

Évaluation de la salubrité de l'eau de mer en utilisant le Système d'Information Géographique (SIG) pour la mytiliculture : Cas de la baie de Souahlia (Algérie)

Date soumission 07 mars 2024
Date acceptation 29 avril 2024

Chahinez LAAMA¹, Nour El Islem BACHARI²

c.laama@univ-chlef.dz

Résumé

Le littoral Algérien par sa côte d'environ 1600 km présente un potentiel aquacole peu exploité. L'aquaculture est devenue un enjeu socioéconomique pour l'Algérie, suite à l'accroissement de la population et sa demande en protéine animale essentiellement en produits de la mer. A cet effet, l'étude des caractéristiques physicochimiques et la qualité bactériologique des eaux destinées à l'élevage mytilicole est indispensable pour assurer d'une part le succès de la ferme aquacole et d'autre part la commercialisation d'un produit de haute qualité. Plusieurs stations ont fait l'objet de prélèvements mensuels d'eau de mer de Juin 2015 à Juillet 2016 à la baie de Souahlia, Nord-Ouest de Beni Haoua (wilaya de Chlef). Le logiciel Arc GIS 10.3 a été utilisé pour la cartographie et la délimitation des zones propices à mytiliculture. L'analyse des résultats obtenus avec le SIG a permis d'identifier une surface de 586 ha, représentée par 32 % de la surface totale adaptée à la croissance de *Mytilus galloprovincialis*. Cette étude a permis l'identification simple et rapide des sites appropriés à mytiliculture, en combinant plusieurs critères environnementaux.

Mots clés : Qualité d'eau, Mytiliculture, Système d'Information Géographique, Baie de Souahlia.

Abstract

The Algerian coastline with its coast of about 1600 km has a little exploited aquaculture potential. Aquaculture has become a socio-economic issue for Algeria, following the increase in the population and its demand for animal protein mainly in seafood. Indeed, the study of the physicochemical parameters and the bacteriological quality of seawater for mussel farming is essential to ensure both the success of the aquaculture and the marketing of a best quality of mussel. Several stations were subject to monthly seawater samples from June 2015 to July 2016 at Souahlia Bay, northwest of Beni Haoua (wilaya of Chlef).. The ArcGIS 10.3 software was used for mapping and delimitation of suitable sites. Analysis of the GIS results identified 586 ha, represented by 32% of the total area suitable for *Mytilus galloprovincialis* growth. This study allows for quick and easy identification of sites suitable for aquaculture, by combining several environmental criteria.

Keywords: Water quality, Shellfish aquaculture, Geographic Information System, Bay of Souahlia.

¹ Département de science de la mer, institut des sciences et techniques de la mer Ténès, Université Hassiba Benbouali, Chlef, Algérie.

²Laboratoire d'Océanographie Biologique et Environment Marin (LOBEM), Faculté de biologie, Université des Sciences et technologie Houari Boumediène (USTHB), B.P. 32 El-Alia, Bab-Ezzouar 16111 Alger, Algeria.

1. Introduction

L'aquaculture durable et respectueuse de l'environnement est représentée par l'élevage des mollusques bivalves, essentiellement celui de *Mytilus galloprovincialis*. Cette filière n'exige ni des installations lourdes, ni de l'approvisionnement alimentaire (Brigolin *et al.*, 2009). La moule méditerranéenne *Mytilus galloprovincialis* est la principale espèce élevée en mer Méditerranée notamment la France, l'Espagne, l'Italie, la Grèce et la Tunisie (FAO, 2016). La qualité d'eau de mer où sera pratiqué ce type d'élevage constitue un critère primordial dans la sélection des sites favorables à l'activité aquacole et elle garantit la salubrité de ses produits (UICN, 2009). Par ailleurs, une évaluation attentive des caractéristiques environnementales du milieu marin est essentielle pour la planification et la gestion de cette activité. Les mollusques bivalves constituent source alimentaire mondiale importante, mais la pollution d'origine fécale des eaux marines peuvent avoir un impact négatif sur l'état sanitaire des coquillages (Feldhusen, 2000). Cependant, les mollusques bivalves sont des organismes filtreurs capables d'accumuler des polluants organiques et des bactéries pathogènes. En effet, la présence des germes indicateurs de contamination fécale au-delà d'une certaine concentration dans les eaux d'élevage ou bien dans la chair de moule, reflètent l'existence de germes pathogènes, ce qui poserait des problèmes sanitaires lors de la consommation humaine (Kapetsky et Aguilar-Manjarrez, 2007). En effet, la surveillance des zones de production des

bivalves doit être effectuée régulièrement pour déterminer si les mollusques sont propres à la consommation (Mok *et al.*, 2016).

