



ENJEUX SCIENCES

QUELLE PLACE POUR L'ARBRE EN VILLE?

ENTRE BÉNÉFICES ET CONTRAINTES

BASTIEN CASTAGNEYROL

éditions
Quæ

QUELLE PLACE POUR L'ARBRE EN VILLE ? ENTRE BÉNÉFICES ET CONTRAINTES

BASTIEN CASTAGNEYROL

Éditions Quæ

Dans la même collection

Pollutions sensorielles. La face cachée de notre empreinte écologique ?
Sordello R., 2026, 120 p.

Tiques et santé. Biologie, maladies, maîtrise du risque
Rispe C., Bournez L., Durand J., Duron O., René-Martellet M.,
2026, 120 p.

Marine biological invasions
Goulletquer P., 2025, 120 p.

Pour citer cet ouvrage

Castagneyrol B., 2026. *Quelle place pour l'arbre en ville ?
Entre bénéfices et contraintes*. Versailles, éditions Quæ, 108 p.
<https://doi.org/10.35690/978-2-7592-4311-2>

Les éditions Quæ réalisent une évaluation scientifique des manuscrits
avant publication dont la procédure est décrite ici :
<https://www.quae.com/store/page/199/processus-d-evaluation>

Le processus éditorial s'appuie également sur un logiciel
de détection des similitudes et des textes potentiellement générés
par intelligence artificielle (IA).

La diffusion en accès ouvert de cet ouvrage a été soutenue par INRAE
et l'université de Bordeaux au travers du projet ANR-RP2-2023-OSCAR.

Les versions numériques de cet ouvrage sont diffusées
sous licence CC-by-NC-ND 4.0
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

© Éditions Quæ, 2026

ISBN papier : 978-2-7592-4310-5
ISBN epub : 978-2-7592-4312-9

ISBN PDF : 978-2-7592-4311-2
ISSN : 2267-3032

Éditions Quæ
RD 10
78026 Versailles Cedex
www.quae.com / www.quae-open.com

Sommaire

Introduction	5
1. Qu'est-ce qu'un arbre ?	9
La réponse du botaniste	9
La réponse de l'écologue	13
La réponse de l'urbaniste	17
De l'importance de croiser les regards	18
2. Qu'est-ce qu'une forêt urbaine ?	21
La forêt urbaine est riche en espèces, mais pauvre en diversité	22
La forêt urbaine est hétérogène	25
Le port des arbres urbains est architecturé	26
Une démographie en J renversé	29
La forêt urbaine est en grande partie privée	32
Les arbres ne sont pas seuls	32
La forêt urbaine ne se gère pas comme une forêt	35
3. Une forêt urbaine : pour qui, pour quoi ?	37
Notions de services et de desservices écosystémiques	37
Modification du climat à différentes échelles	40
Modification de la qualité de l'air	47
Contribution au bien-être	49
4. Comment la forêt urbaine fait-elle face aux changements globaux ?	57
Les changements climatiques menacent les arbres urbains	57
La lumière des villes modifie la physiologie et la phénologie des arbres	61
Les arbres urbains face aux agressions biotiques	65
Préparer la forêt urbaine à affronter des risques multiples en interaction	72



5. Quels arbres et quelle forêt pour les villes de demain ?..... 73

Prendre soin des arbres existants 73

Renouveler la forêt urbaine 74

Des arbres pour tous 80

Sept commandements pour la forêt urbaine de demain..... 87

6. Quelles priorités pour la recherche sur la forêt urbaine ?..... 89

Une recherche encore morcelée 89

Planter des arbres ne suffira pas 91

Penser la forêt urbaine au-delà des arbres 93

Le mot de la fin 99

Références bibliographiques 101



Introduction

La ville n'est *a priori* pas faite pour les arbres. Il n'y a pas d'arbres dans la ville du *Robert* qui la décrit comme «un milieu géographique et social formé par une réunion importante de constructions abritant des habitants qui travaillent, pour la plupart, à l'intérieur de l'agglomération». Il n'y en a pas plus dans le *Larousse* pour lequel la ville est une «agglomération relativement importante et dont les habitants ont des activités professionnelles diversifiées».

La ville, ce sont des personnes qui s'agglomèrent et s'affairent. C'est une création des humains pour les humains. Si d'autres êtres vivants y survivent ou y prospèrent, c'est soit parce que nous les choyons, soit que les plus robustes ont échappé à notre contrôle, soit qu'ils ne représentent rien pour nous, ou si peu. La ville est en effet une source de stress pour de nombreux organismes. Elle est bruyante. Elle est brillante : l'éclairage nocturne perturbe les plantes, qui utilisent la lumière naturelle comme marqueur du temps qui passe, et les animaux, qui font de la nuit leur terrain de chasse. Il fait plus chaud en ville que dans la campagne environnante, au-delà du supportable pendant les épisodes de canicule. L'air y est plus pollué ; le sol, simplifié à l'excès. Les habitats naturels sont réduits à de petites surfaces et fragmentés dans une matrice minérale. L'humain s'y affine. Il circule, consomme, échange. Des espèces venues d'ailleurs, qualifiées d'«exotiques», accompagnent clandestinement ces échanges. Trouvant dans les villes des espaces perturbés et des communautés biologiques appauvries, ces espèces exotiques s'y établissent sans trop de difficultés et s'y multiplient au point de devenir envahissantes et de perturber davantage les espaces naturels, dans la ville et au-delà de ses frontières. Pourtant, cette nature que l'urbanisation déchire est un levier essentiel pour atténuer les effets des changements globaux (pollutions, destruction des habitats naturels, érosion de la biodiversité, changements climatiques) sur les personnes qui vivent, étudient



ou travaillent en ville. L'enjeu n'est rien de moins que de rendre les villes durablement vivables (encadré 1).

Dans cette urgence, les arbres occupent une place particulière qui n'est pas le fruit du hasard. Ils sont à la fois des éléments du paysage urbain et des symboles de la nature et de la capacité des humains à la maîtriser. Leur présence en ville est le résultat d'un équilibre délicat entre leurs besoins biologiques, les souhaits des humains et les lois en vigueur. Or, ce qui est aujourd'hui

ENCADRÉ 1. L'ARBRE URBAIN AU FIL DU TEMPS

« Les arbres ont longtemps été considérés comme du mobilier urbain, des éléments que l'on pouvait déplacer, installer, supprimer selon les besoins, les modes ou les affects. Dès le Moyen Âge, l'arbre urbain a cette ambivalence : ressource essentielle à la construction et à la production d'énergie quand il est abattu et débité, vitrine du pouvoir économique, politique et culturel quand il est aligné, taillé, maîtrisé. Le dilemme entre ces deux fonctions s'accroît avec la révolution industrielle. D'un côté, le bois est nécessaire à la voracité énergétique de l'industrie, et il faut de la place pour loger la main-d'œuvre. D'un autre côté, on reconnaît les vertus hygiénistes des parcs et des jardins, sensés nettoyer l'air vicié des villes et favorisant l'activité physique et sociale des citadins. En France, l'arbre se retire un peu des villes pendant les Trente Glorieuses, du moins dans les périphéries où l'on construit de grands ensembles d'habitations et dans les quartiers pavillonnaires : l'amélioration du niveau de vie et le développement de la voiture individuelle réduisent la perception des bienfaits des arbres sur la santé des personnes, ou permettent d'aller facilement les chercher hors des villes. C'est la lente prise de conscience d'une dégradation alarmante de l'environnement — et de la capacité de l'humain à continuer à en tirer des avantages — qui fait que l'arbre et plus généralement la nature en ville font leur retour dans les politiques d'aménagement urbain au tournant des années 1990. On voit dès lors s'opérer un glissement, pas encore abouti, entre un besoin de gérer les espaces verts urbains pour améliorer le bien-être des citadines et des citadins et une reconnaissance de la place intrinsèque de l'arbre et du vivant dans le socio-écosystème urbain. »

Extrait de Castagnérol *et al.*, 2026.

Les personnes intéressées par ces aspects historiques peuvent se référer à l'ouvrage de Charles-François Mathis et Émilie-Anne Pépy, *La Ville végétale. Une histoire de la nature en milieu urbain (France, XVI^e-XXI^e siècle)*, publié en 2017.

possible, souhaitable ou autorisé ici ne l'est pas forcément là, ou ne le sera peut-être plus demain. Les changements globaux compromettent le « biologiquement possible ». La nécessité vitale de s'y adapter et d'en atténuer les effets met en tension ce qui est souhaité individuellement et souhaitable collectivement, au risque de rendre obsolètes les cadres réglementaires du passé.

L'arbre coincé entre les maisons et la voie de circulation des bus sur une avenue, celui qui ombrage l'allée menant à un hôtel particulier dans le centre historique de la ville ou celui d'un bois qui préexistait à l'expansion d'une banlieue pavillonnaire ont des destins différents que l'on ne peut comprendre qu'en adoptant une vue d'ensemble. L'arbre urbain s'intègre dans un ensemble plus large : la forêt urbaine. À ce stade, il n'est pas clair si cette « forêt urbaine » désigne une véritable entité écologique, une métaphore ou un oxymore. Disons simplement que c'est un cadre d'analyse permettant à la fois de comprendre la place actuelle de l'arbre en ville dans ses dimensions biologiques, sociales et réglementaires, et de la situer dans une perspective résolument tournée vers l'avenir.

Cet ouvrage explore le rôle que jouent les arbres dans le fonctionnement des socio-écosystèmes urbains ; il montre comment, en structurant les processus régissant les flux de matière et d'énergie — soit la définition du *fonctionnement* —, les arbres, ensemble, constituent une forêt. La forêt urbaine y est présentée sous l'angle de l'écologie, en s'autorisant des détours nécessaires vers d'autres disciplines scientifiques. Il s'agit de montrer comment la ville, vue comme un ensemble de facteurs physiques, chimiques et surtout anthropiques, façonne les arbres, oriente leur biologie et structure leurs interactions avec les autres êtres vivants, tout en montrant en retour comment ces arbres influencent l'environnement urbain et les personnes qui en dépendent.

À ces fins, le livre s'ouvre en rappelant ce qu'est un arbre, et particulièrement un arbre en ville (chapitre 1). Il se poursuit sur la définition de la forêt urbaine pour en poser les limites à la fois géographiques et conceptuelles (chapitre 2). Sans chercher l'exhaustivité, le chapitre 3 présente de manière nuancée les services que rendent les arbres et la forêt urbaine aux citoyens,



mais également les désagréments qui les accompagnent. Les chapitres 4 et 5 sont tournés vers l'avenir. Ils montrent les vulnérabilités de la forêt urbaine (chapitre 4) et examinent les stratégies pouvant être mises en œuvre pour adapter la forêt urbaine à ce qui la menace (chapitre 5). Après ce tour d'horizon, le chapitre 6 reconnaît les limites des connaissances actuelles sur les arbres de la ville et sur la forêt urbaine, non pas pour les déplorer, mais pour inviter à les dépasser. C'est peut-être là d'ailleurs la première intention de ce livre : rendre accessibles les savoirs scientifiques pour inviter qui veut à se saisir, à son niveau, des enjeux, mais également des interrogations qui entourent les arbres des villes.



1. QU'EST-CE QU'UN ARBRE ?

Vous marchez dans la rue, vous interpellez la première personne qui passe devant vous, vous désignez l'arbre le plus proche en lui demandant : « Qu'est-ce donc que ceci ? » Cette personne vous répondra : « Un arbre. » Répétez dix fois l'expérience avec dix personnes différentes. Enfants, adolescents, adultes de tous âges... Il y a fort à parier que tous vous feront la même réponse : « Un arbre. » Pourtant, vous avez désigné tantôt un pin maritime, tantôt un micocoulier, un liquidambar, un chêne vert, un tilleul.

Définir ce qu'est un arbre reviendra ici à nous demander ce que ces espèces ont en commun et ce qui fait que ces arbres sont des arbres. C'est une tâche faisable, utile et nécessaire dans le premier chapitre d'un ouvrage sur la forêt, fût-elle urbaine, mais cela reste un acte réducteur tant les arbres et la façon dont nous les percevons sont divers.

LA RÉPONSE DU BOTANISTE

Pour le botaniste, un arbre est une plante pérenne, ligneuse, dont la taille potentielle excède 7 mètres à l'âge adulte, et constituée par une tige unique autoportante, sans ramifications sur sa partie basse. Telle quelle, cette définition ne parle guère qu'au botaniste. Il est pourtant essentiel de se l'approprier dans ses plus petits recoins pour pouvoir appréhender les enjeux liés à la présence et au maintien des arbres en ville.

À l'échelle macroscopique, un arbre se compose d'un tronc (la tige), d'un houppier et de racines. Le houppier (ou couronne) désigne l'ensemble des branches ramifiées et des feuilles de l'arbre. Les racines, elles aussi ramifiées, ancrent l'arbre dans le sol. Le collet désigne la zone de transition entre le tronc et les racines.

L'arbre est une plante de grande taille. Or, nous avons tous appris dès la maternelle que les plantes ont besoin d'eau, d'air et de lumière. Il n'y a pas de lumière dans le sol, et il n'y a

pas assez d'eau dans l'air pour subvenir aux besoins de l'arbre. Pour satisfaire ses besoins, l'arbre connecte le monde aérien et le monde souterrain. En schématisant, on pourrait presque résumer l'arbre à un ensemble de vaisseaux, « tuyaux » alignés les uns avec les autres. Ces vaisseaux transportent les sèves — au pluriel ! — reliant les parties aériennes et racinaires de l'arbre (figure 1). La sève brute est essentiellement constituée par l'eau et les minéraux que l'arbre absorbe au niveau des racines. Elle est littéralement aspirée par les feuilles, de sorte qu'elle circule sous tension depuis les racines dans les vaisseaux qui constituent le xylème. L'aspiration est d'autant plus forte que l'air est sec. Au niveau des feuilles, la photosynthèse produit des sucres dont l'excès qui n'est pas consommé sur place est chargé dans les vaisseaux qui forment le phloème. Une partie de l'eau

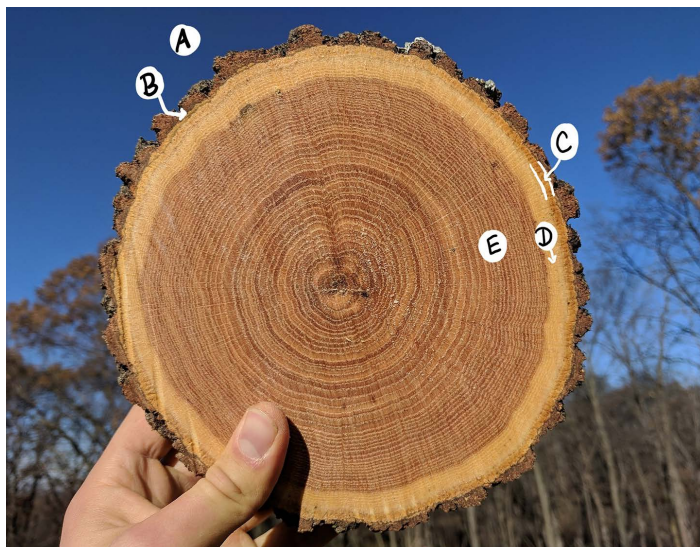


Figure 1. Organisation interne du tronc d'un arbre.

On y distingue, de la périphérie vers le centre : l'écorce (A) et le phelloderme (B), le liber (C), l'aubier (D) et le duramen, ou bois de cœur (E). Le phellogène est coincé entre les couches B et C, et le cambium entre les couches C et D. Ce sont les couches C et D qui conduisent la sève élaborée et la sève brute, respectivement. © Rbreidbrown, licence CC BY-SA 4.0 ; source : [https://bio.libretexts.org/Bookshelves/Botany/A_Photographic_Atlas_for_Botany_\(Morrow\)/12:_Stems/12.02:_Secondary_Growth](https://bio.libretexts.org/Bookshelves/Botany/A_Photographic_Atlas_for_Botany_(Morrow)/12:_Stems/12.02:_Secondary_Growth)

apportée par le xylème passe dans le phloème, constituant ainsi, avec les sucres de la photosynthèse, une sève élaborée qui est poussée, sous pression cette fois, vers les racines.

L'arbre est une plante pérenne qui grandit tout au long de sa vie. Il s'allonge par ses extrémités (celles des branches et des racines) : c'est la croissance primaire. Au bout de chaque bourgeon et de chaque racine (à l'apex) se trouvent les méristèmes apicaux. Un méristème est un ensemble de cellules indifférenciées et totipotentes : indifférenciées, parce qu'elles ne se spécialisent dans aucune fonction ; totipotentes, parce qu'elles ont justement la possibilité de se différencier pour créer n'importe quel type de cellule. Les cellules des méristèmes se divisent avant de se différencier. La division permet au méristème de se régénérer, garantissant ainsi la présence de cellules éternellement jeunes à toutes les extrémités de l'arbre. La différenciation permet ensuite de brancher les nouvelles cellules sur les anciennes, assurant la continuité des fonctions de l'arbre. C'est ainsi qu'il y a une continuité entre les vaisseaux qui conduisent la sève brute des racines vers les feuilles et ceux qui acheminent la sève élaborée des feuilles vers les racines.

La croissance primaire s'accompagne d'un accroissement du diamètre du tronc, des racines et des branches. Cette croissance en largeur est qualifiée de croissance secondaire, en ceci qu'elle intervient après la différenciation des cellules issues de la croissance primaire au niveau des méristèmes apicaux. Comme pour la croissance primaire, elle est le fait de cellules indifférenciées : les cellules du cambium. Sur une souche fraîchement coupée, le cambium forme cette fine couche de cellules facilement reconnaissable à la jonction entre le bois de cœur, très dense (le duramen), et l'aubier, souvent plus clair. Le cambium a le même fonctionnement que les méristèmes apicaux : division, puis différenciation. Les cellules nouvellement formées du côté intérieur se différencient pour former les cellules qui constituent le bois, au sens anatomique. C'est le bois qui contient, entre autres, le réseau qui conduit la sève brute. De l'autre côté du cambium, les cellules nouvellement formées se différencient pour former le liber, un tissu qui contient, entre autres, les vaisseaux qui conduisent la sève élaborée.



Comme la division et la différenciation des cellules du cambium se font en profondeur dans le tronc, les branches et les racines, on entrevoit assez facilement deux conséquences. D'abord, les cellules les plus centrales sont progressivement écrasées à mesure que tronc, branches et racines croissent en largeur. Les plus anciens vaisseaux qui conduisent la sève brute deviennent progressivement non fonctionnels. Ensuite, de l'autre côté du cambium, les cellules du liber sont poussées vers l'extérieur. Le tissu se déchire. Là encore, seuls les vaisseaux les plus proches du cambium restent fonctionnels.

Malgré ces déchirures, l'arbre continue de grandir et son tronc reste vaguement cylindrique. C'est là que l'écorce intervient. Elle est formée par des cellules qui accumulent du liège dans leur paroi. Elle joue un rôle d'isolant et de protection. Elle est produite par une couche de cellules — le phellogène — coincée entre l'écorce et le liber. Ces cellules se divisent en continu, comme celles du cambium. Côté intérieur, la division régénère le phellogène ; côté extérieur, elle produit les cellules qui accumuleront le liège en se différenciant. Par son fonctionnement, le phellogène recouvre progressivement d'écorce le tronc, les branches et les racines, à mesure que ces organes s'élargissent.

Il n'est pas nécessaire de détailler plus finement les différents types de cellules qui accompagnent et soutiennent les cellules des vaisseaux dans lesquelles circulent les sèves. En revanche, il faudra garder à l'esprit qu'un arbre se caractérise par une continuité anatomique et fonctionnelle entre les racines et les feuilles, et que cette continuité est maintenue par la croissance primaire et secondaire de l'arbre.

La définition stricte et formelle que le botaniste donne de l'arbre souffre de nombreuses exceptions. Tous les arbres sont ligneux, mais toutes les plantes ligneuses ne sont pas des arbres. On distingue ainsi les arbres des arbustes et des arbrisseaux. Un arbuste est littéralement un petit arbre. Il en possède toutes les caractéristiques à une exception près : sa taille ne dépasse pas les 7 mètres de haut. L'arbousier, le laurier-rose, l'albizzia sont des arbustes. Un arbrisseau est également un végétal ligneux, mais il est dépourvu de tronc et sa hauteur n'excède

pas 4 mètres. C'est le cas, par exemple, des rhododendrons. On retrouve également de la lignine dans les plantes herbacées que personne ne prendrait pour des arbres, comme dans les asperges ! S'ajoutent à ces exceptions les espèces arborescentes dont le port évoque celui d'un arbre : une longue tige rigide élève les feuilles à plusieurs mètres au-dessus du sol. C'est le cas de certaines fougères arborescentes largement présentes sous les tropiques, ou encore des palmiers qui, du point de vue de l'évolution, sont plus proches de l'avoine que du hêtre. Ni les fougères ni les palmiers ne produisent de bois dans leur tige. Ce ne sont pas des arbres. Pas pour le botaniste. Pourtant...

LA RÉPONSE DE L'ÉCOLOGUE

En tant que plante pérenne de haute stature, l'arbre joue un rôle important dans le fonctionnement des écosystèmes, au point de pouvoir être qualifié d'ingénieur d'écosystème.

L'arbre est associé à une grande diversité d'organismes qui exploitent ou simplement colonisent ses différents organes (figure 2). Ses racines sont prolongées par les hyphes des champignons mycorhiziens symbiotiques qui contribuent à la nutrition hydrique et minérale de l'arbre. Le tronc sert de support aux lianes et autres organismes épiphytes, comme les mousses, les lichens ou encore certaines fougères. Les cavités du tronc, surtout présentes chez les vieux arbres, constituent des dendromicrohabitats où nichent chauves-souris, oiseaux et micromammifères. Le bois — celui du tronc et des branches maîtresses — est colonisé par les insectes xylophages (capricornes, agriles, scolytes), dont s'alimentent les pics. Les feuilles sont consommées par une immense diversité d'insectes herbivores, constituant eux-mêmes les proies d'araignées, d'autres insectes prédateurs (réduves, carabes, etc.) ou d'oiseaux insectivores. Il en est de même pour les fleurs et les fruits. Pour le dire autrement, l'arbre est à la fois un hôtel et un restaurant pour la biodiversité.

La croissance continue des racines qui ancrent l'arbre dans le sol contribue à sa fracturation. Cela a pour effet de faciliter la

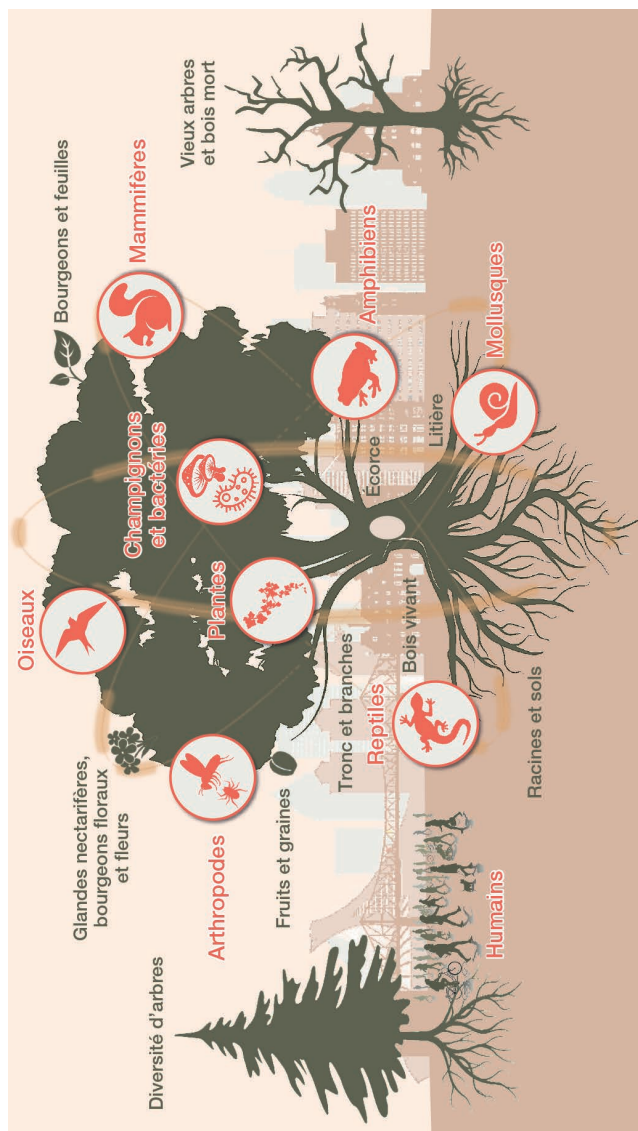


Figure 2. Diversité des organismes associés aux arbres.

Tous les compartiments de l'arbre, qu'ils soient morts ou vivants, supportent une large biodiversité, dont l'arbre lui-même fait partie. Les arbres créent des environnements propices au développement de nombreuses espèces animales, végétales, fongiques et microbiennes, permettant de maintenir la biodiversité en milieu urbain. Les organismes présents interagissent entre eux pour former de vastes réseaux avec lesquels l'humain est en contact étroit. Source : Castagneyrol et al., 2026.

circulation de l'air et l'infiltration de l'eau dans le sol, au bénéfice de l'arbre lui-même et des organismes associés. Au printemps et en été, les feuilles (ou les aiguilles) filtrent la lumière du soleil. Leur ombre abaisse la température du sol et tamponne les variations de température. La chute des feuilles des espèces caducifoliées constitue une litière plus ou moins épaisse servant d'habitat et de ressource trophique à la microfaune et à la mésofaune du sol (quand elles ne sont pas systématiquement soufflées ou ratissées par les agents des services techniques).

Ainsi, l'arbre modifie son environnement et les conditions d'existence des autres espèces vivantes. En jargon d'écologie, l'arbre structure les facteurs abiotiques et biotiques de son environnement.

