

Fiche n°1 - Végétalisation des façades et des toitures

Considérations générales

La végétalisation des façades et des toitures correspond à l'implantation de végétaux sur les parois (toitures ou façades) de bâtiments. Trois types de végétalisation de toitures existent et, selon le type considéré, leurs caractéristiques varient :

- La végétalisation intensive (ou toitures vertes) se caractérise par de fortes épaisseurs, fortes charges, et un entretien important. Elle permet ainsi de pouvoir accueillir une végétation très diversifiée et parfois de grande hauteur (arbres). Elle peut également avoir une fonction récréative en étant accessible au public.
- La végétalisation extensive correspond à un tapis végétal (épaisseur limitée à 15 cm) ayant vocation à être autonome (entretien limité), elle peut concerner des toitures de pente très forte (45° et plus). Bien que d'une épaisseur limitée, le tapis végétal peut déjà participer à la rétention en eau et donc dans une certaine mesure à la gestion des eaux pluviales.
- La végétalisation dite semi-intensive dont l'épaisseur de substrat atteint jusqu'à 40 cm d'épaisseur peut contribuer à la gestion des eaux pluviales et limiter les vitesses de ruissellement.

Les façades végétalisées peuvent prendre deux formes :

- Des façades disposant d'un revêtement végétalisé. Les façades sont recouvertes de plantes grimpantes ou qui poussent sur un support proche de la paroi (treillage, câbles supports).
- Des façades dont la végétation constitue un élément de paroi. La végétation est plantée sur un sol artificiel vertical qui constitue le support de culture ^[1].

Aujourd'hui, la végétalisation des façades et toitures doit permettre de répondre à des enjeux de confort thermique et acoustique (intérieur et extérieur), et de diminution des consommations énergétiques. Par ailleurs, les toitures végétalisées peuvent contribuer de manière significative à la gestion des eaux pluviales et donc à la résilience des territoires.

Du point de vue des consommations énergétiques, les toitures et façades végétalisées ont un effet direct sur les consommations d'énergies en modifiant le bilan énergétique au niveau des parois, et lorsqu'une couche de substrat est présente, en créant une couche supplémentaire entre l'extérieur et l'intérieur^[1].

Les principaux effets de la végétation sont les suivants :

Sur les bâtiments	Dans les espaces publics (rue)
<ul style="list-style-type: none"> • Interception, absorption (environ 70% en raison d'un albédo inférieur à 0.2) et réflexion (environ 30% du rayonnement est réfléchi) d'une partie du rayonnement solaire par le feuillage ; • Limitation des pertes de chaleur par rayonnement infrarouge en été comme en hiver (l'échange entre le bâtiment et son entourage ne se fait plus directement, c'est désormais le feuillage qui échange avec celui-ci) ; • Diminution des échanges de chaleur par convection entre les parois protégées et l'air ambiant grâce à une limitation de la vitesse du vent (réduction des échanges convectifs) et une différence de température moindre entre la paroi et l'air ambiant permise par un faible espace compris entre la végétation et la paroi où la température est intermédiaire ; • Ralentissement/limitation du réchauffement des parois au moyen de l'évapotranspiration (dans le cas des toitures végétalisées, selon l'épaisseur du substrat et les végétaux installés, la température de surface du substrat peut être jusqu'à 5°C inférieure si le substrat est humide (néanmoins, si le substrat est sec, la température de surface peut être jusqu'à 20°C supérieure à celle de l'air ambiant en raison du faible albédo de la végétation (inférieur à 20%) entraînant une absorption importante du rayonnement solaire et une augmentation rapide de la température de surface, la quantité d'eau disponible détermine donc fortement l'effet bénéfique des toitures végétalisées en période estivale)) ; • Diminution de la quantité échangée par conduction à travers les parois grâce à des variations de températures moindres entre les surfaces extérieures et intérieures. 	<ul style="list-style-type: none"> • Augmentation de l'humidité de la rue grâce au phénomène d'évapotranspiration (qui utilise une grande partie de l'énergie reçue par rayonnement) permis par les végétaux présents en façades. Néanmoins, si l'humidité augmente de manière trop importante cela peut avoir l'effet inverse et participer à favoriser des situations d'inconfort. • Limitation du rayonnement réfléchi vers les autres façades, le sol et les passants grâce au faible d'albédo de la végétation des façades (absorption de 70% du rayonnement solaire grâce à un albédo inférieur à 0.2). • Diminution du rayonnement radiatif moyen et du transfert de chaleur à l'air par convection conduisant à une réduction des températures de l'ensemble des surfaces environnantes grâce à un échange d'énergie limité en raison d'une surface végétale de température peu élevée en période estivale (dont usagers de l'espace public). • Occultation des sources de bruit par la présence d'un écran végétal. • Absorption du son par le substrat des végétaux présents en façades et une diminution de la diffusion du son. L'atténuation est d'autant plus importante que le substrat est poreux, que le son est aigu et qu'il subit de multiples réflexions dans la rue. L'effet de la végétalisation des façades est notable dès le premier étage des façades. Lorsqu'il s'agit d'une rue canyon et de basses fréquences (100 Hz), il a été constaté un gain de 5 dB entre deux scénarios comparant des façades minérales à des façades végétalisées. En dehors de la rue, l'atténuation des niveaux sonores est plus efficace si les étages supérieurs des bâtiments sont végétalisés (la végétalisation des étages inférieurs étant d'une efficacité moindre).