Le Système d'Information Géographique (SIG) a été très utilisé pour l'affichage, la gestion et la communication des informations géoréférencées des données environnementales (Habeeb et Talib Weli, 2021; Newell *et al.*, 2013). L'une des applications importantes du SIG en aquaculture est la sélection des zones favorables à l'élevage et la gestion des zones destinées à la mytiliculture (Newell *et al.*, 2013). En outre, Il est utilisé pour la cartographie de la variation spatio-temporelle de la qualité environnementale des milieux d'élevage afin d'éviter une éventuelle crise environnementale (Habeeb et Talib Weli, 2021). Cette étude vise à élaborer une méthodologie fondée sur le travail du terrain couplé au Système d'Information Géographique (SIG) pour une démarche décisionnelle afin de délimiter les zones favorables à l'élevage de *Mytilus galloprovincialis*. Le travail du terrain concerne le suivi spatiotemporel des paramètres physico-chimiques et bactériologiques à la baie de Souahlia, Oued Ghaussine, littoral Chélifien.

2. Matériel et méthodes

Plusieurs conditions environnementales de milieu marin doivent être réunies pour mettre en place et réussir un élevage aquatique (Billard, 2005). En effet, plusieurs paramètres tels que la température de l'eau, la teneur en oxygène dissous, la salinité, la chlorophylle-a et les matières en suspension, les matières azotées et phosphorées ainsi que les paramètres

bactériologiques font partie des paramètres les plus importants à contrôler (UICN, 2009).

La qualité d'eau est évaluée en premier ordre par mesure *in situ* des paramètres physico-chimiques de l'eau comme la température de l'eau, le potentiel d'hydrogène (pH), la salinité, et l'oxygène dissous (Billard, 2005 ; UICN, 2009). En

second ordre, l'étude de la salubrité des eaux de la baie de Souahlia à travers la recherche des germes indicateurs de contamination fécale tels que les coliformes totaux, les thermotolérants, *Escherichia coli* et les streptocoques fécaux (Billard, 2005 ; Figarella, 2001). Le tableau 1 indique les paramètres étudiés avec leur méthode d'analyse.

Tableau 1 . Récapitulatif des paramètres environnementaux étudiés avec leur méthode d'analyse (Laama et Bachari, 2017)

	Paramètres	Méthode et principe
Physico-chimiques	pH, température de l'eau, salinité, oxygène dissous	Valise multiparamètre type HI 9829 équipé d'un receveur GPS (Mesure <i>in situ</i>)
	Sels nutritifs (Ammonium, Nitrite, Nitrate, Phosphate)	Méthode colorimétrique Spectrophotomètre U.V visible Aminot et Kérouel (2005)
	Matière en suspension (MES)	Filtration Aminot et Kérouel (2005)
Biologique	Chlorophylle-a	Filtration, extraction avec Acétone, Spectrophotomètre UV visible à Lecteur à 665nm et 750nm Aminot et Kérouel (2005)
Bactériologiques	Coliformes totaux	Filtration, milieu gélosé Tergitol, incubation à 37°C Rodier et al. (2009)
	Thermotolérants	Filtration, milieu gélosé Tergitol, incubation à 44°C Rodier et al. (2009)
	Streptocoques fécaux	Filtration, milieu gélosé Slanetz et Bratley, incubation à 44°C Rodier et al. (2009)

2.1. Zone d'étude

La baie de Souahlia se situe à environ 180 km Nord-Ouest du littoral Algérien, dans la commune d'Oued Ghaussine, Daïra de Béni Haoua, wilaya de Chlef. Elle est délimitée à l'Est par l'îlot Kef Doumia et à l'Ouest par Kef Essouari (Figure. 1a).

A la baie de Souahlia, des sorties sur terrain ont été effectuées à bord d'un bateau

semi rigide, avec une fréquence d'une fois par mois de Juillet 2015 à Juin 2016. Au total, 14 stations ont fait l'objet de mesure *in situ*, dont 09 stations ont été recueillies dans des flacons et transportés dans une glacière, afin de les analyser au laboratoire (Figure.1b).

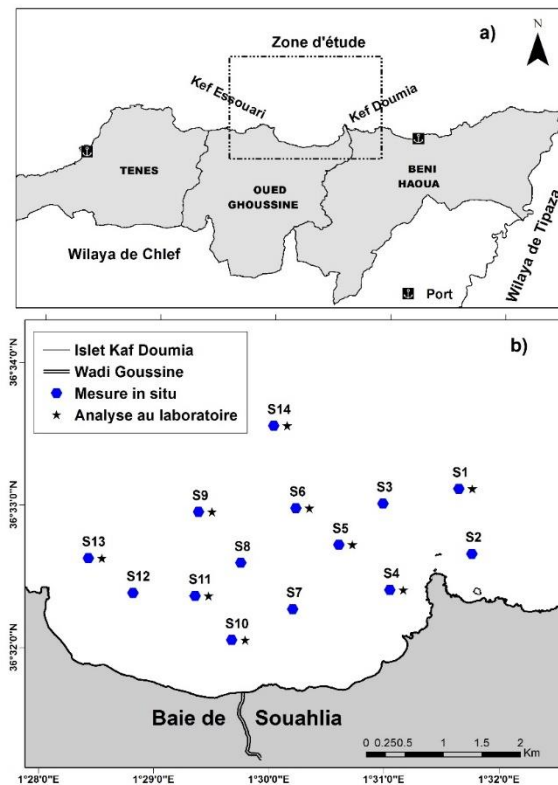


Figure 1 : Situation géographique de la zone d'étude
 a) Localisation géographique de la baie de Souahlia
 b) positionnement des stations de prélèvement de l'eau de mer à la baie de Souahlia.

