

## ETUDE DE FAISABILITE DE L'UTILISATION DE BIOFLOCCULANTS POUR LE CONDITIONNEMENT DE BOUES D'EPURATIONS ET DE SEDIMENTS EN VUE DE LEUR DESHYDRATATION.

### FEASIBILITY STUDY OF THE USE OF BIOFLOCCULANTS FOR THE CONDITIONING OF WASTE ACTIVATED SLUDGE AND SEDIMENTS FOR DEHYDRATION

*Etablissement* **Université de Limoges**

*École doctorale* **Sciences et Ingénierie**

*Spécialité* **Eau, sol, environnement**

*Unité de recherche* **Eau Environnement Limoges**

*Encadrement de la thèse* **MAGALI CASELLAS-FRANCAIS**

**Financement** du 01-10-2024 au 30-09-2027 *origine* **50% Fondation Partenariale UNILIM (Chaire ADAPTHY), 50% Bourse  
Région Nouvelle Aquitaine** *Employeur* **Université de Limoges**

*Début de la thèse le* **1 octobre 2024**

*Date limite de candidature (à 23h59)* **10 juin 2024**

#### Mots clés - Keywords

Bioflocculent , Génie des procédés, Boues activées, procédé de déshydratation, REUSE , sédiments de curage réseaux  
Bioflocculent , Process engineering, waste activated sludge, Sludge dewatering process, REUSE, scrubbing sediments

#### Description de la problématique de recherche - Project description

Les coagulants chimiques sont largement utilisés dans le traitement des eaux usées urbaines et industrielles, en particulier au niveau de l'étape de déshydratation des boues, en raison de leur efficacité.  
La qualité de la déshydratation des boues est un processus essentiel pour la réduction de leur volume et donc la réduction des coûts d'élimination. La coagulation/floculation est une étape clé du processus de déshydratation des boues, générant une fraction solide « déshydratée » et une fraction liquide (liquide interstitiel ou filtrat).  
Divers coagulants/floculants sont utilisés, ce sont des composés inorganiques (FeCl<sub>3</sub> par exemple), ou organiques comme des polymères synthétiques fabriqués à partir de composés toxiques pour l'homme et l'environnement comme les polyacrylamides.  
En France, la valorisation de la fraction solide des boues est principalement l'épandage agricole. La fraction liquide résultant de la déshydratation est le plus souvent renvoyée en tête de station de traitement. Néanmoins, des études récentes ont fait état de préoccupations quant à l'existence de maladies persistantes ou incurables, résultant de résidus de métaux de ces coagulants chimiques, non dégradables qui restent dans l'eau et dans les boues même après traitement.  
Récemment, des polymères d'origine naturelle (polysaccharides principalement) issus de plantes non invasives, de résidus de cultures agricoles ... ont attiré l'attention quant à leur utilisation en tant que floculant. Ils présentent de nombreux avantages. Ils sont respectueux de l'environnement, facilement disponibles localement, et constituent une nouvelle voie de valorisation de co-produit ou sous-produits agricoles ... Cependant, il manque encore d'applications pratiques approfondies et les mécanismes restent peu maîtrisés.

Dans ce travail, l'utilisation potentielle de coagulants d'origine naturelle (extraits de végétaux, de champignons, du vin, d'insectes ou de crustacés) sera étudiée comme alternative aux coagulants chimiques. L'angle d'attaque de l'étude sera basé sur la qualité des performances de coagulation floculation et de déshydratabilité des boues d'épuration et de sédiments urbains, mais aussi sur leur coût, leur disponibilité (géographique notamment). D'autre part, la fraction liquide de la filtration pourra être réutilisée (stratégie de REUSE liée au changement climatique), sans risques pour l'environnement, pour l'irrigation des terres agricoles par exemple.

Chemical coagulants are widely used in urban and industrial wastewater treatment, especially at the sludge dewatering stage, due to their efficiency.

The quality of sludge dewatering is an essential process for reducing sludge volume and thus reducing disposal costs.

Coagulation/flocculation is a controlled and cost-effective step in the sludge dewatering process, generating a «dehydrated» solid fraction and a liquid fraction (interstitial or filtrate liquid).

Various flocculents are actually used, they are inorganic compounds (FeCl<sub>3</sub> for example), or organic like synthetic polymers made from compounds toxic to humans and to the environment like polyacrylamides. In France, the recovery of the solid fraction of sludge is mainly agricultural spreading. The liquid fraction resulting from dehydration is most often returned to the treatment plant head. Nevertheless, recent studies have raised concerns about the existence of persistent or incurable diseases, resulting from metal residues of these non-degradable chemical coagulants that remain in water and sludge even after treatment.

