

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA - Bejaïa

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des sciences biologiques de l'environnement
Spécialité : Biodiversité et Sécurité Alimentaire



Réf :.....

Mémoire de Fin de Cycle

En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

Etude des paramètres physico-chimiques et
bactériologiques de l'eau de site d'élevage aquacole dans
la région de Bejaïa.

Présenté par :

Amina KARA & Zina BOUALILI

Soutenu le 30 Juin 2024

Devant le jury composé de :

Mme. BENAÏSSA FATIMA

Mr. BELHADI YUCEF

Mme. DIAF ASSIA

Mr. MEZHOUD ABEDLKARIM

Professeur

MCB

MCB

Doctorant

Présidente

Encadreur

Examinatrice

Co-Encadreur

Année universitaire : 2023 / 2024

Remerciement

Tout d'abord nous remerciant Dieu de nous avoir donné la santé la force la capacité de terminer ce projet modeste.

Nous tenons prioritairement à remercier notre encadreur **Mr YUCEF BELHADI** » et Co encadrant « **MEZHOUD ABEDLKARIM** », l'ensemble des enseignants pour leurs patience encouragements et leur soutien moral et leurs précieux conseils

je remercie la présidente Mme. **BEN AISSA FATIMA**, et l'examinatrice Mme. **DIAF ASSIA** d'avoir accepté d'être notre membre de jury de ce mémoire.

Un merci spécial à l'équipe de laboratoire « Mr **Lyes** » le grand chimiste de laboratoire hygiène communal de la wilaya de Bejaïa, et « M^{me} **OURADI NABILA** » la microbiologiste de la direction de la santé de population) et M^{me} « **BAZIZ HABIBA** » ingénieur de laboratoire **ABDERRAHMANE MIRA** et ingénieur Mr **SOFIANE** de la ferme aquacole béni ksila pour leur orientations, leurs accompagnements et leurs disponibilités tout au long de ce projet .

Nous remercions tous ceux qui nous aidé de près ou de loin le long de notre stage .

Dédicaces

Je dédie ce travail

A mes très chers parents, qui ont toujours été là pour moi

« Vous avez tout sacrifié pour vos enfants n'épargnant ni santé ni efforts. Vous m'avez donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance. Je suis redevable d'une éducation dont je suis fier »

A mon futur mari, je te remercie du fond du cœur pour ton soutien ta patience et ta présence et tout ce que t'as fait pour moi, ce que m'a donné la force d'atteindre mes objectifs je t'aime ma moitié.

A mes chères copines que j'aime tant, Hayat Yasmine Siham, Dalila Zoubida Fatia pour leurs sincères amitiés et confiances.

Ainsi que :

Mes frères que j'aime trop Mouloud, Bilal, Mayas, Brahim et Karim

Ma Sœur Salima qui m'a toujours soutenue et cru en moi

A toute ma famille, ma très cher tante tata Naima que je considère comme ma deuxième maman, sans oublier tata kafia ma grande sœur.

Dédicaces

J'ai le grand plaisir de dédier ce mémoire de fin d'étude :

À toute ma famille :

Particulièrement à ceux qui portent le nom **Kara** : à mon **père**, à ma **mère**, celle qui m'a élevée pour devenir une femme, aucun sacrifice n'est assez grand pour exprimer ma gratitude. Leur dévouement inébranlable a tracé le chemin que je suis aujourd'hui, Ce travail est le fruit de leurs efforts ; que Dieu les protège.

À la personne qui occupe une place spéciale dans mon cœur :

BELOUI Saïd, quoi que je fasse ou dise, je ne saurais jamais assez te remercier. Ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour surmonter tous les défis. Ton soutien moral et financier a été crucial pour achever ce travail, que je rédige d'ailleurs sur ton propre ordinateur. Que ce mémoire soit le meilleur cadeau que je puisse t'offrir cette année.

À la personne chère qui nous a quittés :

Aissou Anes, te remercier ne sera jamais suffisant. Tu as laissé derrière toi une femme courageuse. Nous ne t'oublierons jamais ; tu vis dans nos cœurs et nos mémoires. Repose en paix.

À mes amis :

En particulier : **Nadjette, Nesrine** et **Sara, Brahim** qui ont contribué à ma réussite.

À mes camarades :

De promotion de la 2ème année de Master en **BSA**.

Aux enseignants et aux personnels de la faculté SNV :

Qui ont soutenu mon parcours académique.

KARA Amina

Sommaire

Sommaire

Remerciement

Dédicaces

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale..... 1

Chapitre I: Synthèse Bibliographique

I. Généralité sur l'eau 3

I.1. Types d'eau 3

I.1.1. Eau de Surface 3

I.1.2. Eau de mer et océan..... 4

I.2. Composition de l'eau 4

I.3. Propriétés de l'eau..... 5

I.3.1 Propriétés chimiques de l'eau 5

I.3.2 Propriétés physiques de l'eau 5

I.3.3. Propriétés biologiques 6

I.4. Caractéristiques physico chimiques et biologiques de l'eau de mer 7

I.4.1. Paramètres organoléptiques 7

I.4.2. Paramètres physico-chimiques 7

I.4.3. Paramètres bactériologiques 10

I.5. Impact des paramètres physicochimiques et bactériologiques sur l'eau aquacole..... 11

II. Pollution des eaux..... 12

II.1. Les types polluants des eaux naturelles 12

II.2. Origines de la pollution des eaux 12

II.3. Risques sanitaires	13
--------------------------------	----

Chapitre II: Matériels et méthodes

Introduction	Erreur ! Signet non défini.
--------------------	------------------------------------

II.1. Situation géographique de la zone d'étude	14
---	----

II.1.1. Site de prélèvement d'échantillons	15
--	----

II.1.2. Échantillonnage et Transport pour Analyse en Laboratoire.....	15
---	----

II.2. Détermination des paramètres physique	16
---	----

II.2.1. Évaluation des paramètres physique	16
--	----

II.3. Détermination des Paramètres chimiques	17
--	----

II.3.1. Dosage de calcium (Ca^{2+}).....	17
---	----

II.3.2. La Teneur des chlorures (Cl^-).....	18
--	----

II.3.3. Dosage des nitrites (NO_2^-).....	19
--	----

II.3.4. Dosage des nitrates (NO_3^-)	19
---	----

II.3.5. Dosage des sulfates (SO_4^{2-})	20
--	----

II.3.6. Le dosage des phosphate (PO_4^{3-})	21
--	----

II.3.7. Détermination de la (DBO_5).....	21
---	----

II.4. Paramètres bactériologiques	22
---	----

II.4.1. Identification des coliformes totaux et fécaux	22
--	----

II.4.2. Identification des streptocoques fécaux	24
---	----

Chapitre III: Résultats et discussions

III .1. Les paramètres physiques	26
--	----

III 1.1. Le Potentiel hydrogène (Ph)	27
--	----

III.1.2. La salinité.....	28
---------------------------	----

III.1.3. La conductivité.....	29
-------------------------------	----

III.1.4. L'oxygène dissous	30
----------------------------------	----

III.2. .Les paramètre chimique.....	31
-------------------------------------	----

III.2.1 Le dosage de calcium (Ca^{+2}) en mg/l.....	32
III.2.2 La teneur en chlorure (CL^-) en mg/l.....	33
III.2.3. Le dosage des nitrites (NO_2^-) en mg/l	34
III.2.4. Le dosage des nitrates (NO_3^-).....	35
III.2.5. Le dosage des phosphates (PO_4^-)	36
III.2.6. Les valeurs de la demande biologique en oxygène (DBO_5)	37
III.2.7. Le dosage des sulfates (SO_4^-).....	38
III.3. Paramètres bactériologiques	39
III.3.1 Coliformes Totaux	40
III.3.2. Coliformes Fécaux	41
Conclusion générale	44
Références bibliographique	
Annexes	
Résumé	

Liste des abréviations

BQB	Bonne qualité bactériologique
Ca⁺	calcium
C°	Degré Celsius
CL⁻	Chlorure
DBO	demande biologique en Oxygène
DSP	direction de santé et population
E. Coli	Escherichia coli
EDTA	Acide éthylène diamine tétra-acétique
H⁺	Hydrogène
H₂O	molécule d'eau
K	Potassium
Mg	Magnésium
MQB	mauvaise qualité bactériologique
NaCl	chlorure de sodium.
NO⁻³	Nitrate
NO⁻²	Nitrite
OD	Oxygène dissous
OMS	l'organisation mondiale de la santé
PH	potential d'hydrogène.
PSU	Practical Salinity Units
SO₄⁻²	sulfate
TH	la dureté
V	Volume

Liste des figures

Figure 1: Carte géographique de site d'élevage de Beni ksila dans la wilaya de Bejaia	14
Figure 2: Glacière avec deux bouteilles d'échantillon d'eau prélever.	16
Figure 3: Le multi paramètre Hanna HI	17
Figure 4: Teneur en calcium.....	18
Figure 5: Dosage de chlorure.	19
Figure 6: Dosage des sulfates.....	21
Figure 7: Apparition de MnO (OH) ₂ hydroxyde de manganèse.....	22
Figure 8: Tubes BCPL.....	24
Figure 9: Milieu Roth pour chercher les streptocoques	25
Figure 10: Les valeurs du(PH)	27
Figure 11: Le graphe présent les valeurs de la salinité.....	28
Figure 12: Le graphique présente les valeurs de conductivité	29
Figure 13: Le graphique présente les valeurs d'oxygène dissous	30
Figure 14: Le graphe présente le dosage en calcium (Ca ²⁺).....	32
Figure 15: Le graphe présente la teneur en chlorure (Cl ⁻) en mg/l.....	33
Figure 16: Le dosage des nitrates (NO ³⁻)en mg/l.....	35
Figure 17: Le dosage des phosphates ((PO ₄ -) en mg/l	36
Figure 18: Les valeurs de la demande biologique en oxygène (DBO ₅)	37
Figure 19: Le dosage des sulfates (SO ₄ ⁻²) en mg/l	38
Figure 20: Cercle relative représente pourcentage de coliforme totaux.....	40
Figure 21: Cercle relative représente pourcentage de coliforme fécaux	41
Figure 22: Cercle relative représente le pourcentage de streptocoque.....	42
Figure 23: La formation de l'anaux rouge témoigne la présence du coliforme fécaux	42

Liste des tableaux

Tableau 1: Le tableau présente les résultats des analyses physiques pour chaque échantillon	26
Tableau 2: présente les résultats des paramètres chimiques de chaque échantillon.....	31
Tableau 3: Résultats des analyses bactériologiques d'eau analysée avec la norme algérienne de chaque paramètre (Coliformes Totaux, Coliformes Fécaux, Streptocoque Fécaux)	39

Introduction générale

L'aquaculture est une activité de production de poissons, mollusques, crustacés et algues. On entend des différents systèmes de culture intensifs ou extensifs, 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 (**benidiri, 2017**)

Au cours de ces dernières années, l'aquaculture est devenue le secteur de production alimentaire connaissant la croissance la plus rapide. Ce secteur joue un rôle important non seulement dans le développement économique national (Karali & Echikh, 2010).

En Algérie, les premiers essais d'aquaculture remontent à plus d'un siècle, formé principalement à des fins de recherche universitaire et d'expérimentation sur les espèces telles que les mollusques, les crevettes, le mullet et la carpe. Pour encadrer ces activités, plusieurs centres spécialisés ont été créés, notamment la Station aquacole de Castiglione, l'Aquarium de Beni-Saf, la Station Océanographique du port d'Alger et la Station Hydro-biologique du Mazafran (**Karali & Echikh, 2004**).

En Méditerranée, l'aquaculture a connu une forte croissance en particulier les fermes produisant des poissons comme la daurade (*Sparus aurata*) et le loup de mer (*Dicentrarchus labrax*). Cependant, ces cages peuvent rejeter des composés chimiques et des nutriments, entraînant une eutrophisation du milieu marin, ce qui affecte négativement les organismes aquatiques. L'évaluation des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau dans ces sites est essentielle pour assurer le bien-être des espèces élevées et préserver l'écosystème aquatique (**Belayachi, Hamdi & Moussaoui, 2014**).

Dans cette optique, notre étude se concentre sur l'évaluation des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau aquacole dans le site d'élevage de Beni Ksila, situé à Bejaia. Cette région, réputée pour sa richesse naturelle et sa contribution à l'aquaculture nationale, constitue un terrain d'étude privilégié pour comprendre les dynamiques environnementales et les interactions entre les facteurs physiques, chimiques et biologiques dans un contexte aquacole spécifique. Cette étude vise à fournir une analyse approfondie de la qualité de l'eau à Beni Ksila, en examinant :

- Des paramètres clés tels que (la température, le pH, la salinité, la conductivité)
- Déterminer également la qualité bactériologique de cette eau

Et une compréhension systématique de l'impact de l'aquaculture sur la qualité de l'eau, tout en fournissant des solutions pour une gestion des ressources aquatiques dans la région de Beni Ksila.

Ce manuscrit est organisé en chapitres comme suit :

- **Chapitre 1** : Une synthèse bibliographique où sont présentées des notions et généralités sur l'eau, ainsi que l'évaluation des paramètres de l'eau de mer.
- **Chapitre 2** : La partie pratique décrivant le matériel et les méthodes, y compris la description de la zone d'étude (site d'élevage), l'échantillonnage, et les analyses physico-chimiques et microbiologiques.
- **Chapitre 3** : Le troisième synthétise les résultats et la discussion de ces études.

Chapitre I

Synthèse Bibliographique

I. Généralité sur l'eau

L'eau est une substance liquide transparente, dénuée de saveur ou d'odeur, possède la capacité de réfracter la lumière et de dissoudre diverses substances. Elle recouvre environ trois quarts la surface terrestre, jouant ainsi un rôle fondamental dans tous les aspects de la vie. De plus, elle agit en tant qu'agent principal d'érosion et de sédimentation, ce qui la rend crucial dans la formation des paysages (Aouissi, 2019).

L'eau est essentielle à la vie, et son existence maintient la survie et durabilité des organismes vivant et des écosystèmes entiers (Culligan, 2023)

Malgré sa simplicité structurelle, la molécule d'eau présente des propriétés remarquables en comparaison avec d'autres substances analogues. Ce liquide est transparent, inodore, insipide et possède un pH neutre (Savary, 2010). Sous l'influence du soleil, de la pression atmosphérique et de la température, l'eau peut changer d'état dans la nature. Elle existe sous trois formes principales :

- État solide : à basse température, l'eau se transforme en glace, caractérisée par des structures cristallines régulières et se solidifie à 0°C.
- État gazeux : à 100°C, l'eau passe à l'état gazeux, où les molécules sont indépendantes les unes des autres, sans forme ni limite physique.
- État liquide : cet état est caractérisé par une forme non définie où les molécules peuvent se déplacer les unes par rapport aux autres tout en restant liées par des forces intermoléculaires (Marsily, 1995).

I.1. Types d'eau

I.1.1. Eau de Surface

Les eaux de surface désignent celles qui s'écoulent ou stagnent à la surface de la terre, notamment les cours d'eau, les océans, les lacs, et les eaux de ruissellement. Ces eaux, en contact avec l'atmosphère et en mouvement constant, peuvent être stockées naturellement (étangs, lacs) ou artificiellement (retenues, barrages). Leur composition chimique dépend des terrains traversés lors de leur parcours dans les bassins versants. Généralement, ces eaux abritent une vie microbienne en raison des déchets et de la pollution, nécessitant un traitement avant toute utilisation (Nebti, 2015 ; Aggoune, 2019).

