

BIODIVERSITÉ

Mai 2021 • www.institutparisregion.fr

LES TOITURES VÉGÉTALISÉES : UNE ÉVALUATION DES BÉNÉFICES ÉCOLOGIQUES EN ÎLE-DE-FRANCE

36

TOITURES ÉTUDIÉES

400

ESPÈCES DE PLANTES

611

ESPÈCES D'INVERTÉBRÉS RECENSÉES

ENTRE 2017 ET 2019, L'AGENCE RÉGIONALE DE LA BIODIVERSITÉ (ARB ÎDF) ET SES PARTENAIRES ONT ÉTUDIÉ 36 TOITURES VÉGÉTALISÉES EN ÎLE-DE-FRANCE, AFIN DE MIEUX COMPRENDRE LES BÉNÉFICES APPORTÉS PAR CES NOUVEAUX ÉCOSYSTÈMES URBAINS. ACCUEIL DE LA BIODIVERSITÉ, RÉTENTION D'EAU ET RAFRAÎCHISSEMENT SONT AUTANT DE SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES ÉVALUÉS SUR LES PRINCIPAUX TYPES DE TOITURES VÉGÉTALISÉES.

L'existence des toitures végétalisées remonte à plusieurs milliers d'années, notamment dans les pays nordiques. En France, leur développement s'est accéléré depuis les années 2000, avec l'essor des politiques de nature en ville. Ces dernières intéressent les aménageurs et les architectes, comme un moyen de rendre la ville plus hospitalière au vivant. Dans un contexte de changement climatique, la végétalisation du bâti apparaît comme l'un des leviers pour adapter les secteurs urbains denses, très minéralisés, à ses conséquences (îlot de chaleur, gestion de l'eau de pluie...). La majorité d'entre elles sont des toitures extensives, largement plébiscitées en raison de leur légèreté, de leur facilité d'installation et du peu d'entretien requis. Depuis, d'autres formes de végétalisation se sont développées et diversifiées grâce aux apports de l'écologie urbaine. Les toitures végétalisées demeurent un objet d'étude récent, et des incertitudes persistent sur leur capacité à répondre aux multiples enjeux environnementaux.

Menée de 2017 à 2019, l'étude « GROOVES » (pour Green ROOFS Verified Ecosystem Services ou « Évaluation des services écosystémiques des toits végétalisés ») a sélectionné 36 toitures sur le territoire de Paris et de la petite couronne. Elles sont identifiées selon trois catégories distinguées par la profession, en fonction principalement de la profondeur du substrat : 18 toitures extensives (entre 0 et 15 cm), 6 semi-intensives (entre 15 et 30 cm), 8 intensives (au-delà de 30 cm) et 4 toitures *wildroof*, une quatrième catégorie qui correspond à des toitures non plantées, où pousse une flore spontanée. Cette étude a également permis d'évaluer plusieurs paramètres, comme la flore, la faune, les mycorhizes (champignons), les bactéries du sol et d'autres fonctions écologiques. Ce travail vise à apporter de nouvelles connaissances scientifiques et à éclairer les gestionnaires sur leurs choix de conception et de gestion.



En couverture

Cette toiture intensive dans une résidence Paris Habitat, près de la place de la République, montrant plusieurs strates de végétation, est l'une des plus rétentrices en eau, avec une capacité de près de 178 L/m².

LES PROTOCOLES DE L'ÉTUDE « GROOVES »

Pendant trois ans, sur la période de mai à juillet, les naturalistes et écologues ont effectué différents protocoles d'évaluation de la biodiversité ou des services écosystémiques, intégrant plusieurs programmes de sciences participatives¹.

