

Ville à haute intensité écologique : la place du végétal

► Mercredi 30 septembre 2015



Impact de la végétation urbaine sur la qualité de l'air

Patrice Mestayer, CNRS, Institut de recherche en sciences et techniques de la ville, FR CNRS 2488, Nantes

Yves Brunet, INRA, UMR 1391 Interaction Sol Plante Atmosphère (ISPA), Villenave d'Ornon

Plan de l'exposé

1. Rappel sur la pollution atmosphérique urbaine
2. Présentation des modes d'interaction des plantes avec les composants atmosphériques et concentrations de polluants
3. Évaluation quantitative des impacts de la végétation sur la qualité de l'air des villes

La pollution urbaine

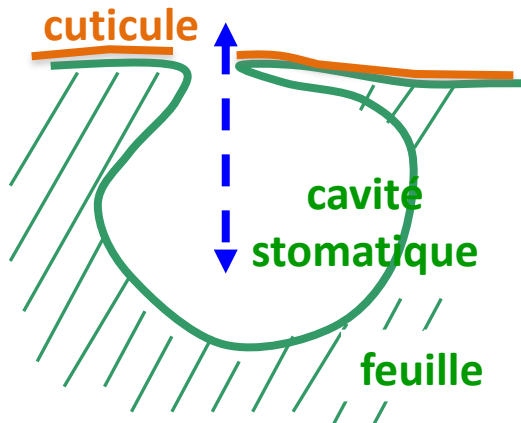
- Polluants primaires (gaz et particules) générés par
 - les processus industriels: SO_2 , suies, ...
 - les processus de combustion (moteurs, chauffage): NO_x , CO, CO_2 , ...
 - les émissions de COV (pétroliers et biogéniques–COVB)
- Polluants secondaires issus de la photochimie des polluants primaires avec l'Ozone (O_3) et ses précurseurs (notam^{ent} COVB) :
 - gaz acides et oxydants
 - particules ultrafines

5 Modes d'interactions végétation — QA

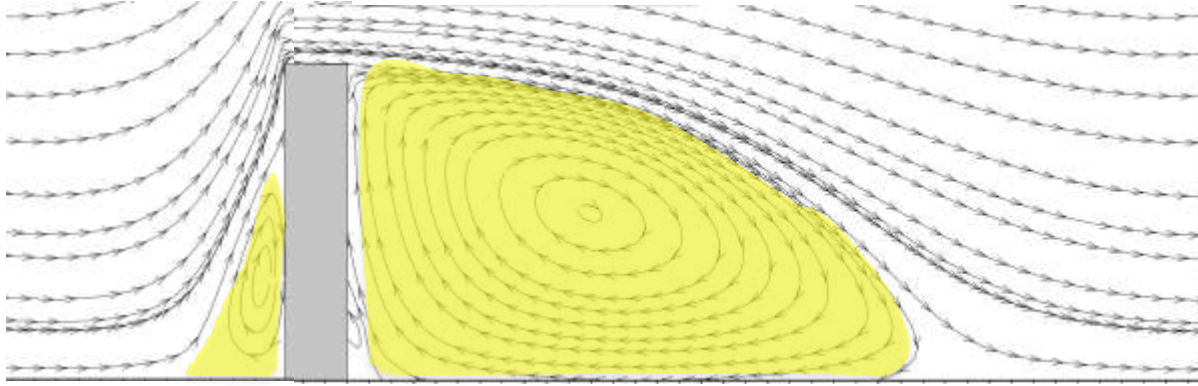
- Mode physico-chimique – absorption/adsorption des polluants
- Mode aérodynamique – dépôt et écrans poreux
- Mode chimique – émission de COV
- Mode biologique – pollens allergisants
- Séquestration du Carbone (CO₂)
- + Effets indirects (parasites, ombrages, ...)

