

CAPACITE DES MOULES DANS LA REDUCTION DES TENEURS EN NUTRIMENTS ET LA CHARGE BACTERIENNE DANS LES EFFLUENTS PISCICOLES

Leila CHEBIL AJJABI¹, M.S. ROMDHANE² et A. EL ABED³

1-Institut National des Sciences et technologies de la Mer (INSTM) Port de Pêche La goulette 2060

2-Institut National Agronomique de Tunisie, Rue Charles Nicole, Le belvédère

3- Premier ministère, Place de la Kasbah, 1008 Tunis; TUNISIE

ملخص

قدرة المحار على التخفيض في نسبة الأملاح و البكتيريا في المياه المستعملة : تحتوي المياه المتأتية من تربية الأسماك على كميات مرتفعة من المواد الحيوية الذائبة و مواد مؤلفة من جزيئات إذا ما قارناها بالمياه الغير مستعملة.

إلقاء هذه المياه المستعملة في البحر يندرج عنها مشاكل ذات صبغة بيئية تهم بالخصوص المياه الساحلية. من أهم الطرق لتحسين القيمة البيئية لهذه المياه المستعملة قبل وصولها إلى البحر هو استعمال المحار كوسيلة لتنقيتها من الملوثات الناتجة عن تربية الأسماك(القاروص). تمت هذه التجربة في أحواض تسع 30 لتر وضعت في كل واحدة منها كميات مختلفة من المحار (8-16-24). لمتابعة قدرة المحار على تنقية المياه تمت تحاليل كميات الأزوط و الفسفاط و الجزيئات العائمة و الكلوروفيل وعدد البكتيريا في الماء قبل وبعد التجربة. أتضح أن المحار له قدرة عالية في انخفاض جميع الثوابت التي وقع متابعتها في هذه التجربة . أعلى نسبة انخفاض سجلت في الأحواض ذات كمية المحار العالية.

كمية المحار العالية أسفرت نتائجها على انخفاض في كمية الجزيئات العائمة إلى 43% من قيمتها الأصلية و كمية الأزوط إلى 85% و الفسفاط إلى 71% و عدد البكتيريا إلى 67% و كمية الكورفيل إلى 7%.

كلمات مفاتيح: المياه المتأتية من تربية الأسماك – المحار – تنقية المياه

ABSTRACT

Mussel ability in the reduction of nutrients and bacterial charges in aquacultural waste water: Fish effluent water contains elevated concentrations of dissolved nutrients and suspended particulates than the influent water. Consequently, there are concerns about adverse environmental impacts on coastal waters due to eutrophication and increased turbidity. One potential method of improving effluent water quality, prior to discharge or recirculation is to use bivalves to filter the effluent. This study examines the effects of the mussel *Mytilus galloprovincialis* filtration on water quality of fish effluent. Effluent from a sea bass race way was pumped directly into tanks (30 L) stocked with different densities of mussels. Three densities of mussels (24, 16 and 8 live mussels per tank) were used to test their effects on water quality.

The concentrations of total suspended solids, total nitrogen, total phosphorus, chlorophyll *a* and number of bacteria in effluent water were determined before and after filtration by mussels. The mussels significantly reduced the concentration of all the parameters examined, with the highest mussel density having the greatest effect. Filtration by the high density of mussels reduced the effluent suspended solids to 43% of the initial level, the bacterial numbers to 67% and total nitrogen to 85% and total phosphorus to 71%. Settlement and mussels filtration reduced the chlorophyll *a* concentration to 7% of the initial effluent value.

