



Valeur économique des effets sur la santé de la nature en ville

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

AUTEUR

Jean-Pierre Revéret, Ph. D.
Professeur associé, Université du Québec à Montréal (UQAM)

RÉVISION ET MISE EN PAGE

Pierre Gosselin, M.D., MPH

Véronique Paquet, agente administrative
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée grâce à la participation financière du Fonds vert dans le cadre du Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques du gouvernement du Québec.

Ce document est disponible intégralement en format électronique (PDF) sur le site Web de l'Institut national de santé publique du Québec au : <http://www.inspq.qc.ca>.

Les reproductions à des fins d'étude privée ou de recherche sont autorisées en vertu de l'article 29 de la Loi sur le droit d'auteur. Toute autre utilisation doit faire l'objet d'une autorisation du gouvernement du Québec qui détient les droits exclusifs de propriété intellectuelle sur ce document. Cette autorisation peut être obtenue en formulant une demande au guichet central du Service de la gestion des droits d'auteur des Publications du Québec à l'aide d'un formulaire en ligne accessible à l'adresse suivante : <http://www.droitauteur.gouv.qc.ca/autorisation.php>, ou en écrivant un courriel à : droit.auteur@cspq.gouv.qc.ca.

Les données contenues dans le document peuvent être citées, à condition d'en mentionner la source.

Dépôt légal – 2^e trimestre 2017
Bibliothèque et Archives nationales du Québec
ISBN : 978-2-550-78712-9 (PDF)

© Gouvernement du Québec (2017)

Table des matières

Liste des tableaux	II
Messages clés	1
1 Introduction	2
2 Les services écosystémiques et la mesure de leur valeur	3
2.1 Quelques définitions et un peu d’histoire	3
2.2 Les services écosystémiques en ville	4
3 La relation entre les services écosystémiques urbains et la santé humaine	5
4 La valeur économique des services écosystémiques urbains et la santé humaine	8
4.1 Les approches spatialisées	8
4.1.1 Une approche en termes de parcours de vie.....	10
4.1.2 Un outil pour l’évaluation économique des infrastructures vertes.....	11
4.2 Les approches fondées sur l’arbre	11
5 Discussion et recommandations	14
5.1 Un premier constat général	14
5.2 Des approches différentes selon la discipline	14
5.3 Les enjeux classiques de la monétarisation	14
5.4 Des hypothèses sur les tendances à venir en matière de valeur économique	14
5.5 Recommandations	15
6 Références	15
Annexe 1 Valeur économique et outils pour son évaluation	17
Annexe 2 Cadre conceptuel de Tzoulas <i>et al.</i>	20

Liste des tableaux

Tableau 1	Valeur économique annuelle moyenne par hectare de certains services écosystémiques sélectionnés des 25 villes étudiées	9
Tableau 2	Valeur économique d'un parc urbain : le cas de Sacramento (Californie, États-Unis).....	9
Tableau 3	Valeur économique annuelle des services associés aux arbres de rue en fonction des zones climatiques pour l'État de la Californie (États-Unis).....	12
Tableau 4	Valeur économique de la réduction des incidences et des bénéfices potentiels sur la santé respiratoire associés à la diminution de NO ₂ attribuable à la canopée	12
Tableau 5	Valeur économique de la réduction des incidences de problèmes de santé liés à la diminution de certains polluants par les arbres	13

Messages clés

- Il ressort nettement de cette recension que les effets bénéfiques de la présence de diverses formes de nature urbaine ont une valeur économique au moins égale aux coûts évités en dépenses de santé ainsi qu'aux autres coûts sociaux, même si cette valeur est méconnue et parcellaire.
- Pour 25 villes étudiées au Canada, aux États-Unis et en Chine (2013), la valeur moyenne en dollars américains de chacun de ces services liés à la nature urbaine, par hectare et par année, s'élevait à 12 829 \$. Cela comprend des services liés à la réduction de la pollution atmosphérique, à la séquestration du carbone, à la réduction des eaux de ruissellement, à la régulation de la température et aux économies d'énergie, à la récréation et autres aménités. Un montant de 18 870 \$ s'y ajoute pour les effets positifs sur la santé. La valeur monétaire cumulée de ces services est donc de 31 696 \$ par hectare et par année.
- Une étude de cas souligne que les dépenses médicales évitées par les gens qui font de l'exercice dans les parcs s'élèvent annuellement à 500 \$ par personne de 65 ans et plus.
- Une « dose de verdure », définie comme 20 minutes de marche dans un parc urbain, est sensiblement équivalente à l'effet maximal d'une dose du médicament le plus commun pour traiter le déficit d'attention chez les jeunes.
- La recherche économique dans ce domaine est nécessaire pour appuyer une approche intégrée, efficace et efficiente des politiques d'aménagement urbain et de santé, approche devenue plus pressante dans un contexte d'adaptation à des changements climatiques accélérés. Une telle approche reste encore à réaliser et à bien diffuser à l'échelle mondiale.

Les montants d'argent présentés dans le document sont exprimés en dollars américains et non en dollars canadiens, à moins d'une mention contraire.

1 Introduction

Au milieu du 19^e siècle, Frederick Law Olmsted, célèbre architecte du paysage ayant entre autres conçu l'aménagement du Mont-Royal à Montréal, disait qu'incorporer la nature en ville au moyen de parcs et du design urbain était fondé chez lui sur la conviction que le contact avec la nature était bénéfique à la santé du public. Cela s'inscrivait dans le mouvement hygiéniste mondial qui a grandement influencé l'aménagement urbain et la médecine (Lotfi *et al.*, 2012).

Cette conviction est maintenant largement partagée par le public en général, mais aussi par grand nombre de chercheurs, tant des sciences naturelles que du domaine de la santé, qui ont, au fil des années, avancé dans la confirmation de la conviction – de l'hypothèse – d'Olmsted.

Le rapport entre les disciplines s'intéressant à la question a évolué, comme plusieurs sciences appliquées, vers plus d'interdisciplinarité. Ainsi, l'approche écosystémique à la santé humaine (Forget et Lebel, 2003), de même que les disciplines liées au champ communément appelé « santé environnementale », se sont initialement centrées sur les externalités négatives liées aux conditions environnementales et affectant la santé humaine. Cependant, Forget et Lebel (2003) poursuivent en disant que ces approches « offrent une opportunité inégalée de promouvoir la santé humaine par le biais d'une gestion éclairée de l'écosystème », et font le lien avec les services écosystémiques. Frumkin (2005) constate ce changement dans les pratiques de « santé environnementale » pour considérer l'exposition à la nature comme un contributeur au bien-être et à la santé publique.

Il s'agit donc d'inverser le regard et le sens de la relation pour s'intéresser aux externalités positives de la nature sur la santé, dirait l'économiste. Ce regard « économique » s'avère de plus en plus présent dans la lecture des enjeux de gestion et de conservation de la nature et dans la formulation d'approches ou d'outils. Le concept des services écosystémiques, qui agit comme une variable passerelle entre les sciences de la

nature, les sciences de la santé et les sciences sociales, permet de rejoindre la science économique. Ce concept tend à faciliter et à rendre légitime le fait que la nature – et plus précisément les « services » que l'espèce humaine en retire – ont une valeur économique. Il est souvent affirmé trop rapidement que la nature a un prix, par habitude à confondre valeur et prix, puisque c'est par le prix que la science économique approche la valeur.

L'arbre, le parc et l'espace vert, en captant diverses formes de pollution, en incitant le citoyen à marcher, à courir, à flâner pour admirer, améliorent le bien-être et la santé et, s'en trouvent gratifiés d'un signe de dollar pour attester de leur valeur économique. C'est l'état de la recherche portant sur cet exercice de monétarisation des services écosystémiques urbains liés à la santé humaine qui est exploré dans ce rapport.

Pour cela, il importe d'abord de faire le point sur le concept de service écosystémique, sur les enjeux de leur valeur économique et des approches pour la calculer. Viennent ensuite les liens entre services écosystémiques et la santé humaine, pour poursuivre en présentant des résultats « chiffrés et exprimés en monnaie », tirés de la littérature scientifique émergente. Ces résultats seront ensuite analysés, et des pistes de recherche et d'action seront envisagées pour rendre les plus pertinentes et utiles possible ces démarches de monétarisation.

2 Les services écosystémiques et la mesure de leur valeur

2.1 Quelques définitions et un peu d'histoire

L'approche fondée sur les services écosystémiques (SE) est un nouveau regard sur la nature et, plus précisément, sur la biodiversité. Il est bien difficile et il ne serait pas pertinent de fournir une date de naissance au concept de SE, car il s'est construit sur plusieurs décennies, même si la formulation actuelle n'était pas encore usitée. C'était le cas de travaux qui, dans les années 60 et 70, ont fait ressortir plus explicitement la dépendance de l'être humain à la nature et à ce qu'elle lui fournit (Dupras et Revéret, 2015).

En 1981, le terme de SE apparaît dans l'ouvrage de Ehrlich et Ehrlich (1981), mais il faut attendre la fin des années 90 pour obtenir des définitions qui vont converger vers un relatif consensus avec l'article de Costanza *et al.* (1997), qui donne la définition suivante des SE (traductions libres) :

« Les services écosystémiques sont les avantages que les populations humaines tirent, directement ou indirectement, des fonctions de l'écosystème. »

Quant à Daily (1997), elle explique :

« Les services écosystémiques sont les conditions et les processus par lesquels les écosystèmes naturels et les espèces qui les composent, soutiennent et remplissent la vie humaine. »

Sans oublier les travaux liés à l'Évaluation des écosystèmes pour le millénaire (PNUE, 2005), qui se résume comme suit : « les services écosystémiques sont les avantages que les populations tirent des écosystèmes ».