Recently, polymers of natural origin (mainly polysaccharides) derived from non-invasive plants, agricultural crop residues ... have drawn attention to their use as flocculants. They have many advantages. They are environmentally friendly, easily available locally, and constitute a new way of valorizing by-products or agricultural by-products ... However, it still lacks in-depth practical applications and the mechanisms remain poorly mastered.

In this work, the potential use of natural coagulants (extracts of plants, mushrooms, wine, insects or crustaceans) will be studied as an alternative to chemical coagulants. The angle of attack of the study will be based on the quality of the performances of coagulation flocculation and dehydratability of sewage sludge and urban sediments, but also on their cost, their availability (geographical in particular). On the other hand, the liquid fraction of the filtration can be reused (REUSE strategy related to climate change), without risks to the environment, for irrigation of agricultural land for example.

## Thématique / Domaine / Contexte

---

Ce travail de thèse se positionne dans la recherche de biomolécules de substitution aux produits dangereux et/ou pétrochimiques impactant la santé humaine et/ou les écosystèmes. Ce projet répond en partie aux objectifs de la stratégie nationale de mobilisation de la biomasse dans le cadre de la loi de la transition énergétique pour la croissance verte.

Les biomolécules recherchées seront utilisées dans le pré-conditionnement de boues en vue de leur déshydratation en remplacement de sels métalliques ou de polymères de synthèse.

Génie de l'environnement

Le travail de thèse se vaudra pluridisciplinaire allant du génie des procédés à la biochimie et la chimie.

Il s'agira de rechercher une préparation adaptée de floculants biosourcés pour une mise en œuvre efficace et durable dans des réactions de coagulation/floculation pour le traitement des boues urbaines dont le gisement est conséquent mais aussi des boues issues de l'entretien des ouvrages de transport et de traitement des eaux de pluie.

Au regard des volumes actuels de boues urbaines et à venir dans le cadre de la gestion des eaux de pluies dont il faudra assurer la déshydratation, nul doute que la recherche de floculants biosourcés sera incontournable.

La production d'un filtrat non toxique permettra son utilisation pour l'irrigation (REUSE).

Il est important de noter que ce travail est proposé avec des partenaires permettant d'inscrire la recherche fondamentale dans une finalité opérationnelle en traitement des eaux et des boues.

## Objectifs

---

Recherche de floculants biosourcés en remplacement des floculants de type sels métalliques ou polymères de synthèse, capables de fournir des performances de déshydratation équivalentes pour des boues d'épuration et de sédiments urbains.

Possibilité de réutiliser (REUSE) la phase liquide de la déshydratation pour faire de l'irrigation.

Si possible dépôt de brevet sur le biofloculent obtenu (matière brute extraite ou en mélange) et passage à l'échelle industrielle (Partenariat local FAURE Equipement).

## Méthode

---

Au cours de ce projet, les biomasses cibles seront diverses (végétales, animales, fongiques, algales, co-produits végétaux de l'agriculture). Elles correspondent à des sources déjà identifiées ou à identifier pour leur production de biomolécules d'intérêts (polysaccharide, polyphénols, mucilage) .

Les biofloculants utilisés dans l'étude seront si possible des molécules déjà extraites. Cependant, si nécessaire, l'extraction de la molécule au laboratoire pourra être réalisée.

Les propriétés floculantes seront décrites le plus finement possible à partir d'outils permettant de caractériser le produit de la floculation (taille, densité, propriétés rhéologiques, charges) ou pour les propriétés qui en découlent et qui influencent les opérations de déshydratation (concentration massique, test de compressibilité, CST...).

A partir de ces données et ce de manière originale une sélection des floculants seuls ou en mélange sera effectuée pour une mise en œuvre dans des opérations de même nature que celles utilisées en milieu industriel.

La méthodologie développée dans ce travail pour les « sédiments pluviaux » n'a jamais fait l'objet d'antériorité.

## Résultats attendus - Expected results

---

Actuellement les verrous existants sont constitués par : 1/ la méconnaissance des biomasses utilisables, notamment en termes de variété des ressources, 2/ la formulation optimale (biomolécules isolées ou mélanges de biomolécules) pour assurer un conditionnement optimal des boues décrites (urbaines, pluviales) en amont de l'étape de déshydratation 3/ la validation de ces réactifs dans des conditions opérationnelles industrielles.

Au terme du projet, nous devrions être en mesure de proposer une solution de floculation à base de molécules biosourcées.

Ce projet doit permettre de développer des produits et/ou des process brevetables qui seront transférés notamment avec l'aide du Centre Technique de l'Eau (CTELim).

