

N°7



ÉCOLOGIE URBAINE: PEUT-ELLE CONCILIER BIODIVERSITÉ ET URBANISATION?

FABIAN SCHNEIDER

Le contexte

Avant les années 2000, la population mondiale vivait majoritairement dans les zones rurales. Depuis la révolution industrielle (XIX^{ème} siècle), la part des personnes se concentrant dans les villes n'a cessé de croître pour arriver actuellement à plus de 50% de la population résidant en ville. Et cette tendance devrait se poursuivre dans un proche avenir.

Même si les villes sont des moteurs du développement socio-économique, elles sont aussi au cœur de nombreux problèmes environnementaux entraînant une perte de la diversité biologique, des pollutions (air, eau et sol) et de multiples nuisances (sonores et lumineuses).

De ce constat, est-il possible de faire cohabiter la nature et les Êtres humains

L'écologie urbaine étudie les interactions entre les espèces animales et végétales avec le milieu bâti, les Humains et les activités anthropiques¹ afin d'améliorer la planification des villes pour plus de durabilité et ainsi concilier au mieux la biosphère² et l'anthroposphère³.



1 Liées ou résultant de l'intervention de l'Être humain.

2 Partie de notre planète où la vie est présente.

3 Ensemble et résultats des activités produites par l'Être humain.

Demain, habiterons-nous tous dans des villes ?

Les définitions de ce que représente un espace urbain, souvent simplifié à tort sous le terme de ville, varie fortement d'un pays à l'autre. Les différents éléments généralement considérés pour définir une zone urbaine sont la taille importante, une forte densité d'habitants, une zone dominée par les structures construites et la présence d'administration (Marzluff, 2001; McGranahan et al., 2014).

Depuis 2007, plus d'une personne sur deux vit en ville, alors que la population urbaine ne représentait que 30% de la population totale en 1950 et seulement 16.4% en 1900. Et cette tendance devrait encore s'accroître. Les Nations Unies projettent une augmentation de 2.5 milliards de personnes pour la population urbaine d'ici 2050 avec près de 90 % de croissance en Asie et en Afrique (*World Urbanization Prospects 2018, 2019*).

4 Il est généralement admis que l'urbanisation implique le déplacement de la population des zones rurales vers les zones urbaines (McGranahan et al., 2014).

5 Diversité biologique de la vie sur Terre, aussi bien au niveau génétique, qu'à celui des espèces et des écosystèmes (*United Nations Environment Programme*).

6 On parle de contemporaine qui diffère des modèles historiques par, notamment, une croissance urbaine importante et rapide, par des formes et des fonctions autres.

Les villes elles-mêmes présentent à la fois des problèmes et des solutions aux défis de la durabilité liés à un monde de plus en plus urbanisé (Grimm et al., 2008). L'urbanisation⁴ a le potentiel d'aider à la transition vers des solutions durables en raison des forces d'agglomération, de l'innovation accrue et de l'augmentation de la richesse (Seto et al., 2010). Mais même si l'urbanisation a certains effets positifs, son impact sur l'environnement n'est pas négligeable. La croissance des populations urbaines et l'expansion des zones bâties jouent un rôle dans l'augmentation de la pollution atmosphérique et des eaux, ainsi que sur l'érosion de la biodiversité⁵. Sur ce dernier point, une étude parue dans la revue *Nature* (Maxwell et al., 2016) portant sur une sélection de 8'688 espèces classées comme menacées ou potentiellement menacée par l'UICN (Union internationale pour la conservation de la nature), indique que le développement urbain arrive en troisième place des principales menaces pesant sur la faune derrière la surexploitation des ressources (chasse, pêche, abattage et plantation d'arbres) et les pratiques agricoles.

Les villes contemporaines⁶ tendent à se développer plus rapidement, aussi bien en termes de croissance de la population que des terres urbanisées. Elles sont aussi plus grandes avec une empreinte écologique plus importante que leurs homologues anciennes (Wu, 2014).



Comment le bâti prend-il le dessus sur les écosystèmes⁷ « naturels » ? Ou comment passe-t-on de la nature au béton ?



