

Mur extérieur à plantes grimpantes et mur extérieur végétalisé

15 solutions technologiques
pour le confort d'été

SOMMAIRE

Résumé	3
Description physique de la solution	4
Sur quel(s) principe(s) la solution agit sur le confort d'été	5
Maturité de la solution : Traditionnel ou innovant	6
Domaine d'emploi	6
Performance technique intrinsèque : Indicateurs de performances	7
Performance technique intrinsèque : Durée de vie	8
Performance technique intrinsèque : Impact environnemental	8
Coûts	9
Points d'attention pour réussir l'intégration de la solution : Sécuriser la mise en œuvre de la solution .	9
Points d'attention pour réussir l'intégration de la solution : Considérer les locataires	10
Points d'attention pour réussir l'intégration de la solution : Dimensionnement de la solution	11
Points d'attention pour réussir l'intégration de la solution : Commissionnement de la solution	11
Points d'attention pour réussir l'intégration de la solution : Exploitation et maintenance de la solution	11
Points d'attention pour réussir l'intégration de la solution : Quid des autres exigences essentielles ?	13
Points d'attention pour réussir l'appropriation de la solution de la part des locataires	13
Performances type à l'échelle de l'ouvrage : Performance constatées par RENOPTIM (expé/lab)...	14
Annexe : la collection Solutions technologiques pour le confort d'été	16

Mur extérieur à plantes grimpantes et mur extérieur végétalisé

Fiche rédigée en 2023

Cette fiche est extraite d'une collection de fiches « Solutions technologiques pour le confort d'été » élaborées dans le cadre du programme Profeel et du projet RENOPTIM, piloté par le CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) et l'USH (Union Sociale pour l'Habitat). Cette collection est destinée aux professionnels des travaux qui devront dans le cadre d'opérations de rénovation de bâtiments de logements collectifs en France métropolitaine, prendre en compte le confort d'été dès la définition du projet. L'objectif est d'éclairer *la maîtrise d'ouvrage sur* le confort d'été en amont de la définition des travaux, via 15 solutions décrites précisément, qui contribuent au confort thermique d'été. NB : le détail de la collection figure en annexe. Le parti pris de cette collection est par solution technologique. Pour autant les auteurs ne souhaitent pas laisser à penser qu'une unique brique technologique est susceptible de corriger l'inconfort d'été d'un bâtiment existant.

Ce document ne peut se substituer aux textes de référence, qu'ils soient réglementaires (lois, décrets, arrêtés...) normatifs (normes, DTU ou règles de calcul) ou codificatifs (Avis Techniques, « CPT »).

Résumé

La végétalisation des murs peut s'envisager par deux moyens :

des plantes grimpantes en bac ou en plein sol pour lesquelles le développement racinaire doit être anticipé pour éviter des désordres sur les réseaux enterrés la structure et sur l'étanchéité de l'enveloppe. L'ouvrage est très simple, mais sa mise en place est lente (développement des plantes) et le choix des essences est réduit

en bardage rapporté qui comprend le substrat et un dispositif d'arrosage accueilli par une structure porteuse adossée au mur ou bien autoportante. La stabilité mécanique de la structure et son impact sur l'isolation thermique sont à considérer dans les études. L'ouvrage est complexe et son déploiement très rapide (la durée du chantier).

Ces dispositifs n'assurent pas une fonction première d'isolation thermique qui va se généraliser à travers des ITE ou des ITI (éradication des étiquettes DPE F et G). Ainsi le gain sur le confort d'été doit se penser indirectement en termes de microclimat des espaces publics (rafraîchissement et humidification) voire en contribution à l'atténuation des îlots de chaleur urbains, mais cela à condition qu'une stratégie globale d'atténuation des îlots de chaleur urbains de la ville soit mise en œuvre. De ce point de vue, au prix d'une complexité nettement plus élevée que des plantes grimpantes, un mur végétalisé présente un potentiel de contribution plus grand par unité de surface (davantage d'eau évaporée). Dans tous les cas la végétalisation nécessite de l'entretien et de l'arrosage. La mise en place de ces technologies peut aussi se motiver par la valeur architecturale souvent remarquable ainsi que l'apport à la biodiversité.

Description physique de la solution

Dans le cadre d'une rénovation, deux types de végétalisations de façade sont possibles :

- Mur avec plantes grimpantes
- Solution à bardage



Figure 1 - À gauche, clématite (plante grimpante sur son support en treillis). À droite, mur végétalisé modulaire. (source : Guide pratique « Végétalisation des murs » - CSTB 2015)

Les plantes grimpantes sont très adaptées à ce type de pose, car elles poussent naturellement à la verticale. Celles-ci sont de plusieurs types :

- Grimpantes à racines aériennes (à crampons, nécessitent que l'état de surface ne soit pas lisse, et qu'il soit solide, ex : bignonnes, figuiers rampants, etc.)
- Grimpantes sarmenteuses (nécessitent un support accroché au mur pour grimper)
- Grimpantes volubiles ligneuses (s'enroulent autour d'un support accroché au mur, ex : clématites, jasmains, etc.)
- Grimpantes à vrilles ligneuses (nécessitent un support)
- Grimpantes à « ventouses » (peuvent adhérer aux surfaces lisses, ex : vigne vierge)

Les supports pour plantes grimpantes peuvent de plusieurs natures (treillis en bois ou métalliques, câbles en acier, supports plastiques, cordes).

La solution à bardage se décline en deux catégories, les nappes continues et les systèmes modulaires. Les avantages et inconvénients de chaque catégorie ne sont pas abordés dans le présent document. Dans les deux cas, il est composé de la façon suivante :

- Un support fixé au mur
- Un complexe de végétalisation
- Un substrat
- Une installation d'irrigation et de fertilisation (pas toujours obligatoire)

Sur quel(s) principe(s) la solution agit sur le confort d'été

L'apport sur le confort d'été est lié à plusieurs phénomènes (du plus important au moins important) :

1. Si le mur est isolé thermiquement, la diminution du flux thermique entrant dans le logement au travers de la paroi est liée au premier ordre lié à l'isolation ;
2. Les apports solaires directs sur la surface externe du mur sont annulés (ombrages) de façon similaire à un bardage ventilé
3. L'évacuation d'une partie de l'énergie par évaporation de l'eau contenue dans le substrat (dans le cas des murs avec substrat), empêchant cette quantité d'énergie d'entrer dans le mur, avec la **nécessité que le substrat reste humide pour garder cet avantage** ;
4. La transpiration du feuillage qui permet au feuillage d'être à une température en dessous d'une surface sans évaporation ;

Dans le cadre du confort d'été à l'intérieur du logement, plus les murs seront isolés thermiquement moins le gain sera sensible (cf. expérimentation décrite en dernière section de cette fiche).

Pour les murs à plantes grimpantes, l'impact thermique est faible. Le mur ne possède pas de substrat (un milieu poreux permettant de retenir l'eau qui sera évaporée par la suite), il ne profite pas du point 2 évoqué ci-dessus. S'il est très feuillu, il peut permettre un ombrage du mur et l'aménagement d'une lame d'air naturelle, se rapprochant de l'effet d'un bardage ventilé.

Pour les murs végétalisés, l'impact thermique peut être intéressant dans certains cas. Ceux-ci sont généralement irrigués en période estivale. Le mur profite alors de l'évacuation de la chaleur par évaporation de l'eau contenue dans le substrat. Il est nécessaire que le substrat reste humide pour que l'effet perdure. Une lame d'air est aménagée entre la solution à bardage et le mur porteur. Celle-ci permet une évacuation d'énergie thermique par convection naturelle. Au global, ces effets sont positifs et peuvent s'avérer intéressants si le mur initial n'est pas isolé. En cas d'isolation moyenne ou forte, ces effets seront très faibles, voire imperceptibles. (voir chapitre « Performances constatées par le projet RENOPTIM »)

Ces phénomènes sont à relativiser selon les spécificités de la façade (ensoleillement dépendant de l'orientation, m² de surface exposée, fréquence de l'arrosage, épaisseur du substrat, épaisseur d'isolant). Ces éléments seront abordés dans la section : « Dimensionnement de la solution ».

Par ailleurs, ces solutions peuvent être intéressantes pour contribuer à un micro-climat local voire à la réduction des phénomènes d'îlots de chaleur urbains (ICU). En réduisant la température de surface des murs, et donc des flux radiatifs échangés dans le voisinage proche, un environnement globalement

moins chaud (mais plus humide) aura un impact positif sur le confort des occupants en ville et dans leur logement à condition qu'une stratégie globale à l'échelle de la ville soit mise en œuvre.

Maturité de la solution : traditionnel ou innovant

Il n'existe pas de DTU sur ce type de solution. À ce jour, il existe 1 procédé de végétalisation de mur sous Avis Technique.

Type de paroi	Technique innovante	Technique éprouvée	SOURCE
Mur à plantes grimpantes	X		Recommandations professionnelles (B.C.5-R0 2016)
Solution à bardage (structure autoportante ou bardage rapporté)	X		Recommandations professionnelles (B.C.3-R0 2016) Avis Technique

Domaine d'emploi

Pour un mur de plantes de grimpantes, certaines espèces ont besoin d'un support de guidage pour se développer. La pose d'un support nécessite une réflexion autour de l'état de surface du mur existant et de sa capacité structurelle à recevoir la charge du support et des espèces végétales pleinement développées. Dans certains cas, il n'y a pas besoin de support et les plantes se fixent directement sur la surface existante. Il faudra veiller à ce que l'état de surface soit compatible avec les espèces végétales visées. Les plantes grimpantes doivent être plantées au sol, soit dans une jardinière, soit en pleine terre. Dans les deux cas, prévoir un espace d'au moins 60 cm de profondeur et de largeur.



Figure 2 - Espace plantable 1 m de large au pied d'un mur. (source : Guide pratique « Végétalisation des murs » - CSTB 2015)

Pour la solution à bardage, il est très souvent possible d'en installer un rapporté ou autoportant sauf exception (réglementation de protection du patrimoine interdisant l'ouvrage, accessibilité rendant difficile la construction ou l'entretien). Le maître d'ouvrage doit effectuer une étude préalable de l'évaluation des risques de la végétalisation, pour le mur et pour son environnement s'il s'agit d'un espace public. Une arrivée d'eau et d'électricité est nécessaire pour le système d'arrosage et sa régulation. Pour l'entretien, incontournable pour ce type de solution, il faut prévoir l'espace nécessaire selon le type d'intervention : au sol, par échafaudage, nacelles élévatoires. Pour l'usage de nacelles, il faudra vérifier que la portance du sol permet le passage et la stabilité des engins.

Si le système de végétalisation est fixé au mur support, celui-ci doit pouvoir supporter toutes les charges à capacité maximale d'eau, comptant le poids maximal des végétaux et du système d'arrosage.

Si le système de végétalisation est indépendant du mur, cette structure autoporteuse est scellée au sol et dispose d'un système de fixation indépendant du mur existant. Une étude mécanique doit être réalisée sur la nature du sol, les charges en présence (support de culture à capacité maximale d'eau, poids des végétaux, etc.) et le dimensionnement de la structure. Une distance de sécurité avec le mur occulté doit être respectée.

Un mur en pignon est plus indiqué pour recevoir ce type d'ouvrage qu'un mur avec fenêtre, car la proximité des locataires avec l'ouvrage peut créer des désordres et en outre l'installation est simplifiée.

Performance technique intrinsèque : Indicateurs de performances

Il n'y a pas d'indicateur unique de performance intrinsèque qui résume l'ensemble des phénomènes couplés présents dans une végétalisation (combinaison de l'ombrage du feuillage, de la diffusion thermique, du changement de phase dans le substrat et du phénomène d'évapotranspiration, variable suivant la saison, etc.). Certains outils de Simulation Énergétique Dynamique ont des aptitudes plus ou moins avancées à modéliser ce type procédé, mais c'est encore un sujet de recherche actif.

Néanmoins, ces solutions intégrées avec le mur existant sont caractérisées du point de vue réglementaire avec le calcul d'un coefficient de déperdition de paroi U_p et du calcul d'un facteur solaire S_p . Le facteur solaire permet de caractériser la capacité d'une paroi à transmettre le flux solaire incident sous forme d'apport interne de chaleur à l'intérieur d'un logement (pour les parois opaques ou vitrées). Le facteur solaire (compris entre 0 et 1) est défini comme un rapport entre le flux transmis et le flux total incident en régime stationnaire, il est noté S .

$$S_p = \frac{\Phi_{transmis}}{\Phi_{incident}}$$

Pour le facteur solaire, les règles Th-Bât ne précisent pas de valeur par défaut (considérant que le mur doit être traité comme si la solution végétalisée n'existait pas) ou que le facteur solaire doit être calculé par une procédure particulière.

Pour le coefficient U_p , le mur végétalisé possède une lame d'air ventilée et les règles Th-Bât précisent qu'en cas de bardage ventilé, le calcul ignore les éléments positionnés côté extérieur de la lame d'air, ici la solution de végétalisation.

Le système réglementaire actuel ne permet pas de prendre en compte avec précision les phénomènes en présence, même si ceux-ci sont d'importance moyenne à faible.

Performance technique intrinsèque : Durée de vie

Deux types de durée de vie sont à distinguer. La durée de vie de la végétation et celle de l'ouvrage.

Pour la végétation, **dans le cas des plantes grimpantes**, celles-ci peuvent théoriquement des dizaines d'années avec un entretien adapté.

Dans le cas de la solution à bardage, l'entretien professionnel et régulier est préconisé ce qui nécessite une rigueur et une expertise spécifique. Si celui-ci est respecté tout au long de la vie du complexe végétal, celui-ci peut tenir longtemps également. Sans entretien ou avec un entretien insuffisant, le complexe végétal peut mourir en l'espace de quelques semaines/mois et il faudra replanter par la suite.

Pour la durée de vie de l'ouvrage, les recommandations professionnelles indiquent une durabilité d'au moins 25 ans. Cela varie naturellement en fonction de la qualité de la mise en œuvre et des produits, de l'entretien et des expositions divers. Aucune valeur de durée de vie de référence n'est mentionnée dans la base INIES des FDES pour ces types de procédés. Une réflexion sur la protection des éléments métalliques à la corrosion est nécessaire, la présence d'eau étant importante (notamment les fixations).

La solution à bardage peut même aider à la durabilité des autres composants du mur. Il est reconnu que la mise en œuvre d'un bardage rapporté améliore la durabilité du gros-œuvre, notamment en protégeant les revêtements de la pluie et en réduisant les contraintes thermiques par ombrage (phénomène de contraction-dilatation moins important). Rappelons que la lame d'air entre le substrat et le mur porteur sera sensiblement plus humide que l'air extérieur

Attention à la nature du support, certains matériaux ne sont pas adaptés pour recevoir ce type d'installation.

Performance technique intrinsèque : Impact environnemental

À la date de rédaction de cette fiche, aucune donnée environnementale n'est disponible sur la base INIES pour ce type de solution.

On peut néanmoins identifier plusieurs contributeurs potentiels aux impacts environnementaux :

- Le support ;
- Le complexe de végétalisation et le substrat ;
- Les composants du système d'arrosage et de sa régulation, le cas échéant ;
- Les consommations d'énergie et d'eau éventuelles pour l'arrosage.

Pour un support constitué d'une ossature en aluminium, en se basant sur des données environnementales relatives aux solutions de bardage, on peut estimer l'impact carbone à environ 15 kgCO₂eq/m² sur 50 ans. Pour plus de détails, se référer à la fiche solution « ITE – Bardage avec barrière radiante ».

Les données relatives aux procédés de végétalisation de toitures indiquent que l'impact du substrat peut être significatif et est proportionnel à son épaisseur. Un ordre de grandeur de 25 kgCO₂eq/m² est représentatif pour un substrat d'épaisseur 30 cm. Pour plus de détails, se référer à la fiche solution « Toiture végétalisée – Toiture terrasse jardin ».

Pour les autres composants, aucune évaluation n'est disponible à date.

À titre indicatif, dans la méthode d'analyse de cycle de vie (ACV) de la RE2020, l'impact des consommations d'eau est pris en compte à hauteur de 235 gCO₂eq/m³. En cas d'utilisation d'une pompe, l'impact des consommations électriques représente 64 gCO₂eq/kWh.

Coûts

Le coût d'installation dépend du type de mur. Un mur de plantes grimpantes est très abordable à l'installation (ne nécessite qu'un bac en partie basse, similaire au coût d'un aménagement d'espace vert de même surface). La solution à bardage demande un investissement plus conséquent puisque l'installation du support (bardage rapporté ou structure autoportante) est plus lourde qu'il faut également installer un système d'arrosage. Dans les deux cas, il convient d'inclure une étude de faisabilité (mécanique, disposition et aménagement des éléments dans l'espace dédié, palette végétale, etc.).

Le coût d'entretien dépend également du type de mur. **Pour un mur de plantes grimpantes**, le coût est abordable et est similaire à l'entretien d'un espace vert de surface similaire au bac contenant les plantes. **La solution à bardage** demande un entretien beaucoup plus conséquent. Un contrat annuel avec une entreprise spécialisée peut aller de 3 k€/an à 10 k€/an à la charge du bailleur pour un pan de mur, selon la surface couverte au premier ordre, selon la nécessité de louer une nacelle, du taux de passage des agents et de la nécessité de replanter/remplacer des éléments du complexe.

Points d'attention pour réussir l'intégration de la solution : Sécuriser la mise en œuvre de la solution

Pour les murs à plantes grimpantes, la plupart des plantes ont besoin d'un support (treillis bois / bambou ou fils) et seules les plantes à crampons peuvent se développer sur tous types de murs sans support. Contrairement à une idée reçue, ce type de plante n'abîme pas le mur existant, sauf si celui-ci était déjà dans un mauvais état. Autrement dit, il est nécessaire d'avoir un état de surface satisfaisant pour y installer une plante grimpante. Les fixations du support doivent être correctement dimensionnées pour soutenir la charge d'une végétation complètement développée. Selon le type de plante grimpante, la densité de maillage du support de guidage peut varier. Un tableau issu des recommandations professionnelles permet de choisir la densité adéquate. Les fixations doivent résister au vieillissement et à la corrosion (cf. norme NF EN ISO 12944-2, où la classe de corrosivité est détaillée). Il faudra aussi porter attention à la compatibilité électro-chimique des métaux entre eux et sous ambiances humide et salée. Les supports de guidage doivent être décalés au minimum de 30 cm de tout point singulier (fenêtres, portes, enseignes, etc.). Il peut être intéressant d'installer les treillis à 45° (en diagonale) pour rendre l'escalade plus difficile aux rats. Les flux d'air de ventilation ne doivent pas être dirigés vers les végétaux.

Il convient d'assurer l'accessibilité du mur à n'importe quelle étape de la réalisation, que ce soit en phase chantier ou après.

Si les plantes grimpantes sont directement plantées dans le sol (pas de bac de plantation), il convient d'être attentif au développement racinaire et aux interactions possibles avec les réseaux (eau, gaz, etc.) et les fondations.

Pour les murs végétalisés, les prescriptions précédentes s'appliquent (sauf quand elles sont sans objet). Dans le cas des murs à bardage rapporté (non autoportant), il est nécessaire de préserver l'étanchéité du mur porteur (privilégier les scellements chimiques plutôt que mécaniques) et de prendre en compte les efforts mécaniques exercés pour l'ensemble du bardage (structure, support de culture à capacité maximale en eau, système d'arrosage, poids des végétaux). Le bardage rapporté ne doit pas participer aux fonctions de transmission des charges verticales, de contreventement, d'anti-déversement et de résistance aux chocs de sécurité. Elles incombent à l'ouvrage qui le supporte. La stabilité et la résistance mécanique du bardage rapporté sur cet ouvrage doivent être évaluées vis-à-vis des charges de poids propre, de vent, des sollicitations sismiques (cf. guide ENS ou Avis Technique) et hygrothermiques (avec le plus souvent une justification expérimentale).

Une conformité à la réglementation incendie est nécessaire, en particulier pour la réaction au feu du parement, la masse combustible du parement et le potentiel de transfert de feu d'un étage à l'autre.

Lors de chocs accidentels, non exceptionnels et consécutifs à l'occupation normale, un mur extérieur doit conserver ses performances, et son comportement ne doit pas être une cause de gêne excessive pour les usagers.

La conception doit prendre en compte la dilatation et la rétractation des matériaux en fonction des conditions climatiques. Il est conseillé d'installer un dispositif de collecte des eaux de drainage sur toute la largeur du mur.

La mise en place de la structure ne peut se faire qu'une fois le mur support réceptionné. La plantation n'est envisagée qu'une fois l'eau et l'électricité disponibles, avec des réseaux d'arrosage et d'assainissement fonctionnels.

Une lame d'air d'épaisseur minimale de 2 cm doit être respectée. Une épaisseur de 5 cm est recommandée.

Tout au long du processus, que ce soit à l'installation ou à l'entretien, il est recommandé de s'entourer d'entreprises compétentes plutôt que de baser sa stratégie sur l'autoformation.

Points d'attention pour réussir l'intégration de la solution : Considérer les locataires

Dans le cas de la solution à bardage, la pose des fixations nécessitera probablement des perçages dans le mur porteur, occasionnant des désagréments acoustiques. L'installation peut nécessiter la mise en place d'un échafaudage ou d'une nacelle obstruant la vue des occupants depuis leur logement et les privant d'une source de lumière naturelle.

Outre ces points, il y a très peu de nuisances lors du chantier puisque l'essentiel des travaux se passe à l'extérieur du logement.

Points d'attention pour réussir l'intégration de la solution : Dimensionnement de la solution

Pour un mur à plantes grimpantes, le dimensionnement concerne d'abord l'espèce de plante. Celle-ci doit convenir aux contraintes d'urbanisme et à l'état de surface du mur existant. Si nécessaire, un support de guidage devra être choisi et posé avec des fixations adaptées en fonction des charges admissibles et de leur durabilité intrinsèque (résistance au vieillissement et à la corrosion). La hauteur des plantes grimpantes est variable selon l'espèce utilisée. Cela peut aller de 2 m pour les plus petites jusqu'à 15-20 m pour les plus grandes.

Dans le cas de la solution à bardage, là aussi le dimensionnement se préoccupe du système de fixations pour assurer la stabilité de l'ouvrage, soit rapporté, soit autoportant. La palette végétale est souvent beaucoup plus fournie pour ce type d'ouvrage et il conviendra de sélectionner les espèces de plantes les plus compatibles avec la faune et la flore locale et l'environnement, notamment les potentiels masques, exposition au vent, à la pluie battante. En particulier, certaines plantes peuvent jouer un rôle dans la « maîtrise » d'une biodiversité trop foisonnante qui indisposerait certains occupants.

Par exemple le recours à la menthe poivrée, la lavande, l'absinthe, la rue des jardins permettent de traiter le problème de façon naturelle. Il faut tout de même garder à l'esprit que la biodiversité est un pilier de la bonne santé du mur végétalisé, un nombre important d'espèces animales et végétales permettent à la végétation de se renouveler et de perdurer (pollinisation, recyclage de la matière organique, etc.).

Points d'attention pour réussir l'intégration de la solution : Commissionnement de la solution

Pour tous les types de murs, une période de confortement est nécessaire (Garantie de Parfaite Achèvement). Pendant cette période d'une année, l'ouvrage est suivi par l'entreprise de pose et s'assure que la végétation se développe convenablement. Si ce n'est pas le cas, c'est à l'entreprise de pose d'effectuer les actions de remédiation. À l'installation, vérifier que les espèces végétales plantées sont bien les espèces identifiées en conception.

Une fois cette période achevée, vérifier que les végétaux sont en vie. Vérifier que le système d'arrosage fonctionne, qu'il n'y a pas de fuites et que l'automatisation fonctionne.

Points d'attention pour réussir l'intégration de la solution : Exploitation et maintenance de la solution

L'entretien et la maintenance sont un point capital pour ce type de solution. Le complexe végétal est extrêmement sensible à ce paramètre et une attention particulière doit être portée à ce sujet.

Pour un mur de plantes grimpantes, l'entretien est similaire à celui des espaces verts traditionnels. L'arrosage peut se faire manuellement et la pluie peut suffire selon les conditions météorologiques, la saison. L'arrosage reste nécessaire en période estivale. Il convient de faire plusieurs opérations de contrôle dans l'année. Celles-ci seront courtes, mais nécessaires pour évaluer l'état des plantations et appliquer des actions correctives (plus ou moins d'arrosage, apport de nutriments).