Source : à partir de : Pommier G., Provendier D., Gutleben C., Musy M., (2014). Impacts du végétal en ville – fiches de synthèse. *Programme de recherche VegDUD – Rôle du végétal dans le développement urbain durable, Angers, Plante & Cité.*

L'ensemble des effets des toitures et façades végétalisées participent ainsi au confort thermique au sein des bâtiments et des espaces publics, notamment durant les périodes chaudes.

Par ailleurs, la végétalisation des toitures et des façades peut contribuer à la diminution des consommations énergétiques dans les bâtiments, ces derniers étant moins sensibles aux conditions extérieures, leurs besoins énergétiques pour maintenir une température intérieure confortable sont moins importants (présence d'une couche isolante supplémentaire (efficacité dépendante de l'épaisseur du substrat), diminution des températures dans les espaces publics lorsque la quantité d'eau disponible est suffisante qui peut inciter sur les consommations énergétiques liées à la climatisation des bâtiments en période estivale).

A l'échelle d'un îlot/quartier ou d'une ville, la végétalisation des bâtiments influe sur les causes liées au phénomène d'îlot de chaleur urbain. Elle permet de diminuer le phénomène de stockage de chaleur pendant la journée et le réchauffement nocturne de l'air en protégeant les bâtiments du rayonnement solaire. Le phénomène d'évapotranspiration permet le rafraîchissement de l'air et la diminution des températures de surface.

Au regard du confort acoustique, la présence d'un écran végétal permet d'occulter les sources de bruit et agit sur la perception des usagers. La végétation en façades (en particulier dans les étages supérieurs) participe également à diminuer le niveau sonore au sein des rues (canyons notamment) ^[1].

Globalement, les façades et toitures végétalisées sont les dispositifs qui modifient le plus les consommations énergétiques à l'exception d'une situation où le bâtiment d'étude est fortement vitré et isolé

Grille d'analyse croisée

		--	-	0	+	++	Commentaires	Points de vigilance
Végétalisation des façades d'une rue canyon	Bruit			0	+		↓ de 5 dB pour des basses fréquences (100 Hz) (différentes configurations ont été étudiées (orientations, hauteurs et largeurs différentes ¹)	Une trop grande humidité de l'air peut causer des situations d'inconfort au sein de l'espace public.
	Climat				+		↓ du rayonnement solaire et de sa réflexion (absorption de 70% de celui-ci) et donc amélioration du confort thermique des usagers en période estivale au sein de la rue et plus largement à l'échelle du quartier (modification du microclimat environnant (essentiellement dans le cas de rues confinées et en agissant sur les bâtiments environnants ^[3]) ↓ des températures de surface dans la rue permettant ↓ du transfert de chaleur à l'air par convection ↑ de l'humidité au sein de la rue résultant du phénomène d'évapotranspiration	
	Air				+		Effet de piégeage des particules fines et absorption des Nox pour certaines espèces (voir ci-dessous « végétalisation des toitures »)	
	Energie				+		↓ des consommations énergétiques liées à la climatisation en période estivale car le confort thermique au sein des bâtiments est amélioré. Les parties végétalisées ne se réchauffent pas sous l'influence du rayonnement solaire (particulièrement valable pour les bâtiments peu ou pas isolés). ↓ des consommations énergétiques par l'ajout d'une couche isolante supplémentaire liée à la présence du substrat (l'effet d'isolation thermique augmentant avec l'épaisseur de celui-ci).	
Végétalisation des toitures	Bruit			0			La végétalisation des toitures n'a aucun effet perceptible pour les sources et les indicateurs acoustiques considérés.	La température de surface peut être jusqu'à 20°C supérieure à celle de l'air ambiant pour un substrat sec (Sr=0.1), la végétation disposant d'un
	Climat				+		↓ de la température de surface jusqu'à 5°C si le substrat est très humide (Sr=0.9) ↓ de la température à l'échelle du quartier par une incidence sur le microclimat	
	Air				+		↓ des GES liées à la réduction de la demande énergétique des bâtiments mais également à l'augmentation du couvert végétal (l'augmentation du couvert végétal de 10% à New York pourrait permettre de diminuer le taux d'ozone au sol de 3% (Luley and Bond, 2002), néanmoins il est nécessaire de prêter attention au choix des plantes afin d'éviter des plantations contreproductives ^[2]). 20 % des toitures des locaux commerciaux et industriels de Détroit recouverts de Sedum : ↓ de 889 tonnes par an des quantités de NO2 dans l'air ^[3] 1 m2 de lierre Hedera helix est capable de retenir les particules de diamètre < à 2,5 et 1 µ Rendement : 2,9.10 ¹⁰ particules/ m2 de lierre ^[3]	

