

RÉSUMÉ

de thèse

„TRAITEMENT DES EAUX USÉES UTILISANT GRANULAIRE AÉROBI BOUE”

Mots clés: boue aérobie granulaire, SBR, performances de traitement des eaux usées.

Les récentes recherches approfondies dans le domaine du traitement biologique des eaux usées ont montré que les systèmes de l'épuration à biomasse fixe sont généralement plus efficaces que les systèmes à biomasse en suspension.

Le procédé de granulation de la boue activée aérobie et son utilisation dans divers systèmes de traitement des eaux usées est une préoccupation biotechnologique actuelle, car ces systèmes sont supérieurs aux systèmes classiques d'épuration.

La nouveauté de cette thèse est le fait que, à l'échelle nationale, il n'y a pas des applications connues à procédés de boue granulée en système aérobie séquentiel, et encore moins dans le système continu.

Le présent document vise les objectifs suivants: ♦ l'obtention de la boue aérobie granulaire dans l'installation à approvisionnement séquentiel, dénommée réacteur biologique avec fonctionnement discontinu (SBR, en anglais) à l'aide initial d'un milieu de culture synthétique; ♦ l'adaptation de système afin d'obtenir la boue aérobie granulaire à l'aide des eaux usées industrielles à chargement organique; ♦ l'évaluation de la diversité de la biocénose dans la boue aérobie granulaire; ♦ l'évaluation des performances de traitement des eaux usées à grande chargement organique en systèmes à boue aérobie granulaire; ♦ l'évaluation des performances de traitement des eaux usées prononcé biotoxiques en systèmes à boue aérobie granulaire; ♦ l'optimisation de l'installation d'épuration à boue aérobie granulaire en flux continu et l'évaluation des performances de traitement des eaux usées.

Ainsi, la thèse a été divisée en deux pièces: ***Etude bibliographique*** et ***Recherche personnelle***.

Dans la première partie de la thèse – ***Etude bibliographique*** – sont présentées les plus importantes données dans la littérature de spécialité concernant la formation de la boue aérobie granulaire et la faisabilité de l'application de la technologie à boue aérobie granulaire pour l'épuration des eaux à grande chargement.

Dans la deuxième partie de cette thèse – ***Recherche personnelle*** – sont présentées les matériaux et les méthodes utilisées, les résultats et discussions, ainsi que les conclusions générales.

Dans le chapitre "***Conditions expérimentales. Matériels et méthodes***" sont présentées les installations utilisées pour obtenir la boue aérobie granulaire et les méthodes d'analyse: **le pH** a été mesuré avec un Consort multiparamétrique; **la concentration en oxygène dissous** dans le bioréacteur a été mesurée avec WTW Oxi320 oxygène-mètre; **le teneur en matière organique** a été classé comme demande chimique en oxygène (DCO, mg O₂/L) selon la norme ISO (SR ISO 6060:1996) et comme demande biochimique en oxygène (DBO, mg O₂/L) selon SR EN 1899/1.3; 2-02; en utilisant un système de chromatographie ionique ICS-3000 (Dionex, USA) les concentrations de macronutriments principales NH₄⁺, NO₂⁻ NO₃⁻, et PO₄³⁻ (mg/L) ont été déterminées conformément aux standards: SR EN ISO 14911-03 (NH₄⁺) et SR EN ISO 10304/1-09 (NO₂⁻ NO₃⁻, PO₄³⁻); le phosphore total été déterminé par spectrophotométrie d'après SR EN 6878:2005; la diversité des communautés de biocénose a été suivie par analyse microscopique (trinoculaire B1 Optech Germania microscope).

Le bioréacteur type SBR pour obtenir la boue aérobie granulaire utilisant tant un milieu de culture synthétique et des eaux usées industrielles, est composé d'une colonne cylindrique à l'hauteur de 100 cm et un diamètre de 10 cm, ce qui entraîne un rapport hauteur/diamètre de 10, et ayant une capacité utile de 7 litres. Le fonctionnement cyclique des systèmes SBR a été assuré par un contrôleur programmable de logique (**PLC**).

Pour l'optimisation de l'installation à boue aérobie granulaire à flux continu un nouveau bioréacteur a été réalisé.

Le nouveau bioréacteur pour la boue aérobie granulaire à flux continu consiste de: récipient d'alimentation (60 L); bioréacteur aérobie rectangulaire avec un volume de 10 litres, équipée avec des lames pour protéger contre les tumultes créés par aération; zone de décantation et de recirculation des granules a bioréacteur; décanteur secondaire; déversoir; récipient collecteur des effluents (60 L). Ce nouveau bioréacteur représente une nouveauté nationale grâce à modification de la configuration du bioréacteur.

