

POUR LA SCIENCE HORS-SERIE

Édition française de Scientific American

COMPLÉTEZ VOTRE COLLECTION DÈS MAINTENANT!



N° 89 (oct. 15)
réf. DO089



N° 90 (janv. 16)
réf. DO090



N° 91 (avr. 16)
réf. DO091



N° 92 (juil. 16)
réf. DO092



N° 93 (oct. 16)
réf. DO093



N° 94 (janv. 17)
réf. DO094



N° 95 (avr. 17)
réf. DO095



N° 96 (août 17)
réf. DO096



N° 97 (nov. 17)
réf. DO097



N° 98 (févr. 18)
réf. DO098



N° 99 (mai 18)
réf. DO099



N° 100 (août 18)
réf. DO100

RETROUVEZ L'ENSEMBLE DES ANCIENS NUMÉROS SUR BOUTIQUE.POURLASCIENCE.FR/HORS-SERIE.HTML

À retourner accompagné de votre règlement à :

Pour la Science – Service VPC – 19 rue de l'Industrie – BP 90053 – 67402 Illkirch Cedex – email : pourlascience@abopress.fr



OUI, je commande des numéros de Pour la Science Hors-série, au tarif unitaire de 10,90 €.

1 / JE REPORTE CI-DESSOUS LES RÉFÉRENCES à 5 chiffres correspondant aux numéros commandés :

1^{re} réf. _____ x 10,90 € = _____ €

2^e réf. _____ x 10,90 € = _____ €

3^e réf. _____ x 10,90 € = _____ €

4^e réf. _____ x 10,90 € = _____ €

5^e réf. _____ x 10,90 € = _____ €

6^e réf. _____ x 10,90 € = _____ €

TOTAL À RÉGLER _____ €

Offre valable jusqu'au 31/12/2018 en France Métropolitaine. Pour une livraison à l'étranger, merci de consulter boutique.pourlascience.fr

Les informations que nous collectons dans ce bon de commande nous aident à personnaliser et à améliorer les services que nous vous proposons. Nous les utiliserons pour gérer votre accès à l'intégralité de nos services, traiter vos commandes et paiements, et vous faire part notamment par newsletters de nos offres commerciales moyennant le respect de vos choix en la matière. Le responsable du traitement est la société Pour la Science. Vos données personnelles ne seront pas conservées au-delà de la durée nécessaire à la finalité de leur traitement. Pour la Science ne commercialise ni ne loue vos données à caractère personnel à des tiers. Les données collectées sont exclusivement destinées à Pour la Science. Nous vous invitons à prendre connaissance de notre charte de protection des données personnelles à l'adresse suivante : <https://rebrand.ly/charte-donnees-pls> Conformément à la réglementation applicable (et notamment au Règlement 2016/679/UE dit « RGPD ») vous disposez des droits d'accès, de rectification, d'opposition, d'effacement, à la portabilité et à la limitation de vos données personnelles. Pour exercer ces droits (ou nous poser toute question concernant le traitement de vos données personnelles), vous pouvez nous contacter par courriel à l'adresse protection-donnees@pourlascience.fr.

2 / J'INDIQUE MES COORDONNÉES

☐ M. ☐ Mme

Nom : _____

Prénom : _____

Adresse : _____

Code postal _____ Ville : _____

Téléphone _____

J'accepte de recevoir les offres de Pour la Science ☐ OUI ☐ NON

3 / JE CHOISIS MON MODE DE RÈGLEMENT

☐ Par chèque à l'ordre de Pour la Science

☐ Carte bancaire

N° _____

Date d'expiration _____

Clé (les 3 chiffres au dos de votre CB) _____

Signature obligatoire :

Groupe Pour la Science – Siège social : 170 bis, boulevard du Montparnasse, CS20012, 75680 Paris Cedex 14 – Sarl au capital de 32000 € – RCS Paris B 311 797 393 – Siret : 311 797 393 000 23 – APE 5814 Z



PLUS SIMPLE, PLUS RAPIDE
ABONNEZ-VOUS SUR BOUTIQUE.POURLASCIENCE.FR

Les arbres sont indispensables dans nos villes, pour notre santé et notre bien-être. Ils font partie intégrante de nouveaux immeubles, ici à Milan, en Italie.