I.1.2. Eau de mer et océan

Les mers et les océans constituent une vaste réserve d'eau, représentant environ 97,4% du volume total d'eau sur notre planète, le reste étant constitué des eaux continentales (eaux souterraines et de surface). Ces eaux marines se distinguent par leur forte salinité, ce qui les qualifie également de "eaux saumâtres", rendant ainsi leur utilisation difficile, principalement en raison des coûts élevés associés à leur traitement (**Bouchemal, 2016**).

I.2. Composition de l'eau

L'eau, une espèce chimique simple, se présente sous forme liquide à température ambiante, gazeuse au-delà de 100 °C et solide en dessous de 0 °C. Sa formule chimique, H₂O, indique qu'elle est constituée d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène (**Aggoune, 2019**). Souvent désignée sous le nom d'oxyde de dihydrogène ou d'hydroxyde d'hydrogène, elle est considérée comme un solvant universel, bien que l'eau absolument pure (H₂O) ne se trouve pas à l'état naturel et nécessite des procédés physiques pour être **obtenue** (**Kouadri, 2013; Layacha, 2014**).

Les eaux naturelles contiennent des substances dissoutes, principalement des sels minéraux provenant des différentes strates géologiques traversées par l'eau. Pour être considérée comme potable, une certaine quantité de sels minéraux est nécessaire, car une absence totale de minéralisation rendrait l'eau impropre à la consommation (**Aouissi, 2019**).

Les sels minéraux se composent de cations (chargés positivement) et d'anions (chargés négativement) dissous dans l'eau, parmi lesquels on trouve :

- Calcium (Ca⁺²)
- Magnésium (Mg⁺²)
- Sodium (Na⁺¹)
- Potassium (K⁺¹)
- Bicarbonate (HCO₃⁻)
- Sulfate (SO₄⁻²)
- Chlorure (Cl⁻)
- Nitrate (NO₃⁻)
- Fluorure (F⁻)

La plupart de ces ions sont bénéfiques ou neutres, avec une concentration variant de quelques milligrammes par litre à quelques centaines de milligrammes par litre. Cependant, une concentration élevée, notamment en fluorure et en nitrate, peut poser des problèmes de santé, en particulier chez les nourrissons (Aouissi, 2019).

I.3. Propriétés de l'eau

Sur terre, l'eau se présente sous trois phases distinctes : liquide (eau proprement dite), solide (glace) et gazeuse (vapeur d'eau). Ces trois phases coexistent dans la nature, souvent en équilibre les unes par rapport aux autres, en fonction des variations de température et de pression (Algeo, 1997).

I.3.1 Propriétés chimiques de l'eau

Dans les réactions chimiques, l'eau joue un rôle crucial en se dissociant en protons H^+ , généralement associés à H_2O pour former des protons hydratés H_3O^+ , ainsi qu'en ions hydroxyle OH^- . Leur ratio détermine le pH de la solution (pH : logarithme de l'inverse de la concentration molaire en H^+). De nombreux métaux peuvent décomposer l'eau en produisant du dihydrogène et un hydroxyde métallique (Aouissi, 2019).

I.3.2 Propriétés physiques de l'eau

L'eau sur terre revêt une importance primordiale dans sa phase liquide.

- **Température d'ébullition**

Les liaisons hydrogène entre les molécules d'eau sont responsables de sa température d'ébullition élevée pour une molécule de cette masse molaire. Cette caractéristique permet à une phase liquide abondante de persister à des températures courantes sur Terre, condition sine qua non pour l'émergence et le maintien de la vie telle que nous la connaissons (www, 2020).

- **Viscosité**

La viscosité de l'eau varie considérablement en fonction de sa composition chimique et de sa température, ce qui peut rendre deux eaux non miscibles. Ce phénomène est crucial pour la stabilité des grands courants océaniques, qui exercent une influence majeure sur le climat mondial (www, 2020).

- **Masse volumique**

La masse volumique de l'eau varie en fonction de la température, de la pression et de la teneur en sels dissous. Généralement, elle est d'environ 1 g/cm^3 (Layacha, 2014).

- **Tension superficielle**

L'eau présente une tension superficielle élevée, favorisant la formation de gouttes et facilitant l'ascension capillaire (Aouissi, 2019).

- **Chaleur spécifique**

L'eau possède la plus grande chaleur spécifique de tous les éléments naturels : $4185 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Cette caractéristique signifie qu'elle nécessite beaucoup d'énergie pour être chauffée ou refroidie (Aouissi, 2019).

- **Chaleur latente**

Les chaleurs latentes de fusion et de vaporisation de l'eau sont élevées. L'évaporation de l'eau vers l'atmosphère refroidit continuellement les océans, agissant ainsi comme un tampon thermique qui régule la température terrestre (www, 2020).

- **Capacité thermique**

L'eau présente une capacité thermique exceptionnellement élevée parmi tous les fluides. Cette caractéristique permet aux masses d'eau d'agir comme des tampons ou régulateurs contre les variations de température importantes (www, 2020).

- **Transparence**

La transparence de l'eau, qui détermine sa capacité à transmettre la lumière, influence la pénétration lumineuse dans les lacs et dépend de la quantité de matière présente dans l'eau, qu'il s'agisse de particules en suspension ou de substances dissoutes d'origine minérale ou organique (www, 2020).

I.3.3. Propriétés biologiques

L'eau, l'oxygène et le dioxyde de carbone contribuent à créer des conditions propices au développement des êtres vivants. Un cycle biologique, au cours duquel se produisent divers échanges, implique largement l'eau dans la composition des êtres vivants (Kouadri, 2013; Nebti, 2015).

I.4. Caractéristiques physico chimiques et biologiques de l'eau de mer

L'analyse physico-chimique des écosystèmes marins implique l'utilisation de différentes techniques de laboratoire pour étudier les caractéristiques et la composition des eaux de mer. Ces analyses doivent respecter des normes strictes pour garantir des résultats précis et fiables, car les échantillons marins peuvent être soumis à diverses interférences.

Il est essentiel de suivre des protocoles analytiques précis pour éviter toute erreur lors de l'interprétation des données. Les analyses physico-chimiques permettent de mesurer des paramètres tels que la salinité, la température, le pH, la concentration en nutriments et en polluants. Ces informations sont essentielles pour comprendre et évaluer la santé des écosystèmes marins.

I.4.1. Paramètres organoléptiques

I.4.2. Paramètres physico-chimiques

- **Le potentiel d'hydrogène (PH)**

Le PH d'une eau est un indicateur de l'acidité de celle-ci et donc de sa concentration en ions (H⁺). Bien qu'il n'ait aucune signification sur le plan hygiénique (**Jean- Eudes et al.,2022**), mais il est considéré comme un paramètre important dans le processus d'analyse de la qualité de l'eau.

Le PH détermine la nature corrosive de l'eau vu qu'il soit positivement corrélé à la conductivité électrique et à l'alcalinité totale (**Gupta et al.,2009**). De plus, il a une signification importante notamment pour les micro-organismes aquatiques.

- **Température**

Il est très important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique et dans la détermination du pH d'une façon générale. La température des eaux superficielles est influencée par leur origine et par la température de l'air.

- **Salinité**

Selon la définition de (**Sorensen en 1902**), la salinité d'une masse d'eau de mer est la quantité de composés de chlorure de sodium, de sulfate de magnésium et de sulfate de calcium

dissous dans un kilogramme d'eau. Cette mesure est utilisée pour évaluer la teneur en sels des océans et des mers à travers le monde.

La salinité est un paramètre clé pour déterminer la densité de l'eau de mer, qui influence la circulation des nutriments, des minéraux et des organismes marins. Elle peut varier en fonction de plusieurs facteurs tels que l'évaporation, les précipitations et les courants marins, et ces variations ont des répercussions sur la circulation océanique, le climat et la biodiversité marine. En somme, la mesure de la salinité est cruciale pour comprendre et étudier les écosystèmes marins, et pour protéger la santé des océans (**Rodier, 2009**).

- **Conductivité**

La conductivité est une qualité physique propre au matériau calculée à partir de la conductance, mais qui ne varie pas en fonction de la dimension ou forme du composant en question. Cela permet de comparer des matériaux en s'affranchissant des notions de taille.

Elle détermine ainsi l'ensemble des minéraux présents dans une solution. Elle est exprimée en microsiemens par centimètre (uS/cm) (**Rodier, 2009**).

- **Nitrites (NO₂-)**

Les ions nitrites, qui agissent comme des composés intermédiaires dans le cycle de l'azote situés entre les formes ammoniacales et nitrate, peuvent atteindre des concentrations de quelques micromoles. Pour mesurer la concentration en nitrite de manière précise, on utilise une méthode colorimétrique basée sur la réaction de Griess, perfectionnée en 1952 par Bendschneider et Robinson.

Cependant, des concentrations élevées de nitrites dans l'eau peuvent être nocives pour les organismes aquatiques et la santé humaine. Il est donc crucial de surveiller régulièrement les niveaux de nitrites dans les milieux aquatiques, afin d'assurer la qualité de l'eau et la sécurité des populations. La méthode colorimétrique de Griess est largement utilisée pour son efficacité et sa sensibilité à détecter même de faibles concentrations de nitrites. En somme, les ions nitrites jouent un rôle essentiel dans le cycle de l'azote et leur suivi est indispensable pour prévenir les risques pour la santé et garantir la qualité de l'eau.

- **Nitrates (NO₃-)**

Ce sont des sels de l'acide nitrique, est un composé important entrant dans le cycle de l'azote comme support principal de la croissance du phytoplancton.

Les méthodes directes de dosage des nitrates par spectrophotométrie d'absorption moléculaire dans l'eau de mer (**Jean Rodier,2009**).

Mais leur présence en grande quantité dans l'eau peut avoir des effets nocifs.

- **Sulfates(SO₄²⁻)**

Dissous dans l'eau proviennent principalement de minéraux tels que le gypse (**Ca SO₄²⁻**), la pyrite (**Fe S₂**) et les roches magmatiques (**Ghazali,et Zaid 2013**), ainsi que de l'activité de certaines bactéries. Les sulfates en grande quantité dans l'eau peuvent entraîner une acidification et favoriser la corrosion des infrastructures, ce qui souligne l'importance de surveiller et contrôler leur concentration pour assurer la qualité de l'eau et limiter les impacts environnementaux. (**Belghiti,2013**).

- **Phosphore (PO₄²⁻)**

Le phosphore présent dans l'eau de mer sous diverses formes solubles ou en particules, telles que le phosphore inorganique composé principalement d'ortho phosphates et de poly phosphates, ainsi que le phosphore organique contenu dans les nucléoprotéines, les phosphoprotéines, les sucres phosphates et leurs produits d'oxydation (**Rodier,2009**). Le phosphore dans les eaux de surface provient essentiellement des rejets industriels, il est ainsi considéré comme polluant (**Degremont, 2005**).

- **Chlorures (Cl⁻)**

Les chlorures sont dosés en milieu neutre $ph = 7$ par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent (**Rodier, 2009**).

Les chlorures sont présents en concentration faible dans les eaux de mer.

- **Calcium**

La méthode par spectrométrie d'absorption atomique et spectrométrie d'émission à l'aide d'un générateur.

- **Oxygène dissous**

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il permet la vie de la faune et il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques. La solubilité

de l'oxygène dans l'eau dépend de différents facteurs, dont la température, la pression et la force ionique du milieu. La concentration en oxygène dissous est exprimée en mg.L⁻¹ O₂ (**Rejsek, 2002**).

- **Demande biochimique en oxygène (DBO₅)**

L'application du test de la DBO aux eaux de mer suscite des réserves en raison de la simplification de la dégradation de la matière organique par les microorganismes. En effet, cette méthode ne prend pas en compte la complexité des processus biologiques en milieu marin, notamment l'implication du phytoplancton producteur d'oxygène. De plus, les conditions de température et de durée de l'essai ne correspondent pas aux conditions naturelles. Il est donc important d'être prudent dans l'interprétation des résultats et de considérer l'ensemble des facteurs physico-chimiques présents dans les eaux de mer pour une évaluation plus précise de la qualité de l'eau.

I.4.3. Paramètres bactériologiques

Les bactéries sont ubiquitaires dans la nature, elles se trouvent dans tous les milieux ; air, Sol, eau et même dans/sur d'autres êtres vivants. Les paramètres bactériologiques de l'eau de mer sont également importants pour assurer la santé des organismes marins et maintenir l'équilibre de l'écosystème marin.

L'objectif de l'analyse bactériologique d'une eau n'est pas d'effectuer un inventaire de toutes les espèces présentes, mais de rechercher soit celles qui sont susceptibles d'être pathogènes soit, ce qui est souvent plus aisé, celles qui les accompagnent et qui sont en plus grand nombre souvent présentes dans l'intestin des mammifères et sont par leur présence indicatrices d'une contamination fécale et donc des maladies associées à la contamination fécale (**Rodier et al.,2011**).

- **Les coliformes**

Les coliformes regroupent un grand nombre d'espèces bactériennes appartenant à la famille des Entéro-bactériacea (**G uiraud, 1998**).

- **Coliformes totaux**

Les coliformes totaux sont des bactéries aérobies ou anaérobies facultatives en forme de bâtonnets. Elles détiennent une B-galactosidase qui libère un agent chromogène utilisé dans des

milieux de culture et qui permet leur identification (**Lisa, 2022**). Elles forment un grand groupe d'entérobactéries dont certaines vivent dans l'intestin des animaux homéotherme mais aussi dans l'environnement en général (sols, végétation, eau) (**Lisa, 2022**). Ce groupe bactérien est très utilisé comme indicateur de la qualité microbienne de l'eau (**CEAEQ, 2015**). Leur élimination dans celle-ci est réalisée par l'application de différentes techniques ; à travers la chloration concentrée dans le cas de la décontamination des puits par exemple (**OMS, 2017**).

- **Coliformes fécaux**

Les coliformes fécaux, encore appelés coliformes thermo-tolérants, sont un sous-groupe de coliformes totaux capables de fermenter le lactose à 44,5°C. Bien que certains d'entre eux proviennent des eaux riches en matière organique comme les effluents industriels du secteur des pâtes et papiers ou de la transformation alimentaire (**Lisa, 2022**); mais leur présence dans l'eau indique généralement une contamination d'origine fécale. De plus, ils papiers ou de la transformation alimentaire (**Lisa, 2022**) : mais leur sont de bons indicateurs de l'efficacité du traitement de l'eau, mais comme leur nombre est inférieur aux coliformes totaux, ces dernières sont mieux adaptées à cette fonction (**Lisa, 2022**). L'espèce la plus communément associée à ce groupe étant l'*Escherichia coli*. C'est la seule espèce de ce sous-groupe qui ne peut pas se développer ou se reproduire naturellement dans l'environnement et doit donc provenir d'une source fécale. C'est pour cela qu'elle est considérée comme un bon indicateur de contamination fécale, et sa présence témoigne même de la présence d'autres bactéries d'origine fécale (**Lisa, 2022**).

- **Streptocoques fécaux**

Ce sont des cocci-sphériques, Gram positifs, catalase négatif. Ils se déposent le plus souvent en diplocoques ou en chaînettes, se développent le mieux à 37° C, et ils produisent l'acide lactique sans gaz (**Bourgeois et Mescle, 1996**).