2.2. Suivi des paramètres physico-chimiques de l'eau de mer

Les paramètres physico-chimiques des eaux de la baie de souahlia tels que la température de l'eau, la salinité, l'oxygène dissous et le pH de l'eau ont été mesurés *in situ* à l'aide d'un multiparamètre de type HANNA HI 9829.

Les matières en suspension ont été déterminées par la méthode de filtration de 1 L d'eau de mer, en utilisant une rampe de filtration et un filtre en fibre de verre dont la porosité est de 0,7 μm et le diamètre est de 47 mm. Après filtration, le filtre est séché à 107 ° C pendant 2 h et pesé à l'aide d'une balance de précision (Aminot et Kérouel, 2004).

La chlorophylle-a a été obtenue par filtration de 1L d'eau de mer à l'aide d'un

filtre en fibre de verre dont la porosité est de 0,7 μm , puis l'extraction par acétone. La lecture des résultats a été effectuée en utilisant un spectrophotomètre UV visible à 665 et 750 nm avant et après acidification (Aminot et Kérouel, 2004 ; Rodier *et al.*, 2009).

2.3. Suivi de la qualité bactériologique de l'eau de mer

Des échantillons de l'eau de mer ont été prélevés à la surface en utilisant des bouteilles en verre stériles pour la recherche des coliformes totaux, des thermotolérants, *E.coli* et des streptocoques fécaux. La recherche et le dénombrement de ces germes ont été effectués par la méthode de filtration. Un volume de 100 ml d'eau de mer a été filtré sur un filtre stérile de 0,22 μm puis déposé sur un milieu adéquat et incubé à une température précise (Tableau 1) (Rodier *et al.*, 2009).

2.4. Analyse spatiale avec le Système d'Information Géographique (SIG)

L'utilisation du SIG facilite l'interprétation de l'information géographique ainsi que la gestion et le contrôle de la qualité de l'eau grâce à la collecte des données avec précision et rapidité et en ajoutant une grande capacité de stockage et de traitement (Habeeb et Talib Weli, 2021). En mytiliculture, le SIG est appliqué à la sélection des sites favorables à l'élevage des mollusques bivalves (Newell *et al.*, 2013). Dans la présente étude, les résultats obtenus ont été importés sur ArcGIS 10.3 pour l'interpolation par la méthode de l'Inverse Distance Pondérée (IDW), afin de générer des couches thématiques des paramètres étudiés. Ces couches ont été reclassées en utilisant l'analyse spatiale de l'ArcGIS version 10.3 à travers Fuzzy Overlay, suivant les exigences de *M.*

galloprovincialis (Marteil *et al.*, 1976 ; Gharbi et Millot, 2000 ; Le Moine et Gouletquer, 2013 ; ex MPRH, 2014). Cette analyse est également basée sur les normes de qualité des eaux marines (PAP/CAR, 1996). Une échelle de trois classes a été exploitée telle que : classe 3 (qualité bonne), classe 2 (qualité modérée) et classe 1 (qualité mauvaise) (Brigolin *et al.*, 2017; Bagdanavičiūtė *et al.*, 2018 ; Laama *et al.*, 2020).

3. Résultats et discussion

3.1. Variation spatio-temporelle des paramètres physico-chimiques de l'eau de mer

Les cartes de température de l'eau, salinité, oxygène dissous et matières en suspension générées par la technique IDW sont présentées dans les figures 3, 4 et 5 respectivement.

La température de l'eau est un facteur indispensable pour l'élevage aquacole, car elle a des effets directs sur la croissance et la reproduction (Billard, 2005). Au cours de l'année d'étude, la température de l'eau varie autour de 15°C en Février et Mars, puis elle augmente pour atteindre 25°C en Juillet. Elle est similaire dans toutes les stations et elle reflète les conditions météorologiques dans laquelle la zone est soumise.

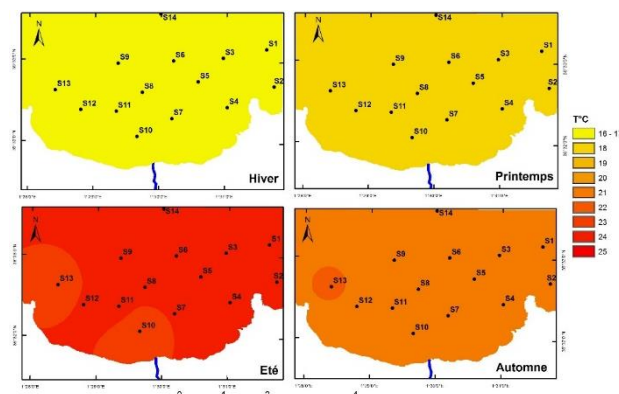


Figure 3. Température saisonnière enregistrée à la baie de Souahlia.