- **Flore vasculaire** (plantes à tiges, feuilles et racines) : Vigie-Flore, un relevé par an, dix quadrats par toiture
- **Bryophytes** (mousses et lichens) : inventaire exhaustif des espèces, un relevé sur les trois ans
- **Invertébrés** (insectes, araignées, mollusques, etc.) : chasse à vue en transect et filet fauchoir pendant dix minutes, deux relevés par an
- **Pollinisateurs** : suivi photographique des insectes pollinisateurs (SPIPOLL), six relevés par an
- **Substrats** : dix points de prélèvement analysés en laboratoire (physico-chimie, microbiologie, ADN environnemental), un relevé sur les trois ans
- **Rétention en eau** : capacité maximale en eau (CME), un relevé sur les trois ans
- **Rafraîchissement** : mesure de l'évapotranspiration sur 14 toitures, deux relevés sur les trois ans

INFORMATIONS GÉNÉRALES

- 36 toitures dans le périmètre de Paris et de la petite couronne.
- Sur des bâtiments publics et privés, de 2,7 à 30 mètres de hauteur.
- Des surfaces végétalisées comprises entre 91 et 2 980 m².
- Une grande majorité de toitures récentes (entre 0 et 15 ans). La plus ancienne est celle du centre logistique Mozinor (1975), à Montreuil. La plus récente est celle de la Seine musicale, à Boulogne-Billancourt (2017).
- Des toitures pour l'essentiel non accessibles au public, sauf deux d'entre elles, accessibles aux scolaires, dans un but pédagogique.

Il s'inscrit dans la continuité de travaux de recherche qui ont démontré l'influence des modes de conception sur la biodiversité et les services écosystémiques rendus par ces toitures végétalisées.

Relativement petites, disponibles en grand nombre et présentant plusieurs conceptions distinctes, les toitures végétalisées se prêtent idéalement à la réalisation d'une étude scientifique de terrain à grande échelle. Cette démarche innovante d'analyse des écosystèmes urbains est actuellement reconduite par l'ARB îdF dans d'autres études en cours sur des parcelles en agriculture urbaine (étude « BiSEAU ») et des cimetières (étude « COOL »), ou encore dans une zone d'expansion des crues en milieu urbain (étude « ZEBU »), dans l'objectif de mieux évaluer ces écosystèmes urbains.

UNE BIODIVERSITÉ VARIÉE SUR LES TOITS, PARFOIS RARE EN VILLE

Au total, environ 400 espèces de plantes ont été observées sur les 36 toitures étudiées. Afin de pouvoir comparer cette richesse floristique avec les autres espaces verts urbains, le protocole Vigie-Flore a été effectué : 292 espèces de plantes vasculaires ont été observées, dont 70 % sont spontanées (véhiculées par le vent ou la faune).

Parmi les espèces les plus fréquentes, on note les orpins (*Sedum*), fréquemment utilisés dans la végétalisation des toitures. Des espèces rares ont également été observées, comme l'ornithope comprimé (*Ornithopus compressus*) ou l'ornithope penné (*Ornithopus pinnatus*). Ces observations confirment le rôle joué par les toitures végétalisées dans l'accueil d'une biodiversité variée, parfois rare, en ville. La distinction entre plantes spontanées et plantées initialement nous apporte une information complémentaire pour comprendre l'écologie des toitures et leur capacité d'accueil pour la biodiversité urbaine.

Du côté de la faune, et plus particulièrement des invertébrés, on dénombre 611 espèces observées sur ces toitures. On constate une diversité importante de groupes taxonomiques, notamment en isopodes (cloportes), myriapodes (mille-pattes) et collemboles (très petits animaux du sol, dont la morphologie atypique les distingue des insectes). Ces derniers sont principalement détritivores et se chargent du recyclage de la matière organique. Plus haut dans la chaîne trophique, les phytophages sont largement représentés par les coléoptères, orthoptères (criquets et sauterelles) et hémiptères (punaises et cicadelles). Conséquence de cette diversité, des cortèges d'arthropodes prédateurs sont présents, avec les araignées, les hyménoptères (ordre d'insectes regroupant notamment les abeilles, les guêpes, les fourmis et les frelons) et certains coléoptères.

En comparant les relevés sur les toits avec ceux effectués dans les autres espaces verts au sol *via* les mêmes protocoles de sciences participatives, il s'avère que les toitures abritent en moyenne une diversité moindre en pollinisateurs, mais équivalente en plantes à celle rencontrée dans les friches et les parcs urbains. Cette diversité est très variable. Les toitures extensives, avec un substrat essentiellement minéral et/ou de faible épaisseur, abritent une biodiversité moins riche que les toitures semi-intensives et intensives. Ces



1. En période de canicule, les sedums vivent au rouge sur la toiture extensive de la résidence « Le Périscope », dans le 13^e, à Paris.