Les zones urbaines sont le théâtre de changements environnementaux à de multiples échelles (Grimm et al., 2008). Qu'il s'agisse d'habitations, d'industries, de zones récréatives ou de routes, les différentes constructions humaines menacent la biodiversité. Actuellement, très peu de régions du monde sont exemptes de structures bâties (Ritchie & Roser, 2021).

Lorsque le milieu passe d'un habitat dit naturel à un habitat anthropisé, la principale question pour les organismes vivants est d'être capable de s'adapter aux nouvelles conditions ou non. De plus, l'urbanisation a fragmenté ces milieux « naturels » créant ainsi des barrières difficiles à franchir, même pour des animaux pouvant voler comme les oiseaux (Isaksson, 2018). Cette fragmentation de l'habitat a des conséquences sérieuses sur les écosystèmes et la biodiversité (Ritchie & Roser, 2021).

La diversité et l'abondance des espèces animales sont particulièrement modifiées dans les écosystèmes urbains par rapport aux écosystèmes naturels (Marzluff, 2001; McKinney, 2008). Les espèces moins tolérantes sont les plus vulnérables et pourraient être localement menacées (McKinney, 2002). Il s'agit le plus souvent d'espèces qui généralement ont une faible *dispersion juvénile*⁸, un comportement migratoire, une peur de l'homme, un comportement *insectivore*⁹ et/ou une faible *fécondité*¹⁰ annuelle (Møller, 2009).

De manière générale, la diversité locale tend à diminuer avec l'urbanisation croissante (Mcintyre, 2000), affectant aussi le comportement des animaux (Shochat et al., 2004; Slabbekoorn & Peet, 2003), la dynamique des populations (Pierotti & Annett, 2001) et la structure des communautés (Shochat et al., 2004).

Les oiseaux représentent probablement le groupe le plus visible dans les villes dont certaines espèces sont même devenues des

spécialistes de cet habitat particulier comme le Moineau domestique ou le Pigeon biset (Isaksson, 2018). À grande échelle, cela entraîne un effet d'homogénéisation des espèces (McKinney, 2006) et une *richesse spécifique*¹¹ généralement plus faible dans les zones urbaines (Aronson et al., 2014). Les espèces les plus adaptées au milieu urbain deviennent de plus en plus répandues dans les différentes villes du monde (McKinney, 2006).

La richesse en espèces d'oiseaux semble plus élevée dans les villes européennes que dans celle d'Amérique du Nord ou d'Australie. Cette différence pourrait être liée au temps écoulé depuis le début de l'urbanisation, c'est-à-dire que ces espèces ont eu plus de temps pour s'adapter à l'environnement urbain dans les villes plus anciennes (Aronson et al., 2014).

L'urbanisation semble le plus souvent avoir un effet négatif sur la biodiversité, spécialement dans les zones les plus urbanisées comme les centres urbains. Une urbanisation plus modérée comme celles des zones périurbaines créant un milieu plus hétérogène peut même avoir un effet positif sur la diversité de certains groupes (McKinney, 2008).

Malgré le peu de grandes villes, en Suisse aussi l'urbanisation a des effets néfastes sur la biodiversité. Le bâti a essentiellement grignoté les zones agricoles, mettant ainsi les espèces de ces milieux ouverts encore un peu plus sous pression après l'impact de pratiques agricoles modernes (intensification et mécanisation). La densification des zones urbaines a pour effet de détruire des terrains de chasse de certaines espèces ou de détériorer la qualité de la nourriture. De plus, la modernisation du bâti réduit les sites de nidifications potentiels de certains oiseaux et de chauve-souris (Knaus et al., 2018). Un autre problème récurrent provient de la plantation d'espèces non indigènes dans les jardins et autres espaces verts

7 Ensemble vivant de différentes espèces en interrelations entre elles et avec leur environnement (Centre National de la Recherche Scientifique, 2017).

8 Mouvement effectué par les oiseaux durant leur première année entre leur naissance et leur première reproduction.

9 Qui mange des insectes

10 Capacité à se reproduire (un oiseau avec une fécondité annuelle faible aura peu de jeunes à l'envol)

11 Indicateur de la biodiversité

Autres conséquences environnementales



12 Effet qui occasionne une hausse des températures dans les zones urbaines en lien avec la chaleur accumulée par le bâti.