D'après Laama *et al.* (2020), les températures moyennes observées dans la baie de Souahlia ($21,18 \pm 3,42$) sont supérieures à celles enregistrées en Grèce ($19 \pm 3,55$ °C), en Italie ($17,5 \pm 2,73$ °C), en Croatie ($21,1 \pm 1$) et en Espagne ($19 \pm 4,32$), mais elles restent inférieures à celles observées en Turquie.

La salinité enregistrée est typique des eaux Méditerranéennes, elle varie entre 35,5 et 37,5 psu (Figure 4), elle représente une large variabilité spatio-temporelle. Les faibles taux de salinité sont constatés localement, à proximité de cours d'eau temporaire (Oued Ghaussine), à la station S10 ainsi qu'à l'Ouest de la baie. En été, une diminution importante de la salinité est constatée jusqu'à 35,5 psu. L'apport d'eau douce pourrait avoir des répercussions incontournables pour certaines espèces ayant une faible tolérance aux fluctuations de salinité (Gharbi et Millot, 2000). *Mytilus galloprovincialis* est caractérisée par sa tolérance à une grande plage de salinité sachant que la filtration est maximale à 37 psu (Marteil *et al.*, 1976).

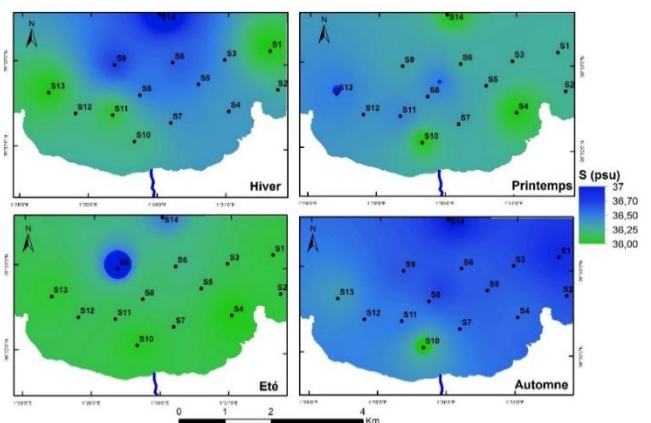


Figure 4. Salinité saisonnière enregistrée à la baie de Souahlia.

A la baie de Souahlia, la variabilité spatiotemporelle d'oxygène dissous illustrée dans la Figure 5 est relativement large, la fluctuation moyenne est entre 6,18 mg/L (saturation d'environ 85%) en été et 8mg/L (saturation dépasse 100%) en printemps. Les concentrations moyennes en oxygène dissous à l'Est de la baie sont élevées que celles de l'Ouest. Tandis qu'en automne, les concentrations moyennes en oxygène dissous diminuent de la côte vers le large où elles deviennent inférieures à celle de large aux stations S6, S9 et S14. Ces teneurs sont favorables à la vie de *Mytilus galloprovincialis*, car le processus de filtration nécessite au moins une quantité de 3 mg/L (Marteil *et al.*, 1976).

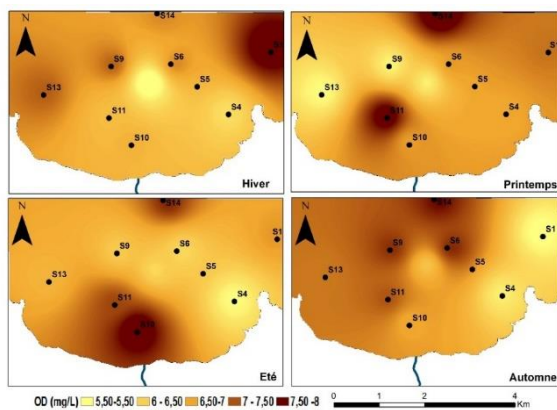


Figure 5. Concentration saisonnière en oxygène dissous enregistreé à la baie de Souahlia.

Les eaux de la baie de Souahlia se caractérisent par une forte variation saisonnière de la teneur en MES en hiver notamment à la station S10 autour de 15 mg / L (Figure 6). La principale source de cette turbidité étant Oued Ghaussine, en particulier en période de tempêtes et de fortes précipitations.

La croissance des mollusques dépend principalement de la richesse du milieu marin en éléments nutritifs et des possibilités qu'ils ont d'utiliser cette richesse. Le phosphore et l'azote favorisent

le développement du plancton végétal, ils constituent la principale source de nourriture des mollusques (Marteil *et al.*, 1976 ; Aminot et Kérouel, 2004).

Les concentrations en nutriments tels que l'ammonium, nitrite, nitrate et phosphate sont très faibles (Figure 7). Leur variabilité saisonnière est très marquée à cause de leur assimilation par la végétation autotrophe où des concentrations faibles sont constatées en printemps surtout pour les phosphates qui constituent un facteur limitant. Ces teneurs reflètent le caractère oligotrophe de la mer Méditerranée. Rodier *et al.* (2009), précise que, les concentrations de l'azote inorganique avec ses différentes formes en milieu marin sont ; (0 à 50 $\mu\text{g/L}$) pour NH_4^+ et (0 à 500 $\mu\text{g/L}$) pour NO_3^- . A travers ces valeurs de références, les nutriments existants dans les eaux de la baie correspondaient bien à la croissance de *Mytilus galloprovincialis*.

