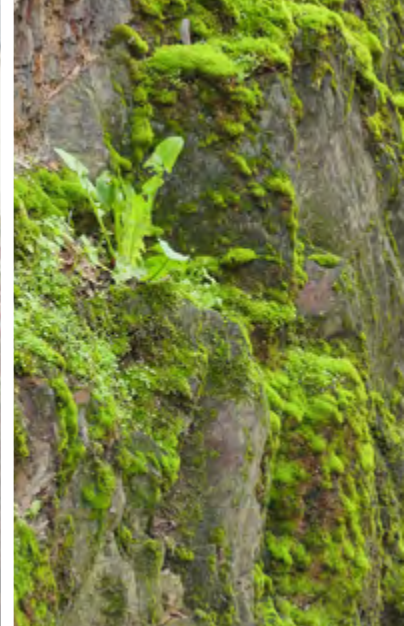




# LA BIODIVERSITÉ EN VILLE DENSE

NOUVEAUX REGARDS, NOUVEAUX DISPOSITIFS

" DU BORD DU TOIT AU CANIVEAU "



PROGRAMME DE RECHERCHE ECOVILLE, SYNTHÈSE OPÉRATIONNELLE

COORDINATION SCIENTIFIQUE :



RÉDACTIONS COORDONNÉES PAR :

**Plante & Cité**  
Ingénierie de la nature en ville

FINANCÉ PAR :





## LES RÉDACTIONS ONT ÉTÉ ASSURÉES PAR :

Partie 1 : Luc ABBADIE, Philippe CLERGEAU, Ambre DAVID, Ludovic FOTI, Nathalie MACHON, Flavie MAYRAND, Mona OMAR

Partie 2 : Marilou DEMONGEOT, Charlotte GUENOUX, Xavier LAGURGUE, Flavie MAYRAND, Pierre PECH, Richard RAYMOND, Élisabeth ROUSSET, Julie SCAPINO, Laurent SIMON, Pauline WATISSÉE

Partie 3 : Xavier LAGURGUE, Flavie MAYRAND, Marjorie MUSY

Partie 4 : Julien BIGORGNE, Philippe CLERGEAU, Xavier LAGURGUE, Flavie MAYRAND

## COORDINATION :

Coordination scientifique du programme ANR Ecoville : Philippe CLERGEAU

Coordination de la synthèse et des rédactions : Annabelle BERGOËND, Olivier DAMAS

## LE PROGRAMME ECOVILLE A ÉTÉ RÉALISÉ PAR :

UMR CESCO (Muséum National d'Histoire Naturelle) : Pr Philippe CLERGEAU, Pr Nathalie MACHON, Dr Flavie MAYRAND, Mona OMAR, Éric LE SAUX, Carole GABER, Clémence RECHAUSSE, Loris VERRON, Nada ALFAIZ

IESS (Université Pierre & Marie Curie) : Pr Luc ABBADIE, Dr Sébastien BAROT, MC Jean-Christophe LATA, MC Jérôme MATHIEU, MC Lise DUPONT, Dr Ambre DAVID, Dr Ludovic FOTI

UMR LADYSS (Université Paris 1) : Pr Pierre PECH, Pr Laurent SIMON, CR Richard RAYMOND, Dr Julie SCAPINO, Pauline WATISSÉE, Charlotte GUENOUX, Marilou DEMONGEOT, Élisabeth ROUSSET

IRSTV Nantes (Institut de recherche en sciences et techniques de la ville) : Dr Marjorie MUSY, IR Benjamin MORILLE, Julien LAURENT

XLGD architecture : Xavier LAGURGUE, Quentin de BERNARDI, Coline EYSSERIC, Salam KAROOMI, Florine KERGARAVAT, Maxime ROUESNEL

TOPAGER : Dr Frédéric MADRE, Dr Flavie MAYRAND, Nicolas BEL, Martin SENECHAL

Apur (Atelier Parisien d'Urbanisme) : Christiane BLANCOT, Julien BIGORGNE, Anouck THOMMERET, Shizhe ZHOU

Plante & Cité : Annabelle BERGOËND, Florence CADEAU, Olivier DAMAS

## MAQUETTE ET RÉALISATION GRAPHIQUE : Marguerite AIMÉ-SINTÈS

## FINANCEMENTS : ANR ECOVILLE 2014, ANR n° ANR-14-CE22-0021

## POUR CITER CE DOCUMENT :

CLERGEAU Philippe (coord.), 2018. *La biodiversité en ville dense : nouveaux regards, nouveaux dispositifs*. « Du bord du toit au caniveau ». Programme de recherche ECOVILLE. Synthèse opérationnelle. Plante & Cité, Angers 51p.



**Photos en couverture** : de gauche à droite et de haut en bas : Vigne vierge en façade de cour intérieure, Vienne © Pauline Laille. Façades végétalisées, Paris © Laure Cormier. Spontanées sur mur de pierre, Angers © Annabelle Bergoënd. Syrphe ceinturé sur Lierre, Île de France © Michel Marly / SPIPOLL. Pied d'arbre enherbé, Marseille © Ludovic Provost. Mur végétalisé sur nappe continue, Paris © Thierry Petit / IAU ÎdF. Mur végétalisé modulaire, Nantes © Marjorie Musy.

**Photos au verso** : Spontanées sur gouttière, Gestiers © Olivier Damas.

# SOMMAIRE

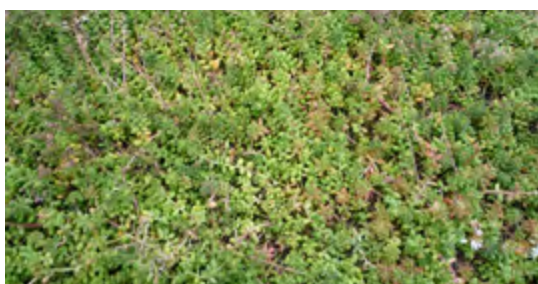
|                                                                                                 |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>INTRODUCTION</b>                                                                             | <b>04</b> |
| <b>PARTIE 1 - DYNAMIQUES DU MILIEU VIVANT PROPRE À LA VILLE DENSE</b>                           | <b>06</b> |
| L'éclairage de la bibliographie : les murs, des habitats pour la biodiversité                   | 07        |
| Lianes : toujours plus haut, mais pourquoi ?                                                    | 08        |
| Les arthropodes préfèrent les murs de lierre                                                    | 09        |
| Un plancton aérien au centre-ville ?                                                            | 10        |
| Les pieds d'arbres d'alignement dans le mouvement des populations végétales                     | 11        |
| Évolution de la flore parisienne sur 130 ans                                                    | 13        |
| Quelques caractéristiques de la qualité des sols en ville dense                                 | 15        |
| Croissance et sources d'eau des arbres d'alignement                                             | 17        |
| <b>PARTIE 2 - APPRÉCIATIONS CITADINES DE LA VÉGÉTATION DES FAÇADES</b>                          | <b>18</b> |
| Appréciations et connaissances des murs végétalisés : l'éclairage de la bibliographie           | 19        |
| Fenêtres et balcons végétalisés                                                                 | 21        |
| Appréciations habitantes : entre demandes et méfiances                                          | 23        |
| La copropriété, un des leviers de la végétalisation urbaine ?                                   | 25        |
| Le devenir des murs végétalisés dans les copropriétés parisiennes                               | 27        |
| La persévérance du jardinier, condition d'une réappropriation de la ville par et pour la nature | 29        |
| <b>PARTIE 3 - LA VÉGÉTALISATION DU BÂTI : INSTALLATION ET CONTRAINTES</b>                       | <b>31</b> |
| Les systèmes existants de végétalisation verticale                                              | 32        |
| Les murs végétalisés, des systèmes durables ?                                                   | 34        |
| Quelques services écologiques rendus par les murs : l'éclairage de la bibliographie             | 35        |
| Effets des murs végétalisés sur le confort thermique                                            | 37        |
| L'implantation de la flore spontanée sur les surfaces bâties en milieu urbain dense             | 40        |
| Mesures réglementaires, incitatives et dissuasives applicables aux murs végétalisés à Paris     | 42        |
| <b>PARTIE 4 - PROTOTYPES ET PERSPECTIVES POUR UNE VILLE PLUS VIVANTE/VÉGÉTALE</b>               | <b>45</b> |
| Spatialisation de la végétalisation verticale et potentiels pour son développement              | 46        |
| Vers des murs modulaires durables et résilients pour ensauvager la ville                        | 48        |
| Un exemple de dispositif original de végétalisation verticale participative                     | 50        |
| Des grimpances pour nos murs ?                                                                  | 52        |
| Des recherches encore à développer                                                              | 53        |

# ACCUEILLIR LA BIODIVERSITÉ DANS LA VILLE DENSE : NOUVEAUX REGARDS, NOUVEAUX DISPOSITIFS ?

Dans le cadre du programme ECOVILLE de l'Agence Nationale de la Recherche (ANR), des entreprises et des chercheurs d'horizons différents<sup>1</sup> ont voulu comprendre et tester le concept de biodiversité en ville dense. Paris a été étudiée comme ville test, avec l'ambition de transposer et d'élargir ces enseignements à d'autres villes. Les résultats apportent un regard nouveau sur la végétalisation de la ville, comment elle est perçue, sur quoi elle se construit, ce qui la fragilise. Ils ouvrent aussi de nouvelles voies de recherche et d'application pour le développement d'une autre relation aux espèces végétales et animales dans la ville.



© T. Pernot



© O. Damas

Dérèglements climatiques, besoin de nature, gestion des pollutions, densification, etc. Le futur qui s'annonce, urbain pour la grande majorité d'entre nous, impose d'adapter la ville. Depuis le Grenelle de l'environnement, l'installation et la pérennisation d'une nature en ville fait partie des outils retenus en ce sens. Car les services attendus sont nombreux, évidents pour certains : régulation de la température, rôle tampon dans la gestion de l'eau, amélioration de la qualité de l'air, du bien-être psychologique, de la santé ou encore préservation d'une certaine biodiversité, etc. Ces bénéfices dont l'homme tire avantage sont attendus aussi en ville, pour peu que l'on permette la création ou le maintien d'espaces écologiquement fonctionnels. En effet, le verdissement peut remplir parfaitement une exigence de service, comme le rafraîchissement de l'air en été. Pourtant, la pauvreté en espèces qu'il admet et son caractère peu fonctionnel le rendent vulnérable aux accidents climatiques ou sanitaires. C'est la complexité et la qualité – en espèces, en espaces – qui donnent une stabilité au système et permettent la résilience. La biodiversité, c'est à la fois une diversité d'espèces (animales, végétales), mais aussi les interrelations qu'elles ont entre elles. Favoriser la biodiversité est une étape supplémentaire au verdissement qui permet d'inscrire le système dans la durabilité.

Les plantations de *Sédum* sur toiture (en bas) ou les arbres d'alignement limités à quelques genres résistants à l'environnement urbain (*Platanes*, *Marronniers*, etc.) sont des choix horticoles efficaces. Mais ces plantations monospécifiques sont vulnérables au moindre accident sanitaire ou climatique. L'Orme (en haut), disparu du sud de la France, en est le meilleur exemple.

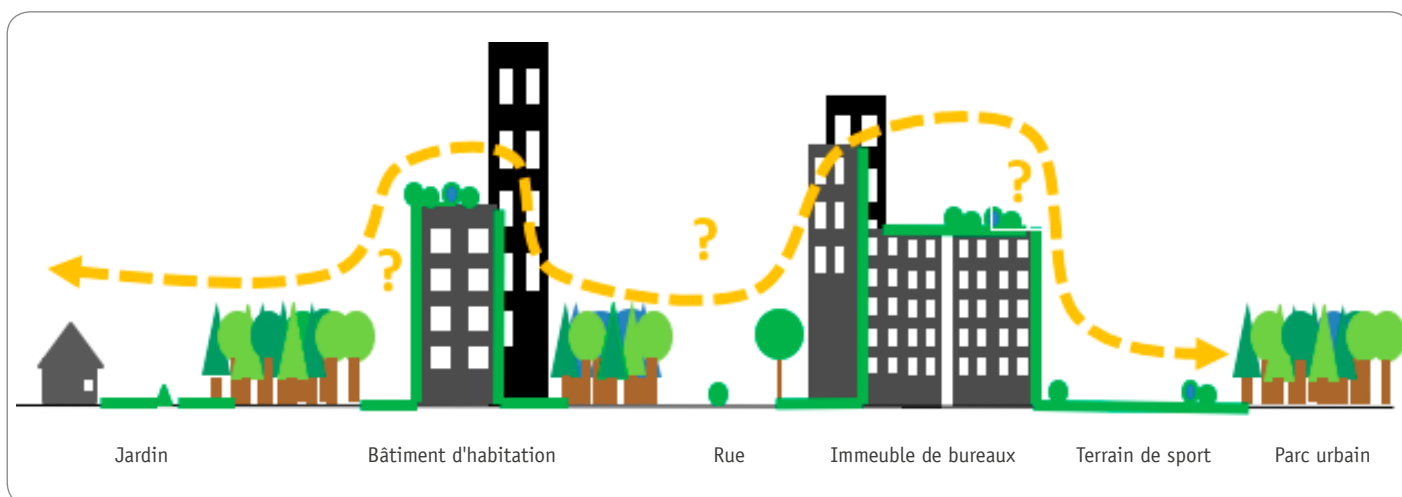
<sup>1</sup> Les partenaires du consortium ECOVILLE : UMR CESCO (Muséum National d'Histoire Naturelle), IESS (Université Pierre & Marie Curie), UMR LADYSS (Université Paris 1), IRSTV Nantes, atelier d'architecture XLGD, TOPAGER, Apur (Atelier Parisien d'Urbanisme), Plante & Cité.

En milieu urbanisé, des trames vertes se mettent en place sous l'impulsion d'une stratégie nationale pour la biodiversité, mais aussi de prises de consciences plus locales, qu'elles soient écologiques ou plus sociales. Mais les continuités écologiques en ville dense sont compliquées et coûteuses en espace. L'idée de s'appuyer sur des bâtiments végétalisés permettrait d'imaginer des corridors en 3 dimensions, dont les végétations seraient sources de services pour les citoyens mais qui permettraient aussi à certaines espèces de se disperser dans la ville. Les premiers travaux montrent que les différents espaces urbains à caractère naturel sont actuellement trop différents pour accueillir les mêmes espèces. Cependant les résultats concernent essentiellement les espaces verts et les toitures végétalisées. Qu'en est-il des autres composants de la ville ? La végétalisation des murs, des cours, des rues, pourrait jouer un rôle social, écologique,

physique fondamental sur la durabilité de la ville toujours plus dense de demain.

Cette synthèse rend compte des travaux réalisés par le consortium dans le cadre d'un programme de recherche ECOVILLE : études, états des connaissances et prototypes qui viennent interroger, apporter de nouvelles réponses, et donner des propositions innovantes à l'échelle du bâti, et des potentialités à l'échelle globale. Mais aussi poser beaucoup de nouveaux questionnements !

Philippe Clergeau  
Animateur du programme ECOVILLE



Dans le développement de corridors écologiques en 3 dimensions, les murs végétalisés, les cours de résidences et la végétalisation des rues pourraient permettre aux espèces végétales et animales de circuler plus facilement. Le nombre et la diversité de tels espaces végétalisés permettent des échanges de proche en proche entre espaces similaires.



## QUELQUES RÉFÉRENCES

CLERGEAU Philippe, 2007. *Une écologie du paysage urbain*. Rennes, France : Editions Apogée. ISBN 978-2-84398-288-0.

CLERGEAU Philippe et BLANC Nathalie, 2013. *Trames vertes urbaines : de la recherche scientifique au projet urbain*. Paris : Éditions Le Moniteur. ISBN 978-2-281-12921-2.

LAÏLLE Pauline, COLSON François, PROVENDIER Damien, 2014. *Les bienfaits du végétal en ville* [en ligne]. Plante & Cité. Disponible à l'adresse : <https://www.plante-et-cite.fr>

MAYRAND Flavie, CLERGEAU Philippe, 2018. Green Roofs and Green Walls for Biodiversity Conservation: A Contribution to Urban Connectivity? *Sustainability*. Vol. 10, n° 4, p. 985. DOI 10.3390/su10040985

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005. Evaluation des écosystèmes pour le millénaire. [en ligne]. Disponible à l'adresse : <http://www.millenniumassessment.org/fr>

REYGBELLET Bernard, 2007. *La nature dans la ville : biodiversité et urbanisme*. Conseil économique et social. Journal officiel de la République française, avis et rapports du Conseil économique et social.



# **DYNAMIQUES DU MILIEU VIVANT PROPRES À LA VILLE DENSE**

**Il ne suffit pas de savoir quelles espèces s'installent en ville mais aussi comment elles se dispersent, s'organisent et répondent aux contraintes de la densité et de l'artificialisation. Ci-après quelques résultats et nouvelles pistes de travaux.**

# L'ÉCLAIRAGE DE LA BIBLIOGRAPHIE : LES MURS, DES HABITATS POUR LA BIODIVERSITÉ

Un état des connaissances sur la biodiversité associée aux murs révèle que leur potentiel d'accueil est largement ignoré.

## SPONTANÉE OU PLANTÉE, LA FLORE DES MURS EST RICHE

Sur la Grande Muraille de Chine, 159 espèces végétales appartenant à 77 familles botaniques différentes ont été identifiées. En Europe, ce sont près de 300 espèces de plantes vasculaires et 60 espèces de mousses qui ont été caractérisées sur des murs de pierre. Ces espèces sont avant tout indigènes, communes et se rencontrent aussi dans d'autres habitats : talus rudéraux, couverts forestiers, lisières de forêts. Des espèces invasives sont aussi présentes même si elles restent minoritaires (entre 6,9 % et 35 % des espèces recensées). Les spontanées les plus fréquentes sont dites « signatures » car elles sont représentatives de la flore des murs (Asteracées, Poacées). Les espèces « compagnes » sont moins abondantes et montrent des caractéristiques racinaires similaires aux plantes signatures. Des espèces « accessoires » accompagnées d'espèces « accidentelles » sont encore moins fréquentes mais représentent beaucoup d'espèces, qui trouvent sur les murs un support occasionnel au hasard de la dispersion de leurs graines. Les murs abritent également des plantes grimpantes et parfois retombantes. *Hedera helix* (le Lierre) est le plus connu. Toutes ces espèces sont héliophiles mais tolèrent aussi des conditions ombragées, ce qui les rend particulièrement adaptées aux villes où l'architecture conditionne l'exposition à la lumière.

Les murs modulaires et les murs sur nappes continues contiennent généralement la plus grande richesse floristique (parfois plusieurs centaines d'espèces). Les espèces y sont installées à différents stades de leur développement, et représentent divers types biologiques (arbustes, herbacées, mousses). Les espèces vivaces sont privilégiées et choisies en fonction de l'esthétique désirée pour le mur. Ces espèces sont presque systématiquement exotiques et les spontanées sont désherbées à l'entretien.

## CERTAINS HABITENT LE MUR, D'AUTRES S'EN NOURRISSENT

Peu de recherches portent sur la faune, mais elles montrent que tous les systèmes de murs abritent aussi des espèces animales. 60 000 invertébrés issus de 194 taxons ont été recensés sur des murs de pierre. Cette présence est déterminée par les ressources à disposition de sorte que les murs végétalisés abritent tous significativement plus d'espèces animales que les murs nus. Il existe néanmoins des différences entre les systèmes. Les murs de plantes grimpantes abritent surtout des invertébrés généralistes et communs. Les systèmes modulaires, qui offrent une diversité plus grande de couvert végétal et une litière en décomposition, accueillent une plus forte diversité d'invertébrés. Les vertébrés exploitent aussi les murs : les murs de pierre abritent lézards et oiseaux des falaises, les murs de grimpantes vivaces fournissent aux oiseaux nourriture et perchoirs, notamment lorsque les autres plantes ont perdu leur feuillage. Des recherches ont montré que les oiseaux sont quatre fois et demi plus nombreux à proximité de plantes grimpantes qu'aux abords de murs nus, et quelques espèces de passereaux y nichent même. L'importance des murs végétalisés pour les mammifères urbains demeure en revanche mal connue.

## LE MUR DANS LA VILLE

La présence d'espaces verts à proximité des murs semble jouer sur la diversité et l'abondance des herbacées, petits ligneux, et sur les petites espèces animales peu mobiles. Le pourcentage d'espaces verts au voisinage du mur tend aussi à augmenter la vitesse de sa colonisation par la flore. Les espèces mobiles, comme les araignées et les oiseaux, sont aussi impactées par cette configuration du paysage, mais dans une moindre mesure. Pour les lichens et les mousses, les ressources locales et l'espace disponible sur les murs priment.



## QUELQUES RÉFÉRENCES

MAYRAND Flavie, CLERGEAU Philippe, VERGNES Alain et MADRE Frédéric, 2018. Vertical greening systems as habitat for biodiversity. In : PEREZ Gabriel, PERINI Katia, *Nature Based Strategies for Urban and Building Sustainability*. ISBN 978-0-12-812150-4.



# LIANES : TOUJOURS PLUS HAUT, MAIS POURQUOI ?

La physiologie des plantes grimpantes vivaces en milieu urbain est encore largement inconnue. La première idée qui vient à l'esprit est qu'elle doit varier fortement avec la hauteur des murs, qui détermine en partie les conditions de développement et de croissance des feuilles avec, comme premier facteur, la luminosité.

## PHYSIOLOGIE DES PLANTES GRIMPANTES

Les feuilles de trois espèces, la Glycine (*Wisteria sinensis*), le Lierre (*Hedera helix*) et la Vigne vierge (*Parthenocissus quinquefolia*) ont été échantillonnées en avril, mai et juin sur 21 murs donnant sur rue ou sur cour dans Paris, à trois hauteurs : 2-4 m, 5-7 m et 8-13 m, en fonction de leur accessibilité.

Toutes feuilles confondues, **la Glycine montre une teneur en azote deux fois plus élevée que celle du Lierre et de la Vigne vierge** (4 % pour la Glycine contre 2 % environ pour les autres). Ce n'est pas surprenant puisque la Glycine appartient à la famille des Fabacées dont les membres sont capables de fixer l'azote de l'air. Ce résultat démontre que les racines de la plante trouvent les bactéries qui sont nécessaires à l'établissement des symbioses de la fixation, ce qui ne va pas nécessairement de soi dans ce qu'on appelle un sol en milieu urbain.

Curieusement, l'effet structurant de la hauteur sur la physiologie des feuilles n'est pas apparu de façon simple. Par exemple, de nombreux cas décrits dans la littérature ont établi que la teneur en azote augmente avec la disponibilité de la lumière, et donc, normalement, avec la hauteur. Ici pourtant, aucune relation de ce type n'a été mise en évidence. Toutefois, l'étude montre que la teneur en anthocyanes est positivement corrélée à celle en azote. Les anthocyanes sont des photoprotecteurs, leur teneur doit donc être liée en partie à la présence de lumière. Une relation négative a été observée entre les anthocyanes et la chlorophylle : 81 % de la variation de concentration en chlorophylle dans les feuilles, toutes espèces et toutes hauteurs confondues, est ainsi expliquée par la variation inverse de la concentration en anthocyanes.

## LA LUMIÈRE, UN RÔLE STRUCTURANT

Tous ces résultats révèlent un ensemble difficile à interpréter, mais la lumière semble bien être l'élément clé de ce réseau complexe de relations. D'abord, **la disponibilité de la lumière en milieu urbain ne varie sans doute pas de façon simple avec la hauteur, en particulier dans les cours d'immeubles**. Ensuite, si la concentration en anthocyanes dépend bien de la lumière, elle est également influencée par la température, l'intensité de la prédation, ou encore la nature du sol. De plus, si la plante a besoin de lumière pour assurer sa photosynthèse, elle craint également l'excès de lumière et tend à s'en protéger, notamment avec des anthocyanes. Enfin, si la lumière contribue à fixer le niveau d'azote dans une feuille, celui-ci dépend aussi de la circulation de l'azote dans la plante, de bas en haut pour l'azote organique via le xylème (sève brute), de façon multidirectionnelle pour les acides aminés et les protéines via le phloème (sève élaborée).