13 Zones biogéographiques (unité géographique présentant des similitudes au niveau des espèces animales et végétales) avec une grande richesse et fortement menacées, définie par un minimum de 1'500 plantes vasculaires endémiques (qu'on ne retrouve que dans cette région) et avec 30% ou moins de végétation naturelle (*Conservation International*)

En plus d'un impact directement lié à la perte ou la fragmentation de l'habitat, il y a de multiples facteurs indirects qui génèrent une modification des écosystèmes tels que la pollution atmosphérique, la pollution lumineuse de nuit, le bruit, les changements d'offre en nourriture, les différentes pressions de prédation, les dérangements humains et le climat (Grimm et al., 2008 ; Isaksson, 2018).

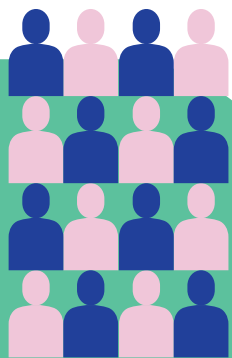
Dans les régions tempérées les oiseaux peuvent profiter du climat plus chaud causé par l'effet d'îlot de chaleur urbain¹². Cependant, dans les régions chaudes ou tropicales, cet effet peut être dévastateur pour les oiseaux, entraînant un stress thermique et une déshydratation (Grimm et al., 2008).

Un autre impact indirect de l'urbanisation est la pression mise sur les écosystèmes naturels environnants comme les forêts, notamment tropicales. En effet, environ 20% des forêts du monde se trouvent à moins de 100 mètres d'une lisière, c'est-à-dire d'une utilisation anthropique du sol (route, habitation ou plantation) (Ritchie & Roser, 2021). L'Être humain et ses activités étant une source de perturbation potentielle pour les écosystèmes, sa proximité avec ces derniers peut les accroire. Ce phénomène s'observe chez nous, où les milieux naturels facile d'accès et proche des centres urbains subissent de nombreux dérangements et déprédations, mettant ainsi la nature sous pression.

Les villes dans les *hotspots de la biodiversité*¹³

En 1995 près de 20% de la population mondiale vivait dans un des hotspots (points chauds) de la biodiversité. Certaines zones sont particulièrement vulnérables en lien avec les densités élevées de population comme les points chauds des *Ghâts occidentaux et du Sri Lanka*, des *Philippines*, ainsi que des îles des Caraïbes. La région *Tumbes-Chocó-Magdalena*, les *Andes tropicales* et *Madagascar* sont quant à elles menacées par la croissance rapide des populations (Engelman & Cincotta, 2000). Plusieurs grandes villes sont situées dans un de ces points chauds comme Mexico, Le Cap ou encore Singapour

(De Jonk, 2017). Cette dernière par exemple compte plus de 10 écosystèmes différents sur son territoire et une récente étude a permis de découvrir plus de 500 espèces végétales et animales nouvelles pour Singapour dont 100 étaient même nouvelles pour la science (Stockholm Resilience Center - Stockholm University, 2012). De manière générale, les espèces présentes dans les villes situées en zone tropicale est encore plus vulnérable à l'urbanisation aux vues de l'énorme réservoir de biodiversité présent dans les écosystèmes naturels à ces latitudes.



L'écologie urbaine, permet-elle de concilier la nature et les Êtres humains ?