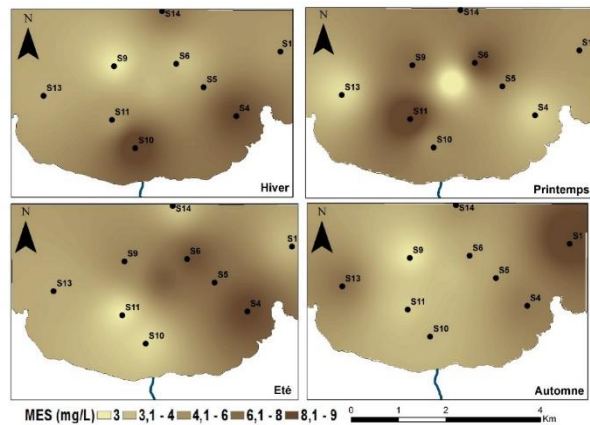


Figure 6. Concentration moyenne saisonnière des matières en suspension à la baie de Souahlia.

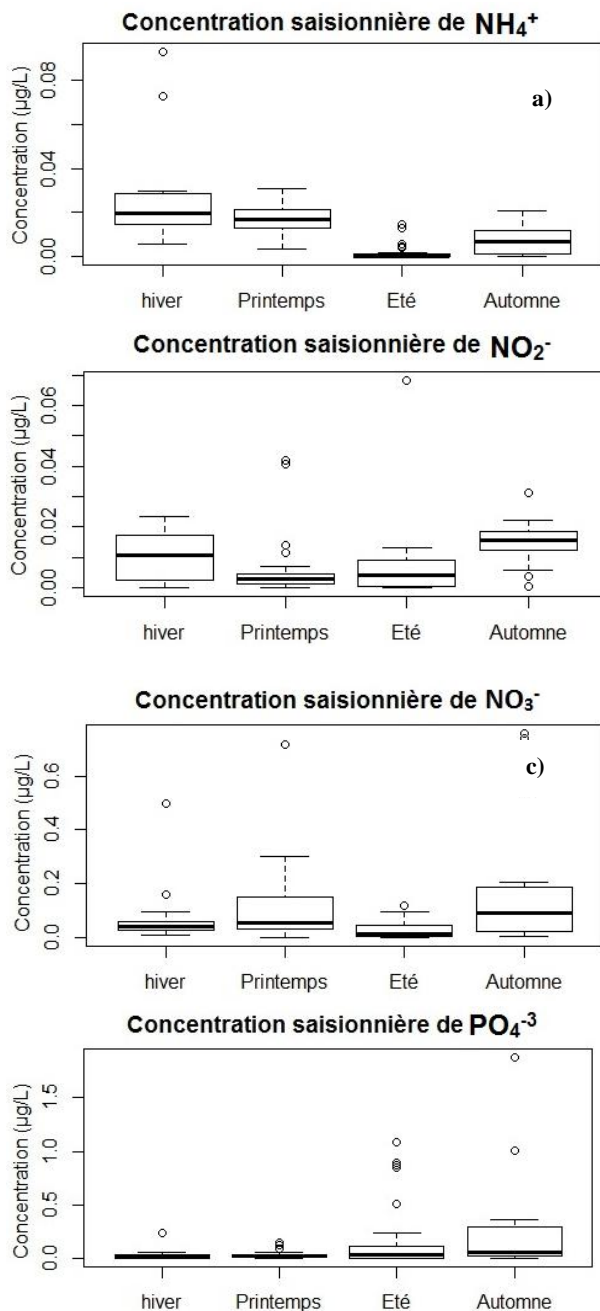


Figure 7. Boxplot de la concentration moyenne des sels nutritifs en fonction de saison à la baie de Souahlia a) ammonium b) nitrite c) nitrate d) phosphate.

La chlorophylle-a est un paramètre clé, elle agit sur le développement du phytoplancton et elle constitue la principale

source de nourriture des mollusques filtreurs (Marteil *et al.*, 1976). La chlorophylle-a influence la variation de la concentration de l'oxygène dissous, les sels nutritifs, le pH et le carbone organique particulaire (Aminot et Kérouel, 2004). Les résultats obtenus de la chlorophylle-a mettent en évidence une grande variabilité spatiotemporelle avec des concentrations faibles en hiver (~ 1 µg/L) et en été (1 à 2 µg/L) et des concentrations fortes au printemps (5 à 6 µg/L) et en automne (~ 4,2 µg/L). En hiver, les stations S10, S11, S13, S1 et S9 sont caractérisées par les concentrations les plus basses. Des concentrations extrêmes sont enregistrées en période printanière particulièrement à la station S10 et S11 (7 µg/L). En automne, les stations S1, S11 et S13 présentent des concentrations nettement supérieures aux autres stations. En effet, la forte concentration observée à la baie de Souahlia au printemps notamment à la station S10 s'explique par les apports continentaux (Oued Ghaoussine). Ces derniers enrichissent l'eau de la baie en nutriments, en particulier en hiver, dès l'arrivée du printemps une importante production végétale est constatée.