© T. Pernot

La Glycine est une liane grimpante qui égaye fréquemment les cours et les murs.

Les taux d'azote élevés dans les feuilles semblent plutôt favoriser la présence des coléoptères (Coccinelles, Scarabées, etc.), alors que les taux de carbone élevés seraient plus propices aux hémiptères (Pucerons, Punaies, Cochenilles, etc.).

Ces résultats soulignent bien la nécessité de poursuivre des recherches en physiologie et écologie des murs végétalisés, fort peu étudiés en tant que réseau complexe à ce jour.



# LES ARTHROPODES PRÉFÈRENT LES MURS DE LIERRE

On savait déjà que les murs végétalisés des bâtiments sont plus riches en espèces animales que les murs nus. Mais que sait-on de l'importance du type de végétation ? Une étude compare l'abondance des arthropodes trouvant refuge sur différentes espèces de plantes grimpantes des murs.

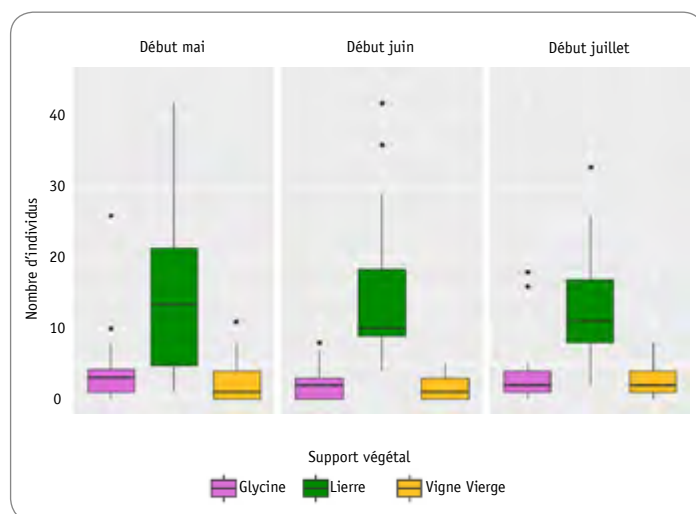
Dans les villes européennes, la majorité des murs végétalisés le sont par des plantes grimpantes, spontanées comme le lierre, ou cultivées. Elles sont enracinées en pleine terre à la base de murs, façades ou pignons aveugles. L'étude a porté sur la présence de deux types d'arthropodes, les araignées et les insectes. Ces groupes sont intéressants pour leur rôle direct dans le fonctionnement de la biodiversité (décomposition, pollinisation, prédation, etc.) et indirect dans les chaînes alimentaires (proies pour d'autres animaux comme les oiseaux).

Les prélèvements ont été réalisés dans Paris sur les espèces végétales les plus communes à savoir sur sept murs de Lierre (*Hedera helix*), sept murs de Vigne vierge (*Parthenocissus sp.*) et sept murs de Glycine (*Wisteria sp.*). Les arthropodes ont été recueillis par aspiration des surfaces de murs à des hauteurs différentes (2 m, 5 m, 10 m) et durant trois périodes : début mai, début juin et début juillet.

Les 1663 arthropodes identifiés appartiennent à plusieurs ordres d'insectes (Orthoptères, Blattoptères, Psocoptères, Thysanoptères, Hémiptères, Hyménoptères, Coléoptères, Neuroptères, Trichoptères, Lépidoptères, Diptères), aux acariens et aux aranéides.



Les gendarmes *Pyrrhocoris apterus* sont des hétéroptères courants sur les murs ensoleillés.



Nombre d'individus en fonction des périodes et des types de murs.

On observe clairement que les murs de Lierre sont plus favorables aux arthropodes que les murs de Glycine ou de Vigne vierge, et que les prélèvements réalisés au printemps ont apporté la meilleure moisson. Ainsi, la période de l'année et le type de végétation ont un effet significatif sur le nombre d'arthropodes.

La hauteur du prélèvement sur le mur, l'orientation du mur, sa localisation dans Paris et la proximité ou non de parc ne semblent pas jouer sur le nombre d'individus. Cependant, les araignées et les hémiptères sont plus abondants quand les murs se trouvent à proximité d'espaces verts.

**Une espèce comme le Lierre, qui ne perd pas ses feuilles, constitue non seulement un abri mais aussi une source de nourriture pour nombre d'espèces tout au long de l'année.**



## QUELQUES RÉFÉRENCES

Dossier : Le lierre. La plus étonnante liane de France !, novembre 2017. *La Hulotte*. N° 106, p. 36.

CLERGEAU Philippe, GABER Carole, ABBADIE Luc, 2018 [in prep.]. Urban arthropods prefer walls covered with ivy.

MADRE Frédéric, CLERGEAU Philippe, MACHON Nathalie, VERGNES Alain, 2015. Building biodiversity: Vegetated façades as habitats for spider and beetle assemblages. *Global Ecology and Conservation*. Vol. 3, p. 222-233. [DOI 10.1016/j.gecco.2014.11.016](https://doi.org/10.1016/j.gecco.2014.11.016)

# UN PLANCTON AÉRIEN AU CENTRE-VILLE ?

De nombreux organismes se déplacent dans l'air activement (par le vol) ou passivement (portés par les courants aériens). Connaître ces espèces animales ou végétales à forte dispersion, c'est mieux prévoir ce qui va s'installer sur un sol ou dans un nouvel habitat. C'est donc aussi comprendre quelle biodiversité peut se construire dans des sites isolés comme les bâtiments végétalisés du centre-ville.

À notre connaissance, ce type d'analyse n'a jamais été tenté en ville. Il a d'abord fallu mettre au point un système de capture du plancton aérien : des grilles très fines enduites de glue et placées sur des toitures de différentes hauteurs (de 15 à 50 m) dans la ville de Paris. Les 78 grilles au total ont été posées sur des périodes de 15-20 jours, en automne puis au printemps. L'analyse s'est limitée aux organismes dont la taille était comprise entre 0,5 mm et 5 mm.



78 pièges ont été répartis sur les toits de Paris.

Les grilles ont collecté plus de 10 000 arthropodes (insectes et arachnides) et seulement 46 graines de plantes. Les insectes, et surtout les diptères, composaient l'essentiel de ce plancton aérien. Les araignées et les graines, pourtant connues pour leurs déplacements aériens, étaient peu présentes. La sous-représentation des araignées est d'autant plus étonnante que ce sont des animaux largement rencontrés sur les toits végétalisés. Ceci laisse penser que les techniques de comptage sont à adapter afin de mieux étudier la dispersion de ces espèces. Les données sur les bâtiments les plus élevés montrent l'importance de la proximité des sources d'espèces : jardins, espaces verts, ou toitures végétalisées par exemple. A l'inverse, pour les bâtiments les plus bas, l'effet barrière des constructions sur la dispersion aérienne est prédominant.

## Insectes majoritairement récoltés

Diptères : Brachycera, Nematocera (principalement Moucheron et Moustiques).

Hémiptères : principalement Cicadelles et Aphididae (Pucerons); Homoptères, Heteroptères.

En moindre proportion : Coléoptères (Coccinellidae et Staphylinidae); Hyménoptères (Apoïdae et Formicidae); Psocoptera; Strepsiptera; Trichoptera; Thysanoptera.

## Graines majoritairement récoltées

Astéracées : genres *Senecio* (Séneçon), *Chondrilla* (Chondrille).

Betulacées : genre *Betula* (Bouleau).

En moindre proportion : Poacées; Crassulacées; Platanacées; Portulacacées; Paulowniacées ; Valerianacées; Onagracées.

Ces données préliminaires permettront de développer de nouvelles méthodes de recherche sur ce processus déterminant de biodiversité en situation d'isolement.



## QUELQUES RÉFÉRENCES

VERGNES Alain, LE SAUX Eric et CLERGEAU Philippe, 2017. Preliminary data on low aerial plankton in a large city center, Paris. *Urban Forestry & Urban Greening*. Vol. 22, p. 36-40. DOI 10.1016/j.ufug.2017.01.012



# LES PIEDS D'ARBRES D'ALIGNEMENT DANS LE MOUVEMENT DES POPULATIONS VÉGÉTALES

Les pieds d'arbres des villes abritent pour certains une végétation abondante. Comment ces plantes colonisent-elles nos rues ?

Un suivi de la flore au pied des arbres d'alignement est mené dans le quartier de Bercy, 12<sup>e</sup> arrondissement de Paris, depuis 2009. Chaque année en mai ou juin, les 1500 pieds d'arbres qui ornent 26 rues sur la rive droite de la Seine font l'objet de relevés pour connaître les espèces qui peuplent chaque pied d'arbre.

## COMMENT LES VÉGÉTAUX DE PIEDS D'ARBRES SE MAINTIENNENT

En 2016, les premiers résultats mettent en évidence un certain nombre de points. Tout d'abord, la flore est relativement riche puisque chaque année environ 120 espèces habitent ces espaces. Chaque pied d'arbre peut abriter jusqu'à 20 espèces végétales. Les pieds proches de la Seine sont les plus riches. Naturellement, les plantes sont plus nombreuses lorsque la terre n'est pas couverte par des grilles ou qu'elle n'est pas trop tassée par les piétons. C'est sous les Ailantes (*Ailanthus altissima*) que le nombre d'espèces est le plus important, et sous les Robiniers (*Robinia pseudoacacia*) qu'il est le plus pauvre. Les rues parallèles à la Seine, c'est-à-dire dans le sens des vents dominants, sont les plus peuplées, ainsi que celle les mieux enrichies par les déjections animales.

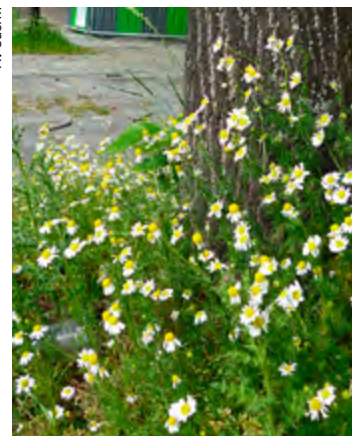
Ces résultats très généraux méritent d'être examinés ensuite sous l'angle des espèces elles-mêmes. Quelles sont les espèces bien disséminées dans tout le quartier ? Celles recluses uniquement dans quelques rues ? Les grandes gagnantes sont le Pâturen annuel (*Poa annua*), la Vergerette du Canada (*Erigeron*

*canadensis*) et le Pissenlit (*Taraxacum sp.*). Présentes dans pratiquement toutes les rues, elles dominent largement la flore du quartier. Le Plantain lancéolé (*Plantago lanceolata*) ou le Chardon des champs (*Cirsium arvense*) sont eux davantage localisés. Les analyses montrent que paradoxalement, ce ne sont pas la forme des fruits ou graines ni leur poids qui ont une incidence sur la répartition des espèces, mais plutôt leur capacité à rester dans le sol sous forme de graines dormantes, qui les aide à coloniser l'espace. Dans ces milieux très perturbés, les espèces capables de germer sur plusieurs saisons et d'attendre des conditions favorables sont plus à même de se maintenir dans le temps.

Quelques spontanées en pieds d'arbres :



*Taraxacum sp.*



*Matricaria recutita*



*Poa annua*



*Cirsium arvense*



*Erigeron canadensis*

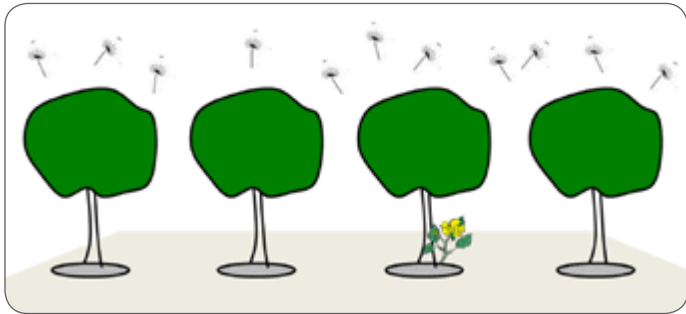


*Plantago major*

## DEUX FORMES DE DISSÉMINATION

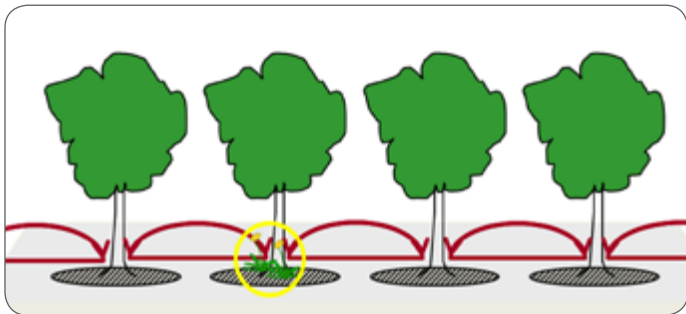
En étudiant la localisation des plantes année après année, on s'aperçoit que les espèces peuvent suivre deux types de mouvement :

- La colonisation par pluie de graines, c'est à dire une dissémination homogène sur l'ensemble des pieds d'arbre d'une rue. Elle est favorisée dans les rues proches des espaces verts, qui dispersent des quantités conséquentes de graines.



Les espèces disséminées par pluies de graines / N. Machon.

- La colonisation de proche en proche, pied d'arbre après pied d'arbre. Cette approche plus progressive devient majoritaire dans les rues plus isolées dans la matrice bâtie.



Modèle de proche en proche, ou en pas japonais / N. Maurel.

Là encore, les espèces ont chacune leur mode de fonctionnement. Les Capselles bourse-à-pasteur (*Capsella bursa-pastoris*) et les Pariétaires de Judée (*Parietaria judaica*) avancent surtout pas à pas alors que les Plantains majeurs (*Plantago major*) et les Sénéçons du Cap (*Senecio inaequidens*) envahissent les quartiers de façon plus massive.

La main du gestionnaire intervient significativement dans la dynamique de cette végétation en réduisant régulièrement à peu de choses les populations des plantes des pieds d'arbres. Si son influence est incontestable sur les espèces les plus grandes, elle est plus défailante sur les espèces plus rases.



Pied d'arbre dans le 12ème arrondissement de Paris.

**Cette connaissance du comportement de déplacement de nos sauvages urbaines permet de mieux les gérer en fonction des objectifs de verdissement, des possibilités économiques des collectivités, et du désir des citoyens.**



## QUELQUES RÉFÉRENCES

CLERGEAU Philippe et MACHON Nathalie, 2014. *Où se cache la biodiversité en ville ? 90 clés pour comprendre la nature en ville*. Versailles : Éd. Quæ, 2014. ISBN 978-2-7592-2214-8.

MACHON Nathalie, 2011. *Sauvages de ma rue guide des plantes sauvages des villes de la région parisienne*. Paris : Muséum national d'histoire naturelle, Éd. Le Passage. ISBN 978-2-84742-166-8.

MACHON Nathalie, 2015. *À la cueillette des plantes sauvages utiles*. Paris : Éd. Dunod. ISBN 978-2-10-072272-3.

MACHON Nathalie et al., 2012. *Sauvages de ma rue : Guide des plantes sauvages des villes de France*. Parigi : Éd. Le passage. ISBN 978-2-84742-187-3.

MACHON Nathalie et MOTARD Eric, 2016. *Ça pousse près de chez vous : 100 fiches pour reconnaître arbres, fleurs et autres plantes de nos rues*. Paris : Éd. Le Passage. ISBN 978-2-84742-335-8.



# ÉVOLUTION DE LA FLORE PARISIENNE SUR 130 ANS

Malgré son environnement très fortement anthropisé, la ville de Paris est un lieu où les naturalistes s'attachent depuis des années à répertorier les espèces qu'ils y rencontrent. Grâce à leurs travaux, il a été possible de décrire l'évolution de la flore parisienne sur 130 ans.

En 1883, le naturaliste et astronome Joseph Vallot a publié un document établissant la liste des plantes qu'il a identifiées dans les rues de Paris (avant l'annexion des villes limitrophes). On connaît ainsi la liste des espèces végétales qui poussaient spontanément au centre de Paris. Près de 130 ans après, un travail similaire a été effectué.

« Essai sur la flore du pavé de Paris limité aux boulevards extérieurs, ou Catalogue des plantes qui croissent spontanément dans les rues et sur les quais (...) – 1883 » de Joseph Vallot.



gallica.bnf.fr/BnF

De 2009 à 2017, la végétation de 1500 pieds d'arbres situés dans 26 rues du quartier de Bercy (12<sup>e</sup> arrondissement) sur la rive droite de la Seine, a été inventoriée annuellement par une équipe du Muséum national d'histoire naturelle, en mai ou juin. Dans le même temps, la liste de la flore des rues qui peuple aussi les trottoirs, pelouses, fissures des murs et interstices entre les pierres, a été recueillie par des bénévoles dans le cadre du projet Sauvages de ma rue, visant à connaître les caractéristiques des espèces végétales en fonction de l'intensité de l'urbanisation et de la configuration des quartiers.

## APPARITIONS ET DISPARITIONS D'ESPÈCES

**La flore en 1883 est relativement riche : 249 espèces environ habitent le centre de Paris.** Parmi les 111 espèces qui existaient à la fin du 19<sup>e</sup> siècle et qui ne semblent plus rencontrées dans Paris, on trouve : *Adoxa moschatellina*, *Agropyrum repens*, *Ampelopsis quinquefolia*, *Corrigiola littoralis*, *Gnaphalium uliginosum*, *Lens esculenta*, *Ononis natrix*, *Polystichum tetragonum*, *Rubia tinctorum*, *Sanicula europaea*, *Tephrosia major*, *Turgenia latifolia*, etc. Les facteurs d'extinction sont probablement multiples. La disparition des chevaux en ville fait que les cortèges de graines contenus dans le fourrage ou le crottin n'atteignent plus les rues parisiennes (44 % des 111 espèces sont fourragères). L'introduction volontaire ou accidentelle d'espèces exotiques envahissantes, favorisée par l'amplification des transports à longue distance, a participé à la fragilisation des écosystèmes. Enfin, la pollution de l'air augmente, et le climat parisien se réchauffe rapidement. Faute d'avoir le temps de s'adapter, beaucoup de plantes et d'animaux ont probablement disparu de Paris.

Quelques espèces parmi celles qui semblent avoir disparues :



*Ononis natrix*



*Corrigiola littoralis*



*Rubia tinctorum*

122 espèces ne semblaient pas être présentes dans les rues de Paris en 1883, et seraient donc nouvelles pour le territoire. Parmi elles, on trouve : *Artemisia vulgaris*, *Bromus sterilis*, *Cardamine hirsuta*, *Clematis vitalba*, *Crepis capillaris*, *Erigeron canadensis*, *Geranium molle*, *Polypogon viridis*, *Solidago gigantea*, *Veronica hederifolia*, *Vicia sepium*, etc.

Certains facteurs ont sans doute favorisé l'installation de ces espèces en ville, comme leur bonne tolérance aux nouvelles conditions urbaines : températures moyennes plus élevées qu'auparavant, pollution atmosphérique, etc. Beaucoup sont capables de s'implanter même dans un volume de terre réduit à un strict minimum, comme c'est souvent le cas au pied des arbres. 32 % sont des espèces exotiques envahissantes ; elles ont un fort pouvoir compétitif, une croissance rapide et une grande capacité de multiplication végétative. C'est le cas de *Reynoutria japonica* (*Fallopia japonica*) par exemple.

Quelques espèces nouvellement présentes :



*Reynoutria japonica*



*Erigeron canadensis*



*Polypogon viridis*

## CERTAINES ESPÈCES SE MAINTIENNENT, MAIS LA FLORE GLOBALE S'ADAPTE AUX CHANGEMENTS

**Les espèces qui ont été capables de se maintenir sur plus d'un siècle sont plutôt des plantes communes :**

*Avena sativa*, *Brassica napus*, *Capsella bursa-pastoris*, *Chaerophyllum temulum*, *Chenopodium album*, *Euphorbia peplus*, *Galium aparine*, *Matricaria recutita*, *Papaver rhoeas*, *Plantago lanceolata*, *Ranunculus repens*, *Rumex acetosella*, *Sonchus oleraceus*, *Stellaria media*, *Vicia lathyroides*, etc.

Quelques espèces communes retrouvées en 1883 et actuellement :



*Vicia lathyroides*



*Silene vulgaris*



*Lolium perenne*

La majorité sont rudérales, spécialistes des terrains bouleversés et régulièrement ouverts (*Lolium perenne*, *Plantago major*, *Polygonum aviculare*, etc.). Elles supportent les températures élevées, le sol sec, tassé, voire minéral, le manque d'espace. Elles ont souvent une grande autonomie de reproduction. Certaines sont des plantes de milieux rocheux (*Silene vulgaris*, *Parietaria judaica*) ; d'autres des généralistes (*Poa annua*, *Taraxacum officinale*, *Trifolium repens*, *Rumex obtusifolius*, *Urtica dioica*, etc.). Capables de se développer sur un substrat très pauvre et pollué en nitrates par les gaz des pots d'échappement et les déjections canines, elles prolifèrent dans les interstices de la ville, et y trouvent des conditions équivalentes à celles de leur milieu naturel.

Cette comparaison à travers le temps permet de mieux comprendre comment les communautés végétales évoluent avec les contraintes environnementales et humaines. Un grand nombre d'espèces ne sont plus favorisées dans ces nouvelles conditions ; elles s'éteignent au profit d'autres qui étaient jusqu'alors minoritaires. Les analyses statistiques montrent clairement que **les plantes d'aujourd'hui sont globalement plus tolérantes à la chaleur qu'en 1883**. Le réchauffement climatique semble avoir favorisé l'implantation croissante en Europe d'espèces d'origine subtropicale ou tropicale. Les espèces les mieux adaptées aux hautes températures deviennent plus abondantes (*Chondrilla juncea*, *Erigeron bonariensis*, *Erodium moschatum*, *Oxalis corniculata*, *Phalaris canariensis*) alors que les plantes qui souffrent des canicules devenues plus fréquentes se raréfient (*Iberis sempervirens*, *Anthriscus sylvestris*, *Agrostis capillaris*, *Cicuta virosa*).

Quelques espèces adaptées aux températures en augmentation :



*Oxalis corniculata*



*Erodium moschatum*



*Chondrilla juncea*

**Dans les milieux urbains, très perturbés, les plantes qui se maintiennent ou s'installent sont les mieux adaptées aux sols riches, piétinés et pollués, et aussi les plus tolérantes au réchauffement climatique.**



### QUELQUES RÉFÉRENCES

MNHN, MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE et TELA BOTANICA, 2010. *Sauvages de ma rue* [en ligne]. MNHN. [Consulté le 13 février 2018]. Disponible à l'adresse : <http://sauvagesdemarue.mnhn.fr/>

MNHN, MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE, 2010. *Vigie Nature | Observatoires de la biodiversité*. [en ligne]. MNHN. [Consulté le 22 février 2018]. Disponible à l'adresse : <http://vigienature.mnhn.fr/>



# QUELQUES CARACTÉRISTIQUES DE LA QUALITÉ DES SOLS EN VILLE DENSE

Parce qu'ils sont situés dans des zones d'intense activité humaine, les sols urbains diffèrent des sols de zones plus rurales ou plus naturelles. Les pressions anthropiques qu'ils subissent modifient d'une manière très complexe leur structure, leur composition et la vie qu'ils hébergent. Trois études offrent trois regards sur leur qualité et leurs caractéristiques.

## D'OÙ VIENNENT LES VERS DE TERRE DES GRANDS PARCS DE PARIS ?

Les parcs urbains constituent des habitats insulaires pour les vers de terre et sont peu propices à la circulation des individus d'une population à l'autre. Dans un tel cas, on s'attend à une réduction de la diversité génétique au sein de chaque population ou de chaque parc, et à une différenciation génétique plus grande entre les populations ou les parcs.