Il faut retenir de ces définitions que les SE sont issus du fonctionnement des écosystèmes et, plus précisément, de certaines de leurs fonctions (ou « fonctions écologiques »), et qu'ils en sont l'expression en ce qui concerne ce qui est « utile au bien-être des êtres humains ». Ces fonctions écologiques, qui réfèrent à l'ensemble des processus à l'œuvre dans le fonctionnement d'un écosystème, qu'elles soient utiles ou pas à l'espèce humaine, sont bel et bien le terrain

d'expertise des écologues et des spécialistes des sciences de la nature. La notion de SE apparaît donc comme une passerelle entre l'écologie et le bien-être humain, entre les sciences naturelles et les sciences humaines. C'est pourquoi de nombreux travaux sur les SE sont menés par des chercheurs appartenant au courant de l'économie écologique, qui se veut un lieu de dialogue entre, bien sûr, les économistes et les écologues, mais, plus largement, entre les disciplines touchant aux interfaces humains/nature.

Le cœur de l'article de Costanza *et al.* (1997), l'un des fondateurs de l'économie écologique, était de fournir non seulement une définition de ce que sont les SE, mais plus encore de faire une première ébauche de la valeur économique de ces « cadeaux de la nature » à l'échelle de la planète. Cette présente revue de la littérature n'entre pas dans le détail de la méthodologie utilisée par Costanza et ses collègues pour arriver aux valeurs présentées, car la force de leur papier n'est pas dans la précision de la donnée mais bien dans le message central que les SE ont une valeur économique et que, pour les 17 services qu'ils ont étudiés, elle est estimée de façon conservatrice à un flux de 33 trillions de dollars par an à l'échelle mondiale. Il faut rappeler que le produit intérieur brut (PIB) de l'ensemble des pays de la planète pour la même année était de l'ordre de 18 trillions de dollars. Le message est fort puisque la nature fournit des services pour près de 2 fois ce qui est produit par les activités de l'ensemble des Nations.

Un pas de plus dans la mise à l'agenda du concept est franchi avec la série d'études sur l'économie des écosystèmes et de la biodiversité, mieux connue sous le nom de TEEB (The Economics of Ecosystems and Biodiversity), et réalisée à partir de 2007 à la demande des pays du G8+5. Cette étude avait pour mandat d'analyser les bénéfices économiques générés par les écosystèmes et la biodiversité, pour ensuite mettre en parallèle les coûts liés à leur perte avec les coûts qui auraient été nécessaires à une conservation effective. Ces recherches ont été déclinées pour plusieurs groupes d'acteurs et de décideurs de natures différentes et œuvrant à des échelles différentes (municipalité et région, nation, entreprises privées, citoyens, etc.). D'ailleurs, en 2011, TEEB publiait un volume spécifiquement dédié à la question des SE en

milieu urbain et ce dernier abordait entre autres la question de la santé humaine¹.

Avec cette combinaison de travaux et de publications, ce concept devient incontournable dans l'analyse des rapports humains/nature. De surcroît, il devient normatif dans le sens qu'au-delà d'être vu comme concept scientifique, il définit le nouvel agenda de la recherche et des instances internationales et onusiennes en matière d'environnement et de conservation de la nature.

Le concept de SE est souvent utilisé comme quasi-synonyme de biodiversité ou, en tout cas, sans que la distinction entre les deux soit faite clairement. La définition que la Convention sur la diversité biologique² en donne clarifie les liens entre les deux :

« Variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie; cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes. »

Pourtant, comme expliqué précédemment, les SE correspondent à ce que les différentes fonctions des écosystèmes fournissent d'utile à l'humain, directement ou indirectement. Se pose donc la question de la relation entre les deux. Deux façons d'y répondre cohabitent : d'une part, un haut niveau de biodiversité est vu comme une condition de la production, de la résilience et du maintien de certains SE; d'autre part, la biodiversité est vue elle-même comme un SE. Et les deux affirmations sont vraies!

Il est donc possible de tirer de cette brève clarification qu'une bonne gestion des SE peut avoir – ou aura – des effets favorables sur la biodiversité, mais que ce plan de gestion ne peut pas remplacer totalement une démarche de conservation de la biodiversité, en particulier pour ce qui est de la biodiversité des espèces. L'approche par les SE en est donc une pour aborder les questions de biodiversité, mais elle n'est pas suffisante pour gérer toutes ses dimensions.

2.2 Les services écosystémiques en ville

Dès 1999, Bolund et Hunhammar proposent une approche spécifiquement urbaine pour aborder les SE. Ils se demandent de façon très pragmatique quels enjeux les SE peuvent contribuer à résoudre au niveau de la ville. Ils identifient ensuite les types d'écosystèmes qui les rendent, et relèvent ainsi 6 services rendus par 7 types d'écosystèmes. Il s'agit là d'une bonne approche pour traiter des questions de santé et de SE, même si le lien n'est pas exploré de façon approfondie dans leur article. Ces 6 services sont :

1. La filtration de l'air : les végétaux, et les arbres en particulier, capturent les polluants et les particules présents dans l'air;
2. La régulation du microclimat : les étendues d'eau et la végétation permettent notamment d'atténuer l'effet des îlots de chaleur urbains;
3. La réduction du bruit : les surfaces molles (sols non imperméabilisés) et la végétation permettent de réduire le bruit lié à la circulation;
4. Le drainage des eaux de pluie : les écosystèmes urbains permettent de retenir les précipitations et d'évacuer l'eau par évaporation et évapotranspiration, évitant ainsi les problèmes de pollution des cours d'eau via les eaux de ruissellement et de surcharge des systèmes d'évacuation des eaux usées lors de fortes précipitations (pour les réseaux unitaires pluvial/eaux usées);
5. Le traitement des eaux usées : les zones humides, naturelles ou artificielles, permettent d'épurer les eaux usées (consommation de la matière organique et assimilation des nutriments par les organismes, dépôts des particules);
6. Les valeurs culturelles et récréatives : les espaces verts urbains sont un élément majeur de la qualité du cadre de vie, ils fournissent des opportunités de loisirs et de détente.

¹ The Economics of Ecosystems and Biodiversity (2011). *TEEB manual for cities: Ecosystem services in urban management*. Repéré à http://www.teebweb.org/wp-content/uploads/Study%20and%20Reports/Additional%20Reports/Manual%20for%20Cities/TEEB%20Manual%20for%20Cities_English.pdf

² <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-fr.pdf>

Les 7 types d'écosystèmes urbains identifiés dans leur étude sur Stockholm sont les suivants :

1. Les arbres d'alignement;
2. Les pelouses des parcs;
3. Les parcelles forestières urbaines;
4. Les terres cultivées urbaines;
5. Les zones humides urbaines;
6. Les cours d'eau, les lacs;
7. L'océan.

Les SE mentionnés ci-dessus n'accordent pas explicitement une grande place aux effets sur la santé de la nature en ville, et il en est de même de ce qui apparaît dans l'Évaluation des écosystèmes pour le millénaire (2005), où les SE de support et de fourniture y sont surtout traités.

Les SE, bien qu'utiles, n'ont pas de prix, même si une valeur leur est reconnue. N'ayant pas de prix à acquitter pour en bénéficier, ils sont gratuits pour le bénéficiaire puisqu'ils sont essentiellement des biens (ou des services) non marchands qui ne s'échangent pas sur un marché. Il est donc possible d'en user et d'en abuser. Pour mieux les gérer et ne pas les perdre ou les gaspiller, il est donc pertinent d'en connaître la valeur économique.

C'est le cœur du message de l'analyse économique, qui a développé au fil des décennies depuis les années 60 une boîte à outils au sein de la sous-discipline qu'est l'économie de l'environnement, mais aussi, dans le cadre d'une approche complémentaire, l'économie écologique. La distinction entre ces deux approches ne sera pas faite ici car, in fine, les méthodes présentées sont acceptables aux deux écoles.

Plusieurs méthodes relatives à la mesure de la valeur économique des SE sont présentées à l'annexe 1. Pour l'ensemble de ces méthodes, la lecture de Dupras et Revéret (2015) fournit des approfondissements de chacune de ces méthodes et, surtout, de nombreux cas d'application à des exemples québécois.

3 La relation entre les services écosystémiques urbains et la santé humaine

La littérature sur la question de la relation entre les SE urbains et la santé humaine regroupe des résultats d'exercices d'évaluation publiés dans des articles de revues avec jury, des synthèses ou des méta-analyses dans ces mêmes revues, des mémoires et des thèses ainsi que de la littérature grise (rapports). Toute la littérature pertinente n'aborde pas systématiquement la relation entre la nature et la santé humaine par le biais des SE, et cela est bien compréhensible. Cette relation existait bien avant que le concept de SE ne fasse son apparition, et ce dernier n'est pas encore utilisé dans toutes les disciplines concernées ici.

Plusieurs concepts sont utilisés pour traiter des relations entre la nature en ville et la santé humaine : espaces verts urbains, systèmes de parcs urbains, « nature métropolitaine » (*metro nature* en anglais), nature urbaine, et même arbres en ville dans certaines études plus ciblées. Elmqvist *et al.* (2015)³ identifient ainsi les sources de SE en milieu urbain :

- Espaces verts : parcs, forêts urbaines, cimetières, lots vacants, jardins et cours, campus, etc.
- Espaces bleus : lacs, étangs, cours d'eau, étangs de rétention des eaux de ruissellement.



Au risque de ne pas travailler avec un cadre théorique unificateur, il n'y aura pas d'exercice particulier pour « forcer » la relation nature urbaine/santé dans le cadre de SE quand celle-ci n'est pas mentionnée dans l'article ou le rapport. Tzoulas *et al.* (2007) présentent une revue de cette littérature où ils dérivent un cadre conceptuel fondé sur le concept d'infrastructure verte produisant des SE influençant la santé humaine (voir annexe 2).

Quant à Asterès (2016), leur étude offre aussi une représentation synthétique intéressante des liens entre les pressions qu'exerce la ville sur l'environnement, sur les individus et sur l'économie, en plus de nommer les effets positifs que produit la nature urbaine; la santé y apparaît d'ailleurs sous plusieurs dimensions, de façon directe et indirecte (voir figure 1).

