



**FORMES
URBAINES ET
BIODIVERSITÉ
UN ÉTAT DES
CONNAISSANCES**

Morgane Flégeau

FORMES URBAINES ET BIODIVERSITÉ UN ÉTAT DES CONNAISSANCES

Morgane Flégeau

Sous la direction de Philippe Clergeau, Hélène Soubelet et Sophie Carré

*Je remercie Barbara Livoreil, Sébastien Barot, Xavier Lagurgue,
Sabine Bognon et Camille Huberts.*

Ministère de la Transition écologique
Ministère de la Cohésion des Territoires et des Relations avec les
collectivités territoriales
Direction générale de l'aménagement, du logement et de la nature
Plan urbanisme construction architecture
Grande Arche de La Défense
92055 La Défense Cedex
Décembre 2020

Directrice de la publication

Hélène Peskine, secrétaire permanente du PUCA

Pilotage de l'action

Sophie Carré
sophie.carre@developpement-durable.gouv.fr
Tél. 01 40 81 63 71

Coordination éditoriale et mise en page

Bénédicte Bercovici, chargée de valorisation
benedicte.bercovici@developpement-durable.gouv.fr
Tél. 01 40 81 73 09

Photo de couverture : Ecoquartier fluvial de l'Île Saint-Denis,
Arnaud Bouissou © Terra

Site internet : www.urbanisme-puca.gouv.fr

Twitter : @popsu_puca
ISBN 978-2-11-138192-6
ISSN 2649-4949

SOMMAIRE

- P09. AVANT-PROPOS**
- P13. INTRODUCTION**
- P19. I. DE LA VILLE AU QUARTIER : UN RESSERREMENT NECESSAIRE POUR APPROFONDIR LES LIENS ENTRE LA FORME URBAINE ET LA BIODIVERSITE**
- P21. I.1. La ville : milieu hostile ou écosystème spécifique ?**
- P27. I.2. Affiner la compréhension des contraintes spatiales à l'installation de la biodiversité en ville : un travail nécessaire sur les formes urbaines**
- P33. II. LA REVUE SYSTEMATIQUE, UNE METHODE POUR APPREHENDER LES LIENS ENTRE BIODIVERSITE ET FORMES URBAINES DANS LA LITTERATURE**
- P35. II.1. Délimitation du sujet**
- P35. II. 2. Procédure de sélection des références bibliographiques**
- P45. III. UN PANORAMA DES TRAVAUX SELECTIONNES**
- P57. IV. CONFIGURATIONS URBAINES ET BIODIVERSITE : UN MANQUE DE RESULTATS PROBANTS**
- P61. IV.1. L'urbain dense : connectivités écologiques, îlots de verdure et artefacts urbains**
- P70. IV. 2. Les formes de faible densité : des espaces majeurs pour la biodiversité urbaine**
- P75. IV.3. Des lacunes de connaissances encore flagrantes sur la biodiversité en ville**
- P77. IV.4. L'inscription dans les débats autour de l'aménagement des villes**
- P85. V. L'INTEGRATION DE LA BIODIVERSITE A L'ECHELLE DU QUARTIER PAR LES AMENAGEURS**
- P89. EN GUISE DE CONCLUSION**
- P93. GLOSSAIRE**
- P95. ANNEXE**
- P107. A PROPOS DE L'AUTRICE**

AVANT-PROPOS

Sophie Carré

Chargée de projet au PUCA

Comment concilier densification du bâti et préservation de la biodiversité en milieu urbain ?

Le programme de recherche BAUM (Biodiversité, Aménagement Urbain et Morphologie), initié par le Plan Urbanisme, Construction Architecture, en janvier 2019, est né du désir de questionner les limites de la densification urbaine, encouragée par les politiques publiques mises en œuvre depuis une vingtaine d'années. Celles-ci relèvent d'un paradigme récemment apparu dans le champ de la planification du territoire et du développement urbain : les villes peuvent participer à la conservation de la biodiversité.

Le déclin de la biodiversité sur la planète, dont le rôle de l'impact humain sur celui-ci n'est plus contesté par personne, conjugué à la croissance démographique et à l'évolution vers un mode de vie urbain de la plus grande partie de la population mondiale à échéance de la fin du XXI^{ème} siècle, obligent à repenser la place de la biodiversité en milieu urbain. Le propos n'est pas ici de nous attarder sur la nécessité de la préservation des écosystèmes apportés par la biodiversité, au bénéfice de la survie des humains. Nous tenons cette nécessité pour acquise. Mais comment nous assurer du bon fonctionnement, sur le long terme, de ces écosystèmes ?

La question est adressée à toutes les échelles du territoire. Le débat en cours, land sharing versus land sparing, n'est pas tranché ; et peut-être ne doit-il pas l'être. En effet, la ville existe sous de multiples formes.

Celles-ci relèvent de multiples facteurs, historiques, géographiques, socio-économiques, culturels. Les politiques publiques mises en œuvre pour tenter d'apporter des réponses s'appliquent à ces échelles variées. En témoigne par exemple, déclinées aux différentes échelles du territoire, la politique des Trames Vertes et Bleues, au bénéfice de la circulation des espèces, ou celle du Zéro artificialisation nette, orientée vers la préservation des terres agricoles et naturelles.

Nous avons choisi d'explorer l'échelle du quartier de la ville occidentale, celle que nous habitons. En effet, cette échelle, moins documentée que d'autres, nous intéresse en particulier : comment penser la capacité de la ville à accueillir une biodiversité la plus riche possible, sans savoir comment elle se déploie au sein de la matrice construite? Quelle organisation de l'espace, à l'échelle du quartier, est-elle la plus favorable à l'inscription de celui-ci dans le réseau des habitats et des corridors écologiques, nécessaires à l'accomplissement du cycle de vie des espèces et à leur dispersion. Comment intervenir sur le tissu bâti existant, sans connaître les règles d'organisations spatiales propices au maintien des écosystèmes ?

Au préalable de tout appel à projets de recherche ou expérimentation, nous avons choisi de confier à Morgane Flégeau, la réalisation d'un état de l'art des connaissances scientifiques relatives à notre question. Cet ouvrage est le fruit de ce travail de recherche, conduit sous la direction conjointe de la Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité, du Muséum National d'Histoire Naturelle et du PUCA.

INTRODUCTION

Face à l'extension des terres urbanisées à l'échelle planétaire, la littérature scientifique a, depuis quelques décennies, conforté le constat que la ville doit contribuer à la conservation de la biodiversité. Ainsi, de nombreuses études, dans les domaines de l'écologie et de la biologie de la conservation¹, se sont attachées à étudier les espaces urbains en tant qu'habitats pouvant être favorables aux espèces animales et végétales. Parmi ces recherches, l'urbain est le plus souvent appréhendé comme un tout uniforme. Les travaux qui portent sur la biodiversité urbaine considèrent ainsi la ville au prisme d'un gradient d'urbanisation, allant du rural vers le plus urbain – ou inversement. Or, tant d'un point de vue spatial et social qu'architectural et historique, le fait urbain est caractérisé par sa complexité et sa grande diversité. De cette manière, les travaux scientifiques simplifient une réalité bien plus complexe puisque des formes urbaines diverses se surimposent à ce gradient. Si l'approche par la position sur le gradient d'urbanisation s'avère efficace pour évaluer l'établissement d'une espèce en ville, elle nie l'hétérogénéité de l'espace urbain et ses formes d'organisation. Il apparaît alors essentiel de se pencher sur un niveau plus fin d'analyse qui implique les différentes formes de l'urbain et d'évaluer comment ces morphologies urbaines permettent l'installation spontanée et le maintien d'espèces animales et végétales.

Dans les discours actuels à la fois politiques, scientifiques et médiatiques, se révèle le paradoxe d'une nécessité de renforcer la place de la nature en ville, notamment pour le bien-être des citadins, alors que dans le même temps, l'on constate que l'artificialisation des sols se poursuit principalement autour des grandes villes et le long des axes de transport et du réseau hydrographique. En France, les politiques publiques encouragent la densification urbaine afin de préserver des terres non urbanisées (loi Alur en

2014, objectif « Zéro Artificialisation Nette » en 2018). La densification urbaine, qui vise à réduire l'étalement urbain au profit d'un urbain plus « compact », prend une place de plus en plus importante dans les discours institutionnels et scientifiques portant sur la nature en ville en raison de plusieurs avantages. Une plus grande densité urbaine permet l'utilisation plus rationnelle des terres, des distances de déplacement plus courtes pour les habitants et une empreinte carbone plus faible. Pourtant, certains inconvénients peuvent aussi être soulignés. La densification est par exemple susceptible d'entraîner des problèmes de santé (qualité des eaux pluviales et de l'air notamment) et une plus faible proportion d'espaces à caractère naturel dans la ville, ce qui présente des conséquences négatives pour la biodiversité. La densification soulève donc la question du degré acceptable de densité pour les habitants des villes mais aussi d'une densité capable d'accueillir une biodiversité.

Dans ce texte, issu des résultats d'une revue de littérature conduite de mai 2019 à mai 2020, on se propose de relater l'état des connaissances relatives aux liens entre formes urbaines et biodiversité. Si la densité constitue une notion phare des politiques publiques récentes qui encouragent la sobriété foncière, elle n'est pourtant pas suffisante pour appréhender les formes urbaines. Pour une même densité peuvent correspondre plusieurs types de morphologies urbaines. Il est donc crucial de prendre en compte les configurations spatiales et architecturales dans l'étude du rapport entre forme urbaine et biodiversité (largeur et longueur des voies, taille et âge des bâtiments, gabarit, compacité, alignement ou retrait par rapport à la rue, et éventuellement l'orientation des bâtiments, etc.). Ainsi le programme de recherche BAUM (Biodiversité Aménagement Urbain et Morphologie) initié par le PUCA en 2019, interroge la possibilité d'une conciliation entre densification du bâti et préservation et déploiement de la biodiversité dans les formes urbaines des villes européennes. Dans ce cadre, l'échelle du quartier, intermédiaire entre l'échelle du territoire et celle du bâtiment, apparaît pertinente pour étudier les liens entre forme urbaine et biodiversité. Quelle composition et quelle configuration de l'espace urbain sont les plus favorables pour l'accueil des espèces

animales et végétales à l'échelle d'un quartier ? De nombreux travaux de recherche ont montré que les connectivités écologiques diminuent à mesure que la taille de la ville augmente et qu'on s'approche du centre-ville. A l'échelle intermédiaire cependant, peut-on différencier les morphologies urbaines en fonction de leurs performances écologiques. En miroir, c'est aussi la question de l'organisation des corridors écologiques, qui permettent aux espèces de circuler au sein de la matrice urbaine, qui est posée. Comment optimiser l'organisation de ces corridors dans le tissu bâti, existant ou en projet ? Comment prendre en compte les approches de compacité et de densification, qui sont les enjeux posés actuellement aux urbanistes et aux architectes ?

La première phase du programme BAUM a consisté en la réalisation d'un état de l'art des connaissances relatives à cet enjeu, au travers d'une revue systématique de la littérature scientifique et de la littérature grise. La littérature scientifique permet-elle de donner des réponses aux acteurs de l'aménagement en la matière ? Cette revue à l'interface des sciences du vivant et de la pratique de l'urbanisme comprend par définition une cartographie systématique, une évaluation critique ainsi qu'une synthèse narrative. La recherche bibliographique a ici été effectuée sur la base de données scientifique Web Of Science. Une équation de recherche a été élaborée dans le but d'acquérir une plus grande exhaustivité. Elle a généré plus de 20 000 résultats. Une centaine d'articles a finalement été sélectionnée à partir d'un choix précis de mots-clés. Les premiers résultats infructueux d'articles relevant des champs des sciences humaines et sociales nous ont conduit à nous concentrer sur les articles relevant des sciences du vivant. La recherche conduite a également été complétée par une recension de la littérature grise de langue française sur le sujet afin d'appréhender la manière dont la question est vue du côté opérationnel.

La revue systématique – appelée aussi « synthèse des faits avérés », est une démarche de synthèse de connaissances. Issue au départ du milieu médical, elle a ensuite été transférée à tous les domaines de la recherche². La revue systématique consiste à collecter le maximum de connaissances, en réponse à une question de recherche structurée, en suivant des étapes rigoureuses et pré-définies. Elle permet de faire l'état des lieux des connaissances sur un thème donné, mais également de mettre en lumière les lacunes de connaissances et la disparité des résultats et des méthodes, au travers de critères explicites et généralisables. Elle cherche surtout à identifier les savoirs les plus robustes en indiquant le degré de confiance que l'on accorde aux résultats en procédant à une évaluation critique. Enfin, elle permet de réaliser une synthèse qui doit permettre à l'utilisateur d'avoir une idée de l'état des savoirs et de l'aider à décider. Ainsi, la revue systématique peut servir aux personnes décisionnaires de politiques sectorielles ou territoriales afin d'éclairer la décision finale. Dans un certain nombre de cas, la revue systématique apparaît comme une approche particulièrement pertinente, notamment lorsque sont identifiées des lacunes de connaissances sur un sujet, qu'une question de recherche apparaît controversée. Elle peut se révéler utile également en amont du lancement d'un projet de recherche, dans le but de cibler au mieux son orientation.

² Dans le domaine environnemental, la revue systématique bénéficie d'un réseau d'experts mais aussi d'une « labellisation » de sa qualité en s'appuyant sur les critères définis par la *Collaboration for Environmental Evidence* (CEE) dont le point focal en France, est la Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité (FRB).

PARTIE 1

DE LA VILLE AU QUARTIER : UN RESSERREMENT NÉCESSAIRE POUR APPROFONDIR LES LIENS ENTRE LA FORME URBAINE ET LA BIODIVERSITÉ

Pour cette revue, la première démarche a consisté à définir un cadre spatial à la recherche et à expliciter ce que nous entendons par morphologie urbaine et biodiversité. Cette première partie fait donc un point sur les notions de biodiversité, d'écosystème urbain et de formes urbaines telles que nous les avons utilisées.

1.1. La ville : milieu hostile ou écosystème spécifique ?

Les villes sont devenues un véritable enjeu pour la conservation de la biodiversité. Les écologues s'accordent aujourd'hui pour décrire la ville comme un écosystème diversifié et original, accueillant une biodiversité ordinaire régionale. L'intérêt des naturalistes pour la faune urbaine en France est toutefois relativement récent. A titre d'exemple, la première véritable entreprise d'inventaires faunistiques à l'échelle de Paris a été lancée en 1985 par le Service Paris-Nature, rattaché au Service de l'Écologie Urbaine de la Ville.

La biodiversité décrit la diversité du vivant dans son ensemble, tant au niveau génétique, spécifique - c'est à dire de l'espèce - qu'écosystémique, dans ce qu'elle a de dynamique et fonctionnel. Le terme est apparu dans les années 1980. Il s'agit d'un néologisme forgé lors du National Forum of BioDiversity tenu à Washington en 1986, à partir de la contraction de *biological diversity*. Le compte-rendu de ce forum est publié par Edward O. Wilson, biologiste, qui popularise ensuite le concept. La Convention sur la Diversité Biologique (CDB) qui a eu lieu au Sommet de la Terre à Rio en 1992, marque le début de la prise en compte réelle de la biodiversité à l'échelle internationale. Sa protection y est reconnue comme « préoccupation commune à l'humanité ». En découle ensuite l'émergence de stratégies nationales pour la biodiversité. La CDB définit ainsi la biodiversité comme la « variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie ; cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes »³. Le concept de biodiversité introduit les notions de

³ Article 2 de la Convention sur la diversité biologique, CBD, signée à l'occasion du sommet de la Terre de Rio de Janeiro, 1992

relations entre espèces, de processus de fonctionnement, comme les chaînes alimentaires ou les questions de dispersion, ainsi que d'échelle. Elle définit donc la diversité du vivant à toutes les échelles, des gènes à la biosphère⁴.

De manière générale, en ville, la fragmentation des habitats des espèces animales et végétales est très forte et les corridors écologiques, qui permettent leur circulation, sont peu nombreux. La prise en considération croissante des corridors écologiques et de la circulation des espèces dans la planification à l'échelle du territoire est due au développement des théories de l'écologie du paysage. Ces dernières ont permis notamment d'appréhender les liens entre biodiversité et espaces urbains, jusqu'alors peu investis. Initiée dans les années 1980 aux États-Unis, l'écologie du paysage se place à l'échelle des activités humaines, celles des territoires et des paysages⁵. L'objectif de ces théories est de réhabiliter les activités humaines comme des éléments à part entière des écosystèmes, qu'il ne s'agit plus de dénoncer comme perturbatrices voire destructrices des milieux « naturels », mais avec lesquelles il s'agit désormais de composer. Les études se sont d'abord concentrées sur les zones cultivées, et ce n'est que récemment que les concepts d'écologie du paysage ont été appliqués au milieu urbain⁶. L'espace urbain était considéré comme peu digne d'intérêt pour la biodiversité étant donné sa composition. Du point de vue de l'écologie du paysage, la ville est caractérisée par l'importance de la matrice, environnement non optimal pour les espèces, qui contient des tâches d'habitat et des corridors. Les tâches d'habitat correspondent à des réservoirs de biodiversité, des zones d'habitat où une espèce peut accomplir son cycle complet. Les corridors relient les zones d'habitat, mais permettent aussi à certaines espèces de petite taille d'y vivre. Un même élément du paysage pourra jouer le rôle de matrice, de tâche d'habitat ou de corridor selon les espèces. Une haie dense peut être par exemple une barrière à la dispersion du chevreuil, elle peut constituer un habitat

⁴ Barbault, "Biodiversité, Écologie et Société," *Écologie & Politique*, 2005, 27-40.

⁵ Forman et Godron, *Landscape Ecology*, Wiley (New York, 1986).

⁶ Clergeau, *Une Écologie Du Paysage Urbain*, Apogée (Rennes, 2007).

pour le campagnol roussâtre, et un corridor entre deux bois pour l'écureuil⁷. En écologie du paysage, l'hétérogénéité est une notion essentielle. En effet, plus la mosaïque paysagère est diverse, plus le nombre d'espèces présentes est en théorie favorisée. Ces éléments de base d'une structure paysagère telle que définie par l'écologie du paysage sont aujourd'hui largement repris dans les politiques d'aménagement des territoires, notamment au travers des Schémas Régionaux de Cohérence Écologique (SRCE) visant à mettre en place les Trames Vertes et Bleues prônées par les lois Grenelle de 2009 et 2010.

⁷ Ibid.

