

République Algérienne Démocratique et Populaire

Université Abdelhamid Ibn
Badis-Mostaganem
Faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد بن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA MER ET DE L'AQUACULTURE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

Chaouch Ikram et Bousmat Fayza

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN HYDROBIOLOGIE MARINE ET CONTINENTALE

Spécialité : Bioressources Marines

THÈME

Evaluation de la qualité des eaux dans
les zones d'élevage de poisson.

Soutenue publiquement le /09/2020

DEVANT LE JURY

Président M^{me} BENZIDANE. D

MAA

U. Mostaganem

Encadreur M^{elle} OULHIZ. A

MCB

U. Mostaganem

Examineur M^{er} BELBACHIR. N

MCB

U. Mostaganem

Année universitaire 2019/2020

Remerciement

*Nous remercions Allah tout puissant de nous avoir donné la volonté et le courage de mener
à bien ce travail.*

Nous tenons à remercier vivement notre encadreur M^{elle} OULHIZ. Aicha d'avoir accepté de diriger ce travail et pour ses précieux conseils et encouragements durant le déroulement de ce travail.

Nos vifs remerciements s'adressent à tous les membres de jury qui nous avons fait l'honneur d'examiner ce travail.

M^{me} BENZIDANE. Dehiba, Maitre-assistant à l'université de Mostaganem, veuillez trouver ici, l'expression de nos sincères remerciements et de notre profonde gratitude d'avoir accepté de présider ce jury de mémoire nous a beaucoup marquée.

M^{er} BELBACHIR. Nor-Eddine, Maitre de conférences et chef de département des sciences de la mer et de l'aquaculture à l'université de Mostaganem, nous apprécions beaucoup la spontanéité avec laquelle vous avez accepté d'examiner ce modeste travail. Recevez en ce jour, notre reconnaissance éternelle.

Nos vifs remerciements à tous les enseignants du département et en particulier M^{er} Nasr-Eddine TAIBI et M^{me} Lilia AIT AMER, mes remerciements les plus sincères s'adressent à vous.

En fin, nous remercions toute personne ayant contribué à l'élaboration de ce travail.

Dédicace

Louange à Dieu qui m'a donné la vie, la santé et la
raison pour réussir ce mémoire.

Je donne mon très cher remerciement pur et spécial à
mes parents pour leurs encouragements pendant toute
ma vie et pendant mon parcours. Sans oublier mes
sœurs et mon petit frère et mon cher mari

Mes chers remerciements à mon tonton : Benameur Bachir
et mes chers oncles Chaouch Djamel et chaouch Abdallah

A ma copine Fatima challag

A tous ceux qui me sont chères.

CHAOUCH.I

Dédicace

Nous remercions Allah tout puissant de nous avoir donné la volonté et le courage de mener à bien ce travail.

A la mémoire de mon père qui nous a quitté ça fait un an

Je dédie ce mémoire à ma mère, qui m'a encouragé à aller de l'avant et qui m'a donné son amour pour reprendre mes études.

À mon unique frère : FOUJIL

A ma famille et tous mes amis (ies) que J'aime.

Fayza

Liste des figures

Figures 01 :	Schéma sur le cycle de l'eau.....	15
Figures 02 :	La répartition de la biodiversité en Méditerranée.....	16
Figures 03 :	Les étangs d'élevage en béton.....	17
Figures 04 :	Cages flottantes piscicoles en mer.....	18
Figures 05 :	Matériel d'échantillonnage des eaux.....	24
Figures 06:	Méthode de prélèvement des échantillons d'eau.....	25
Figures 07 :	Le disque Secchi.....	27
Figures 08 :	zone témoin : entre les fermes aquacoles.....	40
Figures 09 :	Emplacement des stations d'échantillonnage dans la zone d'étude.....	42

Liste des tableaux

Tableau 1 :	Délai de stockage des échantillons pour l'analyse en laboratoire.....	25
Tableau 2 :	Les résultats des expériences des doses du benzoate d'émamectine.....	46

Liste d'abréviation

H₂O : monoxyde de dihydrogène

MES : Les matières en suspension

O₂ : Dioxyde d'oxygène.

pH : Potentiel d'hydrogène.

DCO : La demande chimique en oxygène.

DBO₅ : La demande biochimique en oxygène.

FAO: Food and agriculture organization.

Table des Matières

Remerciment	02
Dédicace.....	03
Liste des figures.....	05
Liste des tableaux.....	05
Listes abréviation.....	06
Résumé.....	10
Introduction générale.....	12
Eaux et aquaculture.....	14

Chapitre I : Généralité sur l'eau et l'aquaculture

I.Généralité sur l'eau et l'aquaculture.....	15
I.1 Le cycle hydrologique.....	15
I.2 La biodiversité en Méditerranée	15
I.2. L'aquaculture.....	16
I.2.1 Différents systèmes d'aquaculture	16
I.2.2. Production extensive	17
I.2.3. Production intensive	17
I.2.4. Différents types d'aquaculture.....	18
I.2.3. Objectifs de l'aquaculture.....	19
I.2.4. Qualité de l'eau requise pour l'élevage des poissons	19
I.2.5. Impacts de l'aquaculture sur l'environnement.....	20
I.2.6. Impact physico-chimique sur l'eau, le sédiment et le benthos.....	20
I.2.7. Sédimentation et dispersion.....	20
I.2.8. Déplétions en oxygène.....	21
I.2.9. Effets des métaux lourds sur le milieu aquatique.....	22

Chapitre II : Partie 1 : Matériel et méthodes

II.1 Matériel et méthodes	24
II.1.1 Préparation d'une campagne de prélèvement.....	24
II.1.2 Technique de prélèvement et de traitement des échantillons.....	24
II.1.3 Les paramètres physico-chimiques à étudier	26
II.1.3.1 Les paramètres physiques.....	26
II.1.3.1.1 Température de l'eau	26
II.1.3.1.2 La densité	26
II.1.3.1.3 La conductivité électrique	26
II.1.3.1.4.La turbidité	27
II.1.3.1.5.Les matières en suspension	28
II.1.3.2 Les paramètres chimiques	28
II.1.3.2.1 Le potentiel d'hydrogène (pH)	28
II.1.3.2.2 L'oxygène dissous	29
II.1.3.2.3. DCO	30
II.1.3.2.4 DBO.....	30
II.1.3.2.5 Les ions majeurs.....	31
II.1.3.2.5.1 Les anions.....	31
II.1.3.2.5.2 Les cations.....	32
II.1.3.2.5.3 Les métaux lourds	33

Chapitre II : Partie 2 : Etude des articles

Article 1 : Impacts d'une pisciculture marine dans le golfe d'Argolikos (Grèce) sur la colonne d'eau et les sédiments	35
Article 2 : Impacts des fermes aquacoles sur la qualité de la colonne d'eau dans le golfe de Hammamet (Est de la Méditerranée)	38

Article 3 : Imimpacts des fermes aquacoles sur la qualité de la colonne d'eau dans le golf Hammamet (Est de la Méditerranée)	40
Conclusion.....	43
Références bibliographiques	

Résumé

Résumé :

L'aquaculture concerne l'élevage et la récolte de poissons, de mollusques et de plantes aquatiques. Cette activité représente une part de plus en plus importante du secteur de la production alimentaire. L'élevage d'animaux aquatiques peut entraîner des impacts environnementaux dus à des rejets de matière organique ou inorganique, des rejets alimentaires et nutritionnels, etc. L'analyse physico-chimique (O₂, conductivité, pH, température, turbidité et sels nutritifs, etc) fait connaître la qualité de la colonne d'eau et peut permettre de déterminer le niveau de contamination et de dégradation du milieu au niveau des fermes aquacoles.

Plusieurs travaux ont traité le sujet de l'impact de l'aquaculture sur l'environnement, en démontrant que les taux de dégradation du milieu (surtout en éléments minéraux) sont proches de la pisciculture, principalement dans les couches superficielles de la colonne d'eau au voisinage des cages d'élevage et ils augmentent parallèlement avec l'ancienneté des fermes. L'interaction entre les activités du projet d'aquaculture et l'environnement est parfois suffisamment complexe ou étendue pour mériter une analyse approfondie et cela grâce à l'amélioration et la gestion de l'alimentation, le traitement de l'eau et l'aquaculture intégrée.

Mots-clés : Aquaculture, analyses, physico-chimique, environnement, impact.

Résumé

ملخص:

تتعلق تربية الأحياء المائية بتربية وحصاد الأسماك والرخويات والنباتات المائية. يمثل هذا النشاط جزءاً متزايد الأهمية من قطاع إنتاج الغذاء. يمكن أن يؤدي تكاثر الحيوانات المائية إلى تأثيرات بيئية بسبب إطلاق المواد العضوية أو غير العضوية ، والنفايات ، التوصيل ، الأس الهيدروجيني ، درجة الحرارة ، التعكر وأملاح O2 الغذائية والتغذية ، إلخ. إن التحليل الفيزيائي الكيميائي للمغذيات ، إلخ. يُعرف بجودة عمود الماء ويمكن أن يسمح بتحديد مستوى التلوث وتدهور البيئة على مستوى المزرعة. تربية الأحياء المائية.