Dans le Chapitre „***Résultats et discussions concernant le traitement des eaux usées de grande chargement organique en utilisant de systèmes à boue granulaire aérobie***” sont présentés les expériences menés en vue d'atteindre les objectifs proposés ci-dessus.

La possibilité d'obtenir boue aérobie granulaire a été testée en utilisant d'un SBR par un milieu de culture synthétique. L'inoculum est composé de 5 g/L de boue activée classique, échantillonnée d'une station de traitement des eaux usées municipales. Les expériences ont montré la faisabilité de la formation aérobie de la boue granulaire après 100 jours de fonctionnement, les granules ayant un diamètre compris entre 1 et 4 mm.

Les résultats ont permis d'autres expériences afin d'obtenir boue aérobie granulaire avec l'utilisation des eaux usées industrielles à grande chargement organique.

L'inoculum utilisé a été représenté par boue activée classique ainsi floculée (5 g/L), échantillonnée de l'usine de traitement des eaux usées Focşani.

L'influent d'une station biologique de l'industrie laitière utilisé pour l'alimentation du bioréacteur, a été caractérisé par une grande charge organique et par des concentrations relativement élevées d'ammonium, d'azote total et de phosphore total, qui ont dépassé les limites imposées par la législation nationale en matière de rejet dans le réseau d'égout municipal (NTPA 002/2002). La boue granulaire aérobie obtenue a montré la capacité d'adaptation et de la stabilité, en prenant en considération les concentrations élevées de charge organique et de nutriments (DCO: 1689 - 4610 mg O₂/l, DBO₅: 492 - 1806 mg O₂/L, NH₄⁺: 23-114 mg/L; Ntot: 53 - 162 mg/L, Ptot: 10.4 - 50 mg/L). Les performances de traitement ont été enregistrées jusqu'à 96% pour la DCO, 97% pour la DBO₅, près de 100% de NH₄⁺ et 72% pour Ntot et Ptot, l'effluent ayant encadré dans les limites imposées par la législation nationale (NTPA 002).

La diversité de la biocénose de la boue aérobie granulaire a été représentée, dans une première phase par la domination des petites ciliés. Avec la maturation de la boue, le nombre de bactéries filamenteuses a été diminué, et a été notée l'apparition d'espèces de *Vorticella sp.* dans le système.

Les expériences ont continué en testant les performances de traitement des eaux usées, ayant une charge organique élevée en fonction du type d'inoculum utilisé. Pour ces expériences, trois bioréacteurs SBR ont été utilisés: G-SBR a été inoculé avec de la boue aérobie granulaire ayant un diamètre compris entre 4 et 6 mm, obtenu dans la phase précédente; GM-SBR a été inoculé de la boue granulaire aérobie avec un diamètre inférieur à 1 mm, obtenu dans la phase précédente; D-SBR a été inoculé avec boue activée classique échantillonnée à partir d'une station de traitement des eaux usées municipales.

Les eaux usées d'alimentation provenant de l'industrie laitière ont été caractérisées par des concentrations de charge organiques et de nutriments élevés: DCO: 1723 – 3550 mg O₂/L; DBO₅: 492 – 1806 mgO₂/L; NH₄⁺: 64,6- 114 mg/L; Ntot: 64 – 162 mg/L; Ptot: 5,04 – 21,5 mg/L.

Il a été observé que la taille des granulés, par la surface spécifique de contact/de diffusion

des nutriments, représente un facteur essentiel qui peut influencer sur les performances de traitement des eaux usées, étant étroitement liée à dimension de la zone anoxique, et donc directement proportionnelle à l'intensité de procédés anoxique/anaérobies dans les systèmes SBR.

Tous les trois systèmes ont montré de bonnes performances de traitement. L'élimination de la DCO est de 93% pour G-SBR, 91% de D-SBR et 97% de GM-SBR.

Une meilleure performance d'élimination des éléments nutritifs a été obtenus en GM-SBR, où les granules ont varié en taille de 500 à 1.600 μm , allant jusqu'à 60% pour NO_2^- et plus de 90% pour le NO_3^- .

La dynamique de la biocénose dans les systèmes à boue aérobie granulaire a été caractérisée par l'apparition de rotifères, solitaire tige ciliée (*Vorticella microstoma*, *V. Convalaria*), *Cyclopyxis sp.* espèces et les amibes testacés.

Afin d'évaluer le traitement des eaux usées biotoxiques utilisant boue aérobie granulaire, le SBR a été inoculé avec de la boue granulaire aérobie à un diamètre compris entre 0,5 et 1,8 mm, obtenu à partir d'expériences précédents.

Les bioréacteurs ont été nourris avec 50% des eaux usées de l'industrie laitière, afin de fournir substrat biodégradable, et oligo-éléments macro-nécessaire, et 50% d'eau riche en phénol. La concentration en phénol dans l'influent était env. 1 g/L.

