

Penser le futur urbain pour une meilleure qualité de l'air

Designing the urban future for a better air quality

Christian SEIGNEUR⁽¹⁾

Mots-clés

Pollution atmosphérique, qualité de l'air, environnement urbain, futur urbain, transports, énergétique.

Keywords

Air pollution, air quality, urban environment, urban future, transportation, energy.

Contexte

Si les niveaux ambiants de certains polluants atmosphériques dans les villes françaises ont diminué de façon significative ces dernières années (par exemple le plomb, le dioxyde de soufre, le monoxyde de carbone) en raison de réglementations sur les émissions de ces polluants, les niveaux d'autres polluants ont peu ou n'ont pas diminué (par exemple le dioxyde d'azote, l'ozone et les particules atmosphériques). On remarque que les polluants dont les niveaux ont baissé sont des polluants primaires (c'est-à-dire émis directement dans l'atmosphère) alors que ceux dont les niveaux stagnent sont en partie ou totalement des polluants secondaires (c'est-à-dire des polluants formés par réactions chimiques dans l'atmosphère).

Le fait que les niveaux de ces polluants secondaires ne réagissent pas aux stratégies de réduction d'émissions polluantes est dû à la complexité des relations entre les niveaux de ces polluants et ceux des émissions de leurs précurseurs [e.g. Seigneur, 2004]. En effet, dans certains cas, une réduction des émissions d'un précurseur peut entraîner l'augmentation d'un polluant secondaire. Par exemple, une diminution des émissions d'oxydes d'azote (émis par les processus de combustion tels que le trafic, les centrales électriques thermiques à flamme ou le chauffage) peut mener à une augmentation des concentrations d'ozone (un polluant réglementé) en milieu urbain et même à une augmentation de l'acide nitrique (précurseur du nitrate particulaire). On sait aussi que si la diminution des émissions d'un polluant peut être bénéfique pour un polluant secondaire, elle peut être antagoniste pour un autre et peut mener à un bilan total neutre : c'est le cas des réductions d'émissions de dioxyde de soufre qui mènent à une

réduction du sulfate particulaire mais peuvent mener à une augmentation du nitrate particulaire.

Par ailleurs, l'introduction d'une technologie de réduction de certaines émissions peut avoir un effet synergique ou antagoniste sur d'autres polluants. Une réduction des émissions de Composés Organiques Volatils (COV) pourra aussi bien réduire les concentrations d'ozone que celles de particules organiques. En revanche, l'installation de filtres à particules diesel avec catalyseur mène à une augmentation de la fraction de dioxyde d'azote dans les émissions. Ces relations complexes à la source et dans l'atmosphère rendent difficile la mise en place de politiques publiques efficaces pour la réduction de la pollution atmosphérique. Il est donc nécessaire d'avoir une approche scientifique multipolluants si l'on veut éviter des effets antagonistes et des bilans neutres en qualité de l'air. Ceci suppose une excellente maîtrise du système « qualité de l'air urbain », tant en connaissances scientifiques des processus impliqués qu'en données de terrain permettant de bien caractériser l'état actuel de la pollution. Il faut par ailleurs anticiper l'évolution de la ville en termes d'aménagement, de transports et d'énergétique et tenir compte du fait que les polluants atmosphériques peuvent être transférés dans d'autres milieux qui pourraient alors être contaminés.

Aménagement urbain et qualité de l'air

On peut considérer que la pollution atmosphérique implique d'une part la production de polluants atmosphériques (émis ou formés dans l'atmosphère) et d'autre part l'exposition de la population à ces polluants. À l'heure actuelle, la pollution atmosphérique dans les grandes villes résulte d'une part des émis-

(1) Cerea, Laboratoire commun école des Ponts ParisTech/EDF R&D, université Paris-Est, Champs-sur-Marne, France

sions urbaines (par exemple le trafic et le chauffage domestique), et d'autre part d'une pollution régionale de fond qui peut avoir été transportée d'autres régions sources sur de très longues distances. Par exemple, l'étude récente d'Airparif [2011] suggère que les concentrations de particules fines en situation urbaine de fond sont dues en moyenne à un tiers aux émissions franciliennes et à deux tiers à une pollution importée d'autres régions et pays.

