

Résultats préliminaires du projet SOTOX sur la comparaison et compréhension de la toxicité des sources majeures contribuant aux épisodes de pollution aux particules

Février 2023

Dans le cadre de la première astreinte du Conseil d'État sur la qualité de l'air (août 2021), l'Ineris a engagé des travaux de recherche sur la comparaison du potentiel toxique induit par les sources d'émission prépondérantes impliquées lors des épisodes de pollution particulaire observés en France. Les sources de combustion de biomasse (émissions primaires) et les poussières sahariennes ont été ciblées en premier lieu. Le travail inclut des aspects de chimie atmosphérique, de caractérisation chimique et de toxicologie.

Contexte et principes généraux

Un ensemble d'échantillons de particules (particulate matter, PM) collectées sur filtres (environ 80) obtenus ces dernières années (2017 - 2021) au travers de divers projets de recherche ont été testés. Ils permettent de couvrir les sources d'émission de PM suivantes :

- / Émissions primaires du chauffage résidentiel : cheminée (foyer ouvert), poêles à bûches 5* label Flamme Verte (FV), poêles/chaudières à bûches/granulés 7*FV, chaudière au fioul, avec deux allures testées (nominale et réduite) ;
- / Brûlage de déchets verts de jardin à l'air libre (feuilles mortes, tailles de haies) ;
- / Poussières désertiques (épisodes sahariens en Martinique).

Le potentiel toxique intrinsèque des particules (par μg de PM) a été appréhendé par la mesure de différents indicateurs de toxicité, à partir d'extraits des filtres :

- / Le potentiel oxydant (PO) acellulaire des particules a été déterminé par l'Institut des géosciences de l'environnement (IGE) ;
- / L'induction de stress oxydant cellulaire a été investiguée sur des cellules pulmonaires humaines à l'Ineris ;

- / Une approche bio-analytique a permis d'évaluer le contenu des particules en polluants de type dioxines et hydrocarbures aromatiques polycycliques (activités dioxin- et HAP-like).

En complément, une caractérisation des espèces toxiques particulaires clés (métaux, HAP et leurs dérivés nitrés et oxygénés) est en cours afin d'étudier les liens entre les indicateurs de toxicité et la composition chimique des particules.

Résultats préliminaires

Les résultats préliminaires de ces travaux montrent que la toxicité intrinsèque associée aux différentes sources de PM peut significativement varier selon l'indicateur considéré (Figure 1).

La notion d'intrinsèque se réfère à une valeur ramenée à 1 μg de PM afin de pouvoir directement comparer la toxicité des particules (des différentes sources) entre elles. L'amplitude relative est représentée par la taille des bulles avec l'écart-type sur les échantillons testés. La valeur maximale parmi les différentes sources de particules, pour chaque indicateur de toxicité, est assignée par défaut à 100 % (taille de bulle maximale). Les valeurs relatives entre les indicateurs de toxicité ne sont pas comparables entre elles. On ne peut donc pas considérer qu'un seul indicateur de toxicité suffirait à décrire la toxicité intrinsèque. Ceci est en lien avec

les spécificités biologiques et/ou physicochimiques des différents indicateurs étudiés. Ces premiers résultats démontrent la complémentarité des indicateurs et la nécessité d'en étudier un large panel afin d'avoir une vision globale du potentiel toxique des particules.

Perspectives

Le travail engagé sur les PM de différentes sources collectées sur filtres demande donc à être poursuivi avec tout d'abord l'analyse statistique des liens existants entre les réponses biologiques/acellulaires et la composition chimique des particules issues des différentes sources (en cours d'acquisition).

Afin de parfaire ces premiers résultats, il serait important d'inclure par exemple l'étude du potentiel génotoxique

induit par ces particules. Si ce travail permet de comparer un grand nombre de sources de PM en utilisant des extraits d'échantillons sur filtres déjà disponibles, il ne reflète pas les conditions d'exposition réelle d'une population.

Ainsi, des travaux ont été initiés afin de simuler au mieux les conditions physiologiques réelles en exposant directement des cellules pulmonaires aux particules (exposition à l'interface air-liquide, ALI).

