

Résumé

Les ions phosphates ont une affinité très forte avec les oxydes de fer, avec lesquels ils forment des composés stables et insolubles. Les alumines sont des matériaux industriels très résistants à l'attrition, pouvant être conditionnés à la demande dans une large gamme de granulométries. Elles présentent en outre des surfaces spécifiques importantes qui en font de bons candidats pour l'imprégnation avec diverses substances. MAANEO a développé en partenariat avec l'IFPEN une alumine imprégnée d'oxyde de fer III, permettant de capter les ions phosphates en solution dans l'eau par simple filtration.

Le projet APAR vise à faire la démonstration de ce procédé en conditions représentatives du fonctionnement réel d'une station d'épuration, de façon à établir la capacité de ce matériau à déphosphater les eaux usées avant leur rejet au milieu naturel.

Les divers essais conduits avec des eaux usées réelles ont permis d'obtenir des capacités d'adsorption dynamique en Phosphore (sur colonnes) comprises entre 18.1 et 23.8 gP/kg d'alumine dopée à l'oxyde de Fer III. Les témoins en alumine non dopée ont montré des capacités d'adsorption à saturation comprises entre 14.7 et 20.6 gP/kg. Les concentrations en Phosphore mesurées en sortie de réacteurs sont restées en dessous de la limite de quantification (50µg/L) pendant plusieurs semaines avant que les colonnes ne commencent à percer.

Les essais de régénération des matériaux saturés ont confirmé la faisabilité de récupérer une partie du Phosphore adsorbé en réalisant un lavage avec une base forte. Toutefois, les différents essais réalisés n'ont pas permis de dépasser un taux de récupération du Phosphore supérieur à 47 % de la quantité initialement adsorbée. Les quantités de soude mobilisées pour la régénération lors des tests en colonnes ont été de 12.5 gNaOH/gP désorbé pour un taux de récupération en Phosphore de 37.5 %, et de 38.3 gNaOH/gP désorbé pour un taux de récupération en Phosphore de 46.9 %.

Le coût en réactif pour l'adsorption varie de 87.86 à 123.30 €/kgP fixé pour l'alumine non dopée, et de 91.17 à 119.89 €/kgP fixé pour l'alumine dopée. Les résultats obtenus ne permettent pas de conclure à un avantage économique du dopage au fer III. En outre ces coûts de récupération représentent de 14 à 19 fois la valeur actuelle du kg de Phosphore dans une formulation chimique standard.

Le coût en soude pour la régénération est de 65.49 €/kgP récupéré, pour un rendement inférieur à 50%. L'espoir de voir le coût complet baisser grâce à la régénération et au recyclage du matériau est donc illusoire dans l'état actuel de nos connaissances concernant ces matériaux.

Les travaux réalisés ont néanmoins permis de mettre en évidence l'intérêt technologique de ce procédé, qui permet d'atteindre des rendements de rétention en Phosphore très élevés, avec un simple processus de filtration, très facile à exploiter. Les coûts de fonctionnement de ce procédé correspondraient donc tout à fait aux moyens techniques et financiers des petites collectivités rurales dans le contexte français.

Ils nous ont également permis d'identifier les deux principaux leviers d'abaissement des coûts que sont la capacité d'adsorption initiale, et le taux de récupération du Phosphore, permettant d'envisager un recyclage du matériau adsorbant. Une thèse a ainsi été commencée en octobre 2020 avec le laboratoire RAPSODEE de l'IMT d'Albi, visant à optimiser le rendement de ces deux étapes clés.

Malgré des résultats assez éloignés de ceux espérés, ces travaux nous ont néanmoins permis de commercialiser une première installation d'élimination du Phosphore dans des eaux de surface, afin d'éviter l'eutrophisation progressive d'un plan d'eau artificiel non renouvelé.