I.5. Impact des paramètres physicochimiques et bactériologiques sur l'eau aquacole

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 aquaculture, 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 fermes aquacoles d'élevage (cages flottantes). 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 permis de déterminer ces qualités pour obtenir de bonnes performances d'élevage (Morin, 2012).

II. Pollution des eaux

Selon l'OMS, la pollution de l'eau se définit comme « tout changement dans les propriétés naturelles, chimiques et biologiques de l'eau qui entraîne une modification de son état, directement ou indirectement, de sorte que l'eau devienne moins adaptée aux usages qui lui sont destinés que ce soit la consommation domestique, agricole, aquacole ou autre » (rapporté par Langevin et al., 1997). Autrement dit, la pollution d'eau se traduit Par la modification de ses propriétés physico-chimiques et biologiques perturbant ainsi les écosystèmes et rendant son utilisation douteuse (Mekkaoui et Hamdi, 2006). La pollution de l'eau constitue désormais l'un des problèmes environnementaux majeurs, (Sari, 2014).

II.1. Les types polluants des eaux naturelles

Les polluants des eaux comprennent :

- **Polluants organiques** : Micro-organismes pathogènes, matières fécales, déchets organiques (www, 2020).
- **Polluants chimiques** : Nitrates, phosphates, pesticides, médicaments, métaux lourds, hydrocarbures (www, 2020).
- **Polluants physiques** : Éléments grossiers, sables, matières en suspension (MES), contribuant à la turbidité de l'eau (Layacha, 2014 ; Aouissi, 2019).
- **Polluants biologiques** : Virus, bactéries, algues, parasites, menaçant la santé humaine et restreignant l'utilisation de l'eau (Lounnas, A., 2008).

II.2. Origines de la pollution des eaux

La pollution naturelle de l'eau est induite à travers divers phénomènes dont le plus important étant le réchauffement climatique. Ce phénomène est traduit par une augmentation inhabituelle de la température provoquant une élévation du niveau des eaux sur terre suite à la fonte des glaciers (Vicent, 2021). Par conséquent, des modifications dans le cycle de l'eau,

notamment les précipitations, sont induites affectant ainsi la quantité et surtout la qualité des eaux (**Vicent, 2021**).

L'eau subit une dégradation de ses caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et bactériologiques (**Layacha, 2014**). Les sources de pollution peuvent être classées en plusieurs catégories :

- **Pollution d'origine domestique** : Les eaux usées urbaines, riches en matière organique et en produits chimiques, constituent une source importante de pollution (**Degremon, 1989**).
- **Pollution d'origine industrielle** : Les activités industrielles génèrent diverses substances polluantes, souvent toxiques et difficilement dégradables, qui se déversent dans les rivières et les nappes souterraines (**Boeglin Jean-Claude**).

II.3. Risques sanitaires

Les risques sanitaires associés à l'eau polluée comprennent des maladies infectieuses, telles que les hépatites et le choléra, ainsi que des maladies à long terme liées à l'exposition à des substances chimiques nocives présentes dans l'eau (**Aouissi, 2019**).

Chapitre II

Matériels et méthodes

Le présent travail consiste une étude de la qualité d'eau de site d'élevage dans la région de Bejaia (Beni ksila) réalisée à travers des analyses physico-chimiques et microbiologiques. Ces analyses ont été effectuées respectivement au laboratoire d'hygiène communal de Bejaia **Annexe I** ville et à la direction de la santé et population (DSP) **annexe I** au cours d'un stage pratique d'une durée de deux mois du (16/04/2024) au (31/05/2024).

II.1. Situation géographique de la zone d'étude

La zone sur la quelle porte notre étude fait partie intégrante de la commune de la wilaya de Bejaïa dans la région de Kabylie en Algérie- qui s'appelle Beni Ksila située au nord-ouest de la wilaya au bord de la méditerranée bénéficiant de plages et d'eau marines relativement calmes et protégées, idéales pour les activités aquacoles. Elle se trouve à environ 70 kilomètres de la ville de Bejaïa, les limites géographiques de Beni Ksila incluent la mer Méditerranée au nord, offrant un accès direct aux ressources marines pour les activités aquacoles, à l'Est la commune de Toudja et à l'Ouest la wilaya de Tizi Ouzou, la région est bordée par d'autres localités côtières, et au sud Thawrith Ighil à Adkar Cette position stratégique, entre mer et montagne, permet à Beni Ksila de bénéficier d'un environnement naturel diversifié, propice à l'aquaculture et d'autres activités économiques locales.

La région côtière de Beni ksila soutenue par un climat chauds et secs pendant l'étés et doux et humides à l'hiver.



Figure 1: Carte géographique de site d'élevage de Beni ksila dans la wilaya de Bejaia

(Mezhoud ; 2024)

II.1.1. Site de prélèvement d'échantillons

Les installations aquacoles se composent principalement des cages flottantes utilisées pour l'élevage de la dorade. Ancrées au fond marin de Beni Ksila, ces cages sont constituées d'un cadre flottant à la surface de la mer, avec un filet immergé contenant des spécimens de dorade. Conçues pour résister aux conditions marines, ces cages favorisent une circulation efficace de l'eau, essentielle à l'oxygénation et à l'élimination des déchets. Le site d'élevage de Beni Ksila comprend huit cages, dont quatre contiennent de la dorade, tandis que les quatre autres sont vides. Accessibles par bateau depuis le port de Beni Ksila, ces cages facilitent le transport des matériaux et des produits aquacoles.

II.1.2. Échantillonnage et Transport pour Analyse en Laboratoire

Pour obtenir des données précises sur la qualité de l'eau des cages flottantes, des bouteilles en verre stérilisées de 500 mL à 1 litre sont utilisées. Le processus de prélèvement requiert une approche méthodique et des équipements stériles afin d'éviter toute contamination. Un bateau s'approche de la cage sans perturber l'environnement, puis une bouteille est immergée à la profondeur souhaitée, remplie d'eau et hermétiquement scellée. Cette procédure est répétée à différents emplacements de la cage pour assurer la représentativité des échantillons. Chaque échantillon est étiqueté avec des informations telles que le numéro de la cage et la date de prélèvement, puis transporté dans des conditions adéquates jusqu'au laboratoire.

Conformément aux directives en France et en Europe, les échantillons doivent être maintenus entre 1°C et 4°C dès leur collecte et être acheminés au laboratoire le jour même pour les analyses. Le délai maximum entre le prélèvement et le début de l'analyse ne doit pas dépasser 24 heures. Il est recommandé de conserver les échantillons à une température inférieure à 4°C. Après le prélèvement, le reste de l'échantillon non utilisé doit être placé au réfrigérateur.



Figure 2: Glacière avec deux bouteilles d'échantillon d'eau prélever.

II.2. Détermination des paramètres physique

Les paramètres considérés dans la présente étude sont le potentiel d'hydrogène (pH), la salinité, la conductivité, oxygène dissous (OD).

II.2.1. Évaluation des paramètres physique

Le multi paramètre Hanna est un appareil portable conçu pour mesurer plusieurs paramètres de qualité de l'eau. Le HI 9829 est un analyseur multiparamétrique capable de mesurer simultanément et afficher plusieurs valeurs. Cet appareil est utilisé principalement dans des environnements extérieurs et des applications sur le terrain. Avant la mesure, l'électrode du multi-paramètre doit être rincée avec de l'eau distillée, puis plongée complètement dans l'échantillon d'eau à analyser pour garantir des résultats précis et fiables conformes aux normes réglementaires de surveillance de la qualité de l'eau, le HI nous a permis de mesurer divers paramètres, notamment : Potentiel d'hydrogène (pH), température (T°), conductivité, salinité, total des solides dissous (TSD) et oxygène dissous (OD).



Figure 3: Le multi paramètre Hanna HI

II.3. Détermination des Paramètres chimiques

Les paramètres chimiques considérés dans la présente étude sont la teneur en calcium (Ca^{2+}), la Teneur en chlorures (Cl^-), nitrates (NO_3^-), nitrites (NO_2^-), les phosphates et sulfates (SO_4^{2-}) la demande biologique en oxygène (DBO_5). Il est à noter que, pour tous les paramètres à doser, la température de l'eau à analyser doit être entre 20 et 25°C afin d'accélérer les réactions car celles-ci sont très lentes dans l'eau froide.

II.3.1. Dosage de calcium (Ca^{2+})

Le dosage de (Ca^{2+}) est déterminé par l'ajout à l'échantillon de NaOH (Hydroxyde de sodium) **Annexe II** et d'indicateur coloré (le muréxide) **Annexe II** avec un pH alcalin qui favorise la Précipitation de magnésium sous forme d'hydroxyde qui n'interfère pas, et ce mélange prend la couleur rose. La solution obtenue est ensuite titrée par l'EDTA (Ethylène Diamine Tétra Acétate), qui vire de rose au couleur bleu violacé.

Mode opératoire

- ✓ Remplir la burette avec la solution d'EDTA **annexe II**.
- ✓ Amener l'échantillon à 25°_30° C car les réactions sont très lentes en eau très froide.
- ✓ Verser 50 ml d'échantillon dans un erlenmeyer d'une capacité de 250ml.
- ✓ Ajouter 2ml de NAOH (1N) et 0.1 g de muréxide **annexe II**
- ✓ Une fois que la couleur du mélange devienne rose, Avoir un mélange rose titrer

- ✓ Ajouter goutte à goutte la solution d'EDTA jusqu'au virage au violet
- ✓ Noter le volume correspondant à la chute de la burette ;
- ✓ Calculer la durezza calcique ($D Ca^{2+}$) comme suit ;

$$Ca^{2+} = (V_b \times 20) / 50 = X \text{ mg/l}$$

Et comme la masse molaire de $Ca^{2+} = 40 \text{ g/mol}$ et la masse équivalente $40/2 = 20$

$$DCa^2 = [(V_b \times 20) / 50] \times 20 = X \text{ mg/l}$$



Figure 4: Teneur en calcium (Ca^{2+}).

II.3.2. La Teneur des chlorures (Cl^-)

Nous avons opté pour la méthode de **MOHR** pour analyser la teneur en chlorures (Cl^-) dans des échantillons d'eau. Cette méthode utilise un titrage argent métrique avec une solution de nitrate d'argent ($AgNO_3$) **Annexe II** et du bichromate de potassium comme indicateur coloré. La teneur en chlorures doit être entre 5 et 150 mg/L pour obtenir des résultats précis, avec un pH entre 5 et 9 pour éviter la transformation des ions Ag et Cr_2O_7 , et une température de l'eau entre $25^\circ C$ et $30^\circ C$ pour accélérer les réactions.

Mode opératoire

- ✓ Remplir la burette avec la solution $AgNO_3$.
- ✓ Amener l'échantillon à $25-30^\circ C$ car les réactions sont très lentes en eau très froide.
- ✓ Dans un erlen de 250 ml, verser 100ml d'eau à analyser et ajouter des gouttes de $K_2Cr_2O_7$, à 10%, la couleur de la solution est alors jaune citron.
- ✓ Titrer avec $AgNO_3$, jusqu'à virage rouge brique. K^{+2}

- ✓ On note le volume (la chute de la burette) V .



Figure 5: Dosage de chlorure (CL⁻).

II.3.3. Dosage des nitrites (NO₂⁻)

La méthode utilisée pour le dosage des nitrites est celle au réactif de Zambelli

Annexe II, qui consiste en l'utilisation de l'acide sulfanilique en milieu chlorhydrique en présence d'ion ammonium et de phénol, et en contact avec les ions NO. Il en résulte un complexe jaune qui est proportionnel à la concentration en nitrite qui est déduite ensuite à partir de l'évaluation spectrophotométrique à une longueur d'onde de 435nm. Comme tous les autres dosages.

Mode opératoire

- ✓ Prélever 50 ml d'eau analyser
- ✓ Ajouter 2 ml de réactif de zambli.
- ✓ Agiter et laisser au repos 10 mn
- ✓ Ajouter ensuite 2 ml d'ammoniaque pur
- ✓ Effectuer la lecture spectrophotométrique à 420nm et tenir compte de la valeur lue pour le témoin.

II.3.4. Dosage des nitrates (NO₃⁻)

Nous avons opté pour la méthode par spectrophotométrie moléculaire pour le dosage de nitrate. Cette méthode consiste à utiliser les réactifs suivants :

- Solution de salicylate de sodium à 1%, à renouveler toutes les 24h.
- Acide sulfurique concentré (d=1,84).

- Solution d'hydroxyde de sodium et EDTA, à conserver dans un flacon de polyéthylène

Mode opératoire

- ✓ Dans une série de capsule de 60 ml introduire successivement 10 ml de l'eau à analyser attendre 5 mn puis évaporer à sec au bain-marie ou dans une étuve portée à 75-80 °C (ne pas surchauffé au chauffé lentement).
- ✓ Ajouter 1 ml de la solution de salicylate de sodium, mélanger puis évaporer (temps d'évaporation : 15 à 20 minutes).
- ✓ Laisser refroidir.
- ✓ Reprendre le résidu par 1 ml d'acide sulfurique concentré ayant soin de l'humidité complètement.
- ✓ Attendre 10 min, ajouté 10 ml d'eau permuté puis 10 ml de solution d'hydroxyde de Na et EDTA.
- ✓ Une coloration jaune se développera, effectuer la lecture au spectrophotomètre à 415 nm.

II.3.5. Dosage des sulfates (SO_4^{2-})

Les sulfates sont dosés en utilisant du chlorure du baryum (BaCl_2) en milieu acide (solution stabilisante); la formation d'un précipité blanc indique la présence des sulfates.

- ✓ Transférer 100 ml l'échantillon d'eau dans un bécher de 250ml
- ✓ Ajouter 5 ml de la solution stabilisante et agiter la solution pendant une minute
- ✓ Ajouter 0.4g de bichlorure de baryum BaCl_2
- ✓ Agiter une minute, puis verser la suspension dans la cellule de la mesure
- ✓ Attendre 3 au 4 minute puis faire la lecture sur l'appareil ($A= 420\text{nm}$)



Figure 6: Dosage des sulfates (SO_4^{2-})

II.3.6. Le dosage des phosphate (PO_4^{3-})

Le dosage des phosphates (PO_4^{3-}) par méthode spectrophotométrique en utilisant les réactifs suivant :

- Solution d'acide molybdate
- Solution chlorure stanneux ($\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

Mode opératoire :

- ✓ Introduit 40 ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée de 50 ml.
- ✓ Ajouter 04 ml de la solution d l'acide molybdate.
- ✓ Ajouter 10 gouttes de la solution de chlorure stanneux.
- ✓ Bien mélanger et laisser 5 minutes puis effectuer les mesures au spectrophotométrie à la longueur d'onde de 690 nm.

II.3.7. Détermination de la (DBO_5)

Détermination de la DBO par la méthode de dilution on utilise l'eau de dilution, du thiosulfate de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) pour le titrage de l'oxygène dissous, un mélange de KI et de NaOH pour la solution alcaline, des acides (HCL ou H_2SO_4) pour acidifier l'échantillon, des sels de manganèse (MnCl_2) ou (MnSO_4) et de l'amidon. Ces réactifs permettent de mesurer la DBO en suivant les variations de concentration d'oxygène dissous.

Mode d'emploi

- ✓ Prélever une quantité adéquate de l'échantillon au quel correspond
- ✓ Un volume d'eau de dilution bien déterminer.

