



Approche interdisciplinaire de l'impact du milieu urbain sur la santé

Contexte

Le suivi et la préservation de la qualité de l'air sont devenus une des priorités pour la protection de l'environnement et ont fait l'objet de mesures nationales et internationales (Protocole de Kyoto en 1997) visant à réduire les émissions atmosphériques industrielles et le transport routier. Néanmoins, malgré la réduction des émissions de nombreux polluants atmosphériques, les valeurs de certains d'entre eux dont les oxydes d'azote (NOx), les composés organiques volatiles, les particules (PM₁₀ / _{2,5}) et les hydrocarbures (en particulier les hydrocarbures aromatiques polycycliques; HAPs), excèdent régulièrement les normes réglementaires (Aschan-Leygonie & Baudet-Michel 2007) et sont associés à des problèmes de santé publique préoccupants (eg. Beelen et al. 2008). La Commission Européenne a fixé pour chaque Etat membre l'objectif de ne plus dépasser les seuils de pollution mis en place par l'OMS d'ici 2030, ce qui d'après le commissaire de l'environnement permettrait d'éviter 58 000 décès par an.

En France et particulièrement en Alsace, des contrôles réguliers des taux de pollution sont réalisés par l'ASPA (Association de Surveillance de la Pollution Atmosphérique en Alsace), et un Plan de Protection Atmosphérique a été élaboré en 2010 pour la communauté urbaine de Strasbourg, comme pour toute ville de plus de 450 000 habitants. A l'heure actuelle, le niveau des métaux lourds à Strasbourg a largement baissé, celui du plomb par exemple étant en dessous du seuil préconisé par les normes de qualité. Par ailleurs, le DDT et de nombreux autres pesticides ne sont plus utilisés même si des rémanences résiduelles sont encore détectées. Cependant, la circulation routière engendre toujours la production de dioxyde d'azote, de monoxyde de carbone, de microparticules et la présence aussi de benzène ou d'HAPs.

Il est aujourd'hui essentiel de développer des outils de bio-indication permettant de relier sur le pas de temps d'une saison ou de 2-3 ans les effets synergiques des concentrations d'un cocktail de polluants sur les organismes vivants, et en particulier de s'intéresser aux dérèglements physiologiques. Ceci nécessite des approches éminemment interdisciplinaires, alliant notamment biologistes et chimistes.

Les objectifs

Ce travail se propose de développer des bioindicateurs globaux « d'effets cocktail » pour l'évaluation de la toxicité des mélanges de micropolluants urbains en effectuant une mise en regard des analyses de polluants de l'air et du sol et du vieillissement de l'organisme chez la mésange charbonnière le long d'un gradient de pollution et d'urbanisation au sein de l'Eurométropole de Strasbourg (urbain, périurbain, rural). Le cocktail de polluants (NH₃, NO₂, BTEX, Pesticides, HAPs, Polychlorobiphényles et éléments traces métalliques) mesurés sur les différents sites pourrait induire des dégâts physiologiques différents chez la mésange. Les résultats pourraient conduire à un système de biosurveillance par l'Eurométropole à plusieurs niveaux d'organisation biologique (moléculaires, physiologiques, performances individuelles) complémentaire des suivis physico-chimiques de la qualité de l'air et des sols, et donc s'approprier d'un indicateur de santé des écosystèmes. En effet, des prélèvements d'air à l'aide de capteurs passifs et des prélèvements de sols sont déjà effectués dans les zones qui comportent des nichoirs à partir desquels est réalisé le suivi de la santé des populations de cet oiseau. Quatre zones sont réparties le long d'un transect urbain reliant le centre ville à la Wantzenau par le parc de Pourtalès et le site d'Ostwald (dont le cours d'eau d'Ostwaldergraben constitue déjà un site d'intérêt pour l'EMS). Ce projet d'envergure a débuté en 2014 et nous avons accumulé des données qui ont permis la publication d'un article scientifique sur la pollution au sein de la CUS*. De plus, une partie de ce travail a été présenté au colloque intitulé « Qualité de l'air et la Santé » à Strasbourg (28-29 novembre 2016).