2. Même à 20 mètres de haut, la flore est capable de coloniser les toitures. 32 espèces de plantes spontanées s'épanouissent sur cette toiture semi-intensive de Paris Habitat, dans le 19^e, l'une des plus riches de l'échantillon.

3. Construite en 2017, la toiture intensive de la Seine musicale, à Boulogne-Billancourt, est déjà colonisée par 22 espèces de plantes spontanées et 65 espèces d'invertébrés, dont le grillon bordelais, rare dans la région.

4. Sur cette toiture *wildroof* de l'entreprise GTM Bâtiment, à Nanterre, se développe uniquement une végétation spontanée. Ces toitures permettent parfois l'accueil d'une végétation venue d'ailleurs, comme ici une onagre bisannuelle, originaire d'Amérique du Nord et introduite vers 1614.

deux catégories de toitures abritent une diversité en pollinisateurs comparable aux autres espaces verts urbains. La flore, quant à elle, y atteint parfois des richesses supérieures à celle retrouvée dans les espaces verts situés au niveau du sol.

Certains paramètres de conception font varier la biodiversité, comme la qualité du substrat et sa profondeur, ainsi que la hauteur du bâtiment. L'effet semble positif sur la richesse en plantes jusqu'à environ 10 mètres de hauteur, soit trois étages, mais celle-ci n'augmente plus passé cette valeur. La richesse floristique augmente en fonction de l'épaisseur du substrat jusqu'à 25 cm d'épaisseur, tandis que la diversité en pollinisateurs continue d'augmenter au-delà de ce seuil. La composition du substrat joue également un rôle important dans l'installation d'une flore diversifiée : une teneur en argile d'environ 10 % et en sable autour de 60 % permet un maximum de richesse floristique.

Bien que moins diverses en espèces, les toitures extensives et les toitures *wildroof* n'en demeurent pas moins intéressantes : elles présentent une composition particulière qui ne ressemble à rien d'autre en ville. On y observe des assemblages originaux d'espèces de pelouses sèches sableuses, et de plantes d'origine méditerranéenne, continentale ou nord-américaine. Au niveau des invertébrés, les communautés d'espèces retrouvées sur les toitures extensives sont différentes de celles des toitures intensives. Les toitures semi-intensives semblent se situer à l'interface, en offrant un habitat intermédiaire aux autres typologies.

Cette différence de cortèges se retrouve également entre les toitures et le sol. En comparant les espèces d'invertébrés les plus présentes sur les toitures avec celles des milieux urbains franciliens, grâce à la base régionale d'observations naturalistes Cettia, on peut distinguer trois groupes d'espèces : les « toiturophiles », normalement peu représentées dans la matrice urbaine, mais très fréquentes sur les toitures, comme la thomise rayée (*Runcinia*

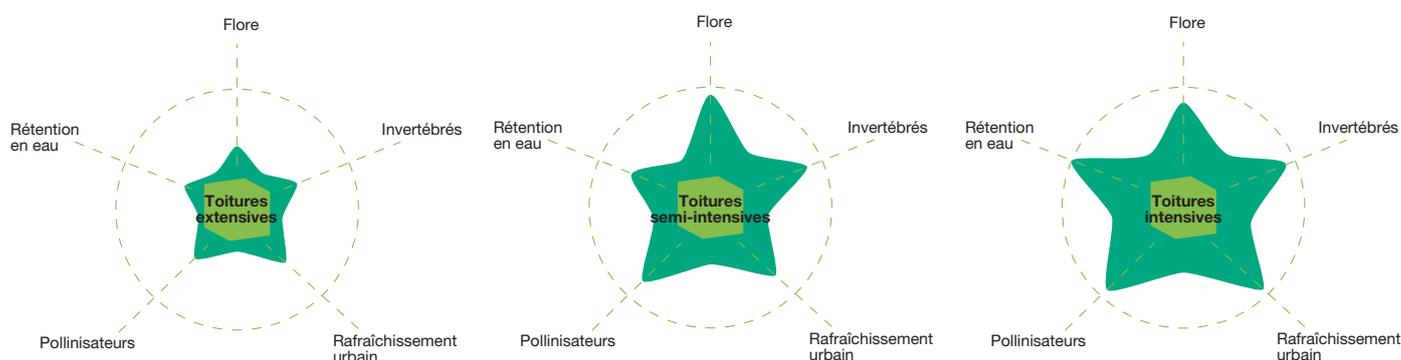
grammica), *Nysius graminicola* ou *Lygus pratensis* ; les généralistes, communes sur les toits et au sol, comme le gendarme (*Pyrrhocoris apterus*), l'épeire diadème (*Araneus diadematus*) ou la punaise verte (*Nezara viridula*) ; et, enfin, les « toiturophobes », peu représentées sur les toits alors qu'elles sont communes au sol, comme la pisaure admirable (*Pisaura mirabilis*), la punaise nébuleuse (*Raphigaster nebulosa*) ou la corée marginée (*Coreus marginatus*).

