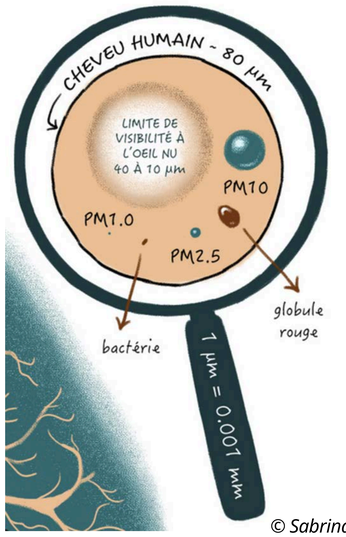
LES PARTICULES ULTRAFINES EN ZONE URBAINE

Que respirons-nous dans les rues, et pourquoi s'intéresser aux particules métalliques ultrafines ?

Les principaux polluants dans l'air



© Sabrina Sanchez

GAZ POLLUANTS

- Oxydes d'azote : NO_x (NO, NO_2)
- Dioxyde de soufre : SO_2
- Monoxyde de carbone : CO
- Composés Organiques Volatils non méthaniques : COV_{NM}
- Ozone : O_3
- Ammoniac : NH_3
- Benzène : C_6H_6

PARTICULES POLLUANTES

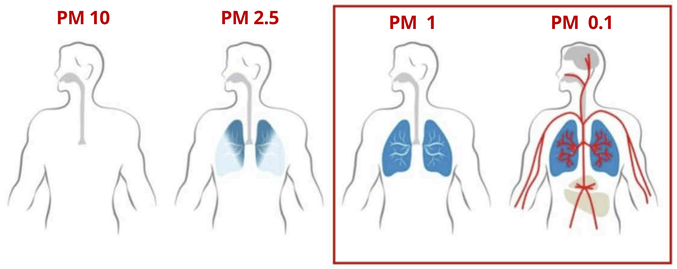
- Particules : PM_{10}
- Particules fines : $PM_{2.5}$
- Particules ultrafines : $PM_{0,1}$
- Hydrocarbures polycycliques aromatiques : HAP
- Métaux : Pb, As, Ni, Cd…

© Airparif

Pourquoi les étudier ?

- Petite taille (<100 nm)
- **Vecteurs** d'éléments traces métalliques
- Forte réactivité

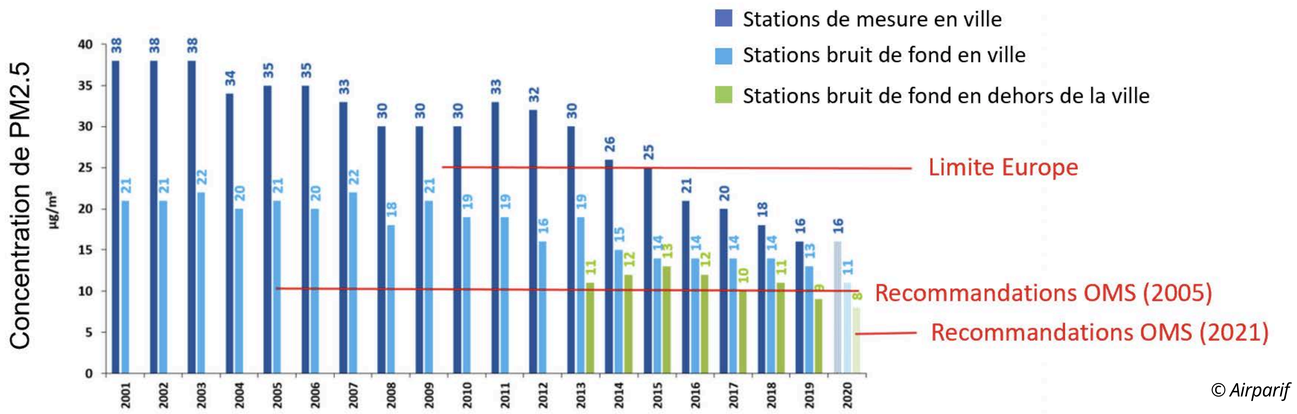
Un enjeu environnemental et sanitaire



PAS DE LIMITATION REGLEMENTAIRE

L'exposition aux particules (ultra)fines est particulièrement dangereuse. Ces particules bioréactives sont :