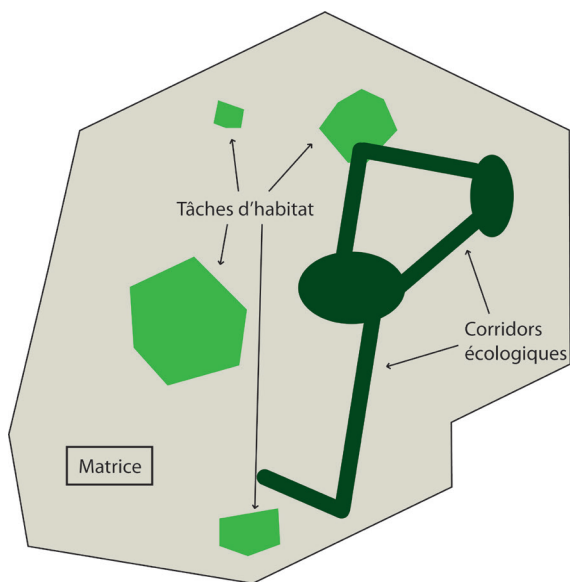


Figure n°1 : Schéma des éléments du paysage constituant le modèle « tâches d'habitat - matrice ». D'après Burel et Baudry, 1999

Du point de vue écologique, la ville se définit comme un système particulier, présentant une combinaison de toutes les formes de contraintes anthropiques et de facteurs biotiques originaux qui la différencient des milieux l'environnant. Elle possède son climat propre, constituant le plus souvent un îlot de chaleur dans le territoire environnant, du fait notamment de l'activité et de la restitution de chaleur accumulée par les bâtiments. La température en ville est ainsi supérieure d'au moins 3°C en moyenne annuelle (jusqu'à plus de 5°C en été) à la température du milieu environnant, et les précipitations plus importantes de 5 à 10%. L'atmosphère comporte jusqu'à 20% de particules en suspension en plus, et la nébulosité y est également de 5 à 10% supérieure. Les sols y sont déstructurés, c'est-à-dire sans les différents horizons pédologiques. L'éclairage urbain artificiel constant modifie également les conditions de vie des espèces nocturnes. Les effets de l'éclairage

artificiel ont été récemment décrits⁸. Enfin, la présence des citadins crée un dérangement permanent, dont l'effet a été démontré notamment sur les oiseaux lors de leur recherche alimentaire⁹, ainsi qu'un piétinement des sols qui présente notamment un impact sur les populations de certains insectes. La gestion humaine, par sélection des espèces jardinées et élimination des espèces indésirables, modifie les facteurs biotiques du milieu, les deux principales différences en résultant étant la domination d'espèces horticoles et exotiques cultivées ainsi que la faible présence d'espèces carnivores sauvages, remplacées par les espèces domestiques, les chiens et les chats principalement.

La matrice urbaine est marquée par une forte minéralité, les surfaces étant essentiellement recouvertes par le bâti et la voirie, or la nature de cette matrice a une incidence sur l'organisation des communautés végétales et animales. Si elle peut être plus ou moins perméable selon les espèces, elle reste en revanche relativement hostile pour toutes les espèces à faible capacité de dispersion¹⁰, les routes notamment pouvant représenter de véritables entraves au déplacement des animaux. Cette fragmentation des habitats, associée à l'hétérogénéité de la matrice, a pour conséquence une diminution de la taille des tâches d'habitats et parallèlement une augmentation de leur nombre. A cette multiplication d'habitats de petites dimensions s'ajoute une faible connectivité du fait de la minéralité de la matrice, ce qui a pour conséquence un isolement des différentes tâches d'habitats urbains. Les oiseaux sont par définition moins sensibles aux barrières des voiries et des bâtiments et donc bien plus tolérants à la fragmentation et la dispersion des habitats que les espèces marchantes ou rampantes. Un certain nombre d'études ont montré que les espèces s'installant dans les espaces urbains sont en majorité des espèces généralistes, ca-

⁸ Adams et al., "Effect of Anthropogenic Light on Bird Movement, Habitat Selection, and Distribution: A Systematic Map Protocol," *Environmental Evidence* 8, no. S1 (June 2019): 13,

⁹ Blumstein et al., "Inter-Specific Variation in Avian Responses to Human Disturbance," *JOURNAL OF APPLIED ECOLOGY* 42, no. 5 (October 2005): 943-53

¹⁰ Elles correspondent à des espèces non volantes dont la capacité de dispersion est inférieure à la distance qui sépare les tâches d'un habitat

pables de s'adapter à des habitats contraints, et dont le régime alimentaire est opportuniste. Le pigeon biset et la corneille ont par exemple trouvé en ville des conditions propices à leur installation. Ils entrent dans la catégorie de ce que les chercheurs en écologie urbaine ont appelé les « *urban exploiters* », qui profitent des conditions offertes par le milieu urbain, notamment pour les ressources alimentaires. Cette classification fondée sur le rapport à l'urbain propose deux autres catégories : les « *urban adapters* » et les « *urban avoiders* », les premiers pouvant s'adapter aux conditions du milieu urbain et les seconds évitant la ville. Correspondant souvent à la catégorie des « *urban avoiders* », les espèces dites spécialistes sont plus rares puisque dépendantes d'un type particulier de milieu. La destruction de leur habitat en ville entraîne donc leur disparition. Très peu d'espèces dites « remarquables »¹¹ sont présentes en ville.

En France, les politiques de gestion des villes ont connu une évolution depuis les années 1980, notamment au vu de la limitation des pollutions et de l'arrêt progressif de l'usage des pesticides par les municipalités françaises. S'y ajoutent des politiques de verdissement des villes mises en œuvre depuis quelques années. Le nombre d'espaces verts publics s'est accru dans la plupart des grandes agglomérations, avec comme argument principal le bien-être des citoyens et leur besoin d'être en contact avec la nature. L'impact positif de la présence d'espaces verts sur la santé mentale des citoyens a été démontré par ailleurs¹². L'écologie de la réconciliation prône, elle, avant tout l'urgence d'une reconnexion entre les citoyens et la biodiversité au quotidien¹³. L'ensemble de ces facteurs entraîne la recolonisation spontanée de nombreuses

¹¹ Espèces inscrites sur les listes rouges de l'UICN

¹² van den Berg et al., "Health Benefits of Green Spaces in the Living Environment: A Systematic Review of Epidemiological Studies," *Urban Forestry & Urban Greening* 14, no. 4 (2015): 806-16 ; Gascon et al., "Mental Health Benefits of Long-Term Exposure to Residential Green and Blue Spaces: A Systematic Review," *International Journal of Environmental Research and Public Health* 12, no. 4 (April 22, 2015): 4354-79,

¹³ Fleury and Prévot-Julliard, *L'exigence de la réconciliation : biodiversité et société* (Paris: Fayard : Museum national d'histoire naturelle, 2012).

espèces en ville. Pourtant, malgré une tendance de plus en plus forte de demande de végétalisation en ville de la part des citoyens et transmis à l'échelon politique, les projets urbains ne prennent pour l'instant pas en compte le fonctionnement des écosystèmes¹⁴.

1.2. Affiner la compréhension des contraintes spatiales à l'installation de la biodiversité en ville : un travail nécessaire sur les formes urbaines

Si les conditions du milieu urbain ne sont, dans l'ensemble, pas favorables à l'installation du vivant, le fait urbain recouvre une grande complexité sur le plan spatial, architectural, historique et paysager. Les morphologies urbaines se déploient et s'enchaînent les unes avec les autres, selon les époques, les zones biogéographiques d'implantation, les matériaux à disposition pour la construction, etc. Pour étudier l'impact de l'urbain sur les espèces animales ou végétales, les écologues ont privilégié les approches par gradient d'urbanisation, allant du rural vers le plus urbain¹⁵. Par commodité des analyses, ils ont simplifié ainsi une réalité bien plus complexe puisque des formes urbaines diverses se surimposent à ce gradient d'urbanisation. Si l'on s'attache à décrire les possibilités d'un maintien voire d'un épanouissement des espèces animales et végétales en ville, il paraît alors essentiel de se pencher sur les différentes formes de l'urbain et d'évaluer leurs capacités à permettre ce maintien. L'échelle retenue, celle du quartier, ouvre la voie à l'étude de l'impact des formes d'organisation du bâti sur la biodiversité urbaine. Ainsi par exemple, l'espace planté non bâti est dimensionné et configuré de façon totalement différente, et sa capacité à accueillir la biodiversité l'est aussi, selon que l'on se

¹⁴ Clergeau, "A Multifunctional and Living Landscape as a Key to Sustainable Cities," *Open Access Journal of Environmental and Soil Sciences* 4, no. 5 (March 2020): 555-58.

¹⁵ Sorace and Gustin, "Bird Species of Conservation Concern along Urban Gradients in Italy," *BIODIVERSITY AND CONSERVATION* 19, no. 1 (January 2010): 205-21 ; Randa and Yunger, "Carnivore Occurrence along an Urban-Rural Gradient: A Landscape-Level Analysis," *JOURNAL OF MAMMALOGY* 87, no. 6 (December 2006): 1154-64 ; Varet, Petillon, and Burel, "Comparative Responses of Spider and Carabid Beetle Assemblages along an Urban-Rural Boundary Gradient," *JOURNAL OF ARACHNOLOGY* 39, no. 2 (2011): 236-43.

trouve dans un petit ensemble de logements collectifs dispersés sur un espace planté, dans un lotissement de maisons au centre de leur jardin, ou encore dans un quartier d'îlots fermés.



Forme urbaine dense de centre ville. Les îlots urbains sont compacts



Forme urbaine spontanée, peu dense. La végétation y prend une place importante



Forme urbaine de grands ensembles : barres d'immeubles installées sur de grandes surfaces végétalisées



Forme urbaine de maisons individuelles avec jardin (périurbain, lotissements, etc.)

Figure n°2 : Dessin des typologies de formes urbaines (calque à réaliser d'un dessin déjà fait)

L'étude des formes urbaines appartient aux domaines de la géographie, de l'urbanisme et de l'architecture. Leur définition est très largement dépendante de l'échelle à laquelle on les appréhende. Du point de vue de l'analyse morphologique, une des approches possibles consiste en la caractérisation des formes urbaines par la description de l'organisation de l'espace, des configurations spatiales du bâti¹⁶. Le débat sur les formes urbaines a été réactualisé depuis quelques années à travers celui portant sur la densité, à la faveur de l'ampleur grandissante des préoccupations environnementales. La forme urbaine est liée à la densité. Toutefois, pour une même densité peuvent correspondre plusieurs morphologies urbaines¹⁷. Différents éléments sont constitutifs de la forme urbaine, à savoir le bâti, la trame viaire, ainsi que le parcellaire sur lequel s'organisent les espaces de « pleins » et de « vides ». Ces configurations sont liées d'une part aux caractéristiques naturelles du site d'installation. Elles sont d'autre part le résultat des conditions historiques et culturelles, notamment architecturales, dans lesquelles la ville a été créée et s'est étendue. A chaque forme urbaine correspondent des agencements spécifiques du maillage parcellaire, des voies et des îlots, du bâti et enfin, des espaces publics. Il est donc important de prendre en compte des éléments comme la largeur et la longueur des voies, la taille et l'âge des bâtiments, les gabarits, la compacité, l'alignement ou le retrait par rapport à la rue, et éventuellement l'orientation des bâtiments dans l'étude des formes urbaines. En écologie, les typologies urbaines peuvent être décrites au travers de la composition et de la configuration spatiale, en référence aux travaux de l'écologie du paysage. La composition correspond à la proportion entre sol bâti et sol non bâti, les deux pouvant être de différentes natures. La configuration correspond, elle, aux arrangements spatiaux, à la manière dont sont disposés les éléments urbains dans l'espace¹⁸.

¹⁶ Panerai, Castex, and Depaule, *Formes urbaines : de l'îlot à la barre*, Collection Eupalinos Série Architecture et urbanisme (Marseille: Éd. Parenthèses, 1997).

¹⁷ IAURIF, "Référentiel de Densité et de Formes Urbaines. Contribution Pour Un Référentiel Appliqué à l'habitat Dans La Région Ile-de-France," 1995.

¹⁸ Pellissier et al., "Birds Are Also Sensitive to Landscape Composition and Configuration within the City Centre," *LANDSCAPE AND URBAN PLANNING* 104, no. 2 (February 2012): 181-88.

Selon les disciplines et les objectifs d'étude, il existe une grande diversité des classifications et des représentations des formes urbaines multiples rencontrées sur un gradient d'urbanisation.

En 2000, M. Alberti constatait, dans une revue de littérature scientifique consacrée au sujet, que l'hypothèse d'un impact différencié des formes urbaines sur la faune et la flore avait été évoquée mais jamais encore testée formellement¹⁹.

¹⁹ "Alberti, Urban Form and Ecosystem Dynamics : Empirical Evidence and Practical Implications," in *Achieving Ustainable Urban Form*, Taylor&Francis (London, 2000), 388.

PARTIE II

LA REVUE SYSTÉMATIQUE, UNE MÉTHODE POUR APPRÉHENDER LES LIENS ENTRE BIODIVERSITÉ ET FORMES URBAINES DANS LA LITTÉRATURE

La revue systématique ici présentée doit donner lieu à plusieurs publications :

- La publication du protocole de recherche dans la revue à comité de lecture *Environmental Evidence Journal* (en cours de soumission) ;
- La réalisation d'une cartographie systématique,
- La publication d'un article dans une revue internationale à comité de lecture ;
- Le présent rapport, accompagné du corpus des 109 articles retenus pour la cartographie placé en annexe.

La recherche bibliographique a été réalisée en suivant le protocole classiquement défini pour une revue systématique en sciences environnementales²⁰.

II.1. Délimitation du sujet

Pour les raisons présentées au chapitre précédent, différents critères ont été retenus pour circonscrire le sujet. L'échelle adoptée est celle du quartier, situé dans des villes occidentales de zone tempérée (européenne, nord-américaine, australienne et néo-zélandaise). Une analyse fine des formes urbaines au sein de la ville est permise à l'échelle du quartier. Par ailleurs, au vu de la grande diversité des classifications relatives aux formes urbaines, nous avons choisi d'adopter une démarche itérative dans le but d'identifier les mots clés qui ressortaient du corpus sans avoir d'*a priori*. Pour ce qui concerne la biodiversité étudiée, la revue systématique se concentre sur la flore et la faune terrestre, en excluant les espèces non visibles à l'œil nu, comme les micro-organismes.

II. 2. Procédure de sélection des références bibliographiques

Le moteur de recherche Web of Science a été utilisé pour recher-

²⁰ "Guidelines and Standards for Evidence Synthesis in Environmental Management. Version 5.0" (Collaboration for Environmental Evidence, 2018).

cher des articles scientifiques pertinents dans différents domaines (écologie, biologie de la conservation, géographie, architecture et paysage notamment) sans bornes chronologiques spécifiques, ce qui nous a permis d'identifier le moment de l'émergence du sujet. D'autres bases de données ont également été mobilisées pour la recherche en sciences humaines et sociales, comme Cairn et Persée ainsi qu'en architecture et en urbanisme, en particulier Urbamet, Urbadoc et Archinform.

La recherche bibliographique sur Web of Science est conduite à partir d'une équation de recherche adoptant la structure PICO/PECO (voir encadré n°1).

Encadré n°1 : La structure PICO/PECO

L'acronyme PICO/PECO correspond à la structuration d'une question de recherche utilisée classiquement dans la démarche de la revue systématique. La question de départ, généralement formulée par un commanditaire, n'est parfois pas directement traduite sous la forme d'une problématique scientifique. Afin d'ajuster la question à une recherche bibliographique, on utilise les items déclinés dans l'acronyme par les mots suivants :

P : Population étudiée

I : Intervention / E : Exposition

C : Comparateur

O : Outcomes (qui signifie les variables mesurées)

Ici, notre équation de recherche ne comporte pas de comparateur.

Certaines questions de recherche ont pour objet une intervention comme par exemple un échantillon de la population étudiée sur lequel on pratique une intervention. L'objet de la recherche peut également correspondre à une exposition c'est à dire un phénomène ou une structure à laquelle est exposée la population. Une fois les différents items identifiés, les mots clés sont classés selon ces derniers. La structure PICO/PECO facilite ensuite la construction de l'équation de recherche, les différentes étapes de tri ainsi que l'analyse critique.

La recherche bibliographique est effectuée sur des articles en anglais. Les mots-clés nécessaires à la recherche ont été préalablement identifiés de façon empirique, sur avis d'un comité d'experts, et organisés selon 4 catégories (voir tableau n°1) :

- « Context » : catégorie des mots descripteurs de l'urbain ;
- « Population » : catégorie des mots descripteurs de la biodiversité ;
- « Exposition » : catégorie des mots descripteurs d'une exposition au contexte urbain. Les mots clés liés à une intervention sont exclus car ils ne sont pas pertinents dans le cadre de ce travail ;
- « Outcome » : catégorie des mots décrivant les conséquences sur les populations étudiées.

Tableau n°1 : Liste des mots-clés utilisés dans la recherche, classés en fonction de la structure PECO. L'« * » permet de rechercher des termes comprenant des racines identiques

Context	Population	Outcome	Exposition	
boulevard*	arthropod*	«ecosystem service*»	«collective dwelling*»	«intermediate disturbance»
cities	biodiversity	«functional characteris*»	compact*	island*
city	«ecological communit*»	«functional compo*»	«disturbance heterogeneity»	landscape*
commercial	«biological communit*»	«functional featur*»	allotment	land-cover*
district*	ecosystem*	«species richness»	arrangement*	land-use*
industr*	bird	abund*	block*	LULC
intra-urban	mammal	amount	complex*	matrix
metropol*	reptile	assembl*	connecti*	microhabitat
neighborhood	amphibian	colonis*	continu*	mosaic
peri-urban	insect	dispers*	densit*	NDVI
residential	species	divers*	design*	parcel*

road*	vegetation	«ecological process*»	dimension	«patch area»
street*	soil	function*	discontinuous	«patch size»
suburb*		habitat	division	patch*
town*		index	edge-effect	pattern*
urban*		«management of soil*»	form*	plot*
«urban planning»		migrati*	fragment*	«polycentric development»
		number*	«functional corridor»	«public green space»
		population*	geometr*	«renaturation»
		presence*	gradient*	sector*
		proportion*	habitat	simplif*
		«population structur*»	«habitat diversity»	shape
		viab*	«habitat patch*»	«spatial diversity»

Le moteur de recherche effectue une recherche de manière simultanée des mots clés listés sur les titres, les résumés et dans les mots-clés attachés par les auteurs à chaque article. La recherche conduite avec l'équation de recherche énoncée a donné accès à plus de 26 000 articles. Ce nombre assez considérable peut être expliqué par le « bruit documentaire »²¹ occasionné par la présence de certains mots dans l'équation. A partir du corpus brut, trois étapes supplémentaires ont été nécessaires pour sélectionner les articles pertinents. A chaque étape, nous avons eu recours à des critères d'inclusion et d'exclusion. In fine, seuls les articles traitant de la forme urbaine et/ou de la biodiversité terrestre à l'échelle du quartier ont été retenus. Cette sélection a conduit à constituer un corpus d'étude final composé de 109 publications.