LES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES RENDUS PAR LES TOITURES VÉGÉTALISÉES

Rétention des eaux pluviales

L'analyse des substrats en laboratoire nous a permis de mieux comprendre le potentiel de stockage de l'eau par les toitures. Il existe une grande variation entre elles, principalement due au type de substrat, à sa profondeur et à sa granulométrie (taille des éléments du sol). La toiture la moins absorbante retient 6 L/m² avec 3,5 cm d'épaisseur de substrat, tandis que la plus absorbante est capable de retenir 532 L/m² avec une épaisseur de substrat de 100 cm. Pour préciser cette variation du potentiel de rétention en eau, les données ont été soumises au modèle Faveur². Celui-ci permet d'intégrer de nombreuses variables au calcul de rétention en eau (végétation, profondeur du substrat, climat...), mais il n'assimile pas les toitures ayant une profondeur de substrat supérieure à 30 cm : les valeurs sont donc calculées sur 26 toitures de l'échantillon. Le modèle confirme la tendance observée, avec des valeurs évoluant de 200 à 500 L/m² de lame d'eau (mesure d'écoulement des précipitations atmosphériques) retenue par an et par toiture. Concernant l'abattement maximum (quantité d'eau de pluie captée par le substrat et consommée par la végétation) par événement pluvieux, on constate également de grandes variations entre les toitures les moins absorbantes (4 L/m²) et les plus absorbantes (92 L/m²). Même si toutes les toitures sont capables de retenir de l'eau lors de

Comparaison de l'efficacité des services écosystémiques rendus par les toitures en fonction de leur typologie



Les toitures extensives s'avèrent en moyenne 50 % moins performantes que les toitures semi-intensives et intensives dans les services évalués.

précipitations, seules 5 toitures sur 26 sont en mesure de réguler une pluie décennale moyenne (pluie dont la fréquence se reproduit une fois tous les dix ans) de 48 mm en quatre heures. Ces dernières ont des substrats de type « terres agricoles » et s'approchent de 30 cm de profondeur. L'outil Faveur laisse penser que, pour une forte capacité de rétention d'eau, le seuil se situerait davantage autour de 30 cm de profondeur de substrat et entre 10 et 30 cm pour une capacité de rétention moyenne. Ces résultats peuvent être utiles aux collectivités dans le cadre des stratégies d'adaptation au changement climatique, notamment pour anticiper le besoin de gérer les eaux pluviales à l'échelle d'une opération d'aménagement.

Contribution au rafraîchissement urbain

Afin d'évaluer le potentiel de rafraîchissement des toitures végétalisées, l'évapotranspiration des végétaux (eau transférée du substrat vers l'atmosphère par la transpiration des plantes) a été évaluée par le Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (Cerema) sur 14 d'entre elles, en été et à l'automne. Les mesures d'été varient entre 7 W/m², ce qui correspond à une évapotranspiration faible – et donc un faible potentiel de rafraîchissement –, et 190 W/m², soit une évapotranspiration plus forte. Seulement 6 toitures sur les 14 étudiées présentent des valeurs d'évapotranspiration supérieures à 100 W/m² et seraient donc en capacité de rafraîchir la surface de la toiture, mais pas nécessairement au-delà. Les résultats semblent confirmer l'importance de l'épaisseur du substrat et du type de végétation. Néanmoins, ces mesures sont influencées par les conditions microclimatiques locales (ombrage, passages nuageux, circulation du vent...) et peuvent présenter de fortes variations. Enfin, l'évapotranspiration est, par nature, dépendante de la disponibilité en eau dans le substrat, et pourrait donc être restreinte en cas de canicule ou de sécheresse prolongée. À l'échelle de la ville, la contribution au rafraîchissement urbain par la

végétation en toiture semble minime par rapport à celle d'autres espaces de nature au sol (alignements d'arbres, espaces boisés, etc.).