L'exposition de la population sera plus importante dans des situations où une grande partie de la population est localisée près des zones les plus polluées, c'est-à-dire dans une certaine mesure près des sources. La ville du futur devrait donc se concevoir pour minimiser cette interaction entre densité de population et présence de pollution [Marshall *et al.*, 2009 ; Schweitzer et Zhou, 2010]. Une ville dense peut offrir l'avantage de minimiser les besoins en moyens de transport en raison de distances rapprochées entre les origines et destinations des habitants pour leur travail, loisirs et autres activités. Cependant, la population sera localisée près des sources de pollution qui n'auraient pas été totalement éliminées. À l'inverse, une ville peu dense, étendue sur une grande superficie mènera à un grand besoin en moyens de transport pour couvrir de longues distances. Ceci devrait alors engendrer de plus grandes émissions de polluants atmosphériques ; cependant, ils seront émis sur un plus grand domaine et leur dispersion dans l'atmosphère pourrait mener à une exposition moindre d'une partie de la population comparée à celle du scénario dense. Des scénarios intermédiaires qui se situent entre ces deux extrêmes pourraient offrir les meilleures solutions. [Hixson *et al.* 2010] ont étudié plusieurs scénarios pour la vallée centrale de Californie, États-Unis, et suggèrent que des scénarios intermédiaires pourraient mener à la solution optimale minimisant l'exposition de la population à la pollution atmosphérique.

Énergétique et pollution atmosphérique

Le climat des villes diffère légèrement de celui des campagnes avoisinantes, d'une part en raison de la quantité de chaleur émise en ville par le chauffage, les transports et autres activités, et d'autre part à cause de la densité de bâtiments qui rend les écoulements atmosphériques plus turbulents [e.g. Lemonsu et Masson, 2002]. Ces phénomènes affectent la dispersion des polluants [e.g. Sarrat *et al.*, 2006]. En particulier, le flux de chaleur mène à un plus grand mélange vertical des polluants car la hauteur de la couche limite atmosphérique (qui s'étend entre la surface et l'altitude à laquelle les effets de la surface ne se font plus sentir) est plus importante. La production d'énergie par le chauffage et les transports va sans doute évoluer dans les années futures en réponse à des politiques axées sur la diminution des émissions de gaz à effet de serre, qui pourraient donc mener à un renouvellement du parc automobile avec davantage de véhicules hybrides et électriques et la création et rénovation de bâtiments plus efficaces énergétiquement. Cette évolution devrait

donc diminuer les flux de chaleur urbains et conduire à une légère baisse de la dispersion des polluants atmosphériques, donc à émissions égales, des concentrations plus élevées. Bien sûr, ces mesures visant à réduire les émissions de GES du trafic et les consommations énergétiques des bâtiments devraient résulter en des diminutions d'émissions de polluants atmosphériques. Cependant, d'autres mesures visant à promouvoir certaines énergies renouvelables (par exemple chaudières à bois) peuvent augmenter les émissions polluantes. Il est donc essentiel dans les ébauches de schémas directeurs des villes du futur de bien quantifier les divers effets des politiques publiques mises en place dans le secteur énergétique afin d'anticiper et, si besoin est, de corriger leurs impacts possibles sur la qualité de l'air.

Liens entre pollution atmosphérique et pollution des eaux

Historiquement, la réglementation de la pollution atmosphérique a été mise en place indépendamment de la réglementation concernant la contamination des eaux de surface en milieu urbain. Il en résulte que les polluants réglementés diffèrent pour l'air et pour l'eau. Il apparaît cependant que l'atmosphère peut être un apport significatif dans le cas de la contamination des eaux de ruissellement [Sabin *et al.*, 2005 ; Fallah Shorshani *et al.*, 2012]. Il importe alors d'avoir une approche multimilieux permettant de traiter de manière conjointe la pollution de ces deux milieux. Par exemple, les émissions du trafic routier dans l'air peuvent se déposer en bordure de voie et contaminer les sols et les eaux de ruissellement. Les échelles de temps et d'espace qui doivent être prises en compte peuvent différer pour l'air et l'eau (selon les processus impliqués et les besoins réglementaires). Par ailleurs, les polluants réglementés pour l'air ne sont pas forcément pertinents pour l'eau : par exemple, les réglementations pour les particules atmosphériques ciblent les particules ayant moins de 10 et 2,5 microns de diamètre (PM₁₀ et PM_{2,5}), alors que des particules de diamètre supérieur à 10 microns sont pertinentes pour la pollution des eaux de ruissellement. Il s'ensuit que les inventaires d'émissions polluantes dans l'air n'incluent pas les particules de plus de 10 microns, alors qu'elles pourraient contribuer à la contamination des eaux de surface. Une harmonisation des techniques utilisées pour la gestion des pollutions de l'air et des eaux paraît donc souhaitable.