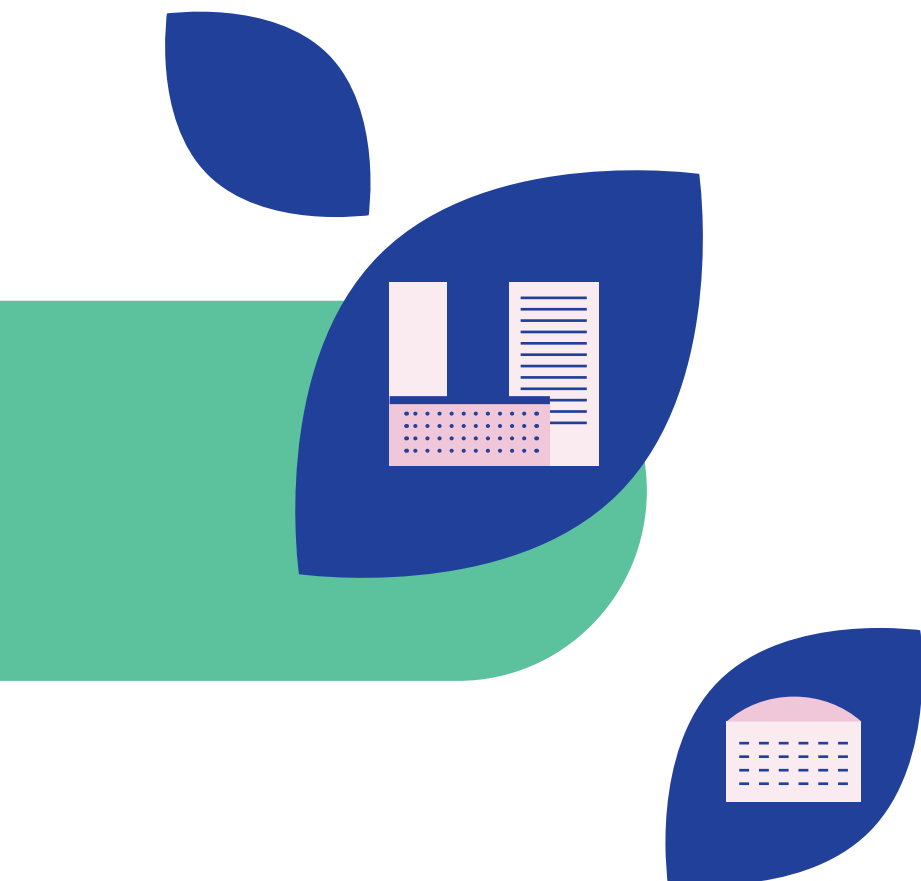
14 Services procurés par les écosystèmes regroupés en quatre catégories principales : services d'approvisionnement (ex: nourriture, bois), services de régulation (ex: climat, qualité de l'eau et de l'air), services culturels (ex: bien-être, activités récréatives) et services de support (ex: cycle de l'eau, photosynthèse) (UICN France)

L'écologie urbaine est un domaine interdisciplinaire qui intègre les sciences naturelles et sociales pour étudier les environnements locaux urbanisés, souvent radicalement modifiés, ainsi que leurs effets régionaux et globaux (Grimm et al., 2008). L'écologie urbaine est même transdisciplinaire lorsqu'elle intègre différentes sciences à la planification urbaine (Wu, 2014).

Deux axes de recherche fondamentaux interviennent dans l'écologie urbaine : d'une part la contribution à la recherche scientifique et de l'autre l'application pour rendre les villes plus vivables et durables (Tanner et al., 2014).

L'écologie urbaine peut être une des solutions pour rendre nos villes plus durables. Il est essentiel de planifier en tenant compte des connaissances en écologie urbaine et en durabilité. Pour ce faire cette discipline se focalise beaucoup sur les *services écosystémiques*¹⁴ et leur relation avec le bien-être humain (Wu, 2014).

L'écologie urbaine peut se séparer sous différentes perspectives comme l'écologie des villes, des infrastructures, de la société, des comportements humains ou encore des acteurs concernés afin de faire avancer les connaissances scientifiques et de fournir des bénéfices à la société. Il est difficile d'intégrer la science et la politique, surtout lorsque, comme c'est souvent le cas, les parties prenantes ont des visions divergentes. L'intégration d'aspects conceptuels et appliqués permet d'aider à combler les écarts entre la nature, le bâti et la population (Tanner et al., 2014).



Comment passer de la science aux actions ?