²¹ On parle de « bruit documentaire » lorsque certains mots, soit de par leur trop grand nombre de résultats, soit de par leur faible qualité, viennent parasiter les résultats et retarder l'obtention d'une réponse. Dans notre étude, c'est le cas des mots comme « urban » et « biodiversity », qui donnent accès à de très nombreux résultats de recherche.

<p>ETAPE 3 -</p> <p>TRI SUR TEXTE ENTIER</p>	<p>1) Échelle du quartier</p> <p>L'article aborde différentes formes urbaines</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zone dense / centre historique / centre-ville / logement collectif • Zone de faible densité / suburbain / périphéries / logement individuel • Quartiers nouvellement construits • Quartiers industriels et commerciaux vs résidentiels • Éléments d'infrastructures urbaines dans un contexte urbain plus large (rue, boulevard, route, etc.) <p>2) Interface</p> <p>L'article aborde des espaces accueillant de la biodiversité en lien avec leur environnement urbain (connectivités, fragmentation, perméabilité de la matrice, etc.)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Espaces aménagés et construits (toitures et murs végétalisés, etc.) • Espaces aménagés et végétalisés (parcs, jardins, alignements d'arbres et dans certains cas, forêts urbaines) • Délaissés et friches 	<ul style="list-style-type: none"> • Mention de «type d'occupation du sol « si non précisé • Mention de surfaces imperméabilisées et surfaces anthropisées si c'est le seul indicateur discriminant de l'urbain • Villages, «exurbain»
<p>CORPUS FINAL</p>	<p>109 articles</p>	

<p>SÉLECTION - ÉVALUATION CRITIQUE</p> <p>25 articles</p>	<p>Sélection d'articles qui prennent en compte l'impact de la morphologie urbaine sur différentes espèces animales et végétales. La forme urbaine est prise en compte à deux étapes de la rédaction : à la fois dans la problématique posée par les auteurs de l'article mais aussi dans les résultats. Les variables descriptives de la forme figurent comme variables influençant la présence de la biodiversité et sont discutées par la suite.</p> <p>Ces articles sont par ailleurs ceux qui considèrent le plus la configuration dans l'évaluation de l'impact de la forme urbaine sur la biodiversité.</p>
--	---

Les différentes étapes de tri s'appliquant au corpus brut ont chacune un rôle et des conséquences différentes. Chaque étape reprend les critères de l'étape précédente et en ajoute d'autres afin de « tamiser » peu à peu le corpus brut (cf. tableau 2). L'étape de tri sur titres a pour conséquence principale d'éliminer les articles dont le caractère hors sujet est évident. Cette étape supprime par exemple des articles provenant de disciplines totalement étrangères au sujet. Il s'agit d'un tri « conservateur » c'est-à-dire qu'en cas de doute, les articles seront conservés pour reléguer leur éventuelle élimination au tri sur résumé. Partant d'un corpus initial constitué de plus de 26 000 articles, la sélection par tri sur titre a réduit le corpus à 2 244 articles. L'étape suivante, celle de la sélection à la lecture des résumés, permet d'aller plus loin dans le processus, le résumé apportant un nombre important de précisions sur le sujet d'un article. Ce tri permet d'éliminer notamment les articles retenus par précaution au moment du tri sur titres. Les articles retenus à l'issue de cette sélection, sont organisés en trois classes, selon le degré de précision de la description des formes urbaines étudiées dans la publication. La première classe a été appelée « générique » car l'urbain y est traité de manière floue ou sans mention de typologies de formes urbaines. La deuxième classe liée à la « fonction » rassemble des articles qui s'attachent à décrire la fonction de l'urbain, comme les fonctions résidentielles ou commerciales. La dernière classe, celle appelée « forme », recense les articles qui sont au cœur de notre sujet. Elle concerne 371 articles. L'urbain y est appréhendé de manière fine, à l'échelle

du quartier, et les articles font état de comparaisons entre formes urbaines. La dernière étape, celle du tri sur textes entiers, conduit à ne conserver que les articles les plus pertinents. La lecture de l'ensemble de la publication permet en effet de détecter les éventuels contresens et les erreurs de sélection. A l'issue du tri sur texte entier le corpus élaboré est constitué. Les articles retenus se penchent sur la biodiversité à l'échelle du quartier et prennent en compte les éléments de forme urbaine. Ils sont organisés en deux classes selon l'échelle étudiée. La première classe, regroupe les articles traitant de la forme urbaine à l'échelle du quartier où comparant plusieurs quartiers. La publication aborde différentes formes urbaines : zone dense, centre historique, centre-ville, zones de logements collectifs, zones de faible densité, périphéries ou encore zones de logements individuel. L'article peut aussi se pencher sur des quartiers nouvellement construits, des quartiers industriels et commerciaux tout comme résidentiels. Les articles traitant des éléments d'infrastructures urbaines, comme la rue, le boulevard, ou les murs des bâtiments, placés dans un contexte urbain plus large ont aussi été retenus dans cette classe. En revanche, les articles dont l'objet est l'interface entre les espaces accueillant de la biodiversité et leur environnement urbain (connectivités, fragmentation, perméabilité de la matrice, etc.) ont été rassemblés dans une deuxième classe. On y trouve des articles traitant d'éléments d'architecture végétalisés, de toitures et murs, d'espaces non bâtis et plantés, de parcs, d'alignements d'arbres, etc., - et enfin des délaissés urbains comme les friches. Ces articles, s'ils sont particulièrement importants pour comprendre les relations entre biodiversité et ville à l'échelle du quartier, ciblent moins les aspects relatifs à la morphologie urbaine que la zone de contact entre le bâti et le non-bâti.

Enfin, nous avons procédé à une évaluation critique sur la base d'un corpus restreint. Celle-ci permet d'identifier les savoirs les plus robustes et le degré de confiance qu'il est possible d'accorder aux résultats exposés dans les publications les plus importantes pour appréhender ce sujet. L'évaluation a été réalisée sur 28 articles, choisis parmi les 109 du corpus élaboré, simultanément par deux experts, l'un en écologie et l'autre en urbanisme et architec-

ture en plus de notre propre évaluation. De cette évaluation, trois articles qui contenaient un risque de biais important selon les lecteurs, ont été exclus pour la rédaction de la synthèse des résultats de la revue de littérature, portant ainsi notre toute dernière sélection à 25 publications. L'ensemble de ce travail de tri, jusqu'à l'évaluation critique, a pour vocation d'identifier les recherches, les lacunes de connaissances et les savoirs les plus robustes sur notre sujet.

PARTIE III

UN PANORAMA DES TRAVAUX SÉLECTIONNÉS

A partir du corpus final de 109 articles, des données de contexte ont été extraites afin d'obtenir un panorama de la recherche sur les liens entre biodiversité et formes urbaines. Ce travail correspond à une cartographie systématique. Nous avons d'abord classé les publications en fonction du pays d'appartenance de l'équipe de recherche²². Ce sont aux États-Unis que les chercheurs publient le plus sur les liens entre formes urbaines et biodiversité. Les pays anglo-saxons (Royaume-Uni, États-Unis, Canada, etc.) comme ceux d'Europe Centrale (ici la Pologne et la République Tchèque) publient historiquement davantage sur la biodiversité urbaine. L'Angleterre cultive notamment un intérêt historique pour l'ornithologie. La *Royal Society for the protection of birds* est créée à la fin du XIX^e siècle, alors que son équivalent français, la Ligue de Protection des Oiseaux (LPO) est, elle, fondée en 1912. Certains pays d'Europe centrale possèdent également une tradition naturaliste ancienne, en particulier botanique. Les publications du corpus se penchent sur des espaces urbains aux morphologies différentes selon que les villes étudiées sont européennes ou nord-américaines. Une certaine prudence est donc requise pour tirer des conclusions des articles puisqu'il faut considérer ces différences de morphologies urbaines.

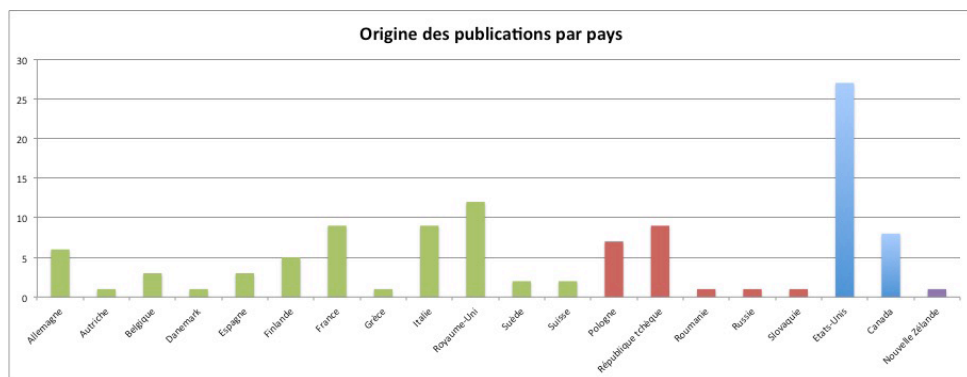


Figure n°3 : Origine des publications par pays

²² Lorsque l'équipe est répartie sur plusieurs pays, on choisit le pays d'appartenance du premier auteur de l'article.

Les travaux à l'interface des thématiques de formes urbaines et biodiversité émergent à partir des années 1980 et une véritable progression du nombre de publications se fait à partir de l'année 2012. Cette tendance doit être replacée en vis-à-vis du développement du champ de l'écologie urbaine qui émerge lentement à partir de 1995 et connaît une croissance très forte à partir des années 2000²³, quelques années avant que la thématique liée aux formes urbaines prenne son essor

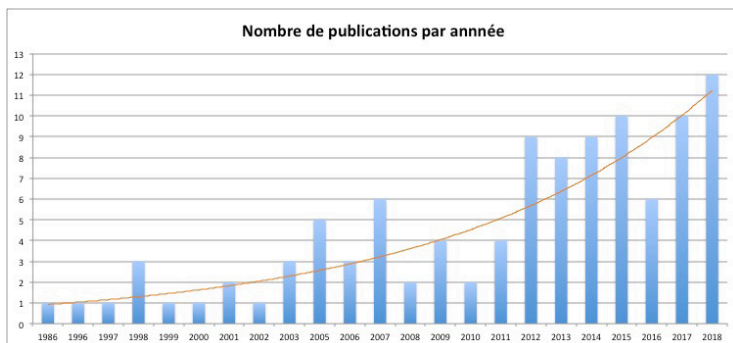


Figure n° 4 : Nombre de publications par année

Examiner la répartition des articles en fonction des revues scientifiques qui les publient permet de dresser plusieurs constats des indications sur les champs d'études qui se sont penchés sur ce thème. Nos recherches bibliographiques nous ont essentiellement donné accès à des publications dans le champ de l'écologie et de la biologie de la conservation tandis que les revues d'urbanisme se sont, elles, très peu emparées de cette question de recherche. Un nombre important de revues d'écologie ne comptabilise qu'un article sur ce thème (figurant sous le vocable « autres » dans le diagramme ci-dessous). Celles qui prennent le plus en considération cette question sont des revues internationales spécialisées en écologie urbaine et qui ont été créées au moment de l'« explo-

²³ Sébastien Barot et al., "Urban Ecology, Stakeholders and the Future of Ecology," *Science of The Total Environment* 667 (June 2019): 475–84.

sion » de ce champ d'étude. Revendiquées comme interdisciplinaires, elles se centrent dans le champ du paysage et de l'écologie et de la biologie de la conservation, principalement en milieu urbain. A ce titre, *Landscape And Urban Planning* (1986) et *Urban Ecosystems* (1997). Elles représentent à elles deux presque un tiers des publications sur le sujet. Les revues *Landscape Ecology* (7 %) et *Urban Forestry & Urban Greening* (4 %) publient également un certain nombre d'articles sur le sujet.

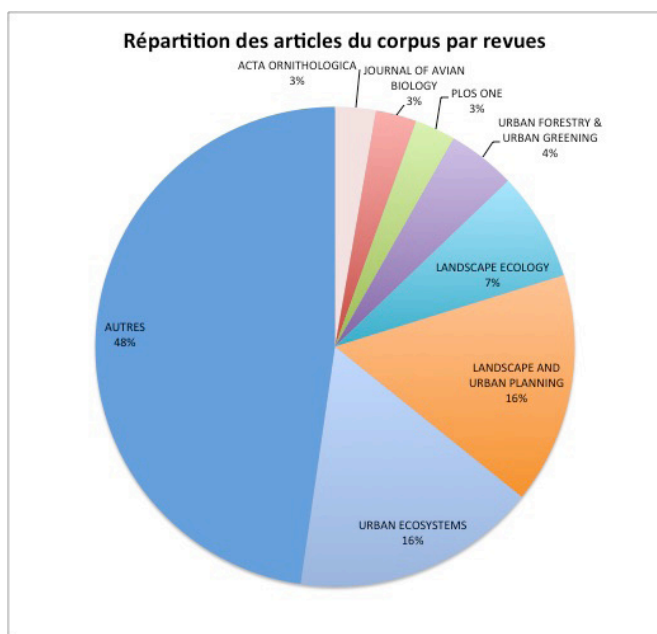


Figure n° 5 : Répartition des articles par revues

La part des études réalisées sur des espèces animales est largement dominante au sein du corpus. Celle consacrée à la flore est quant à elle relativement faible, ce qui peut paraître surprenant eu égard à sa visibilité dans l'espace urbain, Il apparaît pourtant que l'intérêt pour l'étude de la flore est plus récent. Elle possède une place particulière parmi les études figurant dans le corpus. La

flore est étudiée pour elle-même dans certains cas, par exemple dans des travaux sur la diversité des espèces végétales au sein de plusieurs quartiers d'une même ville, sur leurs capacités de dispersion, ou sur les espèces exotiques envahissantes. Mais les espèces végétales sont également étudiées comme habitat potentiel pour des espèces animales. Elles sont parfois même appréhendées comme élément de décor paysager. Enfin quelques articles s'intéressent, non pas à des taxons animaux ou végétaux, mais plutôt à des connectivités écologiques entre espaces pouvant accueillir de la biodiversité, en lien avec la morphologie urbaine.

Parmi les articles centrés sur les espèces animales, les taxons étudiés sont très inégalement répartis. Les études consacrées aux oiseaux sont largement surreprésentées et rassemblent plus de 60 % des travaux du corpus. Ce que l'on qualifie de « biais taxonomique » a été identifié depuis les années 1980 et est régulièrement pointé du doigt par des études en écologie urbaine²⁴. L'avi-faune reste ainsi plus étudiée que les autres taxons en ville, pour plusieurs raisons notamment un biais d'empathie, une tradition naturaliste qui favorise l'étude de l'oiseau, mais également des facilités méthodologiques. Les oiseaux sont également considérés comme d'excellents indicateurs des effets de l'urbanisation sur les écosystèmes. Les mammifères et les insectes, - pour lesquelles les études concernent surtout des pollinisateurs -, ou encore les reptiles sont bien moins étudiés que les oiseaux. La faune étudiée dans le corpus n'est pas représentative de la biodiversité animale actuellement présente en milieu urbain. La proportion de publications se penchant sur l'étude des insectes, et des invertébrés de manière générale, est par exemple très en dessous de la part que ces taxons peuvent représenter dans la biodiversité urbaine réelle. Il s'agit donc d'un biais dans notre corpus d'étude qui traite des espèces les plus visibles ou encore des plus mobiles à l'échelle du quartier, qui est l'échelle que nous avons retenue pour ce travail.

Afin de mesurer l'impact des morphologies urbaines sur la biodiversité à l'échelle du quartier, les publications prennent en compte deux effets principaux, à savoir l'abondance d'individus et

²⁴ Berthier, "Oiseaux Urbains ? Les Conditions d'une Cohabitation Humains - Animaux Dans Le Grand Paris" (Géographie, Université Paris 1 - Panthéon Sorbonne, 2019).

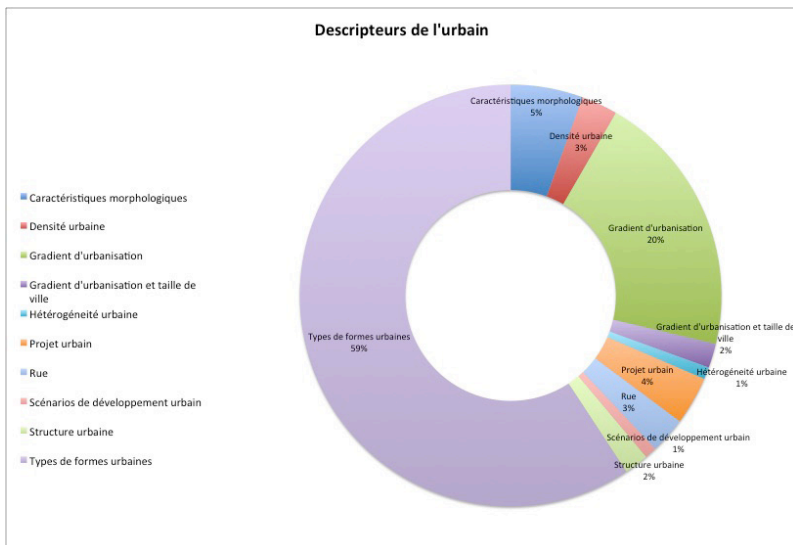


Figure n° 6 : Descripteurs de l'urbain

la richesse spécifique. En écologie, cette dernière correspond à un indice de la diversité. Elle mesure le nombre d'espèces présentes dans un même périmètre²⁵. Une partie des articles a également pour objet la mesure des effets de l'urbain sur le comportement des espèces animales comme la nidification ou l'évitement de certaines zones du fait de la présence humaine par exemple.

