



Organisation des Nations Unies  
pour l'alimentation  
et l'agriculture

250

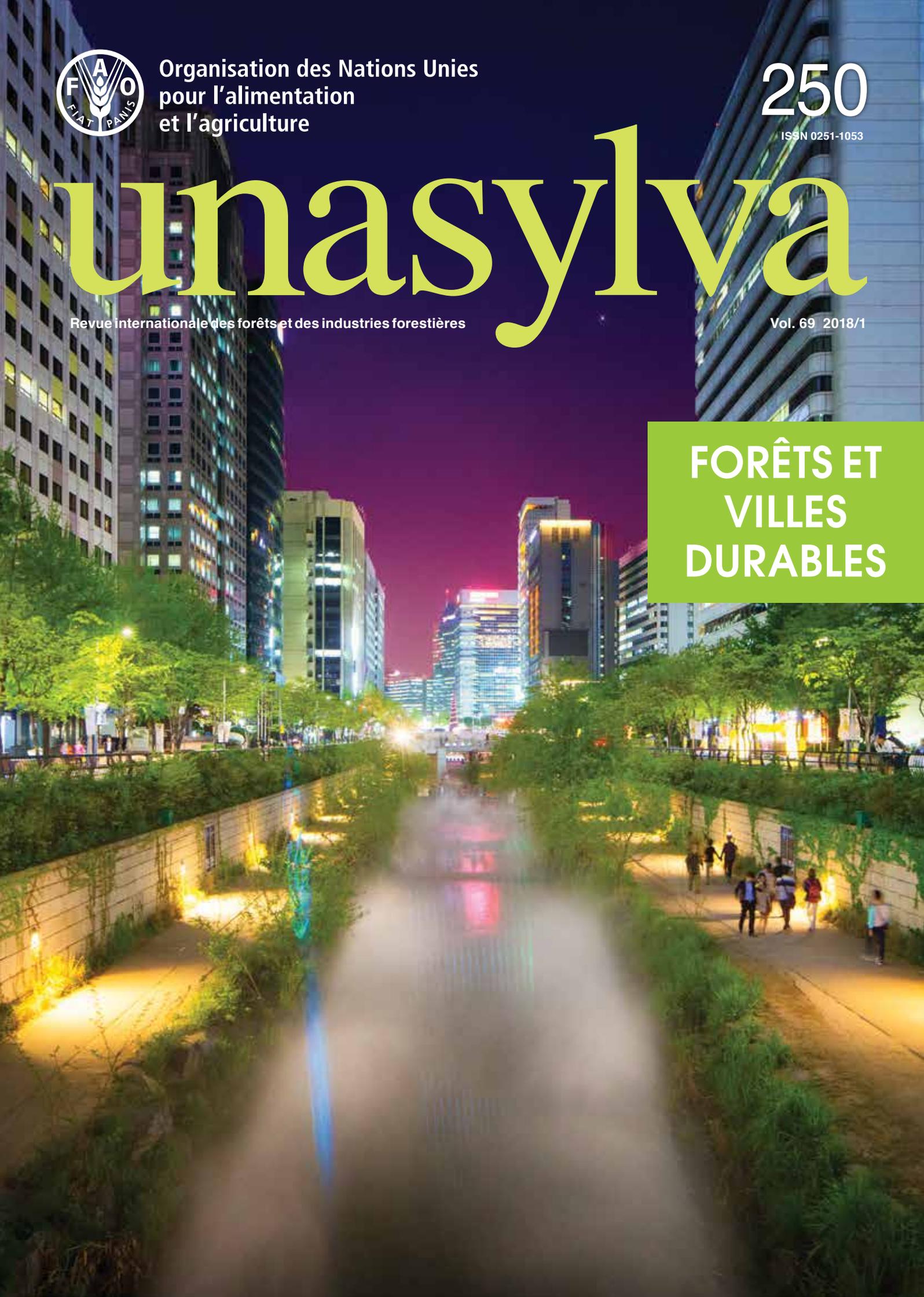
ISSN 0251-1053

# unasyuva

Revue internationale des forêts et des industries forestières

Vol. 69 2018/1

**FORÊTS ET  
VILLES  
DURABLES**





*Mantoue, Italie, accueillera le premier  
Forum mondial sur les forêts urbaines  
en novembre-décembre 2018*

# Forum mondial sur les forêts urbaines

**Mantoue, Italie, 28 novembre-1<sup>er</sup> décembre 2018**

Le premier Forum mondial sur les forêts urbaines mettra en exergue des villes de la planète qui recourent à la foresterie urbaine pour générer des avantages économiques et des services écosystémiques, et pour renforcer la cohésion sociale et l'engagement public. L'événement rassemblera des acteurs provenant du monde entier et de tous les secteurs, en vue d'explorer les stratégies de foresterie urbaine en mesure de conduire vers un avenir plus vert, plus sain et plus heureux.

Une initiative de la FAO, de la Ville de Mantoue, de la Società italiana di selvicoltura ed ecologia forestale (Société italienne de sylviculture et d'écologie forestière), et du Politecnico di Milano (École polytechnique de Milan)

Pour plus d'informations: [www.wfuf2018.com](http://www.wfuf2018.com)



**World Forum on  
Urban Forests**  
Mantova 2018



# unasyvla

Revue internationale des forêts et des industries forestières

Vol. 69 2018/1

Rédacteur: A. Sarre

Comité consultatif de rédaction: I. Buttoud,

P. Csoka, D. Reeb, S. Rose

Conseillers émérites: J. Ball, I.J. Bourke,

C. Palmberg-Lerche, L. Russo

Conseillers régionaux: T. Hofer, A.A. Hamid,

J. Meza

*Unasyvla* paraît en anglais, français et espagnol. Pour souscrire, s'adresser par courriel à [unasyvla@fao.org](mailto:unasyvla@fao.org). Les demandes d'abonnement venant d'institutions (bibliothèques, sociétés, organisations et universités, par exemple) sont préférables aux demandes individuelles, afin de rendre la revue accessible à davantage de lecteurs. Tous les numéros d'*Unasyvla* sont disponibles en ligne à titre gratuit à l'adresse suivante: [www.fao.org/forestry/unasyvla](http://www.fao.org/forestry/unasyvla). Veuillez envoyer vos commentaires et questions à: [unasyvla@fao.org](mailto:unasyvla@fao.org).

La FAO encourage l'utilisation, la reproduction et la diffusion des informations figurant dans ce produit d'information. Sauf indication contraire, le contenu peut être copié, téléchargé et imprimé aux fins d'étude privée, de recherches ou d'enseignement, ainsi que pour utilisation dans des produits ou services non commerciaux, sous réserve que la FAO soit correctement mentionnée comme source et comme titulaire du droit d'auteur et à condition qu'il ne soit sous-entendu en aucune manière que la FAO approuverait les opinions, produits ou services des utilisateurs. Toute demande relative aux droits de traduction ou d'adaptation, à la revente ou à d'autres droits d'utilisation commerciale doit être présentée au moyen du formulaire en ligne disponible à [www.fao.org/contact-us/licence-request](http://www.fao.org/contact-us/licence-request) ou adressée par courriel à [copyright@fao.org](mailto:copyright@fao.org).

Les appellations employées dans ce produit d'information et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) aucune prise de position quant au statut juridique ou au stade de développement des pays, territoires, villes ou zones ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. La mention de sociétés déterminées ou de produits de fabricants, qu'ils soient ou non brevetés, n'entraîne, de la part de la FAO, aucune approbation ou recommandation desdits produits de préférence à d'autres de nature analogue qui ne sont pas cités.

Les publications de la FAO mentionnées dans *Unasyvla* sont disponibles sur le site Web de la FAO ([www.fao.org/publications](http://www.fao.org/publications)) et peuvent être achetées par courriel adressé à [publications-sales@fao.org](mailto:publications-sales@fao.org).

© FAO, 2018

ISBN 978-92-5-130428-0

**Photo de couverture:** La promenade de Cheonggyecheon, Séoul, République de Corée. La zone a été restaurée dans le cadre d'un grand projet de rénovation urbaine visant à améliorer l'environnement du centre-ville. Les villes ont besoin des forêts

© Nicolas McComber

## Table des matières

<b>Editorial</b>	<b>2</b>
<i>S. Borelli, M. Conigliaro et F. Pineda</i>	
<b>Les forêts urbaines dans le contexte mondial</b>	<b>3</b>
<i>P. Calaza, P. Cariñanos, F.J. Escobedo, J. Schwab et G. Tovar</i>	
<b>Bâtir une infrastructure verte et des paysages urbains</b>	<b>11</b>
<i>C. Dobbs, A.A. Eleuterio, J.D. Amaya, J. Montoya et D. Kendal</i>	
<b>Les bienfaits de la foresterie urbaine et périurbaine</b>	<b>22</b>
<i>D.J. Nowak</i>	
<b>Améliorer les forêts citadines à travers l'évaluation, la modélisation et le suivi</b>	<b>30</b>
<i>C.C. Konijnendijk, P. Rodbell, F. Salbitano, K. Sayers, S. Jiménez Villarpando et M. Yokohari</i>	
<b>L'évolution de la gouvernance des forêts urbaines</b>	<b>37</b>
<i>N. Nagabhatla, E. Springgay et N. Dudley</i>	
<b>Les forêts comme solutions fondées sur la nature pour garantir la sécurité de l'eau urbaine</b>	<b>43</b>
<i>P. Cariñanos, P. Calaza, J. Hiemstra, D. Pearlmutter et U. Vilhar</i>	
<b>Le rôle des forêts urbaines et périurbaines dans la réduction des risques et la gestion des catastrophes</b>	<b>53</b>
<i>J. Castro, S. Krajer Ostoić, P. Cariñanos, A. Fini et T. Sitzia</i>	
<b>Les forêts urbaines «comestibles», partie intégrante des villes inclusives et durables</b>	<b>59</b>
<i>C.Y. Jim</i>	
<b>Protéger les arbres du patrimoine dans les milieux urbains et périurbains</b>	<b>66</b>
<b>La FAO et la foresterie</b>	<b>78</b>
<b>Le monde forestier</b>	<b>80</b>
<b>Livres</b>	<b>81</b>

## ÉDITORIAL

Plus de la moitié de la population mondiale vit aujourd'hui dans les villes et cette proportion est appelée à continuer de s'accroître dans les prochaines décennies. Si elles sont bien planifiées et bien gérées, les villes peuvent être des lieux très agréables à vivre, mais de nombreux développements urbains provoquent des ravages écologiques – entraînant au bout du compte des problèmes tels que «îlots de chaleur» urbains, inondations et pollution atmosphérique. La conséquence pour les citoyens consiste dans la détérioration de leur bien-être; le prix pour la planète comporte l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre et autres déchets, et la dégradation des sols et des cours d'eau.

Les villes ont besoin des forêts. Le réseau des zones boisées, des groupes d'arbres et des arbres individuels se trouvant à l'intérieur et autour d'une ville assure un vaste éventail de fonctions – comme réguler le climat; stocker le carbone; éliminer les polluants atmosphériques; réduire le risque d'inondation; contribuer à la sécurité alimentaire, énergétique et hydrique; et améliorer la santé physique et mentale des citoyens. Les forêts embellissent les villes et sont déterminantes pour la cohésion sociale; elles pourraient même aider à réduire la criminalité. Cette édition d'*Unasylva* examine de près la foresterie urbaine et périurbaine (FUP) – ses avantages, ses écueils, sa gouvernance et ses enjeux.

Dans l'article d'ouverture, Borelli et ses co-auteurs décrivent le rôle capital que doivent jouer les forêts urbaines et périurbaines pour s'acquitter des engagements pris au niveau mondial en matière de développement durable. Les Nations Unies et d'autres instances reconnaissent depuis longtemps que la croissance urbaine sauvage peut mener à la pauvreté et à l'inégalité, et causer des problèmes sociaux et environnementaux à l'échelle planétaire. Plus récemment, les Objectifs de développement durable ont explicitement évoqué la nécessité d'un développement urbain durable, en vue de «faire en sorte que les villes et les établissements humains soient ouverts à tous, sûrs, résilients et durables». Les forêts sont de plus en plus considérées comme des éléments essentiels de cette équation, et de nombreuses organisations internationales, dont la FAO, aident actuellement les pays et les autorités locales à mieux intégrer les forêts dans la gouvernance des villes.

L'article de Calaza et de ses co-auteurs examine le rôle joué par la FUP dans le cadre d'une stratégie globale visant à développer une infrastructure verte – le terme employé pour décrire le réseau d'espaces verts et de systèmes hydriques qui génèrent pour une zone de multiples valeurs et bénéfices de type économique, social et environnemental. L'article présente des perspectives internationales soulignant l'importance d'une conception judicieuse de la FUP et suggère que cette dernière peut aider à résoudre un grand nombre de problèmes urbains.

Dobbs et ses co-auteurs utilisent des études de cas tirées de l'Australie, du Brésil, de la Colombie et des États-Unis d'Amérique pour montrer les avantages que les forêts urbaines et périurbaines peuvent procurer aux habitants des villes. Ils analysent aussi quelques-uns des défis que les planificateurs et les gestionnaires des forêts urbaines auront à relever dans les années à venir.

Dans un autre article, Nowak définit un processus en quatre étapes pour effectuer l'évaluation, la modélisation et le suivi de la structure des forêts urbaines, qui peut avoir un impact profond

sur les bénéfiques et les coûts associés aux forêts urbaines et périurbaines. Ce processus, déclare l'auteur, permet de développer des plans de gestion forestière locaux qui optimisent la structure des forêts dans le but d'améliorer le bien-être humain.

Les forêts urbaines et périurbaines sont souvent sous pression du fait d'un mauvais développement citadin, et il est impératif de trouver de meilleures manières de les administrer. Selon Konijnendijk et ses co-auteurs, divers modèles de gouvernance des forêts urbaines sont en train d'émerger, dans lesquels les communautés locales, les organisations sans but lucratif, les autorités municipales et le secteur privé ont tous un rôle à jouer pour garantir que les avantages et les coûts de la FUP soient partagés équitablement.

Nagabhatla et ses co-auteurs affirment que l'approvisionnement durable en eau dans les villes représente un défi majeur à l'échelle mondiale. Ils plaident en faveur de solutions fondées sur la nature, à savoir des actions visant à protéger et gérer les écosystèmes qui répondent aux enjeux de la société tout en procurant des bénéfices en termes de bien-être humain et de biodiversité. Les forêts accroissent l'infiltration dans les sols, la capacité de rétention d'eau de ces derniers et la réalimentation des nappes souterraines; elles régulent les débits; elles réduisent l'érosion du sol et la sédimentation; et elles contribuent au couvert nuageux et aux précipitations à travers l'évapotranspiration. La FUP, disent les auteurs, sera de plus en plus déployée, en tant que solution fondée sur la nature peu coûteuse pour aider à la gestion de l'eau dans les villes.

Cariñanos et ses co-auteurs examinent le rôle de la FUP dans la réduction des risques et la capacité de faire face aux catastrophes. Des forêts urbaines et périurbaines mal gérées peuvent toutefois elles aussi constituer un danger, et l'article analyse comment il est possible de maîtriser ces risques, avec pour objectif global d'augmenter la résilience urbaine en regard des chocs.

L'article de Castro et de ses co-auteurs adopte un angle quelque peu différent, en examinant le rôle joué par les «forêts nourricières» dans la durabilité des villes. Il conclut que des travaux supplémentaires sont nécessaires pour maximiser le potentiel de ce type de forêts au sein de l'infrastructure verte citadine.

Enfin, l'article de Jim se penche sur le rôle culturel et sur les bonnes et mauvaises pratiques de gestion des arbres du patrimoine, ces arbres «remarquables» auxquels la société attribue une valeur particulière. Si une ville est en mesure d'apporter les meilleurs soins à ses arbres du patrimoine, soutient l'auteur, «elle peut inspirer confiance dans sa capacité à s'occuper de toutes ses forêts urbaines et périurbaines». L'article présente des recommandations qui visent à atténuer les problèmes existant dans la gestion des arbres du patrimoine et à améliorer la pratique professionnelle à cet égard.

Le monde va continuer à s'urbaniser dans les décennies à venir. Les villages deviendront des petites villes, les petites villes deviendront des villes, et les villes deviendront des mégapoles. S'assurer que cette expansion urbaine soit à la fois vivable et durable représente un défi d'envergure que les partisans et les praticiens de la FUP doivent relever. Préserver et gérer durablement les forêts et les autres espaces verts dans les villes sera crucial pour la santé et le bien-être de la planète et de ses habitants. ♦



© SIMONE BORELLI

## Les forêts urbaines dans le contexte mondial

*S. Borelli, M. Conigliaro et F. Pineda*

*Dans la poursuite des Objectifs de développement durable et d'autres objectifs fixés à l'échelle mondiale, les villes peuvent montrer la voie en déployant des activités de foresterie urbaine et périurbaine.*

Le siècle dernier a été caractérisé, entre autres, par une urbanisation croissante, les villes s'étendant dans le monde entier tant en nombre qu'en taille. La population urbaine mondiale est ainsi passée de 746 millions d'habitants en 1950 à 4 milliards en 2015 (ayant donc plus que quintuplé), et cette augmentation est appelée à se poursuivre dans les décennies à venir, les pays à faible et à moyen revenu devant, d'après les projections, voir leur population urbaine respectivement doubler et tripler d'ici à 2050 (Nations Unies, 2016). Parmi les régions du globe, l'Afrique et l'Asie sont celles qui s'urbanisent le plus rapidement: l'Afrique était entre 1995 et 2015 la région ayant le plus haut taux d'urbanisation; quant à l'Asie (qui abrite déjà 17 mégapoles<sup>1</sup>), elle détient de loin le plus grand nombre d'habitants vivant dans des zones urbaines et abrite globalement

53 pour cent de la population urbaine mondiale (Nations Unies, 2014).

Gérer l'urbanisation pose d'immenses défis. Si les villes peuvent être des pôles de développement socioéconomique, le rythme rapide de la croissance urbaine et les ressources disponibles limitées pour répondre à une demande croissante de nourriture et de services de base peuvent représenter une entrave considérable en termes d'équité et de durabilité du développement citoyen (Nations Unies, 2016). Dans les pays moins développés en particulier, la croissance exponentielle de la population urbaine ne s'est pas accompagnée d'une augmentation correspondante de biens et services disponibles, tels que eau potable, logements et assainissement adéquats, et énergie. Dans la plupart des pays moins

Simone Borelli, Michela Conigliaro et Florencia Pineda travaillent à la Division des politiques et des ressources forestières, Département des forêts de la FAO.

<sup>1</sup> Une mégapole est une ville avec plus de 10 millions d'habitants.

*En haut: Scène dans un parc de la ville de Viterbe, Italie. Les forêts urbaines et périurbaines constituent un élément clé de l'avenir durable de la planète*

développés, l'urbanisation s'est largement traduite par une expansion sauvage des villes associée à des modes de production et de consommation non durables, conduisant, à leur tour, à la surexploitation des ressources naturelles à l'intérieur et autour des zones urbaines. Par conséquent, les villes sont devenues plus vulnérables face aux catastrophes naturelles et aux effets du changement climatique, et de nombreuses communautés urbaines et périurbaines sont fortement exposées à l'insécurité alimentaire et à la pauvreté.

Cet article décrit ce qu'est la réponse internationale à la nécessité urgente de mieux gérer l'urbanisation, plus spécifiquement à travers l'établissement, la gestion et l'utilisation durable des forêts urbaines et périurbaines.

#### **LES QUESTIONS URBAINES DANS L'AGENDA MONDIAL**

La communauté internationale et les Nations Unies ont largement reconnu que

la croissance urbaine rapide et non planifiée peut entraîner la pauvreté et l'inégalité, en particulier dans les pays qui connaissent une urbanisation récente. Dès 1976, la première conférence Habitat (tenue à Vancouver, Canada) a attiré l'attention internationale sur le besoin de considérer et examiner les enjeux dérivant de l'urbanisation galopante. Entre autres choses, elle a conduit à la création de la Commission des Nations Unies pour les établissements humains – un organisme intergouvernemental – et du Centre des Nations Unies pour les établissements humains, les deux précurseurs du Programme des Nations Unies pour les établissements humains, appelé communément ONU-Habitat. La deuxième conférence Habitat, tenue à Istanbul, Turquie, en 1996, s'est conclue par l'adoption du Programme pour l'habitat, un document politique comportant plus de 100 engagements et 600 recommandations à l'intention des pays membres, déterminant un plan d'action et des objectifs

de durabilité urbaine pour le nouveau millénaire.

En 2015, le développement urbain durable était aussi au cœur des deux principaux accords de développement mondiaux approuvés par la communauté internationale: le Programme de développement durable à l'horizon 2030 et l'Accord de Paris sur les changements climatiques. S'appuyant sur les objectifs du Millénaire pour le développement, le Programme 2030 (qui comprend 17 Objectifs de développement durable – ODD) appelle les pays à mobiliser leurs efforts pour éliminer toute forme de pauvreté, combattre les inégalités et lutter contre les changements climatiques, en veillant à ce que personne ne soit laissé de côté.

Le Programme 2030 reconnaît que la durabilité urbaine est un élément essentiel du développement durable et inclut un objectif spécifique sur le développement urbain (ODD 11): «Faire en sorte que les villes et les établissements humains soient



*Les participants à la conférence Habitat III, tenue à Quito, Équateur, en 2016, profitent des services écosystémiques offerts par les arbres*

À Ljubljana, Slovénie, les résidents et les touristes profitent de leur temps de loisir en plein air à l'ombre d'un grand arbre. Il existe une relation inverse entre le couvert forestier et les taux de criminalité. Les espaces verts augmentent la cohésion sociale et procurent des bénéfices pour la santé largement reconnus



© SIMONE BORELLI

ouverts à tous, sûrs, résilients et durables». Près d'un tiers des 231 indicateurs du Cadre mondial de suivi pour les ODD sont directement liés aux politiques urbaines avec un impact clair sur les villes et les établissements humains et peuvent être mesurés à l'échelon local (ONU-Habitat, 2017).

Le rôle crucial joué par les villes pour atteindre les objectifs de durabilité déterminés dans l'Accord de Paris a été reconnu lors de la 22<sup>e</sup> Conférence des Parties à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques tenue à Marrakech, Maroc, en 2016. Les Parties sont convenues que, les villes étant la principale source d'émissions de carbone et contenant la plupart de la population humaine (ONU-Habitat, 2011), les efforts les plus importants en matière d'adaptation au changement climatique et d'atténuation de ses effets devront être mis en œuvre dans les zones urbaines.

La conférence Habitat III, tenue à Quito, Équateur, en 2016, a mis l'égalité et la durabilité socioéconomique et environnementale au cœur des débats sur le développement urbain durable. Le principal résultat de la conférence a été l'adoption du Nouveau programme pour les villes (NPV), qui définit une stratégie globale visant à traiter les problématiques de l'urbanisation dans les prochaines décennies. Selon le NPV, les villes doivent développer des stratégies urbaines centrées

sur les personnes, aidant les citoyens à s'épanouir et non seulement à survivre. Le NPV s'appuie sur trois principes étroitement interconnectés: ne laisser personne de côté; garantir des économies urbaines durables et inclusives; et assurer la durabilité environnementale. Le NPV repose sur l'hypothèse qu'une urbanisation bien planifiée et bien gérée peut être un puissant outil en faveur du développement durable, tant dans les pays en développement que dans les pays développés. Il souligne aussi ses liens avec le Programme 2030 et son rôle dans la mise en œuvre de celui-ci.

#### RÔLE DES FORÊTS URBAINES DANS LE NPV ET LES ODD

Le NPV et les ODD, en particulier l'ODD 11, soulignent l'importance des espaces verts pour améliorer la qualité de vie dans les villes, renforcer la cohésion communautaire, accroître le bien-être et la santé des personnes, et garantir un développement durable, le texte du NPV faisant écho à la formulation des ODD. Ainsi, les pays s'engagent à promouvoir des espaces verts et des espaces publics de qualité qui soient sûrs, ouverts à tous et accessibles (ODD 11) et qui:

- fournissent aux habitants des villes des espaces multifonctionnels conçus pour favoriser l'interaction et l'inclusion sociales (ODD 10 et 11);
- contribuent à la santé et au bien-être humains (ODD 3);

- facilitent l'échange économique, l'expression culturelle et le dialogue au sein d'une grande variété de populations et de cultures (ODD 8);
- soient conçus et gérés pour assurer le développement humain et bâtir des sociétés pacifiques, inclusives et participatives (ODD 10 et 16), de même que pour encourager la coexistence, la connectivité et l'inclusion sociale<sup>2</sup>.

#### Forêts urbaines, cohésion sociale et santé humaine

Si elles sont convenablement planifiées et gérées, les forêts urbaines et périurbaines – définies comme «les réseaux ou les systèmes incluant toutes les surfaces boisées, les groupes d'arbres et les arbres individuels se trouvant à l'intérieur et autour des zones urbaine» (FAO, 2017) – peuvent apporter une contribution notable à la qualité des espaces verts urbains. À Baltimore, États-Unis d'Amérique, par exemple, une forte association inverse a été observée entre les taux de criminalité et le couvert forestier (après ajustement pour tenir compte de multiples facteurs confondants); cette association se vérifiait aussi bien dans les domaines publics que privés, mais était plus importante pour les terrains publics accessibles à tous

<sup>2</sup> Le NPV aborde les points énoncés dans cette énumération aux paragraphes 13b, 13h, 14c, 37, 38, 51, 53, 65, 67, 71, 100 et 109.

(Troy, Grove et O'Neil-Dunnea, 2012). Une étude sur l'efficacité collective<sup>3</sup> de divers éléments urbains a révélé que les parcs sont considérés comme des biens communautaires. Ils convoient les habitants des zones environnantes vers des espaces communs pour participer à des activités de loisir – à des moments où les personnes sont plus enclines à être ouvertes à ce qu'elles voient autour d'elles et plus réceptives aux autres parce qu'elles sont en train de se détendre ensemble et de partager des espaces collectifs (Cohen, Inagami et Finch, 2008).

Une autre étude, menée aux Pays-Bas (Maas *et al.*, 2009), a montré, après ajustement pour tenir compte de caractéristiques socioéconomiques et démographiques, qu'une moindre quantité d'espaces verts dans l'environnement de vie des personnes coïncidait avec des sentiments de solitude et la sensation perçue d'un manque de support social. De manière générale, les informations recueillies lors d'interviews ont montré que les personnes disposant de plus d'espaces verts dans leur cadre de vie se sentaient en meilleure santé, avaient eu moins de problèmes de santé dans les 14 jours précédents, et avaient une moindre propension personnelle à la morbidité psychiatrique que ceux ayant moins accès à des espaces verts. L'étude a aussi montré que la relation entre espace vert et indicateurs de santé était plus forte et plus constante pour le pourcentage d'espaces verts situés dans un rayon de 1 km des habitations des interviewés. Un rapport établi par The Nature Conservancy (2017) a conclu que, eu égard aux bénéfices de mieux en mieux documentés des forêts urbaines et périurbaines pour la santé humaine, «des arguments solides plaident en faveur de l'investissement dans les arbres des villes»; ainsi, «le secteur de la santé (qu'il s'agisse d'institutions publiques ou privées) pourrait apporter des ressources financières pour aider à couvrir partiellement le coût des activités effectuées dans le secteur de la foresterie urbaine».

<sup>3</sup> L'efficacité collective, une forme de capital social, est une mesure agrégée normalisée, ayant largement fait ses preuves, des perceptions individuelles de la «cohésion sociale entre voisins, associée à la volonté d'intervenir au nom de l'intérêt commun» (Sampson, Raudenbush et Earls, 1997).

### Développement socioéconomique

Dans le NPV, les espaces verts ne sont plus vus simplement comme des caractéristiques esthétiques au sein des paysages mais comme des vecteurs de développement socioéconomique que l'on peut exploiter en vue d'un accroissement de valeur, notamment en augmentant la valeur des propriétés, en facilitant les activités commerciales et les investissements publics et privés, et en fournissant des possibilités de moyens d'existence à tous (ODD 8 et ODD 10). Les modèles hédonistes utilisés pour déterminer les effets des espaces verts et des forêts urbaines et périurbaines sur le prix de vente des logements ont montré, par exemple, que la présence d'espaces verts à moins de 80 à 100 m d'une habitation en augmente le prix de 7 pour cent (Conway *et al.*, 2010). Wolf (2003) a utilisé des méthodes d'évaluation contingente pour estimer les corrélations entre les variations de l'élément des forêts urbaines et le comportement des acheteurs dans un certain nombre de villes des États-Unis d'Amérique; il a trouvé que les consommateurs avaient une propension de 9 à 12 pour cent plus élevée à faire leurs courses dans des centres commerciaux dotés d'arbres que dans des centres comparables mais dénués d'arbres.

### Bénéfices environnementaux

Conformément à l'ODD 13 (action pour le climat) et à l'ODD 15 (vie terrestre), le NPV appelle à une gestion durable des ressources naturelles dans les villes et les établissements humains, de manière à protéger et améliorer les écosystèmes urbains et leurs services écosystémiques, réduire les émissions de gaz à effet de serre et la pollution de l'air, et encourager la gestion des risques de catastrophe. Les forêts et les arbres urbains et périurbains peuvent contribuer à atténuer les effets du changement climatique en captant et stockant directement le dioxyde de carbone de l'atmosphère. De même, les arbres procurent de l'ombre et réduisent la vitesse des vents, modérant ainsi indirectement les émissions de carbone en diminuant les besoins en air conditionné et en chauffage et en limitant donc les émissions issues des centrales électriques (Nowak *et al.*, 2013). Les surfaces ombragées peuvent être de 11 à 25 °C plus fraîches que les températures maximales des matériaux non ombragés

(Akbari *et al.*, 1997); l'ombrage peut par conséquent prolonger de bien dix ans la durée de vie utile de la chaussée, réduisant ainsi les émissions associées à l'utilisation de matériaux fortement axés sur le pétrole et aux opérations des équipements lourds requis pour repaver les routes et emporter les déchets (McPherson et Muchnick, 2005).

Les zones urbaines sont en général plus chaudes que les zones environnantes – habituellement de 1 à 2 °C mais cela peut atteindre les 10 °C dans certaines conditions climatiques (Bristow, Blackie et Brown, 2012; Kovats et Akhtar, 2008). Les forêts urbaines et périurbaines peuvent diminuer cet effet «îlot de chaleur» en apportant de l'ombrage et en réduisant l'albédo urbain (la fraction de radiation solaire réfléchi dans l'environnement), et en entraînant un rafraîchissement au moyen de l'évapotranspiration (Romero-Lankao et Gratz, 2008; Nowak *et al.*, 2010).

Dans les zones urbaines, les populations sont confrontées à de nombreux dangers potentiels liés au changement climatique, comme l'apparition et la sévérité croissantes de tempêtes et d'inondations. Les arbres urbains peuvent contribuer à la gestion des eaux d'orage de diverses manières. Le ruissellement des eaux de pluie peut être réduit à travers l'évaporation des précipitations interceptée par le couvert arboré, et la qualité des eaux de pluie peut être améliorée grâce à la rétention des polluants dans les sols et les plantes (Stovin, Jorgensen et Clayden, 2008). Réduire l'écoulement des eaux de pluie réduit aussi le risque de déversement dangereux doublés de débordements d'égouts (Fazio, 2010).

En renforçant la cohésion sociale, les forêts urbaines et périurbaines peuvent aider à prévenir des décès liés, entre autres, aux effets du changement climatique. La stabilité communautaire est une composante essentielle des stratégies efficaces et durables à long terme pour lutter contre les changements climatiques (Williamson, Dubb et Alperovitz, 2010). Ainsi, durant la grave vague de chaleur qui a sévi en 1995 à Chicago, le taux de mortalité a varié considérablement selon les quartiers, en partie en raison de différences en matière de cohésion communautaire (Organisation mondiale de la santé, sans date).



*En République de Corée, une famille regarde vers l'extérieur au-dessus de la canopée. Les villes peuvent ouvrir la voie vers une planète plus verte et plus saine qui assure le bien-être de tous, en investissant dans des solutions axées sur la nature comme outil clé pour parvenir à un développement urbain durable*

## LE RÔLE DES ORGANISATIONS INTERNATIONALES

Il apparaît de plus en plus évident que les institutions gouvernementales ne sont plus les seuls acteurs essentiels dans les processus décisionnels, et que l'un des ingrédients clés d'une gestion durable des forêts urbaines et périurbaines est, par conséquent, la gouvernance inclusive (Lawrence *et al.*, 2013). Plus on va de l'avant, plus les acteurs de la société civile sont reconnus comme des partenaires importants dans les débats politiques et dans la promotion des bénéfices potentiels des forêts urbaines et périurbaines. Les organisations intergouvernementales et les organisations non gouvernementales (ONG) jouent un rôle crucial pour combler les lacunes, en menant des travaux de recherche, en offrant des orientations politiques et en renforçant les capacités institutionnelles. De telles organisations facilitent également le dialogue entre les pays et les villes et avec la société civile,

en vue de sensibiliser les populations à la nécessité de vivre selon un mode plus viable (Al Mubarak et Alam, 2012) et, au bout du compte, parvenir à intégrer pleinement les forêts urbaines et périurbaines et la planification et la gouvernance des villes.

La FAO appuie ses pays membres au moyen du développement de directives techniques et de réseaux régionaux et à travers la mise en œuvre de projets de terrain. En plus de ses travaux sur la foresterie urbaine et périurbaine, la FAO a des initiatives et des programmes axés sur la réalisation de l'ODD 11, et collabore davantage avec des organisations partenaires, telles que ONU-Habitat, sur les liens entre l'urbain et le rural et sur les questions foncières.

ONU-Habitat travaille dans les établissements humains partout dans le monde – des villages aux mégapoles. Le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) traite du rôle des villes dans

le changement climatique au travers de son Groupe de l'environnement urbain. Intégrant leur expertise complémentaire, ONU-Habitat et le PNUE ont développé le «Partenariat pour des villes plus vertes», qui défend et promeut la durabilité environnementale dans le développement urbain et la prise en compte des considérations écologiques dans l'élaboration des politiques urbaines. Depuis plus de deux décennies, le Partenariat pour des villes plus vertes est un incubateur d'idées en termes de collaboration et d'innovation, tout en étant au service de diverses parties prenantes locales, nationales et internationales au travers de diverses activités.

«United for Smart Sustainable Cities» (U4SSC) est une initiative conjointe de 16 agences et programmes des Nations Unies lancée en 2016 pour aider à la réalisation de l'ODD 11. Coordonnée par l'Union internationale des télécommunications (UIT) et la Commission économique des Nations Unies pour l'Europe, U4SSC



© SIMONE BORELLI

a développé un ensemble d'indicateurs de performance internationaux clés et une méthode de collecte des données associée pour évaluer la contribution des technologies de l'information et de la communication à la création de villes plus intelligentes et plus durables. Un certain nombre de ces indicateurs de performance clés ont été conçus pour évaluer la disponibilité, l'accessibilité et la gestion des espaces verts et naturels dans les villes.

Des ONG environnementales et des organisations internationales telles que le Fonds mondial pour la nature (WWF), l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN), The Nature Conservancy et Conservation International jouent des rôles croissants dans la gouvernance des forêts urbaines et périurbaines (Duinker *et al.*, 2014). Le but de l'opération du

WWF «One Planet City Challenge», par exemple, est de soutenir les villes pour qu'elles permettent à leurs habitants de s'épanouir tout en respectant les limites écologiques de la planète. «Urban Solutions for a Living Planet» est une plate-forme du WWF où sont présentées les meilleures pratiques en matière de développement urbain durable. Le WWF travaille aussi avec des urbanistes du monde entier au travers de son programme «Financing Sustainable Cities» pour promouvoir les investissements dans des infrastructures urbaines durables.

En 2000, la Commission mondiale des aires protégées de l'UICN, un réseau mondial qui vise à aider les gouvernements et autres entités à planifier des aires protégées et à les intégrer dans l'ensemble des autres secteurs, a créé un Groupe de spécialistes

***Des arbres ornent cet espace vert en Belgique. Les forêts et les arbres urbains et périurbains offrent une vaste gamme de bénéfices environnementaux, en plus de leur contribution à la cohésion sociale et au bien-être humain***

sur les stratégies de conservation urbaine. Ce groupe travaille à renforcer l'aptitude de la communauté de la conservation à aider les populations, les lieux et les institutions urbains.

«100 Resilient Cities» (100RC) est une organisation à but non lucratif qui se consacre à aider les villes à devenir plus résilientes face aux enjeux physiques, économiques et sociaux auxquels elles sont confrontées. Le réseau mondial de 100RC offre aux villes des ressources pour les appuyer dans le développement

de stratégies de résilience. Ainsi, le réseau préconise d'instaurer au sein des autorités un poste de «haut responsable de la résilience» pour guider les efforts de renforcement en la matière et il donne accès à des solutions novatrices, des fournisseurs de services et des partenaires potentiels, issus du secteur privé, du secteur public et des ONG. L'adhésion au réseau 100RC permet aux villes d'apprendre les unes des autres et de s'aider mutuellement à atteindre des objectifs communs.

### CONCLUSION

Atteindre les objectifs généraux et spécifiques du Programme de développement durable à l'horizon 2030, de l'Accord de Paris et d'autres agendas et stratégies requiert de conjuguer les efforts pour passer de l'engagement à l'échelle mondiale à la mise en œuvre à l'échelle locale. Au travers de la foresterie urbaine et périurbaine et des solutions de verdissement, les villes peuvent ouvrir la voie vers une planète plus verte et plus saine qui assure le bien-être de tous. Pour qu'il en soit ainsi, il faut que les administrateurs des villes:

- impliquent toutes les parties prenantes essentielles dans la gouvernance des forêts urbaines et périurbaines;
- développent des politiques et des cadres juridiques qui appuient l'intégration des forêts urbaines et périurbaines et des autres espaces verts au sein de politiques globales en faveur de «villes vertes»;
- investissent dans des solutions axées sur la nature comme outil clé pour parvenir à un développement urbain durable.

La mise en réseau et l'échange d'expériences et de connaissances entre villes et disciplines sont également primordiaux pour atteindre les objectifs mondiaux établis par la communauté internationale (FAO, 2017). Le C40 (Groupe des grandes villes pour le climat, d'après Cities Climate Leadership Group), le Conseil international pour les initiatives écologiques communales (ICLEI, d'après l'anglais Local Governments for Sustainability), le Programme européen de coopération territoriale sur le développement urbain durable (URBACT) et l'Alliance des villes neutres en carbone sont quelques-uns des nombreux réseaux nationaux, régionaux et mondiaux actifs qui partagent leurs

expériences et joignent leurs efforts pour accroître la durabilité du développement urbain et sensibiliser à l'échelon local au rôle majeur que les forêts et les espaces verts peuvent jouer dans le développement durable des villes du monde entier.

### Premier Forum mondial sur les forêts urbaines

L'intérêt croissant pour la foresterie urbaine et périurbaine suggère que les temps sont mûrs pour lancer un processus mondial se proposant de renforcer la communication et la mise en réseau des praticiens, scientifiques et décideurs, soutenir le NPV et exploiter le plein potentiel des forêts urbaines et périurbaines en vue de la réalisation des ODD. Aussi le premier Forum mondial sur les forêts urbaines se tiendra-t-il à Mantoue, Italie, en novembre 2018, dans le but de mettre en exergue des exemples positifs de planification, conception et gestion des forêts urbaines et périurbaines. Ces illustrations seront tirées de villes ayant des cultures, des formes, des structures et des histoires différentes, qui ont employé la foresterie urbaine et périurbaine et les infrastructures vertes pour développer des services économiques et écosystémiques et pour renforcer la cohésion sociale et l'engagement public. L'événement rassemblera des représentants d'organisations internationales, de gouvernements nationaux et locaux, d'institutions de recherche, d'universités et d'ONG, ainsi que des urbanistes, des experts en foresterie urbaine, des arboristes, des architectes paysagers et des paysagistes, et des professionnels de nombreux autres secteurs en vue de partager les expériences et les enseignements tirés. Les participants débattront en outre de la collaboration à long terme concernant le développement de stratégies de foresterie urbaine et périurbaine et de l'identification de solutions axées sur la nature dans le but d'un avenir plus vert, plus sain et plus heureux. ♦



## Références

- Akbari, H., Kurn, D.M., Bretz, S.E. et Hanford, J.W.** 1997. Peak power and cooling energy savings of shade trees. *Energy and Buildings*, 25: 139-148.
- Bristow, R.S., Blackie, R. et Brown, N.** 2012. Parks and the urban heat island: a longitudinal study in Westfield, Massachusetts. In: C.L. Fisher et C.E. Watts, Jr, eds. *Proceedings of the 2010 Northeastern Recreation Research Symposium*, pp. 224-230. Gen. Tech. Rep. NRS-P-94. Newtown Square, États-Unis d'Amérique, Service des forêts des États-Unis, Northern Research Station.
- Cohen, D.A., Inagami, S. et Finch, B.** 2008. The built environment and collective efficacy. *Health and Place*, 14(2): 198-208.
- Conway, D., Li, C.Q., Wolch, J., Kahle, C. et Jerrett, M.** 2010. A spatial autocorrelation approach for examining the effects of urban greenspace on residential property values. *Journal of Real Estate Finance and Economics*, 41: 150-169.
- Duinker, P.N., Steenberg, J., Ordóñez, C., Cushing, S. et Perfitt, K.R.** 2014. Governance and urban forests in Canada: roles of non-government. Paper and presentation. In: *Proceedings of Trees, People, and the Built Environment II Conference (International)*, Birmingham, UK, 2-3 April 2014.
- FAO**, 2017. *Directives sur la foresterie urbaine et périurbaine*. Par F. Salbitano, S. Borelli, M. Conigliaro et Y. Chen. Étude FAO: Forêts n° 178. Rome (disponible aussi sur [www.fao.org/3/b-i6210f.pdf](http://www.fao.org/3/b-i6210f.pdf)).
- Fazio, J.R., éd.** 2010. *How trees can retain stormwater runoff*. Tree City USA Bulletin No. 55. Nebraska City, États-Unis d'Amérique, Arbor Day Foundation.
- Kovats, S. et Akhtar, R.** 2008. Climate, climate change and human health in Asian cities. *Environment and Urbanization*, 20: 165-75.
- Lawrence, A., De Vreese, R., Johnston, M., Konijnendijk van den Bosch, C.C. et Sanesi, G.** 2013. Urban forest governance: towards a framework for comparing approaches. *Urban Forestry and Urban Greening*, 12: 464-473.
- Maas, J., van Dillen, S.M.E., Verheij, R.A. et Groenewegen, P.P.** 2009. Social contacts as a possible mechanism behind the relation

- between green space and health. *Health and Place*, 15(2): 586-595.
- McPherson, G. et Muchnick, J.** 2005. Effects of street tree shade on asphalt concrete pavement performance. *Journal of Arboriculture*, 31(6): 303-310.
- Al Mubarak, R. et Alam, T.** 2012. *The role of NGOs in tackling environmental issues* [en ligne]. Middle East Institute. [Consulté le 16 décembre 2017]. [www.mei.edu/content/role-ngos-tackling-environmental-issues](http://www.mei.edu/content/role-ngos-tackling-environmental-issues)
- Nations Unies.** 2014. *World Urbanization Prospects: the 2014 Revision. Highlights*. New York, États-Unis d'Amérique, Département des affaires économiques et sociales, Nations Unies.
- Nations Unies.** 2016. *Urbanization and Development: World Cities Report 2016*. Nairobi, Programme des Nations Unies pour les établissements humains (disponible aussi sur <http://wcr.unhabitat.org/wp-content/uploads/sites/16/2016/05/WCR-%20Full-Report-2016.pdf>).
- Nowak, D.J., Greenfield, E.J., Hoehn, R. et LaPoint, E.** 2013. Carbon storage and sequestration by trees in urban and community areas of the United States. *Environmental Pollution*, 178: 229-236.
- Nowak, D.J., Stein, S.M., Randler, P.B., Greenfield E.J., Comas, S.J., Carr, M.A. et Alig, R.J.** 2010. *Sustaining America's urban trees and forests*. A Forests on the Edge Report. Gen. Tech. Rep. NRS-62. Newtown Square, États-Unis d'Amérique, Service des forêts des États-Unis, Northern Research Station.
- ONU-Habitat.** 2011. *Cities and Climate Change: Global Report on Human Settlements 2011*. Programme des Nations Unies pour les établissements humains (ONU-Habitat), Londres, Earthscan.
- ONU-Habitat.** 2017. *UN-Habitat for the Sustainable Development Goals* [en ligne]. ONU-Habitat. [Consulté le 16 décembre 2017]. <https://unhabitat.org/un-habitat-for-the-sustainable-development-goals>
- Organisation mondiale de la santé.** Sans date. *Climate change and human health – risks and responses*. Summary [en ligne]. Organisation mondiale de la santé. [Consulté le 8 décembre 2017]. [www.who.int/global-change/summary/en/index3.html](http://www.who.int/global-change/summary/en/index3.html)
- Romero-Lankao, P. et Gratz, D.M.** 2008. *Urban areas and climate change: review of current issues and trends*. Issues paper for the 2011 Global Report on Human Settlements.
- Sampson, R.J., Raudenbush, S.W. et Earls, F.** 1997. Neighborhoods and violent crime: a multilevel study of collective efficacy. *Science*, 277(5328): 918-924.
- Stovin, V.R., Jorgensen, A. et Clayden, A.** 2008. Street trees and stormwater management. *Arboricultural Journal*, 30(4): 297-310.
- The Nature Conservancy.** 2017. *Funding trees for health: an analysis of finance and policy actions to enable tree planting for public health*. Arlington, États-Unis d'Amérique, The Nature Conservancy.
- Troy, A., Grove, J.M. et O'Neil-Dunnea, J.** 2012. The relationship between tree canopy and crime rates across an urban-rural gradient in the greater Baltimore region. *Landscape and Urban Planning*, 106: 262-270.
- Williamson, T., Dubb, S. et Alperovitz, G.** 2010. *Climate change, community stability, and the next 150 million Americans*. College Park, États-Unis d'Amérique, The Democracy Collaborative.
- Wolf, K.L.** 2003. Public response to the urban forest in inner-city business districts. *Journal of Arboriculture*, 29(3): 117-126. ◆



© PEDRO CALAZA

## Bâtir une infrastructure verte et des paysages urbains

*P. Calaza, P. Cariñanos, F.J. Escobedo, J. Schwab et G. Tovar*

*Les forêts urbaines et périurbaines sont les composantes majeures de l'infrastructure verte en ville – lorsqu'elles sont bien planifiées, conçues et gérées.*

**Pedro Calaza** est Professeur d'architecture paysagère à l'Escuela Gallega del Paisaje, Espagne, Doyen du Colegio Oficial de Ingenieros Agronomos de Galicia, Espagne, et membre du Groupe de travail *Silva Mediterranea* sur la foresterie urbaine et périurbaine (GT7, FAO).

**Paloma Cariñanos** est Professeur de botanique à l'Université de Grenade, Espagne, et membre du GT7, FAO.

**Francisco J. Escobedo Montoya** est Professeur à l'Université El Rosario, Bogota, Colombie.

**James Schwab** est un consultant expert en urbanisme basé aux États-Unis d'Amérique.

**Germán Tovar** est un spécialiste travaillant auprès du Bureau du maire de Bogota, Colombie.

La croissance accélérée de la population humaine s'est accompagnée d'un processus mêlant un développement urbain rapide et souvent mal planifié, des changements radicaux de modes de vie et de mauvaises habitudes alimentaires. Aujourd'hui, essentiellement en raison de l'exode rural, plus de 54 pour cent de la population mondiale vit dans les villes. La conjugaison de la mondialisation, de l'urbanisation sauvage rapide et du vieillissement de la population est en train d'entraîner l'apparition de maladies non transmissibles, la principale cause de la mortalité mondiale (Organisation mondiale de la santé, 2017). Le changement

**En haut: Grand parc, jardins de Versailles, France. Des forêts urbaines et périurbaines gérées durablement sont en mesure de fournir un vaste éventail de services écosystémiques qui peuvent renforcer la résilience des villes et des sociétés face aux chocs et aux changements rapides**

climatique, qui provoque l'augmentation des inondations et des vagues de chaleur, ne fait que compliquer la situation.