Afin de choisir l'espèce sur laquelle tester cette hypothèse, un échantillonnage a été réalisé en 2015 dans 5 parcs parisiens. L'ADN a été extrait de 574 individus dont 341 juvéniles et 233 adultes et des codes-barres ADN ont été obtenus, ce qui a permis d'identifier 24 espèces putatives.

Parmi les plus représentées, le lombric *Lumbricus castaneus* a été la cible d'une deuxième phase d'échantillonnage réalisée en 2016 dans 11 parcs et squares des 19<sup>e</sup> et 20<sup>e</sup> arrondissements. L'analyse génétique de 179 individus adultes a permis d'identifier 10 groupes génétiquement différents.

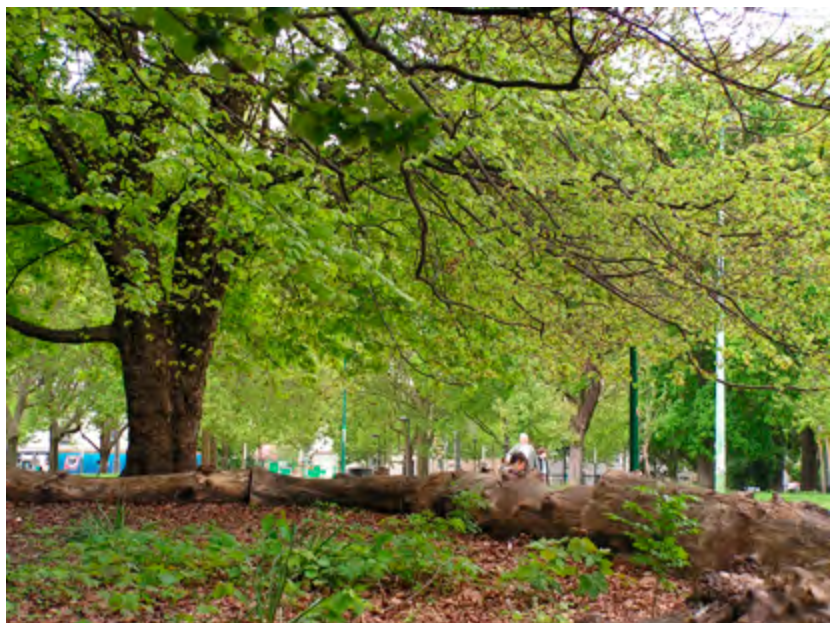
Cette étude a montré que **la diversité génétique totale de *Lumbricus castaneus* à Paris est relativement élevée**. La population présentant la diversité la plus faible est celle de la

Butte du Chapeau Rouge, alors que la diversité la plus forte est observée à Belleville et aux Buttes Chaumont. Au sein de chaque parc, plusieurs groupes ont été repérés, jusqu'à 6 à Belleville. Cela suggère que les vers de terre ont des difficultés à migrer, même sur de courtes distances, ce qui limite l'homogénéisation génétique intra-parc.

L'analyse de la distribution des groupes génétiques sur l'ensemble des parcs ne montre aucune organisation géographique. **La structuration génétique des vers de terre des parcs parisiens semble moins influencée par des processus de colonisation de proche en proche que par des événements de transport passif, par les oiseaux ou les humains par exemple.**

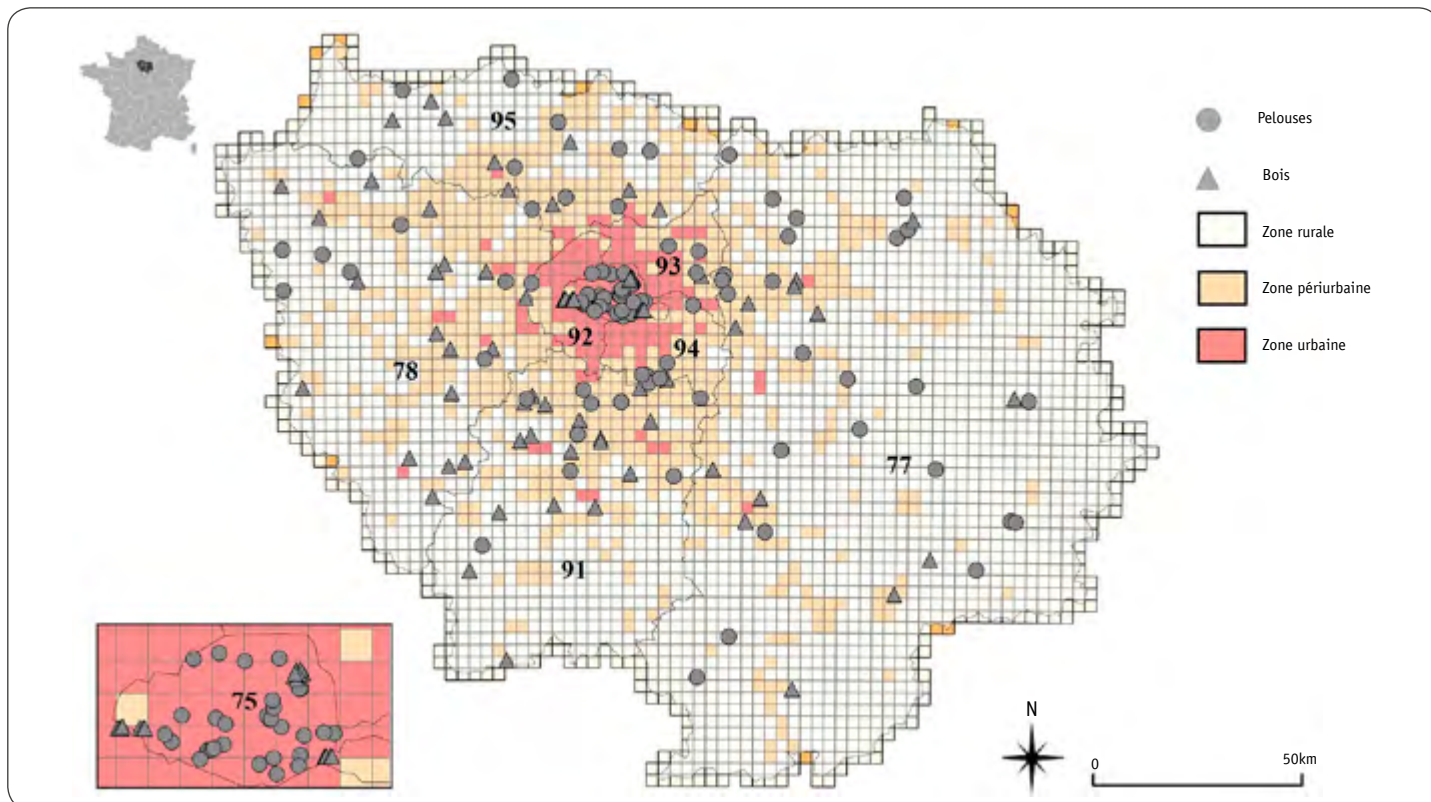
## EFFETS DU GRADIENT DE PRESSION URBAINE SUR LES SOLS : POLLUTION ET MICROBIOLOGIE

Pour évaluer les effets de la pression urbaine sur les composantes de la qualité des sols d'espaces verts publics de la région Île-de-France, deux usages de sol, les bois et les pelouses, ont été étudiés en zone rurale, en zone périurbaine, et en zone urbaine. 180 échantillons de sols sous pelouses et forêts ont été prélevés, des zones rurales périphériques à l'hyper-centre parisien, définissant ainsi un gradient de pression urbaine, du rural vers le milieu très anthropisé. L'étude a porté sur 30 sites par usage de sol et par zone.



© F. Cadeau

Les sols en pleine ville subissent de fortes pressions.



L'échantillonnage des sols de pelouses et de bois a permis de mettre en évidence des différences microbiologiques et de pollution par les métaux selon un gradient de pression urbaine.

### Une pollution marquée le long du gradient

La densité apparente du sol, liée au tassement et au manque d'aération, est plus élevée en zone urbaine. Les sols des pelouses urbaines sont encore plus denses que les sols boisés ; celles-ci sont aussi plus fréquentées par les citadins. **Les concentrations et enrichissements en éléments traces d'origine anthropique (notamment cadmium, cuivre, plomb et zinc) augmentent le long du gradient de pression urbaine** : plus le milieu est urbanisé et plus il est riche en ces polluants, qui peuvent provenir des véhicules (gaz d'échappement, pneus, etc.) ou des usines, des cimenteries notamment. C'est encore plus marqué pour les forêts. La matière organique des sols boisés urbains apparaît également plus stable et moins dense en énergie, ce qui semble expliquer leur plus faible taux de minéralisation.

Les bois sont plus anciens que les pelouses, de telle sorte que leurs sols ont sûrement été plus influencés par les conditions urbaines. **L'héritage de la gestion historique et actuelle des sols en région parisienne pèse aussi sur les caractéristiques des sols.** Par exemple les bois urbains d'Île-de-France, créés par Haussmann, ont été irrigués avec les eaux usées jusque dans les années 1950.

### Quantité et activité des microorganismes

Les mêmes échantillons de sols ont été analysés afin de déterminer si l'intensité de l'urbanisation avait une influence

sur les microorganismes : bactéries, archées, champignons. La biomasse microbienne et sa diversité ont été évaluées en collaboration avec la plateforme GenoSol de l'INRA, à Dijon. Biomasse et métabolisme répondent significativement au gradient de pression urbaine et, dans une moindre mesure, au type de couverture des sols.

La biomasse d'archées est beaucoup plus élevée sous herbacées que sous forêts : de l'ordre de 10 millions d'organismes par gramme de carbone organique ; elle décroît de la périphérie vers le centre. La différence entre sols sous pelouses et sous forêts est nettement moins marquée pour les biomasses de bactéries et de champignons et tend elle aussi à décroître de la périphérie vers le centre. Quant à l'activité respiratoire moyenne par unité microbienne, elle est légèrement plus élevée sous pelouses que sous forêts et augmente de la périphérie vers le centre. Autrement dit, archées, bactéries et champignons sont plus actifs en ville qu'à la campagne et sont plus actifs sous pelouse que sous forêt.

Pour tous les groupes de microorganismes, l'apparente contradiction entre forte biomasse et faible activité par unité microbienne s'explique en partie par la qualité de la matière organique : celle-ci est plus élevée en milieu rural qu'en milieu urbain. **Ainsi, les archées, les bactéries et les champignons doivent investir plus d'énergie en ville qu'à la campagne pour accéder aux ressources du sol.**

**Il est primordial de mieux appréhender les spécificités des sols urbains dans toute leur diversité ; même fortement contraints par les activités humaines, ils restent des milieux vivants, sources et supports de biodiversité.**

## QUELQUES RÉFÉRENCES

FOTI Ludovic, DUBS Florence, GIGNOUX Jacques, *et al.*, 2017. Trace element concentrations along a gradient of urban pressure in forest and lawn soils of the Paris region (France). *Science of The Total Environment*. Vol. 598, p. 938-948. [DOI 10.1016/J.SCITOTENV.2017.04.111](https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2017.04.111)



# CROISSANCE ET SOURCES EN EAU DES ARBRES D'ALIGNEMENT

Les arbres plantés en ville participent à l'amélioration de la qualité de vie des citoyens. Ils souffrent pourtant d'une importante mortalité et d'une faible espérance de vie du fait de stress hydrique, ce qui compromet aussi la qualité des services écosystémiques qu'ils rendent.

## LES ARBRES SUBISSENT LES ALÉAS DU CLIMAT ET TENTENT DE S'Y ADAPTER

L'étude a comparé 70 Tilleuls argentés (*Tilia tomentosa*) plantés en rue à Paris et 15 autres situés en parcs urbains ou en arboretum. Pour avoir des informations sur les conditions climatiques subies par l'arbre durant sa vie, on étudie des échantillons de bois obtenus grâce à de fines carottes de tronc. On peut alors observer les cernes de l'arbre, retracer sa croissance et les conditions climatiques passées; c'est la méthode dendroclimatique (*dendro* - pour *arbre*).



Carotte extraite du tronc à l'aide d'une tarière de Pressler.

Ces analyses ont révélé que **les arbres de rue sont plus sensibles aux variations du climat que ceux des parcs**, et qu'ils poussent plus lentement. Pour un même diamètre de tronc, les arbres d'alignement sont plus âgés d'une quarantaine d'années. Les précipitations à l'automne et au printemps jouent un rôle prépondérant sur la croissance annuelle des Tilleuls argentés urbains. Les changements climatiques des dernières décennies semblent perturber la réponse aux variations de température de la croissance des arbres.



Les carottes de bois, planées et ponçées, permettent de lire et d'interpréter les cernes. De g. à d. : carottes prélevées sur Tilleul de rue, en parc et en arboretum. On voit clairement les cernes plus rapprochés pour l'arbre de rue : il croît peu chaque année.

L'analyse des sucres mis en réserve par les Tilleuls sous forme de lipides et glucides semble indiquer qu'en situation de stress hydrique, **les arbres les plus vieux adoptent une stratégie de survie à long terme** : ils allouent prioritairement les sucres vers l'accumulation, ce qui affaiblit les autres grandes fonctions biologiques (grandir, se défendre contre les agressions). Les jeunes Tilleuls argentés, eux, semblent privilégier une stratégie à court terme favorisant la croissance en épaisseur et l'accumulation de peu de réserves.

## LES SOURCES D'EAU POUR L'ARBRE

L'analyse des isotopes de l'eau permet d'identifier différentes sources d'eau. On peut alors retracer l'origine de l'eau absorbée par les arbres. L'étude montre que les arbres en rue dépendent principalement de l'eau présente dans la couche très superficielle du sol, à moins de 20 cm sous la surface. Cette eau est un mélange d'eau de pluie et d'eau non potable plus ou moins évaporées. Le réseau d'eau non potable parisien sert à nettoyer voirie et canalisations et à irriguer les jeunes arbres (les trois premières années seulement). Pour les arbres adultes, **il apparaît que l'absorption d'eau en dehors des périodes de précipitations ne serait que ponctuelle et probablement liée au nettoyage des rues**, voire à des fuites des canalisations d'eau non potable.

Dans un contexte de changement climatique, la fréquence et l'intensité des sécheresses devraient augmenter, entraînant une plus grande variabilité des précipitations et l'augmentation des températures. Les Tilleuls argentés plantés en rue pourraient ainsi être exposés à un risque croissant de mortalité lié au stress hydrique, exacerbé par les phénomènes d'îlots de chaleur en ville. **Pour limiter ces conséquences prévisibles, il importe de mettre en place dans nos villes des stratégies d'irrigation en harmonie avec la saisonnalité de chaque espèce (période de débourrement, constitution des réserves), et de protéger les sols nus d'une évaporation excessive.**

**Les arbres d'alignement, supports et relais incontournables d'une partie de la biodiversité en ville, seront mis en danger à long terme sans une gestion plus adaptée.**



## QUELQUES RÉFÉRENCES

DAVID Ambre A. J. *et al.*, 2017. Street trees in Paris are sensitive to spring and autumn precipitation and recent climate changes. *Urban Ecosystems*. p. 1-13.  
DOI [10.1007/s11252-017-0704-z](https://doi.org/10.1007/s11252-017-0704-z)



# APPRÉCIATIONS CITADINES DE LA VÉGÉTATION DES FAÇADES

L'envie de nature des citadins se perçoit dans le fleurissement des balcons ou des cours, ou encore dans la fréquentation des espaces verts. Mais la nature mal contenue inquiète. Ces représentations sont-elles conciliables ?



# APPRÉCIATIONS ET CONNAISSANCES DES MURS VÉGÉTALISÉS : L'ÉCLAIRAGE DE LA BIBLIOGRAPHIE

Les murs végétalisés demeurent des systèmes de végétalisation urbaine peu étudiés par les sciences sociales. Au cœur des travaux de recherche publiés : les appréciations et le degré de connaissance des bénéfices apportés aux citadins et à l'environnement en général.

## LA CONNAISSANCE DES BÉNÉFICES APPORTÉS PAR LES MURS VÉGÉTALISÉS EST VARIABLE

Les professionnels de la construction ou de la végétalisation (architectes, paysagistes, ingénieurs), les décideurs, les citadins, les habitants et les usagers de bâtiments végétalisés seraient favorables à l'idée de promouvoir plus largement la végétalisation verticale en ville. Une étude récente montre l'enthousiasme d'une grande partie des citadins interrogés (70 % environ) à l'idée qu'un mur végétalisé soit installé à leur domicile ou à leur travail.

La perception générale est positive et avant tout liée à **l'esthétique du mur végétalisé, quel que soit le type de système de végétalisation considéré**. Sur certains murs de plantes grimpanes, l'absence de couvert végétal en hiver reste négativement perçue par certains. La valeur patrimoniale du bâtiment influence aussi la perception des enquêtés. **La végétalisation verticale participe, pour certaines personnes, à l'identité du bâtiment**. Elle est d'autant mieux perçue que le bâtiment est initialement peu attractif, et elle améliore davantage l'esthétique que ne le font les toits végétalisés, peu ou pas visibles depuis la rue. Elle renvoie cependant certains à l'image d'une « maison abandonnée », et des architectes y voient un frein.

**Les particuliers citent de nombreux effets sur le bien-être physique** : effet rafraîchissant en été, amélioration de la qualité de l'air et du confort acoustique. Les effets des murs végétalisés sur **le bien-être psychologique sont aussi largement mentionnés**. Les enquêtés considèrent massivement que la présence d'un tel mur offre un contact plus étroit avec la nature aux usagers de bâtiments dont une façade au moins est végétalisée, et que cette présence génère des émotions positives (sérénité, joie). Ce dernier point a été particulièrement mis en évidence dans un établissement de soin. Une majorité des enquêtés considérerait aussi que les murs végétalisés de cet établissement améliorent la santé physique des personnes qui y sont hospitalisées. Il est mentionné l'importance du mélange des couleurs dans le couvert végétal, l'aspect naturel et sauvage, l'association de différentes textures.



Mur de vigne vierge dans un espace vert de résidence.

Sarah Meyer (GONDWANA)

## CHEZ LES PARTICULIERS COMME CHEZ LES PROFESSIONNELS, LA MISE EN ŒUVRE EST PERÇUE COMME DIFFICILE

Les études font état de nombreuses réticences des particuliers à l'installation d'un mur végétalisé. **La complexité des systèmes** est vraiment crainte, mais aussi leur coût sur la durée et les difficultés de maintenance. Viennent ensuite de manière récurrente **le défaut d'informations disponibles** (coûts, techniques, gestion, plantes adaptées aux conditions locales, performances en termes de services rendus), puis **l'absence d'outils de gouvernance et d'outils techniques** à disposition des porteurs d'un projet de végétalisation et enfin **le manque de retours d'expérience** sur les techniques employées.

Les citadins sont particulièrement sensibles aux arguments financiers et de gestion, les professionnels aux questions techniques autour de la gestion. Sur le principe, les particuliers sont d'accord avec ce type d'investissement pour verdier un site ; ils sont parfois plus enclins à accepter de financer l'opération s'ils sont informés sur des services qui peuvent en découler. Pour les professionnels comme pour les non professionnels, des attentes concernent le questionnement de la gouvernance et de la conduite du projet, de la conception à la réalisation, en passant par son animation et sa gestion. Pour tous, les collectivités locales ont un rôle à jouer pour faciliter et réguler la mise en œuvre des projets, s'assurer de la bonne qualité des aménagements et accorder des subventions.

## SYNTHÈSE DES DIFFICULTÉS EXPRIMÉES PAR LES GESTIONNAIRES DE MURS VÉGÉTALISÉS MODULAIRES ET SUR NAPPE CONTINUE

- Logistique lourde et coûteuse pour l'entretien (nacelle à louer et mise en sécurité du chantier), qui impacte aussi les usagers du bâtiment.
- Formation insuffisante des professionnels, souvent limitée à la conduite de nacelles et au travail en hauteur. Les interventions sont délicates à mettre en œuvre car des techniques innovantes nécessitent des compétences spécifiques.
- Disponibilité insuffisante des professionnels qualifiés pour réaliser les surveillances.
- Fragilité du système aux facteurs extérieurs et choix inappropriés de plantes.
- Information trop limitée sur les coûts associés à la conception, à l'installation, et à l'entretien.

À leur installation, les murs végétalisés reçoivent un accueil favorable de la part des maîtres d'ouvrage, des gestionnaires et des usagers. Ils sont vus comme des vitrines pour le bâtiment grâce au rendu esthétique immédiat. Mais **à l'usage, cette satisfaction semble s'éroder, surtout chez les gestionnaires**. Globalement, ces derniers considèrent que les bénéfices sont encore insuffisants au regard de coûts d'entretien élevés, et des consommations en eau et en énergie. Si aucun incident ne survient, l'investissement dans un mur végétalisé est perçu positivement par les gestionnaires car il traduit **une recherche d'innovation**.



© P. Laïlle

Un exemple de mur modulaire.



## QUELQUES RÉFÉRENCES

BRISEPIERRE Gaëtan, 2014. Comment se décide une rénovation thermique en copropriété ? Un nouveau mode d'organisation de l'habitat comme condition de l'innovation énergétique, [en ligne] *Flux 2* : 31-39. Disponible à l'adresse : <http://www.cairn.info>

GIORDANO Roberto, MONTACCHINI Elena, TEDESCO Silvia et PERONE Alessandra, 2017. Living Wall Systems: A Technical Standard Proposal. *Energy Procedia*. Vol. 111, p. 298-307. DOI 10.1016/j.egypro.2017.03.093

PÉREZ-URRESTARAZU Luis, BLASCO-ROMERO Ana et FERNÁNDEZ-CAÑERO Rafael, 2017. Media and social impact valuation of a living wall: The case study of the Sagrado Corazon hospital in Seville (Spain). *Urban Forestry & Urban Greening*. Vol. 24, p. 141-148. DOI 10.1016/j.ufug.2017.04.002

PLANTE & CITÉ et ARRDHOR - CRITT horticole, 2013. *Enquête et retour d'expériences de gestionnaires de murs végétalisés*. [en ligne]. Compte-rendu d'étude. Disponible à l'adresse : <https://www.plante-et-cite.fr>

VALESAN Mariene et SATTler Miguel Aloysio, 2008. 225: Green walls and their contribution to environmental comfort: environmental perception in a residential building. Poster. In : *PLEA 2008* [en ligne]. 25th PLEA International Conference, Dublin, 22 octobre 2008. Disponible à l'adresse : <http://www.plea-arch.org>

WONG Nyuk Hien, TAN Alex Yong Kwang, TAN Puay Yok, et al., 2010. Perception Studies of Vertical Greenery Systems in Singapore. *Journal of Urban Planning and Development*. Vol. 136, n° 4, p. 330-338. DOI 10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000034



# FENÊTRES ET BALCONS VÉGÉTALISÉS

La végétalisation des fenêtres et des balcons est un phénomène en expansion. Que sait-on de l'organisation de ces espaces chez les particuliers ?

