

Planter pour un air sain

Analyse globale du rôle des arbres urbains dans la lutte contre la pollution par les particules et la chaleur extrême.

Résumé analytique

The Nature Conservancy 

En collaboration avec

C40
CITIES
OPPORTUNITIES



D'ici 2050,

la majeure partie de l'humanité vivra dans
des villes et des zones urbaines.

Planter pour un air sain

Le XXI^e siècle sera le siècle de l'urbanisation puisque plus de deux milliards de nouveaux habitants vont s'établir en ville partout dans le monde. La rapidité de cette urbanisation est inédite dans l'histoire de l'humanité, et d'ici 2050, la majeure partie de l'humanité vivra dans des villes et des zones urbaines. Pourtant, à l'ère de la « ville triomphante », les zones urbaines des quatre coins du monde doivent relever de nombreux défis de taille : fournir des emplois et des services publics à une population en plein essor, mettre les résidents à l'abri de la criminalité et de la violence, et préserver les ressources environnementales urbaines. Parmi les enjeux des environnements urbains dans le monde l'un des plus pressants est celui de la qualité de l'air. Dans la plupart des villes, le polluant atmosphérique le plus nuisible, ce sont les particules qu'émettent différentes sources, notamment la combustion de déchets agricoles, de bois de chauffage et de combustibles fossiles. Les particules fines (également dites $PM_{2,5}$, pour leur diamètre inférieur à 2,5 microns [μm]) peuvent être inspirées profondément dans les poumons. On les estime responsables de 3,2 millions de décès par an (soit 4 % de la charge mondiale de morbidité) (Figure E1), essentiellement par le développement d'une pathologie cérébrovasculaire (p. ex. un AVC) ou d'une maladie cardiaque ischémique (p. ex. l'infarctus). L'exposition aux $PM_{2,5}$ contribue par ailleurs au développement de maladies respiratoires chroniques et aiguës, notamment l'asthme. Et le problème risque fort de s'aggraver : une étude prévoit que d'ici 2050, les particules fines pourraient causer la mort de 6,2 millions de personnes par an. Bien conscients de la menace que représentent les $PM_{2,5}$, les gouvernements municipaux et nationaux cherchent de toute urgence des moyens de les réduire.

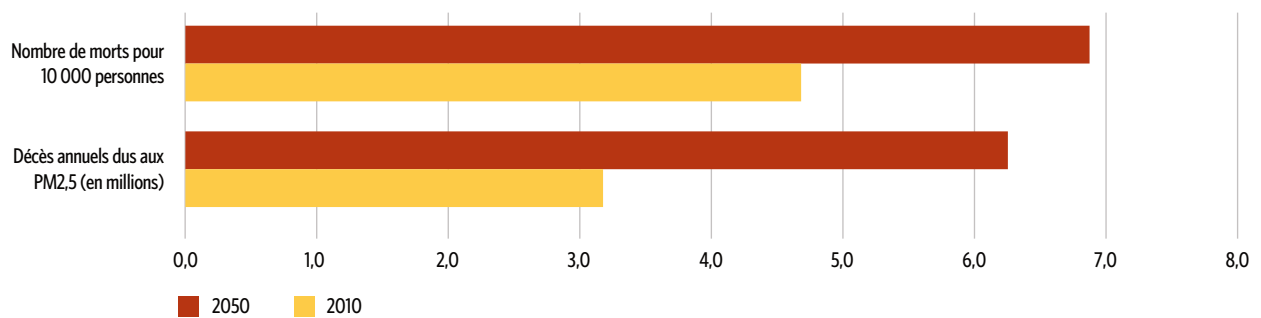


Figure E1. Prévisions de mortalité due aux $PM_{2,5}$ en 2050 dans le monde, comparée à 2010 et exprimée soit en nombre total de décès, soit en nombre de décès pour 10 000 personnes. On estime que le nombre de personnes qui mourront à cause de ces particules devrait quasiment doubler (c.-à-d. augmenter de 100 %). Une part de cette hausse s'explique simplement par la croissance démographique. Mais le nombre de décès pour 10 000 personnes devrait augmenter d'environ 50 %, essentiellement en raison d'une concentration plus élevée des $PM_{2,5}$ dans l'air des villes des pays en développement. Données tirées des travaux de Lelieveld et al.