Résultats de la partie biologique de l'étude

Nous proposons ici de vous présenter les résultats des conséquences écologiques et physiologiques chez la mésange de l'environnement urbain qui se caractérise par un couvert végétal moindre et par un cocktail de polluants différent que ceux mesurés en milieu péri-urbain/rural.

i) Tout d'abord, nous suivons régulièrement les nichoirs afin de déterminer les paramètres écologiques des mésanges. Nous montrons qu'il y a deux fois moins de couples reproducteurs au centre-ville de Strasbourg que dans les autres sites suivis. Ces couples pondent moins d'œufs et élèvent moins de jeunes aussi au centre-ville (figure 1).

Ces jeunes sont pesés et mesurés à plusieurs reprises dès leur naissance jusqu'à ce qu'ils atteignent 16 jours. Ceux vivant en milieu urbain ont une croissance plus faible et une taille plus réduite. L'explication la plus probable repose sur une disponibilité des ressources (qualité et quantité des proies des mésanges comme les chenilles) que nous avons trouvées plus faible en milieu urbain (évaluée par échantillonnage sur les arbres et les arbustes de chaque site). Ceci va dans le même sens que le travail comparatif urbain/rural effectué par Cowie & Hinsley (1988). De plus, la pollution tend aussi à diminuer la quantité de chenilles (Eeva et al. 2005) ce qui fait du milieu urbain un site peu favorable pour les oiseaux insectivores.

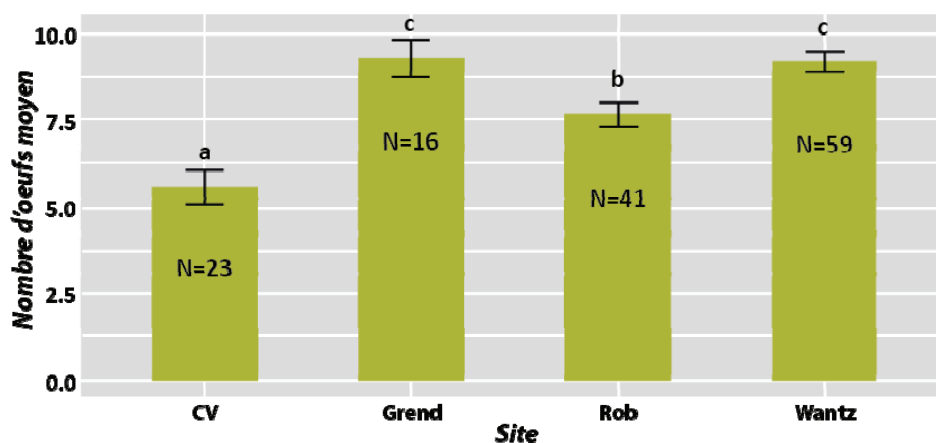
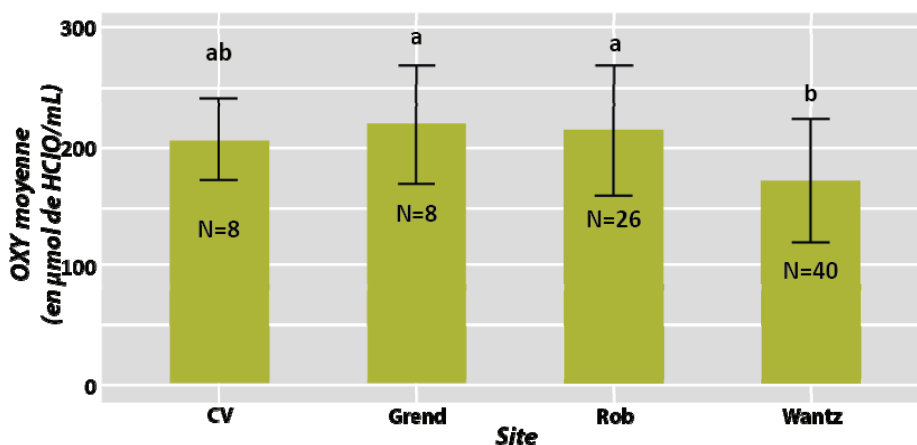


