

VILLES ET BIODIVERSITÉ, AMIES OU ENNEMIES ?

Hélène **SOUBELET**



Vétérinaire, directrice générale de la Fondation pour la recherche sur la biodiversité (FRB).

Les premiers établissements humains sont apparus au néolithique avec la sédentarisation il y a 10 000 ans et les premières grandes villes ont été bâties entre le cinquième et le quatrième siècle avant notre ère par les cultures Cucuteni Trypillia.

Abritant jusqu'à 15 000 habitants, elles ont attiré rats, puces et peste, ce qui a conduit à leur effondrement (voir Dépêche technique n°183 de février-mars 2021).

Néanmoins, cette organisation est par ailleurs très efficace en termes de liens sociaux, de rationalisation des approvisionnements et d'augmentation du niveau de vie. Après ce premier échec, l'urbanisation s'est accélérée. Aujourd'hui, plus de 60 % de la population humaine habite en ville et d'ici 2050, 80 % des Humains seront urbains.

La ville accompagne donc l'humanité depuis longtemps, mais est-elle favorable ou défavorable à la biodiversité ?

LA VILLE MODIFIE LES ÉCOSYSTÈMES NATURELS, LES COMMUNAUTÉS D'ESPÈCES ET LES INTERACTIONS ENTRE ELLES

Parmi les nombreuses activités humaines qui causent la perte d'habitats, le développement urbain est à l'origine des taux d'extinction locaux les plus élevés et élimine souvent la grande majorité des espèces indigènes (Marzluff, 2001). En outre, les effets de l'urbanisation sont souvent plus durables que d'autres types de perte d'habitat car la plupart des politiques donnent la priorité aux établissements humains ou à d'autres utilisations des terres par rapport à la préservation de la biodiversité.

La ville, facteur d'homogénéisation biotique

Le développement urbain entraîne ainsi la perte, la dégradation et la fragmentation des habitats naturels, l'augmentation des surfaces imperméables ainsi que des effets environnementaux comme les îlots de chaleur, la pollution de l'eau, de l'air, le bruit, la lumière et l'introduction d'espèces exotiques envahissantes. L'urbanisation conduit donc à des changements majeurs dans la richesse et la composition des espèces et à la création de nouveaux écosystèmes avec de nouvelles caractéristiques biotiques et abiotiques auxquels un nombre réduit d'êtres vivants, plutôt généralistes, peut s'adapter. Cette homogénéisation concerne en particulier la composition et la structure de la biodiversité. Pearse et ses collaborateurs montrent que si un plus grand nombre d'espèces a pu être trouvé dans sept

grandes villes américaines par rapport aux campagnes environnantes, la composition en espèces était néanmoins plus similaire d'une région à l'autre que celle des zones naturelles et la densité des arbres était moins variable dans les villes que dans les zones naturelles comparables (Pearse *et al.* 2018). Cette homogénéisation de la biodiversité est le reflet d'une standardisation des préférences, des pratiques de gestion et des pressions exercées sur la biodiversité.

Les effets positifs et négatifs sur la biodiversité urbaine : cas des insectes

Dans une opinion publiée en août 2022, Panagiotis Theodorou (Theodorou, 2022), un chercheur allemand, présente une synthèse des études d'écologie urbaine sur les insectes et montre des effets contrastés.

L'urbanisation a un impact sur de nombreux traits écologiques des insectes, elle peut ainsi modifier les périodes d'émergence et la phénologie des papillons (Diamond *et al.*, 2014), les tolérances thermiques des fourmis (Diamond *et al.*, 2018), les changements de taille du corps des abeilles (Theodorou *et al.*, 2021) et les changements de niche des moustiques (Camdem *et al.*, 2012).

Elle agit aussi sur les interactions prédateurs-proies ou parasites-hôtes avec des effets globalement négatifs pour les insectes prédateurs ou parasitoïdes, même si cette tendance peut être inversée en présence d'espaces verts urbains riches en fleurs qui pouvaient héberger des densités élevées d'insectes proies, prédateurs et parasitoïdes, mais également des oiseaux consommateurs d'insectes (Rocha Filho, 2020).