## FENÊTRES ET BALCONS SONT PLUS VERTS AUJOURD'HUI QU'HIER

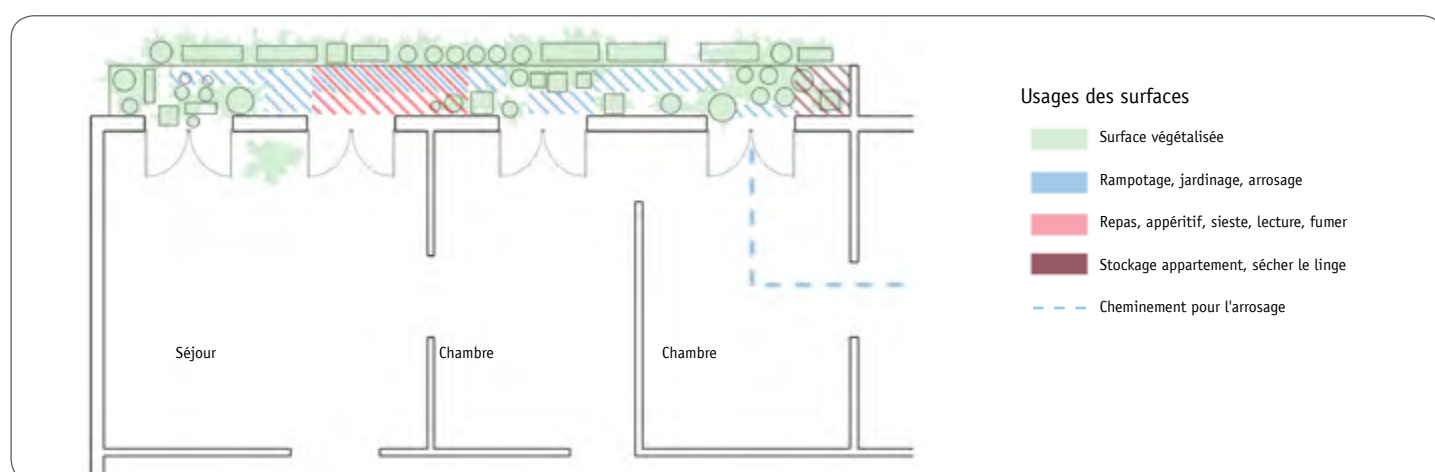
Pour évaluer l'évolution de la végétalisation des fenêtres et des balcons, une enquête a été menée sur un échantillon de 50 rues réparties sur 5 arrondissements parisiens. Des photographies prises entre 1900 et 1940 ont été comparées aux mêmes rues revisitées en 2016. Le décompte des fenêtres végétalisées passe en un siècle d'une moyenne de 2 % à environ 20 %. Aujourd'hui, dans la capitale comme dans de nombreuses villes françaises, cette envie de nature - née dans les années 1970 et en essor depuis la fin des années 1990 - est soutenue par l'action médiatique des pouvoirs publics : « *Végétalisons Paris !* », « *Des graines à tous étages !* », « *Du vert près de chez moi !* », etc. La nature urbaine trouve dans ces parties de façades végétalisées par les habitants des relais qui pourraient dans certains cas se révéler utiles aux continuités et aux fonctionnements écologiques.

| Arrondissements | 1900-1940 | 2016 |
|-----------------|-----------|------|
| 6 <sup>e</sup>  | 1 %       | 23 % |
| 8 <sup>e</sup>  | 1 %       | 18 % |
| 10 <sup>e</sup> | 2 %       | 24 % |
| 16 <sup>e</sup> | 1 %       | 22 % |
| 20 <sup>e</sup> | 4 %       | 15 % |

Évolution de la végétalisation des fenêtres et balcons à Paris.

## QUELLES SONT LES MOTIVATIONS AU VERDISSEMENT DES FENÊTRES ET BALCONS ?

Un échantillon d'habitants de 22 balcons végétalisés a été enquêté, dont trois rebords de fenêtres, quatorze balcons et cinq terrasses, répartis sur 8 arrondissements parisiens. Des dessins de « relevés habités », des « *spatiographies* » qui cartographient les fonctions de l'espace habité, ont été complétés par des entretiens directs et semi-directifs. Au premier rang des motivations de végétalisation vient l'esthétique (88 % des avis), suivie du désir de campagne (86 %) et dans une moindre mesure de différentes formes d'engagements écologiques (59%). La volonté d'affichage sur la rue (68 %) dépasse de beaucoup celle de préserver son intimité par un dispositif végétal (32 %). Si la végétalisation relève de motivations multiples, elle correspond à une volonté forte et inscrite dans le temps au point que les plantes finissent souvent par occuper la majeure partie de l'espace extérieur disponible. L'échantillon a permis de caractériser la diversité végétale qui s'étend de 5 à plus de 60 espèces par site, avec une moyenne à 15 pour les fenêtres et balcons. Il apparaît d'ailleurs que les balcons sont mieux tenus lorsque le nombre d'espèces est limité à 10 ou 12. Les « jardins » de balcons deviennent systématiquement « fouillis » au-delà de 35 espèces. L'âge des jardiniers est moins déterminant que la durée d'occupation de l'appartement ; les jardins les plus fournis correspondent généralement aux durées d'occupation les plus longues.



"Spatiographie" d'un appartement parisien centrée sur le balcon végétalisé / XLGD architecture.



Balcon végétalisé d'un appartement du 20<sup>e</sup> arrondissement à Paris.

**L'esthétique et l'envie de nature poussent à végétaliser les fenêtres et balcons, pour des « jardins » qui comptent en moyenne une quinzaine d'espèces.**



## QUELQUES RÉFÉRENCES

COUSSY Mathilde, 2016. *L'agriculture urbaine des particuliers* [en ligne]. Résultats de l'enquête sur les attentes des particuliers résidant en milieu urbain en matière de végétaux. ASTREDHOR- Institut technique de l'horticulture. [Consulté le 9 février 2018]. Disponible à l'adresse : <http://www.astredhor.fr>

LUGINBÜHL Yves, 2006. Un monde au balcon, la nature dans le quartier. In : VAQUIN, Jean-Baptiste, *Atlas de la nature à Paris*. Paris : Le Passage, Apur - Atelier parisien d'urbanisme. p. 249-263. ISBN 978-2-84742-092-0.

PARIS Magali, 2011. *Le végétal donneur d'ambiances : jardiner les abords de l'habitat en ville*. [en ligne]. Thèse d'Urbanisme. Université Grenoble Alpes. [Consulté le 9 février 2018]. Disponible à l'adresse : <https://tel.archives-ouvertes.fr>

PARIS Magali, 2012. Montre moi ton jardin et je te dirai comment tu habites. In : *LA FABRIQUE DES MODES D'HABITER*. L'Harmattan. p. 161-179. Habitat et sociétés. ISBN 978-2-296-96090-9. Disponible à l'adresse : <https://halshs.archives-ouvertes.fr>



# APPRÉCIATIONS HABITANTES, ENTRE DEMANDES ET MÉFIANCES

De nombreux dispositifs de végétalisation des rues et des bâtiments sont aujourd'hui proposés, et la végétation trouve peu à peu une nouvelle place dans le paysage urbain.

Qu'en pensent les habitants ?

Afin d'éclairer une tension constatée entre demande de nature et méfiance, deux séries d'enquêtes ont été conduites. Chaque enquête s'organise autour de dispositifs de végétalisation particuliers, afin d'éviter les discours généraux à propos de l'idée de nature en ville, mais aussi pour respecter le principe de triangulation en suivant une référence commune aux discours tenus. Dans un premier temps, 137 informateurs ont été interrogés à propos d'un mur végétalisé choisi parmi 13 dispositifs identifiés en fonction de leur apparence : végétation exubérante, contrôlée ou éliminée (traces). Puis, afin d'étayer les conclusions de cette première enquête, les habitants de 19 copropriétés ont été interrogés à propos d'un mur végétal particulier de leur immeuble. Les cas retenus portent sur les espèces les plus courantes : le Lierre (*Hedera helix*), la Vigne vierge (*Parthenocissus sp.*) et la Glycine (*Wisteria sp.*).

## UNE PREMIÈRE IMPRESSION MARQUÉE PAR L'ESTHÉTIQUE ET LE BIEN-ÊTRE

Parce qu'ils apportent une touche de nature, les différents dispositifs de végétalisation font l'objet de représentations très positives de la part des habitants. Confirmant de nombreuses études, le premier registre mobilisé est celui de l'esthétique. **Le végétal est valorisé pour sa beauté mais aussi pour sa capacité à embellir ou camoufler un environnement urbain jugé disgracieux.** Voir du vert procure un certain plaisir. C'est « agréable », disent simplement la très grande majorité des citadins. Ce plaisir est sans doute associé à l'image d'une campagne harmonieuse. Des termes comme « bucolique » ou « champêtre » en témoignent.



Devanture végétalisée à Paris.

Les fonctions écologiques ou bioclimatiques de ces dispositifs ne sont que ponctuellement mentionnées. Beaucoup d'habitants soulignent et valorisent la présence de la faune associée (oiseaux et insectes), mais c'est plus souvent au titre de **l'agrément que procure l'observation de cette nature de proximité**. Quelques rares informateurs ont mentionné les vertus des végétaux pour l'apport d'oxygène et la qualité de l'air.

## QUELQUES RÉTICENCES À PARTAGER L'ESPACE HABITÉ

Le bon accueil fait au végétal et à la biodiversité en général s'estompe quelque peu lorsque ces éléments sont considérés à partir de l'espace habité. Pour être appréciés, **la végétation comme les animaux doivent être contenus et occuper la place qui leur est symboliquement attribuée**. Ils ne doivent pas être considérés comme envahissants. Une végétation exubérante ou des animaux s'invitant dans les logements sont décriés.

Les inconvénients liés à l'entretien de la végétation (taille, ramassage des feuilles mortes, etc.) sont évoqués, en particulier mais pas uniquement, par celles et ceux qui en supportent les coûts : les copropriétaires. De même, ceux-ci évoquent de nombreux dégâts matériels que pourrait occasionner une végétation non-contenue : murs abîmés, ardoises ou tuiles soulevées, infiltrations, humidité des murs, gouttières bouchées par les feuilles, descellement des pierres et des pavés, perturbation des fondations, etc. Ces aspects suscitent des craintes plus qu'ils ne sont réellement constatés. Ils sont, d'ailleurs, largement nuancés par les experts.



Façade dont les plantes grimpantes ont été éliminées

## MAIS UN RÉEL ATTACHEMENT AUX PLANTES DOMESTIQUÉES

Malgré ces craintes, de nombreux habitants des villes partagent la ville avec des plantes, dans l'espace public mais aussi dans les espaces privés, les copropriétés. Souvent héritée, cette végétation (jardinières ou, plus encore, murs végétalisés) apparaît comme un marqueur de l'identité de l'immeuble ou de l'adresse. Ce marqueur est d'autant plus souligné qu'il contraste fortement avec le caractère minéral de la ville dense. Les habitants sont donc fréquemment très attachés aux végétaux qui poussent dans leur résidence. Ils leur accordent parfois une valeur patrimoniale.



*Au moment de la floraison de la vigne vierge, [...] dès qu'on entre, on entend un bourdonnement et on est tout content d'entendre ça, nous !*

*copropriétaire occupante, Paris 5<sup>e</sup>*

Ainsi, au-delà d'une appréciation esthétique floue de la nature en ville, la végétalisation de la ville dense, et en particulier des espaces privés des résidences, s'inscrit dans une tension liant crainte et attachement. **Les habitants semblent redouter une perte de maîtrise**, tant fonctionnelle que financière, de leur lieu d'habitation. Les végétaux et le vivant en général, en tant qu'altérité, sont alors associés à un ensemble de craintes cependant rarement confirmées. **Pourtant, lorsque les végétaux sont implantés, lorsque les murs se recouvrent de plantes grimpantes, que les bacs ou les parterres fleurissent, les habitants y voient de nombreux attraits et y sont largement attachés.**



Murs colonisés par la Vigne vierge.

**Les appréciations du végétal en ville dépendent de facteurs variables dans l'espace urbain et au sein des populations. Complétant des discours généraux, ces travaux révèlent les conditions d'une cohabitation heureuse avec plus de nature en ville.**



### QUELQUES RÉFÉRENCES

BERNIER Anne-Marie, 2011. *Les plantes grimpantes. Une solution rafraîchissante* [en ligne]. Guide. Centre d'Ecologie Urbaine de Montréal (CEUM). Disponible à l'adresse : <http://www.ecologieurbaine.net>

DUNNETT Nigel et KINGSBURY Noël, 2011. *Toits et murs végétaux*. Rodez : Rouergue, 2011. ISBN 978-2-8126-0261-0.

SCAPINO Julie, 2018. *Des murs végétalisés dans les copropriétés parisiennes : représentations, gestion et pérennité*. Rapport de recherche. UMR LADYSS.

WATISSÉE Pauline, 2015. *Les murs végétalisés à Paris - Systèmes de gouvernance et pérennité*. Mémoire de Master. Université Paris 1, Panthéon-Sorbonne.



# LA COPROPRIÉTÉ, UN DES LEVIERS DE LA VÉGÉTALISATION URBAINE ?

Le système de copropriété semble être un bon vecteur de la végétalisation du tissu urbain. Une étude portant sur un échantillon de copropriétés réparties dans la Métropole du Grand Paris révèle les motivations des habitants à végétaliser leurs espaces communs.

## UNE ÉTUDE EN IMMERSION DANS LES COPROPRIÉTÉS

La copropriété est un système répandu en France, et particulièrement dans la Métropole du Grand Paris, où **45 % des logements sont en copropriété** (27,3 % en moyenne en France). L'enquête a été menée auprès d'un échantillon pertinent de copropriétaires, à la fois sur la commune de Paris (2<sup>e</sup>, 5<sup>e</sup>, 10<sup>e</sup>, 11<sup>e</sup>, 12<sup>e</sup>, 13<sup>e</sup>, 15<sup>e</sup>, 16<sup>e</sup>, 19<sup>e</sup>, 20<sup>e</sup> arrondissements) et à Montreuil, Pantin, Saint-Denis, Epinay/Seine, Issy-les-Moulineaux et Boulogne-Billancourt.

L'objectif de cette étude n'était pas de démontrer scientifiquement la richesse écologique des cours de copropriétés, mais bien plutôt de comprendre l'organisation humaine qui leur est liée. L'étude s'apparente à une démarche socio-anthropologique et s'articule autour de différents outils : questionnaires (52 personnes), entretiens approfondis (18) ou observations. Le questionnement s'est déroulé en plusieurs étapes : s'intéresser aux motivations et aux rapports à la nature, mais aussi aux rapports sociaux qui apparaissent dès lors qu'un projet commun est mis en place dans une copropriété.

## DES PERCEPTIONS ET DES ENGAGEMENTS CROISSANTS EN FAVEUR DE LA NATURE CHEZ LES COPROPRIÉTAIRES

**Les copropriétaires font majoritairement (58 %) le constat des efforts accomplis en matière de végétalisation des cours et des bâtiments privés.** Les plus anciens ont vécu la transformation plutôt récente en matière de végétalisation des cours intérieures, sous l'impulsion des politiques communales ou bien de la copropriété même ; ceux-là sont les plus optimistes. Mais l'enquête prouve qu'il existe un engouement généralisé en faveur de la végétalisation sur l'espace commun des propriétés privées. 71 % des enquêtés pratiquent une forme de jardinage, sur le balcon, la terrasse ou dans la cour. Les motivations en faveur de la végétalisation relèvent d'abord des aménités : **80,7 % le bien-être, avec la convivialité et l'esthétique (autour de 70 %).** La biodiversité arrive en quatrième position avec **56 % puis les aspects plus alimentaires et économiques.** Le choix des variétés de plantes penche en faveur des fleurs à égalité avec les arbres (38 %) puis viennent les aromatiques, les fruits et les légumes.

**Le tiers des espaces concernés par l'enquête est végétalisé et entretenu par un jardinier professionnel ; un autre tiers par un groupe d'habitants à qui la copropriété confie cette tâche** via les charges du syndic. Certaines personnes parmi les plus impliquées sont souvent engagées dans des réseaux associatifs pour échanger des plantes et des graines. **Les conflits sont rares.** Il s'agit surtout de conflits d'usages de la cour et des espaces communs de la copropriété : passage, stockage de vélos, etc. Parfois ils sont liés à des choix dans la nature de la végétalisation : strictement ornementale ou autre, notamment alimentaire. **La capacité d'engagement de la copropriété est souvent le fait de leaders,** prenant parfois la forme de comités de jardins. Mieux au fait des enjeux de la végétalisation, ils sont moteurs dans son développement, qu'ils aient ou non des liens avec le conseil syndical.

## LES COPROPRIÉTÉS, NOUVELLES FORMES D'APPROPRIATION DE LA NATURE EN VILLE

La végétalisation dans les espaces privés ne traduit pas seulement une envie liée à un aspect esthétique. **Elle permet aussi aux citoyens de s'investir durablement dans l'amélioration de leur cadre de vie** en répondant en partie à la précarité énergétique et en intégrant de la nature. Les habitants souhaitent un meilleur cadre de vie et ont de plus en plus conscience des problèmes de santé engendrés par la pollution de l'air. Ils aspirent à consacrer du temps à l'entretien d'espaces de nature.

| Taille de la cour                         | Nombre d'éléments paysagers                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Exemple                                                                              | Usages                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 25 m <sup>2</sup> - 100 m <sup>2</sup>    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Accès immeuble</li> <li>• Dépôt de poubelles</li> <li>• Jardinage</li> </ul>                                                                                                                                                     |
| 100 m <sup>2</sup> - 500 m <sup>2</sup>   | <br><br>                                                                                                                                                                                                                                                                            |    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Accès immeuble</li> <li>• Détente (bancs)</li> <li>• Jardinage</li> </ul>                                                                                                                                                        |
| 500 m <sup>2</sup> - 2 000 m <sup>2</sup> | <br><br><br>                                                                                                                                                                                     |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Accès immeuble</li> <li>• Jeux enfants</li> <li>• Potager</li> <li>• Sensibilisation</li> </ul>                                                                                                                                  |
| > 2 000 m <sup>2</sup>                    | <br><br><br><br><br> |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Accès immeuble</li> <li>• Convivialité (pots entre voisins, détente, jeux enfants)</li> <li>• Jardinage + potager</li> <li>• Aménagements biodiversité (ruches, composteur, hôtel à insectes, abris pour la faune...)</li> </ul> |

Un nombre plus important d'éléments paysagers et d'usages de la cour en fonction de sa taille / Photos C. Guenoux.

**Le jardin des copropriétés est avant tout un espace de sociabilité, et plus il est complexe plus il entre dans les fonctionnalités des trames écologiques. Force est de constater que cela s'accompagne aussi, à travers le partage de la gestion de ces milieux privés, d'un « recoutage » des relations sociales.**



## QUELQUES RÉFÉRENCES

BIENENFELD Béatrice, BOUZIQUE Coline, GUENOUX Charlotte *et al.*, 2016. L'acceptabilité de la végétalisation par les usagers des immeubles comme outil opérationnel d'aménagement. In : JEUDY Olivier (dir.) *et al.*, *Paysages urbains [parisiens] et risques climatiques*. Archibooks. p. 310. ISBN 978-2-35733-415-1.

GUENOUX Charlotte, 2017. La végétalisation des copropriétés parisiennes. *La revue foncière*. 2017. N° 18, p. 28-33

PECH Pierre, 2018. *Ecoquartiers et biodiversité. Quel rôle social joue la biodiversité dans les écoquartiers*. Paris : Éd. Johanet. ISBN 979-10-91089-35-7

RIBOULOT-CHETRIT Mathilde, 2016. *Les habitants et leur jardin : relations au vivant, pratiques de jardinage et biodiversité au cœur de l'agglomération parisienne*. Thèse de doctorat de géographie. Paris 1 : Panthéon-Sorbonne.



# LE DEVENIR DES MURS VÉGÉTALISÉS DANS LES COPROPRIÉTÉS PARISIENNES

Alors que les copropriétés sont identifiées comme les acteurs principaux de la végétalisation du bâti à Paris, les murs végétalisés dans ces espaces sont parfois supprimés ou contraints par des tailles radicales. L'étude en interroge la gestion pour comprendre ce qui pèse en faveur et en défaveur de la pérennité de ces installations.

Une enquête qualitative a porté sur 20 murs végétalisés, au sein de 19 copropriétés réparties sur 3 secteurs parisiens sociologiquement contrastés (5<sup>e</sup>, 11<sup>e</sup> et 19<sup>e</sup>-20<sup>e</sup>). Elle s'est focalisée sur les murs couverts de plantes grimpantes sans support, les plus répandus à Paris. Des entretiens ont été menés dans chaque résidence auprès d'un ou deux informateurs clé, c'est-à-dire impliqués dans la copropriété.

## LES QUATRE TYPES DE GESTION

Quatre configurations de murs ont été identifiées dans les copropriétés. Elles renvoient à quatre types de gestion :

- **le développement libre** (aucun entretien n'est effectué) ;
- **la taille régulière** ;
- **le rabattement** (ponctuel ou définitif) entre le rez-de-chaussée et le premier étage ;
- **la suppression**.

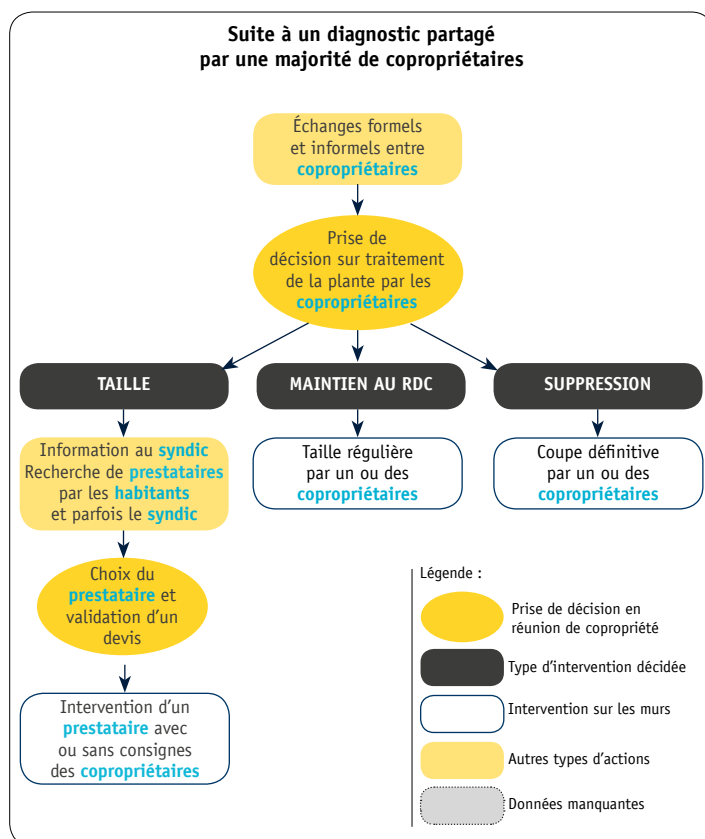


Quatre types de gestion des plantes de façade (de gauche à droite et de haut en bas) : laissées libres; régulièrement taillées; rabattues; supprimées / Photos Julie Scapino.

## COMMENT ET PAR QUI LES INTERVENTIONS SONT DÉCIDÉES ?

Deux types de situations peuvent provoquer une intervention sur les plantes grimpantes :

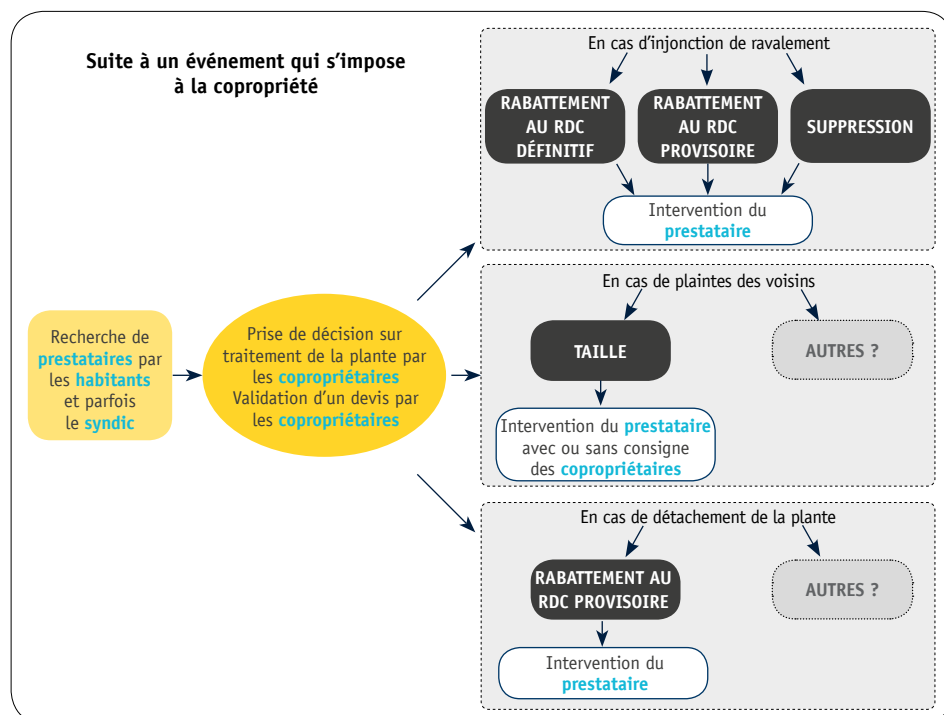
- **un diagnostic établi au sein de la copropriété**, lorsque les rameaux atteignent un certain niveau de développement. Les copropriétaires prennent seuls la décision de tailler ou supprimer. Choisir une taille implique le recours à des professionnels, car la hauteur des végétaux les rend difficilement accessibles. Le syndic est alors informé et aide parfois à la recherche de prestataires.