Les villes ont un autre défi pressant à relever : en été, la chaleur atmosphérique est telle qu'elle affecte la santé de l'être humain. Aujourd'hui déjà, les canicules sont le phénomène météorologique le plus mortel à l'échelle de la planète (Figure E2), puisqu'on estime qu'elles tuent en moyenne 12 000 personnes par an et qu'elles rendent la vie difficile à des millions d'autres. Le changement climatique ne fera qu'accentuer la menace associée aux canicules urbaines, l'augmentation des gaz à effet de serre ayant pour effet de piéger une partie croissante de l'énergie solaire, ce qui rend les canicules plus fréquentes et plus intenses. Selon un rapport de l'Organisation mondiale de la santé, le nombre annuel de décès dus aux canicules pourrait s'établir à 260 000 individus d'ici à 2050, sauf si les villes prennent des mesures pour s'adapter à cette menace. À l'instar des villes intelligentes qui tentent de réduire la concentration de PM_{2,5} dans leur atmosphère, des milliers de municipalités cherchent des solutions pour mieux gérer la chaleur excessive et s'y adapter.

La nature peut-elle nous aider face au double problème de la pollution atmosphérique et de la chaleur excessive ? Qu'ils soient plantés en ville le long d'une rue ou qu'ils poussent dans un parc ou un jardin privé, les arbres et les autres végétaux offrent de nombreux avantages à l'être humain, notamment en termes d'aspect esthétique, de valorisation immobilière, de prévention de l'érosion, de gestion des eaux pluviales et de réduction du bruit. En outre, ils piègent le carbone, contribuant ainsi à atténuer le changement climatique. Les parcs offrent aussi aux citoyens des espaces récréatifs porteurs de réels bienfaits sur le plan de la santé physique et mentale. Il semblerait aussi que les arbres jouent un rôle important pour rendre l'air plus salubre. Des dizaines d'études prouvent aujourd'hui que les feuilles des arbres filtrent les particules contenues dans l'atmosphère, ainsi que bien d'autres polluants de l'air. De même, de nombreuses études scientifiques montrent que l'ombre projetée par les arbres et la transpiration végétale produite lors de la photosynthèse contribuent à faire baisser la température de l'air, et donc à limiter la consommation électrique consacrée à la climatisation résidentielle. Certaines questions continuent pourtant de se poser aux administrations municipales et aux responsables de la santé publique :

- Dans quelle proportion les arbres peuvent-ils contribuer à résoudre le problème de la qualité atmosphérique (particules et chaleur excessive) ?
- Quelles villes et quels quartiers sont les plus susceptibles de tirer parti de la plantation d'arbres ?
- Quel est l'investissement requis, en matière d'arbres plantés ou de dépenses effectuées ?
- À quels endroits la plantation d'arbres constitue-t-elle un investissement rentable, par rapport aux autres stratégies de réduction des particules ou de la température de l'air ambiant ?

Les arbres rendent déjà de nombreux services

Pour répondre à ces questions, The Nature Conservancy a mené sa première enquête internationale sur les villes – en collaboration avec le C40 Cities Climate Leadership Group. Nous avons recueilli des informations géospatiales sur le couvert forestier et la couverture terrestre, la concentration de polluants PM_{2,5} et la densité de population de 245 villes, puis, à partir des relations établies dans la littérature scientifique existante nous avons estimé le nombre d'arbres nécessaires, aujourd'hui et à l'avenir, pour rendre l'air des villes plus salubre. Nous avons établi trois scénarios (impact élevé, modéré et faible) pour décrire la fourchette de réduction de la concentration en particules et de baisse des températures que les arbres s'avèrent capables d'obtenir. Nous avons centré notre analyse sur les arbres de rue parce que notre examen de la littérature scientifique a souligné le besoin de proximité entre les arbres et les humains pour une réduction significative des particules ou des températures. Les 245 villes que nous avons étudiées abritent actuellement près de 910 millions de personnes, soit approximativement le quart de la population urbaine terrestre.

Dans les villes étudiées, le stock actuel d'arbres de rue produit déjà de réels avantages. Nous estimons qu'en termes de concentration de PM_{2,5}, ces arbres apportent déjà en moyenne une réduction d'au moins 10 µg/m³ à 1,3 million de personnes (0,0 million selon le scénario d'impact faible – 6,1 millions selon le scénario d'impact élevé), d'au moins 5 µg/m³ à 10,2 millions de personnes (1,0 – 15,4 millions), et d'au moins 1 µg/m³ à 52,1 millions de personnes (23,8 – 63,1 millions). De même, grâce aux arbres, 68,3 millions de personnes profitent d'une réduction de la température maximale estivale de l'air d'environ 0,5 à 2,0 °C (0,9 à 3,6 °F). Comme l'explique le rapport dans le détail, l'ampleur de l'impact sur les particules et les températures s'accompagne de réels bienfaits pour la santé des personnes concernées.

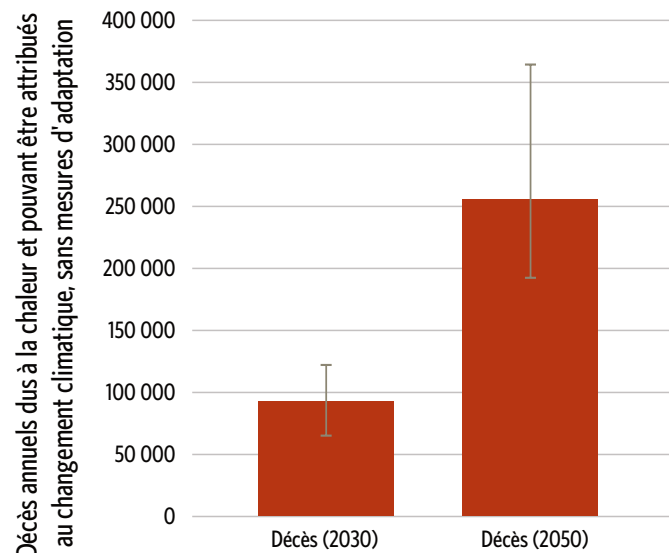
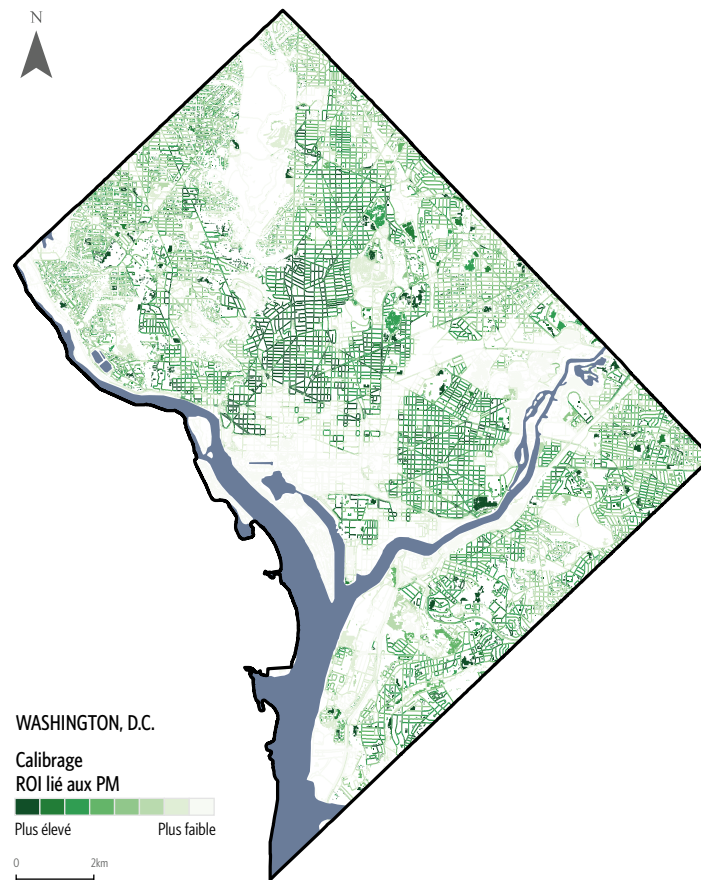


Figure E2. Prévisions quant à l'impact du changement climatique sur le nombre de décès imputables à la chaleur excessive, exprimées en nombre de décès par an en 2030 et en 2050. L'étude de l'OMS a pris en compte différents scénarios climatiques, d'où un écart dans les chiffres de la mortalité (matérialisé par les barres d'erreur). Données provenant de l'OMS (2014)

Ces chiffres ne concernent que le stock actuel d'arbres de rue. Ainsi que nous le signalons dans le rapport, de nombreuses villes peinent aujourd'hui à préserver leur stock d'arbres de rue ; or nos résultats montrent bien à quel point il est important d'investir en ce sens. On constate toutefois que de nombreuses villes disposent de possibilités importantes d'élargir leur couvert végétal et donc d'atténuer encore la pollution atmosphérique et la chaleur estivale. Dans cette étude, nous avons évalué l'impact qu'aurait une densification aussi massive, mais réalisable, du couvert végétal. À cet effet, nous avons mesuré le retour sur investissement (ROI) en termes de réduction des $PM_{2.5}$ ou de baisse des températures procuré aux habitants par dollar dépensé.

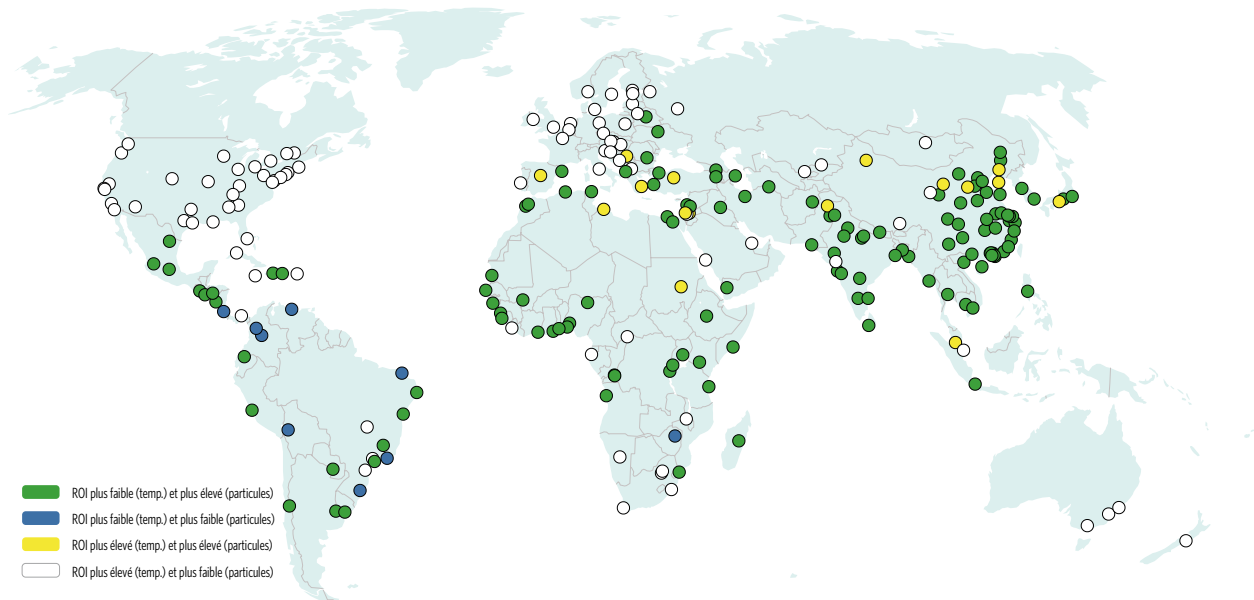
L'importance du ciblage

Notre examen de la littérature scientifique a révélé que les arbres fournissent des réductions sensibles, mais concentrées localement, des particules et de la température, l'essentiel de cette atténuation intervenant généralement dans un rayon de 300 mètres autour des plantations. Il devient donc essentiel de cibler les quartiers présentant les effets d'atténuation les plus élevés (Carte E1). Nos résultats montrent qu'il existe de forts écarts au sein d'une même ville, les quartiers les plus indiqués pour la plantation d'arbres de rue enregistrant souvent un retour sur investissement (ROI) 100 fois supérieur à celui des quartiers qui s'y prêtent le moins. Ces quartiers se caractérisent généralement par une plus forte densité de population (donc par un plus grand nombre de personnes susceptibles de bénéficier de l'assainissement de l'air) et par des concentrations de $PM_{2.5}$ plus élevées (donc par une plus grande quantité de particules supprimables par les arbres). Dans le rapport, nous évoquons les directives à suivre pour sélectionner les essences les plus efficaces pour la suppression des particules, ainsi que l'espacement indiqué des arbres, car il est important d'éviter de piéger le flux d'air provenant de sources de particules (comme les autoroutes) dans les zones habitées. La densité de population et les concentrations de particules expliquent aussi les écarts de ROI entre les villes (Carte E2). Autre facteur variant d'une ville à l'autre : le coût de la plantation des arbres ; toutes choses égales par ailleurs, les villes ayant le plus faible coût de plantation et d'entretien présentent un ROI plus élevé. Dans l'ensemble, les coûts de plantation et d'entretien des arbres tendent à être moins élevés dans les pays moins développés. Toutefois, au sein d'un même pays, on constate d'importants écarts d'une ville à l'autre, dus notamment aux différences de disponibilité des stocks à planter, de coût de la main-d'œuvre et d'envergure du programme de foresterie urbaine de la ville.



Carte E. Représentation, au niveau des quartiers, du retour sur investissement (ROI) lié à la plantation d'arbres destinée à réduire la concentration des particules dans la ville de Washington, DC. Les rues représentées en vert foncé ont un retour sur investissement plus élevé.

On trouve des tendances similaires pour le ROI lié à la plantation d'arbres destinée à atténuer la température de l'air, avec des variations pouvant aller jusqu'au centuple d'un quartier à l'autre. Le quartier idéal pour obtenir le meilleur ROI présenterait une forte densité de population (ou une concentration élevée de populations sensibles), accroissant le nombre de personnes bénéficiant de la réduction de la température procurée par les arbres. Nous évoquons également les directives à suivre pour réduire au maximum la température de l'air, en précisant le point où ces lignes directrices s'écartent de celles utilisées pour optimiser la suppression des particules. La densité de population et les coûts de plantation sont des facteurs qui provoquent de grands écarts dans le ROI lié à la réduction de la température d'une ville à l'autre (Carte E2). Il convient cependant de noter que la plantation d'arbres impose aux villes à climat aride de faire des concessions : bien qu'un plus grand nombre d'arbres permette de réduire les températures maximales (et les concentrations de particules), ces arbres demandent aussi à être irrigués pendant au moins une partie de l'année, alors que les ressources en eau peuvent être rares.



Carte E2. Retour sur investissement lié à la plantation d'arbres destinée à réduire la température ambiante pour les grandes villes du monde.





La nature est un recours rentable

Nos recherches montrent également que la plantation d'arbres de rue et le renforcement du couvert forestier en zone urbaine peuvent être une façon économique de rendre l'air plus salubre. Le coût en \$/tonne de la réduction des particules varie considérablement entre les quartiers, il est parfois inférieur aux coûts associés au contrôle des émissions publiés dans le cadre d'autres stratégies existantes (Figure E3). Toutefois, le coût médian de la plantation d'arbres destinée à réduire les particules est supérieur à celui de cinq des six grandes stratégies de réduction que nous avons envisagées, ce qui suggère que dans bien des cas, d'autres stratégies de réduction des particules plus conventionnelles pourraient s'avérer moins coûteuses. Le coût associé à la réduction des températures (en \$/°C pour la mise en œuvre de cette pratique dans une zone de 100 m²) varie aussi de façon significative entre les quartiers, et s'avère parfois moins coûteux que d'autres stratégies conventionnelles. Le coût médian associé à la plantation d'arbres est inférieur à celui de toutes les autres stratégies étudiées, à l'exception des technologies relatives aux toits blancs. Bien sûr, dans les quartiers où il faut réduire à la fois les concentrations de particules et les températures, le renforcement du couvert d'arbres serait comparativement une option particulièrement intéressante, étant donné qu'aucune des autres options conventionnelles (infrastructure dite « grise ») ne permet de réduire à la fois la chaleur et la concentration des particules. De plus, les arbres présentent d'autres bénéfices accessoires (séquestration du carbone, aspect esthétique, rôle dans la gestion des eaux pluviales, etc.) qui font du renforcement du couvert forestier une solution comparativement plus intéressante.

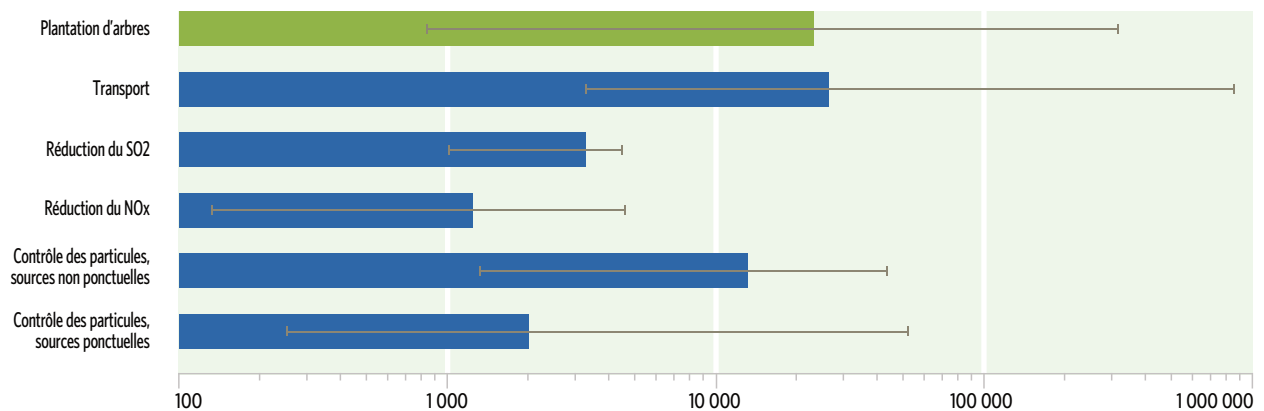


Figure E3. Rapport coût-efficacité de la plantation d'arbres de rue en vue de réduire les particules, comparé aux principaux types de stratégies de réduction conventionnelles. La barre verte représente le rapport coût-efficacité médian de la plantation d'arbres de rue tous sites compris, tandis que les barres d'erreur indiquent le rapport coût-efficacité minimal et maximal. Pour le rapport coût-efficacité, toutes les valeurs sont normalisées à 2 015 \$US/tonne. À noter que même si le coût médian par tonne de particules supprimées est plus élevé pour les arbres de rue que le coût médian de nombreuses stratégies conventionnelles, c'est extrêmement variable, et sur de nombreux sites la plantation d'arbres s'avère concurrentielle avec d'autres stratégies d'infrastructure grise. En outre, cette comparaison présente un biais favorable aux stratégies conventionnelles parce que le rapport coût-efficacité de celles-ci est exprimé en fonction des émissions, en \$/tonne, évitées à la source des émissions (ce qui ne se traduit pas systématiquement par des réductions de la concentration locale pour l'être humain), alors que le rapport coût-efficacité des arbres représente la rentabilité réelle s'agissant des réductions locales pour l'être humain.

Non seulement la plantation d'arbres de rue dans certains quartiers peut être une méthode rentable pour l'assainissement de l'air, mais elle comporte aussi des avantages pour une large proportion des citoyens. La Figure E4 représente la courbe de l'investissement mondial dans les arbres visant à réduire la pollution par les $PM_{2,5}$. Par exemple, en nous fondant sur notre scénario d'impact modéré, nous estimons qu'un investissement mondial supplémentaire de 100 millions de dollars dans les arbres (incluant les coûts de plantation et d'entretien) se traduirait par une importante réduction des $PM_{2,5}$ ($> 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) bénéficiant à 8 millions de personnes supplémentaires, par une réduction modérée ($> 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) bénéficiant à 47 millions de personnes supplémentaires, et par une réduction modeste ($> 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) bénéficiant à 68 millions de personnes supplémentaires. La courbe d'investissement concernant la baisse des températures présente un aspect similaire (Figure E5). Un investissement annuel de 100 millions de dollars se traduirait par une réduction de 1°C ($1,8^\circ\text{F}$) des températures maximales des journées chaudes bénéficiant à 77 millions de personnes supplémentaires (dans le cadre du scénario d'impact modéré).