© Goran Bogicevic / Shutterstock.com

LES ARBRES ET NOUS, UN AVENIR COMMUN

Les services rendus par les arbres et les autres plantes à l'humanité sont innombrables. D'abord, l'air que nous respirons leur doit tout. Ensuite, ils rendent les villes plus vivables en atténuant la chaleur et la pollution. Leurs effets sur le bien-être, ne serait-ce qu'en en voyant par la fenêtre du bureau, sont de mieux en mieux explorés et compris. Et pourtant, la nature est toujours plus menacée par les activités humaines. Plusieurs tentatives pour la protéger existent, mais peuvent-elles vraiment être efficaces sans que l'on change notre rapport à l'environnement ? Sans que l'on change le statut juridique de la nature ? Nous devons prendre conscience qu'humains et arbres partagent une communauté de destins. Plus encore, le monde végétal peut se passer de l'humanité, l'inverse est inconcevable.

Comme un arbre dans la ville...

**On ne compte plus les services écologiques rendus
par les arbres en milieu urbain : diminution de la chaleur,
lutte contre la pollution, amélioration du bien-être des habitants...
Reste à planter rapidement des forêts citadines**



L'ESSENTIEL

● Séquestration du carbone, diminution de la chaleur, préservation de la biodiversité, lutte contre la pollution... les services que rendent les arbres en ville sont nombreux.

● Ils sont d'autant plus importants en ville que la population urbaine augmente.

● Cependant, certains effets néfastes, telles les allergies, sont à surveiller et à réduire.

● Plusieurs grandes métropoles ont lancé des programmes ambitieux de « reforestation » des villes. C'est essentiel pour aujourd'hui et encore plus pour demain.

L'AUTEUR



SERGE MULLER est chercheur à l'Institut de systématique, évolution, biodiversité (Isyeb), au Muséum national d'histoire naturelle, à Paris.

E

n 2014, une forêt a été inaugurée à... Paris.

Dans le cadre du Grand Projet de renouvellement urbain du Nord-Est de Paris, près de 3000 arbres et 2000 arbustes ont été plantés le long du périphérique, dans le nord du XIX^e arrondissement. L'ensemble, qui a vocation à s'étendre, va peu à peu se développer afin d'améliorer le cadre de vie des riverains et de renforcer la biodiversité. Ce projet est emblématique des efforts consentis par les collectivités pour donner ou redonner une place plus importante à la nature et aux arbres en milieu urbain. Quelles sont leurs motivations ?

Les villes abritent plus de la moitié de la population mondiale et cette proportion devrait passer à 75 % à l'horizon 2050. Elles occupent environ 10 % des surfaces terrestres et ce taux ne cesse également de croître. Ces espaces artificialisés contribuent de façon importante, par les activités humaines, au changement climatique, mais ils en subissent aussi, parfois spectaculairement, les conséquences, en particulier au niveau des températures et des événements climatiques extrêmes. De plus en plus de villes prennent conscience de ces problèmes et mettent en place des programmes pour en limiter les effets, à l'image du Nouveau Plan climat, air, énergie, adopté en novembre 2017 par Paris, qui a pour objectif de constituer une ville neutre en carbone et

100 % énergies renouvelables d'ici à 2050. Les arbres sont au cœur des mesures préconisées. Pour quelles raisons ? Pour bénéficier des nombreux services écologiques qu'ils rendent !

LES SERVICES ÉCOLOGIQUES

Le premier est le stockage du carbone. En effet, la photosynthèse conduit, par l'absorption de CO₂ atmosphérique, à la séquestration du carbone par les arbres sous forme de biomasse végétale pendant sa croissance jusqu'à sa maturité (l'arbre émet ensuite du carbone pendant sa phase de sénescence). En 2014, Wissal Selmi, alors à l'université de Strasbourg, a montré que les arbres de cette ville stockent 128 000 tonnes de carbone et en capturent environ 3 700 tonnes par an, cette valeur prenant en compte la quantité de carbone émise par les arbres dépérissants. Ce stockage varie notablement selon les essences et surtout selon des dimensions des arbres, allant de 19 kilogrammes pour un arbre de 10 centimètres de diamètre à hauteur de poitrine jusqu'à 5 700 kilogrammes pour un diamètre de 110 centimètres. Quoi qu'il en soit, ce phénomène d'absorption du carbone contribue à l'atténuation du réchauffement climatique.

