

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**وزارة التعليم العالي والبحث العلمي**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل**  
**Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral**



**Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur**  
**Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie**  
**Filière : Hydrobiologie Marine et Continentale**  
**Spécialité : Biodiversité et gestion des écosystèmes**

**Diagnostic bioécologique rapide et évaluation  
des capacités de production du barrage de  
Bouhamdane .**

**Présenté par :**

GUETTAF Bouchra

**Dirigé par :**

Mr BOUDJENAH Mustapha

M<sup>me</sup> BOUGHAMOU Naïma

Soutenu le 03/07 /2025 devant le jury composé des membres suivants :

Mr REFES W.	Professeur	ENSSMAL	Président
Mr DILMI A.	Docteur	CNRDPA	Examineur
Mr BOUDJENAH M.	Maître de recherche A	CNRDPA	Promoteur
M <sup>me</sup> BOUGHAMOU N.	Maître de conférences A	ENSSMAL	coPromotrice

**Année universitaire : 2024- 2025**

## Remerciements

Je tiens tout d'abord à exprimer ma plus sincère gratitude à **Monsieur Boudjenah Mustapha**, mon encadrant, pour son accompagnement scientifique rigoureux, sa disponibilité et ses conseils éclairés tout au long de ce travail.

Mes remerciements les plus chaleureux vont à **Madame Naïma Boughamou**, ma co-encadrante, pour son soutien indéfectible, son écoute bienveillante et sa présence précieuse durant chaque étape de ce projet.

Je remercie sincèrement **Monsieur Refes Wahid** d'avoir accepté de présider ce jury, ainsi que **Monsieur Dilmi Amar** pour avoir pris le temps de lire et d'évaluer mon mémoire. Leur présence et leurs remarques sont pour moi une vraie reconnaissance et un encouragement

Je souhaite exprimer ma profonde reconnaissance à **Madame Asmaa Kerdoussi**, cadre à la Direction de la Pêche et des Ressources Halieutiques de Guelma, dont la générosité, la disponibilité et l'accompagnement ont été essentiels à l'aboutissement de ce mémoire.

Un grand merci à **Madame Mahiddine Fatima Zohra**, du laboratoire conchylicole, pour sa collaboration technique lors de l'analyse du phytoplancton, ainsi qu'à **Madame Chabet dite Chalabia**, pour son soutien constant, sa bienveillance et ses précieux conseils.

Je n'oublie pas mon **oncle Hassan**, pour son aide sincère dans les calculs BMC, ainsi qu'à tout le personnel de la station conchylicole, pour leurs gentillesse, leurs soutiens logistiques et leurs présences rassurantes.

Je remercie chaleureusement **Monsieur Fawzi Habita**, Directeur de la Pêche et des Ressources Halieutiques de Guelma, pour son soutien humain et administratif, et aussi **Monsieur Rabah berima** pour l'accompagnement, ainsi que l'ensemble du personnel de la direction pour leur professionnalisme et leur appui.

Mes remerciements vont également à **Madame Chahra**, du centre de traitement des eaux du barrage Hammam Debagh Guelma, ainsi qu'à tout le personnel de la station, pour leur accueil et leur collaboration dans le cadre des prélèvements et analyses.

Je rends un hommage particulier à **mon père**, qui a été mon pilier et mon accompagnateur sur le terrain, et à **ma mère**, dont les prières et l'amour inconditionnel ont été ma lumière.

À mes sœurs **Rania, Loubna et Dounia**, je dédie ma reconnaissance pour leur affection constante, leur inquiétude douce et leur soutien moral.

Je remercie du fond du cœur mes amies **Sara, Loubna, Manel rouabah, Nadira taleb** et toutes celles qui ont été présentes par leur écoute, leurs encouragements et leur foi en moi.

Enfin, je remercie chaleureusement toute personne, de près ou de loin, ayant contribué au succès de ce travail, même par un simple geste, un mot d'encouragement, ou un regard bienveillant.

## Dédicace

À moi-même,

Pour avoir tenu bon, même dans les tempêtes...

Pour chaque nuit blanche, chaque doute surmonté, chaque pas fait malgré la peur.

Ce travail est la preuve que je peux tout accomplir.

À ma grand-mère bien-aimée,

qui veille sur moi depuis là-haut...

Ton absence me blesse, mais ton amour continue de m'inspirer.

Je te dédie ce succès avec tout mon cœur.

À mes parents,

qui m'ont appris que la volonté brise les murs de l'impossible,

et dont l'amour et les prières m'ont portée jusque-là...

À mon père,

modèle de force et de dévouement, qui a été à mes côtés dans chaque étape, sur le terrain  
comme dans la vie.

À ma mère,

source d'amour inconditionnel et de lumière dans mes jours sombres.

À mes sœurs Rania, Lobna et Dounia,

pour leur soutien silencieux, leur présence rassurante et leur amour sincère.

J'ai aussi un salut à mes chers enfants de ma sœur, Mélissa et sanad

À la docteure de mon école,

dont la bienveillance et les encouragements ont laissé une empreinte indélébile dans mon  
parcours.

Merci d'avoir cru en moi à un moment où j'en avais tant besoin

À toutes les personnes qui ont cru en moi,

et qui m'ont poussée à aller toujours plus loin.

Ce travail vous est dédié, avec tout mon amour et ma gratitude.

## LISTE DE FIGURES

<b>Figure 1.</b> Localisation du barrage du Hammam Debagh dans la région de Guelma .....	19
<b>Figure 2.</b> Vue générale du barrage de Bouhamdane prise lors de la campagne de terrain (présence d'étude).....	20
<b>Figure 3.</b> Localisation des stations d'échantillonnage au niveau du barrage, visualisée sur Google Maps.....	21
<b>Figure 4.</b> Vue du barrage de Bouamrane lors de la visite exploratoire du site (présence d'étude) .....	22
<b>Figure 5.</b> Sortie sur terrain pour effectuer le premier prélèvement d'eau (février 2025) .....	23
<b>Figure 6.</b> Sortie sur terrain pour effectuer le deuxième prélèvement d'eau (01 mars 2025) .....	23
<b>Figure 7.</b> Sortie sur terrain pour effectuer le troisième prélèvement d'eau (17 mars 2025).....	23
<b>Figure 8.</b> Sortie sur terrain pour effectuer le quatrième prélèvement d'eau (20 avril 2025) .....	24
<b>Figure 9.</b> Multi paramètre.....	25
<b>Figure 10.</b> Filet à phytoplancton.....	26
<b>Figure 11.</b> GPS .....	26
<b>Figure 12.</b> Centrifugeuse .....	27
<b>Figure 13.</b> Spectrophotomètre: .....	27
<b>Figure 14.</b> Système de filtration sous vide .....	28
<b>Figure 15.</b> Filtre.....	28
<b>Figure 16.</b> Microscope.....	29
<b>Figure 17.</b> Cultive Utermöhl pour sédimentation.....	29
<b>Figure 18.</b> Turbidimètre.....	30
<b>Figure 19.</b> Conductimètre.....	30
<b>Figure 20.</b> PH-mètre .....	31
<b>Figure 21.</b> Oxymètre (Série HQ - HACH) (présence d'étude).....	31
<b>Figure 22.</b> Auto Analyzer (présence d'étude) .....	32
<b>Figure 23.</b> Présence au laboratoire pour l'analyse physico-chimique des échantillons d'eau.....	33
<b>Figure 24.</b> Utilisation du multiparamètre portable lors des mesures physico-chimiques in situ des eaux .....	33
<b>Figure 25.</b> Réalisation personnelle de la filtration de l'échantillon pour l'analyse du chlorophylle a .	35
<b>Figure 26.</b> Éprouvette conique contenant 10 ml d'acétone à 90% .....	36
<b>Figure 27.</b> étape de centrifugation de l'extrait d'acétone à 90% pour séparer le surnageant contenant le chlorophylle a .....	36
<b>Figure 28.</b> Mesure de l'absorbance de l'extrait chlorophyllien à l'aide du spectrophotomètre .....	37
<b>Figure 29.</b> Cuve Utermöhl de décantation 100ml.....	38
<b>Figure 30.</b> Cuve Utermöhl de décantation 10ml.....	38
<b>Figure 31.</b> Observation au microscope ( présence d'étude) .....	39
<b>Figure 32.</b> lame de comptage de sedgwick-Rafter (présence d'étude).....	40
<b>Figure 33.</b> Évolution de la température dans les stations s1, s2 et s3 (février-avril 2025) .....	46
<b>Figure 34.</b> Évolution de la PH dans les stations s1, s2 et s3 (février-avril 2025) .....	46
<b>Figure 35.</b> Évolution de la turbidité dans les stations s1, s2 et s3 (février-avril 2025).....	47
<b>Figure 36.</b> Évolution de la salinité dans les stations S1, S2 et S3 (février-avril 2025).....	48
<b>Figure 37.</b> Évolution de la oxygène dissous dans les stations s1, s2 et s3 (février-avril 2025).....	49
<b>Figure 38.</b> Évolution de la conductivité dans les stations s1, s2 et s3 (février-avril 2025).....	50
<b>Figure 39.</b> Évolution de TDS dans les stations s1, s2 et s3 (février-avril 2025).....	51
<b>Figure 40.</b> Évolution de la (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) dans les stations s1, s2 et s3 (février-avril 2025) .....	52
<b>Figure 41.</b> Évolution de la (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) dans les stations s1, s2 et s3 (février-avril 2025) .....	53
<b>Figure 42.</b> Évolution de la (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ) dans les stations s1, s2 et s3 (février-avril 2025).....	54
<b>Figure 43.</b> Évolution de la (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) dans les stations s1, s2 et s3 (février-avril 2025) .....	55

<b>Figure 44.</b> Évolution de la ( $\text{SiO}_2$ ) dans les stations s1, s2 et s3 (février-avril 2025) .....	56
<b>Figure 45.</b> Évolution saisonnière (hiver) des Paramètres physico-chimiques du milieu aquatique (2019–2025) .....	58
<b>Figure 46.</b> Évolution saisonnière (printemps) des Paramètres physico-chimiques du milieu aquatique (2019–2025) .....	58
<b>Figure 47.</b> Évolution saisonnière (hiver) des concentrations en nutriments ( $\text{NO}_3^-$ , $\text{NO}_2^-$ , $\text{PO}_4^{3-}$ , $\text{NH}_4^+$ ) dans les eaux du bouhamdane (2019-2025) .....	60
<b>Figure 48.</b> Évolution saisonnière (printemps) des concentrations en nutriments ( $\text{NO}_3^-$ , $\text{NO}_2^-$ , $\text{PO}_4^{3-}$ , $\text{NH}_4^+$ ) dans les eaux du bouhamdane (2019-2025).....	60
<b>Figure 49</b> Évolution de la chlorophylle a ( $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) dans les stations s1, s2 et s3 (février-avril 2025). 61	61
<b>Figure 50</b> Évolution des indices trophique entre 2019 et 2025 .....	64
<b>Figure 51</b> Evaluation de production aquacole du barrage Hammam debagh (2021- 2024) .....	68

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1:</b> Comparaison entre diagnostic rapide et diagnostic américaine .....	8
<b>Tableau 2:</b> Les principales caractéristiques du barrage Hammam Debagh.....	19
<b>Tableau 3:</b> Présentation des stations d'échantillonnage .....	22
<b>Tableau 4:</b> Les sorités réalisées au niveau de barrage de Bouhamdane.....	22
<b>Tableau 5:</b> Caractéristique visuelles des eaux du barrage Bouhamdane. ....	24
<b>Tableau 6:</b> les paramètres retenus pour le calcul des indices ( boudjenah mustapha 2002) .....	41
<b>Tableau 7:</b> Relation typiques entre état trophique et assemblage piscicole .....	42
<b>Tableau 8:</b> l'ichtyofaune d'eau douce existante en Algérie (boudjenah nustapha 2002).....	42
<b>Tableau 9:</b> Variation temporelle de la température dans les stations S1, S2, et S3 (février-avril 2025) .....	45
<b>Tableau 10:</b> variation temporelle de la PH dans les stations s1, s2 et s3 (févier-avril 2025).....	46
<b>Tableau 11:</b> Variation spatiotemporelle de la turbidité dans les stations s1, s2 et s3 (févier-avril 2025) .....	47
<b>Tableau 12:</b> variation spatiotemporelle de la salinité dans les stations s1, s2 et s3 (févier-avril 2025)	48
<b>Tableau 13:</b> variation spatiotemporelle de la Oxygène dissous dans les stations s1, s2 et s3 (févier-avril 2025) .....	48
<b>Tableau 14:</b> Variation spatiotemporelle de la conductivité dans les stations s1, s2 et s3 (févier-avril 2025).....	49
<b>Tableau 15:</b> Variation spatiotemporelle des TDS dans les stations s1, s2 et s3 (févier-avril 2025) ....	50
<b>Tableau 16:</b> Variation spatiotemporelle de (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) dans les stations s1, s2 et s3 (févier-avril 2025) ..	51
<b>Tableau 17:</b> Variation spatiotemporelle de (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) dans les stations s1, s2 et s3 (févier-avril 2025) ...	52
<b>Tableau 18:</b> Variation spatiotemporelle de (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ) dans les stations s1, s2 et s3 (févier-avril 2025)..	53
<b>Tableau 19:</b> Variation spatiotemporelle de (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) dans les stations s1, s2 et s3 (févier-avril 2025) ..	54
<b>Tableau 20:</b> Variation spatiotemporelle de (SiO <sub>2</sub> ) dans les stations s1, s2 et s3 (févier-avril 2025) ...	55
<b>Tableau 21:</b> Paramètres physico-chimiques du milieu aquatique (2019–2025).....	57
<b>Tableau 22:</b> Concentrations en nutriments (mg/L) – Hiver et Printemps 2019–2025 .....	59
<b>Tableau 23:</b> Évolution de la chlorophylle a (mg·m <sup>-3</sup> ) selon les stations et les dates .....	61
<b>Tableau 24:</b> Résultats des indices trophiques.....	62
<b>Tableau 25:</b> Les caractéristiques morphométriques du barrage. ....	63
<b>Tableau 26:</b> Résultats des indices trophiques calculés pour chaque paramètre .....	63
<b>Tableau 27:</b> Production aquacole du barrage Hammam debagh (2021- 2024).....	68
<b>Tableau 28:</b> Assemblage biologiques et état trophique du barrage de bouhamdane.....	71

# Sommaire

Remerciements .....	2
Dédicace .....	3
LISTE DE FIGURES .....	4
LISTE DES TABLEAUX .....	6
Introduction générale.....	1
<b>CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS .....</b>	<b>4</b>
<b>Introduction .....</b>	<b>4</b>
<b>I.1. Les eaux superficielles .....</b>	<b>4</b>
<b>I.2.L'influence de la situation géographique sur les caractéristiques des lacs.....</b>	<b>4</b>
<b>I.3.Importance du peuplement piscicole dans la qualité des eaux .....</b>	<b>5</b>
<b>I.4. Diagnostic rapide (méthode française) (boudjenah mustapha 2022).....</b>	<b>6</b>
<b>I.5. Diagnostic rapide (méthode américaine) (Boudjenah 2002).....</b>	<b>7</b>
<b>I.6.Comparaison entre diagnostic rapide (méthode française) et méthode américaine (US-EPA).....</b>	<b>8</b>
<b>I.7.La production.....</b>	<b>9</b>
<b>I.8. Evaluation de la production.....</b>	<b>10</b>
<b>I.9.Évolution de la qualité des milieux aquatiques .....</b>	<b>11</b>
<b>I.10. L'eutrophisation.....</b>	<b>11</b>
<b>I.11. Les paramètres physiques et chimiques.....</b>	<b>13</b>
<b>I.12.Assemblage piscicole et l'état trophique des plans d'eau .....</b>	<b>16</b>
<b>CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Introduction .....</b>	<b>18</b>
<b>II.1. Présentation de la zone d'étude.....</b>	<b>18</b>
<b>II.2. Site d'échantillonnages .....</b>	<b>20</b>
<b>II.3. Matériel .....</b>	<b>25</b>
<b>II.4. Conditions de prélèvement et de transport des échantillons.....</b>	<b>32</b>
<b>II.5. Méthodes .....</b>	<b>32</b>
<b>CHAPITRE III : RÉSULTATS ET DÉCUSSION.....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>III.1. Résultats d'Analyses physico-chimiques de barrage Bouhamdane .....</b>	<b>45</b>
<b>III.2. Évolution des paramètres nutritifs.....</b>	<b>51</b>
<b>III.3. Évolution saisonnière de la qualité des eaux du barrage de Bouhamdan (2019–2025) : comparaison fondée sur des sources bibliographiques et des données expérimentales .....</b>	<b>56</b>
<b>III.4. Évolution des nutriments et composés azotés (Tableau 22).....</b>	<b>58</b>
<b>III.5. Évolution spatio-temporelle de la concentration en chlorophylle dans les eaux du barrage de Bouhamdan : Résultats d'un suivi expérimental (hiver-printemps 2025).....</b>	<b>60</b>
<b>III.6. Application de la méthode de diagnostic rapide .....</b>	<b>62</b>
<b>III.7. Données morpho métriques du barrage de bouhamdane (tableau 25).....</b>	<b>63</b>

<b>III.8. Identification des espèces phytoplanctonique : .....</b>	<b>65</b>
<b>III.9. Evaluation de production.....</b>	<b>68</b>
<b>III.10. Diversité ichtyologique observée au niveau du barrage de Bouhamdane (selon témoignage local) .....</b>	<b>69</b>
<b>III.11. Assemblages piscicoles et état trophique des plans d'eau .....</b>	<b>70</b>
<b>III.12. Assemblage phytoplanctonique révélateur d'un état trophique.....</b>	<b>71</b>
<b>III.13. Discussion .....</b>	<b>72</b>
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>78</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>83</b>
<b>Annex II .....</b>	<b>86</b>
<b>Résumé.....</b>	<b>101</b>

# **Introduction générale**

## Introduction générale

Les plans d'eau naturels (lacs, mares, lagunes) et artificiels (barrages, retenues collinaires, bassins) représentent des ressources hydriques et écologiques stratégiques pour de nombreux pays méditerranéens, et particulièrement pour l'Algérie, où la rareté de l'eau et la pression sur les ressources naturelles imposent une gestion rationnelle et durable de ces milieux. Dans le contexte national, ces plans d'eau occupent une place de plus en plus centrale dans les politiques publiques de développement agricole, hydraulique et surtout aquacole. En effet, l'Algérie a multiplié depuis les années 2000 les programmes de repeuplement halieutique et d'introduction d'espèces piscicoles à visée de production dans les eaux continentales, notamment dans les barrages et les retenues, souvent sans étude préalable approfondie du fonctionnement écologique de ces milieux (FAO, 2018 ; MADR, 2022).

Ces initiatives, bien que porteuses d'opportunités économiques, posent aujourd'hui la question de la durabilité. L'exploitation piscicole de ces plans d'eau ne peut être envisagée sans une connaissance fine de leur état trophique, de leur structure écologique et de leur dynamique de fonctionnement. Les plans d'eau sont en effet des systèmes complexes dont le fonctionnement repose sur l'interaction entre des facteurs physiques (lumière, profondeur, température), chimiques (oxygène dissous, nutriments, pH), et biologiques (phytoplancton, zooplancton, poissons), interconnectés par les réseaux trophiques (Margalef, 1983 ; Wetzel, 2001). L'analyse de ces niveaux trophiques – producteurs primaires, consommateurs, prédateurs – constitue un indicateur essentiel de l'état écologique d'un écosystème aquatique.

Dans un contexte de pressions multiples, qu'elles soient d'origine anthropique (eutrophisation, pollution diffuse, surexploitation) ou climatique (variabilité pluviométrique, sécheresses), une évaluation écologique rigoureuse devient impérative. Les travaux de Carlson (1977) sur l'indice trophique ou ceux plus récents de OECD (1982) ont montré que le classement trophique d'un plan d'eau (oligotrophe, mésotrophe, eutrophe) permet de prédire sa vulnérabilité et sa capacité de résilience face aux perturbations.

Ainsi, cette étude se propose d'évaluer l'état écologique d'un plan d'eau algérien à vocation aquacole en s'appuyant sur une approche intégrée, combinant :

1. L'analyse physico-chimique des paramètres du milieu (température, transparence, oxygène dissous, phosphates, azote minéral, etc.) ;

2. L'évaluation biologique via l'étude des assemblages phytoplanctoniques et piscicoles présents ;
3. La caractérisation de la production primaire, indicateur clé de la productivité du milieu ;
4. L'application d'une méthode de diagnostic rapide de l'état trophique, fondée sur des indices trophiques validés et adaptés au contexte local.

Les résultats obtenus permettront d'établir un état de référence, d'identifier les éventuels risques écologiques, et surtout de proposer des recommandations concrètes pour une gestion durable et raisonnée de ces milieux, en articulation avec les objectifs de développement de l'aquaculture continentale en Algérie.

# **CHAPITRE I: GÉNÉRALITÉS**

### CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS

#### Introduction

Pour appréhender l'état écologique des écosystèmes aquatiques, il est essentiel d'exposer un ensemble de principes généraux qui aident à définir le contexte scientifique du travail. Ce chapitre rassemble les principes fondamentaux concernant les attributs physiques, chimiques et biologiques des environnements d'eau douce, tout en soulignant les signaux de qualité de l'eau tels que les paramètres physico-chimiques, le phytoplancton et la composition des communautés de poissons. En outre, on accorde une importance particulière aux phénomènes d'eutrophisation, aux techniques modernes de diagnostic environnemental, ainsi qu'au rôle des réservoirs de collines tels que le barrage de Bouhamdane dans la gestion de l'eau et la biodiversité. Ces principes généraux visent à établir les bases indispensables pour traiter l'analyse spécifique menée dans ce mémoire.

#### I.1. Les eaux superficielles

Les eaux de surface se caractérisent par une grande diversité de leurs propriétés physiques et chimiques, en raison des différences des facteurs environnementaux tels que la nature du sol, la couverture végétale et le climat prédominant dans les bassins hydrographiques. Les études ont montré que ce changement peut être de grande ampleur dans les petits bassins, tandis qu'il est relativement moindre dans les grands bassins (Meybeck & Helmer, 1989). Avec l'évolution des usages humains de l'eau, le concept de qualité de l'eau a émergé pour inclure plusieurs polluants tels que les métaux lourds, les composés organiques traces, les nitrates et la salinité, qui affectent la potabilité de l'eau pour diverses utilisations. Les études confirment que les pays en développement sont confrontés à ces problèmes dans un court laps de temps sans les ressources suffisantes pour les affronter, ce qui rend la surveillance et la gestion de la qualité de l'eau indispensables pour maintenir l'équilibre écologique et sanitaire. (Meybeck & Helmer, 1989).

#### I.2.L'influence de la situation géographique sur les caractéristiques des lacs

Des recherches doivent encore être menées sur les divers systèmes lacustres dans différentes zones. Il est constaté que les lacs affectés par l'eutrophisation ne possèdent pas nécessairement les mêmes attributs d'une région à une autre. Comme le souligne Thornton, les lacs tropicaux ou subtropicaux ne manifestent pas nécessairement tous les symptômes typiques de l'eutrophisation, contrairement aux lacs et réservoirs situés dans des régions tempérées. Cela n'est pas causé par l'impact d'autres éléments sur le processus d'eutrophisation dans ces nations, mais plutôt lié au fait

que les manifestations de l'eutrophisation ne reflètent pas toujours la même qualité de l'eau ou le même niveau de trophie qu'ailleurs (Thornton (1987)).

L'évolution annuelle des lacs peut être influencée par les conditions météorologiques, en fonction de leur localisation géographique. Par exemple, les lacs situés dans des régions tropicales où l'amplitude thermique est réduite à 10 °C avec une température moyenne de 25°C permettent généralement une activité végétale continue tout au long de l'année, peu importe le niveau trophique des lacs ou réservoirs tropicales. Dans ces zones, l'hypolimnion peut parfois montrer des signes de désoxygénation. Cette disproportion en oxygène dans les régions hypolimnionniennes ne signale pas nécessairement une condition d'eutrophisation (Mitchell et Marshall, 1974 ; Walmsley et Toerien, 1977).

D'autre part, le seuil de concentration en phosphore de 20 à 30 µg/l, souvent utilisé pour distinguer les eaux mésotrophes des eaux eutrophes dans les régions tempérées, peut-être trop faible pour les zones tropicales. Une valeur plus appropriée pourrait être située autour de 50 à 60 µg/l (JA Thornton et Nduku, 1982).

### **I.3.Importance du peuplement piscicole dans la qualité des eaux**

Dans les écosystèmes lacustres, un système de rétroactions permet généralement de stabiliser la qualité de l'eau, à travers :

- \* La conservation des nutriments,
- \* La production de substances humiques dans les zones humides,
- \* Le transfert du phosphore vers les poissons via le réseau trophique,
- \* Et des mécanismes biogéochimiques qui limitent le recyclage du phosphore dans les sédiments.

Cependant, dans les lacs dégradés, ces mécanismes de résilience sont remplacés par des processus qui accentuent la dégradation (Angeli et al., 1995).

Le réseau trophique lacustre :

- \* Niveau 1 : Producteurs primaires (organismes chlorophylliens).
- \* Niveau 2 : Consommateurs primaires (zooplancton, macro- et microfaune benthique, poissons herbivores).

\* Niveau 3 : Consommateurs secondaires (poissons carnivores, détritivores, planctivores, juvéniles de carnassiers).

\* Niveau 4 : Prédateurs supérieurs (poissons piscivores, oiseaux piscivores, mammifères aquatiques).

Caractéristiques des réservoirs vs lacs naturels :

\* Les réservoirs sont des plans d'eau artificiels issus du barrage d'un cours d'eau.

\* Ils ont généralement une profondeur moyenne et maximale plus élevée, ainsi qu'un volume d'eau par unité de surface plus important que les lacs naturels (Ryding & Rast, 1994).

\* La durée de séjour de l'eau est plus courte, ce qui limite l'accumulation de phosphore et de chlorophylle a (Thornton et al., 1982).

\* Situés en général en aval du bassin versant, les réservoirs présentent un gradient de concentration des nutriments et des sédiments, surtout dans la zone amont (Wells & Gordon, 1982).

\* Les variations de niveau d'eau, plus marquées dans les réservoirs, entravent le développement des macrophytes aquatiques sur les rives.

### **I.4. Diagnostic rapide (boudjenah.2022)**

Le diagnostic rapide est une méthode efficace pour les spécialistes de l'environnement qui souhaitent évaluer l'écosystème rapidement et avec précision, permettant ainsi d'obtenir une vue instantanée de l'état de l'écosystème, contrairement aux méthodes traditionnelles qui peuvent être longues et coûteuses, ce qui peut être utile et efficace en cas d'urgence ou lors de la nécessité d'une surveillance périodique.

Divers niveaux trophiques La classification trophique des environnements aquatiques (surtout les lacs et les étangs) se rapporte au degré de production primaire de la végétation. On identifie donc les phases suivantes : Caractérisé par une productivité faible, on parle d'oligotrophe ; pour une productivité intermédiaire, on évoque le mésotrophe ; et lorsque la productivité est élevée, on fait référence à l'eutrophe. Chaque écosystème aquatique tend à augmenter sa production primaire (c'est-à-dire, à s'eutrophiser) jusqu'à ce qu'un facteur écologique (disponibilité des nutriments, ensoleillement, température, etc.) devienne restrictif et stoppe cette hausse.

La technique de diagnostic rapide peut être envisagée comme une adaptation spécifique aux conditions hydrobiologiques algériennes des méthodes d'évaluation de la qualité des plans selon l'OCDE (1982) (Boudjenah, 2002).

Dans les divers compartiments du plan d'eau, on tient compte de descripteurs clés de l'environnement :

- La physico-chimie de la masse d'eau.
- L'hydrobiologie de la colonne d'eau (le phytoplancton).

Pour ces paramètres variés, des indices sont établis et consignés sur une échelle allant de 0 à 100. Les aspects physico-chimiques et l'hydrobiologie du sédiment sont aussi vérifiés, fournissant des indications sur la qualité générale du sédiment.

La méthode de diagnostic rapide intègre également un indice Oligochètes basé sur l'étude de Laffont et al. (2006) ainsi qu'un indice Mollusque inspiré du travail de Mouthon (1993), qui tous deux autorisent une évaluation de la capacité biotique du sédiment. Les indices déterminés servent à positionner le corps d'eau sur l'échelle des degrés d'eutrophisation. Laffont et al. (2006), Mouthon (1993)

### **I.5. Diagnostic rapide (méthode américaine)**

(Environmental Monitoring and Assessment Program of Surface Waters)

Elle est destinée à évaluer l'état biologique des plans d'eau et des rivières en se fondant sur des prélèvements (compris entre 30 et 50 sites par région) choisis au hasard à partir d'une carte topographique de la zone à l'échelle 1/100000. En raison de l'abondance de lacs aux États-Unis, les Américains précisent dans leur approche de suivi la durée requise pour explorer chaque lac. En effet, deux jours sont nécessaires pour accomplir la totalité du programme de travail sur le lieu ; un troisième jour est prévu pour l'entretien du matériel et le déplacement vers un autre lac. Pour les lacs dont la superficie dépasse 74 hectares, Les équipes sont composées de 3 à 4 personnes.

#### **A/ Principes généraux :**

Cette approche fait appel à des indicateurs environnementaux qui offrent des renseignements concernant l'état chimique et biologique de l'écosystème (Larsen et Christie, 1993). Les dimensions d'un groupe biologique (tel que les poissons ou les diatomées) ou de tout autre élément

de l'écosystème sont converties en chiffres. L'examen et la distribution de ces indicateurs offrent des informations sur la situation des populations résidant dans le lac. (Larsen et Christie, 1993)

### **B/ Approche et procédure générale**

Il est essentiel de sélectionner soigneusement la période et les sites d'échantillonnage pour garantir que l'échantillon reflète fidèlement le lac à analyser et respecte les critères de la recherche menée. Il est essentiel de sélectionner les indicateurs adéquats pour élaborer un plan de diagnostic et établir des corrélations entre les paramètres indicateurs des conditions environnementales.

Les éléments suivants doivent être collectés comme indicateurs environnementaux :

#### **a/ Description de l'environnement de vie L'habitat**

Est décrit le long des berges du lac et à l'intérieur de la zone euphotique, définie par la clarté de l'eau, en utilisant dix sites d'observation répartis uniformément choisis au hasard autour de chaque lac.

#### **b/ Paramètres physico-chimiques**

Les paramètres physico-chimiques englobent des éléments comme l'oxygène, l'azote, le phosphore et la clarté de l'eau.

### **I.6.Comparaison entre diagnostic rapide et méthode américaine (US-EPA) (boudjenah.2002)**

**Tableau 1:** Comparaison entre diagnostic rapide et diagnostic américaine

<b>Critères de comparaison</b>	<b>Méthode diagnostic rapide</b>	<b>Méthode américaine (US-EPA)</b>
Nombre de campagnes	Quatre campagnes saisonnières (hiver, printemps, été, automne)	Une seule campagne par site
Objectif des campagnes	Obtenir une image de l'évolution du plan d'eau au cours de l'année	Obtenir une image instantanée du plan d'eau

## CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS

Type d'indicateurs	Phytoplancton, benthos, paramètres physico-chimiques	Poissons comme bio-intégrateurs et bio-indicateurs
Point de référence	Une étude détaillé initiale sert de référence	Les diatomées du sédiment reconstituent l'état initial
Approche analytique	Evolution au sein d'une même année	Comparaison d'une année à une autre
Compétences nécessaires	Bonne connaissance en systématique (phyto et benthos)	Identification des poissons
Difficulté d'application	Complexité liée à la diversité et au comptage des espèces microscopiques	Moins de difficulté pour l'identification des poissons
Objectif écologique	Suivre l'état trophique depuis la base de la chaine alimentaire	Evaluer la qualité globale en fin chaine trophique

### I.7. La production

D'après Elster (1944) et Feninger (1950), on peut caractériser la production comme le volume de matière organique se trouvant dans une zone déterminée, généré par une entité biologique précise. On peut définir la productivité comme le rythme de formation de la matière organique, mesuré en termes de production par unité temporelle ou unité de superficie. Toutefois, il est crucial de faire la distinction entre la production totale et le rendement, qui correspond à la quantité de production réellement récupérée ou récoltée par l'homme. Cette distinction a été soulignée par Ricker (1946), Mac Fadyen (1948) et Davis (1963). Anticiper le développement d'un lac nécessite de comprendre sa production, ce qui requiert une évaluation précise de facteurs tels que la vitesse de croissance des organismes, le taux de mortalité naturel et le taux de reproduction, et mener une analyse de la dynamique des populations présentes dans le lac (Thorson, 1957). Il s'agit également

d'évaluer l'augmentation de la matière dans cet écosystème, qui se manifeste par une accumulation d'énergie. Ricker (1946), Mac Fadyen (1948) et Davis (1963), (Thorson, 1957).

### **I.8. Evaluation de la production**

On compte diverses techniques pour évaluer la productivité d'un plan d'eau. Nous considérerons trois approches théoriques : la première repose sur la capacité biogénique, la seconde sur l'indice morpho-édaphique, et la dernière sur la chlorophylle a et le phytoplancton.

#### **A/ Productivité théorique (selon Leger-Huet et Arrignon 1970)**

La productivité théorique est donnée par la formule suivante :

$$P = 10 \times B \times K$$

Cette formule donne la productivité (P en Kg/ha), en fonction de la capacité biogénique (B), chiffrée de 1 à 10, le produit (K) des facteurs non biologiques codifiés {k1, k2, k3, k4 etc.}, et la constante 10 qui représente la conversion à l'hectare de la productivité

#### **B/ La productivité des eaux tropicales)**

L'indice morpho-édaphique (IME) établi par Ryder, Henderson et Welcome en 1974 établit un lien entre la productivité des eaux tropicales et divers facteurs tels que la minéralisation de l'eau, la profondeur moyenne (dans le cas des lacs) et la superficie des plaines inondées (pour les rivières). (Ryder, Henderson et Welcome en 1974)

### **I.9.Évolution de la qualité des milieux aquatiques**

L'évaluation de la qualité d'un milieu aquatique repose sur la caractérisation de sa teneur en nutriments (notamment l'azote et le phosphore) et de leur influence directe sur les paramètres physico-chimiques de l'eau. En ce sens, les degrés d'eutrophisation — de l'oligotrophie (milieu pauvre en nutriments) à l'eutrophie (milieu riche) — indiquent le niveau de production primaire dans l'écosystème. (OCDE, 1982)

Afin d'établir des descripteurs universels de la qualité de l'eau, l'OCDE (1982) a mis en place un programme international de suivi, définissant plusieurs indicateurs clés pour évaluer l'état trophique des lacs, notamment :

- \* la concentration en chlorophylle a,
- \* la limpidité,
- \* et la transparence des eaux.

Dans des conditions naturelles, l'accumulation progressive de nutriments entraîne une augmentation lente de la matière organique, à l'intérieur ou autour du plan d'eau. Ce processus aboutit, sur plusieurs millénaires (jusqu'à 10 000 ans), à un état d'équilibre écologique stable. (OCDE, 1982)

En revanche, dans un contexte anthropisé, l'apport massif et soudain de nutriments (pollution par azote et phosphore) perturbe ces équilibres. Ce phénomène, qualifié d'eutrophisation accélérée (OCDE, 1982), entraîne une croissance excessive de la biomasse et une modification profonde de la dynamique écologique. (OCDE, 1982)

Il existe ainsi un lien étroit entre le degré d'eutrophisation et la productivité biologique du milieu : la richesse en nutriments influence à la fois la croissance phytoplanctonique et les processus physico-chimiques qui structurent l'écosystème. (OCDE1982)

### **I.10. L'eutrophisation**

L'eutrophisation est un phénomène naturel qui se traduit par l'enrichissement des eaux en éléments nutritifs, principalement le phosphore et l'azote. Cette évolution conduit à une production excessive de matière organique, perturbant l'équilibre biologique des milieux aquatiques.

### **A/Définition**

Ce processus est caractérisé par une augmentation de la productivité biologique due à un apport excessif de nutriments, en particulier dans les lacs, provoquant des nuisances telles que la prolifération d'algues, la consommation de l'oxygène dissous, et la perturbation de la faune aquatique (Rapport IFREMER DEL/EC/01.02 – janvier 2001).

#### Le phosphore

C'est l'élément limitant essentiel à la croissance des végétaux. Il est présent sous forme d'orthophosphate et provient de plusieurs sources : résidus métaboliques, détergents, élevages, engrais et rejets industriels (Site Internet Polmar). Sa présence favorise la production végétale (Ryding S.O. et Rast W., 1994). Dans les sédiments, il peut être relargué lors de la désoxygénation. Des concentrations très élevées ont été observées, comme dans le lac Goodenough (208 g/m<sup>3</sup>) (Hutchinson, 1957).

#### L'azote

Élément majeur des protides, il est indispensable à la vie (B. Dussart, 1966). Lorsque le rapport N/P est inférieur à 10, les cyanobactéries dominent, certaines étant capables de fixer l'azote atmosphérique et de produire des toxines. Leur dégradation consomme l'oxygène, favorisant l'anoxie et la libération de phosphore sédimentaire. Cette situation peut entraîner l'apparition de nouvelles espèces algales (Ryding S.O. et Rast W., 1994 ; LACS et PLANS D'EAU – États de santé d'un lac – Décembre 2001).

### **B/Conséquences**

L'eutrophisation provoque :

- \* Une forte production de phytoplancton ;
- \* Une baisse de l'oxygène (hypoxie, anoxie) ;
- \* Une prolifération de cyanobactéries toxiques ;
- \* Une perturbation des conditions de reproduction des poissons (Ryding S.O. et Rast W., 1994).

**C/Les effets varient selon la profondeur :**

- \* Profondeurs : anoxie, H<sub>2</sub>S, fer, manganèse ;
- \* Couches intermédiaires : effet cumulatif des couches ;
- \* Surface : pH élevé, cyanobactéries, forte turbidité.

### **I.11. Les paramètres physiques et chimiques**

#### **I.11.1. TURBIDITÉ**

La turbidité fait référence à la présence de particules en suspension qui réduisent la pureté de l'eau et augmentent le coût du traitement. Elle affecte également négativement les organismes aquatiques en réduisant les taux de croissance et d'éclosion des œufs, et en absorbant les polluants minéraux toxiques (Gupta et al., 2009).

#### **I.11.2. Température**

La température joue un rôle central dans le contrôle des taux des réactions chimiques et de l'activité des organismes aquatiques, y compris la croissance, la reproduction et l'immunité. Elle influence également directement des processus tels que la sédimentation, la chloration et les besoins en oxygène chimique et biologique (Wetzel, 1983).

#### **I.11.3. PH**

Le pH est l'un des principaux indicateurs de la qualité de l'eau, car de légers changements peuvent avoir des effets environnementaux considérables. Les valeurs basses entraînent la dissolution des métaux lourds, tandis que les valeurs extrêmes peuvent provoquer la mort des poissons et des organismes sensibles (DeZuane, 1997).

#### **I.11.4. Oxygène dissous (O<sub>2</sub>)**

L'oxygène dissous est un indicateur direct de la qualité de l'eau, car sa valeur augmente dans les eaux propres. Il est affecté par la température, la pression et l'activité biologique. Il est mesuré selon la méthode de Winkler pour déterminer la quantité d'oxygène consommée lors de la décomposition (APHA, 2005).

### **I.11.5. Conductivité**

Il exprime la capacité de l'eau à conduire l'électricité, et il est directement lié à la concentration des ions. Les valeurs augmentent en présence de salinité ou de minéraux, et il est utilisé comme un outil pour estimer la pollution, en particulier dans les eaux souterraines (Navneet & Sinha, 2010).

### **I.11.6. TDS (Total Dissolved Solids)**

Elle fait référence à la somme des sels et des minéraux dissous dans l'eau, et affecte son goût et sa potabilité. Elle est mesurée en séchant l'échantillon et en pesant les résidus (Tomar, 1999).

### **I.11.7. Salinité**

La salinité est la quantité de sels secs dissous dans l'eau. Elle est donnée en partie par milliers, notée aussi ‰ ou PSU (Practical Salinity Unit). 1 PSU correspond à 1 gramme de sel sec par kilogramme d'eau. Bouchar, F. (2011)

### **I.11.8. Chlorophylle a**

La chlorophylle a est le principal pigment photosynthétique chez les autotrophes oxygéniques et est couramment utilisée comme indicateur de la biomasse phytoplanctonique dans les écosystèmes aquatiques. Sa quantification est basée sur l'absorbance spectrophotométrique, en particulier à 665 nm, et ses produits de dégradation (phéopigments) doivent être pris en compte pour une estimation précise. (Lorenzen, 1967)

### **I.11.9. Phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ )**

C'est un nutriment essentiel pour le phytoplancton, mais son augmentation conduit à l'eutrophisation. Il est mesuré par photométrie et utilisé comme indicateur de l'activité agricole ou de la pollution urbaine (EPA, 1986).

### **I.11.10. Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )**

Le nitrite est une forme d'azote inorganique résultant de l'oxydation de l'ammoniac, et il est considéré comme un composé toxique pour les organismes aquatiques. Lorsqu'il s'accumule dans l'eau, il constitue un danger pour les organismes aquatiques en raison de sa capacité élevée à interagir : il peut interagir avec l'hémoglobine dans le sang des êtres vivants conférant le méthémoglobine, ce

qui entrave le transfert de l'oxygène, ce qui est connu sous le nom de syndrome du "bébé bleu"\* chez les humains. Sa présence dans l'environnement aquatique peut également entraîner des troubles respiratoires chez les poissons et une diminution de leurs taux de survie (Camargo & Alonso, 2006).

### **I.11.11. Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )**

Le nitrate est la forme la plus stable de l'azote inorganique, et il atteint souvent l'environnement aquatique en raison de la pollution agricole et des eaux usées. Bien que sa toxicité soit relativement faible par rapport à l'ammoniac et au nitrite, ses concentrations élevées entraînent l'eutrophisation, ce qui stimule la croissance des algues toxiques et perturbe l'équilibre écologique du système aquatique. De plus, sa consommation humaine à travers l'eau potable constitue un risque pour la santé en raison de son rôle dans la formation de composés nitrosamines cancérigènes (Camargo & Alonso, 2006).

### **I.11.12. Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ )**

Elle est utilisée comme indicateur de la pollution de l'eau par les matières organiques, et elle se transforme en nitrate par les bactéries. Elle est mesurée à l'aide du réactif de Nessler, et peut causer de la toxicité aux organismes aquatiques et augmenter l'alcalinité (Tchobanoglous et al., 2003).

### **I.11.13. Silicates ( $\text{SiO}_2$ )**

Nutriment important pour les diatomées, mesuré par spectrophotométrie. Sa présence est souvent liée à la composition des roches mères et aux sources d'eau souterraine (Wetzel, 198).

### **I.11.14. Phytoplancton**

Le phytoplancton regroupe des microalgues unicellulaires, issues d'une endosymbiose ancienne avec des cyanobactéries, et représente environ 50 % de la production primaire planétaire bien qu'il ne constitue que 1 % de la biomasse océanique (Field et al., 1998 ; Siano, 2007). En plus de jouer un rôle central dans les réseaux trophiques, le phytoplancton participe activement au cycle du carbone marin, réduisant significativement le  $\text{CO}_2$  d'origine anthropique (Sabine & Feely, 2007). En raison de cette importance écologique, son suivi est essentiel pour l'évaluation de l'état

écologique des masses d'eau, à travers l'analyse taxinomique ou pigmentaire (HPLC) (Roy et al., 2011). (Field et al., 1998 ; Siano, 2007). (Sabine & Feely, 2007)

### **I.12. Assemblage piscicole et l'état trophique des plans d'eau**

#### **A/ Introduction**

L'examen des communautés de poissons (la composition et la structure des populations piscicoles) dans les plans d'eau douce est directement associé à l'évaluation de leur statut trophique, c'est-à-dire leur degré de productivité biologique. Au cours des décennies, des relations étroites ont été démontrées dans la littérature scientifique entre les attributs limnologiques d'un environnement aquatique (température, nutriments, oxygène) et la distribution des espèces de poissons.

#### **B/ Progression des méthodes scientifiques Années 1970-1980 :**

Modèles bio-indicateurs instaurent la connexion entre l'enrichissement en nutriments (phosphore, azote) et la productivité biologique. L'ichtyofaune commence à être employée comme indice biologique secondaire, après le phytoplancton et le zooplancton. (Vollenweider, 1968 ; Oglesby, 1977)

Il est constaté que les plans d'eau eutrophes (abondants en nutriments) ont tendance à abriter une biomasse piscicole plus importante, bien que souvent moins variée.

En effet, les communautés piscicoles se transforment en indicateurs biologiques de confiance pour évaluer l'état écologique des environnements. L'assemblage est influencé par la structure suivante : Le niveau trophique (oligotrophe, mésotrophe, eutrophe) ; La configuration morphologique du plan d'eau ; Les contraintes d'origine humaine (pollution, pêche, urbanisation) ; La présence d'espèces non indigènes (par exemple : carpe, black bass). Les espèces sensibles telles que les salmonidés (truites) trouvent souvent refuge dans les plans d'eau oligotrophes. (Fausch et al., 1990 ; Oberdorff et al., 2002) et de Karr (1981)

Aujourd'hui, les assemblages piscicoles sont un élément indispensable pour le diagnostic écologique des plans d'eau. Leur progression est un reflet fidèle de l'état trophique et des contraintes environnementales.

# **CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES**

### **Introduction**

La valeur d'une étude environnementale dépend considérablement de la rigueur des méthodes de travail mises en œuvre et de la pertinence du matériel employé. Cette partie expose les outils matériels et approches méthodologiques utilisés pour évaluer la qualité de l'eau du barrage Bouhamdane. Il expose les opérations d'échantillonnage réalisées, la sélection des lieux, les outils utilisés pour le prélèvement et l'examen des échantillons, de même que les méthodes d'analyse physico-chimique et biologique. Toutes les procédures ont été effectuées en respectant un protocole strict, ajusté aux caractéristiques de l'environnement examiné, avec le soutien d'experts de la Direction de la Pêche et aquaculture de la wilaya de Guelma.

En complément, des activités pratiques et des analyses spécifiques ont été effectuées dans des centres spécialisés, à savoir :

- Le Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture (CNRDPA) de Bou Ismaïl,
- La station de traitement des eaux de Guelma,
- Ainsi que la station de production conchylicole de Bou Ismaïl.

### **II.1. Présentation de la zone d'étude**

#### **II.1.1. Barrage Bouhamdane**

##### **A /Situation géographique :**

Le barrage Hammam Debagh (Barrage de Bouhamdane) est situé à 23 km de la wilaya de Guelma, il est implanté à 3 km à l'amont de la localité de Hammam Debagh, sur l'Oued Bouhamdane (figure1), il a été mis en service en 1987 et tire son nom de la zone des sources thermales.

Les principales caractéristiques du barrage sont résumées dans le tableau suivant :

## CHAPITRE II. MATÉRIELS ET MÉTHODES

**Tableau 2:** Les principales caractéristiques du barrage Hammam Debagh

Caractéristiques hydrologiques		Caractéristiques du barrage	
Oued	Bouhamdane	Type	TERRE
Capacité initiale	200 hm <sup>3</sup>	Hauteur	95 m
Capacité dernier levé	184,35 hm <sup>3</sup>	Longueur	430 m
Apport moyen annuel	69 hm <sup>3</sup>	Côte de retenue Normale (R.N)	360 m
Envasement annuel	0,53 hm <sup>3</sup> /an	Côte Plus Hautes Eaux (P.H.E)	370,24 m
Surface du bassin versant	1 070 km <sup>2</sup>	Déversoirs	COROLLE et SEUIL LIBRE
		Débit d'évacuation	2 240 m <sup>3</sup> /s
		Vidange de Fond	218 m <sup>3</sup> /s

Source : ABHCSM 2016



**Figure 1.** Localisation du barrage du Hammam Debagh dans la région de Guelma

Source : rapport Hammam Debagh 2016

En termes d'activité humaine, la région est principalement agricole, réputée pour la culture des légumes, des cultures industrielles, des fourrages, des arbres fruitiers et des céréales.

Sur le plan industriel, elle comprend 15 stations-service et de lavage, ainsi que des unités industrielles comme des usines de briques qui déversent leurs déchets dans les affluents de la vallée de Bouhamdan.

La région souffre de divers types de pollution, les plus notables étant :

\* La pollution urbaine résultant des eaux usées non traitées.

\*La pollution agricole résultant de l'utilisation excessive des engrais et des pesticides.



**Figure 2.** Vue générale du barrage de Bouhamdane prise lors de la campagne de terrain (présence d'étude)

### II.2. Site d'échantillonnages

Le choix des sites d'échantillonnage est une étape cruciale dans les études environnementales, car il contribue à garantir une représentation précise des différentes caractéristiques physiques, chimiques et biologiques du système étudié. Dans cette étude, une stratégie d'échantillonnage sur le terrain a été adoptée au niveau du barrage Bouhamdan, tenant compte de la variation des caractéristiques hydrodynamiques du site, ainsi que des impacts potentiels des activités naturelles et humaines sur la qualité de l'eau.

Pour atteindre cet objectif, le barrage a été divisé en trois zones distinctes représentant les différentes conditions environnementales du système : l'embouchure, le centre et la sortie. De plus, quatre sorties de terrain ont été programmées pendant les saisons d'hiver et de printemps pour assurer le suivi des variations saisonnières qui pourraient affecter les paramètres étudiés.

Détermination de trois stations principales pour l'échantillonnage au niveau du barrage Bouhamdan, :

#### **Station 1 : Zone d'embouchure**

Cette zone se situe à la confluence des principaux cours d'eau avec le barrage, et représente un point d'entrée pour les eaux. Cette station est importante pour surveiller les changements qui pourraient résulter du flux de nutriments et de sédiments provenant du bassin versant.

### Station 2 : zone centrale (Zone centrale)

Elle est située au centre du barrage, représentant la zone la plus stable en termes de profondeur et reflétant l'équilibre général de l'écosystème du barrage. Cette station est considérée comme un miroir des caractéristiques biologiques et physico-chimiques globales.

### Station 3 : Zone de sortie

Elle est située près de la sortie des eaux, et cette station représente le point qui montre les changements finaux dans la qualité de l'eau après qu'elle soit passée par le barrage. Cette station permet d'évaluer l'efficacité intrinsèque du système à filtrer ou atténuer les polluants.



**Figure 3.** Localisation des stations d'échantillonnage au niveau du barrage, visualisée sur Google Maps.

**Source :** direction de la pêche et de l'aquaculture de la wilaya de Guelma

## CHAPITRE II. MATÉRIELS ET MÉTHODES


**Tableau 3:** Présentation des stations d'échantillonnage

Station	Emplacement proposé	Fonction principale
Station 1	Carré 04	Surveillance de l'eau entrante de l'oued
Station 2	Carré 06	Surveillance de la qualité de l'eau au centre du barrage
Station 3	Carré 14	Surveillance de l'eau sortante du barrage





Des visites de terrain pour la collecte d'échantillons ont été effectuées à cinq dates représentant les saisons d'hiver et de printemps, comme suit :

Remarque : Toutes les sorties de terrain ont été réalisées en collaboration avec des experts de la Direction de la Pêche et aquaculture de la wilaya de Guelma, afin d'assurer la rigueur scientifique lors du choix des stations et de la collecte des échantillons.


**Tableau 4:** Les sorties réalisées au niveau de barrage de Bouhamdane

Date de sortie	Remarque	Image (présence d'étude)
<b>10 février 2025</b>	Visite exploratoire du site, installation des équipements (fig.4)	 <p><b>Figure 4.</b> Vue du barrage de Bouamrane lors de la visite exploratoire du site (présence d'étude)</p>
<b>15 février 2025</b>	premier prélèvement (3 bouteilles de 1.5 l par station) d'hiver au niveau des trois stations. (fig.5)	

## CHAPITRE II. MATÉRIELS ET MÉTHODES

		 <p><b>Figure 5.</b> Sortie sur terrain pour effectuer le premier prélèvement d'eau (février 2025)</p>
<p><b>1 mars 2025</b></p>	<p>le deuxième prélèvement (3 bouteilles de 1.5 l par station) au niveau de trois stations pour évaluer les changements. (fig.6)</p>	 <p><b>Figure 6.</b> Sortie sur terrain pour effectuer le deuxième prélèvement d'eau (01 mars 2025)</p>
<p><b>17 mars 2025</b></p>	<p>le troisième prélèvement (3 bouteilles de 1.5 l par station). (Fig.7)</p>	 <p><b>Figure 7.</b>Sortie sur terrain pour effectuer le troisième prélèvement d'eau (17 mars 2025)</p>
<p><b>20 avril 2025</b></p>	<p>•Le dernier échantillonnage (dernière sortie sur terrain) a été fait le 20 avril en plein printemps et activité phytoplanctonique, où nous avons utilisé filet à plancton pour prélever l'eau destinée à</p>	

## CHAPITRE II. MATÉRIELS ET MÉTHODES

	<p>l'identification de phytoplancton (bouteilles de 1 l) et une bouteille en plastique de 1.5 l par station a fin de faire l'extraction de la Chlorophylle a (Fig. 8).</p>		<p><b>Figure 8.</b>Sortie sur terrain pour effectuer le quatrièmè prèlèvèment d'eau (20 avril 2025)</p>
--	--	---	---

Durant les quatre campagnes réalisées au barrage de Bouhamdane (février, mars, avril 2025), plusieurs observations directes ont été relevées sur le terrain afin de compléter les mesures analytiques :

**Tableau 5.** Caractéristique visuelles des eaux du barrage Bouhamdane.

Date de sortie	Conditions météo	Etat de la surface	Odeur détectée	Couleur de l'eau	Remarques particulières
15 février 2025	Froid, légèrement couvert	Très calme	Aucune	Vert clair	Eau limpide en surface
1 mars 2025	Ensoleillé, ciel clair	Calme	Aucune	Vert brunatre	Bonne transparence, pas de vent
17 mars 2025	Nuageux, vent léger	Légèrement agitée	Aucune	Vert clair à trouble	Couleur changeants selon les zones
20 avril 2025	Ensoleillé, chaleur douce	Moyennement calme	Odeur désagréable (profondeur)	Marron foncé (en profondeur)	Filet tiré en profondeur, forte odeur détectée

### II.3. Matériel

#### II.3.1. Matériel de terrain :

**Multi paramètres :** Le multiparamètre AQUAREAD est un appareil portable permettant de mesurer plusieurs paramètres de l'eau comme le pH, la température, la conductivité et l'oxygène dissous. Il est conçu pour les analyses sur le terrain et apprécié pour sa précision et sa robustesse. La marque AQUAREAD est spécialisée dans les instruments de qualité de l'eau.



**Figure 9.** Multi paramètre (ENSSMAL)

#### **Filet à phytoplancton :**

Le filet à plancton de 50  $\mu\text{m}$  est un outil utilisé pour la collecte des micro-organismes aquatiques (comme le phytoplancton et le zooplancton) dans les eaux douces ou marines.

Avec une maille de 50 microns, il permet de filtrer l'eau et de retenir les organismes de très petite taille. Il est essentiel pour les études écologiques et biologiques sur la biodiversité aquatique.



**Figure 10.** Filet à phytoplancton (ENSSMAL)

**GPS :** a été utilisé lors des campagnes de terrain afin de localiser avec précision les stations d'échantillonnage au niveau du barrage de Bouhamdane



**Figure 11.** GPS (google maps)

### **II.3.2. Matériel de laboratoire :**

#### **Centrifugeuse :**

Marque : Centurion Scientific (Série C2)

Appareil servant à séparer les composants d'un échantillon en fonction de leur densité par centrifugation, utilisé principalement pour la préparation des échantillons avant analyse (ex. : élimination des particules solides ou concentration du phytoplancton).



**Figure 12.** Centrifugeuse (CNRDPA)

### **Spectrophotomètre :**

UV/Vis – Marque : JENWAY (Modèle 6705)

Appareil utilisé pour mesurer l'absorbance des échantillons à différentes longueurs d'onde, afin de déterminer la concentration de certaines substances (comme le chlorophylle ou les matières organiques) dans l'eau.



**Figure 13.** Spectrophotomètre (CNRDPA)

### **Système de filtration sous vide :**

Cet équipement, constitué d'un entonnoir en verre, d'un porte-filtre et d'une fiole sous vide, est employé dans le but de filtrer les échantillons d'eau et de récupérer les pigments ou organismes retenus sur le filtre. Il est largement employé pour l'extraction de la chlorophylle.



**Figure 14.** Système de filtration sous vide (CNRDPA)

### **Filtre :**

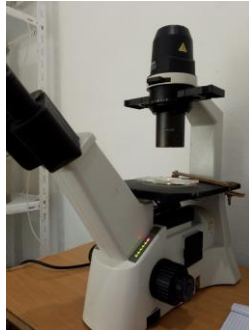
Les membranes microporeuses, souvent appelées filtres, sont employées pour la concentration des particules suspendues dans un échantillon d'eau, à l'instar des cellules de phytoplancton. Dans cette recherche, ils ont été mis en œuvre pour capturer le phytoplancton dans l'eau avant l'obtention de la chlorophylle a.



**Figure 15.** Filtre (ENSSMAL)

### **Microscope :**

Le microscope optique est un instrument permettant de visualiser des structures microscopiques qui ne peuvent être perçues à l'œil nu, en se servant de la lumière comme moyen d'éclairage. Dans cette recherche, on s'est servi de cet outil pour identifier morphologiquement le phytoplancton avec un grossissement de  $\times 40$ . Cet instrument est indispensable pour étudier la variété des organismes planctoniques présents dans l'eau.



**Figure 16.** Microscope (CNRDPA)

### **Cultive Utermöhl pour sédimentation :**

Le tube de culture sédimentaire est un conteneur en forme de cône utilisé en laboratoire pour favoriser la sédimentation naturelle des particules suspendues, y compris le phytoplancton. Sa structure conique favorise le regroupement des cellules au fond du tube sans perturbation, facilitant ainsi leur collecte pour des analyses microscopiques ou biochimiques. On l'utilise couramment dans la technique de Utermöhl (1958) pour l'analyse qualitative et quantitative du phytoplancton.



**Figure 17.** Cultive Utermöhl pour sédimentation (CNRDPA)

### **Turbidimètre :**

Appareil de mesure de la turbidité (HACH TL2300) Un turbidimètre est un instrument qui permet de quantifier la turbidité de l'eau, soit le degré de concentration des particules en suspension qui diffusent la lumière. La mesure se fait en unités de turbidité néphélométriques (NTU). Un niveau élevé de turbidité peut signaler une contamination ou une activité biologique vigoureuse dans l'environnement aquatique.



**Figure 18.** Turbidimètre (STEP de guelma)

**Conductimètre :** Le WTW LF 197 est un conductimètre portable utilisé pour mesurer la conductivité électrique et les solides dissous totaux (TDS) dans l'eau. Il est couramment utilisé dans les analyses environnementales, industrielles ou de traitement des eaux. Cet appareil fournit des mesures précises et rapides grâce à des sondes fiables comme la TetraCon



**Figure 19.** Conductimètre (STEP de guelma)

**PH-mètre :** Le HACH SL1000 est un appareil portable utilisé pour l'analyse de la qualité de l'eau. Il permet de mesurer plusieurs paramètres comme le pH, la température, la turbidité, et bien d'autres. Cet appareil est apprécié pour sa précision, sa rapidité et sa facilité d'utilisation sur le terrain ou en laboratoire.



**Figure 20.** PH-mètre (STEP de Guelma)

### **Oxymètre (Série HQ - HACH)**

L'oxymètre est un instrument utilisé pour évaluer la teneur en oxygène dissous ( $O_2$ ) dans l'eau. Cet indicateur est crucial pour déterminer la qualité des eaux, étant donné qu'il influence la pérennité des êtres aquatiques. Une concentration faible peut indiquer une eutrophisation ou une pollution d'origine organique. Source : HACH (2021). Instructions d'utilisation des compteurs portables HQ Series.



**Figure 21.** Oxymètre (Série HQ - HACH) (présence d'étude) (STEP de Guelma)

**Auto Analyzer** : autoanalyse est un appareil d'analyse chimique automatique fonctionnant avec la technique de flux continu (Continuous Flow Analysis – CFA), où l'échantillon et les solutions réactives sont passés à travers des tubes fins, et les réactions chimiques se produisent à l'intérieur, permettant de mesurer l'absorption photométrique des produits résultants à l'aide d'un détecteur photométrique (Photometric Detector).



**Figure 22.** Auto Analyzer (présence d'étude) (CNRDPA)

### **II.4. Conditions de prélèvement et de transport des échantillons**

Les échantillons ont été collectés à environ 20 cm sous la surface de l'eau afin d'éviter toute contamination due aux débris en surface ou à l'écume. Avant de réaliser le prélèvement final, nous avons rincé les flacons en plastique stériles trois fois avec l'eau provenant du site. On a veillé tout particulièrement à éviter l'inclusion de bulles d'air dans les bouteilles.

Transport : Dès leur collecte, les échantillons ont été gardés dans une glacière remplie de glace afin de préserver une température fraîche ( $\sim 4^{\circ}\text{C}$ ) jusqu'à leur transfert au laboratoire. Pour éviter la détérioration des pigments chlorophylliens et réduire les réactions photochimiques, les échantillons ont été à l'abri de la lumière directe grâce à l'utilisation de papier aluminium. Pour assurer la précision des résultats, l'évaluation des paramètres physico-chimiques et biologiques a été effectuée dans un laps de temps ne dépassant pas 24 heures suite à la collecte.

### **II.5. Méthodes**

#### **II.5.1. Analyse physico-chimique des eaux**

Au niveau du barrage de Bouhamdane, divers paramètres ont été évalués, y compris la température, le pH, la conductivité électrique et l'oxygène dissous, salinité, TDS (teneur des sels dissous), et la transparence (turbidité). Selon les ressources disponibles, deux techniques de mesure ont été employées :

-Au cours des trois premières sorties sur terrain, les analyses physico-chimiques des eaux ont été réalisées sur l'eau douce conservée dans les bouteilles en plastique de 1.5 ml (une par station) au laboratoire de traitements des eaux de la wilaya de Guelma à l'aide d'un conductimètre (conductivité, salinité et TDS), d'un pH-mètre (pH et  $T^{\circ}$ ), d'un oxymètre (oxygène dissous), d'un turbidimètre (transparence).



**Figure 23.** Présence au laboratoire STEP guelma pour l'analyse physico-chimique des échantillons d'eau

- Au cours de la dernière sortie sur terrain (20 avril 2025), les analyses physico-chimiques ont été effectuées sur place à l'aide d'un appareil multi-paramètre. Cette méthode a garanti la fiabilité des résultats, tout en considérant les défis logistiques rencontrés lors des premières sorties.



**Figure 24.** Utilisation du multiparamètre portable lors des mesures physico-chimiques in situ des eaux

Les éléments nutritifs dissous dans les eaux du barrage Bouhamdan, y compris les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ), les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ), l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) et les phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), ont été analysés à l'aide de l'AutoAnalyzer 3 HR (SEAL Analytical, Allemagne), basé sur la technique de l'analyse en flux segmenté (Segmented Flow Analysis – SFA).

Les échantillons ont été collectés pendant les saisons d'hiver et de printemps à partir de différents points de prélèvement à travers le barrage, selon un protocole de collecte rigoureux utilisant des contenants en polyéthylène lavés à l'acide HCl (10%) et à l'eau déionisée. Les échantillons ont été filtrés à l'aide d'un filtre de 0,45 micromètre, puis conservés à une température de 4°C et analysés en moins de 24 heures.

Les réactifs chimiques et les courbes d'étalonnage ont été préparés conformément aux directives du manuel GO-SHIP Nutrient Manual (Hydes et al., 2010), en réglant l'appareil sur des longueurs d'onde appropriées pour chaque nutriment, afin d'assurer la précision de l'absorption photométrique et de l'analyse quantitative.

Ces analyses ont permis de suivre les variations saisonnières de l'abondance des nutriments et d'évaluer l'état nutritionnel du réservoir, dans le cadre de l'application du diagnostic bioécologique rapide (Diagnostic bioécologique rapide).

### **II.5.2. Extraction de la Chlorophylle a**

L'extraction de la Chlorophylle « a » a un objectif d'évaluation la qualité du barrage. Nous avons adopté la méthode monochromatique de Lornzen (1983) pour l'extraction de la chlorophylle a selon le mode opératoire suivant :

#### **Mode opératoire : laboratoire de CNRDPA**

##### **A/ Filtration :**

-Après prélèvement de l'eau douce dans les bouteilles en plastiques de 1.5 l, nous avons fixé la chlorophylle en rajoutant 5 mg de carbonate de magnésium pour éviter l'altération et par la suite nous avons protégé ces bouteilles par le papier d'aluminium.



**Figure 25.** Réalisation personnelle de la filtration de l'échantillon pour l'analyse du chlorophylle a

### **B/ Extraction :**

-Après filtration, nous avons introduit la membrane filtrante dans d'une éprouvette conique contenant 10 ml d'acétone de concentration égale à 90%.

Eprouvette conique de 15ml : utilisé pour recueillir le filtre contenant les pigments après filtration. Un volume de 10 mL d'acétone à 90 % y est ajouté pour extraire la chlorophylle a.) L'échantillon est ensuite conservé à l'abri de la lumière pour l'extraction à froid avant la lecture au spectrophotomètre.

-Après cette étape, nous avons déchiqueté le filtre à l'aide d'une pince.

-Par la suite, nous avons recouvert l'éprouvette conique par le papier d'aluminium et les conservé dans le réfrigérateur durant 24h.

-Ensuite, on a effectué la centrifugation, où nous avons mis les éprouvettes coniques dans la centrifugeuse pendant 10 min à une vitesse de 350 tr/min.

-Ces éprouvettes ont été transférées dans la cuve du spectrophotomètre et elles ont été exposées aux longueurs d'ondes suivantes : 665 et 750 nm où les résultats (absorbances) ont été enregistrés.

-Le contenu de ces éprouvettes a été acidifié par l'addition d'une goutte d'acide chlorhydrique (HCl) et laissé durant 2 min.

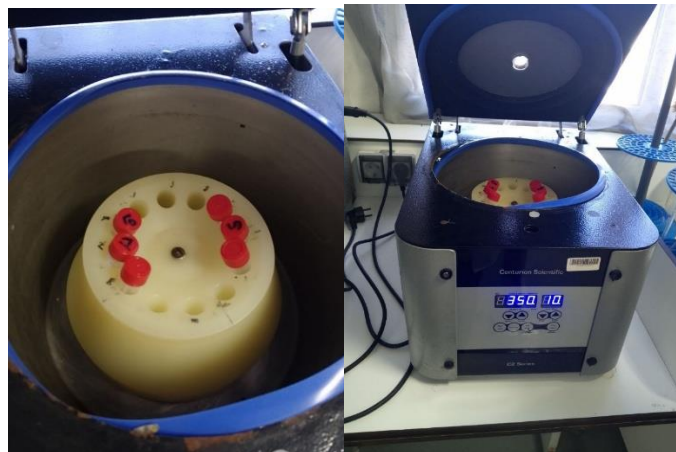
-Le spectromètre est reallumé aux mêmes longueurs d'ondes (665 et 750 nm) et les résultats ont été notés.



**Figure 26.** Éprouvette conique contenant 10 ml d'acétone à 90%

Nous avons calculé la concentration en chlorophylle a d'après la relation suivante :

- Effectuer les mesures d'absorbances des extraits aux longueurs d'ondes de 665 et 750nm.
- Acidifier par addition de 10 $\mu$ l d'acide chlorhydrique par ml d'extrait directement dans la cuve, agiter, attendre 6min.
- Mesurer les absorbances des extraits acidifiés à 750 et 665nm.



**Figure 27.** étape de centrifugation de l'extrait d'acétone à 90% pour séparer le surnageant contenant le chlorophylle a



**Figure 28.** Mesure de l'absorbance de l'extrait chlorophyllien à l'aide du spectrophotomètre

### **C/ Calcule :**

La concentration en chlorophylle a est calculer d'après la relation (méthode de Lorenzen 1983):

$$[\text{Chlorophylle a}] (\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}) = (26,7(A_a - A_{ap}) \times v) / (V \times 1)$$

-A<sub>a</sub> (absorbance avant l'acidification) = (absorbance<sub>665</sub> – absorbance<sub>750</sub>) (résultats donnés par le spectromètre).

- A<sub>ap</sub> (absorbance après l'acidification) = (absorbance<sub>665</sub> – absorbance<sub>750</sub>) (résultats donnés par le spectromètre).

-V : volumes d'eau filtré (250 ml)

-v : volume d'acétone à 90% (10 ml).

### **II.5.3. Traitement des échantillons de phytoplancton (station conchylicole)**

#### **A/ Sédimentation des échantillons**

Nous avons rajouté 10 ml de Lugol dans les bouteilles en plastiques (1 bouteille/station/sortie) de 1.5 après le prélèvement de l'eau douce pour colorer le phytoplancton, les rendre visible en microscope et préserver les échantillons. Les bouteilles contenant l'échantillon sont agitées délicatement, afin d'homogénéiser le contenu et de décoller toutes les cellules adhérentes éventuellement aux parois et aux fonds. Nous avons versé une quantité adéquate de l'échantillon pour la mettre à sédimenter (50 ou 100 ml) dans les Cuves de décantations et attendu entre 24-48 h (Fig. II.39). Le temps de sédimentation varie selon le volume d'eau choisie (50 ml : 24h ; 100 ml : 48 h) (Druart et Rimet, 2008).

## CHAPITRE II. MATÉRIELS ET MÉTHODES

Lors de l'analyse qualitative du phytoplancton, deux types de prélèvements ont été réalisés. Les échantillons d'eau brute, prélevés en flacons stériles durant la saison hivernale, ont été soumis à une sédimentation sur des volumes de 50 à 100 ml (figure 29) dans des cylindres gradués afin de concentrer les organismes.

En revanche, les échantillons collectés à l'aide d'un filet phytoplanctonique à maille de 50  $\mu\text{m}$  durant la saison printanière, étant déjà concentrés, ont été soumis à une sédimentation directe sur un volume réduit de 10 ml de 4 heures (figure 30).



**Figure 29.** Cuve Utermöhl de décantation 100ml



**Figure 30.** Cuve Utermöhl de décantation 10ml

### **B/ Observation et identification des espèces**

Une fois les échantillons bien décantés, j'ai procédé à leur observation en utilisant un microscope inversé de type OPTIKA, équipé d'objectifs 10x, 20x et 40x. Ce type de microscope

## CHAPITRE II. MATÉRIELS ET MÉTHODES

---

---

est parfaitement adapté pour l'analyse des phytoplanctons sédimentés, car il permet d'observer directement le fond de la cuve sans perturber les cellules.

J'ai travaillé avec une grande rigueur pour capturer les détails morphologiques des cellules à l'aide de mon téléphone portable, qui a servi de système de prise de vue, facilitant à la fois la documentation visuelle et l'identification ultérieure.

Souvent, la densité cellulaire était très élevée, surtout dans les échantillons printaniers, ce qui rendait l'identification difficile. Pour cela, j'ai procédé à une dilution 1:1 (5 ml d'eau distillée + 5 ml d'échantillon), permettant d'alléger la concentration et d'obtenir une lecture plus nette et précise.

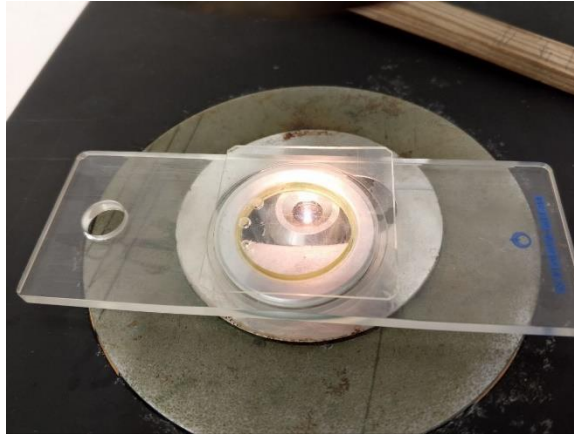
L'identification des espèces a été réalisée en m'appuyant sur des ouvrages spécialisés, notamment les clés de détermination classiques et modernes. Lorsque la morphologie des cellules le permettait, je pouvais l'identification jusqu'au niveau de l'espèce. En cas d'incertitude, je me limitais au genre ou parfois à la classe, afin d'assurer une exactitude maximale dans les résultats.

Ouvrages utilisés pour l'identification :

- \* Munchen 2010
- \* E. NEZAN et G. PICLET 1996
- \* Maria Esther Meuve-de Castillo\* (2010, 2011)



**Figure 31.** Observation au microscope ( présence d'étude)



**Figure 32.** lame de comptage de sedgwick-Rafter (présence d'étude)

Il est important de préciser que cette étude a pour objectif l'évaluation qualitative du phytoplancton (présence, diversité, groupes dominants), et non une quantification exacte des cellules présentes. Aucune estimation du nombre de cellules par volume n'a été réalisée, car la démarche visait principalement à établir un diagnostic écologique global du plan d'eau.

#### **II.5.4. Méthode de diagnose rapide des plans d'eau (boudjenah mustapha 2002)– Résumé appliqué au barrage Bouhamdane (Guelma)**

Pour plus de clarté dans l'évaluation de l'état trophique du barrage nous avons utilisé la méthode de diagnose écologique rapide qui permet de classer le barrage Bouhamdane,. Elle vise à déterminer l'état nutritionnel du plan d'eau, sa productivité et l'équilibre biologique de son écosystème.

Principe appliqué dans cette étude :

L'évaluation a été réalisée à travers deux campagnes saisonnières :

- Hiver : période de mélange des eaux (isothermie),
- Printemps : période de forte activité biologique marquée par les premiers blooms phytoplanctoniques.

Les compartiments étudiés sont :

- Les paramètres physico-chimiques de la colonne d'eau (température, pH, oxygène dissous, conductivité, nutriments...),
- La concentration en chlorophylle a (indicateur de la biomasse algale),
- La composition du phytoplancton (diversité, abondance, espèces dominantes).

## CHAPITRE II. MATÉRIELS ET MÉTHODES

- Calcul des indices trophiques :

Les résultats obtenus ont permis de calculer des indices d'eutrophisation sur une échelle normalisée de 0 à 100, à l'aide de la formule :

- $I = a + b \log_{10}(X)$
- où X représente la valeur mesurée de chaque paramètre (chlorophylle a, phosphore, transparence...), ce qui permet de situer le barrage sur le gradient trophique (oligotrophe → mésotrophe → eutrophe).

**Tableau 6:** les paramètres retenus pour le calcul des indices ( boudjenah mustapha 2002)

Saison	Mesures de surface		Paramètre a	Paramètre b
Eté	paramètres	Valeurs retenus		
	Chlorophylle a	Moyenne des mesures de deux campagnes (printemps)	30	23
	transparence		64	-41
	PO <sub>4</sub>		92	22
Hiver	PO <sub>4</sub>	Moyenne des mesures de la campagne d'hiver	66	12
	P total		76	21
	NH <sub>4</sub> minéral		53	21

Les indices permettent d'évaluer la qualité du milieu, entre les niveaux oligotrophes et eutrophes : Indice d'eutrophisation (I)

Si :

- $I < 30$  oligotrophe ;
- $30 < I < 45$  mésotrophe
- $45 < I < 60$  eutrophie
- $I > 60$  hyper eutrophie

### II.5.5. Assemblages piscicoles et état trophique des plans d'eau

Lors de mes différentes sorties sur le terrain, j'ai observé et identifié les espèces de poissons présentes dans le barrage de Bouhamdane à travers des enquêtes directes et des entretiens avec les pêcheurs locaux. L'assemblage piscicole rencontré est dominé par des espèces tolérantes aux conditions eutrophes, telles que la carpe commune (*Cyprinus carpio*), et l'ablette (*Alburnus alburnus*).

## CHAPITRE II. MATÉRIELS ET MÉTHODES

En revanche, La présence occasionnelle du sandre et de l'anguille m'a également été rapportée, bien que leur abondance reste très faible.

Ces observations m'ont permis de confirmer que la composition du peuplement piscicole reflète un état trophique avancé du barrage, où les espèces les plus résistantes dominent, au détriment de la diversité globale. Cela renforce l'hypothèse d'un écosystème perturbé, soumis à une pression nutritionnelle importante.

**Tableau 7:** Relation typiques entre état trophique et assemblage piscicole

Etats trophique	Caractéristique du plan d'eau	Assemblage piscicole dominant
Oligotrophe	Eau claire, pauvre en nutriments	Salmonidés, perche, lavaret
Mésotrophe	Niveau modéré de nutriments	Brochet, gardon, tanche
Eutrophe	Nutriments abondants, turbidité	Carpe, rotengle, poisson-chat
Hypereutrophe	Déficit d'oxygène, bloom algal	Espèces tolérantes, faible diversité

**Tableau 8:** l'ichtyofaune d'eau douce existante en Algérie (boudjenah nustapha 2002)

Famille	Espèces	Répartition	Origine	Importance pour le suivi de la qualité des milieux
Anguillidae	L'anguille <i>Anguilla anguilla</i>	Oued et le plan d'eau possédant un contact avec la mer	Poisson migrateur	Aucun
Cyprinidé	La Carpe <i>Cyprinus carpio</i> -Carpe commune -Carpes miroir	Dans tous les plans d'eau et oued	Poisson introduit	Aucun
	Carpes Chinoises : -Carpe herbivore <i>Ctenopharyngodon idella</i> -Carpe argentée	Plans d'eau	Poisson introduit	Aucun

## CHAPITRE II. MATÉRIELS ET MÉTHODES

	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i> Carpe marbée <i>Hypophthalmichthys nobilis</i>			
	Barbeau commun <i>Barbus barbus</i>	Plans d'eau et oueds	Poisson autochtone	Peut être utilisé pour le suivi de la qualité des milieux
	Divers petits cyprinidés (à identifier)	Dans les plans d'eau et les oueds	Poissons autochtones	Peut être utilisé pour le suivi de la qualité des milieux

# **CHAPTIRE III. RÉSULTATS ET DÉSCUSSION**

### Analyse et discussion de l'évolution des paramètres physico-chimiques et trophiques du barrage Bouhamdane

#### Introduction

Le suivi des paramètres physico-chimiques et des sels nutritifs constitue un outil fondamental pour l'évaluation de l'état écologique des écosystèmes aquatiques continentaux. Dans le cadre de cette étude, des analyses ont été effectuées sur des échantillons d'eau prélevés aux stations S1, S2 et S3 du barrage Bouhamdane (wilaya de Guelma, Algérie), durant les saisons hivernale et printanière de l'année 2025. Ce suivi vise à caractériser la dynamique saisonnière des principaux facteurs abiotiques influençant le fonctionnement trophique du plan d'eau.

Les résultats sont présentés sous forme de tableaux (Tableaux 9 à 23), regroupant les valeurs mesurées des paramètres physico-chimiques et des sels nutritifs selon les différentes stations et dates d'échantillonnage.

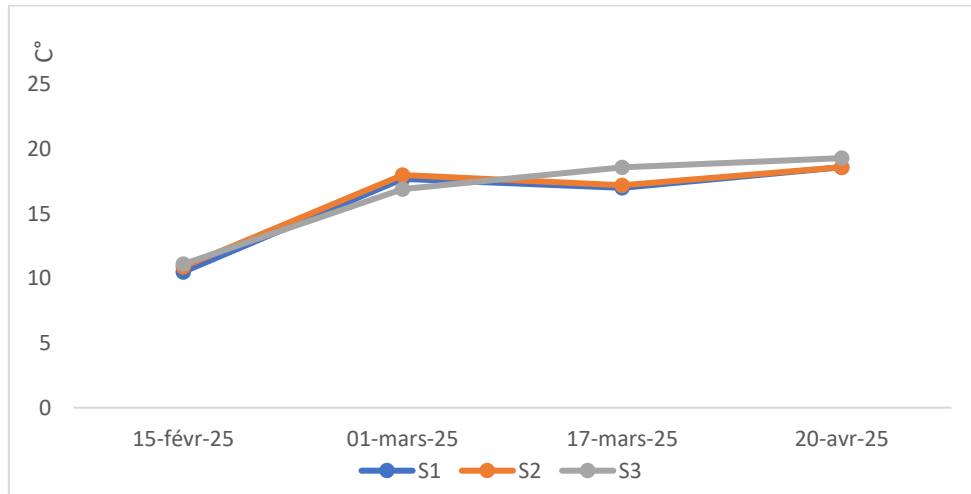
Les résultats d'analyses physico-chimiques de barrage Bouhamdane Hammam debagh-guelma, dans le tableau

#### III-1- Résultats d'Analyses physico-chimiques de barrage Bouhamdane

##### a/Température de l'eau

**Tableau 9:** Variation temporelle de la température dans les stations S1, S2, et S3 (février-avril 2025)

Date	S1	S2	S3
25-févr-25	10,5	10,9	11,1
01-mars-25	17,7	18	18
17-mars-25	16,9	17	17,2
20-avr-25	18,6	18,6	19,3



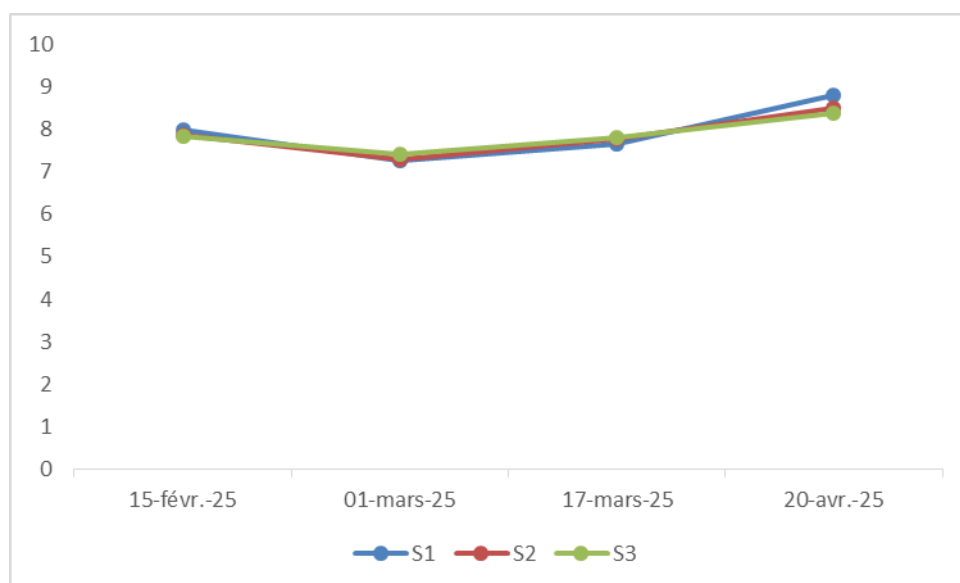
**Figure 33.** Évolution de la température C° dans les stations s1, s2 et s3 (février-avril 2025)

Les résultats révèlent une élévation progressive de la température entre février et avril, passant de 10,5–11,1 °C à plus de 18 °C selon les stations. Cette tendance traduit l’influence directe du cycle saisonnier.

### b/Potentiel hydrogène (pH)

**Tableau 10:** variation temporelle de la PH dans les stations s1, s2 et s3 (février-avril 2025)

Date	S1	S2	S3
25-févr-25	8	7,86	7,85
01-mars-25	7,26	7,28	7,41
17-mars-25	7,65	7,78	7,8
20-avr-25	8,41	8,51	8,31



**Figure 34.** Évolution de la PH dans les stations s1, s2 et s3 (février-avril 2025)

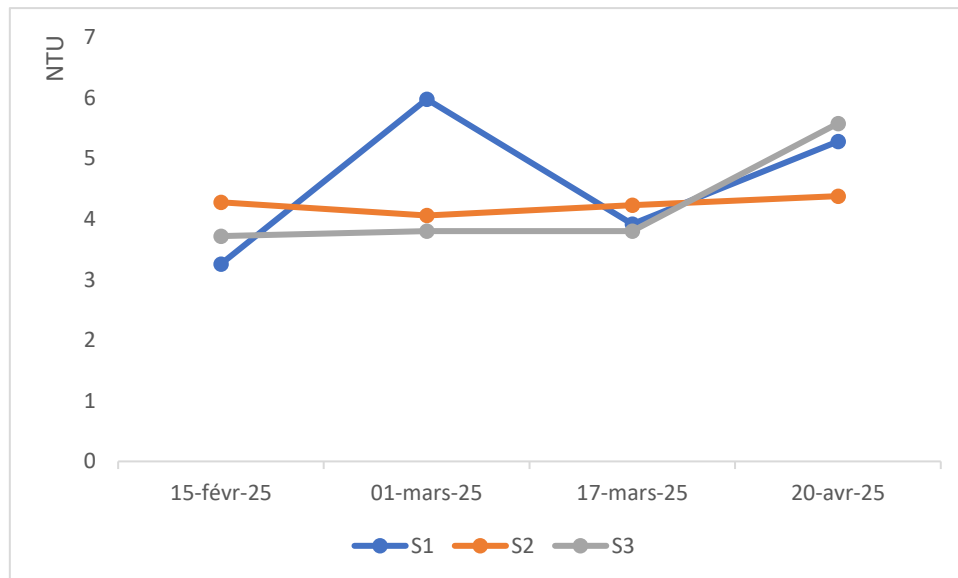
## CHAPITRE III. RÉSULTATS ET DÉCUSSION

Le pH mesuré oscille entre 7,26 et 8,51 selon les dates et les stations Ce léger caractère basique, surtout marqué en avril. Ces valeurs restent compatibles avec une bonne qualité d'eau, même si un pH supérieur à 8 peut influencer la biodisponibilité de certains nutriments, comme les phosphates (Chapman, 1996).

### c/Turbidité

**Tableau 11:** Variation spatiotemporelle de la turbidité dans les stations s1, s2 et s3 (février-avril 2025)

Date	S1	S2	S3
25-févr-25	789	801	774
01-mars-25	805	780	790
17-mars-25	795	795	820
20-avr-25	830	830	833



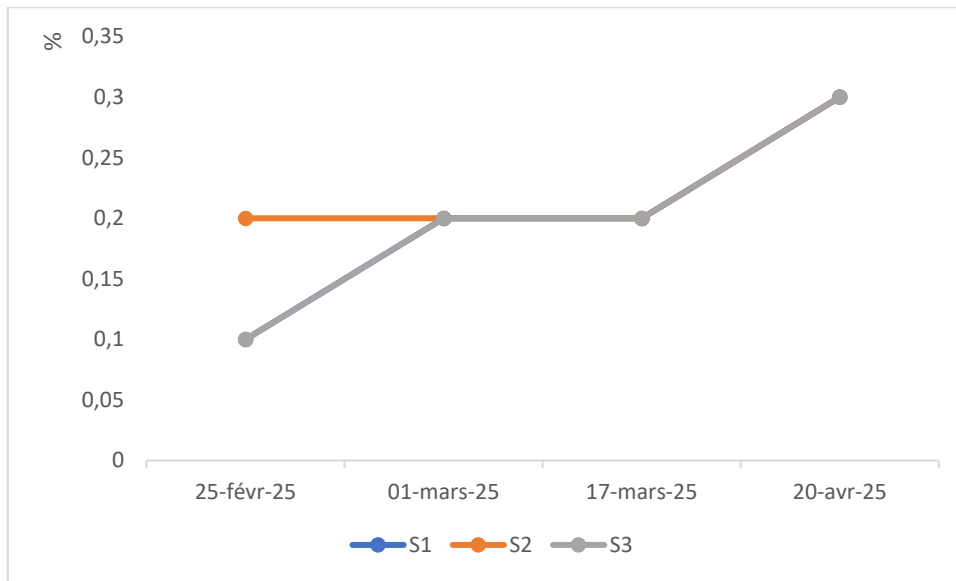
**Figure 35.** Évolution de la turbidité (NTU) dans les stations s1, s2 et s3 (février-avril 2025)

La turbidité varie globalement entre 3 et 6 NTU, avec des valeurs les plus élevées enregistrées aux stations S1 et S3 en avril. Ces augmentations pourraient être liées aux apports terrigènes provoqués par les précipitations printanières et à une remise en suspension des particules fines. Une forte turbidité limite la pénétration de la lumière et, par conséquent, affecte l'efficacité photosynthétique du phytoplancton (Boutilier et al., 2020). Elle peut également être le signe d'une instabilité des sédiments ou de l'activité biologique benthique.

**d/Salinité**

**Tableau 12:** variation spatiotemporelle de la salinité dans les stations s1, s2 et s3 (février-avril 2025)

Date	S1	S2	S3
25-févr-25	0,1	0,2	0,1
01-mars-25	0,2	0,2	0,2
17-mars-25	0,2	0,2	0,2
20-avr-25	0,3	0,3	0,3



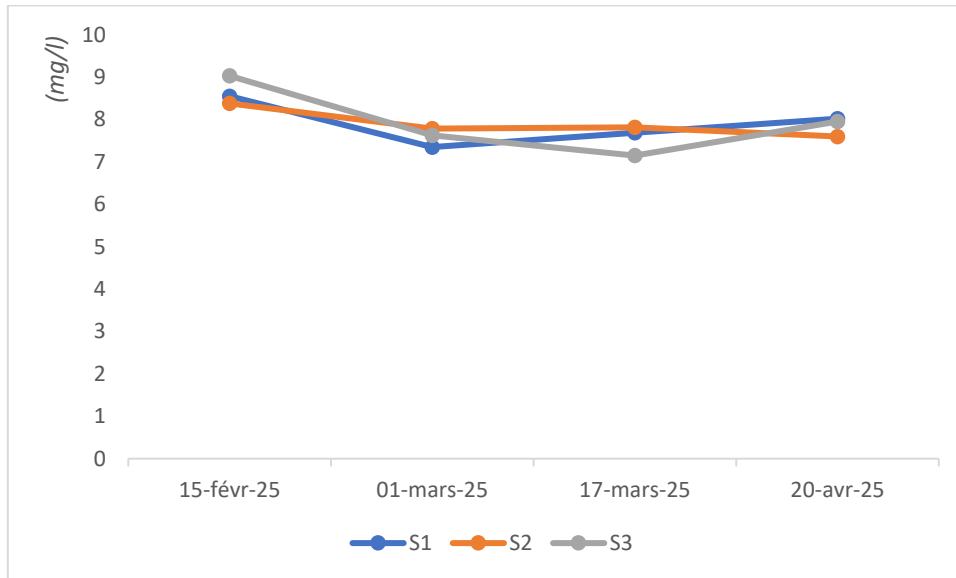
**Figure 36.** Évolution de la salinité dans les stations S1, S2 et S3 (février-avril 2025)

La salinité est restée relativement stable durant toute la période d'étude, avec des valeurs comprises entre 0,1 et 0,3. Ces niveaux confirment le caractère d'eau douce du barrage. Une légère hausse en avril pourrait résulter d'un effet combiné de l'évaporation accrue et de l'influence des apports en matières dissoutes (Rodier et al., 2009). En général, ces niveaux sont caractéristiques des réservoirs d'eau douce non influencés par des apports marins ou industriels.

**e/Oxygène dissous**

**Tableau 13:** variation spatiotemporelle de la concentration de l'Oxygène dissous dans les stations s1, s2 et s3 (février-avril 2025)

Date	S1	S2	S3
15-févr-25	8,55	8,38	9,03
01-mars-25	7,35	7,79	7,63
17-mars-25	7,69	7,82	7,15
20-avr-25	8,02	7,6	7,95



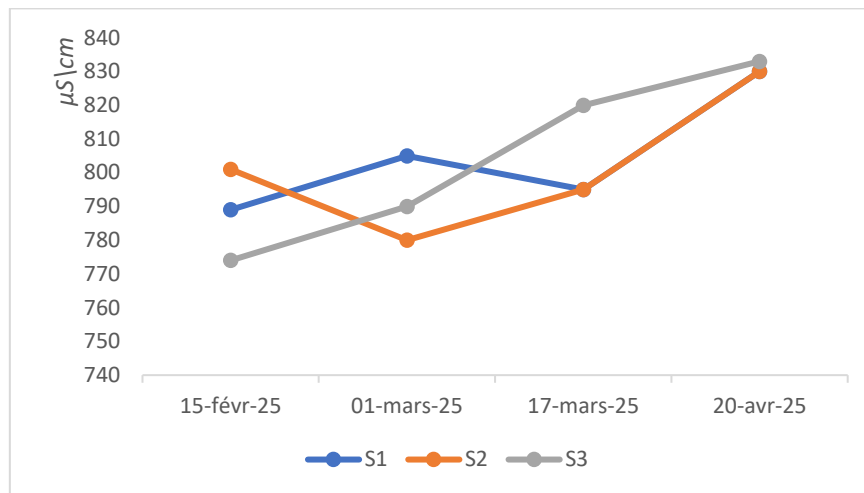
**Figure 37.** Évolution de la concentration de l’oxygène dissous (mg/l) dans les stations s1, s2 et s3 (février-avril 2025)

Les concentrations en oxygène dissous se situent entre 7,35 et 9,03 mg/L. Les valeurs les plus élevées sont enregistrées en février, en relation avec la température plus basse qui favorise la solubilité de l’oxygène (Stumm & Morgan, 1996). La baisse observée au début du printemps pourrait être liée à une intensification de la respiration microbienne et à une décomposition de la matière organique. Toutefois, les niveaux enregistrés restent globalement favorables au maintien de la faune aquatique oxyphile.

### f/Conductivité

**Tableau 14:** Variation spatiotemporelle de la conductivité dans les stations s1, s2 et s3 (février-avril 2025)

Date	S1	S2	S3
<b>25-févr-25</b>	789	801	774
<b>01-mars-25</b>	805	780	790
<b>17-mars-25</b>	795	795	820
<b>20-avr-25</b>	830	830	833



**Figure 38.** Évolution de la conductivité ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) dans les stations s1, s2 et s3 (février-avril 2025)

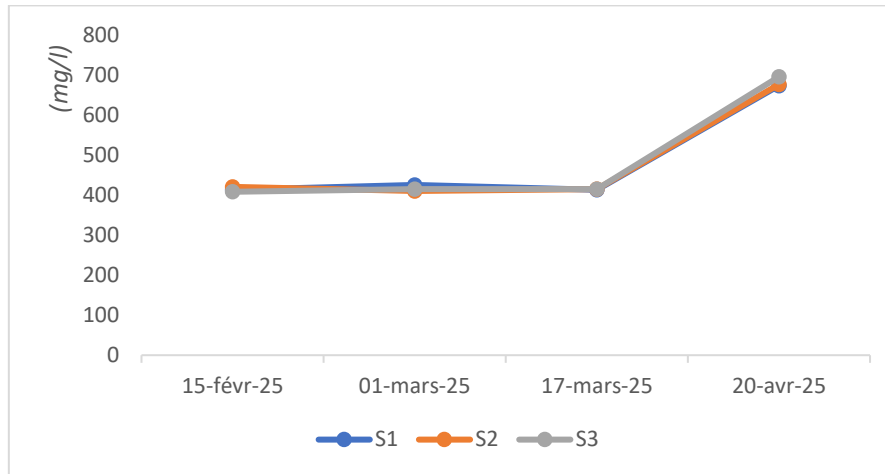
Les valeurs de la conductivité sont restées relativement stables entre février et mars 2025, avec de légères fluctuations autour de 780 à 805  $\mu\text{S}/\text{cm}$  dans toutes les stations. Une hausse notable est enregistrée en avril, atteignant 830  $\mu\text{S}/\text{cm}$  à S1 et S2, et 833  $\mu\text{S}/\text{cm}$  à S3. Cette élévation peut être corrélée à l'augmentation du TDS, traduisant une concentration plus importante en ions dissous, souvent liée à une évaporation plus intense ou à une augmentation des apports en nutriments ou matières minérales.

Ces niveaux restent compatibles avec une eau douce, bien que les valeurs proches de 830  $\mu\text{S}/\text{cm}$  suggèrent une minéralisation modérée du milieu (Rodier et al., 2009). Une surveillance continue est recommandée pour prévenir tout risque d'eutrophisation ou de perturbation écologique.

### g/ TDS

**Tableau 15:** Variation spatiotemporelle des TDS dans les stations s1, s2 et s3 (février-avril 2025)

Date	S1	S2	S3
25-févr-25	413	420	408
01-mars-25	425	410	415
17-mars-25	413	415	415
20-avr-25	673	676	695



**Figure 39.** Évolution de TDS (mg/l) dans les stations s1, s2 et s3 (février-avril 2025)

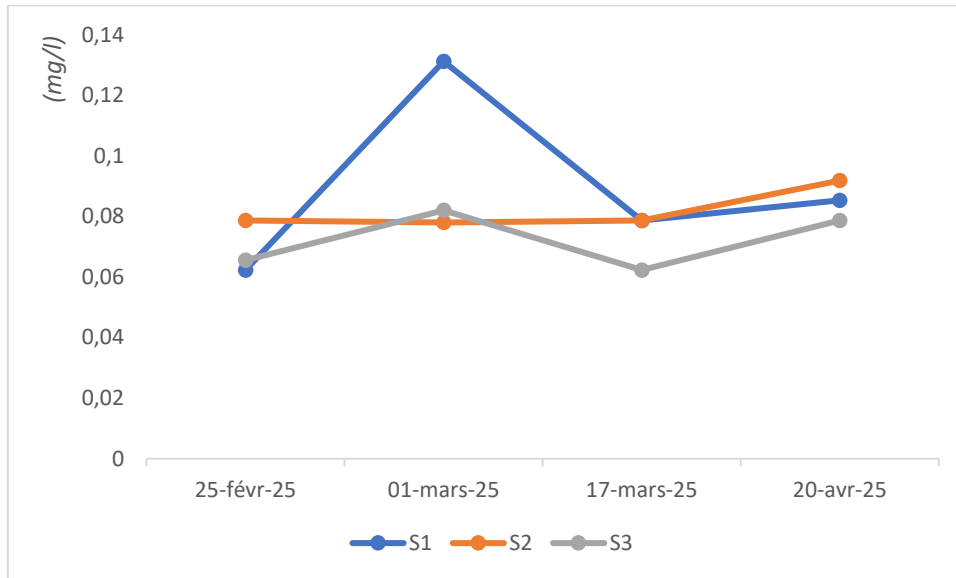
Les valeurs du TDS sont restées relativement stables entre février et mars 2025, oscillant autour de 410–425 mg/L dans les trois stations (S1, S2, S3). Toutefois, une augmentation marquée est observée en avril, atteignant 673 mg/L à S1, 676 mg/L à S2, et 695 mg/L à S3. Cette hausse soudaine peut s’expliquer par une évaporation accrue due à l’élévation des températures, entraînant une concentration des matières dissoutes. Une autre hypothèse est l’apport important de substances minérales par ruissellement ou déversement (Rodier et al., 2009). Malgré cette élévation, les niveaux de TDS restent dans des valeurs caractéristiques des milieux d’eau douce, sans preuve d’influence marine ou industrielle.

### III.2. Évolution des paramètres nutritifs

Les résultats détaillés des concentrations en nutriments sont présentés dans les Tableaux 16 à 20.

**Tableau 16:** Variation spatiotemporelle de ( $\text{NO}_2^-$ ) dans les stations s1, s2 et s3 (février-avril 2025)

Date	S1	S2	S3
<b>25-févr-25</b>	0,06232	0,07872	0,0656
<b>01-mars-25</b>	0,1312	0,078	0,082
<b>17-mars-25</b>	0,07872	0,07872	0,06232
<b>20-avr-25</b>	0,08528	0,09184	0,07872



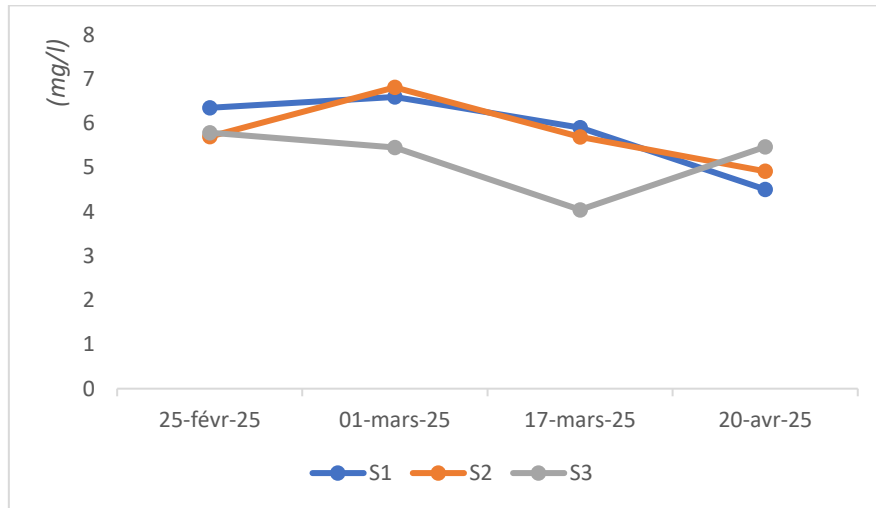
**Figure 40.** Évolution de la ( $\text{NO}_2^-$ ) (mg/l) dans les stations s1, s2 et s3 (février-avril 2025)

Les concentrations en azote nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ) restent faibles et relativement stables (0,06–0,13 mg/L), ce qui témoigne d’une bonne nitrification en amont.

### a/Nitrate ( $\text{NO}_3^-$ )

**Tableau 17:** Variation spatiotemporelle de ( $\text{NO}_3^-$ ) dans les stations s1, s2 et s3 (février-avril 2025)

date	S1	S2	S3
25-févr-25	6,349	5,698	5,78643
01-mars-25	6,59354	6,80993	5,45
17-mars-25	5,90178	5,69357	4,04429
20-avr-25	4,5042	4,91406	5,46764



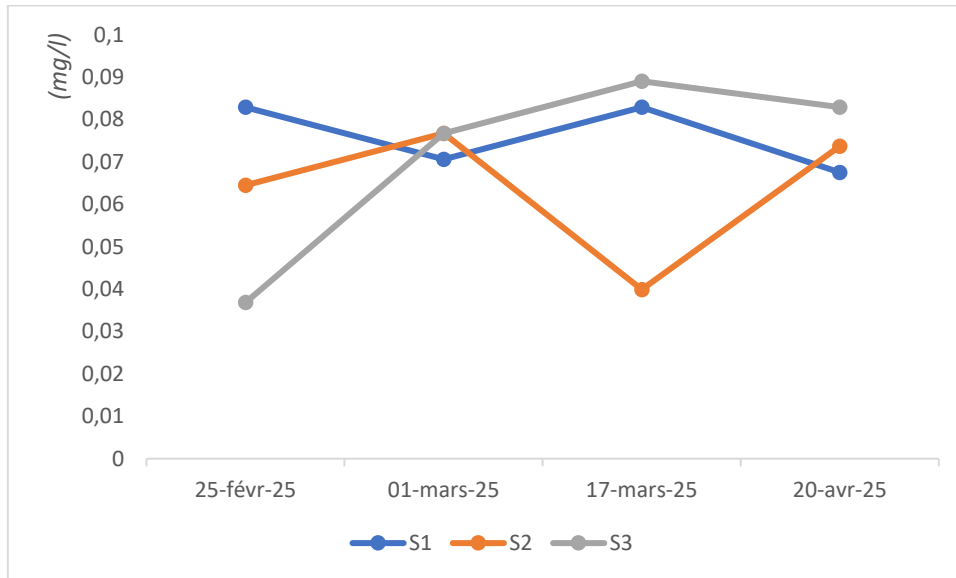
**Figure 41.** Évolution de la ( $\text{NO}_3^-$ ) (mg/l) dans les stations s1, s2 et s3 (février-avril 2025)

Le nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) présente une tendance à la baisse d'environ 6,5 mg/L en février à 4 –5 mg/L en avril, traduisant une assimilation progressive par le phytoplancton ou une dénitrification.

### b/Phosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

**Tableau 18:** Variation spatiotemporelle de ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) dans les stations s1, s2 et s3 (févier-avril 2025)

Date	S1	S2	S3
<b>25-févr-25</b>	0,08289	0,06447	0,03684
<b>01-mars-25</b>	0,07061	0,07675	0,07675
<b>17-mars-25</b>	0,08289	0,03991	0,08903
<b>20-avr-25</b>	0,06754	0,07368	0,08289



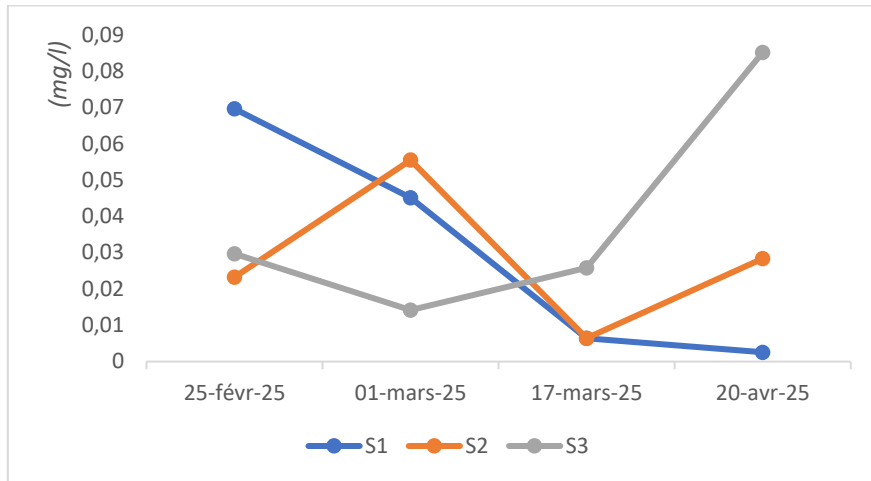
**Figure 42.** Évolution de la ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) (mg/l) dans les stations s1, s2 et s3 (février-avril 2025)

Les teneurs en phosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) varient entre 0,036 et 0,089 mg/L, avec des pics ponctuels pouvant résulter d'apports allochtones ou de relargages sédimentaires.

### c/Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ )

**Tableau 19:** Variation spatiotemporelle de ( $\text{NH}_4^+$ ) dans les stations s1, s2 et s3 (février-avril 2025)

Date	S1	S2	S3
25-févr-25	0,0696	0,02322	0,02967
01-mars-25	0,04515	0,055477	0,01419
17-mars-25	0,00645	0,00645	0,0258
20-avr-25	0,00258	0,02838	0,08514



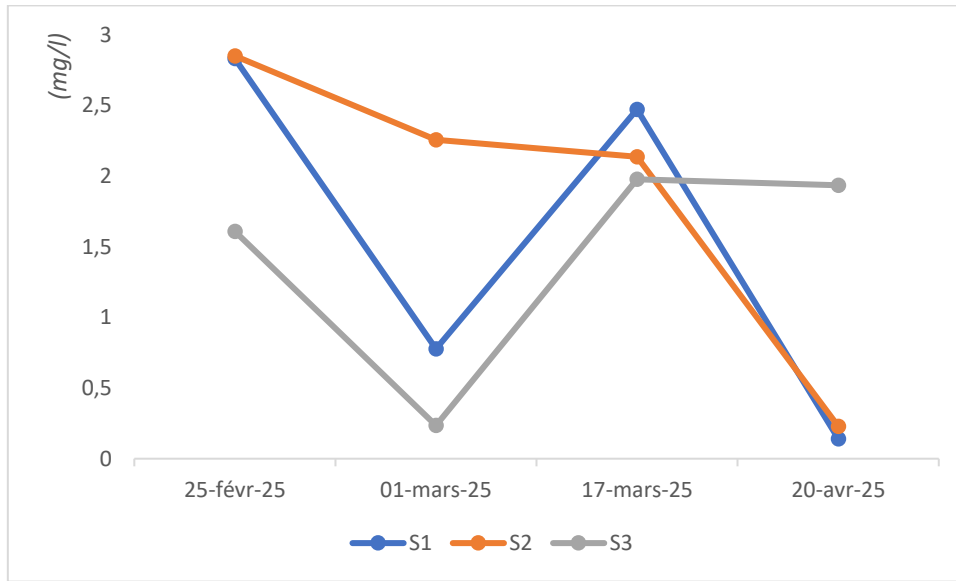
**Figure 43.** Évolution de la  $(NH_4^+)$ (mg/l) dans les stations s1, s2 et s3 (février-avril 2025)

Les teneurs en ammonium ( $NH_4^+$ ) sont généralement faibles, mais atteignent localement 0,085 mg/L, ce qui peut signaler une activité de décomposition ou des intrants organiques.

### d/Silice ( $SiO_2$ )

**Tableau 20:** Variation spatiotemporelle de ( $SiO_2$ ) dans les stations s1, s2 et s3 (février-avril 2025)

Date	S1	S2	S3
25-févr-25	2,831	2,85	1,608
01-mars-25	0,778	2,257	0,235
17-mars-25	2,471	2,136	1,977
20-avr-25	0,142	0,23	1,934



**Figure 44.** Évolution de la ( $\text{SiO}_2$ ) (mg/l) dans les stations s1, s2 et s3 (février-avril 2025)

La silice ( $\text{SiO}_2$ ) enregistre une forte diminution, passant de plus de 2,8 mg/L en hiver à moins de 0,3 mg/L au printemps, conséquence directe de son assimilation par les diatomées en période de croissance

En conclusion, L'analyse intégrée des paramètres physico-chimiques et trophiques révèle des interactions étroites entre température, oxygène dissous, turbidité et disponibilité des nutriments. La hausse printanière de la température stimule le métabolisme et la production primaire, entraînant une consommation accrue d'oxygène et des variations du pH. Les faibles concentrations d'ammonium et de nitrite suggèrent une bonne oxygénation et une nitrification active, tandis que la diminution du nitrate et du phosphate reflète une absorption biologique. La chute drastique de la silice témoigne d'un développement important des diatomées, qui dominent souvent le phytoplancton de début de printemps.

Toutefois, l'évolution du pH et la réduction du  $\text{SiO}_2$  peuvent favoriser, à terme, la prolifération de cyanobactéries, notamment en cas de déséquilibre du rapport N/P. Ces dynamiques soulignent l'importance d'un suivi intégré pour prévenir les risques d'eutrophisation dans ce type de système réservoir.

### III.3. Évolution saisonnière de la qualité des eaux du barrage de Bouhamdane

L'analyse comparative des paramètres physico-chimiques et des éléments nutritifs entre 2019 et 2025, durant les saisons d'hiver et de printemps, met en évidence des tendances significatives en lien avec la qualité de l'eau (Tableaux 21 et 22). Ces données proviennent de différentes sources, allant de mémoires universitaires à des analyses de laboratoire récentes.

- **Température, pH, turbidité et salinité (Tableau 21)**

## CHAPITRE III. RÉSULTATS ET DÉCUSSION

Les températures hivernales et printanières montrent une élévation notable au fil des années. En hiver, on passe de 8,8 °C en 2019 à 10,83 °C en 2025. Cette augmentation est encore plus prononcée au printemps, atteignant 17,03 °C en 2025 contre 9,8 °C en 2019. Cette tendance traduit un réchauffement potentiel du plan d'eau, influencé par des facteurs climatiques ou anthropiques, avec des répercussions possibles sur les processus biologiques.

Le pH, globalement alcalin au départ (entre 8,02 et 8,23), tend à décroître légèrement en 2025, atteignant 7,9 en hiver et 7,74 au printemps. Ce changement suggère une acidification lente du milieu, susceptible de modifier l'équilibre chimique de l'eau.

La turbidité, indicateur de matières en suspension, connaît une amélioration manifeste. Elle diminue fortement en hiver, passant de 26,1 NTU (2019) à seulement 3,75 NTU (2025), et de 12,5 à 3,18 NTU au printemps. Cette baisse traduit un assainissement progressif du plan d'eau, probablement en lien avec une meilleure gestion des rejets ou une réduction de l'érosion.

La salinité reste globalement faible, mais son évolution reste irrégulière. De nulle en 2019, elle monte jusqu'à 0,3 g/L en 2023 avant de redescendre à 0,1–0,2 g/L en 2025. Cette variabilité pourrait refléter des apports ponctuels en sels dissous d'origine domestique ou industrielle.

**Tableau 21:** Paramètres physico-chimiques du milieu aquatique (2019–2025)

Auteur / Source	Année	Saison	T°C	PH	Turbidité (NTU)	Salinité (g/L)
Saggoune & Bouchemel	2019	Hiver	8,8	8,12	26,1	0
Bensedira	2020	Hiver	10,6	8,08	5,08	0,1
STEP de Hammam Debagh	2023	Hiver	8,31	8,18	8,8	0,3
Étude actuelle	2025	Hiver	10,83	7,9	3,75	0,1
Saggoune & Bouchemel	2019	Printemps	9,8	8,02	12,5	0
Bensedira	2020	Printemps	11,7	8,07	5,08	0,1
STEP de Hammam Debagh	2023	Printemps	9,76	8,23	10,49	0,3
Étude actuelle	2025	Printemps	17,03	7,74	3,18	0,2

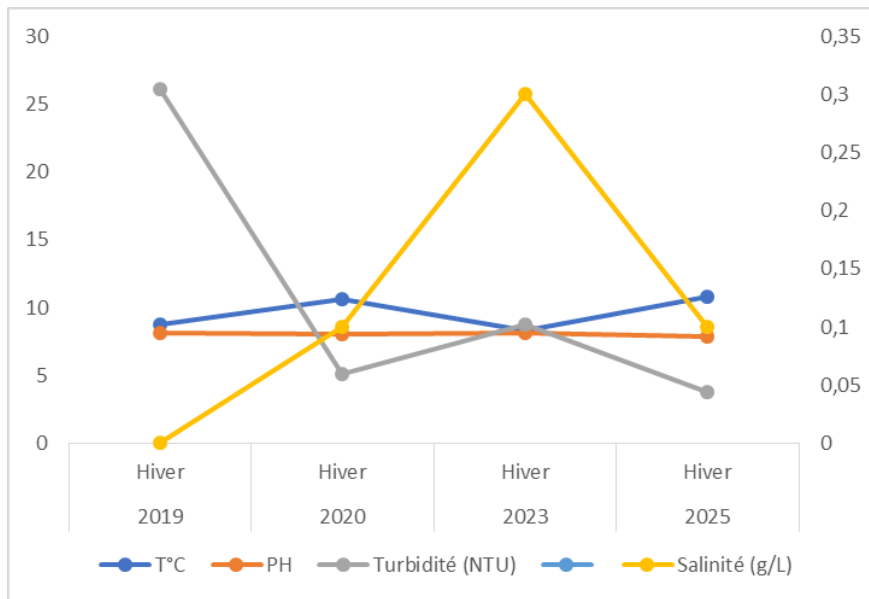


Figure 45. Évolution saisonnière (hiver) des Paramètres physico-chimiques du milieu aquatique (2019–2025)

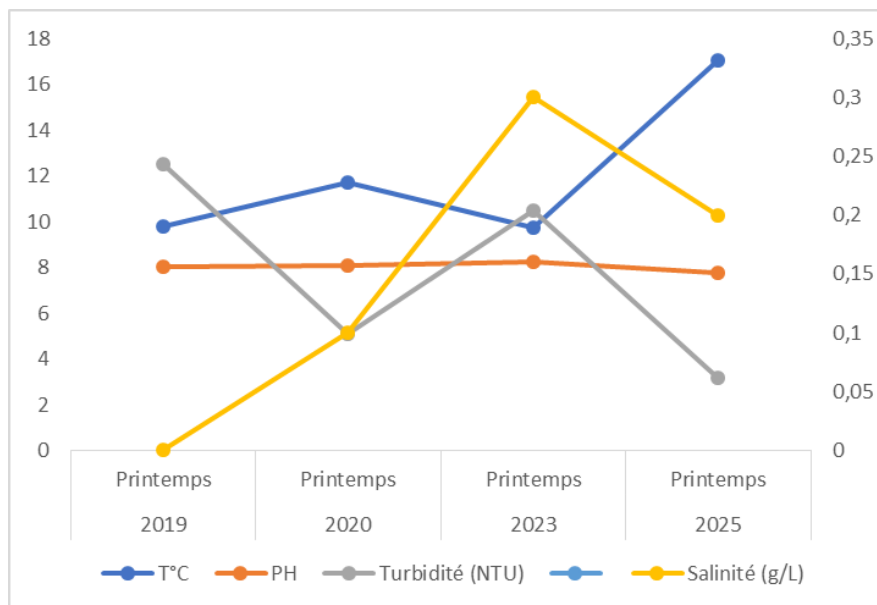


Figure 46. Évolution saisonnière (printemps) des Paramètres physico-chimiques du milieu aquatique (2019–2025)

#### III.4. Évolution des nutriments et composés azotés (Tableau 22)

L'analyse des nutriments révèle une tendance à la hausse des nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ), particulièrement marquée au printemps, où les valeurs passent de 1,626 mg/L (2019) à plus de 5,2 mg/L en 2025. Une évolution similaire est observée en hiver, atteignant 5,94 mg/L. Cette situation traduit un risque d'eutrophisation accru, probablement dû à des apports en azote d'origine agricole ou urbaine.