Qualité des sols

Service écosystémique dit « support », la qualité des sols influence fortement l'ensemble du vivant. Les substrats des toitures végétalisées ne sont, pour la plupart, pas assimilables à de véritables sols. Ils peuvent avoir des origines et des compositions très variables, allant de terres décapées dans des environnements naturels ou agricoles jusqu'à des substrats construits par le mélange de différentes sources (fraction minérale – brique concassée, pouzzolane, perlite – mélangée avec une fraction organique – terre agricole, compost, remblais, etc.).

La concentration en éléments traces métalliques (ETM), tels le cuivre, le plomb ou le cadmium, contenus dans les substrats des toitures, a été analysée. Si la grande majorité des toitures ne présentent pas de pollution notable, quelques unes révèlent des taux particulièrement élevés en plomb et en zinc, au-delà des seuils de risques. Il est cependant très difficile, voire impossible, de retracer l'origine de ces pollutions : elles peuvent provenir de substrats contaminés avant leur mise en œuvre sur la toiture ou de dépôts atmosphériques accumulés au fil des années. Néanmoins, la mesure des teneurs en ETM peut être très utile aux gestionnaires, que ce soit pour éviter les risques de contamination lorsque les toitures sont accessibles au grand public – dans les écoles, par exemple – ou lors d'opérations d'entretien.

Des analyses microbiologiques ont été effectuées par l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (Inrae), à Dijon, à partir de l'ADN microbien. Les résultats montrent que les toitures végétalisées représentent des environnements propices au développement des communautés microbiennes (bactéries et champignons), tant en termes quantitatifs (biomasse) que qualitatifs (diversité).

Les niveaux moyens d'abondance et de diversité microbienne dans les toitures sont ainsi supérieurs à ceux rapportés à l'échelle nationale dans les sols « naturels » par le référentiel RMQS³. En moyenne, la biomasse calculée est de 129,4 µg ADN/g sol sur les toitures, soit plus du double du niveau moyen mesuré avec le référentiel RMQS (59,2 µg ADN/g sol). Ces valeurs élevées peuvent être expliquées notamment par les teneurs élevées en carbone organique observées dans ces toitures (*via* des apports de matières fraîches de type compost). Ces analyses restent toutefois difficiles à interpréter et montrent que les toitures sont des environnements trop spécifiques pour être analysées à partir des indicateurs utilisés en agronomie.

ENSEIGNEMENTS DE L'ÉTUDE ET PISTES D'AMÉLIORATION DES TOITURES VÉGÉTALISÉES

Vers une conception écologique et low-tech

Il apparaît clairement que l'on ne peut pas tout attendre des toitures végétalisées, que ce soit en matière d'accueil de la biodiversité, de gestion de l'eau, de rafraîchissement ou de pollinisation. En revanche, il est possible de les concevoir et de les gérer, afin d'optimiser certaines de ces fonctions, selon le secteur où l'on se trouve ou les objectifs fixés par la collectivité.

Les résultats montrent, comme souvent en écologie, qu'il n'y a pas de « recette idéale », mais que les recommandations varient en fonction du groupe d'espèces considéré, du critère analysé, de la situation géographique, etc. Concernant la profondeur de substrat, on remarque que la richesse floristique atteint un seuil autour de 30 cm d'épaisseur, alors que la diversité en pollinisateurs continue à augmenter au-delà de ce seuil. En privilégiant un substrat de type « mixte » ou « agricole », composé d'un minimum de 10 % d'argile et de 60 % de sable, et profond de 30 cm environ, celui-ci sera plus à même de fournir un support suffisant à l'installation d'une flore variée et permettra une meilleure rétention des eaux de pluie. Concernant les toitures extensives, malgré une efficacité plus faible des services écosystémiques étudiés, celles-ci abritent une biodiversité originale, inhabituelle dans le milieu urbain. Elles représentent ainsi un milieu complémentaire aux autres typologies existantes.