Algorithme 1 a conduit à la production de nitrite par qui a un effet inhibiteur sur son oxydation à nitrate. Peu à peu, le système a changé son comportement, l'adaptation à l'oxydation des nitrites en nitrates et la dénitrification simultanée - comportement spécifique de la boue aérobie granulaire. Ainsi, la consommation totale en phénol a été atteinte, 2.8 kg/m³/jour de phénol étant éliminé avec succès dans des conditions stables, tout en maintenant la qualité et la performance de la boue granulaire aérobie, et la conformité avec les limites maximales nationales imposées pour décharger les effluents dans les eaux de surface (NTPA 001).

Étant donné que la boue, adaptée après une longue à la période de temps aux procédés de nitrification-dénitrification, et l'effet inhibiteur de phénol empêche la réalisation de la dénitrification dans les 64 premiers cycles, a été proposé l'utilisation d'un cycle répétitif de remplissage en continu, réaction anoxique, réaction aérobie (Algorithme 2).

Cet algorithme a accepté la réalisation de processus de nitrification-dénitrification sans aucune période d'adaptation nécessaire à la boue granulaire aérobie, à la suite de conséquences toxiques/inhibiteurs plu réduites.

L'optimisation de la conception de l'installation type SBR pour fonctionnement à flux continu a conduit à la réalisation d'un bioréacteur à deux colonnes en série, une pour la décantation d'une biomasse ayant une grande vitesse de séparation et la deuxième pour la suspension enlèvement de la biomasse floccs.

L'inoculum utilisé a été représenté par la boue aérobie granulaire ayant un diamètre de 30 – 550 μm . L'influent a été caractérisé par: DCO: 1523 - 2850 mg O_2/L ; DBO_5 : 427-1313 mg O_2/L ; NH_4^+ : 24,6- 84 mg/L; N_{tot} : 34 - 136 mg/L; P_{tot} : 3,12 – 18,7 mg/L.

Déstabilisation de la structure des granulés et le supprimant d'une partie de la boue du réacteur a été réfléchi sur le système continu qui a accepté une performance inférieure d'env. 25% de la DCO et DBO_5 , 36% pour le NH_4^+ , 80% pour N_{tot} . et 95% pour P_{tot} par rapport à SBR. Diminution de la taille granulaire a eu un impact négatif sur la diversité de biocénose, soulignant l'absence de tige solitaire ciliées et moins de rotifères.

Le nouveau et optimisé bioréacteur à flux continu a montré de bonnes performances de traitement, les résultats sur les concentrations résiduelles organiques de charge organique et des éléments nutritifs étant sous les limites imposées par la législation nationale concernant rejet dans le réseau d'égouts municipal.

Le réacteur a été inoculé avec de la boue granulaire aérobie des tailles comprises entre 100 et 3000 μm , obtenue précédemment dans le traitement de même SBR ayant comme influent des eaux usées de l'industrie laitière 2 g s.s./L ont été utilisés comme inoculum.

Pour évaluer l'efficacité du nouveau bioréacteur, les eaux usées de l'industrie laitière ont été utilisées comme influent avec les caractéristiques physico-chimiques suivantes: DCO: 1296 - 2728 mg O_2/L ; DBO_5 : 481-813 mg O_2/L ; NH_4^+ : 28 - 44 mg/L; PO_4^{3-} : 11,2 – 28,3 mg/L; N_{tot} : 39,3 – 76,2 mg/L; P_{tot} : 2,8 – 6,2 mg/L; pH: 6,59 – 7,18.

Bonnes performances de traitement ont été enregistrées, l'effluent étant dans les limites imposées par la législation nationale en matière de rejet dans le réseau d'égout municipal (NTPA 002), ainsi que les limites imposées pour décharger dans les eaux de surface (NTPA 001).

Les concentrations de charge organique restante, exprimées en DCO varient de 250 à 101 mg O_2 / L , mais 50% des cas, ont dépassé les limites imposé pour décharger dans les eaux de surface (NTPA 001).

La concentration d'ammonium dans l'effluent est dans les limites de rejet dans le réseau d'égout municipal (NTPA 002) et, dans la plupart des cas, est dans les limites de rejet dans les eaux de surface (NTPA 001), les concentrations restantes ayant en fonction de la qualité de l'influent.

La concentration de nitrates dans l'effluent de l'installation est dans les limites requises pour l'évacuation dans les eaux de surface, et ne dépassé pas 5 mg / L, indiquant des procédés de nitrification et de dénitrification simultanés, une caractéristique spécifique de la boue aérobie granulaire.

Dans le **Chapitre IV** ils sont indiqués les principales conclusions résultaient du les expériences présentés.