³ Elmqvist *et al.* (2015) fournissent un complément électronique à leur article qui illustre (1) la diminution de pollution locale, (2) la séquestration et le stockage du carbone, (3) la régulation des eaux, (4) la régulation du climat et le refroidissement, et (5) l'esthétique, la récréation et d'autres aménités. Pour chaque cas, les approches méthodologiques sont présentées : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877343515000433>

Figure 1 Les services de la nature en ville

LES SERVICES DE LA NATURE EN VILLE

Domaines		Pressions exercées par la ville	Effets positifs de la nature
Impacts sur les individus	Bien-être	Perte de repère sur la nature, Stress quotidien	Santé, apaisement, loisirs, sports, relation avec la nature
	Santé	Stress, maladies induites (respiratoires notamment)	Meilleure santé perçue et diagnostiquée
	Social	Densité, isolement	Lien social, sentiment d'appartenance, insertion, support pédagogique
Impacts écologiques	Climat	Ilots de chaleur urbains (hausse des températures nocturnes en été)	Régulation thermique, apport de fraîcheur les nuits d'été
	Eaux	Ruissellement, pollution, besoin de canalisations et de traitement des eaux	Infiltration et épuration naturelles des eaux de pluie dans le sol, limite le ruissellement
	Air	Pollution atmosphérique	Captation de polluants atmosphériques, production d'oxygène
	Sols	Imperméabilisation des sols	Limite l'érosion des terres, valorisation des déchets organiques
	Biodiversité	Pertes d'espèces en ville, arrivées d'espèces indésirables, perturbation de la chaîne alimentaire	Maintien et intégration d'espèces animales et végétales en ville
Impacts économiques	Démographie		Attire des habitants, avec pour effet de valoriser le foncier
	Tourisme	Urbanisation oppressante pour les activités touristiques	Améliore la beauté de la ville et son caractère agréable
	Entreprises / emplois		Emplois directs (gestion des espaces verts) et indirects (hausse de la population et du tourisme), valorisation des bio-déchets
	Dépenses médicales	Dépenses médicales liées aux maladies induites par la vie en ville (stress, pathologies respiratoires...)	Economie sur les dépenses médicales relative à l'amélioration de l'état de santé

Source : Asterès (2016).

Il vaut la peine de noter que cette étude a été réalisée en France pour l'Union nationale des entreprises du paysage, et non pas pour une autorité publique municipale ou nationale. Dans ce sens, les informations relatives à la santé traitent des relations causales plus que de la valeur économique induite (à l'exception des données en euros [€] sur les économies de dépenses de santé dans le cas de l'asthme et de l'hypertension). Par contre, l'étude apporte des données économiques sur les emplois créés pour entretenir cette nature urbaine et les services qui en découlent, fournissant ainsi un portrait de l'économie des espaces verts dans lesquels les SE et les effets bénéfiques sur la santé ne sont qu'une petite dimension.

Pour Asterès, 5 facteurs sont importants pour expliquer le lien entre santé et espaces verts :

1. Ils encouragent l'activité physique;
2. Ils améliorent la qualité de l'air;
3. Ils protègent contre la chaleur;
4. Ils réduisent le stress de la vie quotidienne;
5. Ils renforcent le sentiment d'appartenance à la communauté.

Asterès fait ressortir que la relation espaces verts et santé est plus forte chez certains groupes de la population, comme les personnes âgées, les femmes au foyer et les individus de classe sociale modeste, ce qui peut s'expliquer partiellement du fait que les ménages modestes ont moins souvent un jardin privatif ou une résidence secondaire que les ménages plus aisés. Ils voient donc une dimension de promotion d'une certaine équité sociale en matière de santé.

L'étude démontre également que les espaces verts sont associés à une moindre prévalence des maladies cardiovasculaires, des troubles musculo-squelettiques, des problèmes respiratoires, des problèmes de santé mentale, des migraines, des vertiges et du diabète. Le lien de corrélation apparaît plus fort chez les personnes aux revenus modestes et chez les enfants. De plus, au-delà d'un kilomètre, l'effet des espaces verts sur la santé s'estomperait fortement. Pour une revue détaillée de ces impacts santé, voir la récente recension faite par l'INSPQ, soit Beaudoin et Levasseur (2017).

Par ailleurs, il appert que ces bénéfices apparaissent tant pour la santé diagnostiquée que la santé autodéclarée (enquêtes populationnelles). Asterès souligne aussi que les espaces de verdure s'accompagnent d'une multitude de bienfaits pour les populations citadines, pour le développement durable et pour l'économie locale.

Il est ainsi question de gestion des eaux de ruissellement, de stockage de carbone dans la végétation, de régulation de la température dans les îlots de chaleur et de maintien de la biodiversité. Pour chacun de ces autres « services », le même exercice d'évaluation de leur valeur économique est mené par les communautés scientifiques concernées, ce qui amène à les considérer dans la planification et la gestion urbaine, comme le TEEB et de nombreuses autres initiatives semblables le recommandent.

Plusieurs travaux fondés sur cette relation entre diverses formes de nature urbaine et de bénéfices pour la santé franchissent le pas de les identifier comme des sources susceptibles de faire l'objet d'ordonnance médicale! C'est ainsi que Ulmer *et al.* (2016) et Shanahan *et al.* (2015) posent la question de la dose optimale de nature. Ces deux articles ne traitent pas de la valeur de ces services, seulement de la relation de causalité, mais rendent la question du coût tout à fait pertinente puisqu'il devient alors tentant pour l'économiste de comparer le coût de la santé par l'arbre par rapport au coût du médicament évité.

4 La valeur économique des services écosystémiques urbains et la santé humaine

Le premier constat qui s'impose est qu'il n'existe qu'un petit nombre d'études qui évaluent la valeur économique des SE ou des bienfaits en termes de santé ou de bien-être humain fournis par les écosystèmes urbains ou, autrement dit, par la nature en ville. À ce jour, aucune étude ne cherche à évaluer les retombées de toutes les sources possibles sur toutes les dimensions possibles de la santé humaine. Les données accessibles sont donc partielles (arbres urbains sur maladies respiratoires, par exemple). L'ambition de produire ici une grande matrice du « tout » ne saurait être satisfaite; trop de cellules y seraient vides. Les études seront plutôt présentées séparément, ce qui sera plus clair et facilitera le recours ultérieur aux études originales.

Il faut aussi préciser que les valeurs économiques ne sont pas présentées ici pour être utilisées telles quelles dans la construction d'arguments ou pour aider à la décision dans des situations locales. Elles illustrent de façon empirique que les SE touchant à la santé humaine ont une valeur économique; ces valeurs fournissent un ordre de grandeur qui a du sens dans le contexte dans lequel elles ont été analysées. La méthode de transfert de résultats peut être utilisée avec les précautions qui s'imposent pour effectuer une telle transposition de données.

La recension de Chen (2016) se veut la première recherche visant à faire un état des lieux systématique de la monétarisation des effets de la nature urbaine sur la santé humaine. Après une recherche bibliographique fondée sur les règles de l'art, il constate que peu d'articles ou d'ouvrages sont consacrés à cette question, alors que la littérature est en forte croissance sur les relations entre nature et santé, mais sans monétarisation. Seulement 10 documents ont été retenus dans son étude, soit 4 articles dans des revues avec comité de lecture, 1 chapitre de livre et 5 rapports dans la littérature grise. Cette recension a bien sûr été prise en compte, mais elle ne sera pas présentée systématiquement puisque, pour la majorité des

sources citées, des plus récentes sont disponibles, parfois du même auteur.

Deux approches principales ressortent des études recensées : celle dans laquelle la nature urbaine est abordée dans une approche spatiale, c'est-à-dire où la nature apparaît sous la forme de parcs, d'espaces verts, et devient donc un lieu fréquenté pour se détendre, faire des activités physiques, admirer la nature, etc.; dans la deuxième approche, la nature est présentée à partir d'unités d'observation comme des plantes en général ou des arbres en particulier, qu'ils soient dans un parc ou plantés le long d'une rue. Ici, c'est la capacité de l'arbre et de la plante à modifier l'environnement, en particulier en lien avec le contrôle de la pollution urbaine et, conséquemment, ses effets bénéfiques sur la santé en relation avec cette diminution de pollution.

4.1 Les approches spatialisées

L'illustration que TEEB (2011) fournit des SE et de leur lien avec la santé humaine s'inscrit dans cette perspective. Ils font partie des « services culturels » et entrent dans la sous-catégorie « **Récréation, santé mentale et physique** ». C'est le côté « incitation à la marche et aux sports dans un espace vert » qui semble à la source des bienfaits. TEEB illustre la valeur économique de ces bénéfiques en se fondant sur un rapport non publié de Elmqvist portant sur 9 villes chinoises et 1 américaine. Sur cet ensemble de villes, un hectare (ha) d'espace vert contribue pour une valeur moyenne annuelle de 5 882 \$ en ce qui concerne « récréation et autres aménités », et pour 17 548 \$ en ce qui concerne « effets positifs sur la santé ».

Elmqvist *et al.* (2015) visent à démontrer que de restaurer les infrastructures vertes en milieu urbain peut non seulement avoir un intérêt en termes écologique et esthétique, mais aussi économique (voir tableau 1). Pour cela, ils ont utilisé des données provenant de 25 villes (soit 4 en Chine, 1 au Canada et 20 aux États-Unis) et portant sur 6 SE. Il faut noter que la présente revue ne rapporte pas ici les coûts liés à la restauration des écosystèmes, mais seulement les valeurs des bénéfiques liés aux services écosystémiques.

Le tableau 1 présente la valeur moyenne de chacun des services par ha et par an et les effets positifs sur la santé y dominant à 18 870 \$ par année et par ha. **La valeur monétaire cumulée de ces services est donc de 31 696 \$ par hectare et par année.** Ce dernier montant est très proche de celui mentionné par les mêmes auteurs (TEEB, 2011) mentionné plus haut, mais aucun détail sur la méthodologie utilisée n'apparaît dans Elmqvist (2015).