Les descripteurs de l'urbain utilisés dans le corpus sont nombreux et divers, signe d'un véritable flou autour des formes urbaines. Ils sont considérés différemment selon l'échelle observée, la culture disciplinaire de l'observateur ou encore la zone géographique du terrain d'étude. Dans la plupart des cas, ces descripteurs exposent succinctement deux formes d'urbanisation rencontrées sur le gradient d'urbanisation allant des espaces naturels au centre urbain : le tissu relâché à la périphérie du centre et le tissu dense historique. Dans ces grandes catégories, des termes différents peuvent désigner un même objet (par exemple le péri-urbain et la banlieue). À l'inverse un même terme peut désigner deux ob-

²⁵ Voir glossaire.

jets différents (par exemple le suburbain), selon les cas. Pour estimer l'impact de l'urbain sur la biodiversité, les chercheurs distinguent des degrés de compacité ou de modes d'occupation du sol et la qualification de la forme urbaine se fait le plus souvent au travers de la fonction, qu'elle soit résidentielle, commerciale ou industrielle²⁶. D'autres articles se focalisent sur des gradients d'urbanisation, dont l'utilisation est relativement classique en écologie et pour lesquels, l'élément discriminant est le pourcentage d'occupation du sol urbain par des surfaces imperméabilisées. Au regard de la description des formes urbaines, la position sur le gradient d'urbanisation n'est pas éloquente. En conséquence, n'ont bien été sélectionnés dans le corpus final que les articles au sein desquels des formes urbaines identifiées se surimposent au gradient d'urbanisation. Si ces deux manières d'appréhender les formes urbaines rassemblent un nombre important de publications, d'autres articles s'intéressent, eux, aux caractéristiques morphologiques de l'urbain. Ils décrivent alors la largeur des rues, les connexions entre les espaces verts dans le tissu urbain, la hauteur des bâtiments. D'autres se penchent sur l'échelle de la rue et son organisation, en prenant en compte le couvert arboré. D'autres encore examinent à des secteurs caractérisés par une plus ou moins forte densité de logement, de bâti, de population. Enfin, quelques auteurs comparent des espaces urbains avant et après la construction de projets de construction de bâtiments.

Parmi les articles qui se penchent sur les formes urbaines et le gradient d'urbanisation, le nombre de secteurs comparés varie très largement, en fonction du degré de précision retenu par les auteurs. Le cas le plus représenté est la comparaison de trois formes urbaines à savoir le centre urbain, un périurbain dense et un périurbain plus lâche. D'autres comparent jusqu'à huit formes différentes. Dans ce cas de figure, il s'agit de catégories urbaines désignées par leur fonction et qui ne sont pas situées géographi-

²⁶ Serret et al., "Potential Contributions of Green Spaces at Business Sites to the Ecological Network in an Urban Agglomeration: The Case of the Ile-de-France Region, France," *LANDSCAPE AND URBAN PLANNING* 131 (November 2014): 27-35 ; Schmidt, Poppendieck, and Jensen, "Effects of Urban Structure on Plant Species Richness in a Large European City," *URBAN ECOSYSTEMS* 17, no. 2 (June 2014): 427-44.

quement. L'analyse des formes urbaines est donc plus ou moins fine en fonction des publications.

Enfin, si une majorité des publications a adopté des méthodes "de terrain", en mobilisant l'observation et les relevés floristiques ou faunistiques, une partie non négligeable du corpus utilise la modélisation. Parmi les 109 articles retenus, 12 utilisent la modélisation pour aboutir à leurs résultats. Dans le corpus restreint, cinq articles sur les 25 proposent cette méthode. Cet objet de recherche semble se prêter aisément à des simulations alors que plusieurs auteurs mettent en garde sur les difficultés méthodologiques que peuvent occasionner les méthodes de terrain en ville. En effet, le milieu étudié y est soumis à des perturbations anthropiques importantes et à des difficultés d'échantillonnage. Dans le corpus, différents types de modélisation, qui correspondent à des niveaux de complexité différents, sont utilisés. On peut distinguer ce qui relève de la modélisation "urbaine" et de la modélisation "écologique" dans notre corpus. La modélisation urbaine consiste à générer des scénarios d'urbanisation, à modéliser des formes urbaines réalistes ou théoriques ou encore à représenter des formes de villes fictives. Certains des articles mobilisant la modélisation abordent les formes urbaines et leur impact sur la biodiversité au travers d'approches temporelles, avec, par exemple, des scénarios prospectifs²⁷. En ce qui concerne la biodiversité, la modélisation des réseaux ou des connectivités écologiques par la méthode des graphes paysagers est souvent utilisée dans les approches d'écologie du paysage²⁸. Si les mesures de connectivités « réelles » sont plus précises en matière d'évaluation des connectivités écologiques, celles réalisées à partir de connectivités potentielles permettent d'étudier des espaces aux surfaces importantes et nécessite de traiter un nombre bien plus restreint de données. La méthode des graphes paysagers permet d'obtenir une repré-

²⁷ Tannier, Foltete, and Girardet, "Assessing the Capacity of Different Urban Forms to Preserve the Connectivity of Ecological Habitats," *LANDSCAPE AND URBAN PLANNING* 105, no. 1-2 (March 2012): 128-39

²⁸ Foltête et al., "La Modélisation Des Réseaux Écologiques Par Les Graphes Paysagers. Méthodes et Outils," *Revue Internationale de Géomatique* 22, no. 4 (December 30, 2012): 641-58

sentation visuelle de ces réseaux, en représentant spatialement les tâches d'habitat par des nœuds, et les déplacements entre ces tâches par des liens²⁹. Dans sa thèse de doctorat, M. Bourgeois a par exemple utilisé des modèles spatiaux pour représenter différents processus d'urbanisation et évaluer leur impact sur les processus écologiques³⁰.

La très grande disparité des descripteurs de l'urbain utilisés a constitué une difficulté importante de ce travail de revue systématique. Il ressort tout de même des éléments de synthèse permettant de construire des catégories urbaines de référence : l'urbain dense et le périurbain. Dans ces deux grandes formes identifiées, des résultats relatifs notamment à la configuration spatiale, à l'époque de construction, à la forme architecturale des bâtiments ainsi que les fonctions urbaines peuvent être mis en avant.

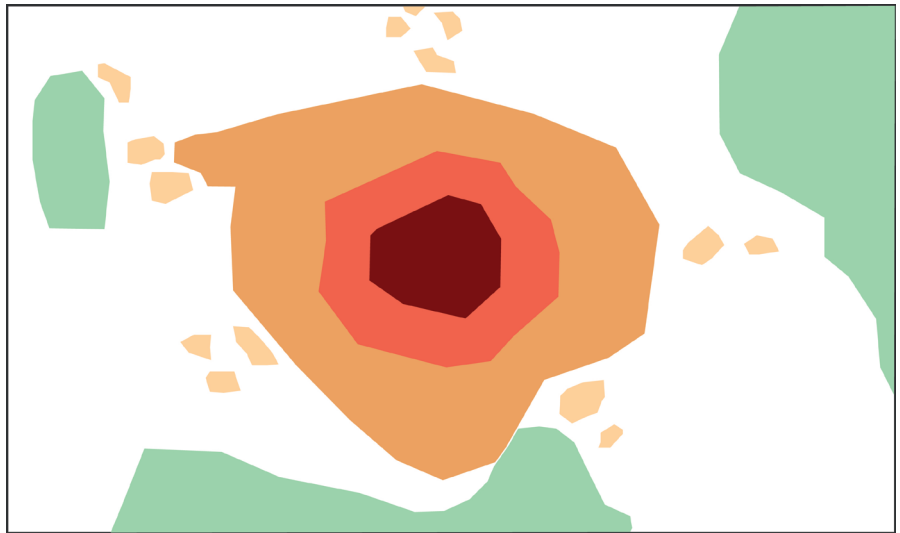
²⁹ La théorie des graphes permet d'évaluer la connectivité potentielle des paysages. Les graphes paysagers sont une modélisation des réseaux écologiques à une échelle régionale. Les nœuds représentent les tâches d'habitat et les liens, les relations fonctionnelles existant entre les tâches, c'est à dire les déplacements potentiels des espèces entre les tâches d'habitat. On peut alors comptabiliser par exemple le nombre de nœuds connectés entre eux, ou encore les parcours possibles pour les différentes espèces d'un point à un autre. En France, le logiciel Graphab, développé par le laboratoire de recherche Théoriser et Modéliser pour Aménager (ThéMA), permet par exemple la construction de graphes paysagers

³⁰ Bourgeois, "Impacts Écologiques et Formes d'urbanisation : Modélisations Urbaines et Paysagères" (2015), thèse de doctorat en géographie

PARTIE IV

CONFIGURATIONS URBAINES ET BIODIVERSITÉ : UN MANQUE DE RÉSULTATS PROBANTS

Après avoir extrait et synthétisé les résultats collectés dans le corpus de 109 documents, nous avons choisi d'approfondir ceux exposés dans les 25 articles les plus pertinents relatifs à notre sujet. Dans ce développement nous adoptons les catégorisations principales utilisées dans les publications. Dans le corpus resserré comme dans le corpus des 109 articles, l'on compare le plus souvent deux formes urbaines, schématiquement décrites mais bien distinctes du point de vue de leur organisation spatiale et de leur compacité. On trouve d'une part, la catégorie de l'urbain dense qui correspond dans les articles principalement au centre-ville historique, avec une forte densité de bâti et des bâtiments de haute taille. D'autre part, les travaux décrivent ce que l'on pourrait qualifier d'urbain moins dense. Situé en périphérie du centre, il correspond à des formes de banlieue ou de périurbain en continuité du centre-ville. Cette catégorie décrit le plus souvent, une organisation comprenant des maisons individuelles avec jardins, sur des parcelles de taille variable. Dans un schéma géographique classique, ces deux formes correspondent à une agglomération, possédant un ou des centre-ville(s) et des périphéries du centre (voir figure n°7). Enfin, les publications qui se penchent sur les fonctionnalités de l'urbain apparaissent peu nombreuses. La forme urbaine que l'on peut qualifier de « grands ensembles » en France, est très peu étudiée. Un nombre restreint d'articles discutent de cette forme d'urbanisation.



Légende

Schéma d'une structure urbaine classique :

- Centre urbain dense (centre-ville, centre historique)
- Périphérie dense et continue (banlieue)
- Périphérie peu dense et discontinue (quartiers de lotissements, maisons avec jardin)
- Tissu urbain lâche (noyaux villageois anciens)
- Réservoir de biodiversité (forêt, zone naturelle protégée, etc.)

Correspondance avec les catégories du corpus :

- Urban dense
- Urban peu dense

Figure n° 7 : Schéma de la structure urbaine

Malgré la simplification opérée dans le corpus vis-à-vis des formes urbaines, plusieurs conclusions peuvent être tirées concernant la morphologie urbaine. Elles sont relatives à la largeur des rues, l'âge et la hauteur des bâtiments, la taille des espaces végétalisés non bâtis, leur organisation et leur participation aux connectivités écologiques. D'une manière générale, le corpus démontre que s'il y a bien un effet de la composition urbaine sur la biodiversité, il y a aussi un effet de la configuration, c'est à dire de l'organisation des formes bâties dans la ville, objet de notre questionnement.

IV.1. L'urbain dense : connectivités écologiques, îlots de verdure et artefacts urbains

Le constat d'une perte de richesse spécifique sur un gradient d'urbanisation allant du centre urbain au milieu environnant a été démontré dans la littérature scientifique³¹. Dans notre corpus, les études comparatives insistent sur la faible performance écologique des espaces urbains aux plus fortes densités³². Peu d'espèces trouvent en ville des conditions d'installation favorables. L'occupation du sol y est relativement homogène, les tâches d'habitat sont de taille réduite et en faible quantité. Pourtant, malgré ces conditions particulières liées aux facteurs biotiques et abiotiques spécifiques au milieu³³, les espaces urbains denses ne sont pas exempts de biodiversité. Au-delà de l'introduction par l'humain d'espèces domestiques et horticoles, les parties les plus denses de la ville peuvent accueillir une diversité d'espèces animales et végétales, et notamment d'oiseaux comme cela est montré dans une étude réalisée sur l'avifaune des centres-villes européens³⁴. Le même constat est fait dans une étude consacrée à la flore de la ville de Bruxelles, démontrant une certaine richesse des parties les plus denses de la ville³⁵. Des espaces de forte densité peuvent aussi convenir à certaines espèces de mammifères. Par exemple, dans l'étude conduite par L. Dudus *et al.*³⁶ des fouines trouvent

³¹ Clergeau, Jokimaki, and Savard, "Are Urban Bird Communities Influenced by the Bird Diversity of Adjacent Landscapes?," *JOURNAL OF APPLIED ECOLOGY* 38, no. 5 (October 2001): 1122-34 ; Sorace and Gustin, "Bird Species of Conservation Concern along Urban Gradients in Italy."

³² Tratalos *et al.*, "Urban Form, Biodiversity Potential and Ecosystem Services," *LANDSCAPE AND URBAN PLANNING* 83, no. 4 (December 7, 2007): 308-17,

³³ Voir glossaire

³⁴ Jokimaki, Suhonen, and Kaisanlahti-Jokimaki, "Urban Core Areas Are Important for Species Conservation: A European-Level Analysis of Breeding Bird Species," *LANDSCAPE AND URBAN PLANNING* 178 (October 2018): 73-81, <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.05.020>.

³⁵ Godefroid and Koedam, "Urban Plant Species Patterns Are Highly Driven by Density and Function of Built-up Areas," *LANDSCAPE ECOLOGY* 22, no. 8 (October 2007): 1227-39,

³⁶ Dudus *et al.*, "Habitat Selection by Two Predators in an Urban Area: The Stone Marten and Red Fox in Wroclaw (SW Poland)," *MAMMALIAN BIOLOGY* 79, no. 1

des sites de repos et des tanières tant qu'elles peuvent avoir accès à des greniers peu fréquentés.

De façon générale, dans les formes urbaines denses, les espaces végétalisés apparaissent comme des refuges pour la biodiversité animale et végétale. Ils constituent des habitats potentiels pouvant héberger une majorité de taxons de petite taille. Les espaces végétalisés étudiés dans le corpus sont variés³⁷. Ils sont d'abord d'une grande diversité du point de vue de leur statut. Ils peuvent être publics, comme les parcs urbains, ou privés, comme les cours d'immeubles végétalisées. La gestion faite de ces espaces varie largement. Alors que les friches ne sont, par définition, pas entretenues, les parcs ornementaux sont largement entretenus. La surface de ces espaces végétalisés va des grands parcs jusqu'aux anfractuosités dans les murs et les trottoirs, en passant par les jardins privés et les squares. Les toitures et murs végétalisés font eux l'objet d'une demande croissante depuis quelques années parmi les acteurs de l'aménagement et les citoyens. Ces aménagements doivent permettre de contribuer à l'installation de la biodiversité, en particulier dans les secteurs urbains les plus denses. Ils peuvent constituer des habitats pour certaines espèces de plantes spontanées et d'animaux, et jouer le rôle de corridor écologique, notamment pour les espèces les moins mobiles. Il reste pourtant des interrogations concernant la contribution de ces aménagements végétaux, notamment leurs liens avec les espaces verts ur-

(2014): 71-76

³⁷ Strohbach, Lerman, and Warren, "Are Small Greening Areas Enhancing Bird Diversity? Insights from Community-Driven Greening Projects in Boston," *LANDSCAPE AND URBAN PLANNING* 114 (June 2013): 69-79 ; Rzeszowski and Sterzynska, "Changes through Time in Soil Collembola Communities Exposed to Urbanization," *URBAN ECOSYSTEMS* 19, no. 1 (March 2016): 143-58 ; Ceplova, Kalusova, and Lososova, "Effects of Settlement Size, Urban Heat Island and Habitat Type on Urban Plant Biodiversity," *LANDSCAPE AND URBAN PLANNING* 159 (March 2017): 15-22.; Bonthoux et al., "More than Weeds: Spontaneous Vegetation in Streets as a Neglected Element of Urban Biodiversity," *LANDSCAPE AND URBAN PLANNING* 185 (May 2019): 163-72 ; Murgui, "Factors Influencing the Bird Community of Urban Wooded Streets along an Annual Cycle," *ORNIS FENNICA* 84, no. 2 (2007): 66-77; Limoges, Pham, and Apparicio, "Growing on the Street: Multilevel Correlates of Street Tree Growth in Montreal," *URBAN FORESTRY & URBAN GREENING* 31 (April 2018): 15-25,

bains au sol³⁸. Par ailleurs, l'installation d'une toiture végétalisée n'équivaut pas à la conservation d'un espace de « pleine terre » en termes de maintien d'une richesse spécifique. Il reste donc préférable de conserver des surfaces de « pleine terre » en ville.

Quartier du Trapèze à Boulogne-Billancourt
©Arnaud Bouissou Terra



Ecoquartier du Parc Marianne à Montpellier
©Arnaud Bouissou Terra



Planche photographique n° 1 :
Des formes urbaines denses
donnant une place à la
végétation

³⁸ Mayrand and Clergeau, “Green Roofs and Green Walls for Biodiversity Conservation: A Contribution to Urban Connectivity?,” *SUSTAINABILITY* 10, no. 4 (April 2018)

La surface des espaces végétalisés revêt une certaine importance pour garantir la richesse spécifique, notamment en ce qui concerne les oiseaux. Dans des zones fortement développées, les auteurs s'accordent pourtant pour affirmer que des tâches d'habitat de petite taille peuvent aussi accueillir une certaine biodiversité. D. Grafius *et al.* précisent qu'un espace végétalisé d'une surface de dix hectares permet de maximiser à la fois la densité du stockage de carbone et l'abondance des pollinisateurs³⁹. Au-delà de cette surface, l'étude ne constate aucun avantage supplémentaire à une augmentation. L'autre variable observée par ce travail de recherche est celle de la distance entre les espaces végétalisés. En effet, les théories de l'écologie du paysage montrent que plus la distance est importante entre les tâches d'habitat, plus l'abondance des espèces et leur diversité diminuent⁴⁰. L'organisation spatiale plus ou moins continue entre de petits parcs et des rues arborées peuvent servir de corridors ou même d'habitat pour des espèces de petite taille. Plusieurs articles du corpus mettent en avant l'importance des connectivités fonctionnelles et notamment des infrastructures vertes linéaires pour la présence de chauves-souris⁴¹. Si la composition de l'espace urbain est particulièrement importante pour la conservation de la biodiversité, l'organisation des formes bâties et non bâties se révèle également majeure. Des oiseaux nichant dans des parcs peuvent choisir des rues végétalisées comme habitat alternatif si ces rues se trouvent dans la continuité du parc qu'ils occupent (voir encadré n°2, p. 65-66).

