

Effet du rapport C/N sur le traitement des eaux polluées par les nitrates

Lamia MAMMERY *
Nassira SERAGHNI **
Brahim KEBABI ***
El Amine CHERIF ****

Résumé

Seul une partie des engrais azotés utilisés en agriculture est absorbée par la flore. Les nitrates sont très solubles dans l'eau, donc très mobiles. Il suffit qu'ils soient en excédent par rapport aux besoins des plantes pour qu'ils soient lessivés vers les nappes souterraines ou qu'ils ruissellent vers les cours d'eau. Le but de notre étude est la réduction des nitrates dans une série de réacteurs en mode batch. Le composé principal ayant fait l'objet d'expérimentation en réacteur batch avec un consortium provenant de la station d'épuration d'El Méria Constantine est le succinate de sodium. L'effet de l'accroissement de la concentration initiale de la source de carbone sur la réduction des nitrates s'avère favorable aux cinétiques de croissance et de la dégradation des nitrates. Son augmentation induit un meilleur rendement de conversion du succinate de sodium en biomasse et une réduction concomitante significative du temps nécessaire pour l'élimination totale des nitrates.

Mot clés : Nitrate, dénitrification, traitement des eaux, succinate de sodium, source de carbone.

Introduction

L'utilisation intensive des engrais azotés en Algérie, a entraîné une augmentation de la concentration des nitrates dans les reverses d'eaux, ce qui provoque la dégradation de leurs qualités.

Les nitrates dans l'eau ont des conséquences néfastes sur les eaux superficielles (eutrophisation) et sur la santé publique. En effet, le rejet de l'azote dans les eaux réceptrices peut stimuler la croissance des algues et des plantes aquatiques. Ce fait entraîne une grande demande en O₂, ce qui affecte défavorablement la vie des poissons et des autres êtres aquatiques et a aussi un impact négatif sur l'utilisation bénéfique de l'eau pour la boisson et la récréation.

L'élimination des nitrates est techniquement au point mais son coût élevé en a jusqu'à présent limité le développement. Trois méthodes d'élimination des nitrates sont actuellement possibles : l'échange d'ions, l'osmose inverse et la dénitrification.

Les méthodes d'élimination de l'azote par voie physico-chimique ne semblent actuellement ni techniquement ni économiquement intéressantes. Ce sont des procédés d'une technologie assez complexe qui ne sont pas recommandés pour notre pays.

Les traitements biologiques apparaissent comme les mieux adaptés dans la majorité des cas, en raison de leur facilité de mise en œuvre et de leur coût modéré. L'activité bactérienne nécessite la présence d'une source de carbone. Dans notre étude nous avons utilisé le succinate de sodium étant donné son efficacité.

* Maître Assistante, Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed Boudiaf

** Maître de Conférence, Université Abou Bakr Belkaid Tlemcen

*** Maître de Conférence, Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed Boudiaf

**** Maître Assistant, Chargé de Cours, Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed Boudiaf

Matériel et méthodes

Matériel

Les microorganismes utilisés lors de nos expériences ont été prélevés des fonds des bassins de dénitrification de la station d'épuration d'El Menia Constantine, car il est connu que les microorganismes dénitrifiants sont en concentration appréciable dans les zones des solutions aqueuses où la concentration en oxygène est faible ou nulle. Un spectrophotomètre UV-VISIBLE 320 safas Monaco a été utilisé pour la mesure de la turbidité des échantillons ce qui permet de déterminer la densité de la population bactérienne. Il a également été utilisé pour mesurer l'évolution de la concentration de nitrate. L'évolution du pH a été mesurée à l'aide d'un pH-mètre HANNA instruments, équipé d'une électrode de verre combinée.

Méthodes d'analyses

En présence de salicylate de sodium les nitrates prennent une coloration jaune susceptible d'un dosage spectrophotométrique UV-VISIBLE à 415 nm (Rodier, 1978). Cette propriété a été exploitée pour la mesure de la concentration des nitrates durant nos expériences.

Une longueur d'onde de 600 nm a été utilisée pour la mesure de l'évolution de la turbidité aux cours des expériences. Cette mesure nous a permis de déterminer l'évolution de la quantité de biomasse.

Les conditions opératoires

Les cultures sont réalisées en réacteurs batch (bouteilles en verre scellées d'un volume totale de 500 ml) contenant 200 ml du milieu nutritif et chargées avec le succinate de sodium comme source de carbone et d'énergie. Elles ont été par la suite inoculées par 5 ml de consortium provient d'un mélange de boues activées prélevées dans la station d'épuration d'El Menia-Constantine. Les réacteurs sont ensuite hermétiquement fermés et maintenus à 35°C. Des prélèvements horaires d'échantillons liquides sont effectués à partir des réacteurs, à l'aide d'une seringue sans les ouvrir, afin de réaliser le suivi de la croissance bactérienne, les concentrations en nitrates et du pH. Ces prélèvements d'un volume de 5 ml, sont répartis dans deux tubes comme suit :

3,5 mL de volume total permet la lecture de la densité optique suivie de la mesure du pH.