Le besoin d'une approche multidisciplinaire : « Futurs urbains »

Une approche multidisciplinaire semble nécessaire pour traiter le futur de la qualité de l'air urbain. En effet, on ne peut pas dissocier la qualité de l'air de l'aménagement urbain, dans la mesure où densité de population, moyens de transport et énergétique ont

des impacts considérables sur l'exposition de la population urbaine à la pollution atmosphérique. Par ailleurs, les polluants atmosphériques peuvent migrer vers les sols et les eaux de surface et une approche multimilieu devra être considérée. Les effets sanitaires du bruit pourraient aussi être traités conjointement avec les impacts sur la qualité de l'air pour certaines sources communes telles que le trafic [Allen *et al.*, 2009 ; Beelen *et al.*, 2009 ; Davies *et al.*, 2009] ; cela permettrait d'une part de mutualiser certains aspects de ces études (par exemple caractérisation du trafic) et d'autre part d'analyser les impacts sanitaires communs de manière plus complète.

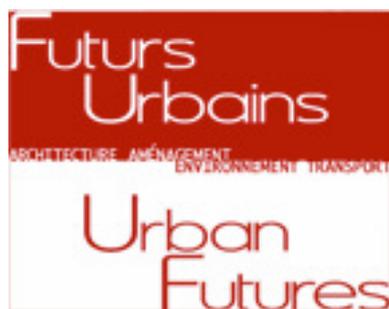


Figure 1.

Labex Futurs Urbains de l'université Paris-Est ;
Urban Futures Laboratory of Paris-Est University

Le Labex « Futurs Urbains » (<http://www.futurs-urbains.fr/> ; figure 1) offre un cadre multidisciplinaire dans lequel des laboratoires travaillant sur l'urbanisme, l'architecture, les transports et l'environnement collaborent sur des projets communs permettant d'identifier des solutions aux problèmes actuels et d'anticiper les principales questions du futur de la ville. Les activités de « Futurs Urbains » incluent aussi des colloques, séminaires et écoles d'été ainsi que des financements de chercheurs invités et post-doctorants. Dans toutes ces activités, l'accent est mis sur les aspects transversaux et interdisciplinaires. En effet, un enjeu majeur de ces prochaines années sera d'intégrer différentes expertises pour traiter l'environnement urbain de manière multidisciplinaire afin de tenir compte des liens complexes qui existent entre urbanisme, architecture, transports, énergétique et environnement.

Références

- Airparif. Origine des particules en Ile-de-France, rapport final, septembre 2011, <http://www.airparif.asso.fr>.
- Allen RW, Davies H, Cohen MA *et al.* The spatial relationship between traffic-generated air pollution and noise in 2 US cities, *Environ. Res.* 2009 ; 109 : 334-42.
- Beelen R, Hoek G, Houthuijs D *et al.* The joint association of air pollution and noise from road traffic with cardiovascular mortality in a cohort study, *Occup. Environ. Med.* 2009 ; 66 : 243-50.
- Davies HW, Vlaanderen JJ, Henderson SB, Brauer M. Correlation between co-exposures to noise and air pollution from traffic sources, *Occup. Environ. Med.* 2009 ; 66 : 347-50.
- Fallah Shorshani M, Bonhomme C, Petrucci G *et al.* Road traffic impact on water quality in an urban catchment (Grigny, France): a step towards integrated traffic, air and stormwater modelling, soumis à *Water Sci. Technol.* 2012.
- Hixson M, Mahmud A, Hu J *et al.* Influence of regional development policies and clean technology adoption on future air pollution exposure, *Atmos. Environ.* 2010 ; 44 : 552-62.
- Lemonsu A, Masson V. Simulation of a summer urban breeze over Paris, *Boundary-Layer Meteor.* 2002 ; 104 : 463-90.
- Marshall J, Brauer M, Frank L. Healthy neighborhoods: Walkability and air pollution, *Environ. Health Perspectives* 2009 ; 117 : 1752-9.
- Sabin LD, Lim JH, Stolzenbach KD *et al.* Contribution of trace metals from atmospheric deposition to stormwater runoff in a small impervious urban catchment, *Water Res.* 2005 ; 39 : 3929-37.
- Sarrat C, Lemonsu A, Masson V, Guedalia D. Impact of urban heat island on regional atmospheric pollution, *Atmos. Environ.* 2006 ; 40 : 1743-58.
- Seigneur C. Air pollution: current challenges and future opportunities, *AIChE J.* 2004 ; 51 : 356-64 ; *Pollution Atmosphérique*, 2005 ; 186 : 187-99.
- Schweitzer L, Zhou J. Neighborhood air quality, respiratory health, and vulnerable populations in compact and sprawled regions, *J. Amer. Planning Assoc.* 2010 ; 76 : 363-71.