L'un des défis majeurs consiste à concevoir et à adapter les villes de façon à pouvoir surmonter de tels enjeux. Une stratégie possible, appuyée par l'Union européenne (UE), implique ce que l'on appelle les «solutions fondées sur la nature». L'UE encourage la présence d'une infrastructure verte<sup>1</sup> dans les villes en raison de ses attributs en termes de multifonctionnalité, variabilité dimensionnelle et gouvernance. Les forêts urbaines et périurbaines sont sans nul doute les éléments les plus importants de

<sup>1</sup> L'UE définit l'infrastructure verte comme «un réseau stratégique constitué de zones naturelles et semi-naturelles de qualité, ainsi que d'autres éléments environnementaux, qui est conçu et géré dans le but de rendre de nombreux services écosystémiques et de protéger la biodiversité dans les milieux ruraux et urbains» (Commission européenne, 2014).

l'infrastructure verte, reliant les villes à la nature et offrant toute une gamme de services environnementaux.

Cet article examine le rôle joué par les forêts urbaines et périurbaines dans le cadre d'une stratégie globale visant à développer l'infrastructure verte, et présente diverses perspectives internationales illustrant l'importance de bien concevoir la foresterie urbaine et périurbaine (FUP). Cela nous amène à suggérer que la FUP est en mesure de résoudre des problèmes urbains au travers d'approches stratégiques à échelles multiples, adaptées au contexte et pertinentes sur le plan socioécologique.

### **UNE SOLUTION POUR AMÉLIORER LE BIEN-ÊTRE DANS LES CITÉS MODERNES**

Au fur et à mesure que les communautés rurales et agricoles se sont transformées en sociétés urbaines et technologiques, la FUP a évolué, passant d'une pratique ayant un propos limité, comme planter

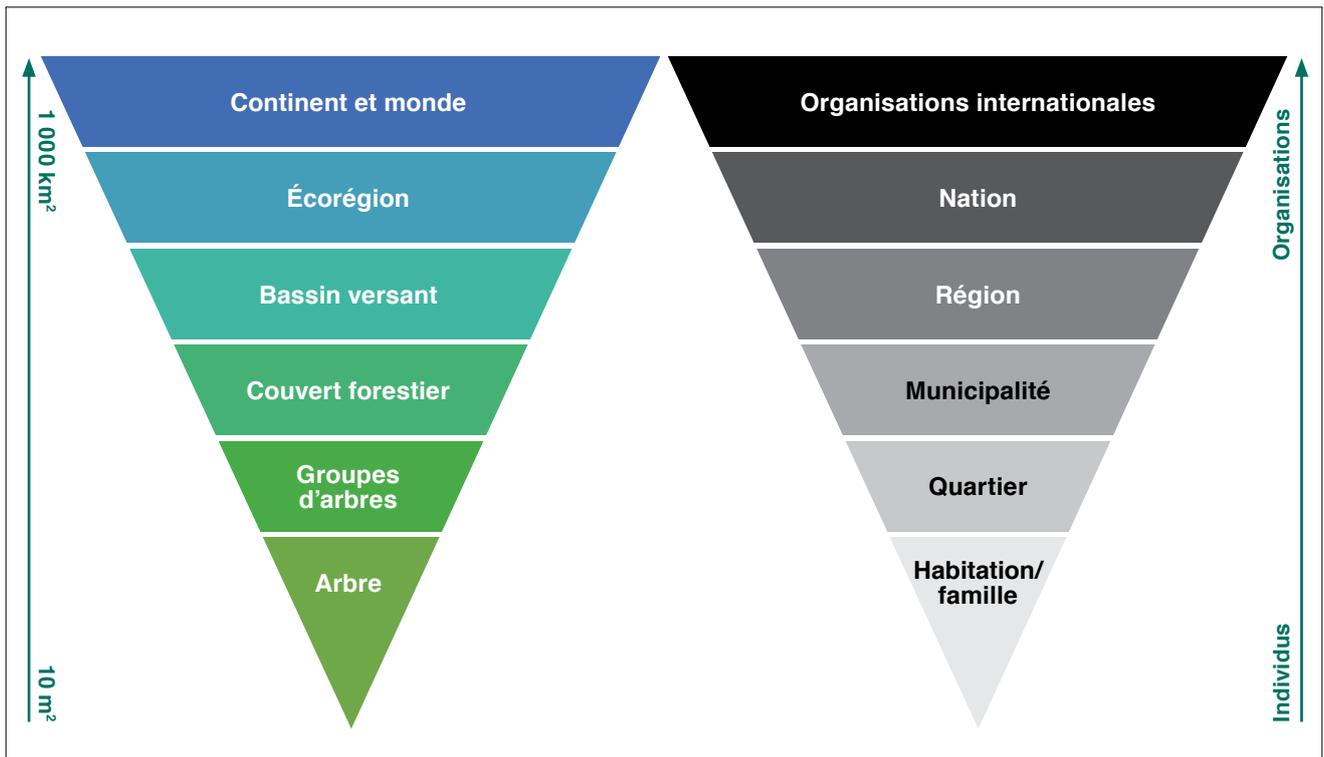
certains types d'arbres et agrémenter les paysages, à une approche stratégique visant à répondre à des objectifs économiques, sociaux et environnementaux. Les connaissances, les outils et les leçons tirés de la FUP, en ce qui concerne l'aspect scientifique, la pratique, la gestion et la planification – essentiellement en provenance d'Allemagne, d'Australie, du Canada, des États-Unis d'Amérique et du Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord – sont de plus en plus exploités pour aider à résoudre les problèmes causés par l'urbanisation croissante. Les pays d'Europe et d'Amérique du Nord ont mis en place des institutions d'enseignement et de recherche sur la FUP et développé des instruments politiques et réglementaires, nationaux et locaux, en vue de conserver, réguler et incorporer l'utilisation des forêts urbaines et périurbaines. Récemment, le Brésil, la Chine et d'autres pays en développement ont aussi commencé à recourir à la FUP pour accroître la sécurité alimentaire, créer

des emplois, conserver la biodiversité et atténuer les impacts du changement climatique. La rapide croissance urbaine en Afrique et en Asie du Sud offre une excellente opportunité pour adopter les plus récentes découvertes et connaissances en matière de FUP, afin de traiter des questions telles que la sécurité alimentaire, la santé humaine et l'environnement dans les villes.

Cependant, la science, la pratique et les technologies de la FUP doivent continuer à évoluer (Livesley, Escobedo et Morgenroth, 2016). La FUP ne consiste pas uniquement à planter et tailler des arbres – les forêts urbaines et périurbaines s'inscrivent dans des écosystèmes socioécologiques

*Leidsebosje, Amsterdam, Pays-Bas. La foresterie urbaine et périurbaine est en train d'évoluer, passant d'une pratique limitée consistant à faire pousser des arbres à une utilisation stratégique des arbres en vue de répondre à des problématiques multiples de type économique, social et environnemental*





1  
**Dimensions socioécologiques liées aux forêts urbaines, à leur gestion et à leurs services écosystémiques**

à multiples échelles (figure 1) qui fournissent toute une gamme de bénéfices et qui entraînent des coûts. Par conséquent, pour que la FUP apporte une contribution optimale aux villes modernes en termes de résilience et de durabilité, il est nécessaire de planifier à long terme, bien connaître le contexte biophysique, socioécologique et socioéconomique, et mettre en œuvre des approches participatives (Livesley, Escobedo et Morgenroth, 2016).

### Une solution à des problèmes diversifiés

L'Australie et la Chine – deux pays ayant des systèmes politiques très différents – sont toutes deux en train de recourir à la FUP pour résoudre des problèmes divers. Dans les villes australiennes, des processus participatifs sont lancés pour développer une gouvernance et des plans de gestion adaptatifs, en vue d'intégrer les forêts urbaines et périurbaines en tant que composantes essentielles de la planification et de la gestion citadines. Au moyen de décrets nationaux, la Chine a encouragé un vaste reboisement urbain visant à créer des espaces verts de récréation, limiter

la pollution atmosphérique et améliorer la santé humaine. Le Costa Rica et quelques pays andins ont développé des outils tels que la rémunération des services écosystémiques, qui aident à améliorer la gestion des forêts périurbaines de façon à préserver la qualité de l'eau et à conserver la biodiversité. Au Japon et en Scandinavie, la FUP est employée comme stratégie pour réduire le stress et améliorer ainsi la santé humaine. Le Chili a récemment mis en œuvre des politiques sur les forêts urbaines et périurbaines en tant que moyen de compenser les émissions de gaz à effet de serre du secteur industriel.

### Changement climatique

On s'attend à ce que le changement climatique intensifie l'apparition et la gravité d'événements météorologiques extrêmes, tels que la sécheresse, les fortes chaleurs et les grosses pluies. Les phénomènes de canicule – comme ceux qui ont sévi en France en 2003, 2006 et 2017 – peuvent avoir des incidences majeures sur la santé humaine dans les villes. Une vague de chaleur ayant frappé les États-Unis d'Amérique en 1995 a provoqué plus de 700 décès, pour la plupart des personnes âgées ou handicapées. On trouve le plus souvent les victimes de la canicule dans des quartiers où l'aide sociale aux

plus vulnérables fait défaut et où l'accès aux services aux personnes et aux zones ombragées est limité. La FUP est de plus en plus utilisée pour réduire l'impact de tels phénomènes extrêmes en ville (Livesley, Escobedo et Morgenroth, 2016), notamment dans l'Amérique et l'Asie tropicales. Les forêts urbaines et périurbaines peuvent aussi atténuer d'autres événements météorologiques extrêmes: dans certaines zones des Caraïbes, la conservation des mangroves et des arbres urbains semble avoir limité les dégâts causés par de récents ouragans (Escobedo *et al.*, 2009). De nombreuses villes d'Amérique du Nord sont en train d'appliquer des mesures qui visent à incorporer l'infrastructure verte en tant que moyen de renforcer la résilience.

### Bénéfices économiques, sociaux et environnementaux

La science et la pratique de la FUP ont évolué au fur et à mesure que s'est accrue la compréhension des avantages de celle-ci et avec l'adoption de nouvelles technologies (Livesley, Escobedo et Morgenroth, 2016). Ainsi, le calcul des économies d'énergie dérivant des effets d'ombrage dus aux arbres a modifié le débat public sur les coûts et les bénéfices de l'infrastructure verte. Les arbres ne sont pas uniquement un agrément esthétique, ce sont également

des stratégies d'investissement économique et d'épargne. Selon le contexte, des efforts relativement faibles sont requis pour déterminer et promouvoir les avantages sociaux et environnementaux des forêts urbaines et périurbaines.

### L'ADMINISTRATION PUBLIQUE DE LA FORESTERIE URBAINE ET PÉRIURBAINE

La plupart des villes confient les espaces publics à diverses instances ayant des objectifs différents pour les administrer. Les parcs, les plans d'eau, les servitudes liées aux voies ferrées, les routes, les zones de conservation et d'autres espaces, tous susceptibles de contenir des arbres, peuvent ainsi être gérés de façon fort différente par les divers organismes concernés. Nombre de ceux-ci, notamment ceux n'ayant aucune fonction de conservation statutaire (et par conséquent aucun budget à cet égard), peuvent complètement ignorer la gestion des arbres. L'un des défis majeurs pour les villes consiste donc à renforcer la coordination et la collaboration entre agences, de façon à favoriser la mise en œuvre d'une approche cohérente

de la gestion des forêts urbaines et périurbaines. Une telle approche intersectorielle est susceptible de fournir des résultats bien meilleurs que la centralisation de la gestion forestière aux mains d'un seul organisme.

### Approche multisectorielle

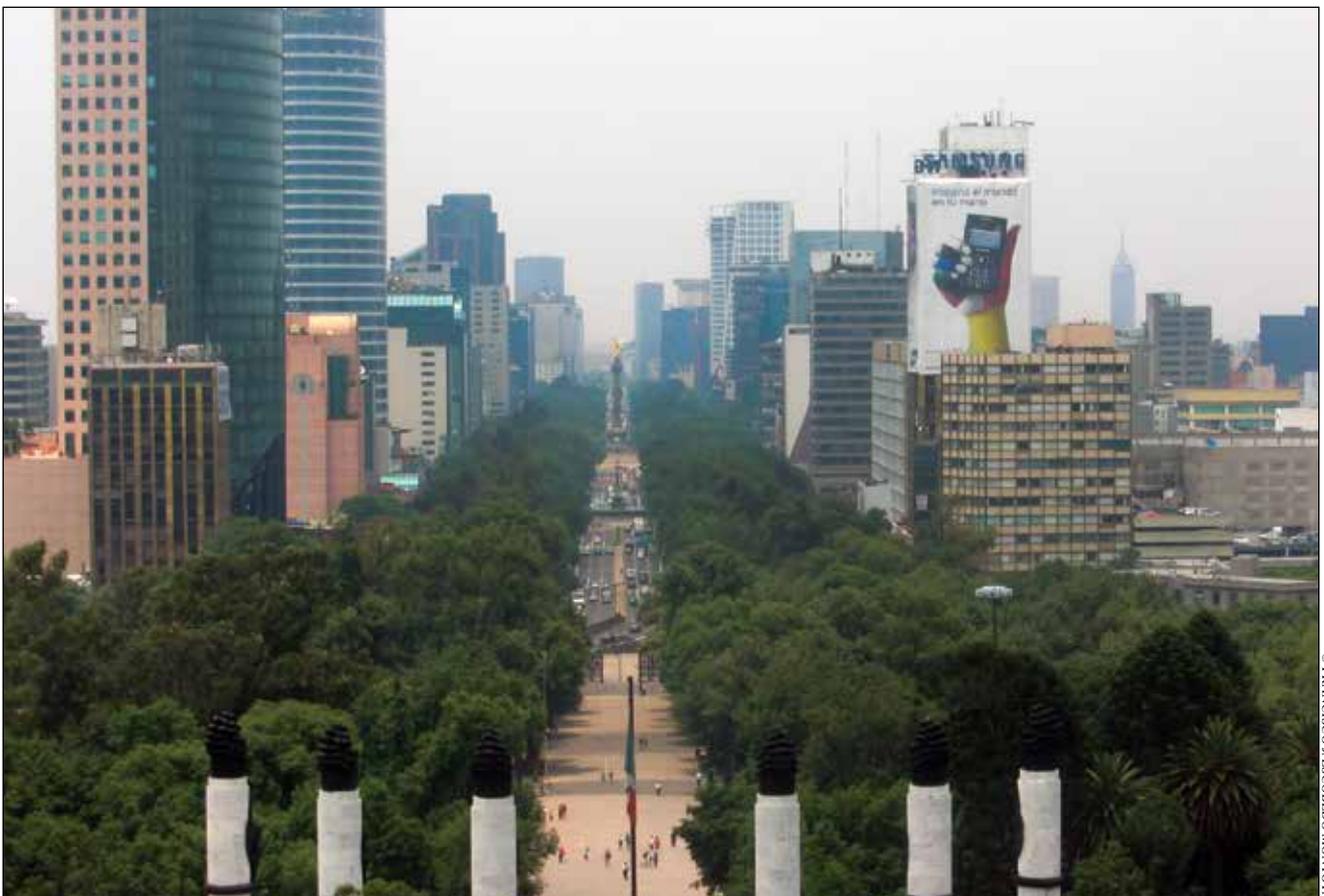
Dans de nombreux endroits, la gestion de la forêt urbaine et périurbaine est encore fragmentée et spécifique à chaque site, et le concept de fonctionnalité à l'échelle de la ville fait par conséquent défaut. Le manque de cohésion réduit l'efficacité de la FUP en termes d'influence sur les paysages urbains et sur la vie des citoyens. Le défi que doivent relever de nombreuses villes est de créer des structures institutionnelles permettant une planification et une gestion globales du domaine forestier sur toute l'étendue de la cité. La plupart des villes ne disposent pas d'un organisme en mesure de réguler, surveiller et coordonner les actions de gestion forestière des diverses agences publiques, et l'absence de coordination entre organismes réduit aussi la participation potentielle des entreprises privées et de la société civile. Une ville

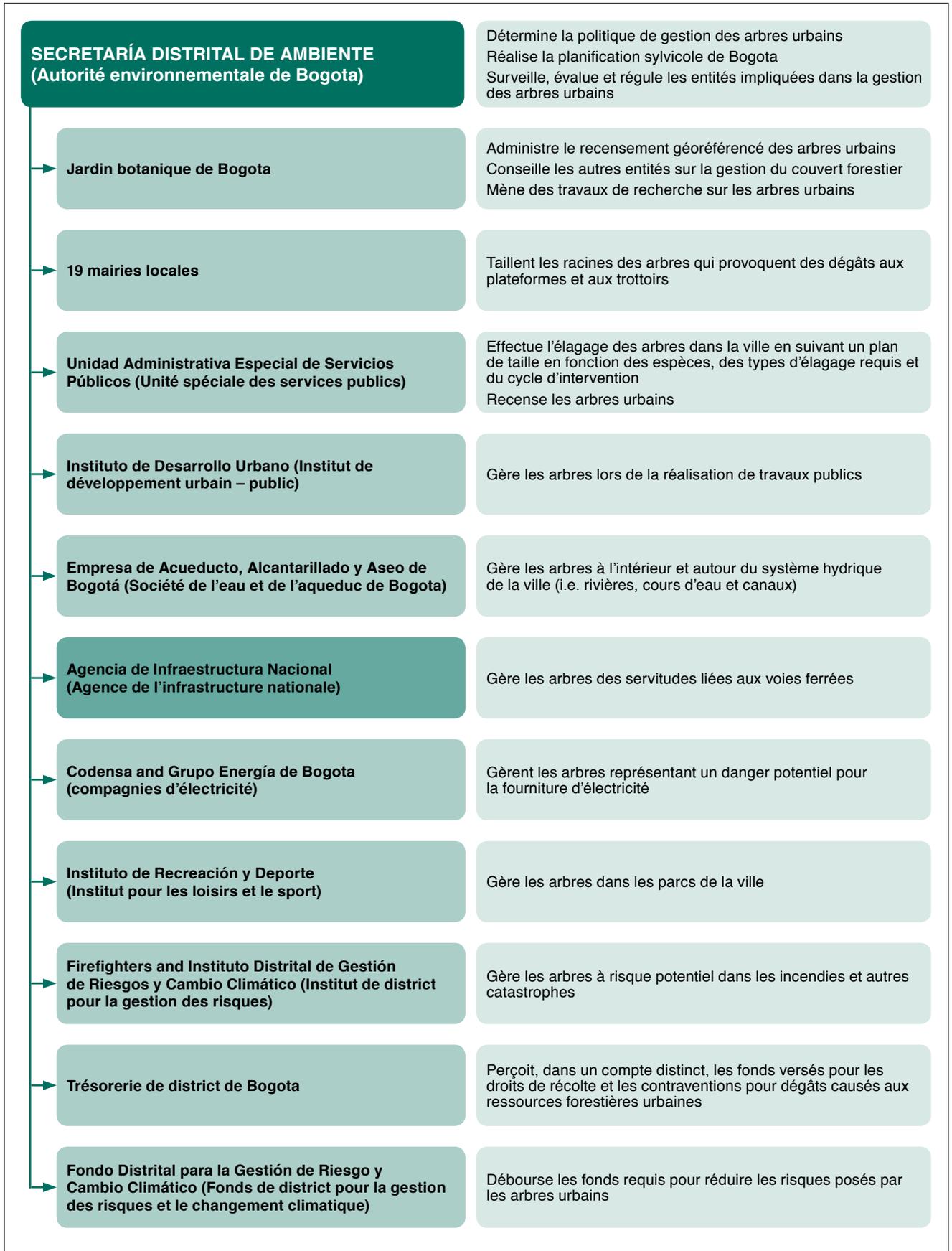
se distingue toutefois par l'existence d'une telle architecture institutionnelle, à savoir Bogota, Colombie: l'autorité municipale chargée de l'environnement coordonne la gestion des 31 organismes qui, dans une mesure plus ou moins grande, jouent un rôle en matière de FUP (figure 2).

### Master plans

En vue d'une approche coordonnée de la FUP, un bon point de départ consiste à effectuer un recensement géoréférencé des arbres, fournissant la base pour les analyses et pour le développement et la mise en œuvre d'un plan directeur des forêts urbaines. En général, les points les plus sensibles de ces plans sont ceux liés à la gestion des risques, à l'abattage des arbres et au maintien du patrimoine forestier existant. Des aspects sous-jacents – mais moins visibles – concernent la fourniture

*Bosque de Chapultepec, Mexico. Un défi que doivent relever de nombreuses villes est de créer des structures institutionnelles permettant une planification et une gestion globales des forêts urbaines à travers les diverses utilisations des terres et situations foncières*





de biens et services écosystémiques; la sélection des espèces; la conservation de la biodiversité; la connectivité des espaces verts; et la gestion des maladies et des ravageurs.

La FUP n'attire en général que de petits budgets; aussi la longévité est-elle un critère essentiel dans la sélection des espèces pour l'établissement de forêts urbaines et périurbaines. Les coûts d'entretien sont également importants. À Bogota, par exemple, l'espèce d'arbre «caucho sabanero» (*Ficus andicola*) est de moins en moins plantée. Cette espèce indigène est résiliente, adaptée à la zone et bien acceptée par les résidents; elle s'est cependant révélée particulièrement sujette aux ravageurs et aux maladies, ce qui signifie que ses coûts d'entretien sont 10 fois plus élevés que pour les autres espèces.

Ménager de l'espace pour les forêts dans les zones urbaines et périurbaines est souvent un défi considérable du fait de la pénurie de terres et de la valeur élevée des terrains. Le modèle de croissance urbain, qu'il soit à faible ou à forte densité (sur une échelle entre ces deux extrêmes), est un déterminant capital des politiques sur

la création d'espaces verts publics. Allouer de vastes portions de terre dans des zones industrielles ou résidentielles à la connectivité écologique ou aux loisirs requiert un effort politique résolu et une justification claire, ainsi que cela est établi dans le plan directeur des forêts urbaines. Ainsi ces plans sont-ils des outils majeurs pour permettre aux municipalités de prévoir de nouvelles forêts urbaines et périurbaines s'inscrivant dans le flux créé par la dynamique de la croissance urbaine.

#### **CONCEPTION À ÉCHELLES MULTIPLES: DES ARBRES INDIVIDUELS AUX STRATÉGIES GLOBALES**

La conception des forêts urbaines et périurbaines devrait prendre en considération diverses échelles, de l'arbre individuel à la forêt s'étalant à travers la ville entière (FAO, 2017). Elle devrait en outre veiller à ce que soient remplies des conditions structurelles, fonctionnelles, écologiques, paysagères, sociales et culturelles garantissant la multifonctionnalité.

Parmi les aspects structurels, la morphologie des espèces (comme les arbres, les

arbustes et les herbes) et leur distribution dans l'espace disponible devraient être prises en considération en vue de créer des environnements ayant des structures verticales variées. Les espèces devraient être sélectionnées de façon à favoriser certaines fonctions écosystémiques. La taille, la longévité et le type de croissance des arbres sont d'autres éléments dont il faut tenir compte dans la conception (Gustavsson, 2002); une diversité d'espèces ayant des morphologies et des fonctions différentes et occupant des niches écologiques différentes réduit le risque d'une mortalité généralisée face à une menace donnée et pourrait aussi permettre de contenir les nécessités d'entretien.

L'accès et l'infrastructure sont deux des aspects fonctionnels les plus importants dans la conception des forêts urbaines et périurbaines. Tous les résidents devraient pouvoir accéder à un éventail diversifié d'espaces en plein air pour répondre à leurs besoins et attentes variés, indépendamment de l'âge, du caractère ethnique, de la culture ou de l'éventuel handicap. L'élimination des barrières physiques et juridiques aux forêts urbaines et périurbaines n'est pas



**Un platane de Londres (*Platanus* spp.) face à la Strausberger Platz, Berlin, Allemagne. La conception des forêts urbaines et périurbaines devrait prendre en considération diverses échelles, de l'arbre individuel à la forêt s'étalant à travers la ville entière**

**Le jardin public saxon («Saski»), Varsovie, Pologne. Les forêts urbaines et périurbaines devraient être des lieux politiquement neutres qui favorisent la justice environnementale et l'intégration des groupes sociaux**



© PEDRO CALAZA

seulement le meilleur moyen de s'assurer que tous ont accès à un environnement sain, c'est également un principe de justice environnementale<sup>2</sup> qui devrait être promu dans la conception et la planification (Nilsson, Sangster et Konijnendijk, 2011).

La résilience des villes face au changement climatique et aux événements météorologiques extrêmes qui lui sont associés dépendront du maintien des processus écologiques. Assurer la connectivité urbaine et périurbaine est essentiel pour préserver des processus écologiques tels que la succession et la transition.

La conception des paysages est importante pour convoier le «message» de la FUP. Par exemple, l'absence de lignes géométriques dans l'aménagement des plantations aidera à véhiculer une sensation de spontanéité et de proximité avec la nature, tandis que des figures géométriques pourront évoquer une proximité avec le modèle urbain (Bell *et al.*, 2005). La plantation d'arbres individuels devrait tenir

compte du milieu: ainsi, des arbres plantés dans des lieux historiquement significatifs ne devraient pas bouleverser le paysage mais plutôt en devenir discrètement partie intégrante. Par ailleurs, les alignements d'arbres dans de nouvelles zones auront pour rôle de renforcer l'architecture et l'esthétique mais aussi d'améliorer la santé. L'objectif général est de parvenir à créer une expérience multisensorielle mêlant des visions, des sons, des odeurs et d'autres stimulations aptes à renforcer le sentiment de connexion entre l'homme et la nature.

Enfin, l'élément socioculturel devrait constituer une priorité; les forêts urbaines et périurbaines devraient être des lieux politiquement neutres qui favorisent la justice environnementale et l'intégration des groupes sociaux (O'Brien *et al.*, 2017). Il est capital de considérer la «culture de la forêt» – c'est-à-dire la manière dont une communauté voit et utilise les forêts urbaines et périurbaines en fonction de leur diversité et de leurs caractéristiques biogéographiques. En Europe du Nord, par exemple, la conception des forêts devrait prendre en compte à la fois le besoin de lumière et celui de contact avec la nature; en Méditerranée, les modèles de forêt urbaine et périurbaine devraient fournir de l'ombrage rafraîchissant et être propices au mode de vie en plein air prédominant.

Le tableau 1 présente une synthèse de diverses approches de planification des forêts urbaines et périurbaines en vue de la réalisation d'objectifs variés.

#### **SÉLECTION DES ESPÈCES D'ARBRES ET MODÈLES DE PLANTATION DANS LES PAYSAGES URBAINS**

La plantation d'arbres est un outil important pour améliorer les villes, mais elle doit être faite de façon adéquate; souvent, les arbres sont choisis pour être utilisés ou plantés sans aucun critère technique. De nombreuses stratégies peuvent être employées pour incorporer les arbres dans les villes. Ainsi, la FAO (2017) identifie cinq principaux types de forêts urbaines et périurbaines: 1) forêts et surfaces boisées périurbaines; 2) parcs de ville et forêts urbaines (>0,5 hectares); 3) mini-parcs et jardins avec des arbres (<0,5 hectares); 4) arbres dans les rues ou sur les places publiques; et 5) autres espaces verts avec des arbres. Ce sont toutes là des ressources majeures pour la conception spatiale et la planification du domaine d'une forêt urbaine ou périurbaine. Le modèle de forêt urbaine et périurbaine devrait respecter les principes de base de la conception du paysage en termes d'unité et de structure, d'échelle, de proportion et d'équilibre, de division et définition de l'espace, de

<sup>2</sup> La justice environnementale est le traitement équitable et la participation significative de toutes les personnes indépendamment de leur race, leur couleur, leur origine nationale ou leur revenu en ce qui concerne le développement, la mise en œuvre et l'application des lois, réglementations et politiques portant sur l'environnement (Agence de protection de l'environnement des États-Unis, sans date).

TABLEAU 1. Expériences internationales en foresterie urbaine et périurbaine

Pays	Ville	Nom	Objectif	Description
Allemagne	Berlin	<i>Biotope Area Factor</i> (1984)	Réguler le nouveau développement urbain en adoptant une approche écologique	Une partie de la superficie à développer doit être allouée à des espaces verts, où maintenir la végétation originale ou bien planter de nouveaux végétaux. Des directives sont fournies pour la planification et la conception du paysage, la protection des espèces et la conservation. L'un des avantages principaux de l'approche du <i>Biotope Area Factor</i> – «facteur biotope», lié à la quantité de verdure produite en fonction de l'espace au sol utilisé – est d'être flexible dans la conception des forêts urbaines et de favoriser la participation des parties prenantes. Depuis que cette démarche a été introduite dans la modélisation et la planification des espaces verts, la croissance de la végétation dans des zones densément peuplées a réduit de manière significative les effets du changement climatique tels que vagues de chaleur, inondations et tempêtes
Suède	Malmö	<i>Green Space Factor</i> (2001)	Réguler le développement de nouvelles zones urbaines en adoptant une approche écologique	L'approche du <i>Green Space Factor</i> , «facteur espace vert», est similaire à celle du <i>Biotope Area Factor</i> , avec des versions et des biotopes variés
États-Unis d'Amérique	Seattle	<i>Urban Forest Stewardship Plan</i> <i>Seattle Green Factor</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Créer un modèle éthique de la gestion des forêts urbaines pour toutes les parties prenantes</li> <li>Faire des améliorations spécifiques visant à obtenir une augmentation nette des fonctions des forêts urbaines et des bénéfices économiques, sociaux et environnementaux qui leur sont associés</li> <li>Accroître le couvert forestier de 30 pour cent</li> <li>Renforcer la santé et la longévité des forêts urbaines, améliorer la qualité des espèces et éliminer les espèces envahissantes</li> </ul>	<p>Le plan de gestion s'inscrit dans le cadre de la stratégie «Des arbres pour Seattle» (<i>Trees for Seattle</i>), qui rassemble tous les efforts faits dans la ville en matière de forêt. Une section de cette stratégie se concentre sur la conception et la sécurité des arbres de rue et sur leur rôle en tant qu'éléments susceptibles de réduire les vitesses de conduite, la criminalité et la violence domestique, sans pour autant diminuer les aspects liés à leurs importantes valeurs esthétiques.</p> <p>Le <i>Green Factor</i> – «facteur vert» – de Seattle est une adaptation du <i>Green Space Factor</i> de Malmö, lequel est en train d'être incorporé dans d'autres villes des États-Unis d'Amérique</p>
Australie	Sydney	<i>Greening Sydney Plan</i> , 2012	<ul style="list-style-type: none"> <li>Protéger et maintenir les forêts urbaines existantes</li> <li>Accroître le couvert arboré</li> <li>Améliorer la biodiversité</li> <li>Renforcer les connaissances et l'engagement de la communauté</li> </ul>	«Plan de verdissement de Sydney» – Stratégie visant à développer et protéger les forêts urbaines et périurbaines
Suède	Umeå	Jeunes forêts urbaines	Développer de nouvelles forêts urbaines	De jeunes forêts urbaines ont été créées en régénérant des forêts antérieures ou en plantant de nouveaux arbres, ces derniers devant remplir certaines fonctions prédéterminées qui supposent des traitements forestiers spécifiques devant être maintenus en permanence. Une étude expérimentale a été menée à Umeå sur une parcelle de 2,1 hectares qui avait été reboisée 20 ans auparavant. Dans cette forêt, 12 compartiments forestiers ont été créés en utilisant diverses méthodes d'élagage, répondant à des fonctions et des traditions différentes et produisant ainsi des espaces diversifiés tels que lieux isolés propices à la relaxation et à la méditation; aires de jeu pour les enfants; zones d'apparence naturelle; zones sujettes à une gestion dense pour des raisons esthétiques; et échantillons variés de types de forêts locales
Norvège	Akerselva (Oslo)		Créer des environnements multisensoriels	Un couloir a été aménagé le long de la rivière Akerselva pour permettre aux résidents de rejoindre des parcs voisins abritant 14 «zones calmes» propices à la contemplation
États-Unis d'Amérique	New York	<i>PlaNYC: 2030</i>	Assurer l'accessibilité	Le but est que chaque habitant dispose d'un espace vert situé à moins de 10 minutes de marche
Singapour			Fournir des opportunités pour être en plein air et profiter de la nature	Intégration de 200 km de chemins au moyen de pistes surélevées pour permettre aux habitants des diverses parties de la ville d'accéder à des parcs
Japon	Nagoya		Promouvoir des actions visant à soutenir activement la conservation de la nature	Conserver 10 pour cent des terrains à proximité des frontières de la ville en tant que zone non gérée et protéger cette dernière en tant que réserve naturelle
États-Unis d'Amérique	Phoenix		Promouvoir des actions visant à soutenir activement la conservation de la nature	Une superficie de 17 000 hectares de désert a été achetée pour contrer les effets négatifs de l'expansion urbaine, et désignée comme site pour la conservation de la nature
États-Unis d'Amérique	Portland		Investir dans une infrastructure sociale qui aide les citoyens à mieux comprendre la nature	Investissement de plus de 5 pour cent du budget annuel de la ville dans la biodiversité. L'objectif est de parvenir à l'un des couverts forestiers les plus élevés des villes du pays (29,9 pour cent)

lumière et d'ombre, de couleur, de texture et de forme.

Les arbres rapprochent les immeubles de l'échelle humaine, et ils permettent la création d'espaces en fournissant toute une gamme d'éléments en rapport avec les variations de texture, lumière, forme et saison (Arnold, 1980). Les arbres peuvent être adaptés pour convenir à presque toutes les situations, contribuant ainsi à répondre des problèmes tels que la gestion des eaux pluviales et le changement climatique, tout en répondant à des objectifs esthétiques spécifiques.

### Superficie foliaire

Si, en général, plus il y a d'arbres dans une ville mieux c'est, le paramètre majeur est cependant le couvert arboré, en raison du rôle joué par la superficie foliaire dans les services fournis par les forêts urbaines et périurbaines. Les feuilles des arbres offrent les services écosystémiques les plus importants de la FUP – comme le maintien de la qualité de l'eau; la régulation thermique; la capture de composés organiques volatiles et d'autres polluants atmosphériques (comme le dioxyde de soufre, l'oxyde d'azote, l'ozone et les particules fines telles que suie, poussière, pollen, et les émissions des véhicules à moteur diesel); et la production d'oxygène. De tels services améliorent la santé humaine (réduisant par exemple l'asthme et les maladies associées) et aident à diminuer d'autres problèmes complexes liés à la qualité de l'air (comme l'ozone au sol, le smog et l'effet d'îlot de chaleur urbain). En Espagne, l'un des objectifs du Plan directeur 2017-2037 de la forêt urbaine de Barcelone, récemment publié, est par conséquent d'accroître le couvert arboré de 5 pour cent de la superficie terrestre, de sorte que le couvert forestier de la ville atteigne les 30 pour cent.

### Grands arbres

Les villes ont besoin de grands arbres, et l'un des buts de la modélisation devrait donc être de maximiser la taille des arbres. Les arbres de grande stature procurent jusqu'à huit fois les avantages fournis par

les arbres de petite dimension (Service des forêts des États-Unis, 2004); même parvenus à maturité, ces derniers ne réussissent pas à fournir une ampleur d'avantages similaire. Un arbre de grande stature situé à un endroit stratégique peut contribuer de manière significative à atténuer l'effet d'îlot de chaleur urbain et à conserver l'énergie. Choisir des espèces d'arbres qui seront de grande taille parvenus à maturité, les planter sur les sites adéquats et les gérer de façon à ce qu'ils deviennent forts et en bonne santé permettra d'optimiser le piégeage du carbone. L'utilisation d'arbres imposants peut multiplier les bénéfices nets des forêts urbaines et périurbaines: dans une étude théorique menée sur des arbres âgés de 30 ans (projection de l'espérance de vie), les bénéfices annuels générés étaient de 55 dollars des États-Unis (ci-après dollars) pour les grands arbres, 33 dollars pour les arbres de taille moyenne, et seulement 23 dollars pour les petits arbres (McPherson *et al.*, 2003).

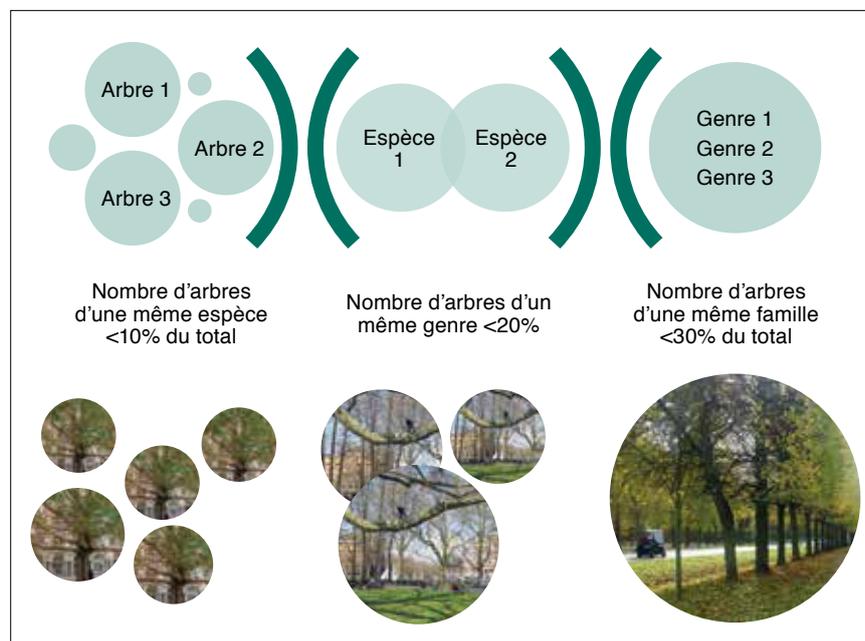
### Diversité

La règle de Santamour (parfois appelée la règle du «10 pour cent») propose des pourcentages maximum pour les espèces, les genres et les familles d'arbres dans une plantation (figure 2). Cette règle, proposée par Frank Santamour (1990), un généticien de l'herbier national des États-Unis d'Amérique, stipule que, dans une plantation, on ne devrait pas planter plus de 10 pour cent d'arbres d'une même espèce, pas plus de

20 pour cent d'un même genre, et pas plus de 30 pour cent d'une même famille; d'autres ont proposé une règle du «5 pour cent». Le but sous-tendant la règle est de maximiser la protection contre les foyers de ravageurs. Ainsi, un autre objectif du Plan directeur des forêts urbaines de Barcelone est de parvenir à une diversité d'arbres telle qu'aucune espèce ne représente plus de 15 pour cent du total. Les modèles de forêts urbaines devraient aussi viser une distribution adéquate des âges – à savoir des arbres de tranches d'âge permettant de planifier le vieillissement des individus, ainsi que le retrait et le remplacement adéquats et en séquence des arbres morts ou mourants.

### Plantation

Des pratiques appropriées de plantation d'arbres sont essentielles pour atteindre les objectifs des forêts urbaines et périurbaines, et la préparation du site de plantation est également cruciale: il vaut mieux planter un arbre qui coûte 1 euro dans un trou qui coûte 50 euros qu'un arbre qui vaut 50 euros dans un trou qui en vaut 1. Il existe plusieurs exemples de systèmes de plantation ayant été ajustés aux besoins locaux; la ville de Stockholm, Suède, par exemple, emploie un système hybride pour la gestion durable des eaux pluviales (encadré 1). Des approches techniques, comme l'emploi de cellules et de sols flottants, peuvent aider à obtenir des résultats constants dans des conditions variables (Urban, 2008; TDAG, 2014).



3

**La règle de Santamour pour la biodiversité dans les plantations forestières**

Une étude menée aux États-Unis d'Amérique en utilisant le modèle i-Tree a effectué une analyse coûts-bénéfices du cycle de vie de 1 million d'arbres sur une période de 50 ans (MacDonagh, 2015). Les deux traitements considérés étaient les suivants: 1) des arbres urbains plantés en utilisant une technique moderne, dans laquelle le revêtement est suspendu au-dessus d'un volume de sol non compacté adéquat, donnant aux arbres une durée de vie de plus de 50 ans; et 2) des arbres urbains plantés avec un volume de sol non compacté insuffisant, condition dans laquelle les arbres ont une durée de vie estimée de 13 ans seulement, et doivent donc être remplacés trois fois au cours de la période de 50 ans, mourant avant de pouvoir devenir suffisamment grands pour procurer des bénéfices écologiques et financiers significatifs. Les projections de l'étude indiquent que, au bout de 50 ans, le premier traitement a généré un profit net de 25 milliards de dollars (i.e. 25 000 dollars par arbre; Kestrel Design Group, 2011), tandis que le second se traduit par un coût net de 3 milliards de dollars (tableau 2; MacDonagh, 2015). Ces résultats sont cohérents avec d'autres travaux de recherche, comme ceux de Fowler (2011). Ainsi, bien que le coût initial de la meilleure pratique de plantation puisse être relativement élevé, les bénéfices à long terme sont immenses. Si planter de nombreux arbres est une bonne chose, les décisions quant aux méthodes à utiliser détermineront largement la rentabilité à long terme.

Si les connaissances et les techniques de gestion en matière de FUP continuent à s'améliorer, des lacunes majeures demeurent et, dans la plupart des pays, on constate un manque de prise de conscience et de savoir parmi les designers urbains. Le meilleur moyen de combler ces lacunes dans la gestion et le développement des villes réside dans les équipes multidisciplinaires – parce que l'infrastructure verte est multifonctionnelle et traverse l'ensemble des secteurs urbains.

## CONCLUSION

Les forêts urbaines et périurbaines sont les composantes majeures de l'infrastructure verte, offrant aux paysages des solutions à divers problèmes citadins, comme les effets du changement climatique. Il est

essentiel que la science, la pratique et les technologies de la FUP continuent à se développer. Une planification multidisciplinaire à multiples échelles et à long terme est primordiale pour optimiser les avantages et les services écosystémiques fournis par la FUP; elle est également

cruciale pour garantir des solutions aptes à répondre aux besoins spécifiques d'une ville donnée et de son contexte social et démographique, offrir un accès équitable et assurer la justice environnementale. Il est impératif de faire en sorte que les espèces d'arbres soient sélectionnées en

### Encadré 1

#### Le système de Stockholm pour la gestion des eaux pluviales

La Ville de Stockholm utilise de grandes pierres («squelette du sol en larges pierres») pour offrir aux racines un environnement de qualité, qui améliore la croissance des arbres en milieu urbain et qui encourage l'infiltration des eaux pluviales et un échange de gaz efficace. La technique consiste à former une large base de grandes (100-150 mm) pierres angulaires couverte d'une couche pour l'aération (pierres de granit lavé de 63-90 mm). Une couche superficielle pour les véhicules et les piétons, avec son infrastructure, est installée sur une surface géotextile placée au-dessus de la couche d'aération.

Le système de Stockholm accorde plus d'importance au fait d'assurer l'échange de gaz entre le milieu de culture et l'air, et de ménager des espaces vides dans le milieu de culture, qu'au fait de fournir de grandes quantités de terreau. Il permet un haut degré d'infiltration de l'eau tout en renforçant l'efficacité de l'aération (l'eau expulse le dioxyde de carbone qui s'est constitué dans les vides, évitant ainsi de risquer d'empoisonner les racines). À travers la condensation, la strate d'aération permet de mieux retenir l'humidité durant la saison chaude.

Le système de Stockholm continue à être étudié; un développement récent est l'emploi du biocharbon comme filtre pour les polluants et pour mieux retenir les nutriments et l'eau.

#### Avantages du système de Stockholm

- Le substrat a une capacité de charge élevée, notamment une résistance aux forces latérales (circulation de véhicules lourds).
- Le système utilise des pratiques de construction similaires à celles employées dans l'industrie, ce qui facilite son incorporation dans le secteur du bâtiment.
- Le système peut être mis en œuvre pour les arbres existants, y compris pour les arbres adultes.
- Les taux de croissance des arbres sont très élevés – mais le système nécessite d'être davantage étudié car il a été mis en place depuis moins de 10 ans.

#### Limites du système de Stockholm

- Les coûts d'installation sont élevés.
- Le sol existant n'est pas réutilisé.
- Le système n'est pas compliqué sur le plan technique mais il demande une mise en œuvre rigoureuse.

Source: Ville de Stockholm, 2009.