Ces variations dans l'abondance des insectes a un effet important sur l'herbivorie ¹ avec des effets de pullulation provoquant des dégâts ou des régulations lorsque les prédateurs et parasitoïdes sont présents en nombre suffisant. En ville, les plantes sont par ailleurs soumises à des niveaux élevés de stress (pénurie d'eau, augmentation des températures, pollution) qui peuvent conduire à une diminution de l'investissement dans les défenses contre l'herbivorie. Par ailleurs, l'omniprésence d'espèces végétales non indigènes peut augmenter artificiellement la biomasse végétale et les effets fertilisants de certains polluants augmentent la croissance des plantes (oxydes d'azote, dioxyde de carbone). Ces deux mécanismes ont des effets positifs sur les populations d'herbivores et les taux d'herbivorie (Mills *et al.*, 2019).

Malgré des impacts négatifs de l'imperméabilisation ou de la fragmentation des habitats sur les insectes pollinisateurs, une proportion relativement importante d'études a documenté une augmentation de la pollinisation, estimée soit par la nouaison ², soit par le nombre de graines des plantes dépendant des pollinisateurs, le long des gradients d'urbanisation [Wenzel *et al.*, 2019]. Ce phénomène s'explique par l'augmentation de l'hétérogénéité du paysage, la disponibilité d'habitats favorables et une abondance non interrompue de ressources alimentaires florales dans les zones urbaines modérément perturbées. Des études en Europe et en Amérique du nord confirment que les insectes pollinisateurs urbains, (notamment les espèces généralistes comme les abeilles domestiques ou les bourdons) pourraient, dans les zones urbaines modérément perturbées, fournir des services de pollinisation adéquats aux plantes sauvages urbaines, mais aussi à l'agriculture urbaine.

La ville augmente et diminue la compétition pour les ressources alimentaires et les habitats

La compétition entre les espèces pour les habitats et les ressources alimentaires est un des processus écologiques les plus importants pour réguler la structure des communautés d'êtres vivants. En théorie, les écosystèmes urbains pourraient ainsi favoriser quelques espèces dominantes, y compris des espèces envahissantes, qui pourraient supplanter les espèces indigènes moins compétitives. Des recherches ont ainsi montré que l'augmentation des abeilles domestiques dans les villes, en raison de la popularité croissante de l'apiculture urbaine, avait entraîné une concurrence accrue pour les ressources alimentaires florales avec les autres insectes pollinisateurs [Roppar *et al.*, 2019].

Néanmoins, la ville procure également des habitats anthropiques et un surplus de nourriture qui réduisent la concurrence entre les espèces dans les niveaux modérés d'urbanisation ou conduisent à une augmentation de l'abondance des espèces généralistes plus efficaces dans l'exploitation des ressources en cas de pressions anthropiques fortes. Par exemple, la limitation des ressources en abris et en nourriture augmente la compétition entre les blattes urbaines, mais que la fragmentation urbaine des ressources disponibles facilite leur coexistence [Boyer *et al.*, 2004].

LA VILLE MODIFIE LES INTERACTIONS HÔTES -PATHOGÈNES

Les agents pathogènes influencent le comportement, la fécondité et la survie de leurs hôtes et donc la dynamique des populations d'hôtes et la structure des communautés.

¹ Consommation de biomasse végétale vivante par les animaux, en particulier I. L'herbivorie constitue un processus important de l'écosystème qui modèle la productivité primaire et la structure de la végétation.

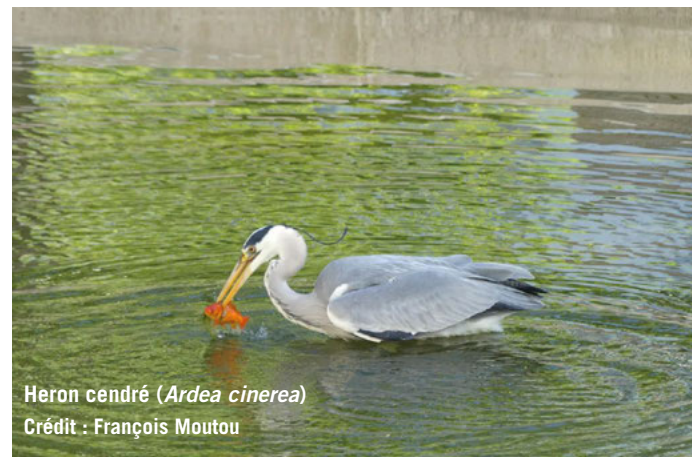
² Phase initiale de formation du fruit



Faucon crécerelle (*Falco tinnunculus*)