- ✓ Remplir un flacon de 250ml.
- ✓ Introduire au fond avec une pipette 01 ml de KI-NaOH et 01 ml $MnCl_2$
- ✓ $MnSO_4$)
- ✓ Agiter le flacon, laisser déposer le précipité floconneux D'hydroxyde de manganèse.
- ✓ Après clarification de la partie supérieure du liquide, introduire fond du flacon 2,5ml de HCl (2ml de H_2SO_4) **Annexe II.**
- ✓ Reboucher agiter par renversements jusqu'à désillusion totale du précipité.
- ✓ Prélever ensuite 203ml de la solution obtenue.
- ✓ Titré avec Na_2, S_2O_3 jusqu'à apparition d'une couleur jaune paille.
- ✓ Addition 01 ml de solution d'amidon.
- ✓ Continuer le titrage jusqu'à transparence.



Figure 7: Apparition de $MnO(OH)_2$ hydroxyde de manganèse.

II.4. Paramètres bactériologiques

Les analyses microbiologiques sont essentielles pour garantir que l'eau n'est pas contaminée par des bactéries pouvant altérer sa qualité.

II.4.1. Identification des coliformes totaux et fécaux

La recherche et le dénombrement des coliformes totaux et fécaux sont réalisés à l'aide d'un bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol. Ce milieu de culture non sélectif est utilisé pour identifier et détecter certaines bactéries, y compris les coliformes.

La méthode repose sur la capacité du bouillon à changer de couleur, passant du pourpre au jaune en cas d'acidification. Cette acidification se produit lorsque des bactéries fermentent le lactose du milieu, produisant un gaz visible dans les cloches renversées dans les tubes d'expérimentation. Ce changement de couleur indique donc une contamination de l'eau par des coliformes.

Mode opératoire

- Ensemencer auprès d'un bec benzène une série de 09 tubes par 10 ml du milieu BCPL **annexe II** une cloche de Durham renversée à l'intérieur et une quantité variable de l'échantillon d'eau à analyser dont :
 - 03 tubes contenant 10 ml de l'échantillon d'eau (donc double concentré) ;
 - 03 tubes contenant 1 ml de l'échantillon d'eau (donc simple concentré) et ;
 - 03 tubes 0.1 ml de l'échantillon d'eau (donc simple concentré).
- Incuber l'ensemble des tubes à 37°C pendant 48 heures ;
- ✓ Si la couleur du bouillon vire au jaune avec formation de gaz dans la cloche durham (au moins un dixième cela indique la présence des coliformes totaux, et dans ce cas il est nécessaire de réaliser un test confirmatif.

Test confirmatif

- A partir des tubes positifs de BCPL ensemencer quelques gouttes dans un milieu Schubert et incuber à 44°C pendant 24 heures
- Le trouble éventuel de la couleur avec dégagement de gaz (1/10) nécessite l'ajout de réactif Kovacs
- L'apparition d'un anneau rouge **Annexe IV** sur la surface des tubes confirme la présence des coliformes fécaux.
- La lecture des résultats bactériologiques se font à l'aide des fiches de lecture **Annexe III**



Figure 8: Tubes BCPL.

II.4.2. Identification des streptocoques fécaux

La recherche et dénombrement des streptocoques fécaux se sont réalisées sur le milieu de Rothe **Annexe II**. Celui-ci est utilisé pour la confirmation lors des recherches et dénombrements des Streptocoques fécaux dans les eaux de mer, La technique en milieu liquide s'effectue en deux étapes consécutives :

- **Le test présumptif** : réservé à la recherche des streptocoques sur milieu de Rothe dont l'agent sélectif étant l'acide de sodium.
- **Le test confirmatif** : réservé à la confirmation proprement dite sur milieu d'Eva Litsky **Annexe II** dont les agents sélectifs étant I 'acide de sodium et I éthyle violet.

Mode opératoire

Ensemencer auprès d'un bec benzène une série de 09 tubes contenant 10 ml du milieu Rothe **Annexe II** dont :

- 03 tubes avec 10 ml d'échantillon d'eau (donc double concentré).
- 03 tubes avec 1 ml de l'échantillon d'eau (donc simple concentré).
- 03 tubes avec 0.1 ml de l'échantillon d'eau (donc simple concentré).
- Incuber la totalité des tubes à 37°C pendant 48 heures ;
- L'observation d'un trouble lors de la première lecture indique probablement un résultat positif nécessitant ainsi la réalisation d'un test confirmatif.

Test confirmatif

- A partir des tubes positifs de Rothe ensemencer quelque goutte dans le milieu d'Eva Litsky
- Incuber à 37°C pendant 24 heures
- Si lors de la deuxième lecture les tubes sont troubles avec formation d'une pastille violette au fond de tube cela témoigne la présence des streptocoques fécaux.
- La lecture des résultats bactériologique se font à l'aide des fiches de lecture.



Figure 9: Milieu Roth pour chercher les streptocoques

Chapitre III

Résultats et discussions

III .1. Les paramètres physiques

Les valeurs des différents paramètres physiques des échantillons analysés

Tableau 1: Le tableau présente les résultats des analyses physiques pour chaque échantillon

Echantillons	Numéro	1	2	3	4	5	6	7
	Date	19/02/ 2024	16/04/ 2024	21/04/ 2024	05/05/ 2024	08/05/ 2024	14/05/ 2024	27/05/ 2024
Paramètres	Ph	8.25	8.03	7.67	8.14	8.16	8.29	7.79
	Salinité (psu)	47.8	46.53	48.02	47.96	48.1	55.95	35.39
	Conductivité (ms/cm)	69.67	56.84	70.15	70.12	70.02	80.51	53.50
	Oxygène dissous (mg/L)	2.18	1.62	2.52	2.07	2.36	2.78	2.68

Les échantillons d'eau ont été analysés à différentes dates entre le 19 février 2024 et le 27 mai 2024. Les mesures prises incluent le pH, la salinité (en PSU), la conductivité (en mS/cm) et l'oxygène dissous (en mg/L).

- L'échantillon 01, prélevé le 19 février 2024, a un pH de 8,25, une salinité de 47,8 PSU, une conductivité de 69,67 mS/cm et une concentration d'oxygène dissous de 2,18 mg/L.
- L'échantillon 2, prélevé le 16 avril 2024, montre un pH de 8,03, une salinité de 46,53 PSU, une conductivité de 56,84 mS/cm et une concentration d'oxygène dissous de 1,62 mg/L.
- L'échantillon 3, prélevé le 21 avril 2024, a un pH de 7,67, une salinité de 48,02 PSU, une conductivité de 70,15 mS/cm et une concentration d'oxygène dissous de 2,52 mg/L.
- L'échantillon 4, prélevé le 5 mai 2024, présente un pH de 8,14, une salinité de 47,96 PSU, une conductivité de 70,12 mS/cm et une concentration d'oxygène dissous de 2,07 mg/L.
- L'échantillon 5, prélevé le 8 mai 2024, a un pH de 8,16, une salinité de 48,1 PSU, une conductivité de 70,02 mS/cm et une concentration d'oxygène dissous de 2,36 mg/L.
- L'échantillon 6, prélevé le 14 mai 2024, montre un pH de 8,29, une salinité de 55,95 PSU, une conductivité de 80,51 mS/cm et une concentration d'oxygène dissous de 2,78 mg/L.

- L'échantillon 7, prélevé le 27 mai 2024, montre un pH de 7,79, une salinité 35,50 de PSU une conductivité de 2.68 mS/cm et une concentration d'oxygène dissous de mg/L

III 1.1. Le Potentiel hydrogène (pH)

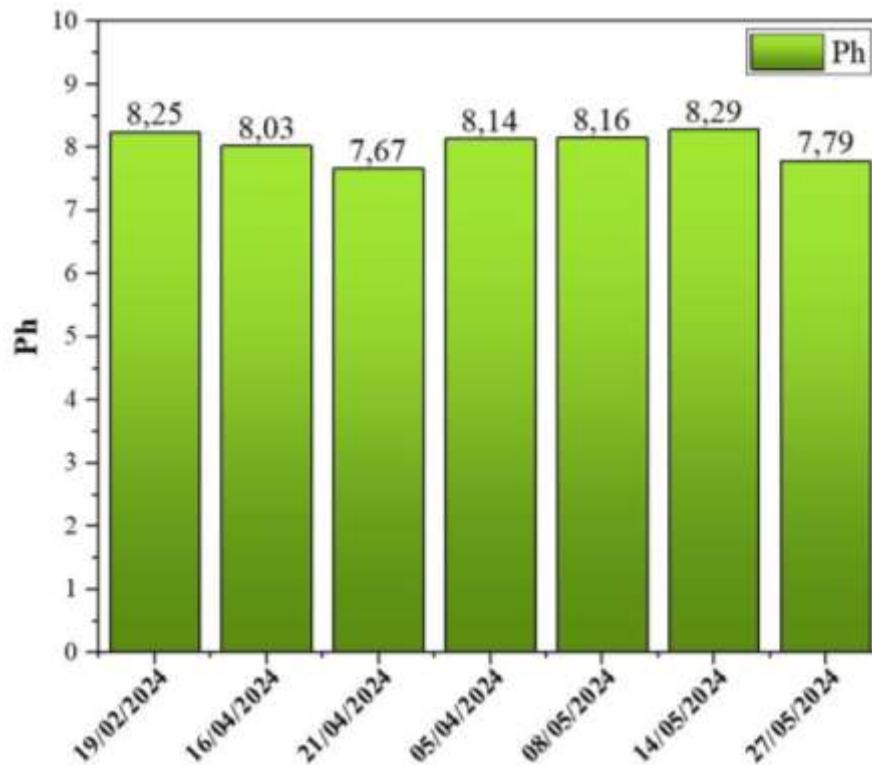


Figure 10: Les valeurs du pH

La figure ci-dessus présente les valeurs du pH pour sept échantillons différents. La majorité des échantillons ont des valeurs légèrement alcalines, oscillant entre 8,03 et 8,29, indiquant des conditions environnementales similaires. Pour l'échantillon 3 une légère diminution est remarqué avec une valeur de 7,67 montrant une légère acidité par rapport aux autres échantillons, possiblement dû à l'accumulation de déchets organique. L'échantillon 7 présente également une valeur de Ph légèrement acide à 7,79 indiquant peut-être une accumulation de CO₂.

Les échantillons 1, 2, 4, 5, et 6 montrent une bonne consistance en termes de pH, suggérant une homogénéité dans les conditions une bonne circulation d'eau et une dilution des déchets. Les échantillons 3 et 7, avec des valeurs de pH légèrement basses, pourraient indiquer des différences dans les sources ou des variations chimiques locales.

Tous les valeurs de pH principalement entre légèrement alcalin à neutre. La majorité des échantillons montrent une stabilité chimique, tandis que les variations observées dans les échantillons 3 et 7 pourraient nécessiter une enquête plus approfondie pour déterminer les causes spécifiques de différences du pH.

III.1.2. La salinité

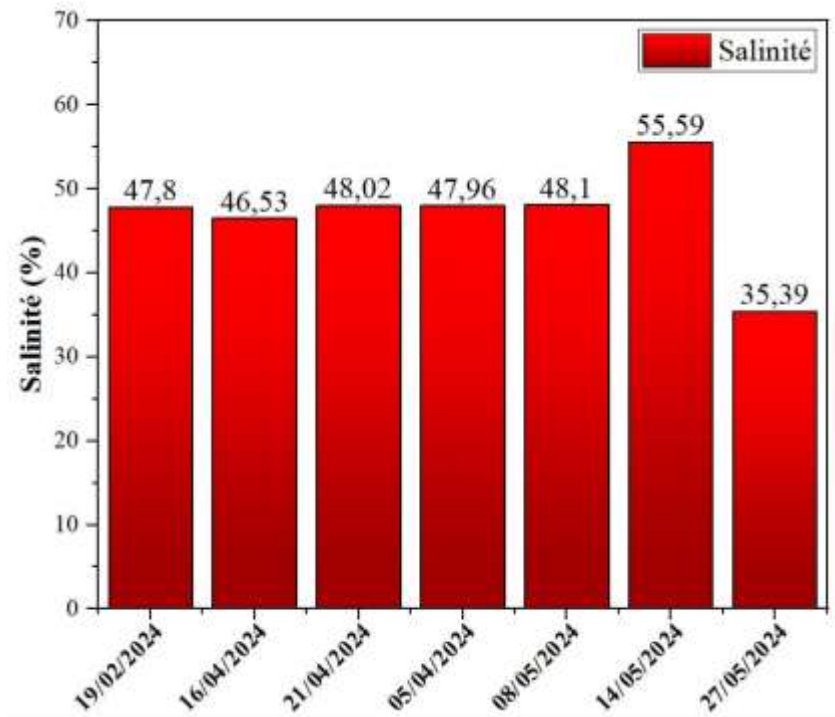


Figure 11: Le graphe présent les valeurs de la salinité

La figure présente les valeurs de salinité (en PSU, Practical Salinity Units) pour sept échantillons différents. Les résultats montrent que les échantillons 1 à 5 ont des valeurs de salinité relativement stables, entre 46,53 et 48,1 PSU. Cela indique une constance dans la salinité de ces échantillons, suggérant qu'ils proviennent probablement d'un environnement similaire ou qu'ils ont été soumis aux mêmes conditions. L'échantillon 6, en revanche, présente une valeur de salinité significativement plus élevée, à 55,59 PSU. Cette augmentation pourrait indiquer une concentration plus élevée de sels dans cet échantillon spécifique, peuvent être un changement des conditions environnementales distinctes. Par contre l'échantillon 7 a une salinité beaucoup plus faible, à 35,39 PSU, ce qui pourrait indiquer une dilution importante des sels ou une provenance d'une source moins saline.

La salinité élevée de l'échantillon 6 pourrait être due à une évaporation accrue, une concentration naturelle de sels dans l'eau, Une enquête plus approfondie sur les conditions spécifiques de cet échantillon pourrait fournir des réponses. La salinité plus faible de

l'échantillon 7 pourrait être le résultat de l'ajout d'eau douce, une infiltration, ou une différente origine géographique avec moins de sels dissous.