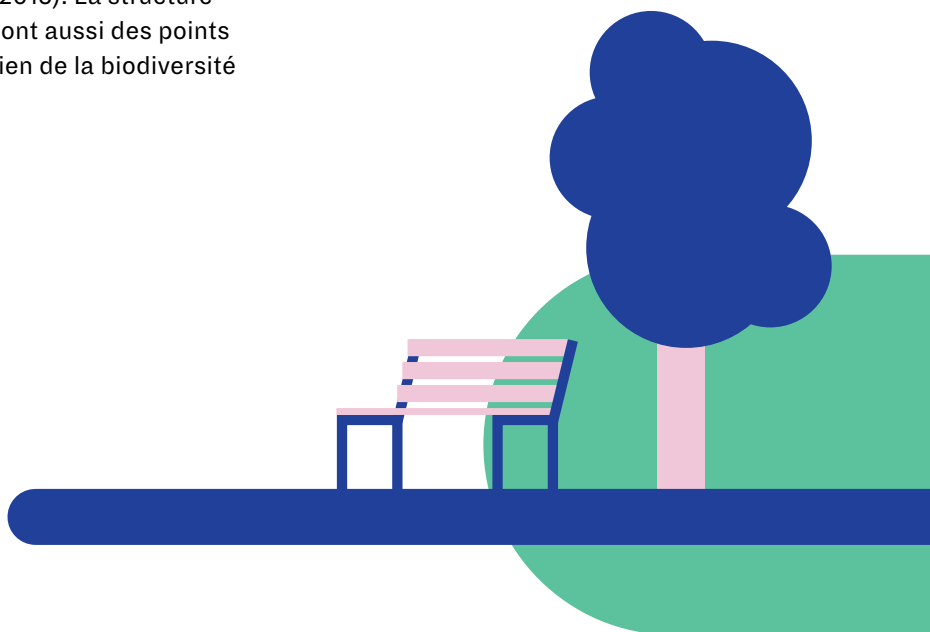
Du global au local

Actuellement, les multiples études ne font que commencer à identifier les liens entre les activités humaines, les modèles de densité de population et de diversité des espèces. Une bonne compréhension des processus écologiques et évolutifs opérant dans les zones urbaines est essentielle (Shochat et al., 2006). Les défenseurs de la nature et les urbanistes ont donc une tâche importante à accomplir à l'avenir. Grâce à l'écologie urbaine, leurs actions peuvent en effet avoir de grands effets positifs sur la biodiversité, si les zones d'espaces verts urbains sont bien gérées par la plantation d'espèces indigènes et s'ils améliorent ces espaces ou limitent les constructions dans les zones clés (Aronson et al., 2014 ; Isaksson, 2018).

Pour préserver au maximum la biodiversité des zones urbaines, il est primordial de conserver des superficies de zones «vertes» importantes et des *corridors biologiques*¹⁵ entre les zones favorables à la faune et la flore. De grands sites de plus de 50 hectares sont nécessaires pour empêcher une perte rapide des espèces les plus sensibles. La diversité s'effondre rapidement dans des parcelles de moins de 27 hectares (Beninde et al., 2015). La structure et le type de végétation sont aussi des points importants dans le maintien de la biodiversité en milieu urbain.

15 Milieu reliant fonctionnellement différents habitats.

La densification urbaine est une des clés pour la diminution des émissions de gaz à effet de serre (Goff, 2017 ; Ritchie, 2019) et certaines espèces les plus sensibles sont favorisées par un développement compact à l'échelle de la ville, car les grands espaces verts restent intacts. En plus de minimiser les perturbations écologiques, le développement urbain compact maintient un accès aux espaces verts publics pour la population. Les villes construites pour minimiser l'impact écologique par habitant sont caractérisées par une forte densité résidentielle, avec de grands espaces verts et de petits jardins. De plus, des compromis importants sont nécessaires entre la sauvegarde de la biodiversité à l'échelle de la ville et l'accès des personnes à la biodiversité dans leur jardin (Sushinsky et al., 2013). Les espaces verts jouent non seulement un rôle important dans la préservation de la biodiversité et la diminution des fortes températures, mais ils permettent en plus d'augmenter la cohésion sociale dans un quartier et le sentiment de bien-être (Jennings & Bamkole, 2019 ; Norton et al., 2015).



