

SÉPARATEUR ET RAFFINEUR DE MÉTAUX À L'ÉTAT SOLIDE

À PARTIR DE MATRICES ORGANIQUES TELLES QUE LES BOUES D'ÉPURATION MUNICIPALES

MACHINES POUR LA SÉPARATION ET LE RAFFINAGE DE MÉTAUX (ME-RE)

► ENJEUX CRITIQUES

Les métaux lourds constituent un problème critique (de toxicité) dans le traitement des eaux usées et des boues, ainsi que dans leur utilisation finale. Les boues d'épuration représentent une source importante de matière organique et de nutriments à recycler dans le sol pour les cultures et comme mesure de stockage du carbone (C) dans le sol.

Leur application est soumise à la réglementation de l'UE et se trouve limitée en raison de la concentration de métaux lourds, en particulier le Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn (Nouveau Projet).

Parallèlement, il existe des difficultés d'approvisionnement en métaux, dont certains sont classés comme « matières premières critiques », selon l'étude *Study on the EU's list on critical raw materials (2023)*. C'est le cas par exemple du Co, Ga, In, ... V, qui peuvent s'accumuler dans les boues d'épuration ou dans d'autres matrices organiques dont ils peuvent être extraits.

Les techniques innovantes d'ADA visent à surmonter ces difficultés et à transformer le recyclage (la matière recyclée) en une nouvelle mine de métaux. ADA a développé un nouveau système de travail pour fournir une solution efficace de récupération des métaux (par exemple Cu, Fe, Mo, Mn, Pb, Zn) à partir des boues d'épuration et des sous-produits, afin de recycler ces métaux sur le marché avec un niveau de pureté élevé.

Application pour les matières critiques : Le nom/acronyme provisoire de ce système est **ME-RE**.

Nous recherchons des entreprises souhaitant développer cette technique jusqu'à son application industrielle.

► ASPECTS INNOVANTS ET AVANTAGES ASSOCIÉS

(Par rapport aux technologies les plus courantes)

Habituellement, la séparation des métaux lourds s'effectue en phase liquide ou, pour les métaux ferreux, par le biais de champs électromagnétiques. La technique présentée ici permet la séparation des métaux lourds (même non électromagnétiques) à l'état solide sous forme de poudres, ainsi que le raffinage ultérieur de chaque métal.

- **Technologie de rupture :** L'innovation réside dans la technologie de séparation en phase solide, appliquée à un matériau préalablement pulvérisé.

- **Principes physiques** : La technique et son fonctionnement reposent sur des principes physiques, utilisant des équipements électromécaniques.
- **Sécurité renforcée** : Les équipements peuvent être automatisés afin de garantir des conditions de sécurité optimales pour les travailleurs et l'environnement.
- **Économie circulaire** : Il s'agit d'une innovation de produit et de procédé qui peut devenir une technologie « habilitante » (enabling) pour l'économie circulaire ; par exemple, dans le cas des boues d'épuration, elle constitue également une technique qui élimine les obstacles liés à leur utilisation.
- **Création de valeur** : La valorisation des sous-produits peut donner naissance à un nouveau secteur d'activité, favorisant ainsi la création de nouveaux emplois.

Avantages attendus liés au concept « zéro déchet » :

En séparant les métaux lourds et l'eau des boues issues du traitement des eaux usées municipales, on obtient une boue « propre/raffinée » réutilisable de manières diverses et plus sûres, notamment en agriculture. La boue raffinée peut être valorisée de manière plus sûre et à des doses plus élevées, augmentant ainsi la quantité de matière organique distribuée par hectare.

De plus, en raffinant le mélange de métaux séparé en phase solide, il est possible de réintroduire les éléments extraits dans le circuit économique. Les extrants (outputs) sont des produits non pollués, du simple fait qu'ils ne sont pas mélangés entre eux. La technologie est également adaptée à la récupération de « matières critiques » (ex. Gallium, Indium, ...). Cette technique peut devenir une pratique de *Symbiose Industrielle*.

L'équipement doit se caractériser par :

- Simplicité d'utilisation (chargement, déchargement des poudres épurées et des métaux)
- Efficacité d'élimination élevée
- Longue durée de vie des équipements (techniques éprouvées, absence d'usure)
- Simplicité de maintenance (interventions effectuées uniquement à sec)
- Automatisation et modularité
- Polyvalence d'usage : possibilité d'utilisation fixe ou sur unité mobile, afin de pouvoir la déplacer directement sur les sites des stations d'épuration à traiter.

► UTILISATION ET APPLICATIONS

La technique de séparation et de raffinage des métaux peut être appliquée et spécialisée pour les matrices organiques suivantes :

- **BOUES** : Boues (Code CED 190805) issues du traitement des eaux usées municipales, avec traitement anaérobie des boues et épaissement ultérieur ; boues d'épuration des eaux usées municipales et/ou

industrielles ; boues de tanneries (issues du traitement des eaux résiduaires des tanneries, y compris dans des stations centralisées) ; boues d'émaillage des industries céramiques.

- **SOLS** : Sols contaminés par des métaux.
- **DÉJECTIONS ANIMALES** : Telles que les fèces de porcs, après séparation de la phase liquide.
- **TEXTILE** : Application également envisageable dans le secteur textile (décontamination des métaux lourds).

Alors que nous sommes habitués à des concepts tels que le « landfill mining » (exploitation des décharges), qui consiste à récupérer des éléments (principalement des métaux) à partir de décharges épuisées ou de sites de stockage anciens, cette approche intervient directement en amont sur les flux de matériaux (*streams*) avant leur élimination finale, afin d'obtenir de nouveaux flux aux propriétés améliorées.

► ACTIVITÉS RÉALISÉES

La technique a permis de concevoir et réaliser les premiers dispositifs à l'échelle du laboratoire pour la séparation des métaux à partir des boues issues du traitement des eaux usées municipales.

Niveau de maturité technologique :

TRL : 3

¹ Commission européenne, Direction générale du marché intérieur, de l'industrie, de l'entrepreneuriat et des PME, Grohol, M., Veeh, C., *Study on the critical raw materials for the EU 2023 - Final report*, Office des publications de l'Union européenne, 2023, <https://data.europa.eu/doi/10.2873/725585>