



ÉCOLE DOCTORALE

SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'ENVIRONNEMENT ET PHYSIQUE DE L'UNIVERS, PARIS

ed560.stepup@u-paris.fr

Titre du sujet : Développement et optimisation de procédés d'extraction sélective du gallium et de l'indium issus des déchets électroniques (projet SideroGaIn)

Directeur (trice) :

Éric van Hullebusch, (Pr. CR), vanHullebusch@ipgp.fr

Equipe d'accueil :

IPGP- Equipe ACE – UMR7154

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

Développement du sujet : (Maximum 2 pages)

Sujet de thèse proposé

Développement et optimisation de procédés d'extraction sélective du gallium et de l'indium issus des déchets électroniques (projet SideroGaIn)

Contexte

Le projet SideroGaIn vise à récupérer le gallium (Ga) et l'indium (In) à partir d'eaux usées à faible concentration en utilisant la technologie brevetée GaLIophore.

Les objectifs sont :

- D'établir un bilan massique du Ga et de l'In à chaque étape du recyclage,
- D'appliquer la technologie GaLIophore pour leur récupération (pureté 4N–7N),
- Et de réduire les coûts d'exploitation de la technologie grâce à une utilisation optimisée en aval de la déféroxamine E (DFOE).

Le projet bénéficie d'un financement Eurostars attribué par Eureka, le plus grand réseau public mondial de coopération internationale en R&D et innovation. Le programme Eurostars s'inscrit dans le cadre du Partenariat européen pour les PME innovantes, cofinancé par l'Union européenne (Horizon Europe).

L'IPGP participe via la Chaire de Biométallurgie pour la valorisation des Métaux Critiques (*BioMetCrit*, Pr. Eric van Hullebusch). Le consortium réunit :

- WeeeCycling (France, coordinateur),
- ASA Spezialenzyme (Allemagne),
- Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf e.V. (Allemagne).

L'acronyme SideroGaIn signifie *Siderophores assisted recovery of Gallium and Indium from e-waste recycling waste*. Le projet a démarré le 1er décembre 2024 pour une durée de 3 ans.

Objectif

Objectif général

Développer et optimiser des procédés d'extraction sélective permettant d'obtenir des lixiviats concentrés en gallium et indium à partir des flux générés par une usine de recyclage de D3E, en vue d'une valorisation ultérieure dans le cadre du projet SideroGaIn.

Objectifs spécifiques

1. Cartographie des flux et identification des matrices ciblées
 - Réaliser un bilan massique du gallium et de l'indium à chaque étape du recyclage.
 - Identifier les flux liquides et solides pertinents pouvant fournir des lixiviats exploitables.
 - Identifier les principales impuretés métalliques susceptibles d'interférer (Al, Fe, Zn, Cu...).
2. Développement des procédés d'extraction sélective
 - Mettre en œuvre la technologie GaLIophore pour extraire sélectivement Ga et In.

- Étudier les paramètres opératoires influençant la sélectivité (pH, concentration, agents complexants, temps de contact...).
- Comparer l'efficacité du procédé selon différents types de flux (effluents aqueux, solutions de prétraitement...).
- 3. Optimisation et génération de lixiviats ciblés
 - Produire des lixiviats enrichis en Ga et In, avec une sélectivité maximale vis-à-vis des autres métaux.
 - Évaluer le rôle de la DFOE comme agent complémentaire pour améliorer la sélectivité et limiter les coûts en réactifs.
 - Définir des conditions opératoires robustes et transposables à l'échelle pilote/industrielle.
- 4. Évaluation scientifique et technique
 - Développer une compréhension mécanistique des interactions métal–ligand et des phénomènes de sélectivité.
 - Évaluer la performance des procédés en termes de rendement d'extraction, pureté des lixiviats et reproductibilité.
 - Proposer des recommandations pour l'intégration de l'extraction sélective dans la chaîne industrielle de recyclage.

👉 Résultat attendu : mise au point d'un procédé d'extraction sélective permettant d'obtenir des lixiviats concentrés en Ga et In, exploitables pour des étapes ultérieures de purification dans le cadre du projet SideroGaIn.

Profil recherché

Formation académique

- Master 2 ou diplôme d'ingénieur en :
 - Génie chimique, génie des procédés ou génie des matériaux
 - Chimie analytique, chimie de coordination ou chimie environnementale
 - Métallurgie extractive ou hydrométallurgie
- Une spécialisation en valorisation des déchets, chimie des solutions ou procédés de séparation/extraction est un atout.

Compétences scientifiques et techniques

- Solides connaissances en chimie des solutions aqueuses et procédés de séparation (extraction liquide-liquide, complexation, précipitation, chromatographie, etc.).
- Expérience en caractérisation chimique et analytique : ICP-MS, ICP-OES, spectroscopie UV-Vis ; des compétences en électrochimie seraient appréciées.
- Connaissances de base en génie des procédés : bilans de matière, modélisation des transferts de matière, optimisation de paramètres opératoires.
- Une expérience en hydrométallurgie ou traitement d'effluents/déchets industriels est un plus.

Compétences transversales

- Intérêt marqué pour la valorisation des métaux critiques et le recyclage durable des D3E.
- Rigueur scientifique, capacités d'analyse critique et autonomie expérimentale.
- Bonnes compétences en communication scientifique (rédaction d'articles, présentations, vulgarisation).

Compétences relationnelles et linguistiques

- Capacité à travailler en équipe dans un cadre pluridisciplinaire et international (consortium France–Allemagne).
- Bon niveau d'anglais scientifique (oral et écrit) pour les réunions de projet et publications.
- La maîtrise du français est un plus mais pas indispensable si le candidat possède un excellent niveau d'anglais.

Contacts

Pour candidater, veuillez envoyer CV et lettre de motivation à :

Pr. Eric van Hullebusch (IPGP – Paris) ✉ vanHullebusch@ipgp.fr