- Capables de passer la **barrière sang/cerveau**
- Potentiellement responsables de **maladies neurodégénératives** (Alzheimer, Parkinson) et d'inflammations

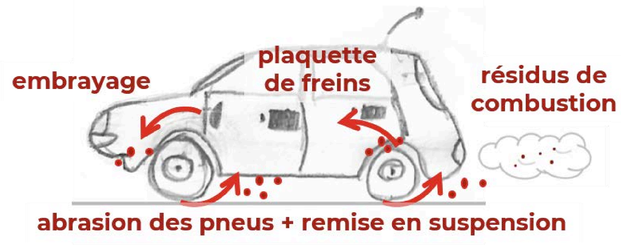


© Airparif

Les sources de pollution



Sources géogéniques





Sources anthropiques

Le **trafic urbain** est une source multiple. Les poussières peuvent être issues de :

- L'u**sure** des **freins** et autres composants des véhicules.
- L'émissions des moteurs (**gaz d'échappement**)
- L'**abrasion** des **pneus** et **remise en suspension** des poussières routières

Mesurer la pollution via des capteurs passifs

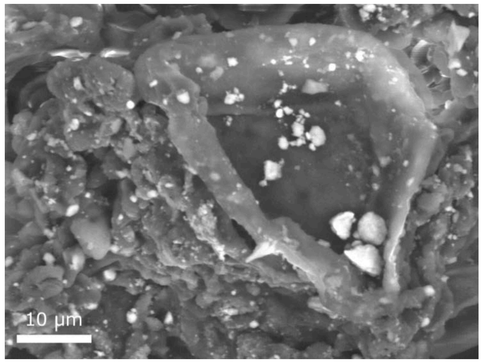


Image de microscopie électronique à balayage d'un fragment d'écorce de platane (capteur passif)

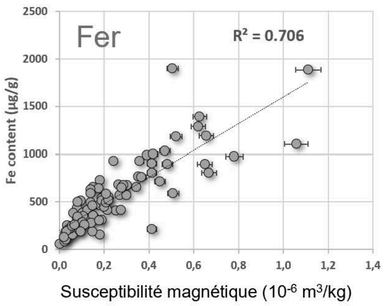
La **« poussière urbaine »**, principalement issue des émissions véhiculaires, peut se déposer sur des surfaces exposées passives comme l'écorce de platane.

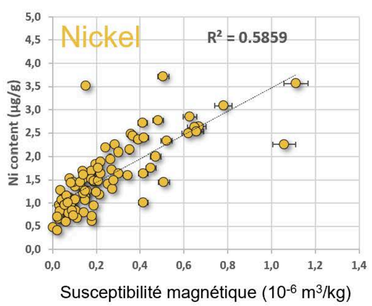
Cette poussière contient des **particules métalliques,** composées notamment de fer, de nickel et de chrome.

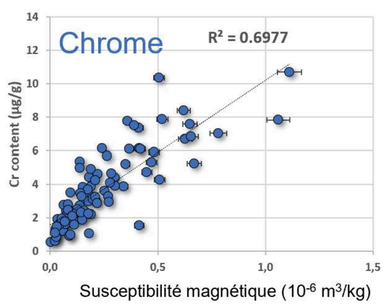
Les particules riches en fer déposées sur ces surfaces exposées possèdent une **signature magnétique spécifique**, quantifiée avec la **susceptibilité magnétique.**

Les mesures d'aimantation ou de susceptibilité magnétique correspondent ainsi à une concentration en **particules métalliques.**

Données issues de la thèse de Sophie Coural (2025) :



