

# THÈSE DE DOCTORAT

Soutenance à Aix-Marseille Université  
prévue le 17 juillet 2023 par

**Rebecca CASTEL**

## HAP et métaux dans les poussières sédimentées en écoles maternelles, évaluation du risque par ingestion et génotoxicité

### Discipline

Sciences de l'Environnement

### Spécialité

Environnement santé

### École doctorale

Ecole doctorale 251 – Sciences de  
l'Environnement

### Laboratoire/Partenaires de recherche

Institut Méditerranéen de biodiversité et  
d'écologie (IMBE)

Laboratoire Chimie Environnement (LCE)



### Composition du jury

Pr. Valérie DESAUZIERS	Rapporteuse
IPREM, IMT Mines Alès	
Pr. François SICHEL	Rapporteur
ABTE, UNICAEN	
Dr. Marie CARRIERE	Présidente du Jury
SyMMES, CEA	
Dr. Yves Noack	Examineur
CEREGE, CNRS	
Dr. Thierry ORSIERE	Directeur de thèse
IMBE, Aix Marseille Université	
Dr. Laure MALLERET	Co-directrice de thèse
LCE, Aix Marseille Université	
Invités : Franck Marot (Ingénieur de recherche, ADEME), Dominique Robin (Directeur, AtmoSud)	

## Résumé

L'ingestion involontaire de poussières sédimentées touche surtout les jeunes enfants, à cause de leur comportement exploratoire. Ces poussières véhiculent des contaminants, tels que les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) et les éléments métalliques et métalloïdes (EMM). Malgré les problématiques de gestion des établissements sensibles implantés sur d'anciens sites industriels et la réglementation sur la qualité de l'air intérieur des bâtiments, les risques sanitaires associés à ces poussières dans les lieux accueillant des enfants ont été peu documentés.

Pour aborder cette question, nous avons étudié les sources et les variations spatiales et saisonnières des concentrations en HAP et EMM dans des poussières prélevées en intérieur et extérieur dans des écoles maternelles situées dans différents microenvironnements et comparé les risques sanitaires associés dans un scénario d'exposition orale des enfants < 6 ans à ces polluants. Les effets en mélanges de 6 HAP ont été examinés sur des cellules gastriques, avec une approche par plans d'expériences appliquée à deux tests *in-vitro* de génotoxicité. Les effets d'interaction mis en évidence dépendent du paramètre étudié (lésions à l'ADN / dommages chromosomiques). Sur des échantillons de poussières extérieures, les fractions orales en HAP et EMM ont été comparées aux contenus totaux et soumises aux tests de génotoxicité sur cellules gastriques. Ces résultats permettent de comparer les évaluations de risque cancérogène et la mesure de la génotoxicité.

Ce travail documente la présence des HAP et MM dans les poussières sédimentées dans des écoles maternelles. Il s'appuie sur de nouvelles approches visant à comprendre et évaluer les effets génotoxiques des polluants en mélange et leur bioaccessibilité.

Mots clés : bioaccessibilité orale, effet mélanges ; génotoxicité ; HAP, lien environnement-santé ; métaux/métalloïdes ; poussières sédimentées ; établissements accueillants des enfants.

# Abstract

The involuntary ingestion of settled dust affects especially young children because of their exploratory behavior. These dusts act as environmental sinks for pollutants, such as Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) and metal(loid)s. Despite the management issues of “sensitive” school institutions located on former industrial sites and the regulation on air quality inside buildings, health risks knowledge caused by an exposure to contaminants via settled dust is still scarce.

To tackle this subject, we determined the PAH and the metal(loids) concentrations in settled dust from preschools located in different environmental contexts, at different seasons, both indoor and outdoor. The aim was to study spatial and temporal variations and the possible sources of pollutants. Health risks were assessed for children <6 years old exposed to PAHs and metal(loid)s through dust ingestion. Mixtures' effects were studied for 6 PAHs on gastric cells, with a design of experiments approach applied to two *in vitro* genotoxicity assays. Depending on the endpoint (DNA or chromosomal damage), binary interactions effects were observed. A Genotoxicity Equivalent Factor was suggested, similarly to the Toxic Equivalent Factor routinely used for PAHs. With a second set of outdoor settled dust, bioaccessible fractions of PAH and metal(loid)s were extracted, analyzed and compared to the total concentration before being studied *in vitro* with genotoxicity assays on gastric cells. Results allowed us a comparison between calculated cancer risks and experimental measures of genotoxicity.

This work documents the PAH and metal(loid)s concentrations in settled dust of preschools, located in cities, industrial or touristic sites. It used novel approaches to understand and assess the genotoxic effects of pollutants in mixtures and of bioaccessible fractions.

Keywords : oral bioaccessibility ; mixtures' effects ; genotoxicity ; environmental health ; settled dust ; preschools.