

## **Titre : Phosphorus recovery from wastewater**

### **Participants :**

Cristian Barca, Aix-Marseille Université, Laboratoire M2P2 UMR 7340, équipe Traitement des Eaux et Déchets ;

Pierre Hennebert, INERIS Aix-en-Provence, groupe de recherche ARDEVIE ;

Nicolas Roche, Aix-Marseille Université, Laboratoire CEREGE UMR 7330, équipe Environnement Durable.

### **Partenaires impliqués :**

Laboratoire M2P2 UMR 7340, équipe Traitement des Eaux et Déchets ;

INERIS Aix-en-Provence, groupe de recherche ARDEVIE

### **Contexte :**

Plusieurs études internationales ont montré que, au rythme actuel d'exploitation, les ressources non renouvelables de phosphore (*e.g.* gisements naturels d'apatite) sont destinées à diminuer considérablement au cours des deux prochaines décennies, et il devient de plus en plus urgent d'identifier des sources alternatives de phosphore pour l'industrie. Aujourd'hui, il existe un consensus général sur le fait que la récupération du phosphore des eaux usées représente une solution durable pour surmonter la pénurie des ressources naturelles. De plus, la récupération du phosphore des eaux usées peut réduire considérablement l'apport de ce nutriment dans les écosystèmes aquatiques, réduisant ainsi le risque d'eutrophisation.

L'objectif de cette étude a été d'évaluer la faisabilité d'un procédé d'extraction du phosphore à partir de deux différents résidus solides issus du traitement des eaux usées domestiques :

- i) Résidus de bauxite saturés en phosphore après leur utilisation comme adsorbants dans des filtres conçus pour le traitement des eaux ;
- ii) Résidus solides issus d'un traitement thermique (oxydation en voie humide) des boues de station d'épuration (appelés technosables).

### **Principaux résultats :**

Les résultats de cette étude ont permis de déterminer et de comprendre les principaux mécanismes, les cinétiques et les paramètres optimaux pour l'extraction du phosphore (P) à partir des résidus de bauxite saturés en P et des technosables.

Trois étapes de travail expérimental ont été conduites :

1) Caractérisation des résidus : les résultats d'extractions à l'eau régale ont montré que les résidus de bauxite utilisés dans cette étude sont principalement composés de Fe (46.6%), Al (8.3%) et Ca (3.5%), tandis que les technosables sont principalement composées de Ca (19.8%), Fe (16.3%) et P (13.2%). Les résultats d'extractions séquentielles ont montré que le 83% du P total des résidus de bauxite est présent sous la forme de complexes très stables (probablement hydroxyapatite), tandis que le 86% du P total des technosables est présent en forme de complexes Ca-P.

2) Détermination des paramètres optimaux d'extraction : les résultats de tests comparatifs d'extraction en flacons fermés ont permis d'établir les conditions optimales d'extraction : i) résidus de bauxite : solution d'extraction 1M d'acide citrique à un rapport liquide/solide de 5 L/kg (taux d'extraction du P > 75%) ; ii) technosables : solution d'extraction 1M HCl à un rapport liquide/solide de 10 L/kg (taux d'extraction du P > 70%).

3) Cinétiques d'extraction et compréhension des mécanismes réactionnels : l'étude des cinétiques d'extraction en flacons fermés (aux conditions opératoires optimales déterminées à l'étape précédente) a montré que le taux d'extraction de 70% a été atteint après moins de 1 h du début de l'extraction. Les résultats ont également montré une corrélation directe entre l'extraction du P et l'extraction du Ca à partir des technosables ( $R^2 = 0.999$ ), avec un rapport molaire moles Ca extrait / moles de P extrait de 1.32. Ce rapport molaire est dans la gamme des

rapports molaires Ca/P de plusieurs complexes Ca-P (e.g. brushite (Ca/P = 1), octacalcium phosphate (Ca/P = 1.33), tricalcium phosphate (Ca/P = 1.5)), ce qui suggère que l'extraction du P à partir des technosables est due à la dissolution de complexes Ca-P en milieu acide. Des analyses de spectrométrie à dispersion d'énergie (EDX) couplées à des observations au microscope électronique à balayage (MEB) des échantillons de technosables avant et après l'extraction du P apparent corroborer ces résultats.

#### **Publications, congrès :**

Martino M., Mise au point d'un procédé de récupération du phosphore à partir de résidus solides issus du traitement des eaux usées. Rapport de stage Master 2 en Génie des Procédés, spécialité Ecotechnologies et Procédés Propres, Faculté de Science, Université d'Aix-Marseille, 2017.

Barca C., Martino M., Chazarenc F., Roche N., Hennebert P., Phosphorus recovery from saturated samples of bauxite residue after their use as reactive filter material to treat wastewater. (Poster) 16ème Congrès de la Société Française de Génie des Procédés, Jul 2017, Nancy, France.

Barca C., Martino M., Chazarenc F., Roche N., Hennebert P., Phosphorus recovery from solid residues originated from wastewater treatment plants. (Oral presentation) International IWA conference on sustainable solutions for small water and wastewater treatment systems (S2small2017), Oct 2017, Nantes, France.

Un article recherche en cours de rédaction : Barca C., Martino M., Chazarenc F., Roche N., Hennebert P., Phosphorus recovery from solid residues originated from wastewater treatment plants. Under preparation.

#### **Suite donnée au projet :**

Ce projet a contribué à développer des collaborations de recherche entre le laboratoire M2P2 UMR 7340, l'INERIS-ARDEVIE et la société ALTEO (Gardanne). Les projets actuellement en cours visent à la mise au point de filtres garnis de résidus de bauxite et destinés au traitement du phosphore au sein des petites stations des eaux usées :

Projet Phosphorus (M2P2-ALTEO), en cours. Projet impliquant un stage de 6 mois niveau Master 2 (février-juillet 2018).

Projet BauxFilter (M2P2-INERIS), appel à projet Observatoire Hommes-Milieu Bassin Minier de Provence (OHM-BMP 2018), projet retenu. Projet impliquant un stage de 6 mois niveau Master 2 (date prévisionnelle février-juillet 2019).