Absorption–adsorption des polluants

- Absorption dans les stomates (le jour)
 - Adsorption par la cuticule lipidique à la surface des feuilles (jour et nuit)
- puis transport vers les troncs et les racines où ils sont métabolisés
... ou pas, générant des dysfonctionnements de la plante



Mode aérodynamique – écrans non-poreux



- Déflexions, ralentissements, sillages
- Zone d'accumulation de polluants, zone protégée, transport plus lointain, dispersion turbulente
- Augmentation de la sédimentation gravitaire des PM

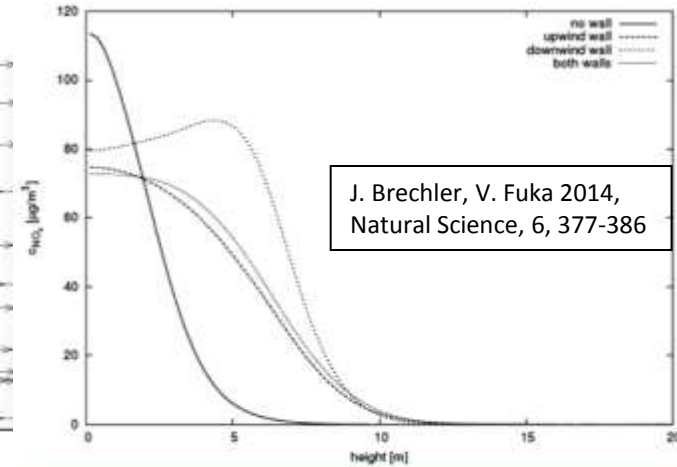
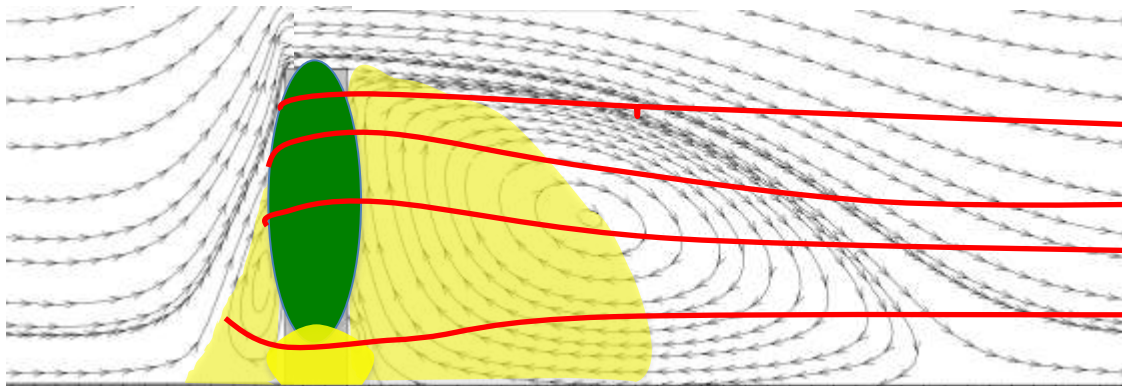
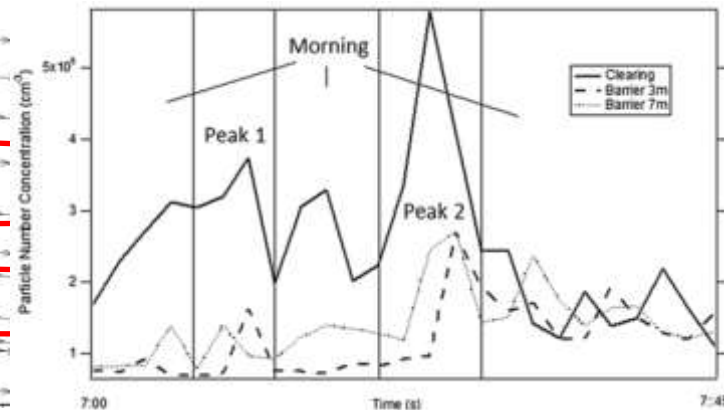


Figure 9. Time averages of the vertical NO_x concentration profiles (in $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) at the location 10 m from the downwind edge of the highway.

