



## Sujet de thèse PROTÉGÉ

### **PROcédé couplé pour le Traitement d'Effluents Gazeux d'Élevage agricoles et la purification synergique de biogaz**

#### Résumé

L'objectif de ce projet de thèse est de proposer un procédé couplé innovant permettant à la fois de traiter les émissions gazeuses issues de l'élevage, notamment en termes d'ammoniac, et de purifier un biogaz généré in situ par un procédé de méthanisation, notamment vis-à-vis de l'hydrogène sulfuré qu'il contient. Faisant suite à une étude portant sur l'élimination de l'hydrogène sulfuré par biofiltration (Projet SulfElim, Région Bretagne, 2013-2016), il s'inscrit parfaitement dans un concept d'économie circulaire. En effet, les sous-produits de l'étape de traitement de l'ammoniac par biofiltration traditionnelle, les ions nitrates, sont utilisés pour éliminer l'hydrogène sulfuré par biofiltration en voie anoxique (les ions nitrates jouant le rôle d'accepteurs d'électrons). De même, les sous-produits de l'étape de traitement de l'hydrogène sulfuré peuvent également être « rentabilisés » dans l'étape de traitement de l'ammoniac.

Par ailleurs, afin de lever un verrou bien connu en traitement de l'hydrogène sulfuré dans un biogaz, à savoir sa concentration très élevée, ce projet se propose d'étudier une toute nouvelle voie de pré-traitement : l'utilisation d'un déchet du Génie Civil, le béton cellulaire. En effet, au cours du projet SulfElim (Région Bretagne, 2013-2016), ce matériau qui était utilisé en tant que support de biofiltration a révélé de très bonnes capacités d'élimination en mode abiotique. Les premiers résultats de cette découverte fortuite se sont avérés réellement prometteurs, mais de nombreux éléments restent à explorer afin de définir les réelles potentialités liées à son utilisation en pré-traitement (mécanismes, vieillissement, recyclabilité, gain énergétique pour le procédé global...), et d'optimiser les conditions opératoires.

#### Programme de la thèse

Le projet se déclinera en 5 tâches principales. La durée totale est de 36 mois, s'étalant entre le 1er octobre 2018 et le 30 septembre 2021.

La tâche 1 concerne la recherche et la synthèse bibliographiques. Elle se déroulera principalement dans les premiers mois de la thèse, mais sera poursuivie tout au long du projet afin de maintenir une veille scientifique sur le sujet, à savoir le lavage biologique d'ammoniac, la biofiltration d'hydrogène sulfuré, l'épuration de biogaz, les aspects réactionnels concernant l'ammoniac, l'hydrogène sulfuré, etc.

La tâche 2 (3 mois) consistera à mettre en place le pilote de laboratoire. En effet, si le matériel est déjà existant, il n'est actuellement pas connecté dans la configuration correspondant au procédé proposé dans le projet PROTÉGÉ. Cette phase de l'étude portera donc sur la conception du pilote, en essayant de tenir compte de son extrapolation future pour des essais sur site, et donc des contraintes inhérentes au domaine de l'élevage. Un des risques potentiels de cette tâche serait donc que le montage de laboratoire ne soit pas

assez fidèle vis-à-vis des conditions de terrain. Par conséquent, quelques visites d'exploitations agricoles seront organisées afin de prendre la mesure des conditions réelles.

La tâche 3 sera menée sur une durée de 11 mois de début janvier à fin décembre 2019. La fermeture de l'IMT Atlantique campus de Nantes pendant les congés de fin d'année impose en effet l'arrêt des expérimentations. Les expériences menées durant les 11 mois de la tâche 3 auront pour objectifs : (i) d'évaluer les capacités d'élimination de l' $\text{H}_2\text{S}$  par l'étage de prétraitement constitué d'une colonne garnie de déchets de béton cellulaire ; (ii) d'étudier les cinétiques de nitrification / dénitrification dans le filtre percolateur aérobie ; (iii) d'étudier les cinétiques d'oxydation de l' $\text{H}_2\text{S}$  en conditions anoxiques dans un biofiltre garni de schiste expansé. Différentes campagnes de mesures seront réalisées en faisant varier les paramètres opératoires « concentration en  $\text{NH}_3$  à traiter », « concentration en  $\text{H}_2\text{S}$  à traiter », « débits liquide » et « débits gaz » (i.e. modulation des charges à traiter). Les paramètres expérimentaux (température, pH,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) seront suivis en fonction du temps.

La tâche 4 sera menée sur une durée 6 mois de début janvier à début juillet 2020. A partir des résultats de la tâche 3, les paramètres opératoires seront ajustés afin d'optimiser le fonctionnement hydrodynamique des réacteurs et de déterminer le point de fonctionnement commun entre ces deux réacteurs de traitement biologique. L'objectif de cette tâche sera de caractériser les capacités de traitement du procédé global en fonction des conditions opératoires afin de l'adapter aux conditions réelles du terrain.

La tâche 5 concernera l'expérimentation en conditions réelles sur le terrain. Cette tâche d'une durée de 8 mois sera divisée à parts égales entre les essais de mises au point du pilote sur site et la phase d'expérimentation proprement dite. Il conviendra donc de sélectionner en amont un site adéquat pour accueillir le pilote.

La tâche 6 concernera la rédaction des rapports intermédiaires et du mémoire de thèse.

#### Profil du candidat

Le(la) candidat(e) recherché(e) devra être titulaire d'un diplôme de Master ou Ingénieur, avec une spécialité en Génie des Procédés de l'Environnement. Des compétences en Chimie et en Modélisation seront fortement appréciées. Il(elle) devra également posséder de bonnes qualités rédactionnelles, tant en français qu'en anglais.

Il sera inscrit à l'École doctorale : Matière, Molécules et Matériaux (3M) (ED 596), Spécialité du doctorat (discipline) : Chimie : Procédés et Environnement - Établissement d'inscription : École Nationale Supérieure de Chimie de Rennes. Les laboratoires d'accueil sont ISCR UMR CNRS 6226 à Rennes et GEPEA UMR CNRS 6144 à Nantes.

L'encadrement (directeurs de thèse) sera assuré par Annabelle COUVERT (ENSCR, Rennes) et Eric DUMONT (IMT-Atlantique, Nantes) – [annabelle.couvert@ensc-rennes.fr](mailto:annabelle.couvert@ensc-rennes.fr) ; [eric.dumont@imt-atlantique.fr](mailto:eric.dumont@imt-atlantique.fr)

Deux demandes de co-financement sont actuellement en cours auprès de l'ADEME et de la Région Bretagne.