



La biodiversité, gage de santé ?

Un environnement naturel ou semi-naturel produit à bien des égards un effet positif sur la santé humaine. Cela signifie qu'un environnement naturel peut également contribuer à relever des défis de santé publique. Ceux-ci incluent par exemple l'obésité, certaines maladies chroniques, infectieuses et non transmissibles, la dépression et l'anxiété, mais aussi le développement des enfants et le vieillissement cognitif. Afin de permettre à chaque personne d'avoir accès à une nature de qualité, il convient de renforcer le développement et la conservation des espaces verts et des paysages naturels présentant une grande diversité biologique. Cela nécessite une coopération étroite aux niveaux local et national entre les domaines de la santé publique, du développement urbain, de l'aménagement du territoire et de la protection de la nature. Dans le même temps, des recherches inter- et transdisciplinaires s'avèrent nécessaires pour accroître les connaissances sur les liens entre la santé et la biodiversité.

La garantie d'une bonne santé et la promotion du bien-être pour tous les humains de tout âge constituent un défi majeur à l'échelle mondiale.¹ Dans les pays industrialisés, l'urbanisation croissante et les changements environnementaux représentent des défis significatifs pour la santé. Ils conduisent notamment à une progression des maladies non transmissibles associées aux styles de vie modernes comme l'obésité et les troubles cardio-vasculaires, les maladies mentales, les maladies liées à la pollution de l'environnement ainsi que les maladies allergiques et inflammatoires.²

L'environnement naturel, la biodiversité et les services écosystémiques qu'elle fournit présentent un lien évident avec la santé et le bien-être.²⁻⁸ L'appauvrissement massif et persistant de la biodiversité dans le monde et en Suisse risque donc d'avoir un impact négatif sur la santé.^{3,9,10} Les relations connues sont par exemple la fourniture de produits pharmaceutiques, de nourriture saine et de sécurité alimentaire, la propreté de l'air, la purification de l'eau, la régulation du climat, la dégradation et la fixation de polluants. Moins connus sont les liens entre un séjour en milieu naturel et la santé mentale et physique, le lien entre biodiversité et maladies infectieuses, allergiques et inflammatoires, de même que la relation entre le microbiome et la santé.

La **santé** n'est pas simplement l'absence de maladie ou d'infirmité, mais l'état de bien-être total, tant sur le plan physique que mental et social.¹¹

La **biodiversité** représente la diversité de la vie. Elle englobe la diversité des gènes (races ou variétés d'espèces sauvages et utilisées), des espèces (animaux, plantes, champignons, micro-organismes) et des écosystèmes (habitats comme les lacs et rivières, les forêts, les prairies), ainsi que leurs interactions.¹²

Les **services écosystémiques** sont constitués par les bénéfices que fournissent les écosystèmes et leur biodiversité à l'être humain. Ils incluent les services d'approvisionnement en nourriture et en eau p. ex. ; les services de régulation tels que le contrôle des crues et des maladies ; les services culturels tels que les bénéfices spirituels, sociaux et récréatifs ; et les services d'assistance qui maintiennent les conditions de vie sur Terre, comme le cycle des nutriments.¹³

Le **microbiome** se définit comme l'ensemble des microorganismes (bactéries, bactériophages, champignons, protozoaires et virus) vivant à l'intérieur ou sur le corps humain, et leurs interactions avec l'environnement.

L'environnement ou le paysage est **naturel ou semi-naturel** s'il tient compte des exigences de la nature et n'est pas façonné exclusivement par l'homme. Les environnements naturels ou semi-naturels comprennent les parcs urbains, les cours d'école et les places de jeux, les jardins et autres espaces verts en milieux urbains, les terres agricoles riches en structures, les forêts et autres espaces naturels propices à la biodiversité.

Liens entre environnement naturel et santé physique et mentale

Les preuves scientifiques ne cessent de s'accumuler selon lesquelles l'exposition à la nature fournit une contribution positive à la santé et au bien-être : réduction de la mortalité (notamment cardio-vasculaire)^{14,15} et du vieillissement cognitif¹⁶, amélioration de la santé et du bien-être mental (réduction du stress, de la fatigue, de l'anxiété et de la dépression, p. ex.)^{14,17,18}, restauration de l'attention¹⁹, accroissement du poids à la naissance^{20,21}, abaissement du taux d'obésité²² et amélioration de l'état de santé auto-évalué.^{3,14,23-29} Il a également été prouvé que le séjour dans un paysage naturel est favorable au rythme cardiaque, à la tension sanguine, au niveau de vitamine D, au taux de récupération, au taux de cortisol, à la réduction de la prévalence du diabète de type 2²⁶ de même qu'à la fonction immunitaire.³⁰ Un espace vert peut favoriser les contacts sociaux et améliorer la cohésion sociale (en réduisant la solitude, en favorisant l'entraide sociale et en procurant un sentiment de sécurité p. ex.), ce qui a un impact significatif sur la santé et le bien-être.^{26,28} Outre les espaces verts, cours d'école vertes³¹⁻³³, jardins, zones agricoles et forêts, les milieux aquatiques semblent également importants.^{34,35}

Trois mécanismes principaux sont impliqués dans les avantages procurés à la santé par le contact avec la nature : les espaces verts et paysages naturels permettent d'être physiquement actif, de se socialiser avec la famille et les amis et de favoriser la relaxation, la restauration mentale et la diminution du stress.^{28,36} Cependant, toute généralisation exige de la prudence, dans la mesure où les avantages potentiels sont influencés par de nombreuses interactions et facteurs confondants.

Des espaces verts importants

Les espaces verts de proximité favorisent une bonne santé. Cette proximité joue un rôle important.^{37,38} Aucun fait empirique ne semble toutefois permettre de définir une distance-limite spécifique, car des zones vertes, même distantes de plus de 200-300 m, ont été associées à des avantages pour la santé. Si de vastes zones dotées d'une végétation naturelle sont susceptibles d'offrir une meilleure restauration mentale, même de petits espaces verts de proximité contribuent à l'amélioration de la santé mentale. Par conséquent, le recours à un indicateur cumulé prenant en compte les espaces verts de toutes tailles situés à une certaine distance du lieu de résidence semble offrir un lien plus cohérent avec la santé.³⁷ De plus, en cette période de diminution de l'interaction quotidienne de la population urbaine avec la nature, un lien positif a été constaté entre une « dose » quotidienne de nature et la santé mentale.³⁹⁻⁴¹

La recherche s'est principalement concentrée jusqu'à présent sur les aspects visuels du contact avec la nature. Les éléments non visuels, notamment auditifs (chants d'oiseaux, p. ex.⁴²), olfactifs (phytoncides, p. ex.^{30,43}) et tactiles sont aussi en lien avec la santé, mais les connaissances dans ce domaine sont encore rudimentaires.⁴⁴⁻⁴⁷

En outre, un corpus croissant d'études montre des corrélations entre un lien personnel étroit avec la nature (sentiments, attitudes, croyances et comportements vis-à-vis de la nature) et un ensemble d'effets positifs pour la santé et le bien-être.^{40,48-50}

Les avantages liés à l'utilisation des espaces verts diffèrent selon les groupes culturels, sociologiques et démographiques. Les bénéfices semblent être particulièrement importants pour les populations urbaines, dont le contact avec la nature en général décroît, bien que les liens soient souvent peu concluants ou mal explorés.^{14,24,26,28,51-55} Les différences semblent aussi importantes par rapport au sexe et à l'âge.^{50,53,56,57} Un petit corpus de recherche suggère que le contact avec la nature durant l'enfance peut procurer des avantages cumulés d'une grande importance pour le développement de l'enfant. Par exemple, ce contact peut s'avérer profitable chez les enfants souffrant de troubles de déficit de l'attention, améliorer l'autodiscipline²⁸ et le développement cognitif en général⁵⁸⁻⁶¹ et diminuer le risque de développer une maladie mentale par la suite.⁶² En outre, certains résultats montrent que les avantages du contact avec la nature peuvent être plus importants dans les groupes économiquement plus faibles.^{54,63}

La biodiversité est-elle importante pour la santé ?

Le rôle joué par la biodiversité des espaces verts dans les questions de santé est complexe. Une étude systématique de littérature a révélé qu'en général, le séjour dans ou le recours à des environnements riches en biodiversité peut améliorer la santé



Séjourner dans un environnement naturel diversifié favorise la détente et la réduction du stress.

mentale et stimuler des comportements propices à la santé. Mais, globalement, les preuves sont encore peu concluantes, notamment dans la mesure où la définition de la santé, du bien-être et de la biodiversité n'était souvent pas bien claire dans les études en question.⁶⁴ Les corrélations positives étaient surtout évidentes après des rencontres immédiates ou des contacts répétés avec un milieu riche en espèces. Une autre méta-étude a mis en évidence une association positive entre la diversité spécifique (plantes, oiseaux et papillons étaient les groupes les plus étudiés) et le bien-être physique et psychique, de même qu'entre la diversité des écosystèmes et la régulation du système immunitaire.⁶⁵

D'autres études montrent une influence globalement positive sur la santé mentale et le bien-être résultant de séjours en forêt.⁶⁶⁻⁶⁹ La structure de la forêt est alors importante: les forêts urbaines gérées, conjuguant des boisements denses et des vues dégagées, ont un meilleur impact sur la détente et le bien-être que des forêts riches en structures et en bois mort^{70,71} – sans doute que les forêts urbaines sont plus familières à la plupart des gens et que les amateurs de loisirs s'y sentent plus en sécurité.

La préférence esthétique des personnes influence le bien-être et la santé puisqu'elle engendre la satisfaction, la fréquentation, la durée et le type d'activité menée dans ces sites naturels. Une analyse systématique de 200 études sur la perception et la valorisation de la biodiversité urbaine en termes d'habitat a abouti à une préférence pour une végétation modérément dense par rapport aux sites très dégagés ou très denses.⁵⁵ L'enquête BiodiverCity⁷² menée en Suisse a également révélé que la population urbaine préfère une végétation variée d'arbustes, d'arbres et de quelques tronçons non fauchés à des espaces verts dégagés.

En général, la richesse en espèces est appréciée, même si des effets mitigés ou inexistantes sont également courants.^{55,73} Des études de terrain et des expériences en Suisse et au Royaume-Uni ont montré qu'une biodiversité perçue comme élevée augmentait la valeur esthétique des communautés végétales et donc le bien-être.^{40,74,75} En outre, la diversité des espèces semble également influencer directement une partie considérable des activités dans les parcs, par exemple la cueillette de plantes comestibles et décoratives ou l'observation d'espèces.^{73,76}

Liens entre biodiversité, maladies infectieuses et maladies non transmissibles

Maladies infectieuses

Deux principaux mécanismes influencent la transmission des maladies infectieuses.⁷⁷ Le premier, l'effet de « dilution », implique qu'un accroissement de la diversité spécifique entraîne une diminution de la fréquence d'une maladie. On suppose qu'une plus grande biodiversité réduit la capacité des pathogènes à passer d'un hôte à l'autre: les pathogènes sont plus susceptibles de rencontrer des espèces résistantes ou moins sensibles. Il en résulte une diminution du taux de transmission et de la fréquence des maladies.⁷⁸ Modèles théoriques, expériences en laboratoire et études sur le terrain confortent cet effet⁷⁹, mais sa généralisation est controversée.^{80,81} Le deuxième mécanisme, « l'amplification », est le contraire de la dilution et décrit une corrélation positive entre diversité spécifique et risque ou fréquence des maladies.⁸²

Selon les études disponibles, divers facteurs influencent ces deux mécanismes. Plusieurs d'entre eux ont un impact sur la composition, la structure et les interactions des communautés⁸³,

comme la régulation des hôtes potentiels par la prédation ou la concurrence interspécifique⁸², ou par la concurrence alimentaire.⁸⁴ Tous ces facteurs régulent en fin de compte l'abondance des hôtes et la densité de population⁸⁵. En outre, les changements paysagers d'origine humaine peuvent à leur tour influencer ces facteurs.⁸⁶

Les effets d'échelle ont un impact considérable sur les résultats de la recherche sur les maladies infectieuses.⁸⁷ Les mécanismes de causalité entre la biodiversité et maladies infectieuses ne peuvent être élucidés et compris que si les données correspondantes sont liées dans l'espace et dans le temps.^{83,91-93} Un exemple: bien que la diversité des espèces puisse augmenter le risque de maladie au niveau local (amplification), une réduction du nombre de rencontres entre hôtes (dilution) à une échelle plus élevée peut entraîner un effet de dilution global.^{90,91} Les caractéristiques de l'habitat (utilisation des terres, fragmentation) jouent un rôle supplémentaire dans le contrôle des mécanismes de dilution par rapport à l'amplification.⁹²

Maladies non transmissibles

Les travaux relatifs aux liens entre biodiversité et maladies non transmissibles se regroupent autour de deux thèmes: les maladies allergiques et inflammatoires, et la relation entre microbiome et santé.

L'hypothèse relative à « l'hygiène » avance que les modes de vie modernes n'exposent plus les gens à la diversité microbienne dans laquelle le système immunitaire a évolué et que requiert sa maturation normale.^{51,93,94} D'ailleurs, des études suggèrent que des environnements riches en microbes tels que les fermes protègent contre les maladies inflammatoires et auto-immunes.⁹⁵⁻⁹⁸ Une étude récente suggère qu'un déclin général de la biodiversité augmente la probabilité d'une immunodéficience humaine.⁹⁷⁻¹⁰⁰ Ceci peut être étendu à « l'hypothèse de la biodiversité », selon laquelle le manque d'exposition à des environnements naturels et à la diversité microbienne qui en découle, entraîne un déséquilibre du microbiome humain, des dysfonctionnements immunitaires et des maladies cliniques.¹⁰¹⁻¹⁰⁴ Une étude conforte cette hypothèse, en suggérant que le microbiome intestinal interagit avec le système immunitaire pour maintenir la fonction immunitaire¹⁰⁵. Ainsi, des facteurs de la période néonatale, tels que accouchement par césarienne¹⁰⁶, durée de l'allaitement et utilisation d'antibiotiques, influencent le microbiome intestinal et sont liés à une incidence accrue d'asthme et de maladies allergiques. Le débat sur l'importance relative des différentes sources d'exposition microbienne durant le développement infantile et la vie ultérieure^{99,100,102}, tout comme le débat sur les co-infections et les infections par des souches multiples du même agent pathogène, se poursuit.^{107,108} Des études indiquent que des facteurs génétiques jouent également un rôle dans le microbiome intestinal.¹⁰⁹

Le microbiome intestinal soutient une variété de fonctions, dont la plupart n'ont pas encore été entièrement clarifiées. L'environnement infantile, y compris les signaux prénataux transmis par la mère, affecte la maturation immunitaire en modifiant les risques ultérieurs de maladie.¹⁰⁰ Les microbes de l'intestin, de la peau et des voies respiratoires activent des réseaux congénitaux et régulateurs de cellules et de protéines qui contribuent au bon fonctionnement immunitaire.^{99,110}

Des expériences confirment le mécanisme selon lequel une colonisation intestinale postnatale précoce avec des microorganismes influence l'immunité (en particulier l'immunité humorale).¹¹¹ En plus, certains microorganismes soutiennent l'équilibre de la muqueuse intestinale¹¹² et les changements microbiens dus à de faibles inflammations influencent la régulation de la perméabilité intestinale.⁹⁴

Outre l'influence de l'environnement et de l'alimentation, certaines études ont également documenté une communication entre le microbiome intestinal et le cerveau, de même qu'entre le microbiome cutané et les poumons, incluant des mécanismes immunitaires, humoraux et neuronaux directs et indirects.^{95,110,113}

Défis, opportunités et risques

Un défi important dans l'évaluation des liens entre biodiversité et santé réside dans la différence des deux domaines de recherche dans leurs approches, méthodes et façons de penser. Santé et biodiversité ont des définitions très larges^{51,64,78}; ceci rend une comparaison entre les études difficile voire impossible suivant les aspects considérés. En plus, l'hétérogénéité concerne aussi les méthodes. Il n'existe que peu d'expériences en laboratoire et de recherche appliquée sur le terrain au sein de systèmes naturels, peu d'études longitudinales et un nombre d'échantillons généralement réduit.

La complexité constitue un défi supplémentaire. La compréhension de l'écologie est pertinente et cruciale pour les maladies infectieuses, mais reste souvent incomplète en raison des nombreuses interactions et de la dynamique des systèmes.^{88,114} Le contexte démographique, socio-économique et culturel des populations⁸⁸ et les évolutions mondiales telles que le changement climatique ou la charge en matière nutritive déterminent en grande partie les interactions entre l'homme et la nature et augmentent encore cette complexité.^{28,115-117} La dissociation des interactions reste un défi central.

Un certain nombre d'études mettent en avant l'incertitude^{110,118}, une absence de preuves convaincantes¹¹⁹, le manque de critères de validation¹²⁰ ou l'absence de prise en compte de facteurs confondants.¹¹⁶ D'autres observent des limites dans la détermination de la causalité, y compris le besoin d'études temporelles¹²¹. De plus, il est difficile de dissocier les changements de statut socio-économique des changements de l'état de santé.⁵¹ Enfin, les relations entre la biodiversité et les risques de maladie ne sont probablement pas linéaires.^{91,122,123} Un autre défi, en particulier en ce qui concerne la biodiversité et les maladies infectieuses, est la publication de rapports qui montrent principalement une corrélation négative.¹²⁴

Il existe toutefois de nombreuses opportunités permettant de développer des programmes de recherche intégrées (interdisciplinaires et transdisciplinaires), des stratégies et des mesures profitant simultanément à la biodiversité, à la santé et au bien-être. La connaissance des multiples avantages du contact avec la nature pour la santé physique, mentale et sociale soutient les efforts visant à protéger et à promouvoir les espaces naturels et semi-naturels autour et au sein des villes et à mieux intégrer la nature dans l'architecture, les infrastructures et les lieux

publics.^{46, 56, 125, 126} Les environnements naturels et semi-naturels peuvent aider à réduire le stress lié à la vie urbaine et favoriser l'activité physique ainsi que les contacts sociaux. Ainsi, la santé publique bénéficie de zones urbaines vertes incluant rues bordées d'arbres, jardins communautaires, parcs et espaces ouverts, ainsi que d'un réseau de sentiers connectés pour la marche et la bicyclette. En même temps, la verdure atténue le stress thermique dû au changement climatique, améliore la qualité de l'air et réduit le bruit.^{2, 127} Cette conception de la ville peut offrir des avantages écologiques. D'une part, directement par la création et la mise en réseau d'habitats pour les plantes, les animaux et autres organismes et d'autre part indirectement par la promotion d'une attitude plus positive envers la nature.

Les estimations économiques des avantages pour la santé et des coûts épargnés grâce au contact avec la nature semblent générer plus d'avantages que de pertes. Toutefois, il est difficile d'obtenir des estimations précises.¹²⁸⁻¹³⁰ Il est important que l'estimation de la valeur monétaire s'appuie sur une approche fondée sur la vie entière: en effet, le contact avec la nature dans l'enfance peut apporter des améliorations substantielles de la santé et éviter des coûts médicaux par la suite.¹²⁸

L'Organisation mondiale de l'allergie préconise l'induction d'immunotolérance comme stratégie prometteuse dans la prévention et le traitement de maladies allergiques et immunitaires. Elle se base sur des données actuelles qui montrent que le déclin de la biodiversité contribue au dysfonctionnement immunitaire.⁹⁹ Les activités telles que l'exercice physique et une alimentation saine ont un impact important sur les allergies et la prévention des maladies non transmissibles. Des plans d'action pragmatiques, tenant compte des préoccupations de la population, offrent des chances de succès.¹³¹

Outre les avantages, il ne faut pas ignorer les risques sanitaires liés à l'aménagement ou à un changement de gestion des espaces verts (urbains). Par exemple, le recours à de nouvelles plantes peut entraîner un accroissement de la prévalence de pollen allergène ou augmenter les émissions de composés organiques volatils (COV). Le risque de réaction indésirable est jugé plus grand en ville en raison de l'effet d'îlot thermique combiné à la pollution de l'air.¹³² Les sites naturels peuvent aussi accroître le nombre d'organismes ravageurs transmettant des maladies (tiques et rats bruns p. ex.).^{133, 134} Afin de maximiser les bénéfices et minimiser les risques pour la santé, une compréhension contextualisée d'une part des cycles de vie complexes des allergènes, des agents pathogènes et des vecteurs de maladie en ville, et d'autre part des modifications possibles basées sur la dynamique de transmission et des effets du changement climatique est nécessaire.

Possibilités d'action

Améliorer les connaissances sur la contribution de la biodiversité à la santé et au bien-être

- Élaborer des réponses fondées sur des preuves à des questions ouvertes dans un programme de recherche interdisciplinaire, y compris des approches intégratives pour combiner différentes perspectives.^{89, 91, 135, 136} Le programme devrait notamment viser à identifier les aspects de la biodiversité bénéfiques ou préjudiciables à la santé et au bien-être physique, mental et social, examiner la biodiversité requise pour un effet positif sur la santé tout en prenant en compte les facteurs environnementaux, sociodémographiques, culturels, personnels et perceptuels et clarifier leurs corrélations.^{36, 128, 137}
- Améliorer et harmoniser les méthodes et les procédures d'évaluation dans le domaine transversal de la biodiversité et de la santé. Des études épidémiologiques et longitudinales sont nécessaires. Des méthodes géographiques et épidémiologiques devraient être combinées pour prendre en compte l'échelle locale et le régionalisme biogéographique. De plus, des approches expérimentales et des modélisations sont nécessaires pour rendre compte des rétroactions entre les communautés dans les divers gradients incorporant des écosystèmes naturels.^{36, 117, 128, 137, 138}
- Analyser les rapports coût/efficacité et coûts/avantages de la biodiversité et de la santé humaine dans une perspective axée sur l'ensemble d'une vie. Ceux-ci peuvent aider les décideurs du monde politique et de l'économie.¹³⁹
- Développer des solutions stratégiques innovantes pour l'amélioration des connaissances par le biais d'approches interdisciplinaires et contextuelles. La *Rockefeller Foundation-Lancet Commission on planetary health*¹⁴⁰ propose des moyens pour faire face aux défis d'un programme de recherche global et intégré.

Concevoir et gérer efficacement les espaces verts^{141, 142}

- Développer un « langage commun » entre acteurs de la science, de la pratique et de la politique, pour faciliter la compréhension et la coopération intersectorielle. Les chercheurs doivent comprendre les besoins des praticiens et des décideurs pour mettre en œuvre les résultats de la recherche sur la biodiversité et la santé.
- Gérer de façon appropriée les petits espaces verts urbains. Il faudrait en particulier favoriser les éléments de la biodiversité pouvant aussi être bénéfiques pour la santé et le bien-être. Chacune et chacun devrait avoir la possibilité de faire l'expérience de la nature dans la vie de tous les jours.
- Créer de grands espaces verts et des corridors verts entre les espaces verts urbains et le milieu rural. Des possibilités de loisir supplémentaires peuvent ainsi être offertes.
- Augmenter la biodiversité des espaces verts et la durée de séjour des personnes dans ces zones. Les deux aspects favorisent la santé et le bien-être.

Sensibiliser les populations aux effets de la nature et de la biodiversité sur leur santé et leur bien-être

- Maintenir le dialogue entre les disciplines et intégrer la diversité des connaissances de toutes les parties prenantes. De cette façon, nous pourrions faire face à la complexité des relations entre biodiversité et santé.²⁵
- Communiquer les avantages de la biodiversité pour la santé à des groupes cibles, par exemple les responsables de la gestion des espaces verts, les architectes paysagistes, les urbanistes et les promoteurs, les professionnels de la santé et les décideurs politiques.^{46,126}

Améliorer la cohérence des politiques et promouvoir les synergies

- Favoriser un développement des connaissances dans les disciplines concernées et les approches transdisciplinaires pouvant être intégrées dans des stratégies politiques durables.¹⁴³
- Mettre en évidence les liens entre le changement climatique, la santé et la biodiversité. Elaborer des approches intersectorielles pour exploiter des synergies telles que le potentiel des espaces verts semi-naturels pour la santé dans le contexte de l'adaptation au changement climatique.^{126,136}
- Développement de stratégies politiques à différents niveaux spatiaux. Les décisions sont souvent prises au niveau national, mais le niveau local a un impact majeur sur la santé publique.^{100,144}

Conclusion

L'état actuel des connaissances montre que la biodiversité est à bien des égards un gage de santé humaine. La conservation et la promotion de milieux naturels ou semi-naturels présentent un important potentiel préventif et thérapeutique encore largement inexploité. En outre, la promotion de la biodiversité peut également présenter des opportunités de synergies pour diminuer l'impact du changement climatique ou d'autres changements environnementaux sur la santé. Nous recommandons donc que la promotion de la biodiversité et de la santé humaine soit de plus en plus prise en compte dans des stratégies et programmes communs à l'avenir, et proposons une série de mesures visant à mieux utiliser le potentiel de la biodiversité pour promouvoir la santé publique. A cette fin, il est nécessaire de renforcer la coopération entre les secteurs de la santé publique, de la protection de la nature et du développement urbain et spatial aux niveaux national et local.

Les mécanismes qui lient la biodiversité et la santé sont complexes et variables, et les connaissances sont lacunaires. Pour combler ces lacunes, une approche inter- et transdisciplinaire qui tienne compte des multiples facteurs socio-économiques, écologiques et culturels est nécessaire.

ODD: les objectifs internationaux du développement durable de l'ONU

Avec cette publication les Académies suisses des sciences apportent une contribution aux ODD 3, 11 et 15: « Permettre à tous de vivre en bonne santé et promouvoir le bien-être de tous à tout âge », « Faire en sorte que les villes et les établissements humains soient ouverts à tous, sûrs, résilients et durables » et « Préserver et restaurer les écosystèmes terrestres, en veillant à les exploiter de façon durable, gérer durablement les forêts, lutter contre la désertification, enrayer et inverser le processus de dégradation des terres et mettre fin à l'appauvrissement de la biodiversité ».

> sustainabledevelopment.un.org

> eda.admin.ch/agenda2030/fr/home/agenda-2030/die-17-ziele-fuer-eine-nachhaltige-entwicklung.html



1-144 Les références bibliographiques se trouvent dans la version en ligne du factsheet sur academies-suisse.ch/fr/factsheets

IMPRESSUM

EDITRICE

Académie suisse des sciences naturelles (SCNAT) • Forum Biodiversité Suisse
Maison des Académies • Laupenstrasse 7 • Case postale • 3001 Berne
+41 31 306 93 42 • biodiversity@scnat.ch • biodiversity.ch

RÉDACTION

Danièle Martinoli (Forum Biodiversité Suisse), Lisa Crump, Jakob Zinsstag
(Swiss Tropical and Public Health Institute)

RÉVISION

Mathias Hofmann (Université technique de Dresde), Simone Sommer
(Université d'Ulm), Caroline Roduit (Université de Zurich, Hôpital de l'enfance
de Zurich et de St-Gall), Markus Weissert (neuropédiatre FMH, St-Gall)

GROUPE D'ACCOMPAGNEMENT

Valérie Clerc et Hermann Amstad (ASSM), Matthias StremLOW (OFEV),
Marcel Tanner (SCNAT), Esther Walter et Damiano Urbinello (OFSP)

TRADUCTION

Henri-Daniel Wibaut

RÉVISION RÉDACTIONNELLE

Rina Wiedmer

MISE EN PAGE

Olivia Zwygart

PHOTOS

Dmitry Naumov/Patrick Daxenblichler – stock.adobe.com

Proposition de citation: Académie suisses des sciences naturelles (2019)
La biodiversité, gage de santé? Swiss Academies Factsheet 14 (3)

academies-suisse.ch

ISSN (print): 2297-1602

ISSN (online): 2297-1610

DOI: 105281/zenodo.1168422

Cradle to Cradle™-factsheet certifiée et climatiquement
neutre, imprimée par Vögeli AG à Langnau i. E.



Bibliographie

- 1 United Nations (2015) **Transforming Our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development**. pp 29.
- 2 Golden Christopher D, Romanelli C et al (2015) **Connecting Global Priorities: Biodiversity and Human Health, a State of Knowledge Review**. World Health Organization and Secretariat for the Convention on Biological Diversity. pp. 360.
- 3 IPBES (2018) **Summary for policymakers of the regional report on biodiversity and ecosystem services**. IPBES Secretariat, Bonn. pp. 48.
- 4 Hornberg C (2016) **Stadtnatur fördert die Gesundheit**. in Ökosystemleistungen in der Stadt – Gesundheit schützen und Lebensqualität erhöhen. (eds. Kowarik I, Bartz R, Brenck M) 98–125 Technische Universität Berlin, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ. Berlin, Leipzig.
- 5 Bundesamt für Naturschutz Deutschland. **Naturschutz und Gesundheit: Startseite**. <https://natgesis.bfn.de> (accessed 2nd September 2019).
- 6 Ragettli M, Flückiger B, Rösli M (2017) **Auswirkungen der Umwelt auf die Gesundheit**. Swiss TPH. pp 86.
- 7 Flüeler E, Rey L (2015) **Geerdet im Garten**. Umwelt 3: Gesundheit, ein kostbares Gut. 28–31. Bundesamt für Umwelt.
- 8 van den Bosch M, Bird W (2018) **Oxford Textbook of Nature and Public Health: The role of nature in improving the health of a population – Oxford Medicine**. Oxford University Press. pp 338.
- 9 BAFU (2017) **Biodiversität in der Schweiz: Zustand und Entwicklung**. Umwelt-Zustand Nr. 1630 pp 60.
- 10 Lachat T et al (2010) **Wandel der Biodiversität in der Schweiz seit 1900**. Bristol-Schriftenreihe 25, Haupt Verlag. pp 435.
- 11 World Health Organization. (2014) **Constitution of the world health organization**. Basic Document. 1–19.
- 12 United Nations (1992) **Convention on biological diversity**. Convention on biological diversity 30. doi:10.1146/annurev.ento.48.091801.112645
- 13 Millennium Ecosystem Assessment (2005) **Ecosystems and Human Well-being: Synthesis**. Island Press, Washington, DC.
- 14 van den Berg M et al (2015) **Health benefits of green spaces in the living environment: A systematic review of epidemiological studies**. Urban Forestry and Urban Green. 14, 806–816.
- 15 Gascon M et al (2016) **Residential green spaces and mortality: A systematic review**. Environment International 86, 60–67.
- 16 Cherrie MPC et al (2018) **Green space and cognitive ageing: A retrospective life course analysis in the Lothian Birth Cohort 1936**. Social Science and Medicine 196, 56–65.
- 17 Haluza D, Schönbauer R, Cervinka R (2014) **Green perspectives for public health: A narrative review on the physiological effects of experiencing outdoor nature**. International Journal of Environmental Research and Public Health 11, 5445–5461.
- 18 Gascon M et al (2015) **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, 4354–4379.
- 19 Faber Taylor A, Kuo FE (2009) **Children with attention deficits concentrate better after walk in the park**. Journal of Attention Disorder. 12, 402–409.
- 20 Markevych I et al (2014) **Surrounding greenness and birth weight: Results from the GINIplus and LISAPlus birth cohorts in Munich**. Health and Place 26, 39–46.
- 21 Dadvand P et al (2012) **Surrounding Greenness and Pregnancy Outcomes in Four Spanish Birth Cohorts**. Environmental Health Perspectives 120, 1481–1487.
- 22 Lachowycz K, Jones AP (2011) **Greenspace and obesity: A systematic review of the evidence**. Obesity Reviews 12, 183–189.
- 23 Bowler DE, Buyung-Ali LM, Knight TM, Pullin AS (2010) **A systematic review of evidence for the added benefits to health of exposure to natural environments**. BMC Public Health 10, 456.
- 24 James P, Banay RF, Hart JE, Laden F (2015) **A Review of the Health Benefits of Greenness**. Current Epidemiology Reports 2, 131–142.
- 25 Sandifer PA, Sutton-Grier AE, Ward BP (2015) **Exploring connections among nature, biodiversity, ecosystem services, and human health and well-being: Opportunities to enhance health and biodiversity conservation**. Ecosystem Services 12, 1–15.
- 26 Maxwell S, Lovell R (2016) **Evidence Statement on the links between natural environments and human health**. University of Exeter and Defra collaborative project. pp 43.
- 27 Lee ACK, Maheswaran R (2011) **The health benefits of urban green spaces: A review of the evidence**. Journal of Public Health 33, 212–222.
- 28 Hartig T, Mitchell R, de Vries S, Frumkin H (2014) **Nature and Health**. Annual Review of Public Health 35, 207–228.
- 29 World Health Organisation (2016) **Urban green spaces and health: a review of the evidence**. pp 82.
- 30 Li Q (2010) **Effect of forest bathing trips on human immune function**. Environmental Health and Preventive Medicine 15, 9–17
- 31 Chawla L, Keena K, Pevac I, Stanley E (2014) **Green schoolyards as havens from stress and resources for resilience in childhood and adolescence**. Health and Place 28, 1–13.
- 32 Li D, Sullivan WC (2016) **Impact of views to school landscapes on recovery from stress and mental fatigue**. Landscape and Urban Planning, 148, 149–158.
- 33 Matsuoka RH (2010) **Student performance and high school landscapes: Examining the links**. Landscape and Urban Planning 97, 273–282.
- 34 Gascon M, Zijlema W, Vert C, White MP, Nieuwenhuijsen MJ (2017) **Outdoor blue spaces, human health and well-being: A systematic review of quantitative studies**. International Journal of Hygiene and Environmental Health 220, 1207–1221.
- 35 Bell S, Graham H, Jarvis S, White P (2017) **The importance of nature in mediating social and psychological benefits associated with visits to freshwater blue space**. Landscape and Urban Planning 167, 118–127.
- 36 Markevych I et al (2017) **Exploring pathways linking greenspace to health: Theoretical and methodological guidance**. Environmental Research 158, 301–317.
- 37 Ekkel ED, de Vries S (2017) **Nearby green space and human health: Evaluating accessibility metrics**. Landscape and Urban Planning 157, 214–220.
- 38 Kühn S et al (2017) **In search of features that constitute an 'enriched environment' in humans: Associations between geographical properties and brain structure**. Scientific Reports 7, 1–8.
- 39 Cox DTC et al (2017) **Doses of neighborhood nature: The benefits for mental health of living with nature**. Bioscience 67, 147–155.
- 40 Southon GE, Jorgensen A, Dunnett N, Hoyle H, Evans KL (2018) **Perceived species-richness in urban green spaces: Cues, accuracy and well-being impacts**. Landscape and Urban Planning 172, 1–10.
- 41 Cox DTC et al (2017) **Doses of nearby nature simultaneously associated with multiple health benefits**. International Journal of Environmental Research and Public Health 14, 172, 1–13.
- 42 Hedblom M, Heyman E, Antonsson H, Gunnarsson B (2014) **Bird song diversity influences young people's appreciation of urban landscapes**. Urban Forestry and Urban Greening 13, 469–474.
- 43 Craig JM, Logan AC, Prescott SL (2016) **Natural environments, nature relatedness and the ecological theater: Connecting satellites and sequencing to shinrin-yoku**. Journal of Physiological Anthropology 35, 1–10.
- 44 Conniff A, Craig T (2016) **A methodological approach to understanding the wellbeing and restorative benefits associated with greenspace**. Urban Forestry and Urban Greening 19, 103–109.
- 45 Franco LS, Shanahan DF, Fuller RAA (2017) **Review of the benefits of nature experiences: More than meets the eye**. International Journal of Environmental Research and Public Health 14/8, 1–29.

- 46 Van den Berg AE (2017) **From green space to green prescriptions: Challenges and opportunities for research and practice.** *Frontiers in Psychology* 8, 8–11.
- 47 Bakolis I et al (2018) **Urban Mind: Using Smartphone Technologies to Investigate the Impact of Nature on Mental Well-Being in Real Time.** *BioScience* 68/2, 134–145.
- 48 Capaldi A, CA, Dopko LRL, Zelenski JM (2014) **The relationship between nature connectedness and happiness: A meta-analysis.** *Frontiers in Psychology* 5, 1–15.
- 49 Gunnarsson B, Knez I, Hedblom M, Sang AO (2017) **Effects of biodiversity and environment-related attitude on perception of urban green space.** *Urban Ecosystems* 20, 37–49.
- 50 Sang AO, Knez I, Gunnarsson B, Hedblom M (2016) **The effects of naturalness, gender, and age on how urban green space is perceived and used.** *Urban Forestry and Urban Greening* 18, 268–276.
- 51 Hough RL (2014) **Biodiversity and human health: Evidence for causality?** *Biodiversity and Conservation* 23, 267–288.
- 52 Luck GW, Davidson P, Boxall D, Smallbone L (2011) **Relations between Urban Bird and Plant Communities and Human Well-Being and Connection to Nature.** *Conservation Biology* 25, 816–826.
- 53 Richardson E, Mitchell R (2010) **Gender differences in relationships between urban green space and health in the United Kingdom.** *Social science and medicine* 71, 568–575.
- 54 Sugiyama T et al (2016) **Can neighborhood green space mitigate health inequalities? A study of socio-economic status and mental health.** *Health and Place* 38, 16–21.
- 55 Botzat A, Fischer LK, Kowarik I (2016) **Unexploited opportunities in understanding liveable and biodiverse cities. A review on urban biodiversity perception and valuation.** *Global Environmental Change* 39, 220–233.
- 56 Douglas O, Lennon M, Scott M (2017) **Green space benefits for health and well-being: A life-course approach for urban planning, design and management.** *Cities* 66, 53–62.
- 57 Astell-Burt T, Mitchell R, Hartig T (2014) **The association between green space and mental health varies across the lifecourse. A longitudinal study.** *Journal of Epidemiology and Community Health* 68, 578–583.
- 58 Dadvand P et al (2015) **Green spaces and cognitive development in primary schoolchildren.** *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112/26, 7937–7942.
- 59 Dadvand P et al (2018) **The Association between Lifelong Greenspace Exposure and 3-Dimensional Brain Magnetic Resonance Imaging in Barcelona Schoolchildren.** *Environmental Health Perspectives* 126, 1–8.
- 60 Schutte AR, Torquati JC, Beattie HL (2017) **Impact of Urban Nature on Executive Functioning in Early and Middle Childhood.** *Environment and Behavior* 49, 3–30.
- 61 Bourrier SC, Berman MG, Enns JT (2018) **Cognitive strategies and natural environments interact in influencing executive function.** *Frontiers in Psychology* 9, 1–11.
- 62 Engemann K, Bøcker C, Arge L, Tsirogiannis C, Bo P (2019) **Residential green space in childhood is associated with lower risk of psychiatric disorders from adolescence into adulthood.** *Proceedings of the National Academy of Sciences* 116/11, 5188–5193.
- 63 Mitchell RJ, Richardson EA, Shortt NK, Pearce JR (2015) **Neighborhood Environments and Socioeconomic Inequalities in Mental Well-Being.** *American Journal of Preventive Medicine* 49, 80–84.
- 64 Lovell R, Wheeler BW, Higgins SL, Irvine KN, Depledge MH (2014) **A systematic review of the health and well-being benefits of biodiverse environments.** *Journal of Toxicology and Environmental Health B* 17, 1–20.
- 65 Aerts R, Honnay O, Van Nieuwenhuyse A (2018) **Biodiversity and human health: mechanisms and evidence of the positive health effects of diversity in nature and green spaces.** *British Medical Bulletin* 5–22.
- 66 Hansmann R, Hug SM, Seeland K (2007) **Restoration and stress relief through physical activities in forests and parks.** *Urban Forestry and Urban Greening* 6, 213–225.
- 67 Karjalainen E, Sarjala T, Raitio H (2010) **Promoting human health through forests: Overview and major challenges.** *Environmental Health and Preventive Medicine* 15, 1–8.
- 68 Meyer K, Bürger-Arndt R (2014) **How forests foster human health – Present state of research-based knowledge (in the field of Forests and Human Health).** *International Forestry Review* 16, 421–446.
- 69 O'Brien L, Morris J (2014) **Well-being for all? The social distribution of benefits gained from woodlands and forests in Britain.** *Local Environment* 19, 356–383.
- 70 Martens D, Gutscher H, Bauer N (2011) **Walking in “wild” and “tended” urban forests: The impact on psychological well-being.** *Journal of Environmental Psychology* 31, 36–44.
- 71 Stigsdotter UK, Corazon SS, Sidenius U, Refshauge AD, Grahn P (2017) **Forest design for mental health promotion – Using perceived sensory dimensions to elicit restorative responses.** *Landscape and Urban Planning* 160, 1–15.
- 72 Obrist MK et al (2012) **Biodiversität in der Stadt – für Mensch und Natur.** *Merckblatt für die Praxis WSL* 48, 1–12.
- 73 Fischer LK et al (2018) **Beyond green: Broad support for biodiversity in multicultural European cities.** *Global Environmental Change* 49, 35–45.
- 74 Lindemann-Matthies P, Junge X, Matthies D (2010) **The influence of plant diversity on people's perception and aesthetic appreciation of grassland vegetation.** *Biological Conservation* 143, 195–202.
- 75 Southon GE, Jorgensen A, Dunnett N, Hoyle H, Evans KL (2017) **Biodiverse perennial meadows have aesthetic value and increase residents' perceptions of site quality in urban green-space.** *Landscape and Urban Planning* 158, 105–118.
- 76 Palliwoda J, Kowarik I, von der Lippe M (2017) **Human-biodiversity interactions in urban parks: The species level matters.** *Landscape and Urban Planning* 157, 394–406.
- 77 Crump L, Martinoli D, Zinsstag J. **Links between biodiversity and human health: a review.** Submitted.
- 78 Ostfeld RS, Keesing F (2012) **Effects of Host Diversity on Infectious Disease.** in *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, Vol 43, 157–182.
- 79 Civitello DJ et al (2015) **Biodiversity inhibits parasites: Broad evidence for the dilution effect.** *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112/28, 8667–8671.
- 80 Randolph SE, Dobson AD (2012) **Pangloss revisited: a critique of the dilution effect and the biodiversity-buffers-disease paradigm.** *Parasitology* 139, 847–863.
- 81 Wood CL et al (2014) **Does biodiversity protect humans against infectious disease?** *Ecology* 95, 817–832.
- 82 Huang ZY et al (2013) **Dilution effect in bovine tuberculosis: risk factors for regional disease occurrence in Africa.** *Proceedings of the Royal Society B* 280, 20130624.
- 83 Dizney LJ, Ruedas LA (2009) **Increased Host Species Diversity and Decreased Prevalence of Sin Nombre Virus.** *Emerging Infectious Diseases* 15, 1012–1018.
- 84 Johnson PT et al (2012) **Species diversity reduces parasite infection through cross-generational effects on host abundance.** *Ecology* 93, 56–64.
- 85 Mihaljevic JR, Joseph MB, Orlofske SA, Paull SH (2014) **The scaling of host density with richness affects the direction, shape, and detectability of diversity-disease relationships.** *PLoS One* 9(5), e97812.
- 86 Schmid J et al (2018) **Ecological drivers of Hepacivirus infection in a neotropical rodent inhabiting landscapes with various degrees of human environmental change.** *Oecologia* 188(1) 289–302.
- 87 Morand S, Jittapalpong S, Suputtamongkol Y, Abdullah MT, Huan TB (2014) **Infectious diseases and tww in Asia-Pacific: biodiversity and its regulation loss matter.** *PLoS One* 9(2), e90032.

- 88 Salkeld DJ, Padgett KA, Jones JH (2013) **A meta-analysis suggesting that the relationship between biodiversity and risk of zoonotic pathogen transmission is idiosyncratic.** *Ecology Letters* 16(5), 679–686.
- 89 Wood CL, Lafferty KD (2013) **Biodiversity and disease: a synthesis of ecological perspectives on Lyme disease transmission.** *Trends in Ecology and Evolution* 28(4), 239–247.
- 90 Huang ZY, Van Langevelde F, Estrada-Pena A, Suzan G, De Boer WF (2016) **The diversity-disease relationship: evidence for and criticisms of the dilution effect.** *Parasitology* 143(9), 1075–1086.
- 91 Kilpatrick AM, Salkeld DJ, Titcomb G, Hahn MB (2017) **Conservation of biodiversity as a strategy for improving human health and well-being.** *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 372, 20160131.
- 92 Ehrmann S et al (2018) **Habitat properties are key drivers of *Borrelia burgdorferi* (s.l.) prevalence in Ixodes ricinus populations of deciduous forest fragments.** *Parasites and Vectors* 11, 1–15.
- 93 Rook GA (2013) **Regulation of the immune system by biodiversity from the natural environment: an ecosystem service essential to health.** *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110, 18360–18367.
- 94 Logan AC, Jacka FN, Prescott SL (2016) **Immune-Microbiota Interactions: Dysbiosis as a Global Health Issue.** *Current Allergy and Asthma Reports* 16, 13.
- 95 Schaub B, Vercelli D (2015) **Environmental protection from allergic diseases: From humans to mice and back.** *Current Opinion on Immunology* 36, 88–93.
- 96 Karvonen AM et al (2012) **Exposure to microbial agents in house dust and wheezing, atopic dermatitis and atopic sensitization in early childhood: a birth cohort study in rural areas.** *Clinical and Experimental Allergy* 42, 1246–1256.
- 97 Ege MJ et al (2011) **Exposure to environmental microorganisms and childhood asthma.** *The New England Journal of Medicine* 364, 701–709.
- 98 Roduit C et al (2011) **Prenatal animal contact and gene expression of innate immunity receptors at birth are associated with atopic dermatitis.** *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 127, 179–85.
- 99 Haahntela T et al (2013) **The biodiversity hypothesis and allergic disease: world allergy organization position statement.** *World Allergy Organisation Journal* 6(1), 3.
- 100 von Hertzen L et al (2015) **Helsinki alert of biodiversity and health.** *Annals of Medicine* 47, 218–225.
- 101 Hanski I et al (2012) **Environmental biodiversity, human microbiota, and allergy are interrelated.** *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109, 8334–8339.
- 102 Karkman A, Lehtimäki J, Ruokolainen L (2017) **The ecology of human microbiota: dynamics and diversity in health and disease.** *Annals of the New York Academy of Sciences* 1399, 78–92.
- 103 Liddicoat C et al (2018) **Ambient soil cation exchange capacity inversely associates with infectious and parasitic disease risk in regional Australia.** *Science of the Total Environment* 626, 117–125.
- 104 Liddicoat C et al (2018) **Landscape biodiversity correlates with respiratory health in Australia.** *Journal of Environmental Management* 206, 113–122.
- 105 Riiser A (2015) **The human microbiome, asthma, and allergy.** *Allergy Asthma and Clinical Immunology* 11, 35.
- 106 Roduit C et al (2009) **Asthma at 8 years of age in children born by caesarean section.** *Thorax* 64, 107–113.
- 107 Balmer O, Tanner M (2011) **Prevalence and implications of multiple-strain infections.** *Lancet Infectious Diseases* 11, 868–878.
- 108 Wasimuddin et al (2018) **Astrovirus infections induce age-dependent dysbiosis in gut microbiomes of bats.** *Isme Journal* 12(12) 2883–2893.
- 109 Wollina U (2017) **Microbiome in atopic dermatitis.** *Clinical, Cosmetic and Investigational Dermatology* 10, 51–56.
- 110 Aziz Q, Dore J, Emmanuel A, Guarner F, Quigley EM (2013) **Gut microbiota and gastrointestinal health: current concepts and future directions.** *Neurogastroenterology and Motility* 25, 4–15.
- 111 Dimmitt RA et al (2010) **Role of postnatal acquisition of the intestinal microbiome in the early development of immune function.** *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition* 51, 262–273.
- 112 Shanahan F (2009) **Linking lifestyle with microbiota and risk of chronic inflammatory disorders.** in *Hygiene Hypothesis and Darwinian Medicine* (ed. Rook, GAW) 93–102.
- 113 Prescott SL et al (2017) **The skin microbiome: impact of modern environments on skin ecology, barrier integrity, and systemic immune programming.** *World Allergy Organization Journal* 10, 29.
- 114 Roche B, Dobson AP, Guegan JF, Rohani P (2012) **Linking community and disease ecology: the impact of biodiversity on pathogen transmission.** *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 367, 2807–2813.
- 115 Keesing F et al (2010) **Impacts of biodiversity on the emergence and transmission of infectious diseases.** *Nature* 468, 647–652.
- 116 Ostfeld RS, Keesing F (2017) **Is biodiversity bad for your health?** *Ecosphere* 8(3), e01676.
- 117 Hosseini PR et al (2017) **Does the impact of biodiversity differ between emerging and endemic pathogens? The need to separate the concepts of hazard and risk.** *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 372 (1722) 20160129.
- 118 Brooks CP, Zhang H (2010) **A null model of community disassembly effects on vector-borne disease risk.** *Journal of Theoretical Biology* 264, 866–873.
- 119 Bouchard C et al (2013) **Does high biodiversity reduce the risk of Lyme disease invasion?** *Parasites and Vectors* 6, 195.
- 120 Tischer CG, Heinrich J (2013) **Exposure assessment of residential mould, fungi and microbial components in relation to children's health: achievements and challenges.** *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 216, 109–114.
- 121 Derne BT, Fearnley EJ, Lau CL, Paynter S, Weinstein P (2011) **Biodiversity and leptospirosis risk: a case of pathogen regulation?** *Medical Hypotheses* 77, 339–344.
- 122 Huynen MM, Martens P, De Groot RS (2004) **Linkages between biodiversity loss and human health: a global indicator analysis.** *International Journal of Environmental Health Research* 14, 13–30.
- 123 Laporta GZ, Lopez de Prado PI, Kraenkel RA, Coutinho RM, Sallum MA (2013) **Biodiversity can help prevent malaria outbreaks in tropical forests.** *PLoS Neglected Tropical Diseases* 7, e2139.
- 124 Salkeld DJ, Padgett KA, Jones JH, Antolin MF (2015) **Public health perspective on patterns of biodiversity and zoonotic disease.** *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112, E6261–E6261.
- 125 Hartig T, Kahn PH (2016) **Living in cities, naturally.** *Science* 352, 938–940.
- 126 van den Bosch M, Nieuwenhuijsen M (2017) **No time to lose – Green the cities now.** *Environment International* 99, 343–350.
- 127 Ten Brink P et al (2016) **The Health and Social Benefits of Nature and Biodiversity Protection.** A report for the European Commission (ENV.B.3/ETU/2014/0039), Institute for European Environmental Policy, London/Brussels, pp 284.
- 128 Frumkin H et al (2017) **Nature Contact and Human Health: A Research Agenda.** *Environmental Health Perspectives* 125 (7), 1–18.
- 129 Wolf KL, Measells MK, Grado SC, Robbins AST (2015) **Economic values of metro nature health benefits: A life course approach.** *Urban Forestry and Urban Greening* 14, 694–701.
- 130 Bouzou N, Marques C (2016) **Les espaces verts urbains.** *Lieux de santé publique, vecteurs d'activité économique.* Asteres, pp 56.
- 131 Kupczyk M, Haahntela T, Cruz AA, Kuna P (2010) **Reduction of asthma burden is possible through National Asthma Plans.** *Allergy* 65 (4), 415–419.
- 132 Bell S et al (2016) **Green space, human health and biodiversity: four evidence cards to inform public open space policy making in Cornwall Council.** University of Exeter and Cornwall Council Collaborative Project. pp 43.