Mode aérodynamique – écrans poreux

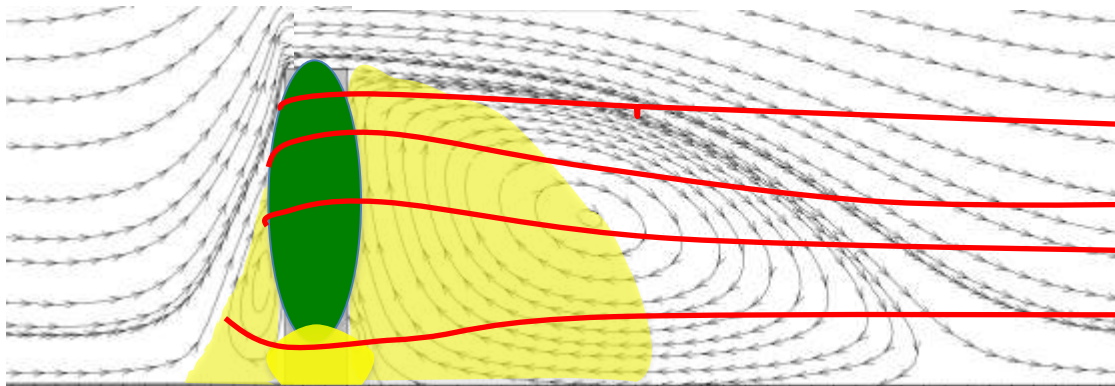


- Déflexions, ralentissements, sillages, filtrage, rétention des particules (dépôt sur les feuilles et branches)
- Accumulations des PM, concentration/chute, lavage
- Saturation – réémission des PM (resuspension)

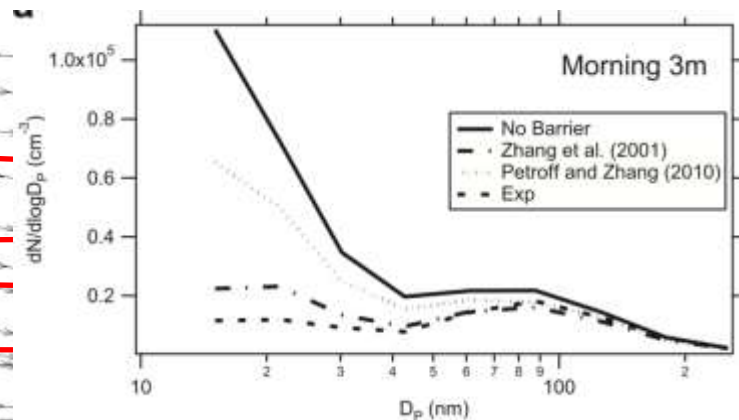


J.T. Steffens et al., 2012, Atmospheric Environment, 50, 120-128

Mode aérodynamique – écrans poreux

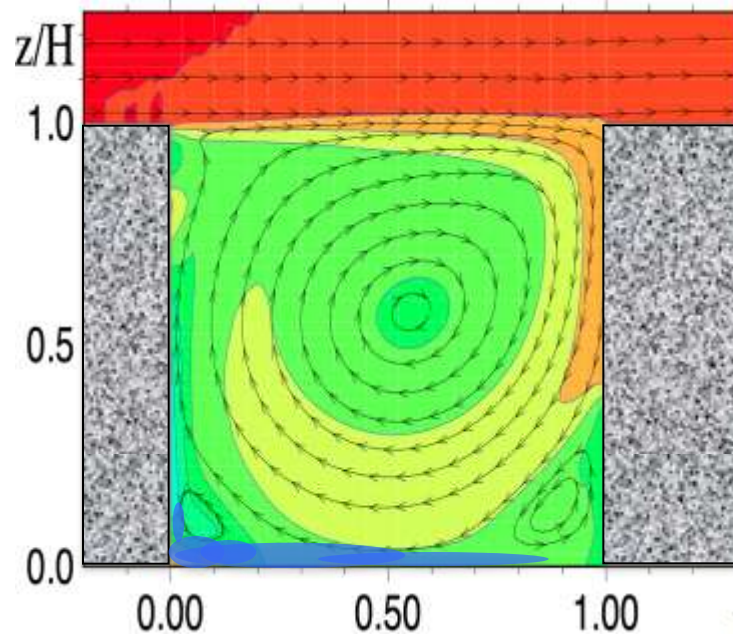
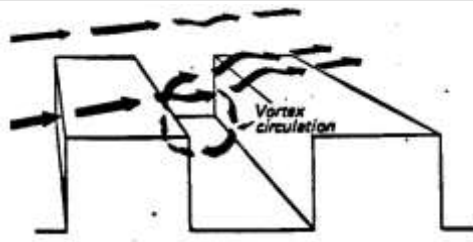
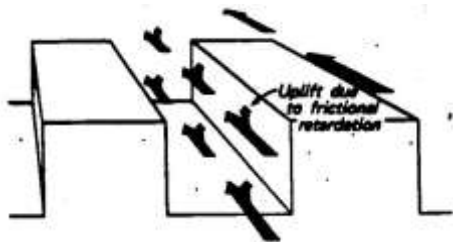
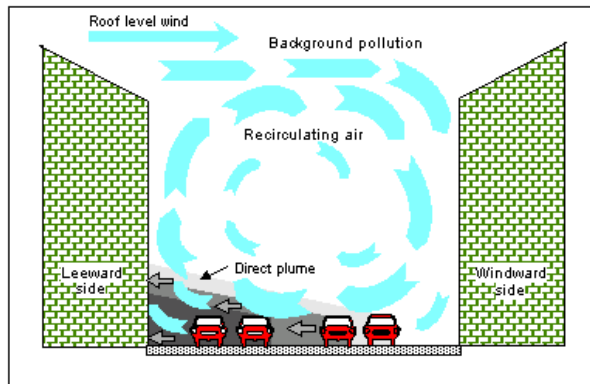


- Déflexions, ralentissements, sillages, filtrage, rétention des particules (dépôt sur les feuilles et branches)
- Accumulations des PM, concentration/chute, lavage
- Saturation – réémission des PM (resuspension)

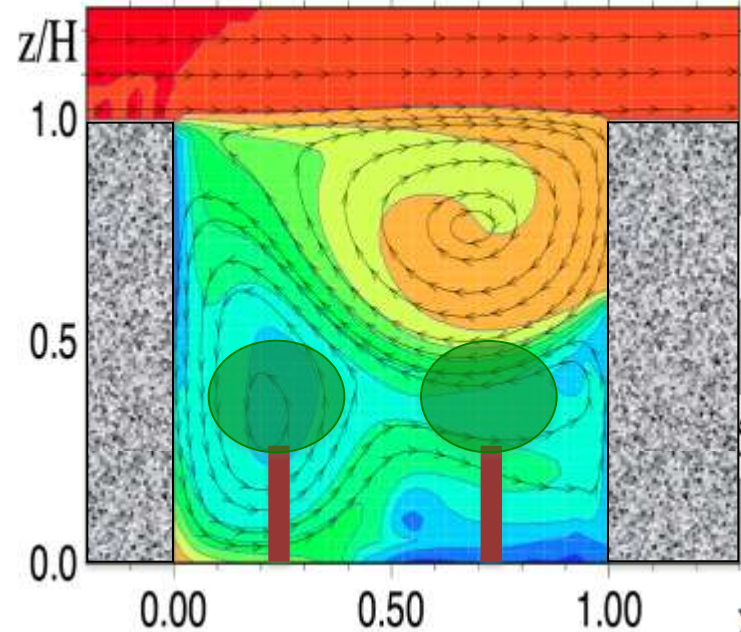
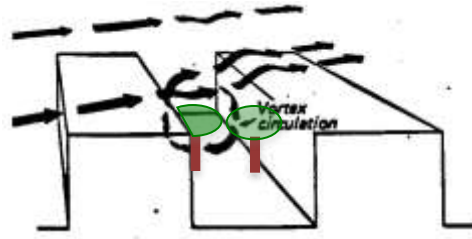
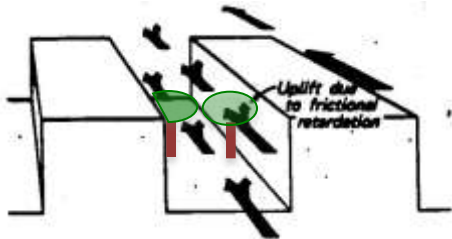
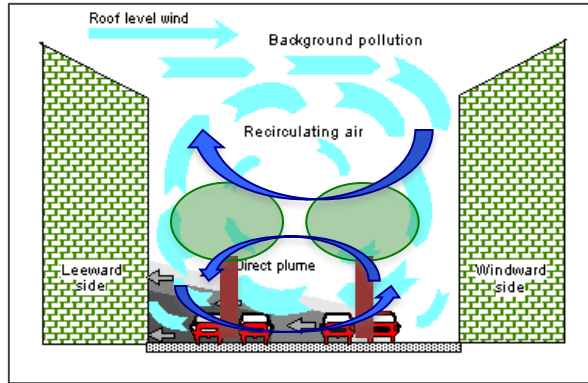


J.T. Steffens et al., 2012, Atmospheric Environment, 50, 120-128

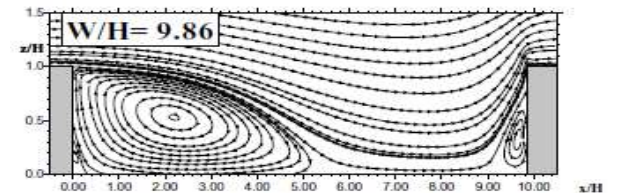
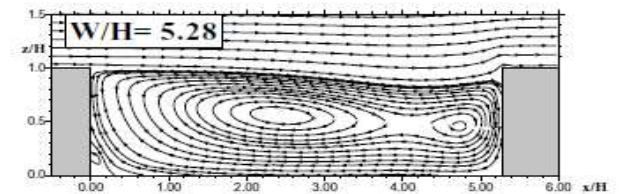
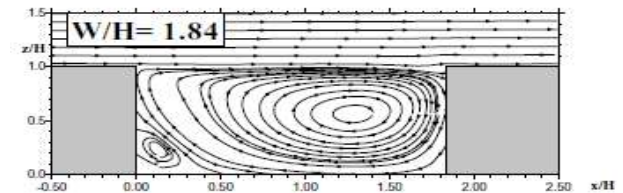
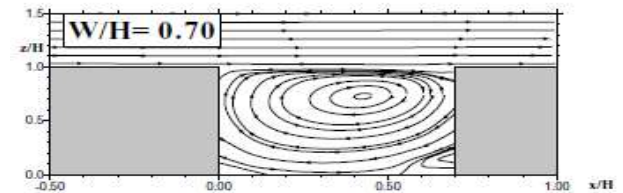
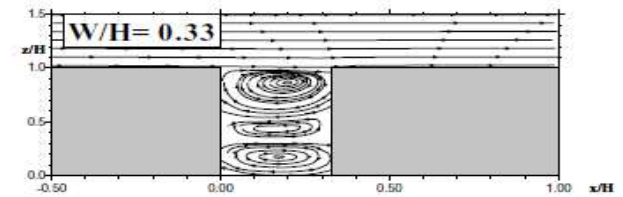
Mode aérodynamique – ventilation des rues



Mode aérodynamique – ventilation des rues



Mode aérodynamique – ventilation des rues



Émission de COVB

- Un grand nombre d'espèces émettent des composés organiques volatiles précurseurs d'O₃: bouleaux, mahonias, liquidembars, platanes, saules, peupliers, chênes et chênes verts, et la plupart des conifères
- COVB très réactifs (2 ou 3x plus que la moyenne des COV anthropiques)
- Ces émissions dépendent fortement de la phénologie et de la physiologie des plantes,
- ... elles-mêmes dépendantes de l'ensoleillement et de la météo

Émission de pollens allergisants

- Certains arbres (saules, cyprès), graminées (dactyle, fromental, fléole, houlque, flouve, ray-grass), et autres herbes (armoise, plantain, ambroisie) émettent des pollens (1–100 μm , souvent 10–50 μm)
- ... selon les saisons, pour des durées variables.
- Ces pollens sont porteurs d'allergènes en surface :
 - protéines ou glycoprotéines
 - particules ultrafines ($\leq 100 \text{ nm}$) des moteurs Diesel et de la nucléation des polluants secondaires, par accrétion surfacique

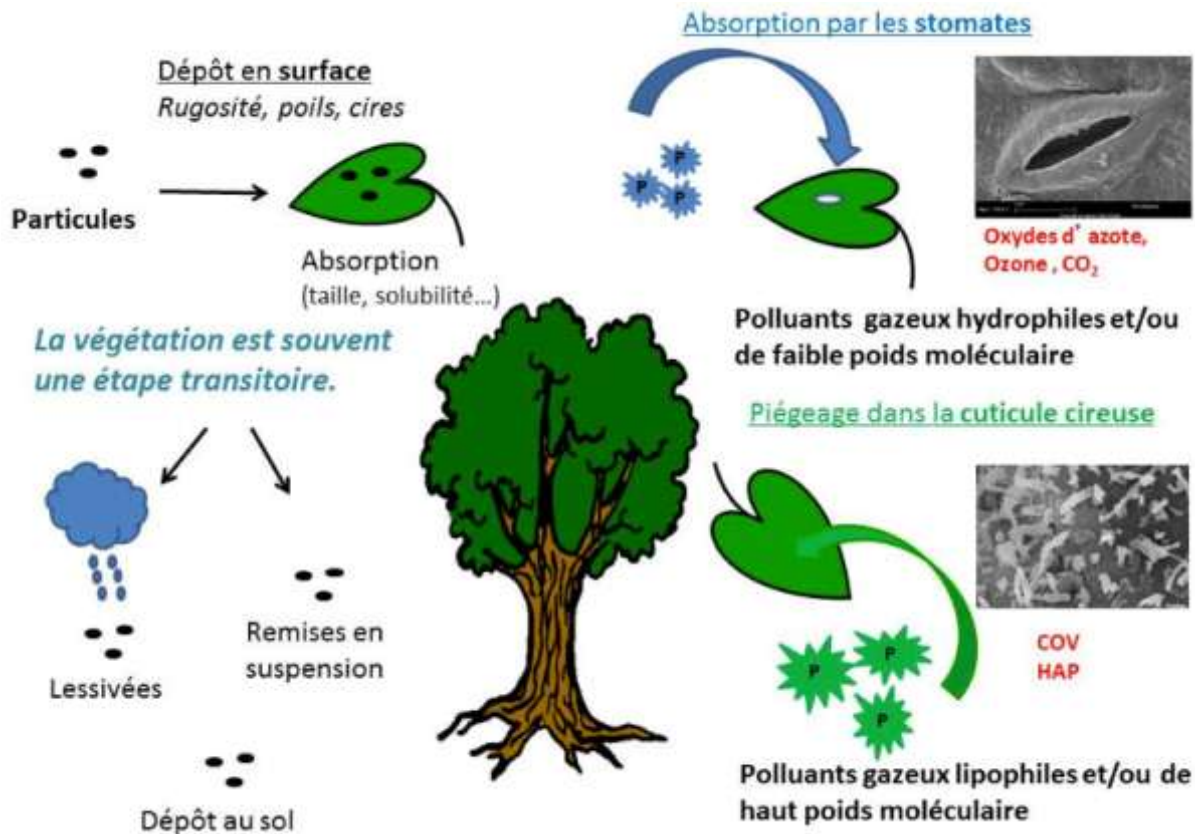
Séquestration du Carbone

- Photosynthèse = consommation de CO_2 , émission de O_2 , transformation du C en bois
- La végétation urbaine est donc un facteur de réduction, le jour, des émissions anthropiques de CO_2 , à proximité des principales sources

Effets indirects

- Influences micro-climatiques ayant un impact sur la qualité de l'air :
 - parking à l'ombre —> réduction d'émission de COV / évaporation
 - diminution de l'îlot de chaleur —> réduction de la photochimie
 - hébergement d'insectes et de parasites
- Consommations induites par l'entretien :
 - émissions de CO₂ et polluants
 - émissions de produits phytosanitaires
- ...