III.1.3. La conductivité

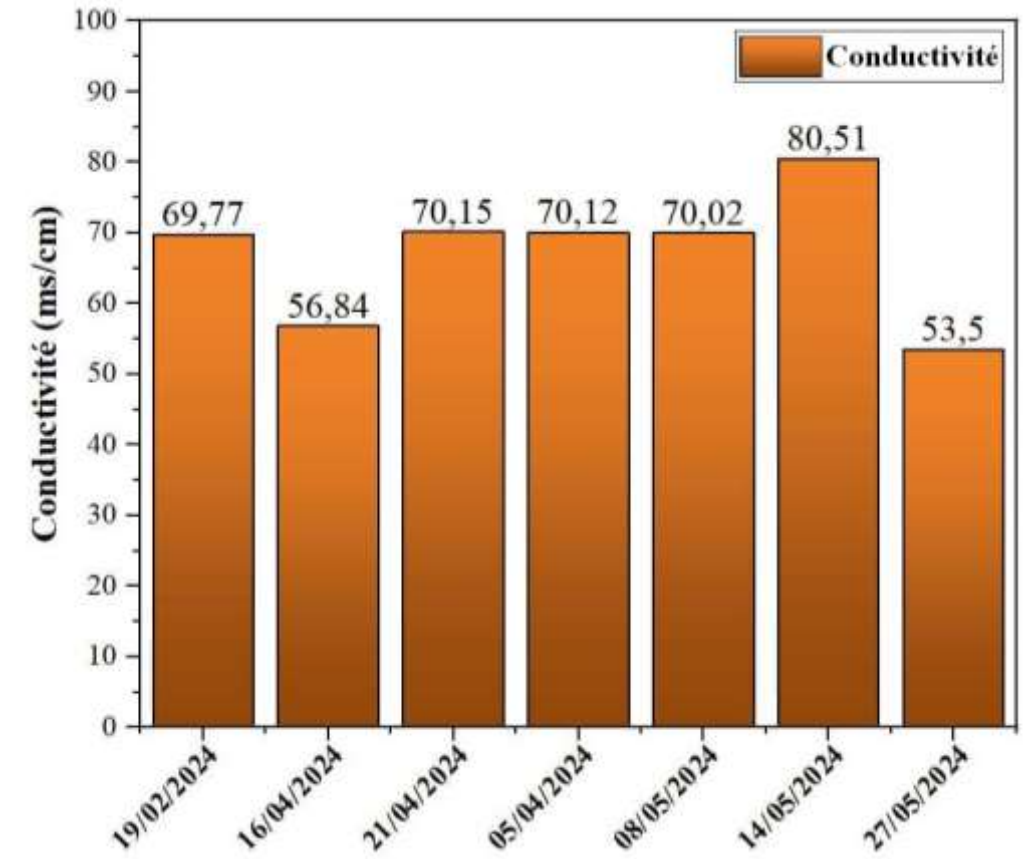


Figure 12: Le graphique présente les valeurs de conductivité

Les valeurs de la conductivité (en mS/cm) pour sept échantillons différents, indiquant la capacité des solutions à conduire l'électricité. Les résultats montrent des variations entre 53,5 mS/cm et 80,51 mS/cm. L'échantillon 6 a la conductivité la plus élevée à 80,51 mS/cm, ce qui suggère une concentration élevée en ions dissous, probablement due à des sels ou des minéraux en solution. Les échantillons 3, 4, et 5 montrent des valeurs de conductivité très similaires, autour de 70 mS/cm, indiquant des conditions chimiques similaires ou une origine commune. L'échantillon 1 a une conductivité légèrement inférieure à 69,77 mS/cm, ce qui reste proche des échantillons 3, 4, et 5. En revanche, l'échantillon 2 affiche une conductivité plus basse à 56,84 mS/cm, et l'échantillon 7 présente la conductivité la plus faible à 53,5 mS/cm. Ces différences peuvent indiquer des variations dans la composition ionique, ou des influences environnementales spécifiques. Donc la majorité des échantillons montrent des conductivités relativement élevées et proches les unes des autres, les échantillons 2 et 7 se distinguent par des

valeurs plus basses, suggérant des conditions différentes ou une moindre concentration en ions dissous. Ces variations nécessitent une investigation plus approfondie pour comprendre plus.

III.1.4. L'oxygène dissous

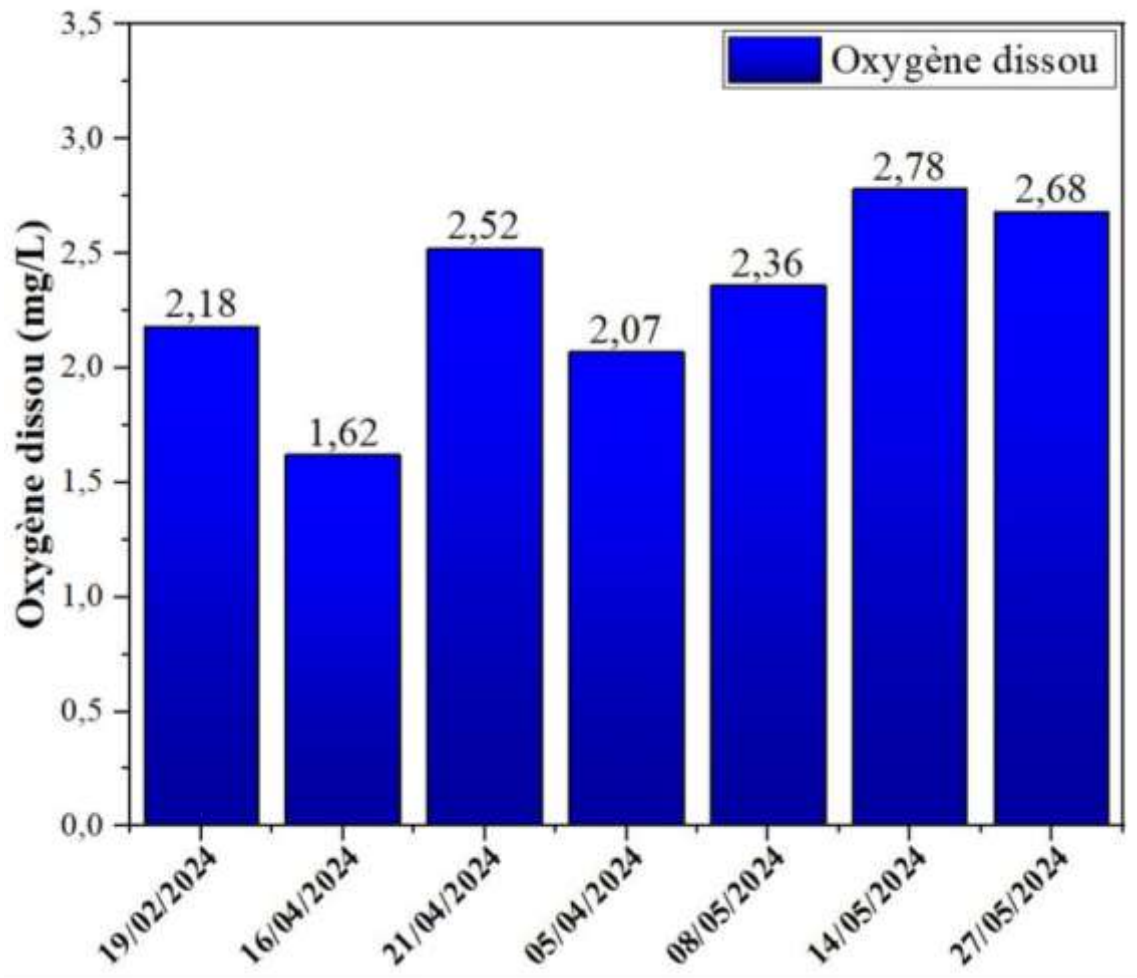


Figure13: Le graphique présente les valeurs d'oxygène dissous (OX)

La figure présente les valeurs d'oxygène dissous (en mg/L) pour sept échantillons différents, montrant des variations entre 1,62 mg/L et 2,78 mg/L. Les échantillons 1, 3, 4, 5, 6, et 7 affichent des concentrations d'oxygène dissous relativement similaires, oscillant entre 2,07 mg/L et 2,78 mg/L, ce qui suggère des conditions environnementales similaires ou une homogénéité dans la collecte des échantillons. Cependant, l'échantillon 2 se distingue avec la concentration la plus faible à 1,62 mg/L, ce qui peut indiquer une consommation élevée d'oxygène ou des conditions différentes dans cet environnement spécifique. Les variations observées dans les concentrations d'oxygène dissous pourraient être dues à des facteurs environnementaux tels que la température de l'eau, la présence de polluants, l'activité biologique, ou des différences dans la méthode de collecte. Des concentrations plus faibles

d'oxygène dissous, comme observé dans l'échantillon 2, peuvent poser des problèmes pour la vie aquatique, car l'oxygène dissous est crucial pour la respiration des organismes aquatiques. En conclusion, bien que la majorité des échantillons montrent des concentrations d'oxygène dissous relativement proches, l'échantillon 2 nécessite une investigation supplémentaire pour comprendre la cause de sa concentration plus faible. Ces résultats sont essentiels pour évaluer la qualité de l'eau et son aptitude à soutenir la vie aquatique.

III.2. Les paramètres chimiques

Les valeurs des différents paramètres chimiques analysés

Tableau 2: présente les résultats des paramètres chimiques de chaque échantillon

Dates	17/04/2024	22/04/2024	06/05/2024	09/05/2024	15/05/2024	28/05/2024
Paramètres						
Ca²⁺ (mg/l)	480	1120	600	440	800	770
Cl⁻ (mg/l)	27690	29820	124215	12070	17750	15402
NO₃⁻ (mg/l)	7.03	0	27.69	18.36	1.43	2.08
NO₂⁻ (mg/l)	0	0	0	0	0.078	0
Pho₄²⁻	0	0.016	0.014	0	0.214	0.182
SO₄⁻ (mg/l)	1597,93	1484,53	1824,74	1678,35	2049,48	1562,20
DBO₅ (mg/l)	14.07	11.22	7.8	12.28	11.26	21.4

Le tableau II présente les résultats des analyses chimiques de l'eau provenant du site d'élevage aquacole de Beni Ksila, avec des échantillons prélevés à différentes dates. Les paramètres mesurés incluent les concentrations en calcium (Ca²⁺), chlorures (Cl⁻), nitrates (NO₃⁻), nitrites (NO₂⁻), phosphates (PO₄³⁻), sulfates (SO₄²⁻), et la demande biologique en oxygène sur 5 jours (DBO₅).

III.2.1 Le dosage de calcium (Ca^{+2}) en mg/l

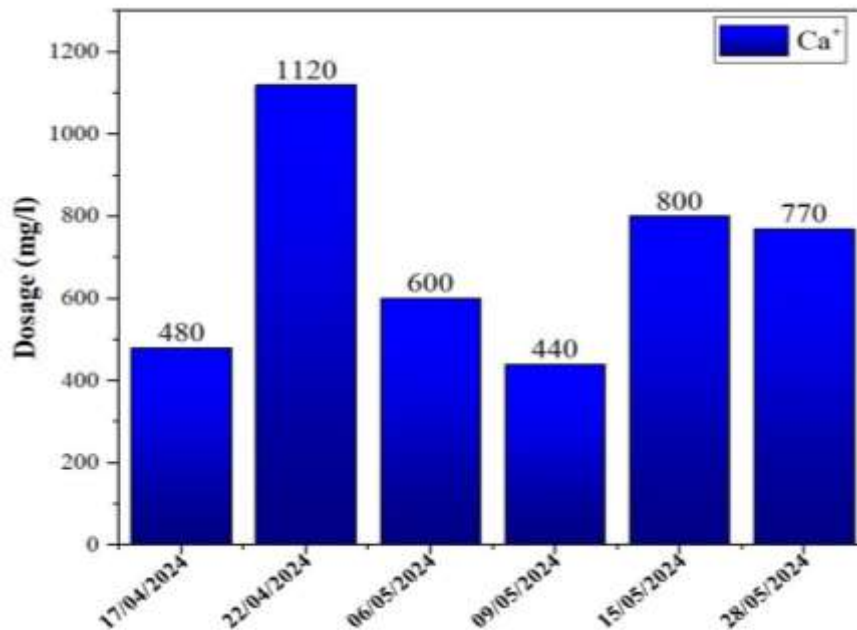


Figure 14: Le graphe présente le dosage en calcium (Ca^{2+})

Les résultats présentés dans le graphe montrent les dosages de calcium (Ca^{2+}) mesurés en mg/l d'eau d'un site d'élevage aquacole à différentes dates. Le 17 avril 2024, le dosage de calcium est relativement bas, à 480 mg/l. Le 22 avril 2024, une augmentation drastique est observée, avec un pic atteignant 1120 mg/l, ce qui pourrait indiquer un événement particulier ou une intervention qui a considérablement augmenté la concentration de calcium à ce moment-là.

Ensuite, le 06 mai 2024, le dosage de calcium diminue à 600 mg/l, marquant une baisse par rapport au pic précédent, mais restant encore élevé. Le 09 mai 2024, la concentration de calcium baisse encore à 440 mg/l, le niveau le plus bas parmi toutes les dates observées, suggérant une diminution de l'apport en calcium ou une dilution.

Cependant, le 15 mai 2024, une nouvelle augmentation est notée avec un dosage de 800 mg/l, indiquant un possible changement dans les conditions environnementales. Enfin, le 28 mai 2024, le dosage de calcium se stabilise à un niveau élevé de 770 mg/l, proche de la valeur enregistrée le 15 mai 2024, suggérant une certaine stabilité ou le maintien de conditions favorisant une concentration élevée de calcium.

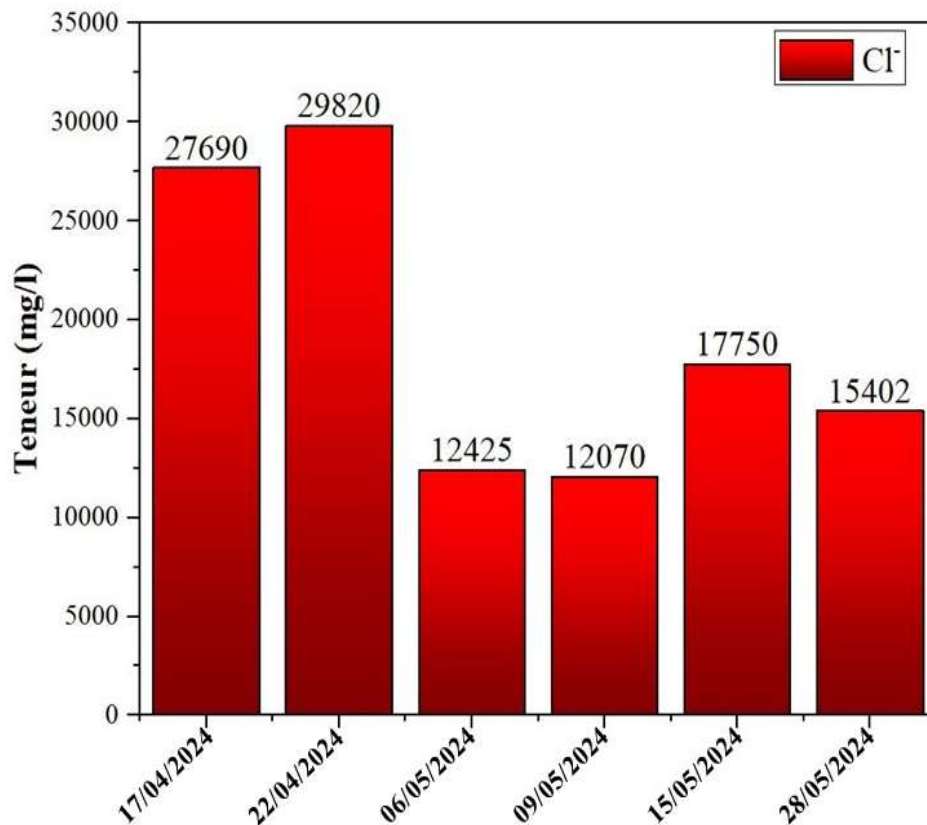
III.2.2 La teneur en chlorure (Cl^-) en mg/l

Figure 15: Le graphe présente la teneur en chlorure (Cl^-) en mg/l.

