

Évaluation de la durée d'inoculation d'un biofiltre granulaire de pouzzolane à partir des souches indigènes de bactéries et de levures isolées d'effluent d'industrie de caoutchouc

Evaluation of the duration of inoculation of a granular pozzolan biofilter from strains of indigenous bacteria and yeasts isolated from a rubber industry effluent

Sylvère Ndi Koungou, Jean-Jacques Nestor Nsoe Mengue, Guillaume Patrice Kofa, Pie Essono Bessalla, Victoria Amba et Joseph George Kayem

Volume 29, numéro 1, 2016

Reçu le 18 décembre 2014, accepté le 28 mai 2015

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/1035714ar>

DOI : <https://doi.org/10.7202/1035714ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

Université du Québec - INRS-Eau, Terre et Environnement (INRS-ETE)

ISSN

1718-8598 (numérique)

[Découvrir la revue](#)

Citer cet article

Ndi Koungou, S., Nsoe Mengue, J.-J. N., Kofa, G. P., Bessalla, P. E., Amba, V. & Kayem, J. G. (2016). Évaluation de la durée d'inoculation d'un biofiltre granulaire de pouzzolane à partir des souches indigènes de bactéries et de levures isolées d'effluent d'industrie de caoutchouc. *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science*, 29(1), 27–34. <https://doi.org/10.7202/1035714ar>

Résumé de l'article

Le pouvoir épuratoire d'un biofiltre granulaire dépend du temps nécessaire pour que les microorganismes se fixent dans le lit granulaire. Ce temps dépend non seulement des microorganismes, mais également des facteurs environnementaux tels que le pH. Cette étude a consisté à étudier l'influence du pH sur le temps nécessaire à quatre souches microbiennes isolées des effluents d'une usine de production de caoutchouc naturel à se fixer dans un lit granulaire de pouzzolane. Deux types de levures (LR et LB) et deux types de bactéries (BB et BC) ont été fixés sur les grains de pouzzolane ayant une taille de 300-400 µm. Les tests ont été réalisés dans une colonne en PVC (hauteur 1 m, diamètre interne 6 cm). Après la caractérisation hydrodynamique du lit, les essais de fixation des microorganismes dans le lit ont été réalisés, à différents pH (4, 5, 6 pour les levures et 5, 7, 9 pour les bactéries) et à débit d'écoulement constant 2,6 mL·s⁻¹. L'étude de l'hydrodynamique montre que le régime d'écoulement dans la colonne est laminaire et l'écoulement est de type piston. La porosité du lit granulaire est de 0,64. Le pH 5 est celui qui se prête le mieux à la fixation des souches BC et BB avec un taux de rétention de 74 ± 2 % pour BC, et 79 ± 1 % pour BB. Cette rétention est réalisée après 28 h pour la souche BC et 25 h pour la souche BB. Cependant, à pH 9 on observe une diminution de 20 % de la quantité retenue et un relargage des souches du lit à partir de la 30^e heure d'opération. Une durée de 25 h est nécessaire pour une fixation maximale des souches LB et LR. Un pH entre 5 et 6 génère le meilleur taux de rétention (80 ± 4 %), mais à pH 4 on assiste à un décrochage des levures à partir de la 20^e heure d'opération.

ÉVALUATION DE LA DURÉE D'INOCULATION D'UN BIOFILTRE GRANULAIRE DE POUZZOLANE À PARTIR DES SOUCHES INDIGÈNES DE BACTÉRIES ET DE LEVURES ISOLÉES D'EFFLUENT D'INDUSTRIE DE CAOUTCHOUC

Evaluation of the duration of inoculation of a granular pozzolan biofilter from strains of indigenous bacteria and yeasts isolated from a rubber industry effluent

SYLVÈRE NDI KOUNGOU¹, JEAN-JACQUES NESTOR NSOE MENGUE^{1*}, GUILLAUME PATRICE KOFA², PIE ESSONO BESSALLA¹, VICTORIA AMBA¹, JOSEPH GEORGE KAYEM¹

¹École Nationale Supérieure des Sciences Agro-Industrielles, Université de Ngaoundéré, Département de génie des procédés, Laboratoire de Traitement des Eaux et Filtration Industrielle, B.P. 455, Ngaoundéré, Cameroun

²Université de Maroua, Département d'hydraulique et maîtrise des eaux, B.P. 46, Maroua, Cameroun

Reçu le 18 décembre 2014, accepté le 28 mai 2015

RÉSUMÉ

Le pouvoir épuratoire d'un biofiltre granulaire dépend du temps nécessaire pour que les microorganismes se fixent dans le lit granulaire. Ce temps dépend non seulement des microorganismes, mais également des facteurs environnementaux tels que le pH. Cette étude a consisté à étudier l'influence du pH sur le temps nécessaire à quatre souches microbiennes isolées des effluents d'une usine de production de caoutchouc naturel à se fixer dans un lit granulaire de pouzzolane. Deux types de levures (LR et LB) et deux types de bactéries (BB et BC) ont été fixés sur les grains de pouzzolane ayant une taille de 300-400 µm. Les tests ont été réalisés dans une colonne en PVC (hauteur 1 m, diamètre interne 6 cm). Après la caractérisation hydrodynamique du lit, les essais de fixation des microorganismes dans le lit ont été réalisés, à différents pH (4, 5, 6 pour les levures et

