux)

Le Cahier du CSTB n° 3194_V2 est un des documents guides également important pour les BRV.

4.4 Règles de l'art Grenelle de l'environnement

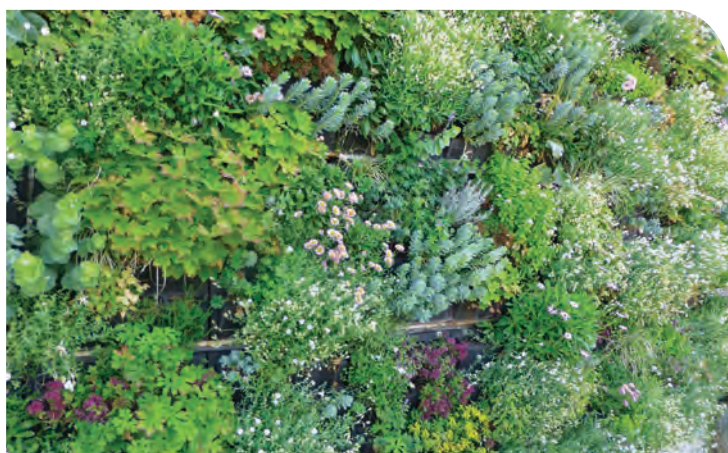
Les Règles de l'art Grenelle de l'Environnement 2012 (RAGE)² comportent des recommandations relatives aux procédés de BR auxquelles les présentes Recommandations Professionnelles font référence.

Dans l'attente de la publication de NF DTU qui couvrira le même domaine technique que ces règles RAGE, elles peuvent être utilisées comme base technique pour le DR et la conception d'un projet avec BRV. (voir **A4**).

4.5 Règles professionnelles

Les Règles Professionnelles relatives à l'arrosage automatique s'appliquent aux BRV.

Par ailleurs, il est fait référence aux Règles Professionnelles pour la conception et la réalisation des terrasses et toitures végétalisées pour la définition des charges à CME. Cette dernière est précisée dans le DR (voir **A5** pour ces deux références).



* ² Règles de l'art Grenelle environnement 2012, Programme d'accompagnement des professionnels sont des documents techniques de référence qui préfigurent l'avant-projet d'un nouveau NF DTU ou la modification d'un NF DTU existant. Reconnues par les assureurs dès leur approbation, elles sont mises à disposition gratuitement sur le site : <https://www.programmepacte.fr>.

5 Vocabulaire - Terminologie

1 Bardage rapporté

« On appelle bardage rapporté, le système de revêtement extérieur de parois verticales, composé d'un parement extérieur et d'une ossature reprises sur le gros œuvre » (cf. NF DTU 45.4).

« Il n'appartient pas au bardage rapporté de séparer l'intérieur du bâtiment de l'extérieur, mais d'être entièrement situé à l'extérieur, rapporté sur le gros œuvre qui assume ladite séparation et auquel l'ouvrage de bardage apporte l'aspect extérieur... ».

Cette définition est identique à celle du Cahier du CSTB n° 3194_V2.

2 Bardage rapporté végétalisé

Le bardage rapporté végétalisé (BRV) se distingue du bardage rapporté par la composition de son parement extérieur constitué d'éléments végétalisés alimentés par un système d'arrosage. Il peut également présenter un poids propre important qui implique une conception particulière pour la reprise des efforts sur son support. Le DR précisera les caractéristiques des ossatures de liaison au support et si nécessaire aux fondations.

3 Capacité maximale en eau (CME)

En l'absence d'un protocole adapté à la végétalisation des murs et des façades, on utilise la méthode définie pour la végétalisation des toitures (voir **A6**) (mesure de la « Capacité Maximale en Eau (CME) »).

« Il s'agit de la quantité d'eau [...] retenue par les matériaux constitutifs du » support de culture « dans la situation suivante : mise en eau à saturation pendant 24 heures, puis ressuyage pendant 2 heures. » (Règles Professionnelles pour la conception et la réalisation des terrasses et toitures végétalisées).

4 Complexe de végétalisation

Il constitue le parement extérieur du BRV. Modulaire ou continu, le complexe de végétalisation est constitué des éléments suivants :

- un contenant renfermant le support de culture ou permettant sa fixation (cas des nappes continues) ;
- un support de culture ;
- des végétaux adaptés ;
- un système automatique d'arrosage et de fertilisation.

Le DR précisera tous ces éléments qui sont spécifiques à chaque procédé.

5 Façades de plantes grimpantes

Les végétaux grimpants sont plantés en pleine terre, au pied des bâtiments. La végétalisation est possible par recouvrement d'une structure métallique (type panneaux-treillis ou fils). Certaines espèces de plantes grimpantes peuvent prendre directement ancrage sur des supports de façades appropriés. Le présent document n'a pas pour objet de traiter ces façades.

6 Façades végétalisées

Il s'agit de façades de bâtiments publics ou privés, pourvues de végétaux sur tout ou partie des surfaces verticales ou quasi verticales. On distingue parmi les différents systèmes destinés aux cultures verticales : les façades de plantes grimpantes installées au pied du bâtiment, les plantations en bacs et les procédés de murs ou façades végétalisées par bardage rapporté.

7 Fertilisation

Apport d'éléments nutritifs aux complexes de végétalisation, par adjonction de fertilisants, préalablement dosés en fonction des besoins spécifiques des végétaux. Cet apport est réalisé par le système d'irrigation (fertirrigation) et, le cas échéant, par une pulvérisation sur les feuilles.

8 Fertirrigation

Fertilisation des complexes de végétalisation réalisée par adjonction dans le système d'irrigation d'éléments nutritifs préalablement dosés en fonction des besoins spécifiques des végétaux.

9 Irrigation

Dans ce document, ce terme désigne un système d'arrosage intégré et automatisé en fréquence et en doses qui pourvoit aux besoins en eau des complexes de végétalisation.

10 Isolation thermique par l'extérieur (ITE)

Les bardages, rapportés végétalisés ou non, peuvent être combinés à une isolation thermique du bâtiment par l'extérieur.

11 lame d'air ventilée

La lame d'air ventilée est constituée d'un espace vide située entre, d'une part, le dos de la peau du complexe de végétalisation, et, d'autre part, la structure porteuse ou l'isolation thermique par l'extérieur (ITE).

La circulation de l'air provenant de l'extérieur s'effectue de la rive basse (entrée d'air) vers la rive haute (sortie d'air).



12 Mur de type III ou de type XIII

Selon le NF DTU 20.1, l'ensemble structure porteuse en béton banché ou en maçonnerie d'éléments, isolation thermique par l'extérieur, le cas échéant, et bardage rapporté constitue un mur de type III ou de type XIII. Dans le cas présent, la position du bardage rapporté correspond à celle du BRV.

Contrairement au mur de type XIII, le mur de type III ne comporte pas d'isolation thermique par l'extérieur (ITE). Les principes de BRV s'appuyant sur ces deux types de murs sont abordés dans le § 3.1.2 et représentés sur la figure 3.

13 Murs ou façades végétalisés par bardage rapporté

Dispositifs de culture hors sol destinés à la végétalisation des murs ou des façades. Les différents procédés sont constitués de complexes de végétalisation modulaires ou continus (cf. § 5.4) assujettis à une ossature dédiée associée ou non à une isolation thermique par l'extérieur.

Les procédés (complexes de végétalisation et leur ossature dédiée) sont rapportés sur une structure porteuse. Les procédés de murs végétalisés sont à considérer comme des procédés de bardages rapportés ayant la particularité d'être végétalisés. On emploie alors le sigle « BRV ».

Les procédés de végétalisation ne participent pas à la stabilité générale du bâtiment.

14 Ossature


« Ensemble du dispositif permettant de rapporter le parement extérieur sur la paroi support. ».

Cette définition est identique à celle du NF DTU 45.4.

L'ossature est constituée de profilés disposés en réseau vertical associés à des lisses horizontales.

Dans le cas des BRV, elle est constituée de profilés métalliques.

Le type ainsi que leur adéquation avec les ambiances vis-à-vis du risque de corrosion sont explicités dans le DR.

 L'utilisation du bois comme constituant de l'ossature des BRV est exclue.

15 Parement extérieur

Dans le cas d'un bardage rapporté, le parement extérieur (cf. NF DTU 45.4) du bardage rapporté peut être réalisé avec les matériaux suivants (Cahier du CSTB n° 3194_V2) :

- grands éléments : plaques (fibres-ciment), panneaux (stratifié)... ;
- éléments étroits de grande longueur : clins (PVC), lames... ;
- petits éléments : tuiles (plates en terre cuite ou en béton), ardoises (naturelles ou en fibres-ciment), panneaux, écailles, dalles, bardeaux...

Dans le cas d'un BRV, elle est constituée de modules ou de nappes continues.

16 Plantations en bacs

Le recouvrement des murs se fait au moyen de végétaux divers (re-tombants, dressés, grimpants...) plantés dans des contenants utilisés isolément (type jardinières, fleurissement urbain...) mis en place en toiture, en pied de façade ou sur la surface de la façade grâce à une structure intermédiaire. Le présent document n'a pas pour objet de traiter ces façades.

17 Poids à sec et à capacité maximale en eau

Le poids à capacité maximale en eau est considéré comme la valeur maximale atteignable en façade.

Elle est prise en compte dans le calcul de la charge permanente.

Le tenant du procédé de BRV doit indiquer dans son DR le poids à capacité maximale en eau (poids à CME) ainsi que le poids à sec du système.

18 Points singuliers

Les zones qui se différencient des parties courantes constituent des points singuliers. Dans le cas des BRV, il s'agit des points suivants : éléments hauts, éléments latéraux, éléments bas, éléments d'angles, encadrements des ouvertures.

Tous les types de traitement de point singulier sont précisés dans le DR.

19 Procédé

Système de végétalisation dont les constituants et leur combinaison ont fait l'objet d'une conception spécifique et d'une dénomination commerciale. Ils doivent faire l'objet d'un DR.

20 Procédé de végétalisation

Le procédé de végétalisation est constitué de l'ossature mise en œuvre sur la structure porteuse et du complexe de végétalisation.



21 Structure autoporteuse

Il s'agit d'une structure indépendante du bâtiment, ancrée au sol, reprenant les efforts induits, les charges propres au BRV et les sollicitations climatiques. Certains procédés de BRV nécessitent ce type d'ossature qui est défini dans leur DR.

22 Structure porteuse

La structure porteuse peut être un élément de gros œuvre ou une structure rapportée. Lorsque les parois extérieures assurant la stabilité du bâtiment sont réalisées en maçonnerie enduite ou en béton, elles assurent la stabilité, la clôture et l'étanchéité à l'air de l'ouvrage. Les complexes de végétalisation sont rapportés sur la structure porteuse par l'intermédiaire de son ossature.

23 Support de culture

Élément constitutif des procédés de BRV. Il s'agit de matériaux dans lesquels les racines se développent en assurant leur ancrage mécanique et l'absorption de l'eau et des éléments nutritifs. Ils peuvent être constitués d'éléments :

- naturels ou synthétiques ;
- d'origine organique, minérale ou organo-minérale ;
- inertes ou non.

Le DR précise ces différents constituants.



24 Tenant d'un procédé de BRV

Le tenant du procédé est l'exploitant d'un procédé de BRV entendu comme procédé complet. La responsabilité du tenant du procédé est distincte de celle du poseur.

Chaque procédé fait l'objet d'un DR rédigé et justifié par le tenant du procédé. Ce dernier doit pouvoir fournir l'intégralité des justifications techniques nécessaire à son procédé dont tous les rapports d'essais y afférant.

25 Végétalisation verticale

Ensemble de solutions techniques aboutissant à l'installation à vocation permanente d'un couvert végétal sur des surfaces verticales. Parmi ces solutions, on trouve les façades végétalisées par bardage rapporté qui font l'objet du présent document.



6 Conception du procédé de végétalisation

6.1 Généralités

Les procédés de végétalisation ne doivent ni engendrer de désordres pour le mur ou la façade ni présenter un risque pour les personnes.

Le procédé doit permettre le bon comportement de la paroi et principalement sur :

- la durabilité globale ;
- l'étanchéité globale ;
- le maintien et le bon dimensionnement de la lame d'air ventilée devant la paroi support ;
- l'isolation thermique et acoustique ;
- les performances aux séismes ;
- le risque au feu ;
- les exigences environnementales ;
- le risque de chute d'éléments ;
- le risque de vandalisme.

6.1.1 Sollicitations à prendre en compte

Il appartient aux tenants de procédés de façades végétalisées de concevoir des ossatures adaptées aux différents ouvrages.

Le DR précisera les limites d'emploi du procédé, l'ensemble des dispositions techniques (supports, ossatures et fixations) en fonction des sollicitations et à défaut les méthodes particulières de justification (essais de confirmation, méthodes de calculs, assistance technique, formation, qualification...) à utiliser par le maître d'œuvre, le bureau d'étude ou l'entreprise.

Les textes de référence permettant le calcul des ossatures sont des Eurocodes spécifiques à chacune des sollicitations auxquelles elles sont soumises (voir **A7**, tableau 1A).

Les tenants de procédés doivent donc pouvoir justifier (ou permettre de justifier) du bon dimensionnement des structures supports, des ossatures et des fixations en prenant en compte :

- les actions liées au poids des éléments ;
- les actions climatiques: charges de neige, action du vent, variations de température ;
- le comportement au feu des structures ;
- la résistance aux séismes des structures dans les zones concernées ;
- les effets des variations de température.

6.1.2 Comportement au feu

Afin d'assurer la sécurité des personnes, les composants du procédé de végétalisation ne doivent ni risquer de tomber ni permettre la propagation du feu.

Le titulaire du procédé fournit tous les éléments de justification nécessaires. Le DR précise les limites d'emploi du procédé.