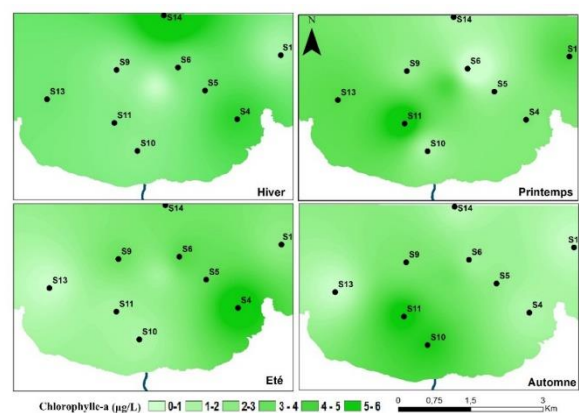


Figure 8. Concentration moyenne de la chlorophylle-a observée à la baie de Souahlia en fonction de saison.

3.2. Variation des paramètres bactériologiques

Le dénombrement de coliformes totaux montre des concentrations assez faibles, avec des répartitions inéquitables entre les stations échantillonnées (Figure 9). Les

concentrations sont élevées à la côte et en face à l'embouchure de cours d'eau d'Oued Ghaussine en hiver et en automne. Les faibles taux marquent l'été avec une concentration maximale que ne dépasse pas 40UFC/100ml.

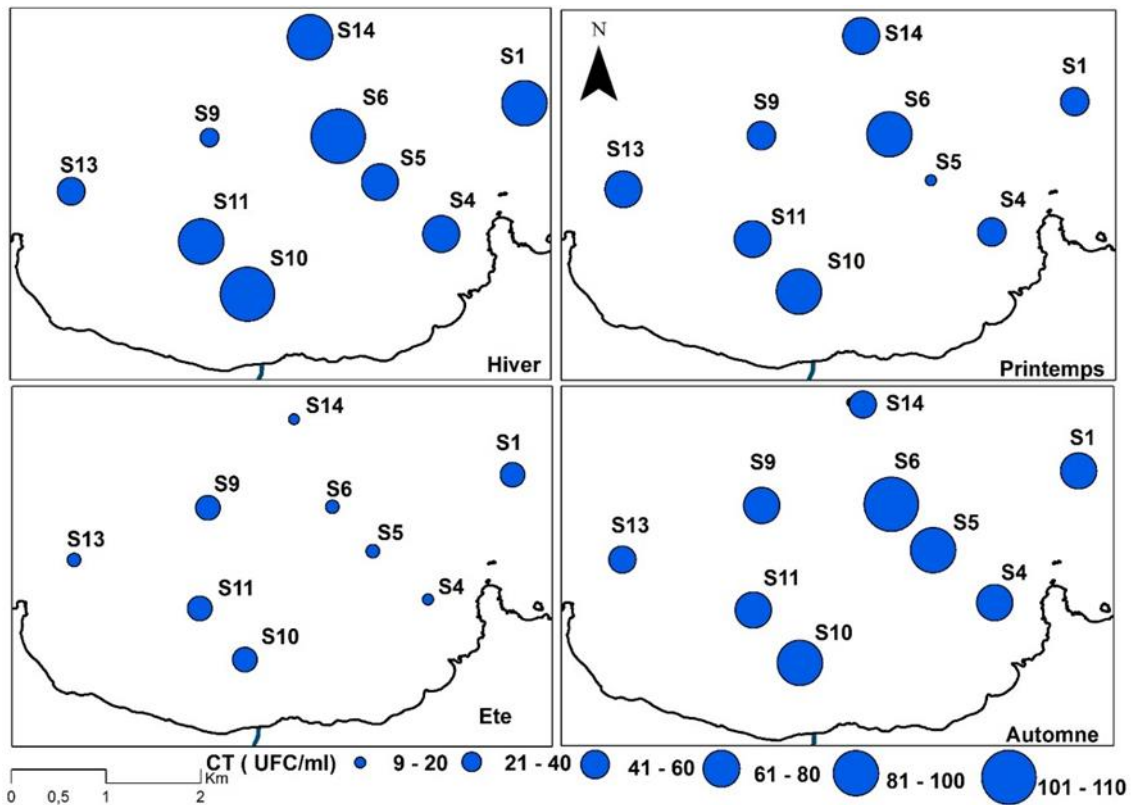


Figure 9. Distribution spatiotemporelle de la teneur en coliformes totaux à la baie de Souahlia.

Les écart-types indiqués dans la Figure 10 montrent une forte variabilité de la concentration saisonnière en thermotolérants sauf en hiver où il est inférieur à 1. La concentration en thermotolérants se situe entre 0 et 12 UFC/100 ml en hiver et au printemps. Elle varie entre 11 UFC /100ml en été et 14 UFC/100ml en automne.

En gros, les eaux de la baie sont de bonne qualité, elles sont marquées par l'absence totale d'*Escherichia coli* et de streptocoques fécaux. Les résultats obtenus sont conformes à la norme de classement des zones de production conchylicole selon

la directive de la communauté européenne du 15/07/91 (91/492/CEE) (Journal Officiel des Communautés Européennes, 1979). Egalement, ces concentrations sont largement inférieures à la valeur guide fixée par Organisation Mondiale de la Santé (OMS) du décret n°93-16 du 10 juillet 1993.