En résumé



Dossier thématique APPA "Végétation urbaine : les enjeux pour l'environnement et la santé",
www.appanpc.fr > Outilthèque > Dossiers

Évaluation quantitative

Bilan polluants gazeux

- La végétation absorbe les polluants urbains
- Bilan très variable selon les quartiers (facteurs géographiques, morphologiques, densités de végétation, essences)
- La plupart des études montrent des réductions de concentrations
- Nowak et al. (2006) / 55 villes américaines : réductions
 - locales jusqu'à 16 % pour O_3 et SO_2 , 9 % pour NO_2 ,
 - en général (valeurs horaires) de l'ordre de 1 à 4 %
 - en moyenne annuelle nettement inférieures à 1 % pour les polluants réglementés (0.03% pour CO)

Évaluation quantitative

Bilan particules

- La végétation absorbe les PM, les filtre, les retient (dépôt)
- Bilan très variable selon les quartiers (facteurs géographiques, morphologiques, densités de végétation, densité foliaire)
- La plupart des études montrent des accumulations sur les feuilles mais des réductions des concentrations dans l'air entre 0.1 et 1 %
- Nowak et al. (2006) / 55 villes américaines : réductions max de 8 %
- Dans les rues l'impact dû à l'effet d'écran est généralement négatif :
 - augmentation des concentrations dans les rues polluées (fort trafic)
 - Vranckx et al. (2015) / rue à fort trafic d'Anvers : augmentations de 1–13 % pour le carbone total, 0,2–2,6 % pour les PM10 (selon les espèces)

Évaluation quantitative

Bilan d'Ozone

- La végétation absorbe O_3 et émet des COVB précurseurs d' O_3
- Bilan très variable selon les quartiers (facteurs géographiques, morphologiques, densités de végétation, essences)
- Leuchner et Rappenglück (2010) : $[COVB]/[COV]$ faible ($\approx 5 \%$) mais très variable (27 % l'après-midi)
- Hiemstra et al. (2008) : bilan souvent négatif (diminution de la concentration d' O_3)
- Nowak et al. (1998, 2000) : réductions de qq %, généralement $< 1 \%$

Évaluation quantitative

Bilan Carbone

- La végétation absorbe CO₂ et séquestre le carbone
- L'évaluation de Nowak (1994) pour l'agglomération de Chicago, Illinois, en 1991 (5,88 millions d'habitants) :
 - taux de séquestration permanent $\approx 14\text{--}18$ tonnes/ha = $1,4\text{--}1,8$ kgC/m²
 - taux d'émission de carbone $\approx 2,24$ tonnes par personne et par an dont 1,30 tonnes pour ses transports
- *"La quantité totale de carbone séquestré dans les arbres de la zone d'étude (5,6 millions de tonnes), qui prit des années à stocker, égale la quantité de carbone émis par le secteur résidentiel (incluant les transports) de la zone d'étude durant une période de 5 mois."*

Évaluation quantitative

Bilan Carbone

- L'évaluation de Nowak (1994) pour l'agglomération de Chicago, Illinois, en 1991 (5,88 millions d'habitants) :
- *"Le taux annuel de séquestration de tous les arbres de la zone d'étude (140 000 tonnes de carbone) égale la quantité de carbone émise par les transports dans cette zone en une semaine.*
- *La quantité de carbone séquestré par un petit arbre (diamètre inférieur à 8 cm) en un an est équivalente à l'émission de carbone d'une voiture sur 16 km. La séquestration annuelle d'un gros arbre de diamètre supérieur à 77 cm est équivalente à l'émission d'une voiture sur environ 1460 km (900 miles)."*

Conclusion

- Les réduction de polluants gazeux absorbés sont très variables mais restent de l'ordre de 1 % en moyenne.
- Les rétentions de particules sont importantes mais souvent balancées par leur resuspension dans l'air ou leur lavage dans les eaux pluviales.
- Le filtrage aérodynamique a un effet moyen très faible (abri/accumulation). L'impact est nettement négatif dans les rues polluées de centre ville.
- Le bilan d'Ozone est très variable selon les quartiers et la météo mais les réductions restent de l'ordre de 1 % en moyennes annuelles.
- La séquestration du Carbone et la réduction de CO₂ par la végétation restent très faibles devant les émissions anthropiques, sauf en périphérie.
- La végétation urbaine introduit de nouveaux polluants, allergènes et parasites, dont il est important de tenir compte dans les nouveaux aménagements.