Figure 1 : Nombre d'œufs pondus moyen en fonction du site (2014-16)

Concernant les adultes de mésanges, nous avons pu constater que la taille de ceux du centre-ville est plus petite que celle de ceux qui se reproduisaient à la Wantzenau. Ce résultat est en adéquation avec l'étude sur les moineaux étudiés par Liker et coll. en 2008. Nous n'avons cependant trouvé aucune différence de condition corporelle reflétant les réserves énergétiques entre sites. Ceci pourrait supporter l'hypothèse qui suggère que seuls les adultes les plus performants se reproduisent en milieu urbain.

ii) les paramètres physiologiques chez les mésanges sont mesurés à partir de prises de sang effectuées chez les poussins présents dans les nichoirs et chez les adultes capturés au nichoir quand ils viennent nourrir les poussins. Le stress oxydatif est mesuré à partir du plasma et les télomères à partir des globules rouges. En condition normale, le stress oxydatif provient du déséquilibre entre les espèces réactives de l'oxygène mitochondriales (ROS), produites par la chaîne respiratoire, et les systèmes antioxydants. L'organisme peut développer des défenses antioxydantes soit endogènes (le superoxyde dismutase) ou exogènes via la nourriture (vitamines C et E). Ces antioxydants ont pour rôle de neutraliser les ROS et participent aussi à la conversion et l'élimination des entités xénobiotiques provenant par exemple des polluants. C'est pour cette raison que certains travaux ont montré le lien étroit entre conditions environnementales en zone polluée et réponses antioxydantes de l'organisme (Lopes et al. 2001). Si les défenses antioxydantes ne sont pas capables de neutraliser les actions oxydantes des ROS, il apparaît un déséquilibre appelé stress oxydatif.

Les conséquences du stress oxydatif vont être une augmentation des dommages oxydatifs sur les macromolécules de l'organisme (lipides, protéines) ainsi que sur l'ADN (entre autres érosion des télomères). Le rôle des télomères (séquence d'ADN à l'extrémité des chromosomes) est de protéger l'information génétique et ils tendent à se raccourcir au cours de la vie des individus. Ainsi il existe un lien complexe entre cette érosion et la longévité des individus, comme démontré dans plusieurs études (eg. Cawthon et al. 2003). Le lien existant entre pollution, stress oxydant, érosion des télomères commence à être montré par certaines études (eg. Pavanello et al. 2010). Nous n'avons pas encore les résultats des télomères pour les 4 sites mais nous pouvons montrer qu'il existe des différences en termes de stress oxydant entre ces différents sites. En effet, nous montrons des dégâts oxydatifs plus élevés en milieu rural qu'en milieu urbain, ce qui est surprenant si on prend en compte les caractéristiques environnementales urbaines. Un autre travail ne détecte quand à lui aucune différence parmi les jeunes mésanges (Isaksson et al. 2005).



Par ailleurs, les adultes ne présentent pas de différences de dégâts oxydatifs entre les 4 sites. Ceci peut s'expliquer par le fait que les défenses antioxydantes plus faibles à la Wantzenau pourraient avoir été utilisées pour neutraliser les ROS (figure 2). Un travail suédois montre aussi que la capacité antioxydante de mésanges charbonnières adultes est plus élevée en milieu urbain qu'en milieu rural (Isaksson et al.

Figure 2 : Quantité de défenses antioxydantes moyenne (en $\mu\text{mol HClO/mL}$) des adultes en fonction du site (2015 et 2016)

2007). Cependant, un travail du même auteur montre que le stress oxydatif des adultes est plus important en zone urbaine qu'en zone rurale (Isaksson et al. 2005). Il est donc nécessaire de continuer ces mesures sur plusieurs années et dans des villes qui diffèrent suivant leurs taux de polluants et leur couverture végétale. C'est pour cette raison que ce travail s'intègre désormais au sein d'un projet national dont la problématique est d'étudier les effets du milieu urbain sur les organismes vivants au niveau de 5 grandes villes françaises (Besançon, Dijon, Montpellier, Strasbourg et Toulouse).