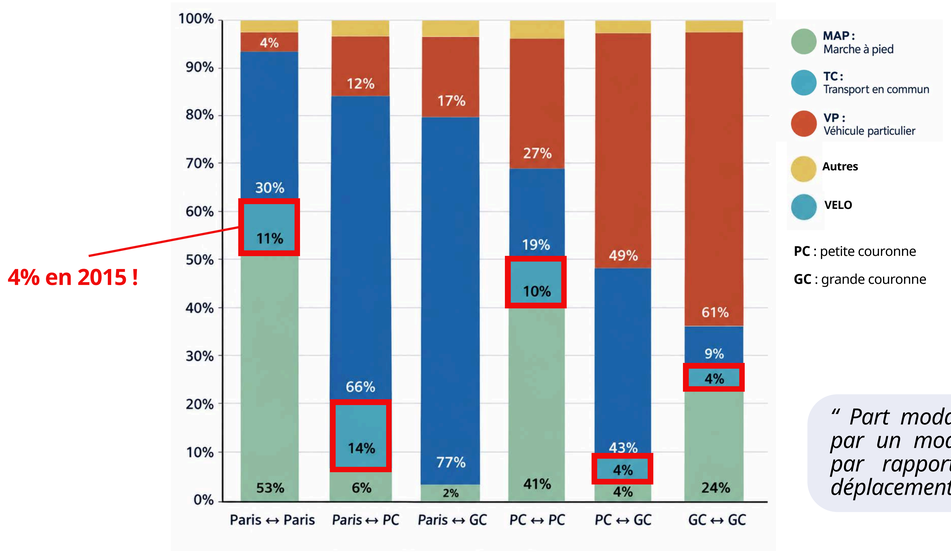




PM-CYCLO : Exposition aux Particules Métalliques des CYCListes et piétOns

Le vélo : un mode en augmentation

Part modale en fonction de la géographie des déplacements (jour ouvré moyen)



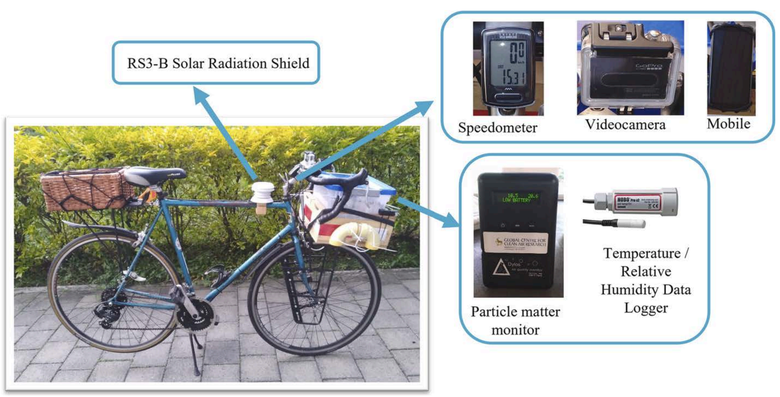
4% en 2015 !

" Part modale " : proportion occupée par un mode de déplacement donné par rapport aux autres modes de déplacement considérés

Institut Paris Région (2024)



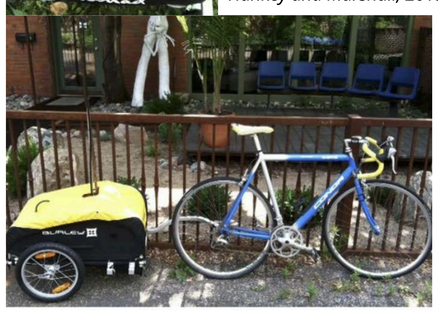
Mesurer l'exposition des cyclistes : des dispositifs encombrants !



Martinez et al., 2024



Hankey and Marshall, 2015



PM-Cylo → vers des dispositifs low-tech peu encombrants

L'équipe scientifique



Un projet de science participative soutenu par la ***Mission Interdisciplinaire pour les Initiatives Transverses*** du CNRS, dans le cadre d'un appel à projets **« Capteurs low-tech »**.

Principe :

Utiliser des capteurs légers, discrets et éco-conçus que vous emportez avec vous sur votre **trajet domicile-travail** habituel, **à pied ou à vélo**, et mesurer leur signal magnétique et chimique, pour obtenir la **concentration en particules métalliques** déposées sur ces capteurs.

Ces données sont ensuite croisées avec la composition de chaque trajet (type de voie de circulation, aménagements cyclables, etc...)

Résultats espérés :

- Cartographier finement l'exposition réelle des cyclistes et des piétons parisiens
- Évaluer l'impact des aménagements urbains existants

Les dispositifs de PM-Cyclo : un boitier avec 3 capteurs et un masque antipollution avec filtre





© R-pur

DEVENEZ ACTEUR.ICE DE LA RECHERCHE SUR LA QUALITE DE L'AIR URBAIN !

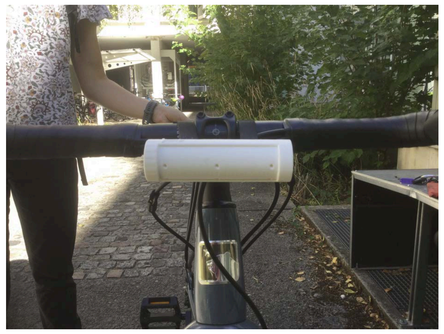
Comment installer le boitier sur le sac et le vélo ?