## Références bibliographiques

---

Bouchard M., Couvidat J., Vincent Chatain V., scénarios de gestion et comparaison multicritère |sédiments de l'assainissement pluvial, 2021.

Bouaouine O., Bourven I., Khalil F., Baudu M. 2018. Identification of functional groups of *Opuntia ficus-indica* involved in coagulation process after its active part extraction. *Environmental Science & Pollution Research* 25 : 11111–11119.

Cao B., Zhang T., Zhang W., Wang D. 2021. Enhanced technology based for sewage sludge deep dewatering: A critical review. *Water Research* 189:116650

Chen, W., Zheng, H.L., Guan, Q.Q., Teng, H.K., Zhao, C.L., Zhao, C., 2016. Fabricating a flocculant with controllable cationic microblock structure: characterization and sludge conditioning behavior evaluation. *Ind. Eng. Chem. Res.* 55 (10), 2892-2902.

## Précisions sur l'encadrement - Details on the thesis supervision

---

Co-encadrement :

Magali CASELLAS-FRANCAIS MCF-HDR (magali.casellas@unilim.fr), Laboratoire E2Lim Dr Christelle Nabintu kajoka (chercheuse contractuelle, titulaire de la chaire ADAPATHY, laboratoire E2Lim. Coordonnées : christelle.nabintu-kajoka@unilim.fr  
Conformément à la Charte de l'ED, la personne recrutée aura l'obligation de suivre un volume horaire de formations dans différents domaines qu'elle choisira.

Par ailleurs un comité de suivi de thèse CSI sera automatiquement mis en place par l'école doctorale 1 fois par an.

Le suivi du doctorant sera mis en œuvre par la plus grande disponibilité des encadrants et par une réunion avec les encadrants tous les 10 jours environs en fonction de l'avancée du travail.

## Conditions scientifiques matérielles et financières du projet de recherche

---

Le projet s'inscrit dans le cadre de la chaire d'excellence ADAPATHY de la fondation partenariale d'UNILIM.

Financement 50% Région Nouvelle Aquitaine (demande en cours)

50% chaire Adapathy

## Ouverture Internationale

---

La problématique liée à la déshydratation des supports de l'étude, à savoir les boues d'épuration et les boues issues du traitement des eaux de pluie, n'est pas propre à une seule région française ou à un seul pays.

Le sujet fera l'objet de communication s dans des congrès internationaux et de publications.

## Objectifs de valorisation des travaux de recherche du doctorant : diffusion, publication et confidentialité, droit à la propriété intellectuelle,...

---

Le travail pourra faire l'objet d'une demande de brevet dans le cadre de la découverte d'un bio-floculant.

Le travail fera l'objet de publications et de communications scientifiques.

## Collaborations envisagées

---

Limoges Métropole

Faure équipement

Chaire ADAPATHY

Centre Technique de l'Eau (CTELim)

## Complément sur le sujet

---

<https://www.unilim.fr/recherche/2023/11/06/chaire-dexcellence-adapathy-fondation-partenariale-de-luniversite-de-limoges/>  
(<https://www.unilim.fr/recherche/2023/11/06/chaire-dexcellence-adapathy-fondation-partenariale-de-luniversite-de-limoges/>)

## Profil et compétences recherchées - Profile and skills required

---

Le projet est pluridisciplinaire dans les sciences expérimentales. Le ou la candidate devra posséder des connaissances générales en génie des procédés pour le traitement des eaux avec un intérêt particulier pour la chimie, la biochimie, la physicochimie. Le candidat ou la candidate devra avoir une appétence particulière pour la conduite et le suivi de pilotes en batch à l'échelle du laboratoire et être ouvert à une transposition en milieu industriel.

D'autre part, le ou la candidate devra être capable de s'adapter rapidement à l'utilisation d'outils divers et variés pour la caractérisation de tous les supports de l'étude : bio floculants (extraction, caractérisation biochimique...) et boues (résiduaire urbaines, industrielles ou sédiments de curage) et s'attendre à un gros travail de manipulations.

The project is multidisciplinary in experimental sciences. The candidate will have general knowledge of process engineering for water treatment with a particular interest in chemistry, biochemistry, physicochemistry. The candidate must have a particular appetite for conducting and monitoring pilots in batch mode at the laboratory level and be open to transposition in an industrial environment.

On the other hand, the candidate must be able to quickly adapt to the use of various tools for the characterization of all the study media: bio flocculents (extraction, biochemical characterization...) and sludge (urban, industrial or cleaning waste) and expect a lot of handling work.

Dernière mise à jour le 7 mai 2024