Quelques références bibliographiques

- Al Dine A.-J., Mokbel H., Elmoll A., Massemin S., Vuilleumier S., Toufaily J., Hanieh T. & Millet M. (2015) Concomitant evaluation of atmospheric levels of polychlorinated biphenyls, organochlorine pesticides, and polycyclic aromatic hydrocarbons in Strasbourg (France) using pine needle passive samplers. *Environ Sci Pollut Res.* 22 : pp. 17850-17859.
- Aschan-Leygonie C. & Baudet-Michel S. (2007) La qualité de l'air dans les agglomérations françaises : l'exemple des concentrations de dioxyde d'azote. *Données Urbaines* : pp. 1-23.
- Beelen R., Hoek G., van den Brandt P.-A., Goldbohm R.-A., Fischer P., Schouten L.-J., Jerrett M., Hughes E., Armstrong B. & Brunekreef B. (2008) Long-term effects of traffic-related air pollution on mortality in a Dutch cohort (NLCS-AIR study). *Environmental health perspectives*, 116 : pp. 196-202.
- Cawthon R., Smith K., & O'Brien E. (2003). Association between telomere length in blood and mortality in people aged 60 years or older. *The Lancet*, 361 : pp. 393-95.
- Cowie R.-J. & Hinsley S.-A. (1988) Feeding ecology of great tits (*Parus major*) and blue tits (*Parus caeruleus*), breeding in suburban gardens. *Journal of Animal Ecology* 57 : pp. 611-626.
- Eeva T., Hasselquist D., Langefors A., Tummeleht L., Nikinmaa M. & Ilmonen P. (2005) Pollution related effects on immune function and stress in a free-living population of pied flycatcher *Ficedula hypoleuca*. *Journal of Avian Biology*, 36 : pp. 405-412.
- Isaksson C., Örnborg J., Stephensen E. & Andersson S. (2005) Plasma glutathione and carotenoid coloration as potential biomarkers of environmental stress in great tits. *EcoHealth* 2 : pp. 138-146.
- Isaksson C. & Andersson S. (2007) Carotenoid diet and nestling provisioning in urban and rural great tits *Parus major*. *Journal of Avian Biology* 38 : pp. 564-572.
- Liker A., Papp Z., Bókony V., & Lendvai Á. Z. (2008). Lean birds in the city: body size and condition of house sparrows along the urbanization gradient. *Journal of Animal Ecology*, 77(4) : pp. 789-795.
- Lopes P., Pinheiro T., Santos M.C., Da Luz Mathias M., Collares-Pereira M.-J. & Viegas-Crespo M. (2001). Response of antioxidant enzymes in freshwater fish populations (*Leuciscus alburnoides* complex) to inorganic pollutants exposure. *The Science of the total environment*, 280 : pp. 153-163.
- Pavanello S., Pesatori A.-C., Dioni L., Hoxha M., Bollati V., Siwinska E., Mielzyńska D., Bolognesi C., Bertazzi P.-A. & Baccarelli A. (2010). Shorter telomere length in peripheral blood lymphocytes of workers exposed to polycyclic aromatic hydrocarbons. *Carcinogenesis*, 31 : pp. 216-218.
- Peters A., Fröhlich M., Döring A., Immervoll T., Wichmann H. E., Hutchinson W.L., Pepys M. B. & Koenig W. (2001). Particulate air pollution is associated with an acute phase response in men; results from the MONICA-Augsburg Study. *European heart journal*, 22 : pp. 1198-1204.



Auteurs et contacts

Sylvie Massemin, IPHC—UMR 7178 : Unistra - CNRS: CNRS - Unistra. sylvie.massemin@iphc.cnrs.fr



Mise en page

Zone Atelier Environnementale Urbaine, Faculté de Géographie et d'Aménagement, 3 rue de l'Argonne, 67 000 Strasbourg, <https://zaeu-strasbourg.eu/>



Adrien Opeicle, adrien.opeicle@live-cnrs.unistra.fr