Le volume restant (1,5 mL) est injecté dans un tube fermé, il subit alors une centrifugation à 7000 rpm pendant 10 min afin d'obtenir un surnageant exempt de cellules microbiennes. Les échantillons conservés dans des flacons à 4°C permettent ainsi la mesure de la concentration en nitrates par la méthode de salicylate de sodium.

Tab 1. Composition du milieu de culture

| | | |
|---------------------------------|--------|--------------------|
| KH ₂ PO ₄ | 1 | g.L ⁻¹ |
| K ₂ HPO ₄ | 1 | g.L ⁻¹ |
| KNO ₃ | 1.0832 | g.L ⁻¹ |
| Succinate de sodium | 1 | g.L ⁻¹ |
| NaCl | 1 | g.L ⁻¹ |
| MgSO ₄ | 0,2 | g.L ⁻¹ |
| CaCl ₂ | 0,02 | g.L ⁻¹ |
| Eléments traces | 1 | mL.L ⁻¹ |

Composition de la solution d'éléments traces

| | | |
|--|-------|--------------------|
| HCl 37% | 6.76 | mL.L ⁻¹ |
| FeCl ₂ . 4H ₂ O | 1.5 | g.L ⁻¹ |
| H ₃ BO ₃ | 0.06 | g.L ⁻¹ |
| MnCl ₂ . 4H ₂ O | 0.1 | g.L ⁻¹ |
| CoCl ₂ . 6H ₂ O | 0.12 | g.L ⁻¹ |
| ZnCl ₂ | 0.07 | g.L ⁻¹ |
| NiCl ₂ . 6H ₂ O | 0.025 | g.L ⁻¹ |
| CuCl ₂ . 2H ₂ O | 0.015 | g.L ⁻¹ |
| NaMoO ₄ . 2H ₂ O | 0.025 | g.L ⁻¹ |
| EDTA | 5.2 | g.L ⁻¹ |

Résultats et discussions

Afin de tester les performances de dégradation de notre culture de microorganismes nous avons utilisé le succinate de sodium comme source de carbone pour étudier la cinétique de dénitrification.

La courbe montrant l'évolution de la concentration bactérienne (figure 1) montre que la croissance bactérienne passe par les quatre étapes successives suivantes : étape de latence, étape de croissance exponentielle, étape de ralentissement et finalement l'étape de stagnation.

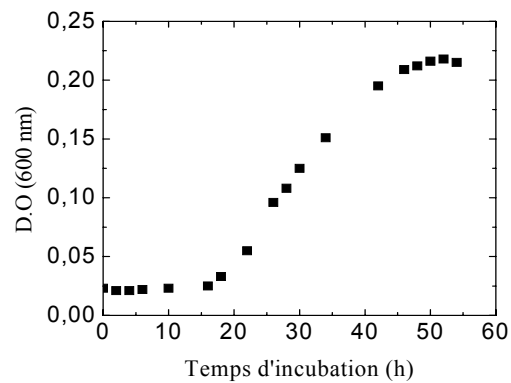


Fig. 1. Cinétique de la croissance bactérienne.

La croissance bactérienne est accompagnée d'une consommation proportionnelle d'ions nitrates comme le montre la figure 2.

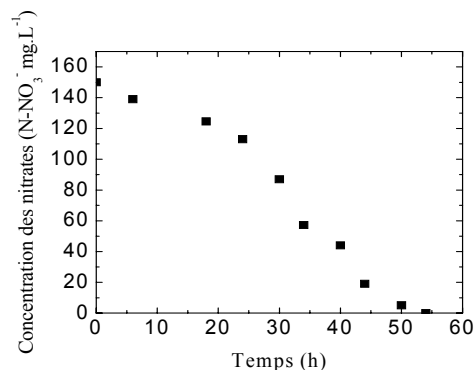


Fig. 2. Cinétique de la réduction des nitrates.

La croissance bactérienne s'arrête après consommation totale des nitrates. Ceci montre que la dénitrification n'est qu'une alternative à la respiration classique de l'oxygène. Ainsi les nitrates sont utilisés comme accepteurs finaux d'électrons qui sont transférés le long de la chaîne respiratoire (Tiedje, 1988).

Une élimination complète des nitrates est obtenue après 54 heures de traitement.

Au cours de la réaction de dégradation nous avons observé une augmentation du pH dans notre réacteur car la réaction biologique est consommatrice de protons (Bougard, 2004) . Dans notre cas il passe de 6.65 à 7.23 (figure 3).