Key words: Aquacultural wastewater – mussel – wastewater treatment

RESUME

L'effluent des élevages de poissons renferme des concentrations plus élevées en nutriments dissous et en particules en suspension que celles présentes dans l'eau entrante. Cet état entraîne par conséquent, des problèmes d'ordre environnementaux affectant les eaux côtières dues à l'eutrophisation et l'augmentation de la turbidité. Afin d'améliorer la qualité de l'effluent avant son déversement dans le milieu naturel, l'utilisation des bivalves comme filtre biologique est une alternative adéquate. Cette étude analyse la capacité de la moule *Mytilus galloprovincialis* de réduire les teneurs en sels nutritifs et la charge bactérienne dans les effluents de loupes *Dicentrarchus labrax* en élevage. L'effluent issu des bassins de grossissement est pompé directement dans des aquariums de 30L contenant différentes densités de moules. Trois densités de moules respectivement 24, 16 et 8 moules vivantes ont été utilisées pour tester leurs effets sur la qualité de l'eau.

Les concentrations en matière particulaire, azote total, phosphore total, chlorophylle *a* et le nombre de bactéries dans l'effluent ont été déterminés avant et après filtration par les moules. La filtration par les moules a réduit significativement les concentrations de tous les paramètres examinés mais la densité de moule la plus élevée a entraîné l'effet le plus important. La filtration par la densité la plus élevée de moules a réduit la matière en suspension à 43% de

sa valeur initiale dans l'effluent, le nombre de bactéries à 67%, l'azote total à 85% et le phosphate total à 71%. La décantation et la filtration par les moules ont réduit la concentration en chlorophylle *a* à 7% de sa valeur initiale.

Mots clés : Effluents aquacoles - moule - traitement des effluents.

INTRODUCTION

Dans les élevages piscicoles, l'aliment non consommé et le relargage des produits d'excrétion (tant particuliers que dissous) peuvent contribuer à la détérioration du milieu naturel (Mattila et Räsänen, 1998 ; Pitta *et al.*, 1999 ; Naylor *et al.*, 2000). Par conséquent, une attention est accordée aux impacts environnementaux sur les eaux côtières dus à l'augmentation de la turbidité et à l'eutrophisation. D'où l'intérêt de développer des moyens efficaces pour améliorer la qualité de l'effluent avant son déversement dans le milieu naturel ou sa recirculation dans le circuit d'élevage (Naylor *et al.*, 2000 ; Williams *et al.*, 2000).

La méthode proposée pour la diminution de ces impacts environnementaux défavorables et la réintégration indirecte des nutriments, est d'utiliser les coquillages et particulièrement les bivalves pour la filtration des effluents piscicoles avant leur déversement dans le milieu naturel (Shpigel et Blaylock, 1991 ; Mazzola et Sarà, 2001).

Quelques espèces de coquillages (huître, palourde et abalone) ont été testées dans le traitement de différents rejets aquacoles et leur efficacité a été confirmée (Shpigel *et al.*, 1993 ; Neori *et al.*, 2000). Par contre, les moules, malgré leur taux de filtration élevé (Tenore et Dunstan, 1973), ont été très peu étudiées. Seul le travail de Lin *et al.* (1993) a démontré l'efficacité de la moule verte « *Perna viridis* » dans le traitement des effluents d'élevage de la crevette *Penaeus monodon*.

Dans le but d'introduire la moule Méditerranéenne *Mytilus galloprovincialis* dans le traitement des effluents piscicoles, le présent travail a pour objectif de tester son efficacité dans la filtration des effluents de grossissement du loup *Dicentrarchus labrax*. Ce travail est entrepris dans la ferme aquacole La SCALA spécialisée dans le grossissement du loup et de la daurade et implantée dans la baie de Monastir.

MATERIELS ET METHODES

Protocole expérimental

Pour démontrer l'effet de la filtration par les moules sur la qualité des effluents d'élevage de poissons, des moules ont été placées dans un filet de diamètre de maille inférieure à la taille de leur coquille suspendu du haut de d'aquariums en verre de 30L de volume. Chaque aquarium est rempli de 10 L d'effluent collecté du canal d'évacuation d'un bassin d'élevage de loups de 200 m³ de volume. Au moment de l'échantillonnage, la biomasse des loups dans le bassin de grossissement a été approximativement de 12 kg /m³.

