
Biosurveillance de polluants atmosphériques : applications au suivi de contaminants aériens de type Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques au moyen de la plante de haie *Elaeagnus ebbingei*

Jérôme Ledauphin^{*1}, Baptiste Delaunay¹, Nathalie Sauret², and Mathilde Gaudin^{*1}

¹Unité de Recherche Aliments Bioprocédés Toxicologie Environnement (ABTE UR4651) – Université de Caen Normandie, CS 14032, 14032 Caen cedex 05 – France

²Institut de Chimie de Nice (ICN UMR7272) – Université Côte d’Azur – France

Résumé

La qualité de l’air constitue un enjeu majeur de santé publique. Parmi les polluants atmosphériques, les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) revêtent une grande importance pour la santé humaine en raison de leur toxicité et de leur persistance dans l’environnement. Pourtant leur suivi dans l’air ambiant à grande échelle est aujourd’hui limité en raison des analyses existantes qui demeurent complexes et coûteuses. Ces polluants sont émis lors des combustions et sont très majoritairement d’origine anthropique. Plusieurs de ces HAPs sont classés cancérigènes ou probablement cancérigènes pour les êtres humains (Centre International de Recherche sur le Cancer). Ces polluants atmosphériques sont résistants dans certains compartiments environnementaux (sol, sédiments, air, aliments, etc.) ce qui leur confère le statut de polluants organiques persistants (POPs) d’après le protocole d’Aarhus (1998). Un POP est un composé qui est toxique, bioaccumulable, persistant sous forme non dégradée et qui devient largement distribué dans l’environnement. En collaboration avec l’Institut de Chimie de Nice, le laboratoire ABTE a développé une méthodologie de dosage de ces polluants atmosphériques au moyen de capteurs passifs (*Delaunay et al., 2023a*). Ces capteurs passifs ont été déployés dans les agglomérations des villes de Caen et de Nice respectivement dans des zones rurales (> 30 kms de l’agglomération), périurbaines, en centre-ville et à proximité de grands axes de trafic routier (*Ledauphin et al., 2024*). Des mesures en HAP dans l’air ambiant ont été réalisées tous les 2 mois sur une année. Les quantités globales en HAPs sont, quel que soit les sites d’étude, 2 à 3 fois moins importantes, l’été que l’hiver. Elles sont environ 50% plus importante en centre-ville de Nice qu’en centre-ville de Caen (en hiver ; 22,8 ng.m-3 *versus* 14,3 ng.m-3). La ville de Caen se distingue de celle de Nice en présentant des concentrations en HAPs dans l’air plus importante en zone périurbaine (Giberville, située à l’est de Caen) qu’en centre-ville. Ceci peut être expliqué par la topographie différentes des sites périurbains avec une exposition aux vents dominants du site péri-urbain de l’agglomération de Caen à l’ensemble de l’atmosphère urbaine.

Afin de pouvoir assurer, dans le futur, un suivi de ces contaminants aériens ; les dispositifs de mesure constitués de capteurs passifs ont été complétés par l’ajout de jeunes arbustes d’*Elaeagnus ebbingei*, une plante de haie au feuillage persistant, commune des zones

*Intervenant

tempérées et très résistante aux différentes contraintes climatiques (périodes de gel, canicule, précipitations fortes, embruns, etc.). De fortes corrélations ont pu être établies entre les concentrations atmosphériques en hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et leur quantité dans les feuilles de la plante *Elaeagnus ebbingei*. Par conséquent, cette plante de haie a pu être considérée comme un bioindicateur de la présence de ces polluants atmosphériques (Delaunay et al., 2023b).

La biosurveillance, plus généralement appelée "biomonitoring" est définie comme l'utilisation d'organismes vivants ou de leurs réponses pour déterminer l'état ou les changements de l'environnement. Les biomoniteurs sont à différencier des bioindicateurs. Les bioindicateurs, tel que l'*Elaeagnus ebbingei* donnent une information qualitative sur l'environnement dans lequel ils évoluent. Les biomoniteurs donnent, quant à eux, une information quantitative.

Pour étudier les caractéristiques de bioindicateur de cet arbuste, plusieurs plants d'*Elaeagnus ebbingei* ont été contaminés en phénanthrène (Gaudin et al., 2024) à l'aide d'une chambre de contamination développée au laboratoire. Le phénanthrène a été choisi car il s'agit du HAP majoritairement présent et le plus représentatif dans l'air ambiant.

Ces expérimentations ont permis de mettre en évidence une très forte capacité de stockage par adsorption du phénanthrène par les feuilles de la plante *Elaeagnus ebbingei*. Après exposition puis placement des plants pendant plusieurs jours dans une nouvelle chambre d'expérimentation, nous avons pu démontrer que le phénanthrène pouvait rapidement se désorber des feuilles de la plante et ainsi se revolatiliser dans l'air ambiant.

Plusieurs contaminations artificielles au phénanthrène de plants d'*Elaeagnus ebbingei* ont été à nouveau opérées. Les plants contaminés (une dizaine) ont été par la suite disposés à l'air extérieur sur un toit-terrasse sur une période de 2 mois. Un comportement similaire de la plante a été observé, à savoir, une décroissance rapide du phénanthrène dans un premier temps suivie d'une décroissance de plus en plus lente traduisant une tendance à rejoindre (au bout de quelques mois) une quantité reflétant sa présence dans l'air ambiant. Cette décroissance peut être associée à (1) une revolatilisation mise en évidence en chambre d'expérimentation ou (2) à l'apparition de composés de dégradation du phénanthrène (travail en cours). Le suivi du phénanthrène a été réalisé au moyen d'une méthodologie nouvelle et innovante de dosage par micro-extraction en phase solide associée à la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (SPME-GC-MS) ; méthodologie très sensible (< 5 mg.kg-1 de phénanthrène dans les feuilles), peu gourmande en échantillon (2g de feuilles) et vertueuse pour l'environnement (réutilisation des matériaux pour l'analyse, pas d'usage de solvant organique).

Références bibliographiques :

Delaunay B, Sauret N, Ledauphin J. **2023a**, Novel eco-friendly methodology to determine polycyclic aromatic hydrocarbons in polyurethane foam for air monitoring: Application to spatial and temporal distribution survey. *Chemosphere*, 2023, 311, pp.137059. <10.1016/j.chemosphere.2022.137059>.

Delaunay B, Ledauphin J, Sauret N. **2023b**, Using a bioindicator plant, *Elaeagnus ebbingei*, to predict the concentrations of polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the atmosphere of temperate areas in Europe. *IABEP2023*, International Association of Biomonitoring of Environmental Pollution, Oct 2023, Trieste (Italy), Italy. <hal-05435911>

Gaudin M, Ledauphin J, Sauret N. **2024**, Metabolites of phenanthrene as potential markers of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in a bioindicating hedge plant *Elaeagnus ebbingei*. *IABEP2024*, International Association for Biomonitoring of Environmental Pollution, Nov 2024, Lisbon (Portugal), Portugal. <hal-05435895>

Ledauphin J, Sauret N, Delaunay B. **2024**, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in the air of two French cities: influence of the climate, season and geographical environment. *Role and Fate of Forest Ecosystems in a Changing World*, Arches-Conseils; Research Group "Air

Pollution and Climate Change” of the International Union of Forest Research Organization,
Jan 2024, Bangkok, Thailand, Thailand. (hal-05435903)