Les résultats présentés dans le graphe montrent les teneurs en chlorures (Cl^-) dans l'eau d'un site d'élevage aquacole à différentes dates. Le 17 avril 2024, la teneur en chlorures est relativement élevée, atteignant 27690 mg/l. Le 22 avril 2024, un pic est observé avec une concentration maximale de 29820 mg/l, ce qui pourrait indiquer un événement spécifique des chlorures à ce moment-là. Le 06 mai 2024, une forte diminution est notée, avec une teneur en chlorures réduite à 12425 mg/l. Cette baisse considérable pourrait résulter d'un changement dans les conditions environnementales ou d'une intervention visant à abaisser la concentration de chlorures. Le 09 mai 2024, la teneur continue de diminuer légèrement à 12070 mg/l, suggérant une tendance à la réduction des chlorures.

Cependant, le 15 mai 2024, une remontée est observée avec une teneur de 17750 mg/l, indiquant une possible intervention ou un changement dans les conditions qui ont augmenté la concentration de chlorures. Enfin, le 28 mai 2024, la teneur en chlorures diminue légèrement à 15402 mg/l, mais reste plus élevée que les valeurs enregistrées au début du mois de mai.

Ces variations peuvent être attribuées à des changements dans les pratiques d'élevage, les conditions environnementales ou des interventions spécifiques visant à gérer la qualité de l'eau.

III.2.3. Le dosage des nitrites (NO_2^-) en mg/

les dosages de nitrites (NO_2^-) dans l'eau d'un site d'élevage aquacole à différentes dates. Pour les dates du 17 avril 2024, 22 avril 2024, 06 mai 2024, 09 mai 2024, et 28 mai 2024, le dosage de nitrites est nul (0 mg/l), indiquant que les niveaux de nitrites dans l'eau étaient inférieurs au seuil de détection ou inexistant. Cela est généralement un signe positif en termes de qualité de l'eau pour l'élevage aquacole, car les nitrites peuvent être toxiques pour les organismes aquatiques, le 15 mai 2024, une concentration notable de nitrites est observée, avec une valeur de 0,78 mg/l. Cette augmentation soudaine pourrait être due à un changement environnemental. Les nitrites à ce niveau peuvent indiquer une pollution récente ou un dysfonctionnement dans le système de gestion de l'eau. Les résultats montrent que, excepté le 15 mai 2024, les niveaux de nitrites dans l'eau étaient généralement inexistant ou très faibles, ce qui est favorable pour la santé des organismes aquacoles.

III.2.4. Le dosage des nitrates (NO_3^-)

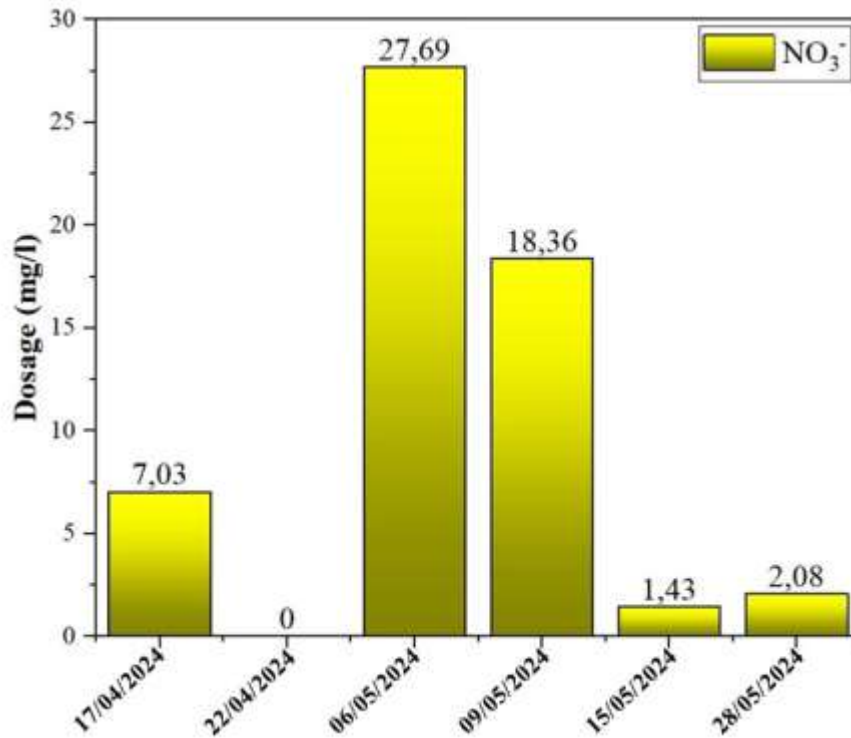


Figure 16: Le dosage des nitrates(NO_3^-) en mg/l

La figure présente les dosages de nitrates (NO_3^-) dans d'eau aquacole à différentes dates. Le 17 avril 2024, le dosage de nitrates est de 7,03 mg/l, indiquant une présence modérée de nitrates dans l'eau. Le 22 avril 2024, aucun nitrate n'est détecté (0 mg/l), ce qui suggère une absence totale de nitrates ou des niveaux inférieurs au seuil de détection. Le 06 mai 2024, un pic important est observé avec une concentration de 27,69 mg/l, ce qui pourrait être dû à un événement spécifique ou une intervention ayant conduit à une forte augmentation des niveaux de nitrates.

Le 09 mai 2024, la concentration de nitrates diminue à 18,36 mg/l. Bien que cette valeur soit plus basse que celle du précédente, elle reste élevée, suggérant que les niveaux de nitrates sont toujours assez importants. Le 06 mai 2024, une baisse notable est enregistrée avec une teneur de 1,43 mg/l, indiquant une réduction significative des nitrates dans l'eau. Enfin, le 28 mai 2024, le dosage de nitrates est de 2,08 mg/l, montrant une légère augmentation par rapport au 15 mai restant à un niveau relativement bas comparé aux pics précédents.

III.2.5. Le dosage des phosphates (PO_4^-)

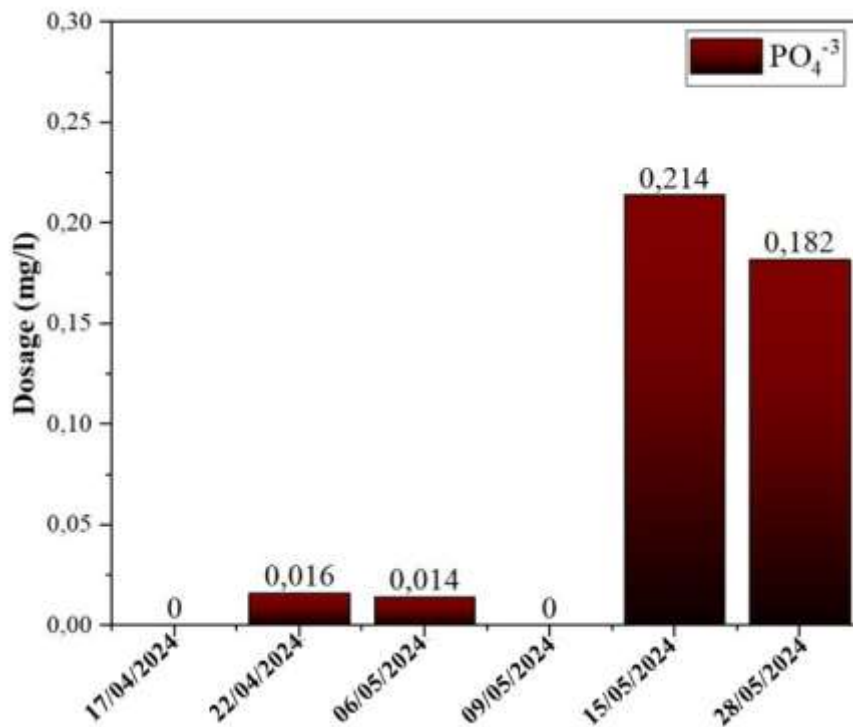


Figure 17: Le dosage des phosphates (PO_4^-) en mg/l

La figure présente les dosages de phosphates (PO_4^{3-}) dans l'eau d'un site d'élevage aquacole à différentes dates. Le 17 avril 2024, aucun phosphate n'est détecté (0 mg/l), indiquant une absence totale de phosphates ou des niveaux inférieurs au seuil de détection. Le 22 avril 2024, une faible concentration de 0,016 mg/l est détectée, suggérant une présence minimale de phosphates dans l'eau. Le 06 mai 2024, la concentration de phosphates est légèrement inférieure à celle du 22 avril 2024, avec une valeur de 0,014 mg/l. Le 09 mai 2024, aucun phosphate n'est détecté (0 mg/l), similaire à la valeur du 17 avril 2024. Cependant, le 15 mai 2024, un pic important est observé avec une concentration de 0,214 mg/l, indiquant une augmentation significative des niveaux de phosphates dans l'eau. Le 28 mai 2024, la concentration de phosphates diminue légèrement à 0,182 mg/l, mais reste élevée par rapport aux autres dates.

Les variations des teneurs en phosphates au fil du temps montrent des fluctuations importantes. La plupart des dates montrent des niveaux très faibles ou nuls de phosphates, ce qui est généralement favorable pour l'environnement aquatique car les excès de phosphates peuvent entraîner une prolifération d'algues et des problèmes de qualité de l'eau. Le pic du 15 mai 2024 à 0,214 mg/l est particulièrement notable et pourrait indiquer une source de pollution ou un changement dans les conditions environnementales ou les pratiques de gestion de l'eau.

La légère diminution observée le 28 mai 2024, avec une concentration de 0,182 mg/l, montre une amélioration, mais les niveaux de phosphates restent relativement élevés comparés aux autres dates.

III.2.6. Les valeurs de la demande biologique en oxygène (DBO₅)

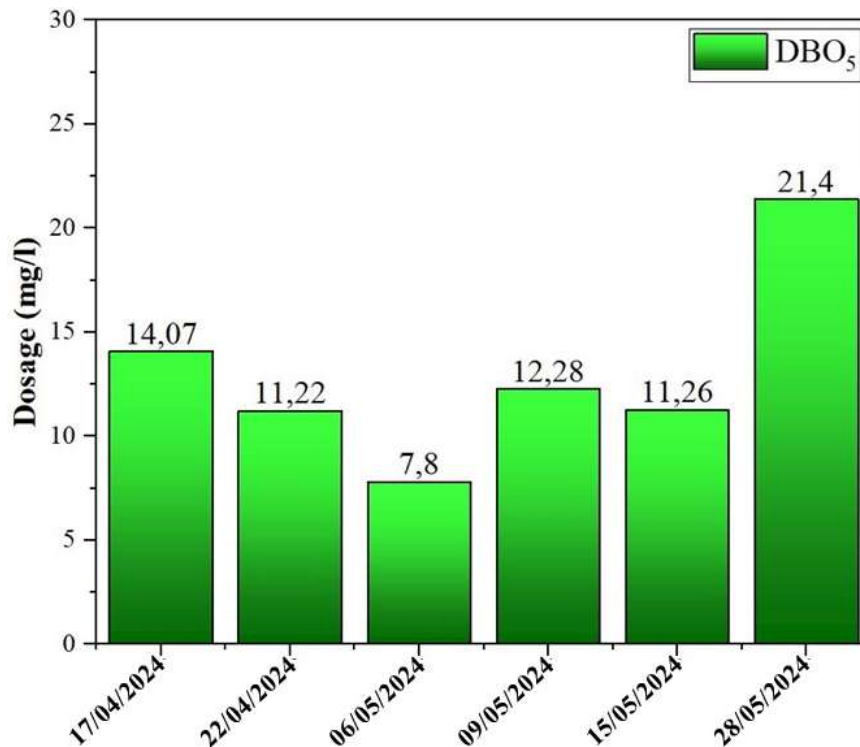


Figure 18: Les valeurs de la demande biologique en oxygène (DBO₅)

Le graphique présente les valeurs de la demande biologique en oxygène (DBO₅) dans d'eau aquacole à différentes dates. Le 17 avril 2024, la DBO₅ est de 14,07 mg/l, indiquant une demande relativement élevée en oxygène et suggérant une présence significative de matières organiques biodégradables. Le 22 avril 2024, la DBO₅ est de 11,22 mg/l, montrant une diminution par rapport au 17 avril 2024 et indiquant une réduction des matières organiques dans l'eau. Le 06 2024, la DBO₅ chute à 7,8 mg/l, indiquant une diminution notable de la demande en oxygène et une baisse de la charge organique dans l'eau. Le 09 mai 2024, la DBO₅ remonte à 12,28 mg/l, suggérant une nouvelle introduction de matières organiques dans l'eau et une augmentation de la demande en oxygène. Le 15 mai 2024, la DBO₅ est de 11,26 mg/l, montrant une légère diminution par rapport au 5 mai, mais restant relativement élevée.

Enfin, le 28 mai 2024, un pic significatif est observé avec une DBO₅ de 21,4 mg/l, indiquant une présence très élevée de matières organiques biodégradables et augmentant fortement la demande en oxygène dans l'eau. Les variations de la DBO₅ au fil du temps montrent

des fluctuations importantes dans la charge organique de l'eau du site d'élevage aquacole. Les valeurs élevées de la DBO₅, notamment le pic du 28 mai 2024 à 21,4 mg/l,

III.2.7. Le dosage des sulfates (SO₄²⁻)

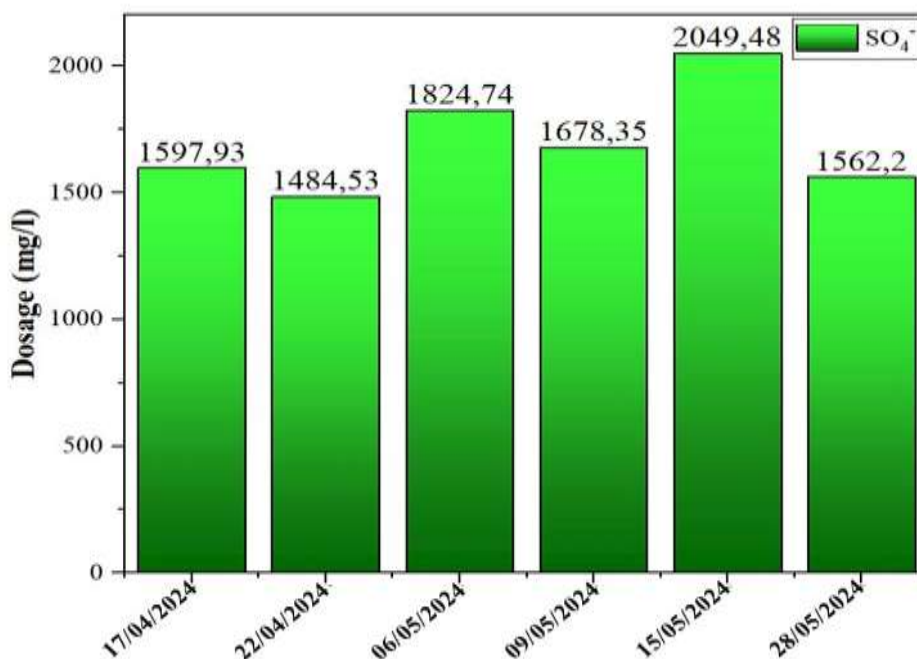


Figure 19: Le dosage des sulfates (SO₄²⁻) en mg/l

La figure montre les dosages de sulfates (SO₄²⁻) dans l'eau d'un site d'élevage aquacole à différentes dates. Le 17 avril 2024, le dosage de sulfates est relativement élevé, atteignant 1597,93 mg/l. Le 22 mai 2022, une légère diminution est observée avec une concentration de 1484,53 mg/l, ce qui pourrait être dû à une diminution naturelle ou à une intervention. Le 06 mai 2024, une augmentation notable est enregistrée avec une teneur de 1824,74 mg/l, probablement en raison de conditions changeantes ou d'interventions spécifiques visant à accroître la concentration de sulfates.

Le 09 mai 2024, la concentration de sulfates baisse à 1678,35 mg/l, suggérant une stabilisation ou un retour à des conditions moins riches en sulfates. Cependant, le 15 mai 2024, un pic significatif est atteint avec une concentration de 2049,48 mg/l, indiquant une intervention majeure ou un changement drastique dans les conditions environnementales. Enfin, le 28 mai 2024, la concentration de sulfates diminue à 1562,2 mg/l.

Ces fluctuations montrent des variations importantes dans les teneurs en sulfates, influencées par divers facteurs tels que les pratiques de gestion de l'eau, les conditions

environnementales ou des interventions spécifiques. Comprendre ces variations est crucial pour assurer un environnement stable et optimal pour l'élevage aquacole, permettant ainsi de maintenir la santé et la croissance des organismes aquatiques.

III.3. Paramètres bactériologiques

Les résultats des analyses microbiologiques d'échantillon d'eau analysés sont résumés dans le tableau III

Tableau 3: Résultats des analyses bactériologiques d'eau analysée avec la norme algérienne de chaque paramètre (Coliformes Totaux, Coliformes Fécaux, Streptocoque Fécaux)

La date / Paramètres	19/02/2024	15/04/2024	21/04/2024	05/05/2024	08/05/2024	14/05/2024	27/05/2024
Coliforme totaux /100ml	09 UFT (BCPL 233)	21 UFT (BCPL 223)	03 UFT (BCPL 000)	03 UFT (BCPL 000)	03UFT (BCPL 000)	03 UFT (BCPL 000)	07 UFT (BCPL 113)
Coliforme Fécaux /100ml	04 UFT (SCH 200)	21 UFT (SCH 220)	03 UFT (SCH 000)	03 UFT (SCH 000)	03 UFT (SCH 000)	03 UFT (SCH 000)	04 UFT (SCH 110)
Streptocoque Fécaux /100ml	20 UFT (Roth et EVA 211)	2400 UFT (ROTH et EVA 333)	28UFT (ROTH et EVA 223)	03UFT (ROTH et EVA 000)	11UFT (EVA et RO)	28UFT (ROTH et EVA 233)	28UFT (Eva et ROTH 222)
La qualité d'eau	Bonne Qualité	Mauvaise qualité	Bonne Qualité	Bonne Qualité	Bonne qualité	Bonne Qualité	Bonne Qualité
Les normes de la table NPP	CTx : 100-500 CFx : 100 SFx <100	CTx : 10000 CFx : 2000 SFx <100	CTx : 100-500 CFx : 100 SFx <100	CTx : 100-500 CFx : 100 SFx <100	CTx : 100-500 CFx : 100 SFx <100	CTx : 100-500 CFx : 100 SFx <100	CTx : 100-500 CFx : 100 SFx <100

B.Q.B : Bonne qualité Bactériologique.

M.Q.B : Mauvaise Qualité Bactériologique.

III.3.1 Coliformes Totaux

Les résultats des analyses bactériologiques des échantillons d'eau du site d'élevage aquacole indiquent globalement une bonne qualité d'eau selon les normes algériennes (table NPP) **annexe III**, Les échantillons prélevés le 19/02/2024, 21/04/2024, 05/05/2024, 08/05/2024, 14/05/2024 et 27/05/2024 montrent des niveaux de coliformes totaux bien en dessous du seuil critique ce qui indique une bonne qualité d'eau pour ces dates. Cependant l'échantillon du 15/04/2024 présente un niveau de 21 UFT/100ml, (Tableau III) dépassant le seuil, ce qui signale une détérioration de la qualité de l'eau ce jour-là.

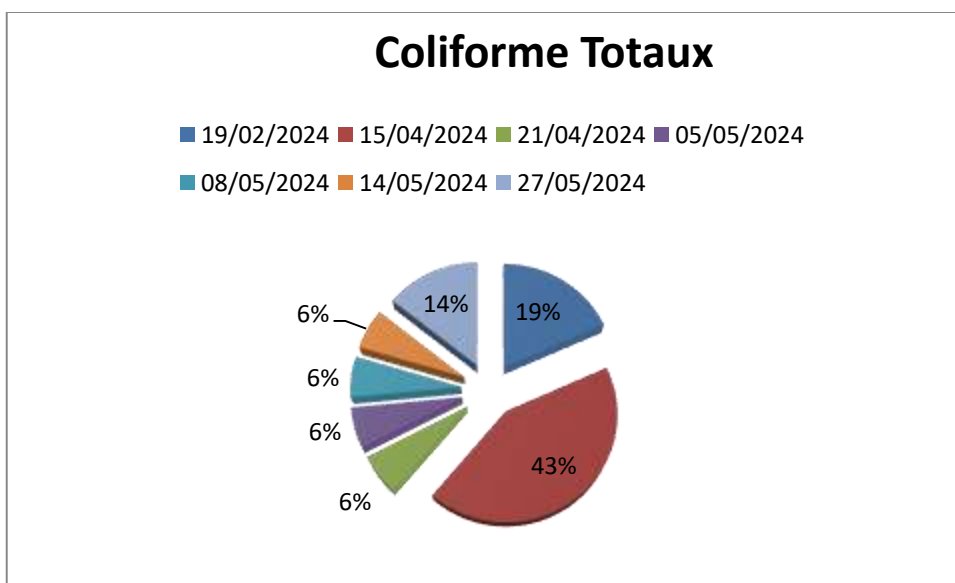


Figure 20: Cercle relative représente pourcentage de coliforme totaux

La figure montre un diagramme représentant le taux des coliformes totaux dans l'eau en résumé que l'échantillon qui présente le taux du 43% c'est une forte contamination par ces micro-organismes peut être due à des déchets de poisson élevés ou une contamination environnementale sont donc considérés de mauvaise qualité bactériologique.

Les autres échantillons varient dans 5% et 18% indiquant les variations dans la qualité de l'eau à différentes dates

III.3.2. Coliformes Fécaux

Tous les échantillons respectent le seuil de (100 UFT/ 100 ml), à l'exception de celui du 15/04/2024 qui enregistre également (21 UFT/100 ml) Ce dépasse la norme algérienne (la table NPP) **Annexe III** indique une mauvaise qualité de l'eau pour cette date spécifique.

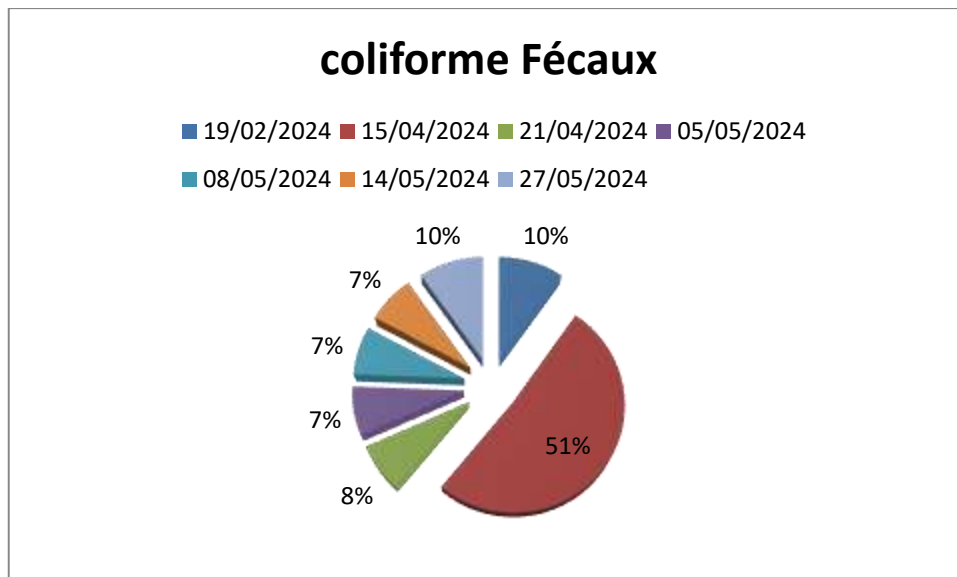


Figure 21: Cercle relative représente pourcentage de coliforme fécaux

Le diagramme représente le pourcentage de coliformes fécaux dans l'eau de site d'élevage aquacole. Donc l'ensemble de nos échantillons indique une faible présence des Coliformes Fécaux de la valeur s variant entre 07% et 10% ce qui est conforme à la norme algérienne (**Table NPP**) ; à l'exception l'échantillon qui représente 51% du total, indique une contamination fécale très significative.

Ces résultats confirment une contamination d'origine fécale, probablement par *E. Coli* **Annexe IV** qui est très répandue dans la flore intestinale animale et donc d'origine fécale stricte (**MDDELCC ,2014**). Et nous mène à supposer le manque voire l'absence de désinfection des sources ou moins durant la période de l'échantillonnage (**Abrane et Bouchagoura, 2016**).

III.3.3. Streptocoques fécaux

Les Résultats d'analyse d'échantillons d'eau des dates montre que les niveaux des Streptocoque Fécaux bien en dessous du suil (100 UFTB /100 ml) confirme une bonne qualité d'eau pour ces jours. Par contre le 15/04/2024 présente un niveau extrêmement élevé de 2400

UFT/100 ml, ce qui indique une contamination sévère et une très mauvaise qualité de d'eau dans le site d'élevage ce jour-là.

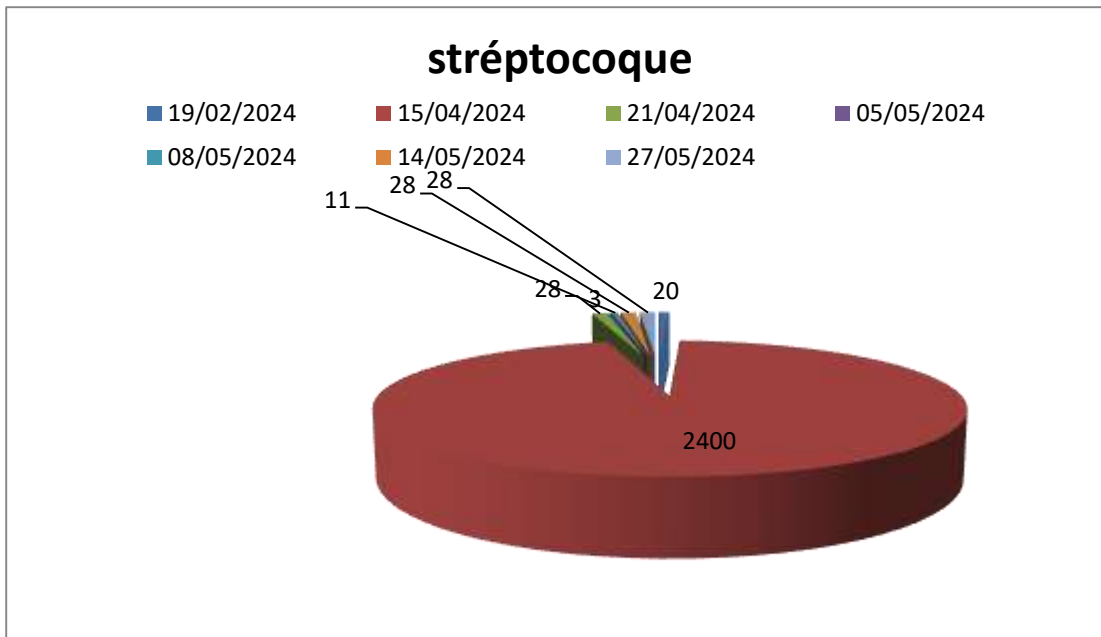


Figure 22: Cercle relative représente le pourcentage de streptocoque

Les résultats bactériologiques des streptocoques dans les échantillons d'eau, la majorité des échantillons présentent des niveaux très faibles de streptocoque avec seulement 1 à 2 UFT, à l'exception l'échantillon 2400 UFT, montre une valeur extrêmement élevée dépasse largement la norme algérienne indiquant un risque significatif pour la santé aquacole de cela il important de surveiller la qualité d'eau.



Figure 23: La formation de l'anaux rouge témoigne la présence du coliforme fécaux

La majorité des échantillons les résultats sont de bonne qualité. Néanmoins, l'analyse du 15/04/2024 révèle des niveaux préoccupants de coliformes et de streptocoques fécaux, suggérant une contamination importante ce jour-là. Il est impératif de mettre en place des mesures de surveillance rigoureuse pour identifier les sources potentielles de contamination et prévenir de futurs incidents et une étude approfondie pour garantir la sécurité et la qualité de l'eau dans le site d'élevage aquacole

Conclusion générale

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 et bactériologiques d'eau du site d'élevage aquacole au niveau des cages flottantes à Beni-ksila (Bejaïa). Elle vise à garantir la qualité d'eau et à maîtriser certaines analyses telles que (la salinité, la conductivité, le pH, la température, les nitrites, les nitrates, les sulfates, les phosphates et les chlorures...), qui sont importants pour le bien-être des espèces aquatiques.

Les analyses physico-chimiques ont montré que l'eau aquacole est riche en éléments nutritifs qui donnent la meilleure croissance pour l'espèce cultivée. Ces analyses ont révélé des variations significatives, attribuables aux rejets des cages d'élevage et aux conditions environnementales locales.

Du point de vue bactériologique, les tests microbiologiques ont révélé une légère présence de micro-organismes dans les cages flottantes. Ces résultats indiquent la présence de certains contaminants qui pourraient poser des risques pour les espèces élevées et pour les consommateurs. Les résultats de cette étude révèlent des aspects critiques de la qualité de l'eau, mettant en évidence des points de vigilance nécessaires pour prévenir les problèmes environnementaux et sanitaires et soulignent l'importance d'un suivi rigoureux et régulier des paramètres microbiologiques pour garantir la sécurité et la qualité des produits aquacoles.

Notre recherche a visé à évaluer la qualité de l'eau dans les fermes aquacoles pour assurer la santé des espèces élevées et la préservation de l'écosystème aquatique. Et permis de mettre en lumière plusieurs points clés concernant l'impact de l'aquaculture sur la qualité de l'eau dans la région de Beni Ksila.

Et également mis en évidence l'eutrophisation comme un problème majeur, résultant des rejets de nutriments et de composés chimiques des installations aquacoles. L'eutrophisation peut entraîner des déséquilibres écologiques, affectant non seulement les espèces aquatiques mais aussi l'ensemble de l'écosystème marin de la région.

Pour atténuer ces impacts négatifs, il est crucial de mettre en place des stratégies de gestion durable des ressources aquatiques. Surveillance régulière et une collaboration étroite entre les chercheurs, les autorités locales et les producteurs aquacoles sont essentielles pour assurer une aquaculture durable et respectueuse de l'environnement.

En conclusion, cette recherche fournit des informations précieuses sur la qualité de l'eau dans le site d'élevage aquacole de Beni Ksila, offrant des recommandations pratiques pour

améliorer la gestion de l'aquaculture et assurer la pérennité et la durabilité des activités aquacoles dans cette région.

