

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

جامعة 20 أوت 1955 - سكيكدة-

UNIVERSITE 20 AOUT 1955- SKIKDA



Faculté des Sciences
Département Ecologie et Environnement

Mémoire Présenté en Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Ecologie des Milieux Naturels

Intitulé :

Caractérisation hydro-chimique et évaluation des indicateurs de
pollution dans la région de Skikda :

Cas de deux barrages (Guenitra et Zerdazas) et l'oued Saf-saf.

Présenté par :

- Brahimi fatima zohra
- Slimani imene
- Bouras abir
- Bariout maroua

Membre de Jury:

Président : ZAOUI L. M.C.A Université 1955. Skikda

Promoteur : ABBACI S. M.A.B Université 1955. Skikda

Examineur : BOUADILA S. M.A.A Université 1955. Skikda

Année universitaire 2024-2025

SOMMAIRE

Dédicaces	
Remerciement	
Résumé	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction	1
Chapitre 1. Cadre général	
1. Présentation de la zone d'étude	5
1.1. Description des sites	5
1.2. Caractéristiques des sites	5
1.2.1. Aperçu hydrogéologique	8
1.2.2. Rythme climatique	9
1.3 Origine de la pollution	11
1.3.1. Pollution Urbaine	11
1.3.2. Pollution Industrielle	11
1.3.3. Pollution Agricole	11
2. Présentation des espèces Ichtyofaune	12
2.1. Barbeau algérien (<i>Luciobarbuscallensis</i>)	12
2.2. Carassin commun (<i>Carassiuscarassius</i>)	12
2.3. Sandre (<i>Sander lucioperca</i>)	12
2.4. Evaluation de la qualité des poissons	12
1.4.1. Diversité microbienne	12
2.4.2. Histopathologie	12
3. Eau de surface	13
3.1. Evaluation de la qualité des eaux de surface	14
3.1.2. Paramètres physico-chimique	14
3.1.3. Eléments traces métalliques	18
3.1.4. Diversité microbienne	19

Chapitre 2. Matériels et méthodes

1. Echantillonnage	21
2. Eau	21
2.1. Analyses bactériologiques	24
2.1.1. Coliforme totaux	26
2.2. Les métaux lourds	26
2.2.1. Détermination des ETMs	27
3. Poissons	31
3.1. Biométrie et dissection des poissons	32
3.2. Analyse bactériologique	33
3.3. Histologie	34

Chapitre 3. Résultats et discussion

1. Analyse de l'eau	40
1.1. Paramètres organoleptique.....	40
1.2. Les paramètres physicochimiques.....	40
1.2.1. Evolution spatiale des paramètres physicochimiques.....	40
1.2.2. Variations mensuelle.....	42
1.2.3. Variation saisonnière des paramètres physicochimiques	43
1.2.4. Variation spatiotemporelle des paramètres physicochimiques	43
1.3. Analyses bactériologiques :.....	44
1.4. Eléments traces métalliques	45
1.4.1. Fer et cuivre	45
1.4.2. Eléments chimiques majeurs	46
2. Poissons	47
2.1. Indice de qualité microbiologique (IQM).....	47
2.2. Histologie	47
Conclusion	50
Références bibliographiques.....	52
Annexe.....	

Dédicaces

*Tout d'abord, je remercie Dieu qui M'a donné la force et le pouvoir
pour réaliser ce travail.*

Je dédie mon travail à tous ceux qui m'ont aidé à le réaliser :

Mes chères parents mon

*père Ahcene et ma mère Meriem qui m'ont soutenu dans les
moments les plus difficiles avec leurs conseils, et leurs encouragements
durant toute mes études, tout au long de mon trajet vers la réussite.*

A Mon chère frère Seif et ma sœur Ines qui a été toujours près de moi,

A mes tantes Zehour son mari Hassan et Fahima son mari Abdrahane

A mon oncle Abdkader et sa femme Hananne

A mes cousines Manel et son mari Adel et son petite fille Eline et Amira et son mari

Djarir et ses enfant Liliane et Raid

A mes cousins : Nasro, Lazher et Haroune

A mes cousines : Sara et Mayer

A mes ancles et mes tante et ses familles

A tous mes amies surtout «Ahlem et Amel» ma meilleure amie,

Kaltoum. Et mes camarades de promo 2025.

ET bien sur a mes amies et mes collègues de ce travail « Abir, Fatima et Maroua »

*Sans oublier mon encadreur Abbaci Sameh qui est le chef de mon
projet.*

IMENE

Dédicace :

Ce mémoire marque la fin d'un parcours, mais aussi l'aboutissement de plusieurs mois de travail, d'efforts, de doutes parfois, et de belles découvertes. A' ce titre, souhaite remercier toutes les personnes qui ont, chacune à leur manière, contribué à cette aventure.

Avec tous mes sentiments de respect, avec l'expérience de ma reconnaissance, je dédie ma remise de diplôme et ma joie

A' mon paradis, à la prunelle de mes yeux, à la source de ma joie et mon bonheur, ma lune et le fil d'espoir qui allumer mon chemin, ma moitié, maman.

A' celui qui m'a fait une femme, ma source de vie papa.

A' mes frère Abd Allah et Mohamed Nadir pour l'amour qu'il mes réserve.

A' ma petite sœur Ines qui n'ont pas cessée de me conseiller.

encourager et soutenir tout au long de mes études .

A' mon mari , qui a été mon soutien tout au long de l'écriture de ce mémoire , à mon mari qui a toujours été mon premier et dernier soutien chaque fois que j'ai rencontré des difficultés. Merci , que tu restes mon soutien pour toujours.

Avant tout , je tiens à adresser mes sincères remerciement à encadreurs' Dr AbbaciSamah pour son encadrement bienveillant , sa patience , ses conseils .

Chers amis, merci d'être à mes côtés, de m'encourager sans cesse et de partager mes bons moments. Vous avez toujours été une source de soutien et de sourires.

En fin de compte, tout cela, je le dois à Dieu Tout-Puissant. Louange à Dieu pour toujours et à jamais, et j'espère que ce ne sera pas la dernière chose que je ferai dans ma carrière universitaire.

Merci.

BRAHIMI FATIMA ZOHRA

Dédicaces

*Tout d'abord, je remercie Dieu qui M'a donné la force et le pouvoir
pour réaliser ce travail.*

Je dédie mon travail à tous ceux qui m'ont aidé à le réaliser :

Mes chères parents mon

père et ma mère qui m'ont soutenu dans les

moments les plus difficiles avec leurs conseils, et leurs encouragements

durant toute mes études, tout au long de mon trajet vers la réussite.

A Mon chère mes frères mouad et sa femme nadjema son petite fille

tessnime et haroune ,yahyai ,khelde et nasro et taki ma grande sœur meriem

wafa qui a été toujours près de moi,

A mes ancles et mes tante et ses familles

*A tous mes amies surtout «ranai,chahinase,khewela,aya et Amel» mes cousine«Aya et
douaa» ,*

Et mes camarades de promo 2025.

ET bien sur a mes amies et mes collègues de ce travail « imene, Fatima et Maroua »

Sans oublier mon encadreur Abbaci Sameh qui est le chef de mon

projet.

ABIRE

Dédicaces

*Tout d'abord, je remercie Dieu qui M'a donné la force et le pouvoir
pour réaliser ce travail.*

Je dédie mon travail à tous ceux qui m'ont aidé à le réaliser :

Mes chères parents mon

père Salah et ma mère fatima et mon marie mohammed qui m'ont soutenu

dans les

moments les plus difficiles avec leurs conseils, et leurs encouragements

durant toute mes études, tout au long de mon trajet vers la réussite.

A Mon frères frère et mes sœur hadile , aya , assil

A tous mes amies surtout «noor,»

Et mes camarades de promo 2025.

ET bien sur à mes amies et mes collègues de ce travail « imene, Fatima et Maroua »

*Sans oublier mon encadreur Abbaci Sameh qui est le chef de mon
projet.*

REMERCIEMENT

JE TIENS À REMERCIER TOUTES LES PERSONNES QUI ONT CONTRIBUÉ AU SUCCÈS DE MON STAGE ET QUI M'ONT AIDÉE LORS DE LA RÉDACTION DE CE MÉMOIRE.

JE VOUDRAIS DANS UN PREMIER TEMPS REMERCIER, MON DIRECTEUR DE MÉMOIRE : ABBACI SAMAH, DOCTEUR M.A.B UNIVERSITÉ 1955. SKIKDA , POUR SA PATIENCE, SA DISPONIBILITÉ ET SURTOUT SES JUDICIEUX CONSEILS, QUI ONT CONTRIBUÉ À ALIMENTER MA RÉFLEXION.

JE REMERCIE ÉGALEMENT TOUTE L'ÉQUIPE PÉDAGOGIQUE DE L'UNIVERSITÉ DE 1955. SKIKDA ET LES INTERVENANTS PROFESSIONNELS RESPONSABLES DE MA FORMATION, POUR AVOIR ASSURÉ LA PARTIE THÉORIQUE DE CELLE-CI.

JE TIENS À TÉMOIGNER TOUTE MA RECONNAISSANCE AUX PERSONNES SUIVANTES, POUR LEUR AIDE DANS LA RÉALISATION DE CE MÉMOIRE :

LES INGÉNIEURS DE LABORATOIRE ALGÉRIENNE DES EAUX,

INGÉNIEUR MONSIEUR GHANNI DANS SONATRACH ET MONSIEUR OUSSAMA .

MONSIEUR ELAROUME KHELED RESPONSABLE DE LABORATOIRE DE WILAYÁ ET MOHAMED TICH TICH FADILÁ SCREENER , MONSIEUR DR .LEFALA BILALE ET SON FEMME DIYASSE IMENE ET

Résumé

Une surveillance régulière est nécessaire pour prévenir la dégradation des écosystèmes aquatiques et les risques sanitaires. Notre étude primaire a porté sur trois écosystèmes aquatiques différents ; l'un naturel (Oued Saf-saf) et deux artificiels (barrages de Guenitra et Zerdazas) dont le but d'une part d'évaluer les paramètres physico-chimiques et bactériologique des eaux de surface et d'autre part une étude bactériologique et histologique des poissons pour évaluer la qualité des écosystèmes susmentionnés. Il ressort de cette étude que le pH est constamment alcalin, typique pour les eaux de surface naturelles, le TA indiquant une absence d'hydroxydes et de carbonates, le TAC montre des variations mensuelles, la conductivité électrique ne dépassants pas la norme de potabilité l'OMS. Le calcium en revanche, dépasse la norme de potabilité OMS (200 mg/l) enregistrée au niveau de l'oued Saf-saf (Salah bouchaour). Cependant, les analyses bactériologiques au niveau des deux barrages (Guenitra et Zerdazas) montrent une dégradation progressive de la qualité de l'eau, surtout à partir du mois de février. La présence fréquente de coliformes fécaux (CF) et d'*E. coli*, indique une pollution d'origine fécale très préoccupante. Les mois de mars, avril et mai représentent les périodes de plus forte contamination. Par ailleurs, les organes des poissons à savoir les tubes digestifs et les branchies des trois espèces de poissons hébergent un grand nombre de streptocoques fécaux et une absence des CF, des salmonelles et les staphylocoques dans les échantillons analysés au niveau des trois sites sont démontrées. En fin, l'observation microscopique selon le type cellulaire, confirme la présence d'une lésion au niveau des gonades mâles des poissons échantillonnés au niveau des trois sites.

ملخص

إن الرصد المنتظم ضروري لمنع تدهور النظم البيئية المائية والمخاطر الصحية. ركزت دراستنا الأساسية على ثلاثة نظم بيئية مائية مختلفة: نظام طبيعي (وادي صفصاف) ونظامان صناعيان (سدا قنيطرة وزردازة) يهدفان من جهة إلى تقييم المعايير الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية للمياه السطحية ومن جهة أخرى إلى دراسة بكتيرية ونسجية للأسماك لتقييم جودة النظم البيئية المذكورة أعلاه. يبدو من هذه الدراسة أن الرقم الهيدروجيني قلوي باستمرار، وهو أمر نموذجي للمياه السطحية الطبيعية، ويشير TA إلى عدم وجود هيدروكسيدات و كربونات، ويُظهر TAC اختلافات شهرية، ولا تتجاوز الموصلية الكهربائية معيار منظمة الصحة العالمية لصلاحية الشرب. من ناحية أخرى، يتجاوز الكالسيوم معيار منظمة الصحة العالمية لصلاحية الشرب (200 ملغم/لتر) المسجل على مستوى وادي صفصاف (صلاح بوشاور). ومع ذلك، تُظهر التحاليل البكتريولوجية في السدين (قنيطرة وزردازة) تدهورًا تدريجيًا

في جودة المياه، خاصةً اعتبارًا من شهر فبراير. ويشير الوجود المتكرر للبكتيريا القولونية البرازية (FC) والإشريكية القولونية إلى تلوث برازي مقلق للغاية. وتمثل أشهر مارس وأبريل ومايو فترات أعلى مستويات التلوث. بالإضافة إلى ذلك، تحتوي أعضاء الأسماك، وتحديدًا الجهاز الهضمي والخيائيم لأنواع الأسماك الثلاثة، على عدد كبير من العقديات البرازية، وقد ثبت عدم وجود البكتيريا القولونية البرازية والسالمونيلا والمكورات العنقودية في العينات التي تم تحليلها في المواقع الثلاثة. وأخيرًا، تؤكد المراقبة المجهرية وفقًا لنوع الخلية وجود آفة في الغدد التناسلية الذكرية للأسماك التي تم أخذ عينات منها في المواقع الثلاثة.

Abstract

Regular monitoring is necessary to prevent the degradation of aquatic ecosystems and health risks. Our primary study focused on three different aquatic ecosystems: one natural (Oued Saf-saf) and two artificial (Guenitra and Zerdazas dams). The aim was to assess the physicochemical and bacteriological parameters of surface waters, and a bacteriological and histological study of fish was conducted to assess the quality of the aforementioned ecosystems. This study revealed that the pH was consistently alkaline, typical of natural surface waters. The TA indicated an absence of hydroxides and carbonates. The TAC showed monthly variations. The electrical conductivity did not exceed the WHO drinking water standard. Calcium, on the other hand, exceeded the WHO drinking water standard (200 mg/l) recorded at the Saf-saf wadi (Salah Bouchaour). However, bacteriological analyses at the two dams (Guenitra and Zerdazas) show a gradual deterioration in water quality, especially from February onwards. The frequent presence of fecal coliforms (FC) and E. coli indicates very worrying fecal pollution. The months of March, April, and May represent the periods of highest contamination. Furthermore, fish organs, namely the digestive tracts and gills of the three fish species, harbor a large number of fecal streptococci, and an absence of FC, salmonella, and staphylococci in the samples analyzed at the three sites is demonstrated. Finally, microscopic observation, according to cell type, confirms the presence of a lesion in the male gonads of fish sampled at the three sites.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 01. Les différentes caractéristiques des sites étudiés.....	6
Tableau02. Les moyennes (moy) mensuelles de la température (T° C) et la précipitation de la station d'Oum Toub (2014-2022).	9
Tableau 03. Les moyennes (moy) mensuelles de la température (T° C) et la précipitation de la station de Zerdazas.....	9
Tableau04. Les moyennes (moy) mensuelles de la température (T° C) et la précipitation au niveau de Saf-saf(2015-2022).....	10
Tableau 05. Les normes de L'OMS de l'eau brute.....	12
Tableau 06. Les normes de L'OMS de l'eau brute.....	19
Tableau07. Descriptiondesappareillesutilisésdanslesanalyses physicochimiques de l'eau au niveau du laboratoire Algérienne des eaux.....	22
Tableau 08. les valeurs de Fer selon la norme OMS.....	28
Tableau 09. Les valeurs de Cuivre selon l'OMS	29
Tableau 10. Les valeurs de chlorure dans l'eau selon la normeOMS	30
Tableau11. Les caractéristique morphométriques des poissons échantillonnés au niveau des deux barrages (Guenitra et Zerdazas) durant les différents mois d'étude.....	31
Tableau12. Matériels de laboratoire anatomopathologie de l'hôpital	32
Tableau13. Les paramètres organoleptiques.....	34
Tableau 14. Les paramètres physicochimiques analysés au niveau des trois sites prospectés durant la période d'étude.....	40
Tableau 15. Variation mensuellement des paramètres physicochimiques analysés sur l'eau de surface provenant de deux barrages (Gunitera et Zerdazas) durant la période d'étude (2025).....	42
Tableau 16. Variation saisonnière des paramètres physicochimique par site	43
Tableau 17. Diversité microbienne de l'eau au niveau des trois sites durant la période d'étude.....	45
Tableau 18. Résultats d'analyse des FTMS au niveau des deux sites d'études.....	45

LISTE DES FIGURES

Figure 01. Carte de localisation des sites d'étude dans la Wilaya de Skikda.....	5
Figure 02. Réseau hydrographique des différents sites d'études.....	8
Figure 03. Diagramme Ombrothermique de la station météorologique de Saf-saf (Belhacini, 2015 in Site web).	10
Figure 04. Différentes étapes des paramètres physicochimiques.....	23
Figure 05. Les différentes étapes	26
Figure 06. Poissons examinées et pesés	32
Figure 07. Gonades mâles des poissons échantillonnés pendant la période d'étude.....	33
Figure 08. Coupe des échantillons placés dans une	35
Figure 09. Les étapes d'inclusion (photo original).....	36
Figure 10. Dégrossissement des blocs histologique (photo original).....	36
Figure 11. La coloration des lames.....	37
Figure 12. Les étapes de montage (photos originales).....	38
Figure 13. Variation moyenne des paramètres physiques au niveau des trois sites d'études durant la période d'étude.....	41
Figure 14. Variation des paramètres chimiques (Concentration en ppm) au niveau des trois sites d'études durant la période d'étude.....	42
Figure 15. Variation moyenne des paramètres physicochimiques comparées avec la présente étude (2025).....	44
Figure 16. Variation spatiale des ETMs au niveau de deux sites différents des deux barrages (Guenitra et Zerdazas) et l'oued Saf-saf pendant la période d'étude.....	45
Figure 17. Variation spatiale de quelques éléments chimiques au niveau des trois sites étudiés.....	46
Figure 18. Les coupes histologiques réalisées sur les gonades mâles matures des trois espèces de poissons (Barbeau, Sandre et Carassin) au cours de la période d'étude.....	48

Introduction :

Introduction :

L'eau est une ressource élémentaire à la survie, non seulement pour l'être humain mais aussi pour toutes les espèces animale et végétale. En Algérie, en raison de la croissance incessante des besoins en eau douce qui dépassent les ressources naturelles conventionnelles, la mobilisation des eaux superficielles reste l'une des préoccupations capitales des pouvoirs publics.

