



Sujet proposé pour un début de contrat en octobre 2017

**TITRE du SUJET : Magnétisme environnemental appliqué au traçage des micro- et nano-polluants métalliques au sein de la métropole parisienne (compartiments AIR, EAU, SOL)**

Directeur (trice) : **LAGROIX France (CR), lagroix@ipgp.fr**

Co-encadrant(e) : **ISAMBERT Aude (MCF), isambert@ipgp.fr**

Equipe d'accueil : **IPGP- Équipe Paléomagnétisme – UMR7154**

Financement : **Contrat doctoral avec ou sans mission d'enseignement**

Plus de renseignement voir : <http://ed560.ipgp.fr>, Rubrique : Offres\_de\_thèse  
Il est indispensable de faire acte de candidature sur le site de l'École doctorale

### Développement du Sujet :

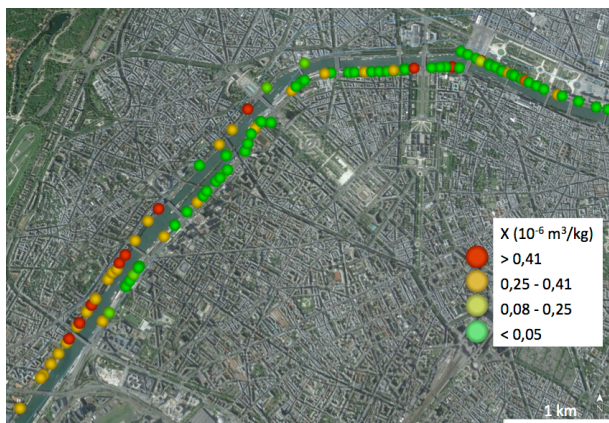
L'amélioration de la qualité de l'environnement urbain au sein des grandes métropoles est au cœur des préoccupations actuelles. Les épisodes de pollution aux particules fines sont de plus en plus fréquents et représentent un enjeu à la fois environnemental, sanitaire mais aussi économique. Ainsi, les particules fines PM<sub>2,5</sub> (particules d'une taille inférieure à 2,5 µm), issues de la combustion, provoquent irritations et problèmes respiratoires chez les personnes sensibles et sont responsables de nombreux décès chaque année<sup>1</sup>. A cet enjeu sanitaire, s'ajoute un véritable enjeu économique lié d'une part à la dégradation des bâtis (salissures par les particules), des écosystèmes et des cultures, et d'autre part aux mesures d'urgences prises pour résorber les pics de pollution (réduction de la circulation automobile, gratuité des transports, etc.).

Or des études récentes démontrent que le trafic automobile est source d'émissions significatives de particules riches en fer, fortement magnétiques (*Sagnotti et al., 2012 ; Macouin et al., 2012, 2016 ; Isambert et al. 2016*). La présence de ces minéraux magnétiques est souvent associée à de fortes concentrations en métaux lourds. Cette source majeure de pollution est à combiner avec les impacts potentiellement plus localisés des autres activités anthropiques selon le contexte régional (usines, métallurgie et mines, *Rousse et al., 2013*). Les méthodes d'analyses magnétiques s'avèrent un moyen efficace en terme de traçage de la pollution métallique en métaux lourds (*Maher, 2009 ; Jordanova et al., 2010 ; Marie et al., 2010 ; Franke et al, 2009*). Ces techniques, extrêmement sensibles à la présence même en quantités très faibles (de l'ordre du ppm) de minéraux magnétiques, permettent une détection fine et une caractérisation précise des minéraux magnétiques présents dans les sédiments, les sols ou les végétaux. Celles-ci sont de plus parfaitement adaptées à la caractérisation et quantification des particules fines et ultrafine (< 100 nm) les plus nocives (*Sagnotti et al., 2012 ; Silverman et al., 2010*).

<sup>1</sup> Environ 42 000 décès prématurés en 2005 seraient dus en France à l'exposition chronique aux particules fines PM<sub>2,5</sub> d'origine humaine d'après une étude réalisée dans le cadre du programme CAFE (Clean Air for Europe) de la Commission européenne.

Le principal objectif de ce projet de thèse est de développer ces traceurs magnétiques et de « calibrer » l'application des différentes techniques du magnétisme environnemental à l'étude des polluants métalliques présents dans les compartiments AIR, EAU et SOL de la métropole parisienne. Cette étude magnétique (mesures de susceptibilité à fréquence et température variable, mesures de la variation de l'aimantation rémanente au cours du temps), associée à des analyses microscopiques et physico-chimiques (microscopie électronique, éléments majeurs, ICP-MS, microsonde) permettra de mieux appréhender l'acheminement des particules magnétiques de la source au dépôt (traçage des polluants, détermination des principales sources de pollution). Cette étude permettra aussi d'étudier leur association avec les métaux lourds fortement toxiques et leurs transferts d'une part dans la charge particulaire des voies d'eau (plus particulièrement de la Seine) et d'autre part dans les sols et l'air (végétaux, filtres atmosphériques).

Ce projet de thèse permettra de compléter et d'étayer les résultats obtenus (*Figure 1*) dans le cadre du projet « Paris 2030 » financé par la Mairie de Paris sur la période 2014-2016. Dans le cadre de ce projet, plusieurs centaines d'échantillons de sédiments de fond de Seine (de la Seine et Marne aux Yvelines) et de végétaux (écorces de platane le long des voies d'eau et de circulation) ont été récoltés et analysés. Les premiers résultats obtenus seront approfondis et complétés par des mesures magnétiques, minéralogiques, microscopiques et géochimiques additionnelles afin de caractériser la taille moyenne des particules métalliques et d'émettre de premières hypothèses quant leur source. Un suivi temporel des nano-polluants magnétiques de certains sites sera mis en place (zones fortement polluées liées à un trafic automobile intense, étude de l'effet de la piétonisation des voies sur berges) et permettra d'étudier leur variabilité spatio-temporelle sur une période de 3 ans. Des échantillons de sols urbains seront prélevés au sein de la métropole à proximité des végétaux mesurés afin d'estimer les effets du ruissèlement sur les végétaux, les bâtis et les voies de circulation.



**Figure 1 :** Carte des valeurs de susceptibilité magnétique des écorces de platanes parisiens (reflétant la pollution en particules métalliques) au niveau de la zone « Paris Ouest » échantillonnée en février 2016. Les zones les plus polluées (en rouge et orange) correspondent aux voies sur berges Georges Pompidou avant leur piétonisation.

Calendrier envisagé	Année 1	Année 2	Année 3
Bibliographie – État de l'art			
Échantillonnage			
Extractions magnétiques			
Mesures magnétiques			
Analyses microscopiques			
Analyses géochimiques			
Préparation du manuscrit et soutenance			

Cette thèse s'effectuera en étroite collaboration avec Christine Franke (centre des Géosciences Mines ParisTech) et le GET (Géosciences Environnement Toulouse) auprès de Méлина Macouin et Sonia Rousse.

## Références bibliographiques :

- Franke, C., Kissel, C., Robin, E., Bonte, P., Lagroix, F., 2009. Magnetic particle characterization in the Seine river system: Implications for the determination of natural versus anthropogenic input. *Geochemistry Geophysics Geosystems* 10.
- Isambert A., Franke, C., Henry de Villeneuve, S., Macouin, M., Philip, A. and Rousse, S., 2016. Cartographie de la pollution métallique des sédiments fluviaux parisiens par analyse magnétique, RST 2016, Caen, France.
- Jordanova, D., Petrov, P., Hoffmann, V., Gocht, T., Panaiotu, C., Tsacheva, T., Jordanova, N., 2010. Magnetic signature of different vegetation species in polluted environment. *Studia Geophysica Et Geodaetica* 54, 417-442.
- Macouin, M., S. Rousse; F. Brulfert; M. Durand; N. Feida; X. Durand; L. Becaud, 2012, Biomagnetic monitoring of traffic air pollution in Toulouse (France) using magnetic properties of tree bark, AGU Fall meeting 2012, San Francisco, USA.
- Macouin, M., Rousse, S., Franke, C., Isambert A., Philip, A. , 2016. Magnétisme environnemental et cartographie des aérosols urbains dans la ville de Paris, RST 2016, Caen, France.
- Maher, B.A., 2009. Rain and Dust: Magnetic Records of Climate and Pollution. *Elements* 5, 229-234.
- Marie, D.C., Chaparro, M.A.E., Gogorza, C.S.G., Navas, A., Sinito, A.M., 2010. Vehicle-derived emissions and pollution on the road autovia 2 investigated by rock-magnetic parameters: A case study from Argentina. *Studia Geophysica Et Geodaetica* 54, 135-152.
- Rousse, S., Llubes, M., Munoz, M., Herrero, N., Djebbi C., 2013. Spatialisation de la contamination par une approche géophysique : Application au site de Jebel Ressas (Tunisie), Colloque du Paléomagnétisme en France, Paris IPGP 2013.
- Sagnotti, L., & Winkler, A. (2012). On the magnetic characterization and quantification of the superparamagnetic fraction of traffic-related urban airborne PM in Rome, Italy. *Atmospheric environment*, 59, 131-140.
- Silverman, R. A., Ito, K., Freese, J., Kaufman, B. J., De Claro, D., Braun, J., & Prezant, D. J. (2010). Association of ambient fine particles with out-of-hospital cardiac arrests in New York City. *American journal of epidemiology*, kwq217.