- 133 Medlock JM et al (2013) **Driving forces for changes in geographical distribution of Ixodes ricinus ticks in Europe.** Parasites and Vectors 6, 1.
- 134 Löhmus M, Balbus J (2015) **Making green infrastructure healthier in-
frastructure.** Infection Ecology and Epidemiology 5 (1).
- 135 Shanahan DF et al (2015) **Toward improved public health outcomes
from urban nature.** American Journal of Public Health 105 (3), 470-477.
- 136 van den Bosch M, ode Sang A (2017) **Urban Natural Environments As
Nature Based Solutions for Improved Public Health – a Systematic
Review of Reviews.** Journal of Transport and Health 5, S79.
- 137 Nieuwenhuijsen MJ, Khreis H, Triguero-Mas M, Gascon M, Dadvand P
(2017) **Fifty shades of green.** Epidemiology 28 (1), 63-71.
- 138 Levi T et al (2016) **Does biodiversity protect humans against infec-
tious disease?** Ecology 97, (2) 536–542.
- 139 Pongsiri MJ et al (2009) **Biodiversity Loss Affects Global Disease
Ecology.** Bioscience 59 (11), 945–954.
- 140 Whitmee S et al (2015) **Safeguarding human health in the Anthro-
cene epoch: report of The Rockefeller Foundation–Lancet Commis-
sion on planetary health.** Lancet 386, 1973–2028.
- 141 WHO Regional Office for Europe (2017) **Urban green spaces: a brief
for action.** pp 7.
- 142 World Health Organisation (2017) **Urban Green Space Interventions
and Health.** A review of impacts and effectiveness. pp. 202.
- 143 Tengö M et al (2017) **Weaving knowledge systems in IPBES, CBD and
beyond – lessons learned for sustainability.** Current Opinion in En-
vironmental Sustainability 26–27, 17–25.
- 144 Wood CL, McInturff A, Young HS, Kim D, Lafferty KD (2017) **Human in-
fectious disease burdens decrease with urbanization but not with
biodiversity.** Philosophical Transactions Royal Society B 372, 20160122.