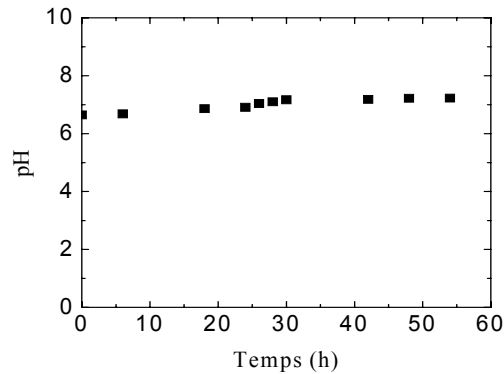


Fig. 3. Evolution du pH au cours de la dénitrification

L'augmentation du rapport C/N induit un meilleur rendement de conversion du succinate de sodium en biomasse (Fig. 4) et une réduction concomitante significative du temps nécessaire pour l'élimination totale des nitrates (Fig.5)

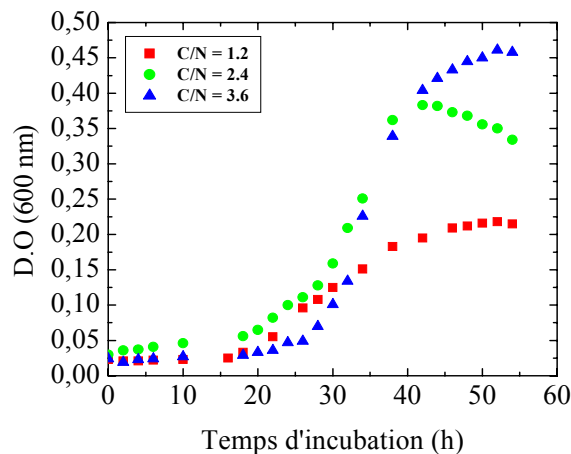


Fig. 4. Influence du rapport C/N sur la croissance bactérienne.

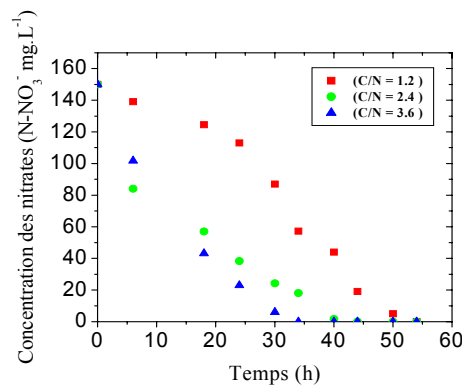


Fig. 5. Influence du rapport C/N sur la réduction des nitrates.

La réaction de dénitrification étant consommatrice d'ions H^+ , le pH a tendance à remonter.

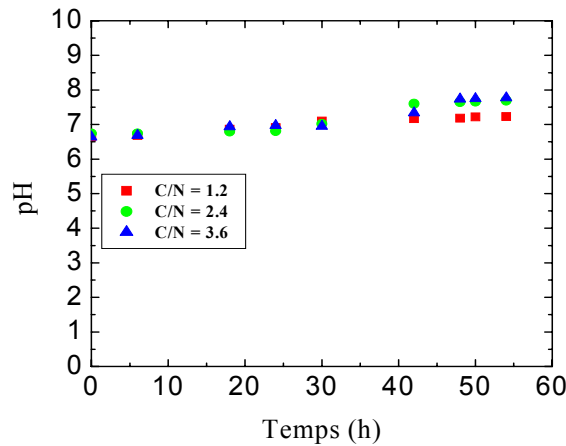


Fig. 6. Influence du rapport C/N sur le pH.

Conclusion

Le but de cette étude est de réduire la concentration des nitrates dans les limites acceptables, respectant les exigences biologiques du règne végétale, du règne animal et au dessus de tout, du règne humain.

Comme la dénitrification est un processus biologique exigeant l'utilisation des bactéries spécifiques et des matières organiques comme source de carbone nous avons utilisé une culture mixte de microorganismes que nous avons prélevée dans la station d'épuration d'El Menia Constantine. Ainsi les conditions nécessaires pour le développement ont été réunies. La vitesse de dégradation du polluant est proportionnelle à la croissance bactérienne. Avec tous les rapports testés, la quantité de la biomasse produite a été observée, ceci s'explique par la capacité des microorganismes à métaboliser le substrat utilisé, et aussi le pouvoir de réduire le nitrate avec un temps de séjour différent.

Bibliographie

- Rodier, J. (1978) L'analyse de l'eau, sixième édition, © BORDAS, Paris 061 878 0212 ISBN 2-04-010037-7.
- Tiedje, J. M. (1988) Ecology of Denitrification and dissimilatory nitrate reduction to ammonium. In A.J.B. Zehnder (Eds.), Biology of anaerobic Microorganisms (pp. 179-244). New-York, John Wiley and sons.
- Bougard, D. (2004) Traitement biologique d'effluents azotes avec arrêt de la nitrification au stade nitrite. Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier.