



## Offre de thèse

### Laboratoire Géosciences Environnement Toulouse

### Laboratoire de Génie Chimique, Toulouse

#### **Vers de meilleures conditions de vie autour des sites de recyclage de métaux : étude environnementale et modélisation de procédés de la mine urbaine au Sénégal**

**Mots-clefs :** recyclage des métaux ; environnement; procédés métallurgiques ; géophysique ; géochimie ; aérosols ; contaminants ; terrain

#### **Contexte du projet de thèse**

La transition énergétique induit une pression sur les géoressources en métaux amenée à croître de manière importante ces prochaines années. Les orientations de développement se retrouvent souvent en opposition les unes aux autres, dans le « wicked problem of the anthropocene » (Liu et al., 2015, Pohl et al., 2017), à l'image du recyclage de matière qui apparaît vertueux au Nord et est synonyme de nuisances au Sud, affectant la santé des habitants et de leurs territoires. Il existe ainsi un paradoxe entre le fait que la production des métaux est essentielle à une transition énergétique durable à l'échelle mondiale et le fait que cette production entraîne souvent une mauvaise qualité de vie pour les personnes vivant à proximité des sites métallurgiques, en raison de la pollution provoquée par les émissions de contaminants.

L'objectif du projet FeMineTal<sup>1</sup> adresse les problématiques de pollution engendrées par le recyclage de métaux et qui perturbent la vie des populations avoisinant ces sites. En mobilisant des disciplines scientifiques complémentaires pour aborder des questions complexes liées à l'ingénierie des procédés métallurgiques, aux sciences atmosphériques, aux géosciences, à l'anthropologie, à la sociologie et aux sciences participatives, ce projet vise notamment à améliorer les connaissances des activités polluantes et de leur impact sur les sociétés humaines, à mettre en place une méthodologie qui renforce les liens entre chercheurs, collectivités locales, entreprises et habitants, et à apporter une contribution à la transformation sociale et écologique de territoires invisibles, en pleine mutation et pourtant au cœur de la transition énergétique.

Suite à une première interpellation des habitants sur la qualité de l'air et l'activité des usines sur leur territoire, notre consortium, dans le cadre du projet AirGeo (2021-2023), a débuté un terrain d'étude autour de la ville de Sebikotane, située à 45 km de Dakar au Sénégal.

---

<sup>1</sup> *Faire face à la mine urbaine dans la transition énergétique*, financé par le programme TIRIS (Toulouse Initiative for Research's Impact on Society) de l'Université de Toulouse

Sebikotane subit une urbanisation galopante et est lieu de recyclage de métaux à l'échelle industrielle, faisant de cette ville une « mine urbaine » (Graedel, 2011). Le site accueille une usine de recyclage du plomb qui recycle une grande partie des batteries collectées en Afrique de l'Ouest, ainsi que deux usines de recyclage d'acier. Notre approche inclut des méthodes transdisciplinaires en reliant vision internationale des flux de matières et impacts locaux, associées à des recherches interdisciplinaires en génie des procédés et en suivi environnemental, selon une méthodologie déjà partiellement explorée (Lhoste, 2022).

### **Objectifs scientifiques de la thèse**

Le projet de thèse proposé au laboratoire de Géosciences Environnement Toulouse et au Laboratoire de Génie Chimique concerne spécifiquement la combinaison de l'étude des procédés métallurgiques et de l'étude environnementale du site de Sebikotane. L'objectif est de réaliser une approche « *source-to-sink* » avec d'une part une caractérisation des procédés théoriques et en application dans les usines, des entrants ainsi que des émissions par prélèvement et par modélisation et d'autre part ce qui peut-être retrouvé à l'extérieur des usines, dans les zones urbaines proches. Cette seconde partie nécessite des prélèvements de sols et d'air qui seront analysés par méthodes magnétiques et géochimiques. Cette approche innovante permettra de faire le lien entre procédés en application et leurs impacts sur les populations et milieux.

#### *Méthodologie :*

Géosciences: Des mesures (échantillons de sols, biomasses, eaux, filtres) magnétiques et géochimiques (concentration et isotopie) seront réalisées au GET et à LAERO, ainsi que des observations microscopiques (plateforme Castaing - UT3).

Génie des procédés : L'approche mettra en œuvre la combinaison d'observations de terrains (fonctionnement des usines, entretiens avec les opérateurs), d'analyses chimiques (intrants, produits, réactifs) et la modélisation des réactions de métallurgie à haute température par calcul thermodynamique (logiciel FactSage).