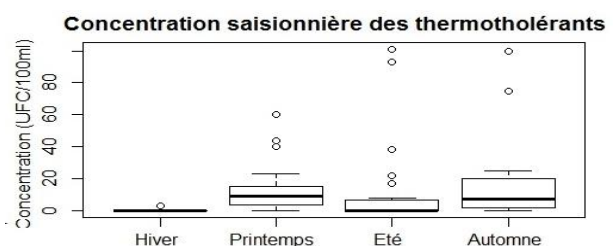


Figure10. Boxplot de la concentration moyenne des thermotolérants par saison.

3.3 Analyse spatiale

L'analyse des résultats obtenus avec le SIG a permis d'identifier une surface de 586 ha, environ 32% de la surface totale de la baie adaptée à l'activité mytilicole notamment à l'élevage de *Mytilus galloprovincialis* (classe 3), alors que plus de 1261 ha est de classe modérée (classe 2). Cette différence de classification est due principalement à la richesse des eaux de la baie en matière en suspension et en chlorophylle-a, apportées par Oued Ghaussine (Figure 11).

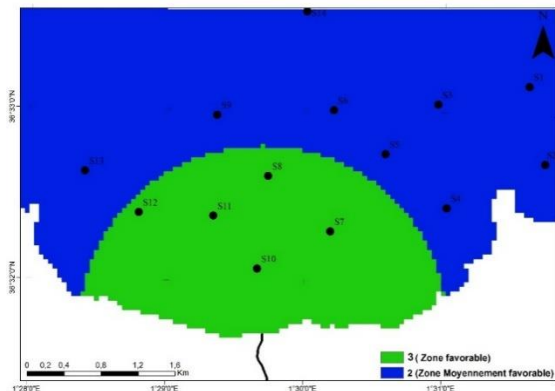


Figure 11. Classification de zone adaptée à l'élevage de *M. galloprovincialis* en fonction des caractéristiques environnementales de la baie de Souahlia.

Conclusion

Cette présente étude permet de définir les zones favorables à la mytiliculture en se basant à la fois sur les paramètres physicochimiques, la qualité bactériologiques de l'eau et le Système d'Information Géographique (SIG). Les résultats obtenus dans cette étude démontrent que les caractéristiques hydrologiques de la baie de Souahlia sont homogènes, avec quelques différences liées aux apports terrigènes et à l'hydrodynamisme. Ces eaux sont favorables à l'élevage de la moule méditerranéenne, *Mytilus galloprovincialis* surtout que la croissance de celle-ci est

tributaire de la qualité de l'eau, notamment la richesse du milieu en phytoplancton et en matières en suspension. Les paramètres étudiés pour l'évaluation de la qualité de l'eau de la baie de Souahlia respectent la norme recommandée pour l'élevage de cette espèce. Cette étude a également révélé l'état sanitaire des mollusques bivalves qui seront produits à la baie de Souahlia, selon les critères environnementaux recommandés par les organisations internationales, surtout en absence totale d'activités pouvant endommager la qualité de l'eau, en particulier la pollution par les eaux usées domestiques et industrielles.

Remerciement

Les auteurs sont très reconnaissants à la ferme El-Mokretar Aqua et au personnel de laboratoire de Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture.