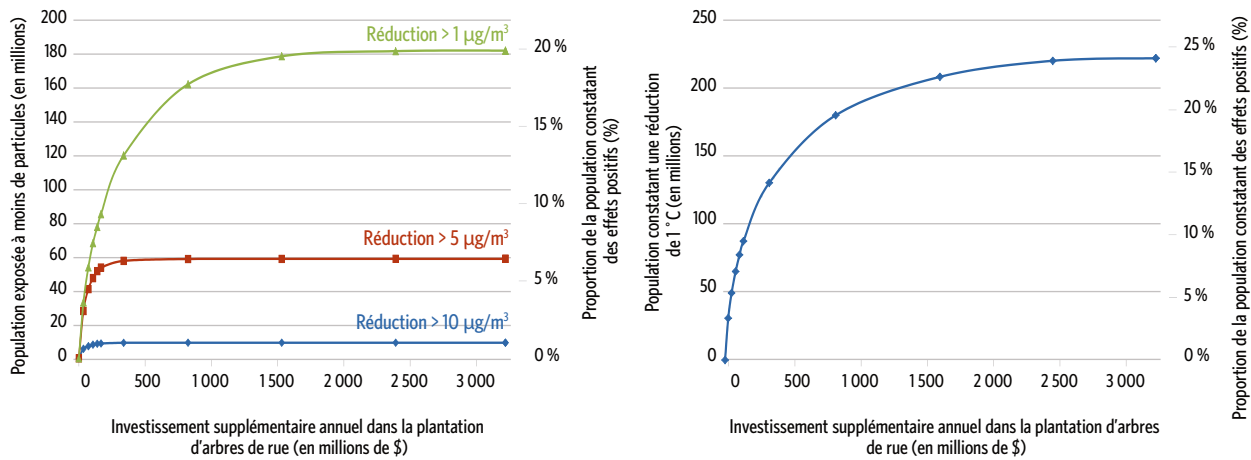


Figure E4 (gauche). Potentiel global des bienfaits des arbres de rue pour les citoyens en termes de réduction des concentrations de particules, en fonction des investissements annuels réalisés pour la plantation et l'entretien des arbres. Ces résultats se fondent sur notre scénario d'impact modéré concernant l'efficacité des arbres vis-à-vis de la suppression des particules. Notons que les courbes concernant les réductions de 5 et $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ s'aplatissent aux niveaux d'investissement les plus élevés, ce qui s'explique par le fait qu'il n'existe qu'un nombre relativement limité de villes (pour l'essentiel les plus polluées) où la plantation d'arbres peut éliminer un niveau de pollution supérieur. Une fois l'investissement dans la plantation d'arbres de rue pleinement réalisé dans ces villes, les investissements supplémentaires ne se traduisent pas par une augmentation du nombre de personnes jouissant d'une réduction de plus de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mais auront pour effet de continuer à faire augmenter le nombre de personnes jouissant d'une réduction plus modeste de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figure E5 (droite). Potentiel global des bienfaits des arbres de rue pour les citoyens en termes de baisse des températures, en fonction des investissements annuels réalisés pour la plantation et l'entretien des arbres. Ces résultats se fondent sur notre scénario d'impact modéré. Dans le scénario d'impact élevé, un nombre équivalent de personnes constaterait une réduction des températures de l'ordre de 2°C , tandis que dans le scénario d'impact faible, le même nombre de personnes constaterait une réduction de $0,5^\circ\text{C}$.

Par leur ampleur, ces réductions de concentrations de $PM_{2,5}$ et des températures, réalisables grâce au couvert forestier, peuvent entraîner une réduction modeste, mais significative, des maladies. En nous fondant sur la relation amplement établie entre la concentration des $PM_{2,5}$ dans l'air extérieur et la mortalité, nous estimons qu'en plantant un nombre maximal d'arbres dans nos villes (coût annuel de 3,2 milliards de dollars), il serait possible de réduire le taux de mortalité lié aux particules de 2,7 à 8,7 %, ce qui permettrait de sauver entre 11 000 et 36 000 vies par an dans les villes faisant l'objet de notre étude. Ce résumé analytique ne traite que des chiffres de la mortalité, mais la pollution par les particules a bien sûr de nombreux effets sur la santé, traduisibles en journées manquées de travail ou d'école, en hospitalisations ou encore en réduction de la durée de vie. Selon la recherche, pour chaque décès dû aux $PM_{2,5}$, de nombreuses personnes sont hospitalisées ou affectées par les particules à un autre titre ; nous estimons donc que le nombre de personnes qui bénéficieraient d'une manière ou d'une autre de l'initiative visant à planter un maximum d'arbres serait largement supérieur à celui des décès évités.

Le rapport entre forte chaleur et mortalité est lui aussi abondamment établi dans la littérature scientifique. En nous fondant sur des études qui établissent un lien fonctionnel entre la mortalité et les températures élevées, nous estimons qu'en plantant un nombre maximal d'arbres dans nos villes, il serait possible de réduire le taux de mortalité lié aux fortes chaleurs de 2,4 à 5,6 %, ce qui permettrait de sauver entre 200 et 700 vies par an dans les villes faisant l'objet de notre étude. Notons que ce chiffre concerne la situation climatique actuelle ; or, le changement climatique étant susceptible de multiplier par plus de 20 la mortalité liée à la chaleur, il est probable que le nombre de vies sauvées par les arbres de rue sera largement supérieur dans les années à venir.

De plus, la plantation d'arbres pourrait réduire la consommation électrique et accroître la séquestration du carbone. Nous estimons que dans le scénario impliquant la plantation d'un maximum d'arbres de rue, la consommation résidentielle d'électricité pourrait connaître chaque année une baisse de 0,9 à 4,8 % dans nos 245 villes (9,3 à 48 milliards de kWh). Toujours selon ce scénario, la séquestration nette de carbone augmenterait de 2,7 à 13 millions de tonnes de CO_2 . En associant ce chiffre à celui des émissions de dioxyde de carbone évitées grâce à la diminution de la consommation d'électricité, nous estimons que le scénario impliquant la plantation d'un maximum d'arbres de rue se solderait au total par une réduction annuelle de 7,0 à 35 millions de tonnes de CO_2 . Notons que ces bienfaits de l'atténuation du changement climatique s'ajoutent à ceux pour la santé humaine liés à la réduction des particules et à l'atténuation des températures.