Références bibliographique

-A-

- **Abrane, S., Bouchagoura, A. (2016).** Etude physico-chimique et microbiologique des eaux de la région de Tebssa. (Mémoire de master, de Larbi Tébsi Tébsa) , 77p
- **Aggoune, K., & Bouchmel, N. (2019).** Analyses des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux du barrage Bouhamdane de Hammam Debagh et des quatre forages de la nappe phréatique d'Oued El Maiz-Guelma. *Université 08 Mai 1945-Guelma, Master II.*
- **Algeo (Alger Géophysique) (1997).** Étude géophysique dans la plaine de Guelma. *Rapport Interne.*
- **Amirat, A., & Naciri, S. (2017).** Étude de la qualité bactériologique de l'eau de citerne vendue dans la ville d'Ouargla. [Mémoire de Master, Université Kasdi Merbah, Ouargla], 68p.
- **Aouissi, L., & Merabti, W. (2019).** Étude physico-chimique et bactériologique et développement d'un système de traitement (membrane à base de charbon actif). [Mémoire de Master , *Université 08 Mai 1945-Guelma*] 89p.

-B-

- **Belayachi, D.A., & Belhadji, A. (2014).** Étude de l'intérêt des micro-algues halophiles sur la culture. *Thèse Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers. Option Amélioration de la production végétale, Université Abou Baker Belkadi Tlemcen, 9,15,18 p.*
- **Belayachi, L., Hamdi, M., & Moussaoui, A. (2014).** Impact de l'aquaculture méditerranéenne sur l'environnement marin. *Revue Méditerranéenne de l'Aquaculture, 20(3), 98-112.*
- **Bouchemal, M., & Hammodi, A. Ch. (2016).** Analyse de la qualité des eaux de la station de traitement de Hammam Debagh. *Université Larbi Ben M'hidi–Oum El Bouaghi, Master en Hydraulique.*

-C-

- **Culligan** ,<https://www.culligan.fr/conseils/qu-est-ce-que-l-eau/> (consulté le 25 avril 2024).

-G-

- **Gupta, R., Singh, P., & Kumar, A. (2009).** *Chemical Characteristics and Water Quality Analysis.* Water Science Journal, 34(2), 123-135.

- H -

- **Hamed, M., Guettache, A., & Bouamer, L. (2012).** Étude des propriétés physicochimiques et bactériologiques de l'eau DJORF-TORBA (Bechar). *Mémoire d'Ingénieur d'état en Biologie. Contrôle de qualité et d'Analyse. Faculté des Sciences et Technologies. Département des Sciences. Université de Bechar*, 134 p.

- J -

- **Jean-Eudes, A., Dupont, B., & Martin, C. (2022).** *Analyse de la qualité de l'eau et ses indicateurs.* Éditions Environnementales.

- K -

- **Karali, B., & Echikh, M. (2004).** Évaluation des rejets chimiques et des nutriments persistants dans les fermes aquacoles. *Revue Algérienne des Sciences de la Mer*, 32(1), 67-79.
- **Karali, B., & Echikh, M. (2004).** Historique et développement de l'aquaculture en Algérie. *Revue Algérienne des Sciences de la Mer*, 32(1), 67-79.
- **Karali, B., & Echikh, M. (2010).** Contribution de l'aquaculture au développement économique et à l'approvisionnement alimentaire. *Journal de l'Aquaculture*, 45(2), 123-134.
- **Kouadri, I. (2013).** Analyses physico-chimiques des eaux de différentes origines. *Université 08 Mai 1945-Guelma, Mémoire de Fin d'études Master II.*

- L -

- **Layacha, N. (2014).** Méthodes d'analyses physico-chimiques des eaux potables. *Université 08 Mai 1945-Guelma, Master.*
- **Lisa (2022).** <https://www.monreseaudeau.fr/actualites/tout-savoir-coliformes-reseaux-eau/> (consulté le 29 avril 2024).

- M -

- **Marsily, G. (1995).** L'eau. Ed. Flammarion, 128 p.
- **Morin, P. (2012).** Qualité physico-chimique de l'eau et élevage de poissons en aquaculture. *Éditions Aquaculture*, 45(3), 123-134.

- N -

- **Nebti, Z. (2015).** Étude physico-chimique et mise en évidence de la présence des métaux lourds dans les eaux de robinets et sources. *Université 08 Mai 1945-Guelma, Master.*

- O -

- **OMS (2017)**. Directives de qualité pour l'eau de boisson : 4e éd. Intégrant le premier additif. [Guidelines for drinking-water quality: 4th ed. Incorporation first addendum], ISBN 978-92-4-254995-9, 540 p.

-R-

- **Rodier, J. (1996)**. L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8ème édition. Editions Dunod, Paris.
- **Rodier, J. (2009)**. L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8ème édition. Editions Dunod, Paris.
- **Rodier et al. (2005)**. L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. Ed Dunod, Paris.

-S -

- **Sari, H. (2014)**. Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source « Attar » (Tlemcen). *Université Abou-Bekr Belkaid Tlemcen, Master*.

-T-

- **Tardet-Henry, M. (1984)**. Chimie des eaux. Paris, 1ère édition : Griffon d'argile INC, 340 p.

-Y-

- **Yahiaoui, S., & Belloues, Y. (2020)**. Suivi de la station de traitement des eaux de process et optimisation des paramètres physico-chimiques des eaux glacées au sein de l'unité de Candia. *Université de Bejaia, Mémoire de Master, 57 p.*

Annexes

Annexe I : Présentations des organismes d'accueils.

- **Laboratoire d'hygiène communal de Bejaïa ville**

Le laboratoire d'hygiène communal de la wilaya de Bejaïa a officiellement débuté ses activités en date du 03/05/1997 au niveau de la polyclinique de Sidi Ahmed. Il a ensuite été déplacé, en 2010, vers la cité Tobal en face du tribunal de Bejaïa qui correspond qui est son emplacement actuel. Ses fonctions principales étant l'évaluation de la qualité des eaux de provenant de différentes sources à Bejaïa et ainsi la prévention des maladies à transmission hydriques.

Leur activité consiste donc en la réalisation de différentes analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux et l'établissement de bilans en se référant aux normes Algériennes correspondantes (document interne du laboratoire d'hygiène communal).

- **Direction de la Santé et de la Population de la wilaya de Bejaïa (D.S.P.)**

Le laboratoire d'hygiène de la wilaya de Bejaïa (D.S.P) se situe au niveau de la cité Smina au-dessus de l'hôpital Khelil amrane. Il a été créé en 1979 sous la tutelle de la direction de la santé et de la protection social pour le dépistage du paludisme initialement.

Son activité s'est subséquemment étendue vers la réalisation d'analyse des eaux, des boissons de quelques aliments

En effet, en 1985 l'organisme s'est lancé dans l'évaluation de la qualité des eaux marines où il était chargé d'analyser les eaux de baignades provenant de baignades provenant de 26 plages de la wilaya de Bejaïa. Et c'est en 1987 qu'il s'est lancé dans les analyses alimentaires avec l'ouverture d'un nouveau laboratoire en 1990. En 1993, une nouvelle activité s'est ajoutée à son répertoire et qui consiste en dosage d'iode dans le sel alimentaire (**document interne de la D.S.p. ,2024**)

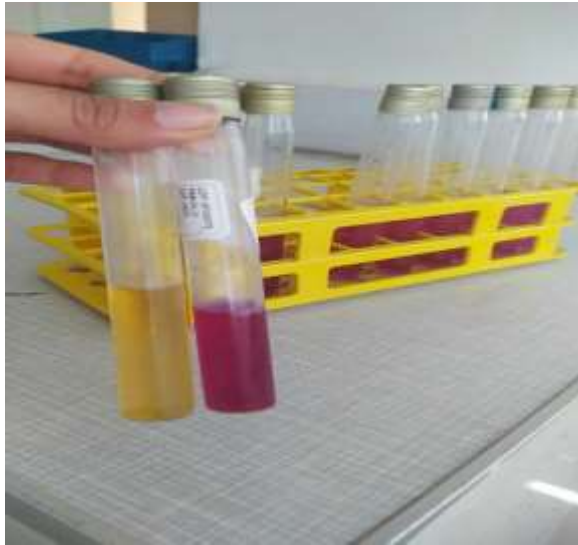
Annexe II : Composition des solutions et réactifs utilisés.

Solutions et réactifs	Compositions
E.D.T.A	Un sel di-sodique di-hydraté avec la formule chimique ($C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8 \cdot 2H_2O$) à 0,02N et ($M=372,24$ g/mol) il faut peser 3,723g d'EDTA dans 1l d'eau distillée.
Solution tampon NaOH (1N)	Il faut peser 40g de NaOH dans 1l d'eau distillée.
Muréxide	Un indicateur solide, on prépare 0,2g de muréxide dans 100g de Na Cl.
SOLUTION HCL	(H_2SO_4) à 0,02N on prépare 0,8ml d'HCL dans 500ml d'eau distillée.
Indicateur méthyle-orange	($C_{14}H_{14}N_3NaO_3S$) il faut peser 0,02g de méthyle-orange dans 100ml d'eau distillée.
Solution dichromate de potassium	($K_2Cr_2O_7$) à 10% avec $M=294,48$ g/ml. il faut peser 0,1g de dichromate de potassium dans 10ml d'eau distillée.
Solution de nitrate d'argent	($AgNO_3$) à 0,1N. il faut peser 23,95g de $AgNO_3$ dans 1l d'eau distillée.
Solution d'hydroxyde de Na, NaOH et EDTA	Il faut peser 200g d'hydroxyde de Na+50g EDTA dans 1l d'eau distillée : *dissoudre avec précaution l'hydroxyde de Na dans 800ml d'eau permuté puis ajouter du sel sodique EDTA. *après dissolution et refroidissement transverse la solution dans une fiole jaugée et ajuster le volume a 1L. *conserver la solution dans un flacon en polyéthylène.
Solution de salicylate de Na à 1%	Peser 0,1g de salicylate de Na dans 10ml d'eau distillée.
Réactif Zambeli	*Introduire dans une fiole jaugée d'un litre 260ml d'acide chlorhydrique et ajuster le volume avec l'eau distillée. *Puis y dissoudre 5g d'acide sulfanique et 7,5g de phénol cristallisé en chauffant légèrement en bain marie. *Après dissolution complète ajouter 135g de chlorure d'ammonium et agiter. *Après refroidissement ajouter s'il y a lieu le volume de la solution à 1l avec l'eau distillée.
Solution stabilisante	Peser 30ml d'HCL concentré+ 300ml d'eau distillée + 75g de Na Cl puis ajouter 100ml d'alcool éthanol à 95% ou l'alcool isopropyloque, ensuite 50ml de glycérine.
Eva-Listky	20g de poly peptone + 2,7g de phosphate dipotassique + 5g de glucose + 2,7g de phosphate monopotassique + 5g de chlorure de sodium + 0,2 d'acide de sodium.
BCPL	5g de peptone a Ph 7 + 3g d'extrait de viande + 25g de pourpre de bromocrésol + 10g de lactose, ajouter éventuellement une cloche de durham.
Schubert	10g de tryptone + 0,2g de tryptophane + 0,2 d'acide glutamique + 7,5g de mannitol + 0,7g de sulfate de magnésium + 0,4 de sulfate d'ammonium + 0,5g de citrate de sodium + 2g de chlorure de sodium + 4,12g de phosphate disodique + 0,58g de phosphate monopotassique.
Rothe	20g de poly peptone + 5g de glucose + 5g de chlorure de sodium +2,7g de phosphate monopotassique + 2,7g de phosphate dipotassique + 0,2g d'acide de sodium.

Annexe III : Table NPP représente les normes algériennes bactériologiques.

Combinaisons de tubes positifs	NPP/100ML	Limite de confiance	
		<	>
000	03	0,5	09
001	03	0,5	15
010	03	0,5	13
100	04	0,5	20
101	07	01	21
110	07	01	23
111	11	03	36
120	11	03	36
200	09	01	36
201	14	03	37
210	15	03	44
211	20	07	89
220	21	04	47
221	28	10	150
300	23	04	120
301	39	07	130
302	64	15	380
310	43	07	210
311	75	14	230
312	120	30	380
320	93	15	380
321	150	30	440
322	210	35	470
330	240	36	1300
331	460	71	2400
332	1100	150	4800
333	2400	150	2800

Annexe IV : Les résultats en image des paramètres bactériologique



1. Milieu de culture BCPL avant incubation
Milieu de culture ROTH avant incubation



2. Observation du virage au jaune plus déclenchement de gaz gaz dans la cloche de durham



3. La présence de Echerchia coli



4. Formation de l'anneau rouge témoignant la présence de coliformes fécaux

Résumé

Cette étude se concentre sur la qualité de l'eau dans les cages flottantes (07 cages) du site d'élevage aquacole de Beni-Ksila, dans la wilaya de Bejaïa (06) . En évaluant les paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau, les analyses révèlent une concentration élevée de nutriments favorisant la croissance des espèces aquacoles, mais aussi des variations significatives attribuées aux effluents des cages d'élevage et aux conditions locales. Les tests microbiologiques montrent une légère présence de contaminants pouvant poser des risques pour les organismes cultivés et l'environnement. Pour atténuer ces effets, il est essentiel de mettre en place des stratégies de gestion durable de l'aquaculture. La surveillance continue et la collaboration entre chercheurs, autorités et producteurs sont importants pour assurer une aquaculture respectueuse de l'environnement. Cette étude propose des recommandations pratiques pour améliorer la gestion de l'aquaculture et garantir la durabilité des activités aquacoles dans la région.

Mots clés paramètre physico-chimique et paramètres bactériologique, l'eau aquacole, Bni Ksila.

ملخص

تركز هذه الدراسة على جودة المياه في الأقفاص العائمة (07 أقفاص) لموقع تربية الأحياء المائية في بني كسيلة، بولاية بجاية (06). من خلال تقييم المعايير الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية للمياه، تكشف التحليلات عن تركيز عالٍ من المغذيات التي تعزز نمو الأنواع المستزرعة، ولكنها تظهر أيضًا تباينات كبيرة ناتجة عن المخلفات من الأقفاص وظروف البيئة المحلية. تشير الاختبارات الميكروبيولوجية إلى وجود خفيف للملوثات التي قد تشكل مخاطر على الكائنات المستزرعة والبيئة. للتخفيف من هذه الآثار، من الضروري وضع استراتيجيات لإدارة مستدامة لتربية الأحياء المائية. المراقبة المستمرة والتعاون بين الباحثين والسلطات والمنتجين ضروريان لضمان تربية أحياء مائية تحترم البيئة. تقدم هذه الدراسة توصيات عملية لتحسين إدارة تربية الأحياء المائية وضمان استدامة الأنشطة في المنطقة.

الكلمات المفتاحية: المعايير الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية، مياه تربية الأحياء المائية، بني كسيلة.

Abstract

This study focuses on water quality in the floating cages (07 cages) of the aquaculture farming site of Beni-Ksila, in the wilaya of Bejaïa (06). By evaluating the physicochemical and bacteriological parameters of the water, the analyses reveal a high concentration of nutrients promoting the growth of aquaculture species, but also significant variations attributed to the effluents from the farming cages and local conditions. Microbiological tests show a slight presence of contaminants that may pose risks to the cultivated organisms and the environment. To mitigate these effects, it is essential to implement sustainable aquaculture management strategies. Continuous monitoring and collaboration between researchers, authorities, and producers are important to ensure environmentally friendly aquaculture. This study proposes practical recommendations to improve aquaculture management and ensure the sustainability of aquaculture activities in the region.

Key words : parametrs physicochemical and bacteriological parametrs , water aquacole, , Bni Ksila