Les décisions d'intervention sur les plantes grimpantes (1/2).

- **des événements qui s'imposent à la copropriété et impactent les plantes.** Le plus récurrent est l'injonction de ravalement. Les habitants décident du traitement de la plante, en interaction avec leur syndic et des prestataires (cf schéma ci-contre).

**La gestion des murs végétalisés est toujours décidée collectivement par les copropriétaires.** Des cas de suppression des plantes sans en référer au collectif existent, mais sont rares. Lorsque les copropriétaires diagnostiquent une nécessité d'intervenir, ils décident d'un type d'intervention, puis impliquent si nécessaire leur syndic et des prestataires. **Les habitants rencontrés nient tout rôle prescriptif du syndic**, mais il est possible que l'influence de cet acteur soit minimisée. **Les professionnels spécialisés ont au contraire un rôle prescriptif fort** et les habitants leur font majoritairement confiance.



Les décisions d'intervention sur les plantes grimpantes (2/2).

## POURQUOI LES HABITANTS MAINTIENNENT, TAILLENT OU SUPPRIMENT LEUR VÉGÉTATION VERTICALE ?

La décision collective penche vers l'une ou l'autre gestion suivant les postures majoritaires dans la copropriété vis-à-vis du mur, qui se déclinent en trois types : **la non implication** (la personne ne se prononce pas au sein des instances de gouvernance de la copropriété), **l'attachement** ou **l'opposition**. Ces postures sont influencées par :

- **Le profil socio-économique** des résidents : les moyens financiers comptent pour faire intervenir ou non des professionnels. Certains milieux socio-culturels, comme les classes intellectuelles moyennes et supérieures, sont particulièrement attachés à la végétalisation de leur lieu de vie.
- **La taille des copropriétés** : plus une copropriété est grande et plus les dépenses sont partagées. Dans ce panel, les résidences de moins de dix copropriétaires qui ont recours à des prestataires sont composées d'habitants aisés.

**Les enjeux d'ordre et d'image** autour des parties communes de l'habitat collectif se retrouvent en partie dans les justifications des choix de gestion. Pour justifier le maintien des grimpantes, les habitants invoquent des attributs positifs (l'esthétique et

l'agrément), et leur attachement à la végétalisation de leur lieu de vie. L'absence d'intervention se fonde soit sur la non implication d'une majorité de copropriétaires, soit sur une minimisation des risques matériels couramment associés aux plantes grimpantes.

**En cas d'intervention, deux justifications sont récurrentes.** **La prévention de dégâts matériels** lorsque la végétation représente une menace pour les bâtiments d'une copropriété (et ceux des voisins dans un contexte urbain dense). Et **l'évitement de coûts** qui pourraient être liés à des dégâts ou à la nécessité d'entretien par des professionnels, notamment si la hauteur à laquelle les plantes se développent les rend inaccessibles aux habitants. Malgré ces craintes, un seul cas a été rencontré où les habitants incrimaient leur plante pour des dégradations avérées. Le souci d'ordre porte ponctuellement sur un registre social : des copropriétés interviennent sur leur mur pour éviter des conflits de voisinage, lorsque les rameaux atteignent des parcelles adjacentes. En cas de coupe définitive, la présence d'animaux indésirables a été soulignée à deux reprises. L'absence de recours à l'expertise peut favoriser la suppression des grimpantes lorsque les habitants diagnostiquent la nécessité de les contenir.

**Pour favoriser la pérennité de la végétalisation, il apparaît indispensable de prévoir des plans de gestion, et sinon de promouvoir des espèces qui ne se développent pas à une hauteur trop importante et de développer des solutions techniques peu coûteuses pour contenir les végétaux dans certaines limites.**

## QUELQUES RÉFÉRENCES

HAUMONT Bernard et MOREL Alain (éd.), 2015. *La société des voisins : Partager un habitat collectif* [en ligne]. Paris : Éditions de la Maison des sciences de l'homme. Ethnologie de la France. ISBN 978-2-7351-1931-8. Disponible à l'adresse : <http://books.openedition.org>

SCAPINO Julie, 2018. *Des murs végétalisés dans les copropriétés parisiennes : représentations, gestion et pérennité* [en ligne]. Rapport de Recherche. UMR LADYSS CNRS 7533. [Consulté le 12 mars 2018]. Disponible à l'adresse : <https://hal.archives-ouvertes.fr>



# LA PERSÉVÉRANCE DU JARDINIER, CONDITION D'UNE RÉAPPROPRIATION DE LA VILLE PAR ET POUR LA NATURE

Dans un environnement urbain dense où le développement de nouveaux espaces verts est difficile, l'implication des habitants vise à démultiplier les espaces végétalisés et à recréer des liens forts entre les citadins et leur quartier. Les habitants connaissent les espaces de proximité ; ils savent identifier les interstices où l'implantation de nouveaux dispositifs végétalisés est possible, et secondent parfois les services municipaux dans l'entretien de ces dispositifs.

## INGÉNIOSITÉ DES HABITANTS ET DIVERSITÉ DES DISPOSITIFS

Des enquêtes ont été menées dans deux quartiers populaires du 19<sup>e</sup> et 18<sup>e</sup> arrondissement de Paris, Stalingrad et La Chapelle, pour rechercher les figures de l'engagement habitant à la fois pour la nature et pour la réappropriation de la ville par la nature.

L'originalité de l'approche suivie est de ne pas se focaliser sur un type particulier de dispositif de végétalisation par les habitants. Ce choix a permis de souligner **la diversité et le nombre des dispositifs mis en place par les habitants pour introduire de la végétation dans leur quartier**. Certains sont en pleine terre : délaissés urbains, pieds d'arbre. D'autres sont associés à un sol apporté : cultures en pots, en bacs ou en sacs. Hors des jardins partagés ou des délaissés urbains, certains de ces dispositifs font plusieurs mètres carrés, d'autres quelques centimètres carrés. Certains contenant ont été achetés dans le commerce, d'autres ont été fabriqués par les habitants eux-mêmes. Certains sont solides et de très belle facture, d'autres semblent bricolés rapidement et résistent mal au temps. Les plantes cultivées sont souvent horticoles mais elles peuvent aussi avoir été prélevées dans les espaces naturels alentours. Enfin, certains de ces dispositifs font l'objet d'un permis de végétaliser, autorisation temporaire d'occupation de l'espace public délivrée par la Mairie de Paris. Certains sont référencés sur la plateforme internet collaborative « [vegetalisons.paris.fr](http://vegetalisons.paris.fr) » visant à recenser toutes les initiatives et à favoriser les échanges de services. Mais nombre de dispositifs ont été implantés spontanément et sans lien avec la Ville et ses services.

Au-delà de cette diversité, ce qui surprend, c'est l'habileté avec laquelle les habitants composent avec un environnement minéral dense et extrêmement contraint. **Les dispositifs de végétalisation se logent dans de nombreux interstices de la ville** : au pied des immeubles, dans les angles des trottoirs, au bord de places, sur les potelets qui bordent les rues, etc. Ainsi, l'introduction d'éléments végétaux en ville, même dans des environnements très denses, semble possible.

## LES FACTEURS LIMITANT L'IMPLANTATION DE VÉGÉTAUX DANS UNE VILLE DENSE

Les nombreux dispositifs mis en place peinent à imposer leur couleur à l'échelle du quartier. Les acteurs de la végétalisation interrogés identifient quatre principaux facteurs qui limitent le déploiement et la permanence de la végétation :

- La dégradation des végétaux ou des dispositifs par les autres habitants ou les passants. Arrachages, bris, vols de plantes, ou encore bacs, sacs ou pots cassés, sont des constats souvent partagés par les jardiniers. Le dépôt d'ordures ou de déchets (papiers, canettes, mégots ou déjections canines) est présenté comme une cause importante de découragement.
- La nécessité d'arroser et le manque de disponibilité en eau. Les périodes de sécheresse ou la pause estivale se traduisent souvent par la mort des plantes.
- Les sols urbains considérés de mauvaise qualité : leur compacité est souvent regrettée et rend le jardinage difficile.
- Le manque d'entretien des dispositifs, qui sont alors jugés très négativement. Dégradés, présentant des plantes mortes ou en mauvais état, ils font figure de déchets et il n'est pas rare qu'ils soient enlevés par les services municipaux.



Jardiner dans l'adversité. À gauche : prévenir le vol, à droite : éviter les déchets.

## LES FORMES DE VÉGÉTALISATION DE LA VILLE, CATÉGORIES HABITANTES

Pour faire face à ces difficultés, les jardiniers adoptent différentes stratégies. Celles-ci définissent, à leurs yeux, divers types de dispositifs que les habitants promeuvent ou critiquent :

- Des dispositifs de végétalisation qui mobilisent parfois une très haute technologie : supports de feutre, irrigation goutte-à-goutte, apport de nutriments, choix de plantes originales. Ils restent peu accessibles au public car l'investissement financier (coût) et cognitif (savoirs et techniques) nécessaire à leur mise en œuvre est souvent important.
- Des dispositifs mobilisant des techniques et savoir-faire plus rustiques. Ils ne sont pas dénués de prouesses techniques : construction d'un sol par apports organiques ou organisation de voisins pour l'arrosage par exemple, mais ils sont jugés plus accessibles. Davantage liés à l'imaginaire du jardin, associé à l'idée d'une certaine simplicité, ces dispositifs sont davantage plébiscités.



*C'est quoi la végétalisation ? Est-ce que c'est un sujet ? Est-ce que c'est un projet ? Est-ce qu'il n'y a pas plusieurs projets sous la même appellation ? Par exemple, ils font des choses qui ont différents objectifs. Par moment, ils font des choses qui sont de l'ordre du lien, du vivre ensemble comme on dit, du lien social, ils sont des facilitateurs (...). [Mais, l'association X], a participé aussi à des opérations d'occupation de l'espace public qui, sans le dire explicitement, ont pour objectif d'éliminer de l'espace public des catégories indésirables.*

*Un habitant du 18<sup>e</sup>*



© E. Roussel



© R. Raymond



© R. Raymond



© E. Roussel



© E. Roussel



© E. Roussel



© E. Roussel

Quelques exemples d'initiatives habitantes.

**Cette attention continue, cette persévérance, est aussi un signe de l'attachement de ces jardiniers à la fois pour le dispositif dont ils s'occupent, mais aussi pour le quartier qu'ils habitent et contribuent à aménager.**



### QUELQUES RÉFÉRENCES

DEMONGEOT Marilou, 2017, *La culture de la ville et la persévérance du jardinier*, Mémoire de Master. Université Paris 1. Panthéon-Sorbonne. 142 p.

ROUSSET Elisa et RAYMOND Richard, 2018, *Quelle implication des habitants dans la végétalisation de la ville ? Vers un observatoire des initiatives habitantes*. Étude de faisabilité. CNRS, Paris. 25 p.

MAIRIE DE PARIS, 2016. *Végétalisons Paris*. [en ligne]. Plateforme numérique. [Consulté le 21 mars 2018]. Disponible à l'adresse : <https://vegetalisons.paris.fr>



# LA VÉGÉTALISATION DU BÂTI : INSTALLATION ET CONTRAINTES

La végétalisation des bâtiments pose des questions techniques ; des freins réglementaires s'ajoutent à une méconnaissance de son intérêt. Il s'agit alors d'identifier quels blocages sont surmontables, quels leviers actionnables, et de faire connaître ses bénéfices.



# LES SYSTÈMES EXISTANTS DE VÉGÉTALISATION VERTICALE

Les systèmes de murs végétalisés sont nombreux et permettent d'implanter une grande variété de végétaux. Voici les caractéristiques des ouvrages actuels.

Les systèmes de végétalisation verticale sont décrits ici en fonction des ports et types de croissance des végétaux (plantes grimpantes, retombantes, ou non), de la présence ou non d'éléments bâtis assurant leur soutien, des stratégies ou supports nécessaires pour la croissance verticale des plantes et enfin des dispositifs d'approvisionnement en ressources (eau, milieu de croissance).

L'ancrage direct des plantes non grimpantes sur un support est observé spontanément sur certains bâtis urbains, sur les murs de soutènement (ex : Betojard®), et sur les systèmes par bardage rapporté modulaires (ex : Modulogreen®) ou continus (ex : Wallflore®). Des perspectives de végétalisation supplémentaires sont apportées par ces derniers. La majorité nécessitent un apport de ressources en eau et en substrat tout au long de la vie du mur.

D'autres systèmes émergent et s'inspirent de la colonisation des façades rugueuses par la flore spontanée (ex : les bétons *Growcrete* ou *Plant-in*) : inclure les murs végétalisés dans les éléments de structure des bâtiments représente actuellement une piste d'innovation majeure.



Mur sur nappe continue.

Musée du Quai Branly, architecte J. Nouvel,  
mur végétal P. Blanc © Patrick Blanc



Mur bâti rugueux.

Projet Green Concrete © BureauBakker



Mur de grimpantes sur paroi.



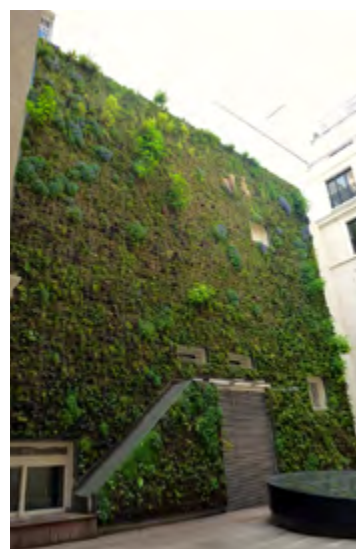
Mur de grimpantes à distance.

© Topager



Mur de soutènement.

© F. Mayrand



Mur modulaire.

© F. Madre



|                                    | Plantes grimpantes ou retombantes                               |                                                                                            | Plantes non grimpantes, ligneuses ou herbacées |                                                                                |                                                              |                                                                                                                                                      |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                    | Systèmes sur paroi (sans support, ou direct)                    | Systèmes à distance (avec support ou indirect)                                             | Murs de soutènement                            | Végétalisation par « bardages rapportés »                                      |                                                              |                                                                                                                                                      |
|                                    |                                                                 |                                                                                            |                                                | Murs bâtis hors soutènement                                                    | Systèmes sur nappe continue                                  | Systèmes modulaires (à substrat vertical et systèmes hors sol à substrat horizontal)                                                                 |
| Élément de soutien                 | bâti                                                            | bâti ou aucun (système autoportant)                                                        | remblai                                        | bâti                                                                           | bâti                                                         | bâti ou aucun (système autoportant)                                                                                                                  |
| Support ou système d'ancrage       | directement sur le parement                                     | treillis, filets ou câbles                                                                 |                                                | bardage rapporté rugueux (nouveaux systèmes)                                   | bardage rapporté sous forme d'une nappe unique et absorbante | bardage rapporté sous forme de contenants de tailles réduites (pots, panneaux) ou grandes (gouttières, gabions)                                      |
| Localisation du sol ou du substrat | au pied du mur                                                  | jardinières en pied ou à différentes hauteurs du mur                                       | derrière le mur                                | en surface, ou en profondeur dans le mur                                       |                                                              | dans des contenants de formes variables (pots, jardinières, sacs poreux, gouttières, panneaux, rails, cages métalliques) sur toute la hauteur du mur |
| Composition du substrat            | sol en place, substrat organo-minéral rapporté dans jardinières | sol en place, substrat organo-minéral rapporté, substrat léger pour jardinières en hauteur | organo-minéral                                 | substrat organo-minéral rapporté, dépôts atmosphériques et résidus de mortiers | laine minérale, géotextile                                   | substrat organo-minéral léger, organique fibreux (sphaignes, fibre de coco)                                                                          |
| Orientation des conteneurs         |                                                                 |                                                                                            |                                                | verticale (nouveaux systèmes)                                                  | verticale                                                    | verticale, légèrement incliné ( $\leq 20^\circ$ ), incliné ( $>20^\circ$ ), horizontale                                                              |
| Intervalle bâti-plantes            | aucun                                                           | étroit ( $< 15$ cm) à large ( $> 30$ cm)                                                   | aucun                                          | aucun                                                                          | aucun                                                        | étroit ( $< 15$ cm) à large ( $> 30$ cm)                                                                                                             |

Tableau de comparaison des types de murs végétalisés.



## QUELQUES RÉFÉRENCES

DOVER John W, 2015. 5-Green Walls. In : *Green infrastructure: incorporating plants and enhancing biodiversity in buildings and urban environments*. London; New York : Routledge. ISBN 978-0-415-52124-6.

Guide des bonnes pratiques des enveloppes végétalisées du bâti, 2014. Versailles : Le Vivant et la Ville. ISBN 978-2-9547673-0-7.

MANSO Maria et CASTRO-GOMES João, 2015. Green wall systems : A review of their characteristics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 41, p. 863-871. DOI 10.1016/j.rser.2014.07.203

UNEP, AITF, FFP, HORTIS, LE VIVANT DANS LA VILLE, ARRDHOR, 2016. *Recommandations professionnelles. Conception, réalisation et entretien de solutions de végétalisation de façades par bardage rapporté*. N° : B.C.3-RO [en ligne]. Disponible sur le site : <http://www.lesentreprisesdupaysage.fr>

UNEP, AITF, FFP, HORTIS, LE VIVANT DANS LA VILLE, ARRDHOR, 2016. *Recommandations professionnelles. Conception, réalisation et entretien de solutions de végétalisation de façades par plantes grimpantes*. N° : B.C.5-RO [en ligne]. Disponible sur le site : <http://www.lesentreprisesdupaysage.fr>

# LES MURS VÉGÉTALISÉS, DES SYSTÈMES DURABLES ?

Une étude de la littérature montre les manques patents des murs végétalisés aujourd'hui en place au regard de la durabilité, laissant entrevoir des leviers d'amélioration possibles.

## UNE DURABILITÉ VARIABLE POUR LES SYSTÈMES ACTUELS

**Parce que les plantes grimpantes sur la paroi, comme le Lierre ou la Glycine, requièrent peu d'investissement et d'entretien,** les impacts environnementaux et les coûts des murs végétalisés par ce type de grimpantes sont moins importants que les services et les bénéfices économiques qu'ils génèrent tout au long de leur cycle de vie : **ce sont pour l'instant les seuls systèmes de végétalisation verticale durables.**

Les impacts environnementaux et les coûts sont plus élevés pour les murs de plantes grimpantes à distance de la paroi, les murs modulaires et les systèmes sur nappe continue. Ils sont directement liés aux matériaux utilisés, et à leur durée de vie limitée qui impose de nombreux remplacements au cours de la vie de ces systèmes, mais aussi aux opportunités de recyclage, variables selon les déchets. La consommation en eau et la survie insuffisante des plantes viennent alourdir ces bilans.

**Les impacts environnementaux durant les étapes de fabrication peuvent représenter jusqu'à 97 % des impacts produits durant toute la vie d'un mur végétalisé.** L'extraction des matières premières est principalement en cause : consommation élevée de ressources naturelles et fossiles, dégradation des écosystèmes aquatiques et pollution de l'air. Cette étape consomme 99 % de l'énergie utilisée sur l'ensemble du cycle de vie, et sur les 900 types d'émissions aériennes que peuvent rejeter les murs végétalisés, 85 % sont libérés pendant la fabrication.

**Les murs sur nappe continue sont les systèmes qui impactent le plus la qualité de l'air durant leur cycle de vie.** Ils produisent 3 fois plus d'émissions que les systèmes modulaires et les murs de plantes grimpantes à distance. Ils consomment également le plus d'énergie : 4 fois plus que les systèmes modulaires, 11 fois plus que les murs de grimpantes à distance. L'irrigation au cours de la vie de ces murs impacte considérablement les systèmes aquatiques.

## DES IMPACTS DIFFICILEMENT COMPENSABLES

**La purification de l'air par les plantes des murs peut, à terme, compenser les impacts sur la qualité de l'air pour les systèmes modulaires et de grimpantes à distance.** Ainsi par exemple, les émissions de dioxyde d'azote ( $\text{NO}_2$ ), de dioxyde de soufre ( $\text{SO}_2$ ), d'ozone ( $\text{O}_3$ ), et de particules inférieures à  $10 \mu\text{m}$ , seraient compensées à partir de 24 ans/m<sup>2</sup> d'installation pour les premiers, après 8 ans/m<sup>2</sup> d'installation pour les murs de grimpantes à distance. **Pour les murs sur nappe continue, les durées de vie inférieures de leurs composants ne permettent pas de l'envisager.**

Sous climat méditerranéen ou tempéré, les consommations en énergie d'un système de végétalisation par plantes grimpantes à distance seraient compensées après 10 années d'économie d'énergie réalisées grâce à la présence du système ; elles le seraient après 36 années pour les murs modulaires.

## BILANS ENVIRONNEMENTAUX ET ANALYSES COÛTS-BÉNÉFICES

**L'analyse du cycle de vie (ACV)** produit une comparaison environnementale normalisée et standardisée des systèmes de végétalisation verticale pour une même fonction et un même niveau de service rendu. L'analyse permet de quantifier leurs impacts environnementaux sur l'ensemble du cycle, depuis l'extraction des matières premières jusqu'au traitement en fin de vie.

**L'analyse coûts-bénéfices (ACB)** permet d'évaluer la balance entre les revenus générés tout au long du cycle de vie par un mur végétalisé, et les coûts produits (d'installation, d'entretien et de dépose), afin de connaître son niveau de durabilité économique. Le système peut être considéré comme économiquement durable si les revenus sont supérieurs aux coûts sur l'ensemble du cycle de vie. Les bénéfices individuels (augmentation des revenus locatifs due à la hausse des valeurs foncières, longévité plus importante des façades bâties, économies d'énergie, etc.) doivent être intégrés, tout comme les bénéfices (difficilement quantifiés) apportés à la collectivité : amélioration de la qualité de l'air ou fixation de  $\text{CO}_2$  par exemple.



## DES COÛTS ENCORE TROP ÉLEVÉS

Les coûts d'installation et d'entretien sont plus élevés pour les systèmes modulaires et sur nappe continue que pour les systèmes de plantes grimpantes, en raison de leur complexité. En France, **le coût d'investissement initial moyen a récemment été évalué à environ 700 € HT/m<sup>2</sup> pour un mur végétalisé hors plantes grimpantes**, contre 35 € à 200 € HT/m<sup>2</sup> pour des aménagements paysagers plus classiques. **Les coûts de mise en œuvre et d'entretien sont variables. Ils sont les plus élevés pour les systèmes sur nappe continue** : environ 75 € HT/m<sup>2</sup>/an, contre 45 € HT/m<sup>2</sup>/an pour un système modulaire. D'après une étude réalisée à Gênes (Italie), le temps nécessaire pour amortir les coûts d'installation et d'entretien dépasserait 50 ans pour les murs sur nappe continue. Il serait de 16 à 33 ans pour les systèmes de plantes grimpantes à distance selon le contexte foncier, et inférieur à 25 ans pour les plantes grimpantes sur la façade.