**TABLEAU 2. Calcul des bénéfices et des coûts associés à des cycles de vie d'arbres, pour 1 million d'arbres, dans des conditions de plantation inadéquates et adéquates**

	Plantation inadéquate	Plantation adéquate
Bénéfices au bout de 50 ans	2,718 milliards d'USD	41,769 milliards d'USD
Coût au bout de 50 ans	5,812 milliards d'USD	16,342 milliards d'USD
Bénéfice (coût) net du cycle de vie au bout de 50 ans	(3,064 milliards d'USD)	25,427 milliards d'USD
Retour sur investissement au bout de 50 ans	-47%	250%
Valeur au bout de 50 ans	-3,064 milliards d'USD	25,427 milliards d'USD

Source: MacDonagh, 2015.

vue de garantir une biodiversité adéquate, des arbres d'une taille appropriée, le maintien des fonctions écosystémiques, et des coûts d'entretien abordables. Les systèmes de plantation devraient permettre d'assurer et exploiter les bénéfices des écosystèmes tout au long des cycles de vie des arbres. Les démarches actuelles de FUP sont appliquées dans des contextes divers à travers le monde et des cadres réglementaires ont été développés afin d'intégrer les expériences et les modèles de forêt urbaine et périurbaine, et ce, à de multiples fins. En dernière analyse, la FUP se révèle un outil socialement acceptable, politiquement efficace et économiquement efficient, et donc un outil durable. ◆



## Références

- Agence de protection de l'environnement des États-Unis.** Sans date. *Environmental definition* [en ligne]. [Consulté le 23 novembre 2017]. United States Environmental Protection Agency. [www.epa.gov/environmental-justice](http://www.epa.gov/environmental-justice)
- Arnold, H.F.** 1980. *Trees in urban design*. New York, États-Unis d'Amérique, Van Nostrand Reinhold Company.
- Bell, S., Blom, D., Rautamäki, M., Castel-Branco, C., Simson, A. et Olsen, I.A.** 2005. Design of urban forests. In: C. Konijnendijk, K. Nilsson, T. Randrup et J. Schipperijn, édés. *Urban forests and trees*. Berlin, Springer.
- Commission européenne.** 2014. *Créer une infrastructure verte pour l'Europe*. Union européenne. Disponible sur <http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/GI-Brochure-210x210-FR-web.pdf>
- Escobedo, F.J., Luley, C.J., Bond, J., Staudhammer, C. et Bartel, C.** 2009. Hurricane debris and damage assessment for Florida urban forests. *Journal of Arboriculture*, 35(2): 100-106.
- FAO.** 2017. *Directives sur la foresterie urbaine et périurbaine*. Par F. Salbitano, S. Borelli, M. Conigliaro et Y. Chen. Étude FAO: Forêts n° 178. Rome (disponible aussi sur [www.fao.org/3/b-i6210f.pdf](http://www.fao.org/3/b-i6210f.pdf)).
- Fowler, D.** 2011. Achieving the goal of 25% canopy coverage in Phoenix by 2030. Unpublished master's thesis on landscape architecture. Tempe, États-Unis d'Amérique, Arizona State University.
- Gustavsson, R.** 2002. Afforestation in and near urban areas. In: T.B. Randrup, C.C. Konijnendijk, T. Christophersen et K. Nilsson, édés. *COST Action E12: urban forests and trees*, pp. 286-314. Proceedings No. 1. Luxembourg, Commission européenne.
- Kestrel Design Group.** 2011. *Investment vs. returns for healthy urban trees: lifecycle cost analysis*. Deeproot.
- Livesley, S.J., Escobedo, F.J. et Morgenroth, J.** 2016. The biodiversity of urban and peri-urban forests and the diverse ecosystem services they provide as socio-ecological systems. *Forests*, 7(12): 291. DOI: 10.3390/f7120291
- MacDonagh, P.** 2015. *1 million trees: vision or nightmare?* [en ligne]. Deeproot. [Consulté le 3 décembre 2017]. [www.deeproot.com/blog/blog-entries/1-million-trees-vision-or-nightmare](http://www.deeproot.com/blog/blog-entries/1-million-trees-vision-or-nightmare)
- McPherson, E.G., Simpson, J.R., Peper, P.J., Xiao, Q., Maco, S.E., Hoefler, P.J. et Davis, D.** 2003. *Northern mountain and prairie community tree guide: benefits, costs and strategic planting*. Albany, États-Unis d'Amérique, Pacific Southwest Research Station, Service des forêts des États-Unis.
- Nilsson, K., Sangster, M. et Konijnendijk, C.C.** 2011. Forests, trees and human health and well-being: introduction. In: K. Nilsson, M. Sangster, C. Gallis, T. Hartig, S. de Vries, K. Seeland et J. Schipperijn, édés. *Forests, trees and human health*. Dordrecht, Pays-Bas, Springer.
- O'Brien, L., De Vreese, R., Atmis, E., Olafsson, A.S., Sievänen, T., Brennan, M., Sánchez et al.** 2017. Social and environmental justice: diversity in access to and benefits from urban green infrastructure. Examples from Europe. In: D. Pearlmutter, C. Calfapietra, R. Samson, L. O'Brien, S. Krajter Ostoić, G. Sanesi et R.A. del Amo, édés. *The urban forest: cultivating green infrastructure for people and the environment*, pp. 7-20. Suisse, Springer.
- Organisation mondiale de la santé.** 2017. *Non communicable diseases*. Fact sheet, mise à jour juin 2017 (disponible aussi sur: [www.who.int/mediacentre/factsheets/fs355](http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs355)).
- Santamour, F.S., Jr.** 1990. Trees for urban planting: diversity, uniformity and common sense. *Proceedings of the 7th Conference of the Metropolitan Tree Improvement Alliance*, 7: 5765.
- Service des forêts des États-Unis.** 2004. *The large tree argument. The case of large-stature trees vs. small-stature trees*. Davis, États-Unis d'Amérique, United States Forest Service.
- TDAG.** 2014. *Trees in hard landscapes: a guide for delivery*. Royaume-Uni, Trees & Design Action Group (TDAG).
- Urban, J.** 2008. *Up by roots: healthy soils in the built environment*. International Society for Arboriculture.
- Ville de Stockholm.** 2009. *Planting beds in the City of Stockholm*. Stockholm (disponible aussi sur [http://foretag.stockholm.se/PageFiles/192562/100322%20GH\\_HB%20STHLM%20-%20Engelsk%20version.pdf](http://foretag.stockholm.se/PageFiles/192562/100322%20GH_HB%20STHLM%20-%20Engelsk%20version.pdf)). ◆



© MARLADEL PILAR ARROYAVE MAYA

## Les bienfaits de la foresterie urbaine et périurbaine

C. Dobbs, A.A. Eleuterio, J.D. Amaya, J. Montoya et D. Kendal

*Les forêts urbaines produisent des biens et génèrent des services écosystémiques qui améliorent le bien-être des citoyens et augmentent la résilience des villes face aux chocs.*

**Cynnamon Dobbs** est chercheur au Département des écosystèmes et de l'environnement à la Pontificia Universidad Católica de Chile, Chili.

**Ana Alice Eleuterio** est Professeur au Département du développement rural et de la sécurité alimentaire, Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Brésil.

**Juan David Amaya** est Professeur à l'Université Javeriana, Colombie.

**Juliana Montoya** est chercheur au sein du Programme sur la biodiversité dans les environnements urbains-régionaux, Institut Humboldt, Colombie.

**Dave Kendal** est chercheur à l'École en sciences forestières et sciences des écosystèmes, Université de Melbourne, Australie.

À l'intérieur et autour des villes, l'urbanisation exerce une pression sur les ressources naturelles adjacentes en entrant en concurrence avec ces dernières pour s'arroger l'espace disponible et en exigeant d'elles un approvisionnement en produits. Cependant, si elles sont bien gérées, ces ressources naturelles sont en mesure d'améliorer la vie des citoyens grâce à la fourniture de services écosystémiques<sup>1</sup>.

Les forêts urbaines et périurbaines comprennent tous les arbres et la végétation associée que l'on trouve à l'intérieur et autour des villes. Elles se présentent selon différentes configurations, notamment sous forme de parcs aménagés, de zones

naturelles (comme les aires protégées), de zones résidentielles et d'espaces verts informels; on les trouve également le long des rues ou encore autour des marais et des plans d'eau.

Les forêts urbaines et périurbaines offrent des services de régulation, des services culturels et des services d'approvisionnement, de portée aussi bien locale que globale. Les services de régulation comportent la régulation du climat (comme le rafraîchissement), le stockage du carbone, l'élimination de la pollution atmosphérique et le contrôle des crues (Dobbs, Escobedo et Zipperer, 2011). Les services culturels concernent le patrimoine naturel, les loisirs, l'esthétique, le transfert des connaissances et ce que l'on peut appeler l'«esprit des

<sup>1</sup> Ici, nous définissons les services écosystémiques comme les bénéfices dérivant de la nature qui sont consommés par les hommes ou dont ils jouissent, accroissant leur bien-être et exerçant une influence positive sur la santé humaine (Coutts et Hahn, 2015).

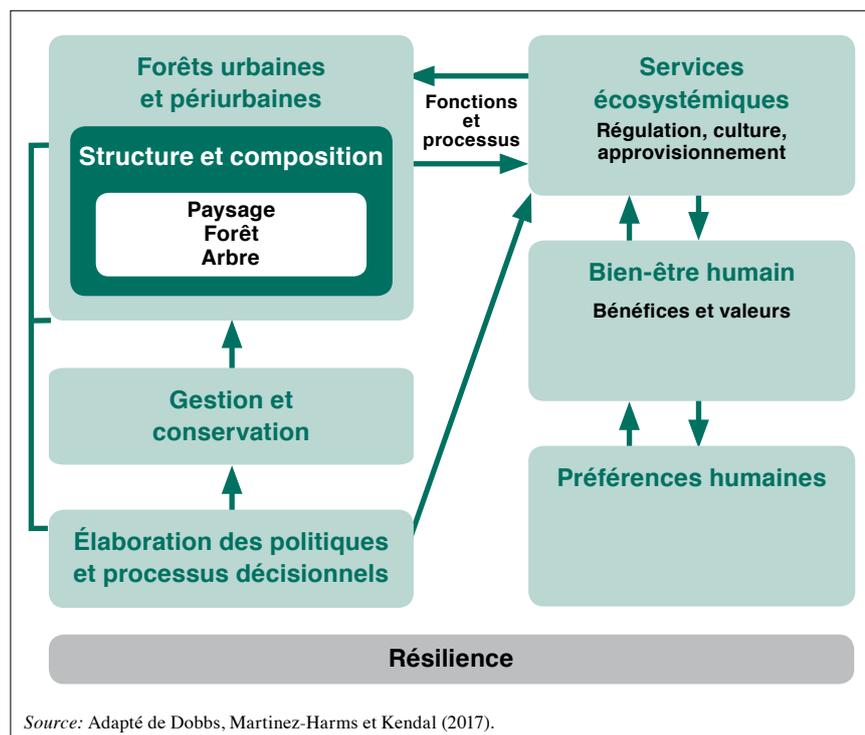
*En haut: Vue panoramique du réseau écologique de la Valle de Aburrá, quartier au nord-ouest de Medellín, Colombie*

lieux» (Dobbs, Escobedo et Zipperer, 2011). Les services d’approvisionnement – surtout importants pour les habitants des villes des pays en développement – portent sur des produits tels que les aliments, les combustibles ligneux, l’eau potable et les médicaments (Shackleton *et al.*, 2015). Les forêts urbaines et périurbaines contribuent aussi à la biodiversité dans les zones urbaines (Alvey, 2006) et aident à consolider la diversité culturelle, accroissant de la sorte la résilience des villes aux chocs environnementaux et aux facteurs de stress (Colding et Barthel, 2013). Cet article explore au travers d’études de cas les bienfaits apportés aux citoyens par les forêts urbaines et périurbaines, et il présente certains défis qu’auront à relever les planificateurs et les gestionnaires de forêts urbaines dans les années à venir.

### LES BIENFAITS DES FORÊTS URBAINES ET PÉRIURBAINES

La figure 1 présente un schéma du rôle joué par les forêts urbaines et périurbaines dans la fourniture de services écosystémiques, influant sur le bien-être des habitants des villes. Les préférences accordées à certains services écosystémiques ont un

1  
Cadre des services écosystémiques fournis par les forêts urbaines et périurbaines



Source: Adapté de Dobbs, Martinez-Harms et Kendal (2017).

impact sur l’élaboration des politiques et les processus décisionnels comme sur la valeur attribuée aux divers services, ce qui, au bout du compte une incidence sur la structure et la composition du domaine forestier urbain et périurbain. Toutes les composantes de ce cadre peuvent avoir un effet sur la résilience d’une ville aux stress et aux chocs sociaux et environnementaux (Dobbs, Martinez-Harms et Kendal, 2017).

### Services écosystémiques forestiers

Les forêts urbaines et périurbaines en bon état remplissent diverses fonctions écosystémiques. Grâce à l’ombrage qu’elles fournissent et à l’évapotranspiration, par exemple, elles peuvent diminuer les températures diurnes estivales, allant jusqu’à les réduire de 6 °C (selon la latitude de la ville; Skoulika *et al.*, 2014). Un grand arbre peut intercepter jusqu’à 190 litres d’eau lors d’une pluie, réduisant ainsi le ruissellement et le risque d’inondations et de glissements de terrain. Les forêts urbaines et périurbaines filtrent la pollution de l’air, qui se dépose sur les feuilles, agissant comme des réservoirs passifs pour les particules (Nowak, 1994); des taux d’accumulation des particules de 10 à 70 microgrammes par cm<sup>2</sup> de superficie foliaire ont été enregistrés (Sæbø *et al.*, 2017).

### Produits forestiers

Les forêts urbaines et périurbaines sont des sources importantes de bois destiné à la construction et à la combustion, en particulier pour les populations des pays en développement, qui dépendent encore largement de la dendroénergie pour la cuisson des aliments et le chauffage. Les citoyens peuvent également faire un bon usage des produits tirés des arbres fruitiers et des plantes médicinales provenant des jardins privés et communautaires, des zones résidentielles et des rues (Fuwapé et Onyekwelu, 2011). Les jameloniers (*Syzigium cumini*) que l’on trouve dans les espaces publics de New Delhi, Inde, par exemple, produisent des fruits qui sont vendus aux piétons et aux automobilistes (Singh, Pandey et Chaudry, 2010).

### Agriculture urbaine

Planter et faire pousser des arbres dans les zones urbaines contribue à la santé économique et à la multifonctionnalité de l’agriculture urbaine (de Bon, Parrot et Moustier, 2010), offrant des sources de revenus et des possibilités d’emploi. La production alimentaire urbaine n’est pas seulement bénéfique en tant que service, elle accroît en outre la disponibilité d’aliments à l’échelon local, raccourcissant ainsi les chaînes d’approvisionnement pour certains produits (comme les légumes-feuilles) et réduisant par conséquent les effets négatifs associés aux chaînes d’approvisionnement longues. Les filières d’approvisionnement plus courtes se traduisent aussi par des produits ayant une valeur plus juste et par de moindres coûts pour les consommateurs, améliorant la sécurité alimentaire à de nombreux niveaux (de Bon, Parrot et Moustier, 2010) et contribuant à la résilience des communautés (Salbitano, Borelli et Sanesi, 2015).

Par ailleurs, de nombreuses villes du monde sont en train de connaître des transformations majeures en matière de droits de propriété, les terrains publics devenant privés et les communautés souffrant d’un manque d’accès aux domaines publics, ce qui peut entraver l’efficacité de l’agriculture urbaine en termes de fourniture de services écosystémiques (Colding et Barthel, 2013). D’autre part, les parcelles agricoles urbaines peuvent servir de réservoirs (c’est-à-dire de réceptacles des déchets solides et organiques

des résidents) et de sources de pollution environnementale, notamment en relation avec les pesticides, les herbicides et les engrais (de Bon, Parrot et Moustier, 2010).

### **Interactions sociales, culture et bien-être**

Dans les communautés urbaines, les personnes peuvent facilement perdre contact avec la nature (Maller *et al.*, 2006). On constate une tendance suivant laquelle la population passe moins de temps dans les aires naturelles, les parcs et les forêts que par le passé, les adultes comme les enfants adoptant des comportements plus sédentaires et individualistes, et les privilégiant par rapport à des activités de groupe menées dans des espaces publics ouverts (Taylor et Kuo, 2006). Les forêts urbaines peuvent offrir des services culturels qui se traduisent par un sentiment de communauté, d'appartenance et de satisfaction, du fait qu'elles fournissent des lieux dans lesquels les personnes peuvent se rassembler et interagir socialement (de Vries *et al.*, 2013). Les personnes s'attachent aux endroits où elles se sentent détendues et à l'aise, et intègrent ces lieux dans leur identité propre (Stoner et Rapp, 2008). De plus, en passant du temps en plein air, les gens tendent à faire davantage d'exercice, stimulant ainsi leur état de santé physique (Dinnie, Brown et Morris, 2013; Giles-Corti *et al.*, 2013). Les forêts urbaines ont aussi des effets reconstituants et peuvent entraîner une amélioration de la santé mentale. La fatigue d'attention peut être améliorée si l'on consacre du temps à se promener dans des espaces verts (Taylor et Kuo, 2006). L'exposition à la nature peut réduire les symptômes de dépression et le risque de développer des troubles mentaux (Annerstedt *et al.*, 2015).

### **Bénéfices financiers**

Les forêts urbaines et périurbaines peuvent être source de bénéfices financiers. Par exemple, la présence d'arbres adultes peut accroître la valeur d'une propriété de 2 à 15 pour cent, et la présence de couvert forestier dans une zone résidentielle peut aller jusqu'à augmenter les prix de l'immobilier de 9 pour cent (Wolf, 2017). Les arbres situés dans les zones commerciales peuvent favoriser le commerce en fournissant un milieu accueillant pour les magasins et en influant sur les attentes des consommateurs (Wolf, 2017).

La demande de produits forestiers urbains et de services écosystémiques dépend de la perception de leur importance de la part des citoyens, qui peut varier considérablement en fonction des réalités socioéconomiques, culturelles et politiques, du bien-être psychologique, de la santé physique, des inégalités de rapports de force, et de l'emplacement biophysique de la ville (Ordóñez-Barona, 2017). La production d'aliments et de combustibles des forêts urbaines, par exemple, pourrait être plus importante dans les pays en développement, en particulier pour certains groupes, que dans les pays développés.

### **Biodiversité**

Le rôle des forêts urbaines et périurbaines dans la conservation de la biodiversité peut être significatif: des données sur la présence d'oiseaux recueillies dans 54 villes et sur l'existence de plantes recueillies dans 110 villes, par exemple, montrent qu'une vaste proportion de taxons sont autochtones, et que certains sont endémiques (Aronson *et al.*, 2014). En Australie, on trouve des centaines d'espèces indigènes menacées dans les villes, dont un bon nombre dépend largement des habitats urbains (Ives *et al.*, 2016).

La biodiversité peut jouer un rôle majeur en renforçant la résilience des forêts urbaines face aux chocs et aux facteurs de stress externes, comme le changement climatique (Gomez-Baggethun *et al.*, 2013). La diversité est nécessaire à plusieurs niveaux taxonomiques (Kendal, Dobbs et Lohr, 2014). Ainsi:

- La diversité génétique contribue à la résistance aux ravageurs et aux maladies.
- La diversité des espèces assure une variété de fonctions (fournir des services écosystémiques multiples) et la redondance fonctionnelle (minimiser le risque de perdre des services particuliers).
- La diversité des genres et des familles peut aider à réduire l'apparition de certains ravageurs et maladies (comme l'agrile du frêne et la rouille du myrte).
- La diversité d'âge devrait être préservée dans les forêts urbaines et périurbaines pour maintenir la fourniture de services écosystémiques dans le temps et réduire le risque d'un

vieillesse uniforme de vastes superficies de forêt.

- La diversité structurelle (c'est-à-dire la diversité d'espèces d'arbres, de strates de végétation et de densité) est essentielle pour favoriser la conservation de la faune dans les villes en augmentant le nombre et la complexité des habitats (Lindenmayer, Franklin et Fischer, 2006).

### **ÉTUDES DE CAS DE FORÊTS URBAINES ET PÉRIURBAINES**

Un nombre croissant de données en provenance d'Amérique du Nord, d'Europe, de l'hémisphère Sud et d'ailleurs corroborent les contributions des forêts urbaines et périurbaines au bien-être des habitants des villes. Les gouvernements locaux incluent de plus en plus les forêts urbaines et périurbaines dans leurs prises de décision, leurs planifications et leurs réglementations, aussi bien de manière formelle qu'informelle. Nous présentons ici des exemples de villes dans lesquelles la foresterie est en train de devenir une option majeure en vue de créer des villes durables et résilientes.

#### **Fournir des services écosystémiques en Colombie**

Diverses villes colombiennes ont développé des actions de verdissement explicites au cours des dernières années, et des études ont démontré les avantages offerts par les forêts urbaines et périurbaines. Dans la zone métropolitaine d'Aburrá, il a été estimé que les arbres urbains économisent 6 712 mégagrammes d'émissions de dioxyde de carbone par an ( $\text{MgCO}_2/\text{an}$ ) – l'équivalent des émissions annuelles de 1 428 voitures équipées d'un moteur à essence moyen – en évitant l'émission de 5 090  $\text{MgCO}_2/\text{an}$  grâce à une économie de refroidissement électrique et en piégeant 2 077  $\text{MgCO}_2/\text{an}$  (Reynolds *et al.*, 2017). À Medellín, les arbres urbains et périurbains de grande dimension ne représentent que 1,33 pour cent de la population totale d'arbres mais séquestrent plus de 25 pour cent du carbone émis chaque année dans la ville et éliminent presque 10 tonnes de particules polluantes (Restrepo *et al.*, 2016). Des recherches sur les bénéfices culturels et économiques des forêts urbaines et périurbaines montrent que 80 pour cent des résidents de Bogotá, Cali et Pereira souhaitent interagir avec la



*Vue aérienne du parc El Poblado, Aburrá, Colombie, où les arbres urbains stockent de grandes quantités de carbone et offrent aux résidents de l'ombrage et d'autres services écosystémiques*

nature (Ordóñez-Barona et Duinker, 2014). Les habitants de Bogotá perçoivent aussi que les forêts urbaines offrent d'autres services positifs, tels que l'ombrage et la régulation de la température (Rojas, 2013). En utilisant des techniques économétriques spatiales, Carriazo et Tovar (2016) ont trouvé une relation positive significative entre la présence de forêts urbaines et la réduction des vols, suggérant que les précurseurs psychologiques des comportements violents, comme la fatigue mentale, pourraient être inférieurs dans les populations urbaines davantage en contact avec la nature (Kuo et Sullivan, 2001).

Ces connaissances et ces informations accumulées ont été incorporées dans les politiques en Colombie. Un partenariat entre l'Institut Humboldt et le Ministère de l'environnement et du développement durable (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) a produit des stratégies et des outils de gestion visant à faciliter la planification des terres, ce qui a entraîné une plus forte connexion sociale

avec les forêts urbaines et périurbaines, et s'est traduit par une mise en œuvre des politiques réussie (Montoya *et al.*, 2017).

#### **Lutter contre le changement climatique grâce aux forêts urbaines et périurbaines à Los Angeles**

Los Angeles, États-Unis d'Amérique, est une ville extrêmement vulnérable aux impacts du changement climatique, comme la fréquence et la sévérité accrue des inondations, des sécheresses et des incendies. Les personnes vivant dans des restrictions sociales sont les plus vulnérables aux conséquences de tels événements. Une organisation à but non lucratif, TreePeople<sup>2</sup>, a ainsi développé un programme à long terme, «The Urban Forest Initiative», qui vise à impliquer les communautés locales en vue d'accroître le couvert forestier et de renforcer la résilience au changement climatique. Les actions consistent notamment à planter et entretenir des arbres;

<sup>2</sup> [www.treepeople.org](http://www.treepeople.org)

soutenir des stratégies résidentielles et de quartier en matière de collecte des eaux pluviales; et restaurer les forêts dans des zones dégradées. L'objectif décennal du programme est d'augmenter le couvert arboré de la ville de 25 pour cent, réduire les iniquités dans la distribution des forêts, et faire en sorte qu'au moins 50 pour cent de l'approvisionnement en eau soit d'origine locale. L'initiative se propose également de fournir des informations et de travailler avec tous les échelons gouvernementaux à créer des politiques favorisant progressivement l'utilisation des forêts urbaines et périurbaines, quitte à modifier le cas échéant les lois et les réglementations.

#### **Reconnaître les avantages: Open Tree Map**

Reconnaissant les avantages offerts par les forêts urbaines et périurbaines, plusieurs villes des États-Unis d'Amérique ont produit des informations sur la localisation, les espèces et le traitement des arbres disponibles pour les communautés à l'échelle

locale et mondiale; elles ont pour cela eu recours à la plate-forme Open Tree Map<sup>3</sup>, qui peut aussi être utilisée pour créer de futurs scénarios relatifs aux populations d'arbres. Diverses collectivités locales sont en train d'utiliser Open Tree Map pour gérer et communiquer des informations sur leurs forêts urbaines et périurbaines et comme outil d'aide à la décision, dans le but d'encourager la fourniture de services écosystémiques et pour ouvrir la voie en direction de la durabilité.

#### **Accroître la participation en vue d'une planification urbaine intégrée**

À Foz do Iguaçu, Brésil, les chercheurs de l'Université fédérale de l'intégration latino-américaine (Universidade Federal da Integração Latino-Americana) ont cartographié les forêts urbaines et périurbaines dans le cadre d'une initiative régionale, bénéficiant d'un appui fédéral, sur la gestion et la conservation des forêts atlantiques. Le cadre généré par cette initiative, le Plan municipal de la forêt

atlantique, fournit des informations sur l'état des zones naturelles urbaines. En plus de la cartographie, le plan comprend des études de perception environnementale, une évaluation des risques et une analyse de scénarios; il implique par ailleurs des parties prenantes diversifiées. Le plan vise à accroître la participation publique aux prises de décision et à établir des stratégies pour intégrer la planification urbaine et la conservation environnementale. D'autres projets soutenus par l'Université ont examiné d'autres bienfaits des forêts urbaines et périurbaines, par exemple leur rôle dans l'élaboration de la perception des systèmes socioécologiques de la part des enfants. Dans le cas de ce projet, les enfants participent à des visites de jardins urbains et d'aires naturelles dans leur quartier et ils interrogent des résidents de longue date sur l'histoire environnementale locale. Ces activités aident les enfants à développer des aptitudes sociales et à accroître leur sensibilité environnementale, et elles les confrontent aux réalités locales de l'aménagement et de la conservation des espaces verts privés et communautaires.

#### **Planifier en intégrant les forêts urbaines et périurbaines**

La Ville de Melbourne, Australie, a modifié sa gestion des forêts urbaines en adéquation avec les défis auxquels elle est exposée: le changement climatique, la croissance démographique et la chaleur urbaine grandissante. Reconnaissant qu'une forêt en bonne santé est cruciale pour maintenir le bien-être des personnes, la Ville a développé une stratégie sur les forêts urbaines alignée à ses stratégies sur l'adaptation climatique et les espaces en plein air (Ville de Melbourne, sans date). L'image ci-dessous offre une visualisation des forêts urbaines futures de la Ville, où les arbres sont présents dans les rues, dans les parcs et sur les toits. Les planificateurs ont recouru à des méthodes participatives – grâce à une communication et un engagement forts, comprenant une vue en ligne et une fonction «email a tree» (adresse email attribuée à un arbre) très

*Visualisation des forêts urbaines du futur dans la Ville de Melbourne, Australie*



<sup>3</sup> [www.opentreeemap.org](http://www.opentreeemap.org)

populaire – pour impliquer les résidents et les habitants des banlieues et les amener à établir une vision et des objectifs clairs pour les forêts urbaines de Melbourne. La stratégie est mise en œuvre au moyen de 10 plans généraux, qui mettent les principes de la stratégie en pratique tout en intégrant les points de vue de la communauté. En complément, reconnaissant l'importance de la communauté dans la création et le transfert de connaissances, la Ville de Melbourne a lancé le programme «Citizen Forester», «forestier citoyen», dans lequel les citoyens sont mobilisés pour recueillir des données, notamment sur les arbres, leur génétique, les habitats et les pollinisateurs. Récemment, la Ville a créé le Urban Forest Fund, Fonds pour les forêts urbaines qui, en partenariat avec le secteur privé, permet de dégager un appui financier pour verdir les propriétés privées, bénéficiant ainsi à la communauté.

#### **DIRECTIONS FUTURES**

Parmi les nombreux défis que doivent relever les forêts urbaines et périurbaines et leur gestion, le changement climatique, la croissance démographique et les inégalités sociales sont les plus répandus et les plus importants à l'échelle locale.

#### **Changement climatique**

Le changement climatique accroît les risques pour les forêts urbaines et périurbaines, qui doivent être capables de survivre à des périodes prolongées de grave sécheresse et à des épisodes de chaleur et de précipitations extrêmes. Les plans de foresterie urbaine doivent réduire l'éventualité de pertes catastrophiques d'arbres dues à des ravageurs ou à des maladies (Dobbs, Martinez-Harms et Kendal, 2017). Les approches de plantation d'arbres et de conception du paysage axées sur les caractéristiques ornementales et sur la performance historique ne marcheront pas nécessairement à l'avenir; les espèces devront plutôt être choisies en fonction du climat futur probable. Créer dans les villes un réservoir d'espèces fonctionnel et diversifié sur le plan génétique sera crucial pour assurer une plus grande résilience en regard du changement climatique (Kendal, Dobbs et Lohr, 2014) et le maintien de services écosystémiques vitaux (Dobbs, Martinez-Harms et Kendal, 2017).

#### **Croissance démographique**

Il a été estimé que, globalement, les zones urbaines se seront accrues de 185 pour cent d'ici à 2030, en comparaison des années 2000, en particulier en Chine, en Inde et dans d'autres pays d'Asie (Seto, Güneralp et Hutya, 2012). La demande d'aliments et d'autres services écosystémiques augmentera partout dans le monde avec la croissance démographique. L'expansion urbaine affectera les points chauds de la biodiversité, tels que l'Afromontane orientale, la forêt guinéenne d'Afrique de l'Ouest et les zones sensibles du Sri Lanka (Seto, Güneralp et Hutya, 2012). Les forêts urbaines et périurbaines peuvent être considérées comme des réseaux verts qui relient les zones rurales et urbaines, les parcs et les autres aires naturelles à l'intérieur et autour des villes. De telles forêts peuvent favoriser la mobilité de la faune et renforcer la connexion des personnes avec la nature – ce qui nécessite des initiatives de planification urbaine et des politiques qui opèrent à diverses échelles et impliquent des parties prenantes variées. La planification doit devenir un processus multidisciplinaire, ne mobilisant pas uniquement une série d'institutions gouvernementales mais également les communautés vivant dans les villes.

#### **Inégalités sociales**

Les inégalités sociales ont une incidence sur l'accès aux services écosystémiques comme sur leur distribution. Cela se vérifie tout particulièrement dans les villes des régions moins développées, comme en Amérique latine. Par conséquent, les stratégies de gestion et les décisions politiques qui ne tiennent compte que de la dimension écologique des services écosystémiques risquent d'accroître la vulnérabilité socioécologique (Lattera *et al.*, 2016).

Créer des espaces institutionnels qui permettent l'épanouissement de processus de gouvernance locale appliqués aux forêts urbaines et périurbaines, impliquant des réseaux sociaux de personnes diversifiées en termes d'âge, de sexe, d'ethnie, de milieu socioéconomiques, d'éducation et de valeurs, est essentiel pour forger des communautés résilientes. La participation de la société civile est susceptible d'entraîner des actions novatrices adaptées aux

réalités locales et aptes à créer et maintenir à long terme des liens entre la diversité culturelle et la diversité biologique.

#### **Comprendre le contexte socioécologique des forêts urbaines**

Pour développer des villes durables et résilientes, il est indispensable de comprendre les contextes dans lesquels les dynamiques urbaines se produisent. On ne pourra pas établir de forêts urbaines et périurbaines réussies en copiant simplement ce que font d'autres villes; les plans et la gestion doivent être ajustés en fonction des exigences de chaque ville, ainsi que le déterminent son cadre biophysique et les valeurs et les préférences de sa communauté. Planifier des forêts urbaines et périurbaines qui contribuent à la durabilité et à la résilience des villes requiert une approche multidisciplinaire dans laquelle les planificateurs, les urbanistes, les architectes paysagers, les forestiers urbains, les ingénieurs, les gestionnaires de parc et les communautés œuvrent de concert à développer des politiques, des modalités de gestion et des réglementations efficaces. La mesure dans laquelle les communautés sont impliquées dans le processus d'élaboration des politiques sera déterminante pour la réussite des politiques de foresterie urbaine et périurbaine parce que leur appui est capital, sur le long terme, pour le succès de la mise en œuvre.

L'accès aux données sur la qualité, la quantité et la répartition des forêts urbaines et périurbaines est une autre condition nécessaire pour une planification et une gestion réussies. Les politiques doivent incorporer aussi bien les connaissances scientifiques que les préférences et les valeurs des populations. Enfin, un système de suivi est indispensable pour évaluer la mise en œuvre des politiques; les programmes de sciences citoyennes sont aussi une mesure prometteuse, tant pour obtenir des informations continues sur l'état des forêts urbaines et périurbaines que pour mieux communiquer avec les citoyens et les sensibiliser. ♦



## Références

- Alvey, A.A. 2006. Promoting and preserving biodiversity in the urban forest. *Urban Forestry and Urban Greening*, 5: 195-201.
- Annerstedt, M., Ostergren, P.-O., Grahn, P., Skarback, E. et Wahrborg, P. 2015. Moving to serene nature may prevent poor mental health: results from a Swedish longitudinal cohort study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12: 7974-7989.
- Aronson, M.F.J., La Sorte, F.A., Nilon, C.H., Katti, M., Goddard, M.A., Lepczyk, C.A. et Warren, P.S. et al. 2014. A global analysis of the impacts of urbanization on bird and plant diversity reveals key anthropogenic drivers. *Proceedings of the Royal Society B*, 281: 20133330.
- Carriazo, F. et Tovar, Y.J. 2016. *Arborización y crimen urbano en Bogotá*. Documentos CEDE No. 37. Bogotá, Colombie, Universidad de los Andes.
- Colding, J. et Barthel, S. 2013. The potential of 'urban green commons' in the resilience building of cities. *Ecological Economics*, 86: 156-166.
- Coutts, C. et Hahn, M. 2015. Green infrastructure, ecosystem services, and human health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12: 9768-9798.
- de Bon, H., Parrot, L. et Moustier, P. 2010. Sustainable urban agriculture in developing countries: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 30: 21-32.
- de Vries, S., van Dillen, S.M., Groenewegen, P.P. et Spreeuwenberg, P. 2013. Streetscape greenery and health: stress, social cohesion and physical activity as mediators. *Social Science and Medicine*, 94: 26-33.
- Dinnie, E., Brown, K.M. et Morris, S. 2013. Community, cooperation and conflict negotiating the social well-being benefits of urban greenspace experiences. *Landscape and Urban Planning*, 112: 1-9.
- Dobbs, C., Escobedo, F. et Zipperer, W. 2011. A framework for developing urban forest ecosystem services and goods indicators. *Landscape and Urban Planning*, 99: 196-206.
- Dobbs, C., Martinez-Harms, M. et Kendal, D. 2017. Ecosystem services. In: F. Ferrini, C. Konijnendijk van den Bosch et A. Fini, eds. *Routledge handbook of urban forestry*. Londres, Routledge.
- Fuwape, J.A. et Onyekwelu, J.C. 2011. Urban forest development in West Africa: benefits and challenges. *Journal of Biodiversity and Ecological Sciences*, 1: 77-94.
- Giles-Corti, B., Bull, F., Knuiiman, M., McCormack, G., Van Niel, K., Timperio, A., Christian, H. et al. 2013. The influence of urban design on neighborhood walking following residential relocation: longitudinal results from the RESIDE study. *Social Science and Medicine*, 77: 20-30.
- Gomez-Baggethun, E., Gren, A., Barton, D.N., Langemeyer, J., McPhearson, T., O'Farrell, P., Andersson, E., Hamstead, Z. et Kremer, P. 2013. Urban ecosystem services. In: T. Elmqvist, M. Fragkias, J. Goodness, B. Güneralp, P.J. Marcotullio, R.I. McDonald, S. Parnell et al., eds. *Urbanization, biodiversity and ecosystem services: challenges and opportunities*. Dordrecht, Pays-Bas, Springer.
- Ives, C.D., Lentini, P.E., Threlfall, C.G., Ikin, K., Shanahan, D.F., Garrard, G.E., Bekessy, S.A. et al. 2016. Cities are hotspots for threatened species. *Global Ecology and Biogeography*, 25: 117-126.
- Kendal, D., Dobbs, C. et Lohr, V. 2014. Global patterns of diversity in the urban forest: is there evidence to support the 10/20/30 rule? *Urban Forestry and Urban Greening*, 13: 411-417.
- Kuo, F.E. et Sullivan, W.C. 2001. Aggression and violence in the inner city: effects of environment via mental fatigue. *Environment and Behavior*, 33(4): 543-571.
- Laterra, P., Barral, P., Carmona, A. et Nahuelhual, L. 2016. Focusing conservation efforts on ecosystem service supply may increase vulnerability of socio-ecological systems. *PLoS ONE*, 11(5): e0155019.
- Lindenmayer, D.B., Franklin, J.F. et Fischer, J. 2006. General management principles and a checklist of strategies to guide forest biodiversity conservation. *Biological Conservation*, 131: 433-445.
- Maller, C., Townsend, M., Pryor, A., Brown, P. et St Leger, L. 2006. Healthy nature healthy people: 'contact with nature' as an upstream health promotion intervention for populations. *Health Promotion International*, 21: 45-54.
- Montoya, J., Amaya-Espinel, J.D., Morales, P., Tobon, J.F., Sinning, A. et Ramírez, W. 2017. Biodiversidad en la planeación de ciudades colombianas. In: L.A. Moreno, G.I. Andrade et L.F. Ruiz-Contreras, eds. *Biodiversidad 2016: estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia*. Bogotá, Colombia, Universidad de los Andes.
- Nowak, D.J. 1994. Air pollution removal by Chicago's urban forest. In: G.E. McPherson, D.J. Nowak et R. Rowntree, eds. *Chicago's urban forest ecosystem: results of Chicago urban forest climate project*, pp. 63-81. General Technical Report NE-186. Radnor, États-Unis d'Amérique, Service des forêts des États-Unis, Northeastern Forest Experimental Station.
- Ordóñez-Barona, C. 2017. How different ethno-cultural groups value urban forests and the implications for managing them in a multicultural landscape: a systematic review of the literature. *Urban Forestry and Urban Greening*, 26: 65-77.
- Ordóñez-Barona, C. et Duinker, P.N. 2014. Urban forest values of the citizenry in three Colombian cities. *Society & Natural Resources: An International Journal*, 27: 834-849.
- Restrepo, Z., González, S., Zea, J. et Álvarez-Dávila, E. 2016. Árboles grandes y antiguos: una mirada a los habitantes más viejos de Medellín. In: M.A. Mejía, éd. *Naturaleza urbana*, pp. 60-63. Bogotá, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Reynolds, C.C., Escobedo, F.J., Clerici, J. et Zea-Camaño, J. 2017. Does "greening" of neotropical cities considerably mitigate carbon dioxide emissions? The case of Medellín, Colombia. *Sustainability*, 9(5): 785.
- Rojas, C.M. 2013. *Análisis de especies arbóreas urbanas que ofrecen mayores niveles de confort dentro del Parque el Virrey, Bogotá D.C.*, Colombia. Undergraduate thesis in ecology. Bogotá, Universidad Javeriana de Colombia.
- Sæbø, A., Janhall, S., Gawronski, S.W. et Hanslin, H.M. 2017. Urban forestry and pollution mitigation. In: F. Ferrini, C. Konijnendijk van den Bosch et A. Fini, eds. *Routledge handbook of urban forestry*. Londres, Routledge.
- Salbitano, F., Borelli, S. et Sanesi, G. 2015. Urban forestry and agroforestry. In: H. De Zeeuw, éd. *Cities, food and agriculture: towards resilient urban food systems*. Abingdon, Royaume-Uni, Routledge.
- Seto, K.C., Güneralp, B. et Hutyrá, L.R. 2012. Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. *PNAS*, 109: 16083-16088.

- Shackleton, S., Chinyimba, A., Hebinck, P., Shackleton, C. et Kaoma, H.** 2015. Multiple benefits and values of trees in urban landscapes in two towns in northern South Africa. *Landscape and Urban Planning*, 136: 76-86.
- Singh, V.S., Pandey, D.N. et Chaudry, P.** 2010. *Urban forest and open green space: lessons from Jaipur*. Occasional Paper. Rajasthan, Inde, Rajasthan State Pollution Control Board.
- Skoulika, F., Santamouris, M., Kolokotsa, D. et Boemi, N.** 2014. On the thermal characteristics and the mitigation potential of a medium size urban park in Athens, Greece. *Landscape and Urban Planning*, 123: 73-86.
- Stoner, T. et Rapp, C.** 2008. *Open spaces, sacred places*. Annapolis, États-Unis d'Amérique, The KTF Foundation.
- Taylor, A.F. et Kuo, F.E.** 2006. Is contact with nature important for healthy child development? State of the evidence. In: C. Spencer et M. Blades, édés. *Children and their environments: learning, using and designing spaces*. Cambridge, Royaume-Uni, Cambridge University Press.
- Ville de Melbourne.** Sans date. *Urban forest strategy: making a great city greener 2012-2032*. Melbourne, Australia (disponible aussi sur [www.melbourne.vic.gov.au/SiteCollectionDocuments/urban-forest-strategy.pdf](http://www.melbourne.vic.gov.au/SiteCollectionDocuments/urban-forest-strategy.pdf)).
- Wolf, K.L.** 2017. Social aspects of urban forestry and metro nature. In: F. Ferrini, C. Konijnendijk van den Bosch et A. Fini, édés. *Routledge handbook of urban forestry*. Londres, Routledge. ◆

# Améliorer les forêts citadines à travers l'évaluation, la modélisation et le suivi

*D.J. Nowak*



© DAVID LORENZ WINSTONSERVICE DES FORÊTS DES ÉTATS UNIS

*Les méthodes permettant d'estimer les coûts et les avantages des forêts urbaines et périurbaines sont de plus en plus précises et faciles à appliquer.*

Les forêts urbaines et périurbaines génèrent de nombreux avantages pour la société. Elles contribuent notamment à atténuer les effets du changement climatique; diminuer la consommation énergétique dans les édifices; piéger le dioxyde de carbone atmosphérique; améliorer la qualité de l'air et de l'eau; réduire le ruissellement des eaux pluviales et les inondations; offrir un environnement esthétique et des possibilités récréatives; améliorer la santé humaine et le bien-être; et limiter les impacts sonores (Dwyer *et al.*, 1992; Nowak et Dwyer, 2007; Dobbs, Martinez-Harms et Kendal, 2017). Cependant, une conception du paysage inappropriée et une sélection doublée d'un entretien inadéquats des arbres peuvent augmenter les coûts environnementaux (par exemple à travers la production de pollen et les émissions chimiques qui contribuent à la pollution de l'air), l'utilisation d'énergie dans les

bâtiments, le traitement des déchets, la réparation des infrastructures et la consommation d'eau. Les coûts potentiels doivent donc être examinés au regard des bénéfices lorsque l'on développe des programmes de gestion des ressources naturelles.

Pour soutenir ou renforcer les bénéfices offerts par les forêts urbaines et périurbaines à la société, il est important de comprendre la structure forestière existante, comment cette structure influe sur l'ampleur des avantages et des coûts, et comment la structure des forêts et par conséquent les bénéfices qui en dérivent changent au fil du temps. Sur la base de cette compréhension, les gestionnaires peuvent orienter la structure forestière de façon à en optimiser les avantages pour la

***En haut: Le suivi et l'évaluation des forêts urbaines et périurbaines permettent de développer des plans de gestion qui optimisent la structure des forêts et les bénéfices qu'elles procurent***

David J. Nowak travaille au Service des forêts des États-Unis à Syracuse, New York, États-Unis d'Amérique.

société. Des avancées significatives ont été faites ces dernières années dans le suivi et l'évaluation des forêts urbaines et périurbaines, et dans la quantification des coûts et des bénéfices associés à cette ressource. Nombre des bienfaits ne sont pas facilement mesurables sur le terrain, aussi des techniques de modélisation doivent-elles être utilisées pour en estimer l'ampleur. Cet article présente un aperçu d'un processus en quatre étapes qui permet d'effectuer facilement l'évaluation, la modélisation et le suivi de la structure et des avantages d'une forêt urbaine et périurbaine. Grâce à ce processus, des plans de gestion locaux peuvent être développés pour optimiser la structure forestière en vue de renforcer la santé et le bien-être des générations actuelles et futures.

#### ÉTAPE 1: ÉVALUER LA STRUCTURE FORESTIÈRE

La structure forestière est une variable essentielle parce que c'est ce que les gestionnaires manipulent afin d'influer sur les bénéfices et les valeurs associés aux forêts. La structure consiste dans les attributs physiques de la forêt, comme

l'abondance, la taille, l'espèce, la santé et l'emplacement des arbres. Les gestionnaires choisissent souvent quelles espèces planter, où et quand effectuer la plantation, et quels arbres retirer d'un paysage. Ces actions influencent directement la structure des forêts urbaines et périurbaines et par conséquent les bénéfices dérivant de leurs ressources.

#### De bas en haut ou de haut en bas?

Il y a deux manières fondamentales de quantifier la structure des forêts urbaines et périurbaines: 1) les approches descendantes basées sur la perspective aérienne; et 2) les évaluations ascendantes à partir du terrain. Les évaluations descendantes fournissent des mesures fondamentales sur le couvert forestier (comme son pourcentage) et d'autres types de couverture du sol, et elles peuvent cartographier l'emplacement spécifique de ces éléments.

Le couvert forestier peut généralement être estimé en interprétant des photos aériennes ou en utilisant des cartes élaborées au moyen d'une imagerie à moyenne ou haute résolution (voir par exemple Nowak, 2012a). Si l'on a besoin

de connaître uniquement la quantité ou le pourcentage de couvert forestier, l'interprétation des photos constitue une manière économique et exacte d'évaluer les arbres et les autres caractéristiques du couvert; elle ne fournit cependant pas d'informations précises sur la localisation du couvert.

Si l'on a besoin de connaître l'emplacement de la végétation, les cartes du couvert forestier fournissent aussi bien des estimations de celui-ci que les sites spécifiques des divers éléments constituant la couverture du sol (de façon à pouvoir être intégrées dans le système d'information géographique). Le couvert arboré et sa distribution sont des paramètres importants de la structure des forêts urbaines et périurbaines parce qu'ils offrent une manière simple de décrire l'ampleur et la répartition de la ressource forestière. Des données plus détaillées sur la structure forestière (comme la composition des espèces, le nombre d'arbres, la taille des arbres, l'état des arbres, la superficie

*Un feuillage en bonne santé est crucial pour que les forêts urbaines et périurbaines puissent procurer nombre de leurs avantages*



foliaire, la biomasse foliaire et la biomasse ligneuse) sont toutefois souvent indispensables pour pouvoir évaluer les coûts et les avantages et pour orienter ainsi la gestion. Si diverses approches axées sur les vues aériennes sont analysées et explorées dans le but d'obtenir certaines informations spécifiques sur les arbres, pour extraire de multiples variables sur ces derniers, la meilleure démarche existante reste d'effectuer des mesures sur le terrain.

Les données de terrain relatives à la structure des forêts urbaines et périurbaines peuvent être obtenues à partir d'inventaires ou bien à partir d'échantillons. Pour les grandes populations d'arbres, les données de terrain couplées à des évaluations aériennes offriront probablement le moyen le meilleur et le plus avantageux pour évaluer la structure urbaine et périurbaine. Les principaux paramètres sont l'espèce, le diamètre, les dimensions de la cime et l'état des arbres. Ces informations sont utiles aux gestionnaires pour mieux gérer les populations d'arbres et pour évaluer les risques liés à la ressource, et elles sont également capitales pour estimer les coûts et les avantages.

#### **Facteurs à considérer pour la modélisation**

Pour la plupart des bénéfices liés aux arbres, la caractéristique majeure est la

superficie foliaire. Même si elle n'est pas mesurée directement sur le terrain, cette variable peut être modélisée à partir des données sur les espèces, la taille de la cime et l'état de celle-ci, tandis que la mesure du diamètre est essentielle pour estimer le stockage du carbone. La biomasse foliaire et ligneuse peut être modélisée à partir de ces principales variables relatives aux arbres. D'autres facteurs entrent en ligne de compte pour estimer les bénéfices engendrés par les forêts urbaines et périurbaines, à savoir la compétition de la cime (primordiale pour estimer la croissance des arbres et le piégeage du carbone) et la localisation à proximité d'immeubles (importante pour estimer la conservation énergétique). De nombreux avantages des forêts urbaines et périurbaines peuvent être modélisés à partir de ces variables de l'arbre, conjuguées à d'autres informations locales (telles que les conditions météorologiques, la pollution et la démographie).

Il existe une interdépendance entre la structure des forêts urbaines et périurbaines, les avantages qu'elles procurent et leur évaluation économique. La valeur attribuée repose sur les bonnes estimations qui sont faites de l'ampleur des bénéfices produits, et les estimations des bénéfices requièrent de bonnes estimations de la structure de la forêt et de la manière dont

cela influe sur les avantages générés. Les bénéfices et les valeurs ne peuvent pas être quantifiés de manière adéquate en l'absence de données de bonne qualité sur la structure forestière. Combiner des données exactes en suivant des procédures solides de quantification des bénéfices permettra de fournir des estimations fiables de l'ampleur des avantages produits par les forêts urbaines et périurbaines. De la sorte, la valeur des avantages peut être estimée au moyen de procédures et d'évaluations économiques solides. Ainsi, trois éléments cruciaux sont nécessaires, en séquence, pour évaluer les avantages procurés par les forêts urbaines et périurbaines et pour aider à leur gestion: structure → bénéfices → valeurs. Des erreurs dans les éléments précédents conduiront à des erreurs dans les estimations suivantes (par exemple, des erreurs relatives à la structure forestière entraîneront des erreurs dans l'évaluation des bénéfices et dans les valeurs attribuées).