Tableau 1 Valeur économique annuelle moyenne par hectare de certains services écosystémiques sélectionnés des 25 villes étudiées

Service	Valeur moyenne*/ha/an	Étendue des valeurs*
1. Régulation de la pollution et de la qualité de l'air	647 (n = 9)	60 – 2 106
2. Séquestration du carbone (flux annuel) et stockage du carbone (valeur du stock)	395 (n = 5) 3 125 (n = 3)	58 – 702 1 917 – 5 178
3. Réduction des eaux de ruissellement	922 (n = 6)	615 – 2 540
4. Économies d'énergie/régulation de la température	1 412 (n = 4)	34 – 1 908
5. Récréation et autres aménités	6 325 (n = 2)	2 133 – 10 517
6. Effets positifs sur la santé	18 870* (n = 1)	NA
Total :	31 696	NA

* En dollars américains de 2013.

n : nombre de villes dans les études recensées.

Source : Elmqvist (2015).

Le document « Measuring the economic value of a city park system » (The Trust for Public Land, 2009) vise à montrer les différentes dimensions qui fondent la valeur économique d'un parc urbain. Les valeurs suivantes y sont ainsi abordées : le tourisme, leur usage direct (la marche ou le sport), leur apport à la cohésion de la communauté, la réduction des eaux de ruissellement, le contrôle de la pollution par la végétation et, bien sûr, leur contribution à la santé humaine. Dans ce rapport, la ville de Sacramento (États-Unis) sert d'étude de cas pour la santé. Il conclut à une **valeur annuelle de près de 20 millions de dollars**, dérivée des dépenses médicales évitées par les gens qui font de l'exercice dans les parcs urbains. Ces économies représentent **250 \$ par personne de moins de 65 ans**, et **500 \$ pour celles qui ont plus de 65 ans** (voir tableau 2).

Tableau 2 Valeur économique d'un parc urbain : le cas de Sacramento (Californie, États-Unis)

Valeur des parcs en action Promotion de la santé publique à Sacramento			
Sacramento possède 5 141 acres de parcs qui fournissent de multiples façons de rester en santé. La ville a 43 terrains de tennis, 101 terrains de baseball, 116 paniers de basket-ball, 171 cours de récréation, 78 terrains de soccer, 7 skateparcs, 12 piscines publiques, plus de 80 milles de sentiers, et plusieurs autres installations.			
L'utilisation de la <i>Calculatrice des bénéfices pour la santé des parcs</i> a permis de déterminer les économies des dépenses médicales évitées pour les résidents de la ville en raison de l'activité physique pratiquée dans les parcs. Il en résulte qu'environ 78 000 habitants de Sacramento s'engagent de façon suffisamment active pour améliorer leur santé – dont 72 000 personnes âgées de moins de 65 ans et quelque 6 000 plus âgées. Les économies calculées en 2007 en utilisant la valeur attribuable estimée en dollars américains pour ces activités sont de 19 872 000 \$.			
Économies en soins de santé : utilisateurs physiquement actifs des parcs de Sacramento, 2007			
Description des coûts	Résidents physiquement actifs dans les parcs*	Moyenne de la différence des coûts médicaux entre les personnes actives et inactives**	Économies**
Utilisateurs adultes de moins de 65 ans	71 563	250	17 890 750
Utilisateurs adultes de 65 ans et plus	6 054	500	3 027 000
Sous-totaux combinés :	77 617	-	20 917 750
Multiplicateur du coût régional (basé sur les coûts médicaux à l'échelle de l'état) :			0,95
Valeur totale :			19 871 863

* Personnes menant des activités physiques (modérées, vigoureuses ou intenses) pendant au moins 1 h 30, et 3 jours/semaine.

** En dollars américains de 2007.

Source : The Trust for Public Land (2009).

Sur le même thème, Cohen-Mansfield et Werner (1998) montrent une réduction des dépenses de santé, **dans le cas de la maladie d'Alzheimer, de 2 200 \$ par an** pour une personne qui n'était plus active et le redevient.

Une autre forme de diminution des coûts médicaux est présentée par Ulrich (1984) dans le cas de la récupération post-chirurgicale. Il fait ressortir que le fait de voir des arbres par la fenêtre de sa chambre d'hôpital plutôt qu'un mur de brique améliore le processus de récupération (moins de complications post-chirurgicales, moins d'antidouleurs consommés et sortie de l'hôpital 1 jour plus tôt). La méthodologie est présentée avec grands détails pour pouvoir assurer que ceci est vrai « toutes choses égales par ailleurs » (même médecin et autre personnel médical, même condition du patient, etc.). Ulrich (1984), qui est abondamment cité dans la littérature, ne fournit cependant pas d'estimation de la valeur économique de cette diminution de coûts.

4.1.1 UNE APPROCHE EN TERMES DE PARCOURS DE VIE

Wolf *et al.* (2015) ont produit une étude dans laquelle les évaluations économiques de la nature urbaine ont été fondées sur des résultats en termes de santé déjà publiés dans des revues avec évaluation par les pairs. Ils ont adopté une approche en matière de parcours de vie, car cela permet une meilleure compréhension des patrons de disparité de santé et de maladies. Les articles retenus devaient entre autres fournir une description claire du type de contact avec la nature, combinée avec des résultats clairs en ce qui concerne des marqueurs spécifiques de santé. Sur la base de la littérature consultée et analysée, ils ont retenu 6 situations au fil du parcours de vie :

1. **Poids à la naissance** : plusieurs études récentes dans plusieurs pays (États-Unis, Canada, Espagne, Allemagne) ont montré une association entre une hausse de 10 % de la proximité de canopée de grands arbres (à moins de 50 m du domicile) et la réduction de la naissance de bébés de poids faible à la naissance ou petit pour l'âge gestationnel. Aucune étude n'a cependant explicité les liens de causalité. Par ailleurs, plusieurs études ont estimé les coûts supplémentaires induits par de tels cas. Ainsi, aux États-Unis, pour les bébés nés à moins de 2 100 g, chaque 400 g de moins génère des coûts supplémentaires de 13 333 \$ pour la première année

de vie. Pour ceux nés à moins de 1 500 g, ce sont des coûts supplémentaires de 133 333 \$ qui sont encourus.

2. **Troubles de déficit de l'attention** : dans les 15 dernières années, de nombreuses études ont montré que de fréquenter la nature ou des espaces verts peut diminuer significativement les symptômes de déficit de l'attention. Il a été démontré plus précisément qu'une « dose de verdure », définie comme 20 minutes de marche dans un parc urbain, était sensiblement équivalente à l'effet maximal d'une dose de méthylphénidate, le médicament le plus commun pour le déficit d'attention. En se fondant sur le coût des médicaments utilisés traditionnellement et l'hypothèse de leur substituer en partie des doses de verdure, les coûts évités par les États-Unis annuellement sont de 383 millions pour une baisse de 5 %, et de 1,9 milliard pour une baisse de 25 %.
3. **Criminalité** : les bénéfices monétaires annuels sont évalués de 340,6 à 899,4 millions liés à des réductions de coûts de santé liés à la réduction de plusieurs types de crimes du fait des effets positifs de la nature urbaine.
4. **Maladies cardiovasculaires** : plusieurs études au Royaume-Uni et aux États-Unis ont documenté le lien entre les maladies cardiovasculaires et l'exposition à des espaces verts. Les données relatives aux coûts de ces maladies ont été mises en relation avec les diminutions de mortalité dues à ces maladies du fait de la fréquentation d'espaces verts. Une baisse du risque de mortalité cardiovasculaire de 5 % est associée à une économie annuelle de 348 millions de dollars (\$ US 2012) dans le cas du Royaume-Uni, ce qui équivaldrait à 1,2 milliard aux États-Unis.
5. **Maladie d'Alzheimer** : plusieurs facteurs convergent pour montrer les retombées positives de l'accès à un jardin ou à un espace vert dans le cas de patients atteints de la maladie d'Alzheimer, comme une réduction de 10 % des médicaments consommés et moins de chutes. Sur la base des coûts des médicaments, une économie annuelle en soins de 725 millions à 1,5 milliard est observée, due à ce qu'ils nomment « *horticultural therapy* » (hortithérapie).

La monétarisation de ces situations s'est faite principalement sur la base des coûts abaissés ou évités. Il s'agit donc bien d'une approche dans laquelle la nature est prise en termes d'espace urbain et de contact, de proximité avec ces espaces. Ces quelques exemples restent toutefois bien partiels, en ce sens que d'autres maladies ou conditions qui sont bien traitées par l'exercice physique (comme le diabète ou l'hypertension) ne sont pas mentionnées ni examinées, ce qui pourrait augmenter encore de façon importante certains bénéfices liés à la fréquentation des espaces verts. Les problèmes de santé mentale, qui présentent une forte et coûteuse prévalence dans tous les pays, ne sont pas non plus pris en compte dans ce bilan économique.

4.1.2 UN OUTIL POUR L'ÉVALUATION ÉCONOMIQUE DES INFRASTRUCTURES VERTES

En 2008, plusieurs acteurs du Royaume-Uni (ministère de l'Environnement et des Affaires rurales, organismes de développement régional, organisations non gouvernementales, etc.) ont lancé un projet d'évaluation économique des infrastructures vertes. Cette collaboration s'est formalisée au sein d'un réseau créé à cette fin, le Green Infrastructure Valuation Network (GIVaN), et un outil d'évaluation⁴ a été produit. Onze catégories de bénéfices y sont abordées, dont la santé et le bien-être. De plus, une étude de cas y traite des bénéfices tirés du cyclisme et de la marche que permettent de nouvelles infrastructures facilitant ces activités dans 2 espaces publics de Londres (Erith Marshes & Belvedere Green Links ainsi que le London Thames Gateway). Leur monétarisation est fondée sur les bienfaits de l'exercice sur la diminution de la mortalité. Pour une valeur actualisée sur 5 ans, la marche est évaluée à **7,4 millions** d'euros, et le cyclisme à **1,5 million** d'euros. Le rapport fait l'hypothèse que 237 600 personnes vont utiliser ces infrastructures 10 fois par an, mais ne précise pas combien de cyclistes ou de marcheurs vont en bénéficier. Donc, la transposition de la donnée à un autre contexte n'est pas faisable.

4.2 Les approches fondées sur l'arbre

TEEB manuel for cities présente aussi un exemple spécifique lié à la ville de Canberra, en Australie, qui se fonde sur la contribution des 400 000 arbres de la ville en termes de régulation du climat, de réduction de la pollution de l'air et des coûts en énergie pour la climatisation. Les coûts évités et la valeur créée pour la ville s'élèvent à 4 millions de dollars. Ici, il faut remarquer que la perspective est intégrée et que la dimension santé ne peut pas être séparée du reste. C'est d'ailleurs une situation qui se répète souvent dans la littérature. Lorsque, pour une même situation et un même écosystème, des données monétarisées concernant d'autres SE que la contribution à la santé seront disponibles, elles seront aussi conservées, en parallèle avec celles liées à la santé, pour permettre une perspective relative et saisir ainsi les ordres de grandeur respectifs.

En ce qui a trait à l'étude de Mc Pherson *et al.* (2016), elle vise à définir la structure, les fonctions et la valeur des arbres dits « de rue » pour l'ensemble des villes de l'État de Californie. Les auteurs ont travaillé sur un échantillon de 929 823 arbres dans 50 villes et ont étendu leur recherche aux quelque 9 millions d'arbres de rue de la Californie. Les effets de ces arbres urbains sur la santé humaine n'étaient pas soulevés comme tels dans l'étude, mais de nombreuses informations sont cependant pertinentes.

Le tableau 3 illustre bien l'importance des SE concernés par l'étude de Mc Pherson *et al.* Il montre que les économies d'énergie découlant d'une moindre utilisation des systèmes de climatisation sont évaluées à plus de 101 millions de dollars annuellement, soit une économie de 11 \$ par arbre. Pour ce qui est du stockage des gaz à effet de serre (GES), l'économie est estimée à 10 millions de dollars, ce qui représente 1,1 \$ par arbre. Du côté de la qualité de l'air, l'absorption de polluants atmosphériques (ozone et particules en suspension en particulier) est évaluée à 18 millions, avec une valeur par arbre de 1,6 \$. L'interception des eaux pluviales par les arbres, les détournant ainsi du réseau municipal de collecte, est quant à elle évaluée à un total annuel de 41,5 millions, avec une valeur par arbre de 4,55 \$. Cela donne donc un grand total d'environ 1 milliard de dollars par an pour l'ensemble

⁴ http://www.greeninfrastructurenw.co.uk/resources/Green_Infrastructure_Valuation_Toolkit_UserGuide.pdf

des arbres de rue de la Californie. En plus de ces flux annuels, les effets de ces arbres urbains sur la valeur des propriétés sont évalués à 838 millions de dollars, soit 91 \$ par arbre. Il faut noter que seules les valeurs totales pour l'ensemble de l'État ont été considérées. L'erreur type a aussi été calculée pour chaque valeur monétaire estimée.

Rao *et al.* (2014) ont analysé 144 sites de la ville de Portland (Oregon). À partir de mesures de la concentration en NO₂ de ces sites et en contrôlant pour la proximité de routes, voies ferrées et l'altitude, ils ont utilisé un modèle de régression en matière d'utilisation des sols (*land-use regression*, ou *LUR*) qui a fait ressortir ($R^2 = 0,70$) que chaque tranche de 10 ha de canopée à moins de 400 m d'un site donné était reliée à une baisse de 0,57 partie par milliard (ppb) de NO₂. Ils ont ensuite estimé que cette amélioration de la qualité de l'air générerait des baisses significatives de l'incidence de maladies respiratoires et que les gains économiques qui en découlaient s'élevaient à des bénéfices de **près de 7 millions annuellement** pour la ville de Portland.

Le tableau 4 fournit plus de détails sur la voie d'impact par laquelle cette valeur est calculée. Il montre plus particulièrement que la réduction en NO₂ engendre une baisse annuelle de 7 380 incidences des jours d'école manqués par des enfants de 4 à 12 ans du fait de l'exacerbation de l'asthme, pour une **économie de 850 000 \$**. De la même façon, l'exacerbation de l'asthme avec un ou plusieurs symptômes a été réduite de 21 466 incidences, ce qui représente une valeur de **4,55 millions de dollars**.

Sur le même thème, Nowak *et al.* (2014) ont appliqué des modèles de simulation utilisant des données environnementales locales, aussi bien dans les zones rurales qu'urbaines. Ils ont ainsi montré que, pour l'ensemble des États-Unis, les arbres et les forêts ont retiré 17,4 millions de tonnes de polluants atmosphériques en 2010, avec des effets sur la santé humaine évalués à 6,8 milliards de dollars pour une année. Il va sans dire que la plus grande partie de la diminution de pollution a eu lieu en milieu rural, mais que la plus grande partie des effets sur la santé s'est manifestée en ville.

Tableau 3 Valeur économique annuelle des services associés aux arbres de rue en fonction des zones climatiques pour l'État de la Californie (États-Unis)

Service	Valeur annuelle* (erreur type)						Total
	Inland Empire	Inland Valleys	Côte nord	Côte sud	Désert du sud-ouest	Ouest intérieur	
Énergie	21,37 (2,80)	25,73 (5,34)	31,27 (5,62)	15,95 (1,91)	6,54 (1,04)	0,28 (0,04)	101,15 (16,76)
Dioxyde de carbone	1,95 (0,26)	2,13 (0,44)	3,28 (0,59)	2,36 (0,28)	0,56 (0,09)	0,04 (0,01)	10,32 (1,67)
Qualité de l'air	0,60 (0,08)	23,64 (4,91)	- 32,09 (5,77)	23,01 (2,75)	2,37 (0,38)	0,63 (0,10)	18,15 (2,45)
Eaux pluviales	14,26 (1,87)	8,32 (1,73)	9,34 (1,68)	8,27 (0,99)	1,25 (0,20)	0,06 (0,01)	41,50 (6,47)
Valeur de la propriété/autre	150,48 (19,72)	108,36 (22,50)	299,42 (53,80)	246,56 (29,48)	33,70 (5,37)	0,43 (0,07)	838,94 (130,94)
Total	188,67 (24,73)	168,18 (34,92)	311,20 (55,92)	296,14 (35,41)	44,42 (7,08)	1,44 (0,23)	1 010,05 (158,29)

* En millions de dollars américains de 2014.

Source : Mc Pherson *et al.* (2016).

Tableau 4 Valeur économique de la réduction des incidences et des bénéfices potentiels sur la santé respiratoire associés à la diminution de NO₂ attribuable à la canopée

Impact sur la santé (annualisé)	Réduction du nombre d'incidences	Valeur*
Exacerbation de l'asthme, jours d'école manqués (4 à 12 ans)	7 380	0,85
Exacerbation de l'asthme, 1 symptôme et plus (4 à 12 ans)	21 466	4,55
Visites à l'urgence, asthme (tous âges)	54	0,03
Hospitalisations, toutes causes respiratoires (65 ans et plus)	46	1,16
Bénéfice potentiel estimé sur la santé respiratoire dû aux arbres		6,59

* En millions de dollars américains de 2013.

Source : Rao *et al.* (2014).

Le tableau 5 détaille les impacts négatifs sur la santé respiratoire et cardiovasculaire, la réduction du nombre d'incidences pour ces impacts ainsi que la valeur économique de cette réduction pour chaque source de polluant, soit le dioxyde d'azote (NO₂), l'ozone (O₃), les particules fines dont le diamètre est inférieur à 2,5 micromètres (PM_{2,5}) et le dioxyde de soufre (SO₂). Pour chaque cas, des valeurs sont fournies pour l'ensemble du pays, pour les zones urbaines et pour les zones rurales. Par exemple, pour la pollution par le NO₂ induisant une exacerbation de l'asthme, une diminution de 271 402 incidences est notée à l'échelle nationale, pour une valeur de 21 772 000 \$. En ce qui concerne milieux urbain et rural, la diminution des incidences est respectivement de 214 236 et de 57 166, pour des valeurs de 17 178 000 \$ et de 4 594 000 \$. Au total, il s'agit d'environ 7 milliards de coûts évités par année pour ces deux catégories de maladies seulement.

Tableau 5 Valeur économique de la réduction des incidences de problèmes de santé liés à la diminution de certains polluants par les arbres

Polluant	Impact négatif sur la santé	États-Unis continentaux		Zones urbaines		Zones rurales	
		Réduction du nombre d'incidences	Valeur*	Réduction du nombre d'incidences	Valeur*	Réduction du nombre d'incidences	Valeur*
NO ₂	Exacerbation de l'asthme	271 402	21 772 000	214 236	17 178 000	57 166	4 594 000
	Admissions hospitalières	640	16 037 000	470	11 823 000	170	4 214 000
	Symptômes respiratoires aigus	18 179	565 000	14 666	455 000	3 513	110 000
	Visites à l'urgence	238	100 000	185	78 000	53	22 000
Total :			38 473 000		29 534 000		8 939 000
O ₃	Mortalité	275	2 137 630 000	185	1 439 586 000	90	698 044 000
	Symptômes respiratoires aigus	481 275	41 143 000	345 581	29 543 000	135 695	11 600 000
	Admissions hospitalières	1 977	20 326 000	1 776	13 852 000	201	6 474 000
	Jours d'école manqués	202 399	19 874 000	146 939	14 428 000	55 460	5 446 000
	Visites à l'urgence	231	97 000	167	70 000	63	26 000
Total :			2 219 069 000		1 497 479		721 590 000
PM _{2,5}	Mortalité	577	4 488 013 000	394	3 062 289 000	183	1 425 724 000
	Bronchite chronique	149	41 706 000	106	29 720 000	43	11 987 000
	Symptômes respiratoires aigus	169 701	16 634 000	122 484	12 006 000	47 216	4 628 000
	Infarctus du myocarde aigu	125	11 219 000	85	7 629 000	40	3 590 000
	Exacerbation de l'asthme	137 298	11 161 000	98 467	8 005 000	38 831	3 157 000
	Jours de travail manqués	28 815	4 758 000	20 836	3 602 000	7 979	1 157 000
	Admissions hospitalières cardiovasculaires	71	2 705 000	49	1 876 000	22	829 000
	Admissions hospitalières respiratoires	58	1 850 000	39	1 246 000	19	604 000
	Symptômes des voies respiratoires inférieures	3 900	202 000	2 809	146 000	1091	57 000
	Symptômes des voies respiratoires supérieures	3 168	142 000	2 284	103 000	883	40 000
	Visites à l'urgence	203	84 000	150	62 000	53	22 000
	Bronchites aiguës	320	28 000	231	20 000	89	8 000
Total :			4 578 503 000		3 126 703 000		1 451 800 000
SO ₂	Symptômes respiratoires aigus	2 865	90 000	2 042	64 000	823	26 000
	Exacerbation de l'asthme	25 334	1 998 000	17 680	1 393 000	7 654	605 000
	Visites à l'urgence	111	46 000	81	34 000	30	12 000
	Admissions hospitalières	174	5 322 000	112	3 432 000	62	1 891 000
Total :			7 457 000		4 923 000		2 534 000

* En dollars américains de 2010.

Source : Nowak *et al.* (2014).

5 Discussion et recommandations

5.1 Un premier constat général

Il ressort des études qui ont été analysées que les effets bénéfiques de la présence de diverses formes de nature, allant des arbres bordant les rues jusqu'aux parcs et autres grands espaces verts, ont une valeur économique au moins égale aux coûts évités en dépenses de santé ainsi qu'aux autres coûts sociaux. Cela signifie des économies pour le système de santé, en plus des pertes de productivité évitées. Cela invite à un regard transversal dans l'élaboration de politiques publiques puisqu'un dollar investi dans le maintien ou la création d'un espace vert induit une amélioration de la qualité de vie des citoyens et une réduction des coûts de santé. Ce regard transversal est nécessaire à tous les niveaux de gouvernance, de l'État aux municipalités, et il doit aussi tenir compte de l'imbrication de chacun de ces niveaux de gouvernance entre eux.

5.2 Des approches différentes selon la discipline

Sans trop caricaturer et en suivant l'idée de Wolf *et al.* (2015), il est possible de dire que les études explorées ici sont menées à partir de l'un ou l'autre bout de la relation nature urbaine/santé humaine, et pas nécessairement dans une démarche très intégrée; d'un côté, les sciences de la santé (santé publique, épidémiologie, etc.) et, de l'autre, les sciences naturelles (biologie, écologie, génie forestier). Les études menées par le monde de la santé analysent leur monde avec moult détails en ce qui concerne les résultats (santé), mais utilisent des variables explicatives relatives à la nature relativement simples (présence/absence d'une caractéristique). Inversement, les études menées dans le cadre des sciences de la nature sont riches en détail sur le milieu naturel, mais trop simplifiées dans le domaine de la santé.

En d'autres mots, les équipes à l'œuvre ne sont pas suffisamment interdisciplinaires dans leur composition ou leur façon de fonctionner. Des progrès dans ce domaine amélioreraient la qualité et la pertinence pour l'action des prochaines études dans ce secteur.

5.3 Les enjeux classiques de la monétarisation

Force est de constater que plusieurs auteurs ont soulevé le peu d'études analysant spécifiquement la dimension économique de la relation nature urbaine/amélioration de la santé. Il ressort aussi de cette revue de la littérature que cette valeur est dans la grande majorité des cas abordée à partir des coûts de santé évités, ce qui est tout à fait compatible avec la littérature sur l'évaluation économique de ce type d'externalité. Ce sont souvent des données produites dans d'autres contextes qui sont mobilisées et utilisées dans les nouvelles études.

Wolf *et al.* font bien remarquer que les principaux enjeux sont alors les mêmes que ceux présents dans les méthodologies de « transferts de bénéfices ou de résultats ». Ils soulignent aussi le problème de la différence d'échelle à laquelle sont produites les données pertinentes, à savoir, d'une part, celles relatives à la nature urbaine qui sont fournies au niveau de la parcelle ou de l'unité de végétation, et, d'autre part, celles relatives à la santé publique/épidémiologie, qui le sont au niveau administratif (unité de recensement ou autre). Ils font aussi très bien ressortir la difficulté à comparer des études entre elles du fait de la multiplicité des métriques utilisées pour présenter les résultats. Il faut aussi noter que les méthodologies ne sont pas toujours présentées avec tous les détails nécessaires pour que la transposition des résultats soit faite de façon rigoureuse.

Une standardisation de ces métriques et des méthodologies très détaillées représenterait un progrès facilitant les comparaisons et les transpositions de résultats dans le cas de nouvelles études.

5.4 Des hypothèses sur les tendances à venir en matière de valeur économique

D'une part, la valeur des SE urbains liés à la santé humaine évoluera concomitamment avec les coûts de santé, en tout cas dans le contexte des études fondées sur les coûts évités, et, d'autre part, avec la disponibilité de ces services. Les services étant soumis à la qualité et à l'intégrité des écosystèmes qui les produisent, les deux grands enjeux mondiaux de la

perte de biodiversité et des changements climatiques introduisent plusieurs incertitudes quant à leur évolution. S'ils se raréfient, leur valeur devrait logiquement augmenter, autant en milieu urbain que périurbain.

De surcroît, il est de plus en plus admis que la bonne gestion de certains SE devrait être une composante de toute stratégie d'adaptation locale et régionale aux changements climatiques. La reconnaissance de la valeur – probablement croissante – des services liés à la santé humaine urbaine vient fortement affirmer leur dimension stratégique et la place qu'ils devraient avoir dans la gestion municipale.

5.5 Recommandations

Cette revue de la littérature fournit un ensemble d'informations utiles pour justifier que les bénéfices économiques découlant des effets des espaces verts urbains sur la santé soient bien compris et pris en compte par l'ensemble des acteurs pertinents (professionnels de la santé, professionnels des gouvernements locaux et autres institutions impliquées dans la planification et le développement urbain, professionnels du secteur privé et des organisations non gouvernementales). Des campagnes de communication et de sensibilisation à cette thématique pourraient être mises en place.

Bien que, dans ce rapport, l'accent soit mis sur les aspects liés à la santé, tout argumentaire pour renforcer la bonne gestion de la nature en ville bénéficiera d'une approche intégrée dans laquelle les autres bénéfices (économiques, esthétiques, environnementaux non liés directement à la santé, etc.) seront pris en compte de façon complémentaire. Plusieurs auteurs ont d'ores et déjà constaté le faible nombre d'études visant à monétariser la valeur des bénéfices des différentes formes de nature en ville alors que ces informations pourraient être fort utiles dans l'élaboration de politiques, de plans et de programmes d'aménagement municipal et régional.

À la lumière de ce rapport, la nécessité d'initier un programme de recherche véritablement interdisciplinaire et intégré sur la valeur économique des effets de la nature sur la santé humaine en ville s'impose d'elle-même.

6 Références

- Asterès (2016). *Les espaces verts urbains : lieux de santé publique, vecteurs d'activité économique – Étude Asterès*. Nicolas Bouzou (dir.) Repéré à <http://www.actu-environnement.com/media/pdf/news-26850-espaces-verts-nicolas-bouzou.pdf>
- Beaudoin, M. et Levasseur, M.-E. (2017). *Verdir les villes pour la santé de la population*. Québec : Institut national de santé publique du Québec.
- Bolund et Hunhammar (1999). Analysis – Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics*, 29, 293-301. Repéré à http://www.fao.org/uploads/media/Ecosystem_services_in_urban_areas.pdf
- Chen, X. (2016). *Urban's nature's health effects and monetary valuation : A systematic review*. Repéré sur le site de NINA Report : <https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/2395722/1278.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cohen-Mansfield, J. et Werner, P. (1998). Visits to an outdoor garden: impact on behavior and mood of nursing home residents who pace. Dans B. Vellas, J. Fitten et G. Frisoni (dir.), *Research and practice in alzheimer's disease* (p. 419-436).
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., ... van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, 253-260.
- Daily, G. (1997). *Nature's services : societal dependence on natural ecosystems*. Washington, DC : Island Press.
- Dupras, J. et Révéret, J.-P. (dir.) (2015). *Nature et économie : un regard sur les écosystèmes du Québec*. Québec : Presses de l'Université du Québec.
- Ehrlich, P. et Ehrlich, A. (1981). *Extinction : the causes and consequences of the disappearance of species random house*. New York : Random House.