## INSTALLATION ET GESTION DES MURS VÉGÉTALISÉS : VERS UNE ÉVOLUTION DES PRATIQUES ?

Des financements peuvent soutenir les investissements initiaux. Mais les avancées véritables pour réduire les investissements se feront surtout à travers **des choix plus vertueux de conception et d'entretien** : matériaux, recyclage, réduction de la consommation en ressources naturelles et en énergie, réduction des émissions, ou utilisation de plantes adaptées. Ces nouveaux objectifs doivent guider les innovations des professionnels pour concevoir des murs qui végétaliseront durablement les villes denses.



### QUELQUES RÉFÉRENCES

OTTELÉ Marc, PERINI Katia, FRAAIJ A.L.A., *et al.*, 2011. Comparative life cycle analysis for green façades and living wall systems. *Energy and Buildings*. Vol. 43, n° 12, p. 3419-3429. [DOI 10.1016/j.enbuild.2011.09.010](https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.09.010)

PERINI Katia, ROSASCO Paolo, 2013. Cost-benefit analysis for green façades and living wall systems. *Energy and Buildings*. Vol. 70, p. 110-121. [DOI 10.1016/j.buildenv.2013.08.012](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.08.012)

PLANTE & CITÉ, ARRDHOR, CRITT horticoles, 2013. *Enquête et retour d'expériences de gestionnaires de murs végétalisés*. [en ligne]. Compte-rendu d'étude. Disponible à l'adresse : <http://www.plante-et-cite.fr>

## QUELQUES SERVICES ÉCOLOGIQUES RENDUS PAR LES MURS : L'ÉCLAIRAGE DE LA BIBLIOGRAPHIE

Au même titre que d'autres installations de végétalisation en ville, les murs végétalisés fournissent des services écologiques. Voici une synthèse des connaissances sur la qualité de l'air, le confort acoustique et la gestion des eaux grises.

### L'AMÉLIORATION DE LA QUALITÉ DE L'AIR

Les études sur le Lierre (*Hedera helix*) montrent que les poussières contenues dans l'air se déposent sur son feuillage, ses tiges et son tronc, quelle que soit la saison. **Les particules fines et ultrafines sont plus abondamment collectées par les feuilles** et plus particulièrement par leurs faces supérieures. On a montré récemment que d'autres plantes grimpantes, mais également des murs végétalisés de plantes non grimpantes, sont aussi capables de produire un tel bénéfice. Les traits biologiques (forme des feuilles, rugosité de l'épiderme, etc.) ont une influence. Par exemple, les feuilles recouvertes d'une cuticule cireuse semblent collecter une plus grande quantité de poussières. Il n'est pas établi dans quelle mesure la forme des organes aériens ou la présence de poils impacteraient la collecte

des polluants de l'air. Des paramètres physiologiques, comme le contenu total en chlorophylle, indiqueraient le niveau de stress subi par une plante en environnement pollué, et sa capacité d'adaptation pour y survivre. Ainsi, on a montré que certaines espèces tropicales tolèrent davantage la pollution aérienne que d'autres ; de telles études manquent encore sous climats tempérés.

**Très peu d'études ont examiné le rôle potentiel des murs végétalisés dans la séquestration du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) libéré dans l'air urbain.** Les premiers résultats, obtenus sous climat tropical, recommandent l'utilisation de plantes ligneuses en raison d'un potentiel de fixation du CO<sub>2</sub> plus élevé que celui des plantes herbacées. Par ailleurs, un modèle dynamique pour prédire la quantité de carbone séquestrée dans des conditions variées (couvert végétal, climat) a récemment été développé

pour les murs plantés d'herbacés et d'arbustifs. Néanmoins, la performance de ce service doit être examinée expérimentalement à la lumière de la grande diversité des systèmes de murs végétalisés, des différentes conditions climatiques et micro-climatiques, de la diversité des modes de gestion choisis (notamment concernant l'irrigation) et des propriétés des espèces végétales. Des informations supplémentaires sur la biomasse produite (plantes, organismes du sol) sont indispensables pour évaluer dans quelle mesure ces dispositifs de végétalisation pourraient participer aux cycles biogéochimiques (carbone, mais aussi azote et eau) en ville.



Retombantes masquant un parking.

© O. Damas

distance de la paroi, et de 3 dB pour murs modulaires dans un environnement urbain plus bruyant. A basse fréquence, il n'y a pas d'amélioration.

De multiples facteurs pourraient venir nuancer l'efficacité des murs modulaires : les propriétés du substrat (épaisseur, densité, porosité, composition, degré de saturation en eau), le type de modules utilisés et leur agencement (jointure), la structure assurant leur support et enfin les caractéristiques du couvert végétal.

Les murs végétalisés atténuent plus le bruit urbain quand la nuisance sonore est à longue distance, et ils le font surtout dans leur partie basse. Isolément, ils sont moins efficaces que les toitures végétalisées dans des espaces réduits comme les cours. En revanche, ils en améliorent considérablement le confort acoustique lorsqu'ils sont combinés aux toitures végétalisées. L'installation de murs végétalisés de part et d'autre des axes routiers, en parallèle, améliorerait significativement le confort sonore (jusqu'à 4 dB).

## LA GESTION DES EAUX GRISES

La technicité des murs végétalisés et leur positionnement vertical impose de produire des réflexions poussées pour permettre à ces systèmes de participer à la gestion des eaux en ville. De récents travaux ont examiné leur potentiel à gérer les eaux grises. Ce sont des eaux usées dont le faible degré de pollution requiert un traitement peu complexe, ce qui le rend envisageable *in situ*. Le traitement écologique par lagunage est impossible en milieu urbain dense, faute d'espace ; l'utilisation de murs végétalisés est en cela prometteuse. Des expérimentations préliminaires ont montré l'efficacité de plantes grimpantes pour réduire les concentrations trouvées dans les eaux grises : réduction de plus de 80 % de matières en suspension et de plus de 90 % de composés organiques. Le choix des plantes influence la performance du dispositif pour certains éléments, particulièrement pour les composés phosphorés. Des plantes à croissance moyenne à rapide conduiraient à améliorer l'élimination en composés azotés. Le choix des espèces est aussi décisif pour limiter la perte d'efficacité du système lors de charges plus élevées en polluants, de changements d'approvisionnement (augmentation ou réduction du flux), et lors des variations saisonnières. *Carex appressa*, *Canna lilies*, *Lonicera japonica* et *Vitis vinifera* semblent prometteuses quant à ces critères.

## L'EFFET SUR LE CONFORT ACOUSTIQUE

À ce jour, peu d'études ont examiné ce rôle. En laboratoire, les premiers essais ont mis en évidence une atténuation des sons de l'ordre de 15 dB et une diminution du temps de réverbération des sons sur les surfaces verticales en présence de murs végétalisés modulaires. À l'extérieur comme à l'intérieur des bâtis, **l'absorption des sons de moyennes fréquences est le fait du substrat** (de l'ordre de 5 - 10 dB à l'extérieur). Une atténuation plus faible (de l'ordre de 2 à 3,9 dB à l'extérieur) est aussi mesurée pour les hautes fréquences sous l'effet dispersif du couvert végétal. À elle seule, **une fine couche de végétation de 20 à 30 cm d'épaisseur améliore le confort acoustique interne de 1 dB pour tous les systèmes dans un environnement sonore urbain moyen**, de 2 dB pour les systèmes de grimpantes à



## QUELQUES RÉFÉRENCES

CHAROENKIT Sasima, YIEMWATTANA Suthat, 2017. Role of specific plant characteristics on thermal and carbon sequestration properties of living walls in tropical climate. *Building and Environment*. Vol. 115, p. 67-79. [DOI 10.1016/j.buildenv.2017.01.017](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.01.017)

FOWDAR Harsha S., HATT Belinda E., BREEN Peter, *et al.*, 2017. Designing living walls for greywater treatment. *Water Research*. Vol. 110, p. 218-232. [DOI 10.1016/j.watres.2016.12.018](https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.12.018)

MARCHI Michela, PULSELLI Riccardo Maria, MARCHETTINI Nadia, *et al.*, 2015. Carbon dioxide sequestration model of a vertical greenery system. *Ecological Modelling*. Vol. 306, p. 46-56. [DOI 10.1016/j.ecolmodel.2014.08.013](https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2014.08.013)

PÉREZ Gabriel, COMA Julià, BARRENECHE Camila, *et al.*, 2016. Acoustic insulation capacity of Vertical Greenery Systems for buildings. *Applied Acoustics*. Vol. 110, p. 218-226. [DOI 10.1016/j.apacoust.2016.03.040](https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2016.03.040)

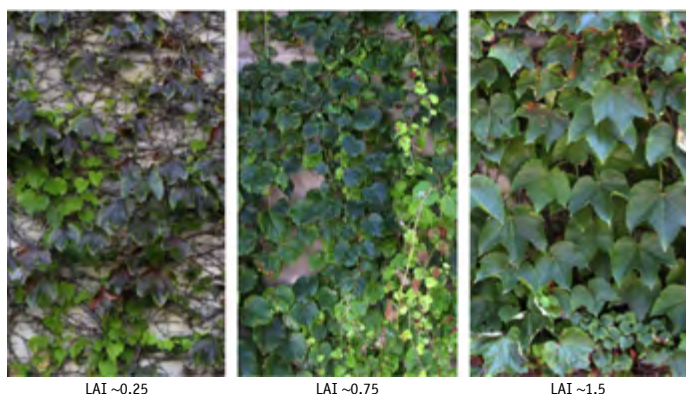
PERINI Katia, OTTELÉ Marc, GIULINI Saverio, *et al.*, 2017. Quantification of fine dust deposition on different plant species in a vertical greening system. *Ecological Engineering*. Vol. 100, p. 268-276. [DOI 10.1016/j.ecoleng.2016.12.032](https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.12.032)



# EFFETS DES MURS VÉGÉTALISÉS SUR LE CONFORT THERMIQUE

Parmi les services écologiques rendus par les murs végétalisés, l'amélioration du confort thermique est le plus étudié.

Les effets thermiques sont essentiellement liés à la modification des transferts de chaleur entre l'environnement extérieur et le mur du bâtiment. La végétalisation des façades peut s'ajouter à l'isolation pour limiter ces transferts. C'est surtout l'interception du rayonnement solaire qui induira une baisse de la température à la surface des murs bâtis. Pour les systèmes modulaires et sur nappe continue, l'ombrage est total, permanent et appliqué sur l'ensemble de la façade.



Exemples d'indice de surface foliaire, du plus faible à gauche au plus fort à droite (Leaf Area Index, LAI) / Tiré de Susorova et al., 2013.

Plus l'indice de surface foliaire et la disponibilité en eau sont grands, plus importants sont les effets thermiques produits. Le rafraîchissement est aussi lié à l'évapotranspiration (cf. ENCADRÉ). Pour les murs de plantes grimpantes, seule la transpiration du couvert végétal est impliquée. Pour les systèmes irrigués, l'évaporation de l'eau du substrat s'y ajoute. Pour tous les systèmes, les propriétés physiologiques et morphologiques des plantes (temps de croissance, saisonnalité des feuillages, épaisseur du couvert, croissance limitée en hauteur, intégrité structurale) jouent également. Les capacités de rafraîchissement varient selon les espèces (de 4,3 °C pour *Jasminum officinale* à plus de 7 °C pour *Stachys sp.* et pour *Hedera helix*). Elles sont dictées par des processus distincts : l'interruption du rayonnement (chez *Hedera helix*, *Lonicera sp.* et *Jasminum officinale*), l'évapotranspiration (chez *Fuchsia sp.*) ou l'équilibre entre ces processus (chez *Stachys ps.*, *Prunus laurocerasus*).

Pour les murs modulaires, le rafraîchissement de la surface murale serait plus marqué avec une lame d'air étroite (ex : 3 cm). Quand la lame d'air est large, la circulation de l'air au contact du bâti augmente, et l'effet isolant est atténué. On observe aussi

cet effet pour des murs de grimpantes à distance. Des mesures montrent qu'en hiver, l'air est plus chaud dans la lame d'air qu'en extérieur (+3,8 °C), et plus frais en été (-1,4 °C). Pour les plantes grimpantes fixées sur la paroi, la stagnation se fait aussi au sein du feuillage, mais les échanges de chaleur restent plus importants qu'en présence d'une lame d'air.

L'orientation des façades, et donc l'ensoleillement reçu, joue également. Une étude sous climat méditerranéen a montré que ces systèmes sont particulièrement efficaces sur des façades exposées à l'est et à l'ouest (-15,2 °C de température de surface extérieure en exposition sud-ouest, soit 10 °C de différence avec des expositions nord-ouest et nord-est).

## EFFET SUR LE BÂTIMENT

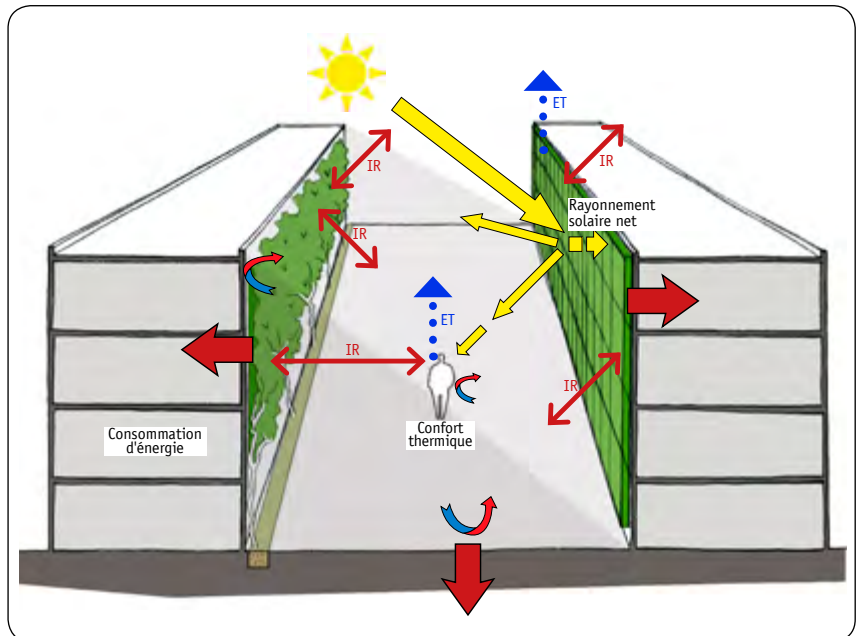
Peu de données sont disponibles sur l'amélioration du confort thermique intérieur. Expérimentations et simulations tendent à montrer que les murs végétalisés sont généralement efficaces sous fortes chaleurs dans le cas de bâtiments non isolés et climatisés (réduction de la consommation énergétique comprise entre 20 % et 30 %). L'effet thermique est d'autant plus ressenti à l'intérieur que l'isolation est faible.

Le bilan thermique n'est pas le même selon le type de système de végétalisation (cf. ENCADRÉ). L'effet le plus fort est produit lorsqu'un substrat est présent (cas 3), et le plus faible s'observe pour les murs de grimpantes à distance (cas 2). Pour les grimpantes distantes de la paroi, plus le bâtiment est vitré, plus l'effet sera ressenti. Pour les grimpantes sur paroi, des études montrent une réduction de la température ambiante en été de 0,9 °C (façade orientée est) jusqu'à 11 °C (orientation ouest) sous climat méditerranéen.

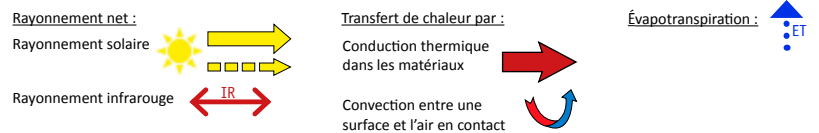
Les simulations montrent que combiner toitures et murs végétalisés permettrait d'amplifier l'effet à l'échelle du bâti. Revisiter la conception architecturale des bâtiments en y intégrant la végétalisation permettrait d'améliorer significativement les capacités d'isolation, donc d'abaisser les consommations énergétiques. C'est le cas par exemple de la double enveloppe, ou double peau, qui consiste en une façade composée de deux couches séparées par un espace dans lequel de la végétation peut être disposée. Combiner végétalisation verticale et ingénierie architecturale demeure complexe et appelle non seulement de nouvelles études en conditions réelles, mais aussi le développement de nouveaux procédés.

## EFFET SUR LES ESPACES EXTÉRIEURS PROCHES

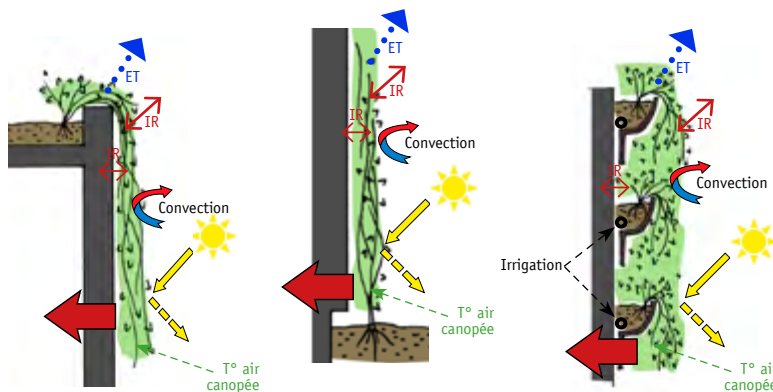
Pour le confort du passant, murs de plantes grimpantes et retombantes sur la paroi, murs de grimpantes et retombantes à distance de la paroi et murs avec substrat produisent des effets équivalents pour un même indice de surface foliaire et une disponibilité en eau suffisante (cf. ENCADRÉ, cas 1, 2 et 3). Les effets sont surtout ressentis l'été en raison de grands écarts de température. Ils dépendent essentiellement de la température de surface apparente du mur et de la configuration de l'espace extérieur. Ici, la présence ou non d'une toiture végétalisée joue peu. Plus l'espace est confiné et végétalisé, plus les effets de l'évapotranspiration et de la convection (diminution de la température de l'air) sont ressentis dans l'espace extérieur. Dans un espace très ouvert, seul l'effet de paroi fraîche (échange par rayonnement infrarouge) est ressenti, ce qui est déjà important car le corps humain est très sensible aux échanges infrarouges (cf. figure ci-contre).



Influence des façades végétalisées dans une rue canyon / Adapté de : *Impacts du végétal en ville*, Plante & Cité, 2014.



## ENCADRÉ : EFFETS THERMIQUES SELON LES TYPES DE FAÇADES VÉGÉTALISÉES

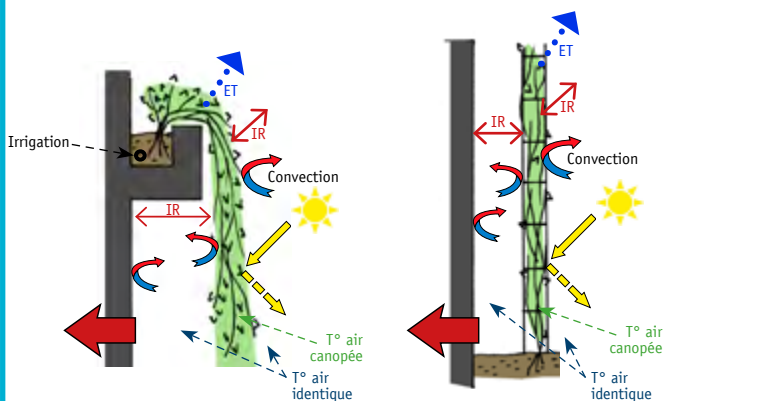


**Schémas 1 : dans le cas d'un mur de grimpantes ou de retombantes contre la paroi**

La couche de végétal :

- renferme une lame d'air captive → légère isolation thermique
- fait barrage au rayonnement solaire → protection solaire
- échange en infra-rouge (IR) avec les autres surfaces à la place de la paroi du bâtiment → moins de pertes infra-rouge
- Reste à température proche de l'air → perception d'une surface fraîche pour les passants

L'évapotranspiration (ET) combine l'évaporation du substrat s'il y en a, et la transpiration des plantes.



**Schémas 2 : dans le cas d'un mur de grimpantes ou de retombantes à distance**

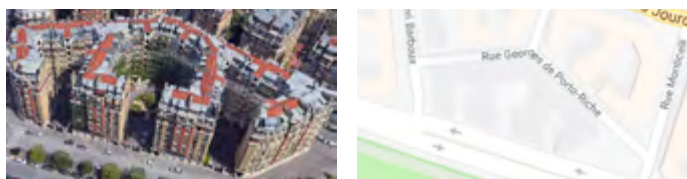
- pas d'isolation thermique du mur car l'air circule le long du mur
- protection solaire
- moins de pertes infra-rouge
- perception d'une surface fraîche pour les passants

**Schéma 3 : dans le cas d'un mur avec substrat irrigué**

- Par rapport à 1 : apport du substrat
- surface fraîche en permanence (inertie)
  - isolation thermique l'été (volume de sol long à monter en température)



## ILLUSTRATION DE L'AMÉLIORATION DU CONFORT THERMIQUE : ÉTUDE DE L'IMPACT DE LA VÉGÉTALISATION D'UN BÂTIMENT D'HABITAT À BON MARCHÉ (HBM 1924-1926)



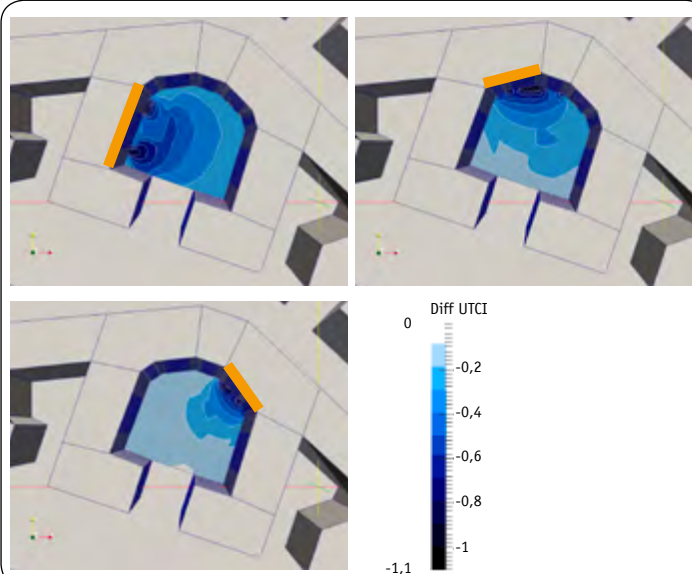
À gauche : photographie aérienne du bâtiment et de la façade / Google Earth 3D ; à droite : cartographie manuelle réalisée par l'APUR et implémentée avec ArcGIS.

L'étude a été réalisée par simulation avec le modèle Solene-microclimat à partir des hypothèses suivantes :

- mur de grimpantes sur paroi (Lierre et Vigne vierge) ;
- indice de surface foliaire : 1,75 ;
- épaisseur 30 cm.

Le bâtiment est non isolé et l'espace de la cour est confiné, ce qui permet d'évaluer l'apport du mur dans des conditions très favorables. Les simulations ont été réalisées sur la période de canicule de 2003.