Comment passer de la science aux actions? Du global au local

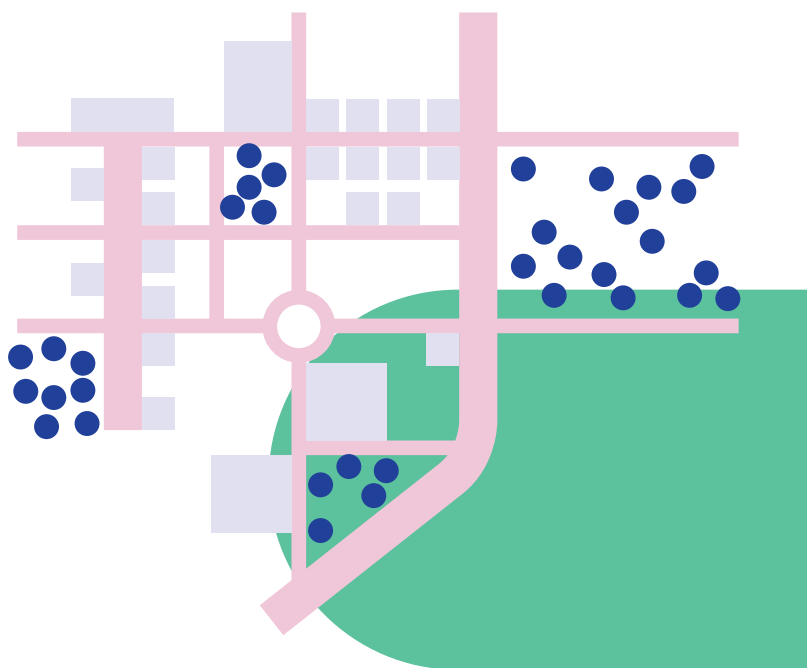
À l'échelle globale, la mise en place d'un indice de la biodiversité urbaine pourrait permettre d'évaluer et suivre les progrès dans la mise en œuvre d'efforts de conservation de la biodiversité (*Convention on Biological Diversity - City Biodiversity Index*, 2013).

À l'échelle de la Suisse, de nombreuses initiatives sont prises par les associations de protection de la nature et certaines autorités cantonales ou communales en faveur de la préservation de la biodiversité urbaine. Il peut s'agir d'actions concrètes comme la création de zones fauchées tardivement, de pose de nichoirs pour les oiseaux cavernicoles¹⁶ ou encore de plantations d'arbres indigènes. Des recensements et des inventaires de certaines espèces ou certains groupes faunistiques ou floristiques sont mis en place dans différentes villes du pays.

¹⁶ Qui habite les cavernes, qui vit dans les cavités (arbres, habitations, falaises, etc.)

Après en Suisse, l'écologie urbaine ne semble pas aussi développée que dans d'autres pays. Ce léger manque de focalisation est probablement à mettre en lien avec l'absence de villes de taille majeures.

Actuellement, bon nombre de citoyens, quel que soit leur niveau socio-économique, sont de plus en plus déconnectés des connaissances des espèces indigènes locales et de leurs écosystèmes naturels (McKinney, 2006). Les scientifiques ont aussi pour mission de transmettre leur savoir afin de faire prendre conscience au plus grand nombre, qu'ils soient simples citoyens ou acteurs politiques, des enjeux de l'urbanisation et de la préservation de la biodiversité.



Comment passer de la science aux actions ?

Du global au local

L'écologie urbaine apporte de nombreuses pistes pour faire cohabiter l'Être humain et ses activités prenant place dans le milieu urbain ou en périphérie.

Voici ci-dessous un tableau récapitulant certains éléments proposés dans ce concept avec une brève analyse d'avantages et d'inconvénients