³⁹ Grafius, Corstanje, and Harris, "Linking Ecosystem Services, Urban Form and Green Space Configuration Using Multivariate Landscape Metric Analysis," *LANDSCAPE ECOLOGY* 33, no. 4 (April 2018): 557-73

⁴⁰ Avon, Bergès, and Roche, "Comment analyser la connectivité écologique des trames vertes ? Cas d'étude en région méditerranéenne," *Sciences Eaux & Territoires* Numéro 14, no. 2 (2014): 14

⁴¹ Hale et al., "Habitat Composition and Connectivity Predicts Bat Presence and Activity at Foraging Sites in a Large UK Conurbation," *PLOS ONE* 7, no. 3 (March 12, 2012)

Encadré n° 2 : De l'importance des rues végétalisées pour l'établissement de l'avifaune dans deux villes espagnoles

Dans une étude datant de 2000, E. Fernandez-Juridic étudie le rôle des rues végétalisées de Madrid dans la présence de différentes espèces d'oiseaux. Il réalise un travail mêlant composition et configuration urbaine. L'auteur propose une carte schématisée de la ville représentant les parcs et les rues végétalisées pour identifier les habitats potentiels de l'avifaune. Les parcs y sont représentés sous la forme de surfaces plus ou moins importantes, et les rues végétalisées soit en trait pleins si elles sont connectées de manière satisfaisante aux parcs soit en pointillés si les connectivités sont de mauvaise qualité. L'étude montre que 56 % de la richesse spécifique des parcs urbains se retrouve dans les rues arborées de la ville. Les rues végétalisées présentent donc un rôle potentiel de couloir écologique. Elles favoriseraient notamment les déplacements des oiseaux de parc en parc. L'article souligne que, pour améliorer la connectivité globale, une complexité structurelle est nécessaire. Multiplier les espèces et les strates de végétation apparaît ici comme une solution pour favoriser une plus grande diversité biologique.

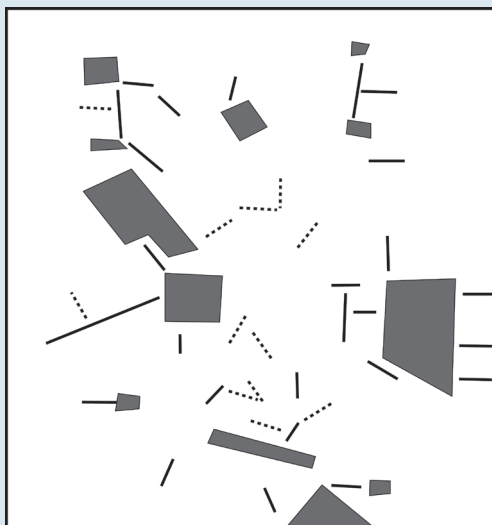


Figure n° 8 : Représentation schématisée de l'organisation des surfaces végétalisées à Madrid. D'après Fernandez-Juridic, 2000.

En 2007, E. Murgui propose une comparaison avec les travaux de E. Fernandez-Juridic, cette fois dans une étude consacrée à la ville de Valence en Espagne. Ses résultats divergent à propos du rôle des rues végétalisées pour l'avifaune dans l'urbain dense. Tandis qu'à Madrid est rapportée l'importance potentielle de ces espaces en tant qu'habitats, à Valence, E. Murgui souligne la faible contribution des rues végétalisées à la richesse spécifique et à l'abondance d'oiseaux. Les conclusions des deux articles se rapprochent en revanche pour mettre en avant les caractéristiques des rues végétalisées accueillantes pour l'avifaune, en particulier les caractéristiques du couvert végétal, la diversité des espèces d'arbres, la largeur du couvert mais également sa gestion.

Références :

- Fernandez-Juridic, "Avifaunal Use of Wooded Streets in an Urban Landscape," *CONSERVATION BIOLOGY* 14, no. 2 (avril 2000): 513-21
- Murgui, "Factors Influencing the Bird Community of Urban Wooded Streets along an Annual Cycle," *ORNIS FENNICA* 84, no. 2 (2007)

Si les espaces végétalisés sont fondamentaux pour la présence et la diversité des espèces dans l'urbain dense, d'autres espaces urbains à proprement parler peuvent jouer un rôle dans la conservation de la biodiversité. Ainsi, les façades d'immeubles, les toits, les anfractuosités entre les pavés, l'ouverture des trottoirs peuvent accueillir des espèces végétales et animales. Quelques études du corpus s'attachent à évaluer l'impact de la structure architecturale des bâtiments pour appréhender la place d'espèces animales en ville dense. H. Li *et al.* ont par exemple montré qu'une espèce de chauves-souris est davantage détectée dans les espaces avec des bâtiments de grande hauteur et avec une densité de bâtiment importante⁴². L'avifaune peut également trouver dans les caractéristiques architecturales du centre urbain des conditions propices à la nidification ou au repos. Cette affirmation dépend des espèces

⁴² Li and Wilkins, "Patch or Mosaic: Bat Activity Responds to Fine-Scale Urban Heterogeneity in a Medium-Sized City in the United States," *URBAN ECOSYSTEMS* 17, no. 4 (December 2014): 1013-31

concernées puisque ce sont les espèces dites généralistes qui sont favorisées par les conditions offertes dans le milieu urbain dense. En Europe, l'urbanisation a bénéficié aux espèces nichant dans les arbres ou les cavités au détriment de celles nichant au sol. Les premières s'y adaptent plus facilement en utilisant les toits ou les cheminées pour s'installer⁴³. La hauteur des immeubles favorise certaines espèces comme les faucons pèlerins, qui peuvent nicher dans les bâtiments de grande hauteur⁴⁴. Dans une étude faisant notamment varier la hauteur des bâtiments parisiens, V. Pellissier *et al.* ont montré que les zones composées en majorité de bâtiments haussmanniens avec une forte proportion d'arbustes, et situées à proximité de zones de parcs, bénéficiaient aux espèces granivores⁴⁵. L'hétérogénéité des hauteurs des bâtiments dans les zones à forte couverture de bâtiments de hauteur moyenne a un impact positif sur les espèces omnivores. Les espèces granivores sont influencées par la configuration des espaces verts et les espèces omnivores par les caractéristiques urbaines. Pour d'autres espèces en revanche, la hauteur des bâtiments possède un effet négatif (voir encadré n°3, p.68).

⁴³ Sorace and Gustin, "Bird Species of Conservation Concern along Urban Gradients in Italy."

⁴⁴ Jokimaki, Suhonen, and Kaisanlahti-Jokimaki, "Urban Core Areas Are Important for Species Conservation: A European-Level Analysis of Breeding Bird Species," *LANDSCAPE AND URBAN PLANNING* 178 (October 2018): 73–8.

⁴⁵ Pellissier *et al.*, "Birds Are Also Sensitive to Landscape Composition and Configuration within the City Centre."

Encadré n° 3 :**Des moineaux sensibles à la taille des immeubles ?**

Dans une publication de 2018, Bernat-Ponce *et al.*, ont enquêté sur la présence de moineaux domestiques à Valence. Ils partent du constat que la population de cette espèce décline dans le sud de l'Espagne. Les auteurs prennent en compte un certain nombre de variables descriptives de l'urbain pour mesurer la présence de l'oiseau comme par exemple l'ancienneté des bâtiments, leur hauteur, la fréquentation humaine ou encore la largeur des rues. Cette étude, menée dans cinq espaces urbains différents de l'agglomération, montre une corrélation négative entre la présence de moineaux domestiques et les zones urbaines où les immeubles font plus de huit étages. Ces oiseaux se nourrissent dans les rues. Par conséquent, une augmentation de la hauteur des bâtiments peut accroître la distance verticale entre les aires d'alimentation et les sites de repos. Les auteurs ont aussi mis en avant une corrélation négative entre la largeur des rues et l'abondance de certaines espèces d'oiseaux, suggérant leur préférence pour les rues étroites pour nicher, du fait d'une moindre circulation de véhicules motorisés et une plus faible fréquentation humaine que dans les rues larges.

Une des solutions mises en avant pour empêcher le déclin trop important des moineaux domestiques est d'améliorer les continuités écologiques entre parcs urbains dans l'agglomération, comme cela est proposé dans le projet d'infrastructure verte de la communauté de Valence.

Référence :

- Bernat-Ponce, Gil-Delgado, and Guijarro, "Factors Affecting the Abundance of House Sparrows *Passer Domesticus* in Urban Areas of Southeast of Spain," *BIRD STUDY* 65, no. 3 (2018): 404–16

Quelques articles se penchent sur la composition floristique au sein de différentes formes urbaines et l'impact des configurations notamment sur les capacités de dispersion des plantes dans l'urbain dense⁴⁶. Ainsi, celles qui ont de plus fortes capacités de dispersion ont le plus de chances de s'installer dans les parties centrales des villes, là où les conditions du milieu sont les plus difficiles. Dans une publication datant de 2007, S. Godefroid et N. Koedam montrent que des formes urbaines différentes peuvent générer des effets distincts sur la distribution des espèces végétales⁴⁷. Par ailleurs, dans les centres-villes, la composition des sols et les conditions climatiques plus ou moins perturbées, ont une forte influence sur la flore. Les espèces rudérales, adaptées à des perturbations importantes, sont favorisées par les conditions rencontrées dans les parties denses des villes. A ce titre K. Schmidt *et al.* ont fait état d'une plus forte proportion d'espèces thermophiles⁴⁸ dans le centre d'Hambourg⁴⁹. Dans cette agglomération, les plantes poussent majoritairement dans les friches portuaires, les maisons abandonnées ou encore les fissures dans la chaussée. Les trottoirs des villes peuvent d'ailleurs accueillir une grande diversité d'espèces végétales. Une étude réalisée sur la ville de Blois a montré que les chaussées de type sablonneux sont les mieux à même d'accueillir la biodiversité végétale. D'après les résultats mis en avant dans l'article, la couverture végétale y est trente fois supérieure à celle des chaussées asphaltées⁵⁰. Ce travail souligne également que la couverture végétale et la richesse spécifique sont plus élevées sur les trottoirs situés dans les zones commer-

⁴⁶ Kalusova, Ceplova, and Lososova, "Which Traits Influence the Frequency of Plant Species Occurrence in Urban Habitat Types?," *URBAN ECOSYSTEMS* 20, no. 1 (February 2017): 65-75

⁴⁷ Godefroid and Koedam, "Urban Plant Species Patterns Are Highly Driven by Density and Function of Built-up Areas."

⁴⁸ Voir glossaire

⁴⁹ Schmidt, Poppendieck, and Jensen, "Effects of Urban Structure on Plant Species Richness in a Large European City," *URBAN ECOSYSTEMS* 17, no. 2 (June 2014): 427-44

⁵⁰ Bonthoux *et al.*, "More than Weeds: Spontaneous Vegetation in Streets as a Neglected Element of Urban Biodiversity," *LANDSCAPE AND URBAN PLANNING* 185 (May 2019): 163-72,

ciales et industrielles que dans les autres quartiers étudiés, tous résidentiels. Le parallèle y est fait avec les travaux conduits par H. Serret sur les potentialités des zones d'activités pour développer les connectivités entre habitats au travers des emprises végétalisées qui contiennent ces zones⁵¹.

La ville dense présente une mosaïque d'habitats qui permettent l'installation et le maintien de différentes espèces ; le paysage urbain se caractérisant par une fragmentation forte des habitats. Ces derniers ont en revanche tendance à se constituer en « îlots de nature ».

IV. 2. Les formes de faible densité : des espaces majeurs pour la biodiversité urbaine

Un second groupe de publications s'attache à montrer que si la diversité et la richesse en espèces animales et végétales sont relativement faibles dans l'urbain dense, elle sont en revanche importante dans les formes urbaines de faible densité, en particulier dans le périurbain. La richesse spécifique est parfois même plus élevée dans les formes de faible densité que dans l'espace rural. Dans une étude portant sur les effets de plusieurs formes urbaines sur la diversité d'espèces de plantes vasculaires et d'escargots dans 32 villes d'Europe centrale, les auteurs montrent que ce sont dans les quartiers résidentiels en périphérie du centre-ville que la biodiversité est la plus riche⁵². Une revue de littérature, menée en 2008 par M. Mc Kinney, avait déjà mis en évidence ce constat, concernant les espèces de plantes et d'invertébrés⁵³. Cette richesse s'explique par plusieurs facteurs. La composition et la configuration de ces formes urbaines moins denses que le

⁵¹ Serret et al., "Potential Contributions of Green Spaces at Business Sites to the Ecological Network in an Urban Agglomeration: The Case of the Ile-de-France Region, France."

⁵² Lososova et al., "Diversity of Central European Urban Biota: Effects of Human-Made Habitat Types on Plants and Land Snails," *JOURNAL OF BIOGEOGRAPHY* 38, no. 6 (June 2011): 1152-63,

⁵³ McKinney, "Effects of Urbanization on Species Richness: A Review of Plants and Animals," *Urban Ecosystems* 11, no. 2 (June 2008): 161-76

centre urbain sont favorables à l'augmentation de la biodiversité et l'imperméabilisation du sol y est moindre car le tissu urbain est plus relâché. L'occupation du sol en mosaïque de petits jardins, de zones de pelouses piétinées, de murs couverts par de la végétation permet une plus grande diversité d'habitats et implique une grande hétérogénéité paysagère, caractéristique de ces espaces⁵⁴. L'hétérogénéité de l'occupation du sol de ces espaces d'urbanisation intermédiaire sur le gradient urbain-rural, est bénéfique pour des espèces d'oiseaux, de papillons et d'araignées comme l'indiquent certains articles du corpus⁵⁵. Au sein de ces formes, la végétation prend une place importante, surtout du fait de la présence de jardins, privés. Le rôle clé des jardins privés est largement souligné dans la littérature scientifique traitant du lien entre formes urbaines et biodiversité. Ces espaces végétalisés donnent accès à plus de nourriture et de lieux de repos pour les espèces animales. Ainsi, D. Chamberlain *et al.* ont montré que les lotissements sont des habitats-clés pour les moineaux domestiques, en raison d'une part importante de jardins individuels⁵⁶. Une autre étude réalisée sur des populations d'escargots et de plantes vasculaires indique que le nombre d'espèces était plus élevé dans les zones résidentielles peu denses composées de maisons avec jardins que dans l'urbain dense⁵⁷.

⁵⁴ Lososova et al., "Diversity of Central European Urban Biota: Effects of Human-Made Habitat Types on Plants and Land Snails."

⁵⁵ Salek, Riegert, and Grill, "House Sparrows *Passer Domesticus* and Tree Sparrows *Passer Montanus*: Fine-Scale Distribution, Population Densities, and Habitat Selection in a Central European City," *ACTA ORNITHOLOGICA* 50, no. 2 (WIN 2015): 221–32 ; J Jokimaki and ML Kaisanlahti-Jokimaki, "Spatial Similarity of Urban Bird Communities: A Multiscale Approach," *JOURNAL OF BIOGEOGRAPHY* 30, no. 8 (August 2003): 1183–93.

⁵⁶ Chamberlain et al., "House Sparrow (*Passer Domesticus*) Habitat Use in Urbanized Landscapes," *JOURNAL OF ORNITHOLOGY* 148, no. 4 (October 2007): 453–62

⁵⁷ Lososova et al., "Diversity of Central European Urban Biota: Effects of Human-Made Habitat Types on Plants and Land Snails."

Encadré n°4 :**Des mammifères se déplacent dans toutes les parties de la ville au sein de deux agglomérations aux États-Unis**

Parsons *et al.* ont montré qu'il n'y a pas moins de diversité d'espèces de mammifères dans des jardins des quartiers résidentiels des agglomérations de Washington D.C. et Raleigh N.C. aux États-Unis, que dans de petites forêts fragmentées autour des deux agglomérations. Ainsi, dans les deux sites d'étude, les 12 espèces étudiées s'aventurent en milieu urbain et aucune n'est cantonnée au domaine sauvage. Certaines sont mieux adaptées que d'autres aux formes urbaines denses. Les espèces les plus sensibles à l'occupation humaine n'évitent pas les zones urbaines mais leur présence requiert des zones résidentielles pour pouvoir se déplacer entre des tâches de petites forêts. Le renard roux et le raton-laveur, espèces les plus adaptées au milieu urbain, trouvent eux des conditions d'installation favorables, notamment dans les parties urbaines de faible densité. Dans cette étude, le renard roux est fréquemment détecté dans les jardins privés des zones résidentielles. L'article montre également que lorsque la densité augmente, les mammifères sont davantage associés aux espaces verts, dans lesquels ils se réfugient.

Référence :

- Parsons *et al.*, Waldstein, Forrester, Baker-Whatton, McShea, Rota, Schuttler, Millspaugh, and Kays. "Mammal Communities Are Larger and More Diverse in Moderately Developed Areas." *ELIFE* 7 (October 2018)

Certains auteurs soulignent un lien fort entre la surface des jardins et la biodiversité qu'ils contiennent. Dans un jardin de superficie plus importante, il y aurait une plus grande diversité d'habitats⁵⁸. Un jardin de plus grande superficie serait ainsi susceptible

⁵⁸ Smith *et al.*, "Urban Domestic Gardens (IX): Composition and Richness of the Vascular Plant Flora, and Implications for Native Biodiversity," *BIOLOGICAL CONSERVATION* 129, no. 3 (mai 2006): 312-22.

de favoriser des modes d'occupation du sol plus variés. R. Smith *et al.* ont montré dans le cas de l'agglomération de Sheffield, au Royaume-Uni, que les jardins plus grands étaient susceptibles de contenir davantage d'arbres de plus de deux mètres de hauteur, de parcelles de cultures potagères et de sites de compostage. Cette conclusion est pourtant mise en cause par d'autres études qui arguent que des jardins de dimensions réduites peuvent être aussi riches en termes de biodiversité que les plus grands jardins. Le critère important est pour eux la gestion qui est faite de ces espaces.

Se penchant à une échelle encore plus fine, certains travaux prennent comme variable discriminante la proportion et les caractéristiques de la couverture arborée dans les quartiers périurbains. C'est le cas de Y. Van Heekiz *et al.* qui ont mené une étude en 2016 montrant que les caractéristiques du couvert arbustif et du couvert arboré au sein des jardins influencent les communautés d'oiseaux dans les quartiers résidentiels d'une ville néo-zélandaise⁵⁹. Dans ces espaces de faible densité, les auteurs du corpus s'intéressent aussi à d'autres variables, comme l'âge et la dimension des arbres ainsi qu'à l'impact potentiel de leur localisation sur différentes espèces, que ce soit dans les jardins privés ou le long des rues. La hauteur et le gabarit des arbres a par exemple un impact sur la population de papillons, tout comme la surface des tâches d'habitats. A. Brunbjerg *et al.* mettent en avant le fait que la richesse spécifique est corrélée avec une plus grande variation dans le gabarit des arbres⁶⁰. Selon cette recherche, des tâches d'habitats d'une superficie de 100 à 250 mètres de rayon sont essentielles pour la présence de papillons. Afin d'augmenter la diversité et le nombre des pollinisateurs en ville, les auteurs pointent l'importance de créer tout nouveau jardin ou toute nouvelle prairie d'agrément de faible surface, le plus près possible d'autres éléments plantés similaires, et le plus près possible de ceux qui sont en dehors de la zone ur-

59 Van Heekiz and Adams, "Vulnerability of Native and Exotic Urban Birds to Housing Densification and Changing Gardening and Landscaping Trends," *URBAN ECOSYSTEMS* 19, no. 4 (décembre 2016): 1551–63.