Inter- et transdisciplinarité : La thèse s'inscrit dans un contexte interdisciplinaire, notamment par le travail en binôme avec un(e) étudiant(e) en thèse en SHS (sociologie, anthropologie). Cette approche mettra en œuvre des réunions et rencontres avec les différents scientifiques du projet via des méthodes de travail collaboratives en présentiel et en distanciel, dont une partie sera prise en charge par les doctorants. Le projet s'insère aussi dans une collaboration étroite avec des acteurs non-académiques auxquels devront être présentés et discutés les processus de recherche et les résultats, ainsi que leurs implications.

### **Contexte professionnel**

La thèse se déroulera dans deux laboratoires du site Toulousain :

- Le laboratoire Géosciences Environnement Toulouse (GET<sup>2</sup>), qui est une unité mixte de recherche entre l'Université Paul Sabatier, le Centre National de la Recherche Scientifique, le CNES et l'IRD.
- Le Laboratoire de Génie Chimique (LGC<sup>3</sup>), qui est une unité mixte de recherche entre l'Institut National Polytechnique de Toulouse, l'Université Paul Sabatier et le Centre National de la Recherche Scientifique.

---

<sup>2</sup> <https://www.get.omp.eu/>

<sup>3</sup> <http://www.lgc.cnrs.fr/>

Le doctorant sera amené à faire des séjours de terrain sur le site de Sebikotane, à proximité de Dakar, au Sénégal, en connexion avec le laboratoire LISST (Université Toulouse Jean Jaurés) et l'IRL Santé-Société (CNRS- Université de Dakar), partenaires du projet.

Le doctorant sera inscrit à l'Ecole doctorale SDU2E (Sciences de l'Univers, de l'Environnement et de l'Espace). Il sera salarié de l'Université de Toulouse, via un contrat doctoral de 36 mois. Les travaux de thèse seront co-dirigés par Melina Macouin (Directrice de Recherche CNRS au GET) et Laurent Cassayre (Directeur de Recherches CNRS au LGC). Jean-François Léon (Chargé de recherche CNRS- Laboratoire d'Aérodynamique de Toulouse) participera également à l'encadrement.

### **Profil du candidat**

De niveau bac+5, le/la candidat(e) devra impérativement disposer d'une première expérience de recherche. Le sujet proposé requiert avant tout un goût prononcé pour les études de terrains (usines métallurgiques, villages alentours), les mesures en laboratoire et la compréhension des procédés, ainsi que pour le travail interdisciplinaire. Le/la candidat(e) devra avoir des bases solides en géosciences et en chimie minérale. La connaissance des techniques de caractérisation des matériaux, d'analyse des solutions et/ou de thermodynamique des procédés sera un atout. Une sensibilité aux sciences humaines sera également appréciée.

### **Pour candidater**

La date limite pour candidater à ce sujet de thèse est fixée au **15 juillet 2024**. Les candidatures doivent être envoyées à l'adresse suivante : [melina.macouin@get.omp.eu](mailto:melina.macouin@get.omp.eu) et [laurent.cassayre@ensiacet.fr](mailto:laurent.cassayre@ensiacet.fr).

Le dossier de candidature (sous forme d'un unique fichier pdf) doit contenir les informations suivantes :

- CV synthétique, avec notamment la situation professionnelle actuelle et les diplômes obtenus,
- Cours scolaire et relevés des notes,
- Sujet de stage de recherche et lettre d'appréciation de l'encadrant(e),
- Niveau d'anglais,
- Lettre de motivation montrant l'adaptation du profil du candidat au sujet proposé.

### **Références bibliographiques**

- Liu, J. *et al.* Systems integration for global sustainability. **347**, (2015)
- Pohl, C., Klein, J. T., Hoffmann, S., Mitchell, C. & Fam, D. Conceptualising transdisciplinary integration as a multidimensional interactive process. *Environ. Sci. Policy* **118**, 18–26 (2021).
- P., Lhoste, Y.-P. Tastevin, R. de Bercegol, S. Gowda, M. Macouin, L. Cassayre, L'interdisciplinarité en actes": le recyclage artisanal du plomb dans les ateliers de l'Uttar Pradesh, Tracés. Revue de Sciences humaines (2022) 47–74. <https://doi.org/10.4000/traces.14686>.