Il peut y avoir une importante variabilité intraspécifique dans la forme générale (le port) que prennent les arbres. Seul au milieu d'un parc, un chêne arbore ce port large et ramifié typique, que nous représentons spontanément quand nous dessinons un arbre : un tronc court et un houppier bien formé, étalé, aussi large que haut, avec d'épaisses branches relativement basses. S'il avait grandi entouré de voisins, ce même chêne aurait eu un port élancé : un tronc long, sans branches basses, supportant un houppier moins étalé. À ces différences s'ajoutent les arbres au port fastigié dont les branches croissent vers le haut, donnant à l'arbre un aspect de fuseau ; les arbres « pleureurs », dont les branches semblent au contraire ployer sous un poids invisible ; ou encore les arbres tortueux, dont les branches zigzaguent¹.

Toutes ces singularités ont deux origines : la génétique et l'environnement. L'arbre se développe selon les potentialités permises par son génome (l'ensemble de ses gènes) et son génotype (la combinaison spécifique des allèles). Le génome du chêne pédonculé diffère de celui du chêne vert, et plus encore de celui du pin maritime. De Bordeaux à Nancy en passant par Paris, tous les chênes pédonculés partagent le même génome, mais à l'emplacement de chaque gène le long des chromosomes du

1. Ces cas particuliers sont magnifiquement illustrés, et leurs origines expliquées, dans l'excellent livre de Catherine Lenne, *Vous avez dit biz'arbres ?* (Belin, 2024).



chêne pédonculé, tous ne possèdent pas les mêmes versions (les allèles) de chaque gène. L'expression de ces différentes versions des gènes peut se traduire par des différences plus ou moins marquées dans le fonctionnement ou dans la morphologie d'un arbre par rapport à son voisin.

Et puis il y a l'environnement. Un arbre n'exprime pas le même potentiel selon les ressources qu'il peut exploiter. En forêt, ce sont essentiellement les feuilles les plus hautes qui captent la lumière du soleil et la transforment en sucres au travers de la photosynthèse. À mesure que l'on descend vers la base du houppier, la lumière — et donc l'énergie disponible pour la photosynthèse — se fait plus rare, parce que celle-ci est interceptée par les feuilles les plus hautes, qu'elles appartiennent au même arbre ou à ses voisins. En dessous d'une certaine hauteur, les feuilles ne reçoivent plus assez de lumière pour produire elles-mêmes l'énergie dont elles ont besoin pour fonctionner. De fixatrices (le biologiste dirait « sources ») de carbone et de productrices de sucres, elles deviennent consommatrices (des « puits »). Ces feuilles meurent, ainsi que les branches qui les portent, au travers d'un phénomène d'autoélagage naturel. C'est cette compétition pour la lumière qui explique le port élancé des arbres de futaie. Au contraire, un arbre isolé au milieu d'un parc bénéficie d'un fort éclaircissement sur l'ensemble de son houppier : même les feuilles des branches basses fonctionnent comme source de sucres, de sorte qu'il n'y a pas (ou moins) d'autoélagage. Chez les sujets adultes, on peut néanmoins constater une mortalité de branches au centre du houppier en raison d'un manque de lumière pour alimenter la photosynthèse. Ce phénomène est normal et ne doit pas alerter l'observateur, sauf s'il survient chez un arbre jeune et bien exposé à la lumière.

On retiendra ici que l'arbre s'adapte continuellement aux conditions environnementales dans lesquelles il se développe. Cette adaptation lui permet de faire face à un manque chronique de ressources, ou de recouvrer un fonctionnement normal après une période de stress temporaire, qu'il s'agisse d'un manque ou d'une agression physique (il est qualifié de résilient). Il faut garder à l'esprit que les immenses capacités d'adaptation des arbres expliquent leur succès écologique, mais peuvent également être

exploitées pour l'aménagement des espaces urbains, sous réserve que leurs bases biologiques et écologiques soient connues.

LA RÉPONSE DE L'URBANISTE

L'arbre est un être vivant, un individu singulier qui s'intègre dans un réseau d'interactions avec les êtres vivants qui l'entourent. Il structure son environnement autant qu'il y répond. Ce sont là des éléments factuels indépendants de la manière dont les humains perçoivent l'arbre. Pourtant, notre relation à l'arbre, l'attention que nous lui portons et l'importance que nous lui donnons dépendent de nos perceptions. C'est d'autant plus vrai en ville, où, du fait de leur isolement, les arbres se singularisent peut-être plus qu'en forêt, où chaque individu se confond avec ses voisins.

Pour l'urbaniste, l'arbre est un élément du paysage urbain avec lequel il faut composer. Plusieurs représentations de l'arbre sont possibles : mobilier urbain, objet d'accompagnement de la trame urbaine, élément du patrimoine de la ville à part entière, symboles immuables d'une nature peut-être sublimée, etc. C'est une question de perception. Or, les perceptions sont changeantes. Elles varient d'une personne à l'autre et d'un endroit à l'autre selon l'usage qui est fait de la ville. Désirable ici, l'arbre peut être vu comme une contrainte là. Cette ambivalence s'applique aussi bien aux arbres anciens, présents avant le développement urbain, qu'aux arbres récemment plantés dans un souci d'aménagement. La différence réside dans le fait que, pour les premiers, il faut s'adapter, tandis que, pour les seconds, on peut les choisir.

L'arbre peut alors être assimilé à une fonction qu'il remplit dans l'espace urbain. Sous cet angle, l'urbaniste a la chance de pouvoir puiser dans l'extraordinaire diversité et plasticité des arbres pour adapter le choix des essences aux finalités d'un site et à la perception qu'en auront les usagers d'aujourd'hui et de demain. Ce que l'on esquisse ici, c'est qu'à la question « Qu'est-ce qu'un arbre ? », ni la réponse du botaniste ni celle de l'écologue ne peuvent pleinement satisfaire l'urbaniste, celui-ci devant également intégrer une problématique de perception individuelle et sociale de ce qu'est un arbre.

DE L'IMPORTANCE DE CROISER LES REGARDS

On entrevoit dans ce détour par l'anatomie, l'histologie et l'écologie des arbres plusieurs conséquences pratiques. Du fait de leur croissance continue, les arbres ont besoin de place, en l'air et dans le sol. La croissance secondaire renforce la résistance mécanique des branches et du tronc en répartissant les forces liées au poids des parties aériennes et aux possibles torsions lors des coups de vent. Lorsqu'un arbre entre en compétition pour l'espace avec les bâtiments, les panneaux de signalisation ou les câbles aériens et qu'une taille s'impose, il convient de veiller à respecter la répartition des forces pour ne pas déséquilibrer l'arbre dans son ensemble. On entrevoit également que les premiers centimètres sous l'écorce abritent des structures absolument vitales pour l'arbre et qu'il est important de limiter au maximum les chocs et les frottements qui pourraient

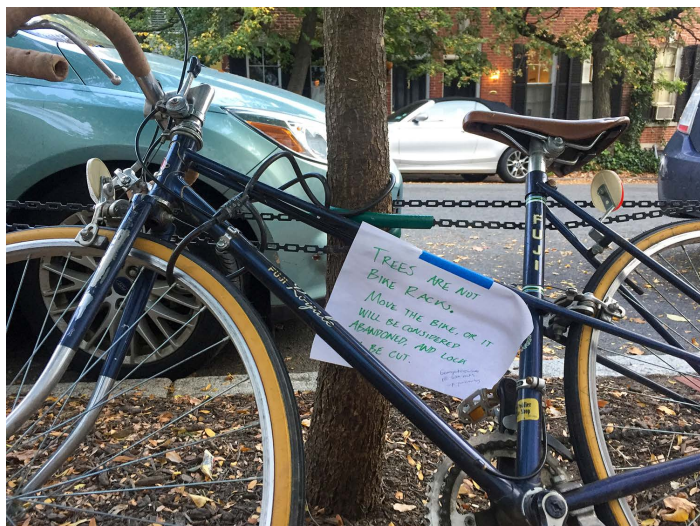


Figure 3. Vélo attaché à un jeune arbre sur lequel une personne a scotché une note manuscrite indiquant que « Les arbres ne sont pas des arceaux à vélos. Déplacez votre vélo, sinon il sera considéré comme abandonné et le cadenas sera coupé. » © Topher Mathews;

source : <https://georgetownmetropolitan.com/2016/11/08/reminder-trees-arent-bike-racks/>, avec la permission de l'auteur.

endommager l'écorce. Le simple fait d'attacher un antivol de vélo autour du tronc d'un jeune arbre peut lui causer des blessures non négligeables. La photographie présentée sur la figure 3 est à ce titre particulièrement éloquente. Elle illustre trois points justifiant de croiser les regards portés sur les arbres urbains : ils sont fragiles, le public peut jouer un rôle dans l'attention qui leur est portée, leur place ne peut être pensée indépendamment des autres problématiques, telles que, dans cet exemple, les mobilités.

CE QU'IL FAUT RETENIR

Les arbres sont des êtres vivants. Pour le rester, ils ont besoin de satisfaire un certain nombre de besoins biologiques. Ce faisant, ils grandissent. Ils prennent de la place. Ils interagissent avec leur environnement abiotique ainsi qu'avec tous les autres êtres vivants de la ville, humains compris.



2. QU'EST-CE QU'UNE FORÊT URBAINE ?

La forêt urbaine, c'est l'ensemble des arbres de la ville. C'est ainsi que la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations ou Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture) définit la forêt urbaine : « Un réseau ou un système incluant toutes les surfaces boisées, les groupes d'arbres et les arbres individuels se trouvant en zone urbaine et péri-urbaine, y compris, donc, les forêts, les arbres des rues, les arbres des parcs et des jardins, et les arbres d'endroits abandonnés (FAO, 2018). »

Pour apprécier cette définition, peut-être est-il utile de la confronter à la définition que l'inventaire forestier national² donne d'une forêt dans son glossaire en ligne : « La forêt est un territoire occupant une superficie d'au moins 50 ares, avec des arbres capables d'atteindre une hauteur supérieure à 5 mètres à maturité *in situ*, un couvert arboré de plus de 10 % et une largeur moyenne d'au moins 20 mètres. [...] Elle n'inclut pas les terrains dont l'utilisation du sol prédominante est agricole ou urbaine. »

Qu'elle soit urbaine ou non, la forêt est faite d'arbres. Toutefois, alors que dans une forêt au sens strict les arbres sont proches les uns des autres et forment un ensemble cohérent, distinct des milieux environnants, la forêt urbaine est quant à elle hétérogène (voir l'encadré 3 pour une discussion du concept de microforêt urbaine). Les arbres peuvent y être en groupes, alignés, ou isolés. D'ailleurs, au sens strict de ces définitions, une forêt à proprement parler peut être incluse dans une forêt urbaine (on pense au bois de Boulogne en périphérie de Paris, ou au parc du Mont-Royal en plein cœur de Montréal). Se pose alors une question essentielle : pourquoi considérer que la forêt urbaine forme un tout cohérent, alors même qu'elle rassemble des arbres grandissant dans des conditions aussi contrastées ?

2. <https://inventaire-forestier.ign.fr/>



Il faut préciser ici que l'emploi du singulier — la forêt urbaine — relève d'un parti pris simplificateur, les forêts urbaines étant différentes dans leur composition et dans leur agencement dans l'espace urbain (encadré 2). Il s'agit de faire ressortir les points communs aux forêts urbaines (au pluriel, cette fois) des villes telles que nous les connaissons.

ENCADRÉ 2. TOUTES LES MÊMES?

Le phénomène d'«homogénéisation biotique» décrit la convergence de la composition des assemblages d'espèces entre habitats différents. C'est un phénomène bien documenté dans les villes : l'urbanisation tend à réduire la biodiversité et à favoriser les espèces généralistes capables de s'adapter aux nombreuses contraintes qu'impose l'environnement urbain sur la disponibilité des ressources et sur la dispersion des organismes. Toutes les grandes villes finissent par se ressembler, si on les décrit du point de vue de la biodiversité qu'elles hébergent. L'homogénéisation biotique est parfois qualifiée de «McDonaldisation», par analogie aux grandes galeries marchandes ou aux zones commerciales périurbaines qui arborent toutes les mêmes enseignes. Les forêts urbaines sont-elles touchées par ce phénomène? Pas tout à fait. Une étude révèle que la composition de la forêt urbaine de deux villes est d'autant plus différente que ces deux villes sont éloignées géographiquement, et ce, que l'on considère les espèces natives ou exotiques (Yang *et al.*, 2015). Autrement dit, s'il est vrai qu'à l'intérieur d'un pays les forêts urbaines tendent à se ressembler, cette ressemblance s'estompe lorsque l'on compare des villes sur des continents différents.

LA FORÊT URBAINE EST RICHE EN ESPÈCES, MAIS PAUVRE EN DIVERSITÉ

Au chapitre précédent, vous étiez invités à réaliser une expérience simple : interpeller des passants dans la rue, leur désigner un arbre en leur demandant simplement « Qu'est-ce donc que ceci? ». Nous faisons le pari que peu d'entre eux auraient eu une réponse plus précise que simplement « un arbre », pour désigner un chêne, un pin, un micocoulier, etc. Il est en fait très probable que même les passants les plus naturalistes aient eu des difficultés à vous répondre autrement que par « un arbre », tant la forêt urbaine est extrêmement riche en espèces.

À titre d'exemple, les inventaires réalisés dans les villes de Suisse décrivent 1 360 espèces appartenant à 292 genres ; les forêts suisses n'abritent que 76 espèces appartenant à 43 genres. La Suisse est un petit pays montagneux et la diversité de ses arbres est certes moins grande que celle que l'on trouverait en France, où les climats et les sols sont plus contrastés. Pourtant, ces chiffres ne font pas exception.

Les espèces exotiques contribuent largement à la grande richesse spécifique de la forêt urbaine — *richesse spécifique* étant ici entendue au sens que lui donnent les écologues, à savoir le nombre d'espèces. On qualifie d'exotique une espèce dès lors qu'elle se développe en dehors de son aire naturelle de distribution. Pour ce qui est des arbres, *a fortiori* en ville, il s'agit d'introductions volontaires. Les espèces exotiques sont alors choisies pour leur valeur esthétique, pour leurs capacités d'adaptation aux conditions particulières de l'environnement urbain, pour leur résistance aux ravageurs et aux maladies, ou par simple opportunisme, parce qu'elles sont largement présentes dans le catalogue des pépiniéristes. Le tilleul à grandes feuilles, le frêne commun, l'érable sycomore sont des essences natives d'Europe. À l'inverse, le copalme d'Amérique, le tulipier de Virginie ou encore le très commun marronnier sont des espèces exotiques. Il faut toutefois noter que, malgré leur contribution à la richesse spécifique de la forêt urbaine, les arbres exotiques n'en représentent qu'une faible proportion : les comparaisons internationales montrent que le nombre d'arbres natifs excède le nombre d'arbres exotiques dans la plupart des villes.

Le nombre d'espèces n'est pas un indicateur suffisant pour appréhender la diversité des arbres en ville. Par exemple, l'inventaire des arbres de la ville de Paris recense 214 410 arbres appartenant à 191 espèces et plus de 900 espèces (dont de nombreuses variétés hybrides). Parmi elles, 255 n'apparaissent qu'une seule fois dans le tableau. Il y a donc 255 espèces représentées par un seul individu (dans la base de données du moins). Au contraire, d'autres sont particulièrement abondantes. Parmi les cinq arbres les plus représentés dans cette base de données — et possiblement dans la ville de Paris —, on retrouve, dans l'ordre : le platane commun (38 163 individus), le marronnier d'Inde

(19993), le sophora du Japon (11 083), le tilleul argenté (7 637) et l'érable sycomore (6 709).

La situation de Paris n'est pas un cas exceptionnel. Le fait que quelques espèces ou quelques genres dominent la forêt urbaine en matière de nombre d'arbres s'observe également à Montréal, New York, Vancouver ou encore Barcelone. Le diagramme rang-abondance est une manière de visualiser cette dimension de la diversité de la forêt urbaine (figure 4). À titre d'illustration, nous représentons ici le nombre d'arbres (sur l'axe des ordonnées en échelle logarithmique) de chaque genre (lesquels sont rangés du plus fréquent au plus rare sur l'axe des abscisses) pour cinq grandes villes françaises dont les données sur les arbres sont en accès libre. On constate le même patron d'organisation : dans chaque ville, un petit nombre de genres est particulièrement représenté, et de nombreux genres sont représentés par un petit nombre d'arbres, voire par un seul (la partie horizontale de la courbe à $y = 0$). Nous verrons

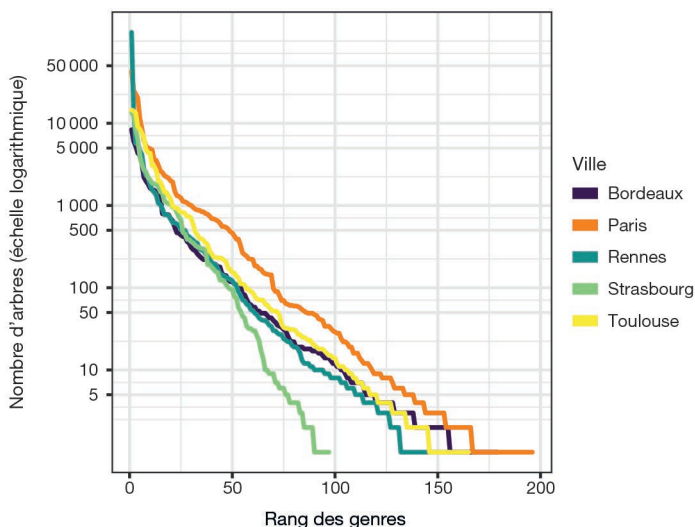


Figure 4. Diagramme rang-abondance présentant le nombre d'arbres pour chaque genre d'arbre selon son rang d'abondance dans cinq villes françaises. Source : figure établie à partir des données publiques fournies par les villes concernées.

plus loin que cette caractéristique peut avoir des conséquences majeures sur la dynamique de la forêt urbaine (chapitre 4).

LA FORÊT URBAINE EST HÉTÉROGÈNE

Les arbres urbains qui constituent la forêt urbaine se retrouvent dans des environnements aussi variés que les bois urbains, les parcs, les jardins et les squares, mais également en accompagnement de voirie, le long des voies de circulation et des berges, dans les cimetières ou encore dans les jardins des particuliers.

ENCADRÉ 3. MICROFORÊTS : UNE FORME DE FORÊT URBAINE PLÉBISCITÉE, BIEN QUE TRÈS PEU DOCUMENTÉE

Une forme particulière de forêt urbaine a connu un essor fulgurant au cours de la dernière décennie. Il s'agit d'îlots boisés à forte densité, popularisés sous le nom de « microforêts ». Ces îlots ont une superficie généralement inférieure à l'hectare. Les arbres de nombreuses espèces (de 10 à 40 selon les inventaires) y sont plantés à une densité de l'ordre de trois individus au mètre carré. La croissance en hauteur des arbres dans les premières années suivant la plantation y est accélérée par la compétition pour la lumière, avec toutefois une contrepartie : la mortalité y est particulièrement élevée. Ces formes de boisement et leurs bénéfices écologiques supposés ont été très largement médiatisés. Elles ont en revanche fait l'objet de très peu d'études scientifiques rigoureuses permettant de les évaluer (pour une synthèse récente, voir Morales *et al.*, 2026).

Les écologues appellent diversité γ le nombre d'espèces total d'une région, et diversité α le nombre d'espèces d'un habitat en particulier. Si l'on transpose ces indices à une forêt urbaine, alors celle-ci a typiquement une diversité γ élevée. Au contraire, la diversité α est souvent faible : les alignements d'arbres le long des voies de circulation ou les boisements des parcs et des jardins sont souvent monospécifiques. Pour un cycliste qui traverserait la ville d'un bout à l'autre, cela se traduit par un renouvellement rapide des arbres rencontrés au cours de son trajet, c'est ce que les écologues appellent la diversité β . Celle-ci est généralement élevée dans les forêts urbaines.



La diversité des implantations des arbres urbains reflète les contraintes écologiques, sociales, économiques et réglementaires qui déterminent les choix de plantation et d'entretien des arbres. Elle reflète également l'histoire de la ville et des personnes qui y vivent (encadré 4).

ENCADRÉ 4. LA FORÊT URBAINE, UN ENJEU DE JUSTICE SOCIALE

Dans les années 1930, l'État fédéral des États-Unis d'Amérique a soutenu la création de la Home Owners' Loan Corporation (HOLC), un organisme chargé des cartes d'évaluation des risques en matière d'investissement immobilier. La HOLC a utilisé des critères démographiques (densité de population, espérance de vie), économiques (prix des loyers), environnementaux (proximité d'usines polluantes), mais aussi des critères racistes et ségrégationnistes (proportion de catholiques, de juifs, de noirs et d'immigrants) pour tracer des «lignes rouges» délimitant des zones où l'investissement immobilier était risqué. La forêt urbaine de ces quartiers «*redlined*» reflète ce zonage passé.

Une récente étude menée sur les inventaires d'arbres de la ville de Baltimore montre une disparité forte dans la composition de la forêt urbaine entre les anciens quartiers *redlined* et le reste de la ville (Burghardt et al., 2023). Les quartiers anciennement *redlined* ont aujourd'hui encore une plus faible diversité d'arbres et la probabilité d'y trouver de grands arbres y est neuf fois moins importante que dans le reste de la ville. En revanche, c'est dans ces secteurs que l'on trouve la plus grande densité de jeunes arbres, témoignant d'un récent investissement des autorités dans ces quartiers.

LE PORT DES ARBRES URBAINS EST ARCHITECTURÉ

Parce que les arbres urbains cohabitent avec les bâtiments, les voies de circulation, les câbles aériens et souterrains, les canalisations, et parce qu'une majorité d'entre eux sont implantés dans des espaces recevant du public (aires de jeu, cours d'école, parcs, places de stationnement, etc.), leur architecture fait l'objet d'une attention particulière. Le port d'un arbre — sa forme générale — dépend des caractéristiques de l'espèce, de son environnement immédiat et des actions de tailles qui lui sont imposées. Selon la largeur du houppier, sa hauteur relative

par rapport au tronc et sa forme d'ensemble, on distingue principalement les ports suivants (figure 5) :

- port globuleux : le houppier est sphérique et compact, son diamètre n'excède pas celui du tronc ;
- port étalé : le houppier est aussi large que haut, son diamètre dépasse la hauteur du tronc ;
- port fastigié : le houppier est très étroit, les branches font un angle aigu avec le tronc ;
- port élancé : le houppier est plus haut que large, les branches ne forment pas spécialement un angle aigu avec le tronc ;
- port conique : le houppier est presque triangulaire ;
- port architecturé : le houppier est taillé en cube, en pavé ou en boule.

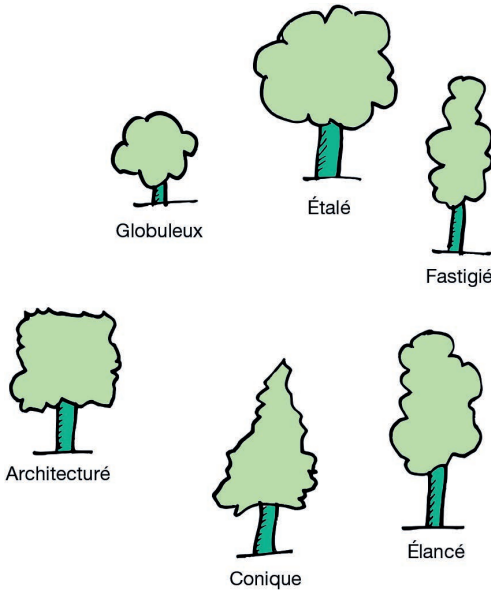


Figure 5. Les principaux types de ports d'arbres.

Le port étalé est le port typique de la majorité des feuillus poussant sans contraintes d'espace, que celles-ci soient imposées par des voisins ou par des bâtiments. C'est la situation typique



des arbres isolés dans des parcs. Les arbres au port fastigié ont un faible encombrement spatial. Ces arbres se retrouvent fréquemment en accompagnement de voirie. Le port architecturé témoigne de tailles fréquentes visant à donner une forme particulière au houppier (une boule, un pavé).

La taille des arbres peut répondre à plusieurs objectifs. La taille de formation accompagne la croissance du jeune arbre et vise à permettre un développement harmonieux compatible avec son implantation dans l'espace urbain. La taille d'entretien consiste en la suppression des branches mortes présentant un risque pour les biens et les personnes. Elle peut également chercher à réduire la prise au vent des branches charpentières. Si elle est répétée, elle pourrait alors être qualifiée de taille d'architecture. Celle-ci donne une forme particulière à l'arbre ou à un alignement d'arbres, souvent pour réduire l'encombrement spatial ; elle doit être répétée régulièrement pour maintenir la forme de l'arbre. Tailler un arbre dans l'espace public n'est pas anodin (encadré 5).

Un arbre n'a pas *besoin* d'être taillé. C'est sa situation vis-à-vis des biens et des personnes qui peut justifier une intervention sur son architecture. De plus en plus de municipalités s'engagent dans une démarche de taille modérée. Lorsque la situation le permet, les branches présentant un risque pour les biens et les personnes sont haubanées au moyen de sangles ou de tiges en métal visant à renforcer la résistance mécanique de l'arbre. La conduite des arbres en trogne est progressivement abandonnée, laissant les arbres exprimer un port libre. Cette transition doit toutefois s'accompagner par des tailles de formation et d'entretien, au moins durant les premières années faisant suite à l'arrêt des tailles architecturées.

De nombreuses villes se sont dotées de « charte de l'arbre », reconnaissant les arbres comme des êtres vivants constitutifs de l'écosystème urbain et vecteurs de services écosystémiques essentiels. Ces chartes énoncent les principes d'intégration des arbres dans les projets de création, d'entretien et d'évolution des paysages urbains. Elles reconnaissent les interactions entre les arbres et l'ensemble des êtres vivants de la ville et leur participation aux cycles biogéochimiques, notamment celui de l'eau et

du carbone. Ces chartes s'adressent de fait à tous les acteurs de la ville, publics comme privés, opérant directement sur les arbres et sur les espaces verts ou non. Leur finalité est de faire connaître et de protéger ce patrimoine que sont les arbres urbains.

UNE DÉMOGRAPHIE EN J RENVERSÉ

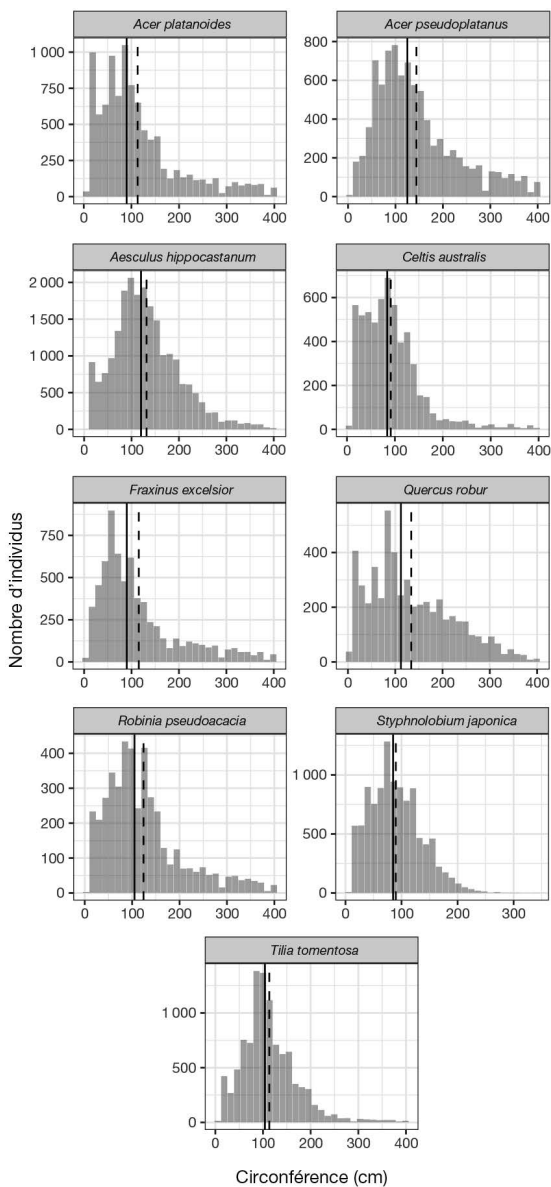
Faute de données historiques précises sur les dates de plantation des arbres urbains, il est possible de se faire une idée de l'âge de la forêt urbaine en examinant la distribution de la taille des arbres. La figure 6 présente les circonférences des troncs des neuf espèces les plus fréquentes dans les inventaires publics des villes de Bordeaux, Paris, Rennes, Strasbourg et Toulouse. Pour toutes ces espèces, à l'exception du sophora du Japon (*Styphnolobium japonicum*), la médiane de la distribution des circonférences est inférieure à la moyenne. En première approximation, cela indique qu'il y a dans ces villes un excès d'arbres jeunes.

La littérature décrit trois grands types de structures démographiques des forêts, urbaines ou non. Le type I, dit en « J renversé », décrit les forêts jeunes : les petits arbres dominent et le nombre d'individus par classe de taille décroît avec la taille. Le type II est caractéristique des forêts « adolescentes » : on y retrouve un excès d'arbres de tailles intermédiaires. Enfin, le type III décrit les forêts matures, où toutes les classes de taille sont représentées de manière équilibrée. Une étude comparative menée sur 38 villes des États-Unis montre que leurs forêts urbaines sont dominées par les types I et II. La distribution des classes de taille des arbres urbains pourrait être le signe de forêts urbaines stables et résilientes, avec un haut potentiel de régénération. Cela implique qu'à court terme les efforts de gestion doivent se concentrer sur le succès des plantations, le stade juvénile étant le plus vulnérable aux stress biotiques et abiotiques.

Plusieurs facteurs expliquent la relative jeunesse des arbres urbains. Il y a d'abord les ambitieux programmes de plantations d'arbres que de nombreuses villes ont lancés au cours de la dernière décennie, notamment dans une perspective d'adaptation au changement climatique (voir chapitre 3) et dans le besoin de maintenir



QUELLE PLACE POUR L'ARBRE EN VILLE ?



un potentiel de canopée sur le temps long. S'ajoute à cela le fait que les arbres nouvellement plantés sont particulièrement sensibles aux stress. Une fosse de plantation sous-dimensionnée ou un défaut d'arrosage lors des premières années peuvent entraîner une mortalité précoce et nécessiter le renouvellement rapide des arbres : ceux-ci restent donc « jeunes » dans les inventaires. Il y a ensuite les stress abiotiques, biotiques (ils sont détaillés dans le chapitre 4) et anthropiques. Les activités humaines constituent une cause significative de mortalité prématurée chez les arbres urbains. Cela peut être attribuable aux travaux sur la voirie ou sur les bâtiments, qui peuvent causer des blessures susceptibles de fragiliser les arbres sur le long terme et de les rendre vulnérables aux agents pathogènes et aux ravageurs (encadré 5). Il se peut aussi que les arbres soient abattus pour des raisons de sécurité des biens et des personnes ou pour accompagner des projets d'urbanisme. Enfin, le fait que de nombreuses villes mettent en pratique la maxime « un arbre coupé, deux arbres plantés » contribue à expliquer la jeunesse de la forêt urbaine.

ENCADRÉ 5. LE BARÈME DE L'ARBRE

Le barème de l'arbre* est un outil développé par l'association Plante & Cité, à destination de l'ensemble des acteurs de la nature en ville. Il permet la réalisation d'un diagnostic de l'état de vitalité d'un arbre et d'en chiffrer la valeur marchande et non marchande. Réalisé avant toute intervention dans l'espace public, le barème de l'arbre permet de sensibiliser les opérateurs à l'importance des arbres urbains, et, le cas échéant, de faire reconnaître et de compenser un préjudice porté à l'arbre.

* <https://www.baremedelarbre.fr/>

Toutes les villes comptent bien sûr leur lot d'arbres vénérables qui ont traversé les siècles, mais ces arbres remarquables restent l'exception. L'élimination des branches ou des arbres présentant un défaut mécanique ainsi que l'implantation des arbres

← **Figure 6.** Distribution des circonférences des troncs mesurées à 1,30 m du sol des neuf espèces les plus fréquentes dans les inventaires publics des villes de Bordeaux, Paris, Rennes, Strasbourg et Toulouse.

La barre verticale en trait continu représente la médiane. Le pointillé représente la moyenne. Source : figure établie à partir des données publiques fournies par les villes concernées.



urbains le long des voies de circulation ou des espaces d'agrément fréquentés par les usagers expliquent une caractéristique essentielle de la forêt urbaine : le bois mort y est plus rare que dans les forêts périphériques — exception faite des forêts de plantation gérées intensément pour la production de biomasse. Or, le bois mort, qu'il soit sur pied ou au sol, est un compartiment forestier essentiel au développement de la biodiversité. Il héberge une grande diversité d'organismes, notamment des champignons, des insectes, des oiseaux et des chauves-souris. La gestion du bois mort, en ville, est un enjeu majeur de préservation de la biodiversité.

LA FORÊT URBAINE EST EN GRANDE PARTIE PRIVÉE

La forêt urbaine est dans sa majorité privée (figure 7). C'est certes aussi le cas de la majorité des forêts françaises, mais la ville a ceci de particulier que les arbres du secteur privé sont physiquement inaccessibles. Ils échappent en grande partie aux inventaires et leur entretien ne fait l'objet d'aucune planification, alors que les propriétaires des forêts hors de la ville ont l'obligation de produire un plan simple de gestion de leurs parcelles dès lors que leur superficie dépasse 20 hectares sur une même commune. Les rares études comparant la structure et la composition de la forêt urbaine dans ses parties privées et publiques révèlent des différences importantes : on retrouve une plus grande diversité d'arbres, mais des individus de plus petite taille dans les propriétés privées. Cela implique que la diversité de la forêt urbaine est sous-estimée et que sa contribution au fonctionnement du socio-écosystème urbain est en partie sous-évaluée.

LES ARBRES NE SONT PAS SEULS

Évoquer la forêt urbaine pour décrire l'ensemble des arbres de la ville nous invite à considérer les arbres comme un tout, mais aussi la végétation et l'ensemble des organismes qui les accompagnent, et ce, malgré l'extrême diversité des situations dans lesquelles les arbres se développent.



Figure 7. Vue aérienne d'un quartier de la ville de Bordeaux.

Les arbres publics gérés par les services de la métropole sont délimités en jaune. Il s'agit notamment de tilleuls plantés le long du boulevard du Président-Franklin-Roosevelt (en bas) et de charmes et de marronniers dans le square Bertrand-de-Goth (à droite). Les arbres délimités en rouge se trouvent quant à eux dans des propriétés privées. Si l'on peut en identifier certains depuis la rue, la majorité est masquée derrière les façades. Crédits : photographie modifiée d'après une image de Géoportail.

Les arbres sont colonisés par une grande diversité d'organismes — micro-organismes, végétaux, animaux — susceptibles d'interagir avec chacun des compartiments de l'arbre, voire de les coloniser (voir chapitre 1). Tous les arbres n'ont pas le même potentiel de soutien à la biodiversité. Les essences natives hébergent généralement une plus grande diversité d'organismes que les essences exotiques. La simplification de l'architecture d'un



arbre par des élagages répétés réduit le nombre de microhabitats disponibles pour la biodiversité. Les vieux arbres, du fait de leur architecture complexe mais également de la présence fréquente de bois mort ou de cavités, hébergent une biodiversité originale composée d'organismes xylophages (qui consomment le bois) ou saproxylophages (qui consomment le bois mort) que l'on ne retrouve pas — ou moins — chez les arbres jeunes et vigoureux.

La composition de la forêt urbaine et la distribution des arbres dans l'espace structurent la biodiversité urbaine. À titre d'exemple, les chercheurs de l'Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL, Suisse) ont récemment montré dans une étude exploitant des données d'inventaires d'arbres et d'oiseaux à l'échelle de la Suisse que le couvert de canopée (le pourcentage d'une vue aérienne de la ville occupé par la canopée des arbres) est positivement corrélé avec l'abondance des oiseaux omnivores et insectivores, mais au contraire négativement corrélé avec celle des oiseaux granivores (Basile *et al.*, 2026). Toutefois, cet effet du couvert de canopée s'est avéré dépendant de l'identité des arbres : l'abondance des oiseaux insectivores n'augmentait avec le couvert de canopée que dans le cas des essences natives.

Il est important de noter ici que tous les groupes d'organismes ne répondent pas de manière uniforme à la diversité ou à la distribution des arbres dans l'espace, et que ce qui est favorable pour les uns peut être neutre ou délétère pour les autres. Ainsi, alors que les oiseaux sont majoritairement favorisés par la richesse et l'abondance des arbres en ville, les chauves-souris sont au contraire défavorisées. Quant aux insectes, les études tendent à montrer que leur abondance et leur diversité dépendent plus de l'origine des arbres (natifs ou exotiques) et de la configuration des espaces verts en général que de l'abondance et de la diversité des arbres.

Les bois urbains méritent ici une mention particulière. Souvent préexistant au développement urbain, ce sont ces habitats qui s'approchent le plus de l'idée que l'on se fait d'une forêt. Ce sont des refuges pour les espèces forestières, notamment celles inféodées au bois mort. Les bois urbains sont toutefois susceptibles d'être caractérisés par une dette d'extinction. Ce phénomène décrit « la biodiversité qu'il reste à perdre » dans des habitats

ayant connu un changement majeur de leur environnement. Il peut s'expliquer par l'isolement des bois urbains dans une matrice fortement anthropisée : les bâtiments, les routes, les stationnements représentent des obstacles à la dispersion des spores, des graines, des animaux ; ils isolent les bois urbains les uns des autres, accroissant ainsi le risque d'extinction locale des populations de plantes et d'animaux, faute de possibilités de colonisation. Ce phénomène peut être freiné par le développement des trames vertes recréant les continuités écologiques entre les espaces boisés à l'intérieur de la ville, et entre la forêt urbaine et les forêts alentour.

LA FORÊT URBAINE NE SE GÈRE PAS COMME UNE FORÊT

La foresterie englobe l'ensemble des sciences, des techniques et des activités visant à aménager, à gérer et, dans une certaine mesure, à créer des forêts, tout en cherchant à atteindre un équilibre durable entre la production de bois, le maintien de la biodiversité et, plus largement, un éventail de services écosystémiques bénéficiant plus ou moins directement aux humains. Rien ne s'oppose *a priori* à ce que cette idée soit transposée à la ville. On parle alors de foresterie urbaine.

La foresterie urbaine diffère toutefois de la foresterie *stricto sensu* par de nombreux aspects. S'il n'est pas exclu que les arbres abattus en ville puissent être valorisés économiquement, la production durable de bois n'est pas un objectif essentiel de la foresterie urbaine. Ce n'est pas tant la parcelle qui est gérée que l'arbre individuel et son emplacement. L'approche multifonctionnelle reconnaissant la diversité et la complémentarité des usages de la forêt et des fonctions remplies par les arbres est presque consubstantielle à la forêt urbaine (Konijnendijk, 1997). C'est bien sûr aussi le cas aujourd'hui de la foresterie proprement dit ; mais ce qui fait la spécificité de la forêt urbaine en la matière est la conscience qu'en a le public. La préparation d'une politique publique de l'arbre et sa concrétisation sur le terrain passent par de multiples étapes de négociations, d'arbitrages et de légitimation impliquant une diversité d'acteurs aux logiques parfois divergentes d'un quartier à l'autre de la même ville.



CE QU'IL FAUT RETENIR

Les arbres urbains se développent dans des environnements extrêmement variés dans l'espace citadin. Leur répartition témoigne de contraintes biologiques, économiques, sociales et politiques. Rassembler tous les arbres de la ville sous la locution « forêt urbaine » implique de considérer les arbres comme des éléments structurants du socio-écosystème urbain, et de reconnaître la diversité et la complexité des interactions qu'ils nouent avec les autres êtres vivants, humains compris.



3. UNE FORÊT URBAINE : POUR QUI, POUR QUOI ?

Admettons que cet arbre générique que nous décrivions au chapitre 1 soit un tilleul. Le tilleul est un être vivant. Il interagit tout au long de sa vie — et même au-delà — avec les éléments vivants (des champignons, des pucerons, des abeilles) et non vivants (l'eau, la lumière, l'azote) de son environnement. Ces interactions génèrent des flux de matière et d'énergie qui participent à la dynamique de l'écosystème dans lequel ce tilleul se développe.

La photosynthèse est le processus biologique au cours duquel l'énergie lumineuse est transformée en énergie chimique à la suite d'échange d'électrons entre différentes molécules. Elle s'accompagne d'un flux de carbone depuis l'atmosphère (sous forme de CO_2) vers l'intérieur des cellules de la plante (sous forme de sucre). Le tilleul utilise le carbone ainsi produit comme un stock d'énergie pour sa croissance et sa reproduction. Or, en grandissant, il fait de plus en plus d'ombre, au bénéfice de ceux qui y trouvent un refuge en période de canicule.

NOTIONS DE SERVICES ET DE DESSERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES

On qualifie de services écosystémiques les bénéfices que les humains tirent directement et indirectement du fonctionnement des écosystèmes. Cette notion reconnaît une continuité entre les processus biologiques et le bien-être des humains dans ses composantes objectives et matérielles comme dans ses dimensions subjectives et psychologiques.

Les services écosystémiques sont classiquement regroupés en quatre catégories. Les services d'approvisionnement concernent les biens directement fournis par les fonctions écosystémiques (les fleurs du tilleul pour la tisane). Les services de régulation décrivent la modération des phénomènes naturels



(l'ombre du tilleul régule le microclimat). Les services de support soutiennent les autres services (les fleurs du tilleul sont une ressource pour les insectes pollinisateurs). Enfin, les services culturels sont immatériels et peuvent prendre de nombreuses formes : récréation, spiritualité, développement cognitif, interactions sociales (le plaisir d'une tisane de tilleul, un après-midi d'hiver pluvieux).

On oppose aux services écosystémiques la notion de desservices écosystémiques. Il s'agit là des processus biologiques ou des fonctions écosystémiques qui sont perçus comme déplaisants ou dangereux pour les individus, ou nuisibles à la société et à l'économie. L'ombre du tilleul est moins appréciable si les déjections des pucerons et des étourneaux recouvrent le banc sur lequel on imaginait se reposer.

Les notions de services et de desservices écosystémiques ont pu être critiquées pour leur caractère utilitariste, qui voudrait qu'il faille promouvoir ce qui sert et ignorer ou détruire ce qui dessert. L'IPBES (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services ou Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques) substitue aux notions de services et de desservices écosystémiques le concept plus neutre et intégrateur de « contributions de la nature aux personnes », définies comme l'ensemble des avantages que l'humanité obtient de la nature. Ces contributions incluent de fait les services et les desservices écosystémiques. Elles peuvent être des contributions matérielles ou immatérielles :

- les contributions matérielles découlent directement de la nature et préservent l'existence matérielle des personnes ou des infrastructures ;
- les contributions immatérielles influencent la qualité de vie subjective ou psychologique des personnes, au niveau individuel et collectif.

S'y ajoutent les contributions régulatrices qui modifient les conditions environnementales, elles-mêmes régulatrices des contributions matérielles et immatérielles.

Il y a de nombreuses porosités entre les concepts de services écosystémiques et de contributions de la nature aux personnes

d'une part, et entre les concepts d'infrastructures vertes et de solutions fondées sur la nature d'autre part. Leurs définitions et usages varient dans le temps et peuvent différer, à la marge, selon les cultures et les organisations gouvernementales. Au-delà des mots et de ce qu'ils véhiculent d'explicite et d'implicite, il est important de considérer qu'il s'agit là de métaphores de la relation entre l'humain et la nature. Leur fonction première est de rendre accessible, intelligible et opérationnelle la complexité des enjeux environnementaux, sociaux, économiques et politiques sous-jacents.

Dans ce cadre d'analyse, les arbres et la forêt urbaine constituent des éléments des infrastructures vertes susceptibles d'être gérés pour piloter de manière simultanée les défis environnementaux, sociaux et économiques que pose l'urbanisation, en cherchant à maximiser les bénéfices et à limiter les impacts négatifs. La plantation et la préservation des arbres ainsi que des espaces boisés en milieu urbain apparaissent alors comme des « solutions fondées sur la nature » permettant le développement de villes durablement vivables.

La présentation des concepts de services et de desservices écosystémiques laisserait présager que, dans la suite de ce chapitre, nous les traitons successivement. Cela présenterait plusieurs difficultés. D'abord, c'est le bien-être objectif et subjectif des personnes qui détermine si un processus biologique lié aux arbres et à la forêt urbaine relève du service ou du desservice. Or, les liens entre processus, fonctions et services varient dans l'espace et dans le temps. Les effets d'un arbre nouvellement planté sur le microclimat urbain sont limités, mais peuvent prendre de l'ampleur vingt ans après. Ensuite, les processus biologiques s'influencent les uns les autres, de sorte qu'il est illusoire de chercher à isoler leurs contributions aux services écosystémiques. Enfin, il serait fastidieux de lister tous les bénéfices et petits désagréments liés aux arbres. Ils seront simplement résumés dans la figure 8. Aussi, ce chapitre aborde les contributions des arbres aux citoyens au travers de quelques exemples de fonctions écosystémiques emblématiques, étroitement liées les unes aux autres par la biologie des arbres.

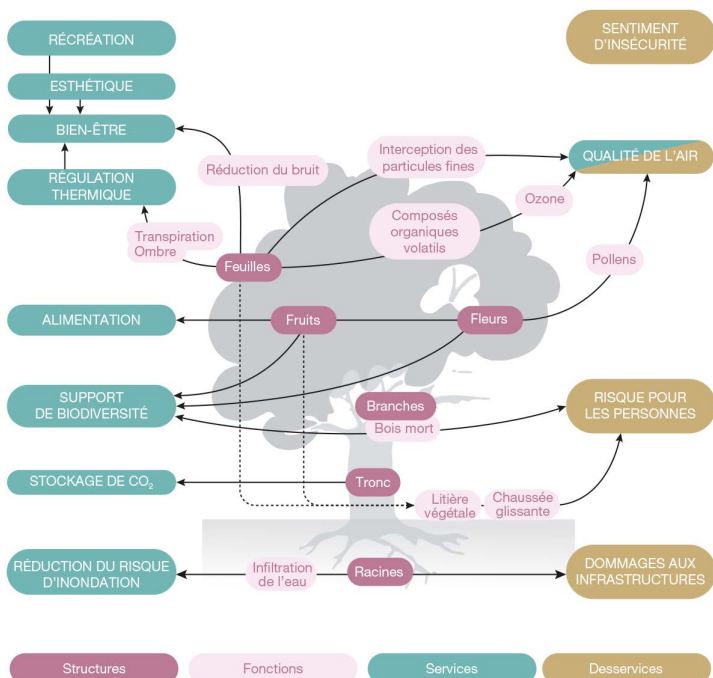


Figure 8. Bilan des services et des desservices écosystémiques liés aux arbres et à la forêt urbaine.

Les flèches illustrent comment les fonctions remplies par les différentes structures de l'arbre se traduisent en avantages (les services) ou en nuisances (les desservices) pour les personnes.

MODIFICATION DU CLIMAT À DIFFÉRENTES ÉCHELLES

La température des villes est plus élevée que celle des milieux aux alentours (encadré 6). Ce phénomène, mesuré par la différence de température de l'air entre une zone urbaine et une zone ouverte en périphérie de la ville, est qualifié d'îlot de chaleur urbain. Il s'explique d'une part par l'accumulation de chaleur par les bâtiments et les revêtements des chaussées sous l'effet du rayonnement solaire, et d'autre part par une moindre circulation des masses d'air, piégées entre les bâtiments. Il se manifeste surtout la nuit et en période de canicule. Son intensité dépend de nombreux facteurs, comme le climat local, l'étendue de la

ville, la forme urbaine, et bien sûr la densité et la distribution des espaces verts, mais toutes les villes sont concernées (figure 9). La forêt urbaine permet d'atténuer l'effet des îlots de chaleur urbains. Cette contribution aux personnes vivant, étudiant ou travaillant en ville est la mieux documentée. De nombreux aspects de la biologie des arbres impliqués dans la modification du climat à l'échelle locale et à celle de la ville dans son ensemble sont également impliqués dans les autres formes de contribution de la forêt urbaine aux personnes. C'est pourquoi elles font ici l'objet d'un traitement plus approfondi.

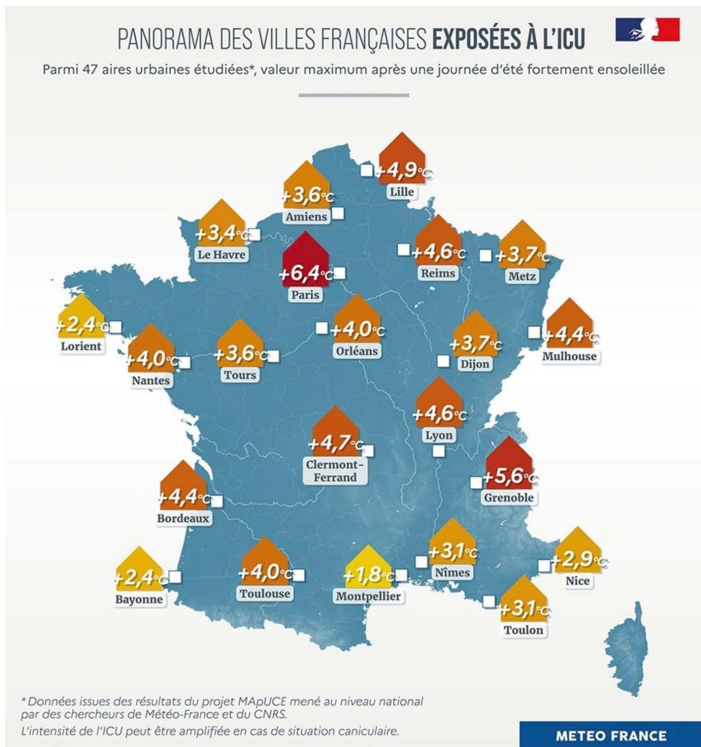


Figure 9. Carte des villes françaises les plus exposées au phénomène d'îlot de chaleur urbain (ICU). © Météo-France ; source : <https://meteofrance.com/le-changement-climatique/observer-le-changement-climatique/quest-ce-que-lilote-de-chaleur-urbain>



ENCADRÉ 6. TEMPÉRATURE : QUE MESURE-T-ON VRAIMENT ?

Il faut distinguer la température de surface et la température de l'air. Il y a bien sûr un lien entre les deux : les surfaces réchauffent l'air par rayonnement et par convection. Il y a un biais dans la littérature scientifique en faveur des températures de surface, plus faciles à mesurer à l'échelle d'une ville par imagerie satellitaire. Toutefois, le bien-être et la santé des personnes sont directement reliés à la température de l'air.

Il y a d'importantes limites à l'interprétation de l'effet rafraîchissant de la forêt urbaine si l'on ne considère que les températures de surface, notamment quand elles sont mesurées de manière aéroportée : d'abord, parce que les images satellite ne donnent accès qu'à la température des houppiers, et non à celle du sol en dessous ; ensuite, parce que les températures de surface en dehors de la canopée excèdent celles de l'air.

Il est important de garder en tête cette différence entre température de surface et température de l'air, surtout lorsque l'effet rafraîchissant des arbres est présenté sous forme d'images thermiques.

Le rôle des arbres

Les arbres contribuent à abaisser la température des surfaces et de l'air au travers de deux mécanismes principaux : l'ombrage et la transpiration.

Interception du rayonnement solaire

Les feuilles interceptent et absorbent une partie de la lumière émise par le soleil et en réfléchissent une autre partie vers l'atmosphère. L'ombre portée empêche le réchauffement du sol, de sorte que la température de surface au pied d'un arbre est inférieure à celle mesurée au sommet de son houppier. La température est également plus basse à l'aplomb du houppier qu'à quelques mètres de distance, là où l'ombre ne porte pas. Cet effet est d'autant plus marqué lorsque l'arbre pousse entouré de surfaces artificielles (asphalte, béton), qui s'échauffent plus rapidement que la végétation lorsqu'elles sont exposées au rayonnement solaire.

L'ombrage a tout de même un effet indirect sur la température de l'air : un sol qui n'est pas réchauffé par le rayonnement solaire direct restitue moins de chaleur à l'atmosphère par convection.

Transpiration

La température des feuilles exposées au rayonnement direct du soleil peut excéder la température de l'air. Or, les températures supérieures à 30 °C sont susceptibles d'endommager les cellules. Sans mécanisme de rafraîchissement, l'intégrité des feuilles serait compromise.

Les arbres transpirent par les feuilles. Le passage de l'eau de la forme liquide à la forme gazeuse est une réaction qui consomme de l'énergie. Elle a pour effet d'abaisser la température locale. Ainsi, la transpiration contribue non seulement à abaisser la température de l'air dans le voisinage immédiat des feuilles, mais elle prévient en plus l'accumulation de chaleur dans les tissus de la plante.

On anticipe ici une conséquence importante pour le potentiel de rafraîchissement des arbres : ils ne peuvent transpirer que l'eau disponible dans le sol. Les arbres sont traversés par un flux d'eau continu. Les tissus conducteurs primaires dans laquelle circule la sève brute connectent les racines aux feuilles (voir chapitre 1). L'évaporation de l'eau au niveau des feuilles a également pour conséquence de mettre la sève sous tension : l'eau du sol est aspirée par les feuilles. Dans des conditions de sécheresse, l'arbre met en place des mécanismes de protection qui peuvent compromettre son potentiel de rafraîchissement. Les stomates — des pores connectant le milieu extérieur à l'espace vide à l'intérieur des feuilles — se ferment, avec pour conséquence l'interruption du flux de sève et de la transpiration. Certains arbres, comme les bouleaux ou les peupliers, perdent leurs feuilles en période de sécheresse, ce qui réduit d'autant leur potentiel de rafraîchissement.

Des différences entre les arbres

Le potentiel d'ombrage d'un arbre individuel varie selon la taille et l'architecture de l'arbre, et selon le type, la densité et la répartition de ses feuilles dans le houppier. Il y a de fait des différences importantes entre les espèces selon leur architecture et leur physiologie, et entre les individus d'une même espèce selon leurs conditions de croissance.

Un arbre au port étalé projette plus d'ombre au sol qu'un arbre au port fastigié ou élancé (voir figure 5). Or, pour une espèce donnée, le port de l'arbre est fortement influencé par l'espace



disponible pour sa croissance. La concurrence avec les arbres voisins ou les contraintes spatiales imposées par la proximité avec les bâtiments peuvent modifier le potentiel d'ombrage d'un arbre individuel. Les interventions de taille peuvent également moduler le potentiel d'ombrage en modifiant le port de l'arbre.

Les petits arbres ou ceux au port très étalé ont un meilleur potentiel de rafraîchissement par l'ombrage qu'ils apportent ; en revanche, si l'on prend également en compte la transpiration, ce sont alors les grands arbres qui se révèlent, en moyenne, plus efficaces pour rafraîchir leur environnement.

L'indice de surface foliaire³ d'un arbre est un bon indicateur de son potentiel de rafraîchissement. Un arbre au feuillage dense et persistant (le chêne vert, par exemple) a un effet plus prononcé sur les températures de surface qu'un arbre au houppier moins dense et aux feuilles caduques (le *Ginkgo biloba*, par exemple). Les arbres avec des feuilles fines et simples (par opposition aux feuilles composées) ont un potentiel de rafraîchissement par la transpiration plus élevé, sous réserve que la ressource en eau ne soit pas limitante.

Enfin, le potentiel de rafraîchissement d'un arbre dépend de son état sanitaire. Un stress hydrique aigu réduit la transpiration et peut entraîner une abscission prématurée des feuilles pendant la saison de végétation. Un stress hydrique chronique se traduit par une réduction de la surface foliaire de l'arbre. L'accès à l'eau est de ce point de vue essentiel. Les insectes herbivores et les micro-organismes pathogènes peuvent également être responsables de la réduction de l'activité photosynthétique de l'arbre, *via* une modification du métabolisme ou la perte de surface foliaire. L'ensemble de ces facteurs concourt à réduire l'ombrage et/ou la transpiration de l'arbre.

De l'arbre à la forêt urbaine

En regardant la carte des températures de surface d'une ville inconnue, on prend peu de risque à parier que les points chauds

3. L'indice de surface foliaire (*leaf area index*, LAI) correspond à la surface unilatérale de l'ensemble des feuilles d'un arbre par unité de surface au sol. Il dépend de la hauteur du houppier, de la densité et de l'inclinaison des feuilles.

sont particulièrement minéraux, alors que les points froids sont associés à des espaces verts (ou des plans d'eau). Ce genre de corrélation se retrouve systématiquement. Mais tous les espaces verts ne se valent pas en matière de potentiel de rafraîchissement. La composition, la configuration et la distribution dans l'espace de la forêt urbaine jouent un rôle fondamental.

Un couvert dense est associé à une réduction plus importante de la température que les espaces où les arbres sont isolés. Les grandes surfaces boisées sont également plus fraîches que les petits parcs et contribuent à rafraîchir la ville sur de plus grandes distances. L'effet de la surface des espaces boisés est toutefois modulé par les caractéristiques locales des habitats (encadré 7) : l'hétérogénéité verticale de la végétation peut partiellement compenser le moindre potentiel de rafraîchissement des petits parcs qui peuvent alors s'avérer plus frais que de grands parcs plus homogènes. Plusieurs auteurs signalent par ailleurs que la diversité des espèces d'arbres de la forêt urbaine est positivement associée à son potentiel de rafraîchissement (par exemple, Wang *et al.*, 2021).

ENCADRÉ 7. LE JOUR ET LA NUIT

Si les arbres préviennent l'échauffement des surfaces sous l'effet du rayonnement solaire et abaissent la température de l'air du fait de la transpiration lorsque les stomates sont ouverts, ces effets ne se manifestent toutefois que pendant la journée.

Ainsi, durant celle-ci, le potentiel de rafraîchissement de la forêt urbaine peut être surestimé — par rapport à son ressenti par les personnes — s'il est mesuré à partir des températures de surface. Au contraire, pendant la nuit, le potentiel de rafraîchissement de la forêt urbaine est plus grand si l'on considère la température de l'air, avec toutefois des différences importantes selon la configuration de la ville.

Les surfaces enherbées, sans arbres, ne doivent pas être négligées. En effet, leur température de surface et la température de l'air sont inférieures à celles mesurées au niveau des surfaces construites. Si pendant la journée elles restent supérieures aux températures mesurées sous un couvert arboré, la situation change pendant la nuit : les surfaces enherbées contribuent plus au rafraîchissement de l'air que les surfaces arborées, probablement du fait d'un meilleur brassage de l'air.



La forme urbaine module également le potentiel de rafraîchissement des arbres et de la forêt urbaine. Celui-ci est notamment diminué dans les rues étroites bordées d'arbres, où les températures de surface sont réduites par l'ombre des ceux-ci, pour deux raisons principales : d'une part, les bâtiments génèrent de l'ombre, de sorte que l'ombre additionnelle produite par les arbres n'a qu'un effet limité sur les températures de surface ; d'autre part, un couvert arboré dense limite d'autant plus le brassage de l'air et empêche son refroidissement par convection, un phénomène qualifié d'effet de canyon urbain. Dans une telle configuration, le bénéfice de la forêt urbaine en matière de régulation des températures doit être considéré avec précaution, d'autant plus que les effets de canyons urbains influencent également la circulation des polluants atmosphériques (voir section « Modification de la qualité de l'air », p. 47).

Les effets de la forêt urbaine sur les températures de la ville influencent la consommation énergétique des bâtiments. Une méta-analyse récente de la littérature scientifique révèle que les arbres urbains réduisent la consommation énergétique liée au rafraîchissement des bâtiments de l'ordre de 30 % dans les régions chaudes, de 17 % dans les régions tempérées et de 5 % dans les régions froides (Yang *et al.*, 2025). L'effet des arbres urbains sur la consommation énergétique liée au chauffage est moins bien documenté : le nombre d'articles scientifiques ayant rapporté un effet modéré (10-20 %) des arbres urbains sur la consommation énergétique liée au chauffage des bâtiments était équivalent au nombre d'articles ayant signalé des effets nuls ou opposés.

De très nombreux facteurs doivent être considérés pour expliquer la relation entre la consommation énergétique des bâtiments et l'effet des arbres urbains sur le microclimat de la ville. Ils incluent l'identité des arbres (notamment leur architecture et le type de feuilles, caduques ou sempervirentes), l'exposition de ces derniers par rapport à l'orientation du rayonnement solaire, et aussi le comportement des personnes.

MODIFICATION DE LA QUALITÉ DE L'AIR

Les arbres contribuent à la modification⁴ de la qualité de l'air et ont de fait un impact direct sur la santé des personnes.

Pollution aux particules

Les arbres occupent une grande surface par rapport à leur volume. De manière passive, ils interceptent les particules fines présentes dans l'atmosphère, notamment celles émises par les véhicules (résidus de combustion, poussières de freins et de pneumatiques). Certaines caractéristiques morpho-anatomiques sont particulièrement favorables à l'interception des particules :

- des ramifications denses ;
- de petites aiguilles densément réparties sur les rameaux ;
- un indice de surface foliaire élevé ;
- des feuilles pubescentes ;
- des feuilles cireuses.

Le rôle de « filtre à particules » que jouent les arbres est très dépendant du contexte dans lequel ils sont plantés. C'est notamment le cas pour les arbres de rue. La largeur de la rue, leur orientation par rapport au vent dominant, la hauteur des bâtiments, la densité du trafic et sa rythmicité modifient la circulation des masses d'air et, par là même, le dépôt des particules fines sur les arbres (voir section « De l'arbre à la forêt urbaine », p. 44).

Risque allergique

Les arbres produisent une grande quantité de pollens, dont certains sont de puissants allergènes. C'est notamment le cas des bouleaux dont la reproduction intervient au printemps. Dans une étude comparative menée sur 47 villes (dont 44 en Amérique du Nord), des chercheurs du département d'Agriculture des États-Unis (USDA) ont montré que le risque allergique lié aux pollens varie du simple au double d'une ville à l'autre (Nowak et Ogren, 2021). Les villes dans lesquelles la forêt urbaine était dominée par les conifères présentaient un risque allergique moindre.

4. En tant que lecteur attentif, vous aurez noté l'emploi du terme *modification* qui a le mérite d'être neutre.



La cartographie en temps réel du risque allergique à l'intérieur des villes représente un enjeu majeur de santé publique, et de bien-être pour les personnes allergiques. À ce jour, ni les données ni les modèles ne permettent de l'estimer correctement. En effet, le risque allergique dépend de la distribution des espèces dans l'espace urbain, de leur potentiel allergène, mais également de la production effective de pollen. Notre connaissance de la forêt urbaine, notamment dans les espaces résidentiels privés, manque pour alimenter les modèles. Il faut ajouter à cela que le risque dépend de l'exposition et de la vulnérabilité des personnes, paramètres difficiles à prendre en compte.

Gaz atmosphériques

Les arbres produisent et émettent dans l'atmosphère des composés organiques volatils (COV) impliqués notamment dans la stabilisation des membranes cellulaires, mais aussi dans la signalisation des agressions par les insectes herbivores et les micro-organismes pathogènes (voir chapitre 4). Les COV ne sont pas perçus par les humains. En revanche, ils interagissent avec certains gaz présents en minorité dans l'atmosphère, notamment avec l'ozone (O_3) et les oxydes d'azote (NO_x), de manière plus ou moins marquée selon la famille chimique des COV. Or, ozone et oxydes d'azote peuvent être à l'origine de graves maladies respiratoires lorsque leurs concentrations dans l'atmosphère augmentent.

Certaines espèces d'arbres sont connues pour produire d'importantes quantités de COV — notamment des isoprènes — favorisant la production d'ozone. C'est le cas des platanes, des peupliers et des chênes. Au contraire, les tilleuls, les frênes et les marronniers sont faiblement émetteurs. Ces différences entre espèces doivent toutefois être relativisées. Le sens des réactions chimiques entre les COV et les autres composés gazeux présents dans l'atmosphère dépend de nombreux facteurs, notamment de leurs concentrations relatives, de la température et du déplacement des masses d'air. Or, ces facteurs s'influencent les uns les autres : les températures élevées favorisent d'une part l'émission des COV et d'autre part la production d'ozone, puissant gaz à effet de serre qui contribue à réchauffer l'atmosphère.

Il en résulte des difficultés à modéliser et à prédire l'impact des arbres sur la production et la dynamique des COV.

Circulation des masses d'air

L'effet de la forêt urbaine sur la qualité de l'air dépend très majoritairement de la circulation des masses d'air. Lorsque le brassage de l'air est important, les effets bénéfiques de la forêt urbaine sur la qualité de l'air l'emportent. Au contraire, dans les zones confinées, et plus encore là où le trafic des véhicules à moteur est important, les arbres peuvent concentrer les polluants et avoir un effet délétère pour la santé des personnes, particulièrement de celles présentant des maladies respiratoires.

CONTRIBUTION AU BIEN-ÊTRE

Quantifier le bien-être

L'Organisation mondiale de la santé (OMS) définit le bien-être comme « un état positif vécu par les individus et les sociétés [qui] englobe la qualité de vie ainsi que la capacité des personnes et des sociétés à contribuer au monde avec un sentiment de sens et de finalité (World Health Organization, 2021) ».

Bien-être et santé sont étroitement liés. D'ailleurs, la définition de la santé que l'OMS donne fait référence au bien-être : « [La santé est] un état de bien-être physique, social et mental complet, et pas simplement l'absence de maladie ou d'infirmité (World Health Organization, 2021). »

Cela implique que l'état de bien-être correspond alors à la satisfaction des besoins fondamentaux d'un être humain : ses besoins physiologiques, son besoin de sécurité, son besoin d'appartenance, son besoin d'estime de soi et son besoin de s'accomplir. Ces besoins ont une dimension objective et une dimension subjective.

La mesure des constantes physiologiques, comme la fréquence cardiaque ou la pression artérielle, ou les tests visant à évaluer la capacité d'attention d'une personne sont des mesures objectives de la santé ou de l'état de stress d'une personne à un moment donné. Il existe également de nombreux référentiels



de tests psychologiques visant à évaluer subjectivement l'état de bien-être instantané ou tendanciel d'une personne. Dans de nombreuses études, ces tests sont réalisés auprès de personnes vivant dans des environnements urbains contrastés, ou bien avant et après une intervention expérimentale telle qu'une marche dans un environnement plus ou moins boisé ou plus ou moins riche en espèces.

La forêt urbaine améliore le bien-être des personnes

De nombreuses études corrélatives comme expérimentales rapportent une association statistiquement significative entre l'exposition des personnes aux espaces verts urbains et leur état de bien-être objectif ou subjectif⁵ :

- les espaces verts favorisent les mobilités actives et leur présence est corrélée à une réduction du surpoids et à une amélioration de la condition physique des personnes, et ce, d'autant plus que les espaces verts sont facilement accessibles ;
- les espaces verts urbains réduisent l'anxiété et les troubles dépressifs. Cela a été particulièrement bien illustré par une étude menée au Japon durant la pandémie de COVID-19 sur 3 000 Japonais interrogés (Soga *et al.*, 2021) : l'estime de soi et la satisfaction des personnes bénéficiant d'un logement avec une fenêtre donnant sur un espace vert étaient améliorées, alors que l'anxiété et le sentiment de solitude étaient réduits ;
- l'exposition aux espaces verts urbains favorise la restauration des capacités d'attention et améliore les capacités cognitives des individus, notamment des enfants chez qui les performances scolaires sont améliorées.

Comment la forêt urbaine agit-elle sur le bien-être ?

Si le paragraphe précédent fait référence aux *espaces verts urbains* plutôt qu'à la *forêt urbaine* en tant que telle, ce n'est pas un hasard. Il est difficile de décorréler les effets qui relèvent des arbres de ceux qui relèvent des autres êtres vivants (encadré 8). À titre d'exemple, dans une étude menée à Singapour, les auteurs ont

5. À noter toutefois que la majorité des études concernent les populations adultes des pays occidentaux. Les données manquent pour généraliser ces résultats aux populations d'Afrique, d'Océanie et d'Amérique du Sud.

fait passer dans un premier temps des tests visant à estimer l'état émotionnel instantané de deux groupes d'étudiants invités dans un deuxième temps à parcourir un trajet de 600 à 1 000 mètres au travers d'habitats plus ou moins boisés (Nghiem *et al.*, 2021). À l'issue de la marche, les chercheurs ont refait passer les tests aux étudiants. Ils ont mis en évidence une amélioration de l'état émotionnel des participants, laquelle s'expliquait avant tout par la perception de la diversité des animaux rencontrés pendant la marche.

Il est notable que, lorsque la biodiversité est associée à une sensation de bien-être chez les personnes interrogées, il s'agisse souvent de la biodiversité perçue par les personnes plus que de la diversité telle qu'elle peut être objectivement mesurée par les scientifiques. Cette observation a été rapportée pour la diversité des arbres, des plantes en général, des oiseaux ou encore des animaux sans distinction.

ENCADRÉ 8. ATTENTION AUX BIAIS

Il est difficile d'étudier expérimentalement l'effet de l'exposition aux arbres sur le bien-être et sur la santé des personnes, notamment du fait de nombreux facteurs confondants. En effet, lorsque l'on compare un ensemble de variables physiologiques ou psychologiques sur des groupes d'individus exposés à des « doses de nature » différentes, il est essentiel d'examiner ce que rapporte réellement le témoin de l'expérience.

Par exemple, si l'on compare le rythme cardiaque ou la pression artérielle de deux groupes d'individus, l'un dans un environnement très urbain, l'autre dans un parc arboré, et que l'on constate une diminution de la pression artérielle et du rythme cardiaque chez les individus du groupe « parc » en comparaison du groupe témoin « ville », doit-on conclure à un effet positif des arbres sur la physiologie des personnes ou à un effet de l'environnement « non-ville » ? Autrement dit, aurait-on observé les mêmes effets avec un troisième groupe d'individus en bord de mer ?

Dans ce contexte, les arbres peuvent avoir des effets contre-intuitifs qu'il convient de garder à l'esprit en interprétant les résultats des travaux corrélant les caractéristiques de la forêt urbaine au bien-être des personnes. Tout est affaire de



perception. Un bois urbain dans lequel la végétation est étagée entre la strate arborée, la strate arbustive et un sous-bois dense est ce qui se rapproche le plus de la structure typique d'une forêt. Pourtant, ces environnements semblent moins favorables au bien-être des personnes que les parcs urbains dans lesquels les troncs des arbres sont bien individualisés et où le regard peut porter au loin. Il se dégage dans la littérature une tendance chez les citoyens à préférer une nature entretenue et maîtrisée à une nature plus spontanée et indomptée, qui évoque un sentiment de « négligé » et d'insécurité.

Ces résultats ont des implications pratiques sur les stratégies de gestion des espaces verts urbains. La promotion du bien-être des personnes passe par une maîtrise de ce qui peut être perçu comme « sauvage », « naturel » ou encore « sûr ». Or, les actions à mettre en œuvre pour conformer les espaces verts à cette attente peuvent être en contradiction avec celles nécessaires à la préservation de la biodiversité urbaine ou à la régulation du microclimat, deux dimensions également impliquées dans le bien-être des personnes.

La relation entre arbres et santé a une dimension sociale

La majorité des travaux scientifiques ayant cherché à évaluer l'effet des espaces verts urbains — y compris de la forêt urbaine — sur le bien-être et la santé des personnes se basent sur une évaluation subjective du bien-être et de la santé. Ils ont en outre été pour la plupart menés en Europe, en Amérique du Nord et en Asie. Ainsi, notre vision du lien entre bien-être et disponibilité et accessibilité des espaces verts urbains est partiellement biaisée par une certaine représentation individuelle et sociale de la nature.

La connexion à la nature (encadré 9) se définit comme le sentiment d'une personne à faire partie intégrante du monde naturel. Elle est multidimensionnelle et dépend de facteurs émotionnels, cognitifs et expérientiels. Cela implique que la nature est incluse dans la représentation du soi. La connexion avec la nature (*connectedness*, en anglais) relève de l'affectif et de l'expérience. Elle diffère de la connectivité (*connectivity*) dont la dimension est plus cognitive et qui renvoie à l'idée

selon laquelle les individus humains font partie d'un tout avec la nature (*sameness*).

Certains auteurs voient un lien inné entre les humains et la nature, qui résulterait en une attitude globalement positive vis-à-vis de la nature, qualifiée de biophilie. Pour d'autres, la connexion à la nature est une construction sociale. L'exposition à la nature, qu'elle soit passive ou active, ne suffit pas à elle seule à promouvoir la connexion avec la nature ou les bénéfices qui en résultent, du fait d'interactions complexes entre les dimensions cognitives, expérientielles et émotionnelles. L'exposition à la nature pendant l'enfance prédit peu la connexion avec la nature à l'âge adulte. La connexion à la nature se construit tout au long de la vie et se renforce par le comportement actif de l'adulte.

ENCADRÉ 9. L'ÉCHELLE DE CONNEXION À LA NATURE

En 2004, les psychologues F.S. Mayer et C. McPherson Frantz proposent un test psychologique visant à évaluer la connexion des personnes à la nature. Ce test, traduit en français et évalué par O. Navarro et ses collègues, repose sur 14 items devant être notés sur une échelle de 1 (pas du tout d'accord) à 5 (tout à fait d'accord) :

1. Je me sens souvent en union avec la nature qui m'entoure.
2. Je pense à la nature comme à une communauté à laquelle j'appartiens.
3. Je reconnais et apprécie l'intelligence des autres êtres vivants.
4. Je me sens souvent déconnecté de la nature.
5. Quand je pense à ma vie, je m'imaginerai faisant partie d'un cycle de vie plus large.
6. Je me sens souvent en lien de parenté avec les animaux et les plantes.
7. Je me considère comme faisant partie de la terre et de la même façon qu'elle fait partie de moi.
8. Je comprends très bien comment mes actions ont un effet sur le monde naturel.
9. Je me sens souvent comme faisant partie d'un écosystème plus large.
10. Je pense que tous les habitants de la terre, humains et non-humains, partagent une « force vitale » commune.
11. Tout comme l'arbre fait partie de la forêt, je me sens comme faisant partie de la nature.
12. Lorsque je pense à ma place sur terre, je me considère comme faisant partie de l'espèce supérieure.
13. J'ai souvent l'impression que je ne suis qu'une petite partie de la nature qui m'entoure et que je ne suis pas plus important que l'herbe sur le sol ou les oiseaux dans les arbres.
14. Mon bien-être personnel est indépendant du bien-être du monde naturel.



Plusieurs tests psychologiques permettent d'évaluer la connexion et la connectivité d'une personne à la nature, dans leurs différentes dimensions. Réalisés parallèlement aux tests évoqués dans la section précédente, ils permettent d'établir des corrélations entre bien-être et connexion à la nature, et peuvent être utilisés comme covariables dans l'analyse des liens entre bien-être et exposition aux espaces verts urbains.

La connexion ou la connectivité à la nature doivent être distinguées de l'exposition à la nature, qui peut se définir comme le contact direct (en y étant physiquement) ou indirect (*via* des images, des sons, voire des parfums) avec des milieux naturels (parcs, forêts, jardins, berges de fleuves). Il existe un débat quant à savoir si l'exposition à la nature favorise sa connexion avec elle, si les deux se renforcent ou si elles sont indépendantes. Dans une étude récente menée au Royaume-Uni sur plusieurs milliers de personnes âgées de plus de 16 ans, les auteurs ont montré que l'exposition à la nature et la connexion à la nature ont toutes deux des effets positifs sur le bien-être des personnes, mais qu'elles interagissent de manière complexe : l'exposition à la nature pouvant être la cause ou, au contraire, la conséquence de sa connexion avec elle.

Le fait que connexion et exposition à la nature aient des effets positifs, mais interactifs sur le bien-être des personnes implique que tous les citoyens ne bénéficient pas de la même manière de la présence des espaces verts ou des arbres dans leur environnement (encadré 10). Pour certaines personnes, c'est l'accessibilité aux espaces verts urbains qui est limitant. Pour d'autres, le levier est éducatif. Les deux dimensions sont complémentaires. Les actions visant, d'une part, à rendre plus accessibles et à favoriser l'utilisation des espaces verts urbains (au travers des mobilités, pour le loisir ou la pratique sportive) et, d'autre part, à faire connaître et à appréhender l'importance qu'ont les êtres vivants dans le fonctionnement des écosystèmes et dans la vie quotidienne des personnes sont également nécessaires au bien-être des citoyens. Dans tous les cas, il convient de ne pas occulter le fait qu'il existe chez certaines personnes une aversion ou une peur vis-à-vis des espaces verts qui peuvent être associés à un sentiment d'insécurité, soit qu'ils hébergent

une faune perçue comme dangereuse, soit qu'ils dissimulent des activités illicites (trafic de drogue, violences, prostitution).

ENCADRÉ 10. LA RÈGLE DU 3-30-300

La règle dite du « 3-30-300 » pour les espaces verts urbains propose qu'une ville résiliente favorisant le bien-être des citoyens doive être aménagée de telle sorte que chaque personne puisse être en mesure de voir au moins 3 arbres depuis la fenêtre de son domicile, de son école ou de son lieu de travail, de disposer d'un couvert de canopée au moins égal à 30 % dans son quartier, et de vivre à moins de 300 mètres d'un espace vert.

Il s'agit d'une règle empirique élaborée sur la base d'un nombre croissant d'articles scientifiques établissant des corrélations positives entre la présence des arbres en ville, la santé et le bien-être des personnes. Les valeurs seuils de 3 arbres, 30 % de canopée et 300 mètres de distance sont encore discutées dans la littérature scientifique (Duinker et al., 2026). Elles constituent une base de travail stimulante, mais ne devraient pas être considérées comme des cibles absolues ou comme des critères d'évaluation du succès ou de l'échec des politiques de gestion de la forêt urbaine, d'abord parce que les contraintes géologiques, écologiques et l'héritage historique des villes peuvent empêcher d'atteindre ces seuils, ensuite parce que ceux-ci ne sont pas définis avec suffisamment de précision pour constituer des indicateurs pleinement opérationnels pour la gestion.

CE QU'IL FAUT RETENIR

Les arbres ont un potentiel de rafraîchissement du fait de l'ombre qu'ils projettent au sol et de leur transpiration. L'architecture de l'arbre, la morphologie et la distribution des feuilles sont des facteurs essentiels à prendre en compte pour expliquer le potentiel de rafraîchissement des différentes espèces d'arbres. Le potentiel de rafraîchissement de la forêt urbaine dépend très largement de sa composition spécifique et de la distribution des arbres dans la ville. La gestion des arbres et de la forêt urbaine à des fins de pilotage du microclimat doit intégrer les besoins en eau des arbres et leurs interactions avec les bioagresseurs. Les arbres ont un rôle ambivalent sur la qualité de l'air. Ils contribuent d'une part à intercepter et à piéger les particules fines, mais ils produisent des pollens et des composés organiques volatils pouvant être à l'origine de maladies respiratoires.

Les espaces verts urbains ont un effet bien documenté sur la santé et le bien-être des personnes, même si la part des arbres en tant que tels dans cette relation reste difficile à évaluer.



4. COMMENT LA FORÊT URBAINE FAIT-ELLE FACE AUX CHANGEMENTS GLOBAUX ?

« En ville, les arbres souffrent, ils ne sont pas chez eux [...] tout conspire à limiter leur vie : l'air chargé de micropolluants, la terre tassée par le passage des véhicules et desséchée sous le bitume imperméable [...] l'absence de leurs convivants que sont les arbres de même espèce, les arbres alliés, les champignons et les micro-organismes qui font le sol, et encore la taille maniaque pour qu'ils ne débordent pas, les coups fréquents, les vapeurs et les effluents chargés de toxiques. »

Alexis Jenni, 2024. *Parmi les arbres. Essai de vie commune*, Babel, 128 p.

Alexis Jenni résume parfaitement dans ces lignes les contraintes qui pèsent sur les arbres urbains. Il oublie simplement de mentionner la chaleur extrême qui exacerbe l'effet de la sécheresse, et les champignons et les insectes venus d'ailleurs qui profitent d'une certaine forme d'ignorance des arbres, et de la nôtre.

« Et malgré cela ils vivent, du plus droit qu'ils peuvent, aussi longtemps qu'ils le peuvent. » Ce sera tout le propos de ce court chapitre. Alerter sur le caractère stressant de l'environnement urbain, mais montrer comment le développement de l'écologie urbaine contribue à la compréhension des facteurs de vulnérabilité des arbres pour une gestion durable des services écosystémiques qu'ils offrent aux populations.

LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES MENACENT LES ARBRES URBAINS

Les arbres aussi ont une niche

La niche écologique est un concept fondateur de l'écologie scientifique, construit à partir de l'observation patiente, laborieuse



et parfois aventureuse de régularités (*patterns*) dans la nature. Depuis le début du xx^e siècle, il est clair que certaines espèces ne se retrouvent que dans certains types d'environnements, dans lesquels elles interagissent avec les mêmes types d'organismes. Cette régularité, au niveau de l'espèce, a été définie comme sa niche. La définition stricte du concept de niche écologique a fait couler beaucoup d'encre (et elle continue de le faire). Sans entrer dans le débat, retenons que la niche écologique définit l'ensemble des conditions environnementales et des ressources qui permettent à une espèce de maintenir des populations viables. Aujourd'hui, on adjoint une dimension fonctionnelle à cette définition qui inclue la manière dont les individus d'une espèce utilisent les ressources à leur disposition. En d'autres termes, la niche écologique d'une espèce décrit ses capacités, ses limites spatiales et ses interactions sociales.

Les écologues distinguent la niche fondamentale (ou potentielle) d'une espèce — ce qu'elle pourrait faire et où elle pourrait le faire dans des conditions idéales — de sa niche réalisée — ce qu'elle fait et où elle le fait réellement, compte tenu des contraintes ou des opportunités de son environnement. La niche réalisée est souvent incluse dans la niche fondamentale. En effet, la disponibilité des ressources abiotiques (l'eau, les nutriments, la lumière, la chaleur) ou les contraintes biotiques (compétition, prédation) dans un habitat donné réduisent généralement la niche réalisée exprimée par une population par rapport à la niche fondamentale définie au niveau de l'espèce. Mais il arrive qu'au contraire les interactions biotiques, comme la symbiose ou la facilitation, élargissent la niche fondamentale d'une espèce en permettant aux individus d'exploiter une gamme de ressources à laquelle ils n'auraient pas accès sans ces interactions.

Certains auteurs proposent d'associer une dimension sociale à la définition de la niche écologique (encadré 11), reconnaissant ainsi le fait que la distribution historique et actuelle de certaines espèces, la variabilité de leurs caractéristiques (la variabilité phénotypique) et leur potentiel d'adaptation ont été et sont toujours déterminés par les activités humaines, et ce, pour deux raisons principales : d'abord, parce que les humains créent des habitats ou génèrent des dynamiques de ressources

auxquelles certaines espèces dites commensales, anthropophiles ou synanthropiques (selon un niveau croissant de dépendance aux humains) sont particulièrement adaptées ; ensuite, parce que les sociétés humaines associent une valeur économique ou culturelle ainsi qu'un cadre réglementaire à certaines espèces. Sous ce prisme, il convient alors de parler de niche socio-écologique.

Les arbres n'échappent pas à leur niche fondamentale, qu'elle soit écologique ou socio-écologique. La niche fondamentale d'un arbre est définie par sa tolérance à la sécheresse et à l'ombrage et par sa capacité à réguler la température de ses feuilles et à adapter son développement au fil des saisons (ces critères seront détaillés au chapitre 5). Sa niche réalisée est conditionnée par les interactions positives avec les champignons mycorhiziens qui lui permettent de coloniser des espaces auxquels il n'aurait pas accès sans, et par ses interactions négatives avec les herbivores (au premier rang desquels, les insectes) et les micro-organismes pathogènes qui, au contraire, restreignent le champ des possibles.

ENCADRÉ 11. LA VILLE COMME DERNIER ESPOIR POUR LA BIODIVERSITÉ ?

Malgré les contraintes, nombreuses, bien documentées, indubitables que l'environnement urbain fait peser sur la faune et la flore, la ville peut constituer un environnement favorable à certaines espèces, soit qu'elles y trouvent un refuge contre leurs consommateurs (prédateurs, herbivores), soit qu'elles y sont activement introduites et soignées par les citoyens, soit qu'elles bénéficient de l'environnement perturbé de la ville pour accélérer leur dispersion. Les villes peuvent ainsi apparaître comme des habitats de la dernière chance, voire comme des sanctuaires pour certaines espèces menacées.

La forte dépendance de certaines espèces aux environnements urbains est bien mieux documentée chez les animaux que chez les plantes, mais le cas de *Grevillea caleyi** illustre cette situation pour les végétaux (Soanes et Lentini, 2019). Il s'agit d'un arbuste pouvant atteindre 4 mètres de haut. L'espèce est endémique de la région de Sydney, en Australie. Elle est menacée d'extinction. Elle se maintient pourtant, mais essentiellement dans la ville de Sydney, où elle fait l'objet de mesures de sauvegarde** et de restauration spécifiques.

* <https://threatenedspecies.bionet.nsw.gov.au/profile?id=10361>

** <https://www.environment.nsw.gov.au/sites/default/files/conservation-action-plan-caleys-grevillea-220101.pdf>



Les changements climatiques mettent les arbres sous pression

La niche réalisée de nombreuses espèces d'arbres est plus étroite en ville. Les routes et les toits des bâtiments qui interceptent et canalisent les précipitations limitent la disponibilité en eau dans le sol. Le bâti contribue à créer l'effet d'îlot de chaleur urbain (voir chapitre 3), qui accroît la température en été et les besoins en eau pour la thermorégulation. Les sols urbains sont profondément artificialisés et appauvris, limitant les possibilités d'interactions positives avec les micro-organismes. D'ailleurs, les rares études menées sur les champignons mycorhiziens des arbres urbains montrent une diminution de leur diversité en ville par rapport aux forêts avoisinantes, ce qui augmente d'autant leurs difficultés d'accès aux ressources hydriques et minérales.

Une étude suggère que, au vu de l'évolution attendue du climat d'ici 2050, plus des deux tiers des arbres urbains vivront dans des conditions de température et de précipitation plus extrêmes que ce qu'ils ont la capacité de supporter (Esperon-Rodriguez *et al.*, 2022). Autrement dit, la ville ne fera plus partie de leur niche écologique. Pour arriver à ce résultat, les auteurs ont croisé les données d'inventaires de 164 villes de 78 pays avec les prédictions de l'évolution du climat local selon différents scénarios d'émissions de gaz à effet de serre. Ils ont calculé l'enveloppe climatique actuelle des espèces présentes en ville, c'est-à-dire qu'ils ont utilisé la répartition actuelle de chacune de ces espèces sur Terre pour déterminer les conditions les plus chaudes et les plus sèches actuellement rencontrées. L'enveloppe climatique est une approximation de la niche écologique des espèces d'arbres. En modélisant l'évolution du climat des villes concernées à l'horizon 2050, ils ont ainsi pu calculer le décalage entre les conditions climatiques connues pour permettre aujourd'hui le développement de chaque espèce et le climat futur. La forêt urbaine de la majorité des villes est en sursis, et ce, d'autant plus que l'on se rapproche des régions déjà chaudes et sèches.

LA LUMIÈRE DES VILLES MODIFIE LA PHYSIOLOGIE ET LA PHÉNOLOGIE DES ARBRES

Les arbres utilisent la lumière comme source d'énergie grâce à la photosynthèse, mais également comme moyen de repère dans le temps et dans l'espace.

Lumière et photosynthèse

Il n'est pas question ici de plonger trop profond dans la physique de la photosynthèse, on s'y noierait. Des explications détaillées sont toutefois fournies dans l'encadré 12. Disons simplement que lorsqu'un rayon lumineux frappe un pigment dans une feuille d'arbre, celui-ci absorbe l'énergie que véhiculent les photons — les photons étant les particules élémentaires qui composent la lumière — et la dissipe en excitant une série de molécules associées au pigment. Cela s'accompagne d'un transfert d'électrons, d'une molécule à l'autre. L'eau (H_2O) et le dioxyde de carbone (CO_2) atmosphérique interviennent dans cette chaîne de transfert d'électrons qui aboutit à la production de sucres et de dioxygène (O_2).

La photosynthèse dépend de la qualité (la longueur d'onde) et de l'intensité de la lumière reçue. Seules les longueurs d'onde comprises entre 400 et 700 nm sont photosynthétiquement actives. Les rayons ultraviolets et infrarouges n'interviennent pas dans la photosynthèse. Au-dessus d'une certaine intensité lumineuse, les capacités enzymatiques des feuilles sont saturées et la photosynthèse plafonne ; en dessous, elle ne se produit pas. Le point de compensation désigne la quantité d'énergie lumineuse, telle que l'absorption de CO_2 par la photosynthèse est équivalente à la production de CO_2 par la respiration. La quantité de lumière nécessaire à la photosynthèse varie selon les espèces. Les espèces dites « tolérantes à l'ombrage » ont un point de compensation bas leur permettant de réaliser la photosynthèse dans des conditions d'éclairement plus limitées que les espèces « intolérantes à l'ombrage », parfois improprement qualifiées d'« espèces de lumière ». Les hêtres, les sapins, le houx sont des espèces tolérantes à l'ombrage, au contraire du bouleau et du robinier qui y sont intolérants.



ENCADRÉ 12. LUMIÈRE SUR LA LUMIÈRE

La lumière a les propriétés des particules et des ondes électromagnétiques. Une onde est définie par sa longueur d'onde et sa fréquence. Cela se visualise en jetant un caillou dans une mare : des cercles concentriques se forment et se propagent à partir du point d'impact sous forme de vagues. La distance entre deux pics de vagues consécutives représente la longueur d'onde (λ). Pour une grenouille immobile dans la mare, le nombre de pics lui passant dessus par unité de temps représente la fréquence (f). Longueur d'onde et fréquence sont liées par la formule $\lambda = c/f$, où c représente la vitesse de propagation de l'onde.

On appelle photon la particule de lumière. Chaque photon est porteur d'une quantité d'énergie, le quantum, libéré de manière discontinue par paquets. L'énergie d'un photon (E) est proportionnelle à la fréquence de l'onde : $E = h \times f$, où h est la constante de Planck qui vaut $6,626 \times 10^{-34}$ J.s.

La lumière blanche du soleil peut être vue comme un bombardement de photons ondulant à différentes fréquences. Une partie de cette lumière est visible par l'œil humain : ce sont les photons dont la longueur d'onde varie entre 400 et 700 nm. Un arc-en-ciel filtre et ordonne les rayons du soleil selon leur longueur d'onde, du violet pour les photons les plus énergétiques (donc ceux dont la longueur d'onde est la plus courte, à partir de 400 nm) au rouge pour les moins énergétiques (700 nm), en passant par le bleu, le vert, le jaune et l'orange. La lumière blanche du soleil comporte également des longueurs d'onde que l'œil humain ne voit pas. Ce n'est pas pour autant qu'elles sont sans effet biologique. Ce sont notamment les ultraviolets (inférieurs à 400 nm) et les infrarouges (supérieurs à 700 nm).

La couleur des feuilles, qu'il s'agisse du vert du printemps ou du rouge orangé de l'automne, leur est conférée par des pigments. Ce sont des molécules qui ont la capacité d'absorber les rayons lumineux. La couleur des pigments dépend de la longueur d'onde des rayons lumineux que les feuilles n'absorbent pas. Ainsi, la chlorophylle, le principal pigment des feuilles, nous apparaît de couleur verte parce qu'elle absorbe les rayons des longueurs d'onde inférieures à 500 nm (correspondant au bleu et au violet) et supérieures à 650 nm (le rouge). Les carotènes absorbent les rayons dont la longueur d'onde est inférieure à 500 nm, ce qui leur donne cette couleur orange.

En ville, l'ombre des bâtiments réduit la capacité des arbres à réaliser la photosynthèse. Faute d'un accès suffisant à la lumière, les arbres peuvent avoir une croissance ralentie, et

progressivement « mourir de faim » à partir du moment où leur demande énergétique (du fait de leurs dimensions) excède la capacité de la photosynthèse à absorber suffisamment de carbone.

Lumière et signalisation

La quantité et la qualité de la lumière reçue par un arbre changent au cours des saisons selon l'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre par rapport au Soleil et l'épaisseur de la couche atmosphérique traversée par les rayons lumineux avant de frapper les feuilles d'un arbre. Ces variations sont perçues par des molécules, qualifiées de photorécepteurs qui interviennent dans la régulation de la phénologie des arbres, c'est-à-dire dans le déclenchement des différentes phases de développement au cours des saisons (floraison, fructification, induction de la dormance des bourgeons).

Les photorécepteurs sont également impliqués dans la détection des arbres voisins. L'interception de la lumière par la canopée d'un arbre modifie la proportion des radiations dans la gamme de longueurs d'onde du rouge (autour de 660 nm, notées R pour *red*) et de l'infrarouge (autour de 730 nm, notées FR pour *far red*). En pleine lumière, le rapport R/FR est de l'ordre de 1,19. Il chute très en dessous de 1 sous couvert de canopée. Chez les plantes intolérantes à l'ombrage, la détection d'une chute du rapport R/FR entraîne l'élongation des tiges en direction de la lumière.

L'impact peu connu de l'éclairage nocturne sur les arbres

En 2024, la Nasa a mis en ligne une série d'images haute définition de la Terre vue du ciel prises en 2012 et 2013. Bien que les photos aient été prises de nuit, on reconnaît le contour des continents, et on localise parfaitement les grandes villes et les principaux axes qui les relient : elles sont éclairées. Les lumières nocturnes artificielles (ou *artificial light at night*, ALAN) représentent un facteur de stress potentiel encore peu étudié chez les arbres.

Les villes sont éclairées la nuit par diverses sources. On pense bien sûr d'abord à l'éclairage public, de plus en plus dirigé vers le bas, mais qui provient parfois encore de sphères émettant de



la lumière dans toutes les directions. L'éclairage continu des panneaux publicitaires et des enseignes des magasins contribue également à la lumière nocturne. S'ajoute à cela l'éclairage filtrant par les fenêtres des bureaux et des habitations qui, même s'il s'éteint généralement passé une certaine heure, prolonge la durée du jour le soir et dans une certaine mesure le matin. L'éclairage des phares des véhicules motorisés constitue également une source de lumière intermittente. L'ensemble de ces lumières éclaire le ciel nocturne des villes d'un halo diffus (*skyglow*, en anglais). Ces différentes sources de lumière ont des intensités, des longueurs d'onde et des temporalités différentes, qui ont toutes un impact de mieux en mieux documenté sur la biodiversité et sur les interactions entre les espèces. On parle alors de pollution lumineuse, en ceci que ces lumières altèrent les processus naturels.

Les lumières nocturnes artificielles allongent la saison de végétation des arbres qui mettent en place leurs feuilles et leurs fleurs plus tôt dans l'année, et les perdent plus tard à l'automne. Or, les fleurs et les jeunes feuilles sont particulièrement vulnérables au gel. Un développement printanier précoce accroît la vulnérabilité des arbres aux gels tardifs, mais le retard de la chute des feuilles à l'automne peut prolonger la période de croissance des arbres.

Les lumières artificielles nocturnes modifient également l'activité photosynthétique et les patrons d'allocation des ressources entre les bourgeons et les branches, ainsi que les proportions relatives de sucres solubles et d'amidon. Les travaux expérimentaux suggèrent une altération de l'activité enzymatique en cas d'éclairage continu, et une possible réduction du taux d'assimilation du CO_2 du fait d'une saturation des réactions enzymatiques se déroulant normalement à l'obscurité. Les conséquences de l'éclairage continu des arbres par les lumières artificielles nocturnes semblent être variables selon les espèces.

L'éclairage artificiel nocturne a également un effet indirect sur les arbres, *via* leurs interactions avec les autres organismes, en particulier les insectes herbivores et leurs prédateurs. Parce qu'elles modifient les patrons d'allocation des ressources entre les feuilles et les autres organes des arbres, les lumières artificielles modifient

la qualité de la ressource utilisée par les insectes herbivores. S'ajoute à cela une modification de l'activité des prédateurs. Les araignées tisseuses de toile ont tendance à privilégier les endroits éclairés, là où leurs proies sont plus abondantes. Mais les araignées exposées à un éclairage nocturne ont également une croissance accélérée. Elles acquièrent la maturité sexuelle plus tôt, mais produisent moins de juvéniles et présentent un taux de mortalité plus élevé. Les chauves-souris ont une activité de chasse plus intense à proximité des sources de lumière nocturne qui attirent notamment les papillons de nuit. On note une modification du régime alimentaire des chauves-souris en présence de lumières nocturnes, avec une augmentation de la consommation de papillons de nuit par rapport aux autres insectes. Alors que l'éclairage nocturne semble favoriser la prédation sur les insectes volants, il pourrait au contraire permettre aux insectes herbivores non ailés (typiquement, les chenilles) d'échapper en partie à leurs prédateurs dans les environnements les plus éclairés.

On ignore le résultat de la combinaison de ces effets sur le service de régulation des populations d'insectes herbivores, de même que l'on manque de données sur les effets directs de l'éclairage nocturne sur la physiologie des arbres urbains. C'est un champ de recherche encore balbutiant qui s'attache à comprendre les conséquences du type d'éclairage, de son intensité, de sa temporalité et de sa directionnalité sur les arbres et sur les plantes de manière générale.

LES ARBRES URBAINS FACE AUX AGRESSIONS BIOTIQUES

Les arbres hébergent une grande diversité d'organismes, microscopiques ou bien visibles. À l'échelle de l'Europe, les chercheurs estiment à plus de 500 le nombre d'espèces d'insectes associées aux chênes sessiles et pédonculés, et à plus de 600 le nombre d'espèces d'insectes associées au chêne vert. Une étude menée sur seulement quatre chênes verts dans un parc de la ville de Terni en Italie a mis en évidence la présence de 374 souches de bactéries sur leurs feuilles, à une seule date (Gandolfi *et al.*, 2024). Cela laisse présager de l'immense diversité des micro-organismes



(bactéries, champignons, oomycètes) plus ou moins étroitement associés à l'ensemble des compartiments des arbres.

Parmi les insectes, les acariens, les bactéries, les champignons ou les oomycètes, tous ne sont pas herbivores ou pathogènes ; en fait, une minorité seulement est susceptible de causer des dégâts significatifs sur les arbres (encadré 13). Il n'empêche qu'une synthèse de la littérature scientifique publiée fin 2025 révèle que

ENCADRÉ 13. RAVAGEUR OU SIMPLE HERBIVORE ?

Le terme *herbivore* fait référence aux organismes consommant de manière exclusive ou non tout ou partie des organes des végétaux. Il est synonyme de *phytophage*. Les insectes ravageurs sont des insectes herbivores dont les dégâts (c'est-à-dire les symptômes visibles sur la plante) causent des dommages significatifs, définis comme des pertes qualitatives ou quantitatives de la valeur des plantes ou de leurs produits. Ainsi, une espèce d'insecte herbivore qui se contenterait d'être présente à bas bruit et de ne grignoter qu'une infime fraction de la surface foliaire d'un chêne tous les ans ne serait pas considérée comme ravageuse. Au contraire, une espèce dont la présence entraînerait la mort de l'arbre le serait.

À noter que certains insectes herbivores peuvent être considérés comme des ravageurs des arbres sans pour autant induire de mortalité chez les sujets jeunes ou adultes. C'est notamment le cas d'insectes herbivores se nourrissant de fleurs, de fruits ou de graines : ils compromettent la reproduction des arbres et le potentiel de régénération des forêts. C'est également le cas des insectes dont le développement réduit la valeur esthétique des arbres ou la qualité mécanique du bois quand il s'agit de l'exploiter en menuiserie.

Enfin, certains insectes herbivores sont perçus comme des ravageurs avant tout en raison des désagréments qu'ils causent directement aux humains, et non parce qu'ils compromettent la santé des arbres. C'est notamment le cas de la chenille processionnaire du pin. Dans les cas extrêmes de pullulation massive de cet insecte aux populations cycliques, les pins hôtes peuvent être complètement défoliés. Mais c'est surtout le caractère urticant des chenilles qui constitue une menace pour les citoyens (et leurs animaux de compagnie) : l'exposition aux soies des chenilles peut causer d'importantes réactions allergiques au niveau cutané ou respiratoire, rendant nécessaire la mise en place de mesures de protection des populations*.

* <https://chenille-risque.info/wp-content/uploads/2023/06/vademecum-chenilles-processionnaires.pdf>

les insectes herbivores et les micro-organismes pathogènes sont la première cause de mortalité des arbres urbains (Petrova *et al.*, 2025). Cela ne veut pas dire que les stress thermiques, salins ou hydriques ne sont pas délétères pour les arbres. Au contraire, ce sont des facteurs prédisposants ou aggravants.

L'effet Bruce Banner

Bruce Banner est un super-héros de l'univers Marvel, plus connu du grand public sous le nom de Hulk. Bruce Banner est un brillant physicien nucléaire exposé accidentellement à des radiations atomiques, ce qui a drastiquement transformé sa physiologie et son comportement. Lorsqu'il est soumis à un stress intense, Bruce Banner se transforme en un géant vert, hargneux, doté d'une force colossale : l'incroyable Hulk, fracassant tout sur son passage.

Quel est le rapport avec la forêt urbaine ? L'environnement urbain modifie significativement le cycle de vie des insectes herbivores, leur comportement et leurs relations aux autres espèces. Il y a plusieurs causes à cela. D'abord, les insectes sont des organismes poïkilothermes (leur température corporelle varie) et ectothermes (leur température dépend de celle du milieu extérieur). Les températures plus élevées de l'environnement urbain accélèrent leur développement, au point que le nombre de générations bouclées par les populations urbaines peut être supérieur à celui observé, pour une même espèce, chez les populations rurales. À cela s'ajoute le fait que les températures hivernales peuvent ne pas atteindre les limites létales inférieures dans les environnements urbains, réduisant ainsi la mortalité due au froid. Ensuite, la petite taille et la fragmentation des espaces verts s'accompagnent d'une réduction de l'abondance et de la diversité des ennemis naturels des herbivores susceptibles de contrôler les populations de ravageurs. L'ensemble de ces facteurs se traduit par un risque accru de voir des insectes herbivores ne causant généralement pas de dégâts significatifs sur les plantes (les « Bruce Banner ») se commuer en insectes ravageurs en ville (les « Hulk »). On parle alors de ravageurs émergents. Les cas particulièrement bien documentés concernent les insectes piqueurs-suceurs, notamment les cochenilles.



Les invasions biologiques

Les déplacements d'espèces en dehors de leurs aires de répartition naturelle sont à l'origine du phénomène d'invasion biologique, lequel représente une des principales causes d'érosion de la biodiversité au niveau mondial. On qualifie d'espèce exotique envahissante (EEE) une espèce qui, lorsqu'elle s'établit en dehors de son aire de répartition naturelle après y avoir été introduite volontairement ou involontairement par l'action humaine, se reproduit et se propage au point de menacer les écosystèmes, les espèces indigènes ou les activités humaines⁶. Toutes les espèces exotiques ne sont pas envahissantes pour autant.

La ville est très favorable à l'installation des espèces exotiques envahissantes, d'abord, car nombre d'entre elles y ont été introduites volontairement comme espèces ornementales (le buddleia de David) ou de compagnie (la tortue de Floride), ensuite, parce que les flux de marchandises en tout genre accroissent le risque de transport accidentel de propagules (graines, fragments de végétaux, spores, larves), et enfin, car l'environnement urbain est un environnement très perturbé, favorisant le développement des espèces à forte capacité de dispersion et de reproduction (une caractéristique des espèces exotiques envahissantes).

Les insectes herbivores comptent bon nombre d'espèces exotiques envahissantes susceptibles de causer des dégâts plus ou moins importants sur les arbres. Ceux des villes sont particulièrement exposés. En effet, au cours des dernières décennies, les premières observations d'insectes ravageurs forestiers exotiques en Europe ont la plupart du temps été réalisées à proximité des grandes métropoles, là où se concentrent les flux de marchandises et de personnes. De plus, le fait que la forêt urbaine soit composée d'une grande diversité d'arbres exotiques (voir chapitre 2) accroît le risque d'établissement de ces ravageurs exotiques s'ils venaient à être introduits par accident. Cela souligne à la fois la vulnérabilité des arbres urbains vis-à-vis des ravageurs exotiques et la responsabilité de la forêt urbaine vis-à-vis des forêts en général.

6. <https://ofb.gouv.fr/les-especes-exotiques-envahissantes>

Le piéton qui lèverait la tête de temps en temps aura forcément déjà aperçu, si ce ne sont certaines espèces de ravageurs exotiques, au moins les dégâts qu'elles causent aux arbres. Ainsi, la mineuse du marronnier *Cameraria ohridella* est-elle responsable du brunissement et du dessèchement des feuilles des marronniers dès le mois de juillet. Si aucune mortalité n'a été rapportée dans les populations de marronniers à la suite de l'introduction de ce ravageur en Europe à la fin des années 1980, ce dernier réduit considérablement la valeur esthétique des marronniers. Très récemment, deux espèces de punaises du genre *Corythucha* ont fait parler d'elles. L'une, *Corythucha ciliata*, ou tigre du platane, attaque les platanes; l'autre, *Corythucha arcuata*, ou punaise réticulée du chêne ou encore tigre du chêne, attaque les chênes décidus européens. Ces deux espèces causent d'impressionnantes décolorations chez leurs hôtes, dont le feuillage prend des teintes automnales dès le mois d'août. Là encore, elles ne semblent pas menacer à court terme la survie des arbres, mais elles en réduisent la valeur esthétique, en plus de causer une nuisance pour les personnes tant elles peuvent pulluler localement.

À ces ravageurs presque bénins s'en ajoutent d'autres, bien plus préoccupants, en ceci qu'ils peuvent causer la mort rapide des arbres soit directement soit que leur détection entraîne des mesures d'éradication imposant l'abattage des arbres attaqués. L'Organisation européenne et méditerranéenne de protection des plantes (OEPP) a établi une longue liste d'espèces d'insectes exotiques de quarantaine⁷, dont la détection sur le territoire européen déclenche la mise en œuvre immédiate de telles mesures. À titre d'exemple, un petit coléoptère vert d'à peine un centimètre de long figure sur cette liste. Son nom l'indique, l'agrile du frêne (*Agrilus planipennis*) s'attaque aux frênes, qu'il peut tuer en l'espace de cinq à sept ans. Introduit accidentellement en Amérique du Nord, il est en passe de faire disparaître les frênes des villes de la côte est du Canada et des États-Unis. Sa présence est désormais avérée en Ukraine, faisant craindre une propagation prochaine vers l'ouest.

7. https://www.eppo.int/ACTIVITIES/plant_quarantine/A1_list



Face aux risques que représentent l'« effet Bruce Banner » et les espèces exotiques envahissantes, qu'elles soient de quarantaine ou non, la prévention des risques et la détection précoce des problèmes sanitaires émergents sont essentielles. En effet, les exemples récents d'introduction du longicorne asiatique, *Anoplophora glabripennis*, en Allemagne et en France, montrent l'efficacité des mesures d'éradication lorsqu'elles sont déclenchées à temps⁸. Au contraire, le triste exemple de la dispersion de la chenille processionnaire du chêne dans la métropole de Londres illustre les conséquences d'une prise en charge trop tardive des problèmes sanitaires par les autorités.

Les problématiques de biosécurité — entendue comme l'ensemble des mesures visant à prévenir l'introduction et la propagation de ravageurs et d'agents pathogènes — se heurtent encore à une méconnaissance des enjeux chez le grand public, mais également chez de nombreux professionnels de la nature. Une enquête menée auprès de 187 personnes en Allemagne (dont plus de la moitié avait un lien professionnel avec les arbres ou la forêt) a révélé une sous-estimation des risques liés aux insectes ravageurs et aux micro-organismes pathogènes des arbres, ainsi qu'une grande méconnaissance du cadre réglementaire associé.

Une ville sans ennemis

Les dégâts causés aux arbres par les insectes herbivores, qu'ils soient natifs, émergents ou exotiques, sont en partie régulés par l'intervention des ennemis naturels des herbivores que sont les prédateurs et les parasitoïdes. Les parasitoïdes sont des insectes dont la larve se développe à l'intérieur du corps d'un autre insecte. Les parasitoïdes ont les attributs des parasites, en ceci qu'ils entretiennent une relation intime et plus ou moins durable avec leur hôte. En revanche, à la différence des parasites au sens strict dont la survie dépend de celle de leur hôte, les parasitoïdes tuent leur hôte à la fin de leur développement larvaire. Ces ennemis naturels constituent une défense indirecte des arbres contre les agressions des insectes herbivores, par opposition aux défenses directes mises en place par l'arbre lui-même.

8. <https://gd.cppo.int/taxon/ANOLGL/distribution/FR>

Il est toutefois important de noter qu'en réponse à une agression par un insecte herbivore les arbres produisent et libèrent dans l'atmosphère des composés organiques volatils qui sont perçus et intégrés par certains de leurs ennemis naturels — cela a été bien documenté pour les parasitoïdes et les oiseaux —, lesquels les utilisent pour localiser les organes attaqués et, par voie de conséquence, la proie ou l'hôte potentiel.

L'efficacité des défenses indirectes des arbres par le biais des ennemis naturels dépend de leur abondance et de leur diversité, de leur capacité à localiser et à exploiter leurs proies, et des capacités des arbres à signaler les attaques d'insectes herbivores au moyen de composés organiques volatils. La littérature scientifique est muette quant à l'importance de ce dernier aspect pour les arbres urbains. En revanche, un nombre croissant de travaux documente l'impact de l'urbanisation sur la diversité et sur l'activité des prédateurs, notamment des oiseaux insectivores.

En ville, les habitats favorables aux ennemis naturels sont fragmentés dans l'espace, difficilement accessibles pour les espèces aux capacités de dispersion limitées, et souvent intensément perturbés par les activités humaines (par exemple, la tonte des pelouses, le ramassage des feuilles, la suppression du bois mort au sol ou sur pied). S'ajoutent à cela les effets de la pollution sonore et lumineuse particulièrement délétères pour les oiseaux et les chauves-souris. Il en résulte que le potentiel de contrôle biologique des populations d'insectes herbivores en ville est réduit.

Une approche devenue assez commune pour évaluer l'activité de prédation exercée par les oiseaux insectivores consiste à exposer des leurres dans les arbres — concrètement, des fausses chenilles en pâte à modeler — et à dénombrer le nombre de leurres présentant des traces de becs ou de mandibules d'insectes. Une étude récente ayant employé cette approche dans la ville de Montréal a révélé que l'intensité de l'urbanisation réduit la diversité des oiseaux insectivores, sans pour autant réduire l'intensité des attaques sur les leurres (Schillé *et al.*, 2025). L'activité des oiseaux insectivores était au contraire dépendante de la diversité des arbres à l'échelle locale. Ces résultats suggèrent que des mécanismes de compensation peuvent se mettre en



place, en ville, pour maintenir le service de régulation malgré un appauvrissement de la biodiversité, et que ces mécanismes peuvent être pilotés par l'action humaine.

PRÉPARER LA FORÊT URBAINE À AFFRONTER DES RISQUES MULTIPLES EN INTERACTION

La forêt urbaine est exposée à de nombreux aléas d'ordre climatique (vagues de chaleur, sécheresses, tempêtes), biologique (introductions de ravageurs ou d'agents pathogènes exotiques) et anthropique (dégâts mécaniques, mauvaises pratiques de gestion), susceptibles de compromettre l'état sanitaire des arbres, voire leur survie, et par extension les services écosystémiques qu'ils fournissent aux populations. La durabilité de la forêt urbaine représente donc un enjeu d'autant plus important que la forêt urbaine est vulnérable. L'intégration des aléas, de la vulnérabilité et des enjeux définit le risque. Il semble y avoir une hiérarchie dans la perception des risques. Celui que représentent les changements climatiques est bien intégré : il faut adapter la forêt urbaine à l'augmentation des températures et à la modification du régime des pluies. Le risque lié aux invasions biologiques est plus flou, comme le sont d'ailleurs les connaissances sur les stratégies de lutte. Quant à la perte de biodiversité associée aux arbres urbains, et à son rôle dans la résistance des arbres face aux agressions biotiques, c'est presque un impensé. Ces différentes menaces sont pourtant interdépendantes. Malgré une appréciation croissante des enjeux, la problématique de la durabilité de la forêt urbaine exposée à des risques multiples en interaction a fait l'objet de très peu de recherches.

CE QU'IL FAUT RETENIR

L'environnement urbain est un environnement stressant pour les arbres. Les changements climatiques en cours accroissent la vulnérabilité des arbres aux stress abiotiques. Ils contribuent indirectement à intensifier la pression exercée par les insectes herbivores, et ce, d'autant plus que le potentiel de régulation des herbivores par leurs ennemis naturels est réduit. S'ajoutent à ces pressions celles des espèces exotiques envahissantes, particulièrement marquées en ville.



5. QUELS ARBRES ET QUELLE FORÊT POUR LES VILLES DE DEMAIN ?

En l'état actuel des choses, nous ne pouvons que nous interroger : au vu de nos connaissances sur la biologie des arbres (voir chapitre 1), sur les caractéristiques de la forêt urbaine (voir chapitre 2), sur les plaisirs, les bénéfices, les petites nuisances et les sérieux désagréments liés à la présence d'arbres en ville (voir chapitre 3), et sur les risques qui pèsent sur la forêt urbaine d'aujourd'hui et de demain (voir chapitre 4), que devrions-nous faire ?

Il n'y a pas d'arbre magique. Il n'y a pas de forêt magique. Il n'y a que des compromis imposés par la biologie et dictés par la société.

PRENDRE SOIN DES ARBRES EXISTANTS

La forêt urbaine de demain est avant tout constituée par les arbres d'aujourd'hui. Ce sont les grands arbres qui projettent le plus d'ombre et contribuent davantage au rafraîchissement de la ville ; ce sont eux aussi qui interceptent la plus grande part des précipitations et des particules atmosphériques, et qui explorent le plus grand volume de sol avec leur système racinaire, contribuant de fait à son aération et à l'infiltration des eaux. Ce sont également les grands arbres qui hébergent la plus grande biodiversité dans leurs houppiers, dans les cavités creusées dans leurs troncs ou leurs branches, ou encore dans leur bois mort sur pied. Enfin, ce sont ces grands arbres qui façonnent une partie du paysage urbain et de son histoire socioculturelle. Il y a donc un véritable enjeu de conservation des arbres existants.

Toutefois, ces arbres, aujourd'hui matures, se sont développés dans des conditions climatiques qui ne sont plus celles d'aujourd'hui, et qui ne seront pas celles des décennies à venir.



L'examen des inventaires des arbres urbains couplé à la modélisation climatique indique que la majorité des arbres des villes vivent aujourd'hui dans des conditions climatiques à la marge de leur niche écologique (voir chapitre 4). Ces arbres sont vulnérables aux changements climatiques, et leur vulnérabilité se répercute sur les citoyens, de manière directe — lorsque la chute de branches, ou cladoptose, constitue un danger pour les personnes — ou indirecte, du fait de la perte progressive des services écosystémiques en cas de dépérissement.

Les soins prodigués aux vieux arbres ont ainsi pour finalité de les conserver aussi longtemps que possible, tout en s'assurant de la sécurité des personnes. Les arbres urbains bénéficient d'une surveillance régulière. Les individus dépérissants ou présentant des défauts mécaniques (fissures, bois mort, perte d'ancrage racinaire) peuvent faire l'objet d'investigations complémentaires lorsque le risque pour les biens et les personnes l'impose. Plusieurs moyens peuvent être mis en œuvre selon l'espèce, son statut sanitaire, son état mécanique et son implantation dans l'espace urbain, pour prévenir les risques tout en conservant l'arbre. L'expert peut préconiser un élagage ou une taille de sécurité des branches, leur haubannage au moyen de sangles ou de tiges métalliques, ou l'isolement de l'arbre par un périmètre de sécurité. Aujourd'hui, l'abattage ne s'envisage que dans les situations extrêmes où ces mesures de conservation sont jugées insuffisantes.

RENOUVELER LA FORÊT URBAINE

« Planter sans se planter »

L'adage veut que l'on plante « le bon arbre au bon endroit », ce à quoi l'on pourrait ajouter « de la bonne manière et pour la bonne raison ». En effet, la décision de planter, conserver ou abattre cette espèce ou cet arbre plutôt que celle-ci ou celui-là doit être le résultat d'une réflexion prenant en compte un ensemble de paramètres d'ordre biologique, technique, économique, social, réglementaire, voire affectif.

L'analyse des inventaires forestiers urbains révèle que les mauvaises pratiques de plantation et de gestion sont les principales causes

de mortalité des arbres urbains, particulièrement dans les stades juvéniles. Les données disponibles ne concernent que les arbres du domaine public, mais il est raisonnable de penser que les mêmes causes produisent les mêmes effets chez les particuliers.

Les arbres ont des besoins différents en eau, en lumière, en nutriments et en espace. Il est essentiel de faire coïncider les besoins physiologiques de l'espèce et les conditions actuelles et futures. Les essences occupant de grands volumes racinaires et aériens, ou supportant mal la compaction des sols, ne sont par exemple pas adaptées pour des plantations en accompagnement de voirie.

De nombreux outils ont été développés pour guider les municipalités et les particuliers dans le choix des arbres selon les contraintes et les objectifs. Floriscope⁹, par exemple, est un outil mis au point par Plante & Cité. Il propose une entrée par espèce (figure 10) et une entrée par critères. L'entrée par espèce renvoie des informations sur le type de plante, sur ses besoins en matière d'éclairement et de type de sol, sur les dimensions à maturité, sur la période de floraison (pour des considérations esthétiques et des problématiques d'allergies), la phénologie, ou encore sur le type d'usage recommandé, etc.

L'entrée par critère permet à l'utilisateur d'indiquer ses contraintes et ses objectifs. Si l'on cherche à planter un arbre aux feuilles persistantes dont la taille maximale n'excédera pas 20 mètres de haut et 7 mètres de large à maturité, que l'on soit sur un sol acide dans des conditions de mi-ombre, le Floriscope propose une liste d'arbres répondant à ces critères.

En France, le Cerema (Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement) met également à la disposition des professionnels et des particuliers l'outil Sésame (Services écosystémiques rendus par les arbres, modulés selon l'essence), présentant des fonctionnalités analogues au Floriscope, avec toutefois des différences notables. L'outil Sésame est décliné pour différents climats régionaux. Il agrège des informations sur les services et les desservices écosystémiques associés aux arbres (régulation des polluants,

9. <https://www.floriscopes.io/>



Retour

Accès rapide : Taxonomie Description Retrouver Carte Photos



Photo 7/59

Voir toutes les photos

Copyright : ©Laurent Renault - Droits réservés

Le : 30 avril 2009

Quercus cerris

Dénomination valide

Chêne chevelu

Famille	FAGACEAE
Auteur Botanique	L.
Autres dénominations	Chêne chevelu, Chêne velu, Chêne de Bourgogne, Chêne Lombard

ID Taxon : 5536



Plus d'informations →

Ce taxon a été étudié dans le cadre du projet **AVEC 2023-2025** (Adaptation du Végétal au Climat de demain), dans le cadre d'un partenariat entre l'ADEME, le CEREMA et Plante & Cité et avec le soutien de Signature Biodiversité. Retrouvez les informations issues de ce projet dans l'onglet "Changement Climatique" de la description détaillée.

[Parcourir la liste des taxons investigués ici.](#)

Figure 10. Extrait du Floriscope pour l'entrée « *Quercus cerris* ».

Source : <https://www.floriscope.io/plantes/quercus-cerris>

potentiel de rafraîchissement, stabilisation des sols, supports de biodiversité, régulation du ruissellement, etc.), et peut intégrer l'unité paysagère comme critère de choix (cœur de ville, jardins, forêts, lisières, milieux humides).

Dépasser le mythe de l'espèce providentielle

Le nombre croissant d'études sur le rôle de la forêt urbaine dans l'atténuation des effets d'îlot de chaleur ou sur la capacité des arbres à stocker du carbone ou à atténuer le risque d'inondation témoigne de la prise de conscience de l'absolue nécessité d'adapter les villes aux changements climatiques. L'enjeu n'est rien de moins que de rendre les villes durablement vivables. Il s'agit alors d'utiliser la forêt urbaine comme solution fondée sur la nature pour y arriver. Dans cette perspective, il est parfaitement légitime de s'interroger sur les caractéristiques anatomiques

et physiologiques de telle ou telle espèce d'arbre, native ou exotique (encadré 14), impliquée dans le rafraîchissement de l'air et des surfaces ou dans l'aération des sols. C'est d'ailleurs un champ de recherche particulièrement actif.

Il y a toutefois un risque à fonder trop d'espoir en l'espèce providentielle, celle qui rafraîchirait efficacement les surfaces et l'atmosphère, sans pour autant avoir un développement en profondeur et en largeur susceptible d'endommager les bâtiments et les infrastructures, tout en étant peu demandeuse en eau : celui de l'homogénéisation. Quand bien même une telle espèce existerait, faudrait-il l'établir massivement dans les villes ? Probablement pas.

Faire le choix de la diversité

S'il est difficile de préjuger de l'évolution de la demande sociétale, du cadre réglementaire et des politiques de l'arbre qui détermineront en partie l'avenir d'un arbre planté en 2026, il n'y a pas de doute quant au fait que celui-ci connaîtra au cours de sa vie un climat de plus en plus chaud et des régimes de précipitations différents de ceux connus par les arbres plantés vingt, trente ou cent ans plus tôt. L'accroissement des connaissances sur la biologie des arbres urbains et le développement des outils de modélisation permettent, dans une certaine mesure, d'intégrer l'évolution du climat dans les outils d'aide à la décision. Le gestionnaire et le particulier — pour peu qu'ils aient une connaissance de ces outils et qu'ils puissent y accéder — peuvent orienter la composition de la forêt urbaine de manière qu'elle reste fonctionnelle dans un contexte climatique de plus en plus stressant pour les arbres. Les menaces que représentent les bioagresseurs (voir chapitre 4) sont en revanche plus difficiles à intégrer dans ces outils d'aide à la décision et ajoutent une incertitude sur l'évolution de la vulnérabilité de la forêt urbaine.

Face aux risques climatiques et aux incertitudes liées aux ravageurs et aux agents pathogènes, émergents ou exotiques, la diversité des arbres peut être vue comme une assurance de stabilité de la forêt urbaine et des services qu'elle fournit. En effet, les alignements monospécifiques présentent une immense vulnérabilité vis-à-vis des bioagresseurs, pour des raisons biologiques renforcées à juste titre par le cadre réglementaire.



Les platanes sont à ce titre emblématiques. Ces arbres sont victimes de la maladie du chancre coloré, causée par le champignon pathogène *Ceratocystis platani*¹⁰. Celui-ci se développe dans l'aubier et dans le bois de cœur. Il entraîne le dépérissement rapide des arbres infectés et leur mort en l'espace de quelques années. La maladie se transmet de proche en proche au moyen de spores. En Europe, le chancre coloré est classé « organisme de quarantaine » par le règlement (UE) 2016/2031 (santé des végétaux). Sa détection s'accompagne de la délimitation d'une zone infestée dans un rayon de 35 mètres autour des arbres malades, et d'une zone tampon autour de celle-ci. L'arrêté du 31 janvier 2025 relatif à la lutte contre ce champignon pathogène (CERAFP) prévoit la mise en place de mesures d'éradication dans la zone infestée¹¹ : « Article 7 : Lorsque la présence du chancre coloré du platane est officiellement confirmée sur un platane, le propriétaire, à sa charge, fait procéder à l'abattage, au dessouchage ou à la dévitalisation des souches puis à la destruction par incinération des platanes présents dans la zone infestée dans un délai de 2 mois à compter de la réception de la notification des mesures prescrites. »

La maladie du chancre coloré du platane n'est pas un cas particulier. Les frênes sont aujourd'hui menacés par la progression de l'agrile du frêne, *Agrilus planipennis*, depuis l'Europe de l'Est. De manière générale, les feuillus sont menacés par deux longicornes asiatiques, *Anoplophora glabripennis* et *Anoplophora chinensis*¹². La liste des espèces recommandées pour une régulation comme espèces de quarantaine est régulièrement mise à jour par l'OEPP.

Une règle heuristique connue sous le nom de « 10/20/30 », ou règle de Santamour (du nom du chercheur l'ayant proposée), voudrait que, pour garantir « un maximum de protection » à la forêt urbaine, celle-ci ne contienne pas plus de 10 % d'arbres de la même espèce, 20 % d'arbres du même genre et 30 % d'arbres

10. <https://www.ressources.plante-et-cite.fr/KENTIKA-19187317124919055999-Preserver-les-platanes-face-au.htm>

11. <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000051139200/2026-05-06>

12. <https://agriculture.gouv.fr/les-capricornes-asiatiques-de-dangereux-ravageurs-pour-les-feuillus>

ENCADRÉ 14. ESPÈCES LOCALES OU EXOTIQUES ?

Les espèces locales sont réputées pour être adaptées au climat local et pour avoir coévolué avec la biodiversité locale. Cela présente des avantages, mais aussi certaines limites.

Les arbres adultes d'aujourd'hui sont les survivants d'une sélection naturelle qui a opéré tout au long de leur vie, parfois dans des directions différentes. Ce sont donc la biodiversité et les climats du passé proche et lointain qui ont exercé un filtre sur les caractéristiques biologiques des populations présentes dans une région donnée. Les arbres adultes d'aujourd'hui sont avant tout adaptés aux herbivores, aux agents pathogènes et au climat du passé. Or, les caractères sélectionnés hier et qui font les adaptations d'aujourd'hui pourraient s'avérer mal adaptés dans l'environnement futur que prédisent les modèles. Au contraire, aller chercher des populations ou des espèces dans des régions aujourd'hui plus chaudes ou plus sèches, parce qu'elles présentent des caractères préadaptés aux conditions climatiques futures, pourrait permettre d'anticiper dès aujourd'hui et d'accélérer l'adaptation de la forêt urbaine aux changements globaux.

De nombreux insectes herbivores se détournent des espèces d'arbres exotiques parce qu'ils ne sont pas capables de les reconnaître comme hôtes potentiels ou de les consommer. Or, là où il n'y a pas d'insectes herbivores, il n'y a pas non plus d'insectes prédateurs ou d'oiseaux insectivores. Cela implique que les espèces d'arbres exotiques sont moins favorables à la biodiversité que les essences natives. Mais justement parce qu'elles sont moins favorables à la biodiversité — du fait de l'absence de coévolution avec les bioagresseurs locaux —, elles sont généralement plus résistantes aux ravageurs et aux agents pathogènes.

Enfin, il faut garder à l'esprit que toutes les espèces exotiques ne deviennent pas invasives. Ni le *Ginkgo biloba* ni le marronnier d'Inde ne se sont échappés des parcs et des cours d'école pour coloniser les milieux ouverts ou les ripisylves. De la même manière, le micocoulier de Provence *Celtis australis* ne se retrouve pas spontanément au nord d'une diagonale Porto-Genève, mais il est nativement présent en France, en Espagne, en Italie. Faire « remonter » des espèces ou des populations du pourtour méditerranéen vers le nord, ce n'est pas au sens strict planter des espèces exotiques.

Rejeter les espèces exotiques et ne se vouer qu'aux espèces locales ou, au contraire, abandonner les essences locales en les considérant condamnées sont deux partis pris idéologiques aussi radicaux et risqués l'un que l'autre. Le raisonnable se situe entre les deux.



de la même famille. L'atteinte de cet objectif 10/20/30 dilue le risque de perte de services liés à la forêt urbaine à l'échelle de la ville.

Considérer la règle de Santamour à l'échelle de la forêt urbaine dans son ensemble présenterait le risque de masquer des situations de vulnérabilité forte à l'échelle de la rue ou du quartier, lorsque ceux-ci sont dominés par une seule espèce. L'introduction de l'agrile du frêne ou de l'agent responsable du développement du chancre coloré du platane ne mettrait pas en péril une forêt urbaine riche en espèces, mais elle pourrait avoir pour conséquence de faire disparaître tous les arbres de certaines rues, avenues ou places. C'est à cette échelle opérationnelle que la diversification de la forêt urbaine devrait être considérée.

DES ARBRES POUR TOUS

Imaginons trois discours, fictifs mais crédibles, sur les arbres urbains :

– « Les arbres que l'on plante aujourd'hui mettront du temps à remplir les promesses de calme, de fraîcheur et de biodiversité faites à ceux qui ont perdu leurs places de stationnement. »

– « Cette nouvelle ligne express pour les bus apparaît comme essentielle pour accompagner le développement de la ville vers l'ouest, promouvoir l'usage des transports en commun, réduire l'usage de la voiture individuelle et améliorer la qualité de l'air ; de nouveaux arbres seront plantés, mais ces platanes sur le tracé devront être abattus. »

– « Le troène des voisins est une HLM à oiseaux ; ça piaille dès le lever du soleil et ça lâche des fientes violacées partout sur ma terrasse, c'est insupportable, il faut qu'ils le fassent abattre ! »

Ces exemples illustrent à quel point la forêt urbaine est en permanence source de conflits et fait ressortir des tensions entre trois types d'acteurs essentiels de sa dynamique : les élus, les services gestionnaires et les particuliers. Ils illustrent également la nécessité de communiquer sur la forêt urbaine et de favoriser un partage efficace des connaissances, mais également des sensibilités entre les acteurs, afin d'impliquer l'ensemble des parties prenantes dans des démarches concertées autour des arbres urbains.

Vous avez dit *stewardship* ?

Il est un mot anglais qui nous manque en français : *stewardship*. Appliqué aux arbres urbains, il décrit une forme de responsabilité active vis-à-vis d'un bien qui ne nous appartient pas exclusivement. Responsabilité active prend ici un sens moral. Il s'agit d'engager des actions de prévention et d'accompagnement visant à s'assurer de la pérennité des arbres sur le long terme, afin de permettre leur transmission aux générations futures.

Le *stewardship* relève d'une dynamique collective. Dans le contexte présent, le terme anglais *community* — dont la traduction française par « communauté » rend imparfaitement le sens, en raison des connotations négatives et excluantes associées au « communautarisme » — désignerait l'ensemble des habitants d'un quartier, liés par une interdépendance et par une responsabilité commune envers les arbres.

Plusieurs exemples montrent que, dans le contexte nord-américain, les actions visant à promouvoir ce *stewardship* des arbres sont favorables aux arbres et aux personnes. Dans une étude déjà un peu ancienne, Lara Roman — alors employée au département d'Agriculture des États-Unis (USDA) — et ses collègues ont documenté deux cas de *stewardships* des arbres, dans les villes de San Francisco et de Philadelphie (Roman *et al.*, 2015). Dans chaque cas, un programme de plantation d'arbres avait été initié par des associations locales, à petite échelle, au bénéfice des personnes de la communauté : 568 arbres plantés à San Francisco, et 246, à Philadelphie. Les communautés se sont engagées dans des actions de *stewardships* impliquant la plantation des arbres, bien sûr, mais aussi leur arrosage, le paillage, l'élagage, l'installation de tuteurs, et un inventaire de mortalité durant les cinq à six années suivant la plantation. Les taux de mortalité des différentes espèces moyennés sur six ans s'élevaient à 0,6 % par an à San Francisco et entre 1,6 et 4,6 % par an à Philadelphie. Inférieurs au taux annuel de l'ordre de 5 % généralement observé en milieu urbain — et habituellement plus élevés encore chez les jeunes arbres —, les taux de mortalité relevés dans ces deux programmes apparaissent ainsi exceptionnellement faibles.



Ce n'est pas un exemple isolé, et de nombreux articles scientifiques rapportent des cas comparables où l'accompagnement citoyen — une tentative d'adaptation du mot *stewardship* en français — des arbres a amélioré leur survie dans les années qui suivent la plantation. Évidemment, le succès de ces initiatives doit être mis en perspective avec le temps passé par les membres des communautés à accompagner les arbres. Dans l'exemple précédent, plusieurs centaines de volontaires ont consacré entre 10 000 et 15 000 heures à San Francisco et à Philadelphie, respectivement, ce qui représente un volume d'engagement particulièrement conséquent.

Parler des arbres et parler aux arbres

Ces considérations doivent attirer notre attention sur le fait que les arbres, et les végétaux de manière générale, sont relativement mal connus et ne « parlent » pas à tout le monde. Une enquête de très grande ampleur menée auprès de 6 000 Britanniques révèle un attachement important aux arbres. Toutefois, une ignorance et une apathie pour ce qui est de la gestion de ces arbres sont observées, surtout chez les personnes les plus jeunes. Les auteurs soulignent qu'« une mauvaise gestion entraînera une insatisfaction croissante, non seulement envers les organismes responsables, mais aussi envers les arbres eux-mêmes » (Moffat *et al.*, 2024). Comment contrer ce phénomène ?

Informar ne suffit pas. C'est pourtant l'idée qui prévaut pendant longtemps : le public, peu familiarisé avec la science, tendrait à s'en détourner, voire à adopter une certaine hostilité à son égard. La communication scientifique devait alors combler ce « déficit de connaissance » afin de faire évoluer les attitudes. C'est notamment le rôle des pages web et des panneaux d'information dans les parcs. Pourtant, ces dispositifs semblent peu efficaces pour susciter l'intérêt et l'engagement envers les arbres. D'autres formes de communication émergent donc, axées sur un dialogue entre citoyens, gestionnaires et scientifiques, autour des arbres et avec eux.

Voilà maintenant plus de dix ans que la municipalité de Melbourne en Australie, soucieuse d'acquérir des données objectives sur l'état sanitaire des quelque 70 000 arbres qu'elle

avait sous sa responsabilité, a attribué à chacun une adresse électronique. Les citoyens étaient initialement invités à envoyer un e-mail à un arbre pour signaler, par exemple, une perte précoce et anormale des feuilles ou une branche susceptible de se rompre. En pratique, l'usage s'est avéré tout autre. Les habitants de Melbourne, puis d'autres régions d'Australie et du monde ont commencé à adresser aux arbres des messages de toutes sortes.

Ces échanges ont fait l'objet d'une analyse menée par des chercheurs des universités de Wollongong et de Melbourne (Atchison *et al.*, 2024). Plus de 3 000 e-mails ont été étudiés à l'aide d'une méthode dite d'analyse de sentiments, qui permet d'identifier la tonalité — négative, neutre ou positive — d'un texte à partir des mots et des expressions employés. Les résultats montrent une tonalité globalement très positive. Lorsque des sentiments négatifs apparaissent, ils expriment le plus souvent de la tristesse, de la nostalgie ou de la colère, généralement en réaction à la décision d'abattre un arbre. L'analyse qualitative du contenu de ces messages donne une idée des représentations sur les arbres — c'est-à-dire de ce mélange complexe de perceptions sensorielles, d'expériences personnelles et de savoirs — et des facteurs d'attachement des personnes aux arbres. Les messages exprimaient également de la gratitude envers les arbres (*Thank you for...*, écrivaient-ils) : gratitude pour leur rôle de support de biodiversité, pour leur contribution à la qualité de l'air, pour leur valeur esthétique et pour le sentiment d'évasion des tracasseries du quotidien qu'ils procurent.

Ce type d'expérience a plus tard été répété, de manière un peu différente, à Halifax au Canada, où les arbres d'un parc se sont vus dotés d'un numéro de téléphone. Les passants étaient invités à échanger avec eux par textos — en réalité, avec des volontaires qui répondaient aux messages. D'autres approches, comme l'analyse thématique du contenu des messages sur les réseaux sociaux, des commentaires des images échangées sur ces mêmes réseaux ou des billets de blogs, permettent d'avoir accès aux pensées et aux émotions des personnes à propos des arbres en ville et des services et des desservices qu'ils procurent. De telles analyses apportent notamment des données précieuses sur les services culturels liés à la forêt



urbaine, à la valeur historique, patrimoniale ou spirituelle dont peuvent être chargés certains arbres, et qui sont plus difficilement accessibles autrement.

Reconnaître la diversité des représentations des arbres urbains

Les narratifs autour des arbres, qu'ils soient spontanés ou sollicités, ont une grande valeur d'un point de vue académique, mais également pour les gestionnaires. Ils reflètent les perspectives personnelles de leurs auteurs dans leur propre contexte socio-économique. Les narratifs ont d'autant plus de valeur qu'ils évoquent des lieux précis ou des situations permettant d'inférer certaines caractéristiques socioculturelles des personnes qui les écrivent. Ils permettent de comprendre « ce qui compte » (*what matters*), ainsi que les finalités poursuivies et les publics concernés. Il convient toutefois de reconnaître le caractère partiellement biaisé de ces données : elles reposent sur les écrits de quelques personnes « autosélectionnées », souvent déjà sensibles aux enjeux liés aux arbres et à la nature. Ce biais doit être admis, sans pour autant susciter d'inquiétude. En effet, l'identité des participants et les motivations de leur engagement constituent en elles-mêmes des informations pertinentes. Ce sont précisément ces individus qui sont les plus susceptibles de s'impliquer activement dans les démarches participatives de coconstruction de l'espace urbain.

De tels biais sont fréquents, et l'analyse de la littérature scientifique révèle une tendance à idéaliser la représentation que les individus se font des arbres et de la forêt urbaine. Cela tient en grande partie à des biais méthodologiques. La majorité des études cherche à évaluer la perception qu'ont les personnes des services écosystémiques rendus par les arbres, le plus souvent en leur demandant de choisir parmi des réponses prédéfinies. De plus, rares sont les études qui abordent explicitement la diversité des représentations des arbres et de la forêt urbaine. En d'autres termes, les connaissances restent limitées quant aux rapports qu'entretiennent les minorités — qu'elles soient démographiques, ethniques, économiques ou culturelles — avec les arbres urbains. Cette lacune s'explique notamment par l'absence d'enquêtes ciblées sur ces publics ou par la non-prise

en compte de ces variables dans les dispositifs d'étude. Or, ces populations sont souvent celles qui vivent dans les environnements les moins végétalisés. Si ce constat concerne avant tout les villes nord-américaines, ses implications peuvent être étendues avec prudence à d'autres contextes. Dès lors, la forêt urbaine apparaît comme un levier de justice sociale encore insuffisamment mobilisé.

Forêt urbaine et justice environnementale

Le concept de justice environnementale trouve son origine dans les luttes pour les droits civiques aux États-Unis, sur la base du constat selon lequel les populations racisées étaient plus fréquemment exposées aux risques environnementaux. Ce constat demeure aujourd'hui : les populations marginalisées et économiquement les plus vulnérables restent les plus exposées, notamment aux effets des îlots de chaleur urbains (encadré 4). L'idée de justice environnementale revendique un égal accès aux bénéfices des services écosystémiques pour toutes les personnes (justice distributive) et une égalité d'accès à l'information, à la consultation et à la participation dans les processus de décision impliquant des problématiques environnementales (justice procédurale). Sous cet angle, du fait des services et des desservices qu'elle apporte aux individus, la forêt urbaine est au cœur des problématiques de justice environnementale.

Les arbres, un prétexte pour coconstruire la ville de demain ?

Une étude pilote menée à Paris met en évidence le rôle que peuvent jouer les arbres urbains comme vecteur d'engagement citoyen dans les politiques d'aménagement urbain (Dakouré et Georges, 2024). Le projet visait à encourager la participation citoyenne dans le cadre de la révision des plans locaux d'urbanisme (PLU). Pour ce faire, les auteurs ont mobilisé une quarantaine de volontaires autour d'un dispositif consistant à identifier et à cartographier les arbres remarquables de la ville. Les participants ont été interrogés sur leurs représentations et leurs connaissances des arbres, ainsi que sur les critères les conduisant à qualifier un arbre de « remarquable ». Ils ont ensuite été informés des différents outils participatifs (plateformes numériques, réunions publiques, marches urbaines,



ateliers) permettant aux citoyens de contribuer à l'élaboration des politiques de la ville en lien avec les arbres et la nature. Enfin, les volontaires ont été interrogés sur leur volonté et leur capacité à s'engager dans ces actions participatives dans le cadre de la révision des PLU. Les résultats de cette enquête montrent que leur engagement répondait principalement au souhait de voir les arbres et les espaces de nature mieux pris en compte dans les documents d'urbanisme. Dans cette perspective, l'inventaire et la cartographie des arbres remarquables apparaissent de ce point de vue comme un levier, voire un prétexte, pour susciter cette mobilisation.

Valence n'est pas Valencienne, Mexico n'est pas Pékin : chaque ville est soumise à ses propres contraintes, liées à son inscription dans le climat global, à sa dynamique démographique, à son histoire et à son économie. Pourtant, toutes les villes font face à la nécessité de s'adapter aux changements globaux. Cette exigence se décline également à l'échelle intra-urbaine, où les mêmes facteurs (conditions pédoclimatiques locales, démographie, histoire, économie) engendrent de fortes hétérogénéités entre quartiers. À cette échelle, l'adaptation demeure indispensable, mais les modalités de mise en œuvre peuvent varier. Le recours à la forêt urbaine comme levier d'adaptation suppose dès lors une négociation entre l'ensemble des parties prenantes, en particulier avec les personnes qui vivent et travaillent localement. Cela implique de considérer la diversité des points de vue, des rapports à la nature et à la technologie, ainsi que des formes de savoirs (scientifiques, techniques, citoyens et expérientiels).

Dans une étude publiée fin 2025, les auteurs ont utilisé une approche originale pour faire émerger les stratégies d'adaptation des villes aux changements climatiques (Loroño-Leturiondo *et al.*, 2025). Ils ont défini 31 concepts liés à cette adaptation, puis se sont associés à un artiste afin de les représenter sous une forme illustrée. Ces supports visuels ont ensuite été soumis à un panel de scientifiques, de gestionnaires, d'élus, de représentants d'ONG issus de 37 pays. Les participants étaient invités à évaluer, pour chaque illustration, dans quelle mesure elle était représentative de leur vision de l'adaptation de leur ville au changement climatique.

Cette approche a révélé quatre « imaginaires » d'adaptation des villes au changement climatique, parmi lesquels un seul, qualifié de « scénario de ville verte », considérait la végétation comme une solution d'adaptation. Les autres scénarios, au contraire, misaient sur l'économie circulaire et l'adaptation des infrastructures existantes (scénario de durabilité des modes de vie), sur les capacités des institutions locales à préparer les populations aux conséquences des changements climatiques (scénario de préparation) ou sur la transformation technologique des villes (scénario de pilotage technologique).

SEPT COMMANDEMENTS POUR LA FORÊT URBAINE DE DEMAIN

Il n'est pas envisageable de gérer ou de planifier la forêt urbaine sans prendre en compte les personnes qui en font l'expérience au quotidien. C'était évidemment implicite dans les notions de services écosystémiques, de solutions fondées sur la nature et de contribution de la nature aux personnes vues au chapitre 3, mais cela nous invite à aller un pas plus loin : il ne s'agit pas seulement de « prendre en compte les populations », mais de les associer activement dans l'élaboration de la forêt urbaine. En analysant les caractéristiques de la celle-ci dans plusieurs grandes métropoles au niveau mondial, des chercheurs de l'université de Montréal au Canada ont proposé sept principes clés pour l'aménagement et la gestion des arbres urbains (Sousa-Silva *et al.*, 2023) :

- définir des objectifs de gestion à long terme, en considérant explicitement la diversité des bénéfices attendus, et développer les indicateurs adéquats ;
- encourager l'engagement des communautés locales et des habitants des quartiers dans les actions de plantation et de gestion des arbres ;
- abandonner le nombre d'arbres plantés ou présents comme indicateur de structure de la forêt urbaine et lui substituer l'indice canopée, qui décrit le pourcentage de la surface occupée par la canopée des arbres par rapport à la surface totale de la ville et qui est de fait plus apte à rendre compte des services écosystémiques rendus par la forêt urbaine à un temps t ;



- arrêter de croire que la plantation est une fin en soi et prévoir dans les budgets de fonctionnement les moyens d'accompagner les jeunes plantations et de maintenir les arbres existants ;
- développer ou améliorer les outils d'inventaire et de suivi du patrimoine arboré de manière à objectiver la gestion adaptative de la forêt urbaine ;
- promouvoir la diversité de la forêt urbaine, en matière d'espèces, d'âge et de dimension des arbres, de manière à répartir les risques et à favoriser sa résistance et sa résilience face aux aléas biotiques, abiotiques et anthropiques, notamment aux stades juvéniles ;
- reconnaître le rôle social de la forêt urbaine et planifier les aménagements dans un souci de justice sociale.

CE QU'IL FAUT RETENIR

La forêt urbaine de demain se prépare dès aujourd'hui. Elle devra faire face à des contraintes inédites en matière de climat et d'interactions avec les ravageurs et les organismes pathogènes, et continuer malgré tout à fournir une large gamme de services écosystémiques aux citoyens.

Des outils ont été mis en place pour aider les particuliers et les collectivités à planter « le bon arbre au bon endroit ».

Au-delà de la recherche de l'arbre idéal, il est important de maintenir ou, mieux, d'augmenter la diversité de la forêt urbaine dans toutes ses dimensions (espèces, âge, structure).

La forêt urbaine doit se faire avec ceux qui la vivent au quotidien, qui en tirent un bénéfice ou en subissent le manque ou les conséquences négatives. Cela implique de reconnaître la dimension sociale de la forêt urbaine.



6. QUELLES PRIORITÉS POUR LA RECHERCHE SUR LA FORÊT URBAINE ?

Depuis dix ans, on observe un véritable essor des recherches sur la forêt urbaine. Elles se sont développées en même temps que d'ambitieux programmes de plantations d'arbres dans les grandes métropoles, et sans doute aussi dans les villes de taille plus modeste, mais avec moins de visibilité et de retentissement médiatique. La coïncidence temporelle est telle que la recherche a avancé au même rythme que l'action. Or, les arbres poussent lentement, plus lentement que la recherche n'avance. Il a donc fallu faire des choix de gestion de la forêt urbaine, mais sans véritable boussole, ou avec des boussoles n'indiquant pas toutes le même nord.

Pour chacune des notions abordées dans les chapitres précédents, nous avons signalé les limites des connaissances actuelles, en distinguant ce qui relève du connu, du possible, du plausible ou du mystérieux. Cela est peut-être passé inaperçu, mais il a été davantage question d'arbres que de forêt, et plus de quartiers que de ville. Ce dernier chapitre vise à élargir le propos, afin d'aborder enfin la forêt urbaine.

UNE RECHERCHE ENCORE MORCELÉE

La majorité des études portant sur les arbres en ville ont été menées à l'échelle d'une ville, voire d'un seul quartier, beaucoup en Amérique du Nord, en Australie et en Europe, de plus en plus en Asie, encore trop peu en Amérique du Sud, et encore moins en Afrique. La répétition des cas d'études permet d'inférer certaines propriétés des forêts urbaines. Cependant, plusieurs limites rendent difficile, ici, la transposition de ce qui est observé ailleurs. Elles sont d'ordre climatique, biogéographique et social, et doivent nous inviter à la prudence quand



il s'agit d'interpréter des résultats scientifiques sur le rôle des arbres dans le fonctionnement de la forêt urbaine d'une part, et sur le rôle de la forêt urbaine dans le fonctionnement des socio-écosystèmes urbains d'autre part.

Les arbres ne subissent pas les mêmes contraintes selon qu'ils poussent dans des villes des régions tropicales, désertiques, tempérées ou boréales. Par exemple, le stress salin lié au salage des routes en hiver ne concerne que les régions boréales et, dans une certaine mesure, les régions tempérées. À l'inverse, alors qu'ils pourraient être soumis à un stress hydrique important, les arbres, et plus généralement la végétation, des villes désertiques bénéficient d'apports en eau leur permettant de s'y développer. Le caractère natif ou exotique des arbres et les conséquences que cela peut avoir sur les interactions qu'ils entretiennent avec les autres êtres vivants varient d'un continent à l'autre. Ainsi, le chêne rouge d'Amérique est une espèce native de Montréal, mais une espèce exotique à Paris ou à Berlin. Les chapitres précédents ont insisté sur la dimension sociale de la forêt urbaine. Baltimore n'est pas Québec. Les deux villes sont pourtant en Amérique du Nord. Brasilia est sortie de terre en 1960 ; São Paulo a été fondée 500 ans plus tôt. Malgré des trajectoires démographiques comparables à la fin du ^{xx}e siècle, Lagos n'est pas Pékin. L'Afrique connaît une urbanisation sans industrialisation ; c'est précisément l'inverse en Chine.

L'accumulation des cas d'études peut donner l'impression d'une recherche morcelée. Un peu comme un tas de tesselles susceptibles de composer une belle mosaïque, mais dont aucun motif ne se dessine encore. Cela est peut-être dû au fait que la recherche sur la forêt urbaine a littéralement « explosé » au cours de la dernière décennie et qu'elle doit se stabiliser comme champ disciplinaire à part entière.

Il ne faut tout de même pas minimiser l'importance de ces recherches indépendantes. L'approche comparative entre villes enrichit le répertoire des situations biologiques, climatiques et sociales dans lesquelles les arbres interagissent avec l'environnement urbain. Ce qui manque, c'est un cadre commun d'analyse susceptible d'ordonner les observations et de standardiser les

démarches d'investigation, à différentes échelles et entre disciplines, de manière à rendre les résultats de la recherche plus directement actionnables par les acteurs de terrain. Ce cadre reste à construire.

PLANTER DES ARBRES NE SUFFIRA PAS

Il y a des limites à l'extension de la canopée de la forêt urbaine. Elles sont d'abord physiques : il faut de la place pour les arbres, mais aussi pour les bâtiments, les terrains de sport, les infrastructures de transport et le stationnement des véhicules. Ces besoins multiples génèrent une compétition pour l'espace. Les limites à l'extension de la canopée de la forêt urbaine sont ensuite financières : planter coûte de l'argent aux collectivités, mais la surveillance et l'entretien des arbres sur le long terme coûte plus cher encore (encadré 15). Enfin, les limites sont aussi administratives : l'action publique ne concerne que les arbres du secteur public. Faute d'outils réglementaires adaptés, une grande partie du foncier échappe aux plantations coordonnées.

Le « tout-arbre » n'est pas une solution souhaitable, en raison des desservices qui accompagnent la présence, la croissance ou

ENCADRÉ 15. PARLONS D'ARGENT

Pour réaliser l'édition 2023 de son palmarès des villes les plus vertes de France, l'Observatoire des villes vertes a réalisé une enquête auprès des directions des espaces verts des 50 plus grandes villes de France, entre juin et septembre 2023*. L'analyse des questionnaires auto-administrés révèle que les 50 plus grandes villes de France : comptent en moyenne 12 arbres par habitant; consacrent en moyenne 50 mètres carrés d'espaces verts par habitant; allouent 80 euros par habitant pour les espaces verts (et pas seulement pour les arbres). Aux États-Unis, les municipalités consacrent à la forêt urbaine 5 dollars par habitant, en moyenne**. L'élagage (30%) et l'abattage (28%) mobilisent plus de la moitié de ce budget, contre 14% pour les plantations. Il faut garder à l'esprit que les arbres plantés aujourd'hui seront ceux qui devront peut-être être élagués demain.

* <https://www.observatoirevillesvertes.fr/le-palmares-2023/>

** https://icma.org/sites/default/files/306729_UrbanForestry.pdf



la reproduction des arbres, mais également du fait d'incompatibilités entre services (*trade-offs*, en anglais). En termes simples, les arbres ne suffisent pas à combler l'ensemble des besoins écologiques et les impératifs économiques. Ainsi, les vieux arbres et le bois mort qui leur est associé représentent des habitats particulièrement favorables à la biodiversité, d'autant plus que le bois mort est laissé sur pied ou au sol. Mais la valeur esthétique d'un arbre dépérissant est amoindrie, de même que son potentiel de rafraîchissement.

Peu d'études ont cherché à évaluer les compromis ou les synergies entre services écosystémiques, ou à quantifier l'importance relative des services et des desservices associés à la forêt urbaine. Cela tient à de nombreux obstacles méthodologiques autant que conceptuels. Il n'est pas aisé de quantifier les services écosystémiques. C'est évidemment le cas des services culturels dont l'évaluation a une part de subjectivité. Même les services *a priori* évalués sur des mesures quantitatives posent des problèmes. Comment, par exemple, évaluer le service de régulation du microclimat ? Faut-il considérer la température de l'air ou celle du sol, ou la consommation électrique des systèmes de chauffage ou de climatisation ? Faut-il la mesurer en été, en hiver, tout au long de l'année ? Faut-il raisonner sur les moyennes, sur les valeurs extrêmes, sur les variances, ou bien sur le ressenti des personnes ? On le comprend, le même service peut être évalué par une multitude de variables. Il n'y a pas plus de consensus sur la manière d'estimer un service que sur la stratégie pour les combiner ou pour les comparer.

De même, il convient de s'interroger sur les compromis entre ce qu'apportent les arbres et ce qu'apportent les autres types d'infrastructures vertes. Les rares enquêtes menées sur le sujet révèlent des attitudes ambivalentes vis-à-vis des arbres : les réponses des personnes interrogées varient selon qu'elles sont propriétaires ou locataires de leur logement, selon leur âge et leur ancienneté dans le quartier, selon la quantité d'arbres déjà disponibles dans le voisinage. Autrement dit, les arbres ne sont pas la bonne solution pour tout le monde. Il faut le prendre en compte et évaluer d'autres solutions susceptibles de fournir des services équivalents.

La nature et la quantité de services écosystémiques fournis par la forêt urbaine dépendent donc du choix des espèces et de leur distribution dans l'espace. Il semble que les bois urbains en périphérie de la ville, souvent plus étendus ou regroupés qu'en centre-ville, soient mieux à même de délivrer une diversité de services de manière synergique, avec toutefois des différences selon la nature des services considérés : alors que les petits espaces boisés dispersés dans l'espace urbain sont efficaces pour fournir la majorité des services de régulation, les bois plus étendus sont quant à eux plus susceptibles de fournir une diversité de services culturels.

Ces considérations impliquent que, pour piloter efficacement les services écosystémiques fournis par la forêt urbaine, il est crucial de comprendre le contexte écologique, économique et social à l'échelle locale, tout en intégrant clairement cette compréhension à l'ensemble de la ville. Cela envoie directement à la question de la gouvernance de la forêt urbaine, entendue comme l'ensemble des règles, des acteurs et des processus par lesquels un collectif organise la planification, la gestion et le contrôle des arbres de la ville.