5, 7, 9 pour les bactéries) et à débit d'écoulement constant 2,6 mL·s⁻¹. L'étude de l'hydrodynamique montre que le régime d'écoulement dans la colonne est laminaire et l'écoulement est de type piston. La porosité du lit granulaire est de 0,64. Le pH 5 est celui qui se prête le mieux à la fixation des souches BC et BB avec un taux de rétention de 74 ± 2 % pour BC, et 79 ± 1 % pour BB. Cette rétention est réalisée après 28 h pour la souche BC et 25 h pour la souche BB. Cependant, à pH 9 on observe une diminution de 20 % de la quantité retenue et un relargage des souches du lit à partir de la 30^e heure d'opération. Une durée de 25 h est nécessaire pour une fixation maximale des souches LB et LR. Un pH entre 5 et 6 génère le meilleur taux de rétention (80 ± 4 %), mais à pH 4 on assiste à un décrochage des levures à partir de la 20^e heure d'opération.

Mots-clés : Biofiltration, effluent de caoutchouc, levures, bactérie, pouzzolane, temps de rétention.

ABSTRACT

The purifying capacity of a granular biofilter depends on the time necessary for microorganisms to be fixed in the granular bed. This time depends only not on the microorganisms but also on environmental factors such as pH. This study was to investigate the influence of pH on the time required by four microbial strains isolated from the effluent of a natural rubber production plant to settle in the granular pozzolan bed. Two types of endogenous yeasts (LR and LB) and two types of bacteria (BB and BC) were fixed on the pozzolan grains having a size of 300-400 μm . The tests were conducted in a polyvinyl chloride (PVC) column (height 1 m, internal diameter 6 cm). After hydrodynamic characterization of the bed, binding tests of the microorganisms in the bed were carried out at different pH values (4, 5, 6 for yeast and 5, 7, 9 for the bacteria) and at a constant flow rate of 2.6 $\text{mL}\cdot\text{s}^{-1}$. The hydrodynamic study indicated that the flow state in our column was laminar and the flow was of a piston type. The porosity of the granular bed was 0.64. A pH of 5 was best for the binding and retention of the BC and BB bacteria strains, with a retention rate of $74 \pm 2\%$ for BC and $79 \pm 1\%$ for BB. This retention was achieved after 28 h for the BC strain and 25 h for the BB strain. However, at pH 9 we observed a reduction of the retained quantity by 20% and bacterial release after the 30th hour of operation. A period of 25 h was required for maximum binding of LB and LR yeast strains. A pH between 5 and 6 generated the best retention rate ($80 \pm 4\%$) but at pH 4 we observed a detachment of the yeast strains after the 20th hour of operation.

Key Words: *Biofilter, rubber wastewater, yeasts, bacteria, pozzolan, retention time.*

1. INTRODUCTION

Selon COMPAGNON et D'AUZAC (1986), le caoutchouc naturel provient de la coagulation du latex de plusieurs plantes, principalement de l'hévéa (*Hevea brasiliensis*, famille des Euphorbiacées), originaire d'Amazonie. Les études de NAON (1994), COMPAGNON et D'AUZAC (1986), montrent que le latex peut être converti en latex centrifugé, feuilles fumées de caoutchouc, feuilles séchées de caoutchouc à l'air et en caoutchouc granulé. D'après ATAGANA *et al.* (1998), ces procédés utilisent plusieurs substances (l'ammoniac pour empêcher la coagulation précoce du latex après la récolte dans les champs et l'acide formique ou l'acide sulfurique ou encore l'acide acétique pour une coagulation contrôlée) et une quantité importante d'eau (22,7 $\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}$ de caoutchouc séché). Les études récentes de TEKASAKUL (2010) montrent que les effluents générés sont riches en matières organiques et minérales et contiennent spécifiquement des sels inorganiques

et organiques, de l'acide formique, de l'ammoniac et du sulfure d'hydrogène à des concentrations supérieures aux normes admises. D'après ARIMORO (2009), BOUGARD (2004), SULAIMAN *et al.* (2010), le rejet de ces effluents sans traitement dans la nature provoque l'eutrophisation des mangroves et des rivières, la mort de la faune aquatique. De plus, la consommation de ces eaux polluées entraîne la synthèse de nitrosamines cancérigènes et la formation de méthémoglobine chez les nourrissons. La présence du sulfure d'hydrogène est à l'origine des mauvaises odeurs responsables de l'inhibition de certaines voies du tube digestif et respiratoire. Pour améliorer l'élimination de ces polluants, les études récentes de MOHAMMADI *et al.* (2010) proposent le traitement de ces effluents par voies biologiques en utilisant des techniques de lagunage aérobie, aérobie facultatif et anaérobie facultatif et les fosses d'oxydation. Cependant, ces procédés présentent des faiblesses du fait de leur grande emprise au sol, des durées de traitement longues, des dégagements d'odeurs nocifs et des coûts élevés de fonctionnement et d'entretien (SULAIMAN *et al.*, 2010). Ce pour quoi de nos jours de nombreuses recherches sont menées en vue de la mise sur pied de nouveaux procédés permettant de réduire ces problèmes. Parmi ces procédés on retrouve l'électrolyse (VIJAYARAGHAVAN *et al.*, 2007), la coagulation/floculation (OZBELGE *et al.*, 2002), l'électrocoagulation (EMAMJOMEH et SIVAKUMAR, 2009), l'ultrafiltration (CAGATAYHAN *et al.*, 2003; VEERASAMY *et al.*, 2003; HARUNSYAH et SULAIMAN, 2002; KONIECZNY et BODZEK, 1996), l'osmose inverse (LAU, 1994) ou des bioréacteurs à membranes (SULAIMAN *et al.*, 2010). C'est dans cette démarche que s'inscrit le présent travail qui vise à utiliser les biofiltres dans le traitement des effluents de l'industrie du caoutchouc. Mais au cours de la mise en œuvre de ce procédé, le temps de fixation des microorganismes dans le lit granulaire conditionne l'efficacité du procédé (SERON *et al.*, 2008; KARRABI *et al.*, 2007). Car la destruction des matières organiques n'est possible que si les microorganismes se fixent sur le support filtrant. D'où l'intérêt de cette étude qui vise à évaluer le temps nécessaire aux microorganismes indigènes sélectionnés à coloniser la pouzzolane en fonction du pH.

2. MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 Les souches microbiennes utilisées (levures et bactéries)

Les quatre souches microbiennes utilisées ont été sélectionnées des effluents d'une usine de production de caoutchouc naturel. Deux souches de levures (LR et LB) issues des travaux de NSOE *et al.* (2014), et deux souches de bactéries (BB et BC) extraites des travaux d'AMBA *et al.* (2011). Les caractéristiques sont consignées dans les tableaux 1 et 2.

Tableau 1. Caractéristiques de des levures utilisées (NSOÉ *et al.*, 2014).*Table 1. Characteristics of the yeasts used (NSOÉ *et al.*, 2014).*

Code	Couleur des levures	Potentiel Zêta pH (5,7-7)	Forme des levures	Taille des levures (µm)	Croissance sur milieu sélectif	
					Milieu acide	Milieu basique
LR	Rouge	-25,3 à -37,8	Ovoïde	0,3-150	+	+
LB	Blanche	-27,8 à -30,5	Ovoïde	0,2-100	+	+

Tableau 2. Caractéristiques des bactéries utilisées (AMBA *et al.*, 2011).*Table 2. Characteristics of the bacteria used (AMBA *et al.*, 2011).*

Code	Forme des bactéries	Potentiel Zêta pH (5,7-7)	Taille des bactéries (µm)	Croissance sur milieu sélectif		Gram	Mobilité
				Basique	Acide		
BB	Court bâtonnet	-29,3 à -40,8	0,4-11	+	+	+	+
BC	Coque en amas	-29,8 à -35,5	0,5-10	+	+	-	-

2.2 Préparation du matériau granulaire

Les échantillons de pouzzolane ont été prélevés à proximité du lac Tison situé à 10 km de la ville de Ngaoundéré (latitude 7°50' et longitude 13°25'). Ils ont ensuite été lavés à l'eau du robinet, séchés à l'air libre, concassés puis tamisés avec une série de tamis normalisés (ISO 3310-1). À l'issue de ces opérations, la fraction de granulométrie 300-400 µm retenue, est nettoyée à l'eau de robinet puis trempée dans une solution d'hydroxyde de sodium de concentration 0,1 M pendant 24 h et rincée abondamment à l'eau distillée jusqu'à l'obtention d'une conductivité de l'eau résiduelle (2 µS·cm⁻¹). Une étude de NDI (2007) montre que ces matériaux possèdent des oxydes de fer, d'aluminium, de silice en surface responsable des interactions entre la pouzzolane et les microorganismes.

2.3 Description du pilote de biofiltration

Le pilote de biofiltration utilisé est constitué d'une colonne en PVC de 6 cm de diamètre et de 1 m de hauteur soit un volume total de 2,26 L. Il est muni d'un dispositif de mesure de la perte de charge et d'un dispositif d'échantillonnage à différentes hauteurs du lit. Il est alimenté en écoulement ascendant à l'aide d'une pompe à piston (Gorman-Rupp Industries, Ohio, État-Unis) et la pression à l'entrée du lit est maintenue constante par un orifice placé en tête de colonne comme le montre la figure 1.

2.4 Étude de l'hydrodynamique du lit

Cette étude a été réalisée en mesurant la variation de la concentration à la sortie du lit d'une solution de NaCl en fonction du volume à la sortie du lit. Le lit est rempli d'eau

distillée et une solution de NaCl donc on connaît la conductivité est envoyé dans lit. La conductivité et volume sont mesurés en fonction du temps. La courbe de percée est obtenue en traçant la variation de la concentration réduite à la sortie du lit en fonction du volume réduit de l'effluent $C/C_0 = f(V/V_0)$, avec C/C_0 , les concentrations respectivement à la sortie et à l'entrée du lit, et $V/V_0 = V_r$ le volume réduit de l'effluent à un débit d'entrée et de sortie donné. Du tracé de la courbe $C/C_0 = f(V_r)$, on déduit les caractéristiques de la dispersion, le nombre de Péclet et la porosité \mathcal{E}_0 du lit.

2.5 Préparation de la suspension de levures et de bactéries

Les souches de levures et de bactéries ont été cultivées en milieu liquide reconstitué à pH 6,5 (ATAGANA *et al.*, 1996) contenant : extrait de viande 1 g·L⁻¹ (Sharlau, réf. 07-075, Espagne), extrait de levure 2 g·L⁻¹ (OXOID, code L21, Angleterre), peptone 5 g·L⁻¹ (Liofilchem, réf. 610038, Italie), chlorure de sodium 5 g·L⁻¹ (Jeulin, réf. 107 115, France). La culture microbienne est centrifugée à 5 000 g pendant 15 min à 4 °C (ATAGANA *et al.*, 1996). Le culot obtenu contenant la biomasse recherchée est suspendue trois fois dans l'eau physiologique et centrifugé à nouveau. Après trois lavages le culot est suspendu dans l'eau physiologique mélangé à du chloramphénicol 250 mg (NAFDAC, réf. A4-0495, Nigéria) pour les levures.

2.6 Fixation des microorganismes dans les lits de pouzzolane

Une solution physiologique préparée à pH expérimental est envoyée dans le lit de pouzzolane, permettant de conditionner le lit de hauteur 75 cm au pH requis de l'expérience. Une suspension de levure dont on connaît la concentration est

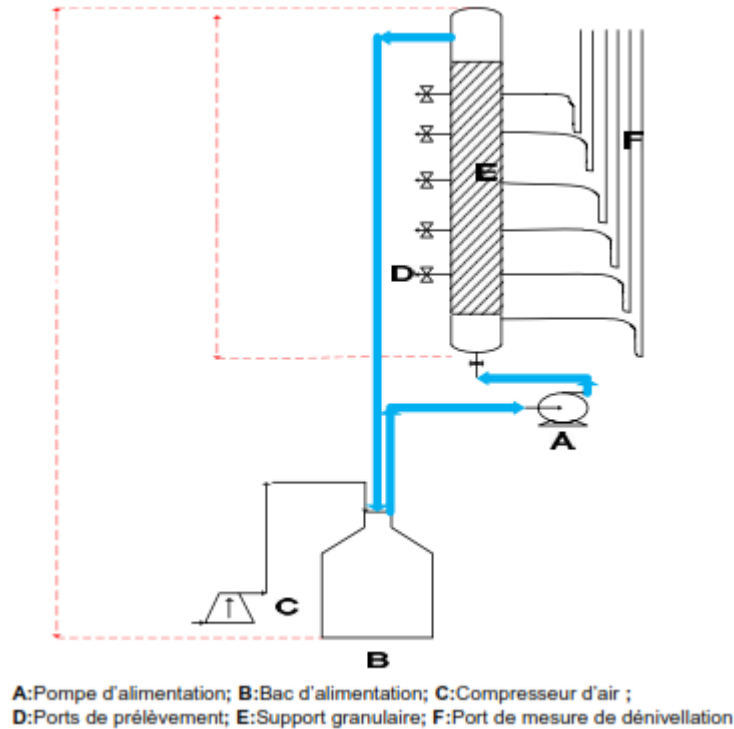


Figure 1. Schéma synoptique du pilote de biofiltration.
Synoptic diagram of the biofiltration pilot.

introduite dans le bac d'alimentation (B) contenant un liquide physiologique à pH étudié. La rétention des microorganismes en fonction du temps dans le lit de pouzzolane a été réalisée en boucle fermée à pH initial (5, 6, 8) pour les levures et (9, 7, 5) pour les bactéries. À chaque prise d'essai la concentration en levures est déterminée par dénombrement sur boîte de pétrie.

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 Caractérisation du lit filtrant

La figure 2 présente la courbe de percée obtenue sur les lits de pouzzolanes, le chlorure de sodium est ici utilisé comme traceur. Cette évolution est obtenue en suivant la concentration du NaCl en fonction du volume passé dans le lit de pouzzolane de granulométrie 300-400 μm . Le débit était constant à $2,6 \text{ mL}\cdot\text{s}^{-1}$ avec une concentration fixe de conductivité ($4,5 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$). Cette courbe traduit l'hydrodynamique du lit de pouzzolane. L'allure non gaussienne de la courbe pourrait traduire un régime laminaire de l'alimentation entre l'eau distillée et la solution de NaCl, ce qui traduirait l'inexistence d'un chemin préférentiel au sein du lit de particules. La courbe de percée donne une porosité de 0,64. On peut en déduire de cette porosité que le rayon hydrodynamique important du lit montre que le matériau choisi possède de bonnes aptitudes

d'accumulation de la masse en profondeur. Par conséquent, un mécanisme mettant en jeu les phénomènes de diffusion axiale à lieu dans le lit. De plus, le nombre de Reynolds déduit dans ces conditions est inférieur à 2 000.

3.2 Rétention des bactéries

Les figures 3 et 4 représentent respectivement le rapport $\log C/\log C_0$ des souches BC et BB retenues dans le lit fixe de pouzzolane à différent pH (5, 7, 9) et à débit constant $2,6 \text{ mL}\cdot\text{s}^{-1}$. Ces courbes présentent globalement deux principales phases : une phase de capture rapide, puis une phase de capture lente. Dans la première phase la rétention des bactéries sur la pouzzolane immergée se fait à un débit constant jusqu'à atteindre un maximum qui se situe autour de la neuvième heure pour la souche BC et de la troisième heure pour la souche BB. Puis une deuxième phase qui commence autour de la dixième heure pour la souche BC et autour de la septième heure pour la souche BB. À pH 9 on observe une faible rétention de la souche BB pendant la première phase. Un relargage des bactéries fixées est observé dans le milieu à partir de la 30^e heure à pH 9 et vers la 40^e heure à pH 7 pour BB et dès la 35^e heure à pH 9 pour BC. En effet, les fractions retenues varient en fonction du temps et du pH. La première phase traduit les phénomènes d'emprisonnement des bactéries dans les cavités de la pouzzolane et aux phénomènes d'adsorption des bactéries sur la pouzzolane qui est chargée

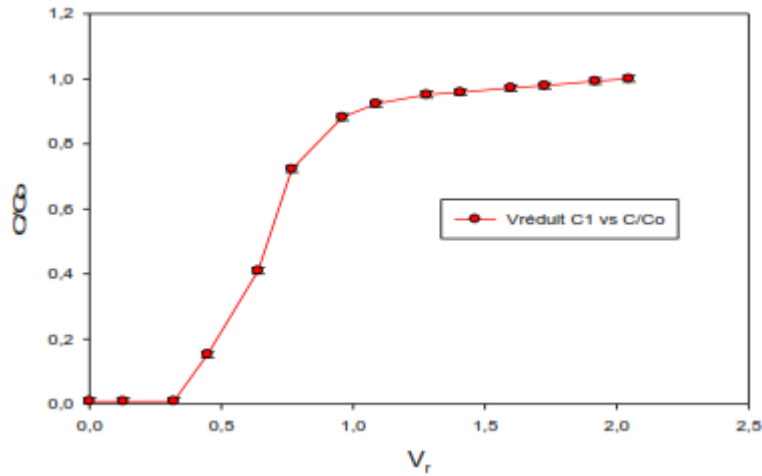


Figure 2. Courbe de percée dans les lits de pouzzolane.
Breakthrough curve in the pozzolan beds.

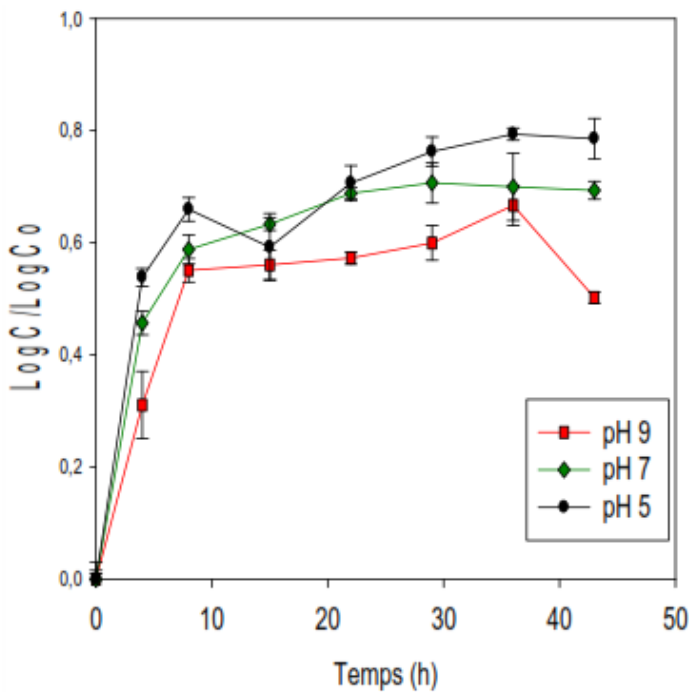


Figure 3. Variation de $\log C/\log C_0$ en fonction du temps à différents pH au cours de la rétention de la souche BC.
Variation of $\log C/\log C_0$ versus time at different pH values during the retention of strain BC.

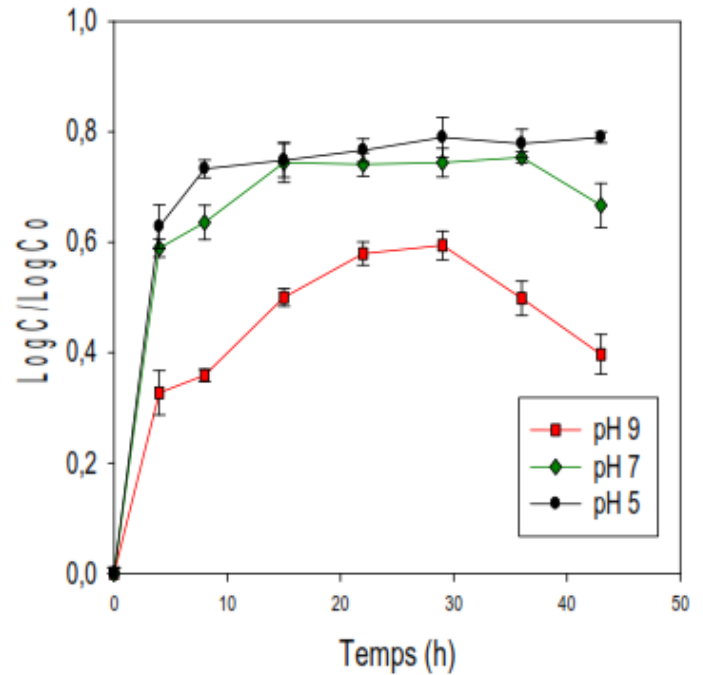


Figure 4. Variation de $\log C/\log C_0$ en fonction du temps à différents pH au cours de la rétention de la souche BB.
Variation of $\log C/\log C_0$ versus time at different pH values during the retention of strain BB.

négativement. Les variations observées sont influencées par les forces d'interactions (Van der Waals, ioniques) présentes qui sont liées aux propriétés physico-chimiques de la membrane des cellules, de la surface du matériau et du liquide utilisé (ALVES *et al.*, 1999). Les phénomènes observés à la deuxième phase traduisent un encombrement des bactéries qui se sont fixées sur le support et les interactions répulsives entre les cellules qui présentent un potentiel zêta négatif d'où la faible rétention observée. Le pH 5 est celui qui se prête le mieux à la fixation dans

la colonne par les souches BC et BB avec un taux de rétention de $74 \pm 2\%$ pour BC et $79 \pm 1\%$ pour BB. Ceci avec un temps de 22 h pour la souche BC et 35 h pour la souche BB. A pH 7 la rétention de la BC est de $67 \pm 5\%$ et de $75 \pm 3\%$ pour BB. Le relargage qui se traduit par une diminution de la quantité de bactéries retenues dans le lit est causé par les phénomènes de répulsion entre les différentes bactéries. Également, le stress des bactéries causé par le changement de pH de la suspension et par le vieillissement des bactéries favorise le relargage. Les résultats

obtenus pour la souche BC et BB sont en accord avec ceux obtenus par les études récentes de NDI *et al.* (2010) qui ont montré que la rétention de *Escherichia coli* pouvait se faire dans un lit fixe de pouzzolane et l'ajout du coagulant augmentait le pourcentage de rétention.

3.3 Rétention des levures

Les figures 5 et 6 représentent respectivement le rapport $\log C/\log C_0$ des souches LR et LB immobilisées dans le lit fixe de pouzzolane à différents pH (5, 6, 8) et à vitesse constante $2,6 \text{ mL}\cdot\text{s}^{-1}$. Les courbes présentent deux phases tel qu'observé dans le cas des bactéries. Une phase où la rétention dans le lit évolue de façon linéaire jusqu'à atteindre un maximum qui se situe autour de la 15^e heure, quels que soient la souche et le pH. Seulement les quantités immobilisées diffèrent d'une souche à une autre selon le pH. La deuxième phase qui se situe après la 15^e heure présente une faible rétention suivie d'un léger plateau à pH 5 et 6. À pH 8, après la 15^e heure, la courbe décroît pour LB. La première phase traduit les phénomènes d'emprisonnement des levures dans les pores de la pouzzolane ou aux phénomènes d'adsorption. Ces phénomènes sont dus à la convection et à la diffusion du milieu filtrant dans les lits granulaires de pouzzolane et facilitent ainsi la rétention des cellules dans le lit. Les phénomènes observés à la deuxième

phase sont causés par la diffusion des cellules dans le biofilm avant de se fixer soit sur le support soit sur une autre cellule. Le décrochage des levures du lit à pH 8 traduirait la forme ionique de la surface des cellules constituée en majorité des acides aminés et qui varie selon le type d'acide aminé et le pH. L'hydrodynamique du lit pourrait aussi être une cause probable du décrochage des levures par les forces de cisaillement.

4. CONCLUSION

Il en ressort de cette étude que pour atteindre une rétention des microorganismes dans le lit, il faut attendre un temps qui se situe entre 24 et 28 h selon la souche et le pH. Toutes les souches microbiennes se fixent sur la pouzzolane et le pourcentage de rétention varie en fonction du pH. Le pH 5 est celui qui se prête le mieux à la colonisation de la colonne par les souches BC et BB avec un taux de rétention de $74 \pm 2 \%$ pour BC et $79 \pm 1 \%$ pour BB, et ce après 28 h et 25 h respectivement pour la souche BC et la souche BB. À pH 7 la rétention de la souche BC est de $67 \pm 5 \%$ et $75 \pm 3 \%$. Une période de 25 h est nécessaire pour une rétention des différentes souches LB et LR, et cette dernière est meilleure pour les pH 5 et 6 avec un pourcentage de fixation situé autour de $80 \pm 4 \%$.

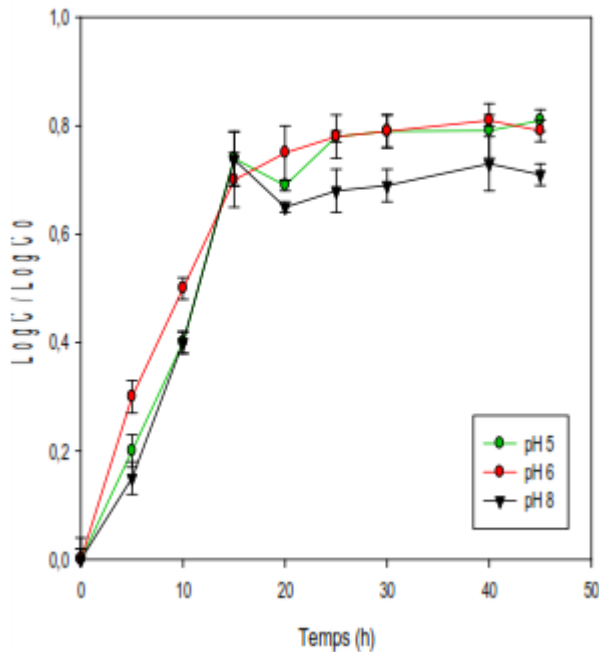


Figure 5. Variation de $\log C/\log C_0$ en fonction du temps à différents pH au cours de la rétention de la souche LB.
Variation of $\log C/\log C_0$ versus time at different pH values during the retention of strain LB.

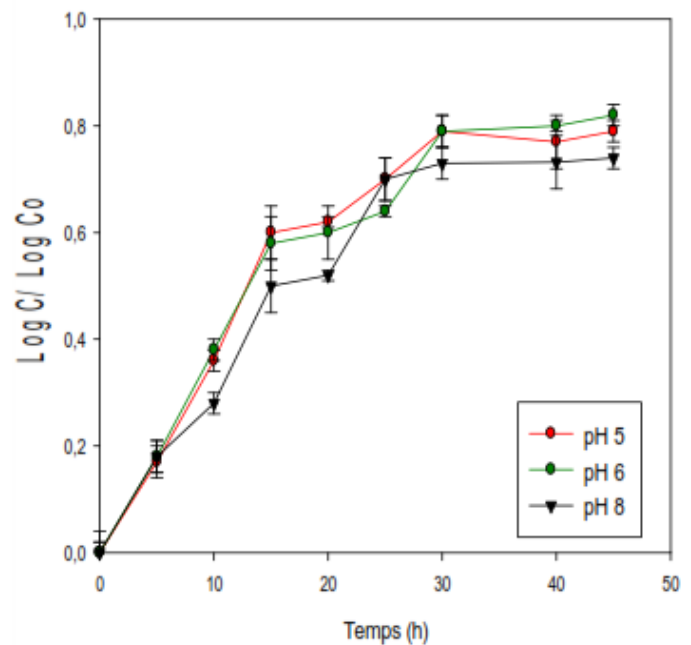


Figure 6. Variation de $\log C/\log C_0$ en fonction du temps à différents pH au cours de la rétention de la souche LR.
Variation of $\log C/\log C_0$ versus time at different pH values during the retention of strain LR.