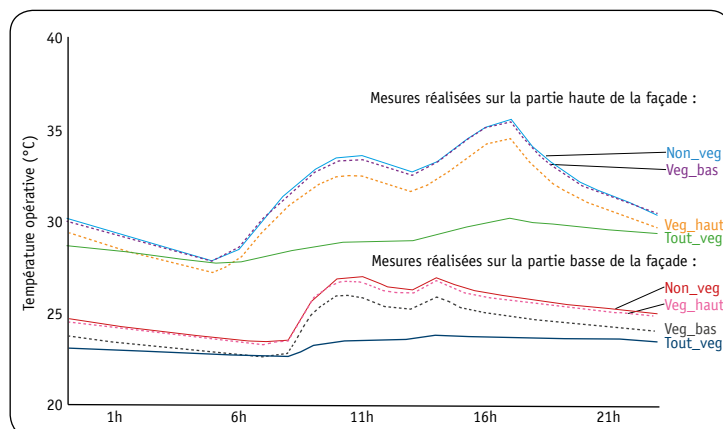
L'effet du mur a été comparé en fonction de l'orientation de la façade et des niveaux végétalisés (hauts pour des plantes descendantes ou bas pour des plantes grimpantes, ou encore toute la hauteur).



Effet des façades végétales selon leur positionnement sur la température perçue (effet sur le confort thermique) dans la cour.

**L'impact de la végétalisation des murs sur le confort thermique de la rue est précieux en ville dense. Les connaissances sur le confort intérieur doivent encore être affinées pour optimiser les systèmes, quantifier les économies d'énergie pouvant y être associées, et convaincre les promoteurs.**

L'effet est plus grand pour des surfaces qui reçoivent plus de soleil. La surface orientée sud-ouest a moins d'effet car elle reçoit moins d'ensoleillement que les deux autres façades.



Effet de la végétalisation totale ou partielle de la façade sur l'évolution de la température interne du bâtiment pendant une journée (Tout\_veg : toute la façade est végétalisée ; Non\_veg : la façade n'est pas végétalisée ; Veg\_haut : la façade est végétalisée sur sa partie haute ; Veg\_bas : la façade est végétalisée sur sa partie basse).

La végétalisation de la partie inférieure seule a un effet très faible sur les étages supérieurs, et inversement la végétalisation des étages supérieurs n'a pratiquement pas d'effet sur les étages inférieurs. La végétalisation d'une partie de la façade n'a qu'un faible effet direct sur cette même partie (environ 1 °C), mais une végétalisation totale de la façade permet d'abaisser la température en journée de tout le bâtiment, de 5 °C dans la partie supérieure du bâtiment, et de 2 à 3 °C dans sa partie inférieure.

## QUELQUES RÉFÉRENCES

MALYS Laurent, MUSY Marjorie, INARD Christian, 2014. A hydrothermal model to assess the impact of green walls on urban microclimate and building energy consumption. *Building and Environment*. Vol. 73, p. 187-197. [DOI 10.1016/j.buildenv.2013.12.012](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.12.012)

MUSY Marjorie. (coord. éd.). *Une ville verte : les rôles du végétal en ville*. Versailles : Éditions Quae. Collection {Synthèses}. Juin 2014. ISBN 978-2-7592-2171-4.

PÉREZ Gabriel, COMA Julià, MARTORELL Ingrid, CABEZA Luisa F., 2014. Vertical Greenery Systems (VGS) for energy saving in buildings: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 39, p. 139-165. [DOI 10.1016/j.rser.2014.07.055](https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.055)

POMMIER Guillaume, PROVENDIER Damien, GUTLEBEN Caroline et MUSY Marjorie, 2014. *Impact du végétal en ville. Fiches de synthèse* [en ligne]. Plante & Cité. Disponible à l'adresse : <https://www.plante-et-cite.fr>

# IMPLANTATION DE LA FLORE SPONTANÉE SUR LES SURFACES BÂTIES EN MILIEU URBAIN DENSE

L'observation de la végétation spontanée qui se développe sur les bâtiments et les trottoirs est porteuse d'enseignements pour la végétalisation des surfaces bâties.

## POUR DES SURFACES VÉGÉTALISÉES À EMPREINTE ÉCOLOGIQUE ET ÉCONOMIQUE RÉDUITE

Les continuités écologiques, ou corridors écologiques en milieu urbain dense sont essentiellement constitués par les jardins privés, les squares et parcs publics, et les arbres d'alignement. Depuis une vingtaine d'années les toitures et les façades végétalisées peuvent apporter une contribution croissante aux écosystèmes de la « rue corridor ». Ces modes de végétalisation sont tous plus ou moins dépendants de la main de l'homme. Leurs coûts d'installation et d'entretien s'avèrent parfois prohibitifs. **Les plantes spontanées qui s'immiscent dans les interstices de notre univers minéral ne coûtent rien alors qu'elles contribuent aussi aux continuités écologiques.** L'observation de leur fonctionnement permettra, à terme, d'améliorer leur intégration esthétique et écologique sur les surfaces bâties.

## DES CONFIGURATIONS BÂTIES PRIVILÉGIÉES POUR L'ACCUEIL DE LA FLORE SPONTANÉE

L'étude de la flore des rues n'en est qu'à ses débuts pour comprendre la façon dont les plantes s'installent et prospèrent sur le bâti. Le dièdre formé par le pied de mur et le trottoir ainsi que les joints entre matériaux de construction constituent des zones d'implantation privilégiées. De nombreux critères comme l'exposition à l'eau, au vent et au soleil, ou la proximité d'une réserve de biodiversité (grand parc, ou même jardin ou square), interviennent aussi dans la dynamique des colonisations spontanées. Impossible à hiérarchiser pour l'instant, ces critères s'articulent au cas par cas dans la relation de chaque espèce végétale à son support. La compréhension de ces fonctionnements implique de **considérer la plante comme un sujet vivant doté de fonctions propres, inscrit dans une temporalité spécifique.** C'est en adoptant cette posture, nouvelle pour beaucoup, qu'architectes et concepteurs pourraient, dans un futur proche, espérer végétaliser façades et toitures en bénéficiant davantage des dynamiques naturelles de la colonisation spontanée.

| Structure                                                        | Ambiance                                                                                                 | Localisation                                                                                      | Géométrie                                                                                                                                                        | Surface                                                                  |
|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| <b>Support</b><br>mur, bordure de trottoir, pied de poteau, etc. | <b>Orientation</b><br>nord, sud, est, ouest, zénith                                                      | <b>Hauteur</b><br>au sol, pied de mur, zone intermédiaire basse, zone intermédiaire haute, sommet | <b>Assiette</b><br>horizontale, verticale, inclinée                                                                                                              | <b>Texture</b><br>rugueux, moyennement rugueux, lisse                    |
| <b>Matériaux</b><br>acier, fonte, pierre, enduit sur béton, etc. | <b>Exposition au soleil</b><br>plein soleil, ombre portée partielle, mi-ombre, ombre                     | <b>Environnement immédiat</b><br>sur cour, sur rue                                                | <b>Relation géométrique</b><br>intersection plane, intersection entre une surface horizontale et une surface verticale, intersection entre 2 surfaces verticales | <b>Topographie</b><br>porosité intrinsèque, joints, fissures             |
|                                                                  | <b>Exposition au vent</b><br>venté, non venté                                                            | <b>Contraintes anthropiques directes</b><br>piétinement, gestion                                  |                                                                                                                                                                  | <b>Distance à la surface captante</b><br>en continuité, à distance mixte |
|                                                                  | <b>Exposition à l'eau</b><br>abrité, soumis aux précipitations, soumis au ruissellement, eaux stagnantes |                                                                                                   |                                                                                                                                                                  | <b>Accès à un substrat</b><br>maçonnerie, remblai, pleine terre          |

Critères généraux déterminant la capacité d'accueil de la flore spontanée sur le bâti / Xavier Lagurue et Flavie Mayrand (modifié de Jim, 2015).





Vue de la rue, orientation sud-ouest



*Parietaria judaica* L.



40 rue Crozatier, Paris XI<sup>e</sup>



Interprétation de l'enracinement

- ① eau de pluie ruisselant sur la façade et s'engouffrant dans la fissure
- ② pierre de taille
- ③ badigeon et mortier de ciment
- ④ moellon en pierre meulière
- ⑤ emprise racinaire supposée dans un joint effrité entre deux pierres, d'après Riedacker (1978), infiltration d'eau gravitaire et par capillarité

Enracinement de la Pariétaire sur pierre meulière / Xavier Lagurque et Maxime Rouesnel, XLGD architectures / Photos M. Rouesnel.

Les plantes spontanées ne demandent ni entretien, ni produit phytosanitaire. Espèces non ligneuses pour la plupart, elles n'ont généralement que peu d'effet sur les structures bâties. En revanche, l'esthétique qui les entoure demande à être travaillée pour sortir d'une image évoquant la ruine ou la négligence, afin d'exprimer de nouvelles valeurs écologiques.



## QUELQUES RÉFÉRENCES

DRÉNOU Christophe, 2006. *Les racines : face cachée des arbres*. Paris : Institut pour le développement forestier. ISBN 978-2-904740-92-3.

JIM Chi Yung, 2015. Greenwall classification and critical design-management assessments. *Ecological Engineering*. Vol. 77, p. 348-362.  
DOI 10.1016/j.ecoleng.2015.01.021

LISCI Marcello, MONTE Michela et PACINI Ettore, 2003. Lichens and higher plants on stone: a review. *International Biodeterioration & Biodegradation*. Vol. 51, n° 1, p. 1-17. DOI 10.1016/S0964-8305(02)00071-9

MACHON Nathalie, MOTARD Eric et DEPRAETERE Marion, 2012. *Sauvages de ma rue: Guide des plantes sauvages des villes de France*. Parigi : Le passage. ISBN 978-2-84742-187-3.

MNHN, MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE et TELA BOTANICA, 2010. *Sauvages de ma rue* [en ligne]. MNHN. [Consulté le 13 février 2018]. Disponible à l'adresse : <http://sauvagesdemarue.mnhn.fr/>

# MESURES RÉGLEMENTAIRES, INCITATIVES ET DISSUASIVES APPLICABLES AUX MURS VÉGÉTALISÉS À PARIS

La végétalisation des façades est encouragée par l'Etat, et de plus en plus par les collectivités. Pourtant, les aspects techniques et pratiques n'ont pas encore été suffisamment pris en compte par le législateur. Ces incohérences dans la loi ou sur le terrain mènent souvent à des impasses. État des lieux de quelques-unes de ces contradictions sur le territoire parisien.

À l'interface entre un espace végétalisé et un mur, les façades végétalisées, qui plus est en ville, se retrouvent soumises aux réglementations applicables à divers domaines : codes (de la construction, de l'urbanisme, du travail, de l'environnement, etc.) mais aussi orientations et prescriptions du Plan local d'urbanisme (PLU ou PLUi), différentes règles professionnelles, sanitaires, ou de sécurité, etc. Ces documents n'ont pas les mêmes objectifs et semblent irrécconciliables dans leurs effets. Or dans la pratique, le doute joue en défaveur d'un projet de végétalisation verticale.

Afin de dépasser ces barrières, il semble nécessaire de mettre d'abord en évidence les blocages. Cette fiche en présente les plus marquants. **Elle est issue d'une synthèse plus approfondie disponible sur le site [www.nature-en-ville.com](http://www.nature-en-ville.com) : « Contexte réglementaire favorisant ou limitant l'installation et le maintien de murs végétalisés à Paris - Mise en évidence des points d'incohérence »** (Xavier Lagurgue, 2017), où l'on trouvera également les références des textes et documents mentionnés.

## CONTRADICTIONS RELATIVES À LA FAUNE SAUVAGE ET À LA BIODIVERSITÉ

En faveur de la végétalisation des façades

Texte et documents favorables n'entrant pas en contradiction directe avec d'autres mesures réglementaires

Grenelles de l'environnement 1 et 2

Stratégie nationale pour la biodiversité (SNB)

Schéma régional de cohérence écologique (SRCE)

Art. L-371-1 du Code de l'environnement : **Préservation de la biodiversité, Trames vertes et bleues**

Charte régionale de la biodiversité d'Île-de-France

Charte "Objectif 100 hectares" de la Marie de Paris

Cahier des recommandations environnementales du PLU de Paris

Art. L-371-2 du Code de l'environnement : **Continuités écologiques**

Plan biodiversité de Paris  
Action 9 : **Accueil de la biodiversité sur le bâti**

En défaveur de la végétalisation des façades

Art. 119 du Règlement sanitaire départemental de Paris : **Eviter l'introduction de rongeurs**

Art. 37 du Règlement sanitaire départemental de Paris : **Ne pas laisser proliférer les insectes et leurs larves**

Art. 26 du Règlement sanitaire départemental de Paris : **Interdiction d'attirer systématiquement les animaux**



## CONTRADICTIONS RELATIVES À LA GESTION SANITAIRE DU BÂTIMENT

En faveur de la végétalisation des façades

En défaveur de la végétalisation des façades

Art. L. 111-6-2, R111-50-2 et R\*123-20-1 du Code de l'urbanisme  
**Le permis de construire ou d'aménager ne peut s'opposer à l'utilisation de végétaux en façade**  
en tant que matériaux ou « procédé de construction permettant d'éviter l'émission de gaz à effet de serre, à l'installation de dispositifs favorisant la retenue des eaux pluviales ou la production d'énergie renouvelable »

Art. UG. 11.1.1 2° du PLU de Paris :  
**Recommande la végétalisation des pignons, balcons, loggias**

Art. 23-1 du Règlement sanitaire départemental de Paris :  
**Eviter les sources d'humidité**

Art. 119 du Règlement sanitaire départemental de Paris :  
**Eviter l'introduction de rongeurs**

## CONTRADICTIONS RELATIVES AU CONFORT (AU NIVEAU DU BÂTIMENT ET À L'EXTÉRIEUR)

En faveur de la végétalisation des façades

En défaveur de la végétalisation des façades

Texte et documents favorables n'entrant pas en contradiction directe avec d'autres mesures réglementaires

Plan Climat de la ville de Paris

Art. L-221-1 du Code de l'environnement :  
**Qualité de l'air**

Le Livre Bleu de la Ville de Paris, 2012  
**Utiliser des végétaux pour baisser la température en ville**

Information technique des assurances (MAF) T18 – février 2013  
**Confort d'été**

Art. 23-1 du Règlement sanitaire départemental de Paris :  
**Eviter les sources d'humidité**

## CONTRADICTIONS RELATIVES À L'OBLIGATION D'ENTRETIEN POUR MAINTENIR LA SÉCURITÉ DES BIENS ET DES PERSONNES

En faveur de la végétalisation des façades

En défaveur de la végétalisation des façades

Art. UG. 11.1.1 2° du PLU de Paris :  
**Recommande la végétalisation des pignons, balcons, loggias**

Art. 14B. CF 60 min. Réglementation relative aux façades des établissements recevant du public (ERP) et bâtiments d'habitation – Arrêté du 31 janvier 1986.  
**Durée coupe-feu 60 minutes**

\* La végétalisation de façade considérée comme décoration entre dans les catégories « moyennement inflammable » voire « inflammable ». Au regard des assurances, la durée coupe-feu constatée s'entend pour une végétalisation en bon état, ce qui oblige à la souscription d'un contrat d'entretien.



## CONTRADICTIONS RELATIVES AUX FAÇADES DONNANT SUR L'ESPACE PUBLIC

En faveur de la végétalisation des façades

Texte et documents favorables n'entrant pas en contradiction directe avec d'autres mesures réglementaires

Art. UG. 11.2.1 et UG 11.2.2 du PLU de Paris :  
**Construction de saillies autorisées pour permettre la végétalisation**

Art. UG. 6.1 du PLU de Paris :  
**Autorisation de retrait par rapport à la voie afin d'enraciner les plantes dans l'optique d'une végétalisation de la façade**

\* La « propreté » : est une notion ambiguë, qui peut jouer pour ou contre la végétalisation

Art. L. 111-6-2, R111-50-2 et R\*123-20-1 du Code de l'urbanisme  
**Le permis de construire ou d'aménager ne peut s'opposer à l'utilisation de végétaux en façade**  
en tant que matériaux ou « procédé de construction permettant d'éviter l'émission de gaz à effet de serre, à l'installation de dispositifs favorisant la retenue des eaux pluviales ou la production d'énergie renouvelable »

Art. L-132-1 du Code de la construction :  
**Aucune obligation de ravalement tant que la façade est tenue en « bon état de propreté »**

Art. UG. 11.1.1 2° du PLU de Paris :  
**Recommande la végétalisation des pignons, balcons, loggias**

En défaveur de la végétalisation des façades

Art. L-132-1 du Code de la construction :  
**Obligation de ravalement de façade au moins une fois tous les 10 ans sur injonction par l'autorité municipale**

Art. 23-4 du Règlement sanitaire départemental de Paris :  
**Propreté des façades**

Art. 26 du Règlement sanitaire départemental de Paris :  
**Interdiction d'attirer systématiquement les animaux**

Art. UG. 11.1.5 du PLU de Paris :  
**Ravalement afin d'améliorer l'état sanitaire et l'aspect extérieur**

## CONTRADICTIONS RELATIVES À LA VOLONTÉ DE PRÉSERVATION DU PATRIMOINE

En faveur de la végétalisation des façades

Texte et documents favorables n'entrant pas en contradiction directe avec d'autres mesures réglementaires

Charte "Objectif 100 hectares" de la Marie de Paris

Art. UG. 11.1.1 2° du PLU de Paris :  
**Recommande la végétalisation des pignons, balcons, loggias**

En défaveur de la végétalisation des façades

Art. L-621-25 et L.43-2-1 du Code du patrimoine :  
**Protection du patrimoine et de son environnement urbain**  
Aucune modification ne peut être apportée à un monument classé, ni aux abords visibles (périmètre 500 m)

## DIFFICULTÉS RELATIVES À LA MITOYENNETÉ

En faveur de la végétalisation des façades

Art. UG. 11.1.1 2° du PLU de Paris :  
**Recommande la végétalisation des pignons, balcons, loggias**

En défaveur de la végétalisation des façades

Art. L.671 du Code Civil:  
**Mitoyenneté**

\* Si le mur est mitoyen, un accord entre les voisins propriétaires est nécessaire (et souvent accordé). S'il n'est pas mitoyen (ce que demande le PLU à Paris), le propriétaire seul a le droit d'y appuyer des espaliers.

# PROTOTYPES INNOVANTS ET PERSPECTIVES DE VÉGÉTALISATION

La végétalisation des murs fait l'objet d'expérimentations nombreuses et productives, pas toujours appuyées sur des connaissances nouvelles. Une recherche d'innovations à l'échelle du bâti a été tentée dans ECOVILLE en même temps qu'une approche des potentialités et caractéristiques des situations.



# SPATIALISATION DE LA VÉGÉTALISATION VERTICALE ET POTENTIELS POUR SON DÉVELOPPEMENT

L'Atelier parisien d'urbanisme (Apur) a évalué la surface de murs végétalisés de Paris, leur localisation, et estimé les possibilités de végétalisation future des murs.

## CARTOGRAPHIER LA VÉGÉTALISATION VERTICALE DANS L'ESPACE

À partir du plan du bâti à Paris réalisé par l'Apur, une cartographie générale des murs végétalisés existants a été construite rue par rue grâce aux avancées de la technologie « Google Earth ». Ce repérage a dû être complété par un travail de terrain ponctuel. La cartographie des murs végétalisés obtenue couvre tout le territoire de la ville et comprend une évaluation des surfaces végétalisées. En parallèle, entretiens et enquêtes de terrain auprès des syndicats, bailleurs et propriétaires ont permis de faire le lien entre les résultats cartographiques et des paramètres comme les contraintes de gestion des murs.

On recense **30 hectares de murs végétalisés à Paris**. Ces murs sont pour l'essentiel des plantes grimpantes : vignes ou lierres. La répartition géographique des murs végétalisés dans Paris est inégale. **Les arrondissements les plus denses en végétation verticale sont les 4<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> arrondissements** de Paris, notamment au sein des hôtels particuliers (Périmètre du Plan de sauvegarde et de mise en valeur, PSMV du Marais). Viennent ensuite les 7<sup>e</sup>, 11<sup>e</sup>, 16<sup>e</sup> et 20<sup>e</sup> arrondissements.

La végétation verticale est présente dans certaines typologies urbaines plutôt que d'autres. Les hôtels particuliers et les villas sont particulièrement propices à l'existence du végétal. A l'inverse les lotissements haussmanniens, particulièrement denses, hébergent peu de végétation verticale. L'optimisation foncière y est telle que peu de place est laissée aux murs aveugles et aux cours ouvertes. Enfin, les parcelles mitoyennes loties selon des époques de constructions différentes, relevant de règlements différents, peuvent faire apparaître de vastes murs aveugles particulièrement adaptés à la végétalisation verticale.



Mur végétal, rue Georges Eastmann 13<sup>e</sup> arrondissement de Paris.

La végétation des murs concerne principalement les cœurs d'îlots : 96 % et **très peu les façades donnant sur l'espace public** : 4 %. Les acteurs de l'habitat font ressortir que la végétation verticale, contrairement à une idée reçue, ne dégrade pas le bâti ancien si elle est taillée régulièrement de façon à ne pas envahir la toiture. Elle est malheureusement trop souvent arrachée lors de ravalements.

## QUEL POTENTIEL DE VÉGÉTALISATION VERTICALE POUR PARIS ?

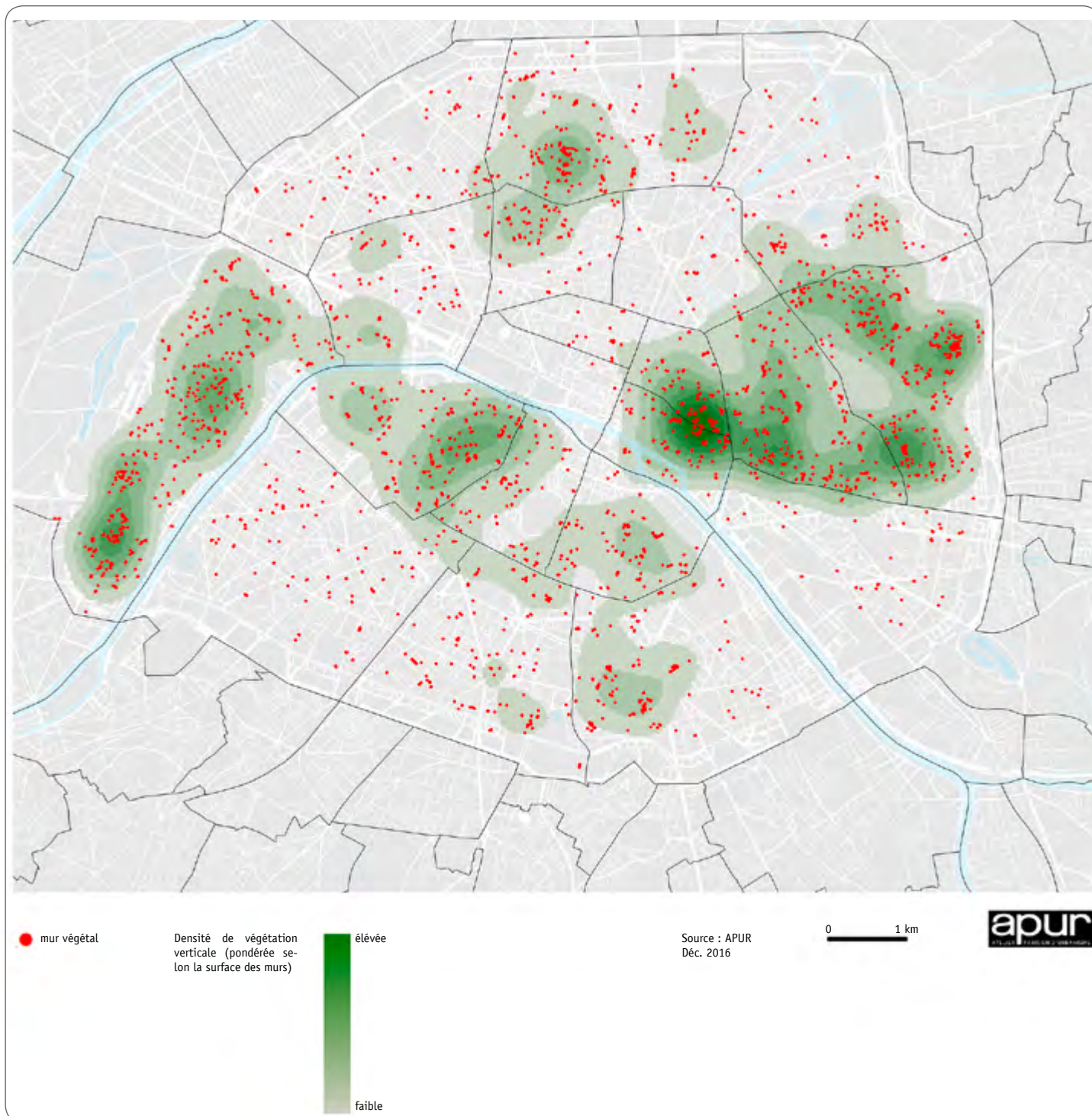
Les surfaces cumulées des murs de Paris avoisinent les 10 600 ha, déduction faite des surfaces de baies. Quelle part pourrait être investie dans le cadre du développement de la trame verte ? Un algorithme a été créé afin de différencier les types de murs : façades sur rue, sur cour ; pignons sur rue, sur parcelle ; héberges (surface supérieure du mur mitoyen le plus haut). Le potentiel d'accueil de la végétation verticale peut se décliner en deux familles, les potentiels donnant sur l'espace public et ceux donnant sur l'espace privé.