Le comportement au feu fait l'objet d'une réglementation spécifique en fonction du type de bâtiment considéré (voir **A8**)

6.1.3 Protection contre le vandalisme

Dans le cas où le BRV est accessible au public et présente un risque de vandalisme (démontage des modules, escalade), des mesures de protection doivent être prises, suivant les cas, parmi les moyens suivants :

- installation du BRV à une hauteur minimale de 2 m du sol ;
- installation d'un système anti-franchissement ;
- mise en place d'un système anti-démontage au niveau des contenants ou de l'ossature sur les deux premiers mètres

Le DR précisera les dispositions permettant cette protection.

6.1.4 Éléments de conception particuliers

6.1.4.1 Lame d'air ventilée

La lame d'air assure la ventilation de la structure porteuse ou de l'isolant et du BRV et évite le contact entre les racines et la structure porteuse ou l'isolant.

Elle permet l'évaporation de l'eau d'infiltration, ce qui limite les désordres qui peuvent affecter le système de végétalisation et la structure porteuse.

L'épaisseur minimale de la lame d'air est spécifique à chaque système et est précisée dans le DR. Elle est toujours d'un minimum de 2 cm dans les parties les plus étroites. Elle est réalisée grâce aux éléments de fixation qui écartent l'ossature de la structure porteuse ou de l'isolant.

La circulation de l'air se fait de la rive basse vers la rive haute.

6.1.4.2 Étanchéité

Le support en béton ou en maçonnerie enduite doit assurer l'étanchéité à l'air (NF DTU 45.4).

Le BRV n'est pas étanche à l'eau, mais l'excès d'humidité est évacué grâce à une lame d'air ventilée suffisamment dimensionnée (cf. le DR).

L'étanchéité à l'eau et aux intempéries du mur ou de la façade doit être assurée par l'ensemble des éléments à l'exclusion des éléments du procédé de BRV. Les NF DTU des murs en béton et des maçonneries enduites seront à respecter en intégrant les éventuelles prescriptions complémentaires de chaque procédé (cf. leur DR).

6.1.4.3 Isolation thermique par l'extérieur

En cas d'isolation thermique par l'extérieur (ITE), la lame d'air ventilée est située entre l'isolation et la face arrière des contenants. L'entrée d'air depuis l'extérieur est positionnée en rive basse et la sortie d'air en rive haute (NF DTU 45.4).



L'isolant est conforme aux spécifications du NF DTU 45.4. (voir A9).

La réglementation incendie et, en particulier, l'Instruction Technique n° 249 relative aux façades intervient également dans le choix de l'isolant.

Le DR précise les dispositions complémentaires permettant de protéger des intempéries cet isolant.

6.2 Ossatures

6.2.1 Généralités

Les façades végétalisées pouvant être comparées à des procédés de bardage rapporté, leurs constituants doivent au minimum répondre aux différentes règles de conception en vigueur sur les BR.

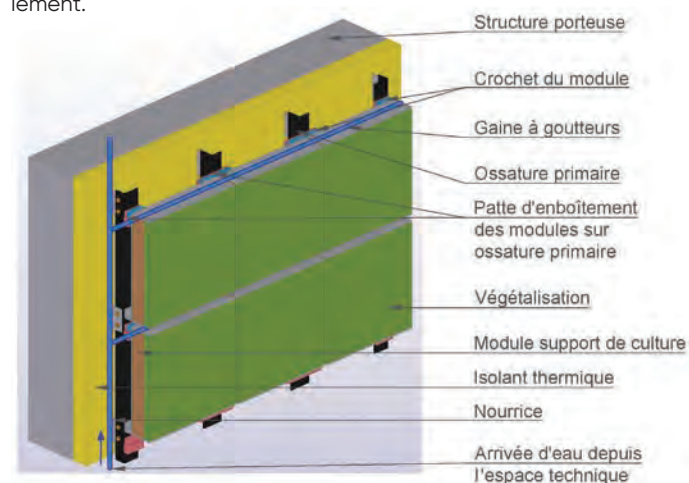
Ils peuvent également présenter des caractéristiques (poids, impacts de l'entretien, effets de l'arrosage, effets des fertilisants et du développement des végétaux...) qui nécessitent des conceptions spécifiques très éloignées des pratiques et justifications pour un BR traditionnel ou connu comme par exemple ceux qui sont titulaire d'un Avis Technique.

Ces ossatures ainsi que l'ensemble des fixations sont soit spécifiques au procédé (type, dimensions, qualité et fabrication) soit définis sur la base de documents de référence connus.

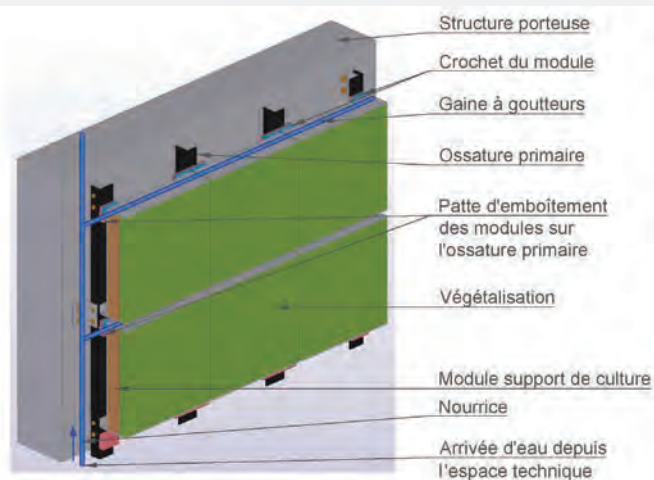
Il faudra en tout état de cause se référer au DR.

6.2.2 Ossatures simple réseau

Elles sont réalisées à partir de profilés métalliques installés verticalement.



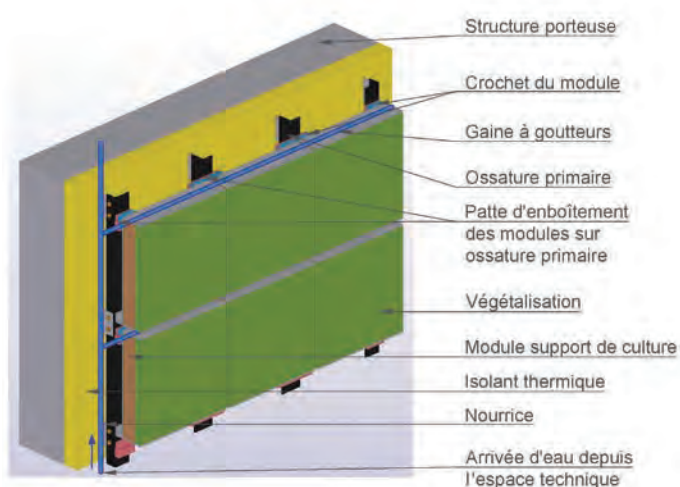
BRV à ossature simple réseau avec isolant



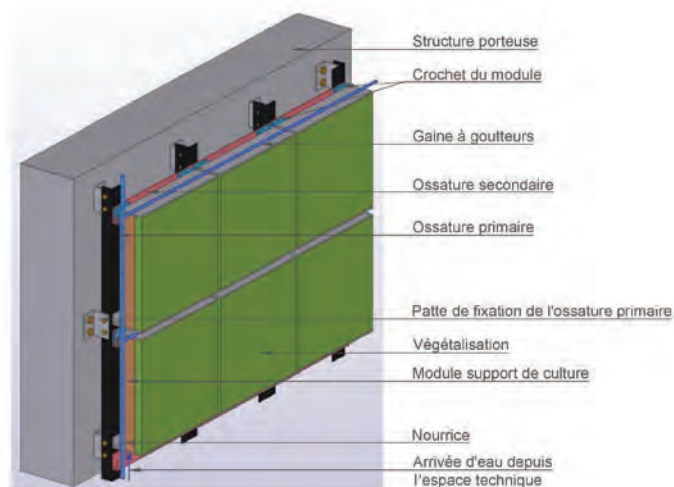
BRV à ossature simple réseau sans isolant

Figure 4 : Exemples de BRV à ossature simple réseau vertical sans et avec isolant

6.2.3 Ossatures double réseau



BRV à ossature double réseau avec isolant



BRV à ossature double réseau sans isolant

Figure 5 : Exemples de brv à ossature double réseau (ossature primaire verticale et secondaire horizontale) sans et avec isolant



6.2.4 Caractéristiques des ossatures

6.2.4.1 Typologie des profilés


Ils sont principalement en profilés minces métalliques et leurs sections sont le plus souvent carrées, rectangulaires, en forme de T, de U, de L, de Z ou de Ω .

Certains procédés lourds nécessitent une ossature de type charpente métallique, cette dernière est composée d'éléments en profilés laminés normalisés en forme de I, H, U ou tube.

6.2.4.2 Choix des matériaux

Les matériaux utilisés sont précisés dans le DR.

Les différents éléments d'ossature doivent être réalisés avec le même matériau.

 L'utilisation du bois comme constituant de l'ossature des BRV est exclue.

6.2.4.3 Protection contre la corrosion

La corrosion des métaux est fonction de leur composition et des conditions atmosphériques dans lesquelles ils sont placés (voir **A10**).

Le guide de choix en fonction des atmosphères (résistance à la corrosion) est donné dans le DR.

6.2.4.4 Compatibilité électrochimique

La compatibilité électrochimique entre les différents matériaux utilisés doit être assurée pour éviter les risques de corrosion dont l'importance dépend des catégories d'atmosphère. Ils sont aggravés en cas d'exposition à une atmosphère sévère, marine ou agressive.

Le DR précise les matériaux utilisés, le maître d'œuvre, les BE et les entreprises devront prendre en considération ce risque pour tous les éléments, autres que ceux du procédé de BRV, qui sont en contact avec celui-ci (voir **A11**, tableau 3A).

6.2.5 Propriétés des ossatures

6.2.5.1 Stabilité des ossatures vis-à-vis des sollicitations

Le DR précise l'ensemble des caractéristiques des ossatures permettant d'assurer la stabilité du BRV. Il comporte les limites d'emplois pour chaque type d'ossature qu'intègre le procédé.

Le DR comporte les tableaux nécessaires pour définir les conditions de cette stabilité en fonction des sollicitations. Il peut également proposer des méthodes de dimensionnements spécifiques pour permettre la justification du choix des éléments et leurs vérifications par le maître d'œuvre, le contrôleur technique, les BE et les entreprises.

Le titulaire du procédé assure une assistance technique sur demande pour le choix et la justification de chaque élément de son procédé.

6.2.5.2 Exposition au feu

Le DR donne l'ensemble des informations techniques nécessaires pour traiter ce sujet réglementaire. Il précisera les limites d'emploi et les performances justifiées par essais réglementaires.

Le titulaire du procédé mettra à disposition l'ensemble des PV d'essais officiels et valides. Il assure par ailleurs et sur demande l'assistance technique sur ce sujet.

6.2.5.3 Exposition aux séismes

Le DR donne l'ensemble des informations techniques nécessaires pour traiter ce sujet réglementaire. Il précisera les limites d'emploi.

Le titulaire assure sur demande l'assistance technique sur ce sujet.

6.2.5.4 Résistance aux chocs

Pour information : selon les Recommandations Professionnelles RAGE relatives aux procédés de BR :

- la résistance aux chocs exceptionnels en provenance de l'intérieur ou de l'extérieur concerne la structure porteuse ;
- les BR doivent résister aux chocs accidentels engendrés par une occupation normale ;
- le vandalisme n'est pas pris en compte par la norme NF P08 301 ;
- le Cahier du CSTB n° 3546_V2 traite de la résistance aux chocs des BR.

Le DR précise les dispositions techniques, les performances et les limitations permettant d'aborder ce sujet.

6.2.5.5 Déformations et résistance

Les performances ainsi que les limites d'emploi du procédé vis-à-vis de ce sujet sont justifiées et reprises par le DR.

6.2.5.6 Ossatures librement dilatables ou bridées

Chaque procédé sera défini et caractérisé vis-à-vis de la prise en compte de la dilatation de chaque constituant et de son éventuelle prise en compte sur le dimensionnement.

6.2.6 Éléments et organes de fixations

Pour information : le NF DTU 45.4 ainsi que le Cahier du CSTB n° 3194_V2 fixent les prescriptions applicables aux éléments et organes de fixation.

La figure 6 présente des exemples d'éléments et d'organes de fixations permettant la mise en œuvre de l'ossature.



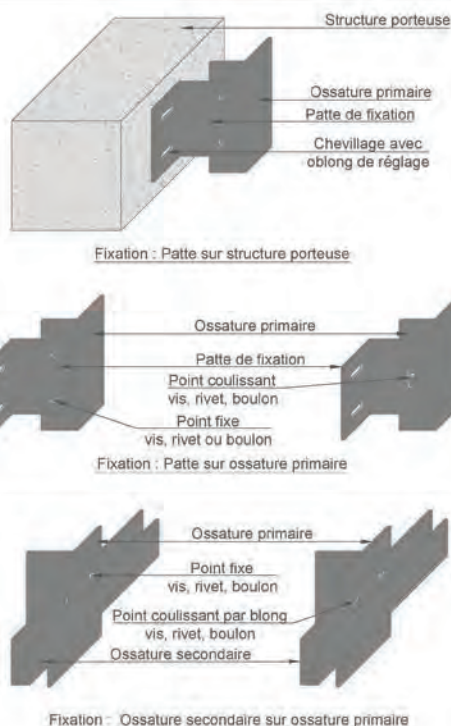


Figure 6 : Exemples de fixations sur la structure porteuse et l'ossature

La répartition et l'entraxe des éléments et organes de fixation sont dimensionnés en fonction des charges à reprendre.

Un BRV comporte généralement les mêmes principes de fixation. Ils seront définis dans le DR.