Les échantillons de moules (*Mytilus galloprovincialis*) utilisés dans cette expérience, ont été ramenés de la station conchylicole de Menzel Jemil exploitée par la

Société Tunisienne des Lagunes (STL). Ces moules, nettoyées et débarrassées des détritiques collés à leurs coquilles, ont été acclimatées pendant quatre jours avant le démarrage de l'expérience, aux conditions de laboratoire avec un renouvellement quotidien d'eau de mer fraîche. Les conditions au laboratoire sont maintenues à une température de 20-21°C et à une photopériode de 12:12h. Le poids frais moyen individuel des moules est d'environ 35 ±1,2 g.

Le protocole expérimental consiste à utiliser 3 densités différentes de moules vivantes : faible (8), moyenne (16) et forte (24). Trois replicats pour chaque densité de moules et un récipient témoin qui contient seulement des coquilles vides de moule. Les coquilles vides de moules sont utilisées dans les récipients témoins afin d'atténuer tout effet sur l'écoulement de l'eau et par conséquent toute différence sur le taux de décantation.

Méthodes d'analyses

Des échantillons d'eau ont été prélevés au début et à la fin de l'expérience, après une filtration de deux heures par les moules.

Trois échantillons d'eau sont prélevés de chacun des aquariums, avant et après filtration par les moules pour déterminer les concentrations en azote total et en phosphate total et dénombrer les bactéries totales. D'autres échantillons sont filtrés pour déterminer la matière en suspension (MES) et extraire la chlorophylle *a*.

Les concentrations en MES ont été déterminées en utilisant les méthodes décrites par Greenberg *et al.* (1992). Un échantillon d'eau de volume connu est filtré sur un filtre en fibre de verre de Whatman GF/C qui est séché (110°C ; 24 h) et pesé d'avance. Ensuite ce filtre est séché dans une étuve à 60°C pendant 24 h et la concentration en MES est calculée par comparaison du poids initial et final.

La quantité de chlorophylle *a* a été déterminée par filtration d'un échantillon d'eau d'un volume connu sur un papier filtre Whatman GF /C immédiatement congelé. L'extraction par acétone et la détermination de la concentration en chl *a* ont été effectués en utilisant la méthode décrite par Greenberg *et al.* (1992).

Pour l'analyse de l'azote total (NT) et phosphore total (PT), des échantillons d'eau non filtrés ont été conservés dans des bouteilles en verres de 200 ml et immédiatement congelés puis analysés dans un délai d'un mois en utilisant les méthodes colorimétriques décrites par Parsons *et al.* (1984).

Pour la détermination de la concentration en bactéries totales, des échantillons d'eau ont été préservés dans une solution de formol à 2% et maintenus à 4°C jusqu'à l'analyse. Un volume connu (0,5 ml) d'échantillon a été souillé avec le DAPI (4',6-diamidino-2-phenylindole), filtré sur un filtre noir de 2 µm de porosité et porté entre lame et lamelle. Les bactéries ont été comptées en

utilisant la microscopie d'épi-fluorescence (Hobbie, 1977).

Les résultats sont comparés statistiquement par l'analyse de la variance à un critère (ANOVA I). Le test du Duncan est utilisé pour la comparaison pariée des moyennes. Pour ces comparaisons, un seuil de signification de 5 % est retenu.

RESULTATS

Les concentrations moyennes de MES, chlorophylle *a*, azote total, phosphore total et le nombre de bactéries dans les effluents d'élevage de poissons avant et après filtration par les moules sont portées dans le tableau II.

- Matière en suspension

La filtration des moules a eu un effet non négligeable dans l'élimination des MES des effluents d'eau d'élevage de lous avec des réductions significatives dans les traitements à moyenne et forte densités et une réduction non significative dans le traitement à faible densité de moules et dans le témoin. Dans le traitement à densité forte, la concentration en MES a été réduite à 43% par rapport à son niveau initial dans l'effluent. Cette réduction est beaucoup plus importante que celle obtenue dans le traitement à faible densité de moules (Tab. I).

- Chlorophylle *a*

La concentration en Chl *a* dans le témoin a diminué à cause de la décantation. Dans les traitements à densité faible, moyenne et forte la teneur en Chl *a* a montré des diminutions significatives mais pas de différence significative est observée entre la concentration en chlorophylle *a* dans le traitement à densité faible et celle obtenue dans le témoin (Tab.I).

L'effet combiné de la décantation et de la filtration de l'effluent par les moules a réduit la concentration en Chl *a* à 7% de sa valeur initiale dans l'effluent dans le traitement à forte densité et 37% dans le traitement à densité moyenne.

- Bactéries

Le nombre total moyen des bactéries dans l'effluent initial a été de $7,66 \times 10^6$ /ml. Les traitements à densités moyenne et forte de moules ont réduit respectivement le nombre total de bactéries à 88% et 67% de la concentration initiale de l'effluent (Tab.I). Cependant, le témoin et le traitement à densité faible de moules n'ont pas montré d'effets significatifs sur la concentration en bactéries.

- Sels nutritifs

Les trois densités de moules utilisées ont eu un effet significatif sur la diminution de l'azote total dans l'effluent puisque la concentration initiale de 80,08 μ M a diminuée à 85% à la plus forte densité de moules (Tab.I). La diminution de la concentration du phosphore total dans les traitements à densité forte et moyenne a été significative ($P < 0,05$) par rapport à celle de l'effluent initial. Aucun effet significatif au seuil $p < 0,05$ n'a été observé avec la faible densité de moules. Les traitements

à densité forte et moyenne ont abaissé la concentration du phosphore total de l'effluent respectivement à 71% et 85% de sa concentration initiale.

DISCUSSION

L'analyse de l'effluent dans son état initial a montré que toutes les valeurs des paramètres déterminés ont été inférieures à celles rapportées dans des travaux ultérieurs sur l'effluent d'élevage de loup (Lemarié *et al.*, 1998). Ceci est probablement dû au taux élevé de renouvellement d'eau et la faible densité de stockage (12 kg/m^3). D'une manière générale, les effluents d'élevage de poissons à l'état brut renferment essentiellement de la matière organique sous forme de particules fines inférieures à 10 μ m (Jatteau, 1999).

Dans le présent travail, la filtration par les moules a permis l'élimination d'une proportion considérable de chlorophylle *a* contenue dans le phytoplancton et de la matière organique (fèces, aliments non consommés et détritiques), y compris des bactéries. Le taux de réduction dépend de la densité des moules. Ainsi la densité forte de moules a effectivement diminué la charge en MES de plus de la moitié de sa concentration initiale. Le traitement témoin a montré que la plus grande partie de la matière particulaire est restée en suspension durant les deux heures d'expérience. Ce qui indique que probablement la plupart de la matière en suspension est sous forme de particules fines.

Pendant la filtration, les bivalves trient les particules par taille et par poids. C'est au niveau des branchies qu'ils retiennent presque complètement les particules de taille comprise entre 3 et 5 μ m de diamètre et la moitié environ de celles ayant une taille comprise entre 1 et 2 μ m de diamètre (Barnabé, 1989).

Les branchies se présentent sous forme d'un tamis dont les mailles constituées par des cils latéro-frontaux, recouverts d'une couche de mucus gluant et capables de retenir des particules très fines dont la taille est inférieure à celles des mailles.

L'efficacité des moules dans la filtration d'effluents d'élevage de poissons où les charges en MES sont importantes, peut être confirmée. Cependant, Ali (1970) a démontré que ces effluents peuvent contenir des quantités importantes de matière en suspension qui affectent parfois l'efficacité des bivalves, ce qui entraîne la production de grandes quantités de pseudo-fèces (aliments filtrés mais non ingérés) et accompagnés d'une augmentation des taux de décantation due à une mauvaise utilisation de l'aliment filtré (Tenore et Dunstan, 1973).

Il est important de noter que les effluents utilisés dans ce travail sont issus d'élevage de poissons en circuit ouvert où les effluents renferment une charge aussi bien particulaire que dissoute relativement faible (en deçà des normes tunisiennes, soit 30 mg/l pour la matière en suspension et 30 mg/l l'azote total (NT 106.002)). Par rapport à d'autres effluents plus chargés (effluents issus

Tableau I. Concentration des différents paramètres de l'effluent avant et après filtration par les moules à trois différentes densités et celle déterminée dans le témoin (MES : matière en suspension ; NT : Azote total ; PT : Phosphore total). Les valeurs portées entre parenthèses sont les concentrations exprimées en pourcentage de la concentration de l'effluent. Les valeurs écrites en italiques représentent l'erreur standard.

Traitement	MES		Chlorophylle <i>a</i>		NT		PT		Bactéries	
	mg/l	(%)	µg/l	(%)	µM	(%)	µM	(%)	nb x10 ⁶ /ml	(%)
Effluent	0,16 a <i>0,01</i>		12,57 a <i>0,68</i>		80,08 a <i>1,78</i>		11,07 a <i>2,05</i>		7,66 a <i>0,38</i>	
Témoin	0,15 a <i>0,006</i>	(100)	10,49 ab <i>0,46</i>	(67)	85,73 a <i>1,15</i>	(107)	12,0 a <i>0,17</i>	(108)	7,37 a <i>0,55</i>	(96)
Faible densité	0,12 ab <i>0,015</i>	(75)	8,41 b <i>0,46</i>	(66)	71,81 b <i>1,93</i>	(90)	10,87 ab <i>0,35</i>	(98)	7,35 ab <i>0,76</i>	(95)
Densité moyenne	0,10 b <i>0,006</i>	(62)	4,62 c <i>0,26</i>	(37)	71,47 b <i>1,12</i>	(89)	9,41 b <i>0,46</i>	(85)	6,74 b <i>0,78</i>	(88)
Forte densité	0,07 c <i>0,01</i>	(43)	0,93 d <i>0,35</i>	(7)	68,37 b <i>0,45</i>	(85)	7,87 c <i>0,65</i>	(71)	5,13 c <i>0,21</i>	(67)

Les valeurs portant les mêmes lettres dans la même colonne n'ont pas une différence significative au seuil $P < 0,05$.

d'élevage en étang ou élevage en circuit fermé), le flux d'eau de rejet peut influencer l'efficacité de ce "bio-filtre". Pour y remédier, Jones *et al.*, (2001) ont suggéré le passage préalable de l'effluent par un bassin de décantation puis sa recirculation dans le bassin de traitement par les huîtres, augmentant ainsi son temps de séjour.

L'effet de la filtration par les moules sur la charge en nutriments dans l'effluent reflète l'équilibre entre l'absorption, l'excrétion et la reminéralisation des nutriments dans les fèces décantés. La réduction de 29% de la concentration en phosphore total dans le traitement avec la densité de moules la plus élevée, est probablement due à l'adsorption du phosphore aux particules organiques et inorganiques. La réduction de la concentration en azote total est moins efficace et ceci peut être dû au rajout d'azote excrétée par les moules. Les moules contribuent par une quantité non négligeable d'ammonium dans l'effluent à travers l'excrétion. Bayne (1973) a démontré que le taux d'excrétion d'azote sous forme ammoniacale de *Mytilus edulis* est de 67,2 mg/Kg/jour. Il est possible que l'assimilation des nutriments dissous par les macroalgues puisse servir à quantifier l'excrétion par les moules (Shpigel *et al.*, 1993).

CONCLUSION

Les résultats de cette étude ont démontré que les moules peuvent réduire considérablement les teneurs en sels nutritifs et la charge bactérienne de l'effluent des bassins de grossissement de loup par filtration et rétention des particules en suspension. La densité de stockage de moules a affecté directement leur efficacité dans le traitement des effluents ; ainsi, plus la densité est forte plus l'élimination de la charge est importante.

BIBLIOGRAPHIE

- Ali R.M., 1970. The influence of suspension density and temperature on the filtration rate of *Hiatella arctica*. *Mar. Biol.* 6, 291-302.
- Barnabé G., 1989. La conchyliculture en mer ouverte en Méditerranée. In: *Aquaculture Vol. 1. Technique et Documentation-Lavoisier*. pp 441-492.
- Bayne B.L., 1973. Physiological changes in *Mytilus edulis* L. Induced by temperature and nutritive stress. *J. Mar. Biol. Ass. UK* 53, 39-58.
- Greenberg A.E., Clesceri L.S., Eaton A.D., 1992 : Standard methods for the examination of water and wastewater. 18th edition, APHA, AWWA, WEF.
- Hobbie J. E., 1977. Use of Nucleopore filters for counting bacteria by fluorescence microscopy. *Appl. Envir. Microbiol.* 33, 1225-1228.
- Jatteau P., 1999. Faisabilité technique de la maîtrise des rejets, in « Environnement et Aquaculture », INRA éditions, pp : 165-173.
- Jones A.B., Dennison W.C., Preston N.P., 2001. Integrated treatment of shrimp effluent by sedimentation, oyster filtration and macroalgal absorption: a laboratory scale study. *Aquaculture* 193, 155-178.
- Lemarié G., Martin J-L. M., Dutto G., Garidou C., 1998. Nitrogenous and phosphorous waste production in a flow-through land-based farm of European seabass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquat. Living Resour.*, 11, 247-254.
- Lin C.K., Ruamthaveesub P., Wanuchsoontorn P., 1993. Culture of the green mussel (*Perna viridis*) in waste water from an intensive shrimp pond: Concept and practice. *World Aquac.* 24, 68-73.
- Mattila J. & Räsänen R., 1998. Periphyton growth as an indicator of eutrophication: an experimental approach. *Hydrobiologia*, 377, 15-23.
- Mazzola A. & Sarà G., 2001. The effect of fish farming organic waste on food availability for bivalve molluscs (Gaeta Gulf, central Tyrrhenian, MED) : stable carbon isotopic analysis. *Aquaculture*, 192, 361-379.
- Naylor R.L., Goldburg R.J., Primavera J.H., Kautsky N., Beveridge M.C.M., Clay J., Folke C., Lubchenco J., Mooney H., Troell M., 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature* 405, 1017-1024.
- Neori A., Shpigel M., Ben-Ezra D., 2000. Sustainable integrated system for culture of fish, seaweed and abalone. *Aquaculture*, 186, 279-291.
- Parsons T.R., Maita Y., Lalli C.M., 1984. A Manual of Chemical and Biological methods for Seawater Analysis. Pergamon Press, Oxford. 173 pp.
- Pitta P., Karakassis I., Tsapakis M., Zivanovic S., 1999. Natural vs mariculture induced variability in nutrients and plankton in the eastern Mediterranean. *Hydrobiologia* 391, 181-194.
- Shpigel M. & Blaylock R.A., 1991. The pacific oyster, *Crassostrea gigas*, as a biological filter for marine fish aquaculture pond. *Aquaculture*, 92, 187-197.
- Shpigel M., Neori A., Popper D.M., Gordin H., 1993. A proposed model for « environmentally clean » land-based culture of fish, bivalves and seaweeds. *Aquaculture* 117 (1/2), 115-128.
- Tenore K. R. & Dunstan W. M., 1973. Comparison of feeding and biodeposition of three bivalves at different food levels. *Mar. Biol.*, 21, 190
- Williams, M.J., Bell, J.D., Gupta, M.V., Dey, M., Ahmed, M., Prein, M., Child, S., Gardiner, P.R., 2000. Responsible aquaculture can aid food problems. *Nature*, 406, 673-678.