PENSER LA FORÊT URBAINE AU-DELÀ DES ARBRES

La connaissance de la forêt urbaine se limite en grande partie aux arbres du secteur public. Dans la plupart des grandes villes, ceux-ci font l'objet d'un inventaire systématique. L'entretien des arbres existants et la planification des actions de plantation — quoi, où, quand, comment — sont organisés par les pouvoirs publics, avec plus ou moins de concertation avec les habitants. Ces arbres ne concernent pourtant qu'une partie de la forêt urbaine. En effet, la plus grande partie de la forêt urbaine se trouve dans le domaine privé. Qu'il s'agisse du jardin des particuliers, des espaces verts des ensembles résidentiels ou des parcs d'entreprises, les arbres du secteur privé échappent à la surveillance et à la planification.

En quoi cela pose-t-il un problème ? Dans un certain périmètre autour des arbres, les services liés aux arbres urbains sont



non exclusifs — il est difficile, voire impossible, d'empêcher quiconque d'en bénéficier — et non rivaux — le fait qu'une personne bénéficie du service ne réduit ni sa disponibilité ni son utilité pour les autres personnes. Ces deux critères, non-excluabilité et non-rivalité, rapprochent la forêt urbaine du bien commun. En revanche, un individu isolé peut avoir, à lui seul, un impact considérable sur les services écosystémiques fournis par la forêt urbaine. C'est le cas, par exemple, d'une personne qui transporterait involontairement des bûches de frênes abritant des larves d'agrile du frêne (voir section « Les invasions biologiques », p. 68). De la même manière, les propriétaires privés ont une responsabilité vis-à-vis des desservices dont leurs arbres peuvent être responsables.

Ces considérations soulignent à la fois la nécessité et la grande difficulté qu'il y a à considérer et à piloter la forêt urbaine comme un tout cohérent. Cela s'explique notamment par une asymétrie d'information entre les détenteurs des arbres, ceux qui les gèrent et ceux qui en bénéficient, mais aussi par la présence d'externalités négatives liées aux arbres urbains (dommages aux infrastructures, pollens et aérosols, litières et résidus de coupes, gentrification verte), dont la responsabilité et la charge ne sont pas toujours claires. À cela s'ajoute la grande diversité des acteurs, publics comme privés, concernés par les arbres en ville : institutions locales et nationales, services techniques des municipalités, habitants, propriétaires fonciers et bailleurs sociaux, experts, professionnels de l'arbre, associations de protection de l'environnement, etc.

La prise en compte des arbres du secteur privé dans l'étude de la dynamique et des fonctions de la forêt urbaine représente un enjeu majeur, tant pour la recherche académique que pour le pilotage des services écosystémiques. Plusieurs questions se posent alors dans le champ des sciences de l'environnement comme dans celui des sciences humaines et sociales (figure 11).

Deux motivations pourraient conduire à associer plus étroitement les citoyens à la gouvernance de la forêt urbaine, sur un modèle se rapprochant de l'idée nord-américaine de foresterie urbaine communautaire (*urban community forestry*). Celle-ci décrit une gestion de la forêt urbaine basée sur la participation

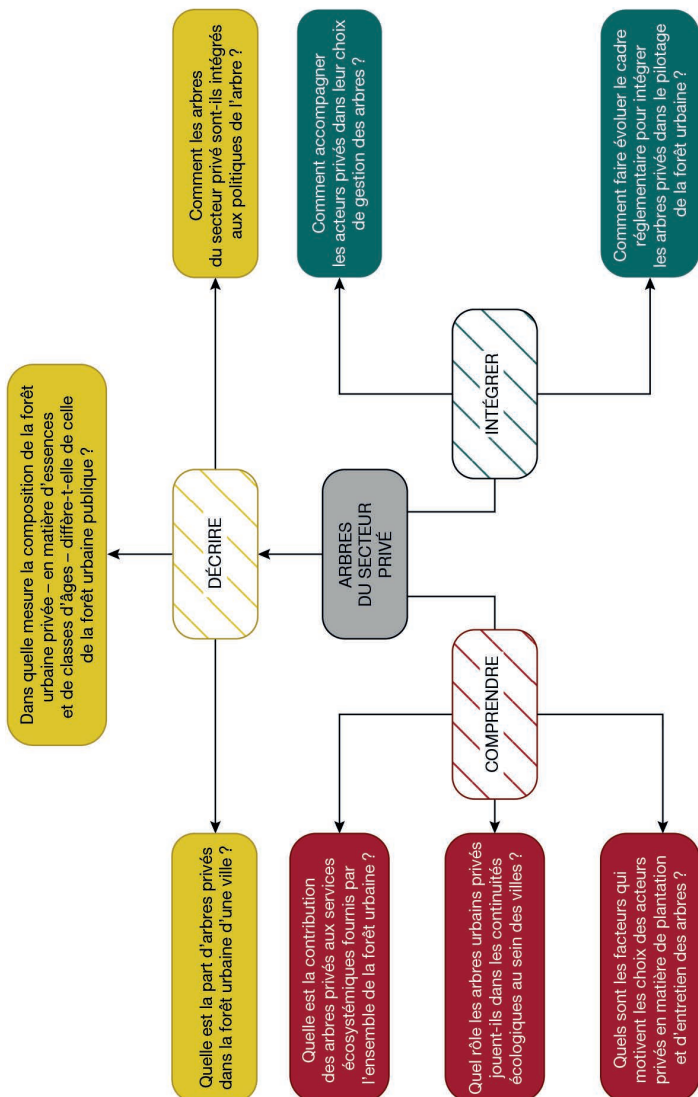


Figure 11. Questions prioritaires de recherche sur les arbres urbains dans le secteur privé.



directe des personnes à la production, à la plantation et aux soins apportés aux arbres. La première relève de l'accompagnement citoyen essentiel à la pérennité des arbres publics (voir section « Vous avez dit *stewardship*? », p. 81) ; il ne s'agit pas ici de défendre un désengagement des services techniques des municipalités ou des autorités administratives ou financières gérant les arbres urbains, ni de remettre en cause leur expertise, mais de reconnaître qu'elles ne peuvent pas tout assumer. Rappelons également que la durée de vie des arbres excède celle des mandats électoraux. Un scénario dans lequel une autorité assècherait brutalement les financements alloués à toute action publique liée, de près ou de loin, à des notions comme l'écologie, l'environnement, l'équité, l'inclusion, la justice sociale ne relève plus seulement de la fiction dystopique ; dans ce contexte, l'implication active des citoyens dans le *stewardship* de leurs arbres devrait être prise au sérieux.

La seconde motivation pour impliquer les citoyens dans la gestion de la forêt urbaine vient du fait que l'on dispose encore de peu de connaissances sur la contribution des arbres privés à la forêt urbaine, tant sur le plan des structures que sur celui des fonctions. Il est également difficile d'appréhender l'attitude des particuliers qui ne possèdent ni arbres ni terrains susceptibles d'en abriter, à l'égard des arbres et de leur gestion. Rappelons en effet que la gestion des arbres urbains — qu'il s'agisse de planter, de sécuriser, d'entretenir ou parfois d'abattre — a un coût, et que leur mauvaise gestion en a un encore plus élevé, soit parce que les arbres doivent être abattus prématurément, soit parce qu'ils finissent par générer plus de desservices que de services (encadré 15). Or, tous les citoyens ne consentent pas de la même manière à ce que l'argent public soit alloué à la gestion des arbres : les études socio-économiques montrent que cette volonté vient surtout des habitants des quartiers les moins arborés et les plus exposés aux îlots de chaleur urbains, et qu'il existe vraisemblablement une valeur seuil au-dessus de laquelle une végétalisation accrue n'est plus perçue comme souhaitable.

CE QU'IL FAUT RETENIR

La recherche sur la forêt urbaine est morcelée, à la fois dans l'espace et entre les disciplines. Elle concerne beaucoup les arbres pris individuellement, mais moins la forêt comme un ensemble d'arbres intégrés dans un réseau d'interactions avec les autres habitats naturels ou semi-naturels, ainsi qu'avec les bâtiments, les infrastructures et leurs usagers.

Les arbres de la ville ne formeront pas une véritable forêt urbaine tant qu'une implication de tous les acteurs de la ville, à travers une gouvernance claire et consentie des arbres publics comme privés, présents ou à venir, n'aura pas été mise en place.



Le mot de la fin

Les arbres sont bien présents dans les villes. Ils en sont aussi leur mémoire et leur avenir. L'identité des arbres, leur port, leurs blessures, la manière dont ils s'alignent le long des voies de circulation, s'isolent dans les parcs ou se regroupent dans les bois témoignent de la dynamique de la ville et de ses transformations. Ils sont également le reflet de la manière dont nous, humains, percevons les arbres. Fonctionnels, symboliques, désirables, nuisibles, ou simplement là.

Les modes et les attitudes changent et transforment la forêt urbaine. La forêt d'aujourd'hui n'est pas celle de demain. Elle ne le pourrait pas. Des forces extérieures la transforment. Nous n'y sommes pas étrangers. La forêt urbaine reflète les modifications du climat et les déplacements des espèces au-delà des frontières qui leur auraient été infranchissables sans nos avions, nos bateaux, nos camions.

Voir dans la forêt urbaine une chance, c'est reconnaître tout cela. C'est admettre qu'en ville les arbres sont chez eux autant qu'ils sont chez nous. C'est entrevoir, enfin, que les arbres nous aident à nous sentir chez nous. Entrevoir seulement. La forêt urbaine est affaire de perceptions. Il est difficile de dire et de faire dire l'attachement aux arbres, peut-être parce qu'ils font trop partie du décor pour certains, ou qu'ils manquent trop cruellement aux autres pour que l'on puisse aisément mettre en mots l'évidence ou l'absence.

La forêt urbaine est finalement profondément humaine, à cause de nous, pour nous. Elle s'appréhende plus qu'elle ne se définit. Elle se négocie, mais elle se construit, petit à petit, comme concept autant que comme réalité. Elle sera ce que nous déciderons d'en faire, en conscience et en connaissance.



Références bibliographiques

- Aerts R., Van Calster H., Ozen M., Benchrih R., Heyman S. *et al.*, 2025. Green space at school and attention in primary school children in Belgium: A stratified matched case-control study. *Urban Forestry & Urban Greening*, 105:128680. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2025.128680>
- Ancillotto L., Guerri G., Agnelli P., Bonora L., Maggioni M. *et al.*, 2025. Past present: Extinction debt of forest mammals from urban areas. *Biological Conservation*, 306:111143. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2025.111143>
- Atchison J., Brennan-Horley C., Phillips C., Doyle K., Lewis A. *et al.*, 2024. Emotional geographies of an urban forest: Insights from an email-a-tree initiative. *Geographical Research*, 62:97-116. <https://doi.org/10.1111/1745-5871.12626>
- Barrable A., Friedman S., Beloyianni V., 2024. Nature connection in adulthood: The role of childhood nature experiences. *People and Nature*, 6:1571-1580. <https://doi.org/10.1002/pan3.10657>
- Barragan-Jason G., Loreau M., de Mazancourt C., Singer M.C., Parmesan C., 2023. Psychological and physical connections with nature improve both human well-being and nature conservation: A systematic review of meta-analyses. *Biological Conservation*, 277:109842. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2022.109842>
- Basile M., Augustinus B.A., Brockerhoff E.G., 2026. Tree cover and geographic origin of tree species drive bird functional groups in urban environments. *Wildlife Biology*, e01446. <https://doi.org/10.1002/wlb3.01446>
- Burghardt K.T., Avolio M.L., Locke D.H., Grove J.M., Sonti N.F. *et al.*, 2023. Current street tree communities reflect race-based housing policy and modern attempts to remedy environmental injustice. *Ecology*, 104(2):e3881. <https://doi.org/10.1002/ecy.3881>
- Castagneyrol B., Muller S., Paquette A. (coord.), 2026. *De l'arbre en ville à la forêt urbaine, édition revue*. Versailles, éditions Quæ, Presses de l'Université du Québec, 178 p. (coll. Synthèses).
- Cimburova Z., Berghauser Pont M., 2021. Location matters. A systematic review of spatial contextual factors mediating ecosystem services of urban trees. *Ecosystem Services*, 50:101296. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101296>



Czaja M., Kolton A., 2022. How light pollution can affect spring development of urban trees and shrubs. *Urban Forestry & Urban Greening*, 77:127753. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2022.127753>

Dadvand P., Nieuwenhuijsen M.J., Esnaola M., Fornes J., Basagaña X. *et al.*, 2015. Green spaces and cognitive development in primary schoolchildren. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112:7937-7942. <https://doi.org/10.1073/pnas.1503402112>

Dakouré A., Georges J.-Y., 2024. Urban trees as a lever for citizen engagement in public consultation processes : the case of Paris, France. *Frontiers in Sociology*, 9:1345943. <https://doi.org/10.3389/fsoc.2024.1345943>.

Douglas J.W.A., Evans K.L., 2022. An experimental test of the impact of avian diversity on attentional benefits and enjoyment of people experiencing urban green-space. *People and Nature*, 4:243-259. <https://doi.org/10.1002/pan3.10279>

Duinker P., Messier C., Esperon-Rodriguez M., Mavoa S., Bauhus J., 2026. Limitations of quantified rules in urban forestry, *Landscape and Urban Planning*, 268:105569. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2025.105569>

Dutcher D.D., Finley J.C., Luloff A.E., Johnson J.B., 2007. Connectivity with nature as a measure of environmental values. *Environment and Behavior*, 39:474-493. <https://doi.org/10.1177/0013916506298794>

Escobedo F.J., Giannico V., Jim C.Y., Sanesi G., Laforteza R., 2019. Urban forests, ecosystem services, green infrastructure and nature-based solutions: Nexus or evolving metaphors? *Urban Forestry & Urban Greening*, 37:3-12. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.02.011>

Esperon-Rodriguez M., Tjoelker M.G., Lenoir J., Baumgartner J.B., Beaumont L.J. *et al.*, 2022. Climate change increases global risk to urban forests. *Nature Climate Change*, 12(10):950-955. <https://doi.org/10.1038/s41558-022-01465-8>

FAO, 2018. Forests and Sustainable Cities: Inspiring stories from around the world, <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/i8838en>

García de Jalón S., Chiabai A., Quiroga S., Suárez C., Ščasný M. *et al.*, 2021. The influence of urban greenspaces on people's physical activity: A population-based study in Spain. *Landscape and Urban Planning*, 215:104229. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2021.104229>

- Gandolfi I., Canedoli C., Rosatelli A., Covino S., Cappelletti D. *et al.*, 2024. Microbiomes of urban trees: unveiling contributions to atmospheric pollution mitigation. *Frontiers in Microbiology*, 15:1470376. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1470376>
- Grubisic M., van Grunsven R.H., 2021. Artificial light at night disrupts species interactions and changes insect communities. *Current Opinion in Insect Science*, 47:136-141. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2021.06.007>
- Gunnarsson B., Hedblom M., 2023. Biophilia revisited: nature versus nurture. *Trends in Ecology & Evolution*, 38:792-794. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2023.06.002>
- Heinen R., López Pérez S., 2025. Variation in artificial light at night (ALAN) affects ecosystem functions: An experimental approach using plasticine caterpillar predation in an urban environment. *Biological Conservation*, 312:111519. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2025.111519>
- Hilbert D., Roman L., Koeser A., Vogt J., Van Doorn N., 2019. Urban tree mortality: A literature review. *Arboriculture & Urban Forestry*, 45(5):167-200. <https://doi.org/10.48044/jauf.2019.015>
- Konijnendijk C., 1997. A short history of urban forestry in Europe. *Arboriculture & Urban Forestry*, 23(1):31-39. <https://doi.org/10.48044/jauf.1997.004>
- Lepczyk C.A., Aronson M.F., La Sorte F.A., 2023. Cities as sanctuaries. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 21:251-259. <https://doi.org/10.1002/fee.2637>
- Lo Piccolo E., Lauria G., Guidi L., Remorini D., Massai R. *et al.*, 2023. Shedding light on the effects of LED streetlamps on trees in urban areas: Friends or foes? *Science of The Total Environment*, 865:161200. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.161200>
- Loroño-Leturiondo M., Olazabal M., Lewis W., Amorim-Maia A.T., Zabala A., 2025. Unlocking urban climate adaptation imaginaries. *Nature Cities*, 2:1217-1225. <https://doi.org/10.1038/s44284-025-00354-3>
- Lu Y., Reichert M., Guerry A.D., Yuan Q., Li Y. *et al.*, 2025. Wearable data link urban green space to physical activity. *Nature Health*, 1-11. <https://doi.org/10.1038/s44360-025-00011-y>



Manfra R., dos Santos Massoca M., Martins Cerqueira Uras P., Cavalari A.A., Maselli Locosselli G., 2022. Average height of surrounding buildings and district age are the main predictors of tree failure on the streets of São Paulo/Brazil. *Urban Forestry & Urban Greening*, 74:127665. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2022.127665>

Mayer F.S., Frantz C.M., 2004. The connectedness to nature scale: A measure of individuals' feeling in community with nature. *Journal of Environmental Psychology*, 24:503-515. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2004.10.001>

McInturff A., Alagona P.S., Cannon C.E.B., Pellow D.N., 2025. The socio-ecological niche. *People and Nature*, 7:1185-1197. <https://doi.org/10.1002/pan3.70032>

Mitchell M.G.E., Devisscher T., 2022. Strong relationships between urbanization, landscape structure, and ecosystem service multifunctionality in urban forest fragments. *Landscape and Urban Planning*, 228:104548. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104548>

Moffat A.J., Ambrose-Oji B., Clarke T.-K., O'Brien L., Doick K.J., 2024. Public attitudes to urban trees in Great Britain in the early 2020s. *Urban Forestry & Urban Greening*, 91:128177. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.128177>

Morales N.S., Fernández I.C., Durán L., Craven D., 2026. Tiny forests, huge claims: The evidence gap behind the Miyawaki method for forest restoration. *Journal of Applied Ecology*, 63(1):e70242. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.70242>

Myers G., Mullenbach L.E., Jolley J.A., Cutts B.B., Larson L.R., 2023. Advancing social equity in urban tree planting: Lessons learned from an integrative review of the literature. *Urban Forestry & Urban Greening*, 89:128116. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.128116>

Navarro O., Olivos P., Fleury-Bahi G., 2017. "Connectedness to nature scale": Validity and reliability in the french context. *Frontiers in Psychology*, 8:2180. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.02180>

Nghiem T.P.L., Wong K.L., Jeevanandam L., Chang C.c., Tan L.Y.C. et al., 2021. Biodiverse urban forests, happy people: Experimental evidence linking perceived biodiversity, restoration, and emotional wellbeing. *Urban Forestry & Urban Greening*, 59:127030. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127030>

- Nowak D.J., Ogren, T.L., 2021. Variations in urban forest allergy potential among cities and land uses. *Urban Forestry & Urban Greening*, 63:127224. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127224>
- Pena Acosta M., Vahdatikhaki F., Santos J., Dorée A.G., 2023. A comparative analysis of surface and canopy layer urban heat island at the micro level using a data-driven approach. *Sustainable Cities and Society*, 99:104944. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104944>
- Persson Å., Pyko A., Lind T., Bellander T., Östenson C.-G. *et al.*, 2018. Urban residential greenness and adiposity: A cohort study in Stockholm County. *Environment International*, 121:832-841. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.10.009>
- Petrova A., Michael R.N., Pratt C., 2025. What kills mature street and park trees in cities? Systematic quantitative review of published case studies. *Environmental Management*, 75:1538-1558. <https://doi.org/10.1007/s00267-025-02116-2>
- Riedman E., Pearsall H., Roman L.A., Ifill T., Maslin M. *et al.*, 2024. Uncovering the role and labor of volunteer leaders within a community-led urban tree planting initiative. *Society & Natural Resources*, 37:1294-1312. <https://doi.org/10.1080/08941920.2024.2349874>
- Roman L.A., Walker L.A., Martineau C.M., Muffly D.J., MacQueen S.A. *et al.*, 2015. Stewardship matters: Case studies in establishment success of urban trees. *Urban Forestry & Urban Greening*, 14:1174-1182. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.11.001>
- Samus A., Freeman C., van Heezik Y., Krumme K., Dickinson K.J.M., 2022. How do urban green spaces increase well-being? The role of perceived wildness and nature connectedness. *Journal of Environmental Psychology*, 82:101850. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2022.101850>
- Samus A., Dickinson K.J.M., Freeman C., van Heezik Y., 2024. How to increase nature connectedness? Effectiveness and mechanisms of a gratitude journal intervention. *People and Nature*, 6:2399-2417. <https://doi.org/10.1002/pan3.10735>
- Schillé L., Paquette A., Marcotte G., Ouellet H., Cobus S. *et al.*, 2025. Urban tree diversity fosters bird insectivory despite a loss in bird diversity with urbanization. *landscape and urban planning*, 256:105274. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2024.105274>



Schneider A.E., Neuhuber T., Zawadzki W., 2024. Understanding citizens' willingness to contribute to urban greening programs. *Urban Forestry & Urban Greening*, 95:128293. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2024.128293>

Schrauth F.E., Zizka G., Bässler C., 2026. Breeding bird diversity in urban forest remnants: key determinants in a metropolitan landscape. *Urban Forestry & Urban Greening*, 115:129183. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2025.129183>

Soanes K., Lentini P.E., 2019. When cities are the last chance for saving species. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 17(4):225-231. <https://doi.org/10.1002/fec.2032>

Soga M., Evans M.J., Tsuchiya K., Fukano Y., 2021. A room with a green view: the importance of nearby nature for mental health during the COVID-19 pandemic. *Ecological Applications*, 31:e2248. <https://doi.org/10.1002/eap.2248>

Sorensen Kass J., Duinker P.N., Zurba M., Smit M., 2021. Testing a novel human-nature connection model with Halifax's urban forest using a text-messaging engagement strategy. *Urban Forestry & Urban Greening*, 65:127350. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127350>

Sousa-Silva R., Duflos M., Ordóñez Barona C., Paquette A., 2023. Keys to better planning and integrating urban tree planting initiatives. *Landscape and Urban Planning*, 231:104649. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104649>

Sousa-Silva R., Smargiassi A., Kneeshaw D., Dupras J., Zinszer K. *et al.*, 2021. Strong variations in urban allergenicity riskscape due to poor knowledge of tree pollen allergenic potential. *Scientific Reports*, 11:10196. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-89353-7>

Spotswood E.N., Beller E.E., Grossinger R., Grenier J.L., Heller N.E. *et al.*, 2021. The biological deserts fallacy: Cities in their landscapes contribute more than we think to regional biodiversity. *Bioscience*, 71:148-160. <https://doi.org/10.1093/biosci/biaa155>

Uebel K., Ratcliffe E., Buchan C., Butler S.J., Hanley N. *et al.*, 2025. Natural soundscapes are associated with mental well-being via capacity-building and capacity-restoring pathways. *Journal of Environmental Psychology*, 106:102735. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2025.102735>

Yang J., La Sorte F.A., Pyšek P., Yan P., Nowak D., McBride J., 2015. The compositional similarity of urban forests among the world's cities is scale dependent. *Global Ecology and Biogeography*, 24:1413-1423. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/geb.12376>

Yang C., Xie M., Mendis T., 2025. Evaluating the role of urban trees on building energy use: a global literature review. *Landscape and Urban Planning*, 264, 105475. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2025.105475>

Wang X., Dallimer M., Scott C.E., Shi W., Gao J., 2021. Tree species richness and diversity predicts the magnitude of urban heat island mitigation effects of greenspaces. *Science of The Total Environment*, 770:145211. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145211>

World Health Organization, 2021. Health Promotion Glossary of Terms 2021, <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/96da8799-4938-4d66-b171-04770ed4b243/content>

Zhang Y., Wu T., Yu H., Fu J., Xu J. *et al.*, 2024. Green spaces exposure and the risk of common psychiatric disorders: A meta-analysis. *SSM – Population Health*, 25:101630. <https://doi.org/10.1016/j.ssmph.2024.101630>

Couverture : Vue sur les arbres de la forêt urbaine de la place
de Catalogne, à Paris, en été. © Florence Piot, stock.adobe.com

Édition : Sophie De Decker

Infographies : Hélène Bonnet, Studio 9

Mise en pages : Hélène Bonnet, Studio 9

Achevé d'imprimer en août 2026 par

Isiprint - 93120 La Courneuve

Dépôt légal : août 2026

Imprimé en France

Végétaliser les villes est un levier essentiel de l'adaptation au changement climatique. Les arbres jouent un rôle majeur dans la régulation du climat urbain, l'amélioration de la qualité de vie et le maintien de la biodiversité. Ils bénéficient, par ailleurs, d'un capital sympathie important. En témoignent les nombreux projets de plantations mis en avant par les municipalités. L'ensemble des arbres de la ville — la forêt urbaine — fournit en effet de nombreux services aux citoyens (rafraîchissement, atténuation des pollutions et du stress, etc.). Sa gestion et, plus généralement, le soin porté aux arbres devraient être l'affaire de tous. Mais faute de connaissances partagées, l'intrication des enjeux écologiques et sociaux rend cette tâche extrêmement difficile.

Les arbres sont des êtres vivants dont les besoins ne sont pas toujours compatibles avec ceux des citoyens, des aménageurs ou des élus. Se pose alors une question simple : l'arbre a-t-il sa place en ville ? Cet ouvrage rassemble différents points de vue sur cette question à travers un éclairage scientifique pluridisciplinaire. L'objectif est de permettre à chacun de se forger une opinion sur ce sujet, sans parti pris, en démêlant la complexité des enjeux liés à la présence des arbres en milieu urbain.

Bastien Castagneyrol est écologue. Il est directeur de recherche à INRAE au sein de l'UMR Biogeco (Biodiversité, gènes et communautés). Il étudie le rôle que joue la biodiversité dans le fonctionnement des forêts naturelles, plantées et urbaines.

université
de **BORDEAUX**

éditions
Quæ

Éditions CIRAD, Ifremer, INRAE
www.quae.com

INRAE

14 €

ISBN : 978-2-7592-4310-5



ISSN : 2267-3032

Réf. : 03070