6.2.7 Accessoires et finitions

6.2.7.1 Généralités

Les accessoires et finitions constituent des points singuliers (voir § 5.18). Certains ont un rôle essentiellement esthétique, alors que d'autres ont une fonction spécifique. Le recours à ces éléments est souhaitable, mais non obligatoire à l'exception des gouttières positionnées au-dessus des ouvertures. Les encadrements des ouvertures situés en linteau, en appui et en tableau permettent de protéger la lame d'air ventilée des débris qui pourraient l'obstruer et, le cas échéant, l'isolation thermique des dégradations.

Des habillages en partie basse et haute de mur ainsi qu'au droit des angles rentrants et sortants, des menuiseries et des joints de dilatation sont indispensables.

Tous ces accessoires et finitions sont définis dans le DR. Les précisions données à la suite sont génériques pour les procédés de BRV.

Le DR précise les matériaux et donne le domaine d'emploi vis-à-vis des conditions atmosphériques (risque de corrosion). La figure 7 présente une façade mixte comportant un BRV installé sur un mur ne comportant aucun autre type de BR avec des exemples des points singuliers décrits ci-dessous.

En présence d'un autre type de BR, l'interface est identique à celle présentée sur cette figure. En effet, l'épaisseur d'un BRV est généralement supérieure à celle d'un BR traditionnel. Des accessoires de taille supérieure ne sont pas nécessaires. Il faut, dans ce cas, veiller à la compatibilité des matériaux (cf. § 6.2.4.4)

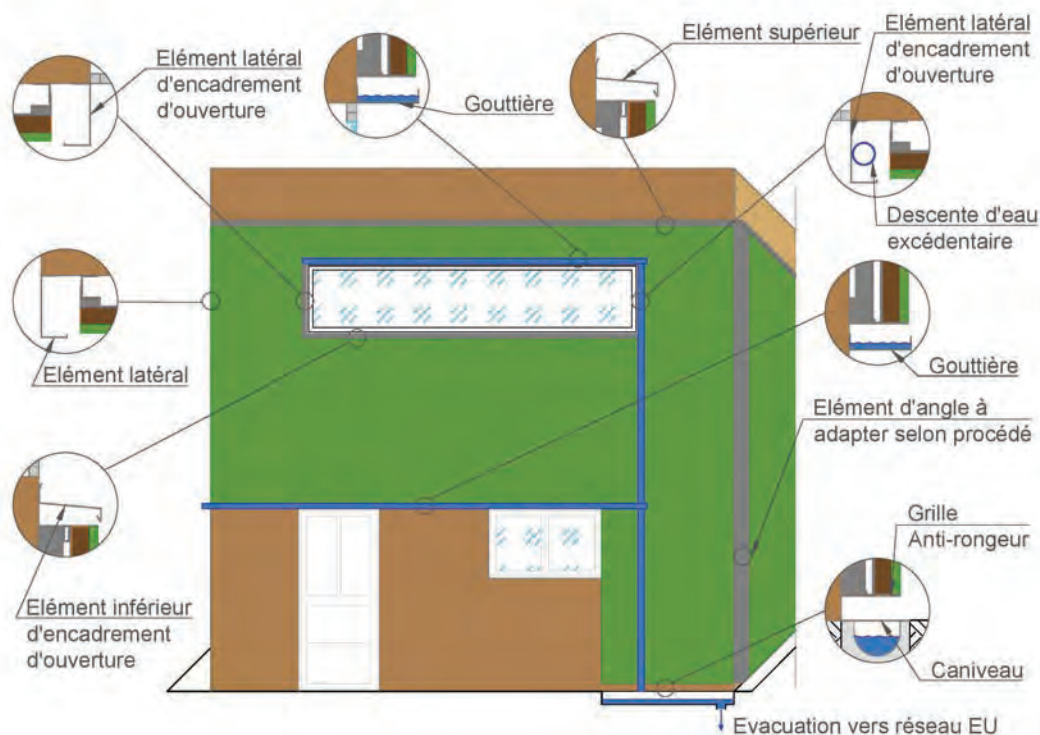


Figure 7 : Exemples de points singuliers

6.2.7.2 Éléments supérieurs

Le recouvrement en partie haute est réalisé au moyen de couvertures dont la fonction est de protéger ou d'habiller esthétiquement la partie supérieure du BRV.

6.2.7.3 Éléments latéraux

Ces éléments verticaux permettent de dissimuler les faces latérales des modules ou des nappes continues et le système d'irrigation.

6.2.7.4 Éléments inférieurs

Les éléments inférieurs ont une fonction spécifique de récupération des eaux. Ils peuvent aussi avoir une fonction esthétique. Il s'agit des éléments suivants :

- gouttières de récupération qui permettent de récupérer le surplus des eaux d'irrigation et des eaux de pluie ;
- grilles anti-rongeurs qui doivent être utilisées pour les BRV dont la partie basse est située à proximité du sol.

6.2.7.5 Éléments d'angle

Les angles saillants dont les deux côtés sont végétalisés peuvent être habillés d'éléments d'angle adaptés.

6.2.7.6 Encadrement des ouvertures

Les ouvertures telles que les portes et les fenêtres sont encadrées par des chevêtres à vocation de protection et d'esthétique.

⚠ Tous les éléments de finitions et les accessoires doivent être démontables et amovibles afin de permettre l'accès au système de végétalisation au cours des opérations de maintenance.

L'épaisseur de l'entrée et de la sortie d'air doit être au moins égale à celle de la lame d'air afin d'en assurer la continuité de la ventilation.

6.3 Contenants

6.3.1 Généralités

Ils sont intégralement définis dans le DR. Les précisions données à la suite sont génériques pour les procédés de BRV. Le DR précise les matériaux et donne le domaine d'emploi vis-à-vis des conditions atmosphériques (risque de corrosion).

6.3.2 Typologie des contenants

On distingue, parmi les contenants :

- les modules qui renferment le support de culture tel que les modules préformés, cages et cassettes ;
- les plaques permettant la fixation des nappes continues.

Le tableau suivant présente les principaux types de contenants couramment utilisés et leurs constituants.

TABLEAU 1
Principaux types de contenants et leurs constituants

Contenants	Constituants
Modules plastiques préformés	Modules alvéolaires préformés avec des ouvertures en partie haute
	Modules préformés à 5 faces avec grille frontale
Cages métalliques simples	Cages grillagées seules
	Cages grillagées avec enveloppes
Cassettes métalliques complexes	Cassettes métalliques avec face arrière pleine, grilles latérales et enveloppes
	Cassettes métalliques 5 faces avec grille frontale
Plaques pour nappes continues	Plaques en face arrière



6.3.3 Matériaux constitutifs des contenants

Le type de matériaux utilisé est fonction du type de contenant. Le tableau suivant présente les différents types de contenants et leurs matériaux constitutifs couramment utilisés. Ils peuvent être

composés d'un ou de plusieurs éléments dont, dans certains cas et en fonction de la nature du support de culture, des enveloppes nécessaires à son maintien.

TABEAU 2
Matériaux constitutifs des contenants

Contenants	Constituants	Matériaux
Modules plastiques préformés	Modules synthétiques	<ul style="list-style-type: none"> • Acrylonitrile-Butadiène-Styrène (ABS) seul • Polypropylène expansé haute densité (PPEHD)
	Grille métallique	<ul style="list-style-type: none"> • Acier inoxydable
	Nappe synthétique	<ul style="list-style-type: none"> • Polyester
Cages et cassettes métalliques	Parois et grilles métalliques	<ul style="list-style-type: none"> • Acier inoxydable • Acier galvanisé plastifié ou non • Aluminium
	Enveloppes synthétiques (textiles tissés ou non tissés, filets)	<ul style="list-style-type: none"> • Polyester • Polypropylène (PP) • Polyéthylène (PE)
Nappes continues fixées sur des plaques	Plaques d'origine minérale ou synthétique	<ul style="list-style-type: none"> • Polychlorure de vinyle (PVC) expansé ou recyclé • Béton léger, béton fibré
	Nappes synthétiques	<ul style="list-style-type: none"> • Polypropylène (PP)



6.3.4 Caractéristiques des contenants

6.3.4.1 Caractéristiques structurelles des contenants

Parmi ces caractéristiques, listées dans le tableau suivant, certaines sont communes à tous les contenants, d'autres sont spécifiques aux modules ou aux plaques avec nappes.

TABLEAU 3
Caractéristiques structurelles des contenants

Caractéristiques		Commentaires et prescriptions	
		Modules	Plaques
Stabilité structurelle	Stabilité vis-à-vis des charges permanentes	Prise en compte des charges suivantes : • poids propre du contenant • poids du support de culture à CME (capacité maximale en eau) • poids des végétaux	
	Stabilité vis-à-vis des charges climatiques et des séismes	Prise en compte des sollicitations suivantes : • charges de neige • action du vent • variations de température • séismes	
	Résistance aux chocs	La conception des modules et des plaques anticipe les risques de chocs accidentels liés à la mise en œuvre, aux activités humaines normales et à l'entretien	
Comportement au feu	Réaction au feu Résistance au feu	En fonction des caractéristiques du bâtiment et de la façade concernée, les matériaux doivent appartenir aux classes imposées par la réglementation (voir § 6.1.2)	
Fonctions complémentaires liées aux BRV	Protection de l'isolant contre l'humidité (dans le cas d'ITE)	L'agencement des modules et des plaques peut participer à la réduction du passage de l'eau de pluie vers la paroi du bâtiment La condensation dans la lame d'air ventilée doit être évitée	
Durabilité	Résistance à la corrosion	Les métaux sont conformes aux exigences de la norme NF ISO 9277 relative aux essais aux brouillards salins	Les agrafes permettant la fixation de la nappe continue sont en acier inoxydable austénitique A2
	Résistance aux UV	Les matières plastiques sont conformes aux exigences de la norme NF ISO 10640	
	Résistance aux déformations	Le module ou son enveloppe doivent résister aux déformations dues : • à la croissance des végétaux (développement racinaire, poids...) • au tassement du support de culture	Les nappes doivent résister à la déchirure due au développement racinaire
Facilité de maintenance	Démontabilité	Les modules ou plaques doivent être démontables pour la réparation ou le remplacement	
	Accès au système d'irrigation	L'accès à l'intégralité du système d'irrigation doit être facilité	

6.3.4.2 Caractéristiques horticoles des contenants

Les contenants doivent également répondre à des caractéristiques horticoles :

> Propriétés physiques

- maintien en place ou constitution (ex. : procédés de nappes continues) du support de culture sans chute d'éléments (voir § 6.3.5.1) ;
- accueil et maintien des végétaux en position de croissance,
- protection du système racinaire ;
- limitation du phénomène de tassement du support de culture ;
- évacuation/drainage de l'eau correcte afin d'éliminer le risque d'asphyxie racinaire.

> Maintenance

- possibilité de complémentation ou de remplacement du support de culture ;
- possibilité de remplacement des végétaux.

6.3.5 Fixation des contenants

6.3.5.1 Modes de fixation

Les contenants peuvent être fixés sur la structure porteuse, sur l'ossature ou sur une ossature autoporteuse.

RAPPEL : Les contenants doivent être sécurisables contre le démontage mal intentionné dans les cas mentionnés au § 6.1.3.

6.3.5.2 Éléments et organes de fixations

Les éléments et les organes de fixation associés dépendent des procédés de végétalisation et du mode de fixation des contenants comme le montrent les exemples qui suivent.

Dans le cas des procédés modulaires

- **La fixation sur la structure porteuse peut être réalisée avec :**
 - des équerres chevillées et vissées sur la structure porteuse associées à des profilés en T vissés sur les modules ;
 - des peignes de suspension chevillés et vissés sur la structure porteuse et sur lesquels sont emboîtés les modules.
- **La fixation sur l'ossature peut être effectuée :**
 - au moyen de crochets ou d'agrafes faisant partie intégrante des modules et permettant de les emboîter sur des lisses, des coulisseaux ou des grilles ;
 - au moyen de supports horizontaux et de clips de maintien boulonnés sur l'ossature et pour ces derniers, vissés sur les modules ;
 - par coulissement horizontal ou vertical sans fixation des modules.

Dans le cas des procédés à nappes continues, leurs moyens de fixation sont précisés et justifiés dans le DR.

Les éléments de fixation et les organes de fixation sont constitués de matériaux résistants à la corrosion grâce à leur composition ou à leur revêtement. Le guide d'emploi est donné dans le DR.

Il faut rappeler que les supports sur lesquels les contenants sont fixés, les parties métalliques des contenants en contact avec les supports et les fixations, les éléments de fixation et les organes de fixation sont électrochimiquement compatibles.



6.4 Supports de culture

6.4.1 Généralités

Éléments constitutifs des procédés de BRV, les supports de culture sont des matériaux dans lesquels les racines se développent.

Le support de culture doit être adapté à une culture hors sol verticale pérenne.

Ils sont spécifiques à chaque procédé et donc intégralement définis dans son DR.

6.4.2 Typologie des supports de culture

6.4.2.1 Généralités

Les supports de culture, inertes ou non, peuvent être composés des constituants suivants :

- produits d'origine naturelle, matières minérales et matières organiques végétales et animales, en tant que supports de culture et amendements ;
- produits manufacturés d'origine minérale en panneaux (exemple : laine de roche) ou d'origine synthétique en nappes (exemple : géotextiles tissés ou non tissés).

Des fertilisants et des additifs peuvent être ajoutés.

Les différents constituants des supports de culture sont présentés dans le tableau 4, p. 20.

Le DR donne les caractéristiques du support de culture.

6.4.2.2 Réglementation et normalisation

Le DR précise la conformité du support de culture aux Normes le concernant.

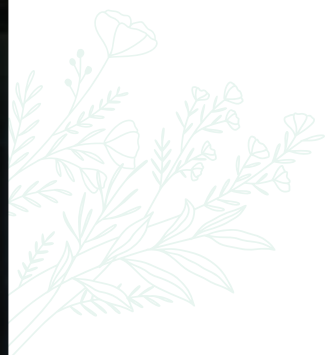
6.4.2.3 Supports de culture utilisés dans les modules

Les prescriptions normatives d'application obligatoire relatives aux différents supports de culture, amendements et engrais (voir **A12**) sont les suivantes :

- norme NF U44 551 pour les supports de culture ;
- norme NF U44 051 pour les amendements : il est à noter que les intrants du type amendements doivent être conformes à la normalisation ;
- NF U42 001 pour les engrais et autres normes spécifiques à chaque classe d'engrais.

Les panneaux minéraux (laine de roche), qui sont également installés dans des modules, répondent aux exigences relatives aux supports de culture en laine minérale définis par la norme NF U44 551. Les produits destinés à l'isolation thermique ne sont pas adaptés.

Pour le cas des nappes continues, les normes applicables aux produits employés pour la réalisation de nappes continues sont celles applicables aux géotextiles : NF EN ISO 10318 (définitions), NF EN ISO 10319 (essai en traction), NF EN 14151 (résistance à l'éclatement) et NF EN 12226 (essais de durabilité), NF EN 12224 (résistance au vieillissement et aux conditions climatiques : géotextiles et produits apparentés).



6.4.2.4 Composants des supports de culture

Le tableau 4 présente les produits susceptibles d'entrer dans la composition des supports de culture utilisés pour les BRV.

TABLEAU 4 Matériaux constitutifs des contenants		
Types de produits		Constituants
MATIÈRES PREMIÈRES		
D'origine minérale	Éléments granulaires	Naturels : • Pouzzolane, pierre ponce, sable, argile Transformés : • Argile expansée, schiste expansé, verre expansé • Perlite, vermiculite • Terre cuite
	Panneaux	• Laine de roche
D'origine organique	Éléments granulaires	Naturels : • Tourbes (blonde, brune, noire...) • Tourbe minéralisée, résidus d'exploitation de tourbe minéralisée ³ purs • Sphaigne, écorce, matières végétales (coco, bois, chanvre, liège...) Transformés : • Composts • Charbons végétaux (de bois, de déchets verts...) • Résidus d'exploitation de tourbe minéralisée agglomérés par surchauffe • Autres matières organiques transformées répondant aux caractéristiques ci-dessous (voir § 6.4.3)
	Panneaux	Fibre de coco compressée à sec ⁽¹⁾
Matériaux synthétiques	Éléments granulaires	• Polyester, polystyrène
	Nappes continues	• Géotextiles non tissés : nappe d'irrigation, fibres hydrophiles imputrescibles (polyester, acrylique...) • Géotextile tissé en polypropylène
ADDITIFS		
Engrais	Minéraux et de synthèse	• N, P, K • Ca, Mg • Oligo-éléments
	Organiques	• Corne broyée ou torréfiée, farine de plumes, sang séché, farines d'os et autres résidus animaux transformés
Autres additifs		• Rétenteurs d'eau, mouillants, substances humiques, préparations microbiennes, stimulateurs de croissance et/ou de développement des plantes

⁽¹⁾ Ce type de panneau n'est pas étudié dans ce document.

* ³ Résidus d'exploitation de tourbe minéralisée après extraction du pétrole brut, dénommé « Porlith ».

6.4.3 Caractéristiques des supports de culture

6.4.3.1 Propriétés physiques

Certaines propriétés sont communes à tous les supports de culture alors que d'autres sont spécifiques à certains d'entre eux.

Propriétés communes

Les supports de culture employés dans les procédés de végétalisation ont des caractéristiques et propriétés appropriées à la croissance des plantes en situation verticale. Ils permettent leur ancrage racinaire et la mise à disposition de l'eau et des nutriments.

Les valeurs exigibles pour les supports de culture employés dans les procédés de végétalisation diffèrent selon qu'il s'agit de supports de culture organo-minéraux granulaires, minéraux en panneaux ou synthétiques en nappes continues.

Supports de culture organo-minéraux granulaires ou meubles

> Risque de perte de volume (dans les contenants)

Le risque de perte en volume du support de culture peut être lié :

- à la dégradation de la fraction organique du support de culture ;
- à la perte d'éléments fins ;
- à la déformation des parois du contenant ;
- au tassement du support de culture.

Ce risque doit être pris en compte dans la conception globale du contenant et du support de culture. Il peut entraîner :

- la réduction du volume utilisable par les racines ;
- un risque d'asphyxie racinaire des plantes situées dans les parties basses ;
- un risque d'exposition à l'air des racines des plantes situées dans les parties hautes ;
- une déformation des parois extérieures des contenants.

Le détenteur de procédé doit préciser dans le DR les dispositions prises tant pour le contenant que pour le support de culture pour parer au risque de perte en volume mentionné ci-dessus.

> Propriétés physiques

Les principales propriétés physiques des supports de culture organo-minéraux granulaires sont les suivantes: granulométrie, proportion de fines, perméabilité, masse volumique apparente à sec, capacité maximale en eau (CME), masse volumique apparente à CME, porosité à CME et taux de matières imputrescibles (voir **A13**, tableau 4A).

Supports de culture minéraux en panneaux

Les propriétés spécifiques aux supports de culture en panneaux sont les mêmes que celles concernant les supports de culture organo-minéraux, à l'exception des caractéristiques de granulométrie :

- résistance à l'arrachement et au tassement tout en permettant le développement racinaire ;
- une composition à partir de matières imputrescibles qui garantissent leur durabilité.

Note : Le DR du tenant du procédé utilisant des panneaux en laine de roche définit les propriétés mécaniques et horticoles du matériau

Supports de culture synthétiques en nappes continues

> Densité, résistance à la traction, durabilité et résistance aux UV

Les propriétés spécifiques aux géotextiles synthétiques en nappes continues sont les suivantes :

- densité suffisante pour assurer leur résistance tout en permettant le développement racinaire ;
- résistance à la traction suffisante pour éviter leur déchirement ;
- taux approprié de matières imputrescibles garantissant leur durabilité ;
- résistance aux UV assurant leur pérennité.

Les exigences relatives au tassement ne les concernent pas.

> Valeurs exigibles

Les supports de cultures synthétiques en nappes continues (géotextiles) respectent les valeurs exigibles pour leurs propriétés physiques : masse surfacique, résistance à la traction, capacité maximale en eau (CME), porosité à CME, taux de matières imputrescibles et résistance aux UV (voir **A14**, tableau 5A).

6.4.3.2 Propriétés chimiques des supports de culture

En termes de propriétés chimiques, le support de culture permet d'assurer le stockage et la libération des éléments nutritifs.

Les valeurs exigibles pour ces deux propriétés chimiques sont présentées dans un tableau 5 suivant :

TABLEAU 5
Propriétés chimiques des supports de culture

Propriétés	Exigences
pH (eau)	Compris entre 5,5 et 8
Conductivité électrique (CE)	< 150 (ms/m)



6.5 Végétation

6.5.1 Choix des végétaux et conception

Les végétaux sont choisis pour être adaptés à la végétalisation verticale, aux conditions climatiques du site, aux exigences liées à l'environnement du BRV et aux objectifs du projet.

Le développement des végétaux en végétalisation verticale implique qu'ils possèdent les caractéristiques suivantes :

- aptitude à se développer :
 - avec un volume racinaire restreint,
 - à la verticale.
- développement permettant de recouvrir entièrement la surface du BRV ;
- développement non invasif limitant la concurrence entre les espèces ;
- présence d'un système racinaire dont le développement est compatible avec le volume de support de culture exploitable par les racines : les arbustes à moyen développement peuvent être intégrés au système de végétalisation, y compris à nappes continues, sous réserve qu'ils disposent d'un volume de support de culture suffisant ;
- adaptation aux propriétés physiques et chimiques du support de culture (voir § 6.4.2) ;
- adaptation aux conditions locales d'humidité ou de sécheresse ;
- adaptation aux conditions climatiques locales (orientation, températures, hygrométrie, vents dominants...).

6.5.2 Catégories de végétaux

Les végétaux utilisés pour la végétalisation des BRV sont choisis parmi les herbacées et les ligneux, persistants et caducs.

Le choix des végétaux doit se faire en utilisant notamment des plantes persistantes afin d'obtenir une couverture végétale optimale.

6.5.2.1 Végétaux vivaces, annuels et bisannuels

De nombreuses plantes herbacées, principalement vivaces, sont utilisées. Il s'agit essentiellement de celles qui appartiennent aux catégories suivantes :

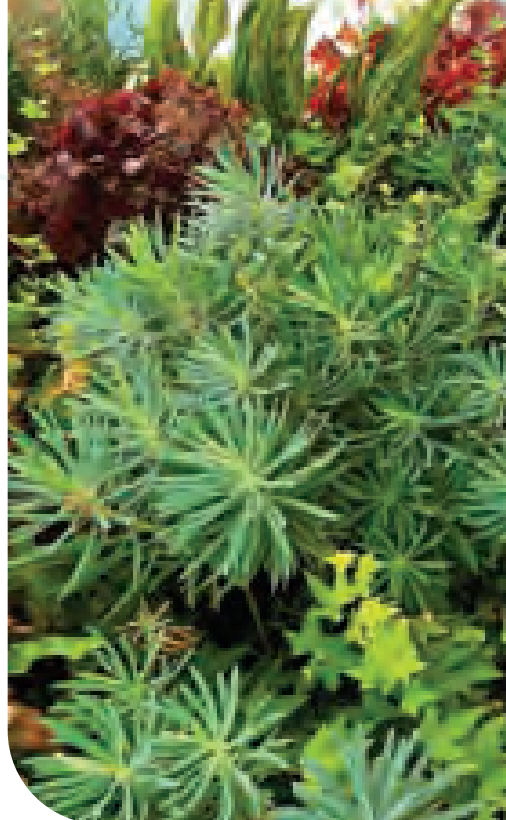
- vivaces ornementales, aromatiques, condimentaires ;
- fougères ;
- graminées vivaces ;
- succulentes tapissantes ;
- bulbeuses et rhizomateuses ;
- mousses.

Des plantes annuelles et bisannuelles peuvent également être utilisées de façon saisonnière, en complément.

6.5.2.2 Végétaux ligneux

Les végétaux ligneux utilisables en BRV appartiennent aux catégories suivantes :

- arbrisseaux et sous-arbrisseaux dont aromatiques et condimentaires ;
- arbustes à faible ou moyen développement.



6.5.3 Conditionnement des végétaux

Le DR indique les conditionnements appropriés selon le système (micro-mottes, godets).

6.5.4 Conditions sanitaires et environnementales

Les réglementations européenne, nationale et locale concernant les aspects sanitaires et environnementaux liés aux végétaux doivent être respectées.

6.5.4.1 Protection des végétaux

Lors de la plantation, les végétaux sont exempts de tous agents pathogènes. Ultérieurement, une surveillance doit être exercée (voir également § 8.5 relatif à l'entretien). On distingue les prescriptions suivantes :

- exigences sanitaires européennes : les végétaux sont soumis à la délivrance d'un passeport phytosanitaire ;
- protection contre les dangers sanitaires et les organismes nuisibles : les mesures de prévention, de surveillance et de lutte appropriées doivent être appliquées ;
- protection de la biodiversité : lutte contre les plantes envahissantes en application de la loi relative à la biodiversité.

6.5.4.2 Santé des personnes

L'utilisation de plantes toxiques, épineuses ou allergisantes à proximité du public ou des usagers n'est pas acceptée (voir A15).

6.5.4.3 Protection contre les risques d'incendie

Les plantes à fort potentiel d'inflammabilité, définies par l'Office National des Forêts comme les plantes à faible teneur en eau ou à essences naturelles, doivent être évitées.

Il est précisé que la prévention du risque d'inflammabilité d'un BRV est principalement assurée par la bonne installation et le contrôle du système d'irrigation.



6.6 Système d'irrigation

6.6.1 Généralités

La présence d'un système d'irrigation est indispensable pour assurer la pérennité du couvert végétal. Celui-ci doit permettre une répartition homogène de l'apport d'eau pour l'ensemble des végétaux du BRV, en tenant compte du système de végétalisation, des propriétés du support de culture, des besoins en eau des végétaux choisis et des variations climatiques.

Ce système d'irrigation doit être opérationnel avant l'installation du BRV et faire l'objet d'une maintenance régulière pour assurer son fonctionnement dans la durée.

Le système d'irrigation doit être conforme aux dispositions réglementaires et normatives, notamment concernant les travaux de plomberie.

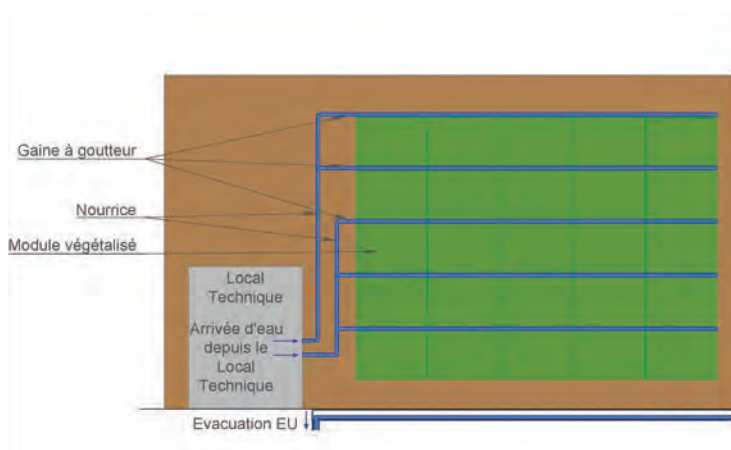
Chaque projet doit faire l'objet d'une conception spécifique prenant appui sur les *Règles Professionnelles* relatives aux systèmes d'arrosage automatique (dimensionnement, choix des matériels...).

Le système d'irrigation doit être installé par un professionnel qualifié en irrigation afin d'assurer son dimensionnement adapté et sa pérennité.

6.6.2 Réseau d'irrigation

6.6.2.1 Réseau primaire du système d'irrigation

Le réseau primaire (position des tuyaux d'arrivée d'eau vers l'espace technique dédié, dans cet espace et en façade, dimensionnement du débit, de la pression et du diamètre des canalisations) fait l'objet d'une étude et d'un plan réalisés par un bureau d'études spécialisé en fluides, irrigation et plomberie selon la complexité du projet, prenant en compte les spécifications du DR.



Réseau primaire et réseau secondaire d'irrigation

Il est installé dans un espace technique dédié à la gestion (local, armoire, regard) et le réseau secondaire d'irrigation installé en façade.

L'espace technique de gestion de l'irrigation doit être facilement accessible, protégé du gel, du vandalisme et de tout accès aux personnes non autorisées. Il doit comporter une alimentation en eau et en électricité ainsi qu'un dispositif d'évacuation d'eau.

L'espace technique abrite :

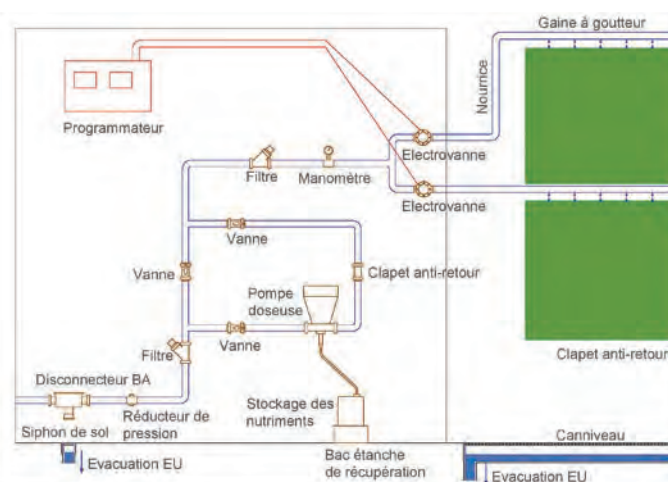
- L'arrivée d'eau et le cas échéant le disconnecteur (voir § 6.6.3.3) ;
- Les appareils liés à l'alimentation en eau : compteur d'eau, manomètre, réducteur de pression, filtres, pompes ;
- Les appareils liés à la commande et la gestion de l'irrigation : pompe (cas d'alimentation en eau stockée), programmateur, système de gestion à distance éventuel, électrovannes, sondes, pompe doseuse, by-pass, etc.

REMARQUE : la conception du système d'irrigation doit prendre en compte la configuration du bâtiment et des locaux concernés, et les contraintes locales pour assurer une pression et un débit suffisants au niveau du réseau secondaire.

6.6.2.2 Réseau secondaire du système d'irrigation

L'eau est acheminée par des nourrices⁴ à différents niveaux de la façade puis distribuée dans les supports de culture par un système de goutte-à-goutte.

La figure 8 présente les réseaux primaire et secondaire d'un système d'irrigation.



Détails sur le réseau primaire et le réseau secondaire d'irrigation

Figure 8 : Composants d'un système d'irrigation

* ⁴ « Partie d'une tuyauterie d'alimentation en eau dont le diamètre est renforcé et qui comporte des prises partielles d'alimentation. »
Le Grand Robert

6.6.3 Alimentation en eau

6.6.3.1 Provenance de l'eau

L'eau utilisée pour l'irrigation peut provenir :

- du réseau d'eau potable ;
- d'un forage ;
- d'une cuve de stockage, en cas de :
 - récupération de l'eau de pluie, conformément aux dispositions de l'arrêté du 12 juillet 2024,
 - recyclage de l'eau d'irrigation.

Dans tous les cas, un système de filtration est indispensable (voir § 6.6.4.4).

Le Code général des collectivités territoriales impose une déclaration préalable à la mairie de la commune concernée pour :

- tout prélèvement, puits ou forage ;
- toute alimentation en eau à partir d'une source qui ne relève pas du service public, en cas de raccordement au réseau public d'assainissement.

6.6.3.2 Qualités de l'eau

Qualités physiques

L'eau d'irrigation ne doit pas contenir d'impuretés susceptibles de perturber le bon fonctionnement du système d'irrigation (risque de colmatage des goutteurs).

Qualités chimiques

Le pH de l'eau doit être adapté aux exigences des végétaux plantés. Il doit être supérieur à 5,0 afin d'éviter la corrosion des éléments métalliques de l'ossature, des contenants ou des fixations.

Une eau trop calcaire (>120 ppm de CaCO₃ ou >25 ° TH en dureté) peut encrasser le support de culture, en particulier les nappes continues qui peuvent être rigidifiées. Elle peut également colmater les goutteurs. Dans ce cas un traitement approprié peut être nécessaire.

Qualités sanitaires


L'eau d'irrigation ne doit pas contenir d'agents pathogènes susceptibles de contaminer les personnes ou les végétaux.

6.6.3.3 Protection du réseau d'eau potable par disconnexion

L'eau d'arrosage ne doit pas contaminer le réseau public d'eau potable ou les nappes phréatiques en cas de forage.

Des mesures de protection contre la contamination de l'eau du réseau public de distribution par des eaux provenant d'une autre source sont imposées par le Code général des collectivités territoriales.

Dans les cas d'utilisation d'une eau provenant d'une autre source et d'appoint à partir d'un réseau d'eau potable, la norme NF EN 1717 précise les dispositifs de disconnexion qui peuvent être installés, en fonction des qualités de cette eau et du type de polluants qu'elle peut contenir, afin d'éviter son retour dans le réseau d'eau potable.

 Dans le cas d'utilisation de l'eau de pluie collectée et d'appoint en eau à partir du réseau de distribution d'eau destinée à la consommation humaine, **l'arrêté du 12 juillet 2024 impose l'installation d'un disconnecteur en surverse totale** avec garde d'air visible, complète et libre. L'entretien annuel, réalisé par une entreprise agréée, est obligatoire.

6.6.4 Pompage, distribution, mesure et filtration

6.6.4.1 Pompage

Lorsque l'eau provient d'une cuve de stockage (eau de pluie collectée, eau d'irrigation recyclée), l'installation d'une pompe est nécessaire. Elle peut être installée :

- en surface à l'extérieur de la cuve, en aspiration ou en charge ;
- à l'intérieur de la cuve.

La pompe est conforme aux exigences de sécurité imposées par les normes NF EN 809 pour toute installation et NF EN 60335 2 pour une installation domestique ou analogue.

6.6.4.2 Distribution

L'eau est acheminée à partir du réseau de distribution ou de stockage vers le réseau primaire d'irrigation au niveau de l'espace technique dédié puis vers la façade et les contenants afin d'alimenter le support de culture et de satisfaire ainsi les besoins en eau des végétaux.

Les tuyaux et raccords sont conformes aux normes en vigueur.

6.6.4.3 Mesure des volumes d'eau

La mesure des volumes d'eau consommés pour l'irrigation peut être effectuée grâce à un compteur d'eau conforme à la normalisation, placé avant le réseau de distribution.

Ce compteur est obligatoire en cas d'utilisation, puis de rejet dans le réseau d'assainissement, d'une eau provenant d'une autre source que le réseau public d'eau potable.

6.6.4.4 Filtration

Des filtres permettent d'éviter le colmatage du réseau d'arrosage et plus particulièrement des goutteurs. Ils sont toujours installés après le compteur d'eau. En cas de fertirrigation, un filtre est ajouté après la pompe doseuse. Ces filtres, adaptés en fonction de la provenance des eaux utilisées, sont conformes à la norme NF U51 410 applicable aux filtres utilisés en micro-irrigation.



6.6.5 Régulation et automatisation

Un système d'arrosage automatique intégré pour la gestion de l'irrigation doit être installé.

Les normes suivantes sont applicables :

- NF EN 12484 3 relative aux automatismes et à la gestion des installations d'irrigation ;
- NF EN 15099 1 relative à la téléconduite et à la télésurveillance des installations d'irrigation ;
- U51 610 relative à la régulation hydraulique des systèmes d'irrigation automatiques.

6.6.5.1 Programmation

L'entreprise de maintenance, sur préconisation générale du tenant du procédé, détermine et adapte la quantité d'eau nécessaire, la durée et la fréquence des cycles d'irrigation. La pratique doit viser à l'optimisation de l'irrigation par la réduction de la consommation et des pertes d'eau.

Programmeur

Le programmeur permet de gérer automatiquement l'irrigation : quantité d'eau, durée et fréquence des cycles d'irrigation.

Électrovannes

La façade végétalisée est segmentée en secteurs d'arrosage auxquels correspondent des électrovannes permettant une gestion différenciée des apports d'eau selon les caractéristiques de chacune des zones.

Les électrovannes sont conformes aux dispositions de la norme NF EN 60730 2 8 applicable aux électrovannes hydrauliques.

6.6.5.2 Mesures et régulation

Pression

> Manomètre

La pression est mesurée au moyen d'un manomètre. La norme NF EN 837 2 donne des recommandations pour le choix de ce dispositif.

> Régulateur de pression

Un régulateur de pression est nécessaire pour assurer une pression constante adaptée au bon fonctionnement du réseau d'irrigation, selon la demande de l'installateur.

Débit

Le débit, mesuré par un débitmètre, doit être conforme à la demande de l'installateur du système d'irrigation.

Température

Les sondes de température installées en façades permettent

- de protéger le réseau secondaire via un système de purge automatique en période de gel ;
- d'augmenter les fréquences d'arrosage via un système de télégestion en périodes caniculaires ou excessives en été.

Purge

Le système d'irrigation doit être purgé, de préférence de façon automatique, à l'arrivée des températures négatives dans les régions concernées. La collecte et l'évacuation des eaux de purge doivent être prévues en amont de la réalisation.



6.6.5.3 Alimentation électrique

L'alimentation électrique est nécessaire au fonctionnement de l'appareillage du réseau d'irrigation. Il peut s'agir d'un raccordement au réseau ou bien d'une alimentation autonome. Son dimensionnement doit être adapté aux besoins spécifiques de l'installation.

6.6.6 Fertirrigation

6.6.6.1 Nutriments

Les nutriments sont dosés en fonction des besoins des végétaux à fertiliser. Ils sont composés :

- d'éléments majeurs : N (Azote), P (Phosphore) et K (Potassium) ;
- d'éléments secondaires : Ca (Calcium), Mg (Magnésium) ;
- d'oligo-éléments : Cuivre (Cu), Fer (Fe), Manganèse (Mn), Zinc (Zn), Bore (Bo), Molybdène (Mo), Cobalt (Co), Chlore (Cl).

Les fertilisants doivent être conformes aux exigences des normes d'application obligatoire suivantes :

- engrais : NF U 42 001 complétée par ses additifs et ses amendements ;
- engrais pour solutions nutritives minérales : NF U 42 004, NF U 42 005 (acides minéraux pour ajustement du pH) et NF U 42 006 (produits alcalinisants pour ajustement du pH) ;
- engrais pour pulvérisation foliaire à teneur(s) déclarée(s) en oligo-élément(s) : NF U 42 003 1 (oligo-éléments minéraux) et NF U 42 003 2 (oligo-éléments organiques).

6.6.6.2 Réserve des éléments fertilisants

Une cuve appropriée à cet usage contient les éléments fertilisants sous forme de solution nutritive mère. Les matériaux constituant cette cuve doivent être compatibles avec la présence de fertilisants (pas de métal oxydable).

6.6.6.3 Dosage des éléments fertilisants

Une pompe doseuse permet le dosage des éléments fertilisants.

Il faut veiller à ne pas surdoser l'apport en éléments fertilisants. Le dispositif peut être contrôlé par une sonde de pH/électroconductivité.

La pompe doseuse est protégée de la pollution par un filtre. Un clapet antiretour évite qu'elle ne soit endommagée.





6.6.7 Répartition et diffusion de l'eau

6.6.7.1 Généralités

La distribution de l'eau à partir de l'espace technique dédié est assurée par un réseau de nourrices apportant cette eau à différents niveaux :

- nappes continues :
 - en haut du BRV : à réserver aux murs de faible hauteur.
 - à plusieurs niveaux du BRV : il est conseillé de ne pas dépasser une hauteur de 3 m entre deux niveaux d'apport d'eau par les gaines à goutteurs.
- systèmes de végétalisation modulaires : au niveau de chaque rangée de modules ou suivant préconisations du tenant du procédé.

Branchées sur les nourrices, les gaines à goutteurs autorégulant, incorporés ou rapportés, positionnées horizontalement, assurent l'alimentation en eau des plantes. Les nourrices sont le plus souvent en PEHD ou en PVC. Les tuyaux et leurs raccords sont conformes à la normalisation en vigueur.

Le diamètre des gaines à goutteurs et l'espacement entre les goutteurs doivent être étudiés selon les caractéristiques du projet, en prenant en compte les préconisations générales du DR. Les goutteurs doivent être autorégulant. Une fonction complémentaire anti-colmatage est souhaitable.

Les normes applicables sont les suivantes :

- NF U51 451 pour les goutteurs ;
- NF U51 432 pour les gaines en polyéthylène (PE).

6.6.7.2 Gestion des risques liés au gel

Pour faire face aux risques de gel, en l'absence de purge, les réseaux d'irrigation peuvent être protégés par une enveloppe calorifuge associée ou non à un câble chauffant.

Des sondes de température reliées au système de programmation permettent d'interrompre l'irrigation en cas de températures négatives (voir § 6.6.5.2, *température et purge*).

6.6.8 Évacuation, collecte ou recyclage

Les qualités drainantes des supports de culture et la perméabilité de la partie basse de leurs contenants doivent permettre le cheminement continu des eaux excédentaires.