Crédit : J.F.Silvain

Photos 1 et 2 : ▲ La ville peut abriter une faune diverse avec des relations trophiques qui s'établissent entre les êtres vivants qui arrivent à s'adapter aux environnements urbains ou qui y sont introduits par l'homme. ▼



Heron cendré (*Ardea cinerea*)

Crédit : François Moutou

L'urbanisation favorise les invasions biologiques par des espèces généralistes

L'urbanisation conduit à des changements majeurs dans la richesse et la composition des espèces et à la création de nouveaux écosystèmes avec de nouvelles caractéristiques biotiques et abiotiques auxquels un nombre réduit d'êtres vivants, plutôt généralistes, peut s'adapter. S'agissant des liens entre urbanisation et pathogènes, deux mécanismes sont à l'œuvre. D'une part les déclin et les extinctions d'espèces dus à l'urbanisation s'accompagnent de déclin et de pertes de leurs agents pathogènes. D'autre part, l'urbanisation favorise les invasions biologiques par des espèces généralistes et très adaptables, augmentent l'introduction d'agents pathogènes, influencent les densités d'hôtes, les modes de contacts intraspécifiques et interspécifiques et affectent la virulence des agents pathogènes et la sensibilité des hôtes aux maladies infectieuses.

Des études ont ainsi montré que les agents pathogènes des abeilles domestiques, des bourdons, du papillon monarque étaient plus répandus dans les zones urbaines. Plusieurs raisons ont été avancées : des différences dans les pratiques de gestion des agents pathogènes des abeilles, une plus grande fragmentation de l'habitat qui pourrait augmenter les contacts sur les fleurs partagées, la présence de plantes attractantes (cas du monarque) qui entraînent des grandes concentrations d'hôtes, des différences de température, en particulier les effets d'îlots de chaleur qui affectent la résistance ou la sensibilité aux agents pathogènes et des densités d'hôtes plus élevées dans les zones urbaines par rapport aux zones rurales.



Les milieux anthropisés augmentent le risque infectieux et l'appauvrissement du microbiote

Les preuves scientifiques s'accumulent pour établir que les espèces généralistes, synanthropiques qui arrivent à résister aux pressions anthropiques sont plus porteuses de pathogènes partagés avec les humains et donc plus susceptibles de nous contaminer que les espèces spécialistes qui ne survivent pas dans des environnements trop anthropisés en raison de la disparition de leur habitat et des ressources alimentaires auxquelles elles sont inféodées (Gibb, 2021).

Une étude au Costa Rica a ainsi démontré que les districts avec des proportions plus élevées de paysages anthropisés (agriculture intensive) présentaient plus de risques de maladies vectorielles par rapport aux aires protégées et notamment, la maladie à virus Zika, la dengue, la leishmaniose, la maladie de Chagas, le paludisme (Bayles *et al.*, 2020).

Enfin, les études récentes sur les microbiotes humains font de mieux en mieux le lien entre l'urbanisation, la perte de contact avec la biodiversité et un microbiote peu diversifié. Cette dysbiose peut entraîner un déficit immunitaire, une inflammation et des maladies chroniques comme l'asthme et allergies, maladie cœliaque et inflammation chronique, maladies neurologiques, obésité, diabète, cancer, dépression. Une étude finlandaise a montré que les enfants qui bénéficiaient de cours d'école végétalisées avaient un microbiote plus diversifié et moins de bactéries pathogènes sur la peau, dans la bouche et dans les intestins que des enfants fréquentant des cours d'écoles non végétalisées (Roslund *et al.*, 2020).

LA VILLE CONCENTRE LES IMPACTS SUR SON EMPRISE, MAIS IMPORTE DES IMPACTS DANS LES LIEUX DE PRODUCTION QUI L'APPROVISIONNENT

L'empreinte écologique de l'humanité a augmenté de 190 % entre 1970 et 2020, alors que la population, dans le même temps, n'a augmenté que de 100 %. Il y a donc une accélération de l'empreinte de chaque humain en plus d'une augmentation du nombre d'humains. L'impact des villes concerne en premier lieu son emprise, mais la ville aujourd'hui ne représente que 3 % de la surface au niveau mondial avec une projection à 6 % en 2050 (Ipbès, 2019). Dans un monde où 75 % de la surface terrestre est fortement dégradée, il faut aussi s'intéresser aux impacts indirects, ou importés des villes, en particulier la consommation par habitant.

La ville a des impacts disproportionnés par rapport au nombre d'habitants qu'elle héberge

Plusieurs auteurs attribuent la réduction de la pauvreté aux phénomènes d'exode ruraux.

L'attractivité des villes, et donc leur succès, est due aux opportunités économiques et aux avantages de l'urbanisation en termes de concentration des services, liens sociaux. D'autres facteurs peuvent aussi accélérer les déplacements de la campagne vers les villes. En 2018, dans son évaluation mondiale sur la dégradation et la restauration des terres (Scholes *et al.*, 2018), la plate-forme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (Ipbès) a établi que jusqu'à 700 millions de personnes pourraient être ainsi amenées à migrer sous la pression cumulée du changement d'usage des terres et du changement climatique.

Une étude menée à la fin des années 1990 dans la province du Nord-Ouest de l'Afrique du Sud a révélé que l'amélioration des conditions socio-économiques observée dans les zones urbaines les plus riches s'accompagnait d'un meilleur état nutritionnel, d'une pression artérielle moyenne plus basse, de meilleurs comportements en matière de santé (taux de tabagisme, consommation d'alcool et infection par le VIH), des mesures plus faibles de tous les indices de pathologie psychologique et des scores plus élevés de bien-être psychologique (Vorster *et al.*, 2000). En revanche, les populations étudiées consommaient en moyenne beaucoup plus de graisse et avaient une cholestérolémie plus élevée.

Très schématiquement, en ville, les populations sont plus riches, consomment plus, mangent différemment et en plus grande quantité. Ce changement de comportement génère des impacts sur la biodiversité. La ville, parce qu'elle offre plus d'opportunités aux populations et qu'elle augmente globalement leur niveau de vie, a un grand impact sur l'environnement.

La consommation, premier facteur indirect d'impact sur la biodiversité

L'impact de la ville sur la biodiversité n'est pas linéaire, car il dépend avant tout du comportement des populations urbaines - leurs habitudes de consommation et de vie - et non pas seulement leur taille (Torrey, 2004).

Une équipe de chercheurs pilotée par l'agence de l'environnement des Pays-Bas (Wilting *et al.*, 2017) a quantifié l'impact de la consommation sur la biodiversité. Leurs principales conclusions sont que :

- la perte de biodiversité est variable en fonction des pays, mais est corrélée au pouvoir d'achat,
- l'empreinte biodiversité par dollar consommé est plus faible dans les pays les plus riches,
- la consommation de nourriture explique à 40 % la perte de biodiversité dans la majorité des régions,
- la part de biodiversité perdue en raison des gaz à effets de serre augmente avec les revenus,
- plus de 50 % de la perte de biodiversité associée à la consommation dans les pays riches survient en dehors de leur territoire national,
- la dégradation de l'environnement est proportionnelle à la consommation de ressources (aliments, énergie, eau, terres) et la production de déchets.

La ville importe du changement d'usage des sols

Les biens et services consommés par les urbains ont des impacts souvent lointains, en premier lieu, par la création d'infrastructures et des changements d'usage des terres en dehors de son emprise au sol, par exemple en accélérant la déforestation en Amérique du sud, en Afrique ou en Asie du sud Est, des zones de forte biodiversité.

La demande croissante de ressources naturelles exerce une pression sur les écosystèmes et induit leur transformation en paysage productif, dont le fonctionnement est très différent de l'écosystème naturel. Certains services écosystémiques, comme la régulation de la qualité de l'eau, de l'air, du climat, la pollinisation ou la fertilité des sols peuvent être impactés de façon majeure, voir irréversible.

Par exemple, le développement du réseau routier élargit l'accessibilité et les investissements internationaux dans l'agriculture et la sylviculture locales des zones reculées, ce qui favorise les nouvelles activités économiques rurales et crée de nouvelles possibilités de commercialisation au niveau régional, mais dégrade souvent l'environnement. Dans le même temps, il y a une influence directe due à la proximité des villes avec notamment la création d'infrastructures qui partent et arrivent aux villes pour leur approvisionnement.

Cette tendance sera certainement accrue dans le futur avec l'extension urbaine. Ces infrastructures jouent un rôle important dans la fragmentation des habitats, en particulier dans les zones de grande importance écologique, comme les zones très riches en biodiversité (Ibisch *et al.*, 2016).

Un autre élément d'attention sur les villes sont les compromis sur les sols de grande qualité agronomique entre les zones pavillonnaires et l'agriculture, ce qui induit mécaniquement une perte du service écosystémique de production.

LES SOLUTIONS FONDÉES SUR LA NATURE EN VILLE

Pendant longtemps l'aménagement urbain a répondu à deux impératifs : créer des logements pour accompagner l'augmentation de la population humaine et l'exode rural associé et créer des infrastructures pour approvisionner la ville, la rendre plus salubre, permettre le développement économique. La biodiversité n'était pas considérée dans ses approches, sauf en termes d'externalités négatives qu'il fallait pallier. Les arbres ont été coupés pour éviter les chutes de branches ou les coûts de gestion. Les sols ont été imperméabilisés pour éviter la boue comme la poussière et permettre les circulations piétonnes ou motorisées. Les espèces considérées comme nuisibles ont fait l'objet de plans de lutte, comme les rats ou les moustiques (nuisances des chiens errants et des chats haret, animaux « créés » par les humains).

Mais de plus en plus d'études montrent que la biodiversité urbaine apporte de nombreux bénéfices aux citoyens. Dès lors, sa conservation ou sa restauration devrait être une priorité des politiques de planification urbaine. Par ailleurs, l'urbanisation croissante et les impacts associés imposent que les villes contribuent à la conservation de la biodiversité. Plusieurs solutions sont possibles et certaines sont déjà mises en œuvre dans certains centres urbains. La gestion de ces espaces verts change depuis plusieurs années. Ainsi, Marc Barra, dans un regard pour la société française d'écologie et d'évolution (2022), montre comment l'écologie prend progressivement sa place dans l'aménagement urbain. Il pointe l'arrêt des pesticides en 2017, comme un des éléments clés de cette mutation en prenant l'exemple de la région parisienne, avec le retour de la flore spontanée en ville et une tolérance des citoyens envers ces plantes adventices nouvelles accompagnant une augmentation de la richesse végétale d'environ 90 % entre 2008 et 2015.

Des espaces de nature en ville pour améliorer la santé physique et mentale

(voir DT n°173 de décembre 2019)

De nombreux travaux montrent que lorsque nous sommes exposés à la biodiversité et donc, en ville, lorsque nous avons accès aux espaces de nature, nous augmentons notre bien-être et sommes moins exposés aux maladies mentales telles que la dépression, l'anxiété ou le stress. En ville, la biodiversité, dans les parcs et jardins, sur les balcons, sur les trottoirs, sur les places, au pied des arbres, pourraient constituer de véritables outils de prévention des troubles mentaux (hyperactivité, dépression, troubles du comportement et troubles anxieux).

L'article d'Annamaria Lammel (2018) atteste ainsi que la quantité d'espaces de nature dans les villes et les caractéristiques visuelles des paysages sont corrélées de façon positive avec la santé mentale et le bien-être.

Pour profiter des bienfaits apportés par les parcs et jardins en villes, certaines villes, par exemple en Amérique latine se sont fixé des objectifs en termes de surface d'espaces végétalisés par habitant,

en moyenne 9 m². Le pourcentage des superficies urbaines dédiées aux espaces de Nature est très variable d'une ville à l'autre, ce qui conduit à un autre problème fréquemment rencontré dans les villes, l'inégalité d'accès à ces zones en fonction des revenus.

► Par exemple, dans la banlieue la plus cossue de Santiago, les habitants disposent de 56 m² par habitant, alors que l'un des plus pauvres ne dispose que de 2,4 m² (Reyes & Figueroa, 2010).

Les multiples services que les humains retirent des arbres urbains

Les villes, qui renvoient la chaleur dans l'atmosphère à un taux inférieur de 15 à 30 % à celui des zones rurales (Torrey, 2004), sont généralement plus chaudes que leurs voisines, ce qui peut, dans un contexte de changement climatique, être une source de surmortalité. Les arbres en ville participent à l'atténuation de ces phénomènes par leur ombrage et par le phénomène d'évapotranspiration des eaux pluviales.

Les arbres fournissent également d'autres services en ville, ils améliorent la qualité de l'air par absorption des polluants et fixation des particules fines et ils participent à l'atténuation du changement climatique global via la photosynthèse qui permet le stockage du CO₂ de façon pérenne, car les arbres en ville sont peu souvent coupés pour être brûlés.

Les arbres constituent des habitats et une ressource alimentaire pour la biodiversité urbaine. Ils participent aux connectivités écologiques et pourraient, s'ils étaient assez nombreux, assurer la connexion avec les espaces forestiers adjacents. Ils ont aussi des effets sur le paysage urbain et contribuent ainsi au bien-être des riverains, à leur connexion à la nature.

La ville de demain : l'avenir de la biodiversité ?

Une équipe de conversationnistes américains a construit un scénario prospectif jusqu'en 2100 qui laisse entrevoir une possibilité d'une meilleure qualité de vie et une biodiversité restaurée (Sanderson, 2018).

Ils prédisent néanmoins que l'évolution de la démographie humaine et des consommations va conduire à un déclin majeur de la biodiversité d'ici 2050, mais que l'urbanisation pourraient finalement conduire à un renversement de tendance. D'ici 2100, l'essentiel de l'humanité devrait vivre dans les villes dans une économie de marché interconnectée et fondée sur la technologie, ce qui de-



Photo 3 : La corneille (*Corvus corone*) est une espèce généraliste qui s'adapte bien aux environnements urbains.

Crédit : François Moutou



vrait entraîner une stabilisation ou une baisse de la démographie. De même, avec la prise de conscience croissante, les modes de consommation devraient changer et l'efficacité environnementale des villes devrait être accrue, avec une baisse de l'impact par habitant qui permettra à terme le rétablissement de la biodiversité. La concentration dans les villes entraînera des changements socio-environnementaux importants et, notamment la diminution de l'extrême pauvreté, une meilleure maîtrise de la fécondité et une évolution des modes de vie et de pensée.

CONCLUSION

Encore faut-il, d'ici là, que la biodiversité ait été au maximum préservée. Pour qu'une recolonisation se produise après 2050, il faut qu'il persiste une diversité suffisante d'espèces vivantes pour garantir le bon fonctionnement des écosystèmes.



Photo 4 : La Perruche à collier (*Psittacula kramer*) est une espèce exotique qui s'est parfaitement adaptée aux conditions urbaines françaises.

Crédit : François Moutou

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES ET RESSOURCES

B.R. Bayles, et al. Spatiotemporal dynamics of vector-borne disease risk across human land-use gradients: examining the role of agriculture, indigenous territories, and protected areas in Costa Rica. *The Lancet Global Health* 8 (2020): S32.

Bara M. De la « nature en ville » à l'écologie urbaine : quand l'écologie réinterroge les fondamentaux de l'urbanisme Regard-essai R021, Société française d'écologie et dévolution, 2022

Boyer S., Rivault C., Interspecific competition among urban cockroach species, *Entomol Exp Appl*, 113 (2004), pp. 15-23

S.E. Diamond, H. Cayton, T. Wepprich, C.N. Jenkins, R.R. Dunn, N.M. Haddad, L. Ries Unexpected phenological responses of butterflies to the interaction of urbanization and geographic temperature, *Ecology*, 95 (2014), pp. 2613-2621

S.E. Diamond, L.D. Chick, A. Perez, S.A. Strickler, R.A. Martin, Evolution of thermal tolerance and its fitness consequences: parallel and non-parallel responses to urban heat islands across three cities, *Proc R Soc B Biol Sci*, 285 (2018), Article 20180036

R. Gibb et al. «Zoonotic host diversity increases in human-dominated ecosystems.» *Nature* 584.7821 (2020): 398-402.

P.L. Ibsch, et al. A global map of roadless areas and their conservation status. *Science* 354.6318 (2016): 1423-1427.

Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services **IPBES** (2019)

C. Kamdem, B. Tene Fossog, F. Simard, J. Etouna, C. Ndo, P. Kengne, P. Boussès, F.-X. Etoa, P. Awono-Ambene, D. Fontenille, et al. Anthropogenic habitat disturbance and ecological divergence between incipient species of the malaria mosquito *Anopheles gambiae* *PLoS One*, 7 (2012), Article e39453

A. Lammell, De l'importance de la nature en ville pour notre santé mentale, *FBR* (2018). <https://www.fondationbiodiversite.fr/wp-content/uploads/2019/06/FRB-Biodiversite-Sante-mentale.pdf>

J.M. Marzluff et al., Worldwide urbanization and its effects on birds, in *Avian Ecology and Conservation in an Urbanizing World*, p19-47

P. Theodorou, K. Albig, R. Radzevičiūtė, J. Settele, O. Schweiger, T.E. Murray, R.J. Paxton The structure of flower visitor networks in relation to pollination across an agricultural to urban gradient *Funct Ecol*, 31 (2017), pp. 838-847

P. Theodorou, L.M. Baltz, R.J. Paxton, A. Soro, Urbanisation is associated with shifts in bumblebee body size, with cascading effects on pollination, *Evol Appl*, 14 (2021), pp. 53-68

P. Theodorou, The effects of urbanisation on ecological interactions, *Volume 52, August 2022*, 100922

B. B. Torrey Urbanization: An environmental force to be reckoned with. *Population Reference Bureau*, 2004, vol. 1.

A.A. Majewska, D.A. Satterfield, R.B. Harrison, S. Altizer, J. Hepinstall-Cymerman, Urbanization predicts infection risk by a protozoan parasite in non-migratory populations of monarch butterflies from the southern coastal U.S. and Hawaii, *Landsc Ecol*, 34 (2019), pp. 649-661

L.S. Miles, S.T. Breitbart, H.H. Wagner, M.T.J. Johnson, Urbanization shapes the ecology and evolution of plant–arthropod herbivore interactions, *Front Ecol Evol*, 7 (2019), Article 310

W. D. Pearse, J. Cavender-Bares, SE. Hobbie, M.L. Avolio, N Bettez, R Chowdhury, L.E. Darling, P.M. Groffman, J. Morgan Grove, et al. Homogenization of plant diversity, composition, and structure in North American urban yards (2018) *Ecosphere*, 9(2), e02105.

S. Reyes Pácke, I.M. Figueroa Aldunce, Distribución, superficie y accesibilidad de las áreas verdes en Santiago de Chile, (2010) *EURE*, Vol 36, N° 109, pp. 89 110

L.C. da Rocha-Filho, P.C. Montagnana, D. Boscolo, C.A. Garófalo, Green patches among a grey patchwork: the importance of preserving natural habitats to harbour cavity-nesting bees and wasps (Hymenoptera) and their natural enemies in urban areas *Biodivers Conserv*, 29 (2020), pp. 2487-2514

L. Ropars, I. Dajoz, C. Fontaine, A. Muratet, B. Geslin, Wild pollinator activity negatively related to honey bee colony densities in urban context, *PLoS One*, 14 (2019), Article e0222316

M.I.Roslund et al. Long-term biodiversity intervention shapes health-associated commensal microbiota among urban day-care children. *Environment International* 157 (2021): 106811.

E. W. Sanderson, J. Walston, J. G. Robinson, From Bottleneck to Breakthrough: Urbanization and the Future of Biodiversity Conservation, *BioScience*, Vol. 68, Issue 6, June 2018, Pages 412–426

Scholes, R, et al. «IPBES (2018): Summary for policymakers of the assessment report on land degradation and restoration of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.» (2018).

Vorster, H. H., et al. «The impact of urbanization on physical, physiological and mental health of Africans in the North West Province of South Africa: the THUSA study.» *South African Journal of Science* 96 (2000).

A. Wenzel, I. Grass, V.V. Belavadi, T. Tscharnke, How urbanization is driving pollinator diversity and pollination — a systematic review *Biol Conserv*, 241 (2019), Article 108321

H.C. Wilting, A.M. Schipper, M. Bakkenes, J.R. Meijer, M.A.J. Huijbregts, Quantifying Biodiversity Losses Due to Human Consumption: A Global-Scale Footprint Analysis, (2017) *Environ. Sci. Technol.* 2017, 51, 6, 3298–3306