La nature comptera plus encore demain qu'aujourd'hui

En dernier lieu, notre analyse des tendances dans le temps suggère que les services écosystémiques rendus par les arbres vont jouer un rôle encore plus important à l'avenir. Il est possible que le taux de mortalité imputable aux $PM_{2,5}$ augmente de 50 % d'ici à 2050, essentiellement dans les zones urbaines, et l'on s'attend à ce que les températures estivales maximales augmentent dans le même temps de 2 à 5 °C (4 à 9 °F) pour les villes étudiées. Bien que cette double menace pèse sur la santé des citoyens, elle renforcera aussi l'importance des arbres qui y sont déjà plantés, toutes choses étant égales par ailleurs. On constatera également un essor spectaculaire de la population urbaine, accroissant par ricochet le nombre de personnes susceptibles de bénéficier des services rendus par la nature. En fin de compte, cet essor urbain, ou simplement le sous-investissement sociétal dans le remplacement des arbres arrachés, risque de réduire la part des espaces verts dans la ville. Nous avons ainsi constaté que pour la période 2000-2010, 26 % des villes étudiées présentaient une raréfaction du couvert forestier, alors que seules 16 % d'entre elles témoignaient d'un renforcement du couvert forestier.

Conclusions

Nous sommes au début du siècle de l'urbanisation. L'une des principales tâches des villes sera de devenir des lieux de résidence dynamiques, salubres et attractifs. Ce rapport ne s'est centré que sur une fraction de cette tâche, à savoir la quête visant à assainir l'air urbain. Les villes n'ont cessé de réduire les concentrations des particules et des autres polluants atmosphériques. Parallèlement, elles se préparent à gérer les épisodes caniculaires de plus en plus fréquents et intenses que le changement climatique entraînera vraisemblablement dans son sillage. Pour relever ce double défi (réduire la pollution atmosphérique et la chaleur excessive), il leur faudra mettre en œuvre des approches diversifiées. Dans ce rapport, The Nature Conservancy et le C40 Cities Climate Leadership Group se sont efforcés de savoir si la nature peut nous aider à résoudre ce double problème.

La réponse est oui, mais un oui nuancé. La plantation d'arbres de rue peut s'inscrire dans une série d'initiatives économiques visant à contrôler la pollution par les particules et à atténuer la chaleur extrême dans les villes. Bien que les arbres ne puissent pas, et ne doivent pas, se substituer à d'autres stratégies d'assainissement atmosphérique, ils peuvent y être associés afin de purifier et de refroidir l'air. En outre, les arbres confèrent de nombreux avantages qui ne se limitent pas à l'assainissement de l'air. Judicieusement placés, les arbres peuvent rendre l'air plus salubre tout en rendant nos villes plus vertes et plus agréables à vivre.



Remerciements

Auteurs principaux

Rob McDonald, The Nature Conservancy

Timm Kroeger, The Nature Conservancy

Tim Boucher, The Nature Conservancy

Wang Longzhu, The Nature Conservancy

Rolla Salem, The Nature Conservancy

Auteurs collaborateurs

Jonathan Adams

Steven Bassett, The Nature Conservancy

Misty Edgecomb, The Nature Conservancy

Snigdha Garg, C40 Cities Climate Leadership Group



Conception graphique

Paul Gormont, Apertures, Inc

Relectrice-correctrice

Sonya Hemmings

© 2016 The Nature Conservancy. Tous droits réservés.

Les auteurs tiennent à remercier le comité consultatif et les réviseurs du présent rapport pour leurs commentaires et conseils avisés. Ce rapport a été financé par des fonds provenant du China Global Conservation Fund et des programmes urbains internationaux et nord-américains de The Nature Conservancy.

Un investissement global de 3,2 milliards
de dollars par an,

soit moins de 4 dollars
par résident,

**peut sauver des dizaines de milliers de vies chaque année
et améliorer la santé de dizaines de millions de personnes.**





The Nature Conservancy

4245 North Fairfax Drive, Suite 100
Arlington, VA 22203-1606 (États-Unis)

Téléphone : +1-703-841 5300
Site Web : www.nature.org

www.nature.org/healthyair