Les eaux de ruissellement doivent être collectées et conduites en pied de façade vers un exutoire.

6.6.8.1 Évacuation et collecte

En partie basse, les eaux excédentaires peuvent être collectées ou non, suivant les caractéristiques du projet. Au-dessus des ouvertures de la façade, dans tous les cas, une gouttière doit être installée pour éviter tout ruissellement sur les portes et fenêtres.



Le surplus d'eau d'arrosage peut être évacué dans un sol perméable par infiltration. À l'inverse, si le sol en pied de façade est imperméable et destiné à un passage de public, la collecte des eaux excédentaires est nécessaire, pour parer au risque de chute des personnes.

Il peut aussi être collecté dans une gouttière en partie basse du BRV ou dans un collecteur situé au niveau du sol. Dans ces deux cas, il peut être :

- recyclé dans le réseau d'arrosage ;
- évacué vers un réseau de collecte tel que :
 - réseau unitaire regroupant les eaux pluviales et les eaux usées,
 - réseau séparatif d'eaux usées.

Étant assimilées à des eaux usées domestiques, ces eaux ne peuvent pas être évacuées dans le réseau séparatif des eaux pluviales.

6.6.8.2 Recyclage des surplus d'eaux d'arrosage

Recyclage vers le BRV

Le surplus d'eau d'arrosage est stocké dans une cuve. La quantité de fertilisants contenue dans l'eau d'arrosage récupérée et renvoyée vers le BRV doit être réajustée. Puis l'eau est pompée (voir § 6.6.4.1), filtrée (voir § 6.6.4.4), et est ensuite acheminée vers le réseau de distribution.

La cuve de stockage est constituée de matériaux qui doivent être compatibles avec la présence d'eau additionnée de fertilisants. Sa nature doit éviter la pollution de l'eau stockée.

Recyclage vers les espaces verts du site

Le surplus d'eau d'arrosage est acheminé vers le réseau d'arrosage des espaces verts du site sans réajustement des éléments fertilisants.



7 Mise en œuvre

7.1 Accès en hauteur

En fonction de la hauteur du BRV et de la configuration du site, les travaux d'installation, de maintenance et d'entretien sont réalisés au moyen des équipements suivants (voir § 9.1) :

- escabeaux sécurisés pour les BRV de faible hauteur ; il est rappelé que l'échelle, l'escabeau non sécurisé ou le marchepied, utilisés pour atteindre le niveau souhaité, ne peuvent ensuite, sauf exception définies par le Code du travail, servir de poste de travail ;
- échafaudages fixes ou mobiles pour les BRV de hauteur moyenne ;
- nacelles pour les BRV de grande hauteur ;
- cordes utilisées par des entreprises spécialisées et qualifiées (cordistes, alpinistes du bâtiment), en cas d'accès difficile.

7.2 Phasage des travaux

7.2.1 Mise en œuvre de l'ossature

7.2.1.1 Opérations préliminaires

Le DR définit les exigences applicables à la structure porteuse neuve ou ancienne et la préparation nécessaire. Il s'agit en particulier de son épaisseur, de sa planéité, de sa verticalité et de l'absence d'humidité excessive.

La mise en œuvre est précédée par le traçage des lignes correspondant au niveau bas du BRV et aux axes du réseau primaire vertical ou horizontal et, le cas échéant, du réseau secondaire horizontal. La position des pattes de fixation est également tracée.

7.2.1.2 Mise en œuvre des éléments de fixation sur la structure porteuse

Elle est réalisée en application du DR.

Les caractéristiques des pattes de fixation et leur position sont déterminées en fonction des performances de l'ancrage, de la masse du système de végétalisation, de l'écartement entre les profilés du réseau primaire, de leur longueur et du nombre de pattes.

Dans le cas d'ossature dilatable, la patte de point fixe est le plus souvent placée en tête du profilé.

L'ancrage sur la structure porteuse se fait à l'aide de chevilles dont les caractéristiques dépendent de leur densité d'implantation et des forces qu'elles subissent, dont l'exposition au vent.

7.2.1.3 Mise en œuvre de l'isolant en cas d'ITE

L'isolant est mis en œuvre conformément au DR et globalement au NF DTU 45.4.

Pose de l'isolant

Les pattes de fixation sont d'abord mises en œuvre. L'isolant est ensuite posé en une ou deux couches entre la structure porteuse et les profilés de l'ossature.

La position de l'isolant entre les profilés en une seule couche est déconseillée en raison des ponts thermiques induits par l'ossature métallique.

L'isolant est fixé sur la structure porteuse sans laisser aucun espace d'air en communication avec l'extérieur.

Typologie et mode de fixation

Le DR définit les organes de fixation en fonction de l'isolant et détermine leur densité en partie courante et au niveau des points singuliers.

> Laines minérales

Les laines minérales semi-rigides et les panneaux rigides sont fixés avec des chevilles étoiles ou à rosace.

Des attaches spéciales à dents peuvent également être utilisées pour la fixation des isolants non rigides à base de laines minérales. Selon leur forme, elles peuvent être clipsées sur les pattes-équerres ou fixées mécaniquement sur l'ossature si le DR le prévoit.

La pose des panneaux en laine de roche est réalisée horizontalement ou verticalement par embrochement sur les pattes de fixation du réseau primaire avant la mise en œuvre de ce dernier.

> Autres isolants

Les panneaux en polystyrène expansé (EPS), en polystyrène extrudé (XPS) ou en polyuréthane (PUR) peuvent être utilisés sous réserve qu'ils justifient le respect de la réglementation incendie. Ils sont fixés par des chevilles étoiles ou à rosace ou collés avec du mortier-colle (EPS, XPS) ou une colle polyuréthane (EPS, XPS, PUR).

7.2.1.4 Lame d'air ventilée

La lame d'air ventilée est protégée et compartimentée en application du DR et/ou du NF DTU 45.4.

7.2.1.5 Mise en œuvre du réseau primaire de l'ossature

Les différentes modalités de mise en œuvre prennent en compte les spécifications du DR.

7.2.2 Mise en œuvre des modules ou plaques pour nappes continues

Après la mise en œuvre des fixations et des supports, la mise en place des modules ou des plaques pour nappes continues se fait en suivant les prescriptions du DR.

Dans le cas des solutions par nappe continue, celle-ci est fixée mécaniquement aux plaques-support au moyen d'agrafes.



7.2.3 Mise en œuvre des végétaux (ne concerne pas les modules précultivés)

7.2.3.1 Cas des modules non précultivés

La plantation des végétaux peut être réalisée dans les modules déjà installés ou juste avant leur mise en place, au pied de la façade, en réalisant généralement des ouvertures dans la paroi (comme par exemple l'enveloppe contenant le substrat) ou le cas échéant en utilisant des ouvertures prévues. Le DR en donne les modalités précises, notamment concernant la densité des végétaux.

7.2.3.2 Cas des solutions par nappes continues

La plantation se fait dans des pochettes, réalisées dans le même matériau que la nappe. Ces pochettes sont agrafées aux distances prévues dans le plan de plantation ou à défaut dans le DR.

On procède à la plantation des végétaux, conditionnés en micro-mottes, godets ou à racines nues, mais toujours de petite taille. Dans le cas de plantes à racines nues, on ajoutera un peu de substrat ou terreau dans la pochette pour assurer la cohésion des racines avec la pochette et la nappe continue.

7.2.4 Mise en œuvre du système d'irrigation

⚠ Dans tous les cas, le système d'irrigation doit être opérationnel lors de l'installation des végétaux.

Le système d'irrigation est mis en œuvre soit par le titulaire du marché, soit par un sous-traitant qualifié en irrigation.

7.2.4.1 Réseau primaire d'irrigation dans l'espace technique

Les différents équipements décrits au § 6.6.2 sont installés dans le local technique, l'armoire ou le regard conformément à la réglementation.

7.2.4.2 Réseau secondaire d'irrigation en façade.

Les nourrices et les gaines à goutteurs sont installées selon la conception spécifique du projet et les préconisations du DR.

7.3 Contrôles et mise en service

7.3.1 Généralités

Les contrôles sont réalisés pendant la mise en œuvre et la mise en service par l'entreprise applicatrice. Il s'agit d'autocontrôles.

Le DR précisera les éléments complémentaires par rapport à la présentation générique faite à la suite.

7.3.2 Contrôles relatifs à la structure porteuse

Il s'agit de contrôler l'aptitude à la reprise des charges prévues, la planéité et l'homogénéité.

Dans le cas de travaux sur des bâtiments neufs, un procès-verbal de réception du chantier peut être requis auprès du maître d'œuvre ou de l'entreprise générale.

7.3.3 Contrôles relatifs à l'isolant thermique

Dans le cas d'une ITE, dans les parties courantes et au niveau des points singuliers, les contrôles portent principalement sur la conformité du produit, sur la couverture et la continuité de l'isolant, sur l'absence d'espace entre l'isolant et la structure porteuse et sur les fixations.

7.3.4 Contrôles relatifs à l'ossature

Les contrôles réalisés pendant la mise en œuvre (voir **A16**) concernent la conformité avec les plans d'exécution et les vérifications suivantes portant sur les parties courantes et les points singuliers :

- les éléments de fixations et leurs chevilles ;
- l'isolation : tenue de l'isolant et continuité de l'isolation ;
- les montants : planéité, points fixes et points glissants, joints de dilatation, serrage des vis ;
- les lisses : positionnement, joints de dilatation, organes de fixation, points glissants ;
- la lame d'air : continuité, éléments de compartimentage, ventilation.

7.3.5 Contrôles relatifs aux contenants, aux supports de culture et aux végétaux

Les contrôles portent sur :

- l'intégrité des contenants à la livraison et après leur mise en œuvre ;
- l'ensemble des constituants en termes qualitatifs et quantitatifs ;
- le positionnement des contenants sur l'ossature ;
- leur fixation : nombre et serrage.

Dans le cas de plantations sur supports de culture granulaires, il s'agit de vérifier le positionnement des végétaux dans le substrat.

Dans le cas des procédés de végétalisation à nappes continues, il faut également vérifier le positionnement des plaques et leurs fixations ainsi que la bonne répartition des agrafes.

Un contrôle des végétaux est effectué. Il porte sur l'état sanitaire, la densité de plantation, le respect des espèces prévues au projet.



7.3.6 Contrôles relatifs au système d'irrigation et mise en service

7.3.6.1 Réseau primaire d'irrigation

La présence et le fonctionnement des différents éléments implantés dans l'espace technique (voir § 6.6.2) sont vérifiés ainsi que l'étanchéité des raccordements.

Le réseau est mis en pression : aucune fuite ou dysfonctionnement ne doivent être observés.

Lorsque le programmeur est positionné en mode « Off », aucun débit d'eau ne doit être constaté. La pression des réseaux observée dans l'espace technique doit être conforme à la plage de pression admissible par le matériel.

7.3.6.2 Réseau secondaire d'irrigation

Les vérifications concernent les nourrices, les gaines à goutteurs, leurs raccordements qui doivent être étanches et le positionnement des sondes éventuelles.

En période de gel, la purge du système d'irrigation doit être prévue et le dispositif concerné facilement accessible.

L'accès à tous les éléments susceptibles d'intervention ultérieure et la réalisation du travail nécessaire doivent être possibles en toute sécurité.

7.3.6.3 Vérifications préalables à la mise en service de l'irrigation

L'adressage des électrovannes est vérifié ainsi que la conformité des numéros des réseaux avec le plan d'irrigation.

Un démarrage de toutes les voies est réalisé : aucune fuite du réseau secondaire d'irrigation ne doit être observée.

Les débits, les écoulements, les consommations d'eau (secteur par secteur) et de nutriments, l'état des matériels (vannes, sondes, manomètres) doivent être vérifiés.

Le plan comportant l'identification des secteurs d'irrigation, les consignes de durée et de fréquence d'arrosage, ainsi que le tableau des débits théoriques doivent être affichés dans l'espace technique.

Les vérifications concernant la pompe doseuse incluent au minimum :

- la dilution de la solution mère ;
- la vérification de la crépine et des filtres ;
- le réglage du taux d'injection de la pompe en fonction du fertilisant utilisé.



8 Entretien

8.1 Généralités

La pérennité d'un BRV est strictement liée à son entretien, dans le respect des préconisations du présent chapitre.

Cet entretien doit faire l'objet d'un contrat concernant les végétaux et le système d'irrigation. Ce contrat doit être pris en charge par un professionnel spécialisé.

Le DR précisera les éléments complémentaires par rapport à la présentation générique faite à la suite.

8.2 Besoins en eau

Les besoins en eau sont appréciés en fonction du procédé, de la capacité de rétention du support de culture, de la composition végétale plantée, de l'orientation du BRV, de son exposition au vent et de sa localisation géographique.

Des ajustements saisonniers sont nécessaires pour adapter au plus juste les durées et fréquences d'irrigation en fonction des besoins.

Le gestionnaire de l'irrigation doit connaître l'eau utilisée (analyse), les débits et pressions de fonctionnement, les systèmes d'écoulements ou de récupération des eaux usées, ainsi que les durées et fréquences prévues.

Les réglages doivent maintenir une humidité minimale (précisée dans le DR) constante du support de culture, même en hiver, car celui-ci ne doit jamais être complètement desséché.

8.3 Maintenance du système d'irrigation

La maintenance du système d'irrigation nécessite la connaissance du système de programmation en place et des matériels utilisés. Cette maintenance peut être réalisée, pour l'essentiel, via un système spécifique de gestion à distance.

8.3.1 Maintenance courante

Une intervention régulière est nécessaire; elle peut être de l'ordre d'un mois (selon spécifications du DR) pour l'entretien et les réglages de l'approvisionnement en eau et en nutriments. Cet entretien inclut le suivi du système d'irrigation, la détection des pannes, le nettoyage des filtres, le réglage des fréquences, la vérification du fonctionnement du (des) programmeur(s), des électrovannes et des sondes (pluie, débit...).

Le matériel d'irrigation lui-même doit être entretenu : maintenance annuelle des systèmes de dosage, remplacement des batteries, nettoyage des éléments de distribution (électrovannes), vérification et élimination des colmatages et dépôts calcaires...

8.3.2 Arrêt hivernal et réalimentation temporaire

Le système d'irrigation doit pouvoir être purgé pour éviter les risques liés au gel.

En fonction de l'état hydrique du support de culture, des irrigations ponctuelles doivent pouvoir être réalisées, quelle que soit la saison.

8.3.3 Remise en service saisonnière

Lorsque les risques de gelée sont écartés, le système d'irrigation est remis en fonctionnement :

- nettoyage et contrôle des électrovannes ;
- nettoyage des filtres ;
- contrôle des goutteurs ;
- ouverture des vannes de sectionnement ;
- contrôle du programmeur ;
 - mise en pression des réseaux ;
 - repérage des fuites éventuelles.

En cas de dysfonctionnement, l'installation devra être remise en état de bon fonctionnement avant remise en service.

8.4 Fertilisation

La distribution et le dosage sont généralement réalisés par injection automatique des éléments nutritifs. La nature et le dosage des engrais sont spécifiques selon les systèmes de végétalisation et les saisons.

Les nutriments listés au paragraphe 6.6.6.1 sont apportés en fonction des besoins des végétaux en respectant les concentrations pour assurer une croissance et un développement satisfaisants.

La rectification du niveau de la solution mère est réalisée suite à un contrôle visuel de la cuve lors des interventions de maintenance.

8.5 Entretien de la végétation

Le BRV est un jardin qui s'entretient et qui nécessite un suivi. Sa végétation est exposée aux aléas climatiques (été, hiver, gels tardifs, vent) ; elle est en dormance en hiver. Ces conditions induisent des comportements potentiellement différents de ceux observés au sol. Les modalités d'entretien doivent s'y adapter en prenant en compte les attentes du maître d'ouvrage.



8.5.1 Définition du programme d'entretien

Le niveau de maintenance est à définir en amont du projet avec la maîtrise d'ouvrage ou le gestionnaire du bâtiment. La palette végétale doit être adaptée en fonction du niveau de maintenance souhaité.

En fonction du niveau esthétique et des résultats attendus, le budget nécessaire à la maintenance varie, tout comme le temps accordé et la fréquence des passages.

8.5.2 Suppression des adventices

En fonction des attentes de la maîtrise d'ouvrage et du cahier des charges élaboré par son maître d'œuvre, les plantes adventices qui entrent en concurrence avec les végétaux plantés ou tolérés, doivent être supprimées. Les plantes parasites et adventices envahissantes qui font l'objet d'une lutte obligatoire en cas de surpopulation doivent, dans tous les cas, être détruites.

Afin de préserver la biodiversité, les plantes exotiques envahissantes doivent également être supprimées.

8.5.3 Remplacement de végétaux

Les conditions de vie des végétaux se développant dans un BRV peuvent impacter leur pérennité. Il est normal de constater des pertes annuelles de l'ordre de 5 à 15 %. Si les exigences esthétiques du projet l'imposent, ces végétaux peuvent être remplacés. À défaut, les plantes opportunistes complètent souvent les surfaces vides.

La replantation est réalisée de préférence au printemps de façon à assurer une bonne reprise ; les remplacements avant les froids hivernaux sont à éviter.

8.5.4 Taille

Certains végétaux doivent être taillés de manière à conserver leur aspect esthétique.

En fonction du niveau d'entretien attendu et au moins une fois par an, les feuilles et autres parties mortes ou inesthétiques comme les végétaux dépéris et les hampes florales déflouries doivent être supprimés.

Dans le cas des nappes continues, la taille est requise pour éviter l'arrachage des nappes consécutif à une surcharge dès lors que la hauteur ou le porte-à-faux dû à la végétation dépasse la limite donnée dans le DR.

Afin de limiter les surcharges dues à la neige et donc les efforts verticaux sur le mur, dans les régions D et E, définies par l'Eurocode 1, où la charge de neige normale au sol est supérieure à 70 cm, les végétaux persistants ne doivent pas former un couvert végétal d'une épaisseur supérieure à 60 cm. Dans ce cas, ils doivent être taillés de manière à ce que cette valeur ne soit pas dépassée à l'approche de l'hiver.

L'époque de taille des végétaux dépend des caractéristiques propres aux différentes catégories de plantes (voir A17). Le planning de taille s'attachera à regrouper au maximum les interventions.

8.5.5 Surveillance sanitaire des végétaux

La surveillance sanitaire des végétaux s'apprend sous deux angles.

Angle réglementaire : une surveillance sanitaire est imposée par la réglementation pour les agents phytopathogènes cités au § 6.5.3.1.

En cas d'observation de ceux-ci, les mesures de lutte imposées par la réglementation doivent être appliquées.

Cette surveillance doit également s'exercer pour les agents phytopathogènes non présents sur les listes officielles. Les traitements doivent être conformes aux dispositions réglementaires.

Angle fonctionnel : lorsque des agents phytopathogènes sont identifiés, différents moyens de lutte peuvent être mis en œuvre :

- si le seuil de tolérance n'est pas dépassé : pas d'intervention ;
- si le seuil de tolérance est dépassé : mise en œuvre de moyens de lutte biologiques pour réinstaurer l'équilibre biologique du milieu ;
- en cas de risque majeur justifié pour le BRV : mise en œuvre de traitements phytosanitaires de synthèse adaptés, en conformité avec la réglementation Ecophyto II.

8.6 Maintenance technique

8.6.1 Nettoyage

Une fois par an au minimum, les éléments de collecte des eaux excédentaires (gouttières, caniveaux...) sont nettoyés.

8.6.2 Contrôle relatif aux moyens d'élévation permanents

La fixation des points d'ancrage permanents destinés aux moyens d'élévation (lignes de vie, nacelles fixes...) doit être contrôlée, conformément à la réglementation, par une entreprise agréée.

8.7 Contrat d'entretien

L'ensemble des postes détaillés ci-dessus (voir § 8.1 à 8.5) doit être couvert par un contrat d'entretien.

La maintenance d'un BRV débute dès son installation, et au minimum jusqu'à la réception du chantier. Cette phase d'entretien doit être intégrée dans le marché d'installation.

Par ailleurs, il est indispensable de prévoir un contrat d'entretien qui fait suite à la réception de l'ouvrage.



Le poseur doit proposer un contrat d'entretien au maître d'ouvrage à la réception de l'ouvrage, ce dernier étant libre de choisir son prestataire.

La fréquence des interventions est fonction des paramètres suivants :

- contexte technique (procédé de végétalisation, choix des végétaux...);
- exigences esthétiques ;
- contraintes budgétaires.

L'entreprise en charge de l'entretien adapte sa proposition de contrat d'entretien à ces différents critères en prenant en compte les préconisations du tenant de procédé (cf. les DR du procédé mis en œuvre).

Il est à noter que la garantie de parfait achèvement est assujettie à la passation d'un contrat d'entretien.



9 Prévention/sécurité

9.1 Conditions de travail et sécurité des personnes

La mise en œuvre des BRV et les opérations d'entretien obéissent aux règles de sécurité fixées par le Code du travail. Il s'agit principalement de :

- la coordination du chantier ;
- l'utilisation des équipements de protection individuelle et du matériel ;
- la sécurité des travaux en hauteur :
 - utilisation des équipements de travail mobiles,
 - protection contre les chutes en hauteur,
 - interdictions d'utilisation de certains dispositifs de travail comme poste de travail ;
- les risques chimiques.

Il revient à l'entreprise chargée des travaux de réaliser sa propre évaluation des risques et d'établir et mettre en place les moyens de protections de ses salariés.

9.2 Protection environnementale

À des fins de protection environnementale, en application du Code rural et de la pêche maritime, l'autorité administrative peut, dans certaines zones sensibles, interdire ou encadrer l'utilisation de produits phytopharmaceutiques.

Depuis le 1^{er} janvier 2017, les personnes publiques ont l'interdiction d'utiliser ou de faire utiliser ces produits pour l'entretien des espaces verts, voiries ou promenades accessibles ou ouverts au public, qu'ils appartiennent au domaine public ou privé. Ce peut être le cas des BRV.

Cette interdiction ne s'applique pas dans les cas suivants :

- mesures de lutte contre :
 - les organismes nuisibles dont la destruction et la prévention de la propagation sont obligatoires ;
 - les dangers sanitaires graves menaçant la pérennité du patrimoine historique ou biologique.
- utilisation de produits
 - de biocontrôle listés par l'autorité administrative ;
 - à faible risque conformément au règlement (CE) n° 1107/2009 du Parlement européen du Conseil du 21 octobre 2009 ;
 - dont l'usage est autorisé en agriculture biologique.

En cas d'application autorisée ou obligatoire, le poseur doit disposer du certificat individuel pour l'application de produit phytopharmaceutique.

Par ailleurs, le Plan Ecophyto II, modifié par le Plan Ecophyto II+, vise à réduire le recours aux produits phytopharmaceutiques. L'axe 4 de ce plan concerne l'accélération de la transition vers l'absence de recours aux produits phytopharmaceutiques dans les espaces végétalisés, dont font partie les BRV.

10 Garantie décennale

Le délai de garantie légal court à compter de la réception de l'ouvrage.

La garantie décennale s'applique :

- aux BRV à l'exception des végétaux qui sont des éléments dissociables de l'ouvrage ;
- à l'isolation thermique lorsqu'elle est prévue (ITH).

L'installateur d'un BRV doit assumer ses responsabilités en termes d'assurance en fonction des exigences du chantier.



ANNEXES

A1 Document de Référence (DR) d'un BRV

Les présentes Recommandations Professionnelles reprennent les spécifications communes aux différents procédés de végétalisation verticale de type BRV. Ce document est appelé document de référence (DR).

Chaque procédé fait l'objet d'un DR rédigé et justifié par le tenant du procédé. Ce dernier doit être en capacité de fournir sur demande l'intégralité des justifications techniques nécessaires à son procédé, dont tous les rapports d'essais y afférant.

Ce DR devrait donc comporter toutes les précisions techniques utiles sur les points précisés dans le tableau à la suite.

Éléments à renseigner dans le Document de Référence (DR)

1 Domaine d'emploi et destination

- Sites admissibles selon climat et risque sismique
- Types de bâtiments concernés
- Ambiances admissibles en fonction des risques de corrosion ou dégradation
- Limites d'emploi vis-à-vis du risque d'incendie

2 Types de supports admissibles

3 Constitution des ossatures supports et des éléments d'accroche au support

4 Constitution des structures porteuses si nécessaire

5 Efforts à reprendre sur le support et/ou moyens pour les définir

6 Constitution du complexe de végétalisation

- Contenant
- Support de culture
- Végétaux
- Système d'arrosage

7 Comportement au feu du procédé et justifications

8 Traitements des points singuliers et des accessoires nécessaires

9 Limites d'emploi des accessoires et finitions

10 Guide de choix en fonction des atmosphères

11 Protections contre le vandalisme

12 Éléments de conception spécifiques

- Épaisseur minimale de la lame d'air
- Prescriptions complémentaires pour l'étanchéité
- Dispositions pour la protection d'une ITE
- Dispositions techniques contre les séismes
- Dispositions pour la résistance aux chocs
- Précautions pour le support de culture

13 Système d'irrigation

- Description
- Fréquences et quantités nécessaires

14 Mise en œuvre du procédé et du système d'irrigation

15 Contrôles nécessaires et fréquences

16 Maintenances nécessaires et fréquences

17 Limite acceptable du porte à faux dû à la végétation

18 Informations sur les principaux avantages du procédé BRV



A2 Normes DTU et normalisation

- NF P18 201 : DTU 21 – Travaux de bâtiment – Exécution des ouvrages en béton – Cahier des clauses techniques.
- NF P18 210 : DTU 23.1 – Travaux de bâtiment – Murs en béton banché – Cahier des clauses techniques.
- NF DTU 20.1 : Travaux de bâtiment – Ouvrages en maçonnerie de petits éléments – Parois et murs – Partie 1 1 : Cahier des clauses techniques types – Partie 1 2 : critères généraux de choix des matériaux – Partie 2 : Cahier des clauses administratives spéciales types – Partie 3 : guide pour le choix des types de murs de façades en fonction du site – Partie 4 : règles de calcul et dispositions constructives minimales.
- NF DTU 45.4 – Travaux de bâtiment – Systèmes d'isolation thermique par l'extérieur en bardage rapporté avec lame d'air ventilé
- NF P24 351 : Menuiserie métallique – Fenêtres, façades rideaux, semi-rideaux, panneaux à ossature métallique – Protection contre la corrosion et préservation des états de surface.
- NF U44 551 : Supports de culture – Dénominations, spécifications et marquage.
- NF U44 051 : Amendements organiques – Dénominations, spécifications et marquage.
- NF U42 001 : Engrais – Dénominations et spécifications.
- NF EN 1717 : Protection contre la pollution de l'eau potable dans les réseaux intérieurs et exigences générales des dispositifs de protection contre la pollution par retour.