60 Brunbjerg *et al.*, "Can Patterns of Urban Biodiversity Be Predicted Using Simple Measures of Green Infrastructure?," *URBAN FORESTRY & URBAN GREENING* 32 (May 2018): 143–53.

banisée. Pour ce qui concerne les chauves-souris, la couverture végétale, et notamment la diversité dans le gabarit des arbres, est suffisante à partir d'une surface d'un rayon de 250 m à 500 mètres.

Planche photographique n°2 : Des formes urbaines de faible densité peuvent accueillir une végétation plus ou moins diversifiée

Quartier de Montataire dans l'Oise
© Bernard Suard - Terra



Z.A.C de la Timonière dans le périurbain rennais
© Bernard Suard - Terra



Ces publications montrent toutes l'intérêt de la diversité dans les dimensions et les essences d'arbres, cette diversité fournissant ainsi davantage de possibilités de nidification et de butinage pour les oiseaux et les pollinisateurs. Par ailleurs, dans les quartiers péricentraux, tout comme dans le centre urbain, l'âge de construction du quartier, souvent appréhendé au travers de l'âge des plantations apparaît comme une variable importante. Pour A. Parsons *et al.*, la structure des banlieues, appelées dans l'article « anciennes », contribue davantage à la diversité des espèces que certains paysages naturels homogènes, du fait de la variété de l'occupation du sol⁶¹. Toutefois, l'effet positif de l'ancienneté du quartier sur la biodiversité reste en débat dans le corpus de textes.

IV.3. Des lacunes de connaissances encore flagrantes sur la biodiversité en ville

L'état de l'art des connaissances établies sur le lien entre biodiversité et formes urbaines à l'issue de cette revue systématique révèle les nombreuses lacunes et imprécisions de la littérature scientifique consacrée à ce sujet.

On note d'abord la diversité des termes utilisés pour désigner chacune des différentes formes urbaines dans le corpus. Les multiples définitions des formes urbaines limitent les possibilités de comparaison. Les articles comparent deux catégories de l'urbain comme le « centre-ville » et le « suburbain » ou bien traitent de « l'urbain compact » en lui opposant le modèle de « l'urbain pavillonnaire », composé de maisons individuelles avec des jardins privés. Un même objet peut ainsi être envisagé selon un référentiel sémantique différent en fonction des champs disciplinaires qui l'appréhendent. Les termes utilisés varient aussi en fonction des pays. A titre d'exemple, le mot « *suburb* », traduit en français par celui de banlieue, décrit, en Europe, les périphéries denses d'une agglomération. Aux États-Unis, le terme correspond à des formes de périurbain pavillonnaires. Les formes urbaines prises

⁶¹ Parsons et al., "Mammal Communities Are Larger and More Diverse in Moderately Developed Areas," *ELIFE* 7 (October 2, 2018), <https://doi.org/10.7554/eLife.38012>.

en compte dans les publications sont par ailleurs souvent appréhendées de manière schématique ou sommaire. Or, au sein d'une même catégorie urbaine, les configurations peuvent être très différentes selon, par exemple, que l'on se réfère à un ensemble de maisons mitoyennes en bande, avec jardins à l'arrière, ou à un ensemble de pavillons implantés chacun au centre de la parcelle. A une échelle plus restreinte, la nature des clôtures a également un impact sur la mobilité des espèces. La forme urbaine dite des « grands ensemble » qui pourtant présente un intérêt du point de vue de la réflexion sur le rapport entre bâti et non-bâti n'est quasiment pas évoquée. Les articles qui se penchent sur la fonction urbaine comparent des secteurs sans décrire leur spécificité du point de vue de la forme. Pourtant, certaines publications qui s'intéressent à la flore spontanée trouvent tout de même un intérêt à décrire la forme urbaine en regard des fonctions qu'elle abrite⁶².

Du point de vue de la structure des articles, une partie des publications décrit bien des formes urbaines au stade de la présentation du site d'étude mais la qualité de la description de l'espace étudié varie, notamment sur le plan de la localisation géographique, de sa délimitation ou encore de sa composition. Du point de vue des outils de description et de mesure de la forme urbaine en écologie urbaine, on peut déplorer l'absence d'une « boîte à outils » commune ou du moins partagée par tous. Le choix des indicateurs varie lui aussi fortement. Certains articles utilisent le pourcentage d'espaces couverts par des bâtiments comme principal indicateur de l'impact de l'urbain sur la biodiversité, simplifiant ainsi une réalité plus complexe. D'autres, moins nombreux, analysent les formes urbaines en utilisant en plus d'autres indicateurs, notamment la densité de population, le nombre de bâtiments à l'hectare dans un espace donné, les types d'occupation du sol ou encore la hauteur des bâtiments. Néanmoins, nous n'avons pas identifié d'article comparant à densité égale de bâtiments ou/et de population, des types architecturaux distincts. Dans les travaux les plus précis, les éléments descriptifs de l'urbain sont considérés en tant que variables pour évaluer l'installation et le maintien de la

⁶² Schmidt, Poppendieck, and Jensen, "Effects of Urban Structure on Plant Species Richness in a Large European City."

biodiversité au sein des espaces urbains. Toutefois, ces éléments sont peu mobilisés dans la réflexion dans la suite de la rédaction et ne sont pas reliés aux autres facteurs explicatifs, par exemple, à la présence d'une végétation diversifiée. Ce constat peut être mis en relation avec celui déjà établi en 2000 par M. Alberti pointant le manque de travaux sur l'impact distinct des formes urbaines sur la biodiversité⁶³. Enfin, du point de vue de la réponse à la question de recherche, la plupart des articles retenus énoncent des résultats en termes de composition (pourcentage de bâti et de non bâti) et non en termes de configuration. Finalement, l'on constate que les articles se penchent sur l'abondance et la richesse spécifique dans différentes formes urbaines mais encore peu d'entre eux s'interrogent sur l'effet de l'organisation des éléments bâtis qui permette l'établissement d'une biodiversité fonctionnelle.

IV.4. L'inscription dans les débats autour de l'aménagement des villes

Si l'on peut rencontrer d'importantes difficultés à mener des comparaisons, à extraire des résultats communs à un certain nombre d'articles, il ressort globalement que les espaces urbains composés de maisons individuelles avec jardins peuvent être considérés comme des espaces majeurs pour la préservation de la biodiversité. Cette conclusion est à mettre en regard des injonctions de densifications promues par les politiques publiques françaises récentes. La loi Solidarité et Renouvellement Urbains (SRU) de 2000 a été la première à envisager l'économie des terres non urbanisées et à sa suite, les mesures législatives se succèdent en faveur de la densification urbaine. Cette injonction est ainsi renouvelée avec la loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement (dite loi ENE) et la loi n° 2014-366 du 24 mars 2014 pour l'accès au logement et un urbanisme rénové (dite loi ALUR) qui poursuivent et renforcent cet objectif de densification. En 2016, Y. Van Heekiz *et al.* comparent trois quartiers résidentiels avec différents niveaux de densité, et

⁶³ Alberti, "Urban Form and Ecosystem Dynamics : Empirical Evidence and Practical Implications."

notent l'importance de la conservation de parcelles non imperméabilisées et des jardins de proximité pour la préservation de la diversité d'espèces d'oiseaux⁶⁴. Ils concluent que la conversion de quartiers résidentiels à une plus forte densité de logements pourrait avoir un impact majeur sur les communautés d'oiseaux et sur leur abondance à l'échelle de la ville entière. Il en résulterait alors une communauté aviaire moins diversifiée et dominée par des espèces généralistes et exotiques. En étant adaptées au contexte français, les conclusions de ce travail pourraient être prises en compte dans les débats récents relatifs à l'impact de l'urbanisation sur la biodiversité. Le gouvernement a présenté le 4 juillet 2018 un Plan Biodiversité dont est issu l'objectif du « zéro artificialisation nette » (ZAN). Ce plan part du constat que l'étalement urbain, notamment sous la forme du mitage et du pastillage des constructions ainsi que les coupures paysagères dues aux infrastructures routières, génèrent la destruction et la fragmentation des habitats naturels et des continuités écologiques. Le Plan Biodiversité fixe l'objectif du ZAN à l'ensemble des collectivités territoriales⁶⁵. Toutefois, l'inscription du « zéro artificialisation nette » dans les documents d'urbanisme suppose que soit préalablement définie l'artificialisation. Cette dernière ne fait aujourd'hui l'objet d'aucune définition juridique. Dans le code de l'urbanisme il est uniquement fait référence au suivi et à la réduction de la consommation foncière définie par l'Observatoire des espaces naturels agricoles et forestiers (OENAF). En outre, imperméabilisation des sols et artificialisation sont encore régulièrement confondues⁶⁶. L'imperméabilisation des sols peut être un moyen de mesurer l'artificialisation mais elle désigne un phénomène plus restreint. En milieu urbain, les espaces verts publics, comme les jardins privés sont considérés comme des espaces artificialisés mais ils ne sont pas imperméabilisés. Espaces de « pleine terre » le plus souvent, ils constituent au contraire des éléments majeurs pour la biodi-

⁶⁴ Van Heezik and Adams.

⁶⁵ "Plan Biodiversité" (Comité interministériel biodiversité, 4 juillet 2018).

⁶⁶ ESCo, "Sols Artificialisés et Processus d'artificialisation Des Sols : Déterminants, Impacts et Leviers d'action. Synthèse Du Rapport d'expertise Scientifique Collective" (Ifsttar-Inra, 2017).

versité, à l'échelle du quartier mais aussi à l'échelle de la ville. C'est pourquoi une réflexion est actuellement menée par les services de l'État et les parties prenantes, sur l'écriture d'une définition de l'artificialisation des sols, qui prenne en compte les fonctionnalités du sol. Elle viserait notamment à distinguer les espaces urbains perméables et végétalisés des espaces urbains imperméables bâtis ou non. Cette définition serait corrélée à un outil de mesure d'occupation des sols (OCSGE - OCcupation des Sols à Grande Échelle). Pour œuvrer à la réduction de la consommation des terres non urbanisées, et à une plus importante densité dans les villes, la notion de « densification douce » des tissus pavillonnaires a récemment été encouragée. Cette solution consiste à construire de nouvelles emprises bâties dans les parcelles, sans destruction des bâtiments préexistants. Si elle présente bien des vertus⁶⁷, cette modalité de densification, qui recouvre des pratiques et des dispositifs variés, présente le désavantage de réduire la surface des jardins au sein des parcelles, et de concourir à fragmenter les tâches d'habitat, entraînant ainsi la désertion de nombreuses espèces présentes en milieu urbain. On mesure ici combien les politiques encourageant la densification urbaine, devraient prendre en compte les contraintes écologiques aux différentes échelles de planification territoriale.

Une autre étude conduite en France par M. Varet *et al.* présente des conclusions sur l'impact sur des espèces d'insectes de la construction de nouveaux quartiers dans le périurbain rennais selon les préceptes de la densité urbaine. Ce travail porte sur des espèces de carabidés et d'araignées et poursuit l'objectif d'évaluer l'impact de deux typologies de quartiers péricentraux : les quartiers de conception conventionnelle - aux maisons individuelles avec jardins - et de conception nouvelle, - aux maisons mitoyennes plus denses avec une attention portée aux connectivités écologiques. Dans les deux cas, les insectes sont étudiés dans un seul type d'habitat que sont les haies⁶⁸. Aucune différence significative n'a été relevée entre

⁶⁷ Léger et al., eds., *Densifier, Dédensifier : Penser Les Campagnes Urbaines* (Marseille: Parenthèses, 2018).

⁶⁸ Varet, Burel, and Petillon, "Can Urban Consolidation Limit Local Biodiversity Erosion? Responses from Carabid Beetle and Spider Assemblages in Western France," *URBAN ECOSYSTEMS* 17, no. 1 (March 2014): 123-37, <https://doi.org/10.1007/>

les assemblages d'espèces analysés dans les deux formes urbaines. Cette étude conclut que les formes urbaines plus compactes pouvaient être une solution pour réduire la perte de biodiversité, la richesse spécifique étant la même dans les deux quartiers. En effet, malgré la plus forte densité de bâtiments dans le quartier à la forme urbaine compacte, la part des haies est plus importante et elles sont mieux connectées entre elles. L'article met donc en lumière l'importance des connectivités pour la préservation de la biodiversité, au-delà des questions de densité de bâtiments. Dans une autre étude conduite en utilisant des scénarios de modélisation urbaine, il est avancé qu'une configuration urbaine modérément compacte comprenant une urbanisation en continuité avec la rue pourrait constituer une forme urbaine compatible avec une perturbation moindre des continuités écologiques à l'échelle régionale⁶⁹. La forme urbaine mise en avant correspond au modèle des maisons de ville mitoyennes, alignées en bande sur la rue avec jardin à l'arrière. Ce modèle a été dominant en Europe occidentale au XIX^e siècle et dans la première moitié du XX^e siècle, avant les transformations liées à la voiture. Cette configuration favorisant la végétation en cœur d'îlot pourrait être la forme urbaine la plus efficace pour préserver les connectivités écologiques. Les quartiers pavillonnaires ont été largement dominants dans les processus d'urbanisation après les années 1960 en France. L'article défend le modèle de l'habitat en bande associé à des cœurs d'îlots verts. En réunissant les jardins, ce modèle offre une plus grande surface végétalisée éloignée des façades, au contraire du pavillonnaire détaché. Malgré la précision de cet article, on peut toutefois s'interroger sur les relations et continuités entre les îlots.

A une autre échelle, la présente étude permet d'apporter des éléments au débat portant sur l'antagonisme de ce qui est appelé dans la communauté scientifique le « *land sharing* » versus « *land sparing* ». Utilisées pour la première fois dans un article datant de

s11252-013-0307-2.

⁶⁹ Tannier, Foltete, and Girardet, "Assessing the Capacity of Different Urban Forms to Preserve the Connectivity of Ecological Habitats," *LANDSCAPE AND URBAN PLANNING* 105, no. 1-2 (March 2012): 128-39

2013⁷⁰, ces deux expressions font référence à deux modèles d'urbanisation envisagés à différentes échelles de réflexion. Dans le modèle appelé « *land sparing* » est envisagée l'échelle régionale. Les développements urbains sont concentrés et denses et laissent de la place à de grandes zones d'espaces naturels. La préservation des terres non urbanisées réduit l'étendue des zones urbaines, de sorte que les zones résidentielles sont développées aussi intensément que possible. À l'inverse, le « *land sharing* » correspond à un modèle où les espaces urbains sont plus étalés mais accueillent de nombreux espaces végétalisés en leur sein, et répartis sur l'ensemble du territoire. Ces espaces végétalisés sont plus petits et fragmentés mais ils sont proches des habitations. L'impact de ces deux modes d'urbanisation sur la biodiversité dépend des espèces animales et végétales considérées, certaines étant plus sensibles que d'autres à la réduction et à la fragmentation de leur habitat⁷¹. Le modèle du « *land sparing* » s'avère préférable pour préserver les espèces les plus sensibles à l'urbanisation. Si la densité de population d'une espèce ne diminue qu'à des niveaux élevés de densité urbaine, voire augmente dans les formes urbaines intermédiaires, le modèle du « *land sharing* » est jugé préférable. Dans une étude conduite à Tokyo, M. Soga *et al.* montrent que le modèle du « *land sparing* » est davantage bénéfique aux scarabées alors qu'à l'inverse pour une espèce de papillon étudiée, le modèle du « *land sharing* » est le plus indiqué pour conserver une population importante⁷². Pour les papillons, les ressources alimentaires sont nombreuses dans les environnements urbanisés, notamment du fait de la présence de jardins privés et de végétation de bords de routes. Les auteurs réaffirment la possibilité de limiter la perte de biodiversité liée à l'urbanisation dans le cas d'une amélioration de la qualité de la matrice urbaine et pointent notamment l'im-

⁷⁰ Lin and Fuller, "Sharing or Sparing? How Should We Grow the World's Cities?," ed. Des Thompson, *Journal of Applied Ecology*, June 2013

⁷¹ McKinney, "Effects of Urbanization on Species Richness."

⁷² Soga et al., "Land Sharing vs. Land Sparing: Does the Compact City Reconcile Urban Development and Biodiversity Conservation?," ed. Jonathan Rhodes, *Journal of Applied Ecology* 51, no. 5 (October 2014): 1378–86.

portance de la gestion des espaces végétalisés. Ils plaident pour une utilisation à bon escient de schémas d'aménagement, qui pourraient permettre de limiter les conséquences écologiques de l'extension continue des agglomérations.

Il ressort qu'à l'échelle de la ville dans son ensemble, il est important de conserver de grands espaces non urbanisés qui peuvent permettre de conserver une biodiversité importante. En revanche, à l'échelle intra-urbaine, il est nécessaire de maintenir des formes d'urbanisation intermédiaire, les formes urbaines présentant de forts taux de végétalisation étant importantes pour la présence de certaines espèces. L'échelle intra-urbaine et l'échelle régionale sont donc complémentaires. Une plus grande diversité des types d'occupations du sol, notamment des espaces non bâtis au sein du quartier, et des connectivités écologiques renforcées à l'échelle de la ville permettent de plus grandes capacités de circulation et l'installation des espèces animales et végétales.

PARTIE V

L'INTÉGRATION DE LA BIODIVERSITÉ À L'ÉCHELLE DU QUARTIER PAR LES AMÉNAGEURS

En complément de la revue de littérature scientifique, un travail de recensement de la littérature grise francophone a été entrepris⁷³. Il s'agissait d'étudier les écrits des acteurs de l'aménagement urbain - bureaux d'études, institutions publiques, associations, etc. - sur le sujet afin d'appréhender la manière dont ils intègrent la question de la biodiversité.

Du côté de la littérature opérationnelle, le constat est inverse celui relatif à la littérature scientifique : les termes de biodiversité et de corridors écologiques sont souvent évoqués dans les documents consultés mais leur utilisation reste floue. Ces notions restent bien souvent employées comme des « mots valises » et vidées de leur sens initial. Les collectivités territoriales, entités déconcentrées de l'État et organismes d'étude éditent principalement des documents de nature prescriptive, en particulier des guides pratiques et des outils méthodologiques. Cette littérature grise permet notamment la diffusion d'impératifs législatifs⁷⁴. Dans la majorité des cas, lorsqu'elle est étudiée en tant qu'objet à part entière, la biodiversité est envisagée sous le prisme des services écosystémiques qu'elle peut rendre. Ce constat est fait par ailleurs dans la littérature⁷⁵. Les documents relatifs à la prise en compte de la biodiversité et plus largement à la « nature en ville » incitent les acteurs de l'aménagement à envisager des « solutions fondées sur la nature » pour répondre au phénomène d'îlot de chaleur urbain et aux risques naturels qui menacent la ville, mais aussi à mettre en place des dispositions en faveur de l'inscription des projets dans la Trames Vertes et Bleues (TVB) identifiée à l'échelle régionale. Bien souvent, ces considérations appellent à des réponses techniques. D'autre part, on entend lutter contre les espèces in-

⁷³ Il a été réalisé par Camille Huberts, stagiaire à la FRB pendant six semaines en 2019. La sélection de la revue de littérature grise a concerné les documents produits des institutions publiques, mais aussi par des acteurs de l'aménagement urbain (revues professionnelles, projets urbains, etc.).