	Avantages	Inconvénients (ou dangers)
Grands espaces verts	<ul style="list-style-type: none"> • Créent des zones de nature au cœur des espaces urbanisés. • Importants pour certains espèces exigeantes qui ont besoin d'un grand territoire ou d'un milieu très préservé. 	<ul style="list-style-type: none"> • Demandent de larges zones préservées. • Nécessitent souvent pour les espèces les plus sensibles peu de dérangements et des milieux de haute qualité.
Parcs urbains	<ul style="list-style-type: none"> • Milieux importants pour la biodiversité et pour la vie sociale. • Mesures relativement faciles à créer et faisant aisément l'unanimité chez les autorités et les habitants. 	<ul style="list-style-type: none"> • Souvent beaucoup d'activités humaines, donc de nombreux dérangements. • En général, présence de plantes non indigènes et régulièrement d'espèces animales allochtones¹⁷.
Densification du bâti	<ul style="list-style-type: none"> • Réduit les trajets (donc moins d'émission de CO₂). • Préserve plus de places hors des villes pour les milieux naturels. 	<ul style="list-style-type: none"> • Les milieux bâtis denses sont souvent plus stériles pour la nature. • Créent des espaces urbains plus stériles d'un point de vue naturel. • Favorise probablement le phénomène d'îlot de chaleur urbain.
Corridors biologiques	<ul style="list-style-type: none"> • Permettent de relier les milieux naturels en eux. • Importants pour certains espèces exigeantes qui font peu de déplacement entre différents sites. 	<ul style="list-style-type: none"> • Nécessitent une gestion très rigoureuse du territoire pour éviter les discontinuités. • Demandent passablement de places pour la nature, souvent dans des espaces déjà très urbanisés.
Pose de nichoirs ou d'hôtels à insectes	<ul style="list-style-type: none"> • Solutions simples et souvent peu coûteuses (en temps et en argent). • Résultats généralement rapides. 	<ul style="list-style-type: none"> • Impacts limités à certaines espèces. • Peu efficaces si le milieu environnement est de mauvaise qualité.

17 Qui ne sont pas présentes naturellement dans la région en question (qui peuvent donc poser des problèmes aux espèces autochtones, c'est-à-dire indigènes).

Bibliographie

- Aronson, M. F. J., La Sorte, F. A., Nilon, C. H., Katti, M., Goddard, M. A., Lepczyk, C. A., Warren, P. S., Williams, N. S. G., Cilliers, S., Clarkson, B., Dobbs, C., Dolan, R., Hedblom, M., Klotz, S., Kooijmans, J. L., Kühn, I., Macgregor-Fors, I., McDonnell, M., Mörtberg, U., ... Winter, M. (2014). A global analysis of the impacts of urbanization on bird and plant diversity reveals key anthropogenic drivers. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 281(1780). <https://doi.org/10.1098/RSPB.2013.3330>
- Beninde, J., Veith, M., & Hochkirch, A. (2015). *Biodiversity in cities needs space: a meta-analysis of factors determining intra-urban biodiversity variation*. <https://doi.org/10.1111/ele.12427>
- *Convention on Biological Diversity - City Biodiversity Index*. (2013). <https://www.cbd.int/subnational/partners-and-initiatives/city-biodiversity-index>
- De Jonk, F. (2017). *Which is the world's most biodiverse city* The Guardian. <https://www.theguardian.com/cities/2017/jul/03/which-worlds-most-biodiverse-city-extreme-cities>
- Engelman, R., & Cincotta, R. (2000). *Human population in the biodiversity hotspots Related papers*. www.nature.com
- Goff, M. (2017). *Cities: A Climate Solution | The Breakthrough Institute*. <https://thebreakthrough.org/articles/cities-a-climate-solution>
- Grimm, N. B., Faeth, S. H., Golubiewski, N. E., Redman, C. L., Wu, J., Bai, X., & Briggs, J. M. (2008). Global change and the ecology of cities. *Science*, 319(5864), 756–760. <https://doi.org/10.1126/SCIENCE.1150195>
- Isaksson, C. (2018). *Impact of Urbanization on Birds*. 235–257. https://doi.org/10.1007/978-3-319-91689-7_13
- Jennings, V., & Bamkole, O. (2019). The Relationship between Social Cohesion and Urban Green Space: An Avenue for Health Promotion. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2019, Vol. 16, Page 452, 16(3), 452. <https://doi.org/10.3390/IJERPH16030452>
- Knaus, P., Antoniazza, S., & Wechsler, S. (2018). *Atlas des oiseaux nicheurs de Suisse 2013-2016 : distribution et évolution des effectifs des oiseaux en Suisse et au Liechtenstein*. Station ornithologique suisse.
- Marzluff, J. M. (2001). Worldwide urbanization and its effects on birds. *Avian Ecology and Conservation in an Urbanizing World*, 19–47. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1531-9_2
- Maxwell, S. L., Fuller, R. A., Brooks, T. M., & Watson, J. E. M. (2016). Biodiversity: The ravages of guns, nets and bulldozers. *Nature* 2016 536:7615, 536(7615), 143–145. <https://doi.org/10.1038/536143a>
- McGranahan, G., Satterthwaite, D., & International Institute for Environment and Development. (2014). *Urbanisation : concepts and trends*.
- McIntyre, N. E. (2000). Ecology of Urban Arthropods: A Review and a Call to Action. *ECOLOGY AND POPULATION BIOLOGY Ann. Entomol. Soc. Am*, 93(4), 825–835. <https://academic.oup.com/aesa/article/93/4/825/22659>