Ces travaux seront poursuivis en se focalisant sur les émissions primaires (directes) et secondaires (formation de particules dans l'atmosphère par des processus physico-chimiques) du chauffage résidentiel au bois (poêle à bûches 7* FV) au titre de la seconde astreinte du Conseil d'État et, en particulier, au travers de deux thèses de doctorat démarrées fin 2022.

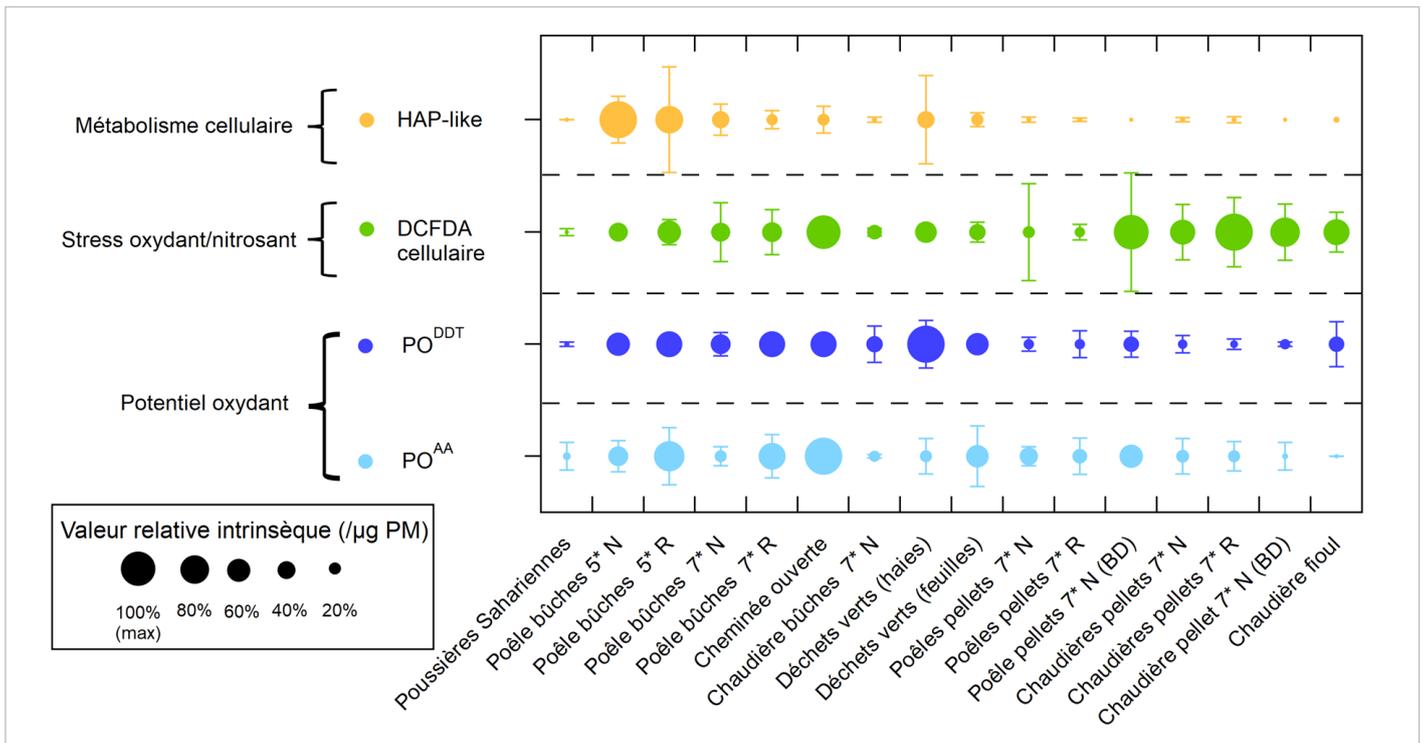


Figure 1 / Évaluation comparée, à partir de différents indicateurs, de la toxicité intrinsèque des particules issues de différentes sources d'émission. Indicateurs de toxicité : PO : potentiel oxydant, AA : acide ascorbique, DTT : dithiothréitol ; DCFDA : diacétate de dichlorodihydrofluorescéine, HAP : hydrocarbures aromatiques polycycliques. Sources de particules : Poêles/Chaudières 5* ou 7* label Flamme verte, N : allure nominale, R : allure réduite, BD : granulés (pellets) de bois dur (feuillus) par comparaison aux pellets conventionnels (bois tendre, résineux).