Riche en milieux aquatiques, notre pays est parmi les pays d'Afrique les plus menacés par le fléau de la pollution de ses eaux. La pollution des eaux de surface continue de poser un problème sérieux pour l'homme et son environnement. En effet, les activités anthropiques ont souvent conduit à la pollution de l'environnement et à la perturbation de l'équilibre naturel. La pollution par la matière organique et inorganiques (métaux lourds) du milieu environnant (sol - eau - air - êtres vivants) se sont intensifiés ces dernières décennies. Cependant, la pollution par les éléments traces métalliques est considérée comme l'un des types de polluants inorganiques les plus dangereux du fait du développement industriel, car elle se caractérise par son incapacité à se biodégrader. Par exemple, l'eau, sol et poissons

Grâce à une politique de construction massive de barrages et de dessalement d'eau de mer, le résultat est extrêmement positif sur le plan quantitatif ; cependant la qualité des eaux distribuées reste souvent médiocre (**Touati, 2010**). Ce problème est généralement lié à la qualité même des eaux de barrage ou à une mauvaise adaptation du traitement. En effet la pollution des barrages, les phénomènes biogéochimiques qui s'y déroulent et qui sont mal compris, pourraient expliquer cette situation. Les besoins en eau dans la région de Skikda pour le secteur industriel et les activités agricoles, sont considérables et ne peuvent qu'augmenter (**ANBT, 2015**).

Les barrages jouent un rôle essentiel dans la régulation des eaux de surface, offrant une solution durable pour les périodes de sécheresse. Il contribue également à la recharge des aquifères locaux, garantissant un approvisionnement en eau fiable pour l'agriculture et l'urbanisation. Parmi ces barrages nous avons celui d'Oum Toub (Kenitra ou Guenitra) et de Zerdzas. La région d'Oum Toub, située dans la wilaya de Skikda au nord-est de l'Algérie, est une zone à vocation essentiellement agricole, où les ressources en eau jouent un rôle central dans les activités socioéconomiques. Cette région abrite un ancien site minier connu sous le nom de mine d'Ouled Ali, exploité autrefois pour l'extraction du zinc et du plomb durant la période coloniale. Les résidus miniers laissés sur place continuent de constituer une

Introduction :

source majeure de pollution par les métaux lourds tels que le plomb (Pb), le zinc (Zn), le cadmium (Cd) et l'arsenic (As), bien que cette mine soit aujourd'hui abandonnée. Ces éléments toxiques peuvent se disperser dans l'environnement à travers l'érosion, les eaux de ruissellement ou les activités humaines locales, affectant ainsi les sols agricoles, les ressources en eau et la chaîne alimentaire. Des études géochimiques récentes menées dans cette zone ont mis en évidence des concentrations élevées de ces métaux, en particulier à proximité du site minier (**Boudebouz et al., 2020**).

Le bassin versant qui alimente la cuvette du barrage Zerdazas, montre que la source de pollution industrielle qui existe, s'explique par la présence de différentes industries se trouvant à la périphérie des bassins côtiers Constantinois (Kemoukh, 2007).

En Algérie, l'étude des poissons d'eau douce n'a pas connu un grand essor comme c'est le cas pour les poissons marins ; et ce, pour une raison essentiellement économique. En effet, la valeur marchande des poissons d'eau douce dans notre pays est encore très faible et la consommation est totalement portée sur les poissons marins.

Par ailleurs, les poissons d'eau douce représentent une partie importante de la biodiversité et ils ont une très grande valeur économique et sociale. Ils jouent aussi un rôle très important dans le maintien de l'équilibre des milieux aquatiques. Parmi ces poissons, *Luciobarbuscallensis*, qui a attiré notre attention en raison de son caractère endémique et son abondance en Afrique du nord particulièrement en Algérie, ainsi que *Carassiuscarassius* (carassin commun) et *Sander lucioperca* (sandre) deux espèces introduites dans nos plans d'eau. La rareté des travaux concernant leurs rôle en tant que espèces bio-indicatrice de pollution et le risque de leurs altération possible par différents microorganismes utiles ou pathogènes nécessite un suivi rigoureux pour l'évaluation également de la qualité de nos écosystèmes naturels ou artificiels. En effet, ces poissons peuvent être très utiles pour identifier la source d'un changement environnemental, car c'est un bon moyen pour de découvrir si l'écosystème est pollué.

A ce sujet, plusieurs travaux ont été réalisés en Algérie sur la pollution et son impact sur les poissons qui ont démontré divers anomalies macroscopiques et microscopiques (Djoudad-Kadji, 2014 ; Abbaci, 2024).

Toutefois, une surveillance régulière est donc nécessaire pour prévenir la dégradation des écosystèmes aquatiques et les risques sanitaires (**Rodier, 2009**). Dans ce contexte, notre étude primaire a porté sur trois écosystèmes aquatiques différents ; l'un naturel (Oued Saf-saf)

Introduction :

et deux artificiels (barrages de Guenitra et Zerdazas) dont le but d'évaluer les paramètres physico-chimiques et bactériologique des eaux de surface, qui est essentielle pour déterminer leur qualité et leur aptitude à divers usages (consommation, irrigation, élevage). Dans notre région d'étude, ces paramètres peuvent être influencés par plusieurs facteurs : infiltration des eaux usées, industrielle, ruissellement agricole, absence de systèmes d'assainissement performants, ou encore changement climatique (variations saisonnières). Cette dégradation de milieu fait l'objet du choix de ces sites pour étudier également leurs impacts sur une composante clés qui est le poisson via l'étude de la diversité microbienne du tube digestif et l'histopathologie des gonades mâles.

La présente étude a comme originalité l'utilisation de plusieurs paramètres pour l'évaluation de la qualité de deux écosystèmes différents, l'un artificiel et l'autre naturel durant 04 mois, via des paramètres physicochimiques (eau) toxicité par les éléments traces métalliques (eau), microbiologique (eau et poissons) et histopathologique (gonades des poissons).

En commençant par une introduction, ce travail s'articule autour de trois chapitres :

- ✓ Le premier chapitre cadre général donne un aperçu global sur les zones, sur l'eau de surface et les poissons inclus dans l'étude (*Luciobarbus callensis*, *Carassius carassius* et *Sander lucioperca* ;
- ✓ Le deuxième matériel et méthodes présente les différents moyens et technique utilisés pour la réalisation de ce modeste travail ;
- ✓ Le troisième chapitre concerne l'interprétation des résultats obtenus durant la période d'étude ;
- ✓ Le quatrième chapitre traite la discussion des résultats obtenus relatives à l'analyse physicochimique et l'étude microbiologique de l'eau et des poissons (barbeau, sandre et carassin commun) au niveau des deux barrages et l'oued.

En fin, nous clôturons ce travail avec une conclusion et les perspectives.

Chapitre 1 : Cadre général

Chapitre 1. Cadre général :

1. Présentation de la zone d'étude

1.1. Description des sites

La province de Skikda est située au nord-est de l'Algérie, délimitée par la mer Méditerranée au nord, Annaba à l'est, Jijel à l'ouest, Constantine et Guelma au sud, Mila au sud-ouest, à une altitude de $36^{\circ} 5'N$ et 36° Entre $15^{\circ}N$, longitudes $7^{\circ}15' E$ et $7^{\circ}30' E$. La superficie totale est de 4137,68 kilomètres carrés et le littoral est long de 142 kilomètres, représentant ainsi 12% du littoral algérien (Benrabah, 2006).

La wilaya de Skikda comprend 13 daïras regroupant en total 38 communes. Le barrage Zerdzas, l'un des plus anciens barrages construits en Algérie, est situé dans la daïra d'El Harouch. La commune Salah Bouchaour qui fait partie de la daïra suscitée, est traversée par l'oued Saf-Saf. Par ailleurs le barrage de Kenitra ou Guenitra est situé dans la daïra d'Oum Toub (fig.1)

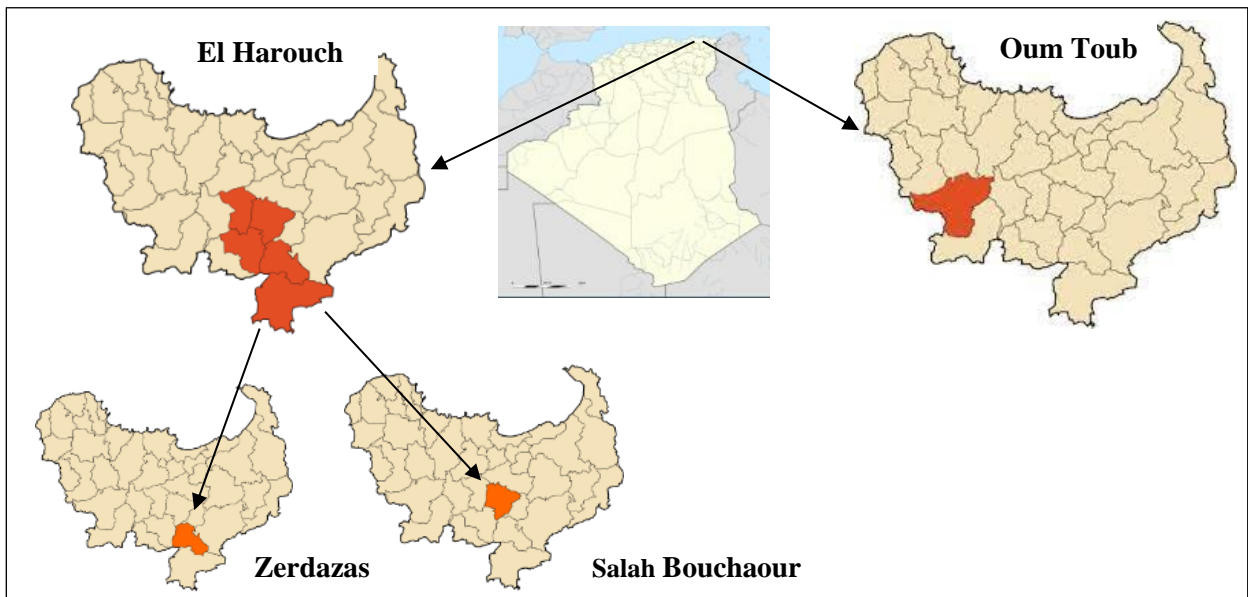


Figure 1. Carte de localisation des sites d'étude dans la Wilaya de Skikda.

1.2. Caractéristiques des sites

La wilaya de Skikda compte quatre (4) grands barrages en exploitation d'une capacité totale initiale de 317 mm³, actuellement avec les problèmes d'envasement et autres, ils ne retiennent qu'un volume total de 292 mm³ par an, destiné à l'alimentation en eau potable des différentes communes de la wilaya, pour l'irrigation et l'industrie.





Chapitre 1. Cadre général :

Les principales caractéristiques des barrages (Kenitra et Zerdazas) et se l'oued Saf-saf sont mentionnées dans le tableau1.

Tableau 1. Les différentes caractéristiques des sites étudiés.

Caractéristiques	Barrage Kenitra	Barrage Zerdazas	Oued Saf-saf
Mise en service	1984	1974	////
Capacité de stockage	Entre 117 et 125 millions m ³	31.00hm	2,5 million de m ²
Superficie et longueur	Bassin versant de 150 Km ² longueur 151.50 m	Bassin versant de 345 Km ²	1,2 Km (longueur) 50 ha(superficie)
Surface du plan d'eau	Entre 6 et 8 Km ²	1.74 Km ²	45 hectares
Taux de perte par évaporation	60% par ans	3.2% par ans	6% par an (moyenne)
Hauteur	Environ 65 mètres	72.4 mètres	18 mètres
Caractéristiques	Barrage Kenitra	Barrage Zerdazas	Oued Saf-saf
But principal de la construction	-20% Irrigation agricole -5% contrôle des inondations -70% Approvisionnement en eau potable -Objectif environnementaux et autres	_ 60 Approvisionnement en eau potable _25% Irrigation agricole _10 La régulation de De début duouedsafsaf	40%Irrigation agricole - 30%Approvisionne ment en eau potable -20%Controle des inondations -10%Objectifs environnementaux
Réseau	O. Fessa :77.48 Km ²	O.Oeudnessa:70 à90 Km ²	O.Oued

Chapitre 1. Cadre général :

<p>hydrographique et superficie :</p> <p>Les principaux cours d'eau alimentant les et barrages et oueds (O)</p>	<p>O. Charfa : 70.33 Km²</p> <p>O. Magramen : 21.95 Km²</p> <p>O. Mellouh : 11.65 Km²</p> <p>O. Essouk : 12.49 Km²</p> <p>(Zone minière de Sidi Kamber)</p>	<p>O.Oeudsafsaf: 1.158 Km²</p> <p>O.Oeudameur 80 à100 Km²</p> <p>O.Oeud zeramna :120 à150 Km²</p> <p>O.Oeudhaddarat :60 à 80 Km²</p>	<p>khemakhem:45-55Km²</p> <p>O.Oued Bou Hajjeb:65-80Km²</p> <p>– Barrage Zardéza :0,48 Km²</p> <p>O.Nessa :30-40Km²</p> <p>O.Maiguene:25-35 Km²</p> <p>O.Ameur :15-25Km²</p> <p>O.Haddaratz :10-20Km²</p> <p>O.Oude SafSaf:480-520 Km²</p> <p>O.zeramna:8-15Km²</p>
<p>Richesse faunistique</p>	<p>Barbeau, Sandre Carpe, Carassin.....</p>	<p>Barbeau</p>	<p>Barbeau Poissons d'eau douce (ex:barbus) ,oiseaux migrateurs,amphibiens</p>
<p>Couvert végétal</p>			<p>Végétation ripicole(ex :tamarix, phragmites)</p>
<p>Point de prélèvement</p>			

Chapitre 1. Cadre général :

1.2.1. Aperçu hydrogéologique

Le sous-sol de la région de Skikda est bien procuré en ressources d'eau souterraine, même si toutes les nappes ne présentent pas des aptitudes de production intéressantes (nappe des grés et nappe des flysch dans la vallée de Saf-saf). Les dépôts alluviaux (formations meubles du quaternaire), formés le long des oueds constituent le magasin essentiel des eaux souterraines de la région. Les réseaux hydrologique des différents sites des sont présentés sur la figure 2.

✚ Les oueds

La région d'étude possède trois grands oueds repartis sur toute sa surface d'Est en Ouest (Kebir Ouest, Saf-saf, Guebli) alimentés surtout par les eaux de pluies aussi que de petits oueds tels que l'oued Zhour à Cap Bougaroun, Oued Rhirauu côtiers de Flifla et l'oued Bibi. (Benrabah, 2006).

✚ Les barrages

La wilaya de Skikda compte quatre grands barrages en exploitation d'une capacité totale initiale de 317 mm³, actuellement avec les problèmes d'envasement (barrage Zerdzas) et de pollution. Ils ne retiennent qu'un volume total de 292 mm³ par an, destiné à l'alimentation des différentes communes de la wilaya en eau potable, à l'irrigation et à l'industrie.

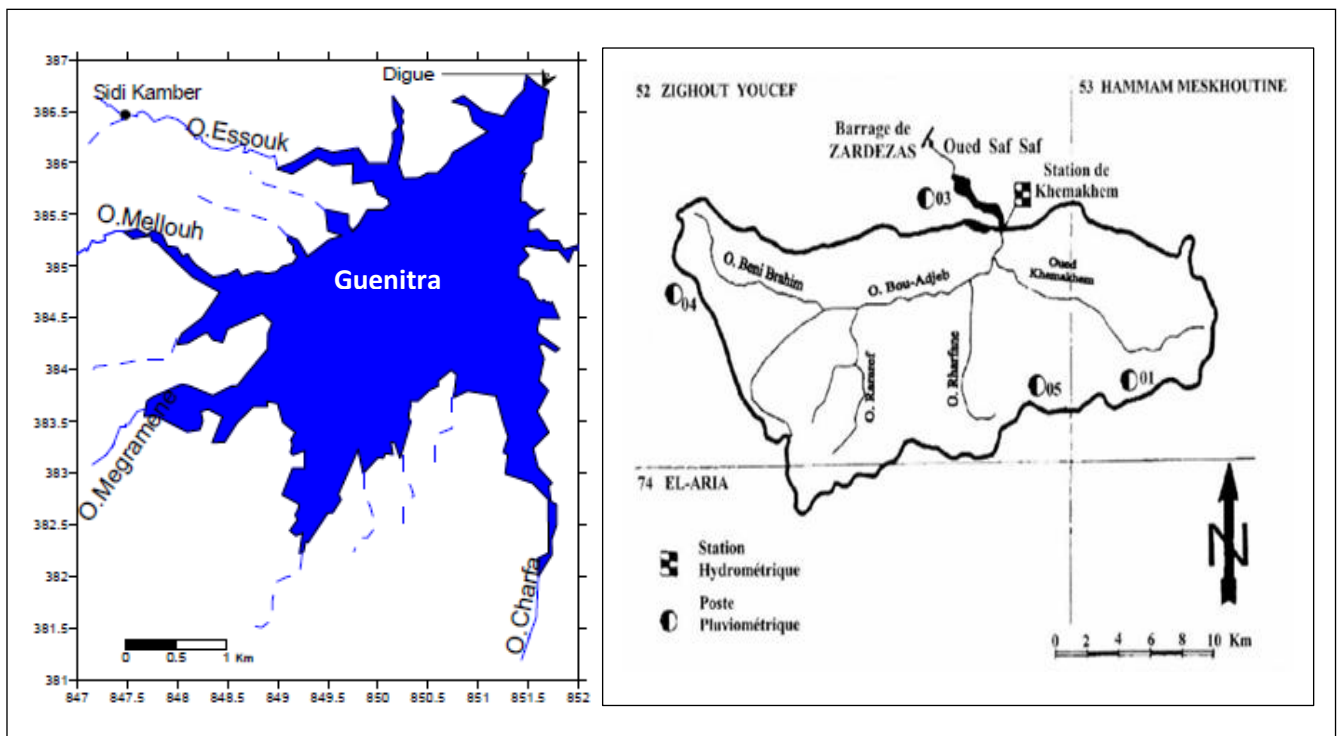


Figure 2. Réseau hydrographique des différents sites d'études.

Chapitre 1. Cadre général :

1.2.2. Rythme climatique

✚ Les variations moyennes mensuelles de la température et la précipitation

L'étude pluviométrique présente un intérêt considérable en hydro-climatologie, car elle permet de décrire le régime d'écoulement. Le climat où se situe le barrage est méditerranéen, subhumide.

a- Oum Toub

La courbe des variations des moyennes mensuelles des précipitations sur une période de 8 ans (2014-2022) montre que le mois de janvier est le plus pluvieux, avec une moyennes mensuelles de 94.85 mm, alors que le mois de juillet est le plus sec avec une moyennes mensuelles 3.37 mm. Cependant, l'analyse de la variation de la température moyenne sur une période de 8 ans (2014-2022) montre que les valeurs les plus élevées sont observées pendant entre les mois de mai et septembre avec des températures allant de 15.21 à 20.48°C. Les valeurs les plus basses varient de 9.5 à 12.61°C, sont observées durant la période comprise entre les mois de décembre et avril, avec un minimum pendant le mois de janvier (3.05°C).

Tableau 2. Les moyennes (moy) mensuelles de la température (T° C) et la précipitation de la station d'Oum Toub (2014-2022).

Mois	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Jui	Juil.	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
T°C moy	3.05	7.89	10.41	12.61	15.21	21.6	20.34	20.9	20.48	15.95	12.33	9.5
Précipitation moy en mm	94.85	57.96	79.96	37.35	30.22	7.03	3.37	3.62	30.31	59.58	78.82	87.18

b- Zerdazas

Le climat caractérisé par une période humide allant de novembre jusqu'à mi-avril, le reste de l'année connaît une pluviométrie quasi nulle provoquant une évaporation intense des eaux du barrage.

Tableau 3. Les moyennes (moy) mensuelles de la température (T° C) et la précipitation de la station de Zerdazas.

Mois	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Jui	Juil.	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
T°C moy	14.3	15	17	19	22	25	28	30.8	28	23	18	15
Précipitation moy en mm	58	50	40	35	30	12	3	5	25	45	101	60

La courbe des variations des moyennes mensuelles des précipitations sur une période de 30 ans (1991_2020) montre que le mois de novembre est le plus pluvieux, avec une moyenne mensuelle de 101 mm, suivi de décembre (60mm)et janvier (58mm), En revench le mois le

Chapitre 1. Cadre général :

plus sec est juillet avec une moyenne de 3mm seulement, suivi d'Aout (5mm) ce que indique une séchresse estivale marquéé. Quant à la temperature moyenne mosuelle les valeurs les plus élevées sont observées entre juin estseptembreattignant en maximum en Aout (30.8°C).les valeurs les plus basses sont enregistrées, entre decembre et fevrier avec un minimum en janvier (14.3°C), la transition entre les saisons est progressive, caractéristiqued'une climat de type méditerranéen. Le climat caractérisé par une période humide allant de novembre jusqu'à mi-avril, le reste de l'année connaît une pluviométrie quasi nulle provoquant une évaporation intense des eaux du barrage.

a- Oued Saf-saf

Du point de vue climatique, le bassin du Saf-Saf est soumis à un climat méditerranéen, appartenant au domaine humide à sub-humide, caractérisé par des irrégularités mensuelles et annuelles des précipitations. La répartition spatiale de ces dernières, montre une diminution des précipitations de l'aval vers le centre du bassin, puis une augmentation vers l'amont montagneux. La température moyenne annuelle modérée dans le bassin du Saf-Saf est de l'ordre de 18°C.

Tableau 4. Les moyennes (moy) mensuelles de la température (T° C) et la précipitation au niveau de Saf-saf(2015-2022).

Mois	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Jui	Juil.	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
T°C moy	12,1	12,8	15,0	17,5	20,8	24,5	27 ,3	27,6	25,2	21,0	16,5	13,2
Précipitation moy en mm	80	70	60	45	35	12	5	8	30	55	75	85

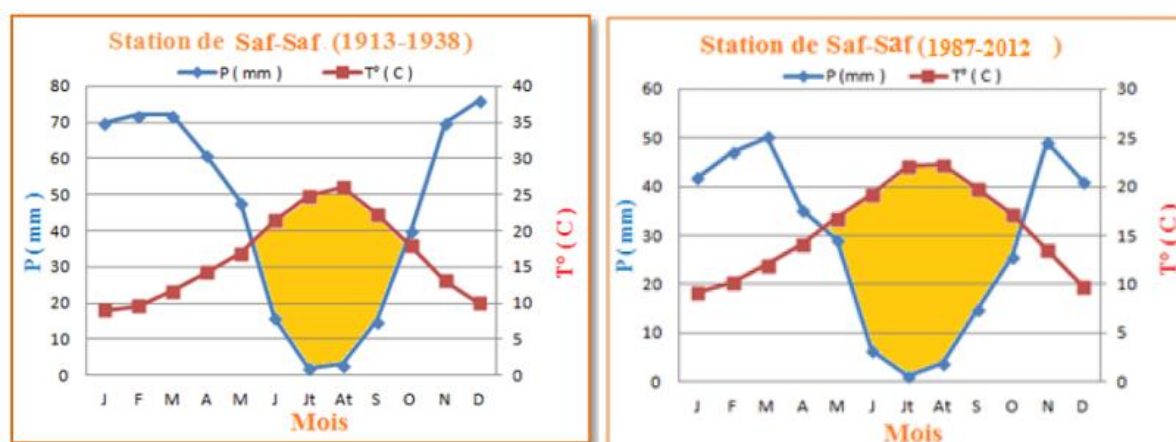


Figure03. Diagramme Ombrothermique de la station météorologique de Saf-saf (Belhacini, 2015 in Site web).

Chapitre 1. Cadre général :

1.3. Origine de la pollution

1.3.1. Pollution Urbaine

Les eaux usées municipales transportent des substances en suspension et en solution, telles qu'articles ménagers. Les stations d'épuration ne traitent que 65% des eaux usées et Les composés en solution ne sont généralement pas traités. Certains composés organiques, notamment les phosphates, sont un soutien excessif au développement de certains écosystèmes conduit à des déséquilibres éco systémiques Plantes indésirables qui appauvrissent l'oxygène de l'environnement jusqu'au point de privation animaux là-bas.

1.3.2. Pollution Industrielle

Les usines doivent être équipées d'une station d'épuration des eaux usées. Traitement primaire éliminer les solides en suspension (ex. résidus de lavage, corps gras, huiles), puis le traitement secondaire élimine les substances (par exemple les métaux lourds) de la solution. En réalité, seulement 65% des eaux usées passent par des stations d'épuration ou de traitement du niveau 2 n'est généralement pas mis en œuvre.

1.3.3. Pollution Agricole

Les engrais apportent aux végétaux cultivés les éléments nécessaires à leur croissance notamment l'azote, le potassium, et le phosphore. Les dérivés azotés (spécialement les nitrates) et les phosphates provoquent des déséquilibres dans les milieux qui reçoivent les eaux de ruissellement et les eaux d'infiltration issues de l'agriculture en favorisant le développement des algues qui prennent place à toute autre forme de vie à cause de leur sur développement. Les pesticides sont des produits chimiques destinées à détruire les champignons (fongicides), les mauvaises herbes (herbicides), les verres de terre (hématicides) et les insectes (insecticides) qui parasitent les agricultures. Ces produits sont élaborés pour être rapidement neutralisés avec une durée de vie courte une fois dissous dans le sol, mais l'utilisation de mauvaise préparation peut avoir des effets d'intoxication significatifs. L'accumulation de ces produits dans les cours d'eau peut avoir un impact important sur le milieu marin, à l'endroit même où se déverse des fleuves, ou bien par le retour des nappes souterraines qui forment des sources sous-marines ou proches du bord de la mer.

Chapitre 1. Cadre général :

2. Présentation des espèces ichtyques

2.1. Barbeau algérien (*Luciobarbus callensis*)

2.2. Carassin commun (*Carassius carassius*)

2.3. Sandre (*Sander lucioperca*)

2.4. Evaluation de la qualité des poissons

Différents outils et techniques sensoriels, et microbiologiques ont été développés pour essayer de déterminer le niveau d'altération des poissons dans un écosystème aquatique naturel (rivières, oued,...) ou artificiel notamment les barrages..

2.4.1. Diversité microbienne

Les bactéries qui se trouvent dans le poisson sont streptocoques, la flore aérobie total mésophile, staphylocoques (tab.5).

Tableau 05. Germe selon les normes de l'OMS .

Germe et Normes	Coliformes		Streptocoques fécaux	<i>Clostridium</i> sulfito-réducteurs	<i>Salmonella</i>
	Totaux	Fécaux			
OMS	<= 5000 UFC/100 ml	<=1000 UFC /100ml	<=1000 UFC /100 ml	<=200 UFC /100 ml	0 dans 1 litre
France (ANSES)	<= 1000 UFC /100 ml	<= 2000 UFC/ 100ml	<=2000 UFC /100ml	<=500 UFC /100 ml	0 dans 1 litre
Allemagne (UBA)	<= 5000 UFC /100 ml	<=1000 UFC/100ml	<=1000 UFC /100 ml	<=300 UFC /100 ml	0 dans 1 litre

2.4.2. Histopathologie

L'intérêt des contrôles histopathologiques dans le dépistage des maladies des poissons peuvent être considérés comme de véritables moyens d'évaluation de la qualité de l'environnement. A ce sujet, plusieurs travaux ont été réalisés en Algérie sur les poissons qui ont démontrés divers anomalies macroscopiques et microscopiques (Djoudad-Kadji, 2014 et Abbaci, 2024).

L'histologie est un terme qui fait référence à l'étude de l'anatomie microscopique des cellules et des tissus et a pour but d'explorer la structure. Elle demeure une science vivante et utile pour tout étudiant en médecine (humaine et vétérinaire), en chirurgie dentaire et en biologie. En effet, la connaissance des tissus normaux, sur le plan structural et ultra structural, permet d'assurer le lien entre structure et fonction. L'histologie se doit de répondre à de multiples questions :

Chapitre 1. Cadre général :

- Comment s'associent les cellules pour former les tissus ;
- Comment les tissus sont-ils structurés et agencés dans les organes (jonctions)

La cellule est l'unité fondamentale de la vie et la plus petite quantité de matière vivante capable de subsister à l'état autonome et de se reproduire. La cellule associée à la matrice extracellulaire forme les tissus fondamentaux.

L'histologie donc nous permet de mieux comprendre les anomalies au niveau tissulaire (histopathologie) voire même cellulaire des organes tel que les gonades des poissons mâles.

Les techniques d'étude en histologie

Toute activité histologique a en commun l'action d'observer et d'interpréter ce qui est vu. Dans toute démarche d'ordre histologique, 4 étapes se succèdent :

- Le choix du matériel à étudier,
- La technique permettant de visualiser les structures que l'on veut étudier,
- La production d'images de ces structures, par des moyens optiques et l'interprétation de ces images.

La connaissance des tissus repose essentiellement sur les moyens optiques qui permettent de les examiner et sur un certain nombre de traitements qui leur sont appliqués au préalable. Ces traitements préparatoires, ou techniques histologiques, ont pour effet de rendre possible l'observation microscopique et sont utilisés en vue de l'étude morphologique et fonctionnelle des éléments du tissu, ce qui implique, outre la recherche descriptive, l'identification de constituants chimiques et la connaissance de la cinétique cellulaire. Pour rendre visible ce que l'on veut observer, il est nécessaire de mettre en œuvre des techniques diverses (préparation des échantillons) que l'on applique au matériel. Pour l'observation en microscope photonique, les coupes examinées sont le fruit de procédures techniques qui requièrent plusieurs étapes successives : prélèvement, fixation, inclusion, coupe, coloration, montage.

3. Eau de surface

Les eaux de surface sont les eaux présentes à la surface de la Terre, comme les rivières, les lacs et les étangs. Elles proviennent principalement des précipitations et de la fonte des neiges. Elles font partie du cycle de l'eau et sont utilisées pour l'eau potable, l'agriculture et l'industrie, mais elles sont vulnérables à la pollution et nécessitent un traitement avant

Chapitre 1. Cadre général :

consommation. Toutefois, les eaux potables sont des eaux non traitées (Eau brut), prélevées directement de la nature (rivières, barrages, nappes, lacs). Elles sont destinées à être probabilisées (traitées pour la consommation humaine). Elles ne doivent pas être trop polluées pour rester traitables efficacement.

3.1. Evaluation de la qualité des eaux de surface

3.1.1. Les paramètres organoleptiques

- **La couleur**

Généralement la couleur d'une eau est due à certaines impuretés minérales mais également à certaines matières organiques. Des études ont révélé que 90% des particules responsables de la couleur avaient un diamètre supérieur à 3,5nm. Ces particules sont des particules colloïdales beaucoup plus petites que les particules de glaise (1µm) responsable de la turbidité. La plupart des particules responsables de la couleur possèdent des charges négatives à leur surface, dont l'intensité dépend du degré d'ionisation et du pH de l'eau. Les mécanismes qui permettent l'élimination de la couleur ne sont pas les mêmes que ceux utilisés pour éliminer la turbidité. La dose de coagulant est fonction de la couleur initiale. Pour un pH optimal, la couleur résiduelle décroît proportionnellement avec l'augmentation de la quantité de coagulant utilisé. Le pH optimal pour l'élimination de la couleur étant faible (entre 4 et 6), on doit dans certains cas, le relever avant la filtration, afin de faire précipiter les composés de fer et d'aluminium, qui sont solubles à des pH faibles (Desjardins, 1997).

- **La saveur**

La saveur de l'eau généralement influencée par des composants comme le fer, le manganèse la flore active, le phénol et le chlorophénols. La saveur se développe avec l'augmentation de température, on peut distinguer quatre sensations saveur salée, saveur acide, saveur sucrée, saveur amer (Desjardins, 1997).

- **L'odeur**

Les odeurs sont causées par la présence dans l'eau des substances relativement volatile, qui peuvent être non organique (chlore, H₂S...) ou organique (esters, alcool). (Desjardins, 1997).

Chapitre 1. Cadre général :

3.1.2. Paramètres physicochimique

La pollution physico-chimique est une altération des propriétés physiques et chimiques d'un milieu naturel (l'eau, l'air ou le sol) causée par l'introduction de substances polluantes

Elle modifie la composition naturelle du milieu, le rendant nocif pour les êtres vivants ou impropre à l'usage humain. Exemples de pollution physico-chimique : élévation de la température de l'eau due aux rejets d'eaux chaudes industrielles (pollution thermique), diminution de l'oxygène dissous dans l'eau à cause de réactions chimiques, changement du pH (acidification ou alcalinisation), présence de métaux lourds (plomb, mercure, cadmium...), excès de nitrates ou phosphates provoquant l'eutrophisation des milieux aquatiques.

La qualité d'une eau de surface est évaluée en mesurant différents **paramètres physico-chimiques**. Ces derniers sont très variables aux conditions du milieu et ils permettent une estimation de la qualité générale de l'eau naturelle.

Température (T °C) :

La température est un paramètre physique fondamental dans les analyses de l'eau. Elle influence directement plusieurs caractéristiques physico-chimiques et biologiques de l'eau. Une élévation de la température réduit la solubilité des gaz (comme l'oxygène dissous), accélère les réactions chimiques, et affecte la conductivité électrique ainsi que l'activité des micro-organismes. Elle peut aussi indiquer une pollution thermique, souvent liée aux rejets industriels.

La température de l'eau doit être mesurée immédiatement lors du prélèvement, car elle peut changer rapidement avec le temps ou les conditions de transport. C'est un indicateur essentiel pour l'évaluation de la qualité de l'eau.

Potentiel d'hydrogène (pH) :

Le pH de l'eau mesure la concentration des protons H^+ contenus dans l'eau. Il résume la stabilité de l'équilibre établi entre les différentes formes de l'acide carbonique et il est lié au système tampon développé par les carbonates et les bicarbonates (Lakhiliet *al.*, 2015)

Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques entre l'eau, le gaz Carbonique dissous, les carbonates et les bicarbonates qui constituent des solutions tamponnées conférant à la vie aquatique un développement favorable. Dans la plupart des eaux naturelles, le pH est compris habituellement entre 6 et 8.5 alors que dans les eaux tièdes, celui-ci est compris entre 5 et 9 (Belghiti et *al.*, 2013).

Chapitre 1. Cadre général :

✚ Conductivité :

La conductivité de l'eau est une mesure de sa capacité à conduire le courant électrique. L'unité de mesure communément utilisée est ($\mu\text{S}/\text{cm}$) (Lakhili et *al.*, 2015).

La mesure de la conductivité constitue une bonne appréciation du degré de minéralisation d'une eau ou chaque ion agit en fonction de sa concentration et sa conductivité. Elle est directement proportionnelle à la quantité des sels minéraux dissous dans l'eau et constitués de cations et d'anions (Zerki, 2013). La conductivité électrique traduit le degré de minéralisation

globale, et renseigne sur le taux de salinité (Lakhili et *al.*, 2015).

✚ Oxygène dissous (DO) :

L'oxygène dissous (DO) est la forme gazeuse libre de l'oxygène (O_2) présente dans l'eau, non liée chimiquement à d'autres éléments. Il est essentiel pour la survie des organismes aquatiques, notamment les poissons, les invertébrés, et les micro-organismes. Il est exprimé généralement en milligrammes par litre (mg/L) ou en pourcentage de saturation.

(Fondriest Environmental Center, « Dissolved Oxygen », p. 1–2)

L'oxygène dissous provient principalement de deux sources naturelles : la diffusion atmosphérique, qui permet au dioxygène de pénétrer l'eau par contact avec l'air, et la photosynthèse des plantes aquatiques et des algues, qui libèrent de l' O_2 durant la journée. Ces mécanismes assurent l'oxygénation des milieux aquatiques.

(EPA – Water Quality Criteria, p. 10–11)

Cet oxygène est ensuite consommé par la respiration des êtres vivants aquatiques et par la décomposition biologique de la matière organique par les bactéries aérobies. Ces processus peuvent fortement réduire les niveaux d'oxygène dans l'eau, surtout en été ou dans les eaux stagnantes riches en matières organiques.

- Le taux d'oxygène dissous dans l'eau est influencé par plusieurs facteurs physiques :
- La température : plus l'eau est chaude, moins elle peut contenir d'oxygène.
- La salinité : une eau salée dissout moins d'oxygène qu'une eau douce.
- La pression (ou profondeur) : une pression plus élevée augmente la capacité de l'eau à retenir l'oxygène.

Les valeurs typiques du DO sont les suivantes :

- Une eau saine doit contenir au moins 5 mg/L d'oxygène dissous.

Chapitre 1. Cadre général :

Pour la croissance optimale de certaines espèces sensibles comme la truite, il faut entre 6 et 9 mg/L.

Lorsque la concentration descend en dessous de 2 mg/L, on parle d'hypoxie (manque critique d'oxygène).

En dessous de 0,2 mg/L, c'est l'anoxie, une situation presque sans oxygène, souvent mortelle. (EPA, p. 12 – IFAS, University of Florida, p. 1–2)

L'oxygène dissous est donc un indicateur fondamental de la qualité de l'eau. Une baisse de ce taux entraîne des effets négatifs sur les écosystèmes : stress ou mortalité des poissons, prolifération des algues nuisibles, et déséquilibre biologique général.

+ Turbidité :

La turbidité traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques, etc). Il est important de connaître la teneur de la turbidité lorsqu'on envisage de traiter l'eau car elle facilite le développement des germes indicateurs de contamination, réduit l'efficacité des désinfectants et accroît la consommation de chlore tout en diminuant son efficacité (Madi, 2010).

+ Dureté Totale ou titre Hydrographique Total (THT)

La dureté d'une eau correspond à la présence de sels de calcium et dans moindre mesure, de sel de magnésium. On l'exprime en générale en milligramme de carbonate de calcium (CaCO_3) par litre. Il varie le plus souvent entre 10 mg/l et 500 mg/l. La valeur de 100 mg/l est couramment atteinte. Avec l'intervention d'autres facteurs (pH, alcalinité), une dureté de plus de 200 mg/l peut entraîner l'entartrage des canalisations et des appareils de chauffage. À l'inverse, une dureté trop faible (inférieure à 100 mg/l) ne permet pas la formation d'une couche carbonatée protégeant la canalisation de certains risques de corrosion. Les éventuels effets sur la santé de la dureté de l'eau de boisson sont controversés. Quoiqu'il soit, par rapport à l'alimentation, l'apport de calcium et de magnésium par l'eau est faible (5 à 20%) (Kouidri, 2006).

+ La demande Chimique en Oxygène (DCO)

La Demande Chimique en Oxygène (DCO) représente la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder les matières organiques (et certaines inorganiques) présentes dans une eau, à l'aide d'un oxydant fort (généralement le dichromate de potassium), en milieu acide sous

Chapitre 1. Cadre général :

réflux(chauffage à reflux). L'oxygène consommé est mesuré indirectement à partir de la quantité de réactif restant après la réaction.

Cette méthode est normalisée (par exemple selon ISO 6060:1989) et permet d'exprimer le résultat en mg O₂ /l. (ISO 6060:1989).

- Importance de la DCO

La DCO est un indicateur essentiel pour évaluer la charge polluante d'une eau (domestique, industrielle ou naturelle). Elle permet de :

- Quantifier la pollution organique globale, y compris les composés non biodégradables.
- Estimer l'impact écologique potentiel d'un rejet dans un milieu aquatique. Une DCO élevée est souvent liée à une consommation excessive d'oxygène dissous, pouvant entraîner des conditions d'hypoxie nuisibles à la faune aquatique.

3.1.3. Eléments traces métalliques

Le plomb, le mercure, Cadmium, Arsenic, Cuivre, Zinc, Fer et Chrome sont parmi les métaux lourds nocifs pour la santé. Ces métaux sont naturellement présents dans sol, sous forme de traces. Cependant, lorsqu'ils se concentrent sur certaines zones, ils représentent ils deviennent nocifs. La mine de Sidi Kamar (zinc-plomb-baryum) qui couvre 3 km² est située sur le littoral méditerranéen de l'Algérie. Le site minier est située dans le sous-bassin versant de Oued Essouk, qui alimente le barrage de Guenitra .les effluent provenant de la mine de Sidi Kamar pourraient affecter la qualité de l'eau du barrage de Guenita (**Boukhalfa et Chagier, 2012**).Cependant, la pollution menace l'environnement et la population de l'oued **Saf-saf**. Cet oued est devenu un grand réceptacle de divers rejets : des huiles usagées, les rejets urbains, les rejets d'usine de l'huile d'olive. L'oued est aussi devenu un réceptacle des eaux usées, cette situation a empiré. En outre, le bassin versant du barrage est constitué essentiellement de terres agricoles avec des cultures non arboricoles, cela constitue l'une des raisons de l'accélération du phénomène d'envasement du barrage Zerdazas, réduisant ainsi, sa capacité de stockage à cause d'un bassin versant fortement exposé aux phénomènes de l'érosion.

Chapitre 1. Cadre général :

3.1.4. Diversité microbienne

Les bactéries jouent un rôle important dans les écosystèmes en tant que décomposeurs, dégradant les contaminants et les polluants. Cependant, ils peuvent également être pathogènes et causer des maladies.

Les bactéries présentes dans l'eau nous notons : *Clostridium Sulfitorédictrices* (H_2S^+), *Klebsiella*, *E-coli*, *Streptocoque fécaux*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus épidermidis*, *Enterococcus*.

Tableau. 06 : Les normes de l'OMS de l'eau brute

Germes et Normes	Coliformes		Streptocoques fécaux
	Totaux	Fécaux	
OMS	≤ 5000 UFC/100 ml	≤ 1000 UFC /100ml	≤ 1000 UFC /100 ml
France(ANSES)	≤ 1000 UFC /100 ml	≤ 2000 UFC/ 100ml	≤ 2000 UFC /100ml
Allemagne(UBA)	≤ 5000 UFC /100 ml	≤ 1000 UFC/100ml	≤ 1000 UFC /100 ml

Chapitre 2. Matériel et méthodes

Chapitre 2. Matériel et méthodes:

1. Echantillonnage

Pour le suivi de la qualité physico-chimique et bactériologique de deux matrices (eau et poisson), trois sites de prélèvement ont été choisis : oued Saf-saf et deux barrages Guenitra et Zerdazas. L'échantillonnage a été réalisé une fois par mois de Novembre 2024 jusqu'à mai 2025.

2. Eau :

Pour l'eau, nos prélèvements ont été effectués tôt le matin à 9h, dans des conditions d'asepsie rigoureuses selon les normes de Rodier (**Rodier et al., 2009**), où les flacons en verres de 500ml (analyse bactériologiques et physicochimiques) et en plastique (métaux lourds) stériles étiquetés (date, heure, conditions météorologique), ont été prolongés à une distance variant de 25 à 30 cm de la surface, assez loin des bords, ainsi que des obstacles naturels. Les flacons ouverts sous l'eau et ont été remplis jusqu'au bord, ensuite le bouchon est également placé sous l'eau de tel sorte qu'il n'y est aucune bulle d'air. Les échantillons ont été par la suite transportés au laboratoire dans une glacière à 4°C. En revanche, l'échantillonnage des poissons a été réalisé grâce à des pêcheurs amateurs en respectant autant que possible les dates déjà

Les bactéries présentes dans l'eau nous notons : *Clostridium Sulfitorédictrices* (H_2S^+), *Klebsiella*, *E-coli*, *Streptocoque fécaux*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus épidermidis*, *Enterococcus*.

Tableau. 06 : Les normes de L'OMS de l'eau brute






Germe et Normes	Coliformes		Streptocoques fécaux
	Totaux	Fécaux	
OMS	≤ 5000 UFC/100 ml	≤ 1000 UFC /100ml	≤ 1000 UFC /100 ml
France(ANSES)	≤ 1000 UFC /100 ml	≤ 2000 UFC/ 100ml	≤ 2000 UFC /100ml
Allemagne(UBA)	≤ 5000 UFC /100 ml	≤ 1000 UFC/100ml	≤ 1000 UFC /100 ml

a- Matériel utilisé

Pour effectuer des analyses physicochimiques, il est nécessaire d'utiliser des appareils spécifiques utilisés au laboratoire (**tab.7**).

Chapitre 2. Matériel et méthodes:

Tableau07. Description des appareils utilisés dans les analyses physicochimiques de l'eau au niveau du laboratoire Algérienne des eaux.

Appareils	Analyses ou mesures	Photos
Thermomètre	Mesuré la température	
pH-mètre	Mesuré l'acidité ou l'alcalinité d'une solution	
Turbidimètre	Mesurée la clarté ou la transparence d'un liquide.	
Conductimètre	Mesuré la concentration des ions.	
Titration colorimétrique	Mesuré les paramètres de Ca^{+2} et Cl^- .	

b- Méthode

La figure3 montre les différentes étapes des analyses physicochimiques réalisées sur l'eau de surface provenant des différents sites d'étude.

Chapitre 2. Matériel et méthodes:

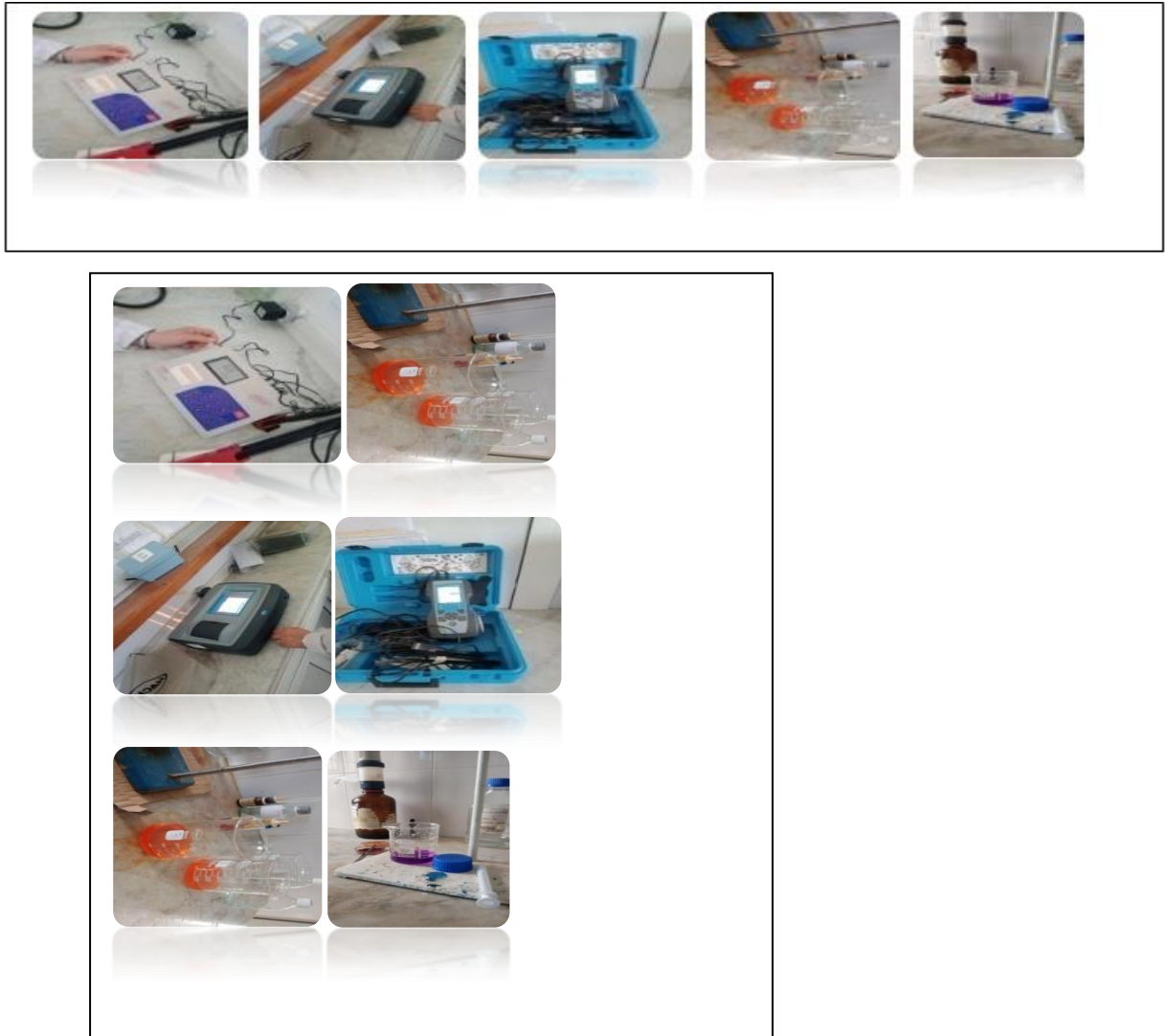


Figure 4. Différentes étapes des paramètres physicochimiques

- **Température :**

Mesuré à l' aide d' un thermomètre (numérique ou à mercure). Indique la chaleur d'un échantillon influençant la solubilité et la réaction chimique.

- **pH :**

Mesuré l' acidité ou l' alcalinité d' une solution, avec un pH-mètre ou papier pH.

- **Conductivité électrique :**

Evalue la capacité d' une solution à conduire l' électricité, liée à la concentration en ions, mesurée avec un conductimètre.

Chapitre 2. Matériel et méthodes:

- **Turbidité :**

Mesurée la clarté ou la transparence d' un liquide, avec un turbidimètre ou néphélométrie

- **Ca²⁺ :**

Dosage du calcium par la méthode colorimétrique. On utilise généralement le réactif Murexide : 50ml prise à essai et 02ml de solution hydroxyde sodium (NaOH), petite quantité de Murexide HSN indicateur, puis titration avec l'EDTA Na₂ (C₁₀H₁₄N₂O₈Na₂ ; 2H₂O) qui est un seul,disodique (acide éthylène diamine tetracétique) jusqu'à virage du couleur mauve foncé.

- **Les chlorures Cl⁻ :**

05ml prise à essai,02 gouttes de chromate de potassium K₂CrO₄, titration avec nitrate d'argent AgNO₃ jusqu'à virage du couleur rouge brique :

Cl⁻ en ppm = (V- blanc) × 7,1 et le Blanc= 0,4.

- **La dureté totale THT (titre hydrométrique) :**

50ml de solution tampon K₁₀ (PH de K₁₀=10), 03 gouttes de mordant noir 11(indicateur net), titration avec l'EDTA Na₂ (C₁₀H₁₄N₂O₈Na₂ ; 2H₂O) qui est un sel disodique (acide éthylène diamine tetracétique) jusqu'à virage du couleur bleu :

THT= V x 2x 10 en mg /l (THT≤500 mg/l).

- **Le titre alcalimétrique simple et complet (TA et TAC) :**

C'est pour déterminer les bicarbonates HCO₃⁻, les carbonates CO₃⁻² et les hydroxydes OH⁻,
TA=[OH⁻] + ½ [CO₃⁻²] .

TAC = [OH⁻] +[CO₃⁻²] +[HCO₃⁻] 100 ml prise à essai.

2.1. Analyses bactériologiques

Au niveau du laboratoire de L'ADeaux nous avons effectués les analyses bactériologiques sur l'eau.Cette dernière se base sur la mise en évidence des indicateurs de la contamination fécale. Les bactéries dans l'eau peuvent avoir trois origines différentes soit aquatique, terrestre, animale ou humaine.

Chapitre 2. Matériel et méthodes:

Dans ce travail, nous avons effectué un dénombrement systématique des germes indicateurs de pollution qui sont : Les coliformes (coliformes totaux et fécaux), les streptocoques fécaux, les *Clostridium* sulfito-réducteurs. Et les germes pathogènes tels que *Salmonella*.

a- Matériel utilisé :

- Flacons en verre stériles
- Pompe de filtration
- Membranes filtration (pores de 0.45µm diamètre 47mm)
- Pincettes stériles
- Boîtes de Pétri stériles (milieux culture spécifiques)
- Incubateur (température de 37°C 35° c ou 44°C selon les bactéries)
- Bec bunsen

b- Méthode

On désinfecte l'embout du flacon stérilisé afin d'éviter qu'il n'attrape des bactéries et des champignons de l'environnement extérieur, puis on place les membranes filtrantes d'un pores de 0.45µm sur l'appareil de filtration, puis on y verse les échantillons d'eau prélevés pour effectuer la filtration .lorsqu'on place les membranes stériles dans une boîte de Pétri. Il est important de retourner la boîte (couvercle en bas) pendant l'incubation car cela permet d'éviter la formation de gouttelettes d'eau sur le couvercle, qui pourraient ensuite tomber sur la membrane. Ces gouttelettes peuvent provoquer une contamination ou altérer les résultats de la culture. Le fait de retourner les boîtes permet donc préserver la stérilité et la fiabilité de l'expérience (**fig.4**).

Chapitre 2. Matériel et méthodes:

2.1.1. Coliforme totaux

- *Escherichia* (E-coli)

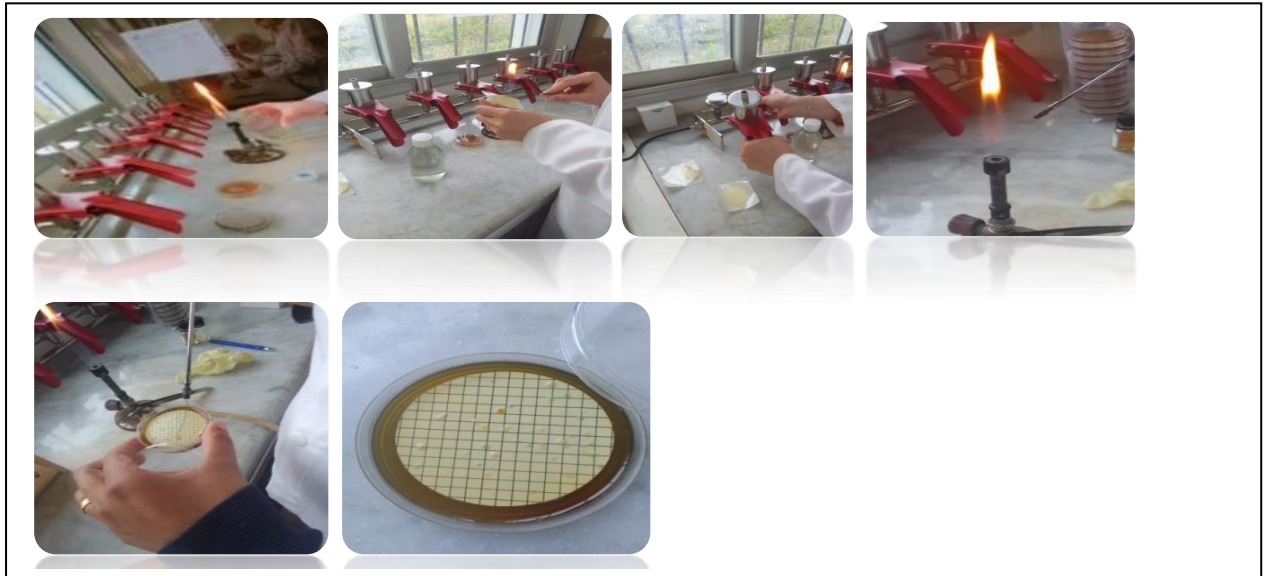


Figure 05. Les différentes étapes

La recherche des coliformes totaux se fait sur un milieu de culture solide contenant de la gélose, incubé pendant 24h à 48h à une température de 37°C. À fin de l'incubation, l'apparition de colonies bactériennes de couleur jaune à jaune-orangé indique la présence de coliformes totaux. On procède ensuite au test des coliformes fécaux à l'aide d'un pince stérile. On prélève les colonies de couleur jaune-orangé et on les inocule dans du tryptophane.

L'incubation se fait pendant 24h à une température de 44°C. Après cette période d'incubation, si le milieu reste clair, cela indique l'*Escherichia coli*. Si le milieu devient trouble, une confirmation avec le réactif de KOVAC'S est nécessaire.

L'apparition d'un anneau rouge (la noix rouge) indique la présence de la bactérie *Escherichia coli*. La couleur rouge apparaît suite à la dégradation du tryptophane par la bactérie

Escherichia coli. Cette dégradation produit de l'indole qui, en réagissant avec le réactif de KOVACS, donne la couleur rouge caractéristique.

2.2. Les métaux lourds

Appelé également éléments traces métallique (ETMs), se définissent comme «les constituants de la croûte terrestre, dont la concentration est pour chacun d'entre eux est inférieure à 0.1%» (Baize, 1997). Il existe deux grandes classes parmi les ETMs: les éléments traces essentiels et les éléments traces non-essentiels. Nous retrouvons dans les premiers des

Chapitre 2. Matériel et méthodes:

éléments chimiques tels que le fer, le zinc, le cuivre et le sélénium. Ces derniers sont des oligo-éléments essentiels pour le bon fonctionnement du métabolisme mais peuvent devenir problématiques à trop forte concentration (ReflexionsULg, 2011). Les seconds, éléments non-essentiels (cadmium, mercure, plomb, étain), ne possèdent pas de rôle dans l'activité biologique et provoquent pour la plupart du temps des effets toxiques graves (Evlard, 2013).

2.2.1. Détermination des ETMs

Le dosage des éléments traces métalliques (ETM) effectué sur l'eau échantillonnée au niveau des trois sites a été réalisé au niveau de l'unité Raffinerai et Polymed (SONATRACH) durant le mois de mai.

a- Matériel utilisé

- Spectrophotomètre UV (DR 5000) (Lab 1206)
- Bain de sable (Lab 1220)
- Bécher
- Pipette
- Fiole jaugée
- Réactifs
- Acide chlorhydrique (1+1)
- Solution hydroxylamine hydro-chlorure
- ▶ Solution tampon d'acétate d'ammonium
- ▶ Solution TPTZ (M/1000)

b- Analyse des éléments traces métalliques

Détermination du Fer

Le fer est un oligoélément, classé comme métal lourd en raison de sa densité élevée ($>5 \text{ g/cm}^3$) et de sa toxicité potentielle en cas d'accumulation excessive (**tab. 6**). Il joue un rôle biologique crucial, mais son excès dans les eaux ou sols peut causer des déséquilibres environnementaux et sanitaires.

Chapitre 2. Matériel et méthodes:

Tableau 08: les valeurs de Fer selon la norme OMS.

Valeur	Norme OMS
0,3mg /l	Limite recommandée
≤2mg/L	Niveau acceptable

Préparation des réactifs

- ▶ Acide chlorhydrique (1+1): Mélanger 1 volume d'acide chlorhydrique concentré avec 1 volume d'eau distillée.
- ▶ Solution hydroxylamine hydro-chlorure 10% w/v: Dissoudre 10gr hydroxylamine hydro-chlorure dans 100ml d'eau distillée.
- ▶ Solution tampon d'acétate d'ammonium: Dissoudre 500g d'acétate d'ammonium (CH₃COONH₄) exempt de fer dans l'eau puis diluer avec de l'eau distillée à 1 litre.
- ▶ Solution TPTZ (M/1000): Dissoudre 0,156g de TPTZ (CHN)₃C₃N₃ dans 1cc d'acide chlorhydrique (1+1), puis transférer la solution dans une fiole jaugée de 500ml et diluer avec de l'eau distillée

b.1.3. Analyse du Fer total selon la norme JISB8224-3.23.3

Cette méthode décrit les étapes à suivre pour l'analyse de fer total dans l'eau au niveau du laboratoire.

Le fer total converti à l'état ionique avancé réagit avec le TPTZ (2,4,6-tripyridyl-s-triazine) pour produire un composé chélate de couleur bleue. La mesure de l'absorbance de la couleur donnera la concentration du fer total (Documents applicables JISB8224-3.23.3).

L'analyse de cet élément a été réalisée selon les étapes suivantes :

- ▶ Verser 200 ml d'échantillon d'eau à analyser dans un erlenmeyer de 300 ml (Si la teneur en fer est supérieure à 0,02mg, prendre une partie aliquote et diluer à 200 ml avec de l'eau distillée

Ajouter 8 ml d'acide chlorhydrique et faire bouillir doucement jusqu'à réduction du volume entre 20 et 40 ml

Refroidir et transférer dans une fiole jaugée de 100ml.

Ajouter 2 ml de la solution d'hydroxylamine hydrochlorure et appliquer l'agitation.

Ajouter 30 ml de la solution tampon d'acétate d'ammonium pour amener le pH entre 4 et.

Chapitre 2. Matériel et méthodes:

Ajouter 5 ml de solution de TPTZ

► Quand la couleur apparaît, diluer au trait avec de l'eau distillée et agiter.

b.1.4. Lecture

- Effectuer un essai à blanc en utilisant l'eau distillée à la place de l'échantillon et suivre le même mode opératoire (2 ml de la solution d'hydroxylamine hydrochlorure + 30 ml de la solution tampon d'acétate d'ammonium et 5 ml de solution TPTZ puis compléter avec de l'eau distillée)
- Transférer dans une cellule d'absorption de 50mm ou plus grande
- Faire passer le blanc puis l'échantillon à analyser dans le spectrophotomètre et mesurer l'absorbance à 595 nm

b.1.5. Calcul

$Fe(\text{ppm}) = \text{Abs.} \times 1000 \times V. \text{ échantillon}$

Avec :

Fe : concentration des ions de Fer total en ppm dans l'eau

Abs : Absorbance de Fer affichée dans le spectrophotomètre

V échantion : Volume en ml de l'échantillon

b.2. Détermination de cuivre (Cu) selon d'oms :

Le cuivre (Cu) est un métal de transition (numéro atomique 29).il est présent dans l'eau principalement sous forme d'ion Cu^{2+} . Essentiel au métabolisme humain (oligo-élément).La norme OMS est donnée par le tableau 9.

Tableau 09. Les valeurs de Cuivre selon l'OMS

Valeur	Norme OMS
2mg/l	Limite sanitaire
1mg/L	Goute perceptible

b.3.Détermination des chlorures (Cl-) selon la norme Faibles teneurs

le chlorure est un oligoélément que nous le trouvons dans les aliments (fruit, légume viande, poisson œuf, etc....), dans l'organisme sous forme de chlorure de sodium (sel) ou de potassium et dans l'eau. Lesnormessont présentées dans le tableau ci-dessous.

Chapitre 2. Matériel et méthodes:

Tableau 10. Les valeurs de chlorure dans l'eau selon la normeOMS

Valeur	Norme OMS
250mg/l	Limite maximale
<100mg/l	Valeur idéal

- **Méthode**

- Prendre 100 ml d'échantillon les introduire dans un erlenmeyer
- Ajouter 2 gouttes de bleu de bromophen
- Ajouter goutte à goutte HNO₃, à 0.05 N jusqu'au virage du bleu au jaune clair.
- Alouse 1 ml de Diphenylecarbazon.
- Titrer avec le nitrate de mercure Hg (NO₃)₂ à 0.014 N Jusqu'au virage au violet

- **Lecture**

Cl⁻ en ppm = (v-blanc) * 5

Blanc=0,1

b.4.Détermination des phosphates (PO₄³⁻) Selon la norme ASTM D 515-72

- **Définition avec norme**

Les phosphates (PO₄³⁻) sont des composés chimiques naturels :

Présents sous diverses formes (orthophosphates, polyphosphates)

- Essentiels à la croissance des organismes vivants (nutriment clé)

- **Méthode**

- introduire 100 ml d'échantillon dans un cylindre 100 ml.
- Ajouter 5 ml d'acide sulfurique à 37+63,
- Ajouter 5 ml de molybdate d'ammonium
- Ajouter 5 ml d'acide amino naphthol sulfonique (ANS).
- Agiter et laisser reposer 10 minutes.
- Faire la lecture au spectrophotomètre à une longueur d'onde de (λ = 650 nm).

Chapitre 2. Matériel et méthodes:

- **Lecture**

Expression du résultat se fait comme suit :

Lire directement sur le spectrophotomètre la teneur de PO, exprimée en ppm

b.5.Détermination de Magnésium(Mg²⁺) selon la norme d'oms :

Le Magnésium dans l'eau sa forme chimique est ion positif Mg²⁺ dissous dans l'eau, souvent associé à des chlorures ou sulfates. Il est dissous des roches (ex : dolomite) et présent dans les eaux souterraines et minérales.

Normes :

- Seuil minimal recommandé: 10–30 mg/L (OMS).
- Limite maximale : 200 mg/L (pour éviter un goût amer ou diarrhée).
- Analyse : Mesuré par spectroscopie atomique ou titrage EDTA.
- À noter : Les eaux riches en magnésium (ex : "Hépar") sont une source nutritionnelle importante.

b.6.Détermination de la silice (SiO₂) selon la norme d'oms :

La silice (SiO₂) est un composé chimique naturel présent dans l'eau principalement sous forme :

- Acide silicique (H₄ SiO₄) en solutions aqueuses.
- Silicates sous différentes formes

La norme de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) est reportée dans le tableau 8.

Tableau 11. Les valeurs de silice selon l'OMS

Valeur	Norme OMS
50mg /l	Limite admissible
<30mg/L	Valeur recommandée

3. Poissons

En Europe et en Asie en particulier les poissons sont utilisés pour la surveillance de la qualité de l'eau potable (**Rodier et al, 2005**). Le matériel biologique utilisé pour cette étude c'est des poissons appartenant à la famille des Cyprinidae(Barbeau et Carassin) et des Percidae(Sandre).

Chapitre 2. Matériel et méthodes:

3.1. Biométrie et dissection des poissons

Les différentes mesures (longueur totale et poids total) effectuées ainsi que la dissection ont été réalisées au niveau du laboratoire de wilaya de Skikda sur les poissons destinée à l'analyse bactériologique et histologique.

Après les différentes mesures effectuées, les poissons ont été soigneusement disséqués afin de prélever les organes nécessaires à l'étude bactériologique et histologique. Après ouverture de la cavité abdominale, les organes prélevés ont été examinés et pesés (**fig. 05**).

Les mesures prélevées sur les individus ayant les caractéristiques mentionnées dans le tableau ci-dessous (**tab.12**).

Tableau12. Les caractéristique morphométriques des poissons mâles échantillonnés au niveau des deux barrages (Guenitra et Zerdazas) durant les différents mois d'étude.

Poissons	Zerdazas		Guenitra			Mois de capture
	Lt en cm	P t en g		Lt en cm	Pt en g	
Barbeau 1	15.18	41.11	Sandre	32	380	Février 2025
Barbeau 2	14.10	30.52	Carrassin	32	350	Décembre 2024
Barbeau 4	27.86	27.86				Mai 2025
Barbeau 7	13.5	30.47				Mai 2025



Figure06. Poissons examinées et pesés.

Seules les gonades (fig. 06) prélevées ont été utilisées pour l'étude histologique effectuée au niveau du laboratoire d'anatomie pathologique de l'hôpital deskikdasaadgermech Les échantillons ont été fixés immédiatement dans une solution de formol à 10% en vue de leur conservation (pendant 24) pour assurer une bonne fixation des tissus.

Chapitre 2. Matériel et méthodes:

L'étude bactériologique a été réalisée sur les tubes digestifs et les branchies de poissons barbeau sandre et carassin.



Figure07. Gonades mâles des poissons échantillonnés pendant la période d'étude.

3.2. Analyse bactériologique

Cette étude a porté sur le dénombrement des Germes Totaux (GT), Coliformes Totaux (CT), Coliformes Fécaux (CF), Streptocoques Fécaux(SF), et Anaérobies sulfito-réducteurs(CSR) :

- **Coliformes totaux /100ml** : dénombrement par filtration sur membrane(0,45 μ m) sur gélose tergitol au TTC 7 Agar 24h à 37°C.
- **Coliformes fécaux /100ml** : dénombrement par filtration sur membrane(0,45 μ m) sur gélose tergitol au TTC 7 Agar 24h à 44°C.
- **Streptocoques fécaux /100ml** : dénombrement par filtration sur membrane(0,45 μ m) sur gélose slanetz et bartly 24h-48h à 37°C.
- **Anaérobies sulfito-réducteurs** : dénombrement par filtration sur membrane(0,45 μ m) sur TSC D-cycloserine de 24h-48h à 37°C.
- **Germes totaux** : dénombrement par filtration sur membrane (0,45 μ m) surgélose-nutritive plate count Agar 24-48h à 22 et 37°C.

Le comptage des colonies se fait sur les boîtes où sont développées 100 à 300 colonies. Le résultat est exprimé en unité formant colonie par ml (UFC/ml) (**Rodier, 2009**).

Chapitre 2. Matériel et méthodes:

3.3. Histologie

L'étude a été réalisée au niveau du laboratoire de l'hôpital de skikdasaadgermech en mois de juin, sur un total de six poissons mâles capturés au niveau des deux barrages : 4 barbeaux au niveau de Zerdazas et deux poissons au niveau de Guenitra (un barbeau et sandre et carassain).

3.3.1. Matériels

Les activités de cytologie et d'anatomie pathologique requièrent un équipement spécialisé permettant d'assurer la sécurité et la fiabilité des prélèvements biologiques. À cette fin, les équipements critiques sont rigoureusement qualifiés et soumis à une maintenance préventive régulière. Le laboratoire est doté de dispositifs pour la collecte des échantillons, de réactifs pour le traitement et la fixation des tissus, ainsi que d'instruments pour la coupe histologique et l'examen microscopique des lames (tab.13).

3.3.2. Méthode

Les différentes étapes pour la réalisation des coupes histologiques sur les gonades des poissons sont les suivantes

Matériel de prélèvements	Produits pour la réalisation des coupes histologiques	Matériels mécaniques pour réalisation des coupes histologiques
*Bistouris *Ciseaux *Blouse *Gants *Pincés *Ruban mètre pour mesurer la taille *Bavette, compresses *La feuille et marqueurs *Plateau lames *Moules métallique *Cuves a coloration *Cassette d'inclusion *Des crayons noirs et diamonds ,pour numéroter les coupes *Lame et lamelle	*l'encre *Flacons pour la fixation formule 10% *Alcool *Xylène *Paraffine *Eukitt *Hématoxylène *Éosine *Eau distillée	*Técnuquant de déshydratation *Planche de discussion *Étuve *Plaque chauffante *La haute *Microtome *Appareil d'inclusion *Microscope optique

Tableau 13. Matériels de laboratoire anatomopathologie de l'hôpital.

Chapitre 2. Matériel et méthodes:

- **Fixation des échantillons**

Les échantillons fixés auparavant, ont été découpés en petits morceaux et placés dans des cassettes en plastique spéciales(fig.07). Ces cassettes ont ensuite été introduites dans un appareil automatique de déshydratation



Figure08.Coupe des échantillons placés dans une cassette.

- **Déshydrations**

Les échantillons sont ensuite déshydratés à l'aide d'un appareil de déshydratation des tissus, également appelé appareil de clarification(fig4). Cet appareil permet l'élimination progressive des graisses à l'intérieur des cellules et leur déshydratation complète. L'appareil illustré comprend 12 cuves, dont 7 contenant des concentrations variées d'alcool, 3 cuves de xylène, et 2 cuves de paraffine. Les échantillons y sont placés pendant environ 12 heures. L'appareil effectue automatiquement les transitions entre les différents bains afin de déshydrater les prélèvements dans l'appareil automate de circulation(photo personnelle).

- **L'inclusion**

A cette étape, on récupère les cassettes préalablement déshydratées afin de les enrober dans des moules contenant de la paraffine liquide après fixation l'échantillon est placé correctement dans le moule à l'aide d'un appareil composé de deux parties:

_une partie chauffante contenant la paraffine

_une partie refroidissante à -5C.

- **La réfrigération**

Après l'inclusion, les cassettes sont placées dans un réfrigérateur jusqu'à solidification complète de la paraffine cette étape essentielle pour assurer la durée du Bloc et faciliter la coupe



Figure 09. Les étapes d'inclusion (photo original).

- **Réalisation des coupes**

Les coupes histologiques fines, d'une épaisseur de 3 à 4 μm , sont réalisées à l'aide d'un microtome. Dans un premier temps, l'excès de paraffine est éliminé après avoir réglé le microtome à 50 μm . Le ruban de coupe est ensuite étalé sur une lame en verre, sur laquelle ajoute dans un bain marie de fixer l'échantillon.

Les lames sont ensuite séchées sur une plaque chauffante. Puis, l'étape de déparaffinage est effectuée en plaçant toutes les lames dans une étuve à 37°C, afin de retirer complètement la paraffine et d'assurer une bonne qualité de coloration lors des étapes ultérieures.

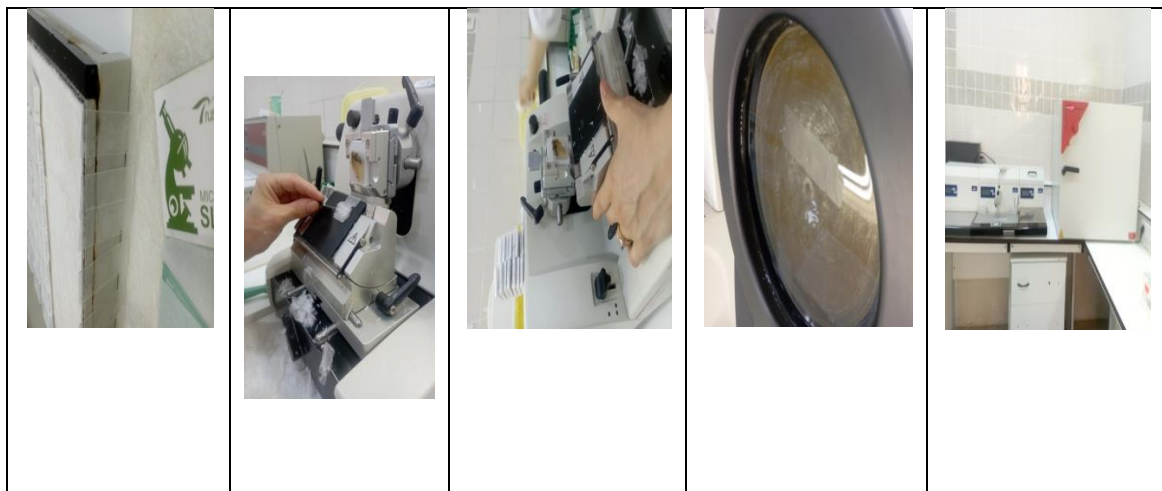


Figure10. Dégrossissement des blocs histologique (photo original).

Chapitre 2. Matériel et méthodes:

- **Coloration H.E**

1. Xylène :15 min

2. Alcool :15 min

3. Eau courante (robinet) :jusqu'à disparition de la teinte gaun

4. Hémalum :5minutes

5. Eau de robinet

6. Eau de robinet +2goutte d'ammoniaque

7. Eau (robinet)

8. Eosine à 1%

9. Eau de robinet

10. Alcool

11. Xylène+acétone

12. Xylène passage

De manière générale, l'étape de la coloration en diagnostic pathologique vise à améliorer la visualisation des structures cellulaires et tissulaires au microscope, en leur apportant un contraste coloré. Cela permet de mieux distinguer les différentes composantes des tissus et de détecter les altérations pathologiques telles que les inflammations, les dégénérescences ou les tumeurs, contribuant ainsi à un diagnostic précis.



Figure 11. La coloration des lames.

Chapitre 2. Matériel et méthodes:

- **Montage**

Le montage consiste à fixer une lamelle couvre-objet sur la lame porte-objet contenant la coupe colorée. Après la coloration et le séchage dans le xylène, une goutte de solution de montage (comme Entellan ou Eukitt) est déposée sur la préparation, avant de poser délicatement la lamelle, afin d'assurer une conservation optimale et d'éviter la formation de bulles d'air.

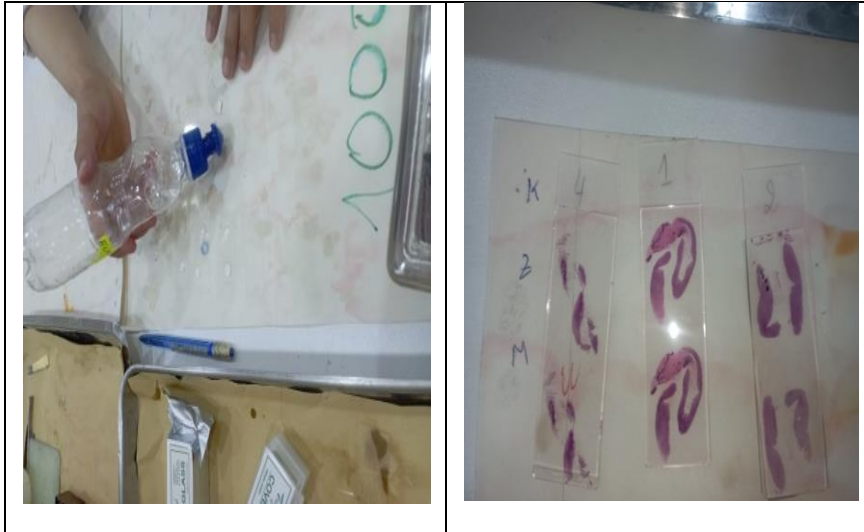


Figure12 :Les étapes de montage(photosoriginales)

- **Observation microscopique à l'Hématoxyline-Éosine ($\times 40$ et $\times 100$)**

L'examen commence par un faible grossissement pour une vue d'ensemble, puis un fort grossissement pour étudier les détails cytologiques, permettant un diagnostic.

Chapitre 3. Résultats et discussion

Chapitre 3. Résultats et discussion

1. Analyse de l'eau

Le suivi hydro-chimique des eaux superficielles des deux barrages (Guenitra et Zerdazas) ainsi que l'oued Saf-saf a consisté à donner une évaluation de la qualité des eaux, ainsi que leur potabilité et leur degré de pollution. Pour cela les résultats obtenus montrent ce qui suit.

1.1. Paramètres organoleptique

Les paramètres organoleptiques sont les caractéristiques d'une eau perceptibles par les sens humains (la vue, l'odorat, le goût, et le toucher). Ils permettent d'évaluer la qualité

apparente de l'eau sans utiliser d'instruments complexes. Il ressort d'après le tableau 14, que le point de prélèvement de l'eau réalisé au niveau d'Oued Saf-saf (Salah bouchaour) est pollué.

Tableau14. Les paramètres organoleptiques relevés au cours de la période d'étude au niveau des trois sites prospectés.

Eau de surface	Débit	Couleur	Turbidité	Algues	Odeur	Pollution
Gunitera	Normal	Claire	Nulle	Non	Non	Non
Zerdazas	Normal	Claire	Moyenne	oui	Non	Non
Saf -saf	faible	Verte	Forte	oui	Oui	Oui

1.2. Les paramètres physicochimiques

1.2.1. Evolution spatiale des paramètres physicochimiques

Les données mentionnées sur la figure, traitant les paramètres physiques des deux barrages à savoir Gunitera et Zerdazas, analysés sur une période allant du mois de janvier jusqu'au mois d'mai(2025), présentent les mêmes observations, exception faite pour l'oued Saf-saf (Salah bouchaour).

Pour les deux barrages, nous avons notés :

- Un pH constamment alcalin, variant entre 8.02 et 8.4, ce qui est typique pour les eaux de surface naturelles ;
- Une valeur de TA (Titre Alcalimétrique) est systématiquement à 00, ce qui pourrait indiquer une absence d'hydroxydes et de carbonates ;

Chapitre 3. Résultats et discussion

- Des valeurs de TAC (Titre Alcalimétrique Complet) montrent des variations mensuelles.
- La conductivité électrique est comprise entre 470 (Oued Saf-saf) et 710 μ S/cm (barrages), dont les valeurs ne dépassant pas la norme de potabilité l'OMS (1500 μ S/cm). Ce qui correspond à une faible salinité c'est-à-dire sont moins minéralisés et un peu influencés par les rejets urbains.
- Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature. D'après la figure les teneurs en calcium varient entre 55.76 mg/l comme valeur minimale enregistrée au niveau du barrage de Guenitra et 610 mg/l comme valeur maximale qui dépasse la norme de potabilité OMS (200 mg/l) enregistrée à d'oued Saf-saf (Salah bouchaour).

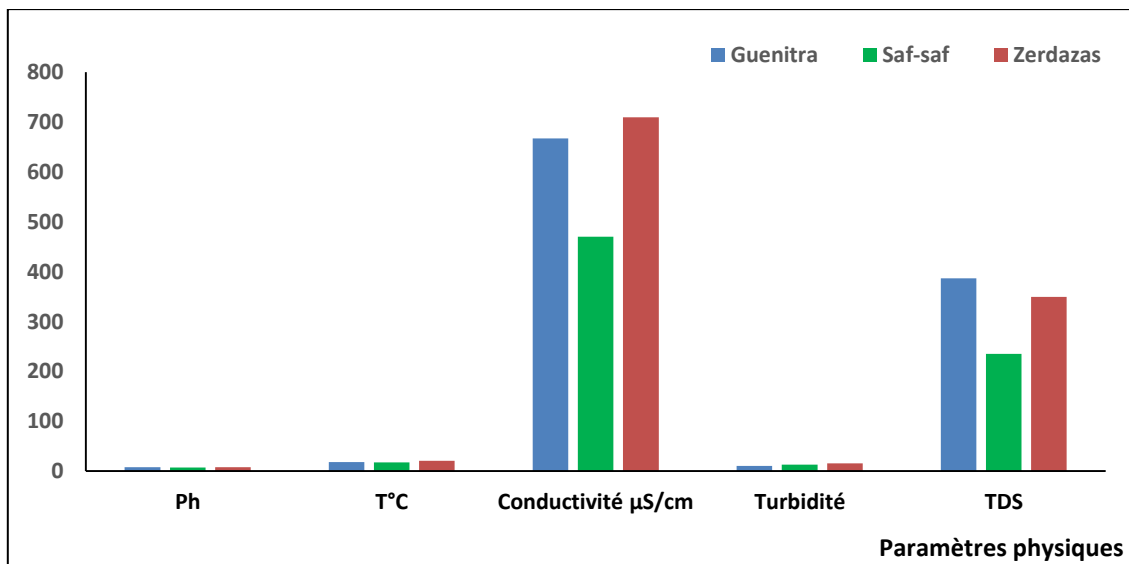


Figure 13 . Variation moyenne des paramètres physiques au niveau des trois sites d'étude durant la période d'étude.

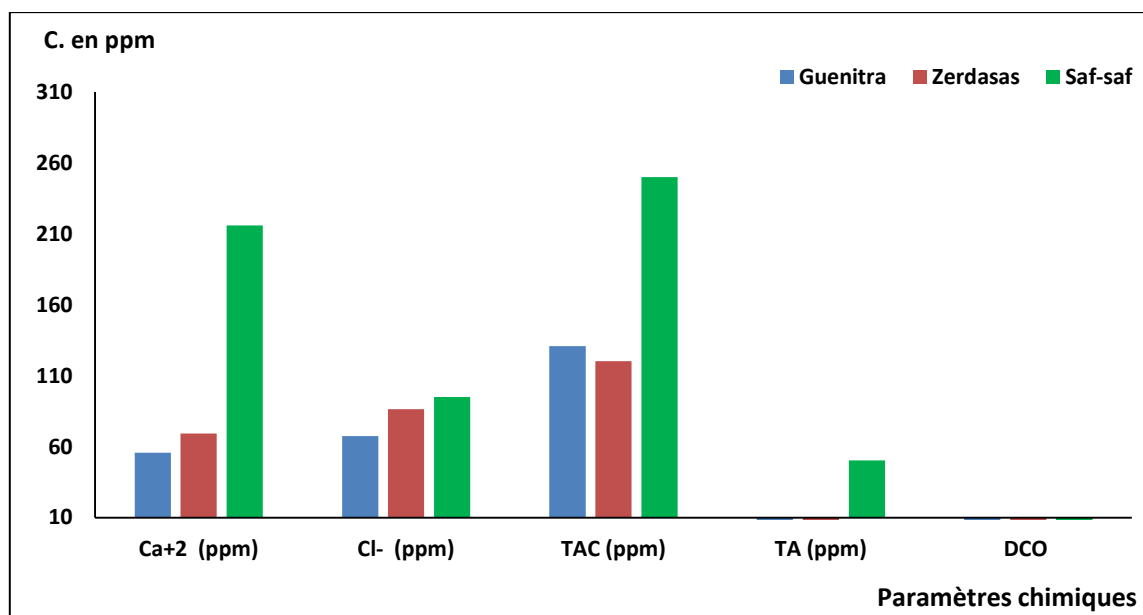


Figure 14 . Variation des paramètres chimiques (Concentration en ppm) au niveau des trois sites d'étude durant la période d'étude.

1.2.2. Variations mensuelle

Une fluctuation mensuelle est notée dans les deux barrages et l'oued à savoir (tab.15):

- Une augmentation générale de la température ;
- Des variations de la turbidité ;
- Une augmentation des chlorures dans les deux barrages ;
- Des fluctuations des autres paramètres sans tendance claire.

Tableau 15 : Variation mensuellement des paramètres physicochimiques analysés sur l'eau de surface provenant de deux barrages (Gunitera et Zerdzas) durant la période d'étude (2025).

Sites	Mois	Conductivité μS/cm	TDS	T°C	Turbidité NTU	Ca ⁺²	Cl ⁻	TAC	TA	pH
Gunitera	Janvier	680	332	16,6	13,5	60	35,5	120	00	8,1
	Février	658	328	15,3	10,8	50,7	56,1	110	00	8,2
	Mars	663	323	12,8	12,8	40,05	71	195	00	8,2
	Avril	692	337	22,7	5,33	60	90	110	00	8,26
	Mai	645	614	22,8	8,96	68,08	85	120	00	8,2
Zerdzas	Janvier	855	419	20,5	24,08	110	56,8	110	00	8,02
	Février	629	306	17,9	24,1	85	142	110	00	8,04
	Mars	658	320	18,1	9,83	48,06	71	162	00	8,2
	Avril	692	355	21,6	11	64,08	106,08	110	00	8,4
	Mai	716	349	24,8	11	40,05	56,8	110	00	7,8
Saf-saf	Mai	470	-	-	-	216	95,1	250	50,5	7,1

Chapitre 3. Résultats et discussion

1.2.3. Variation saisonnière des paramètres physicochimiques

Le tableau ci-dessous (tab.16) montre :

- Une augmentation générale de la température avec l'approche du printemps
- Des variations irrégulières de la turbidité, probablement liées aux précipitations
- Une augmentation des chlorures dans les deux barrages au cours du temps
- Des fluctuations des autres paramètres sans tendance claire

Tableau 16 : Variation saisonnière des paramètres physicochimique par site

Sites	Saison	Conductivité $\mu\text{S}/\text{cm}$	TDS mg/l	T°C	Turbidité NTU	Ca ⁺² ppm	Cl- ppm	TAC mg/L	TA ppm	pH
Gunitera	Hiver	682,5	330	16	12	55,35	45,8	115	0	8,15
	Printemps	666,66	425,66	19,4	56,04	56,04	73	141,66	0	8,22
Zerdazas	Hiver	742	362,5	19,2	24,09	97,5	99,4	110	0	8,03
	Printemps	688,66	341,33	21,5	10,6	50,73	127,33	127,33	0	8,1
Saf-saf	Printemps (mai)	470	-	-	-	216	95,1	250	50,5	7,1

1.2.4. Variation spatiotemporelle des paramètres physicochimiques

La variation des paramètres physicochimiques de entre les périodes 2005-2006 et 2025 montre ce qui suit (fig.14) :

- La Conductivité(667.6 $\mu\text{S}/\text{cm}$) au niveau de Guenitra est plus élevée que celle de l'oued Saf-saf(570.6 $\mu\text{S}/\text{cm}$).
- La turbidité de l'eau du barrage Guenitra entre 2005 et 2006 est plus élevée que celle enregistrée en 2025 au cours de notre étude.
- La concentration de calcium dans l'oued Saf-saf est plus élevée que celle de Gunitera.

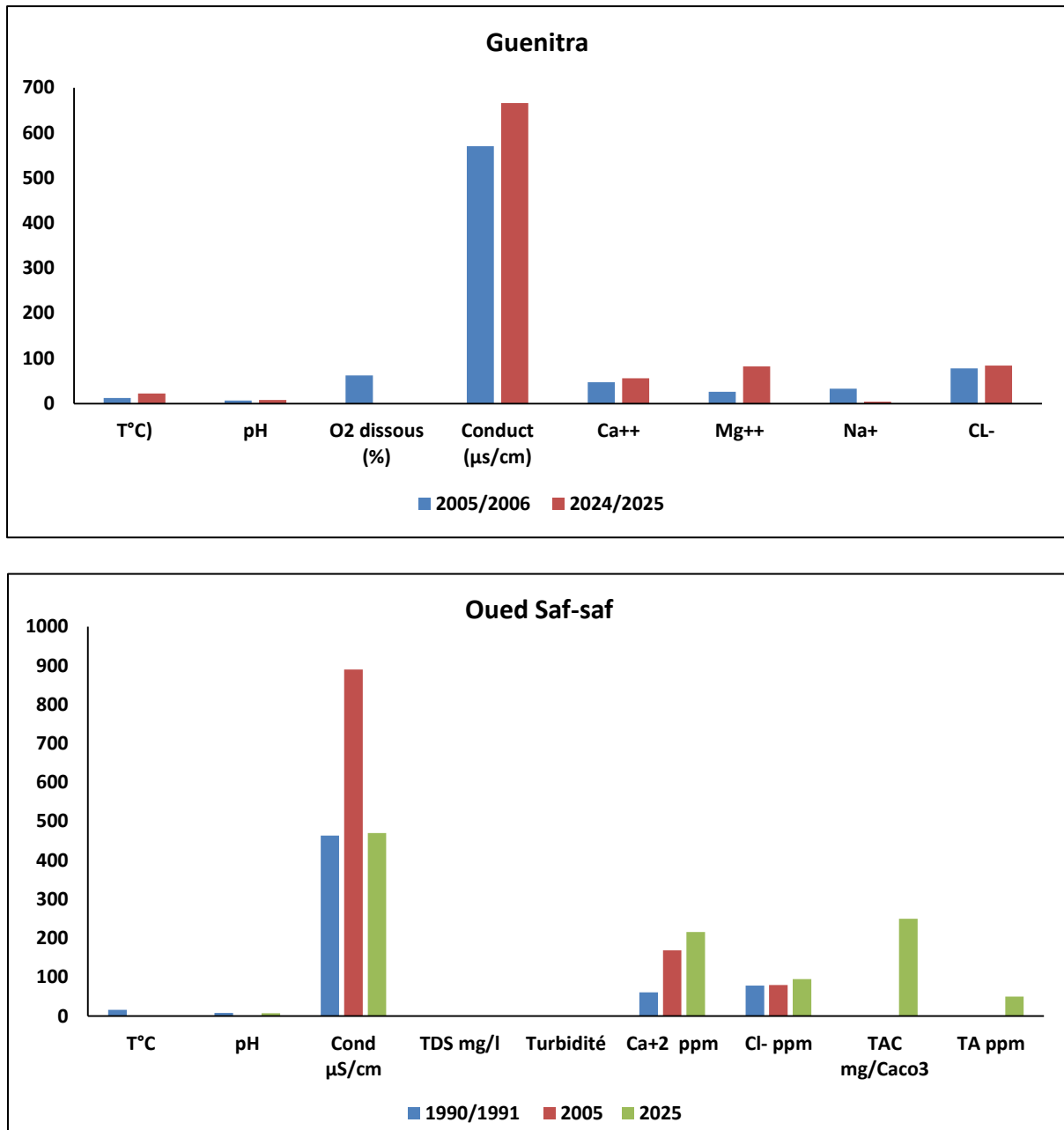


Figure 15. Variation moyenne des paramètres physicochimiques comparées avec la présente étude (2025).

1.3. Analyses bactériologiques :

L'interprétation des analyses bactériologiques de l'eau brute pour les deux sites (Zerdazas et Gunitera (tab.17): Les deux sites montrent une dégradation progressive de la qualité de l'eau brute, surtout à partir du mois de février. La présence fréquente de coliformes fécaux (CF) et d'*E. coli*, indique une pollution d'origine fécale très préoccupante. Les mois de mars, avril et mai représentent les périodes de plus forte contamination. L'eau est impropre à la consommation sans traitement poussé (chloration, filtration, etc...).

Chapitre 3. Résultats et discussion

Tableau 17. Diversité microbienne de l'eau au niveau des trois sites durant la période d'étude. CT : Coliforme totaux , CF :Coliformes fécaux et EC : *Escherichia coli*

Eau brute	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
Zerdaza	CT = 40	CT = 11	CT > 100	CT > 100	CT =60
	CF = 00	CF = +	CF =+	EC = +	CF = +
	EC = -	EC = +	EC =+	CF = +	EC = +
Gunitera	CT = 65	CT = 80	CT> 100	CT = 40	CT =>100
	CF = 00	CF = +	CF =+	CF = +	CF = +
	EC = -	EC = +	EC =+	EC = +	EC = +

1.4. Eléments traces métalliques

1.4.1. Fer et cuivre

D'après les analyses effectuées, nous sommes parvenus aux résultats suivant (tab.18 et fig.15): L'oued Saf-saf

Tableau 18 : Résultats d'analyses des ETMs au niveau des deux sites d'études.

ETMs	Gunitera	Saf-saf	Zerdazas	Norme OMS
Fer en ppm	0,034	11,91	0,08	0,3
Cuivre en ppm	0,056	-	0,481	2

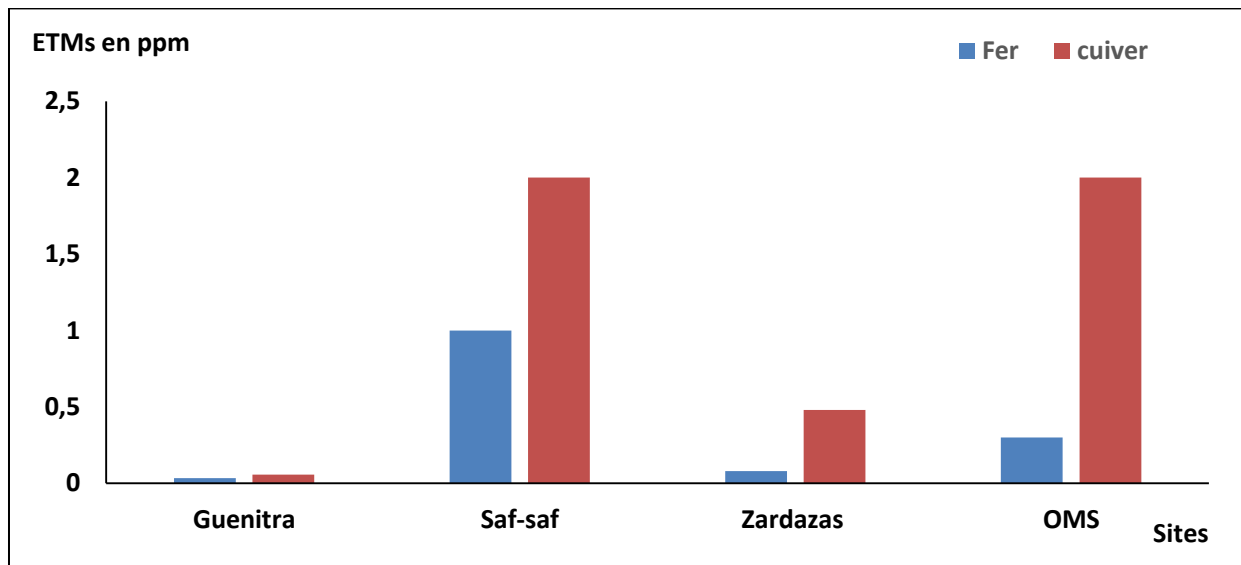


Figure 16. Variation spatiale des ETMs au niveau de deux sites différents des deux barrages (Guenitra et Zerdazas) et l'oued Saf-saf pendant la période d'étude.

Chapitre 3. Résultats et discussion

1.4.2. Eléments chimiques majeurs

Le Mg^{+2} un élément qui accompagne souvent le calcium, La variation des concentrations du magnésium n'est pas similaire à celle du calcium. La dureté manganésienne de l'eau représente ordinairement le tiers de la dureté totale.

L'histogramme ci-dessus montre que l'évolution des teneurs en magnésium varie entre 82mg/l et 3097mg/l, dont la teneur minimale est enregistrée au niveau de l'oued Saf-saf, alors que la valeur la plus élevée qui dépasse la norme de potabilité OMS (150 mg/l) est enregistrée au niveau du barrage Zerdazas. Cette augmentation des concentrations en magnésium où l'importante acidité est confirmée par l'altération de minéraux plus résistants dans les grès des phyllo-silicates, qui sont la principale source en Mg^{2+} des eaux de surface

D'après la figure ci-dessous les teneurs en calcium varient entre 68.08mg/l comme valeur minimale enregistrée au niveau du barrage Saf-saf (Salah bouchaour) et 216mg/l comme valeur maximale qui dépasse la norme de potabilité OMS (200 mg/l) enregistrée à Guenitra.

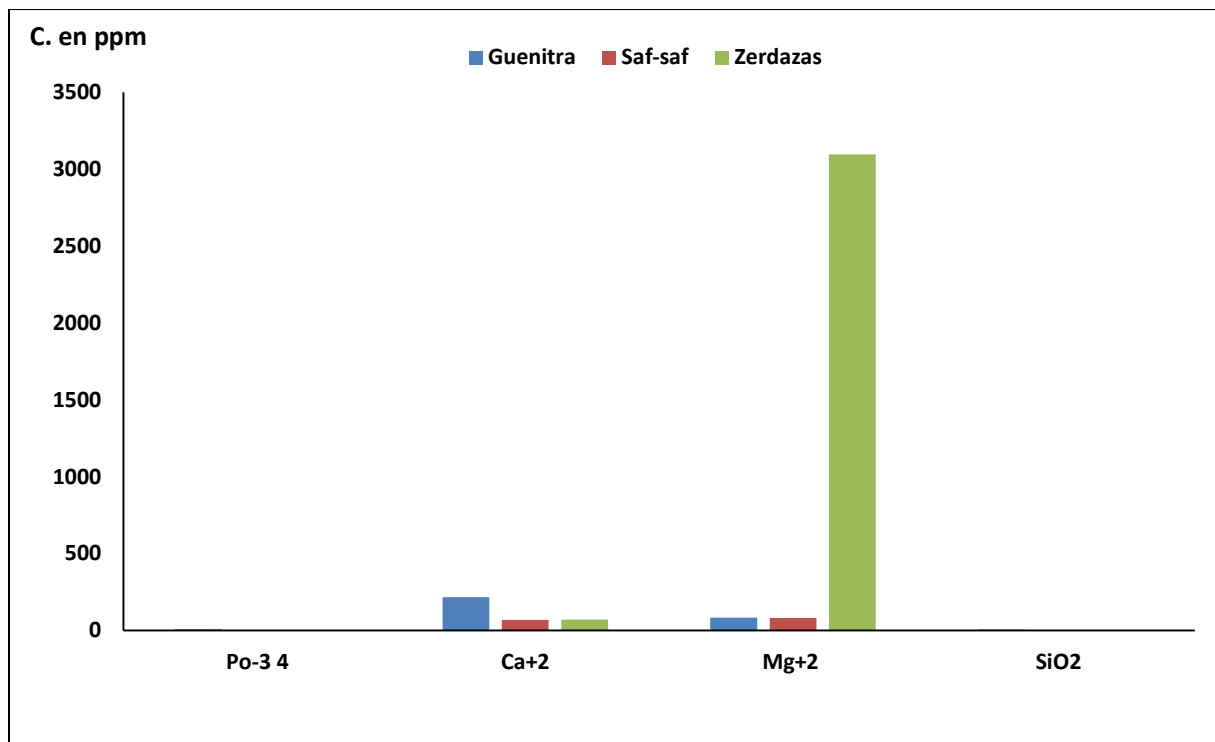


Figure 17. Variation spatiale de quelques éléments chimiques au niveau des trois sites étudiés.

Chapitre 3. Résultats et discussion

2. Poissons

2.1. Indice de qualité microbiologique (IQM)

D'après nos résultats la présence de Streptocoque est observés au niveau des Tubes digestifs (foie et d intestins) des poissons collectés en mois de décembre 2024 et février 2025 au niveau des deux barrages (Zerdazas et Guenitra) et de l'Oued Saf-saf (Zerdazas et Salah bouchaour).

La présence de streptocoques témoigne d'une contamination fécale de ces eaux qu'il est impératif de purifier pour préserver le naturel'environnement. Quant aux analyses chimiques, il est possible de calculer pour les rivières un indice de contamination bactériologique basé sur la dénombrement des différents germes, les principaux, généralement associés à pollution organique, sont les bactéries totales, coliformes fécaux bactériens et streptocoques fécaux (Bovesse et Depelchin, 1980). Les échantillons de poissons prélevés, permettent d'évaluer l'évolution et l'état de la pollution microbiologique des eaux des sites étudiés (Tableau 16). Les analyses bactériologiques montrent un grand nombre de streptocoques fécaux. D'autre part, les coliformes fécaux, selmonelleset les staphylocoques sont absents dans les échantillons analysés au niveau des trois sites.

2.2. Histologie

L'étude histologique a été effectuée sur sept poissons (Barbeau, Sandre et Carassin) appartenant à deux familles originaire des différents sites à savoir Oued Saf-saf (Salah Bouchaour), Zerdazas et Guenitra. Les coupes ont été réaliséessur des gonades de poisson mâles de taille comprise entre 12 et 32 cm et de poids variant de 19 à 380 g. L'observation microscopique confirme la présence d'une lésion, selon le type cellulaire (fig. 17).

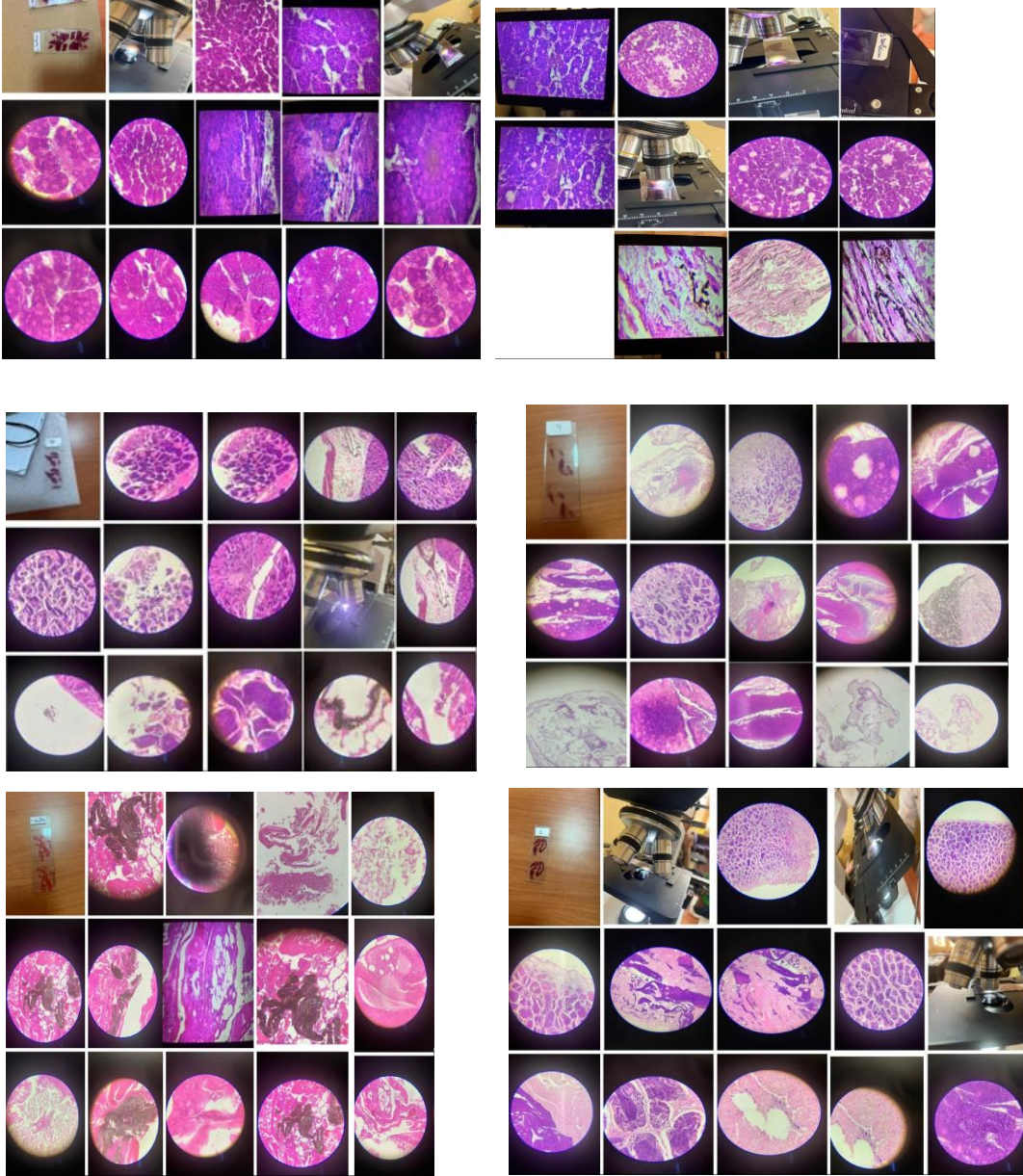


Figure 18. Les coupes histologiques réalisées sur les gonades mâles matures des trois espèces de poissons (Barbeau, Sandre et Carassin) au cours de la période d'étude.

Conclusion

Conclusion :

Conclusion

Une surveillance régulière est nécessaire pour prévenir la dégradation des écosystèmes aquatiques et les risques sanitaires, notre étude primaire a porté sur trois écosystèmes aquatiques différents ; l'un naturel (oued Saf-saf) et deux artificiels (barrages Guenitra et Zerdazas) dont le but d'évaluer les paramètres physico-chimiques et bactériologique des eaux de surface, qui est essentielle pour déterminer leur qualité et leur aptitude à divers usages (consommation, irrigation, élevage), sans oublier les organismes qui y vivent, notamment les poissons. Il ressort de cette étude que :

Les paramètres physicochimiques :

- Un pH constamment alcalin, typique pour les eaux de surface naturelles ;
- Une valeur de TA pourrait indiquer une absence d'hydroxydes et de carbonates ;
- Des valeurs de TAC montrent des variations mensuelles.
- La conductivité électrique ne dépassant pas la norme de potabilité l'OMS. Ce qui correspond à une faible salinité c'est-à-dire sont moins minéralisés et un peu influencés par les rejets urbains.
- Le calcium dépasse la norme de potabilité OMS (200 mg/l) enregistrée à l'oued Saf-saf (Salah bouchaour).

Les analyses bactériologiques au niveau des deux matrices :

- Les deux sites (Guenitra et Zerdazas) montrent une dégradation progressive de la qualité de l'eau brute, surtout à partir du mois de février. La présence fréquente de coliformes fécaux (CF) et d'*E. coli*, indique une pollution d'origine fécale très préoccupante. Les mois de mars, avril et mai représentent les périodes de plus forte contamination. L'eau est impropre à la consommation sans traitement poussé (chloration, filtration, etc...).
- Les organes des poissons à savoir les tubes digestifs et les branchies des trois espèces de poissons montrent un grand nombre de streptocoques fécaux. D'autre part, les coliformes fécaux, salmonelles et les staphylocoques sont absents dans les échantillons analysés au niveau des trois sites.

Les coupes histologiques

- L'observation microscopique selon le type cellulaire, confirme la présence d'une lésion au niveau des gonades mâles des poissons échantillonnés au niveau des trois sites.

Références bibliographiques

Références bibliographiques:

Références bibliographiques

Abbaci S., 2024. Contribution à l'étude des facteurs physiologiques chez un poisson d'eau douce dans un milieu naturel. En vue de l'obtention du diplôme de docteur de l'université Badji Moukhtar, Annaba (Algérie). 238p.

Alloway B.J., 2013. Heavy Metals in Soils. Springer.

APHA, 2017. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association. Ministère des Ressources en Eau (Algérie) – Rapports techniques sur la qualité des eaux dans la wilaya de Skikda.

Boualem, S., 2016. Évaluation de la qualité physico-chimique des eaux souterraines dans la région de Skikda, Algérie. Revue des Sciences de l'Eau, vol. XX

Boudebbouz, 2020. Geochemical assessment of heavy metal contamination near then abandoned Ouled Ali mine (Oum Toub), Skikda, Algeria. Algerian Journal of Environmental Science and Technology.

Greenwood, N.N. & Earnshaw, A. 1997. Chemistry of the Elements – 2e édition, Butterworth-Heinemann Pages 1125–1127 : propriétés chimiques et formes naturelles du fer. ISBN : 978-0-7506-3365-9

Djoudad-Kadji H., 2014. Caractérisation de la reproduction du poisson d'eau douce BARBUS BARBUS CALLENSIS au niveau de l'oued Soummam dans la région de Béjaia. En vue de l'obtention du diplôme de docteur de l'université A/MIRA de Béjaia (Algerir) et de l'école pratique des hautes études (Paris), Biologie, Université A/MIRA de Béjaia, 538p.

Kabata-Pendias A., 2011. Trace Elements in Soils and Plants. CRC Press les paramètres physico-chimiques dans la région d'Oum Toub. P 52-54

Khelfaoui F., Zouini D., 2010. Gestion intégrée et qualité des eaux dans le bassin versant du Saf-Saf (wilaya de Skikda, nord-est algérien) Revue Nature et Technologie. n° 03. 50- 56p

Rodier, J. (2009). L'analyse de l'eau – Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. Éditions Dunod.

Document référence Annual book of ASTM A 1978 PT 31 P 296-300

Document référence : Annual book of ASTM standards 1576 PART 35 pages 485-482)

Références bibliographiques:

UNESCO/OMS/PNUE 2022) Chapitre : Aspects chimiques Évaluation de la qualité de l'eau, 2e édition. P :157-158

UNESCO/OMS/PNUE – Évaluation de la qualité de l'eau, édition, dirigée par Deborah Chapman Pages : 41-43

ISO 6060:1989, Eau — Détermination de la demande chimique en oxygène — Section 3 (Principe).

Tandjir L. et Djebar A.B., 2009. Carpiculture au barrage Guenitra (Skikda),Eau — Détermination de la demande chimique en oxygène — Section 3 (Principe).

MA. 315 – DCO 1.1, Ministère de l'Environnement du Québec, pages 1–2.

Annexes : Différentes méthodes d'analyse effectuées dans les laboratoires

4. Détermination de TA et TAC

○ Titre alcalimétrique

Prendre 100 ml d'échantillon dans un erlenmeyer de 300 ml et ajouter 2 à 3 gouttes de phénolphtaleine. En présence de l'alcalinité (TA), on obtient une couleur rose pâle. Titrer avec l'acide sulfurique $H_2 SO_4$ à 0.02 N jusqu'à la disparition de la couleur rose et noter le volume (V_a). Expression du résultat :

TA en ppm de $CaCO_3 = V_a 10$

○ Titre alcalimétrique complet

A la même solution précédente, ajouter 2 à 3 gouttes d'indicateur mixte (couleur bleu)

► Titrer avec l'acide sulfurique ($H_2 SO$) à 0.02 N jusqu'au virage du bleu à la couleur rose pale et noter le volume (V_b)

Expression du résultat:

TAC en ppm de $CaCO_3 = V 10$

Avec : $V=V_a + V_b$

5. Détermination de la dureté totale (TH)

Document référence :Annual look of ASTM 1878-PAstandarda RT 31 (page 100-183)

Références bibliographiques:

- ▶ Prendre 100 ml : d'échantillon dans un erlenmeyer de 300 ml
- ▶ Ajouter 2 ml de solution lampon.
- ▶ Ajouter une pincé d'indicateur noir ériochrome T

En dureté la presenotsolution se colore en rouge-c

- ▶ Titrer avec EDTA 3.01 M jusqu'au virage bleu de l'indicateur

Expression du résulte :

$$\text{TH en ppm de CaCO}_3 = V_{\text{ESTA}} * 10$$

6. Détermination de calcium (Ca^{2+})

Document référence look of ASTM standards 1975-PART 31 273-281)

- ▶ Prendre 100 ml d'échantillon
- ▶ Ajouter 2 ml de salut de NaOH et 1N
- ▶ Agiter et ajouter une pincée d'indicateur murexide (couleur rose foncée)
- ▶ Titrer avec EDTA 0.01 M jusqu'au virage mauve clair

Expression du résultat :

$$\text{Ca}^{2+} \text{ en ppm de CaCO } V \text{ EDTA } * 10$$

- **Déterminant COD**

*prendre 100ml d'échantillon dans un erlen Mayer de 250 ml

*ajouter 5ml d'acide sulfurique (1/3)

*ajouter 15ml de permanganate de potassium KMnO_4 (0,01N)

* taire bouillir pendant 10mn au bain desable (si l'analyse devient marron ou incolore durant le chauffage, refaire l'analyse en procédant de la même façon mais en faisant une dilution à 50% par exempl)

*après chauffage, ajouter 15ml d'acide oxalique de potassium jusqu'à virage de la solution une couleur rose persistante

*préparer un blanc en parallèle en suivant les mêmes étapes Expression des résultats :

Références bibliographiques:

$$\text{ppm O}_2 = 8000(\text{AB}-\text{CD}) / \text{E}(\text{X})$$

$$= \text{X} * 0,8 \quad (\text{teneur en ppm}) \quad (\text{c'est : teneur en ppm})$$

A : volume total versé de KMNO₄ en ml

B : normalité de KMNO₄

C : normalité de l'acide oxalique

D : normalité de l'acide oxalique (0,01N)

E : volume de l'échantillon en ml

NB : le résultat doit être exprimé en g / t (gramme par tonne) pour cela procéder de la façon suivante.