A3 Cahiers du CSTB et guide d'application

- Cahier du CSTB n° 3194_V2, Règles générales de conception et de mise en œuvre de l'ossature métallique et de l'éventuelle isolation thermique des bardages rapportés faisant l'objet d'un Avis technique ou d'un Document Technique d'Application, novembre 2018.
- Cahier du CSTB n° 3517, Note d'information n° 8 – Révision n° 1, Modalités des essais de résistance à la charge due au vent sur les systèmes de bardages rapportés, vêtues et vêtages, septembre 2003.
- Cahier du CSTB 3546_V2, Note d'information n° 11 – Résistance aux chocs des bardages rapportés, vêtues et vêtages, février 2008.
- Cahier du CSTB n° 3725, Stabilité en zones sismique, Systèmes de bardages rapportés faisant l'objet d'un Avis Technique, janvier 2013.
- Guide d'application « Bardage rapporté sur ossature secondaire métallique – Mise en œuvre sur murs en béton banché ou en maçonnerie de petits éléments », Guide pratique développement durable, Cédric Schneider, Aziz Dib, CSTB Éditions, octobre 2015

A4 Règles de l'art Grenelle de l'environnement

- Documents disponibles à l'adresse suivante : www.programmepacte.fr
- Recommandations PROFEEL : Procédés de bardage rapporté à lame d'air ventilée – Emploi et mise en œuvre – Neuf et rénovation – Juillet 2022.
- Recommandations Professionnelles RAGE, Bardages en acier protégé et en acier inoxydable – Conception et mise en œuvre – Juillet 2014.

A5 Règles professionnelles

- Les Règles Professionnelles ; N° P.C.6 RO, Conception des systèmes d'arrosage (juillet 2012) ; N° P.C.7 RO, Travaux de mise en œuvre des systèmes d'arrosage (juillet 2014) ; N° P.E.4 RO, Travaux de maintenance des systèmes d'arrosage (juillet 2012), UNEP, AITF, FFP, Hortis, Synaa.
- Règles Professionnelles pour la conception et la réalisation des terrasses et toitures végétalisées, Adivet, CSFE, SNPPA, 3^{ème} édition, 2018 (cf. Annexe A6).

A6 Capacité maximale en eau (CME)

- Le protocole relatif à la mesure de la CME est défini dans les *Règles Professionnelles pour la conception et la réalisation des terrasses et toitures végétalisées* au § G1.4.

A7 Sollicitations à prendre en compte

Dans certains cas, sous réserve d'une confirmation dans le DR, on pourra s'appuyer sur la NF DTU 45.4 pour une détermination simplifiée des efforts dus au vent et pour les chevilles (Annexes B et C de la NF DTU 45.4 P1-1-1)

Le tableau suivant liste les Eurocodes applicables pour le calcul et la conception des ossatures : prescriptions générales et prescriptions spécifiques en fonction de leurs matériaux constitutifs.

TABLEAU 1A

Prescriptions relatives au calcul et à la conception des ossatures

Type de prescriptions	Intitulés des textes applicables	Références
BASE DE CALCUL DES OSSATURES		
Bases de calcul des structures		Eurocodes structureaux : NF EN 1990
ACTIONS GÉNÉRALES SUR LES OSSATURES		
Actions générales sur les structures	Charges permanentes : • Poids volumiques des matériaux de construction • Poids propres des constructions	Eurocode 1 : NF EN 1991 1
ACTIONS GÉNÉRALES SUR LES OSSATURES EN ACIER		
Calcul des structures en acier	Règles générales et règles pour les bâtiments	Eurocode 3 : NF EN 1993 1 1
	Règles supplémentaires pour les profilés et plaques formées à froid	Eurocode 3 : NF EN 1993 1 3
	Règles supplémentaires pour les aciers inoxydables	Eurocode 3 : NF EN 1993 1 4
	Calcul des assemblages	Eurocode 3 : NF EN 1993 1 8
	Choix des qualités d'acier	Eurocode 3 : NF EN 1993 1 10
ACTIONS GÉNÉRALES SUR LES OSSATURES EN ALUMINIUM		
Calcul des structures en aluminium	Règles générales	Eurocode 9 : NF EN 1999 1 1
ACTIONS CLIMATIQUES SUR LES OSSATURES		
Actions climatiques sur les structures	Charges de neige	Eurocode 1 : NF EN 1991 1 3 ⁽¹⁾
	Actions du vent	Eurocode 1 : NF EN 1991 1 4 ⁽²⁾
	Actions thermiques	Eurocode 1 : NF EN 1991 1 5 ⁽³⁾
Résistance aux séismes	Calcul des structures pour leur résistance aux séismes : règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments	Eurocode 8 : NF EN 1998 1

⁽¹⁾ La norme NF EN 1991 1 3 (Eurocode 1) définit les valeurs de charges dues à la neige intervenant dans le calcul des constructions en fonction des conditions du site et de la forme des toitures.

⁽²⁾ La norme NF EN 1991 1 4 (Eurocode 1) définit en fonction du site les actions du vent sur les bâtiments et sur les éléments de façade et leurs fixations.

⁽³⁾ La norme NF EN 1991 1 5 (Eurocode 1) étudie les actions thermiques qui agissent sur les bâtiments et leurs revêtements extérieurs.

A8 Comportement au feu

La réglementation, modifiée par la mise en application des Euroclasses, établit une classification :

- des produits de construction et d'aménagement en fonction de leur réaction au feu ;
- des produits et éléments de construction ou d'ouvrages en fonction de leur résistance au feu.

Les exigences de comportement au feu des bâtiments sont fixées en fonction de l'usage du bâtiment et de sa hauteur (voir tableau suivant).

TABLEAU 2A
Typologie des bâtiments pour le comportement au feu

Type	Usage	Hauteur (m) ⁽¹⁾	Législation et réglementation	Règlements de sécurité contre les risques d'incendie et de panique ⁽²⁾
ERP	Réception du public	≤ 28	Code de la construction et de l'habitation	Arrêté du 25 juin 1980
BH	• Habitation • Parcs de stationnement couverts annexes > 50 m ²			Arrêté du 31 janvier 1986
Immeuble de Moyenne Hauteur (IMP)	Habitation	> 28		Arrêté du 30 décembre 2011
		≤ 50		Arrêté du 7 août 2019
Immeuble de Grande Hauteur (IGH)	Habitation	> 50	Code du travail	Arrêté du 30 décembre 2011
	Autre qu'habitation	> 28		
Lieux de travail	Travail	-	Code du travail	Arrêté du 5 août 1992

⁽¹⁾ La hauteur est mesurée entre le plancher bas du dernier niveau et le niveau le plus haut du sol accessible aux engins de secours et de lutte contre l'incendie.

⁽²⁾ Textes modifiés dans leur version en vigueur au 7 juillet 2020.

A9 Isolation thermique par l'extérieur (ITE)

Selon le NF DTU 45.4, à défaut de classement ISOLE, les produits ayant obtenu d'une certification ACERMI peuvent être employés dans les systèmes de bardages rapportés sont les suivants :

- panneaux de polystyrène ;
- panneaux ou rouleaux de laine de minérale (les plus utilisés) sans pare-vapeur présentant les caractéristiques définies par ce Cahier ;
- isolant semi-rigide avec les caractéristiques définies par ce Cahier.

Les plaques rigides en polystyrène expansé moulé (EPS), polystyrène extrudé (XPS) et polyuréthane (PUR) ne peuvent être utilisées que si la planéité du support et le type d'ossature et de fixations le permettent en raison de leur rigidité.

D'autres produits ou procédés bénéficiant d'un Avis Technique ou d'un Document Technique d'Application (DTA) peuvent, selon le cas, être utilisés (Cahier du CSTB n° 3194_V2).

Dans le cas où les conditions d'humidité sont plus importantes que celles prises en compte par l'isolant I1S1O2L2E1, une évaluation est nécessaire. Les propriétés concernées sont le comportement à l'eau (O) et la perméance à la vapeur d'eau (E).



A10 Protection contre la corrosion

Selon le Cahier du CSTB n° 3194_V2 et les Recommandations Professionnelles RAGE relatives aux procédés de BR :

- les BR présentant des joints ouverts en tant que murs de type XIII ou III ont une ossature exposée à une atmosphère extérieure directe (contrairement aux murs de type XIV et IV, dont le parement extérieur est étanche à l'eau grâce à l'étanchéité de ses éléments

mis en œuvre à recouvrement et dont l'ossature est exposée en atmosphère extérieure protégée et ventilée) ;

- dans les deux cas, les pattes de fixation de l'ossature sur la structure porteuse, situées dans la lame d'air ventilée, sont exposées en atmosphère extérieure protégée et ventilée.

A11 Compatibilité électrochimique

Le tableau suivant définit la compatibilité électrochimique entre les matériaux constitutifs des ossatures et des fixations en atmosphère

extérieure protégée et ventilée d'après le tableau 3.6 de l'annexe 3 du Cahier du CSTB n° 3194_V2.

TABLEAU 3A

Compatibilité électrochimique entre les matériaux de l'ossature et des fixations en atmosphères extérieures

Matériaux de fixation (vis, rivets, etc.)						
Types d'atmosphère extérieure	Matériaux d'ossature	Alliages d'aluminium	Acier revêtu de zinc	Acier inoxydable	Alliages de cuivre-zinc	Alliages nickel-cuivre
E 21 E 22 E 24-E 25 ⁽¹⁾	Aluminium Alliages d'aluminium (Cu < 1 %)	Adapté	Non adapté	Adapté ou À étudier ⁽²⁾	À étudier ⁽²⁾ ou Non adapté	Adapté
	Aluminium Alliages d'aluminium anodisés	Adapté ou À étudier ⁽²⁾	À étudier ⁽²⁾ ou Non adapté			
	Acier zingué	Adapté		Adapté	Adapté ou À étudier ⁽²⁾	
	Acier inoxydable	À étudier ⁽²⁾ ou Non adapté	Non adapté		À étudier ⁽²⁾ ou Non adapté	

⁽¹⁾ Le détail des compatibilités électrochimiques selon les types d'atmosphères définies par fait l'objet de la norme NF P24 351, il est reproduit dans le Cahier du CSTB n° 3194_V2 et les Recommandations Professionnelles RAGE relatives aux procédés de BR.

⁽²⁾ Une étude spécifique nécessaire. Elle doit être réalisée par le fabricant.

A12 Supports de culture

Outre les matières premières utilisables comme support de culture granulaires et leurs caractéristiques, la normalisation définit pour chacun des supports de culture, des amendements et des engrais : les dénominations, les spécifications, les teneurs et caractéristiques à déclaration obligatoire et facultative et le marquage obligatoire et facultatif.

La disposition relative au marquage concerne uniquement les supports de cultures livrés séparément des plantes.



A13 Supports de culture organo-minéraux granulaires

Les supports de culture organo-minéraux granulaires doivent présenter les propriétés physiques listées dans le tableau suivant.

TABLEAU 4A
Propriétés physiques des supports de culture organo-minéraux granulaires

Propriétés	Unités	Exigences ⁽¹⁾	Méthodologie
Granulométrie	mm	De 0 à 20	NF EN 933 1
Proportion de fines	% MS	≤ 10	NF EN 933 1
Perméabilité	mm/min	≥ 1	Protocole TTV ⁽²⁾
Masse volumique apparente à sec	kg/m ³	De 30 à 900	Protocole TTV ⁽²⁾
Capacité maximale en eau (CME)	%	De 30 à 60	Protocole TTV ⁽²⁾
Masse volumique apparente à CME	kg/m ³	De 350 à 1500	Protocole TTV ⁽²⁾
Porosité à CME = Aération à CME	% du volume	> 10	Protocole TTV ⁽²⁾
Taux de matière organique	% MS	≤ 10	NF EN 13039

⁽¹⁾ Valeurs issues de l'expérience validée et reconnue des professionnels

⁽²⁾ Règles Professionnelles pour la conception et la réalisation des Terrasses et Toitures Végétalisées, 2018.

A14 Supports de culture synthétiques en nappes continues

Les supports de cultures synthétiques en nappes continues (géotextiles) doivent présenter les propriétés physiques listées dans le tableau suivant.

TABLEAU 5A
Propriétés physiques des supports de culture synthétiques en nappes continues

Propriétés	Unités	Exigences ⁽¹⁾
Masse surfacique	g/m ²	≥ 300
Résistance à la traction	daN/m ²	≥ 300
Capacité maximale en eau (CME)	% de poids	≥ 80
Porosité à CME = Aération à CME	% V/V	> 10
Taux de matières imputrescibles	% M/M	≥ 90
Résistance aux UV	NF EN 12224	

⁽¹⁾ Valeurs issues de l'expérience validée et reconnue des professionnels

A15 Conditions sanitaires et environnementales

Afin de préserver la santé des personnes, à proximité du public et des usagers :

- les plantes toxiques et les plantes épineuses sont évitées : principalement en partie basse des BRV et en périphérie des ouvertures du bâtiment et plus particulièrement dans les espaces fréquentés

- par des enfants ;
- les plantes allergisantes sont évitées ou limitées en fonction de leur potentiel allergisant.

On distingue les allergies :

- respiratoires liées au transport par le vent de certains pollens et spores (proximité des prises d'air, restauration...) ;
- de contact : en partie basse des BRV et à la périphérie des ouvertures du bâtiment ; le personnel doit être doté des équipements de protection individuelle imposés par le Code du travail.

Les plantes dont le pollen provoque des allergies respiratoires peuvent faire l'objet d'une réglementation préfectorale ou municipale, en application de la réglementation relative à la qualité de l'air.

A16 Contrôles relatifs à l'ossature

Les différentes étapes du contrôle de l'ouvrage sont décrites par les Recommandations Professionnelles RAGE relatives aux procédés de BR. Les tableaux de l'annexe 7 donnent des exemples à adapter au chantier et à l'entreprise.

A17 Entretien de la végétation : la taille

Concernant les arbustes à fleurs, leur époque de taille dépend de leur mode de floraison :

- fleurissement sur le bois de l'année : taille en fin d'hiver ;
- fleurissement sur le bois de l'année précédente : taille après la floraison (Fascicule n° 35 du CCTG).





Adivet

84 rue de Grenelle 75007 Paris



contact@adivet.net



www.adivet.net



Adivet

Crédits photos : Greentexx, Le Prieuré, Novintis, Vertical Flore, X, DR.