REMERCIEMENTS

Nous remercions l'Université de Ngaoundéré, École Nationale Supérieure des Sciences Agro-Industrielles (ENSAI), Département de génie des procédés, Laboratoire de Traitement des Eaux et Filtration Industrielle.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALVES M.M., A. PEREIRA, J.M. NOVAIS, F.F. POLANCO et M. MOTA (1999). A new device to select microcarriers for biomass immobilization: application to an anaerobic consortium. *Water Environ. Res.*, 71 (2), 209-217.
- AMBA E.V.M., K.S. NDI, G.P. KOFA, C. TELEGANG, A. ALI et G.J. KAYEM (2011). Capture d'une souche bactérienne issue des effluents d'une usine de caoutchouc naturel dans un lit à pouzzolane. Colloque International : *Sciences de l'eau, du Climat et de l'Environnement pour un développement durable de l'Afrique*, 21-25 novembre, Ngaoundéré, Cameroun.
- ARIMORO F.O. (2009). Impact of rubber effluent discharges on the water quality and macroinvertebrate community assemblages in a forest stream in the Niger Delta. *Chemosphere*, 77, 440-449.
- ATAGANA H.I., B.O. EJECHIB et I. OGODUM (1998). Bacteria Associated with degradation of wastes from rubber processing industry. *Environ. Monit. Assess.*, 59, 145-154.
- ATAGANA H.I., B.O. EJECHI et A.M. AYILUMO (1996). Fungi Associated with degradation of wastes from rubber processing industry. *Environ. Monit. Assess.*, 55, 401-408.
- BOUGARD D. (2004). *Traitement biologique d'effluents azotés avec arrêt de la nitrification au stade nitrite*. Thèse de doctorat, École Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, Science et procédé biologiques et industriels, France, 236 p.
- CAGATAYHAN B., A. ERSU, B. WASHINGTON BRAIDA, KEH-PING CHAO et D. SAY KEEONG (2003). Ultrafiltration of ink and latex wastewaters using cellulose membranes. *Desalination*, 164, 63-70.
- COMPAGNON P. et J. D'AUZAC (1986). *Le caoutchouc naturel : biologie, culture, production*. G.-P. Maisonneuve et Larose, Paris, France, 595 p.
- EMAMJOMEH M.M. et M. SIVAKUMAR (2009). Review of pollutants removed by electrocoagulation and electrocoagulation/flotation processes. *J. Environ. Manag.*, 90, 1663-1679.
- HARUNSYAH Y. et N.M. SULAIMAN (2002). Treatment of skim latex serum using gas sparged ultrafiltration. *Proceedings of the Regional Symposium on Chemical Engineering (RSCE 2002) et 16th Symposium of Malaysian chemical Engineers (SOMChE 2002)*, 28-30 octobre, Kuala Lumpur, Malaisie.
- KARRABI M., Ch. MORRA, P. SECHET, C. GEINDREAU, J. MARTINS et A. CARTELLIER (2007). Influence des interactions biomasse/hydrodynamique sur la croissance d'un biofilm bactérien dans un biofiltre granulaire. *18^{ème} Congrès Français de Mécanique (CFM 2007)*, 27-31 août, Grenoble, France.
- KONIECZNY K. et M. BODZEK (1996). Ultrafiltration of latex wastewaters. *Desalination*, 104, 75-82.
- LAU C.M. (1994). Concentration of natural rubber serum by reverse osmosis. *J. Nat. Rubb. Res.*, 9, (4), 226-240.
- MOHAMMADI M., Ch.M. HASFALINA, A.H. MOHD et PHANG LAI YEE (2010). Treatment of wastewater from rubber industry in Malaysia. *Afr. J. Biotechnol.*, 9 (38), 6233-6243.
- NAON B. (1994). *Séchage du caoutchouc naturel sous formes de granules : cinétiques, modélisations, applications*. Thèse de doctorat, Univ. Montpellier II, Sciences et Techniques du Languedoc, France, 188 p.
- NDI K.S., N.L. MBUNDAPONG, L. TATSADJIEU, A. ALI et G.J.KAYEM (2010). Retention of *E. coli* on natural pozzolan beds. *J. Eng. Appl. Sci.*, 5 (6), 430-434.
- NDI K.S. (2007). *Mécanisme et modélisation de la rétention de la latérite et de la bentonite dans les lits filtrants de pouzzolanes granulaires*. Thèse de doctorat, Univ. Paul-Sabatier, France et Univ. de Ngaoundéré, Cameroun, 215 p.
- NSOE M.N., K.S. NDI, B.A. MOHAMMADOU, E.V. AMBA, G.P. KOFA, A.J. KENFACK et G.J. KAYEM (2014). Isolement et caractérisation des levures endogènes à fort potentiel de croissance dans les effluents de caoutchouc. *Fourth Life Sciences Conference*, 7-8 août, Univ. de Dschang, Cameroun.

- OZBELGE T.A., O.H. OZBELGE et S.Z. ETBASKAYA (2002). Removal of phenolic compounds from rubber-textile wastewater by physico-chemical methods. *Chem. Eng. Process.*, 41, 719-730.
- SERON A., M.C. DICTOR, B. CLOZEL et F. MERMILLOD-BLONDIN (2008). *Projet ANR-ECOPLUIES - Prévention et réduction des phénomènes de colmatage par modification de l'interface*. Rapport BRGM/RP-56939-FR.
- SULAIMAN N.M.N., S. IBRAHIM and S.L. ABDULLAH (2010). Membrane Bioreactor for the treatment of natural rubber wastewater. *Int. J. Environ. Eng.*, 2 (1, 2, 3), 92-109.
- TEKASAKUL P. (2010). Environmental problems related to natural rubber production in Thailand. *J. Aerosol Res.*, 21 (2), 122-129.
- VEERASAMY D., N. SULAIMAN, J. NAMBIR et A. YUSOF (2003). Environmental friendly natural rubber latex concentration by membrane separation technology. *Proceedings of the International Membrane Science and Technology Conference (IMSTEC 03)*, 10-14 novembre, University of New South Wales, Sydney, Australie.
- VIJAYARAGHAVAN K., D. AHMED, A. YUZRI et A. YAZID (2007). Electrolytic treatment of Standard Malaysian Rubber process wastewater. *J. Hazard. Mater.*, 150, 351-356.