- En espace public, les façades sur rue, généralement percées de baies, représentent un total de 1 946 ha. À ce chiffre il convient d'ajouter 14,4 ha pour les retraits d'alignement (murs aveugles).
- En espace privé, les façades sur cour (percées de baies) représentent 4 117 ha, les pignons donnant sur les cours 938,8 ha et les héberges 542,9 ha.



Vue aérienne d'une cour végétalisée rue Chamoinesse 4<sup>e</sup> arrondissement de Paris.





Cartographie de la végétalisation verticale à Paris / ©Apur.

L'ampleur de la végétalisation future dépendra surtout de la motivation des habitants et de leur conviction du bien être qu'elle procure. Ces résultats montrent déjà que la peur de dégrader le patrimoine bâti en le végétalisant était une idée fausse et que la nature, au contraire, y avait toute sa place.



## QUELQUES RÉFÉRENCES

BIGORGNE Julien, 2017. *Recensement des murs végétaux parisiens : cartographie et typologies* [en ligne]. Atelier parisien d'urbanisme (APUR). Disponible à l'adresse : <https://www.apur.org>

# VERS DES MURS MODULAIRES DURABLES ET RÉSILIENTS POUR ENSAUVAGER LA VILLE

Les murs végétalisés modulaires souffrent encore d'un manque de durabilité environnementale et économique. La révision des systèmes existants s'impose, et appelle la conception de nouveaux prototypes inscrits dans une démarche vertueuse.

## ENTRETIEN ET APPRÉCIATIONS : DES PARTIS PRIS FONDAMENTAUX

De nombreux freins existent à la démocratisation des murs modulaires végétalisés dans les projets de construction ou de rénovation du bâti : les insatisfactions sur des réalisations antérieures ; des systèmes à la technicité mal maîtrisée ; un investissement initial et un coût de maintenance demeurant lourds et principalement à la charge des porteurs de projets. En phase d'exploitation, la pérennité des murs est conditionnée par une gestion simplifiée, une perception positive, et par l'apport de bénéfices réels.

L'enjeu pour les ingénieurs est de traduire les attentes des parties impliquées dans un projet de végétalisation verticale (commanditaires, architectes, paysagistes, gestionnaires, usagers) de manière technique et opérationnelle : réduire les coûts et simplifier les systèmes, en limiter l'entretien et maximiser leurs bénéfices.

## PREMIERS PAS VERS LA DURABILITÉ

Différentes stratégies permettent de réduire l'empreinte écologique des supports, des modules et de l'alimentation en eau :

- utiliser peu de matériaux, aux bilans environnementaux bas : approvisionnement local, en matériaux recyclés à durée de vie élevée, ou issus de procédés de transformation peu consommateurs de ressources et peu polluants ;
- revisiter le design des modules : peu de composants pour diminuer jointures et pertes d'eau (par évaporation ou ruissellement), et diminuer les risques de dysfonctionnements ;
- réduire l'irrigation et valoriser les excédents en eau: conception de circuits fermés, restitution en pleine terre, captation des eaux de pluie ou de rosée au niveau de chaque module ainsi qu'en sommet de mur. Lorsque les modules communiquent par leur substrat, les plantes s'enracinent plus facilement et exploitent davantage la ressource.

| Entretien                                 | Objectifs                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                           | Eau                                                                                                                        | Consommation faible, variable et ajustable<br>Limiter les pertes (évapotranspiration, fuites, lixiviation des éléments nutritifs)<br>Sources d'approvisionnement multiples : réseaux d'eau, précipitations                                |
|                                           | Support                                                                                                                    | Pas d'intervention après montage (pas de remplacement de composants)                                                                                                                                                                      |
|                                           | Couvert végétal                                                                                                            | Remplacement de plantes exceptionnel<br>Fauche, taille ou ramassage des déchets verts limités (maximum 2 passages par an)<br>Pas de produits phytosanitaires                                                                              |
|                                           | Substrat                                                                                                                   | Fertiliser à la mise en place du mur uniquement, sans engrais de synthèse<br>Pas de recharge en substrat ni fertilisant<br>Conformité NF U44-551 pour les supports de culture et substrats                                                |
| Appréciations et conditions d'acceptation | Objectifs                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                           |
|                                           | Esthétique                                                                                                                 | Couvert végétal coloré, variations saisonnières et intra-annuelles de teintes<br>Evolution du recouvrement végétal suivant les saisons et les années<br>Contenant esthétique même quand le recouvrement par les plantes est partiel       |
|                                           | Empreinte écologique                                                                                                       | Réduction de l'impact environnemental dès la fabrication<br>Compensation des impacts non réductibles par le fonctionnement du système                                                                                                     |
|                                           | Simplicité technique et démocratisation                                                                                    | Elevées<br>Compétences techniques peu spécialisées pour l'entretien (prise en charge possible par des acteurs différents de l'entreprise ayant installé les ouvrages)<br>Système utilisable à la fois en rénovation et construction neuve |
| Durabilité économique                     | Rentabilité économique maximale : coûts énergétiques compensés par l'amélioration du confort thermique interne du bâtiment |                                                                                                                                                                                                                                           |
|                                           | Investissement initial faible ainsi qu'en phase d'exploitation                                                             |                                                                                                                                                                                                                                           |

Des choix ambitieux peuvent être faits pour la conception de nouveaux murs modulaires végétalisés, avec comme partis pris de départ l'esthétique, les services rendus et une empreinte environnementale réduite.

## AUTONOMIE ET RÉSILIENCE DES SYSTÈMES : LA BIODIVERSITÉ COMME OUTIL

Pour accroître la résistance et la résilience des systèmes, un changement de paradigme est nécessaire : **ne plus considérer le mur végétalisé** comme un objet de verdissement isolé mais **comme une composante de l'écosystème urbain**. Les conséquences pour les ingénieurs sont majeures : **concevoir des ouvrages esthétiques, adaptables selon les projets, dont le fonctionnement reproduit localement les processus écologiques, tout en interagissant avec les autres espaces verts urbains**.

**Reproduire un sol véritable** abritant une diversité de microorganismes est primordial. Laisser libre cours (même partielle) à la dégradation spontanée des plantes favorise la vie biologique du substrat tout en le fertilisant à moindre coût. Si l'utilisation de déchets verts produits localement est maîtrisée pour composer la fraction organique à la livraison des systèmes, des recherches sont encore nécessaires pour élaborer la fraction minérale à partir de déchets urbains (de construction par exemple).

Pour remplir les objectifs de fonctionnalité écologique, de durabilité, et de réduction de l'entretien, on cherchera aussi à

**faire coexister un nombre élevé d'espèces végétales** (semées, plantées mais aussi spontanées), des strates différentes (arbustives, herbacées, muscinales), **adaptées aux conditions climatiques et microclimatiques locales** (température, humidité, lumière, vent). Les habitats semi-naturels locaux, aux caractéristiques écologiques proches de celles des façades, seront des modèles pertinents pour composer les cortèges ; ce sont principalement des milieux pauvres en nutriments. **Choisir des plantes aux enracinements divers** (superficiel, pivotant) permettra de limiter la compétition pour les ressources au sein du couvert végétal. Réaliser les travaux d'installation à l'automne (semis en place pour les herbacées, plantations pour les arbustes) augmentera les chances de reprise et la résistance au stress estival. **La complémentarité des périodes de floraison et la coexistence d'espèces vivaces et annuelles assureront l'évolution saisonnière et annuelle de l'esthétique**, évitant l'effet « mur nu ». La faune (faune du sol, pollinisateurs, macrofaune) et la flore spontanées y trouveront un refuge, un habitat, ou une ressource alimentaire. Ainsi, ces nouveaux murs accueilleront la biodiversité localement, mais interagiront aussi avec les parcs, arbres d'alignement, balcons végétalisés, en tant que véritables corridors écologiques (trame verte et brune). La possibilité s'ouvre de désenclaver les toitures végétalisées en aménageant le continuum sol-toiture pour différentes espèces.

### ZOOM SUR LE SYSTÈME VEGO® (TOPAGER)

Dans le système VEGO®, les modules sont superposés en fonction de l'esthétique finale souhaitée. Grâce à l'absence de fond au sein de chaque unité, le substrat déposé aménage une colonne de sol verticale continue depuis le pied du mur jusqu'à son sommet, et alimentée en eau en tête de mur (précipitations ou système d'irrigation plus classique). Les semis de graines et les plantations de mottes sont réalisés en tête de mur et au niveau de gouttières qui collectent l'eau et les graines nécessaires à la régénération du couvert végétal.

Grâce à la continuité du « sol vertical », le système VEGO® est une proposition de continuité écologique verticale en ville dense. Il est également adapté à la culture de comestibles (aromatiques, jeunes pousses, fleurs comestibles).

En haut et en bas à g. : le couvert végétal 10 mois après le semis ; les sommets de murs à différentes hauteurs au sein d'un même ouvrage garantissent une adaptabilité du système.

En bas à d. : grâce à l'irrigation ponctuelle et aux pluies, les espèces semées se développent au sommet de l'ouvrage mais également au niveau des gouttières.  
© TOPAGER.



**Le respect des cycles biologiques et le temps incompressible nécessaire à la croissance des plantes proposent aux usagers de changer de regard : les murs végétalisés deviennent de véritables habitats pour la biodiversité plutôt que de simples espaces de verdissement permanent et fortement gérés.**



### QUELQUES RÉFÉRENCES

PLANTE & CITÉ, 2017. *Floriscope : Connaître et trouver des plantes pour les jardins et les espaces verts*. [en ligne]. [Consulté le 13 février 2018]. Disponible à l'adresse : <https://www.floriscope.io>

RILEY Benjamin, 2017. The state of the art of living walls: Lessons learned. *Building and Environment*. 2017. Vol. 114, p. 219-232. DOI [10.1016/j.buildenv.2016.12.016](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.12.016)



# UN EXEMPLE DE DISPOSITIF ORIGINAL DE VÉGÉTALISATION VERTICALE PARTICIPATIVE

Si végétaliser les façades d'un bâtiment semble complexe et coûteux, démarrer sur une échelle bien plus petite peut être un premier pas important.

## QUEL SERAIT LE MUR VÉGÉTAL LE PLUS ÉCONOMIQUE ?

Deux types de techniques existent actuellement pour végétaliser les murs des bâtiments : des plantes grimpantes enracinées en pleine terre, et des cultures hors sol (en pots, jardinières, sur feutre ou modules de substrat). Les premières sont économiques mais relativement pauvres en diversité végétale et peuvent varier esthétiquement. Les secondes majorent ces aspects, mais leurs coûts d'installation et d'entretien sont parfois trop importants pour permettre une large diffusion. L'enjeu pour la végétalisation verticale consiste ainsi en la mise au point de dispositifs économiques qui soient esthétiques et potentiellement riches en biodiversité.

Trois objectifs sont proposés :

- **Participer à relayer la biodiversité urbaine.** Dans le contexte de l'effondrement de la biodiversité, il faut renforcer les connectivités urbaines et imaginer des solutions qui permettent une plus grande richesse végétale.
- **Participer à la lutte contre les îlots de chaleur.** Dans le contexte du changement climatique et de son impact sur la température urbaine, il est primordial d'inventer des dispositifs qui permettent de diminuer la chaleur ressentie au niveau de la rue. L'ombre portée sur le mur, l'évaporation de l'eau de pluie et la transpiration des plantes atténuent localement le transfert de chaleur renvoyé par les surfaces minérales.
- **Retenir les eaux pluviales.** Alors qu'à Paris comme dans d'autres grandes villes, un Plan Pluie se met en place, il faut saisir cette occasion pour que les nouveaux systèmes de végétalisation verticale puissent être intégrés dans ces réflexions. Le but est de retenir tout ou partie des eaux de pluies issues de la toiture pour les maintenir sur le site et éviter ainsi d'engorger réseaux, et territoires en aval.

## DE L'IDÉE À L'EXPÉRIMENTATION : LE DAUPHIN VERT® XLGD ARCHITECTURES

Le "Dauphin Vert" est un panneau destiné à végétaliser le pied de façade. Il se branche sur la descente d'eau pluviale à la place du dauphin en fonte qui relie la gouttière au trottoir. C'est une expérience de végétalisation hors sol dans laquelle tous les postes onéreux ont été réduits ou supprimés : les coûts d'installation sont ramenés au minimum grâce à la taille du panneau qui s'assemble sur place en une demi-journée, sans engin de levage. Les plantations et semences sont le fait des habitants pour qui le "Dauphin Vert" devient un totem végétal. Il participe au bien vivre ensemble de l'immeuble. L'arrosage se fait par la récupération des eaux de pluie et grâce à l'entretien par les riverains. L'objet de l'expérience est de tester le fonctionnement de l'anthropo-écosystème constitué par le dispositif de végétalisation hors sol et par les habitants d'un immeuble en milieu urbain dense. Ainsi, la diversité végétale urbaine est liée tant à l'activité des riverains qu'à la diversité humaine dans son implication et ses envies.

Fin 2017, trois sites d'expérimentation ont été équipés à Paris : au 90 boulevard Ménilmontant, au 18 rue des Cendriers, et au 43 rue Buffon, dans l'enceinte du Muséum national d'histoire naturelle.

- Le "Dauphin Vert" permet de retenir une partie des eaux pluviales. Un tel dispositif de 2 m<sup>2</sup> serait capable de retenir jusqu'à 50 % des eaux issues d'une pluie d'intensité moyenne de 5 mm/h.
- Le "Dauphin Vert" crée une impression de fraîcheur au niveau du piéton.
- La diversité floristique mesurée (plantée et spontanée) à la fin de l'été 2017, après deux mois de pousse, est supérieure à 20 espèces /m<sup>2</sup>.



© X. Laguerre



© X. Laguerre

Le " Dauphin Vert " (Paris), planté d'ornementales et d'aromatiques, septembre 2017.

**Au même titre que les pieds d'arbre végétalisés, chaque espace vertical planté compte dans l'avancée de la biodiversité urbaine.**



## QUELQUES RÉFÉRENCES

EKOPOLIS, 2017. Végétaliser le bâti existant, pourquoi et comment ? *Réhabi(li)ter Saison 5*. Séminaire, Paris, 5 décembre 2017.  
Disponible à l'adresse : <http://www.ekopolis.fr>

Agence d'architecture XLGD et associés. 2017. *Système de mur végétalisé*. Brevet soumis n°1000 422673.

XLGD ARCHITECTURE, 2017. *Dauphin Vert*. page Facebook du projet [en ligne]. [Consulté le 14 mars 2018].  
Disponible à l'adresse : <https://www.facebook.com/dauphin.vert>

## QUELLES GRIMPANTES POUR NOS MURS ?

L'ambition d'accueillir plus de biodiversité sur les murs de plantes grimpantes et de dépasser un simple verdissement peut aussi s'orienter vers le choix de planter des espèces spontanées. Nos forêts, nos haies et nos falaises accueillent plusieurs de ces plantes avec lesquelles on peut végétaliser nos bâtiments.

Afin d'avoir des écosystèmes plus fonctionnels et autonomes, il est nécessaire de bien réfléchir au choix des espèces à faire grimper sur les murs en fonction des conditions locales et des types de supports possibles. Au-delà des Glycines et autres Jasmins, il faut pouvoir proposer d'autres plantes pour diversifier les cortèges végétaux et mieux répondre aux diverses contraintes et attentes. Les espèces grimpantes de la région considérée, indigènes ou naturalisées, peuvent participer à élargir les possibilités. Les choix pourront alors s'enrichir aussi des envies des usagers, plus ou moins sensibles à l'abondance de baies comestibles, de fleurs parfumées, d'un feuillage persistant

en hiver, à l'apparition des pollinisateurs, araignées, oiseaux, que l'installation de cette flore est susceptible d'entraîner. Une première liste non exhaustive de plantes (espèces grimpantes vivaces rencontrées en Europe de l'ouest) est proposée ici. Certaines ont des crampons, d'autres sont dotées de vrilles ou encore de simples crochets épineux. Des tests sont en cours sur plusieurs murs parisiens pour comprendre leurs comportements en conditions urbaines. Pour les plus prometteuses, il faudra alors chercher les conditions d'itinéraires culturels adaptés pour produire et maintenir chaque plante.

|             | Feuillage persistant ou semi-persistant                                                                                                                                                                                                       | Feuillage caduc                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| De 1 à 5 m  | Rosier pimprenelle / Églantier de l'Aveyron ( <i>Rosa X cavinicacensis</i> )<br>Garance voyageuse ( <i>Rubia peregrina</i> )<br>Églantier sauvage / Rosier des chiens ( <i>Rosa canina</i> )<br>Clématite creuse ( <i>Clematis cirrhosa</i> ) | Ronce bleuâtre ( <i>Rubus caesius</i> )<br>Rosier bleu cendré ( <i>Rosa caesia</i> )<br>Églantier odorant ( <i>Rosa rubiginosa</i> )<br>Douce-amère ( <i>Solanum dulcamara</i> )<br>Gesse des bois ( <i>Lathyrus sylvestris</i> )<br>Chèvrefeuille d'Etrurie ( <i>Lonicera etrusca</i> )<br>Liseron des haies ( <i>Convolvulus sepium</i> )<br>Framboisier ( <i>Rubus idaeus</i> )<br>Renouée des haies ( <i>Fallopia dumetorum</i> )<br>Rosier des haies ( <i>Rosa agrestis</i> )<br>Tamier ( <i>Dioscorea communis</i> )<br>Racine vierge / Bryone ( <i>Bryonia cretica</i> )<br>Clématite des Alpes ( <i>Clematis alpina</i> )<br>Églantier en corymbe ( <i>Rosa corymbifera</i> )<br>Rosier à style soudé ( <i>Rosa tomentosa</i> )<br>Ronce blanchâtre ( <i>Rubus canescens</i> )<br>Rosier des champs ( <i>Rosa arvensis</i> )<br>Rosier à feuille obtuse ( <i>Rosa obtusifolia</i> ) |
| De 5 à 10 m |                                                                                                                                                                                                                                               | Ronce à feuille d'Orme ( <i>Rubus ulmifolius</i> )<br>Ronce commune ( <i>Rubus fruticosus</i> )<br>Clématite odorante ( <i>Clematis flammula</i> )<br>Chèvrefeuille des bois ( <i>Lonicera periclymenum</i> )                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Plus de 10m | Lierre commun ( <i>Hedera helix</i> )                                                                                                                                                                                                         | Houblon commun ( <i>Humulus lupulus</i> )<br>Clématite des haies ( <i>Clematis vitalba</i> )                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |



*Rosa arvensis*



*Dioscorea communis*



*Rubus canescens*

Afin d'enrichir la liste des espèces à conseiller pour les murs de plantes grimpantes, le potentiel de certaines plantes spontanées représente une piste à explorer.



### QUELQUES RÉFÉRENCES

*Végétal local*. Marque collective portée par l'AFB (Agence française pour la biodiversité), le Conservatoire Botanique National Pyrénées Midi-Pyrénées, AFAC Agroforesteries et Plante & Cité. [en ligne]. [Consulté le 22 février 2018].  
Disponible à l'adresse : <http://www.fcbn.fr>



## DES RECHERCHES ENCORE À DÉVELOPPER

Les travaux qui ont été présentés ici sont originaux dans leurs questionnements comme dans leurs résultats. Ils doivent être poursuivis à la fois pour construire une réelle ingénierie écologique utilisable par les professionnels, mais aussi pour permettre un assemblage des différentes échelles d'intervention (de l'échelle de la plantation à l'échelle de la planification). Et déboucher ainsi sur un urbanisme écologique réalisable.

Le consortium a soulevé de nouvelles questions qui n'ont pas été rapportées ici. Par exemple, la création de communautés végétales (horticoles et sauvages) et les nouveaux rapports entre ces espèces qui peuvent alors se créer. Ou encore les travaux nécessaires sur le développement de nouveaux matériaux de construction



et sur les substrats. Enfin, bien évidemment, les rapports entre production (« agriculture urbaine ») et biodiversité.

Des outils et des financements existent (voir par exemple les publications récentes de Plante & Cité), des volontés s'affirment (voir par exemple les dernières enquêtes de l'UNEP), des besoins de recherche sont clairement identifiés (voir par exemple le tra-

vail sur la végétation du CVT ALLENI). Reste désormais aux concepteurs et aux décideurs à travailler des stratégies et des innovations capables de faire émerger une ville véritablement durable, où une biodiversité fonctionnelle complète un verdissement déjà à l'œuvre.

### ET L'AGRICULTURE URBAINE ?

Les plantations d'espèces comestibles ne faisaient pas partie du programme de recherche, mais le sujet de l'agriculture urbaine a été souvent discuté par les partenaires, même si certains chercheurs désapprouvent l'utilisation de ce terme pour des pots de persil par exemple. Au vu de l'engouement de cette problématique notamment dans les très grandes villes, il est nécessaire de développer des recherches sur les fonctionnements biologiques des sols reconstitués ou sur les possibles associations de plantes comestibles et de plantes « sauvages » pour permettre à la fois une biodiversité fonctionnelle et une gestion réduite des productions. La problématique d'une permaculture en espace très contraint doit être plus sérieusement posée en espace urbain !



### QUELQUES RÉFÉRENCES

BOURGEOIS Oriane, 2016. *Ville & Nouvelles fonctions du végétal. Etude sectorielle* [en ligne]. CVT AllEnvi. Disponible à l'adresse : <http://www.cvt-allenvi.fr/publications>

LARRAMENDY Sandrine, Plante & Cité, 2018 [in press]. *Quelles politiques publiques et stratégies d'actions en faveur de la biodiversité pour les collectivités territoriales ?* INSET - CNFPT, Montpellier, 59p.

*Plante & Cité : Ingénierie de la nature en ville.* [en ligne]. [Consulté le 26 mars 2018]. Disponible à l'adresse : <https://www.plante-et-cite.fr>

UNEP Les entreprises du paysage, IFOP Institut français d'opinion publique, 2016. *Ville en vert, ville en vie : un nouveau modèle de société. Enquête 2016 Unep-Ifop* [en ligne]. UNEP. [Consulté le 6 mars 2018]. Disponible à l'adresse : <http://www.lesentreprisesdupaysage.fr>





Maison du Végétal  
26 rue Jean Dixméras  
49000 Angers  
02 41 72 17 37

ÉDITÉ PAR :  
**Plante & Cité**  
Ingénierie de la nature *en ville*

Consultez toutes nos ressources sur  
[www.plante-et-cite.fr](http://www.plante-et-cite.fr)