¹ Différentes orientations de la rue (Nord Sud, Est Ouest, et Nord-est Sud-ouest), et hauteurs (H) et largeurs (L) : H et L = 14m, H = 21m et L=14m, H et L = 21m.

	Energie			0	+	<p>↓ des consommations énergétiques liées aux besoins énergétiques pour le maintien du confort thermique en périodes estivale et hivernale. Ordres de grandeur :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ En période estivale : gains énergétiques d'environ 23% (voire 28% si la toiture est arrosée) (en cas de canicule : gain de 4%, et si les toitures sont arrosées environ 12%) (d'après un exercice de simulation réalisé sur la ville de Paris sur une période de 10 ans), ➤ En période hivernale : gains énergétiques d'environ 4,5%. <p>L'impact direct des toitures végétalisées se concentre essentiellement sur les derniers étages (impact estival plus important lorsque les toitures sont irriguées en été)^[3].</p>	<p>faible albédo l'absorption du rayonnement solaire est importante. La quantité d'eau disponible est donc très importante. La présence d'arbres dans les rues en canyon freine la dispersion des polluants. ^[3]</p> <p>Le Potentiel Allergisant (PA) et le Risque Allergique (RA) des végétaux ^[3]</p>
--	---------	--	--	---	---	---	---

Retours d'expérience

Paris : 10 ans de simulation sur la ville de Paris (période de 1999 à 2008) ont mis en évidence des économies d'énergie permises par la présence de toitures végétalisées, cela quelle que soit la saison par rapport à la situation de référence. Les gains atteignent 23% (voire 28% lorsque les toitures sont arrosées) en été. En hiver, le gain est d'environ de 4,5%.

Dans le cadre d'une canicule semblable à celle de 2003, la végétalisation des toitures permet de réduire de 4% la consommation d'énergie et si ces toitures sont arrosées il est possible d'avoir des gains de 12%.

Nantes : Une simulation sur la ville de Nantes pour la période de mai 2011 à septembre 2012 a démontré que, pour une zone étudiée, la végétalisation de 50% des toitures (correspondant à 8% de la surface totale de la zone) permet de diminuer de 0.25°C la température à 2 mètres.

New York : Une étude menée à New York a montré que l'augmentation du couvert végétal de 10% permettrait de diminuer de 3% le taux d'ozone au sol.

Sources bibliographiques

[1] *Rôle du végétal dans le développement urbain durable, Angers, Plante & Cité.* Pommier G., Provendier D., Gutleben C., Musy M., (2014). Impacts du végétal en ville – fiches de synthèse. *Programme de recherche VegDUD* –

[2] *Programme Villes Durables 2009* (Doctoral dissertation,IRSTV FR CNRS 2488). Musy, M., Bozonnet, E., Briottet, X., Gutleben, C., Lagouarde, J. P., Launeau, P., ... & Sabre, M. (2014). *Rapport final Projet ANR-09-VILL-0007 VegDUD*

[3] Végétation, qualité de l'air et aménagement urbain - Marie-Amélie Cuny (APPA Nord Pas de Calais) et Michel Thibaudon (RNSA) IRSTV (2013), *Séminaire final du projet VegDUD*, Angers, Plante & Cité.

[4] Evaluation acoustique in situ d'un mur végétalisé - David Lunain (CEREMA) - Journée Recherche Acoustique et Thermique des parois végétalisées - Groupe HEI ISA ISEN - 23 octobre 2014

[5] Diminution du bruit urbain par des moyens naturels - Jérôme DEFRANCE, CSTB Ecole d'Automne - Ville et Acoustique – Nantes, 23/10/2013