⁷⁴ Dès lors, on relève l'emploi fréquent d'extraits de la loi de 2016 pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages.

⁷⁵ Maris et al., « Regards croisés sur les valeurs de la biodiversité et les services écosystémiques, » in *Valeurs de la biodiversité et services écosystémiques*, by Philip Roche et al. (Editions Quæ, 2016), 13

vasives qui contribuent à la diminution de la résilience des villes. Les auteurs cherchent alors à démontrer ce que la biodiversité peut apporter à la population des villes. Dans la littérature grise recensée, la biodiversité constitue rarement un objet d'étude en elle-même mais est davantage un élément de l'environnement urbain. A ce titre, elle relève de la catégorie des événements incertains dont la ville peut être le théâtre. On note à ce titre que ce sont les territoires les plus sujets aux événements naturels spontanés qui produisent le plus grand nombre d'études sur la place de la biodiversité en ville, à savoir les parc naturel, les régions littorales et montagnardes et sur tout le territoire, les zones inondables. A la lecture de la littérature professionnelle et opérationnelle, peu de projets urbains prennent en compte la biodiversité dans leur phase de conception. Les guides opérationnels proposent des interventions sur l'existant. Parmi les quartiers nouveaux labellisés Éco-quartier, ceux de ces projets qui sont les plus exemplaires intègrent les caractéristiques géomorphologiques du terrain dans la conception du projet. L'objectif de ces nouveaux quartiers reste de ne pas porter atteinte aux espèces animales et végétales. Pour l'heure, la prise en compte du bon fonctionnement écologique des écosystèmes n'apparaît pas comme un paramètre de composition urbaine.

Au sein de la littérature grise, on distingue deux catégories de préconisations en faveur du maintien de la biodiversité. Une première catégorie se concentre sur la grande échelle, au travers de la mise en place de la politique des Trames Vertes et Bleues (TVB). La seconde catégorie est consacrée à l'échelle du bâtiment et encourage des interventions sur le bâti existant en faveur de l'accueil de la biodiversité, par exemple la végétalisation de toitures, la pose de nichoirs, etc. Ainsi des guides opérationnels existent mais ils n'abordent que peu l'échelle du quartier. Cette lacune n'est pour autant pas synonyme de l'impertinence de cette échelle intermédiaire entre le bâti et le territoire. En effet, les acteurs ne nient pas l'importance de cette échelle pour le maintien de la biodiversité en ville. Des associations comme la LPO souhaitent aujourd'hui développer une intervention à l'échelle du quartier.

EN GUISE DE CONCLUSION

L'ensemble des observations effectuées dans l'examen de la littérature scientifique et de la littérature grise amène à pointer des manques importants à la fois sur le plan scientifique et sur le plan opérationnel pour véritablement penser les liens entre biodiversité et formes urbaines.

Les recherches produites sur la place de la flore et de la faune en ville sont nombreuses. Pourtant, les questions relatives aux configurations urbaines *stricto sensu* ont été peu explorées jusqu'alors. On note en particulier le manque d'interrogations communes pour décrire et analyser les formes de la ville en lien avec la biodiversité qu'elles peuvent abriter. Le fait que les équipes de recherches sont mono-disciplinaires peut expliquer partiellement ce constat. Certains chercheurs ont d'ailleurs pointé le fait que les recherches sur la biodiversité en ville sont le plus souvent centrées sur l'impact des conditions du milieu urbain sur les espèces animales et végétales (climat, sol, hydrologie, etc.) mais ne prennent finalement que peu en compte une vision plus systémique de l'espace urbain comme socioécosystème, intégrant les structures sociales et la place de la biodiversité dans ces écosystèmes humains⁷⁶. Portée par des écologues et des biologistes de la conservation, la question de la place de la biodiversité urbaine à l'échelle fine, laisse de côté l'étude des formes urbaines, domaine des géographes, des urbanistes, des architectes et des paysagistes. Les rapprochements disciplinaires ne sont pourtant pas impossibles. En effet, au contraire des enjeux liés à la biodiversité, ceux de la gestion de la consommation énergétique en ville ont généré un dialogue entre disciplines, celle de la recherche en urbanisme et architecture et celle de l'ingénierie, afin d'appréhender le rapport entre formes urbaines et performances énergétiques et de réaliser des constructions plus durables. Un article publié en 2016 sur les

⁷⁶ Pickett et al., Urban Ecological Systems: Linking Terrestrial Ecological, Physical, and Socioeconomic Components of Metropolitan Areas, *Annual Review of Ecology and Systematics*, vol. 32 n°1, 2001

liens entre les différentes formes urbaines et leurs performances énergétiques réunissait par exemple une équipe composée de compétences en sciences de l'ingénieur et en architecture⁷⁷. Ce constat met en lumière les préoccupations majeures en matière de développement durable à l'heure actuelle. La collaboration entre disciplines relevant des champs de l'aménagement du territoire et de l'écologie permettrait la construction d'outils communs au service de la recherche et plus largement, à la prise en compte de la biodiversité dans l'aménagement du territoire.

On l'a vu, l'absence d'une culture commune, de concepts partagés, et par conséquent d'une sémantique adaptée à leur description, partagés par les chercheurs et avec les professionnels de l'aménagement auxquels les résultats sont adressés, empêche de catégoriser avec clarté les contextes urbains étudiés et d'extraire avec certitude de cette catégorisation des enseignements de portée générale. En parallèle, les variables descriptives de l'urbain, multiples, sont peu utilisées par les auteurs, ou le sont sans véritable rigueur scientifique. Il serait donc utile que la recherche sur le thème de l'impact de la forme urbaine sur la biodiversité porte sur des sites urbains plus précisément qualifiés, donc plus divers, et qu'elle intègre davantage de paramètres urbains. A titre d'exemple, des études pourraient, à densité égale, faire varier la surface imperméabilisée de plusieurs sites d'études. Il serait également possible de s'attacher aux caractéristiques architecturales de différentes époques de construction (matériaux, gabarits des bâtiments, fenêtres et toits) ou encore simplement de comparer l'impact de différentes organisations de la trame des espaces publics par rapport à des densités bâties similaires sur la biodiversité. Dans ces études, d'autres paramètres sont ainsi primordiaux comme les éléments facteurs de connectivités écologiques (distance à un grand espace vert ; présence d'une coupure majeure comme les axes routiers ou ferroviaires etc.) pour donner à comprendre quels sont ceux qui influencent les communautés animales ou végétales. Prendre en compte des formes urbaines dans ces études peut permettre de proposer des éléments de réflexions

⁷⁷ Arantes et al., "Efficacité Énergétique et Formes Urbaines : Élaboration d'un Outil d'optimisation Morpho-Énergétique," *Cybergeo*, April 7, 2016

plus fins que le gradient urbain-rural classiquement utilisé en écologie. Des travaux scientifiques présentant des analyses diachroniques pourraient également documenter l'impact des changements d'affectation de l'occupation des sols sur la biodiversité. Enfin, on a pu constater un manque d'intérêt pour certains sujets, en particulier la biodiversité des sols urbains, peu traitée dans le corpus, pourtant à la base de la plupart des processus écologiques. Elle se révèle aujourd'hui devoir être un champ important à étudier. Le faible nombre d'articles concernant les espèces exotiques envahissantes dans le corpus, - l'un sur les rats et l'autre sur les perruches à collier -, montre le décalage entre les études scientifiques et les préoccupations des gestionnaires de l'espace urbain, notamment des municipalités. Travailler les notions de continuités écologiques, constituées par les espaces publics et privés, s'avère alors nécessaire pour affiner la compréhension du rapport entre organisation des formes bâties et le maintien d'une biodiversité fonctionnelle.

Sur le plan opérationnel et de la conception, il apparaît que pour être véritablement prise en compte dans les projets urbains, la biodiversité doit être un élément incontournable et ce dès l'étape de la conception. Cela implique de penser en amont les configurations spatiales à la fois dans le cas de la densification dans un quartier existant et surtout dans le cas de la réalisation de nouveaux projets de constructions. Selon les résultats mis en œuvre dans cette revue, un projet urbain devrait prendre en compte en premier lieu la localisation géographique, la structure et le fonctionnement écologique du site, notamment les connexions existantes aux corridors écologiques⁷⁸. Cette prise en compte, sous la forme d'un diagnostic écologique approfondi, intervient, à l'échelle de la parcelle, par l'attention toute particulière que l'on prête au positionnement des entités bâties sur celle-ci, par exemple en cherchant à favoriser les connectivités écologiques avec les parcelles attenantes.

Dans ce qui relie formes urbaines et biodiversité, les deux maîtres

⁷⁸ Clergeau, *Urbanisme et biodiversité : vers un paysage vivant structurant le projet urbain*, 2020.

mots identifiés dans le corpus semblent donc être la diversité, dans toutes ses dimensions, ainsi que les connectivités. En effet, pour garantir la richesse spécifique à l'échelle du quartier, l'hétérogénéité de l'occupation du sol apparaît primordiale. Y est corrélée à l'échelle fine, la diversité des espèces végétales, ainsi que la variété des strates de végétation, qui favorisent la présence de la faune. La diversité des matériaux choisis dans la construction est également à prendre en compte pour garantir une diversité d'espèces, à la fois animales et végétales. Enfin, en ville, la condition nécessaire à cette diversité est bien celle des liens créés entre les espaces, sous la forme de connectivités écologiques. Penser l'organisation et la composition des espaces publics et des continuités végétalisées entre espaces publics et espaces privés est un point crucial pour aboutir à des formes urbaines favorables à la biodiversité.

GLOSSAIRE

- **ASSEMBLAGE**

Concentration d'espèces animales qui utilisent un même lieu, notamment pour une phase spécifique de leur cycle vital, pour l'alimentation, la reproduction, la migration ou encore l'hivernage. Les colonies d'oiseaux constituent des assemblages fauniques.

- **FACTEURS BIOTIQUES ET ABIOTIQUES**

Les facteurs biotiques sont les facteurs liés au vivant et notamment aux relations intraspécifiques (même espèce) et ceux liés aux relations interspécifiques (espèces différentes). Les facteurs abiotiques sont ceux liés à l'action du non-vivant sur le vivant (facteurs climatiques et chimiques, etc.).

- **DIVERSITÉ SPÉCIFIQUE**

La diversité correspond à un indicateur de biodiversité. Au sens large de diversité biologique elle correspond à la « variabilité des êtres vivants et des complexes écologiques auxquels ils appartiennent » et est synonyme de biodiversité. Elle désigne à la fois la diversité des espèces, la diversité génétique et celle des écosystèmes. La diversité spécifique prend, elle, en compte à la fois la richesse spécifique et l'abondance relative des espèces dans un assemblage donné. De nombreux indices ont été élaborés par les écologues pour mesurer la diversité spécifique, comme les indices de Shannon et de Simpson. Ils donnent plus ou moins de poids à chacune de ses deux composantes.

- **ÉCOSYSTÈME**

L'écosystème est un ensemble dynamique de plantes, d'animaux, de micro-organismes, avec leur environnement non vivant, qui forme une unité fonctionnelle.

- **ESPÈCE RUDÉRALE**

Les espèces rudérales sont des plantes qui se développent à proximité ou sur des décombres, dans les friches, sur les talus de gravats. Ces plantes, comme l'ortie, sont souvent nitrophiles, c'est à dire qu'elles se développent préférentiellement sur des sols riches en nitrate.

- ESPÈCE THERMOPHILE

Une espèce thermophile affectionne les températures élevées pour se développer. Chez les plantes, qualifie une plante qui affectionne les stations chaudes (plus de 30 °C).

- GRADIENT D'URBANISATION

De manière générale, le terme de « *gradient* » est employé pour qualifier la variation d'une grandeur dans l'espace. Dans le cas où il est appliqué à l'urbanisation, le gradient désigne la variation de différents degrés d'urbanisation. Le gradient d'urbanisation est régulièrement utilisé en écologie afin de mesurer les effets de l'urbanisation sur des espèces animales et végétales ou sur des écosystèmes. Il est un outil d'organisation puissant pour la recherche écologique sur les influences urbaines sur les écosystèmes.

- PLANTE VASCULAIRE

Les Plantes vasculaires forment un vaste groupe au sein du règne végétal dont les caractères principaux sont l'existence de racines et la présence de vaisseaux conducteurs qui assurent la circulation de la sève. Elles comprennent notamment les Angiospermes (plantes à fleurs), les Gymnospermes (conifères, cycadales, ginkgo, etc.), et les Monilophytes (fougères et prêles).

- RICHESSE SPÉCIFIQUE

La richesse spécifique d'un milieu correspond au nombre total d'espèces qu'il comprend. Ici on parlera d'une richesse spécifique variant en fonction de la surface et des types d'espaces urbains.

- TAXON

En biologie, un taxon désigne un groupe d'êtres vivants constituant une unité systématique d'un niveau hiérarchique donné (variété, espèce, genre, famille, classe, embranchement, etc.). L'espèce constitue le taxon de base de la classification systématique. La science qui étudie les taxons est la taxonomie. Le taxon est toute unité systématique, indépendamment de son rang.

Liste des 109 articles sélectionnés dans le cadre de l'étude

Les 25 publications retenues pour une analyse critique apparaissent en gris dans le tableau.

Titre de l'article	Auteur	Date	Revue	Pays	Site d'étude
A bird's eye view: using circuit theory to study urban landscape connectivity for birds	Grafius D. <i>et al.</i>	2017	Landscape Ecology	Royaume-Uni	Milton Keynes, Bedford, et Luton
A comparative study of insect abundance and reproductive success of barn swallows <i>Hirundo rustica</i> in two urban habitats	Teglhøj P.	2017	Journal Of Avian Biology	Danemark	Svenborg
A comparison of Mediterranean Gecko (<i>Hemidactylus turcicus</i>) populations in two temperate zone urban habitats	Stabler L. B. <i>et al.</i>	2012	Urban Ecosystems	États-Unis	Aire métropolitaine d'Oklahoma City
A comparison of neighborhood characteristics related to canopy cover, stem density and species richness in an urban forest	Conway T. M. & Bourne K.S.	2013	Landscape And Urban Planning	Canada	Bolton, Brampton, (Caledon) et Mississauga (Ontario)
A Mixed Methods Approach to Exploring the Relationship between Norway Rat (<i>Rattus norvegicus</i>) Abundance and Features of the Urban Environment in an Inner-City Neighborhood of Vancouver, Canada	Himsworth C. <i>et al.</i>	2014	Plos One	Canada	Vancouver (Colombie-Britannique)
Age-dependent colonization of urban habitats: a diachronic approach using carabid beetles and spiders	Varet M. <i>et al.</i>	2013	Animal Biology	France	Acigné, Vezin-le-Coquet, Pacé
Alien plant species do have a clear preference for different land uses within urban environments	Godefroid, S. & Ricotta, C.	2018	Urban Ecosystems	Belgique	Bruxelles

Are house sparrow populations limited by the lack of cavities in urbanized landscapes? An experimental test	Angelier F. & Brischoux F.	2019	Journal Of Avian Biology	France	Niort et ses franges rurales
Are small greening areas enhancing bird diversity? Insights from community-driven greening projects in Boston	Strohbach M. W. <i>et al.</i>	2013	Landscape And Urban Planning	États-Unis	Boston (Massachusetts)
Artificial nest predation and abundance of birds along an urban gradient	Jokimaki J. & Huhta E.	2000	Condor	Finlande	Rovaniemi et Kemijärvi
Assessing the capacity of different urban forms to preserve the connectivity of ecological habitats	Tannier C. <i>et al.</i>	2012	Landscape And Urban Planning	France	Besançon
Assessing the influence of location attributes on urban forest species composition in suburban neighbourhoods	Nitoslawski S. <i>et al.</i>	2017	Urban Forestry & Urban Greening	Canada	Halifax (Nouvelle Ecosse) et London (Ontario)
Avian community structure along an urbanization gradient	Rolando A. <i>et al.</i>	1997	Italian Journal Of Zoology	Italie	Turin
Avian guild structure and habitat associations in suburban bird communities	DeGraaf R. & Wentworth J.	1986	Urban Ecology	États-Unis	Amherst (Massachusetts)
Avian species richness and numbers in the built environment: can new housing developments be good for birds?	Mason C.	2006	Biodiversity And Conservation	Royaume-Uni	Harwich (Essex)
Biodiversity in Berlin and its potential for nature conservation	Zerbe S. <i>et al.</i>	2003	Landscape And Urban Planning	Allemagne	Berlin
Bird Abundance and Diversity along an Urban-Rural Gradient: A Comparative Study between Two Cities on Different Continents	Clergeau P. <i>et al.</i>	1998	Condor	France	Rennes et Québec
Bird densities are associated with household densities	Jamie Tratalos J. <i>et al.</i>	2007	Global Change Biology	Royaume-Uni	Royaume-Uni

Bird species of conservation concern along urban gradients in Italy	Sorace A. & Gustin G.	2009	Biodiversity And Conservation	Italie	27 villes en Italie
Birds are also sensitive to landscape composition and configuration within the city centre	Pellissier V. <i>et al.</i>	2012	Landscape And Urban Planning	France	Paris
Butterfly diversity along the urbanization gradient in a densely-built Mediterranean city: Land cover is more decisive than resources in structuring communities	Tzortzakaki O. <i>et al.</i>	2019	Landscape And Urban Planning	Grèce	Patras
Can patterns of urban biodiversity be predicted using simple measures of green infrastructure?	Brunbjerg A. K. <i>et al.</i>	2018	Urban Forestry & Urban Greening	Royaume-Uni	Birmingham
Can urban consolidation limit local biodiversity erosion? Responses from carabid beetle and spider assemblages in Western France	Varet M. <i>et al.</i>	2014	Urban Ecosystems	France	6 communes du périurbain de Rennes
Changes in the tawny owl <i>Strix aluco</i> diet along an urbanisation gradient	Gryz J. & Krauze-Gryz D.	2019	Biologia	Pologne	Varsovie, parc national de Kampinos et forêt de Rogow
Changes through time in soil <i>Collembola</i> communities exposed to urbanization	Rzeszowski K. & Sterzynska M.	2015	Urban Ecosystems	Pologne	Varsovie
Corridors, local food resources, and climatic conditions affect the utilization of the urban environment by the Black-headed Gull <i>Larus ridibundus</i> in winter	Maciusik B. <i>et al.</i>	2009	Ecological Research	Pologne	Cracovie
Determinants of urban tree canopy in residential neighborhoods: Household characteristics, urban form, and the geophysical landscape	Lowry J. H. <i>et al.</i>	2012	Urban Ecosystems	Fidji/ États-Unis	Salt Lake County (Utah)
Differences in Habitat Requirements between Two Sister Dendrocopos Woodpeckers in Urban Environments: Implication for the Conservation of Syrian Woodpecker	Figarski T. & Kajtoch Ł	2018	Acta Ornithologica	Pologne	Radom, Grodzisk Mazowiecki et Milańówek