- Elmqvist, T., Setälä, H., Handel, S. N., van der Ploeg, S., Aronson, J., Blignaut, J. N., ... de Groot, R. (2015). Benefits of restoring ecosystem services in urban areas. *Current opinions on environmental sustainability*, 14, 101-108.
- Forget, G., Lebel J. (2003). Approche écosystémique à la santé humaine. Environnement et santé publique–Fondements et pratiques. Canada: Edisem, 593-638.
- Frumkin, H. (2005). Guest editorial : Health, equity and the built environment. *Environment, Health Perspective*, 113(5), A 290-A291. Repéré à <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1257564/>
- Lotfi, M., Weber, C., Di Pietro, F. et Selmi, W. (2012). Évolution de la place du végétal dans la ville, de l'espace vert à la trame verte. *Vertigo*, 12(2). Repéré à : <http://vertigo.revues.org/12670>; DOI : 10.4000/vertigo.12670
- Mc Pherson, D., N. Van Doorn et de Goede, J. (2016). Structure, function and value of street trees in California, USA. *Urban Forestry and Urban Greening*, 17,104-115.
- Nowak, D., Hirabayashib, S., Bodineb, A., Greenfielda, E. (2014). Tree and forest effects on air quality and human health in the United States. *Environmental Pollution*, 193, 119-129.
- PNUE (Programme des Nations-Unies pour l'Environnement). (2005). Millenium Ecosystem Assessment. Rapport de synthèse de l'Évaluation des Écosystèmes pour le Millénaire. Repéré à : <http://www.millenniumassessment.org/en/Synthesi s.html>
- Rao, M., George, L., Rosenstiel, T. N., Shandas, V., Dinno, A. (2014). Assessing the relationship among urban trees, nitrogen dioxide, and respiratory health. *Environmental Pollution*, 194, 96-104.
- Shanahan, D. F., Fuller, R. A., Bush, R., Lin, B. B. et Gaston, K. J. (2015). The health benefits of urban nature : how much do we need? *BioScience*, 65(5), 476-485.
- The Economics of Ecosystems and Biodiversity (2011). *TEEB manual for cities: Ecosystem services in urban management*. Repéré à http://www.teebweb.org/wp-content/uploads/Study%20and%20Reports/Additi onal%20Reports/Manual%20for%20Cities/TEEB %20Manual%20for%20Cities_English.pdf
- The Trust for Public Land (2009). *Measuring the economic value of a city park system city park system*. Repéré à <https://www.tpl.org/sites/default/files/cloud.tpl.org/pubs/ccpe-econvalueparks-rpt.pdf>
- Tzoulas, K., Korpela, K., Venn, S., Yli-Pelkonen, V., Kazmierczak, A., Niemela, J. et James, P. (2007). Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review. *Landscape and Urban Planning*, 81(3),167-178.
- Ulmer, J. M., Wolf, K. L., Backman, D. R., Tretheway, R. L., Blain, C. J., O'Neil-Dunne, J. P. et Frank, L. D. (2016). Multiple health benefits of urban tree canopy: The mounting evidence for a green prescription. *Health Place*, 42, 54-62.
- Ulrich, R. (1984). View through a window may influence recovery from surgery. *Science*, 224(4647), 420-421. Repéré à <https://mdc.mo.gov/sites/default/files/resources/2012/10/ulrich.pdf>
- Wolf, K. L., Measells, M. K., Grado, S. C., Robbins, A. S. T. (2015). Economic values of metro nature health benefits: A life course approach. *Urban Forestry & Urban Greening*, 14(3), 694-701.

Annexe 1 Valeur économique et outils pour son évaluation

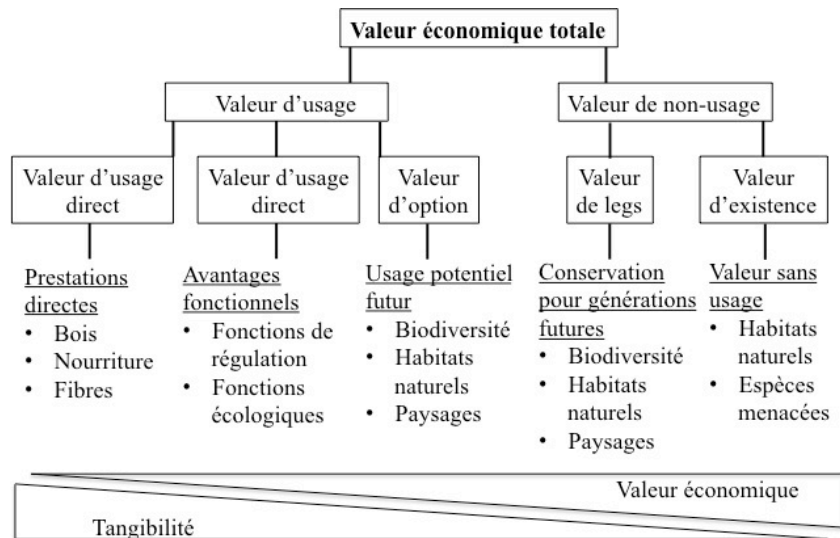
Le prix d'un bien ou d'un service acheté sur un marché reflète, selon la théorie économique dominante, sa valeur. Pour un bien qui n'est pas transigé sur un marché, tel que les SE, il faut passer par l'approche de la valeur économique totale (VET) (voir figure 1). Dans le cas de la valeur d'un milieu naturel ou d'un SE, la VET décompose les sources de valeur selon le type d'usage que fait le consommateur de ce SE

- Usage direct : p. ex., le bois utilisé dans la construction, le poisson mangé, etc.
- Usage indirect : bénéfices liés au fait que la forêt capte des polluants atmosphériques, diminue l'érosion des sols, stocke du carbone, sans compter qu'un sol non asphalté filtre l'eau et la retourne à la nappe phréatique.
- Usage de façon différée dans le temps : c'est la valeur d'option avec l'exemple classique des ressources génétiques à conserver pour usage futur pour la recherche de nouveaux médicaments.

À côté de ces valeurs d'usage, il y a une source de valeur de non-usage, et c'est le cas de la valeur de legs, qui consiste à accorder de la valeur pour pouvoir laisser des ressources à la disposition des générations futures. La valeur d'existence, quant à elle, est fondée sur l'idée que le simple fait qu'une espèce existe, indépendamment de tout éventuel usage, a de la valeur en soi.

Il faut comprendre que les valeurs d'usage direct, les plus à gauche sur la figure ci-dessous, sont celles pour lesquelles le calcul de cette valeur sera le plus simple, car elles apparaissent déjà sur des marchés. À l'inverse, plus les valeurs sont à droite, plus le passage du concept à une valeur exprimée en dollars sera complexe.

Figure 1 Valeur économique totale



Source : Chevassus-au-Louis, Salles et Pujol (2009), cité dans Dupras et Revéret (2015).

C'est depuis les années 60 et 70 qu'ont été développées des méthodes pour calculer cette valeur économique totale ou une partie de celle-ci (voir figure 2). Initialement, elles visaient à définir la valeur économique totale d'un parc national ou d'une réserve. Ce n'était pas une préoccupation académique qui sous-tendait la demande, mais les gouvernements américain et canadien en particulier qui avaient mis en place nombre de parcs nationaux. Ils en connaissaient les coûts, que ce soient les coûts directs d'entretien, mais aussi les manques à gagner (les coûts d'opportunité) en n'exploitant pas telle ou telle ressource (minière ou autre) présente sur le site. Cependant, ils ne connaissaient pas la valeur de ce qui était protégé. D'où leur intérêt à voir se développer de telles méthodes de calcul.

Ces méthodes ont été développées au fil du temps, généralement pour répondre à une question précise et non pas dans la perspective de développer une caisse à outils totalement intégrée a priori. Celles utilisées maintenant pour traiter des SE ont d'ailleurs été développées avant que cette question et cette terminologie soient à l'agenda; certaines se prêtent donc mieux à la mesure des SE que d'autres.

C'est ainsi qu'ont tout d'abord été mises au point les méthodes fondées sur les coûts de transport visant à calculer la valeur d'un parc naturel sur la base des dépenses encourues par l'ensemble de celles et ceux qui les visitent. Ces méthodes sont classées dans les approches fondées sur les **préférences dites « révélées »**. Révélées parce que le consommateur n'est pas tenu de s'exprimer sur cette valeur. Sa préférence est déjà révélée par ses comportements d'achats effectués pour se rendre sur le site et l'apprécier. Sous cette même catégorie se retrouve la méthode des prix hédoniques, qui sous-entend que, dans le prix d'une maison ou d'un terrain, une des caractéristiques qui détermine ce prix est la qualité de l'environnement dans lequel se situe la maison en question. Autrement dit, en analysant un grand nombre de transactions immobilières avec des approches de statistiques multivariées, il est possible de faire apparaître la part du prix lié à la qualité de cet environnement. Cette information, révélée par les statistiques, devient la base du calcul de la valeur de cet environnement. Il est donc aisé de comprendre pourquoi c'est une méthode fort utilisée en milieu urbain et périurbain!

Les **méthodes basées directement sur les marchés** sont pertinentes pour définir des valeurs d'usage direct pour des biens qui ont déjà une valeur marchande, donc les services dits « d'approvisionnement » (bois, poisson, fibres, etc.). Elles sont aussi utilisées quand une variation dans la production d'un bien provient d'un problème environnemental (p. ex., la pollution par l'ozone troposphérique qui ferait baisser la production de fraises). Pour calculer le « prix de la pollution », il suffit de définir une fonction technique qui relie la variation du niveau de production aux niveaux de pollution, avant d'y appliquer le prix de marché.

Les **méthodes basées sur les coûts** sont fondées sur l'hypothèse qu'un SE vaut au moins autant que ce qui serait dépensé pour le produire artificiellement ou que les dépenses réelles évitées du fait de son existence. Dit autrement, la valeur du service de filtration des eaux par les écosystèmes vaut au moins ce que coûterait la station de traitement des eaux faisant le même travail. C'est ce qui est appelé des coûts de remplacement. De la même façon, le coût des dommages évités sera abordé pour connaître la valeur du service de contrôle de l'érosion rendu par la forêt et qui évite une inondation ou un glissement de terrain. Cette approche prévaut souvent pour définir la valeur des services bénéfiques à la santé : ils valent au moins la valeur des dépenses médicales évitées par leur action.

Toutes ces méthodes vont donc chercher, d'une façon ou d'une autre, des valeurs monétaires qui s'expriment sur un marché et qui sont utilisées comme des proxy de la valeur recherchée.