Dans le cas d'un arrosage automatisé, il convient de vérifier le bon fonctionnement du système et de sa régulation. Moins fréquemment, il est important de vérifier l'état du support de guidage et du système de fixation associé.

Contrairement aux opérations d'entretien, les opérations de maintenance peuvent se faire en sortie d'hiver (remplacement des plants morts, fertilisation, taille) et en automne (nettoyage, taille légère). Faire attention à l'infiltration possible des plantes dans la liaison mur/toiture. Les usagers du bâtiment doivent obligatoirement être prévenus de ces interventions. La loi Labbé interdit l'usage de produits phytosanitaires dans les espaces publics.

Pour une solution à bardage, l'entretien et la maintenance sont beaucoup plus lourds. Il est conseillé de faire appel à une entreprise spécialisée via un contrat d'entretien. Cet acte d'entretien est une véritable expertise puisque la palette végétale est plus fournie, il y a parfois besoin d'une nacelle, la survie du mur est très dépendante des conditions d'arrosage, des conditions météorologiques et de la biodiversité en présence. De plus, le changement climatique perturbe certains cycles de la végétation, ce qui demande une adaptation permanente.

L'entretien consiste à effectuer les actions suivantes :

- L'arrosage est obligatoire.
- Contrôler visuellement la végétation au moins une fois par semaine et adapter le niveau d'irrigation si nécessaire (par rapport aux conditions climatiques, sécheresse, pluie, gel).
- Taille des espèces non désirées.
- Nettoyage et suppression des rameaux au printemps.
- Comblement des vides dans le substrat.
- Remplacement des plants manquants au printemps (à la remise en fonctionnement de l'irrigation).

La maintenance consiste à effectuer les actions suivantes :

- Vérifier une fois par mois le bon fonctionnement du système d'irrigation (règles de l'approvisionnement en eau et nutriments, nettoyages des filtres, bon fonctionnement des goutteurs).
- Nettoyage du local technique.
- Vidange du réseau avant l'hiver.
- Maintenance du système informatisé de régulation.
- Vérifier une fois par an les fixations du système sur le mur porteur.
- Si le mur possède des fenêtres, vérifier les encadrements de fenêtre.

L'arrosage par aspersion est interdit (Recommandations professionnelles B.C.3-R0).

Points d'attention pour réussir l'intégration de la solution : Quid des autres exigences essentielles ?

Les murs végétalisés peuvent réduire les nuisances sonores. Les ondes sonores sont atténuées en traversant le substrat. Plus l'épaisseur est forte et plus ce mécanisme a de l'impact.

L'impact sur la biodiversité locale peut être important, des nids d'oiseaux peuvent se créer, on peut trouver des lézards, des insectes et vers de terre qui favorisent le développement de la végétation. Dans le cas où le bâtiment possède une toiture végétalisée, la mise en place d'un mur végétalisé permet de créer une continuité écologique entre la végétation présente sur l'espace public (parcs, arbres, etc.) et celle en toiture.

Dans une moindre mesure, les murs végétalisés participent à la gestion de l'eau sur la parcelle. Cet effet reste anecdotique par rapport à celui que peut procurer une toiture végétalisée.

La végétalisation a un effet positif sur la qualité de l'air extérieur en absorbant et dégradant certains polluants, en particulier grâce au rôle de certains organismes présents dans le substrat.

La végétalisation a une influence positive sur la psychologie humaine et va dans le sens du bien-être des habitants. En particulier, l'esthétique est un point fort de ce type de solution qui remet la nature au centre des zones urbaines.

Par ailleurs, selon la constitution du système d'arrosage, il peut y avoir la présence de rats qui rongent les conduites du système. De même, la présence d'une biodiversité trop foisonnante peut causer des désagréments à certains usagers (déjections d'oiseaux, araignées). Se référer au paragraphe « Appropriation par le locataire ».

Pour les murs végétalisés avec arrosage, la consommation d'eau peut être conséquente, surtout en période estivale (environ 4 L/m² par jour, constaté sur le démonstrateur, cf. dernière section). Le système est très souvent branché sur le réseau d'eau potable, mais il pourrait très bien s'alimenter à un récupérateur d'eau de pluie. Ce n'est pas sans impact dans un monde où l'eau est une ressource précieuse, surtout lors des périodes chaudes.

La pose d'un bardage rapporté sur une ITE crée des ponts thermiques qu'il convient de prendre en compte.

Points d'attention pour réussir l'appropriation de la solution de la part des locataires

Une solution de mur végétalisé permet de développer une biodiversité locale pour le milieu environnant et pour le mur. Parfois, ce regain de biodiversité peut gêner certains usagers : on peut rencontrer des araignées, quelques insectes, des nids d'oiseaux. En particulier, ce problème est renforcé si des fenêtres sont présentes sur le mur végétalisé, l'occupant est alors en contact direct avec la faune hébergée. L'arachnophobie et l'entomophobie peuvent forcer certains usagers à ne plus ouvrir leur fenêtre. Dans des cas extrêmes et très rares, certains occupants peuvent prendre des actions pour détruire la végétation du mur. Un effort d'appropriation et de sensibilisation doit être fait pour que les locataires comprennent les motivations, s'éduquent face à ces nouvelles problématiques et adoptent un comportement harmonieux avec la faune nouvellement présente.

Par ailleurs, l'augmentation de la nidification augmente localement le nombre d'oiseaux, et donc les potentielles déjections. Certains occupants peuvent se plaindre de ce phénomène. Il convient là aussi de sensibiliser ou convaincre cette population. Il n'y a pas d'action corrective à prendre dans ce cas.

Performances types à l'échelle de l'ouvrage : Performances constatées par RENOPTIM (expé/lab)

En partenariat avec l'entreprise TRACER, un mur végétalisé (à bardage rapporté) a été instrumenté pour constater l'intérêt de la solution sur le confort d'été. Le mur en pignon (orienté au Sud) est le cas le plus favorable pour constater cet effet, car la surface est importante. Le bâtiment est isolé en ITE.



Figure 3 - Démonstrateur d'un mur végétalisé à bardage rapporté (entreprise TRACER).
En haut le logement témoin (non arrosé), en bas le logement avec la solution (arrosé).

Le principe du démonstrateur consiste à sélectionner deux logements comparables thermiquement (même orientation, même exposition selon toutes leurs faces, même superficie, etc.). Le logement du haut est le logement "témoin" (logement sans la solution végétalisée) et le logement du bas est le logement "test" végétalisé. Le logement témoin est végétalisé, mais non arrosé, l'objectif du démonstrateur est d'évaluer l'impact d'un arrosage régulier (puisque c'est cela qui joue) plus que d'évaluer l'impact de poser un bardage ventilé (qui lui a un impact bien compris dans la littérature).

Pendant les 3 mois d'été (juin-juillet-août 2023), les grandeurs suivantes ont été mesurées :

- la température et l'humidité extérieure
- la température et l'humidité des substrats
- la température et l'humidité de la lame d'air extérieur (pour chaque logement)
- la température intérieure des logements

Le substrat arrosé est resté humide tout l'été et la consommation d'eau sur la demi-portion arrosée était d'environ 4 L/m² par jour. Le substrat non arrosé est devenu sec au bout de quelques jours, il est resté sec pour le reste de l'expérimentation.

Sur la température de la lame d'air, un écart de 2°C a été constaté en moyenne jour nuit sur l'été. La solution permet d'abaisser sensiblement les oscillations jour nuit perçue par le mur : le jour jusqu'à 17°C à midi dans ce démonstrateur, la nuit l'effet est marginal. L'humidité est globalement augmentée de 20 à 30 points d'humidité relative en moyenne jour nuit. La nuit, l'humidité de la lame d'air a culminé à 95%.

Cependant, sur la température intérieure des logements, aucun gain n'a été constaté.

Conclusion de l'expérimentation :

La température intérieure d'un logement dépend de beaucoup de paramètres. Le nombre d'occupants dans le foyer, leurs habitudes de vie et usages d'appareils chauffant le logement, l'utilisation ou non des protections solaires. Tout ceci a créé une incertitude plus grande que l'effet bénéfique mesurable de la solution végétalisée. Il faudrait plus de logements pour lisser statistiquement ces effets. **Plus encore, le bâtiment étant isolé, le gain d'une telle solution est amorti par l'isolation qui réduit drastiquement les flux thermiques entrants. Il semble que sur des bâtiments non isolés, la solution aurait un plus grand impact sur le confort d'été** (l'expérimentation a montré un gain très sensible sur la température de la lame d'air le jour).

Pour aller plus loin :

- Végétalisation des murs - Conception, mise en œuvre, entretien et maintenance (Guide pratique Développement Durable, CSTB, janvier 2015)
- Recommandations professionnelles : Conception, réalisation et entretien de solutions de végétalisation de façades par bardage rapporté, N° : BC.3-R0, septembre 2016 : [unep-bc3-r0-bd.pdf \(lesentreprisesdupaysage.fr\)](#)
- Recommandations professionnelles : Conception, réalisation et entretien de solutions de végétalisation de façades par plantes grimpantes, N° : B.C.5-R0, septembre 2016 [unep-b-c-5-r0-bd-2.pdf \(lesentreprisesdupaysage.fr\)](#)

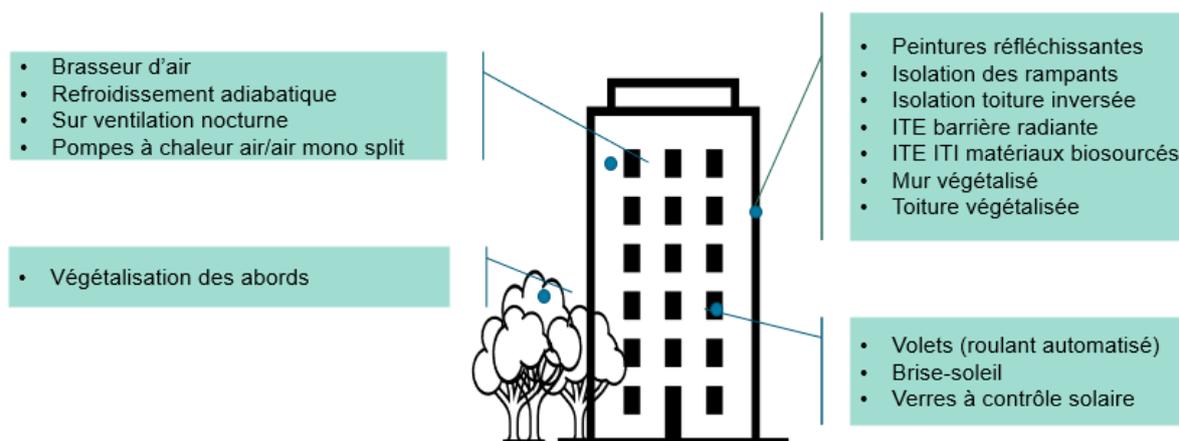
Annexe : la collection Solutions technologiques pour le confort d'été

De quoi s'agit-il ?

Cette fiche est extraite d'une collection de fiches « Solutions technologiques pour le confort d'été ». Cette collection constitue un livrable du projet PROFEEL2 RENOPTIM, piloté par le CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) et l'USH (Union Sociale pour l'Habitat).

Pour quel public et pour quel objectif ?

Cette collection est à destination des professionnels des travaux qui devront dans le cadre de la rénovation de bâtiments d'habitation collectifs en France métropolitaine prendre en compte dans la définition du projet le confort d'été. L'objectif est d'éclairer en amont de la définition des travaux *la maîtrise d'ouvrage sur le confort d'été à travers le parti pris de solutions technologiques qui concourent au confort thermique d'été*. 15 solutions technologiques (schéma ci-dessous) y sont décrites suivant plusieurs axes : les principes physiques suivant lesquels la solution agit sur le confort d'été, le domaine d'emploi, la maturité de la solution, les indicateurs de performances, la durée de vie, l'impact environnemental, la sécurisation de la mise en œuvre du commissionnement et de l'exploitation, et la prise en compte des locataires...



Les 15 solutions technologiques de la Collection : une fiche par solution

Comment et quand cette collection a-t-elle été élaborée ?

Quels sont les droits de diffusion de cette collection ?

Ces fiches sont libres de diffusion, sous réserve d'une part, de ne pas dénaturer le sens des propos développés et d'autre part, de mentionner « RENOPTIM, un projet PROFEEL CEE ».

L'analyse que tout lecteur fera des fiches ainsi que les décisions qu'il serait amené à prendre à la suite de cette analyse relèveront de sa seule responsabilité. Par conséquent, le CSTB et l'USH ne sauraient être tenus responsables de quelconques dommages subis par tout lecteur du fait de cette analyse des fiches.

Avertissement

Ces documents ne peuvent se substituer aux textes de référence, qu'ils soient réglementaires (lois, décrets, arrêtés...) normatifs (normes, DTU ou règles de calcul) ou codificatifs (Avis Techniques, « CPT »).

Note des auteurs

Le parti pris de cette collection est par solution technologique. Pour autant les auteurs ne souhaitent pas laisser à penser qu'une unique brique technologique est susceptible de corriger l'inconfort d'été d'un bâtiment existant. La rubrique « Dimensionnement » de ces fiches insiste sur la nécessité d'une approche systémique qui doit considérer l'ensemble du logement pour quantifier les apports en matière de confort thermique d'été. Un outil, « SaaS RENOPTIM », en cours de développement à la date d'édition de cette collection, donnera accès à cette vision complète pour aider les professionnels dans leurs réflexions. Plus encore que pour le confort thermique d'hiver, le comportement des occupants en été est décisif. Or, certains occupants sous-estiment la relation de causalité qui existe entre le comportement quotidien et l'inconfort thermique d'été. Ainsi, pour les sensibiliser, les bonnes pratiques ont été mises en image dans 6 vidéos écogestes d'été à vocation pédagogique pour les occupants. Ces vidéos, gratuites peuvent être visionnées sur proreno.fr, la bibliothèque numérique de l'AQC : PRORENO : Pro'Reno - La rénovation énergétique pour les professionnels.

En outre, il est recommandé de consulter les occupants lors de la définition du projet de rénovation pour bien établir le diagnostic du confort d'été (cf. dans ces fiches la rubrique « Considérer les occupants »), puis optimiser l'appropriation des solutions : les occupants sont les premiers experts de leur lieu de vie.

Enfin, les lecteurs sont invités à consulter le document "*Rapport d'état de l'art : Confort thermique estival, vulnérabilité du parc bâti à la surchauffe et comportements d'adaptation aux fortes chaleurs*", accessible gratuitement sur proreno.fr. Le confort thermique d'été est une problématique qui va devenir de plus en plus prégnante. Cet état de l'art développe les concepts et clés qui peuvent aider les professionnels à mieux appréhender le sujet.