#### **ÉTAPE 2: MODÉLISER**

##### **LES AVANTAGES, LES COÛTS ET LES VALEURS DES FORÊTS URBAINES ET PÉRIURBAINES**

Les informations sur la structure forestière peuvent être utiles aux gestionnaires en montrant la composition des espèces, la taille et l'emplacement des arbres et les dangers potentiels liés à la forêt (par



*Image aérienne aux couleurs renforcées de New York, États-Unis d'Amérique. La structure et les avantages des forêts urbaines et périurbaines varient en fonction des paysages comme le couvert forestier et les populations humaines varient*

exemple, la composition des espèces peut révéler des risques d'infestation d'insectes ou de propagation de maladies). Comprendre les liens entre la structure des forêts urbaines et périurbaines et les avantages qu'elles procurent est essentiel pour pouvoir optimiser ces avantages à travers leur gestion. Du fait que de nombreux bienfaits ne peuvent pas facilement être mesurés sur le terrain (comme l'élimination de la pollution atmosphérique), des modélisations sont utilisées pour estimer les bénéfices, les coûts et les valeurs, lesquelles s'appuient en partie sur les mesures de la structure forestière effectuées. Une fois que les avantages ont été quantifiés, diverses méthodes d'estimation de la valeur marchande et non marchande peuvent être appliquées en vue de déterminer leur valeur monétaire (voir par exemple Hayden, 1989).

Il existe divers modèles pour quantifier les avantages dérivant des forêts; parmi les modèles gratuits disponibles en accès libre, on trouve InVEST (Natural Capital Project, sans date), Biome-BGC (Numerical Terradynamic Simulation Group, sans date) et de nombreux outils servant à évaluer le carbone forestier (voir par exemple Service des forêts des États-Unis, 2016a). Cependant, peu de modèles quantifient les forêts urbaines et périurbaines. Le modèle le plus complet qui a été développé à ce jour pour quantifier la structure, les avantages et les valeurs des forêts urbaines et périurbaines est i-Tree<sup>1</sup>, une suite d'outils gratuits disponibles en accès libre développée par le Service des forêts des États-Unis au travers d'un partenariat public-privé. Le modèle i-Tree s'appuie sur des données scientifiques examinées par des pairs et peut être utilisé partout dans le monde; il a plus de 180 000 utilisateurs répartis dans 130 pays; il a été conçu pour évaluer avec exactitude la structure forestière locale et son impact en termes d'avantages, de coûts et de valeur (tableau 1). Les résultats de la modélisation ont été validés en regard de mesures de terrain (voir par exemple Morani *et al.*, 2014), montrant qu'ils offraient des estimations solides des bénéfices engendrés par les forêts urbaines et périurbaines. Le modèle se concentre sur l'estimation de la structure forestière et de l'ampleur des

services reçus (par exemple, les tonnes de carbone absorbées). Il s'appuie ensuite sur une évaluation économique (par exemple, un montant en dollars par tonne absorbée) pour estimer la valeur d'un service donné. Le modèle utilise diverses estimations économiques; les utilisateurs peuvent ajuster nombre d'entre elles s'ils disposent de valeurs économiques locales.

### i-Tree Eco

Le programme principal de la suite i-Tree est i-Tree Eco. Ce modèle, qui peut être utilisé dans le monde entier, recourt à des échantillons ou à des données d'inventaire ainsi qu'à des données environnementales locales pour évaluer et prévoir la structure forestière, les bénéfices, les menaces et les valeurs associés à n'importe quelle

population d'arbres (Nowak *et al.*, 2008). Le programme i-Tree Eco comprend des outils de sélection de parcelles; des applications mobiles pour l'enregistrement des données; des outils pour communiquer et exporter les données sous forme de tableaux et de graphiques; et un système de génération automatique de rapports. L'évaluation des forêts urbaines et périurbaines a été conduite en utilisant ce modèle dans de nombreuses villes du globe, notamment à Barcelone, Espagne; Calles, Mexique; Chicago, États-Unis d'Amérique; Londres, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord; Medellín, Colombie; Milan, Italie; New York, États-Unis d'Amérique; Perth, Australie; Porto, Portugal; Santiago, Chili; Séoul, République de Corée; Strasbourg,

**TABLEAU 1. Avantages et coûts des arbres, quantifiés et en développement dans i-Tree**

Effet sur l'écosystème	Paramètre	Quantifié	Évalué
Atmosphère	Confort humain	○	
	Consommation d'énergie dans les bâtiments	●	●
	Dépollution	●	●
	Émissions de composés organiques volatils	●	
	Émissions évitées	●	●
	Piégeage du carbone	●	●
	Pollen	○	
	Rayonnement ultraviolet	●	○
	Stockage du carbone	●	●
	Température de l'air	○	○
	Transpiration	●	
	Communauté/société	Aliments/médicaments	○
Esthétique/valeur foncière		○	○
Indice de santé <sup>1</sup>		○	
Produits forestiers <sup>2</sup>		○	○
Zones défavorisées		●	
Écosystème terrestre	Biodiversité	○	
	Cycle des nutriments	○	
	Habitat faunique	●	
	Plantes envahissantes	●	
Eau	Inondations	○	○
	Interception de la pluie	●	
	Qualité de l'eau	●	○
	Ruissellement évité	●	●

Notes: ● = paramètre actuellement quantifié ou évalué dans i-Tree; ○ = paramètre en développement dans i-Tree; 1 = développement d'un indice de santé à partir d'une cartographie de la vue sur la verdure («sylvothérapie»); 2 = estimation du potentiel productif à partir de la structure de la forêt (par exemple, bois d'œuvre, copeaux de bois, éthanol).

Source: Nowak (2017).

<sup>1</sup> www.itreetools.org



© DAVID NOWAK

France; et Toronto, Canada (Chaparro et Terradas, 2009; Escobedo *et al.*, 2006; Graca *et al.*, 2017; Nowak *et al.*, 2007, 2010, 2013; Rogers *et al.*, 2015; Selmi *et al.*, 2016).

Les autres outils de i-Tree sont les suivants:

- **i-Tree Species** – sélectionne les espèces d'arbres les plus appropriées selon les fonctions environnementales souhaitées et l'aire géographique;
- **i-Tree Hydro** – simule les effets de changements advenus dans le couvert forestier et la couverture imperméable sur le ruissellement, le débit des cours d'eau et la qualité de l'eau;
- **i-Tree Canopy\*** – permet aux utilisateurs d'interpréter facilement des photographies aériennes Google en vue de produire des estimations statistiques sur les types de couverture terrestre. Les images historiques de Google Earth peuvent aussi être utilisées pour analyser l'évolution des types de couverture terrestre;
- **i-Tree Design** – est relié à Google Maps et permet aux utilisateurs de quantifier les bénéfices actuels et

futurs procurés par les arbres sur leurs propriétés;

- **MyTree** – évalue facilement les avantages procurés par un petit nombre d'arbres (de un à quelques-uns) au moyen d'un téléphone et d'un navigateur web mobile;
- **i-Tree Landscape** – permet aux utilisateurs d'explorer le houppier, la couverture terrestre, les avantages générés par les arbres, les risques pour la forêt et la santé, et des informations démographiques de base partout aux États-Unis d'Amérique, et de déterminer les aires prioritaires pour la plantation et la protection des arbres.

Le développement de i-Tree est le fruit d'une collaboration entre de nombreux partenaires, en vue de mieux comprendre et quantifier comment les changements de la structure forestière affectent les bénéfices et les valeurs qui en dérivent, et afin d'aider à la gestion et à la planification des forêts urbaines et périurbaines. De nombreux avantages et coûts liés aux forêts sont en train d'être ajoutés au modèle (tableau 1).

Les évaluations et les modélisations effectuées aux États-Unis d'Amérique indiquent

*Une route bordée d'arbres à Honolulu, Hawaï, États-Unis d'Amérique. Concevoir des forêts urbaines et périurbaines est important pour réduire des effets négatifs potentiels, comme le piégeage des polluants près des voies de circulation*

un nombre estimé de 5,5 milliards d'arbres (39,4 pour cent du couvert forestier) dans les zones urbaines à l'échelle nationale, comprenant 51,5 millions d'hectares de superficie foliaire et 40 millions de tonnes de matière sèche de biomasse foliaire. Ces arbres produisent annuellement une valeur de 18,3 milliards de dollars des États-Unis (ci-après dollars), consistant en une élimination de la pollution atmosphérique (5,4 milliards de dollars), une réduction de la consommation d'énergie dans les bâtiments (5,4 milliards de dollars), un piégeage du carbone (4,8 milliards de dollars) et des émissions de polluants évitées (2,7 milliards de dollars) (Nowak et Greenfield, sous presse).

### ÉTAPE 3: DÉVELOPPER DES PLANS DE GESTION

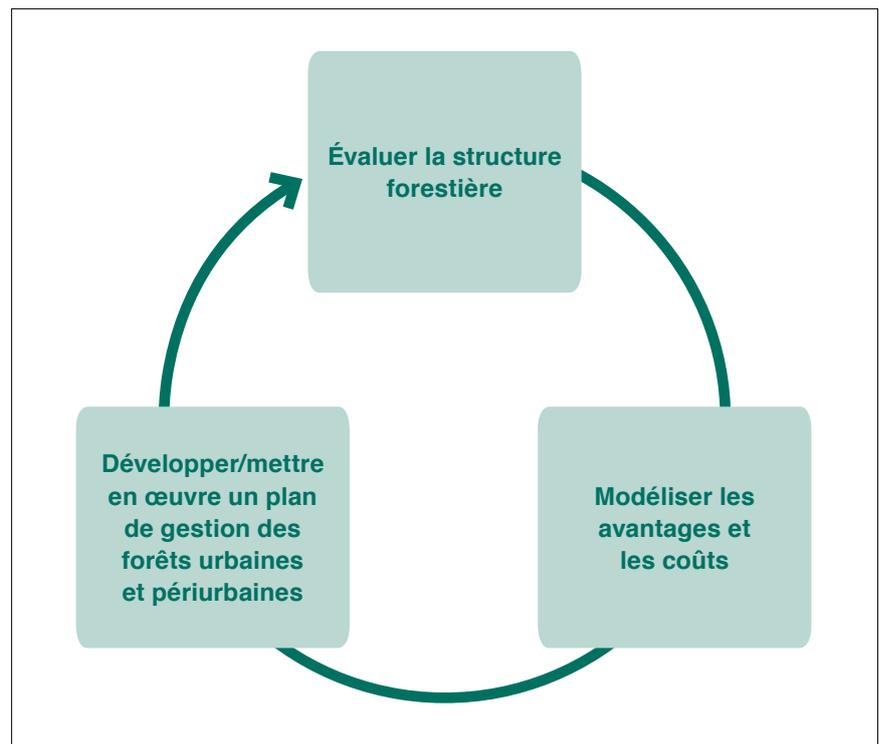
Les forêts urbaines et périurbaines évoluent constamment et l'objectif de la gestion est de les orienter en direction

de résultats souhaités, aptes à en maximiser les avantages pour les générations actuelles et futures. Une étape majeure dans la réalisation de cet objectif consiste à développer un plan de gestion de ces forêts qui permette d'optimiser la structure forestière au fil du temps. Les données issues de modélisations et d'évaluations locales, assorties à des contributions provenant des résidents, peuvent être utilisées pour élaborer des plans susceptibles de soutenir ou de renforcer la structure et les avantages des forêts urbaines et périurbaines. Ces plans peuvent être fort simples, déclarant par exemple seulement les moyens (comme le financement) pour atteindre un objectif de couvert forestier donné sur un lieu donné, tout comme ils peuvent fournir des informations détaillées, en particulier sur les taux de plantation, par espèce et par site.

Le couvert forestier urbain est en déclin aux États-Unis d'Amérique (Nowak et Greenfield, 2012). Les plans de gestion doivent considérer les divers facteurs susceptibles d'altérer la structure forestière au fil du temps, notamment les facteurs qui diminuent le couvert forestier (comme le développement, les tempêtes, les insectes, les maladies et le vieillissement) et ceux qui l'accroissent (comme les plantations d'arbres, la régénération naturelle et les espèces envahissantes). Aux États-Unis d'Amérique, on estime que deux tiers de la forêt urbaine existante est le résultat de la régénération naturelle (Nowak, 2012b). L'influence de la plantation d'arbres tend à s'accroître dans les villes situées dans des zones de prairie et de désert, dans les villes plus densément peuplées, et dans les contextes d'utilisation des terres fortement gérée en rapport avec les arbres (comme les terrains résidentiels). Prévoir les changements d'origine anthropique et naturelle dans les forêts urbaines et périurbaines favorisera de meilleurs plans de gestion, aptes à soutenir la structure et maintenir les avantages des forêts dans le temps.

#### ÉTAPE 4: SURVEILLER L'ÉVOLUTION DES FORÊTS URBAINES ET PÉRIURBAINES

La dernière étape du processus d'évaluation consiste à refaire périodiquement des mesures de la forêt (le suivi) pour déterminer comment elle change et si les



**1**  
*Cycle du suivi-évaluation des forêts urbaines et périurbaines visant à renforcer les avantages des forêts au fil du temps*

objectifs de gestion sont atteints. Cette étape consiste en une nouvelle mesure de la structure forestière, telle qu'elle a été menée lors de l'étape 1, redémarrant ainsi le cycle de modélisation des avantages et évaluant ou actualisant les plans de gestion (figure 1). Le cycle d'évaluation (par exemple tous les 5-10 ans) peut permettre de s'assurer que la forêt urbaine et périurbaine progresse bien de la manière souhaitée de façon à renforcer les avantages et les valeurs bénéfiques à la société.

Un nombre croissant de villes dans le monde sont en train d'évaluer leurs forêts urbaines et périurbaines pour mieux en comprendre les coûts et les avantages. Le programme d'analyse et d'inventaire forestier du Service des forêts des États-Unis mène, en partenariat avec les États et les villes, un suivi à long terme des forêts urbaines du pays. Ce programme recueille des données annuelles sur les forêts urbaines des États-Unis d'Amérique en vue d'estimer la structure, les avantages, les valeurs et les changements de celles-ci au fil du temps. La première ville à avoir achevé une évaluation de référence a été Austin, Texas (Nowak *et al.*, 2016); 26 cités ont fait l'objet d'un suivi en 2017, et de nouvelles villes seront ajoutées au programme de suivi au cours des prochaines années (Service des forêts des États-Unis, 2016b).

#### PRINCIPAUX RÉSULTATS

Les principaux points mis en évidence dans cet article peuvent être synthétisés comme suit:

- Comprendre et comptabiliser les bénéfices fournis par les forêts urbaines et périurbaines permet d'améliorer la planification, la conception et les décisions économiques concernant l'utilisation de ces forêts en vue de renforcer la qualité de l'environnement, la santé humaine et le bien-être.
- Les données relatives à la structure des forêts urbaines et périurbaines (comme la composition des espèces et l'emplacement des arbres) et à la manière dont cette structure a des répercussions sur les bénéfices et les valeurs qui en dérivent, sont cruciales pour favoriser une telle amélioration.
- La suite i-Tree est un ensemble d'outils simple et disponible gratuitement permettant d'évaluer et d'estimer l'impact des arbres et des forêts – de la dimension des petites parcelles de forêts locales jusqu'aux paysages d'envergure régionale – sur la qualité de l'environnement et sur la santé et le bien-être humains.

- Veiller au suivi des forêts urbaines et périurbaines est essentiel pour prendre acte des changements et évaluer les plans de gestion. Les États-Unis d'Amérique ont démarré récemment un programme national de suivi des forêts urbaines dans plusieurs villes et États.
- Les futurs plans d'évaluation, de suivi et de gestion pourront aider à contenir les coûts et à renforcer les avantages des forêts urbaines et périurbaines. ♦

Clause de non-responsabilité: Les dénominations commerciales présentes dans cet article sont employées à titre d'information et pour la commodité du lecteur. Cela ne constitue pas un appui ou une approbation officielle de la part du Département de l'agriculture des États-Unis ou du Service des forêts des États-Unis, de tout produit ou service à l'exclusion d'autres produits et services qui peuvent être adéquats.



## Références

- Chaparro, L. et Terradas, J.** 2009. *Ecological services of urban forest in Barcelona*. Bellaterra, Espagne, Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals, Universitat Autònoma de Barcelona.
- Dobbs, C., Martinez-Harms, M.J. et Kendal, D.** 2017. Ecosystem services. In: F. Ferrini, C.C. Konijnendijk van den Bosch et A. Fini, éd. *Routledge handbook of urban forestry*, pp. 51-64. Abingdon, Royaume-Uni, Routledge.
- Dwyer, J.F., McPherson, E.G., Schroeder, H.W. et Rowntree, R.A.** 1992. Assessing the benefits and costs of the urban forest. *Journal of Arboriculture*, 18(5): 227-234.
- Escobedo, F.J., Nowak, D.J., Wagner, J.E., Luz de la Maza, C. et Rodriguez, M.** 2006. The socioeconomics and management of Santiago de Chile's public urban forest. *Urban Forestry and Urban Greening*, 4: 105-114.
- Graca, M.S., Goncalves, J.F., Alves, P.J., Nowak, D.J., Hoehn, R., Ellis, A., Farinha-Marques, P. et Cunha, M.** 2017. Assessing mismatches in ecosystem services proficiency across the urban fabric of Porto (Portugal): the influence of structural and socioeconomic variables. *Ecosystem Services*, 23: 82-93.
- Hayden, F.G.** 1989. *Survey of methodologies for valuing externalities and public goods*. EPA-68-01-7363. Washington, DC, Agence de protection de l'environnement des États-Unis.
- Morani, A., Nowak, D., Hirabayashi, S., Guidolotti, G., Medori, M., Muzzini, V., Fares, S., Scarascia Mugnozza, G. et Calfapietra, C.** 2014. Comparing modeled ozone deposition with field measurements in a periurban Mediterranean forest. *Environmental Pollution*, 195: 202-209.
- Natural Capital Project.** Sans date. *INVEST: Integrated valuation of ecosystem services and tradeoffs* [en ligne]. [Consulté en janvier 2016]. [www.naturalcapitalproject.org/invest](http://www.naturalcapitalproject.org/invest)
- Nowak, D.J.** 2012a. *A guide to assessing urban forests*. United States Forest Service Northern Research Station Resources Bulletin NRS-INF-24-13. Newtown Square, États-Unis d'Amérique, Service des forêts des États-Unis, Northern Research Station.
- Nowak, D.J.** 2012b. Contrasting natural regeneration and tree planting in 14 North American cities. *Urban Forestry and Urban Greening*, 11: 374-382.
- Nowak, D.J.** 2017. Assessing the benefits and economic values of trees. In: F. Ferrini, C.C. Konijnendijk van den Bosch et A. Fini, éd. *Routledge handbook of urban forestry*, pp. 152-163. Abingdon, Royaume-Uni, Routledge.
- Nowak D.J., Bodine, A.R., Hoehn, R.E., Edgar, C.B., Hartel, D.R., Lister, T.W. et Brandeis, T.J.** 2016. *Austin's urban forest, 2014*. United States Forest Service Northern Research Station Resources Bulletin NRS-100. Newtown Square, États-Unis d'Amérique, Service des forêts des États-Unis, Northern Research Station.
- Nowak, D.J., Crane, D.E., Stevens, J.C., Hoehn, R.E., Walton, J.T. et Bond, J.** 2008. A ground-based method of assessing urban forest structure and ecosystem services. *Arboriculture and Urban Forestry*, 34: 347-358.
- Nowak, D.J. et Dwyer, J.F.** 2007. Understanding the benefits and costs of urban forest ecosystems. In: J. Kuser, éd. *Urban and community forestry in the Northeast*, pp. 25-46. New York, États-Unis d'Amérique, Springer.
- Nowak, D.J. et Greenfield, E.J.** 2012. Tree and impervious cover change in U.S. cities. *Urban Forestry and Urban Greening*, 11: 21-30.
- Nowak, D.J. et Greenfield, E.J.** Sous presse. U.S. urban forest statistics, values and projections. *Journal of Forestry*.
- Nowak, D.J., Hoehn, R.E., Bodine, A.R., Greenfield, E.J., Ellis, A., Endreny, T.E., Yang, Y., Zhou, T. et Henry, R.** 2013. *Assessing forest effects and values: Toronto's urban forest*. United States Forest Service Northern Research Station Resources Bulletin NRS-79. Newtown Square, États-Unis d'Amérique, Service des forêts des États-Unis, Northern Research Station.
- Nowak, D.J., Hoehn, R., Crane, D.E., Stevens, J.C. et LeBlanc, C.** 2010. *Assessing urban forest effects and values: Chicago's urban forest*. United States Forest Service Northern Research Station Resources Bulletin NRS-37. Newtown Square, États-Unis d'Amérique, Service des forêts des États-Unis, Northern Research Station.
- Nowak, D.J., Hoehn, R., Crane, D.E., Stevens, J.C. et Walton, J.T.** 2007. *Assessing urban forest effects and values: New York City's urban forest*. United States Forest Service Northern Research Station Resources Bulletin NRS-9. Newtown Square, États-Unis d'Amérique, Service des forêts des États-Unis, Northern Research Station.
- Numerical Terradynamic Simulation Group.** Sans date. *Biome-BGC* [en ligne]. Université du Montana. [Consulté en janvier 2016]. [www.ntsg.umt.edu/project/biome-bgc](http://www.ntsg.umt.edu/project/biome-bgc)
- Rogers, K., Sacre, K., Goodenough, J. et Doick, K.** 2015. *Valuing London's urban forest: results of the London i-Tree Eco Project*. Londres, Treeconomics.
- Selmi, W., Weber, C., Rivière, E., Blond, N., Mehdi, L. et Nowak, D.** 2016. Air pollution removal by trees in public greenspace in Strasbourg city, France. *Urban Forestry and Urban Greening*, 17: 192-201.
- Service des forêts des États-Unis.** 2016a. *Carbon: tools for carbon inventory, management, and reporting* [en ligne]. [Consulté en janvier 2016]. United States Forest Service. [www.nrs.fs.fed.us/carbon/tools](http://www.nrs.fs.fed.us/carbon/tools)
- Service des forêts des États-Unis.** 2016b. *Urban forest inventory and analysis (FIA)* [en ligne]. [Consulté le 15 décembre 2016]. United States Forest Service. [www.fs.fed.us/research/urban/fia.php](http://www.fs.fed.us/research/urban/fia.php) ♦

# L'évolution de la gouvernance des forêts urbaines

C.C. Konijnendijk, P. Rodbell, F. Salbitano, K. Sayers, S. Jiménez Villarpando et M. Yokohari

*La demande de forêts et d'autres espaces verts donne lieu à de nouveaux modèles de gouvernance urbaine.*

**Cecil C. Konijnendijk van den Bosch** est Professeur de foresterie urbaine à l'Université de la Colombie-Britannique, Canada.

**Phillip Rodbell** est Chef de programme en foresterie urbaine et communautaire, Service des forêts des États-Unis, région du Nord-Est, États-Unis d'Amérique.

**Fabio Salbitano** est Professeur associé à l'Université de Florence, Italie, et conseiller habituel du programme de foresterie urbaine et périurbaine de la FAO.

**Kevin Sayers** est Coordonnateur de programme en foresterie urbaine et communautaire au Département des ressources naturelles du Michigan, États-Unis d'Amérique.

**Sarah Jiménez Villarpando** est Experte en foresterie urbaine à Cochabamba, Bolivie (État plurinational de).

**Makoto Yokohari** est Professeur d'aménagement du paysage à l'Université de Tokyo, Japon.

Les arbres, les terrains boisés et les autres formes de végétation apportent des contributions essentielles à la santé, au bien-être et à la résilience des communautés urbaines. Ainsi, des données solides ont été accumulées au cours des dernières années concernant le rôle des forêts urbaines dans l'atténuation des effets du changement climatique et des «îlots de chaleur» urbains (Roy et Byrne, 2014; Dobbs, Martinez-Harms et Kendal, 2017), et de nombreux éléments indiquent aussi l'importance de la contribution des forêts urbaines et des autres espaces verts à la santé publique (voir par exemple van den Bosch, 2017). Les forêts urbaines sont cependant souvent sous pression, du fait du développement et de la densification des villes, de leur mauvaise gestion et de leur statut politique faible (Haaland et Konijnendijk van den Bosch, 2015).

Les communautés du monde entier ont besoin de disposer de meilleurs programmes de foresterie urbaine et périurbaine (FUP). Le champ interdisciplinaire de la FUP œuvre dans un contexte complexe, marqué par une évolution rapide des conditions, des facteurs et des «scénarios» (comme la perte de biodiversité, et la nécessité d'adapter les villes au changement climatique et d'améliorer la santé publique), et de nombreuses problématiques se disputent aujourd'hui l'attention des décideurs et des collectivités locales (Sheppard *et al.*, 2017).

*L'action locale menée dans le Michigan par l'organisation The Greening of Detroit, avec un financement initial des autorités fédérales et étatiques, est un modèle de gouvernance qui a créé une base solide pour la gestion des forêts urbaines sur tout le territoire des États-Unis d'Amérique*



L'expansion de la communauté mondiale des acteurs de la foresterie urbaine, ainsi que l'intensification de l'échange des connaissances et de la mise en réseau, appuyés par des organisations comme la FAO, ont entraîné une acquisition de savoir et une meilleure prise en compte des bonnes pratiques en matière de conception, planification et gestion des forêts urbaines. À ce jour, toutefois, il n'a été prêté qu'une attention limitée à la manière dont sont prises les décisions relatives aux forêts urbaines au niveau stratégique. Qui est impliqué dans ces décisions, et qui est laissé de côté? Quels sont les principaux scénarios? Comment est organisé le processus décisionnel, et qui en détient les rênes? Toutes ces questions requièrent de l'attention.

#### De l'éducation à la gouvernance

Traditionnellement, les professionnels de la FUP ont concentré leurs efforts sur l'éducation des responsables politiques et la sensibilisation des citoyens quant à l'importance des arbres et des terrains boisés urbains. Cependant, il apparaît désormais clairement que la FUP doit aller au-delà de cela, pour trouver des moyens d'inclure un plus vaste ensemble de parties prenantes dans la prise de décision et dans la gestion (Sheppard *et al.*, 2017).

Dans le secteur de la foresterie en général, on constate un intérêt croissant pour une série de processus décisionnels complexes impliquant de multiples acteurs, rassemblés sous le concept de «gouvernance». Auparavant, les acteurs publics, tels que les services forestiers nationaux, tendaient à dominer la politique, la planification et la gestion des forêts, mais c'est moins le cas aujourd'hui. En matière de FUP, les administrations municipales chargées des forêts et des parcs (ou de la planification et de l'ingénierie) jouent encore un rôle déterminant, mais elles doivent de plus en plus faire appel à d'autres acteurs. On observe ainsi un tournant, marqué par le passage d'une gouvernance mise en œuvre par le gouvernement à une gouvernance mise en œuvre avec (voire sans) le gouvernement (Konijnendijk van den Bosch, 2014).

Les définitions de la gouvernance varient considérablement. Toutes reconnaissent pourtant un virage stratégique, dans lequel une série d'acteurs gouvernementaux partagent (ou transfèrent) la prise de décision

et la définition des règles avec (ou à) la société civile et les (ou aux) entreprises (Lawrence *et al.*, 2013; Sheppard *et al.*, 2017). La gouvernance suppose des décisions, des négociations et un ensemble de rapports de pouvoir entre parties prenantes en vue de déterminer qui obtient quoi, quand et comment (PNUD, 2009).

Les connaissances sur la gouvernance des forêts urbaines et périurbaines et les différentes formes et les différents modèles qu'elle peut adopter sont encore limités. Aussi nous faut-il étudier les exemples de modèles de gouvernance existant à travers le monde et en tirer des enseignements. Si l'on commence à disposer d'un corpus de recherches sur la gouvernance des forêts urbaines (voir par exemple Bentsen, Lindholm et Konijnendijk, 2010; Lawrence *et al.*, 2013; Buizer *et al.*, 2015; Sheppard *et al.*, 2017), de plus amples travaux sont néanmoins nécessaires, notamment en provenance des pays en développement. Dans cet article, nous illustrons la diversité de la gouvernance des forêts urbaines au moyen de trois exemples prometteurs. Le premier décrit un programme de FUP bien établi, dirigé par le secteur public aux États-Unis d'Amérique. Le deuxième présente un cas émergent de gouvernance des forêts urbaines dans un contexte difficile de pays en développement, dans l'État plurinational de Bolivie. Le troisième examine une approche innovante de la gouvernance à Tokyo, Japon, impliquant des partenariats entre secteur public et secteur privé.

#### ENCADREMENT DU SECTEUR PUBLIC ET PARTENARIAT AVEC LA SOCIÉTÉ CIVILE DANS LE MICHIGAN

Le Service des forêts des États-Unis dispose d'un programme unique à travers tous les États et les territoires des États-Unis d'Amérique, pour aider les autorités étatiques et locales à améliorer l'étendue et l'état de leurs forêts urbaines et périurbaines. Lancé en 1978 et élargi en 1990 avec l'aide de partenaires non gouvernementaux, le programme permet de renforcer les capacités locales et de soutenir les actions visant à planter et protéger les arbres et les forêts, au nom des avantages économiques, sociaux, environnementaux et psychologiques qu'ils procurent (Service des forêts des États-Unis, 2017).

Le programme national a mis l'attention sur la gouvernance locale dès son démarrage. Si la plantation d'arbres a été reconnue comme une importante activité de premier niveau, apte à mobiliser les populations et les organisations, le véritable objectif consiste à établir des inventaires des arbres locaux et à planifier la gestion, ainsi qu'à créer et promouvoir des programmes de durabilité locale et des institutions qui préservent le couvert arboré existant sur tous les types de terres. Mis en œuvre en partenariat avec les services forestiers étatiques, le programme appuie un réseau de coordonnateurs et de techniciens dans chaque État et touche plus de 7 800 villes, municipalités et villages desservant plus de 200 millions d'habitants à travers toute la nation. Les communautés concernées ont des législations locales régissant la protection des arbres, et près de 70 pour cent emploient du personnel professionnel et ont mis en place des plans de gestion.

On observe un partenariat modèle entre le Service des forêts des États-Unis et le Département des ressources naturelles (DRN) du Michigan. L'État du Michigan se trouve à l'intérieur du bassin des Grands lacs, entouré du système de lacs d'eau douce le plus grand du monde, et la majorité des près de 10 millions d'habitants de l'État vit sur approximativement 11 000 km<sup>2</sup> (soit 13 pour cent de la superficie terrestre). L'État axe son travail sur 300 communautés urbaines, ayant en moyenne 21 pour cent de couvert forestier.

La destination des fonds fédéraux (344 000 dollars des États-Unis en 2017) alloués à l'État à travers le programme de foresterie urbaine est déterminée par un plan d'action forestier du DRN, développé en collaboration avec un conseil consultatif (et de direction) à l'échelon de l'État. Le programme vise surtout à :

- réduire les risques de ravageurs envahissants;
- renforcer la capacité des communautés locales de gérer les ressources forestières urbaines;
- maintenir la qualité de vie et la résilience économique des communautés;
- reboiser les zones urbaines et périurbaines.

Le financement sert à soutenir l'assistance technique de l'État et les partenariats non gouvernementaux qui aident à fournir



© SARAH JIMÉNEZ VILLARPANDO

des services et à mobiliser un réseau croissant de responsables professionnels et bénévoles. Plus de 50 pour cent des fonds sont alloués sous forme de subventions aux administrations locales afin de renforcer les capacités du secteur public et du secteur privé en matière de plantation d'arbres, d'inventaire forestier, de planification de la gestion et d'éducation et de formation.

Détroit (711 000 habitants), dans le Michigan, offre un exemple de la manière dont le programme fédéral est mis en œuvre localement. La ville a une histoire particulièrement riche en termes d'investissement dans les parcs et les arbres, remontant à sa fondation en 1701, et s'enorgueillit de 1 986 hectares d'espaces verts sur une superficie totale de 360 km<sup>2</sup>. Au milieu du XX<sup>e</sup> siècle, à son apogée démographique (1,8 million d'habitants), elle avait semble-t-il 250 000 arbres de rue; cependant, en 1990 elle avait perdu la moitié de son couvert arboré, détruit par la thyllose parasitaire de l'orme, et des milliers d'autres arbres sont morts par la suite à cause de l'agrite du frêne. Depuis 2000, sous la direction du DRN, le Service des forêts des États-Unis aide The Greening of Detroit, une organisation non gouvernementale, à mobiliser les résidents afin qu'ils s'engagent dans des activités de plantation et de restauration,

et dans l'entretien des arbres. En 2010, le Service des forêts et le DRN ont financé un inventaire des arbres de rue, portant sur plusieurs années et sur l'intégralité de la ville, qui a permis d'identifier les espèces et de déterminer les conditions de 175 000 arbres publics. Au moyen des outils i-Tree<sup>1</sup>, l'inventaire a estimé la valeur collective des arbres de rue de la ville à 29 millions de dollars des États-Unis; cette évaluation a convaincu les dirigeants de la municipalité de financer et mettre en œuvre un plan de gestion pour s'occuper des arbres morts et dangereux, diversifier la population d'arbres, et réorganiser le service forestier urbain en vue d'un entretien régulier des arbres. Avec un appui solide de la sorte en faveur des arbres à Détroit, l'avenir est prometteur.

Le scénario est semblable dans le travail effectué par le Service des forêts fédéral et celui de l'État dans d'autres villes du pays. Soutenir les relations à long terme, s'appuyer sur les capacités locales et investir dans des approches crédibles et scientifiques sont des éléments clés pour mettre en place une bonne gouvernance et gagner l'adhésion locale, garante d'une gestion des forêts urbaines réussie.

<sup>1</sup> [www.itreetools.org](http://www.itreetools.org); voir aussi l'article page 30 de cette édition.

*Le développement urbain sauvage est en train de détériorer la qualité de l'environnement à Cochabamba, Bolivie (État plurinational de). Des pressions de la part d'un groupe de citoyens ont conduit à l'élaboration d'une stratégie sur les forêts urbaines de la ville*

#### **COCHABAMBA: UNE COMMUNAUTÉ APPELLE À UNE MEILLEURE GOUVERNANCE**

Avec 630 000 habitants, Cochabamba est la quatrième plus grande ville de Bolivie (État plurinational de), située au centre d'une aire métropolitaine plus vaste comprenant 1,2 million de résidents. La population urbaine de Cochabamba augmente de presque 2,5 pour cent par an. Située à 2 500 m au-dessus du niveau de la mer sur un plateau interandin, la ville bénéficie d'un climat doux en regard du reste de la région. Pour cette raison, elle est également appelée la «ville jardin» et la «ville de l'éternel printemps». Ses conditions se sont toutefois dramatiquement dégradées au cours de la dernière décennie, à cause d'une mauvaise gouvernance urbaine et d'une absence de planification, qui ont transformé la ville jardin en un complexe urbain chaotique avec de graves problèmes sociaux et environnementaux. Nombre de ces problèmes sont étroitement associés à une diminution substantielle du couvert végétal et arboré, aussi bien dans les établissements urbains



*Membres du collectif de base «Non à l'abattage des arbres», Plaza 14 de Septiembre, Cochabamba, mai 2016*

plus anciens que dans les nouvelles zones de développement urbain. L'environnement citadin a été mis sous pression par une expansion urbaine rapide et incontrôlée. Les sols perméables traditionnellement recouverts de végétation ont été transformés en surfaces imperméables. Les quelques arbres autochtones restants sur les routes publiques, sur les trottoirs et dans les parcs ont été remplacés par des espèces exotiques, du fait de la croissance prétendument plus rapide de ces dernières. Les arbres exotiques sont toutefois en train de dépérir et ne sont pas remplacés, et la perte de couvert forestier s'est accélérée.

Confrontés à cette détérioration de la qualité de leur milieu de vie, les habitants de Cochabamba ont commencé à exprimer leurs inquiétudes à propos des transformations de l'environnement urbain, de même que concernant l'administration municipale et ses choix. Avant l'approbation de la loi municipale sur les arbres de 2017, la gestion des espaces verts publics était régie par une ordonnance sur les arbres de 1998 et par un règlement relatif à la protection et au contrôle des espaces verts datant de 2003. Il manquait à ces deux documents des procédures légales et administratives claires ainsi qu'un appui

technique permettant leur mise en œuvre. La faible structure municipale n'a pas été en mesure de développer un entretien des arbres et une gestion des forêts efficaces.

Face à cette situation critique, l'administration municipale a promu en 2016 la préparation d'un plan directeur des forêts urbaines, appelé à être un outil de planification doté d'une vision globale et permettant de traiter les problèmes majeurs et de trouver des solutions. Le plan définit des lignes directrices et des critères stratégiques, techniques, administratifs, normatifs et institutionnels, et il ouvre la voie à un nouveau modèle de gestion et de planification de la forêt urbaine.

Les citoyens locaux ont joué un rôle crucial dans l'élaboration de ce plan en soulignant le besoin de mieux protéger les arbres existants et de réaliser des initiatives de boisement. L'implication communautaire a été encouragée au travers d'un processus actif de citoyenneté pour les arbres. Le collectif de base «Non à l'abattage des arbres» (No a la tala de árboles – ci-après «le collectif») a été créé en mars 2016 pour défendre les arbres de la ville. Sarah Jiménez Villarando, experte en foresterie urbaine, y a participé dès le démarrage, et le collectif a

vite gagné en popularité dans les médias sociaux, atteignant une portée nationale en quelques semaines et inspirant des actions spontanées similaires dans d'autres villes. Le collectif a fait des annonces publiques dénonçant le mauvais traitement réservé aux arbres. Bien qu'apolitique il peut être considéré comme radical, et il a été extrêmement critique envers la mairie, en particulier envers EMÁVRA, l'entreprise responsable de la gestion des arbres et des espaces verts de la ville. Au début, il s'opposait à toute intervention susceptible de nuire aux arbres de la ville et ne voulait pas négocier avec le bureau du maire.

Quoique passionnés d'arbres, de nombreux membres du collectif n'avaient cependant que des connaissances rudimentaires concernant les nécessités réelles de la gestion des forêts et des arbres urbains. Pour combler cette lacune, Sarah Jiménez et quelques-uns de ses collègues forestiers urbains ont conduit un long processus d'éducation au sein du groupe.

Le collectif a dans un premier temps rejeté le plan directeur des forêts urbaines municipales proposé, et la négociation s'est élargie afin d'inclure d'autres parties prenantes concernées. Le processus a été long et délicat, la stratégie du collectif étant

d'exercer une pression sur les autorités municipales tout en conservant le contenu technique du plan. À la fin, le collectif a accepté un plan modifié, et la Loi municipale sur les arbres qui a suivi.

L'engagement fort des citoyens et des institutions publiques, et la reconnaissance commune de l'importance des arbres urbains pour l'avenir de la ville, ont encouragé les divers organes municipaux à finalement collaborer avec la société civile. La Loi municipale sur les arbres a été adoptée le 3 octobre 2017, en hommage à la Journée nationale de l'arbre (qui a traditionnellement lieu le 1<sup>er</sup> octobre).

#### **PARTENARIATS SECTEUR PUBLIC-SECTEUR PRIVÉ POUR DE NOUVELLES FORÊTS URBAINES À TOKYO**

Augmenter les espaces verts ouverts représentent un défi majeur pour de nombreuses villes japonaises, et Tokyo ne constitue pas une exception à cet égard. Si le tiers occidental de Tokyo est montagneux et principalement couvert de forêts, seuls 3 pour cent de la superficie terrestre du cœur de la ville sont consacrés aux espaces verts. L'administration métropolitaine et les municipalités locales de Tokyo ont

travaillé sans relâche afin d'accroître les espaces verts publics, en particulier les parcs, mais les hausses se sont vérifiées essentiellement dans les banlieues et il n'y a pas eu d'amélioration majeure dans la zone centrale. Bien que le manque d'espaces verts dans le centre de la ville soit une préoccupation de premier ordre, on ne peut pas s'attendre à de futurs investissements dans la création d'espaces verts publics de la part de l'administration métropolitaine et des municipalités locales, du fait des conditions financières stagnantes de ces organismes.

Entre-temps, un intérêt croissant pour la conservation de l'environnement a conduit les promoteurs immobiliers et les sociétés privées à contribuer à l'amélioration de l'environnement urbain dans le cadre de leurs politiques de responsabilité sociale d'entreprise. Pour encourager le secteur privé à participer activement à la création d'espaces verts, aidant ainsi à préserver la biodiversité, améliorer le climat urbain et offrir des possibilités récréatives, le Gouvernement japonais a approuvé plusieurs réglementations nouvelles sur la conception des bâtiments et la planification urbaine. Le «système de conception d'ensemble», établi dans la loi

sur les normes de construction, constitue un bon exemple. L'objectif est d'améliorer la qualité des projets de développement en offrant des allocations supplémentaires en termes de volume ou de hauteur des immeubles sur les sites dont le projet remplit pleinement les critères de qualité environnementale déterminés par le Gouvernement. L'un des critères est la création d'une superficie substantielle d'espace vert ouvert en permanence au public. L'application de ce système a permis le développement de plus de 700 espaces verts dans le centre de Tokyo, notamment au siège de l'assurance maritime Mitsui Sumitomo, qui dispose à sa base de 4 700 m<sup>2</sup> d'espace vert ouvert au public.

Une autre réglementation importante au titre de la loi sur la conservation des espaces verts urbains établit un système permettant de certifier l'accès au public d'espaces verts de propriété privée. Ce système encourage la création d'espaces verts à usage public sur des terrains privés vacants en offrant aux propriétaires fonciers des incitations financières, par exemple des abattements fiscaux. Le projet de Kashiniwa, réalisé en 2012 dans la ville de Kashiwa (près de Tokyo), a servi de modèle pour le système: il rassemble les



*Le siège de l'assurance maritime Mitsui Sumitomo à Tokyo dispose à sa base de 4 700 m<sup>2</sup> d'espace vert accessible au public. Un nouveau modèle de partenariat public-privé aide à la création de nouveaux espaces verts dans cette ville densément peuplée*

propriétaires de terrains inoccupés et des citoyens qui souhaitent créer des espaces verts à usage public et il soutient ces rapprochements en fournissant des incitations financières aux propriétaires fonciers.

Dans l'histoire des espaces verts ouverts des villes japonaises, il y avait un «mur» solide entre la sphère du public et la sphère du privé. Les espaces publics en plein air tels que les parcs n'étaient créés que par le secteur public sur des terres de propriété publique, et le secteur privé n'avait aucun intérêt à contribuer à la création d'espaces verts à disposition du public. Cependant, au fur et à mesure que les politiques de responsabilité sociale d'entreprise sont devenues plus partie intégrante des activités des sociétés privées, et au regard des Objectifs de développement durable des Nations Unies, ce n'est désormais plus le cas. Le secteur privé cherche activement des possibilités de jouer un rôle substantiel dans le domaine «public». L'avenir des espaces verts ouverts dans le centre de Tokyo dépend de la réussite de tels partenariats public-privé.

#### GOVERNANCE SUR MESURE POUR UNE FORESTERIE URBAINE RÉUSSIE

Les trois cas décrits dans cet article illustrent la grande variété des approches actuelles dans le monde en matière de gouvernance des forêts urbaines. Il n'existe pas un modèle unique qui fonctionnera partout: chaque ville et chaque forêt devront avoir une approche propre, sur mesure. À Cochabamba, où une bonne gouvernance faisait défaut, il a fallu une initiative ascendante conduite par un groupe de citoyens concernés pour évoluer en direction d'une meilleure législation et d'une meilleure gouvernance de la forêt urbaine. De nombreuses villes des pays en développement sont confrontées à des conditions similaires et manquent d'une gouvernance de base et de programmes de foresterie urbaine. Lorsque les ressources sont limitées, l'engagement des communautés locales et des organisations à but non lucratif est essentiel. Quoi qu'il en soit, les autorités municipales continueront aussi à jouer un rôle crucial, parce qu'elles ont habituellement la responsabilité formelle des arbres de rue, des parcs et des terrains boisés publics ainsi que du plan directeur de la ville. À l'autre extrémité de l'éventail, aux États-Unis d'Amérique,

une initiative du gouvernement fédéral pour appuyer la foresterie urbaine dans les États et les villes est en place depuis 1978. Le programme a évolué afin d'exploiter les efforts et les financements au moyen de partenariats avec des États, des villes et des organismes à but non lucratif, comme l'illustre le cas de l'organisation The Greening of Detroit. Au bout du compte, une structure de gouvernance descendante a fini par se mêler à un modèle de co-gouvernance où les communautés locales jouent un rôle prépondérant.

Le cas de Tokyo présente une troisième approche de la gouvernance. Ici, les entreprises deviennent les moteurs de l'établissement des forêts urbaines, voire de la gouvernance. Dans des villes dynamiques et densément peuplées comme Tokyo, les terrains atteignent des prix extrêmement élevés, et modifier le centre urbain avec des forêts ou d'autres composantes écologiques se révèle très difficile pour les autorités locales. Il est toutefois possible d'ouvrir une nouvelle voie en faveur des espaces verts, si les entreprises voient un avantage dans le verdissement de leurs propriétés, encouragées par une co-gouvernance sous la forme de partenariats public-privé.

Confrontées au défi de créer des milieux de vie sains pour leurs habitants, les villes du globe voient de plus en plus dans les forêts urbaines et périurbaines un élément clé. Une bonne gouvernance est nécessaire pour rendre les programmes de foresterie urbaine efficaces tout en garantissant que les avantages soient partagés équitablement. Tirer les enseignements des succès et des échecs des approches et modèles existants est une partie importante du processus visant à développer une meilleure gouvernance des forêts urbaines. ♦



#### Références

**Bentsen, P., Lindholst, A.C. et Konijnendijk, C.C.** 2010. Reviewing eight years of urban forestry and urban greening: taking stock, looking ahead. *Urban Forestry and Urban Greening*, 9(4): 273-280.

**Buizer, M., Elands, B., Mattijssen, T., van der Jagt, A., Ambrose, B., Gerőházi, E. et Møller, M.S.** 2015. *The governance of urban green spaces in selected EU cities*. Deliverable 6.1, EU 7th Framework project GREEN SURGE (disponible aussi sur: <http://greensurge.eu/products/planning-governance>).

**Dobbs, C., Martinez-Harms, M. et Kendal, D.** 2017. Ecosystem services. Chapter 4 in: F. Ferrini, C. Konijnendijk van den Bosch et A. Fini, éd. *Routledge handbook of urban forestry*. Abingdon, Royaume-Uni, Routledge.

**Haaland, C. et Konijnendijk van den Bosch, C.** 2015. Challenges and strategies for urban green space planning in cities undergoing densification: a review. *Urban Forestry and Urban Greening*, 14(4): 760-771.

**Konijnendijk van den Bosch, C.** 2014. From government to governance: contribution to the political ecology of urban forestry. In: L.A. Sandberg, A. Bardekjian et S. Butt, éd. *Urban forests, trees and greenspace: a political ecology perspective*, pp. 35-46. Abingdon, Royaume-Uni, Routledge.

**Lawrence, A., De Vreese, R., Johnston, M., Sanesi, G. et Konijnendijk van den Bosch, C.C.** 2013. Urban forest governance: towards a framework for comparing approaches. *Urban Forestry and Urban Greening*, 12(4): 464-473.

**PNUD.** 2009. *A guide to UNDP democratic governance practice*. New York, États-Unis d'Amérique, Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD).

**Roy, S. et Byrne, J.A.** 2014. A systematic quantitative review of urban tree benefits, costs, and assessment methods across cities in different climatic zones. *Urban Forestry and Urban Greening*, 11: 351-363.

**Service des forêts des États-Unis.** 2017. *Urban and Community Forestry Program* [en ligne]. [Consulté le 5 octobre 2017]. United States Forest Service. [www.fs.fed.us/managing-land/urban-forests/ucf](http://www.fs.fed.us/managing-land/urban-forests/ucf)

**Sheppard, S., Konijnendijk van den Bosch, C., Croy, O., Palomo, A.M. et Barron, S.** 2017. Urban forest governance and community engagement. In: F. Ferrini, C. Konijnendijk van den Bosch et A. Fini, éd. *Routledge handbook of urban forestry*, pp. 205-221. Abingdon, Royaume-Uni, Routledge.

**van den Bosch, M.** 2017. Live long in nature and long live nature! Commentary. *The Lancet Planetary Health*, 1(7): e265-266. ♦

# Les forêts comme solutions fondées sur la nature pour garantir la sécurité de l'eau urbaine

*N. Nagabhatla, E. Springgay et N. Dudley*

*Une attention internationale croissante offre l'opportunité de déployer des politiques de gestion de l'eau intelligentes, écologiques et rentables dans les villes et alentour.*

**Nidhi Nagabhatla** est Chargée de programme à l'Université des Nations Unies – Réseau international pour l'eau, l'environnement et la santé (UNU-INWEH). Elle travaille aussi à l'École de géographie et des sciences de la Terre, Université McMaster, Hamilton, Canada.

**Elaine Springgay** est Forestière à la Division des politiques et des ressources forestières, Département des forêts, FAO, Rome.

**Nigel Dudley** travaille à l'École des sciences de la Terre et des sciences environnementales, Université du Queensland, Brisbane, Australie. Il est aussi consultant pour Equilibrium Research, Bristol, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord.

L'ère de la globalisation donne lieu à des tendances et à des schémas sans précédent dans les flux d'êtres humains et de capital naturel. En tout premier lieu, la vitesse et l'ampleur du déplacement de la population des campagnes vers les villes ont des répercussions directes sur la demande et sur l'approvisionnement en eau. Si les villes n'occupent qu'une toute petite partie (presque 2 pour cent) de la superficie terrestre mondiale, elles comptent pour 60 pour cent de la consommation d'énergie totale de la planète et pour 70 pour cent des émissions de gaz à effet de serre (BP, 2017). En 2014, environ 54 pour cent de la population mondiale était urbaine; on s'attend à ce que cette part s'élève à 60 pour cent d'ici à 2030 et à 66 pour cent d'ici à 2050 (à un moment où la population devrait selon les projections

atteindre les 9,55 milliards) (DAES, 2014). Minimiser le stress que cela entraîne pour les zones urbaines et le capital naturel et assurer la sécurité de l'approvisionnement en eau exige un surcroît d'attention et une planification judicieuse.

La sécurité de l'eau est définie comme «la capacité d'une population de maintenir un accès fiable à des quantités suffisantes d'eau de qualité acceptable, permettant d'appuyer les moyens de subsistance, le bien-être humain et le développement

*Visakhapatnam, Andhra Pradesh, Inde, un centre urbain de plus de 5 millions d'habitants, s'apprête à devenir une ville verte intelligente. La nécessité de trouver des solutions fondées sur la nature pour répondre à l'insécurité de l'eau urbaine apparaît de plus en plus évidente, ici et partout ailleurs dans le monde*



**Pêche récréative à Windsor, Ontario, Canada. La pêche est une activité urbaine commune qui requiert une eau non polluée et des écosystèmes en bonne santé**

socioéconomique, d'assurer une protection contre la pollution d'origine hydrique et les catastrophes liées à l'eau, et de préserver les écosystèmes dans un climat de paix et de stabilité politique» (ONU-Eau, 2013). La pénurie d'eau de type économique, la détérioration et la destruction des infrastructures hydrauliques, le développement non durable et la dégradation écologique exercent une pression sur les systèmes d'approvisionnement en eau. Les effets des fortes densités démographiques et des grandes industries indiquent que traiter la question de la sécurité de l'eau urbaine constitue désormais une priorité.

En milieu urbain et rural, la sécurité de l'eau est affectée par les dynamiques hydro-climatiques (et par le changement climatique), les flux migratoires, la démographie et les pratiques de gestion de l'eau axées sur la fourniture. L'eau est au cœur de la planification urbaine et elle est cruciale pour permettre le développement économique et assurer des écosystèmes sains; ses liens avec la santé, le bien-être et la productivité des populations ont été mis en évidence dans de nombreuses publications de recherche-développement, notamment dans le rapport de synthèse d'ONU-Eau (2013). Les scientifiques suggèrent que seuls quelque 200 000 km<sup>3</sup> de l'approvisionnement en eau – moins de 1 pour cent de l'eau douce totale disponible – sont alloués aux écosystèmes dans la gestion prévisionnelle de l'eau axée sur la fourniture (Boberg, 2005). D'un autre côté, la demande d'eau pour la consommation des personnes a presque doublé au cours du siècle dernier et, d'après les projections, le globe devrait faire face à un déficit hydrique mondial de 40 pour cent dans le cadre d'un scénario de statu quo (WWAP, 2015). Garantir une offre d'eau viable est essentiel pour assurer la survie et le développement durable des zones urbaines, et cela s'annonce comme un défi majeur pour les années à venir.

#### **Solutions fondées sur la nature**

Les solutions fondées sur la nature sont «des actions visant à protéger, gérer durablement et restaurer des écosystèmes



© NIDHI NAGARHATTA

naturels ou modifiés, de façon à répondre aux enjeux de société de manière efficace et adaptative, tout en entraînant simultanément un bien-être humain et des avantages pour la biodiversité» (Cohen-Shacham *et al.*, 2016). L'approche des solutions fondées sur la nature repose sur le concept selon lequel les écosystèmes ont intrinsèquement divers mécanismes de production de services qui, à leur tour, procurent des avantages sociaux et écologiques corollaires pour les communautés. Par exemple, les forêts et les arbres fournissent des services écosystémiques tels que le contrôle de l'érosion et la régulation des eaux, qui aident à préserver les ressources hydriques, gérer les eaux pluviales, garantir l'approvisionnement en eau des ménages, renforcer la résilience face au changement climatique et réduire le risque de catastrophes. Les organismes

de développement, notamment la Banque mondiale, encouragent les démarches de solutions fondées sur la nature en vue de protéger, gérer durablement et restaurer les écosystèmes naturels et aménagés, et afin de relever les défis sociaux, améliorer le bien-être des personnes et préserver les services écosystémiques de manière efficace et adaptable (MacKinnon, Sobrevilla et Hickey, 2008). Les solutions fondées sur la nature supposent le recours aux infrastructures vertes et bleues, dans leur forme originale ou bien conçues suivant des principes écologiques qui visent à la fourniture de services environnementaux.

Cet article traite du rôle des forêts urbaines et périurbaines – y compris les bassins versants boisés situés dans l'arrière-pays des villes – en tant que solutions fondées sur la nature pour renforcer la sécurité de l'approvisionnement en eau.

Cet article se concentrant sur les paysages forestiers, les termes «solutions fondées sur la nature» et «infrastructure(s) verte(s)» sont employés ici comme synonymes.

### LES VILLES DOIVENT FAIRE UNE UTILISATION INTELLIGENTE DE L'EAU

La nécessité de disposer de solutions fondées sur la nature pour répondre à l'insécurité de l'alimentation en eau apparaît de plus en plus évidente. Traditionnellement, les urbanistes se sont davantage préoccupés d'augmenter l'approvisionnement en eau plutôt que de gérer la demande. Cela a conduit à dépendre lourdement de vastes dispositifs d'infrastructure grise, comme les grands barrages et les digues massives le long des rivières et des zones côtières, qui se sont révélés très onéreux – avec des coûts environnementaux, sociaux et politiques élevés – mais n'ont pas traité la question de l'usage excessif de l'eau. Le résultat de cette démarche à courte vue s'est traduit par un accroissement de la demande d'eau et l'exacerbation des crises hydriques dans les zones urbaines et périurbaines.

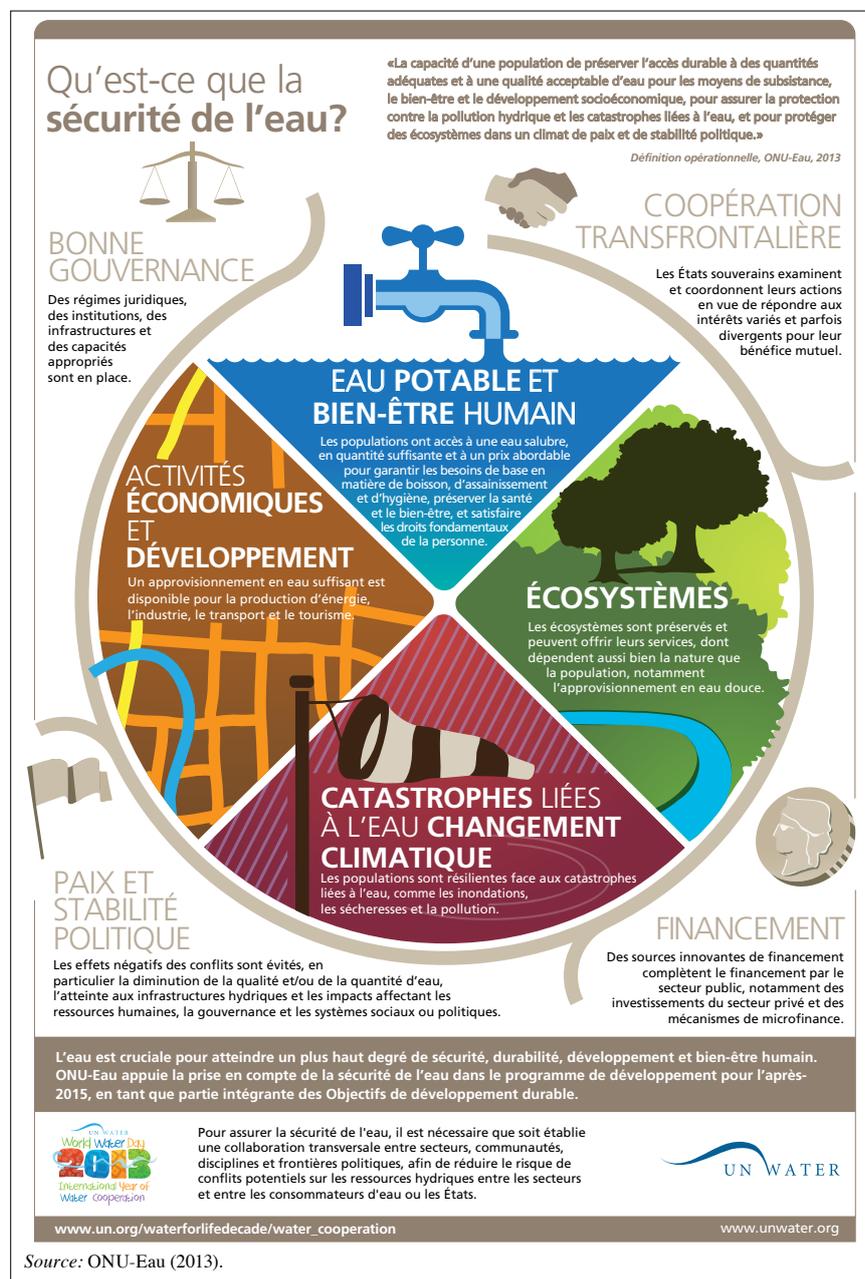
La gestion de l'eau dans les villes, les cités et les municipalités doit évoluer, pour passer des approches conventionnelles à des stratégies de gestion innovantes qui combinent les infrastructures naturelles (ou «vertes») et les infrastructures grises, et qui prennent en compte les multiples facettes d'autres dimensions, telles que la bonne gouvernance, le microfinancement d'interventions à l'échelle communautaire, la gestion des conflits liés à l'eau, les politiques de tarification, et les stratégies portant sur la réduction des risques et la résilience des communautés. L'encadré 1 (voir page 46) offre des exemples de gestes récents dans cette direction.

La Décennie «L'eau, source de vie» (2005-2015) des Nations Unies a rassemblé des acteurs du développement, des agents et des institutions en vue de traiter la question de la sécurité de l'eau. Entre autres choses, l'initiative a donné naissance au cadre conceptuel de la sécurité de l'eau présenté à la figure 1, conçu pour guider les efforts visant à prendre en

compte les aspects multidimensionnels et transversaux des processus décisionnels liés à l'eau (Mehta et Nagabhatla, 2017), notamment la gestion de l'eau urbaine. La communauté scientifique mondiale et les organismes de développement mettent de plus en plus la sécurité des ressources en eau au premier plan de leur agenda, et reconnaissent la nécessité d'adopter des approches novatrices et intersectorielles intégrant l'infrastructure grise et verte; il apparaît urgent de créer des villes «intelligentes face à l'eau» et «résilientes face au climat» (Nagabhatla et Metcalfe, 2017).

On s'attend à ce que dans les prochaines décennies la demande en eau dépasse

l'offre, mais de nombreuses villes sont déjà confrontées à des crises hydriques du fait de l'urbanisation, du vieillissement des infrastructures et de la variabilité hydro-climatique. En octobre 2017, avec le soutien du Gouvernement du Maroc et de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), le Conseil mondial de l'eau a tenu une réunion internationale visant à faire de l'eau un élément important et constant des discussions sur le climat, et soulignant en outre l'importance de l'eau pour l'alimentation et la résilience urbaines. D'après certaines estimations, protéger les sources d'approvisionnement



1  
Le cadre conceptuel de la sécurité de l'eau

Source: ONU-Eau (2013).

### Encadré 1

## Solutions fondées sur la nature, développement urbain et résilience des communautés

Voici quelques exemples récents de solutions fondées sur la nature envisagées pour répondre à l'insécurité des ressources en eau dans un contexte de développement urbain :

- Le projet «Connecting Nature» de l'Union européenne, mis en œuvre dans 11 villes d'Europe, est l'un des sept projets européens consistant à rechercher des solutions fondées sur la nature pour créer des villes intelligentes et faire face au changement climatique. L'investissement total de la série de projets s'élève à 150 millions d'euros; l'objectif est d'aider à la transition vers des villes durables et plus résilientes (Thompson, 2017).
- La Chine fait des investissements massifs dans les infrastructures vertes novatrices telles que toitures végétales sur les immeubles et marais urbains, avec pour objectifs majeurs le contrôle des inondations, la conservation des ressources en eau et l'accroissement de la résilience des citoyens (Zweynert, 2017). Shenzhen, une ville intelligente émergente dans la province de Guangdong, est en train de devenir une icône de la leadership environnementale internationale grâce à l'adoption d'un programme de «ville verte». Celui-ci incorpore les concepts d'énergie verte, de communautés résilientes et d'infrastructures urbaines intelligentes dans sa planification, dans le cadre d'une démarche axée sur les solutions fondées sur la nature (Kam Ng, 2017).
- En République arabe syrienne, les architectes et les urbanistes envisagent des stratégies de logement «centrées sur les personnes», utilisant des ressources et des approches locales pour le développement des infrastructures dans le but de créer des villes résilientes (Zekavat, 2017).
- Constatant les phénomènes météorologiques extrêmes, les tempêtes dévastatrices et les fréquents épisodes d'inondations dans les espaces urbains, aux États-Unis d'Amérique les architectes proposent aujourd'hui des solutions vertes, qui devront insérer et déployer les services écologiques et les avantages issus des paysages forestiers et des milieux aquatiques au sein de la gestion du développement urbain (Lee, 2017).

en eau, y compris les forêts et les arbres présents sur les terrains agricoles, pourrait améliorer la qualité de l'eau pour plus de 1,7 milliard de citoyens – plus de la moitié de la population urbaine mondiale (Abell *et al.*, 2017).

### LES FORÊTS ET L'EAU

D'après les estimations, les bassins hydrographiques forestiers fournissent environ 75 pour cent des ressources en eau douce accessibles mondiales (Évaluation des écosystèmes pour le Millénaire, 2005). Les forêts accroissent l'infiltration dans le sol, la capacité de rétention d'eau du sol et la réalimentation des nappes souterraines; elles régulent les débits; elles réduisent l'érosion des sols et la sédimentation; et elles contribuent au couvert nuageux et aux précipitations à travers l'évapotranspiration (Ellison *et al.*, 2017). Certains écosystèmes forestiers, en particulier les forêts de montagne nébuleuses tropicales et les forêts des zones arides, accroissent le débit net d'eau en recueillant sur les feuilles l'eau condensée à partir de l'air humide, qui s'égoutte ensuite et tombe sur le terrain. Les forêts aident aussi à restreindre les inondations et les dangers pour les biens fonciers et la sécurité des personnes qui leur sont associés.



*L'entretien de la végétation côtière et des lisières des forêts à Shenzhen, Chine, est une solution fondée sur la nature aux problèmes urbains, qui contribue à créer une ville verte et intelligente*

Des forêts naturelles en bonne santé fournissent en général une eau d'une qualité et d'une pureté plus élevées que la plupart des autres utilisations des terres. Un nombre estimé de 1,4 milliard de personnes bénéficient des forêts du fait de leur rôle dans la réduction des sédiments et des nutriments dans l'approvisionnement en eau (Abell *et al.*, 2017). Selon Dudley et Stolton (2003), un tiers des 105 villes les plus importantes du monde (sélectionnées par région géographique) reçoivent une part significative de leur eau potable de zones protégées forestières telles que parcs nationaux et réserves naturelles. Investir dans la protection et la gestion durable des bassins versants boisés peut réduire les coûts associés au traitement de l'eau (Ernst, 2004; WWAP, 2015). Maintenir une haute qualité des eaux en investissant dans l'infrastructure verte pourrait réduire les coûts d'immobilisation liés aux traitements conventionnels tels que la coagulation, la floculation et la sédimentation, et aux procédés d'épuration plus avancés comme la filtration sur membrane et le charbon actif. On estime que la protection des forêts en tant qu'infrastructure verte pour les ressources en eau peut coûter moins de 2 dollars des États-Unis (ci-après dollars) par personne et par an, ce qui serait pleinement compensé par les économies dérivant de la diminution du traitement des eaux (Banque mondiale, 2012; Abell *et al.*, 2017).

La FAO (2015) a rapporté qu'environ 25 pour cent des forêts du monde sont aménagées en vue de protéger les sols et l'eau, une part qui s'est accrue constamment entre 1990 et 2015. Si la moyenne des forêts mondiales a augmenté, la superficie de forêts tropicales et subtropicales gérées à des fins de protection des sols et des eaux a toutefois décliné, essentiellement à cause du déboisement et de la conversion à d'autres utilisations des terres en Afrique et en Amérique latine. Les forêts tropicales et subtropicales pourraient être d'une importance disproportionnée pour ce qui est de la disponibilité d'eau, du fait de leur contribution aux précipitations régionales au moyen de leurs taux élevés d'évapotranspiration et de recyclage des eaux; la déforestation et les conversions massives, d'un autre côté, ont été associées à une réduction des précipitations sous le vent (Ellison *et al.*, 2017). Ainsi, des épisodes récents de sécheresse et de pénurie d'eau ayant affecté São Paulo,

## Encadré 2 Assurer la sécurité de l'eau grâce aux infrastructures vertes à Lima

Lima, Pérou, est la deuxième ville désertique du monde après Le Caire, Égypte, et ses 10 millions d'habitants exercent une pression immense sur le milieu environnant et ses ressources naturelles, notamment l'eau et les forêts. Lima se trouve dans le bassin de la côte Pacifique, qui a perdu près de 75 pour cent de son couvert forestier historique (Qin *et al.*, 2016), cette disparition de la végétation ayant été associée à des changements advenus dans les saisons sèches et humides naturelles de la région ainsi qu'à une fréquence accrue des sécheresses, des inondations et des glissements de terrain (Barrett, 2017). Le bassin de la côte Pacifique ne fournit aujourd'hui qu'environ 2 pour cent de l'eau de la ville\*.

L'équilibre entre l'offre et la demande d'eau est précaire, avec un risque considérable de pénurie; ainsi, la demande hydrique a dépassé la fourniture d'eau renouvelable durant la saison sèche de 2015. Lima étant appelée, d'après les projections, à s'accroître de 1,4 pour cent par an, le scénario d'une demande excédant l'offre est susceptible de devenir plus fréquent. Prévoyant la situation, le Gouvernement péruvien a adopté une loi sur le mécanisme de compensation des services écosystémiques (2015), pour orienter le processus et superviser l'introduction d'une infrastructure verte à l'échelle nationale. La loi s'est appuyée sur des travaux de recherche de Gammie et de Bievre (2015), qui ont montré qu'en intégrant l'infrastructure grise existante et une infrastructure verte dans les bassins hydrographiques qui approvisionnent Lima en eau, il était possible de réduire de 90 pour cent le déficit en saison sèche, et que cela pouvait être réalisé à un coût inférieur à celui d'une infrastructure grise supplémentaire. La nouvelle législation représente pour le secteur de l'eau une occasion d'harmoniser les solutions fondées sur la nature avec les projets d'infrastructure grise en cours.

Des solutions fondées sur la nature telles que reboisement, réformes pastorales et restauration des terres humides, de même que d'autres approches à faible impact comme la réhabilitation des *amunas*<sup>#</sup>, ont été planifiées et sont actuellement mises en œuvre. Le financement des travaux sera fourni par le Service des eaux de Lima, le Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL), qui a accepté d'allouer presque 5 pour cent de la tarification de l'eau (estimée à 110 millions de dollars des États-Unis entre 2015 et 2020) à la gestion des eaux; 3,8 pour cent du tarif seront investis dans l'adaptation au changement climatique et la réduction des risques de catastrophe, et 1 pour cent sera consacré à des projets d'infrastructure verte en vue de combler le fossé entre la demande et l'offre d'eau de la ville. Le SEDAPAL est en train de développer un nouveau plan directeur des infrastructures vertes visant à renforcer et compléter les infrastructures grises (SEDAPAL, 2016). Lima fait donc œuvre de pionnier, ouvrant la voie à une nouvelle génération d'approches de gestion intégrée des eaux et des paysages et offrant un exemple à suivre à d'autres pays et municipalités.

\* La plupart de l'approvisionnement en eau de la ville provient des bassins versants de Rímac, Chillón et Lurín dans les Andes et du bassin versant d'Alto Mantaro du côté amazonien des Andes.

<sup>#</sup> Les *amunas* sont des canaux en pierre construits dans les Andes par la culture Wari entre 600 et 1000 EC, avant l'avènement des Incas. Avant les temps modernes, les *amunas* captaient l'eau des rivières dans les montagnes durant la saison des pluies et la convoiaient vers des endroits où elle pouvait s'infiltrer dans des roches qui alimentaient à longueur d'année des sources en aval, maintenant ainsi le débit des rivières durant la saison sèche (Pearce, 2015).

Brésil, et ses 21,3 millions d'habitants ont été mis en relation avec le déboisement en Amazonie (Fearnside, 2005; Nobre, 2014; Watts, 2017).

### Solutions fondées sur la nature dans les villes

L'idée de conserver et gérer les forêts pour l'approvisionnement en eau n'est

pas nouvelle, et de nombreuses solutions fondées sur la nature répondant au problème des ressources hydrauliques sont appliquées efficacement partout dans le monde aujourd'hui. Certaines utilisent des mécanismes de paiement pour services écosystémiques («systèmes de PSE»), dans lesquels les individus ou les communautés sont incités à protéger et gérer durablement



© PREM NAGBHATIA

les forêts au moyen d'un montant versé par les compagnies des eaux et les autres utilisateurs en aval bénéficiant de cette gestion améliorée. À Quito, Équateur, et au Costa Rica, par exemple, des systèmes de PSE sont en place pour préserver l'infrastructure verte au nom des services écosystémiques vitaux liés à l'eau qu'elle fournit; des systèmes semblables sont mis en œuvre dans d'autres parties de l'Amérique latine, comme à Lima, Pérou (encadré 2). Un système de PSE comparable fonctionne avec succès au Viet Nam, rapportant des sommes d'argent et d'autres incitations à la conservation des forêts et offrant aux communautés locales des atouts puissants. En Chine, les villes restaurent les forêts pour aider à gérer les inondations, et la remise en état des forêts locales a également permis de réduire les inondations à Malaga, Espagne<sup>1</sup>.

Des débats sur les villes «intelligentes» et «résilientes face au climat» sont menés

dans certains pays, tels que l'Australie, les États-Unis d'Amérique et le Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, où les organismes nationaux fournissent des données et des informations réparties dans l'espace, facilement accessibles et souvent gratuites. Le United States Geological Survey (Institut d'études géologiques des États-Unis), par exemple, dispose d'un réseau de 1,5 million de sites d'observation hydrométrique destinés à recueillir des données sur l'eau<sup>2</sup>. D'autres pays ont lancé un processus pour développer des bases de données. Certains pays emploient des instruments économiques et financiers novateurs en vue d'affronter la gestion de l'eau urbaine, par exemple des taxes sur la pollution pour gérer les coûts liés à la décontamination et générer des revenus opérationnels (OCDE, 2012).

Dans d'autres endroits toutefois, la situation semble avoir régressé. Jakarta, Indonésie, reçoit une large part de ses ressources en eau de deux parcs nationaux,

**Le lac Ontario et une forêt près de Hamilton, «la ville de l'acier» industrielle, Ontario, Canada. La cité encourage des solutions fondées sur la nature pour aider à parvenir à la durabilité environnementale**

qui sont tous deux confrontés à de graves problèmes de déboisement illégal. En Afrique, le port en expansion rapide de Mombasa, Kenya, bénéficie de l'eau claire et abondante des Chillu Hills, une aire protégée, mais les forêts y sont coupées illégalement et dégradées. Le sort de la forêt qui a fourni de l'eau propre à Istanbul, Turquie, pendant des milliers d'années reste incertain parce que celle-ci n'a pas la garantie d'une protection formelle (Aydin *et al.*, 2013).

Certaines villes tropicales, en particulier les villes côtières avec des écosystèmes de mangroves, font des efforts conscients pour revoir leurs stratégies de gestion des forêts urbaines et périurbaines dans une optique de réduction des risques de catastrophe. Les écosystèmes de mangroves servent de boucliers protecteurs contre les effets de l'érosion due au vent et aux vagues, les marées de tempête et d'autres dangers côtiers qui touchent les populations et les infrastructures (FAO, 2007). En outre,

<sup>1</sup> Les précipitations excessives, fréquentes ou exceptionnelles sont en mesure de submerger tous les types de défenses, qu'elles soient naturelles ou artificielles – mais les forêts peuvent atténuer une part significative des inondations de portée mineure ou moyenne.

<sup>2</sup> En revanche, le programme hydrométrique de la Division des relevés hydrologiques du Canada n'opère qu'avec quelques milliers de sites, lesquels sont particulièrement clairsemés dans le nord (Bakker, 2009).

la végétation côtière et en particulier les forêts de mangroves peuvent traiter les eaux usées et éliminer les contaminants chimiques (principalement les matières en suspension et les métaux lourds tels que phosphore, zinc, cadmium, plomb et nickel) (Tam et Wong, 1997; Boonsong, Piyatiratitivorakul et Patanaponpaiboon, 2003), atténuant ainsi la pollution côtière (Spalding *et al.*, 2014). D'autres études ont montré que les forêts de mangroves peuvent améliorer la qualité de l'eau, notamment dans les zones soumises à une aquaculture intensive (Peng *et al.*, 2009).

L'urbanisation est en train de conduire à la prolifération rapide de villes de taille moyenne (1 million d'habitants ou plus) dans les pays en développement, où l'approvisionnement en eau est mal planifié ou envisagé de façon optimiste, et où manque une véritable compréhension des bienfaits dérivant du maintien du couvert forestier dans les bassins versants. D'après les projections, d'ici à 2025, 800 millions de personnes vivront dans des pays ou des régions confrontés à une grave pénurie d'eau et les deux tiers de la population mondiale se trouveront dans des conditions de stress hydrique (UNESCO, 2006). Des décisions pour assurer la sécurité des ressources en eau ont généralement déjà été prises dans les principales villes du monde, mais il existe des possibilités d'adopter des solutions fondées sur la nature dans les villes en rapide expansion d'Afrique et d'Asie.

## SÉCURITÉ DE L'EAU ET DÉVELOPPEMENT DURABLE

La sécurité de l'eau suscite de plus en plus l'attention politique. Les délibérations internationales menées depuis les années 1970 (par exemple, Habitat I en 1976, Habitat II en 1996 et Habitat III en 2016), le Sommet de la Terre, Rio+20, les discussions sur le changement climatique à la CCNUCC, les Objectifs du Millénaire pour le développement (2000-2010) et, plus récemment, les Objectifs de développement durable (ODD) tels qu'ils sont définis dans le Programme de développement durable à l'horizon 2030 (Nations Unies, 2015), de

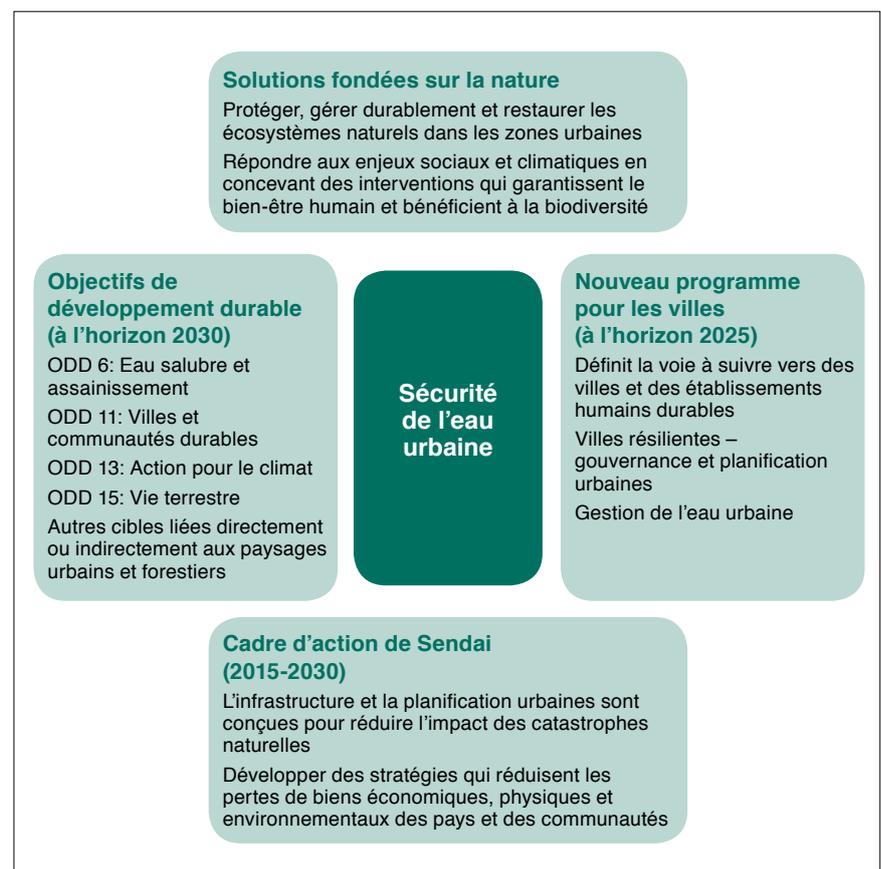
même que les accords mondiaux comme le Nouveau Programme pour les villes et le Cadre d'action de Sendai (figure 2), ont tous pris acte des problématiques urbaines, parfois de manière explicite et parfois en les inscrivant au sein d'objectifs, de buts et de cibles.

La nature transversale des ODD et le haut degré d'engagement des pays à les mettre en œuvre donnent une impulsion et ouvrent la voie à la reconnaissance des liens entre les forêts et la sécurité de l'eau urbaine, surtout dans le suivi et la communication des progrès accomplis en direction d'un monde plus durable. Les ODD particulièrement pertinents à cet égard sont l'ODD 6 (eau salubre et assainissement), l'ODD 11 (villes et communautés durables), l'ODD 13 (action pour le climat) et l'ODD 15 (vie terrestre). Les liens entre les forêts et l'eau sont mentionnés explicitement dans la cible 6 de l'objectif 6 et la cible 1 de l'objectif 15 (ODD 6.6 et 15.1) et sont sous-entendus dans la cible a de l'objectif 11 (ODD 11.a), qui appelle à «favoriser l'établissement de liens économiques, sociaux et environnementaux positifs entre zones urbaines, périurbaines et rurales en renforçant la

planification du développement à l'échelle nationale et régionale».

Si les liens entre les forêts et l'eau sont reconnus, ils ne sont toutefois pas adéquatement pris en compte dans les indicateurs utilisés pour le suivi. L'indicateur 6.6.1, par exemple, ne comprend que les forêts marécageuses, les mangroves et les forêts temporairement ou en permanence envahies par les eaux (ONU-Eau, 2017). Si ces forêts jouent sans aucun doute un rôle dans la réduction des risques de catastrophe, d'autres forêts ayant une valeur potentiellement significative en termes de services écosystémiques liés à l'eau ne sont pas prises en considération, comme les forêts gérées aux fins de la fourniture d'eau et d'autres types de forêts connues pour remplir une fonction importante dans les cycles hydrologiques (par exemple, les forêts riveraines et les forêts de brouillard). L'indicateur 15.1.2 se concentre exclusivement sur la protection de la biodiversité et non sur d'autres fonctions, comme les services écosystémiques liés à l'eau. Aucune des cibles des ODD ne prend en compte la distribution spatiale ou la santé des forêts.

Ainsi, bien que les ODD fournissent une base importante en faveur des solutions



2

*Accords mondiaux avec des objectifs ou des cibles liés à la sécurité de l'eau urbaine*

fondées sur la nature en tant que moyen de garantir la sécurité des ressources en eau, ils pourraient être considérablement renforcés grâce à l'inclusion d'un ensemble d'objectifs en rapport avec les forêts et l'approvisionnement en eau. Par exemple, il serait utile d'avoir, pour l'ODD 6.5 (gestion intégrée des ressources en eau), un indicateur portant sur la santé des bassins versants forestiers approvisionnant les villes en eau. Les données existantes, comme celles issues de l'évaluation mondiale des ressources forestières de la FAO (voir par exemple FAO, 2015) et de l'outil Global Forest Watch-Aqueduc de l'Institut des ressources mondiales, pourraient être incorporées dans les mesures des indicateurs actuels, en vue de reconnaître l'interconnexion entre les forêts et l'eau, d'améliorer l'analyse des progrès accomplis en direction des ODD, et de mieux étayer les décisions de gestion à l'échelle nationale et locale.

Les objectifs et les cibles du Programme de développement durable à l'horizon 2030, à l'instar d'autres accords mondiaux, exigent des pays qu'ils recherchent des solutions novatrices, intelligentes, collaboratives et durables aux problématiques urbaines. Ainsi, le récent colloque sur le dessalement des eaux en Afrique de 2017 a été l'occasion de discussions entre le gouvernement, l'industrie, le monde

universitaire et le secteur commercial, sur les moyens de faire face à la pénurie d'eau dans la ville du Cap, Afrique du Sud, en suivant une approche multipartite. De même, une récente crise hydrique à Bangalore, Inde, a sonné l'alarme quant à la nécessité de faire de la sécurité de l'approvisionnement en eau urbaine une priorité. Dans les deux cas, des démarches stratégiques sont requises pour gérer la demande d'eau, en particulier au travers de solutions fondées sur la nature.

#### CONCLUSION

L'eau est une question multisectorielle. Assurer la sécurité de l'eau dans les contextes urbains, périurbains et ruraux exige par conséquent une compréhension et un cadre communs ainsi qu'une démarche politique cohérente entre les divers secteurs, qu'il s'agisse de l'eau, des forêts, des terres, des villes, du changement climatique, de l'énergie ou d'autres domaines. La prise en compte de l'urbanisation en tant que problématique dans les cadres de développement durable globaux est encourageante pour l'avenir des centres urbains et des paysages qui leur sont associés. La reconnaissance des approches intégrant les infrastructures vertes et grises pour répondre à l'enjeu de la sécurité de l'eau et le cadre conceptuel proposé par ONU-Eau (figure 1) devraient donc susciter l'intérêt

de nombreuses parties prenantes – telles que planificateurs urbains et régionaux, gestionnaires des eaux et décideurs, sociétés et organisations internationales avec une importante « empreinte » eau, institutions réformatrices sans but lucratif, et communautés.

Les communautés urbaines sont tout aussi vulnérables que les communautés rurales en regard des catastrophes naturelles. Il est par conséquent essentiel qu'elles renforcent leurs capacités, évaluent leur vulnérabilité, et participent à la conception et à la mise en œuvre d'approches visant à améliorer leur résilience, notamment des solutions fondées sur la nature, face aux risques que posent la variabilité environnementale et climatique. Concevoir et planifier en vue de la sécurité des ressources en eau requiert une collaboration entre parties prenantes à l'échelle locale et globale. Accroître le couvert végétal fait aussi partie de l'équation: les stratégies intelligentes et durables de protection des paysages forestiers et les plans d'investissement mettront l'accent sur la sécurité et la protection des forêts urbaines et périurbaines, en tant qu'infrastructures vertes cruciales pour l'eau. Dans de nombreux cas, de telles stratégies et de tels plans requerront une meilleure compréhension des interconnexions qui existent entre les services écosystémiques urbains

*Le paysage boisé qui entoure le contexte densément urbanisé de Hong Kong, Chine, est une source d'eau et d'autres bienfaits écologiques pour les habitants de la ville*



© PREM NAGABHATIA

et la planification et les interventions de développement urbain durable.

Les innovations futures qui viseront à améliorer la sécurité de l'eau urbaine impliqueront fort probablement une conception intégrée des espaces urbains, de façon à inclure, par exemple, les marais artificiels, les toitures végétales et les bassins de rétention. De manière générale, la reconnaissance croissante de l'importance de l'urbanisation, dans les cadres mondiaux relatifs au développement durable, offre l'occasion de relever le défi de la sécurité de l'eau dans les villes, au moyen de solutions fondées sur la nature innovantes et à long terme. ♦



## Références

- Abell, R., Asquith, N., Boccaletti, G., Bremer, L., Chapin, E., Erickson-Quiroz, A. et Higgins, J. et al.** 2017. *Beyond the source: the environmental, economic and community benefits of source water protection*. Arlington, États-Unis d'Amérique, The Nature Conservancy.
- Aydin, A.F., Koyuncu, I., Demir, A., Aydin, D., Guclu, S. et Turken, T.** 2013. Water supply structures of the Ottoman period in Istanbul (Asian side). *Water Science and Technology: Water Supply*, 13(3): 615-625.
- Bakker, K.** 2009. *Water security: Canada's challenge* [en ligne]. Policy Options. [Consulté le 18 décembre 2017]. <http://policyoptions.irpp.org/magazines/canadas-water-challenges/water-security-canadas-challenge>
- Banque mondiale.** 2012. *Inclusive green growth: the pathway to sustainable development*. Washington, DC, Banque mondiale (disponible aussi sur [http://siteresources.worldbank.org/EXTSDNET/Resources/Inclusive\\_Green\\_Growth\\_May\\_2012.pdf](http://siteresources.worldbank.org/EXTSDNET/Resources/Inclusive_Green_Growth_May_2012.pdf)).
- Barrett, K.** 2017. Lima kicks off development of 30-year green infrastructure plan [en ligne]. Ecosystem Marketplace, 3 mars 2017. [Consulté le 18 décembre 2017]. [www.ecosystemmarketplace.com/articles/lima-kicks-off-development-30-year-green-infrastructure-plan](http://www.ecosystemmarketplace.com/articles/lima-kicks-off-development-30-year-green-infrastructure-plan)
- Boberg, J.** 2005. Freshwater availability. In: J. Boberg, *Liquid assets: how demographic changes and water management policies affect freshwater resources*, pp. 15-28. Santa Monica, Arlington et Pittsburgh, États-Unis d'Amérique, RAND Corporation (disponible aussi sur [www.jstor.org/stable/10.7249/mg358cf.9](http://www.jstor.org/stable/10.7249/mg358cf.9)).
- Boonsong, K., Piyatiratitivorakul, S. et Patanaponpaiboon, P.** 2003. Use of mangrove plantation as constructed wetland for municipal wastewater treatment. *Water Science and Technology*, 48(5): 257-266.
- BP.** 2017. *BP Statistical Review of World Energy June 2017*. Londres (disponible aussi sur [www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/statistical-review-2017/bp-statistical-review-of-world-energy-2017-full-report.pdf](http://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/statistical-review-2017/bp-statistical-review-of-world-energy-2017-full-report.pdf)).
- Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C. et Maginnis, S. éd.** 2016. *Nature-based solutions to address global societal challenges*. Gland, Suisse, Union internationale pour la conservation de la nature.
- DAES.** 2014. *World Urbanization Prospects: The 2014 revision. Highlights*. New York, États-Unis d'Amérique, Département des affaires économiques et sociales (DAES) des Nations Unies (disponible aussi sur <https://esa.un.org/unpd/wup/publications/files/wup2014-report.pdf>).
- Dudley, N. et Stolton, S.** 2003. *Running pure*. Rapport de recherche pour la Banque mondiale et l'Alliance pour la conservation et l'utilisation durable des forêts du WWF.
- Ellison, D., Morris, C.E., Locatelli, B.D., Sheil, D., Cohen, J., Murdiyarso, D. et Gutierrez, V.** 2017. Trees, forests and water: cool insights for a hot world. *Global Environmental Change*, 43: 51-61.
- Ernst, C.** 2004. *Protecting the source: land conservation and the future of America's drinking water*. San Francisco, États-Unis d'Amérique, The Trust for Public Land and the American Water Works Association.
- Évaluation des écosystèmes pour le Millénaire.** 2005. *Ecosystems and human well-being*. Washington, DC, Island Press.
- FAO.** 2007. *Mangroves of Asia 1980-2005. Country reports*. Forest Resources Assessment Programme Working Paper No. 137. Rome.
- FAO.** 2015. *Évaluation des ressources forestières mondiales 2015*. Rome (disponible aussi sur [www.fao.org/3/a-i4808f.pdf](http://www.fao.org/3/a-i4808f.pdf)).
- Fearnside, P.** 2005. Deforestation in Brazilian Amazonia: history, rates and consequences. *Conservation Biology*, 19(3): 680-688.
- Gammie, G. et de Bievre, B.** 2015. *Assessing green interventions for the water supply of Lima, Peru*. Report for Forest Trends and CONDESAN. Washington, DC, Forest Trends.
- Kam Ng, M.** 2017. Governing green urbanism: the case of Shenzhen, China. *Journal of Urban Affairs*, 15 février 2017: 1-19.
- Lee, E.** 2017. *Urban designers look to nature as solution for flood-prone cities* [en ligne]. VOA. [Consulté le 18 décembre 2017]. [www.voanews.com/a/urban-designers-look-to-nature-as-solutions-for-flood-prone-cities/4026615.html](http://www.voanews.com/a/urban-designers-look-to-nature-as-solutions-for-flood-prone-cities/4026615.html)
- MacKinnon, K., Sobrevila, C. et Hickey, V.** 2008. *Biodiversity, climate change, and adaptation: nature-based solutions from the World Bank portfolio*. Washington, DC, Banque mondiale.
- Mehta, P. et Nagabhatla, N.** 2017. *Without water, nothing is secure*. UNU-INWEH Policy Brief Issue 3. Hamilton, Canada, Université des Nations Unies – Réseau international pour l'eau, l'environnement et la santé (UNU – INWEH).
- Nagabhatla, N. et Metcalfe, C.D., éd.** 2017. *Multifunctional wetlands: pollution abatement and other ecological services from natural and constructed wetlands*. Cham, Suisse, Springer International.
- Nations Unies.** 2015. *Transformer notre monde: le Programme de développement durable à l'horizon 2030*. Résolution A/RES/70/1. New York, États-Unis d'Amérique.
- Nobre, A.** 2014. *The future climate of Amazonia: scientific assessment report*. São José dos Campos, Brésil, Earth System Science Center, Institut national de recherche spatiale et Institut national de recherche amazonienne (disponible aussi sur [www.ccst.inpe.br/wp-content/uploads/2014/11/The\\_Future\\_Climate\\_of\\_Amazonia\\_Report.pdf](http://www.ccst.inpe.br/wp-content/uploads/2014/11/The_Future_Climate_of_Amazonia_Report.pdf)).
- OCDE.** 2012. *Water quality and agriculture: meeting the policy challenge*. Publications de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) (disponible aussi sur [www.oecd.org/tad/sustainable-agriculture/49849932.pdf](http://www.oecd.org/tad/sustainable-agriculture/49849932.pdf)).
- ONU-Eau.** 2013. *Water security and the global water agenda*. UN-Water Analytical Brief. Hamilton, Canada, Université des Nations Unies (disponible aussi sur <http://inweh.unu.edu/wp-content/uploads/2014/05/Water-Security-and-the-Global-Water-Agenda.pdf>).
- ONU-Eau.** 2017. *Step-by-step monitoring methodology for SDG indicator 6.6.1: change in the extent of water-related*

- ecosystems over time* [en ligne]. ONU-Eau. [Consulté le 18 décembre 2017]. [www.unwater.org/publications/step-step-methodology-monitoring-ecosystems-6-6-1](http://www.unwater.org/publications/step-step-methodology-monitoring-ecosystems-6-6-1)
- Pearce, F.** 2015. *Pre-Inca canals may solve Lima's water crisis* [en ligne]. New Scientist, 9 avril. [Consulté le 18 décembre 2017]. [www.newscientist.com/article/dn27311-pre-inca-canals-may-solve-limas-water-crisis](http://www.newscientist.com/article/dn27311-pre-inca-canals-may-solve-limas-water-crisis)
- Peng, Y., Li, X., Wu, K., Peng, Y. et Chen, G.** 2009. Effect of an integrated mangrove-aquaculture system on aquacultural health. *Frontiers of Biology in China*, 4(4): 579-584.
- Qin, Y., Gartner, T., Minnemeyer, S., Reig, P. et Sargent, S.** 2016. *Global Forest Watch water metadata document*. Technical note. Washington, DC, Institut des ressources mondiales (disponible aussi sur [www.wri.org/publication/GFW\\_Water\\_metadata](http://www.wri.org/publication/GFW_Water_metadata)).
- SEDAPAL.** 2016. *SEDAPAL y AQUAFONDO buscan recuperación ecológica de ríos Rímac, Chillón y Lurín* [en ligne]. Nota de prensa no. 46 2016. Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL). [Consulté le 18 décembre 2017]. <https://goo.gl/Tpb2QW>
- Spalding, M.D., Ruffo, S., Lacambra, C., Meliane, I., Zeitlin Hale, L., Shepard, C.C. et Beck, M.W.** 2014. The role of ecosystems in coastal protection: adapting to climate change and coastal hazards. *Ocean and Coastal Management*, 90: 50-57. DOI <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2013.09.007>
- Tam, F.Y. et Wong, Y.-S.** 1997. Accumulation and distribution of heavy metals in a simulated mangrove system treated with sewage. *Hydrobiologica*, 352(1-3): 67-75.
- Thompson, S.** 2017. *A green pursuit: seeking nature-based solutions for cities* [en ligne]. The Irish Times. [Consulté le 18 décembre 2017]. [www.irishtimes.com/news/science/a-green-pursuit-seeking-nature-based-solutions-for-cities-1.3232941](http://www.irishtimes.com/news/science/a-green-pursuit-seeking-nature-based-solutions-for-cities-1.3232941)
- UNESCO.** 2006. *Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2006: L'eau, une responsabilité partagée*. Deuxième rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau. Paris, Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO).
- Watts, J.** 2017. *The Amazon effect: how deforestation is starving São Paulo of water* [en ligne]. The Guardian Online, 28 novembre 2017. [Consulté le 18 décembre 2017]. [www.theguardian.com/cities/2017/nov/28/sao-paulo-water-amazon-deforestation](http://www.theguardian.com/cities/2017/nov/28/sao-paulo-water-amazon-deforestation)
- WWAP.** 2015. *Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2015: L'eau pour un monde durable*. Programme mondial pour l'évaluation des ressources en eau (WWAP). Paris, Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO).
- Zekavat, S.** 2017. *Syrian architects challenge 'post-war' reconstruction with real-time designs* [en ligne]. Global Voices. [Consulté le 18 décembre 2017]. <https://globalvoices.org/2017/10/15/syrian-architects-challenge-post-war-reconstruction-with-real-time-designs>
- Zweynert, A.** 2017. *Sponges, urban forests and air corridors: how nature can cool cities* [en ligne]. Reuters. [Consulté le 18 décembre 2017]. [www.reuters.com/article/us-heatwave-cities-nature/sponges-urban-forests-and-air-corridors-how-nature-can-cool-cities-idUSKCN1C100Q](http://www.reuters.com/article/us-heatwave-cities-nature/sponges-urban-forests-and-air-corridors-how-nature-can-cool-cities-idUSKCN1C100Q) ◆



## Le rôle des forêts urbaines et périurbaines dans la réduction des risques et la gestion des catastrophes

*P. Cariñanos, P. Calaza, J. Hiemstra, D. Pearlmutter et U. Vilhar*

*Il est urgent de tenir pleinement compte des forêts dans les plans urbains de réduction des risques et de gestion des catastrophes.*

**Paloma Cariñanos** est Professeur de botanique à l'Université de Grenade et membre du Groupe de travail *Silva Mediterranea* sur la foresterie urbaine et périurbaine (GT7, FAO).

**Pedro Calaza** est Professeur d'architecture paysagère à l'Escuela Gallega del Paisaje, Espagne, Doyen du Colegio Oficial de Ingenieros Agronomos de Galicia, Espagne, et membre du GT7, FAO.

**Jelle Hiemstra** est Chercheur scientifique principal, Arbres et végétation urbaine, Université et centre de recherche de Wageningen, Pays-Bas.

**David Pearlmutter** est Professeur d'architecture à l'Université Ben-Gourion, Negev, Israël.

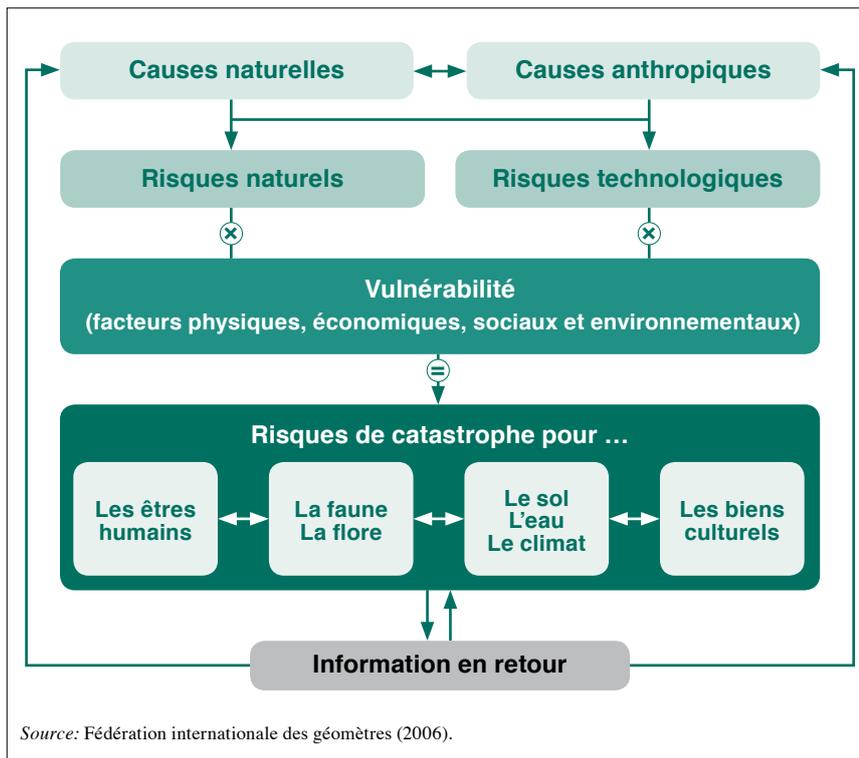
**Urša Vilhar** est Chercheur associé au Département d'écologie forestière, Institut forestier slovène, et membre du GT7, FAO.

**E**n réponse à la croissance démographique, de nombreuses villes ont connu au cours des dernières décennies un processus d'urbanisation sauvage, qui a contribué à ce que les communautés citadines soient quotidiennement exposées à des risques environnementaux menaçant leur santé et leur bien-être. Outre les mauvaises conditions de vie observées dans de nombreuses villes, les résidents sont confrontés à un danger potentiel de catastrophes naturelles extrêmes telles que tempêtes, inondations, incendies et sécheresses, que le changement climatique ne fait qu'exacerber. La plupart des régions du monde sont exposées à des dangers naturels susceptibles de provoquer de considérables dégâts économiques et des pertes de vies humaines. Les risques inhérents aux catastrophes naturelles peuvent en outre être amplifiés dans les zones urbaines par les interventions humaines, entraînant des

situations potentielles d'accumulation de risques et de vulnérabilité permanente (figure 1). Si toutes les franges des populations urbaines sont exposées à ces risques, les plus pauvres sont particulièrement vulnérables à cet égard.

Aussi est-il impératif d'adopter des politiques et des mesures qui réduisent ou éliminent à long terme les risques liés aux catastrophes, pour les personnes et les biens, et qui renforcent la résilience des villes et leurs éléments structurels en regard de facteurs de stress de plus en plus extrêmes. La création d'ONU-Habitat en 2002 a conduit au développement de stratégies pour favoriser et accroître la

*En haut: Les arbres urbains peuvent réduire de manière spectaculaire la température radiante des surfaces pavées et modérer le stress thermique ressenti par les piétons (noter que, dans l'image thermique, le bleu et le violet indiquent des zones relativement fraîches)*



Source: Fédération internationale des géomètres (2006).

**1**  
**Le risque de catastrophe, produit d'un aléa et d'une vulnérabilité**

résilience urbaine face aux crises naturelles ou humaines. Le Plan d'action des Nations Unies pour la réduction des risques de catastrophe en vue de la résilience, développé en 2013, identifie les mesures propres à appuyer les pays et les communautés dans la gestion des risques de catastrophe, notamment la mise en œuvre du Cadre d'action de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe 2015-2030. Parmi les lignes d'action prioritaires de ce dernier, on trouve le renforcement de la préparation aux catastrophes dans la perspective de ripostes efficaces et le principe consistant à «reconstruire en mieux» en matière de reprise, remise en état et redressement. Il ne s'agit pas à uniquement de favoriser la résilience dans les infrastructures nouvelles et existantes mais également d'identifier des zones aptes à être sûres pour les établissements humains et de préserver les fonctions des écosystèmes (SIPC, 2009).

Pour accroître la résilience dans les contextes citadins, l'une des mesures les plus importantes est de renforcer les écosystèmes urbains, de façon à garantir que ces derniers aient la capacité de réduire les risques et de gérer les catastrophes. L'infrastructure verte urbaine, dont les forêts urbaines et périurbaines constituent la colonne vertébrale, peuvent stimuler la résilience en regard des catastrophes et aider à minimiser l'intensité des impacts qui leur sont associés. L'établissement d'une infrastructure verte urbaine adhère aux principes de base de la résilience proactive – efficacité, diversité, interdépendance, force, flexibilité, autonomie, planification et adaptabilité (tableau 1) (Bell, 2002).

Cet article présente des exemples illustrant le rôle des forêts urbaines et périurbaines dans la réduction de l'impact des catastrophes, que ces dernières soient naturelles ou provoquées par des interventions humaines. Il examine aussi comment il est possible de gérer les dangers représentés par ces forêts, de façon à accroître la résilience des villes devant les défis qu'elles auront à relever dans les prochaines décennies.

**TABLEAU 1. Dangers urbains et rôle des forêts urbaines et périurbaines dans la réduction des risques**

Danger	Rôle des forêts urbaines et périurbaines
<b>Naturel</b>	
Vents forts (tels que cyclones et ouragans)	Agissent comme barrières; réduisent la vitesse du vent; servent d'écrans de protection
Inondations et sécheresses	Réduisent le volume des eaux pluviales et le risque d'inondation; augmentent l'interception des précipitations; accroissent l'infiltration de l'eau et la recharge des nappes souterraines
Glissements de terrain	Augmentent la stabilité des pentes abruptes en réduisant le ruissellement de surface et l'érosion
Perte de sol	Préviennent l'érosion du sol; réduisent l'impact des gouttes de pluie sur la surface du sol; améliorent la capacité de rétention d'eau des sols
Épisodes de chaleur et de froid extrêmes, «îlot de chaleur» urbain	Rafraîchissent l'air au moyen de l'ombrage, de l'évapotranspiration, etc.; protègent des vents chauds et froids
Feux de forêt	Réduisent l'intensité des feux, l'inflammabilité et la propagation des incendies lorsqu'elles sont convenablement conçues et gérées
Perte de biodiversité	Conservent les espèces et les habitats; limitent la propagation des espèces envahissantes
Ravageurs et maladies	Limitent la diffusion et l'impact des ravageurs et des maladies
<b>Anthropique</b>	
Pollution de l'air	Piègent le carbone; réduisent la formation de l'ozone; capturent les particules et les polluants gazeux; diminuent les émissions d'allergènes
Ravageurs et maladies	Offrent un rempart contre les espèces envahissantes
Santé physique et mentale amoindrie	Procurent des espaces agréables qui accroissent le bien-être, renforcent la cohésion sociale et l'interaction, et permettent des activités de loisir, etc.

### RISQUES URBAINS ASSOCIÉS AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Si le changement climatique est souvent considéré comme synonyme de réchauffement global, nous vivons en fait dans une époque d'incertitude climatique – avec des événements localisés traditionnellement considérés comme extrêmes qui deviennent de plus en plus fréquents (Meir et Pearlmutter, 2010). Les communautés du monde entier sont en train de faire l'expérience de vagues dramatiques de tempêtes, inondations, canicules et sécheresses, et ces événements perturbateurs sont probablement appelés à devenir encore plus prononcés à l'avenir.

#### Îlot de chaleur urbain

L'«îlot de chaleur» urbain, un effet couramment observé, est un exemple de changement climatique à l'échelle locale, qui est intensifié par la taille d'une ville, sa densité et la composition des matériaux. L'un des principaux catalyseurs des îlots de chaleur urbains est le remplacement du terrain végétalisé par des paysages citadins «secs», réduisant le rafraîchissement obtenu à travers l'évapotranspiration (Pearlmutter, Krüger et Berliner, 2009) et – plus important pour le stress thermique humain – par l'ombre des piétons. Le stress de chaleur est accentué par les surfaces urbaines non ombragées, qui absorbent l'énergie solaire, irradiant à nouveau la

chaleur et reflètent l'énergie solaire directement sur les corps des piétons.

La stratégie générale la plus efficace pour atténuer l'îlot de chaleur urbain consiste à cultiver des arbres à l'intérieur et autour des villes. L'ampleur de l'«îlot de fraîcheur» des parcs – à savoir la réduction de la température de l'air dans les espaces verts urbains par rapport aux constructions environnantes – est habituellement de l'ordre de 3 à 5 °C, mais elle peut atteindre 10 °C (Hiemstra *et al.*, 2017). Les frondaisons des arbres sont particulièrement bénéfiques en termes d'ombrage lorsqu'elles sont larges et denses et que leurs feuilles transpirent librement (Shashua-Bar et Hoffman, 2004); le manque d'eau dans les zones urbaines représente cependant souvent un obstacle.

Au Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, Londres connaîtra probablement dans les années à venir des épisodes de chaleur de plus en plus fréquents, avec des effets potentiellement significatifs sur la santé humaine et le risque associé de centaines de décès durant les canicules. En 2010, la ville a instauré une stratégie d'adaptation au changement climatique, qui identifie les risques pour la santé publique posés par ce dernier et qui définit les actions requises pour les gérer. Une action en cours consiste à tirer parti au mieux des forêts urbaines en augmentant le nombre de toitures vertes et d'arbres de

rue ainsi que la quantité et la qualité des espaces verts. L'objectif est d'accroître le couvert arboré de la ville de 10 pour cent et de parvenir à un couvert végétal total de 50 pour cent d'ici à 2050 (Maire de Londres, 2017).

#### Inondations et tempêtes

Dans les villes en pleine expansion, les immenses volumes d'eau pluviale et les inondations, conjugués à la détérioration de la qualité de l'eau potable, sont devenus des préoccupations sanitaires, environnementales et financières majeures à l'échelle mondiale. L'urbanisation croissante altère l'hydrologie d'une zone, réduisant la capacité d'infiltration des sols et augmentant aussi bien le ruissellement des eaux de surface que les débits de pointe (Vilhar, 2017).

La fréquence croissante des inondations dans les villes montre que les infrastructures grises existantes, destinées à véhiculer les eaux pluviales vers les installations de traitement des eaux usées ou les eaux de surface, n'étaient pas conçues pour l'intensité actuelle des précipitations. Par ailleurs, dans la plupart des bassins versants urbanisés, la superficie des surfaces imperméables est en hausse.

*Inondation après des précipitations intenses à Ljubljana, Slovénie. Les racines des arbres aident à protéger le sol contre l'érosion*



Les forêts urbaines et périurbaines ont une grande aptitude à réduire l'écoulement des eaux de pluie, en favorisant l'évapotranspiration et l'infiltration de l'eau dans le sol (Gregory *et al.*, 2006) et en interceptant les précipitations au moyen des houppiers des arbres (Kermavnar et Vilhar, 2017). En outre, les racines des arbres et les litières de feuilles stabilisent le sol et réduisent l'érosion (Seitz et Escobedo, 2008).

Les inondations sont les catastrophes les plus fréquentes dans de nombreuses zones de l'Asie et du Pacifique. Dix des pays de la région les plus exposés aux inondations (Afghanistan, Bangladesh, Cambodge, Chine, Inde, Indonésie, Myanmar, Pakistan, Thaïlande et Viet Nam) sont riverains, et les inondations transfrontalières se produisent souvent, provoquant des impacts à grande échelle (Luo *et al.*, 2015). Au Bangladesh, parmi les pratiques en cours pour réduire les effets des inondations, on compte le développement de simulations avancées en matière de prévisions météorologiques, visant à permettre l'évacuation d'un grand nombre de personnes plusieurs jours avant les inondations; la plantation d'arbres résistant aux crues; et le renforcement de la coopération régionale en vue de coordonner les mesures de riposte (Basak, Basak et Rahman, 2015).

### Ouragans et tempêtes de vent

On s'attend à ce que les ouragans et les autres tempêtes de vent se produisent avec une fréquence et une gravité accrues en raison du réchauffement global (par exemple dans l'Atlantique: Bender *et al.*, 2010). Comme d'autres types d'infrastructure, les arbres peuvent être endommagés par les vents forts et les tempêtes, mais ils peuvent aussi contribuer à la formation de paysages résistants aux ouragans. Duryea, Kampf et Littell (2007) ont étudié 10 ouragans récents et leurs impacts sur plus de 150 espèces d'arbres urbains, afin d'évaluer les facteurs qui rendent les arbres résistants au vent. Les arbres les plus capables de survivre aux tempêtes sont compacts et ont une puissante racine principale et des racines secondaires bien développées, un tronc bien fuselé, un centre de gravité bas, et des branches ouvertes, flexibles et courtes. Les arbres rassemblés en groupes de cinq ou plus sont également plus susceptibles de survivre aux vents forts que les arbres individuels. Seuls 3 pour cent des plus de

14 000 arbres historiques de la Nouvelle Orléans, États-Unis d'Amérique, ont été perdus durant l'ouragan Katrina en 2005; la plupart des survivants étaient des chênes, détenant bon nombre des caractéristiques énoncées ci-dessus. Les enseignements tirés de l'étude de Duryea, Kampf et Littell (2007) ainsi que d'autres sont mis en à profit dans les zones dévastées par les ouragans successifs qui ont frappé les Caraïbes et le Golfe du Mexique en 2017.

Les plans d'atténuation des risques et de gestion des catastrophes élaborés par l'autorité locale de Katmandou après le tremblement de terre de 2015 comportent comme mesure le développement de forêts urbaines et d'espaces ouverts, pour réduire l'impact des tremblements de terre et fournir à la communauté des points de rassemblement et un abri provisoire (Saxena, 2016).

### Feux de forêt en Méditerranée

Les feux de forêt, en particulier à l'interface entre milieu naturel et milieu urbain, constituent une menace croissante pour les villes face au changement climatique. Des êtres humains sont à l'origine de plus de 90 pour cent des incendies forestiers dans la région méditerranéenne où, en moyenne, plus de 800 000 hectares brûlent chaque année. Les sécheresses se sont prolongées durant les dernières décennies, entraînant une hausse du nombre, de l'ampleur et de la

réurrence des feux, ainsi que de l'échelle des pertes humaines et économiques (Gonçalves et Sousa, 2017). Martínez, Vega-García et Chuvieco (2009) ont montré que les principaux facteurs associés à un risque élevé de feux de forêt en Espagne étaient le morcellement du paysage, l'abandon de l'agriculture et les processus de développement. D'un autre côté, les politiques encourageant le boisement des terres agricoles abandonnées avaient peu d'effet sur l'apparition des incendies.

Le Portugal a connu récemment des pertes importantes dues au feu: ainsi, il y a eu plus de 500 incendies durant l'été 2017, causant plus de 100 décès. Depuis 2005, le pays met en œuvre le Plan national portugais pour la prévention et la protection contre les incendies (Oliveira, 2005), qui entend être la principale démarche pour lutter contre l'une des menaces majeures du pays. Parmi les mesures indiquées dans le plan, on compte le remplacement progressif des forêts d'eucalyptus: le pays possède aujourd'hui plus de 900 000 hectares de plantations d'eucalyptus, dont les feuilles et l'écorce sont hautement inflammables. L'abandon des terres agricoles et l'expansion des centres urbains ont ramené les forêts d'eucalyptus plus près de la

*Les arbres urbains peuvent représenter un danger: cet arbre est tombé sur un terrain de jeux pour enfants, heureusement sans que personne ne soit blessé*



frange périurbaine, accroissant le risque d'incendie à l'interface urbain-rural.

### Menaces pour la biodiversité

Les ravageurs et les maladies des arbres se sont répandus à l'échelle mondiale, provoquant des dégâts considérables. La graphiose de l'orme («maladie hollandaise de l'orme») (*Ophiostoma ulmi* et *O. novo-ulmi*), par exemple, a été transportée durant le XX<sup>e</sup> siècle de l'Asie vers les Amériques et l'Europe par des grumes infectées, ce qui s'est traduit par une pandémie dans tout l'hémisphère Nord. Rien qu'au Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, cette maladie a causé entre 1970 et 1990 la mort de quelque 28 millions d'ormes adultes, dont un grand nombre dans les zones urbaines et périurbaines, et par la suite la mort d'environ 20 millions de jeunes ormes (Brasier, 2008).

De nombreuses villes adoptent des politiques pour s'assurer une diversité d'arbres suffisante, afin de réduire l'impact des ravageurs, des maladies et d'autres facteurs susceptibles d'une manière ou d'une autre de décimer les arbres urbains. Au Canada, l'un des objectifs de la stratégie pour des forêts urbaines durables de la municipalité de Kelowna consiste à augmenter la diversité des espèces dans la ville, de façon à éviter la perte catastrophique d'arbres à cause de ravageurs, de maladies et du changement climatique. La stratégie appelle à diversifier les espèces utilisées comme arbres de rue, de sorte que 10 espèces ou plus soient représentées à hauteur de 10 pour cent au plus de la population totale d'arbres de rue. Des espèces ornementales compatibles avec les conditions climatiques de la ville sont en train d'être introduites (Blackwell and Associates, 2011).

Les zones urbaines peuvent contenir des niveaux relativement élevés de biodiversité (Alvey, 2006). Les villes adoptent aujourd'hui des pratiques de gestion visant à conserver et promouvoir cette diversité, notamment en tant que moyen d'accroître leur résilience face aux changements environnementaux.

### RISQUES ET AVANTAGES POUR LA SANTÉ HUMAINE

La vie urbaine moderne peut avoir des impacts négatifs sur la santé publique et la qualité de vie des citoyens. Selon les estimations de l'Organisation mondiale

de la santé (OMS), 12,6 millions de décès chaque année sont attribuables à des environnements urbains malsains (Prüss-Ustün *et al.*, 2016), la pollution de l'air, de l'eau et du sol, l'exposition aux produits chimiques et le changement climatique étant mis en relation avec plus de 100 types de maux; les maladies cardiovasculaires et respiratoires font partie des 10 premières causes de décès liés à l'environnement. Si les forêts urbaines et périurbaines représentent des risques pour la santé humaine, elles peuvent également procurer une vaste gamme de bénéfices pour la santé.

### Risques

Les substances végétales peuvent être toxiques pour les êtres humains, et les arbres et les autres plantes peuvent émettre des composés organiques volatils et des particules qui peuvent nuire à la santé humaine (Cariñanos *et al.*, 2017). Certaines des espèces les plus fréquemment utilisées dans les forêts urbaines et périurbaines de la planète ont été identifiées comme étant les principaux agents responsables des allergies au pollen des personnes (Cariñanos et Casares-Porcel, 2011).

Les individus risquent en outre d'être blessés ou tués par la chute des arbres. Ainsi, un chêne âgé de 200 ans est tombé sur une foule sur l'île de Madère, Portugal, en août 2017, tuant 13 personnes et en blessant presque 50 (Minder et Stevens, 2017).

Toutefois, les risques posés par les forêts urbaines et périurbaines peuvent être gérés en mettant en œuvre un plan relatif aux dangers des arbres urbains (Calaza Martínez et Iglesias Díaz, 2016). Par exemple, le plan directeur régissant les arbres des Jardines del Buen Retiro à Madrid, Espagne, comporte un plan de gestion des risques liés aux arbres qui, entre autres choses, établit un protocole de gestion des risques pour le parc.

### Avantages

De nombreuses études ont mis en évidence le rôle de l'infrastructure verte en général, et des forêts urbaines et périurbaines en particulier, dans la promotion de la santé humaine. De nombreuses initiatives ont été lancées – dont certaines appuyées par les services de santé nationaux et par l'OMS –, qui visent à encourager l'utilisation des forêts urbaines et périurbaines pour les activités physiques et d'autres formes de

loisir en plein air en vue d'améliorer la santé des personnes (Organisation mondiale de la santé, 2010).

Les espaces verts, entre autres les forêts urbaines et périurbaines, peuvent fournir une sorte de thérapie naturelle, aidant les personnes à se remettre d'événements traumatisants, comme les catastrophes. Parmi les activités potentiellement thérapeutiques, on peut citer la plantation d'arbres dans une perspective de paix et de réconciliation, ou bien les soins apportés aux arbres survivants ou encore la plantation de nouveaux arbres dans des zones affectées par la guerre, les attaques terroristes ou les catastrophes naturelles (Tidball *et al.*, 2010).

### CONCLUSION

À une époque où les événements naturels extrêmes deviennent de plus en plus fréquents, il est impératif de développer et mettre en œuvre des plans de réduction des risques et de gestion des catastrophes dans les villes, en vue de réduire la vulnérabilité et l'exposition aux dangers et d'améliorer les capacités d'adaptation. Les forêts urbaines et périurbaines sont des éléments essentiels de tels plans, tant pour minimiser les impacts des catastrophes et les dégâts qu'elles provoquent que pour restaurer, reconstituer et réhabiliter les écosystèmes urbains par la suite. La multifonctionnalité des forêts urbaines et périurbaines, leur efficacité dans l'atténuation des inondations, des épisodes de chaleur extrême et des vents forts, et les dangers qu'elles représentent elles-mêmes, font qu'il est indispensable de les prendre en compte dans les plans d'action pour la réduction des risques de catastrophe.

Le risque croissant pour la santé et le bien-être humains engendré par les activités anthropiques, comme la pollution de l'air, de l'eau et du sol, indique aussi la nécessité d'instaurer et de gérer une infrastructure verte urbaine, surtout des forêts urbaines et périurbaines, en tant que mesure visant à protéger les personnes, les constructions et les habitats. Enfin, eu égard au caractère transnational de certains impacts, la coopération transfrontalière et régionale est cruciale, tant pour développer des politiques et des stratégies de préparation aux risques et d'atténuation des effets des catastrophes, que pour coordonner les mesures de riposte. ♦



## Références

- Alvey, A.** 2006. Promoting and preserving biodiversity in the urban forest. *Urban Forestry and Urban Greening*, 5: 195-201.
- Basak, S.R., Basak, A.C. et Rahman, M.A.** 2015. Impacts of floods on forest trees and their coping strategies in Bangladesh. *Weather and Climate Extremes*, 7: 43-48.
- Bell, M.** 2002. The five principles of organizational resilience. *Garner Newsletter*, février.
- Bender, M.A., Knutson, T.R., Tuleya, R.E., Sirutis, J.J., Vecchi, G.A., Garnes, S.T. et Held, I.M.** 2010. Modeled impact of anthropogenic warming on the frequency of intense Atlantic hurricanes. *Science*, 327: 454-458.
- Blackwell and Associates.** 2011. *City of Kelowna sustainable urban forest strategy*. Kelowna, Canada, Ville de Kelowna.
- Brasier, C.M.** 2008. The biosecurity threat to the UK and global environment from international trade in plants. *Plant Pathology*, 57: 792-808.
- Calaza Martínez, P. et Iglesias Díaz, I.** 2016. *El riesgo del arbolado urbano. Contexto, concepto y evaluación*. Ediciones Paraninfo S.A.
- Cariñanos, P., Calaza-Martínez, P., O'Brien, L. et Calfapietra, C.** 2017. The cost of greening: disservices of urban trees. In: D. Pearlmutter, C. Calfapietra, R. Samson, L. O'Brien, S. Krajter Ostoić, G. Sanesi et R. del Amo, éd. *The urban forest: cultivating green infrastructure for people and the environment*, pp. 79-88. Future City 7. Cham, Suisse, Springer International Publishing AG.
- Cariñanos, P. et Casares-Porcel, M.** 2011. Urban green zones and related pollen allergy: a review. Some guidelines for designing spaces with low allergy impact. *Landscape and Urban Planning*, 101: 205-214. DOI 10.1016/j.landurbplan.2011.03.006
- Duryea, M.L., Kampf, E. et Littell, R.C.** 2007. Hurricanes and the urban forest: I. Effects on southeastern United States coastal plain tree species. *Arboriculture and Urban Forestry*, 33(2): 83-97.
- Fédération internationale des géomètres.** 2006. *The contribution of the surveying profession to disaster risk management*. FIG [Fédération internationale des géomètres] Groupe de travail 8.4.
- Gonçalves, A.C. et Sousa, M.A.** 2017. The fire in the Mediterranean region: a case study of forest fires in Portugal. In: B. Fuerst-Bjeis, éd. *Mediterranean identities: environment, society, culture*, pp. 305-335. InTech Publishers.
- Gregory, J.H., Dukes, M.D., Jones, P.H. et Miller, G.L.** 2006. Effect of urban soil compaction on infiltration rate. *Journal of Soil and Water Conservation*, 61: 117-124.
- Hiemstra, J.A., Saaroni, H., Tavares, R. et Amorim, J.A.** 2017. The urban heat island: thermal comfort and the role of urban greening. In: D. Pearlmutter, C. Calfapietra, R. Samson, L. O'Brien, S. Krajter Ostoić, G. Sanesi et R. del Amo, éd. *The urban forest: cultivating green infrastructure for people and the environment*, pp. 7-20. Future City 7. Cham, Suisse, Springer International Publishing AG.
- Kermavnar, J. et Vilhar, U.** 2017. Canopy precipitation interception in urban forests in relation to stand structure. *Urban Ecosystems*, 20(6): 1373-1387. DOI 10.1007/s11252-017-0689-7
- Luo, T., Maddocks, A., Iceland, C., Ward, P. et Winsemius, H.** 2015. *World's 15 countries with the most people exposed to river floods* [en ligne]. Institut des ressources mondiales, 5 mars. [Consulté le 20 décembre 2017]. [www.wri.org/blog/2015/03/world%E2%80%99s-15-countries-most-people-exposed-river-floods](http://www.wri.org/blog/2015/03/world%E2%80%99s-15-countries-most-people-exposed-river-floods)
- Martínez, J., Vega-García, C. et Chuvieco, E.** 2009. Human-caused wildfire risk rating for prevention planning in Spain. *Journal of Environmental Management*, 90(2): 1241-1252.
- Maire de Londres.** 2017. *The London plan: the spatial development strategy for Greater London*. Document provisoire à des fins de consultation publique, décembre 2017. Londres, Greater London Authority (disponible sur [www.london.gov.uk/sites/default/files/new\\_london\\_plan\\_december\\_2017.pdf](http://www.london.gov.uk/sites/default/files/new_london_plan_december_2017.pdf)).
- Meir, I.A. et Pearlmutter, D.** 2010. Building for climate change: planning and design considerations at a time of climatic uncertainty. *Corrosion Engineering Science and Technology*, 45(1): 70-75.
- Minder, R. et Stevens, M.** 2017. Oak tree falls in Portugal during ceremony, killing 13 [online]. *The New York Times*, 15 août. [Consulté le 12 décembre 2017]. [www.nytimes.com/2017/08/15/world/europe/portugal-tree-deaths.html](http://www.nytimes.com/2017/08/15/world/europe/portugal-tree-deaths.html)
- Oliveira, T.** 2005. The Portuguese National Plan for Prevention and Protection of Forest Against Fires: the first step. *International Forest Fire News*, 33: 30-34.
- Organisation mondiale de la santé.** 2010. *Recommandations mondiales sur l'activité physique pour la santé*. Genève, Suisse.
- Pearlmutter, D., Krüger, E.L. et Berliner, P.** 2009. The role of evaporation in the energy balance of an open-air scaled urban surface. *International Journal of Climatology*, 29: 911-920. DOI 10.1002/joc.1752
- Prüss-Ustún, A., Wolf, J., Corvalán, C., Bos, R. et Neira, M.** 2016. *Preventing disease through healthy environments: a global assessment of the burden of disease from environmental risks*. Genève, Suisse, Organisation mondiale de la santé.
- Saxena, M.R.** 2016. Role of open spaces in disaster management. Document présenté dans le cadre d'AGORA 2016. Université GD Goenka, Inde.
- Seitz, J. et Escobedo, F.** 2008. *Urban forests in Florida: trees control stormwater runoff and improve water quality*. FOR184. Gainesville, États-Unis d'Amérique, Université de Floride.
- Shashua-Bar, L. et Hoffman, M.E.** 2004. Quantitative evaluation of passive cooling of the UCL microclimate in hot regions in summer, case study: urban streets and courtyards with trees. *Building and Environment*, 39: 1087-1099.
- SIPC.** 2009. *2009 UNISDR – Terminologie pour la prévention des risques de catastrophe*. Stratégie internationale de prévention des catastrophes (SIPC) des Nations Unies.
- Tibbald, K.G., Krasny, M.E., Svendsen, E., Campbell, L. et Helphand, K.** 2010. Stewardship, learning and memory in disaster resilience. *Environmental Education Research*, 16(5): 591-600. DOI: 10.1080/13504622.2010.505437
- Vilhar, U.** 2017. Water regulation and purification. In: D. Pearlmutter, C. Calfapietra, R. Samson, L. O'Brien, S. Krajter Ostoić, G. Sanesi et R. del Amo, éd. *The urban forest: cultivating green infrastructure for people and the environment*, pp. 41-47. Future City 7. Cham, Suisse, Springer International Publishing AG. ◆

# Les forêts urbaines «comestibles», partie intégrante des villes inclusives et durables

*J. Castro, S. Krajter Ostoić, P. Cariñanos, A. Fini et T. Sitzia*



© PALOMA CARIÑANOS

*Les forêts urbaines et périurbaines peuvent offrir une gamme de produits destinés à enrichir l'alimentation locale, tout en constituant un pôle pour des activités communautaires.*

**José Castro** est Professeur d'écologie du paysage à l'Institut polytechnique de Bragança, Portugal, et membre du Groupe de travail *Silva Mediterranea* sur la foresterie urbaine et périurbaine (GT7, FAO).

**Silvija Krajter Ostoić** est Chercheur associé et Chef de Département à l'Institut de recherche forestière croate, et membre du GT7, FAO.

**Paloma Cariñanos** est Professeur de botanique à l'Université de Grenade, Espagne, et membre du GT7, FAO.

**Alessio Fini** est Professeur associé d'arboriculture et de foresterie urbaine au Département des sciences agricoles et environnementales – Production, territoire et agroénergie, Université de Milan, Italie, et membre du GT7, FAO.

**Tommaso Sitzia** est Professeur adjoint à l'Université de Padoue, Italie, et membre du GT7, FAO.

**N**ourrir une population urbaine croissante et garantir le bien-être économique et social de leurs habitants constituera pour les villes l'enjeu majeur dans les prochaines décennies. On s'attend à ce que les effets du changement climatique ralentissent la croissance économique urbaine, exacerbent la dégradation de l'environnement, accroissent la pauvreté et fragilisent la sécurité alimentaire des citoyens. De nombreuses villes sont à la recherche de voies plus durables vers l'urbanisation, en mesure d'offrir des réponses efficaces aux défis socioéconomiques et environnementaux croissants auxquels elles sont confrontées.

Dans le cadre des efforts accomplis pour «faire en sorte que les villes et les établissements humains soient ouverts à tous, sûrs, résilients et durables» (Objectif de développement durable 11 du Programme de développement durable à l'horizon 2030 des Nations Unies), on constate un intérêt

croissant pour la production de denrées alimentaires locales. L'infrastructure verte «comestible», essentiellement sous la forme de forêts et d'arbres vivriers (appelés ici forêts urbaines alimentaires – ou vivrières ou nourricières – et parfois aménagement de paysages arborés nourriciers ou aménagement du paysage axé sur les arbres alimentaires ou nourriciers), peut aider à résoudre toute une série de problèmes provoqués par l'urbanisation rapide et sauvage, comme les pénuries alimentaires, la pauvreté, la détérioration de la santé et du bien-être humains, la pollution atmosphérique et la perte de biodiversité (FAO, 2017).

L'emploi de plantes comestibles dans la foresterie urbaine et périurbaine varie

**En haut: Le grenadier (*Punica granatum*) – «granada» en espagnol – est le symbole héraldique de Grenade, Espagne, où on le trouve partout dans les rues de la ville. L'arbre produit un fruit hautement nutritif**

selon les villes et est influencé par des facteurs historiques, culturels et socio-économiques. Globalement, il a eu tendance à être négligé dans les villes modernes. Cet article explore le potentiel des forêts urbaines et périurbaines en tant que source de denrées alimentaires et le rôle que les forêts urbaines nourricières peuvent jouer dans la promotion de villes durables.

### QUE SONT LES FORÊTS ALIMENTAIRES?

Clark et Nicholas (2013) définissent les forêts et les arbres alimentaires urbains comme «l'utilisation intentionnelle et stratégique d'espèces ligneuses pérennes productrices d'aliments au sein de paysages urbains nourriciers en vue d'améliorer la durabilité et la résilience des communautés citadines». En tant que pratique d'«aménagement de paysages nourriciers», la foresterie alimentaire urbaine implique de mettre en œuvre une combinaison d'agriculture, de foresterie et d'agroforesterie dans les zones urbaines en vue d'approvisionner les villes en vivres. Il est possible pour cela de recourir à diverses espèces d'arbres à fruits et à noix, d'arbustes à baies, de légumes, d'herbes, de fleurs comestibles et de plantes ornementales.

L'intégration de forêts nourricières urbaines dans l'infrastructure d'une ville peut procurer aux citoyens de nombreux avantages. Diverses raisons font penser que ces forêts sont aptes à stimuler des pratiques de gestion et donner aux habitants des occasions d'interagir entre eux et avec la nature (McLain *et al.*, 2012); favoriser le développement de systèmes vivriers plus résilients et promouvoir la durabilité sociale et environnementale (Yates, 2014); améliorer la cohésion sociale et le bien-être et renforcer les communautés locales (Lwasa *et al.*, 2015); accroître la biodiversité (Dennis et James, 2016); et fournir des bénéfices économiques aux municipalités comme aux citoyens (Lafontaine-Messier, Gélinas et Olivier, 2016).

L'aménagement de paysages arborés nourriciers dans les zones urbaines est pratiqué depuis les temps anciens. Les jardins de l'Égypte antique et de la Perse mêlaient les arbres fruitiers à des fleurs, des étangs, des plantes en pot, des pergolas plantées de vigne et des lieux où s'asseoir au soleil l'hiver et à l'ombre l'été. Les jardins ornementaux classiques contenaient des canaux,

des bassins, des fontaines et des cascades pour rafraîchir l'air, des fleurs pour émaner des parfums, et des arbres fruitiers pour offrir des vivres et de l'ombre. Les jardins monastiques médiévaux produisaient des fruits et des légumes frais, de même que des fleurs et des herbes médicinales. Les domaines de la Renaissance disposaient de parcelles et de pots en terre cuite où faire pousser des fleurs et produire des fruits, des légumes et des herbes, qui étaient vendus localement pour recueillir les fonds nécessaires à leur entretien.

Toutefois, durant la Révolution industrielle au XIX<sup>e</sup> siècle, les éléments comestibles des paysages urbains ont eu tendance à être remplacés par de la végétation ornementale. Aujourd'hui, la plupart des paysages urbains sont largement dépourvus de composantes alimentaires et affichent plutôt des arbres d'ombrage traditionnels, des pelouses et d'autres couvertures du sol végétales.

Les typologies de forêt nourricière urbaine sont influencées par l'histoire des villes. En Amérique centrale, par exemple, les jardins natifs caractéristiques des systèmes agroforestiers multistrates coexistent avec les paysages urbains coloniaux, présentant de grands arbres et des plantes exotiques (González-García et Gómez-Sal, 2008). Les circonstances socioéconomiques peuvent également jouer un rôle: à Berlin, Allemagne, la densité estimée des arbres fruitiers est encore considérablement plus élevée dans la partie Est de la ville qu'à l'Ouest (8,6 arbres/ha contre 1,6 arbre/ha) (Larondelle et Strohbach, 2016).

### EFFORTS POUR APPLIQUER LA FORESTERIE ALIMENTAIRE URBAINE DANS LE MONDE

L'applicabilité de la foresterie alimentaire urbaine et son aptitude à relever les défis sociaux et écologiques dépendent d'un éventail de facteurs sociaux, facteurs environnementaux et autres facteurs locaux. Il n'existe que peu d'exemples d'efforts modernes visant à encourager la foresterie alimentaire urbaine, et ceux-ci se limitent pour l'essentiel à des établissements urbains relativement petits.

À Todmorden, Yorkshire de l'Ouest, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, des bénévoles cultivent des fruits, des herbes et des légumes destinés à être partagés entre tous; ils le font

alors même qu'il n'y a pas de personnel rémunéré, de bâtiments ou de financements de la part d'organisations formelles. Les bénévoles montent aussi des événements en vue de renforcer la communauté locale; le revenu est généré au moyen de dons et du tarif des conférences et des visites (Incredible Edible Todmorden, sans date). À Copenhague, Danemark, à l'inverse, les citoyens ne cueillent pas les fruits des arbres urbains parce que, selon la perception commune, agir de la sorte reviendrait à enfreindre des normes sociales (Yates, 2014).

### États-Unis d'Amérique

Parmi les exemples de foresterie alimentaire urbaine aux États-Unis d'Amérique, la forêt nourricière de Seattle (McLain *et al.*, 2012) est probablement la plus étudiée. Si les services publics de Seattle possèdent la forêt alimentaire de Beacon, les arbres fruitiers qui s'y trouvent ont été plantés par des bénévoles de la communauté, dont une grande partie continue à travailler dans la forêt et à entretenir les vergers. La participation constante donne aux membres de la communauté un sentiment d'appartenance et de fierté, créant une appropriation de l'espace.

Lemon Grove – une commune de 26 000 habitants en Californie – se prépare à établir des vergers publics dans les parcs de la ville dans le cadre des efforts visant à préserver l'histoire et le charme de la petite ville. Dans le choix des sites destinés aux arbres fruitiers, un certain nombre d'éléments sont pris en compte, notamment la proximité avec des routes et des allées; l'accessibilité pour les personnes à mobilité réduite; la possibilité d'accès à des fins d'entretien; et la contribution de membres de la communauté et d'experts du jardinage (Federman, 2017).

Le projet de verger urbain de San Francisco fournit des ressources permanentes pour la plantation et l'entretien d'arbres fruitiers accessibles au public. Le programme collabore avec des organisations sans but lucratif locales pour planter des vergers d'arbres à fruits et à noix et pour aider des groupes communautaires dans leur fonction de gardiens des espaces verts (SF Environment, sans date).

Le Barnum est l'un des huit parcs de la ville de Denver, Colorado, contenant des vergers urbains. Il se trouve dans ce qui

était l'un des quartiers les plus défavorisés de la ville mais les choses ont viré au mieux lorsque Denver Urban Gardens – un organisme sans but lucratif qui soutient les jardins communautaires de la ville – a acheté un lot vacant. C'est aujourd'hui un verger communautaire où sont cultivés, au milieu des arbres fruitiers, des groseilles, des framboises, des raisins et des courges (Extreme Community Makeover, 2016).

### Pays en développement

Dans de nombreux pays en développement, l'urbanisation rapide est en train d'intensifier la pauvreté urbaine et la pression sur

les espaces verts. Les paysages nourriciers prennent souvent la forme d'une petite agriculture de subsistance, et ces jardins potagers représentent des parts significatives de l'infrastructure verte urbaine. Même dans les zones internes des villes, les résidents s'adonnent à des cultures sur les bords de route et les berges de rivières, le long des chemins de fer, sur des terrains privés vacants et dans des parcs, sur la base de droits d'usage minimaux tels que locations informelles, concessions et héritages. À Taipei, province chinoise de Taiwan, la loi interdit toutefois de planter des arbres fruitiers et des légumes dans

les parcs et les espaces publics (Chang *et al.*, 2016).

Lorsque les lois et les ordonnances ne spécifient pas quels sont les droits en matière d'utilisation des aires communes, des litiges peuvent surgir concernant qui peut planter, récolter ou utiliser les forêts urbaines autrement (Rana, 2008). La peur d'être évincées de la jouissance des droits d'utilisation décourage fortement les personnes d'introduire des arbres et arbustes alimentaires. Dans les établissements illégaux de Katmandou et Lalitpur, Népal, les populations produisent des cultures vivrières saisonnières mais délaissent les arbres dont la légitimité d'usage pourrait être «douteuse». En Afrique du Sud, les arbres à fruits et à noix familiaux sont d'importantes sources d'aliments, en particulier dans les établissements informels, où vivent les populations les plus pauvres. Les résidents des nouveaux logements à bas coût font particulièrement usage des produits des arbres fruitiers récoltés dans les espaces publics urbains parce qu'ils possèdent moins d'arbres familiaux que les habitants des zones et localités informelles (Kaoma et Shackleton, 2014).

La foresterie alimentaire urbaine n'est pas largement mise en œuvre en Asie et dans le Pacifique, mais des pratiques innovantes de foresterie urbaine sont en train d'évoluer dans la région (Kuchelmeister, 1998). En Chine, les résidents peuvent récolter des fruits dans de nombreux parcs; dans le Queensland, Australie, les habitants et les écoliers entretiennent les parcs publics vivriers, qui produisent des fruits, des herbes, des fleurs et des légumes (Kuchelmeister, 1998).

### Afrique

Les jardins agroforestiers sont probablement le type d'espace vert urbain le plus significatif dans les pays d'Afrique de l'Ouest (Fuwape et Onyekwelu, 2011). Dans les zones arides et semi-arides, il est courant d'établir des brise-vents pour protéger les zones urbaines et accroître la productivité du sol (Kuchelmeister, 1998).

*Une initiative éducative menée à Chinandega, Nicaragua, est conçue pour aider à protéger les arbres fruitiers urbains, comme ce grand manguier (Mangifera indica). Les arbres fruitiers sont un élément courant dans les quartiers autochtones d'Amérique centrale*





Dans les espaces publics des quartiers défavorisés du Cabo Verde, les gens plantent, entretiennent et protègent des arbres fruitiers, de préférence aux arbres ornementaux

Parmi les pratiques de foresterie urbaine qui contribuent à la sécurité alimentaire, on compte la cueillette de plantes sauvages comestibles, la plantation d'arbres fruitiers dans les rues, et l'établissement de parcs publics médicinaux. Les arbres fruitiers sont plantés dans de nombreux complexes résidentiels, en particulier à la lisière des villes et dans les nouveaux établissements urbains.

Malgré les différences marquées des contextes sociaux, spatiaux et environnementaux de l'Afrique du Sud, du Botswana, du Cameroun, de la Côte d'Ivoire et de la République-Unie de Tanzanie, les arbres alimentaires sauvages font partie intégrante de la plupart des ménages urbains et périurbains dans les villes petites et moyennes de ces pays. Cela vaut non seulement pour les familles pauvres qui manquent d'accès aux sols productifs mais aussi pour celles ayant un niveau de vie plus élevé (Schlesinger, Drescher et Shackleton, 2015). D'après les résultats d'une étude menée au Sénégal il y a près de trois décennies (Brun, Reynaud et Chevassus-Agnes, 1989), si les forêts nourricières urbaines n'apportaient pas une contribution significative à la consommation alimentaire et à la nutrition, elles étaient cependant déterminantes dans

l'amélioration du revenu et du statut social des femmes et dans leur prise de conscience de l'évolution des habitudes alimentaires en zone urbaine.

Au Cabo Verde, l'ampleur de la foresterie alimentaire urbaine varie selon les acteurs impliqués. Les arbres plantés et gérés par les municipalités sont essentiellement ornementaux, tandis que ceux plantés et entretenus par les habitants sont généralement des arbres fruitiers (comme *Carica papaya*, *Mangifera indica* et *Terminalia catappa*).

#### PROBLÉMATIQUES DES FORÊTS ET DES ARBRES ALIMENTAIRES URBAINS

Les travaux de recherche et la documentation sur la foresterie alimentaire urbaine sont rares, malgré la longue histoire de la production d'aliments forestiers en zone urbaine. La plupart des études portent sur des cas spécifiques de culture d'aliments locaux issue de forêts urbaines, et peu de tentatives ont été faites pour explorer les moyens d'adapter et appliquer les pratiques locales à d'autres contextes ou de les élargir. Ce manque de recherches reflète probablement le parti pris général des études sur les services écosystémiques urbains en Europe de l'Ouest et en Amérique du Nord,

où les villes dépendent aujourd'hui pour l'essentiel de sources alimentaires externes (Larondelle et Strohbach, 2016). Bien que les paysages urbains nourriciers aient été amplement utilisés pendant des siècles au sein de l'Europe méditerranéenne, les contributions de ces paysages aux moyens d'existence des communautés urbaines modernes sont loin d'être pleinement explorées. Parmi les expériences récentes, aucune n'a explicitement traité la question de l'approvisionnement en aliments en provenance des arbres urbains (Valette, Perrin et Soulard, 2012). Un examen récent de la foresterie alimentaire urbaine a recueilli des informations relatives à 37 initiatives réparties à travers le monde (Clark et Nicholas, 2013): l'étude a évalué 30 plans directeurs de forêts urbaines de diverses villes, et a révélé que la sécurité alimentaire humaine n'était un objectif majeur que dans quatre d'entre eux.

Russo *et al.* (2017) ont analysé plus de 80 publications revues par des pairs, centrées sur les bons et mauvais services écosystémiques urbains. Les auteurs ont identifié huit typologies d'infrastructure verte nourricière, notamment des forêts urbaines et des jardins forestiers vivriers, qui étaient abordés dans 38 pour cent des publications. Plusieurs publications

ont montré que la foresterie alimentaire urbaine était une pratique paysagère multifonctionnelle associant un vaste éventail de services écosystémiques efficaces dans les villes et intégrant la fourniture d'aliments avec d'autres avantages environnementaux, sanitaires, sociaux, culturels et économiques. Des éléments de preuve sur les compensations existant entre les services d'appui, l'approvisionnement, la régulation et les services culturels des forêts alimentaires urbaines font cependant défaut.

Il manque également un cadre conceptuel qui puisse permettre une synthèse et une analyse des connaissances actuelles sur la foresterie alimentaire urbaine. Un tel cadre est nécessaire en vue d'intégrer les aspects pertinents de la foresterie alimentaire urbaine au sein de la planification urbaine, comme la superficie requise, les espèces, les connaissances, la gestion, la gouvernance, et les ressources financières et humaines. Pour ce qui est de la superficie requise, Richardson et Moskal (2016) ont calculé qu'il faudrait une zone-tampon de 58 km autour de Seattle pour satisfaire 100 pour cent des besoins alimentaires de la ville.

Dans la plupart des pays, la contribution actuelle de la foresterie alimentaire urbaine aux modèles de développement urbain durable et résilient reste méconnue. Si la recherche en matière d'agriculture urbaine, et la pratique de celle-ci, sont en hausse, la foresterie alimentaire urbaine n'a été mise en œuvre de façon systématique que dans quelques pays, et ses pratiques ont été peu explorées.

#### **Risques de la foresterie alimentaire urbaine**

Certains risques sont associés à la mise en œuvre de la foresterie alimentaire urbaine. Poe *et al.* (2013), par exemple, ont souligné que les profils toxicologiques des sols urbains devraient être analysés avant d'être exploités dans le cadre de la foresterie alimentaire urbaine, de façon à éviter les risques sanitaires liés à l'absorption par les plantes de polluants tels que les métaux lourds. La sélection des espèces et les techniques culturales peuvent aussi aider à prévenir l'accumulation de polluants dans les parties comestibles des plantes: la transmission des polluants absorbés par les racines aux parties comestibles, de

même que la quantité de polluants atmosphériques pénétrant l'épiderme des fruits, se sont révélées différer très largement en fonction des espèces (von Hoffen et Sämel, 2014).

Les légumes issus de l'agriculture urbaine et périurbaine pourraient contenir des quantités inacceptables d'éléments traces (Nabulo *et al.*, 2012; Samsøe-Petersen *et al.*, 2002; Sämel *et al.*, 2012); d'un autre côté, certaines études ont montré qu'il était possible d'obtenir des aliments sains à partir d'arbres fruitiers poussant le long des rues de grandes villes (von Hoffen et Sämel, 2014). Le décalage apparent qui existe entre les diverses études, concernant les risques de la foresterie alimentaire urbaine pour la santé humaine, pourrait être dû aux caractéristiques du sol et aux espèces de plantes utilisées.

Un autre risque sanitaire pouvant dériver de la consommation de fruits crus issus de forêts alimentaires urbaines est une réaction allergique connue sous le nom de syndrome d'allergie orale. Celle-ci peut se produire chez les individus sensibilisés du fait de réactions croisées entre des aéroallergènes et des allergènes alimentaires



*Orangers plantés dans le cadre d'un nouveau développement urbain à Porto, Portugal. La foresterie alimentaire urbaine fait appel à une combinaison de techniques et de stratégies relevant de l'agriculture urbaine, de la foresterie et de l'agroforesterie*

– comme entre le pollen produit par les espèces de la famille des Cupressaceae et le fruit de *Prunus persica*, qui donne lieu au «syndrome cyprès-pêche» (Popescu, 2015).

Les fruits non récoltés peuvent être inesthétiques et dangereux lorsqu'ils tombent des arbres, et ils peuvent en outre attirer la vermine et les ravageurs. Les denrées hautement périssables requièrent un traitement rapide, tel que mise en conserve, congélation ou séchage, ou bien un nombre suffisant de personnes pour consommer l'excédent (Brown, 2016).

La plupart des espèces d'arbres fruitiers utilisés n'appartiennent qu'à un nombre restreint de familles ou de genres (par exemple Rosaceae dans les milieux tempérés). Mais le recours à un petit nombre d'espèces pourrait défier la règle des 30-20-10 sur la biodiversité proposée par Santamour (1990) pour optimiser la protection contre les infestations de ravageurs<sup>1</sup>. De fait, beaucoup d'arbres cultivés couramment sont très sensibles aux ravageurs et aux agents pathogènes, or cela pourrait être géré au moyen d'un choix des espèces avisé, s'appuyant sur un inventaire. Les nouvelles versions et la restauration d'anciens cultivars résistants d'espèces largement employées, de même que l'utilisation d'espèces mineures productrices d'aliments, actuellement négligées, pourraient aider à améliorer la tolérance des forêts alimentaires urbaines aux ravageurs et aux maladies.

### Stratégies de foresterie alimentaire urbaine

Le développement d'une stratégie de foresterie alimentaire urbaine exige un vaste éventail d'expertise pour pouvoir assurer une approche globale. Il implique d'intégrer des connaissances issues de sciences et disciplines sociales et environnementales telles que la foresterie urbaine et l'arboriculture, l'agriculture urbaine, l'écologie urbaine, l'architecture paysagère et urbaine, l'économie, les politiques et la gouvernance. Une collaboration efficace et efficace entre les experts, les décideurs, les autorités locales, le secteur privé et les citoyens est essentielle pour garantir une foresterie alimentaire urbaine effective.

<sup>1</sup> Selon cette règle, il ne faudrait pas planter plus de 30 pour cent d'arbres d'une même famille, pas plus de 20 pour cent d'arbres d'un même genre, et pas plus de 10 pour cent d'arbres d'une même espèce. Voir aussi l'article page 11 de cette édition.

### CONCLUSION

Les exemples présentés dans cet article montrent que la foresterie alimentaire urbaine peut s'appliquer à des contextes diversifiés et répondre à des objectifs variés. Les forêts et les arbres nourriciers urbains se situent principalement sur des terrains publics formels et informels, et la mise en œuvre d'une démarche de foresterie alimentaire urbaine dépend du régime foncier, des règles locales, des normes, des politiques et de l'efficacité du modèle de gouvernance. Des études comparatives et des enseignements tirés de l'expérience sont nécessaires pour pouvoir mieux comprendre quelles sont les approches les plus efficaces dans les différents contextes.

La prise en considération des forêts et des arbres nourriciers urbains et leur intégration au sein des politiques urbaines régionales, nationales et locales peuvent ouvrir une voie vers un développement urbain durable. Les pays développés ont commencé à redécouvrir l'aménagement paysager axé sur les arbres alimentaires mais, dans la plupart des cas, la production d'aliments n'est toujours pas l'objectif premier de la foresterie urbaine et périurbaine. Dans les pays en développement, il faut identifier les lacunes de connaissance de façon à stimuler la recherche sur les stratégies susceptibles de consolider les modèles traditionnels d'aménagement des paysages arborés nourriciers et de susciter de nouvelles approches.

Le potentiel des forêts alimentaires urbaines est encore loin d'être convenablement exploité, aussi est-il important de développer des outils de modélisation, des principes de conception avancés, et des stratégies efficaces de gestion et de gouvernance. Il convient de lancer des initiatives en vue de rassembler les connaissances sur les actions actuelles et d'évaluer soigneusement les aspects liés à la sécurité sanitaire des aliments, comme les risques posés par la pollution du sol, de l'eau et de l'air.

De plus amples travaux de recherche sont requis pour identifier les espèces, les compositions et les configurations aptes à optimiser les avantages des forêts alimentaires urbaines pour les communautés locales et à minimiser les dangers pour la santé humaine. Il est impératif de disposer de cultivars et de génotypes adaptés aux environnements urbains rudes, en

particulier dans le contexte du changement climatique.

La collaboration – à l'échelle infranationale, nationale et internationale – entre scientifiques, citoyens, responsables politiques et dirigeants des villes est cruciale si l'on veut établir un cadre conceptuel robuste pour les forêts alimentaires urbaines. Il serait également souhaitable de rassembler les pratiques traditionnelles existantes en matière d'aménagement de paysages arborés nourriciers, pour aider à orienter la conception de projets où la production de denrées alimentaires constitue l'objectif central. Les forêts alimentaires urbaines sont potentiellement un élément précieux de la plus vaste infrastructure verte des villes de l'avenir et elles peuvent contribuer à la réalisation des Objectifs de développement durable. ♦



### Références

- Brown, S.P.** 2016. *Edible landscaping*. ENH971. Gainesville, États-Unis d'Amérique, Département d'horticulture environnementale, Service d'appui aux coopératives de Floride, Institut des sciences alimentaires et agricoles, Université de Floride.
- Brun, T., Reynaud, J. et Chevassus-Agnes, S.** 1989. Food and nutritional impact of one home garden project in Senegal. *Ecology of Food and Nutrition*, 23(2): 91-108.
- Chang, S.E., Yang, Z.J., Duo, M.Y. et Hsiao, T.H.** 2016. Participatory agricultural humanities for the new ruralism tea-community revitalization in Taiwan. *Environment-Behaviour Proceedings Journal*, 1(3): 251-256.
- Clark, K.H. et Nicholas, K.A.** 2013. Introducing urban food forestry: a multifunctional approach to increase food security and provide ecosystem services. *Landscape Ecology*, 28(9): 1649-1669.
- Dennis, M. et James, P.** 2016. User participation in urban green commons: exploring the links between access, voluntarism, biodiversity and wellbeing. *Urban Forestry and Urban Greening*, 15: 22-31.

- Extreme Community Makeover.** 2016. Park it at Barnum [online]. Extreme Community Makeover. [Consulté le 2 octobre 2017]. [www.extremecommunitymakeover.org/lifestyle/park-it-at-barnum](http://www.extremecommunitymakeover.org/lifestyle/park-it-at-barnum)
- FAO.** 2017. *Directives sur la foresterie urbaine et périurbaine*. Par F. Salbitano, S. Borelli, M. Conigliaro et Y. Chen. Étude FAO: Forêts n° 178. Rome (disponible aussi sur [www.fao.org/3/b-i6210f.pdf](http://www.fao.org/3/b-i6210f.pdf)).
- Federman, K.** 2017. *Urban edible landscapes in Lemon Grove: city park orchards, community gardens, and school gardens*. États-Unis d'Amérique, Université d'État de San Diego.
- Fuwape, J.A. et Onyekwelu, J.C.** 2011. Urban forest development in West Africa: benefits and challenges. *Journal of Biodiversity and Ecological Sciences*, 1: 77-94.
- González-García, A. et Gómez-Sal, A.** 2008. Private urban greenspaces or "patios" as a key element in the urban ecology of tropical Central America. *Human Ecology*, 36(2): 291.
- Incredible Edible Todmorden.** Sans date. What we do [en ligne]. Incredible Edible Todmorden. [Consulté le 23 novembre 2017]. [www.incredible-edible-todmorden.co.uk/projects/what-we-do-main/?c=](http://www.incredible-edible-todmorden.co.uk/projects/what-we-do-main/?c=)
- Kaoma, H. et Shackleton, C.M.** 2014. Collection of urban tree products by households in poorer residential areas of three South African towns. *Urban Forestry and Urban Greening*, 13(2): 244-252.
- Kuchelmeister, G.** 1998. *Asia-Pacific forestry sector outlook study: urban forestry in the Asia-Pacific Region. Situation and prospects*. Working Paper No: APFSOS/WP/44. Rome et Bangkok, FAO.
- Lafontaine-Messier, M., Gélinas, N. et Olivier, A.** 2016. Profitability of food trees planted in urban public green areas. *Urban Forestry and Urban Greening*, 16: 197-207.
- Larondelle, N. et Strohbach, M.W.** 2016. A murmur in the trees to note: urban legacy effects on fruit trees in Berlin, Germany. *Urban Forestry and Urban Greening*, 17: 11-15.
- Lwasa, S., Mugagga, F., Wahab, B., Simon, D., Connors, J.P. et Griffith, C.** 2015. A meta-analysis of urban and peri-urban agriculture and forestry in mediating climate change. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 13: 68-73.
- McLain, R., Poe, M., Hurley, P.T., Lecompte-Mastenbrook, J. et Emery, M.R.** 2012. Producing edible landscapes in Seattle's urban forest. *Urban Forestry and Urban Greening*, 11(2): 187-194.
- Nabulo, G., Black, C.R., Craigon, J. et Young, S.D.** 2012. Does consumption of leafy vegetables grown in peri-urban agriculture pose a risk to human health? *Environmental Pollution*, 162: 389-398.
- Poe, M.R., McLain, R.J., Emery, M. et Hurley, P.T.** 2013. Urban forest justice and the rights to wild foods, medicines, and materials in the city. *Human Ecology*, 41(3): 409-422.
- Popescu, F.D.** 2015. Cross reactivity between aeroallergens and food allergens. *World Journal of Methodology*, 5(2): 31-50.
- Rana, C.J.** 2008. *Urban and peri-urban forestry in Kathmandu and Lalitpur districts*. Thèse de doctorat, Université de Pokhara, Népal.
- Richardson, J.J. et Moskal, L.M.** 2016. Urban food crop production capacity and competition with the urban forest. *Urban Forestry and Urban Greening*, 15: 58-64.
- Russo, A., Escobedo, F.J., Cirella, G.T. et Zerbe, S.** 2017. Edible green infrastructure: an approach and review of provisioning ecosystem services and disservices in urban environments. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 242: 53-66.
- Samsøe-Petersen, L., Larsen, E.H., Larsen, P.B. et Bruun, P.** 2002. Uptake of trace elements and PAHs by fruit and vegetables from contaminated soils. *Environmental Science and Technology*, 36(14): 3057-3063.
- Santamour, F.** 1990. Trees for urban plantings: diversity, uniformity and common sense. In: *Proceedings of the 7th Conference of the Metropolitan Tree Improvement Alliance*, pp. 57-65. Lisle, États-Unis d'Amérique, Metria.
- Säumel, I., Kotsyuk, I., Hölscher, M., Lenkerei, C., Weber, F. et Kowarik, I.** 2012. How healthy is urban horticulture in high traffic areas? Trace metal concentrations in vegetable crops from plantings within inner city neighbourhoods in Berlin, Germany. *Environmental Pollution*, 165: 124-132.
- Schlesinger, J., Drescher, A. et Shackleton, C.M.** 2015. Socio-spatial dynamics in the use of wild natural resources: evidence from six rapidly growing medium-sized cities in Africa. *Applied Geography*, 56: 107-115.
- SF Environment.** Sans date. Urban orchards [en ligne]. SF Environment [Consulté le 2 octobre 2017]. <https://sfenvironment.org/article/managing-our-urban-forest-types-of-urban-agriculture/urban-orchards>
- Valette, E., Perrin, C. et Souldard, C.** 2012. Sustainable cities vs. sustainable agricultures. A scientific project on agro-urban systems, north and south of the Mediterranean. Documente présenté lors de la Conférence internationale sur l'agriculture multifonctionnelle et les relations rural-urbain tenue à Wageningen, Pays-Bas, en avril 2012.
- von Hoffen, L.P. et Säumel, I.** 2014. Orchards for edible cities: cadmium and lead content in nuts, berries, pome and stone fruits harvested within the inner city neighbourhoods in Berlin, Germany. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 101: 233-239.
- Yates, E.** 2014. *Can't see the fruit for the trees: how social norms and discourses affect fruit-picking behaviour in Copenhagen*. Master's Thesis Series in Environmental Studies and Sustainability Science. Lund, Suède, Centre d'études sur la durabilité de l'Université de Lund. ♦

# Protéger les arbres du patrimoine dans les milieux urbains et périurbains

C.Y. Jim



*Certains spécimens d'arbres jouent un rôle culturel important et un fort engagement communautaire est essentiel pour assurer leur conservation et leur gestion dans les contextes urbains.*

Les hommes éprouvent du respect et de l'admiration envers les arbres depuis l'Antiquité. Les populations primitives reconnaissaient que les arbres étaient de toute évidence plus grands, plus forts, plus majestueux et dotés d'une plus grande longévité que la plupart des autres organismes. Les interactions intimes des êtres humains avec la nature les ont progressivement sensibilisés aux arbres; et, au fil du temps, certains de ces derniers ont instillé en eux un sentiment mêlé de sensations liées à la fraternité, la peur, la générosité, la providence, l'ubiquité, l'immortalité, l'éternité et la divinité.

Pourvoyeurs bienveillants et protecteurs des hommes, certains spécimens d'arbres ont acquis un statut spécifique. Tout d'abord teintées d'admiration et de respect, les attitudes ont évolué vers l'adoration et la révérence, puis vers la vénération et le culte (Taylor, 1979; Dafni, 2006). Traversant les divisions géographiques, temporelles et

culturelles, le culte des arbres est commun à des nombreux systèmes de croyances polythéistes anciens. Beaucoup de mythologies, de légendes et de folklores sont associés à des arbres aimés ou craints, indiquant une déférence continue et diffuse des hommes à leur rencontre. De nombreuses cultures autochtones ont conféré un statut sacré à des arbres ou à des forêts spécifiques, voyant en eux des divinités ou l'incarnation d'esprits particuliers.

Les contributions pragmatiques des arbres aux communautés agricoles en matière de conservation du sol et de l'eau et d'amélioration du microclimat sont bien reconnues. En Asie de l'Est, de tels

*En haut: Dans le sud de la Chine, les villages traditionnels sont protégés par des bosquets en pente douce selon les préceptes du feng shui (géomancie). Cette photo montre cette tradition bien préservée dans le village de Lai Chi Wo à Hong-Kong*

C.Y. Jim est Professeur titulaire de chaire, Département de géographie, Université de Hong-Kong, Hong-Kong, Chine.

apports ont été systématisés sous forme de la pratique du feng shui ou géomancie (Han, 2001; Coggins *et al.*, 2012). Ce savoir natif reflète la sagesse traditionnelle qui suggère de tirer les enseignements de la nature et de l'imiter, en vue de créer un milieu harmonieux et sain pour l'homme et de faire face à la versatilité et à la rudesse de la nature. Traduit en pratiques d'adaptation, le feng shui a fourni un système communautaire collectif et holistique de gestion des ressources (Gadgil, Berkes et Folke, 1993), qui a favorisé la persistance de cultures agraires durant des millénaires.

Dans les sociétés modernes, la gestion systématisée des forêts par les gouvernements ou d'autres acteurs reconnaît et protège parfois les arbres sacrés. Dans le contexte des établissements humains, il se peut que ces arbres soient englobés dans le cadre de la foresterie urbaine et périurbaine, mais les coutumes locales continuent toutefois à les défendre selon des codes non écrits. Les traditions superstitieuses comportent des tabous, dont la violation est susceptible de provoquer la colère des dieux et d'entraîner des conséquences funestes (Laird, 2004). Pendant des siècles, la crainte du châtement surnaturel a protégé beaucoup d'arbres précieux. L'internalisation culturelle et la régulation sociale qui en découlent, exprimées sous forme de sanctions villageoises, y compris des mesures punitives, ont renforcé le contrôle à l'échelon local (Berkes, Colding et Folke, 2000).

Dans la gestion des forêts urbaines, les arbres remarquables – qu'ils soient ou non associés à un caractère sacré traditionnel – bénéficient habituellement d'attentions particulières. Parmi les dizaines d'épithètes utilisées dans la littérature, ces arbres exceptionnels ont notamment reçu le qualificatif d'arbres champions, arbres monumentaux ou arbres du patrimoine (Jim, 2017a). S'il existe des signes clairs indiquant le maintien d'une attitude de révérence à l'égard des arbres, la dilution des tabous traditionnels dans les villes appelle à une protection substitutive, fondée sur des mesures statutaires et administratives.

### L'impact de l'urbanisation sur les arbres du patrimoine

L'urbanisation croissante, tant en termes d'intensification que d'étendue, est une

**TABLEAU 1. Critères de désignation pour l'évaluation des arbres du patrimoine**

Critère	Score d'évaluation		
	1	2	3
1 Hauteur de l'arbre (m)	<15	15-30	>30
2 Étalement de la couronne (m)	<15	15-30	>30
3 Diamètre à hauteur de poitrine (m)	<1	1-2	>2
4 Âge de l'arbre (ans)	<100	100-300	>300
5 Performance de l'arbre	Faible	Moyenne	Élevée
6 Fonction écologique	Faible	Moyenne	Élevée
7 Dominance scénique/paysagère	Faible	Moyenne	Élevée
8 Association à une personnalité/un événement	Faible	Moyenne	Élevée
9 Legs naturel/culturel	Faible	Moyen	Élevé
10 Connotation spirituelle/mythique	Faible	Moyenne	Élevée

menace potentielle pour les forêts urbaines (FAO, 2017), qui peut décimer la cohorte exiguë mais cruciale d'arbres du patrimoine emblématiques. Les arbres du patrimoine situés dans les milieux urbains et périurbains souffrent fréquemment d'un mauvais traitement des sols, parfois dû, par inadvertance, à des idées fausses (Jim, 2005). Les sols naturels originaux sont en général compactés, recouverts, éliminés ou pollués, et les couches superficielles arables les plus précieuses – contenant une haute teneur de matière organique et de nutriments – sont souvent dégradées ou perdues. L'étanchéité de surface et le compactage du sol qui lui est associé peuvent nuire à la croissance des racines et l'entraver. Les arbres emblématiques attirent de nombreux visiteurs, qui peuvent endommager la structure du sol et provoquer un tassement ou une perte de la couche arable; ces arbres ont quelquefois été adorés littéralement jusqu'à entraîner leur déclin et leur disparition. Dans les villes densément peuplées, la réponse courante à l'intense circulation piétonne consiste à couvrir la chaussée de béton imperméable, d'asphalte ou d'autres matériaux de revêtement, qui causent des dégâts supplémentaires. Il est impératif de prendre conscience que les problèmes du sol ont largement contribué à la mauvaise santé des arbres et à leur détérioration à long terme.

Les aménagistes des forêts urbaines, gardiens modernes de cet héritage naturel et culturel, sont chargés d'assurer le bien-être de longue durée des arbres du patrimoine dans les environnements urbains et périurbains. En partageant les résultats de recherche et les pratiques, il

est possible d'élaborer des dispositions sur mesure afin de garantir la continuité de la robustesse des arbres du patrimoine ainsi que leur survie. Cet article, qui s'appuie sur la documentation existante et sur un vaste éventail d'études de terrain, examine les arbres du patrimoine situés dans les villes et leurs périphéries dans la perspective de leur amélioration à travers le monde. Il évalue les critères de désignation, analyse des pratiques de gestion notables et certaines activités menées par des citoyens, et se conclut par les leçons à retenir.

### DÉSIGNATION ET TYPOLOGIE

Le tableau 1 montre 10 critères physiques et culturels adoptés dans diverses juridictions pour identifier les arbres du patrimoine, avec trois niveaux d'importance. Les principales dimensions physiques de l'arbre sont la hauteur, l'étalement de la couronne et le diamètre à hauteur de poitrine (American Forestry Association, sans date), qui sont mesurés sur le terrain au moyen d'instruments de précision tels que des hypsomètres au laser. Les arbres dont la largeur de la couronne est supérieure à 30 m, la taille supérieure à 30 m, ou le diamètre à hauteur de poitrine supérieur à 2 m sont généralement considérés comme des géants du paysage. Il y a une prédilection pour les arbres plus que centenaires, et ceux âgés de plus de 300 ans sont considérés partout comme exceptionnels.

D'autres critères reconnaissent des caractéristiques essentielles telles que la performance de l'arbre<sup>1</sup>, la fonction

<sup>1</sup> La «performance de l'arbre» se réfère d'ordinaire à la santé et à l'intégrité structurelle de celui-ci.



**1**  
*Typologie des sites des arbres du patrimoine dans les contextes urbains et périurbains*

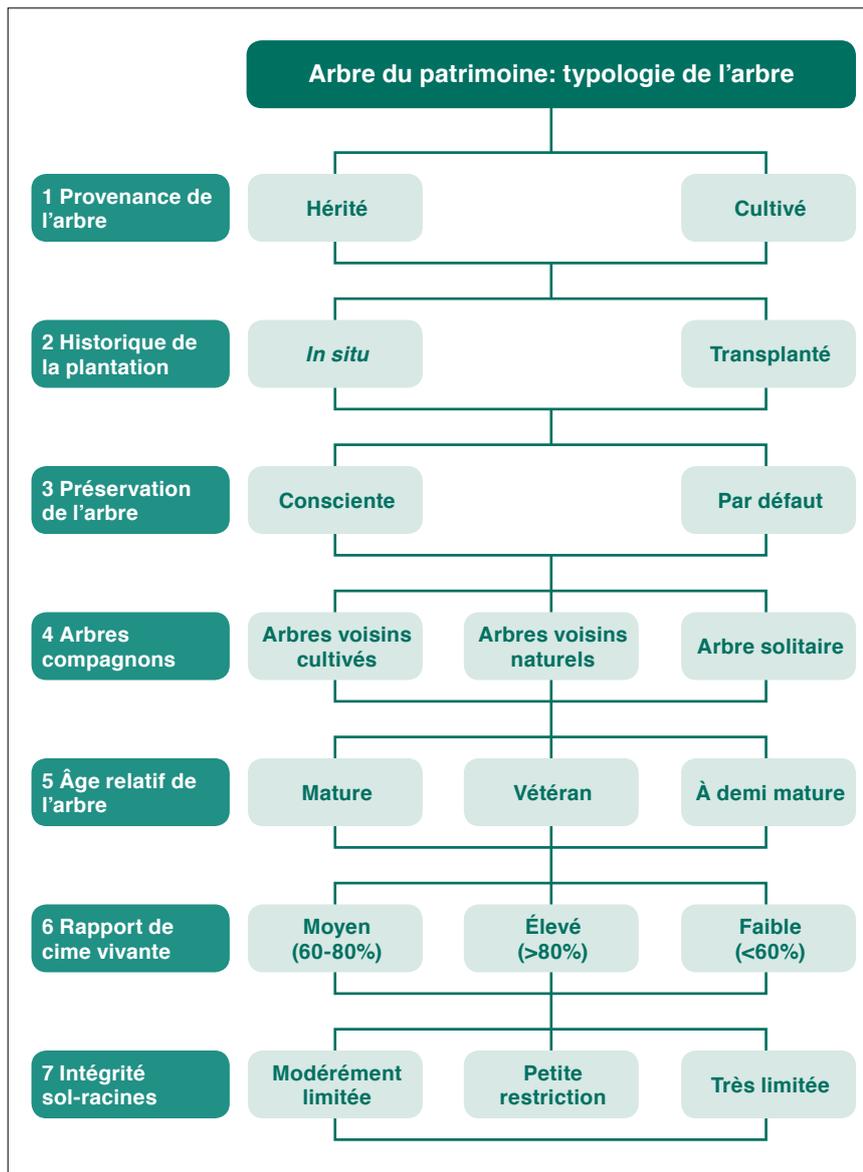
artificielles telles que vieux bâtiments et murs de soutènement en maçonnerie, ainsi qu'au milieu de ruines archéologiques. Les spécimens insolites de par leur taille ou leur forme sont susceptibles de devenir significatifs sur le plan écologique et culturel (Jim, 2013).

Il est possible de classer les arbres du patrimoine en fonction des caractéristiques du site et de l'arbre lui-même, en vue de mieux comprendre comment les gérer et les conserver adéquatement. La figure 1 présente une typologie des sites effectuée sur la base de sept critères, avec trois conditions pour chacun, qui influent sur la qualité de l'habitat et par conséquent sur la croissance passée et escomptée d'un arbre du patrimoine donné. Le site peut être d'origine naturelle résiduelle, être inspiré de la nature ou avoir été créé artificiellement, ce qui reflète son degré de naturalité et la qualité de son habitat. Les environs du site sont caractérisés par la densité de construction, qui peut imposer des stress microclimatiques tels que ceux liés à la chaleur et à l'ombrage. Au sein même de l'emplacement d'un arbre, la taille de l'espace souterrain influe sur le développement de la couronne. Les sols peuvent être de haute qualité ou être dégradés à cause de perturbations d'origine anthropique. La mesure dans laquelle la couche arable naturelle a été maintenue affecte la croissance de l'arbre. La surface du site peut être ouverte ou bien recouverte de matériaux imperméables (par exemple du béton), ce qui peut affecter le développement des racines. Le changement de niveau – qu'il s'agisse d'enterrer le sol existant en y ajoutant de la terre ou d'enlever le sol original – porte préjudice aux racines (Jim, 2017b).

La figure 2 présente une typologie des arbres du patrimoine en fonction de sept caractéristiques majeures (la photo page 70 donne une typologie indicative pour un arbre se trouvant dans le sanctuaire Meiji à Tokyo, Japon). La provenance indique si un arbre est hérité d'une végétation antérieure à l'urbanisation ou s'il a été planté après le développement urbain (ou s'il a été transplanté). La décision de préserver un

écologique et la dominance scénique ou paysagère. Certains arbres témoignent avec force des spécificités d'une espèce en termes de forme, d'intégrité structurelle ou de vigueur. Les arbres vétérans accueillent des microhabitats hétéroclites, offrant des microécosystèmes habités par une faune et une flore diversifiées (Read, 2000). Les dimensions culturelles s'expriment dans des critères tels que l'«association à une personnalité/un événement», liée à l'histoire locale; le «legs naturel/culturel»; et la «connotation spirituelle/mythique». Par exemple, les arbres liés à des personnalités pourraient être ceux qui ont été plantés à l'occasion du couronnement d'un roi. Les arbres associés à des événements pourraient être ceux qui ont été plantés ou désignés pour commémorer

un événement essentiel, comme une victoire sur le champ de bataille. Les arbres associés aux croyances locales pourraient être ceux qui sont considérés comme incarnant des esprits ou des divinités, avec des connexions mystiques ou religieuses. Certains arbres sont intimement liés à des événements historiques marquants ou à des personnages célèbres, et sont donc porteurs de valeurs sociales et culturelles (Blicharska et Mikusinski, 2014). Les arbres plantés par des dignitaires à des dates importantes ont une grande signification commémorative. D'autres peuvent faire l'objet d'un culte actif, comme le montre la présence de sanctuaires, d'autels et de toute la panoplie d'éléments corollaires. Certains arbres poussent spontanément sur des structures



arbre peut avoir été prise consciemment, et été accompagnée d'un plan de protection et de gestion, ou l'arbre peut avoir survécu par défaut. La présence d'arbres compagnons pourrait suggérer l'existence de meilleures conditions en matière d'habitat que celles liées aux spécimens solitaires. Déterminer l'âge relatif des arbres peut aider à identifier les arbres vétérans qui nécessitent des soins particuliers (Fay, 2002). La structure de la biomasse peut être évaluée en tant que fonction du rapport de cime vivante (à savoir le rapport entre la taille de la couronne contenant du feuillage vert et la hauteur de l'arbre) et de l'intégrité sol-racines<sup>2</sup>, indiquant le

<sup>2</sup> C'est-à-dire des éléments de preuve sur le terrain montrant que le sol dans la zone englobant les racines de l'arbre n'a pas été perturbé ou enlevé.

résultat net issu de l'histoire du site et des facteurs contemporains. L'intégrité structurelle des troncs et des racines peut avoir été compromise par des impacts d'origine naturelle ou humaine.

#### PRATIQUES DE GESTION EXEMPLAIRES

Les populations protègent et soignent les arbres du patrimoine depuis des temps ancestraux et elles continuent à le faire aujourd'hui, souvent avec peu d'aide gouvernementale, voire sans. Toutefois, dans les villes, la gestion de ces arbres relève habituellement des services forestiers urbains. Les pratiques de gestion passées en revue ici proviennent de diverses sources (par souci de concision, ces sources ne sont pour la plupart pas citées).

## 2

### Typologie des arbres du patrimoine dans les contextes urbains et périurbains

Certaines villes ont établi des registres officiels des arbres du patrimoine, sous forme imprimée ou numérique, indiquant aussi les critères de sélection utilisés. Les informations contenues dans ces registres varient du simple minimum (comme l'espèce et l'emplacement) à des renseignements approfondis tels que données d'évaluation et étude détaillée, cartes numériques et lignes directrices d'accès (voir par exemple Ville de New York, sans date; Jim, 1994).

Dans certaines juridictions, les arbres situés sur des terrains privés sont exclus du cadre administratif et pourraient par conséquent ne pas faire l'objet d'une évaluation, d'un entretien et d'une protection systématiques. Dans les villes qui connaissent une expansion rapide et un nouveau développement, ces arbres négligés sont susceptibles d'être endommagés ou abattus – et les résidents pourraient ne pas connaître l'ampleur de la perte. Les arbres situés sur les terrains d'institutions religieuses, bénéficient en général d'un certain degré d'attentions, malgré le manque de contribution officielle. Pour des motifs religieux ou en raison des tabous interdisant de porter atteinte aux arbres sacrés, il est moins probable que ces arbres soient endommagés par les propriétaires, les gestionnaires et les visiteurs que les arbres se trouvant sur d'autres types de terres non publiques. Du fait que les terrains religieux tendent à persister dans les paysages urbains, ce sont généralement des sites prisés pour les arbres du patrimoine. Leur faible densité de construction, leurs bâtiments peu élevés et leur degré de liberté à l'égard des travaux d'édification sont propices à la préservation des arbres. Inversement, les terres à usage résidentiel et commercial sont sujettes à la rénovation urbaine, à l'intensification *in situ* et au remblayage, pratiques toutes susceptibles de dégrader la qualité du site et de nuire aux arbres sinon d'entraîner leur disparition.

Certaines villes ont établi des bases de données complètes sur les arbres du patrimoine, promulgué des lois sur les arbres et mis en place des agents chargés d'améliorer la gestion et la conservation; si

elles sont continuellement mises à jour, ces bases de données peuvent faciliter la formulation rapide de plans d'action. Certaines administrations affectent des ressources suffisantes ainsi que du personnel professionnel et technique bien formé en vue de garantir des soins adéquats aux arbres, et certaines ont des programmes de communication active et d'éducation du public qui présentent des informations sous une forme accessible. Ces programmes, qui comprennent des conférences publiques et des visites de terrain guidées, diffusent les connaissances et les messages essentiels, sensibilisent les citoyens, et renforcent l'appui public à l'entretien et à la conservation des arbres du patrimoine.

Des plaques d'information succinctes et attractives sont installées à l'emplacement des arbres pour transmettre des messages quant à leur conservation. En plus des données de base relatives à l'espèce, ces plaques peuvent contenir des observations sur le contexte culturel et historique assorti à l'arbre – ou au site –, son lien avec des personnalités ou des événements locaux, et ses fonctions écologiques et ethnobotaniques particulières. On trouve parfois aussi des informations sur les liens de

l'arbre avec les traditions, les divinités et d'autres éléments surnaturels, de même que sur les problèmes liés à sa santé, les traitements arboricoles et les menaces potentielles. Dans certaines juridictions, des codes QR sont fournis aux personnes directement intéressées afin d'obtenir des informations supplémentaires via Internet.

Certaines villes ont développé des techniques pour arrêter le processus de déclin des arbres du patrimoine âgés ou dégradés. Celles-ci visent à résoudre les problèmes de compactage du sol et de dégradation de la structure, de la composition et des propriétés du sol, et à accroître la capacité de rétention de l'humidité des sols ainsi que l'approvisionnement en nutriments. Lorsqu'ils sont effectués, les traitements du sol se limitent à une portion des sites pour éviter de créer un choc aux arbres. La terre est souvent ameublie jusqu'à une profondeur prescrite au moyen de différentes techniques, comme utiliser des flux d'air («air spades»)<sup>3</sup>, creuser des

<sup>3</sup> Les «air spades» («bêches à air») sont des outils de terrain qui utilisent des flux d'air comprimé pour générer un jet d'air supersonique capable de désagréger les particules du sol tout en retenant la plupart des racines.

trous inclinés et ouvrir d'étroites tranchées radiales (Beijing District Standard, 2009). Le sol pauvre du site est remplacé par un mélange de terre enrichie de compost mûr. Il est nécessaire de mener des recherches sur les techniques d'amélioration du sol permettant d'arrêter le déclin des arbres et de stimuler leur croissance (Layman *et al.*, 2016).

Les arbres du patrimoine requièrent un haut degré de soins arboricoles, une gestion inexpérimentée ou mal informée pouvant avoir des effets néfastes. Parmi les mauvais traitements communs, on compte les élagages excessifs ou fréquents, l'inclinaison inadéquate des branches, l'élimination préférentielle des branches les plus basses, et la réduction et

***Ce vieux camphrier (Cinnamomum camphora) situé dans l'enceinte du sanctuaire Meiji à Tokyo, Japon, est vénéré comme arbre à souhaits. À noter, les structures en bois ajourées placées sous les frondaisons de l'arbre pour y accrocher les pancartes en bois où sont inscrits les souhaits. La typologie approximative de cet arbre, selon la figure 2, serait: 1) arbre cultivé; 2) planté in situ; 3) préservation consciente; 4) arbres voisins cultivés; 5) arbre mature; 6) rapport de cime vivante élevé; 7) petite restriction***



l'éclaircie excessives de la couronne. En ce qui concerne les arbres vétérans par exemple, une compréhension erronée des multiples microhabitats qu'ils procurent à un assemblage varié de flore et de faune a conduit à un excès de zèle dans les traitements d'assainissement (Woodland Trust, 2008). Une gestion adéquate des arbres du patrimoine requiert la connaissance d'un vaste éventail d'aspects – comme l'écologie des arbres, les habitudes de croissance, le microclimat, la science des sols, la signification culturelle et les menaces posées par le milieu urbain – et des compétences spécialisées. Pour atténuer les risques sur les sites caractérisés par une circulation piétonne supérieure à la moyenne, il faut trouver un compromis entre l'écologie et la sécurité (English Nature, 2000).

Les arbres remarquables affectés par le développement peuvent parfois être conservés dans le contexte d'un modèle urbain propice. Ainsi, l'emplacement des bâtiments et le tracé des routes peuvent être reconfigurés ou décalés de façon à éviter les répercussions sur les arbres protégés. Les activités de construction à proximité des arbres préservés peuvent être ajustées en vue de minimiser les impacts, et des mesures de précaution peuvent être prises pour protéger les racines et les troncs. Il faudrait programmer les futures conditions du site de façon à ce qu'elles permettent le maintien de la santé de l'arbre, avec un espace de qualité suffisant pour accueillir l'expansion de la couronne et des racines. Les arbres du patrimoine situés le long des rues peuvent être protégés contre les dégâts causés par le creusement de tranchées en déviant le tracé des excavations ou en adoptant des techniques qui n'impliquent ni tranchée ni creusement (Jim, 2003).

Là où les circonstances ne permettent pas la préservation *in situ*, la transplantation peut constituer le dernier recours. Transplanter un arbre de grande dimension requiert une collaboration multidisciplinaire entre experts en arbres et ingénieurs (Jim, 1995). La taille progressive des racines doit être effectuée bien à l'avance. La motte racinaire devrait être assez

grande pour abriter une quantité suffisante de racines et assez solide et rigide pour éviter la déformation durant les opérations de déplacement et de soulèvement. Le site d'accueil devrait être choisi ou préparé de sorte qu'il corresponde autant que possible au site de départ en termes de conditions du sol et de la surface.

Si les partisans des arbres dans les espaces urbains ont eu tendance à souligner leurs avantages environnementaux et écologiques, leurs contributions économiques et sociales retiennent de plus en plus l'attention des chercheurs et de la communauté (Becker et Freeman,

2009). Des études récentes ont associé une évaluation des arbres à une évaluation économique, afin de lier plus intimement la valeur d'un arbre à ses caractéristiques inhérentes (Jim, 2006). Il est important que les résultats de telles études soient rendus publics et mis à disposition dans des langues accessibles, afin de sensibiliser la communauté aux divers rôles joués par les arbres du patrimoine et de susciter l'intérêt à l'égard de leur protection. L'appui résolu du public aux arbres du patrimoine renforcera la volonté des décideurs de leur allouer les fonds et le personnel nécessaires. Ainsi, les arbres



***Ce vieux cèdre du Japon (Cryptomeria japonica), situé près d'un chemin menant vers des temples sur le mont Takao à l'ouest de Tokyo, Japon, est protégé et vénéré en tant qu'arbre sacré***



*Ce banian chinois (Ficus microcarpa) centenaire a été à l'origine désigné comme l'arbre sacré («divinité de la Terre») protégeant ce village de Hong-Kong, Chine, contre les dangers mais il a ensuite été utilisé comme arbre à souhaits. L'arbre a reçu l'assaut de milliers d'offrandes en papier, accrochées à des oranges et lancées par les visiteurs afin de pendre aux branches, causant des dégâts considérables. Ce vandalisme de masse n'a été interrompu qu'après la chute d'une grosse branche qui a blessé plusieurs personnes*

du patrimoine emblématiques pourront jouer un rôle crucial, ralliant l'attention et favorisant le soutien apporté à la foresterie urbaine et périurbaine.

### **Initiatives des citoyens**

De nombreux citoyens ont un immense respect pour les arbres, tant par tradition qu'en raison de l'éducation environnementale moderne (Zhang *et al.*, 2007), et cela peut être exploité pour stimuler les efforts de protection de ces derniers. Les groupes écologistes d'initiative citoyenne ont joué un rôle pivot dans la protection des arbres du patrimoine en mobilisant les communautés, en suscitant la prise de conscience et en accroissant les connaissances du public (FAO, 2017). Dans ces groupes, les membres sont incités au travers de techniques d'évaluation des arbres à devenir des «gardiens citoyens», sortes de garde-forestiers citoyens participant aux soins de base des arbres. Avant toute autre chose, ils surveillent l'état du site pour prévenir sa dégradation et veillent à ce qu'aucune atteinte ne soit portée aux arbres du patrimoine. Ces gardiens des arbres citoyens et les groupes verts jouent

des rôles essentiels dans de nombreuses villes en alertant les gouvernements, les organisations non gouvernementales et les médias des risques pesant sur les arbres du patrimoine, et ils ont lancé de nombreuses opérations concertées de sauvetage des arbres. Parmi les exemples marquants de groupes de ce type on peut citer Big Trees à Bangkok, Thaïlande, et la Conservancy Association à Hong-Kong, Chine, qui alertent les citoyens des dangers menaçant les arbres urbains et aident à empêcher que ceux-ci soient endommagés ou arrachés. Globalement, grâce à une implication, une participation, une éducation et un engagement bien organisés, les citoyens peuvent être des gardiens des arbres efficaces ainsi que les partenaires des gouvernements dans la promotion des espaces verts urbains et la conservation de la nature.

### **LES AVANTAGES ET LES INCONVÉNIENTS DES ARBRES À SOUHAITS**

Il existe dans certains endroits une croyance selon laquelle les divinités ou les esprits qui résident dans certains arbres du

patrimoine répondront avec bienveillance aux requêtes des personnes, et ces arbres ont été désignés notamment sous le nom d'arbres à souhaits (ou arbres à vœux). Cette pratique est probablement l'expression résiduelle de croyances polythéistes anciennes associées au paganisme et à l'idolâtrie. Ceux qui font un vœu sollicitent la bonne fortune pour eux-mêmes et les êtres qui leur sont chers dans toutes sortes de domaines personnels et interpersonnels, tels que l'amour romantique, les relations familiales, l'amitié, la santé, le travail et les études. Les offrandes votives ou symboliques sont transmises aux arbres à souhaits selon des modes divers. Faire brûler de l'encens, des bougies et des bâtonnets est un rituel courant en Asie de l'Est. Diverses cultures traitent certains arbres comme des temples vivants et aiment que l'on prie, chante et médite dans leur voisinage ou qu'on déambule autour d'eux. Au Japon et en République de Corée, une approche courante, passive et non envahissante, consiste à écrire les souhaits sur de petites pancartes en bois qui sont accrochées sur des supports près des arbres du patrimoine (voir la photo

page 70). Les pancartes sont habituellement enlevées chaque jour pour faire de la place à de nouvelles. Sur certains sites, les visiteurs peuvent payer pour que leurs plaques soient conservées plus longtemps dans des vitrines résistant aux intempéries.

Parfois, des actions intrusives, voire nuisibles, sont menées dans le cadre de la transmission des souhaits des personnes aux arbres. Dans les pays occidentaux, cela peut consister par exemple à planter des clous, des broches ou des pièces à l'intérieur du tronc de l'arbre. Des méthodes moins nocives sont en outre adoptées, comme nouer des morceaux de tissu ou des rubans aux branches, et irriguer les arbres avec des boissons alcoolisées. Certaines populations accrochent sur les arbres des offrandes matérielles telles que pommes, viande, bonbons ou cigares. Ces pratiques sont rarement adoptées en Asie. En Asie de l'Est, en particulier dans la Chine continentale, les gens écrivent leurs souhaits sur des bouts de papier qui sont pliés et liés à de petites branches.

Une méthode plus agressive pour transmettre les souhaits aux arbres a été inventée dans les années 1990 dans un village de Hong-Kong. Apparemment pour essayer de stimuler les ventes, les vendeurs ambulants utilisaient de la ficelle pour attacher les billets contenant les vœux à des oranges, et ces projectiles étaient lancés contre un banian chinois (*Ficus microcarpa*) centenaire, dans la tentative d'y loger les «souhaits». Au début des années 2000, l'arbre était assailli chaque jour par des centaines d'oranges (et par les vœux qui y étaient accrochés), et l'office du tourisme officiel promouvait cette pratique auprès des visiteurs locaux et étrangers. Bon nombre de rameaux ont été cassés. Lorsque l'on enlevait les offres symboliques afin que l'arbre puisse faire l'objet chaque jour d'un nouvel assaut, les ficelles enchevêtrées étaient arrachées de force, provoquant des dégâts considérables au feuillage et aux branches et créant de nombreuses blessures, ouvertes à l'invasion de ravageurs et de champignons. Les cycles quotidiens d'attaque et de retrait étalés sur plusieurs années ont gravement affaibli l'arbre. Finalement, en 2005, une grosse branche est tombée, blessant plusieurs personnes qui étaient en train de lancer leurs projectiles, si bien que les autorités ont interrompu la pratique (Leisure and Cultural Services

Department, 2005). Celle-ci a malheureusement été imitée et reprise dans d'autres villes et établissements religieux en Chine continentale, endommageant de nombreux arbres du patrimoine (Huitu.com, 2017). De façon inexplicable, un tel vandalisme collectif est souvent approuvé ou justifié par les autorités.

### LEÇONS TIRÉES

Si une ville est en mesure d'apporter les meilleurs soins au fleuron de ses arbres, à savoir ses arbres du patrimoine, elle peut inspirer confiance dans sa capacité à s'occuper de toutes ses forêts urbaines et périurbaines. L'étendue de la prise en charge des arbres du patrimoine en dit également long sur les attitudes de la communauté à l'égard de la nature et sur le bien-être des citoyens. À partir de l'analyse menée ci-dessus, il est possible de proposer aux autorités responsables de la gestion citadine les recommandations suivantes, qui visent à atténuer les problèmes existants et à améliorer la pratique professionnelle:

- Les arbres du patrimoine sont une partie cruciale des forêts urbaines, et il est impératif de leur consacrer une évaluation approfondie, un suivi régulier et un entretien hautement spécialisé de premier ordre.
- Les capacités locales de gestion des arbres du patrimoine peuvent être alimentées grâce à la formation de gestionnaires forestiers urbains et d'arboristes de haut niveau.
- Une unité spécifiquement consacrée à la foresterie urbaine et périurbaine devrait être instaurée au sein du gouvernement afin de garantir la mise en œuvre des actions recommandées de manière professionnelle et en temps opportun.
- Des dispositions réglementaires sont essentielles pour appuyer les approches administratives et assurer les garanties voulues contre la destruction des arbres du patrimoine.
- Une base de données bien entretenue et détaillée sur les arbres du patrimoine, ainsi qu'un programme de suivi régulier et systématique, aideront à prévoir à temps les menaces pesant sur ces arbres et à mettre en œuvre les mesures de prévention requises.
- Il pourrait être possible de sauver des arbres du patrimoine en déclin et de prolonger leur durée de vie utile au moyen de plans de revitalisation spécifiques.
- Pour la santé des arbres à long terme, la qualité des habitats aériens et souterrains doit être assurée avec constance et les stress chroniques et aigus réduits.
- Le désintérêt pour l'évaluation des risques liés aux arbres, d'une grande importance pour la gestion des arbres vétérans dans les zones urbaines denses, requiert une attention urgente.
- Les arbres du patrimoine ne devraient être transplantés qu'en dernier ressort. Il est toutefois techniquement possible de déplacer de grands spécimens sans leur causer de préjudice indu ou compromettre leur performance à long terme.
- Des compétences spéciales en matière de soins aux arbres du patrimoine, notamment en ce qui concerne l'élagage et le traitement des arbres vétérans, doivent être maîtrisées en vue de donner des résultats de haut calibre.
- Les pratiques et les activités qui peuvent nuire aux arbres du patrimoine doivent être évitées au premier stade possible, ce qui requiert de la vigilance (par exemple au travers de groupes de citoyens bien informés).
- Des travaux de recherche assidus et bénéficiant des fonds nécessaires sont requis afin d'étudier des problématiques locales spécifiques qui affectent les arbres du patrimoine et pour étayer les mécanismes qui permettent un transfert effectif des connaissances du champ de la recherche à celui de la pratique.
- L'évaluation économique des arbres du patrimoine peut aider à sensibiliser aux avantages que ceux-ci procurent à la société et à mobiliser l'appui indispensable à la foresterie urbaine.
- Les organisations non gouvernementales écologistes peuvent développer des partenariats et des synergies avec des organismes publics et privés pour défendre la cause des arbres du patrimoine. ♦



## Références

- American Forestry Association.** Sans date. *The national register of big trees.* Washington, DC.
- Becker, N. et Freeman, S.** 2009. The economic value of old growth trees in Israel. *Forest Policy and Economics*, 11: 608-615.
- Beijing District Standard.** 2009. *Technical regulations for protection and rejuvenation of ancient & famous woody plants.* Beijing.
- Berkes, F., Colding, J. et Folke, C.** 2000. Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management. *Ecological Applications*, 10(5): 1251-1262.
- Blicharska, M. et Mikusinski, G.** 2014. Incorporating social and cultural significance of large old trees in conservation policy. *Conservation Biology*, 28: 1558-1567.
- Coggins, C., Chevrier, J., Dwyer, M., Longway, L., Xu, M. et Tso, P.** 2012. Village fengshui forests of southern China: culture, history and conservation status. *ASIA Network Exchange*, 19(2): 52-67.
- Dafni, A.** 2006. On the typology and the worship status of sacred trees with a special reference to the Middle East. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 2: 26.
- English Nature.** 2000. *Veteran trees: a guide to risk and responsibility.* Peterborough, Royaume-Uni, Veteran Trees Initiative.
- FAO.** 2017. *Directives sur la foresterie urbaine et périurbaine.* Par F. Salbitano, S. Borelli, M. Conigliaro et Y. Chen. Étude FAO: Forêts n° 178. Rome.
- Fay, N.** 2002. Environmental arboriculture, tree ecology and veteran tree management. *Arboricultural Journal*, 26(3): 213-238.
- Gadgil, M., Berkes, F. et Folke, C.** 1993. Indigenous knowledge for biodiversity conservation. *Ambio* 22(2-3): 151-156.
- Han, K.T.** 2001. Traditional Chinese site selection – feng shui: an evolutionary/ecological perspective. *Journal of Cultural Geography*, 19(1): 75-96.
- Huitu.com.** 2017. *Wishing tree photographs* [online]. [Cited 12 October 2017]. <http://soso.huitu.com/search?kw=%E8%AE%B8%E6%84%BF%E6%A0%91&page=2>
- Jim, C.Y.** 1994. *Champion trees in urban Hong Kong.* Hong Kong Flora and Fauna Series. Hong-Kong, Chine, Urban Council.
- Jim, C.Y.** 1995. Transplanting two champion specimens of mature Chinese banyans. *Journal of Arboriculture*, 21: 289-295.
- Jim, C.Y.** 2003. Protection of urban trees from trenching damage in compact city environments. *Cities*, 20: 87-94.
- Jim, C.Y.** 2005. Monitoring the performance and decline of heritage trees in urban Hong Kong. *Journal of Environmental Management*, 74: 161-172.
- Jim, C.Y.** 2006. Formulaic expert method to integrate evaluation and valuation of heritage trees in compact city. *Environmental Monitoring and Assessment*, 116: 53-80.
- Jim, C.Y.** 2013. Drivers for colonization and sustainable management of tree-dominated stonewall ecosystem. *Ecological Engineering*, 57: 324-335.
- Jim, C.Y.** 2017a. Urban heritage trees: natural-cultural significance informing management and conservation. In: P.Y. Tan et C.Y. Jim, éd. *Greening cities: forms and functions*, pp. 279-305. Singapour, Springer Nature.
- Jim, C.Y.** 2017b. Constraints to urban trees and their remedies in the built environment. In: F. Ferrini, C. Konijnendijk van den Bosch et A. Fini, éd. *Routledge handbook of urban forestry*, pp. 273-290. Abingdon, Royaume-Uni, Routledge.
- Laird, S.A.** 2004. Trees, forests and sacred groves. In: C.R. Elevitch, éd. *The over-story book: cultivating connections with trees*, 2nd edition, pp. 30-34. Holualoa, États-Unis d'Amérique, Permanent Agriculture Resources.
- Layman, R.M., Day, S.D., Mitchell, D.K., Chen, Y., Harris, J.R. et Daniels, W.L.** 2016. Below ground matters: urban soil rehabilitation increases tree canopy and speeds establishment. *Urban Forestry and Urban Greening*, 16: 25-35.
- Leisure and Cultural Services Department.** 2005. *Inspection report for the large wishing-making tree at Fong Ma Po Village.* Hong-Kong, Chine, Gouvernement de Hong-Kong.
- Read, H.** 2000. *Veteran trees: a guide to good management.* Peterborough, Royaume-Uni, English Nature, Veteran Trees Initiative.
- Taylor, J.W.** 1979. Tree worship. *Mankind Quarterly*, 20(1): 79-141.
- Ville de New York.** Sans date. *The great trees of New York City.* New York, États-Unis d'Amérique.
- Woodland Trust.** 2008. *What are ancient, veteran and other trees of special interest?* Ancient Tree Guide 4. Grantham, Royaume-Uni.
- Zhang, Y., Hussain, A., Deng, J. et Letson, N.** 2007. Public attitude toward urban trees and supporting urban tree programs. *Environment and Behavior*, 39(6): 797-814. ◆



## LA FAO ET LA FORESTERIE



© SIMONE BORELLI

### Des villes plus vertes, plus fraîches, plus saines

La nécessité que les villes soient plus vertes et plus saines a été mise en évidence lors de deux réunions régionales majeures sur la foresterie urbaine – pour la région Asie-Pacifique et pour l'Amérique latine – en 2017. Les deux événements ont permis d'explorer les avantages des forêts et des arbres urbains pour les millions de personnes qui vivent dans les villes et les mégalo-poles de ces régions, et leur rôle dans l'atténuation des effets du changement climatique.

#### Réunion sur la foresterie urbaine de l'Asie-Pacifique

La seconde réunion sur la foresterie urbaine de la région Asie-Pacifique, co-organisée par la FAO, a examiné et approuvé un plan d'action pour aider les pays de la région à développer des pratiques judicieuses de foresterie urbaine et périurbaine. La réunion, qui s'est déroulée à Séoul, République de Corée, du 13 au 15 septembre 2017, faisait suite à la première réunion sur la foresterie urbaine de l'Asie-Pacifique tenue à Zhuhai, Chine, en 2016, laquelle s'était achevée par l'adoption de la Déclaration de Zhuhai, une déclaration d'intention se proposant d'augmenter les arbres et les forêts dans les villes et de rendre les villes plus vertes, plus fraîches et plus saines.

Le plan d'action régional lancé lors de la seconde réunion s'appuie sur la Déclaration de Zhuhai. Il comporte un ensemble d'actions vigoureuses en matière de foresterie urbaine, qui devront être mises en œuvre par les pays en vue d'accroître la durabilité et la résilience du développement urbain dans la région.

Pour plus d'informations: [www.fao.org/asiapacific/news/detail-events/en/c/1036873](http://www.fao.org/asiapacific/news/detail-events/en/c/1036873)

#### Forum de l'Amérique latine et des Caraïbes sur la foresterie urbaine

Le Forum de l'Amérique latine et des Caraïbes sur la foresterie urbaine, la sylviculture et la restauration des paysages pour les forêts urbaines et les espaces verts, organisé par la FAO en collaboration avec la Banque de développement d'Amérique latine, s'est tenu à Lima, Pérou, du 7 au 9 juin 2017. L'événement visait à examiner

*Les villes du monde entier sont de plus en plus conscientes que les arbres et les forêts font d'elles des lieux plus verts, plus frais et plus sains*

la meilleure manière de rendre les villes de la région plus vertes, plus saines, plus durables et plus résilientes face au changement climatique.

Pour plus d'informations: [www.fao.org/peru/noticias/detail-events/es/c/892705](http://www.fao.org/peru/noticias/detail-events/es/c/892705)

Pour compléter ces initiatives régionales, la FAO est en train d'organiser, avec ses partenaires, le Forum mondial sur les forêts urbaines, qui aura lieu à Mantoue, Italie, du 28 novembre au 1<sup>er</sup> décembre 2018 (voir l'article page 3 et l'annonce au dos de la couverture).

### Du bois durable pour un monde durable

Des filières bois viables qui soient respectueuses de l'environnement, responsables sur le plan social et économiquement solides, sont déterminantes pour progresser vers la réalisation des Objectifs de développement durable (ODD); c'est là l'avis des experts qui se sont rencontrés lors de la réunion mondiale «Du bois durable pour un monde durable», tenue au siège de la FAO à Rome du 31 octobre au 1<sup>er</sup> novembre 2017.

La réunion, à laquelle ont participé plus de 100 représentants provenant de 40 pays, a été organisée par la FAO et son Comité consultatif de la filière bois durable, en collaboration avec l'Alliance financière pour le commerce durable (Finance Alliance for Sustainable Trade), la Banque mondiale, le Centre de recherche forestière internationale, le Fonds mondial pour la nature et l'Organisation internationale des bois tropicaux.

Les filières et les produits bois durables sont particulièrement importants pour l'ODD 8 (travail décent et croissance économique), l'ODD 12 (consommation et production responsables), l'ODD 13 (action pour le climat) et l'ODD 15 (vie terrestre). Les participants à la réunion sont convenus que, pour améliorer les moyens d'existence locaux, il est nécessaire de relier entre elles les chaînes de



valeur mondiales, régionales et locales, et de diversifier les produits forestiers autres que le bois, en vue de tirer parti efficacement de tout l'assortiment des produits des filières. La gestion durable des forêts a été évoquée à plusieurs reprises en tant que composante essentielle de la gestion durable des paysages.

La réunion a souligné le rôle crucial joué par les filières bois durables dans l'atténuation du changement climatique grâce au stockage du carbone dans les forêts sur pied et les produits ligneux récoltés et au moyen du remplacement des matières premières et des produits fossiles. La contribution du bois à l'atténuation du changement climatique dans le secteur de la construction a également été mise en lumière.

Pour accroître les investissements visant à promouvoir les filières bois durables, il est impératif d'évaluer les obstacles et les opportunités en matière d'investissement tout au long des chaînes de valeur, et de sécuriser et monétiser l'éventail entier des produits et services forestiers. La création d'un mécanisme multipartite virtuel de promotion des investissements aiderait à ajuster les financements de façon à ce qu'ils viennent en appui des filières bois durables.

La réunion mondiale a constitué le début d'une initiative de la FAO et de ses partenaires ayant pour objectif de renforcer le rôle des filières bois durables au sein du développement durable.

### Commissions régionales des forêts de la FAO

Établies par la Conférence de la FAO entre 1947 et 1959, les six commissions régionales des forêts représentent la présence institutionnelle de la FAO en matière de foresterie à l'échelle macro-régionale mondiale. Les commissions se réunissent tous les deux ans, rassemblant des experts et des responsables forestiers des six principales régions du globe, pour traiter de questions politiques et techniques relatives à leurs zones d'influence respectives.

Communiquant leurs observations et recommandations au Comité des forêts (COFO) de la FAO, le forum biennal mondial sur toutes les questions forestières, et au Forum des Nations Unies sur les forêts (FNUF), les commissions régionales des forêts apparaissent comme des institutions majeures, qui servent de trait d'union entre le niveau national et les problématiques mondiales. Elles aident aussi

à identifier les tendances régionales, les besoins et les champs d'intervention spécifiques qui devraient être pris en compte dans un plan d'action global pour la foresterie judicieusement conçu.

Les commissions régionales des forêts contribuent au dialogue avec d'autres institutions et organisations forestières régionales, et la plupart ont des groupes de travail techniques ou des sections sous-régionales qui, entre autres choses, réalisent des projets bénéficiant de la collaboration entre les pays de la région.

La plus récente série de réunions des commissions régionales des forêts, dont cinq ont eu lieu en février 2018 (la sixième étant prévue pour mars 2018), a notamment porté sur les points suivants:

- une étude sur le rôle de la foresterie durable pour la sécurité alimentaire et la nutrition menée par le Groupe d'experts de haut niveau du Comité de la sécurité alimentaire mondiale;
- des observations en vue de la prochaine Évaluation des ressources forestières mondiales 2020 et la rationalisation des rapports sur les forêts;
- les résultats de la 22<sup>e</sup> Conférence des Parties (COP22) à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, de la 13<sup>e</sup> Conférence des Parties (COP13) à la Convention sur la diversité biologique, de la 12<sup>e</sup> réunion du FNUF et d'autres forums institutionnels mondiaux;
- un nouveau document stratégique relatif à la FAO et à la foresterie, de même que des suggestions en matière de gouvernance de l'Organisation.

D'autres questions importantes ont été traitées dans le cadre d'une ou plusieurs réunions de commission, en particulier: la parité hommes-femmes; la protection sociale; la foresterie communautaire et les organisations paysannes; la communication sur la foresterie; la foresterie urbaine; les forêts dans la restauration des paysages; et les initiatives de lutte contre la désertification.

Les apports régionaux, sur ces questions comme sur d'autres, sont primordiaux pour adapter les stratégies, les politiques et les projets aux caractéristiques et aux besoins de chaque région.

Les rapports officiels des réunions des commissions régionales des forêts seront présentés à la 24<sup>e</sup> session du COFO, qui aura lieu au siège de la FAO à Rome en juillet 2018.

**Un fonctionnaire inspecte des planches brutes de sciage dans le port de Dakar, Sénégal. Des filières bois viables qui soient respectueuses de l'environnement, responsables sur le plan social et économiquement solides sont déterminantes pour progresser vers la réalisation des ODD**



### Les Nations Unies adoptent le Plan stratégique sur les forêts

Le tout premier Plan stratégique des Nations Unies sur les forêts, adopté par l'Assemblée générale des Nations Unies le 27 avril 2017, offre une vision ambitieuse pour les forêts du monde en 2030. Le plan repose sur un ensemble de six objectifs mondiaux pour les forêts et 26 cibles universelles volontaires qui leur sont associées, à atteindre d'ici 2030. Il est conçu pour servir de cadre de référence au travail du système des Nations Unies relatif aux forêts et pour renforcer la cohérence, la collaboration et les synergies entre les organes des Nations Unies et leurs partenaires. Le plan sert aussi de cadre pour harmoniser, orienter et centrer les travaux en rapport avec l'Arrangement international sur les forêts et ses composantes.

Les six objectifs forestiers mondiaux sont les suivants:

1. Mettre fin à la réduction du couvert forestier dans le monde au moyen d'une gestion forestière durable, notamment au travers de mesures de protection, restauration, boisement et reboisement, et intensifier les efforts pour prévenir la dégradation des forêts et contribuer à la lutte globale contre le changement climatique.
2. Renforcer les avantages économiques, sociaux et écologiques dérivés des forêts, y compris en améliorant les moyens d'existence des populations dépendantes des forêts.
3. Accroître sensiblement la superficie des forêts protégées et celle des forêts gérées de façon durable, de même que la part des produits forestiers issus de ces dernières.
4. Mobiliser de nouvelles ressources financières, nettement plus importantes, en provenance de toutes sortes de sources, en vue de la mise en œuvre d'une gestion durable des forêts, et renforcer la coopération scientifique et technique et les partenariats.
5. Promouvoir des cadres de gouvernance pour une gestion forestière durable, en particulier grâce à l'instrument des Nations Unies pour les forêts, et augmenter la contribution des forêts au Programme de développement durable à l'horizon 2030.
6. Renforcer la coopération, la coordination, la cohérence et les synergies en ce qui concerne les questions relatives aux forêts à tous les niveaux, entre autres au sein du système des Nations Unies et entre organisations membres du Partenariat de collaboration sur les forêts, ainsi qu'entre les divers secteurs et les principales parties prenantes.

L'une des cibles énoncées dans le plan consiste à accroître la superficie forestière mondiale de 3 pour cent d'ici 2030, ce qui correspondrait à une augmentation de 120 millions d'hectares. Le plan s'appuie sur la vision du Programme de développement durable à l'horizon 2030 et reconnaît qu'un véritable changement nécessite une action décisive et collective, à l'intérieur et au-delà du système des Nations Unies.



*Les deux présidents Mohammad Ali Zare, Iran (République islamique d') et Hans Hoogeveen, Pays-Bas, se serrent la main à la fin des discussions du Groupe de travail et de la session spéciale du FNUF, tenues du 16 au 20 janvier 2017 au siège des Nations Unies à New York, États-Unis d'Amérique, notamment en vue de proposer un Plan stratégique des Nations Unies sur les forêts pour la période 2017-2030*

### **Réduire les inégalités dans un monde turbulent: élargir les stratégies pour sécuriser les droits fonciers des populations autochtones, des communautés et des femmes**

Plus de 300 personnes provenant de 58 pays se sont rassemblées à Stockholm, Suède, les 4 et 5 octobre 2017, pour aborder un certain nombre de points convergents: faire prendre conscience que la reconnaissance des droits fonciers des communautés est une condition préalable incontournable pour réduire les inégalités et réaliser les objectifs mondiaux; évaluer le statut d'instruments prometteurs en matière de sécurisation des droits communautaires; et encourager les principales parties prenantes à renforcer leur action, leur soutien et leur engagement. Les participants venaient d'organisations communautaires et autochtones, du secteur privé, de la société civile et de gouvernements. La conférence a été organisée conjointement par l'Initiative des droits et ressources, l'Agence suédoise de coopération et d'aide au développement international, l'Institut pour l'environnement de Stockholm, l'Initiative suédoise du réseau agricole international et la Fondation internationale pour la science.

Cette conférence était la troisième d'une série, et faisait suite à deux réunions similaires s'étant tenues à Interlaken et Berne, Suisse, en 2013 et en 2015. Cette série de conférences vise à faire le point sur l'état des droits fonciers des populations autochtones, des communautés et des femmes rurales dans le monde, sensibiliser à l'importance de ces droits, catalyser de nouveaux partenariats, et développer une marche à suivre partagée pour élargir la reconnaissance de ces droits.

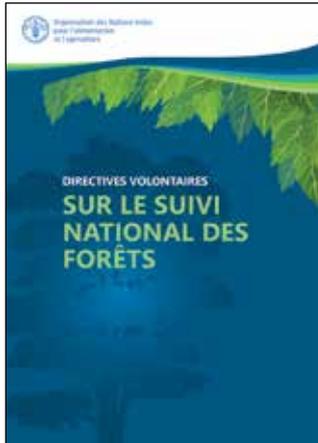
Les recherches menées à la veille de la conférence de Stockholm ont mis en évidence que 61 pour cent des conflits fonciers opposant

des entreprises à des communautés depuis 2001 n'étaient toujours pas résolus. Sécuriser les droits territoriaux des communautés et des populations autochtones est crucial pour pouvoir atténuer et prévenir ces conflits dévastateurs, réaliser les Objectifs de développement durable et respecter les engagements de l'Accord de Paris, et assurer la paix et la justice.

Lors de la conférence, trois sessions stratégiques (droits des femmes rurales et autochtones et leadership sur les terres collectives; stratégies et mécanismes permettant de faire passer la mise en œuvre des actions du niveau local au niveau national; comment relier et exploiter les structures d'appui internationales pour faire progresser les droits fonciers des populations autochtones et des communautés) ont permis de développer des plans d'action visant à accroître la reconnaissance des droits fonciers communautaires. Toutes les sessions comprenaient des interventions d'acteurs issus du secteur privé, dont les recommandations ont été mises en évidence lors d'une séance plénière le second jour de la conférence.

Pour la première fois, la conférence comportait une «zone de l'innovation», où étaient présentées des technologies et d'autres stratégies innovantes employées pour rendre les droits plus sûrs.

L'importance des droits fonciers communautaires est de plus en plus reconnue, à la fois en tant que question relative aux droits de l'Homme et en tant que solution cruciale à des problèmes planétaires, notamment l'inégalité et le changement climatique. On constate également une dynamique sans précédent ainsi qu'un engagement croissant de tous les secteurs à sécuriser et respecter ces droits. Les participants à la conférence ont identifié des moyens permettant de relier et exploiter les efforts menés à l'échelle mondiale et locale dans la perspective du changement.



### Aider les pays à évaluer leurs forêts sur pied

*Directives volontaires sur le suivi national des forêts.* FAO. 2017. Rome.

ISBN 978-92-5-109619-2.

Instaurer et faire fonctionner un Système national de suivi des forêts (SNSF) est à la fois un processus scientifique et technique complexe, et un défi organisationnel et institutionnel. La mise en œuvre d'un SNSF est en lien direct avec les politiques dans la mesure où le système informe les gestionnaires et les décideurs sur des questions telles que l'utilisation durable des ressources forestières et les moyens de réaliser une protection et une conservation efficaces des écosystèmes forestiers. Les SNSF aident ainsi les gouvernements à répondre à leurs obligations en matière de développement continu des ressources forestières, de suivi et d'établissement de rapports les concernant, ces ressources pouvant comprendre aussi les arbres hors forêt et d'autres catégories de couvert terrestre. Le but de ces directives volontaires est de venir en appui à la création et au fonctionnement des SNSF. Elles comportent des principes de bonne pratique, des lignes directrices et un cadre général. Le document contient également un ensemble d'outils d'aide à la décision pour la planification et la mise en œuvre d'un SNSF à objectifs multiples, qui repose sur une pratique scientifiquement solide adaptée au pays et qui prend en compte les besoins d'information et les exigences de notification nationaux.

Disponible en ligne: [www.fao.org/3/a-i6767f.pdf](http://www.fao.org/3/a-i6767f.pdf)

Disponible en ligne aussi en:

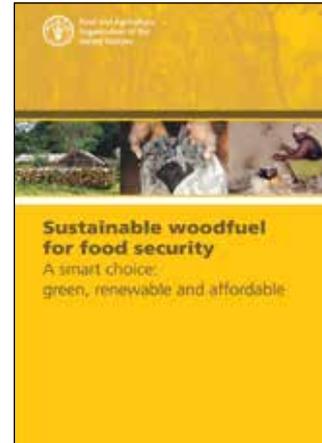
Anglais – [www.fao.org/3/a-i6767e.pdf](http://www.fao.org/3/a-i6767e.pdf)

Arabe – [www.fao.org/3/a-i6767a.pdf](http://www.fao.org/3/a-i6767a.pdf)

Chinois – [www.fao.org/3/a-i6767c.pdf](http://www.fao.org/3/a-i6767c.pdf)

Espagnol – [www.fao.org/3/a-i6767s.pdf](http://www.fao.org/3/a-i6767s.pdf)

Russe – [www.fao.org/3/a-i6767r.pdf](http://www.fao.org/3/a-i6767r.pdf)



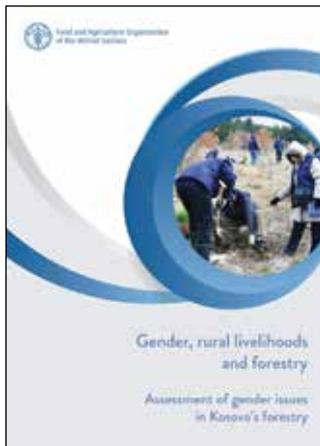
### Accroître la sécurité alimentaire grâce à un approvisionnement durable en bois de feu

*Sustainable woodfuel for food security. A smart choice: green, renewable and*

*affordable.* FAO. 2017. Rome. ISBN 978-92-5-109962-9.

L'insécurité alimentaire et une forte dépendance à l'égard du bois de feu en tant que principal combustible pour la cuisson des aliments sont des caractéristiques communes aux groupes de personnes vulnérables dans les régions en développement de la planète. Cependant, si des politiques et des cadres juridiques appropriés sont en place, la production et la récolte de bois de feu peuvent être durables et ce dernier constituer une source majeure d'énergie verte. Par ailleurs, la disponibilité généralisée de bois de feu, ainsi que l'énorme marché pour ce produit, représentent des opportunités notables en termes d'emploi et de chaînes de valeur viables, ce qui offre des raisons supplémentaires de promouvoir cette source d'énergie. Cette étude explique comment l'approvisionnement durable en bois de feu est étroitement lié à la sécurité alimentaire, et elle aide à mieux comprendre comment il est possible de renforcer ce lien à tous les stades de la production, du commerce et de l'utilisation du combustible ligneux.

Disponible en ligne: [www.fao.org/3/a-i7917e.pdf](http://www.fao.org/3/a-i7917e.pdf)



### Intégrer la question de la parité hommes-femmes dans les politiques forestières au Kosovo

*Gender, rural livelihoods and forestry: assessment of gender issues in Kosovo's forestry.* FAO. 2017. Rome. ISBN 978-92-5-109797-7.

L'objectif principal de la recherche présentée dans cette publication est d'identifier et analyser les rôles joués par les femmes et par les hommes dans le secteur forestier au Kosovo, et ce qu'il en est pour eux en termes de propriété et d'utilisation des forêts. Le rapport examine également la problématique de l'égalité entre les sexes au sein du cadre institutionnel, politique et juridique qui régit la gestion des forêts dans le pays, et il offre des recommandations en vue d'intégrer la question de la parité hommes-femmes dans les politiques forestières.

La recherche s'inscrit dans un projet intitulé «Appui à la mise en œuvre de la politique et de la stratégie forestières au Kosovo» (GCP/KOS/005/FIN), financé par le Gouvernement finlandais, qui vise à accroître la contribution du secteur forestier à l'économie nationale à travers l'utilisation durable des ressources forestières, en prenant en compte la foresterie à objectifs multiples, les avantages économiques, sociaux et environnementaux des forêts, et les contributions du secteur à l'atténuation du changement climatique. L'étude montre que les femmes ont un accès limité à la prise de décision et à l'information en comparaison des hommes. Les communautés rurales – et les femmes en particulier – voient dans le chômage élevé l'obstacle majeur auxquelles elles sont confrontées.

Le rapport révèle que les femmes rurales souhaiteraient accroître leurs compétences en matière de récolte, transformation et commercialisation des produits forestiers non ligneux. Il met donc en lumière l'importance de renforcer l'accès de celles-ci à l'information, au développement des capacités et au processus décisionnel. Le rapport se conclut en soulignant que les produits forestiers non ligneux pourraient représenter une composante précieuse de la lutte contre l'insécurité alimentaire et la pauvreté dans les régions examinées, notamment si un soutien efficace est offert aux femmes aussi bien qu'aux hommes.

Disponible en ligne: [www.fao.org/3/a-i7421e.pdf](http://www.fao.org/3/a-i7421e.pdf)

Disponible en ligne aussi en:

Albanais – [www.fao.org/3/i7421sq/l7421SQ.pdf](http://www.fao.org/3/i7421sq/l7421SQ.pdf)

Serbe – [www.fao.org/3/i7421sr/l7421SR.pdf](http://www.fao.org/3/i7421sr/l7421SR.pdf)

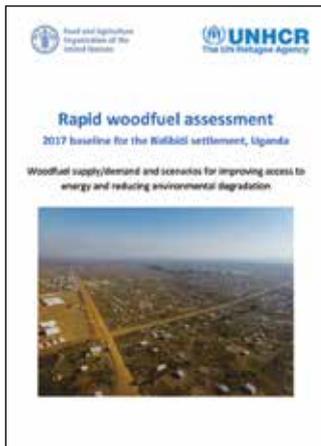


### Que signifient pour la foresterie les engagements à atteindre l'objectif de déboisement nul?

*Potential implications for the forest industry of corporate zero-deforestation commitments. Discussion paper prepared for the 58th Session of the FAO Advisory Committee on Sustainable Forest-based Industries.* FAO. 2017. Rome.

Ce document analyse quelles pourraient être les implications pour l'industrie forestière des engagements à atteindre l'objectif de déboisement nul pris par les financiers et les acheteurs de biens de consommation, et les bénéfices qui pourraient en dériver; il énonce également des recommandations visant à permettre à l'industrie forestière de tirer parti des avantages et de minimiser les risques. Cette étude, qui reprend des recommandations du Comité consultatif de la filière bois durable de la FAO, présente des informations générales sur le mouvement en faveur du déboisement nul (appelé aussi «déboisement zéro»), en s'appuyant sur des travaux précédents du Comité consultatif et de la FAO.

Disponible en ligne: [www.fao.org/3/a-i8042e.pdf](http://www.fao.org/3/a-i8042e.pdf)



## Améliorer l'accès à l'énergie des personnes déplacées en Ouganda

*Rapid woodfuel assessment: 2017 baseline for the Bidibidi settlement, Uganda.*

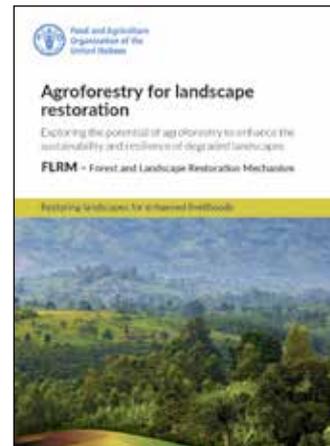
2017. FAO et Haut Commissariat des Nations Unies pour les réfugiés (HCR). 2017.

Rome et Genève, Suisse. ISBN 978-92-5-109947-6 (FAO).

L'Ouganda accueille plus d'un million de réfugiés qui ont fui la famine, les conflits et l'insécurité dans les pays voisins comme le Burundi, la République démocratique du Congo et le Soudan du Sud. L'afflux récent de réfugiés en provenance du Soudan du Sud a déclenché l'une des plus graves urgences humanitaires du pays, conduisant à la création de l'établissement humain de Bidibidi dans le district de Yumbe en août 2016. Le camp est maintenant l'une des plus vastes zones d'accueil de réfugiés du monde, avec 272 206 personnes installées sur une superficie de quelque 250 km<sup>2</sup> au sein de la superficie totale allouée de 798 km<sup>2</sup>; il constitue plus de la moitié de la population du district hôte. L'établissement a accentué la pression exercée sur l'environnement, du fait de l'abattage des arbres nécessaires à la construction du camp et pour répondre à la demande constante de la part des ménages de combustible ligneux pour la cuisson des aliments et le chauffage.

La FAO et le HCR ont lancé en mars 2017 une rapide évaluation conjointe en vue de déterminer la situation de la fourniture et de la demande de bois de feu dans la zone. L'évaluation avait trois composantes: 1) une évaluation de la demande de bois de feu; 2) une évaluation de l'approvisionnement en bois de feu; et 3) l'identification des liens d'interdépendance, des lacunes, des opportunités et des scénarios alternatifs. Les données et les informations ont été obtenues au moyen de l'examen de la documentation existante, d'enquêtes de terrain et d'analyses par télédétection. Entre autres résultats, le rapport estime que 12 à 15 pour cent de la superficie totale de l'établissement de Bidibidi devraient être affectés à la plantation d'espèces à croissance rapide, afin d'assurer un approvisionnement durable en combustible ligneux. Chaque ménage devrait consacrer une parcelle boisée minimale de 50 m × 50 m exclusivement à la production de bois à des fins énergétiques.

Disponible en ligne: [www.fao.org/3/a-i7849e.pdf](http://www.fao.org/3/a-i7849e.pdf)



## Le potentiel de l'agroforesterie pour la restauration des paysages

*Agroforestry for landscape restoration: exploring the potential of agroforestry*

*to enhance the sustainability and resilience of degraded landscapes.*

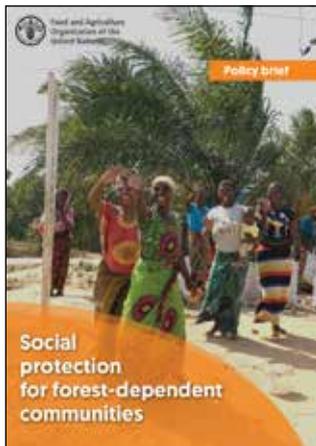
A. Hillbrand, S. Borelli, M. Conigliaro et A. Olivier. 2017. FAO, Rome.

L'agroforesterie pourrait considérablement aider à restaurer les forêts et les terres agricoles dégradées et ainsi contribuer à la restauration des paysages, mais un certain nombre d'obstacles entravent son adoption. Cette publication attire l'attention sur les points essentiels suivants:

- L'agroforesterie peut fournir un grand nombre de services écosystémiques. C'est un outil adapté à la restauration des paysages parce qu'il peut renforcer les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques du sol, et par conséquent accroître la fertilité de ce dernier, lutter contre l'érosion et améliorer la disponibilité des ressources en eau.
- Les systèmes agroforestiers qui offrent un couvert arboré permanent peuvent constituer des options précieuses de restauration forestière et paysagère, en particulier dans les initiatives où ni la restauration des forêts naturelles ni les cultures en plein soleil ne sont viables.
- L'agroforesterie peut renforcer les moyens d'existence des communautés rurales en procurant une grande variété d'aliments, de fourrage et de produits forestiers, qui permettent d'augmenter la sécurité alimentaire et nutritionnelle, de générer des revenus et de lutter contre la pauvreté.
- La restauration des paysages dégradés au moyen de l'agroforesterie peut accroître la résilience des communautés face aux chocs, notamment la sécheresse et les pénuries alimentaires, et aider à atténuer les effets du changement climatique
- L'adoption généralisée de l'agroforesterie nécessite un environnement juridique et politique favorable, apte à garantir les droits sur les arbres et les terres – et la propriété de ceux-ci –, offrir des incitations aux agriculteurs, promouvoir les investissements, et faciliter la commercialisation des produits agroforestiers.

Disponible en ligne: [www.fao.org/3/b-i7374e.pdf](http://www.fao.org/3/b-i7374e.pdf)

Disponible en ligne aussi en espagnol: [www.fao.org/3/b-i7374s.pdf](http://www.fao.org/3/b-i7374s.pdf)



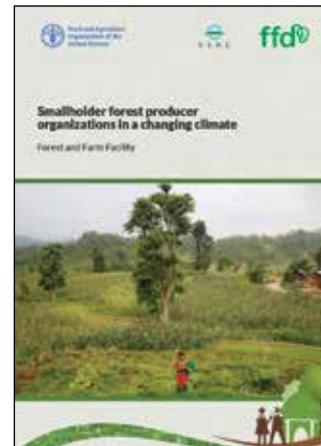
### Protéger les communautés dépendantes des forêts

*Social protection for forest-dependent communities*. 2017. Policy brief. N. Tirivaye, O. Rodriguez, T. Juvenal et Qiang Ma. Rome, FAO.

Les communautés dépendantes des forêts se trouvent habituellement dans des zones rurales éloignées, caractérisées par un faible développement commercial et par le manque d'accès aux biens publics et aux services sociaux. Elles sont constamment confrontées aux conséquences de l'absence de marché et sont particulièrement exposées aux risques et aux chocs répétés. Un vaste éventail de facteurs environnementaux, économiques, sanitaires, démographiques, sociaux et politiques sont des sources majeures de vulnérabilité dans ces communautés.

Depuis l'adoption des cinq nouveaux objectifs stratégiques de la FAO, la protection sociale est devenue un champ d'intérêt important pour l'Organisation. Ce document d'orientation, élaboré par la FAO en collaboration avec l'Université des Nations Unies – Centre de recherche et de formation économique et sociale de Maastricht pour l'innovation et la technologie, s'appuie sur un examen de la documentation mondiale et sur des études de cas nationaux provenant du Burkina Faso, de la Chine et de l'Ouganda, en vue d'explorer les besoins des communautés dépendantes des forêts en matière d'amélioration de la protection sociale. Entre autres choses, le document recommande d'inclure des objectifs relatifs à l'environnement et à la lutte contre la pauvreté dans les interventions de protection sociale et de foresterie, et de sensibiliser aux synergies potentielles entre ces domaines.

Disponible en ligne: [www.fao.org/3/a-i7008e.pdf](http://www.fao.org/3/a-i7008e.pdf)



### Le rôle des organisations de petits exploitants forestiers dans l'adaptation au changement climatique et l'atténuation de ses effets

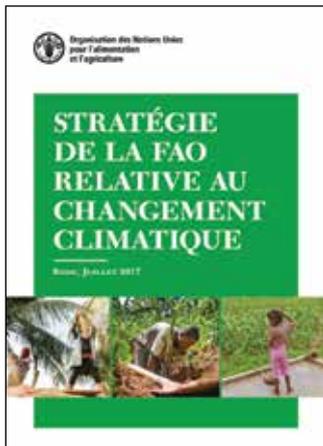
*Smallholder forest producer organizations in a changing climate*. 2017. Mécanisme forêts et paysans. Rome, FAO.

Les organisations nationales et les réseaux de petits exploitants forestiers jouent un rôle important dans l'adaptation au changement climatique et l'atténuation de ses effets, allant de l'action politique à l'action pratique. Les actions novatrices et réussies en matière de climat exploitent les forces de chaque organisation et s'appuient sur la base de membres tout comme sur des alliances d'organisations au sein de réseaux impliquant de multiples acteurs.

Cette publication résume les résultats d'une étude sur les moyens novateurs grâce auxquels les organisations de petits producteurs forestiers dans les pays en développement contribuent à l'adaptation au changement climatique et à l'atténuation de ses effets. L'étude a été effectuée par l'organisme finlandais pour le développement alimentaire et forestier et l'Institut finlandais de l'environnement, en collaboration avec le Mécanisme forêts et paysans.

Le Mécanisme forêts et paysans est un partenariat entre la FAO, l'Institut international pour l'environnement et le développement, l'Union internationale pour la conservation de la nature et AgriCord.

Disponible en ligne: [www.fao.org/3/a-i7404e.pdf](http://www.fao.org/3/a-i7404e.pdf)



### Approche de la FAO en matière de changement climatique

*Stratégie de la FAO relative au changement climatique.* 2017. Rome, FAO.

Trois résultats escomptés servent de cadre à la stratégie de la FAO relative au changement climatique:

1. Les capacités des États Membres dans le domaine du changement climatique sont renforcées, sous la direction de la FAO dans son rôle de fournisseur de savoirs et de compétences techniques.
2. La sécurité alimentaire, l'agriculture, les forêts et la pêche sont mieux intégrées au programme d'action international concernant le changement climatique, grâce à un engagement accru de la FAO.
3. La coordination et l'exécution des travaux de la FAO sur le changement climatique sont renforcées.

La stratégie relative au changement climatique met la FAO sur la voie conduisant à réaliser les Objectifs de développement durable (ODD), en particulier les ODD 1, 2 et 13. En termes opérationnels, elle fait partie intégrante du Cadre stratégique, du Plan à moyen terme, et du Programme de travail et budget de l'Organisation.

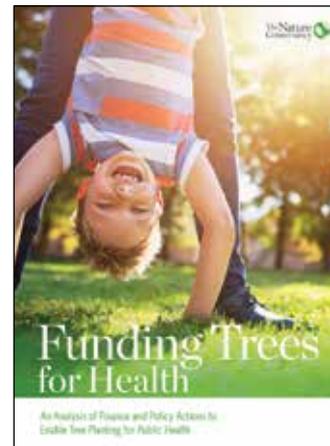
La stratégie sera mise en œuvre au travers d'un plan d'action conçu pour renforcer les capacités actuelles de la FAO, en particulier dans les bureaux décentralisés, et elle présente les résultats que l'Organisation devra atteindre au travers de ses programmes stratégiques.

Disponible en ligne: [www.fao.org/3/a-i7175f.pdf](http://www.fao.org/3/a-i7175f.pdf)

Disponible en ligne aussi en:

Anglais – [www.fao.org/3/a-i7175e.pdf](http://www.fao.org/3/a-i7175e.pdf)

Espagnol – [www.fao.org/3/a-i7175s.pdf](http://www.fao.org/3/a-i7175s.pdf)



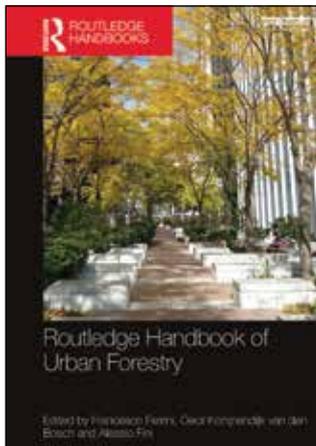
### Investir dans les arbres pour améliorer la santé

*Funding trees for health: an analysis of finance and policy actions to enable tree planting for public health.* R. McDonald, L. Aljabar, C. Aubuchon, H.G. Birnbaum, C. Chandler, B. Toomey et J. Daley, *et al.* 2017. Arlington, États-Unis d'Amérique, The Nature Conservancy.

Chaque année, près de 4 millions de personnes meurent dans le monde à cause de la pollution atmosphérique, qui a des impacts permanents sur la santé des individus au travers de maux tels que l'asthme, les maladies cardiaques et les accidents vasculaires cérébraux. Chaque été, des milliers de décès qui pourraient être évités sont provoqués par les épisodes de canicule dans les zones urbaines. Si les études ont montré que les arbres constituent une solution peu coûteuse pour répondre à ces deux défis, l'investissement dans la foresterie urbaine manque toutefois perpétuellement de fonds adéquats.

Ce rapport examine le lien existant entre les arbres et la santé publique, dont des travaux scientifiques récents ont montré qu'il était solide et significatif sur le plan économique. Une des manières de surmonter l'obstacle du financement à la foresterie urbaine, disent les auteurs, est de relier plus étroitement les objectifs et le financement du secteur de la santé aux objectifs et au financement des organismes s'occupant de foresterie urbaine. Les auteurs exhortent instamment les villes à établir des liens entre les institutions chargées de la santé et celles chargées de la foresterie urbaine, en utilisant un des modèles potentiels présentés dans le rapport.

Disponible en ligne: <http://tinyurl.com/ydauygzn>



### Créer des environnements urbains durables

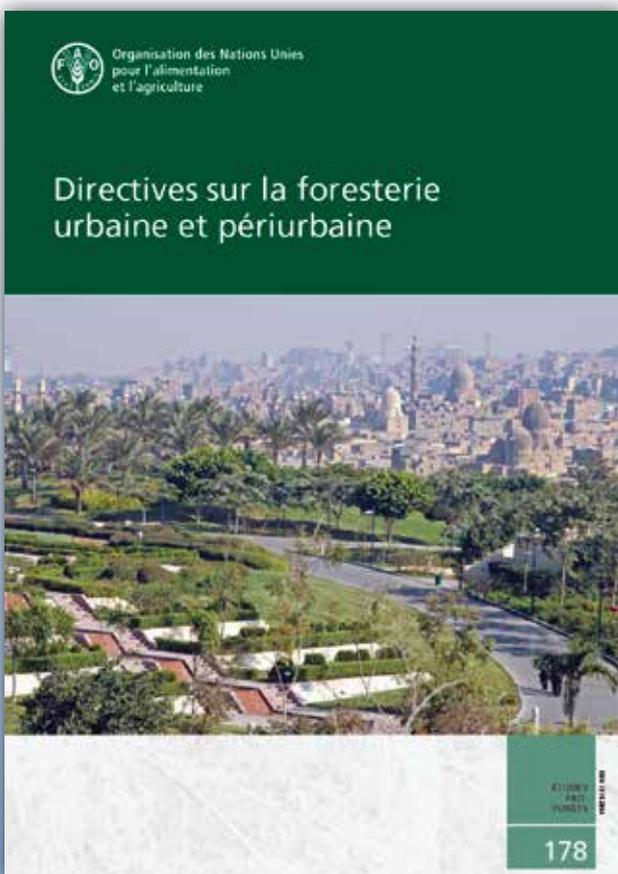
*Routledge handbook of urban forestry*, 2017. F. Ferrini, C.C. Konijnendijk van den Bosch et A. Fini. Abingdon, Royaume-Uni, Routledge. ISBN: 9781138647282 (édition cartonnée); 9781315627106 (livre numérique)

Plus de la moitié de la population mondiale vit aujourd'hui dans les villes. Créer des environnements urbains durables, sains et esthétiques constitue par conséquent un objectif politique et un domaine de recherche majeurs. Ce manuel général offre un aperçu global de l'état et de la science de la foresterie urbaine. Il décrit les multiples fonctions et avantages de l'ensemble des espaces verts urbains et le rôle spécifique des arbres; il examine les divers facteurs de stress auxquels sont soumis les arbres dans les villes et leurs mécanismes de tolérance, de même que les techniques culturelles permettant le préconditionnement ou l'allègement du stress après la plantation; et il présente les grandes lignes d'une approche judicieuse en matière de planification, choix des espèces, établissement et gestion des arbres urbains. Le manuel montre que l'implication étroite des communautés urbaines locales qui bénéficient des arbres est un élément essentiel de la réussite des initiatives.

Disponible à la vente sur: [www.routledge.com/Routledge-Handbook-of-Urban-Forestry/Ferrini-Konijnendijk-van-den-Bosch-Fini/p/book/9781138647282](http://www.routledge.com/Routledge-Handbook-of-Urban-Forestry/Ferrini-Konijnendijk-van-den-Bosch-Fini/p/book/9781138647282)



Parc de Namsan, Séoul,  
République de Corée



# Directives sur la foresterie urbaine et périurbaine

Un guide applicable à l'échelle mondiale pour le développement de forêts susceptibles de répondre aux besoins actuels et futurs des villes en matière de produits et services écosystémiques forestiers

par Fabio Salbitano, Simone Borelli, Michela Conigliaro et Yujuan Chen

Étude FAO: Forêts n° 178

Disponible en anglais, en espagnol et en français:

Anglais: [www.fao.org/3/a-i6210e.pdf](http://www.fao.org/3/a-i6210e.pdf)

Français: [www.fao.org/3/a-i6210f.pdf](http://www.fao.org/3/a-i6210f.pdf)

Espagnol: [www.fao.org/3/a-i6210s.pdf](http://www.fao.org/3/a-i6210s.pdf)