تناولت العديد من الأعمال موضوع تأثير تربية الأحياء المائية على البيئة ، من خلال إثبات أن معدلات تدهور البيئة (خاصة في العناصر المعدنية) قريبة من الاستزراع السمكي ، خاصة في الطبقات السطحية من عمود المياه بالقرب من أقفاص التربية وتزداد تماشيًا مع عمر المزارع. يكون التفاعل بين أنشطة مشروع الاستزراع المائي والبيئة في بعض الأحيان معقدًا أو واسع النطاق بما يكفي لاستحقاق مزيد من التحليل وهذا من خلال تحسين وإدارة التغذية ومعالجة المياه و تربية الأحياء المائية المتكاملة

.الكلمات المفتاحية: تربية الأحياء المائية ، التحليلات ، الفيزياء الكيميائية ، البيئة ، التأثير.

Résumé

Summary :

Aquaculture involves the rearing and harvesting of fish, molluscs and aquatic plants. This activity represents an increasingly important part of the food production sector. The breeding of aquatic animals can lead to environmental impacts due to releases of organic or inorganic matter, food and nutritional waste, etc. Physico-chemical analysis (O₂, conductivity, pH, temperature, turbidity and nutrient salts, etc.) shows the quality of the water column and can determine the level of contamination and degradation of the environment at farm level aquaculture.

Several works have dealt with the subject of the impact of aquaculture on the environment, by demonstrating that the rates of degradation of the environment (especially in mineral elements) are close to fish farming, mainly in the superficial layers of the column of water in the vicinity of breeding cages and they increase in line with the age of the farms. The interaction between the activities of the aquaculture project and the environment is sometimes sufficiently complex or extensive to merit careful analysis and this through the improvement and management of feeding, water treatment and integrated aquaculture.

Keywords: Aquaculture, analyzes, physico-chemical, environment, impact

Introduction

Introduction :

Le littoral algérien représente un écosystème fragile et constamment menacé de dégradation en raison de la concentration de la population, des activités économiques et des infrastructures le long de la bande côtière. (Kacemi ; 2011). Les zones côtières sont le lieu d'activités nécessitant des eaux de bonne qualité physico-chimique : usages récréatifs, aquaculture et pêche. Ces activités influencent les zones côtières directement et indirectement entraînant des dégradations notables de la qualité des eaux et des écosystèmes marins. (Remili et Kerfouf, 2013).

Au niveau méditerranéen, l'aquaculture s'est développée à un rythme soutenu et avec une tendance à la diversification des espèces d'élevage qui facilite la croissance du secteur (UICN, 2007). Au cours de ces dernières années, l'aquaculture est devenue le secteur de production d'aliments dont la croissance a été la plus rapide, et contribuant de plus en plus au développement économique national, à la fourniture mondiale d'aliments et à la sécurité alimentaire (Bangkok, 2000). Par contre en Algérie, l'aquaculture a relativement peu évolué et depuis les années soixante-dix elle a conservé un caractère de démonstration, et, était localisée géographiquement au Mazafran et à El Kala (Seridi, 2011).

L'aquaculture utilise des produits chimiques, des engrais des antibiotiques qui sont nocifs alors que les contrôles sont très limités. L'aquaculture est considérée comme une source de pollution importante (Abousamra, 2003). Les effets nocifs de l'aquaculture sur l'environnement proviennent de plusieurs facteurs : du gaspillage de nourriture non consommée par les poissons (de 10 à 30% selon la méthode de Nourrissage), des produits du métabolisme des poissons, des traitements chimiques utilisés pour éviter l'accumulation de déchets sur les filets, et des produits chimiques pour traiter les maladies et parasites des poissons. Dosdat (2001) a expliqué l'augmentation des concentrations d'ammonium et d'urée dans les zones proches des sites d'aquaculture, avec le fait que les deux sont des produits directs de l'excrétion de poisson. Les apports accidentels comprennent la litière, le carburant et l'huile Provenant des bateaux, (Jay Parsons 2009).

Au niveau mondial et en mer Méditerranée, Il existe un grand nombre d'études décrivant les différents impacts sur l'environnement marin causés par les pratiques aquacoles (Troell et Berg, 1997; Brooks *et al.*, 2003; Soto et Norambuena, 2004; Karakassis *et al.*, 2005; Pitta *et al.*, 2005; Rana, 2006; Sanz-Lázaro et Marín 2008; Yoboue *et al.*, 2018; Nippard et Ciocan, 2019...ect). Par conséquent, l'objectif général de ce document est d'examiner plusieurs articles

Introduction

traitant le sujet et en utilisant les analyses physico-chimiques de la colonne d'eau dans les fermes aquacoles à différentes échelles temporelles. Et de voir les divers impacts de l'élevage de poissons sur l'environnement proche des fermes aquacoles.

Ce manuscrit est divisé en plusieurs parties : La première partie est consacrée à l'étude bibliographique en développant des généralités sur l'aquaculture et l'impacte de celle-ci sur l'environnement. Le deuxième chapitre, divisé en deux parties, la première démontre les différentes analyses qu'on peut réaliser afin d'évaluer la qualité des eaux dans les fermes aquacoles. Pour ensuite, étudier quelques articles récents sur l'impacte de l'aquaculture sur l'environnement en deuxième partie. Enfin, une conclusion fait l'objet de la dernière partie de ce manuscrit.

Chapitre I

Eaux et aquaculture

I. Eaux et aquaculture

I.1. Généralité sur l'eau et l'aquaculture

Les mers et les océans représentent plus de 71% de la surface de la terre. Ces derniers constituent des puits de matière et d'énergie et sont indispensables à la vie sur terre. Point chaud de la biodiversité, ces milieux abriteraient 80 % de la biomasse mondiale et 90 % de la biodiversité. Malgré leur importance, ces écosystèmes subissent de plus en plus les agressions de l'homme (pêche industrielle, réchauffement climatique, pollution...etc.). Effectivement, les impacts sur l'environnement se sont vus multipliés, avec les nouveaux modes d'exploitation et de productions inappropriées qui ont vu le jour. (Viel, 2013)

I.1.1. Le cycle hydrologique

Cycle hydrologique est un concept qui englobe les phénomènes du mouvement et du renouvellement des eaux sur la terre. Cette définition implique que les mécanismes régissant le cycle hydrologique ne surviennent pas seulement les uns à la suite des autres, mais sont aussi concomitants. Le cycle hydrologique n'a donc ni commencement, ni fin. (**fig.01**)

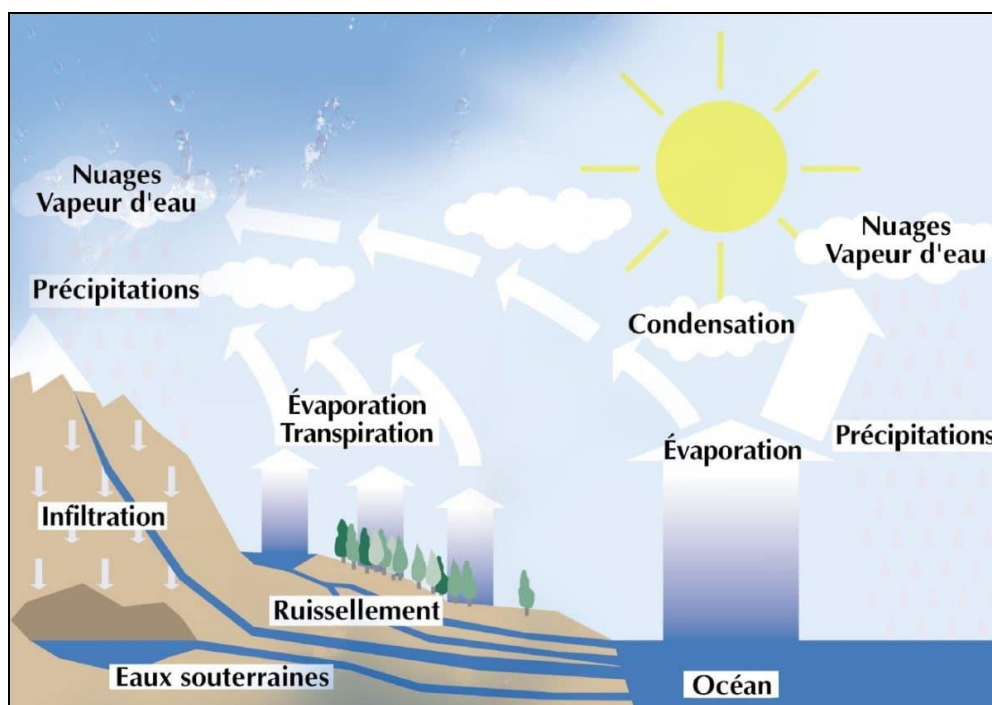


Figure 01 : Schéma sur le cycle de l'eau. (Marillys, 2010)

I.1.2. La biodiversité en Méditerranée

Tout en ne représentant que 0.82 % de la surface totale des Océans, la Mer Méditerranée abrite 8 à 9 % de la biodiversité marine. C'est l'écosystème marin le plus riche en termes de diversité d'espèces. 10 000 à 12 000 espèces méditerranéennes sont actuellement recensées avec pour ordre de grandeur : un peu plus de 600 espèces de poissons, 2000 de crustacés, 1400 mollusques, 150 échinodermes, 450 méduses, 600 éponges et 1350 algues et plantes marines. A cela s'ajoutent 5 espèces de reptiles et 21 de mammifères. (Christian, 2013). (fig.02)

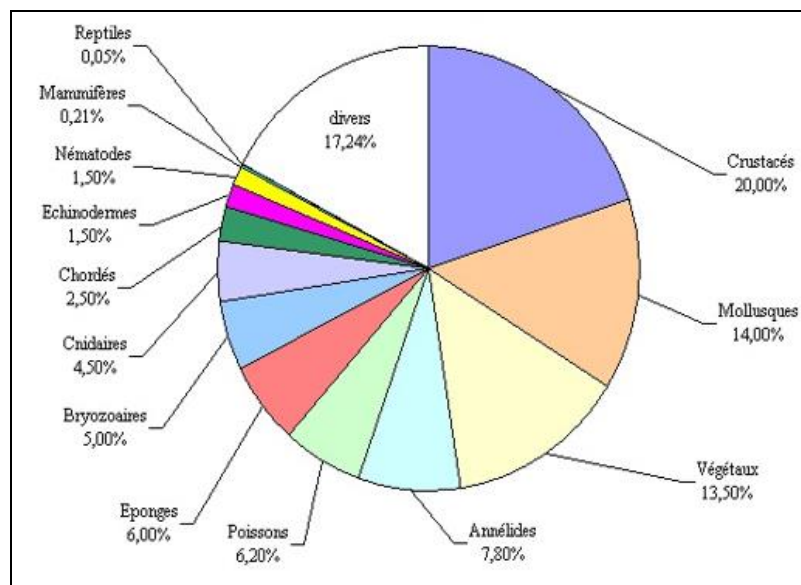


Figure 02 : La répartition de la biodiversité en Méditerranée (Christian, 2013).

I.2. L'aquaculture

L'Aquaculture comme étant « l'art de multiplier et d'élever les animaux et les plantes aquatiques ». L'Aquaculture est une activité de production de poissons, mollusques, crustacés et algues, en systèmes intensifs ou extensifs. Par aquaculture, on entend différents systèmes de culture de plantes et d'élevage d'animaux dans des eaux continentales, côtières et maritimes, qui permettent d'utiliser et de produire des espèces animales et végétales diverses et variées. En 2014, la contribution de l'aquaculture hors plantes aquatiques s'élevait à 74 millions de tonnes (Mt) sur un total pêche + aquaculture de 167 Mt (FAO, 2016). L'aquaculture est pratiquée à travers une vaste étendue géographique et climatique. Si les activités aquacoles actuelles, basées sur les quatre principaux groupes d'espèces (poissons, mollusques, crevettes et plantes aquatiques), sont développées à toutes les latitudes, l'essentiel de la production est concentré en Asie et dans les pays tropicaux. (Lazard, 2017).

I.2.1. Différents systèmes d'aquaculture

Plusieurs pratiques aquacultures sont utilisées dans le monde entier. L'aquaculture prend en effet des formes variées : extensive ou intensive, en milieu naturel ou en bassin, en eau douce ou en eau de mer, dans des systèmes de circulation ou de recirculation. Si ces pratiques permettent une grande diversité d'organismes d'élevage, elles nécessitent en revanche des techniques et équipements spécifiques. Les différents systèmes d'aquaculture, ont été mis au point pour cultiver la grande variété d'organismes aquatiques dans les eaux marine, saumâtre et douce. Les systèmes peuvent être installés sur la terre ferme ou dans l'eau. (FAO, 2000).

I.2.1.1. Production extensive

La production en étang, avec un bassin en terre avec un faible degré de contrôle (comme de l'environnement, de la nutrition, des prédateurs, des compétiteurs, des agents pathogènes), faibles coûts initiaux, technologie simple et faible efficacité de forte dépendance du climat local et de la qualité de l'eau. La culture extensive repose uniquement sur des aliments naturels tels que le plancton, les déchets, le benthos et les objets à la dérive, sans qu'aucune nourriture supplémentaire ne soit nécessaire. Elles ne conviennent pas aux poissons qui demandent une grande quantité de protéines ou qui ne sont, anatomiquement, physiologiquement ou de par leur comportement alimentaire, pas adaptés à ce type de nourriture. (Coche,1982). (Fig.03)



Figure 03 : Les étangs d'élevage en béton (IRAD, 2000)

I.2.1.2. Production intensive :

Elevage se pratique dans des espaces entièrement ou partiellement clos (bassins en terre, béton ou en plastique, nasses ou cages géantes flottantes, etc.) en eau douce ou en pleine mer suivant les espèces. L'accumulation excessive de nutriments peut s'avérer néfaste en

favorisant la croissance d'espèces envahissantes et du phytoplancton causant une asphyxie des eaux. L'alimentation se fait à la main dans le sens du courant et, en général, le type de nourriture est de provenance industrielle, spécialement conçue pour l'espèce élevée. Ce type d'installation est peu coûteux, mais reste exposé au vol et aux caprices de la météo, et ainsi nécessite une surveillance et un entretien constants. (Billard, 2010). (Fig.04)



Figure 04 : Cages flottantes piscicoles en mer (Flickr, 2019)

I.2.2. Les différents types d'aquaculture

I.2.2.1. L'aquaponie : polyculture extensive intégrant sous forme de symbiose poissons, mollusques, et une multiplicité de végétaux lesquels se nourrissent des déjections elles-mêmes transformées par des bactéries.

I.2.2.2. La pisciculture : (c'est-à-dire l'élevage de poissons). La pisciculture est une des branches de l'aquaculture qui désigne l'élevage des poissons dans des espaces entièrement ou partiellement clos pour la consommation ou pour la vente.

I.2.2.3. La conchyliculture : (l'élevage de coquillages). L'évolution des productions halieutiques et aquacoles de la coquille japonaise montre que l'élevage a égalé la pêche dans les années 90, et représente maintenant le double. Les types les plus courants de conchyliculture sont :

- ✓ L'ostréiculture (élevage des huîtres),
- ✓ L'halioticulture (élevage des ormeaux),
- ✓ La mytiliculture (élevage des moules),
- ✓ La pectiniculture (élevage de coquilles SaintJacques ou de pétoncles).

I.2.2.4. L'élevage de crustacés : L'aquaculture des crustacés marins est largement dominée par les crevettes pénéides qui représentaient en 2000 plus d'un million de tonnes de

production, soit 86 % des crustacés marins produits en élevage. Les crabes représentaient 11 % des autres espèces cultivées, le reste concernant principalement les langoustes.

- ✓ L'astaciculture est l'élevage des écrevisses,
- ✓ La pénéculture (élevage de crevettes).

I.2.2.5. L'algoculture : (c'est-à-dire la culture d'algues) L'algoculture est une partie de l'aquaculture, la phycoculture, qui consiste en la culture spécifique des algues marines pour une utilisation industrielle ou alimentaire, en formant des algueraies. Les algues marines sont devenues indispensables à la fabrication de quantité de produits alimentaires, textiles, cosmétiques ou autres.

I.2.3. Objectifs de l'aquaculture

- ✓ Le but fondamental au sens commun des activités aquacoles est de produire de la matière vivante à partir de l'élément aquatique, la production pour la consommation humaine d'aliments riches en protéines
- ✓ Production de poissons et d'appâts vivants pour la pêche professionnelle et sportive.
- ✓ Production de juvéniles pour la reconstitution des stocks naturels.
- ✓ Introduction de nouvelles espèces.
- ✓ Production de poissons d'aquarium (poissons ornementaux).
- ✓ Recyclage des déchets organiques.

I.2.4. Qualité de l'eau requise pour l'élevage des poissons

Les poissons sont des animaux aquatiques, l'eau est leur milieu de vie. Les espèces ont toutes des besoins spécifiques en termes de qualité physico-chimique de l'eau. Les exigences en termes de qualité physico-chimique de l'eau proviennent des caractéristiques du milieu d'où les espèces sont élevées. Cependant, la qualité physico-chimique de l'eau est modifiée sous l'influence de la nature de l'élevage (surtout l'intensif) des poissons en pisciculture, elle se détériore. Le rejet des produits d'excrétion dans l'eau est le principal agent responsable de cette détérioration de la qualité de l'eau dans les bassins d'élevage. Bien que les poissons d'élevage, du fait de leur domestication, soient plus tolérants que les poissons sauvages aux conditions d'eau, des limites extrêmes ne doivent cependant pas être dépassées, au-delà desquelles l'eau devient impropre à l'élevage. La connaissance de la biologie de chaque espèce permet de déterminer ces qualités pour obtenir de bonnes performances d'élevage. (Morin, 2012).

Par ailleurs, les modifications de la qualité de l'eau résultant de l'élevage intensif sont les suivantes :

Augmentation de la température en été et augmentation aussi de la concentration en O₂, en solides en suspension (MES), en ammoniac (NH₃ - NH₄⁺), en CO₂ et en bactéries et champignons ; avec une diminution en température en hiver et en pH. (Morin, 2012).

I.2.5. Impacts de l'aquaculture sur l'environnement

En raison de l'expansion rapide et de la pression continue sur les ressources naturelles en eau, l'énergie et les aliments pour animaux, l'aquaculture peut avoir des impacts différents sur l'environnement. L'aquaculture peut avoir un impact à la fois positif et négatif sur l'environnement. Habituellement, la qualité et la quantité des déchets de l'aquaculture, ainsi que les impacts environnementaux de l'aquaculture, varient selon les espèces d'élevage, les pratiques de gestion utilisées et l'emplacement du système de production, mais aussi sur la qualité et la gestion des aliments.

Les élevages ne sont pas sans conséquence sur l'environnement proche des installations aquacoles. L'impact de celles-ci sur le milieu environnant concernera aussi bien les masses d'eau avoisinantes que les sédiments sous-jacents.

I.2.5.1. Impact physico-chimique sur l'eau, le sédiment et le benthos

Comme toute structure placée dans un fluide mobile, les installations piscicoles peuvent influencer la sédimentation par simple modification de la vitesse et de la direction des courants, et altérer ainsi le régime de flux en créant, à la fois des zones d'érosion et de sédimentation. Le sort des particules de nourriture non consommée et des fèces, rejetés par l'élevage, dépendra des conditions hydrodynamiques du milieu mais, en général, une grande proportion des déchets (essentiellement la nourriture non consommée) se déposera dans le voisinage immédiat du site.

Dans les milieux peu turbulents, les déchets s'accumulent en formant une couche molle et floconneuse pouvant atteindre 40 cm ou plus d'épaisseur. Ceci entraîne des modifications physiques et chimiques de l'eau et du substrat qui ne seront pas sans conséquence aussi bien sur les organismes benthiques que sur l'élevage lui-même. En fait, le type d'impact d'un élevage aquacole sur le milieu est comparable à celui de n'importe quel autre rejet organique.

I.2.5.2. Sédimentation et dispersion

De nombreuses activités aquacoles aboutissent à rejeter régulièrement dans le milieu des déchets métaboliques et des aliments non consommés. En général, les déchets solubles se retrouvent dans la colonne d'eau et les déchets organiques dans les sédiments.

- ✓ La plus grande partie des déchets solides, qui se compose principalement de carbone organique et d'azote, se dépose sur le fond aux abords immédiats de la ferme. L'enrichissement organique de l'écosystème benthique peut provoquer un accroissement de la consommation d'oxygène par les sédiments et les rendre donc anoxiques ; dans des cas extrêmes, un dégagement de dioxyde de carbone, de méthane et d'hydrogène sulfuré augmente la minéralisation de l'azote organique et réduit la biomasse de la macrofaune, l'abondance et la variété des espèces.
- ✓ Le dépôt de déchets organiques peut provoquer des changements physico- chimiques du substrat, particulièrement aux abords des sites cultivés. L'enrichissement en matières organiques des sédiments stimule l'action bactérienne ; cette dernière provoque une désoxygénation du substrat et de l'eau de fond due à la réduction de la concentration en oxygène de l'eau interstitielle, à l'augmentation la consommation d'oxygène, à la réduction des sulfates, à la dénitrification, et à l'accroissement des éléments nutritifs organiques tels que les nitrates, les nitrites, l'ammoniaque, les silicates et phosphates libérées par les moules. La régénération des éléments nutritifs potentiellement limitant peut accroître la production primaire.

I.2.5.3. Déplétions en oxygène

Les élevages aquacoles génèrent un accroissement de la consommation en oxygène, d'abord par la respiration des animaux en élevage, à des densités observées (pisciculture) ou des concentrations dans les zones d'élevage (conchyliculture) bien supérieures à celles des communautés naturelles. Ensuite, les rejets de déchets induisent un enrichissement organique qui augmente également la DBO (demande biologique en oxygène). Enfin, les nutriments rejetés dans la colonne d'eau stimulent la production phytoplanctonique et augmentent donc directement la DBO dans la colonne d'eau.

La chute des teneurs en oxygène peut affecter le zooplancton et diminuer la prédation de ce dernier sur le phytoplancton, entretenant ainsi l'augmentation de la DBO. Une chute des teneurs en oxygène dissous peut être ainsi observée, surtout à proximité des sites piscicoles, le

retour à la normale s'opérant généralement à trente mètres environ du site. Mais des déficits en oxygène ont cependant été mesurés jusqu'à un kilomètre sur des sites où les conditions de culture et les modalités de gestion associées étaient médiocres. (Gloria, 2014.)

I.2.5.4. Effets des métaux lourds sur le milieu aquatique

Dans les écosystèmes aquatiques naturels, les métaux se trouvent à de faibles concentrations, généralement de l'ordre du nanogramme ou du microgramme par litre. Une fois arrivés dans l'environnement aquatique, les métaux se répartissent entre les différents compartiments de l'environnement aquatique (l'eau, les solides en suspension, les sédiments et le biote). Les métaux présents dans l'environnement aquatique peuvent exister sous forme de complexes, de particules ou en solutions. La contamination de l'environnement aquatique par des métaux de provenance localisée, peut avoir des effets délétères, c'est-à-dire des effets toxiques aigus ou chroniques, sur la vie aquatique à l'intérieur de la zone concernée. Les métaux peuvent être absorbés sous la forme inorganique ou sous la forme organique. Pour certains éléments, comme l'arsenic et le cuivre, la forme inorganique est la plus toxique. Pour d'autres, comme Hg, Sn et Pb, les formes organiques sont les plus toxiques. (FAO, 1994).

CHAPITRE II : Partie 1

Matériel et méthodes

II.1 Matériel et méthodes :

II.1.1 Préparation d'une campagne de prélèvement

Dans un premier temps, il est nécessaire de bien préparer le flaconnage. A savoir s'il est adapté aux paramètres que vous souhaitez suivre. On s'assurons également auprès du laboratoire partenaire que le flaconnage et respectons les normes en vigueur.

Lors du prélèvement, une fiche de terrain spécifique à chaque station est à remplir. En plus des flacons, prévoyons du matériel annexe à emporter qui est indispensable lors des prélèvements : de l'eau distillée, une glacière pour la conservation des échantillons le temps des prélèvements etc. (Fig. 05)



Figure05 : Matériel d'échantillonnage des eaux. (AFNOR, 1993).

Lors des prélèvements, certains risques peuvent être encourus et dans tous les cas, évitons tout contact avec la bouche, en rinçant les mains à l'eau claire après le prélèvement, puis utilisons un gel hydro alcoolique et dans la mesure du possible, privilégions un prélèvement en binôme.

A l'arrivée sur le site, les paramètres doivent être relevés simultanément au prélèvement pour faciliter ensuite le traitement et l'interprétation des données. (AFNOR, 1993).

II.1.2 Technique de prélèvement et de traitement des échantillons

Rincer trois fois (de façon énergique) le flacon et son bouchon sauf si celui-ci est à usage unique et contient un fixateur. L'eau de rinçage ne doit jamais être prélevée en surface. Lors de l'écoulement de l'eau dans le flacon, un tour de main particulier fait que l'eau s'écoule en tourbillonnant le long des parois.

Plonger la bouteille dans l'eau avec le col vers le bas, retourner la bouteille en la laissant inclinée selon un angle de l'ordre de 45°, goulot en position supérieure, face au courant et laisser la bouteille se remplir lentement sans barbotage. Lorsque la bouteille est pleine, il faut

la remonter et la "sonner" l'en inclinations en tous sens (sans créer d'émulsion) en chassant toutes les bulles d'air se trouvant au contact des parois. (Fig.06)



Figure 06 : Méthode de prélèvement des échantillons d'eau.

Le stockage des échantillons est une opération importante, elle impose souvent une phase préalable de transport. À ce niveau, disposons de glacières (température maintenue entre 1 à 5°C), de préférence au noir pour stopper toute photosynthèse par les micro-algues. Les échantillons sont ensuite disposés en chambre froide au laboratoire ou congelés selon le cas. Il est recommandé d'éviter toute rupture de la chaîne du froid (Anras et Guesdon, 2007)

On conseille de réduire le temps entre le prélèvement et le dépôt au laboratoire pour ainsi traiter ses échantillons sans délai, bien que certains types de mesure puissent être réalisés au bout d'une période de stockage (**Tab. 01**).

Tableau 01 : Délai de stockage des échantillons pour l'analyse en laboratoire (Anras et Guesdon, 2007).

Paramètre	Analyse		
	Immédiate	24h	Après filtration de l'eau, puis congélation ou fixation
O2	Recommandé	Inadapté	Inadapté (sauf méthode de Winkler)
Conductivité	Recommandé	Acceptable	Inadapté
PH	Recommandé	Inadapté	Inadapté
Température	Recommandé	Inadapté	Inadapté
Turbidité	Recommandé	Recommandé	Inadapté
Sels nutritifs	Recommandé	Acceptable	Recommandé (selon paramètre)

II.1.3 Les paramètres physico-chimiques à étudier

II.1.3.1 Les paramètres physiques

II.1.3.1.1 Température de l'eau

C'est un facteur important pour l'activité biologique, il influence la solubilité de l'oxygène du milieu récepteur, donc son pouvoir auto épurateur.

La température de l'eau dépend d'une série de facteurs : Situation géographique, la saison, la profondeur (la température des profondeurs est généralement plus faible qu'en surface), la couleur de l'eau (une eau sombre absorbe plus fortement la chaleur) et le volume de l'eau (plus le volume est élevé moins importantes sont les fluctuations de température).

Mode opératoire

A l'aide d'un thermomètre, la prise de la température de l'eau se fait au niveau du même prélèvement de l'échantillon. L'immersion de l'appareil dans le milieu à étudier devra être d'une durée suffisante pour que la valeur affichée soit stabilisée.

II.1.3.1.2 La densité

La masse volumique d'une substance fournit des informations sur sa masse par unité de volume, c'est-à-dire sur la concentration à laquelle les molécules d'une substance sont regroupées. Avec un densimètre, l'eau est mesurée. Presque tous les sels ont une densité supérieure à celle de l'eau, ce qui fait qu'un densimètre peut indiquer la concentration de sels présente dans un échantillon. Cette méthode offre une précision suffisante pour la plupart des situations. Notez toutefois qu'il arrive souvent qu'un densimètre ne soit pas très fiable et qu'il ne soit pas toujours facile de s'en servir correctement.

II.1.3.1.3 La conductivité électrique

Conductivité électrique mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau. Ce paramètre doit impérativement être mesuré sur le terrain. L'unité de mesure de la conductivité est siemens/cm (S/cm): $1\text{ S /m} = 104\mu\text{S/cm} = 103\text{ S/m}$. La minéralisation de l'eau (teneur globale en espèces minérales) peut entraîner selon les cas, un gout salé.

La plupart des appareils actuellement commercialisés sont équipés d'un dispositif de compensation de température, commandé manuellement ou à action automatique, qui permet par lecture directe d'obtenir une bonne appréciation de la conductivité à la température de référence.

Mode opératoire

La conductivité sera mesurée dès le retour au laboratoire. Avant d'effectuer la mesure de conductivité, la sonde (propre) doit être rincée à plusieurs reprises avec de l'eau déminéralisée puis deux fois au moins avec l'eau à examiner. La sonde du conductimètre est agitée 3 fois dans l'échantillon d'eau jusqu'à stabilisation de la conductivité. Il faut veiller à ce qu'il n'y ait pas de bulles d'air emprisonnées dans la sonde, notamment en contact avec les électrodes.

II.1.3.1.4. La turbidité

La turbidité désigne la teneur d'une eau en particules suspendues qui la troublent. Elle est souvent causée par :

- ✓ des particules organiques comme des matières animales ou végétales décomposées ou des organismes vivants (par exemple des algues).
- ✓ des particules inorganiques (limon, argile et composé chimiques naturels tels que le carbonate de calcium).

On mesure la turbidité par un disque Secchi (un dispositif permettant de mesurer la transparence / la turbidité d'une colonne d'eau). Il consiste en un disque d'une vingtaine de centimètres, partagé en quarts alternés noirs et blancs. Le disque — lesté — est fixé au bout d'un câble. On laisse descendre jusqu'à disparition, on note la profondeur (longueur du câble). On remonte ensuite le dispositif jusqu'à réapparition du disque, notée également. La mesure retenue est le point médian entre ces deux extrêmes. Cet exercice est répété plusieurs fois de suite pour retenir la moyenne de l'ensemble des mesures médianes successives. (**Fig.07**)



Figure07: Le disque Secchi.

La turbidité peut être aussi mesurée en unités de turbidité (NTU) à l'aide d'un turbidimètre. Cet instrument envoie un rayon de lumière à travers un échantillon d'eau et mesure la quantité de lumière qui passe à travers l'eau par rapport à la quantité de lumière qui est réfléchiée par les particules dans l'eau.

II.1.3.1.5. Les matières en suspension :

Les matières en suspension comprennent tout es les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau. Elles incluent les argiles, les sables, les limons, les matières organiques et minérales de faible dimension, le plancton et autres micro-organismes de l'eau. La quantité de matières en suspension varie notamment selon les saisons et le régime d'écoulement des eaux. Ces matières affectent la transparence de l'eau et diminuent la pénétration de la lumière et, par suite, la photosynthèse. Elles peuvent également gêner la respiration des poissons. Par ailleurs, les matières en suspension peuvent accumuler des quantités élevées de matières toxiques (métaux, pesticides, huiles minérales, hydrocarbures aromatiques polycycliques...). Les matières en suspensions sont exprimées en mg/l.

L'eau est filtrée et le poids de matières retenues par le filtre est déterminé par pesés différentielles.

Mode opératoire :

- Sécher les verres de montre dans l'étuve.
- Peser les verres de montre séchés avec le papier filtre.
- Filtrer 200ml de l'échantillon.
- Remettre les verres de montre avec le papier filtre dans l'étuve pour le séchage.
- Après 3heures repeser les verres de montres.

Le poids MES = le poids du verre de montre rempli – le poids du verre de montre vide.

II.1.3.2 Les paramètres chimiques

II.1.3.2.1 Le potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH est en relation étroite avec la concentration des ions hydrogène H⁺ présents dans l'eau ou les solutions. Sa mesure permet d'évaluer le caractère acide ou basique d'une eau, est un indicateur de l'activité biologique et plus particulièrement photosynthétique du milieu.

Un pH-mètre indique le pH d'une solution en mesurant une différence de potentiel entre deux électrodes plongeant dans cette solution (un pH-mètre est donc un voltmètre) :

- Une électrode de référence dont le potentiel est constant.
- Une électrode, appelée électrode de verre, dont le potentiel varie en fonction du pH de la solution. Dans la pratique, on utilise en général une électrode dite combinée dans laquelle sont réunies l'électrode de verre et l'électrode de référence. Ces deux électrodes sont reliées au pH-mètre (voltmètre) par un câble coaxial.

Mode opératoire

L'étalonnage étant réalisé et l'appareil ayant acquis son régime de marche, l'électrode est plongée dans la solution à mesurer. La lecture est effectuée après stabilisation du pH-mètre ce qui peut prendre plusieurs minutes. Veiller à ce que la température de l'échantillon ne varie pas pendant la mesure.

Le pH des eaux naturelles est généralement compris entre 6,5 et 8.

. Si la lecture du pH s'éloigne fortement des valeurs naturelles, il convient de vérifier l'étalonnage ou la bonne marche de l'appareil. En cas de panne d'appareil, il conviendra de prendre un échantillon d'eau dans un flacon bouché hermétiquement en ayant pris soin de n'introduire aucune bulle d'air. Conservé à l'obscurité et au froid, le pH sera mesuré dès le retour au laboratoire.

II.1.3.2.2 L'oxygène dissous :

L'O₂ dissous, est un des paramètres essentiels à suivre dans le cadre de l'étude de la chimie des eaux. Le taux d'oxygène dissous dans l'eau conditionne en effet la vie de la faune aquatique. La teneur d'une eau en oxygène dissous dépendant de sa température, les mesures de l'oxygène dissous doivent impérativement s'effectuer sur site ou dès le retour au laboratoire. La mesure de l'oxygène dissous peut être réalisée par une méthode électrochimique à la sonde (la plus commune à ce jour).

Mode opératoire

En essentiel que l'échantillon d'eau s'écoule de façon continue devant la membrane de la sonde pour exclure l'éventualité d'une mesure erronée qui serait due à la consommation locale de l'oxygène au niveau de l'électrode.

La mesure de l'oxygène dissous peut être réalisée :

- ✓ directement dans l'eau, est nécessaire de s'assurer que la vitesse du courant est suffisante. Si ce n'est pas le cas, on agite la sonde dans la veine de courant ou prélever un échantillon d'eau en mouvement
- ✓ s'il est impossible de mesurer l'oxygène directement dans l'eau courante, il faut prélever l'eau dans un récipient jusqu'à débordement. Pour opérer de façon optimale, ce récipient doit être hermétiquement fermé et équipé d'un agitateur (magnétique). Le régime de l'agitateur doit être réglé de façon à obtenir une lecture stable lorsque l'état d'équilibre se trouve atteint, en veillant à ce que l'air ne soit pas emprisonné dans l'échantillon. La sonde doit être agitée (mouvement circulaire et régulier) sans créer de

bulles d'air au contact de la membrane. Il est à noter que dans le cas où l'eau est chargée en matières en suspension, il convient d'effectuer la lecture rapidement car les sédiments peuvent consommer en partie l'oxygène dissous.

La mesure de l'oxygène dissous ne doit être réalisée qu'après stabilisation de la température. (Uwamungu et JIANG, 2010).

II.1.3.2.3.DCO

La demande chimique en oxygène est un paramètre utilisé dans le contrôle des eaux et les études de pollution. C'est la mesure de la quantité équivalente d'oxygène nécessaire à l'oxydation de la majeure partie de la matière organique et de certains ions inorganiques oxydables (S^{-2} , Fe^{+2} , Mn^{+2} , etc.).

Mode opératoire

Les méthodes pour les déterminations de la demande chimique en oxygène (DCO) incluses dans le manuel d'analyse du DR/2010 utilisent et des tubes de 16 mm pour la mesure colorimétrique. Placer les tubes dans l'adaptateur de tube DCO installé dans le puits de mesure du spectrophotomètre. Cet adaptateur peut aussi être utilisé pour les tubes standards de 16 mm. Placer l'adaptateur de tube DCO dans le puits de mesure de l'appareil avec la marque d'orientation dirigée vers la gauche. Le capot fourni avec l'adaptateur doit être en place pour effectuer les mesures. Le capot du puits de mesure reste ouvert. (Remili et Kerfouf, 2013).

II.1.3.2.4 DBO

La demande biochimique en oxygène (DBO) représente la quantité d'oxygène consommée pour oxyder (dégrader) la matière organique présente dans un échantillon d'eau. Le dosage de la DBO permet donc de mesurer la quantité de matières organiques biodégradables présentes dans l'eau. On distingue la DBO de la demande chimique en oxygène (DCO). Le dosage de la DBO joue un rôle important pour la détermination de l'influence des eaux usées domestiques et industrielles dans les stations d'épuration et les cours d'eau récepteurs. On utilise en générale un Respirométrie de la DBO avec le système Lovibond BD 600.

Mode opératoire

Le système de détection BD 600, qui peut contenir six échantillons, permet un dosage précis et convivial de la demande biochimique en oxygène (DBO) selon la méthode respirométrique.

L'oxygène consommé est dosé par réduction de la pression dans le système fermé de mesure de la DBO. L'utilisation de capteurs de pression modernes permet de faire l'économie du mercure toxique et on peut mesurer le DBO sur 1 - 28 jours, et est livré avec un USB.

II.1.3.2.5 Les ions majeurs

La minéralisation de la plupart des eaux est dominée par 8 ions, appelés couramment les majeurs. On distingue **les cations** : Calcium, Magnésium, Sodium, et Potassium, et les **anions** : Chlorure, Sulfate, Nitrate, nitrate et bicarbonate.

II.1.3.2.5.1 Les anions

a) Les nitrates

Les nitrates constituent le stade final d'oxydation de l'azote organique. Les nitrates sont très répandus dans la plupart des eaux et dans les plantes où ils sont nécessaires à la synthèse des végétaux. Soluble dans l'eau, ils se retrouvent naturellement en faible concentration dans les eaux souterraines et superficielles. Les nitrates sont employés dans la fabrication des explosifs, dans l'industrie chimique comme oxydant, et comme conservateur dans les denrées alimentaires.

b) Les nitrites

Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, la nitrification n'étant pas conduite à son terme, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action de nitrifiante. Une eau qui renferme des nitrites est à considérer comme suspecte car lui est souvent associée une détérioration de la qualité microbiologique.

c) Les chlorures

Les chlorures peuvent avoir des effets toxiques aigus et une toxicité chronique à de plus faibles concentrations sur les organismes aquatiques. Certaines concentrations plus faibles encore peuvent avoir un effet sur la structure des populations et des communautés d'algues notamment.

e) Le sulfate

Le sulfate est un des éléments majeurs des composés dissouts dans l'eau de pluie. Peuvent être trouvés dans presque toutes les eaux naturelles. L'origine de la plupart des composés sulfates

est l'oxydation des minerais de sulfites, la présence de schistes, ou de déchets industriels. (Ait Ziane et Bouyahia, 2013)

II.1.3.2.5.2 Les cations

a) Le calcium

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. Composant majeur de la dureté de l'eau le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables. Sa teneur varie essentiellement suivant la nature de terrains traversés. Il existe surtout à l'état l'hydrogénocarbonate et en quantité moindre, sous forme de sulfates, chlorures, etc (Rodier, 1976).

b) Magnésium

Le magnésium est un élément très répandu dans la nature et il est présent dans la plupart des eaux naturelles. Le magnésium contribue à la dureté de l'eau sans être l'élément essentiel et aussi il est indispensable pour la croissance et pour la production de certaines hormones (Savary, 2010).

c) Sodium

À cause de la forte solubilité de ses minéraux, le sodium se retrouve partout dans le milieu aquatique. Ses concentrations varient considérablement selon les paramètres hydrologiques et géologiques régionaux et locaux, la saison et le mode d'utilisation du sel.

d) Le potassium

Le potassium est un des éléments majeurs présent dans l'eau de mer naturelle. Il joue un rôle important dans le transport des nutriments et intensifie les couleurs rose et rouge des coraux durs.

Mode opératoire

Le choix de la méthode d'analyse se fera selon le type d'information que l'on désire obtenir mais aussi selon le type d'échantillon que l'on veut analyser.

On utilise des analyses la FAAS (Flamme Atomic Absorption Spectrometry). La spectrométrie d'émission de flamme, souvent appelée spectrométrie de flamme, est utilisée depuis longtemps pour l'analyse des éléments alcalins et alcalino-terreux.

Les longueurs d'ondes principales des éléments choisis sont : Calcium (Ca), le Potassium (K) et le Sodium (Na). (Ait Ziane et Bouyahia, 2013)

II.1.3.2.5. Les métaux lourds

Les métaux qui sont transférés à travers le milieu aquatique aux poissons, aux hommes et autres animaux piscivores, peuvent avoir des impacts sur l'environnement et la santé humaine comme Le cadmium (Cd), le mercure (Hg) et le plomb (Pb) (Chen *et al.*, 2000).

En générale, la technique d'analyse des métaux lourds des échantillons d'eau se fait par un (SAA : La spectrométrie d'absorption atomique). Elle fait partie des méthodes classiques d'analyse en chimie analytique. Basée sur des méthodes optiques, elle conduit aussi bien à des résultats qualitatifs qu'à des données quantitatives. L'absorption est utilisée généralement pour faire un dosage.

CHAPITRE II : Partie 2

Etude des articles

Article 1 : Mantzavrakos et Al., (2006) / Desalination 210 (2007) 110–124

Impacts d'une pisciculture marine dans le golfe d'Argolikos (Grèce) sur la colonne d'eau et les sédiments.

Le but de cette étude était l'évaluation qualitative et quantitative des impacts sur les caractéristiques physico-chimiques de la colonne d'eau et des sédiments causés par une pisciculture marine intensive. La zone d'étude était l'île de Plateia qui est située dans une zone d'eau de mer ouverte dans la partie extérieure du golfe d'Argolikos (Nord-Est du Péloponnèse, Grèce). Pendant la période 1990-2000, la Grèce a été le premier producteur d'espèces aquacoles dans toute la Méditerranée, puisque plus de 50% de la production méditerranéenne était produite en Grèce et le premier producteur en Europe (UE) d'espèces marines cultivées dans des conditions de culture intensive (pisciculture en cage), principalement des types de dorade royale (*Sparus auratus*) et de bar européen (*Dicentrarchus labrax*). La ferme en question est en service depuis 1988, produisant environ 350 à 400 tonnes par an de dorade royale (*Sparus auratus*) et de bar européen (*Dicentrarchus labrax*). Les cages flottantes étaient de 100 à 150 m sur une superficie de 5 930 m² à une profondeur entre 30 et 40 m et les sédiments étaient plutôt grossiers.

Plusieurs échantillons de colonne d'eau et de sédiments ont été prélevés (entre 2001 et 2002). Des déterminations quantitatives de l'azote ammoniacal, du phosphate et des solides en suspension ont été effectuées dans chacun des échantillons de la colonne d'eau tandis que la matière organique, le carbone organique, le phosphore (total et inorganique) et une analyse granulométrique ont été spécifiquement réalisées dans les échantillons de sédiments.

Les conclusions tirées de ce travail vérifient clairement que les impacts les plus importants, identifiés principalement comme des concentrations accrues de nutriments et de matières organiques (ammonium-azote et phosphate) tant dans la colonne d'eau que dans les sédiments, ont été réalisés aux stations les plus proches de la ferme. Ces concentrations diminuaient progressivement avec l'éloignement des cages. Les valeurs maximales de la plupart des paramètres mesurés ont été obtenues en été ou au printemps. Et qu'il y avait un rapprochement de quelques espèces de poissons sauvages (par exemple *Pomatomus saltator*, *Diplodus annularis*, *Seriola dumerili* et même *Thunnidae*) à la ferme, qui reste important pour la consommation de tout gaspillage alimentaire (qui est l'un des principaux polluants dans ce cas).

Article 2 : Ennouri et Mili (2017) / Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology, 42(4), 2299-2305

Impacts des fermes aquacoles sur la qualité de la colonne d'eau dans le golfe de Hammamet (Est de la Méditerranée)

L'aquaculture en Méditerranée, ainsi qu'en Tunisie, et en particulier les fermes qui produisent les poissons ont augmenté d'une façon exponentielle durant les trois dernières décennies ; et la production via des cages en mer de la daurade (*Sparus aurata*) et du loup (*Dicentrarchus labrax*) a enregistré une forte croissance. Cependant, ces fermes aquacoles peuvent engendrer des rejets de composés chimiques et des nutriments persistants comme les sels nutritifs. Ces derniers sont des éléments essentiels pour la vie des organismes marins, mais un enrichissement intense peut entraîner une eutrophisation du milieu.

Dans cette étude Ennouri et Mili ont étudié l'impact de ces fermes aquacoles, implantées dans le golfe de Hammamet, à travers l'enrichissement de la colonne d'eau en sels nutritifs (Nitrate (NO₃), Nitrite (NO₂), Ammonium (NH₄), Phosphate (PO₄), Phosphore total (PT), Silicium (Si), Azote (N) d'une part et du taux de Carbone Organique Total (COT) et de l'Azote Total (NT) dans les sédiments superficiels d'autre part.

L'eau de mer a été collectée à l'aide d'une bouteille de Nansen, durant l'année 2013 à partir des quatre fermes aquacoles (1, 2, 3 et 4) et d'une zone standard (zone témoin : entre les fermes aquacoles) (Fig.1). Pour ensuite, l'eau a été filtrée à travers une membrane de 0,45µm.

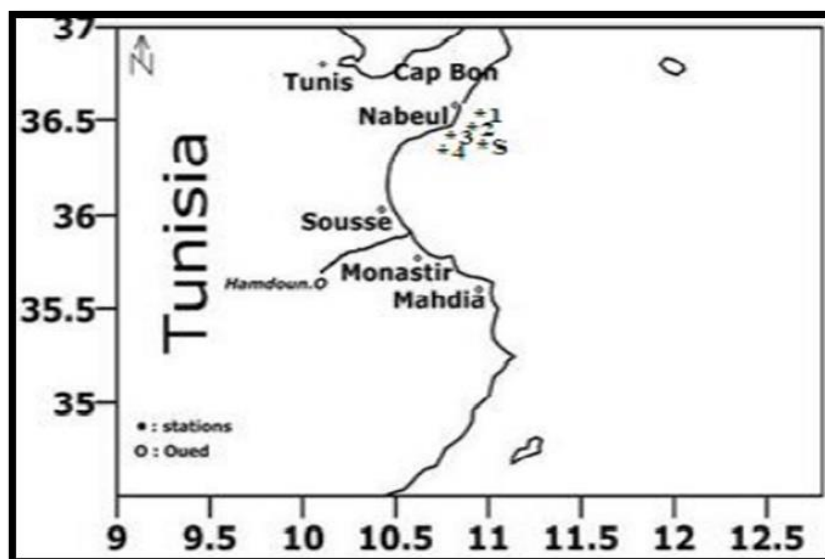


Figure 1. Stations d'échantillonnage de l'eau et des sédiments superficiels au niveau des fermes aquacoles et de la zone standard.

L'analyse des sels nutritifs a été réalisée à l'aide d'un Auto-analyseur selon la méthode standard colorimétrique (Strickland et Parsons 1972). Le COT et NT ont été déterminés par l'analyseur CHNS (Froelich, 1980 ; Hedges et Stern, 1984). L'échantillon pour la détermination du COT a été décarbonisé en lui ajoutant 1M HCl et en le séchant à 60°C.

Les valeurs obtenues en $\mu\text{mol/l}$ varient entre 0,1 et 0,45 pour NO_2 ; 0,96 et 2,79 pour NO_3 ; 1,75 et 4,07 pour NH_4 ; 0,06 et 0,12 pour PO_4 ; 1,74 et 4,79 pour Si ; 11,99 et 13,93 pour N et 1,44 et 2,03 pour TPO_4 . Les pourcentages du COT et du NT dans les sédiments étudiés varient respectivement entre 2% et 7% et 0,15 % et 1,26 %. Les résultats obtenus montrent que les degrés de NO_2 , NO_3 , PO_4 et PT présentent un pic pour les échantillons d'eau prélevée au l'alentour de la première ferme. Par contre, les teneurs les plus élevées de NH_4 , Si et N ont été enregistrées au niveau de la troisième ferme. Les taux les plus élevés ont été enregistrés au voisinage des fermes relativement anciennes, dont ces teneurs peuvent causer une eutrophisation et dystrophisation dans les zones étudiées et cela par rapport à la zone standard.

Dans ce travail, Ennouri et Mili (2013) ont pu démontrer que les taux en éléments minéraux au voisinage des cages d'élevage augmentent parallèlement avec l'ancienneté des fermes.

Article 3 : Papadimitriou et al., 2018/ HydromediT 2018 / Book of Proceedings: 3rd International Congress on Applied Ichthyology & Aquatic Environment. Greece.

IMPACT DE LA PISCICULTURE SUR LES NUTRIMENTS DU GOLFE DE PAGASITIKOS.

Dans l'étude de Papadimitriou *et al.*, (2018), L'évaluation de l'impact environnemental des nutriments sur la colonne d'eau de l'exploitation de la pisciculture dans le bassin Ouest du golfe de Pagasitikos et l'évaluation des changements spatiaux et temporels ont été examinées en 2017. L'étude de terrain a eu lieu dans la région de Nies dans le golfe de Pagasitikos, où la ferme piscicole " FARMING FISH PAGASITIKOS SA " a été installée pour une exploitation piscicole de deux poissons *Dicentrarchus labrax* et le *Sparus aurata*, avec une capacité annuelle maximale de 300 t et fonctionne depuis 1992. L'étude a été réalisée sur onze (11) stations d'échantillonnage (Fig.1), dont les stations S2, S4 et S7 étaient les stations en cage, la S11 (à environ 620 m de la ferme piscicole) était la station de référence (témoin), tandis que les autres étaient considérées comme des stations supplémentaires pour l'estimation de la dispersion des nutriments autour de la zone de la pisciculture.

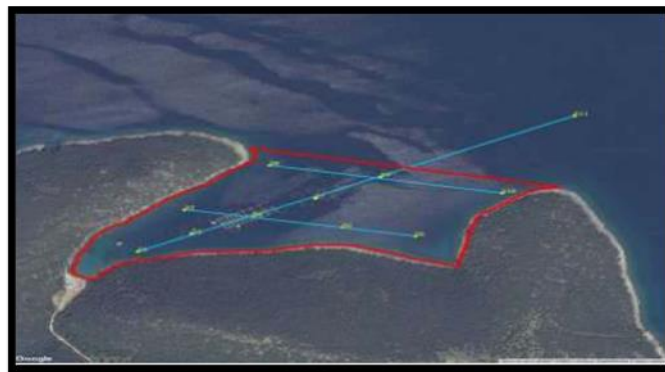


Figure 1 : Emplacement des stations d'échantillonnage dans la zone d'étude.

Dans toutes les stations, la température, la salinité, l'oxygène dissous (OD), le pH, la chlorophylle α (Chl α) et les nutriments (ammonium, nitrite, nitrate, phosphate et silicate) ont été mesurés sur une base saisonnière dans toute la colonne d'eau (prélevés à la surface, 5 m puis tous les 10 m de profondeur). Une fois transportés au laboratoire, les échantillons ont été filtrés et analysés à l'aide d'un spectrophotomètre.

Les résultats obtenus ont montré que les caractéristiques physico-chimiques et biologiques des stations d'échantillonnage présentaient une variation entre les deux saisons étudiées (Printemps/Été). Les concentrations de nutriments à l'exception de l'ammoniac et des nitrates ont montré une augmentation aux stations proches de la pisciculture, principalement dans les couches superficielles de la colonne d'eau. L'azote inorganique étant en excès et leurs concentrations n'ont pas dépassé les limites d'eutrophisation ni affecté le bien-être des organismes cultivés, tandis que l'impact de l'aquaculture sur la concentration des nutriments semble être spatialement limité.

Conclusion

Conclusion

Cette étude a été menée dans le but de déterminer les impacts potentiels de l'aquaculture sur l'environnement en analysant les paramètres physico-chimiques, de l'eau et du sédiment, à proximité de l'environnement des fermes aquacoles.

Les impacts de l'aquaculture sont de plus en plus importants sur l'environnement par différentes manières. La pisciculture est généralement une industrie intensive qui implique un ajout de solides et de nutriments au milieu marin, et est reconnue comme pouvant causer une dégradation de l'environnement à travers ces intrants.

Chaque forme et niveau d'aquaculture aura un impact sur le milieu récepteur. Augmenter l'efficacité de l'utilisation des ressources et s'efforcer de minimiser les impacts environnementaux négatifs de la pratique de l'aquaculture contribuera grandement à rendre la pratique de l'aquaculture plus durable. Cela exigera l'engagement et la volonté de collaborer de tous ceux qui sont impliqués, directement ou indirectement, dans le développement de l'aquaculture dans le pays.

L'aquaculture en Algérie a enregistré en 2018 seulement, 70 projets en exploitation, toutes filières confondues, dont 39 en aquaculture marine et 31 en aquaculture d'eau douce. La production aquacole enregistrée est de 5 100 tonnes. Afin de protéger l'environnement, les activités d'aquaculture doivent être menées de manière durable, avec un impact minimal sur l'environnement. En fait, l'industrie de l'aquaculture travaille déjà sur cette exigence.

Les aliments pour poissons utilisés dans la pisciculture pourraient servir de sources supplémentaires de nutriments, avec une charge organique importante, en cas d'excès d'aliments non consommés et de produits excréteurs de poisson. Il s'agit de l'un des impacts les plus documentés des fermes piscicoles sur l'environnement, sous formes de matière en suspension dans la colonne d'eau puis déposée et accumulée dans les sédiments.

Les travaux sur la surveillance et le suivi de l'impact de l'aquaculture sur l'environnement, démontrent que la pollution organique et inorganique du milieu provenant surtout de l'alimentation et des rejets (secrétions des poissons), est localisée, en générale, très proches des installations aquacoles, dans les couches superficielles de la colonne d'eau et augmente

Conclusion

parallèlement avec l'ancienneté des fermes. L'interaction entre les activités du projet d'aquaculture et l'environnement est parfois suffisamment complexe ou étendue pour mériter une analyse approfondie et cela grâce à l'amélioration et la gestion de l'alimentation, le traitement de l'eau et l'aquaculture intégrée.

En conclusion, pour développer une croissance durable de l'aquaculture, il existe de nombreuses mesures qui peuvent être prises pour réduire l'impact environnemental de l'aquaculture :

- La réduction au maximum des pertes alimentaires : une bonne gestion des effluents rejetés en utilisant des systèmes de recirculation d'eau.
- La revalorisation des déchets par intégration dans les systèmes aquacoles afin de minimiser les impacts sur la biodiversité sur l'environnement entourant les fermes aquacoles. Les espèces de filtreurs actifs, pourraient jouer un rôle capital dans le développement futur de pratiques d'aquaculture multitrophiques intégrées.

Références bibliographiques

Andrieux G., 2004. Rapport sur la filière française des coproduit de la pêche et de l'aquaculture: état des lieux et analyse, OFIMER, Paris.

Anras L., Guesdon S., 2007. Hydrologie des marais littoraux - Mesures physicochimiques de terrain. Collection "Marais Mode d'emploi". Ed. Forum des Marais Atlantiques, 76 p.
<http://www.forum-zones-humides.org/marais-mode-emploi-hydrologie.aspx>

AOAC, 1980. Official methods of analysis of the AOAC, 15th ed. Methods 932.06, 925.09, 985.29, 923.03. *Association of official analytical chemists*, Arlington, VA, USA.

AOAC, 1990. Official methods of analysis of the AOAC, 15th ed. Methods 932.06, 925.09, 985.29, 923.03. *Association of official analytical chemists*. Arlington, VA, USA.

B

Barnathan, 2010. Acides gras inhabituels des organismes marins : une illustration de la biodiversité moléculaire marine. *OCL*, 17 4 (2010) 238-250.
doi.org/10.1051/ocl.2010.0326

Bergé JP, Barnathan G. 2005. Recent advances in fatty acids from lipids of marine organisms: molecular biodiversity, roles as biomarkers, biologically-active compounds and economical aspects. In: Le Gal Y, Ulber R (eds) *Marine Biotechnology*. *Adv Biochem Eng Biotechnol*, Springer, 96 : 49-125.

Block et al, 2009. Migratory Movements, Depth Preferences, and Thermal Biology of Atlantic Bluefin Tuna. *Science*, 293: 1310-1314.

C

Christie, W.W. 1982. *Lipid Analysis*, 2nd Edition, pp. 25–38, Pergamon Press, Oxford.

CICTA, 2020. <https://www.iccat.int/fr/>

Muto, N., Alama, U.B., Hata, H. et al. 2016. Genetic and morphological differences among the three species of the genus *Rastrelliger* (Perciformes: Scombridae). *Ichthyol Res* 63, 275–287. <https://doi.org/10.1007/s10228-015-0498-z>

CPS, 2014. La valorisation des co-produits de poisson - Note d'orientation de la Secrétariat général de la Communauté du Pacifique, 21. 4p.

Crooke W.M et Simpson W.E, 1971. Determination of ammonium in Kjeldahl digests of crops by an automated procedure. Science of Food and Agriculture.

<https://doi.org/10.1002/jsfa.2740220104>

Théodet C, Gandemer G., 1991. Comparaison de cinq méthodes pour extraire les lipides du lactosérum et de ses dérivés. Le Lait, INRA Editions, 71 (1), pp.41-54. ffhal-00929227.

D

Dumay J, 2006. Extraction de lipides en voie aqueuse par bioréacteur enzymatique combiné à l'ultrafiltration: Application à la valorisation de coproduits de poisson (*Sardina pilchardus*). Thèse de doctorat de l'Université de Nantes.

E

Eggleston et Bochenek 1990. Stomach contents and parasite infestation of school bluefin tuna *Thunnus thynnus* collected from the Middle Atlantic Bight, Virginia. Fisheries Bulletin 88: 389-395

El kalmouni, 2010. El Kalamouni, Chaker. *Caractérisations chimiques et biologiques d'extraits de plantes aromatiques oubliées de Midi-Pyrénées*. Institut National Polytechnique de Toulouse.

Eymard, 2003. A modified xylenol orange method to evaluate formation of lipid hydroperoxides during storage and processing of small pelagic fish. *European journal of lipid and science technology*.**105**:497-501

F

FAO, 2016. A quarterly update on world seafood markets. Globefish Highlights, FIAM/FAO

FAO, 2018. La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture. Résumé. CA0191FR/1/07.18.

Folch J, Lees M, Sloane Stanley G.H., 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal sources. Journal of Biochemistry and Chemistry, 226: 497-509

G

Guerard F, Batista I, 2004.Report On sources and selection criteria for raw material. Rapport établi pour le programme Sea Food plus, 57pp.

H

HAMGA .L , KERKOUR .Dj , 2016. Etude préliminaire de la composition biochimique (lipidique et minérale) et des activités biologiques (anti radicalaires et antimicrobiennes) des extraits de poudre de cinq espèces de poissons marins du golf de Bejaia. Mémoire de Master, Université de Bejaia.

I

Ifremer, 2008. La farine de poisson et autres produits d'origine aquaculture du site Web aquaculture. 8p

Ifremer, 2010. Fabrication de la farine et huile de poisson.

J

Fromentin J.M., 2006. Manuel de l'ICCAT, 2006, p.100.

L

Lutcavage, M.E., Brill, R.W., Skomal, G.B., Chase, B.C., Goldstein, J.L. and Tutein, J. 2000.Tracking adult North Atlantic bluefin tuna (*thunnus thynnus*) in the northwestern Atlantic using ultrasonic telemetry. Marine biology, 137: 347-358..

M

MADRP, 2019. Ministère de l'Agriculture du Développement Rural et de la Pêche, Algérie.

Maguire, 2006. The state of world highly migratory, straddling and other high seas fishery resources and associated species. FAO Fisheries Technical Paper.No.495.Rome FAO.

Mather FJ., Mason J.M., and Jones A.C., 1995. Historical document: life history and fisheries of Atlantic bluefm tuna. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC - 370: 165 pp.

Idrissi M. M., ABID N., Bernardon M., Juan A., 2013. CAMINAS situation de la pêche artisanale au thon rouge dans le détroit de Gibraltar, en méditerranée marocaine. p11

N

Nguyen, 2009. Valorisation de matières premières marines de faible valeur ajoutée : application aux co-produits de thon. Thèse de doctorat : Ifremer et Université de Nantes.

O

ONS, 2020. Office National des Statistiques. Algérie.

Oulhiz A., 2018. Évaluation, valorisation et utilisation des coproduits de la crevette rouge *Aristeus antennatus* (Risso, 1816) et du thon *Thunnus thynnus* (Linné, 1758) pour l'alimentation du tilapia rouge (*Oreochromis sp.*). Thèse de Doctorat, Université de Mostaganem, Algérie.

R

Rai R.B, Dhama K., Damodaran T., Ali H., Rai ., Singh B. and Bhatt P., 2012. Evaluation of azolla (*Azolla pinnata*) as a poultry feed and its role in poverty alleviation among landless people in northern plains of India. Vet. Pract., 13 (2): 250-254

S

Guillemin S., 2018. Extraction aqueuse d'huile de colza assistée par hydrolyse enzymatique : optimisation de la réaction, caractérisation de l'émulsion et étude de procédés de déstabilisation. Alimentation et Nutrition. Institut National Polytechnique de Lorraine, 2006. Français. NNT : 2006INPL073-01752769.

S.E.E.E., 2007. Secrétariat d'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, chargé de l'Eau et de l'Environnement. Direction de la Recherche et de la Planification de l'Eau, Agdal-Rabat. Web : www.water.gov.ma.

Scott et Scott ,1988. Atlantic fishes of Canada. Can.Bull.Fish. Aquat. Sci.219:731p.

T

Téning S., 2008. Contribution à l'étude de la valorisation des co-produits de la sole tropicale (*Cynoglossus senegalensis*) après hydrolyse enzymatique. Thèse de Doctorat, Ecole inter-états des sciences et médecine vétérinaires (E.I.S.M.V.), Université Cheikh nata Diop de Dakar. 118pP.

U

Uwamungu J. Y. et Jiang Y., 2010. Analyse physico-chimique et bactériologique des eaux de la rivière RWASAVE : Cas des sites utilisés comme eau potable.

DOI:[10.13140/RG.2.1.1328.1363](https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1328.1363)

W

Wolff R.L, Castera-Rossignol A.F.M., 1987. Mise au point d'une méthode d'extraction de la matière grasse de fromage de type emmental. *Rev Fr Corps Gras* 34, 123-132

Site internet

<http://www.radioalgerie.dz/news/fr/article/20171129/127207.html>

<http://www.aps.dz/economie/107074-thon-rouge-l-algerie-a-peche-la-totalite-de-son-quota-pour-2020>