Les observations ont par ailleurs permis de relever que les modes de conception s'appuient sur de nombreux composants artificiels (bacs plastiques géotextiles, membranes ou feutres non biodégradables, filets en plastique, systèmes d'arrosage intégrés...), dont l'utilité est discutable. Parmi les 36 toitures étudiées, 13 ne présentent aucun composant artificiel, ce qui confirme qu'il est possible de limiter le recours à des matériaux potentiellement énergivores à produire et pouvant laisser des traces : de nombreux débris plastiques, issus de la dégradation des systèmes, ont été

observés, parfois sur des toitures très jeunes. Cet aspect ne doit pas être négligé, d'autant plus que ces éléments artificiels viennent renchérir le coût des toitures végétalisées. Le mode de conditionnement des végétaux n'échappe pas non plus à des logiques industrielles tendant à standardiser des produits pour les besoins de leur commercialisation (végétaux conditionnés en caissettes ou tapis pré-cultivés). De nouveaux modes de conception, inspirés des techniques paysagères et du génie écologique, pourraient être imaginés : création de pelouses sèches, de prairies et de milieux sablonneux, choix d'espèces locales et adaptées aux conditions climatiques, implantation de graines sauvages prélevées à proximité... Enfin, les toitures *wildroof* ne nécessitent, quant à elles, aucune plantation : la végétation y pousse spontanément, au gré du transport des graines par le vent ou la faune.

Avec l'augmentation de la demande en toitures végétalisées – et, par conséquent, de celle en substrats – se pose la question de leur mode de production. C'est notamment le cas pour les toitures conçues avec de la terre agricole, entraînant, la plupart du temps, un décapage de terres fertiles, ce qui n'est pas sans conséquence pour la pérennité des sols. Privilégier des substrats de récupération (terres excavées du chantier, mélanges de récupération et de concassage, compost...) semble une voie d'avenir pour réduire l'empreinte écologique de ces aménagements.

Des pratiques de gestion à faire évoluer

Les toitures végétalisées peuvent faire l'objet d'une gestion pour contrôler l'étanchéité, retirer certaines plantes ligneuses non désirées ou correspondre aux attentes esthétiques du gestionnaire. Il n'est pas nécessaire d'être trop interventionniste : un seul, voire quelques passages par an pour l'arrachage des ligneux indésirables, suffisent au maintien de la toiture dans le temps. Une gestion trop intensive pourrait avoir un impact négatif sur la richesse floristique et sur le tassement des sols. De même, il n'est pas nécessaire d'arroser systématiquement : le choix d'espèces végétales adaptées aux conditions permet de s'affranchir de cette contrainte tout en économisant l'eau. Bien que certaines toitures aient été conçues pour des raisons esthétiques, l'acceptation des saisons et des changements de couleurs ou d'aspect font aussi partie d'un autre regard sur la nature.

Laisser s'exprimer la végétation spontanée pendant l'ensemble de son cycle s'avère primordial pour les pollinisateurs et autres invertébrés, tout autant que multiplier les strates végétales (hauteurs de végétation). De plus, une strate herbacée (végétations de 0 à 50 cm de hauteur) dense et bien développée améliorera la capacité d'évapotranspiration et la rétention d'eau de la toiture. D'autres options existent pour rendre la toiture attractive à la biodiversité, en faisant par exemple varier les profondeurs ou les types de substrat, ou en diversifiant le couvert végétal.

Pour favoriser l'accueil des pollinisateurs et autres invertébrés, la création de micro-habitats (bois mort, pierres sèches, tiges creuses, substrat sableux nu pour les abeilles sauvages...) fait partie des solutions qui enrichissent l'attractivité des toitures, à condition d'être associés à une végétation adaptée.