Direct and indirect effects of land use on floral resources and flower-visiting insects across an urban landscape	Matteson K. C. & Minor G.	2013	Oikos	États-Unis	New York (New York)
Disentangling the effects of urban form and socio-demographic context on street tree cover: A multi-level analysis from Montréal	Thi-Thanh-Hien P. <i>et al.</i>	2017	Landscape And Urban Planning	Canada	Montréal
Disentangling the influences of habitat availability, heterogeneity and spatial position on the species richness and rarity of urban bird communities in a central European city	Ferenc M. <i>et al.</i>	2016	Urban Ecosystems	République tchèque	Prague
Disentangling urban habitat and matrix effects on wild bee species	Fischer L. <i>et al.</i>	2016	Peerj	Allemagne	Marzahn-Hellersdorf, Berlin
Distribution of generalist and specialist predators along urban gradients	Sorace A. & Gustin M.	2009	Landscape And Urban Planning	Italie	27 villes en Italie
Distribution of invasive plants in urban environment is strongly spatially structured	Štajerová K. <i>et al.</i>	2017	Landscape Ecology	République tchèque	Hradec Kralové
Distribution patterns of invasive Monk parakeets (<i>Myiopsitta monachus</i>) in an urban habitat	Rodríguez-Pastor R. <i>et al.</i>	2012	Animal Biodiversity And Conservation	Espagne	Barcelone
Diversity of Central European urban biota: effects of human-made habitat types on plants and land snails	Lososová Z. <i>et al.</i>	2011	Journal Of Biogeography	République tchèque	32 villes en Europe centrale
<i>Drosophila</i> (Diptera: Drosophilidae) Response to Changes in Ecological Parameters Across an Urban Gradient	Avondet J. L. <i>et al.</i>	2003	Environmental Entomology	États-Unis	Oxford (Ohio)
Dynamic species distribution models reveal spatiotemporal habitat shifts in native range-expanding versus non-native invasive birds in an urban area	Le Louarn M. <i>et al.</i>	2018	Journal Of Avian Biology	France	Marseille

Ecological connectivity in the three-dimensional urban green volume using waveform airborne lidar	Casalegno S. <i>et al.</i>	2017	Scientific Reports	Royaume-Uni	Milton Keynes, Luton, et Bedford
Ecological diversity of birds in relation to the structure of urban green space	Sandström U.G. <i>et al.</i>	2006	Landscape And Urban Planning	Suède	Orebro
Effect of habitat characteristics on mesocarnivore occurrence in urban environment in the Central Europe	Cervinka J. <i>et al.</i>	2014	Urban Ecosystems	République tchèque	Ceske Budejovice
Effect of urbanisation on habitat generalists: starlings not so flexible?	Mennechez G & Clergeau P	2006	Acta Oecologica-International Journal Of Ecology	France	Rennes
Effects of building features on density and flock distribution of feral pigeons <i>Columba livia</i> var. <i>domestica</i> in an urban environment	Sacchi R. <i>et al.</i>	2002	Canadian Journal Of Zoology-Revue Canadienne De Zoologie	Italie	Milan
Effects of settlement size, urban heat island and habitat type on urban plant biodiversity	Ceplová N. <i>et al.</i>	2017	Landscape And Urban Planning	République tchèque	45 espaces urbains en Allemagne, République tchèque, Autriche et Slovaquie
Effects of urban land use on pollinator (Hymenoptera: Apoidea) communities in a desert metropolis	Hostetler N. & McIntyre M.	2001	Basic And Applied Ecology	États-Unis	Aire métropolitaine de Phoenix (Arizona)
Effects of urban structure on plant species richness in a large European city	Schmidt K. <i>et al.</i>	2014	Urban Ecosystems	Allemagne	Hambourg
Effects of urbanization on breeding birds in European towns: Impacts of species traits	Jokimäki J. <i>et al.</i>	2016	Urban Ecosystems	Finlande	38 centres historiques européens
Estimating Mammalian Species Diversity across an Urban Gradient	Riem J. <i>et al.</i>	2012	American Midland Naturalist	États-Unis	Oxford (Ohio)

Evaluation of the “safe nesting zone” hypothesis across an urban gradient: a multi-scale study	Jokimäki J. <i>et al.</i>	2005	Ecography	Finlande/ États-Unis / Espagne	Finlande, Italie et Espagne
Exploring biodiversity in a metropolitan area in the Mediterranean region: The urban and suburban flora of Rome (Italy)	Capotorti G. <i>et al.</i>	2013	Plant Biosystems	Italie	Rome
Factors affecting the abundance of House Sparrows <i>Passer domesticus</i> in urban areas of southeast of Spain	Bernat-Ponce E. <i>et al.</i>	2018	Bird Study	Espagne	Aire métropolitaine de Valence
Factors influencing the bird community of urban wooded streets along an annual cycle	Murgui E.	2007	Ornis Fennica	Espagne	Valence
Fine scale spatial urban land cover factors associated with adult mosquito abundance and risk in Tucson, Arizona	Landau K.I. <i>et al.</i>	2012	Journal Of Vector Ecology	États-Unis	Tucson (Arizona)
Growing on the street: Multilevel correlates of street tree growth in Montreal	Limoges S. <i>et al.</i>	2018	Urban Forestry & Urban Greening	Canada	Montréal
Habitat Composition and Connectivity Predicts Bat Presence and Activity at Foraging Sites in a Large UK Conurbation	Hale J. <i>et al.</i>	2012	Plos One	Royaume-Uni	Aire métropolitaine de West Midlands
Habitat preference and flight activity of bats in a city	Gaisler J. <i>et al.</i>	1998	Journal Of Zoology	Republique tchèque	Brno
Habitat preferences of two sparrow species are modified by abundances of other birds in an urban environment	Skórka P. <i>et al.</i>	2016	Current Zoology	Pologne	Poznan
Habitat selection by two predators in an urban area: The stone marten and red fox in Wrocław (SW Poland)	Dudu L. <i>et al.</i>	2014	Mammalian Biology	Pologne	Wrocław

Habitat selection of breeding riparian birds in an urban environment: untangling the relative importance of biophysical elements and spatial scale	Pennington D. & Blair R.	2011	Diversity And Distributions	États-Unis	Cincinnati (Ohio)
Habitat Use of Fox Squirrels in an Urban Environment	Mccleery R. <i>et al.</i>	2007	Journal Of Wildlife Management	États-Unis	Texas A&M University campus principal, College Station (Texas)
Homogenisation processes and local effects on avifaunal composition in Italian towns	Alberto Sorace, Marco Gustin	2008	Acta Oecologica-International Journal Of Ecology	Italie	26 study towns
House sparrow (<i>Passer domesticus</i>) habitat use in urbanized landscapes	Chamberlain D.	2007	Journal Of Ornithology	Royaume-Uni	Espaces urbanisés (couverture artificialisée de 25 % et plus)
House Sparrows <i>Passer domesticus</i> and Tree Sparrows <i>Passer montanus</i> : fine-scale distribution, population densities, and habitat selection in a Central European city	Šálek M. <i>et al.</i>	2015	Acta Ornithologica	République tchèque	CeskeBudejovice
How to manage the urban green to improve bird diversity and community structure	Fontana S.	2011	Landscape And Urban Planning	Suisse	Zurich, Lucerne et Lugano
Impact of urbanization on predator and parasitoid insects at multiple spatial scales	Corcos D. <i>et al.</i>	2019	Plos One	Italie	Rome
Importance of urban trees and buildings as daytime roosts for bats	Kubista C. & Bruckner A.	2015	Biologia	Autriche	Vienne
Insectivorous and open-cup nester bird species suffer the most from urbanization	Máthé O. & Batáry P.	2015	Bird Study	Roumanie	Cluj-Napoca
Integrated effects of urban morphology on birdsong loudness and visibility of green areas	Hao Y. <i>et al.</i>	2015	Landscape And Urban Planning	Royaume-Uni	Assen

Land Use and Avian Species Diversity Along an Urban Gradient	Blair R.	1996	Ecological Applications	États-Unis	Stanford University, Palo Alto (Californie)
Linking ecosystem services, urban form and green space configuration using multivariate landscape metric analysis	Grafius D. <i>et al.</i>	2018	Landscape Ecology	Royaume-Uni	Milton Keynes, Bedford et Luton/Dunstable
Lizard species distributions and habitat occupation along an urban gradient in Tucson, Arizona, USA	Germaine S. & Wakeling B.	2001	Biological Conservation	États-Unis	Aire métropolitaine de Tucson (Arizona)
Local and Landscape-Level Factors Affecting the Density and Distribution of the Feral Pigeon <i>Columba livia</i> var. <i>domestica</i> in an Urban Environment	Przybylska K. <i>et al.</i>	2012	Acta Ornithologica	Pologne	Poznan
Mammal communities are larger and more diverse in moderately developed areas	Parsons A. <i>et al.</i>	2018	Elife	États-Unis	Whashington, Columbia et Raleigh (Caroline du Nord)
Monitoring high-quality soil consumption driven by urban pressure in a growing city (Rome, Italy)	Salvati L.	2013	Cities	Italie	Rome
More than weeds: Spontaneous vegetation in streets as a neglected element of urban biodiversity	Bonthoux S. <i>et al.</i>	2019	Landscape And Urban Planning	France	Blois
Occurrence of <i>Ips typographus</i> (Col., Scolytidae) along an urbanization gradient in Brussels, Belgium	Piel F. <i>et al.</i>	2005	Agricultural And Forest Entomology	Belgique	Bruxelles
Patch or mosaic: bat activity responds to fine-scale urban heterogeneity in a medium-sized city in the United States	Li H & Wilkins K.	2014	Urban Ecosystems	États-Unis	Waco (Texas)
Plant diversity and composition compensate for negative effects of urbanization on foraging bumble bees	Hülsmann M. <i>et al.</i>	2015	Apidologie	Allemagne	Lüneburg

Post-construction Effects of an Urban Development on Migrating, Resident, and Wintering Birds	Hostetler M. <i>et al.</i>	2005	Southeastern Naturalist	États-Unis	Gainesville, Floride
Predation on Artificial Bird Nests along an Urban Gradient: Predatory Risk or Relaxation in Urban Environments?	Gering J. & Blair R.	1999	Ecography	États-Unis	Oxford, Ohio
Predicting the likely impact of urbanisation on bat populations using citizen science data, a case study for Norfolk, UK	Border J. <i>et al.</i>	2017	Landscape And Urban Planning	Royaume-Uni	Comté de Norfolk
Raccoon use of the urban matrix in the Baltimore Metropolitan Area, Maryland	Gross J. <i>et al.</i>	2011	Urban Ecosystems	États-Unis	Aire métropolitaine de Baltimore
Raptor nesting locations along an urban density gradient in the Great Basin, USA	White J. <i>et al.</i>	2018	Urban Ecosystems	États-Unis	Reno, Sparks
Relationships among breeding birds, habitat, and residential development in greater Tucson, Arizona	Germaine S. <i>et al.</i>	1998	Ecological Applications	États-Unis	Tucson, Arizona
Relationships between avian diversity, neighborhood age, income, and environmental characteristics of an urban landscape	Loss S. <i>et al.</i>	2009	Biological Conservation	États-Unis	Aire métropolitaine de Chicago
Response of arthropod species richness and functional groups to urban habitat structure and management	Sattler T. <i>et al.</i>	2010	Landscape Ecology	Suisse	Zurich, Lucerne et Lugano
Shrub-nesting birds in urban habitats: their abundance and association with vegetation	Rousseau J. <i>et al.</i>	2015	Urban Ecosystems	Canada	Montréal
Similar effects of residential and non-residential vegetation on bird diversity in suburban neighbourhoods	Smith A. <i>et al.</i>	2013	Urban Ecosystems	Canada	Ottawa
Small Mammals in an Urban Area: Habitat Preferences and Urban-Rural Gradient in Nitra City, Slovakia	Klimant P. <i>et al.</i>	2017	Polish Journal Of Ecology	Slovaquie	Nitra, Slovaquie

Spatial assessment of landscape ecological connectivity in different urban gradient	Park S.	2015	Environmental Monitoring And Assessment	États-Unis	Aire métropolitaine de Phoenix
Spatial patterns of seasonal distribution of Corvidae (the case of urban habitats)	Matsyura A. <i>et al.</i>	2016	Visnyk Of Dnipropetrovsk University-Biology Ecology	Ukraine	Zhytomyr
Spatial similarity of urban bird communities: a multiscale approach	Jokimäki J. & Kaisanlahti-Jokimäki M.	2003	Journal Of Biogeography	Finlande	Kemijärvi, Tornio, Kemi, Rovaniemi et Oulu
Suburban habitats and their role for birds in the urban-rural habitat network: points of local invasion and extinction?	Blair R. & Johnson E.	2008	Landscape Ecology	États-Unis	Palo Alto (Californie) Oxford (Ohio) et Saint Paul (Minnesota)
The effect of urban morphology on <i>Tilia x europaea</i> flowering	Massetti L. <i>et al.</i>	2015	Urban Forestry & Urban Greening	Italie	Florence
The influence of land use type and municipal context on urban tree species diversity	Bourne K. & Conway T.	2014	Urban Ecosystems	Canada	Bolton, Brampton, Caledon, Mississauga
The influence of urbanisation on diversity and trait composition of birds	Meffert P. & Dziöck F.	2013	Landscape Ecology	Allemagne	Berlin
The kestrel (<i>Falco tinnunculus</i> L.) in Berlin: investigation of breeding biology and feeding ecology	Kübler S. <i>et al.</i>	2005	Journal Of Ornithology	Allemagne	Berlin
The Trade-off Between Housing Density and Sprawl Area: Minimizing Impacts to Carabid Beetles (Coleoptera: Carabidae)	Gagné S. & Fahrig L.	2010	Ecology And Society	États-Unis	Ottawa et Gatineau
Tree cavity availability across forest, park, and residential habitats in a highly urban area	LaMontagne J. <i>et al.</i>	2015	Urban Ecosystems	États-Unis	Chicago, Illinois

Understanding how built urban form influences biodiversity	Andersson E. & Colding J.	2014	Urban Forestry & Urban Greening	Suède	Stockholm
Urban core areas are important for species conservation: A European-level analysis of breeding bird species	Jokimäki J. et al.	2018	Landscape and Urban planning	Finlande	38 villes européennes
Urban domestic gardens (V): relationships between landcover composition, housing and landscape	Smith R. et al.	2005	Landscape Ecology	Royaume-Uni	Sheffield, South Yorkshire
Urban form, biodiversity potential and ecosystem services	Tratalos J. et al.	2007	Landscape And Urban Planning	Royaume-Uni	Edinburgh, Glasgow, Leicester, Oxford et Sheffield,
Urban Morphology Drives the Homogenization of Tree Cover in Baltimore, MD, and Raleigh, NC	Bigsby K. et al.	2014	Ecosystems	États-Unis	Baltimore (Maryland) et Raleigh (Caroline du Nord)
Urban plant species patterns are highly driven by density and function of built-up areas	Godefroid S. & Koedam N.	2007	Landscape Ecology	Belgique	Bruxelles
Vulnerability of native and exotic urban birds to housing densification and changing gardening and landscaping trends	Van Heezik Y & Adams A.	2016	Urban Ecosystems	Nouvelle Zélande	Dunedin, Nouvelle Zélande
What makes new housing development unsuitable for house sparrows (<i>Passer domesticus</i>)?	Moudrá L. et al.	2018	Landscape And Urban Planning	République tchèque	Périurbain de Prague
Which traits influence the frequency of plant species occurrence in urban habitat types?	Kalusová V. et al.	2017	Urban Ecosystems	République tchèque	Plusieurs sites urbains en Europe centrale
Wild bee species abundance and richness across an urban-rural gradient	Choate B. et al.	2018	Journal Of Insect Conservation	Etats-Unis	Meadville, Pennsylvanie

À PROPOS DE L'AUTRICE

Morgane Flégeau est post-doctorante, chercheure contractuelle à l'Université de Tours et au Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN). Elle est également enseignante vacataire à l'Université Paris 1 et à l'Université Paris XIII. Ses travaux portent sur la prise en compte des questions environnementales et écologiques dans les politiques publiques, notamment urbaines.

Docteure en Géographie et Aménagement de l'Université Paris XIII, sa thèse, soutenue en 2018, a porté sur les reconfigurations territoriales liées aux enjeux politiques et sociaux des espaces non bâtis aux marges de l'agglomération parisienne.

En 2019, elle est post-doctorante à la Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité (FRB), où elle réalise, à la demande du PUCA, une revue systématique de la littérature dans le cadre de la première phase du programme Baum, sous la direction scientifique de la FRB et du MNHN.



GOUVERNEMENT

*Liberté
Égalité
Fraternité*

(...) Si les conditions du milieu urbain ne sont, dans l'ensemble, pas favorables à l'installation du vivant, le fait urbain recouvre une grande complexité sur le plan spatial, architectural, historique et paysager. Les morphologies urbaines se déploient et s'enchaînent les unes avec les autres, selon les époques, les zones biogéographiques d'implantation, les matériaux à disposition pour la construction, etc. Pour étudier l'impact de l'urbain sur les espèces animales ou végétales, les écologues ont privilégié les approches par gradient d'urbanisation, allant du rural vers le plus urbain. Par commodité des analyses, ils ont simplifié ainsi une réalité bien plus complexe puisque des formes urbaines diverses se surimposent à ce gradient d'urbanisation. Si l'on s'attache à décrire les possibilités d'un maintien voire d'un épanouissement des espèces animales et végétales en ville, il paraît alors essentiel de se pencher sur les différentes formes de l'urbain et d'évaluer leurs capacités à permettre ce maintien. L'échelle retenue, celle du quartier, ouvre la voie à l'étude de l'impact des formes d'organisation du bâti sur la biodiversité urbaine (...)



PUCA

plan
urbanisme
construction
architecture

Organisme national de recherche et d'expérimentation sur l'urbanisme, la construction et l'architecture, le Plan Urbanisme Construction Architecture, PUCA, développe à la fois des programmes de recherche incitative, et des actions d'expérimentations. Il apporte son soutien à l'innovation et à la valorisation scientifique et technique dans les domaines de l'aménagement des territoires, de l'habitat, de la construction et de la conception architecturale et urbaine.