Références

- Aminot, A., Kerouel R. (2004).** *Hydrologie des écosystèmes marins : paramètres et analyses*. Paris, France : Éd. IFREMER.
- Arduini, D.; Portacci, G., Giangrande, A., Acquaviva, M.I.; Borghese, J., Calabrese, C., Giandomenico, S., Quarta, E., Stabili, L. (2023)** Growth Performance of *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 under an Innovative Integrated Multi-Trophic Aquaculture System (IMTA) in the Mar Grande of Taranto (Mediterranean Sea, Italy). *Water* 15, 1922. 1-17p.
- Bagdanavičiūtė, I., Umgiesser, G., Vaičiūtė, D., Bresciani, M., Kozlov, I., Zaiko, A. (2018).** GIS-based multi-criteria site selection for zebra mussel cultivation: Addressing end-of-pipe remediation of a eutrophic coastal lagoon ecosystem. *Science of the Total Environment* 634, 990–1003p.
- Belgaid, I. Nacef, L., Alioua, Z., Bachari, N.I. (2022).** How do mussel provenance and spat size affect mussel aquaculture performance in the South-Western Mediterranean (Algeria)? *Oceanological and Hydrobiological Studies* 51, 239-256p.
- Billard R. (2005).** *Introduction à l'aquaculture*. Paris, France : Ed TEC et DOC.
- Brahimi, S.; Bouyakoub, I.; Taounza, R.; Boudjenah, M.; Morsli, H.; Koheil, A. (2021).** Essai de captage des naissains de moules dans la baie de Bou-ismail. *Hippocampus* 6, 15-19p.
- Brigolin, D., Dal Maschio, G., Rampazzo, F., Giani, M. and Pastres, R. (2009).** An individual-based population dynamic model for estimating biomass yield and nutrients fluxes through an offshore mussel (*Mytilus galloprovincialis*) farm. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 82, 365–376.
- Brigolin, D., Porporato, E.M.D., Prioli, G., Pastres, R. (2017).** Making space for shellfish farming along the Adriatic coast. *ICES journal Marine Science* 74, 1540 – 1551p.
- Demangel, G., Chikhaoui, M., Gasnier, D., Cheniti, S., Prigent, F., Aous, N., Reghis, M. (2019).** Guides pratiques de l'hygiène pour les opérateurs privés de la pêche et de l'aquaculture N°9. Ed. Direction Générale de la Pêche et de l'Aquaculture, Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et de la Pêche.
- ex MPRH (Ministère de la pêche et des ressources halieutiques). (2014).** Bilan (2012-2014), perspective 2030 et projet « plan aquapeche2020 », Alger, 70p.
- FAO (Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture). (2016).** La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2016. Contribuer à la sécurité alimentaire et à la nutrition de tous. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Rome, 210p.
- Feldhusen, F. (2000).** The role of seafood in bacterial foodborne disease. *Microbes Infect* 2, 1651–1660p.
- Figarella, J., Leyral, G., Terret, M. (2001).** *Microbiologie générale et appliquée*. Paris, France : Ed. Jacques Lanore.
- Gharbi R, Millot L. 2000.** Guide d'évaluation du potentiel biophysique des sites de mariculture au Québec. Ed. Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation, 37 p.
- Guiraud, J.P. (1998).** Microbiologie alimentaire. Dunod, Paris, France, 652p.
- Habeeb, N.J., Talib Weli, C. (2021).** Combination of GIS with Different Technologies for Water Quality: An Overview. *HighTech and Innovation Journal* 3, 262-272p.
- Journal officiel des communautés européennes. (1979).** Directive du conseil du 30 octobre 1979 relative à la qualité requise des eaux conchylicoles N°I281, 47-52p.
- Kapetsky, J.M., Aguilar-Manjarrez, J. (2007).** Geographic information systems, remote sensing and mapping for the development and management of marine aquaculture. FAO Fisheries Technical Paper 458, Rome, 125 p.
- Keskin, I., Ekici, A., Serdar, S. (2020).** Determination of the growth performance of *Mytilus galloprovincialis* in nets at Gökçeada Island, *The European Zoological Journal* 87, 559-570.
- Laama, C., Bachari, N.E.I. (2017).** Spatiotemporal variation of physicochemical and bacteriological parameters for site selection of finfish cage in Souahlia bay, Chlef (Algeria). *Proceeding of Euro-Mediterranean conference for environmental integration (EMCEI-1)* Tunisia 2017, Springer internal publishing AG.
- Laama, C., Bachari, N.I. (2018).** Evaluation of site suitability for the expansion of mussel farming in the Bay of Souahlia (Algeria) using empirical models. *Journal of Applied Aquaculture* 31, 337-355p.
- Laama, C., Hassani, A., Bachari, N.E.I. (2020).** Site selection for finfish cage farming using spatial multi-criteria evaluation and their validation at field in the Bay of Souahlia (Algeria). *Aquaculture international*, 28 : 2419-2436p.

Le Moine, O., Gouletquer, P. (2013). Applications des Systèmes d'Information Géographiques en aquaculture. France, IFREMER, Paris, 84p.

Marteil, L., Comps, M., Dardignac-corebeil, M.J., Dertreil, J.P., Gras, P., Grizel, H. et al. (1976). La conchyliculture française : Biologie de l'huitre et de la moule ,2^{ème} partie. Institut scientifique et technique des pêches maritimes, Nantes, 319p.

PRH. 2022. Le résultat intermédiaire du secteur de la pêche maritime et des produits aquatique intitulé activité pour l'année 2020. Ministère de la pêche et des ressources halieutiques. Alger, Algérie, 38 p.

Mok, J.S., Lee, T.S., Kim, P.H., Lee, H.J., Ha, K.S., Shim, K.B., Lee, K.J., Jung, Y.J., Kim, J.H. (2016). Bacteriological quality evaluation of seawater and oysters from the Hansan - Geojeman area in Korea, 2011–2013: Impact of inland pollution sources. *SpringerPlus* 5, 2-16p.

Newell, C.R., Hawkins, A.J.S., Morris, K., Richardson, J., Davis, C., Getchis, T. (2013). ShellGIS: a Dynamic Tool for Shellfish Farm Site Selection. *World aquaculture*, 52-55p.

PAP/CAR. (1996). Approche pour l'aménagement de zones côtières en relation avec l'aquaculture en Méditerranée. Ed.PAP-10/EAM/gl.1.Split,Croatie, 383p.

Rodier, J., Legube, B., Merlet, N.2009. *L'analyse de l'eau*. Paris, France : 9^{ème} Ed.

UICN (Union internationale pour la conservation de la nature et de ses ressources). (2009). Guide pour le développement durable de l'aquaculture méditerranéenne 2. Aquaculture : Sélection et Gestion des Sites, Gland, Suisse et Malaga, Espagne, 340p.