« Greenwashing » pour les uns, moyen pour le bâti d'accueillir le vivant pour les autres, les toitures végétalisées font parler d'elles. L'étude « Grooves » vient confirmer que ces milieux originaux peuvent servir d'habitats de substitution ou de refuges complémentaires aux autres espaces verts urbains. Pour autant, l'effet de mode entourant la végétalisation du bâti ne doit pas servir de caution verte à des projets d'aménagement contribuant à l'artificialisation des sols. Leur mise en œuvre n'est acceptable qu'en complément d'une politique de sobriété foncière, de maintien de la pleine terre et de reconquête de la nature à toutes les échelles. ■

Marc Barra et Hemminki Johan, écologues
département Biodiversité – ARB îdF (Julie Collombat Dubois, directrice)

L'ARB îdF s'est entourée de partenaires scientifiques et techniques, dont l'Institut d'écologie et des sciences de l'environnement de Paris (IEES Paris), le Muséum national d'histoire naturelle (MNHN), l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (Inrae – UMR Agroécologie Dijon), le Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (Cerema) Île-de-France, l'Office pour les insectes et leur environnement (Opie), l'Observatoire départemental de la biodiversité urbaine (Odbu) de la Seine-Saint-Denis et l'Association des toitures et façades végétales (Adivet), et de propriétaires et gestionnaires de toitures végétalisées qui ont participé au programme, tout particulièrement Paris Habitat.

L'ARB îdF a bénéficié du soutien de partenaires contributeurs ou mécènes, dont la Métropole du Grand Paris, la Région Île-de-France, l'Agence de l'eau Seine Normandie, la Fondation Placoplatre, le Syndicat national du béton prêt à l'emploi (SNBPE), l'Adivet et l'Union nationale des entreprises du paysage (Unep).

L'ARB îdF remercie toutes les personnes mobilisées dans l'étude : Pierre Barré, Yves Bertheau, Rudy Bueno, Lucien Claivaz, Isabelle Dajoz, Adeline Decourcelle, Louis Deharveng, Samuel Dequiedt, Lucile Dewulf, Yann Dusza, Sébastien Filoche, Jonathan Flandin, Colin Fontaine, Amandine Gallois, Emmanuel Gendreau, Guillaume Hamon, Céline Houssin, Jean-Christophe Lata, Gilles Lecuir, Grégoire Lois, Pierre-Alain Maron, Aurore Mollereau, Audrey Muratet, Laurent Palka, Emilie Perié, David Ramier, Lionel Ranjard, Xavier Raynaud, Ophélie Ricci, Christelle Scagliola, Luka Thomas, Rémi Val et Maxime Zucca.

1. Les protocoles Spipoll et Vigie-Flore sont issus des programmes Vigie Nature.
2. Outil fonctionnel pour l'estimation de l'impact des toitures végétalisées sur le ruissellement urbain.
3. Réseau de mesures de la qualité des sols.

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION

Fouad Awada

DIRECTRICE DE LA COMMUNICATION

Sophie Roquette

RÉDACTION EN CHEF

Laurène Champalle

MAQUETTE

Jean-Eudes Tilloy

INFOGRAPHIE/CARTOGRAPHIE

Rudy Bueno

MÉDIATHÈQUE/PHOTOTHÈQUE

Inès Le Meledo, Julie Sarris

FABRICATION

Sylvie Coulomb

RELATIONS PRESSE

Sandrine Kocki

33 (0)1 77 49 75 78

L'Institut Paris Region

15, rue Falguière
75740 Paris cedex 15
33 (0)1 77 49 77 49

ISSN 2724-928X
ISSN ressource en ligne
2725-6839



institutparisregion.fr



RESSOURCES

- Madre Frédéric, Vergnes Alan et Machon Nathalie, *Green roofs as habitats for wild plant species in urban landscapes: First insights from a large-scale sampling*, Landscape and Urban Planning, 122, p. 100–107, 2014.
- Madre Frédéric, *Biodiversité et bâtiments végétalisés : une approche multi-taxons en paysage urbain*, MnHn, 2014.
- Dusza Yann, *Toitures végétalisées et services écosystémiques : favoriser la multifonctionnalité via les interactions sols-plantes et la diversité végétale*, Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, 2017.

L'INSTITUT
PARIS
REGION