Choisissez une bretelle de sac, orientez la flèche vers le haut et accrochez le boitier.



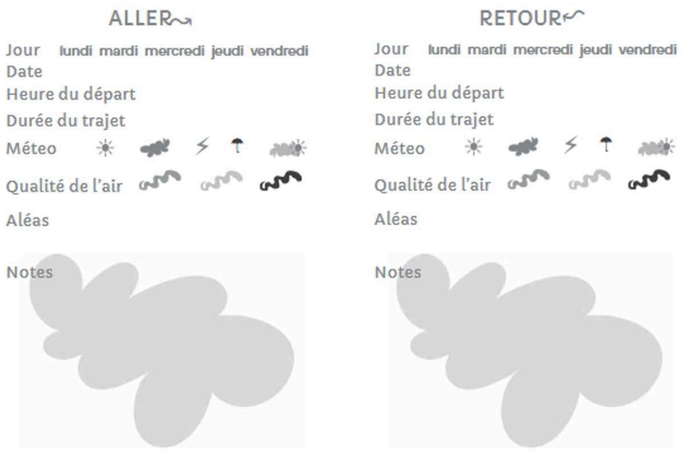
Positionnez la flèche vers le haut et installez le boitier sur votre guidon ou sur la potence, en haut de la fourche.



Lorsqu'il pleut ou que le trajet diffère de celui de référence, fermez le boitier !

Remplir le carnet après chaque trajet

Ce petit carnet est à la fois votre carnet de voyage et votre cahier de laboratoire !



Et ensuite ?

Diverses mesures sur les capteurs sont au programme :

- **Susceptibilité magnétique :**
traceur de l'exposition aux particules ultrafines métalliques
- **ICP-MS (spectrométrie de masse à plasma à couplage inductif) :**
caractérisation mult-iélémentaire **totale** des échantillons et **sélective** des nanoparticules
- **Microscopie électronique à balayage (MEB) :**
caractérisation morphologique des particules
- **Diffraction des rayons X (DRX) :**
identification des phases minérales et des structures cristallines

Une suggestion ?

Partagez vos idées avec l'équipe grâce au formulaire !

Le protocole : check-list

Décidez d'un trajet domicile-travail de référence, que vous allez suivre au quotidien
L'équipe vous contactera pour connaître ce trajet. Vous pourrez le partager sous la forme d'une trace GPX, ou d'un dessin sur un plan.

Début du trimestre

- ✓ Récupérez un boîtier avec des capteurs neufs, et un nouveau carnet de bord
- ✓ Récupérez éventuellement votre masque équipé d'un filtre
- ✓ Installez le boîtier sur un sac ou un guidon de vélo comme indiqué ci-contre

Au quotidien

Avant chaque trajet

- ✓ Ouvrez le couvercle du boîtier, pour que les capteurs soient au contact de l'air pendant tout le trajet
- ✓ Mettez votre masque si vous avez choisi d'en porter un pour l'étude

Pendant votre trajet

- ✓ Gardez le boîtier ouvert et les capteurs en contact continu avec l'air
- ✓ Le boîtier ou le masque ne doivent pas être occultés par un autre objet (panier, écharpe, …)
- ✓ S'il pleut pendant le trajet :

Avec le boitier : tant pis, pas de mesure pour cette fois !

Il pleut un peu : Fermez le boîtier, il peut rester en place

Il pleut en continu : Mettez le boîtier à l'abri dans votre sac

Avec le masque
Vous pouvez le garder même s'il pleut !

À l'arrivée

- ✓ Refermez bien le couvercle du boîtier
- ✓ Rangez le masque dans le sac hermétique
- ✓ Remplissez votre carnet de bord : date et heure, durée du trajet, météo, port du masque, incidents, variantes d'itinéraire, notes personnelles, idées

Fin du trimestre

- ✓ Rapportez le boîtier et éventuellement votre masque pour faire changer les capteurs et le filtre, à la date communiquée
- ✓ Rapportez votre carnet complété tout au long du trimestre
- ✓ Récupérez un cadeau surprise en lien avec le projet
- ✓ Confirmez avec l'équipe si vous souhaitez poursuivre l'aventure !