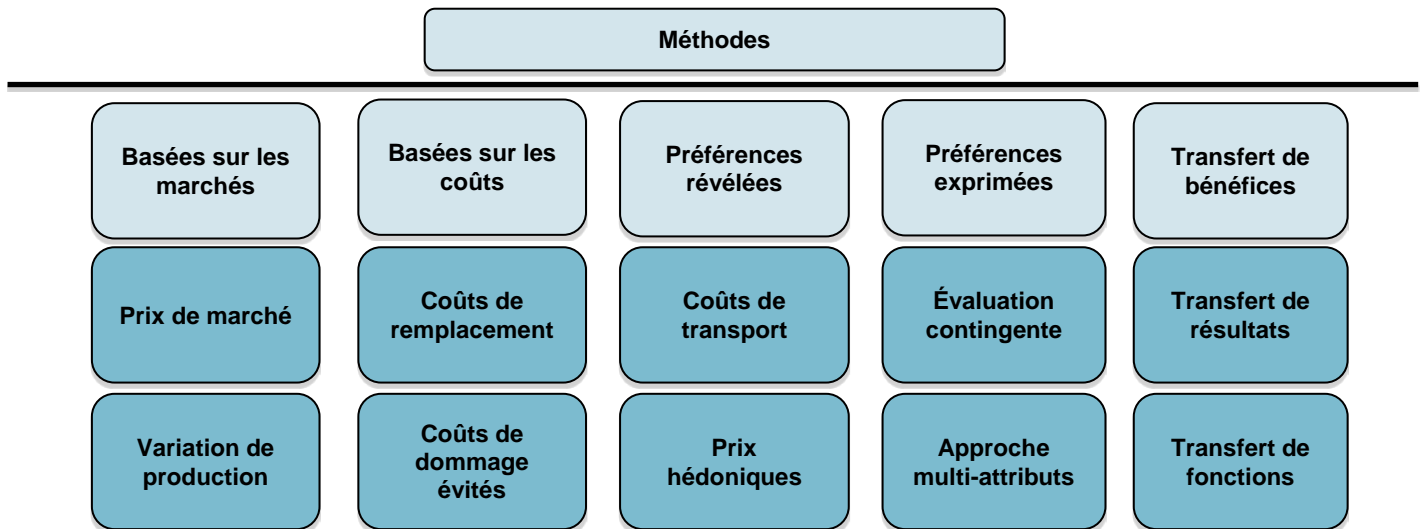
Lorsqu'aucune source de données ne semble pertinente sur un marché, c'est l'**approche dite de préférences exprimées** qui est de mise. Il s'agit là des méthodes les plus fréquemment utilisées pour définir la valeur des SE, d'une part par l'analyse contingente, et, d'autre part, par l'approche multi-attributs. Ces deux méthodes reposent sur une enquête de type socioéconomique dans laquelle est construite une variable et où des personnes sont invitées à se prononcer sur le montant qu'elles seraient prêtes à payer pour pouvoir bénéficier de la variable en question. Dans le cas de l'analyse contingente, à titre d'exemple, pour un paysage qui prend plusieurs formes en fonction de différentes stratégies d'aménagement, les personnes interrogées devraient estimer le montant qu'elles seraient prêtes à payer chaque année pendant une période donnée pour les taxes municipales. De là, le consentement à payer des personnes enquêtées sera dérivé et appliqué à la population statistique concernée.

La méthode multi-attributs (ou « méthode des choix répétés ») est fondée sur la définition d'un ensemble d'attributs qui caractérisent le système naturel à évaluer. Il peut s'agir d'un écosystème, d'un paysage, etc., qui serait défini par sa diversité aviaire, sa diversité ichtyologique, son niveau de monoculture/polyculture, etc. Des scénarios dans lesquels de multiples combinaisons aléatoires de ces différents attributs et un prix à payer pour chacun seront alors construits, puis présentés aux personnes enquêtées, à la suite de quoi les consentements à payer pour chaque

attribut seront dérivés. Cette méthode fournira donc des valeurs à des composantes de l'écosystème ou du paysage et non pas seulement à l'écosystème ou au paysage dans son ensemble, contrairement à l'évaluation contingente.

La dernière famille de méthodes, nommée « **transfert de bénéfices** » (ou « Transfert de résultats ») consiste à transposer des résultats obtenus dans une étude déjà publiée à la réalité étudiée. De nombreuses précautions méthodologiques sont à respecter relatives à la similitude des situations entre le terrain de l'étude d'origine et celle à réaliser, autant sur le plan écologique que socioéconomique, et les ajustements nécessaires sont à faire. Selon le cas, il est possible de transférer des résultats ou de transférer la fonction qui a permis de produire ces résultats, en remplaçant les valeurs des différents éléments déterminants de la valeur par ceux de la région cible. Là encore, cette approche est pertinente dans tous les cas de SE bénéfiques à la santé humaine.

Figure 2 Les méthodes utilisées pour la monétarisation

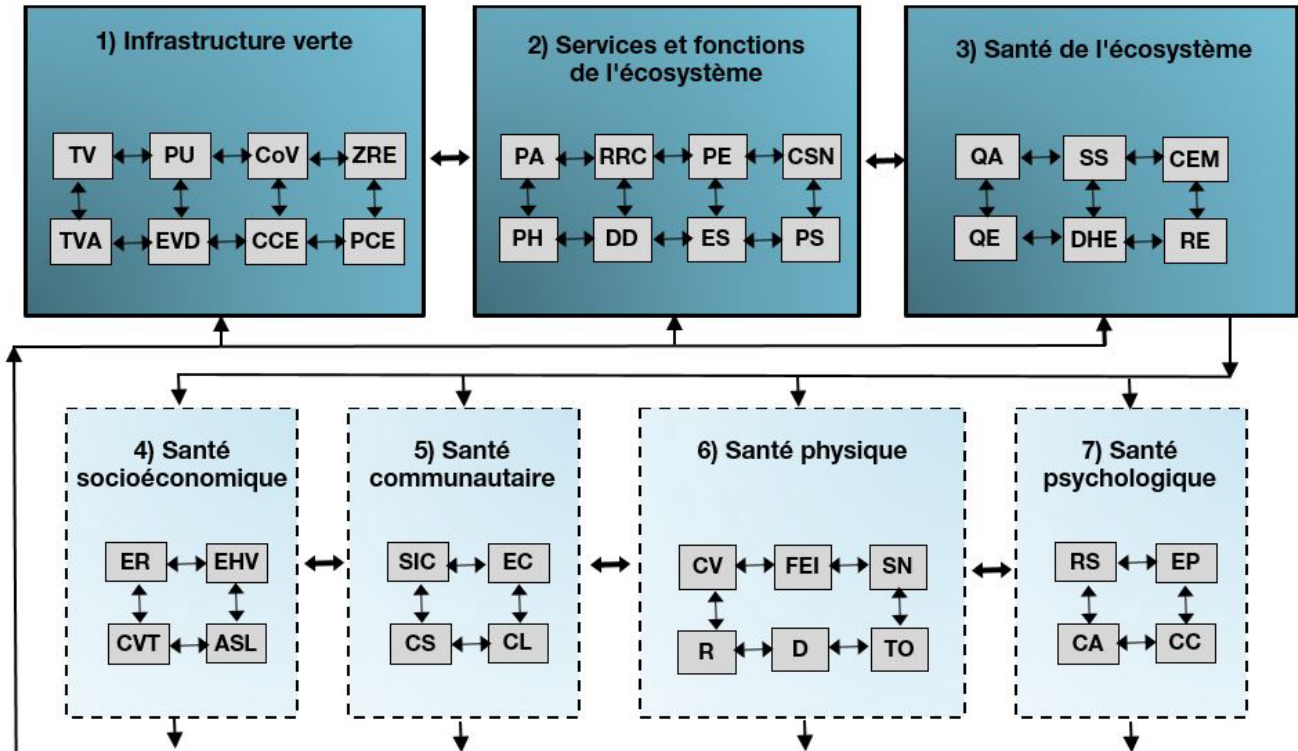


Adapté de : Dupras et Revéret (2015).

Annexe 2 Cadre conceptuel de Tzoulas *et al.*

Le cadre conceptuel de Tzoulas *et al.* (2007) est fondé sur le concept d'infrastructure verte produisant des SE influençant la santé humaine. Il comprend deux parties principales interreliées, une supérieure et l'autre inférieure, séparées par des flèches bidirectionnelles. Les trois boîtes supérieures représentent les écosystèmes, alors que les quatre boîtes inférieures correspondent à la santé humaine. Les flèches bidirectionnelles indiquent les interactions entre les différents SE.

Figure 1 Cadre conceptuel intégrant infrastructure verte, santé des écosystèmes et santé humaine



Adapté de : Tzoulas *et al.* (2007).

TV : Toits verts	PH : Provision des habitats	SIC : Sens d'identité communautaire
PU : Parcs urbains	DD : Décomposition des déchets	EC : Empowerment communautaire
CoV : Corridors verts	ES : Esthétique et spirituel	CS : Capital social
ZRE : Zone rurale encapsulée	PS : Contrôle de la pollution sonore	CL : Culture
TVA : Terrains vagues à l'abandon	QA : Qualité de l'air	CV : Cardiovasculaire
EVD : Espaces verts et jardins domestiques	SS : Structure des sols	FEI : Fonctions endocrines et immunitaires
CCE : Cimetières, églises et cours d'écoles	CEM : Cycle de l'énergie et des matières	SN : Système nerveux
PCE : Plans et cours d'eau	QE : Qualité de l'eau	R : Respiratoire
PA : Purification de l'air	DHE : Diversité de l'habitat et des espèces	D : Digestif
RRC : Régulations des radiations et du climat	RE : Résilience de l'écosystème	TO : Tissus osseux
PE : Purification de l'eau	ER : Emploi et revenu	RS : Relaxation du stress
CSN : Cycle des sols et nutriments	EHV : Éducation et habitudes de vie	EP : Émotions positives
	CVT : Conditions de vie et travail	CA : Capacité d'attention
	ASL : Accès aux services et logements	CC : Capacité cognitive

Centre d'expertise
et de référence

www.inspq.qc.ca