Bibliographie

- McKinney, M. L. (2006). Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biological Conservation*, 127(3), 247–260. <https://doi.org/10.1016/J.BIOCON.2005.09.005>
- McKinney, M. L. (2008). Effects of urbanization on species richness: A review of plants and animals. *Urban Ecosystems* 2008 11:2, 11(2), 161–176. <https://doi.org/10.1007/S11252-007-0045-4>
- Møller, A. P. (2009). Successful city dwellers: A comparative study of the ecological characteristics of urban birds in the Western Palearctic. *Oecologia*, 159(4), 849–858. <https://doi.org/10.1007/S00442-008-1259-8/TABLES/2>
- Norton, B. A., Coutts, A. M., Livesley, S. J., Harris, R. J., Hunter, A. M., & Williams, N. S. G. (2015). Planning for cooler cities: A framework to prioritise green infrastructure to mitigate high temperatures in urban landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 134, 127–138. <https://doi.org/10.1016/J.LAN-DURBPLAN.2014.10.018>
- Pierotti, R., & Annett, C. (2001). The ecology of Western Gulls in habitats varying in degree of urban influence. *Avian Ecology and Conservation in an Urbanizing World*, 307–329. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1531-9_15
- Ritchie, H. (2019). *Dense Cities | The Breakthrough Institute*. <https://thebreakthrough.org/journal/no-10-winter-2019/dense-cities>
- Ritchie, H., & Roser, M. (2021). Biodiversity - Threats to Wildlife. *Our World in Data*, 8(6). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0065427>
- Seto, K. C., Sánchez-Rodríguez, R., & Fragkias, M. (2010). The New Geography of Contemporary Urbanization and the Environment. [Http://Dx.Doi.Org/10.1146/Annurev-Environ-100809-125336](http://Dx.Doi.Org/10.1146/Annurev-Environ-100809-125336), 35, 167–194. <https://doi.org/10.1146/ANNUREV-ENVIRON-100809-125336>
- Shochat, E., Lerman, S. B., Katti, M., & Lewis, D. B. (2004). Linking optimal foraging behavior to bird community structure in an urban-desert landscape: field experiments with artificial food patches. *The American Naturalist*, 164(2), 232–243. <https://doi.org/10.1086/422222>
- Shochat, E., Warren, P. S., Faeth, S. H., McIntyre, N. E., & Hope, D. (2006). From patterns to emerging processes in mechanistic urban ecology. *Trends in Ecology and Evolution*, 21(4), 186–191. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.11.019>
- Slabbekoorn, H., & Peet, M. (2003). Birds sing at a higher pitch in urban noise. *Nature* 2003 424:6946, 424(6946), 267–267. <https://doi.org/10.1038/424267a>
- Stockholm Resilience Center - Stockholm University. (2012). *Cities and biodiversity hotspots*. <https://www.stockholmresilience.org/research/research-news/2012-06-08-the-biodiverse-city.html>
- Sushinsky, J. R., Rhodes, J. R., Possingham, H. P., Gill, T. K., & Fuller, R. A. (2013). How should we grow cities to minimize their biodiversity impacts *Global Change Biology*, 19(2), 401–410. <https://doi.org/10.1111/GCB.12055>

Bibliographie

- Tanner, C. J., Adler, F. R., Grimm, N. B., Groffman, P. M., Levin, S. A., Munshi-South, J., Pataki, D. E., Pavao-Zuckerman, M., & Wilson, W. G. (2014). Urban ecology : advancing science and society. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 12(10), 574–581. <https://doi.org/10.1890/140019>
- *World Urbanization Prospects 2018*. (2019).
- Wu, J. (2014). Urban ecology and sustainability : The state-of-the-science and future directions. *Landscape and Urban Planning*, 125, 209–221. <https://doi.org/10.1016/J.LAN-DURBPLAN.2014.01.018>