Un autre intérêt des arbres est la lutte contre les îlots de chaleur, ces secteurs des villes où les températures ont, du fait du caractère très minéral du milieu, des valeurs supérieures de plusieurs degrés par rapport aux zones avoisinantes. Ainsi, les centres des villes sont recouverts de « dômes » de chaleur où la différence de température avec les milieux non urbanisés proches atteint 4 à 5 °C. Lors de la canicule d'août 2003, la nuit, il faisait même 8 °C moins chaud dans les campagnes d'Île-de-France qu'au centre de Paris. Pourtant, les deux lieux ne sont distants que de 65 kilomètres.

Les arbres contribuent à la lutte contre les phénomènes d'îlot de chaleur urbain grâce à l'ombrage qu'ils fournissent lors des fortes chaleurs et à l'évapotranspiration des eaux pluviales. Le programme de recherche VegDUD (rôle du végétal dans le développement urbain durable), >

À Barcelone, en Espagne, les arbres plantés le long des Ramblas ne sont pas uniquement décoratifs : ils sont utiles.

➤ mené entre 2007 et 2014 par l'association Plante & Cité avec l'appui de nombreux organismes de recherche, a mis en évidence cet effet. Dans une rue, un alignement d'arbres (2 rangées de 9 mètres de hauteur) diminue de quelques degrés la température de l'air. La chute des températures des surfaces à l'ombre des arbres peut dépasser les 10 °C et ainsi améliorer significativement le confort dans la rue. Les humains ne sont pas les seuls à profiter des arbres en ville.

Les arbres des villes constituent des éléments et des habitats de nombreuses espèces animales, végétales et fongiques. Les peuplements ligneux urbains contribuent par ailleurs aux trames vertes, en assurant la connexion avec les espaces forestiers plus naturels. Cette biodiversité urbaine est toutefois assez composite.

On peut y distinguer une biodiversité domestique, constituée d'espèces commensales

Wissal Selmi, indiquent un taux d'élimination des polluants par les arbres publics à Strasbourg de six grammes par mètre carré et par an, comparable à celui de New York (6,7 grammes), mais plus faible qu'à Los Angeles (23,1 grammes).

ATMOSPHÈRE, ATMOSPHÈRE

Toutefois, la proportion de polluants éliminés par rapport à ceux émis apparaît assez modeste à Strasbourg, par exemple 0,03% pour le CO, 0,5% pour le SO₂, 0,5% pour le NO₂... Les valeurs obtenues en 2011 dans un parc à Shanghai, une ville plus polluée, sont un peu plus élevées (2,6% pour NO₂, 5,3% pour SO₂...).

Cet effet faiblement positif peut toutefois être remis en question par le ralentissement de la circulation de l'air et de la diffusion des polluants par les arbres dans les villes. En



À Paris, le parc Montsouris est un des poumons verts de la ville, qui profite de ses bienfaits.

de l'homme, introduites en ville à des fins ornementales ou de services: arbres et végétaux plantés ou semés, animaux de compagnie... Par ailleurs, on trouve une biodiversité naturalisée formée d'espèces introduites, volontairement ou non, par l'homme, qui se maintiennent et reproduisent spontanément dans le milieu urbain, certaines pouvant devenir invasives. Enfin, une biodiversité autochtone réunit les espèces indigènes dans la région, présentes spontanément dans le milieu urbain.

Ces ensembles hétérogènes composent «la nature en ville». Ils forment des communautés et écosystèmes originaux, qui assurent des services écologiques. Ils peuvent même, à en croire les travaux d'Ingo Kowarik, de l'université technique de Berlin, en Allemagne, abriter certaines espèces rares et menacées (le faucon pèlerin, la chouette effraie...). Mais cette biodiversité urbaine ne saurait remplacer celle des habitats davantage naturels ou sauvages, fortement menacée par l'expansion humaine et ses dégradations partout dans le monde.

Les arbres contribuent également à purifier l'atmosphère en absorbant des polluants et en fixant des particules fines. Les études menées en 2014 sur la ville de Strasbourg, par

conséquence, les urbanistes doivent prendre en compte les modalités de circulation de l'air dans la conception de leurs projets et les opérations de végétalisation. Mais l'amélioration de la qualité de l'air en ville nécessite avant tout de juguler les sources de pollution!

Les arbres, organismes vivants, participent à la diversité et la qualité des paysages urbains, en apportant des variations de couleurs et de formes dans l'espace et le temps, rompant ainsi la monotonie des espaces minéralisés. Ils contribuent également à marquer l'histoire des villes par des arbres considérés comme patrimoniaux, témoins d'événements heureux ou tragiques.

De nombreuses études sur leur impact positif sur la santé et le bien-être humain ont été réalisées ces dernières années. Déjà en 1984, Roger Ulrich, de l'École polytechnique Chalmers, à Göteborg, en Suède, avait montré dans un hôpital de Pennsylvanie, aux États-Unis, que la convalescence de patients postopératoires était plus rapide lorsqu'ils avaient une vue sur des arbres que sur un mur de briques.

En 2011, Geoffrey Donovan, du département américain de l'Agriculture, a mis en évidence un lien entre l'importance du couvert

ÉVALUER LES SERVICES RENDUS PAR LES ARBRES

Plusieurs outils et indices ont été développés au niveau international pour évaluer les services écologiques apportés par les arbres dans les villes. Ainsi le service forestier américain a mis au point le logiciel i-Tree d'évaluation et d'aide à la décision, avec de nombreuses applications. Parmi elles, i-Tree Eco permet d'évaluer les services écologiques rendus par les arbres. Après d'autres villes européennes comme Barcelone ou Zürich, cet outil a été appliqué pour la première fois en France en 2014, à Strasbourg, dans le cadre de la thèse de doctorat de Wissal Selmi dont nous avons évoqué certains résultats précédemment. Un outil complémentaire i-Tree Species mis au point en 2002, permet de guider le choix, parmi 1 600 espèces, des arbres les mieux adaptées à chaque situation et chaque objectif.

lignieux dans les quartiers et une diminution des problèmes lors des accouchements.

En 2015, Omid Kardan, de l'université de Chicago, aux États-Unis, et ses collègues ont établi à Toronto, au Canada, une relation significative entre une densité plus importante d'arbres dans les rues et la perception d'une meilleure santé par la population. Sur un plan davantage économique, on a constaté à Angers une hausse du prix de vente moyen des appartements liée à l'augmentation de la densité d'espaces verts en périphérie. Ces différents résultats montrent bien la perception très positive qu'a une majorité de citoyens de la présence d'arbres et d'espaces verts boisés à proximité de leurs habitations, ce qui constitue certainement un des principaux services rendus par les arbres à l'homme.

Cependant, on doit aussi relever quelques aspects négatifs liés à la présence des arbres dans les villes. On parle parfois de «disservices», correspondant aux fonctions des écosystèmes perçues comme négatives pour le bien-être humain.

DE L'INCONVÉNIENT DES ARBRES

Par exemple, les arbres émettent des composés volatils solubles, ou BVOC (pour *Biogenic Volatile Organic Compounds*), qui, combinés avec des oxydes d'azote émis par la combustion des hydrocarbures produits par les véhicules, conduisent à la production d'ozone. Les productions de BVOC varient selon les espèces. Ainsi, Abigale Curtis, de l'université du Colorado, à Boulder, aux États-Unis, et ses collègues ont comparé les émissions de neuf espèces d'arbres à Denver, au Colorado et mis en évidence des taux variant de 0,07 microgramme de composés par gramme d'arbre et par heure ($\mu\text{g/g/h}$) pour l'érable à sucre, *Acer saccharum*, à 6,61 $\mu\text{g/g/h}$ pour le marronnier glabre, *Aesculus glabra*. En conséquence, dans les zones polluées par les oxydes d'azote, on doit choisir des espèces les moins productrices de BVOC pour minimiser la production d'ozone.

Les allergies dues au pollen de certaines espèces (bouleaux, aulnes, saules...) sont une autre nuisance importante. Les services municipaux doivent leur préférer, dans les zones sensibles, des espèces de substitution non ou peu allergisantes (copalmes, érables, féviers, micocouliers, sophoras...).

PLANTER TOUJOURS PLUS

Cette évaluation des services rendus par les arbres plaide pour leur accorder une place sensiblement plus importante dans les milieux urbains, devant tendre vers la création de réelles forêts urbaines.

Certaines cités nord-américaines (Toronto, Seattle...) ont d'ores et déjà lancé des programmes très ambitieux en la matière. Ainsi, Montréal, au Canada, a lancé en 2012 le Plan d'action canopée pour la plantation de 300 000 arbres d'ici à 2025, afin d'atteindre un couvert forestier de la ville de 25%. Mais la palme revient certainement à New York, où depuis 2007 le projet MillionTreesNYC prévoit la plantation de pas moins d'un million d'arbres dans la ville!

En France, la métropole de Lyon a adopté dès 2000, une Charte de l'arbre, renouvelée en 2011 et en 2016 pour faire face au changement climatique. Cette charte comporte également un Plan canopée exemplaire qui a conduit à planter 33 000 arbres depuis 2003 et projette d'en planter encore 40 000 d'ici à 2030 dans les espaces publics de la métropole. L'objectif est d'augmenter la proportion de couvert ombragé des espaces publics de 12 à 22% et celle du linéaire de voiries planté de 21 à 29%, tout en privilégiant une diversité d'essences pour faire face aux risques et aléas possibles.

Le tout récent rapport (juillet 2018) : *La nature en ville: Comment accélérer la dynamique?*, du Comité économique social et environnemental a mis l'accent sur l'urgence d'engager les transitions écologiques vers davantage de nature en ville. Les arbres en constituent un élément essentiel et structurant. Les autorités doivent toutefois faire preuve d'anticipation car, contrairement aux pelouses et aux jardins potagers qui peuvent être créés en une ou quelques années, les effets positifs des plantations ligneuses ne seront notables qu'à partir de vingt ou trente ans et continueront de s'accroître au cours des décennies et des siècles suivants.

Nous apprécions actuellement les peuplements ligneux dans les avenues et les parcs urbains créés à la fin du XIX^e siècle (tels ceux des buttes Chaumont ou du parc Montsouris, à Paris). C'est donc dans les toutes prochaines années qu'il nous faudra réaliser les plantations qui agrémenteront nos villes au cours de la deuxième moitié et de la fin du XXI^e siècle, lorsque celles-ci devront faire face à des canicules sans commune mesure avec celles de cet été 2018. ■

BIBLIOGRAPHIE

W. SELMI ET AL., Air pollution removal by trees in public green spaces in Strasbourg city, France, *Urban Forestry & Urban Greening*, vol. 17, pp. 192-201, 2016.

O. KARDAN ET AL., Neighborhood greenspace and health in a large urban center, *Scientific Reports*, vol. 5, art. 11610, 2015.

C. CALFAPIETRA ET AL., Role of biogenic volatile organic compounds (BVOC) emitted by urban trees on ozone concentration in cities: A review, *Environmental Pollution*, vol. 183, pp. 71-80, 2013.

A. LEE ET R. MAHESWARAN, The health benefits of urban green spaces: a review of the evidence, *Journal of Public Health*, vol. 33, pp. 212-222, 2011.

L'ESSENTIEL

● L'intérêt des bienfaits physiques et psychiques de la nature ne cesse de croître dans nos sociétés.

● C'est aussi le cas de la communauté scientifique qui s'intéresse aux mécanismes de ces bienfaits : les études à ce sujet sont de plus en plus nombreuses.

● Elles confirment ces effets positifs et rappellent que les êtres humains font partie intégrante de la nature.

● Tous ces résultats invitent à renforcer les mesures de protection de la biodiversité, de l'environnement et de la nature. Il en va du devenir de l'humanité.

L'AUTEURE



ALIX COSQUER
chercheuse en psychologie
environnementale au Centre
d'écologie fonctionnelle
et évolutive (CEFE, CNRS),
à Montpellier.

Une forêt de bienfaits

En termes de santé et de bien-être, se rapprocher de la nature en pratiquant des « bains de forêt » par exemple, rime avec bénéfices. Quels sont les mécanismes physiologiques derrière ces bienfaits ?

Ê

tes-vous un adepte du *shinrin yoku*? Cette pratique des «bains de forêt», venue du Japon, est très en vogue aujourd'hui en France. Elle consiste à s'immerger dans une forêt en prêtant attention à ses sens et au moment présent. L'idée est de

rapprocher l'humain de la nature afin de profiter de cette interaction. On parle même de sylvothérapie, car cette expérience peut relever de la médecine, notamment préventive. Une marche attentive en forêt favoriserait la relaxation, la réduction du stress, les fonctions immunitaires... Ces bienfaits s'inscrivent dans ceux, plus nombreux encore, que prodigue la nature.

UNE DÉLICIEUSE IVRESSE

Ces bénéfices sont connus depuis longtemps, et déjà, Jean-Jacques Rousseau dans *Les Rêveries du promeneur solitaire*, évoquait ce bien-être et ce sentiment de connexion suscités par une observation immersive et attentive de la nature: «Plus un contemplateur a l'âme sensible, plus il se livre aux extases qu'excite en lui cet accord [l'harmonie des trois règnes]. Une ➤



© TonelloPhotography/Shutterstock.com