## CHAPITRE III. RÉSULTATS ET DÉCUSSION

Les concentrations en nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ), bien que généralement faibles, augmentent aussi. On note un pic atypique en hiver 2020 (1,7 mg/L), suivi d'un retour à des niveaux modérés mais persistants, ce qui pourrait indiquer une pollution azotée intermittente.

Les teneurs en phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) montrent une évolution nette. Après un maximum printanier de 0,325 mg/L en 2020, les valeurs décroissent progressivement, atteignant 0,0614–0,0706 mg/L en 2025.

Enfin, l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), traceur d'une pollution organique récente, reste très fluctuant : faible en 2020, très élevé en hiver 2023 (0,389 mg/L), puis en baisse notable en 2025. Ces variations indiquent des apports irréguliers, probablement liés à des apports externes.

**Tableau 22:** Concentrations en nutriments (mg/L) – Hiver et Printemps 2019–2025

Auteur / Source	Année	Saison	$\text{NO}_2^-$	$\text{NO}_3^-$	$\text{PO}_4^{3-}$	$\text{NH}_4^+$
Saggoune & Bouchemel	2019	Hiver	0,0033	3,788	0,172	0,137
Bensedira	2020	Hiver	1,7	0,006	0,126	0,015
STEP de Hammam Debagh	2023	Hiver	0,025	1,04	0,083	0,389
Étude actuelle	2025	Hiver	0,068	5,94	0,0614	0,04085
Saggoune & Bouchemel	2019	Printemps	0	1,626	0	0,003
Bensedira	2020	Printemps	0	3,731	0,325	0,012
STEP de Hammam Debagh	2023	Printemps	0,0163	0,529	0,0786	0,1346
Étude actuelle	2025	Printemps	0,07325	5,2132	0,0706	0,0129

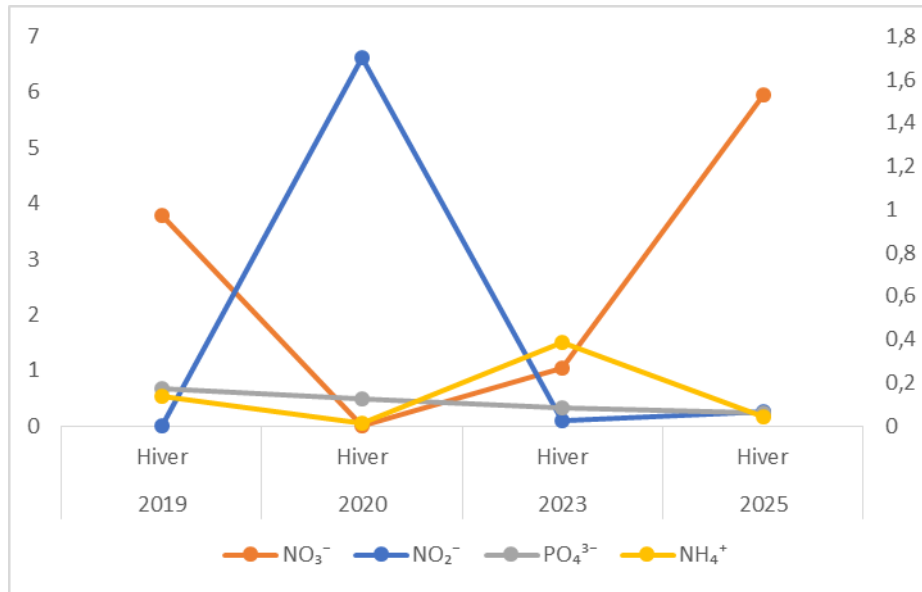


Figure 47. Évolution saisonnière (hiver) des concentrations en nutriments (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) (mg/l) dans les eaux du bouhamdane (2019-2025)

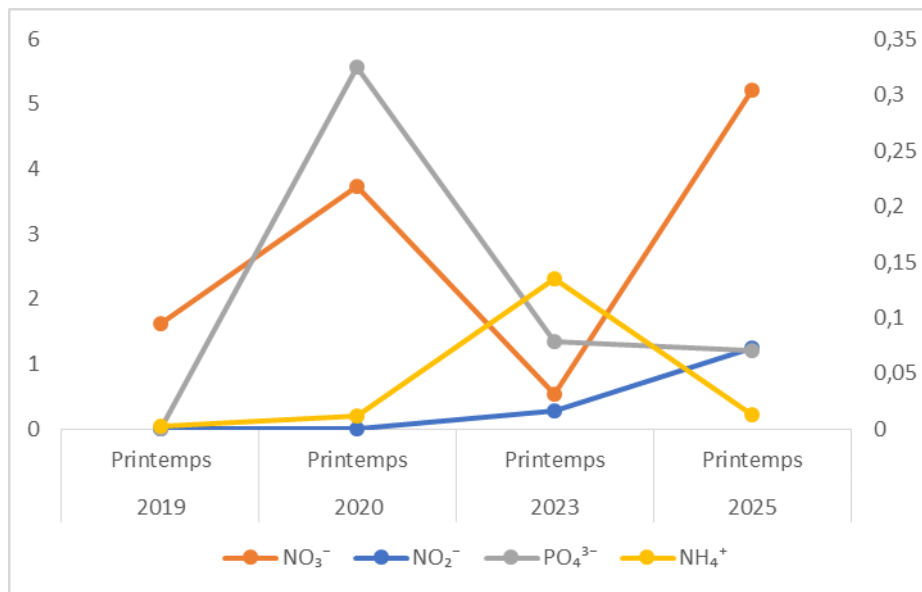


Figure 48. Évolution saisonnière (printemps) des concentrations en nutriments (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) (mg/l) dans les eaux du bouhamdane (2019-2025)

Globalement, l'évolution saisonnière entre 2019 et 2025 traduit une **amélioration de la qualité visuelle de l'eau** (turbidité), une **meilleure stabilité des phosphates**, et une **légère baisse du pH**, mais également une **hausse des nitrates**, en lien probable avec des apports anthropiques.

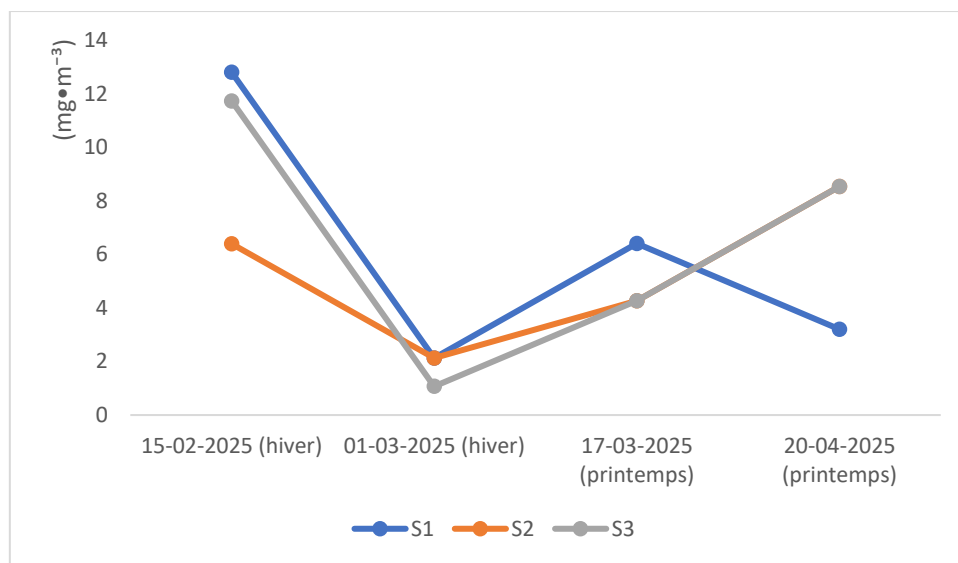
### III.5. Évolution spatio-temporelle de la concentration en chlorophylle dans les eaux du barrage de Bouhamdan : Résultats d'un suivi expérimental (hiver-printemps 2025)

Le tableau 23 présente les valeurs de chlorophylle relevées à chacune de ces stations pour les quatre dates de prélèvement.

## CHAPITRE III. RÉSULTATS ET DÉCUSSION

**Tableau 23:** Évolution de la concentration de la chlorophylle a ( $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) selon les stations et les dates

Date de prélèvement	S1	S2	S3
15-02-2025 (hiver)	12,81	6,4	11,74
01-03-2025 (hiver)	2,13	2,13	1,07
17-03-2025 (printemps)	6,41	4,27	4,27
20-04-2025 (printemps)	3,2	8,54	8,54



**Figure 49** Évolution de la concentration de la chlorophylle a ( $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) dans les stations s1, s2 et s3 (février-avril 2025)

Les résultats expérimentaux montrent une **forte variabilité spatio-temporelle** de la concentration en chlorophylle dans les eaux du barrage.

- **Hiver (15 février)** : des concentrations très élevées sont mesurées à l'embouchure (S1 :  $12,81 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) et à la sortie (S3 :  $11,74 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ), traduisant un **bloom hivernal** favorisé par des apports riches en nutriments. La zone centrale (S2), moins influencée par ces apports directs, affiche une valeur plus faible.
- **Début mars (01-03-2025)** : une **diminution importante** est observée à toutes les stations, possiblement liée à un phénomène de dilution ou à une réduction temporaire des apports nutritifs, voire à une décantation biologique naturelle après le pic précédent.

## CHAPITRE III. RÉSULTATS ET DÉCUSSION

- **Mi-mars (17-03-2025)** : les concentrations repartent à la hausse, notamment à l'embouchure (S1), où la reprise de la production phytoplanctonique semble marquée par l'augmentation de la température et de la lumière. Les stations S2 et S3 suivent une dynamique parallèle mais avec des valeurs moindres.
- **Avril (20-04-2025)** : un **déplacement de la biomasse** est observé, avec une concentration maximale désormais au centre et à la sortie ( $8,54 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ), alors que la valeur chute à l'embouchure (S1 :  $3,20 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ). Cette répartition suggère un **processus d'auto-alimentation interne du barrage**, où les nutriments recyclés dans la colonne d'eau centrale permettent une nouvelle poussée de phytoplancton.

Ce suivi met en lumière l'importance de la composante **hydrodynamique et trophique** du barrage de Bouhamdan dans la régulation de la production phytoplanctonique. L'embouchure joue un rôle de vecteur d'enrichissement en hiver, tandis que la zone centrale devient un réservoir de production au printemps

### III.6. Application de la méthode de diagnostic rapide

**Tableau 24:** Résultats des indices trophiques

Données	Date	Indice trophique	Niveau trophique
Chlorophylle a mg/l	20 avril 2025	$45 < 49,08 < 60$	eutrophie
Phosphore total mg/l	25 février 2025	$45 < 51,45 < 60$	eutrophie
	20 avril 2025	$60 < 67,21$	Hyper eutrophie
NH <sub>4</sub> mg/l	25 février 2025	$23,83 < 30$	oligotrophe

Les résultats des indices trophiques obtenus à partir des analyses de la chlorophylle a, du phosphore total et de l'ammonium NH<sub>4</sub><sup>+</sup> montrent une variabilité significative du niveau trophique du plan d'eau au cours des périodes étudiées. Les indices calculés en février et avril 2025 révèlent un état eutrophe selon la teneur en chlorophylle a (49,08) et en phosphore total (51,45), témoignant d'une richesse modérée en nutriments propice à une production biologique accrue. Cependant, la valeur élevée de l'indice trophique basée sur la chlorophylle a en avril (67,21) indique un passage à un état hyper-eutrophe, ce qui suggère une prolifération importante du phytoplancton et un déséquilibre potentiel du système aquatique. En revanche, la concentration en NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (23,83) indique un état oligotrophe, traduisant une faible teneur en azote

## CHAPITRE III. RÉSULTATS ET DÉCUSSION

ammoniacal. Ces résultats confirment l'importance d'une surveillance régulière et intégrée des paramètres trophiques pour évaluer la qualité écologique des eaux du barrage.

### III.7. Données morphométriques du barrage de bouhamdane (tableau 25)

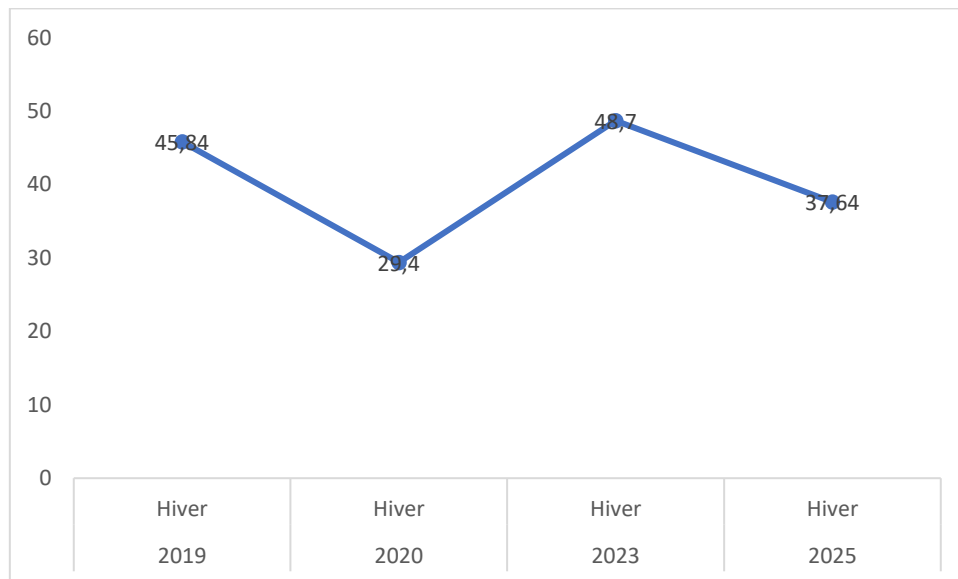
Données récoltées dans la bibliographie qui serviront de base pour le calcul de la production du barrage bouhamdane

**Tableau 25:** Les caractéristiques morphométriques du barrage.

Données	Seggoune & bouchemel 2019		Bensedira 2020		Hammam debagh 2023		Etude actuelle 2025	
	Printemps	Hiver	Printemps	Hiver	Printemps	Hiver	Printemps	Hiver
Chlorophylle a mg/l	Non retenu	Non retenu	Non retenu	Non retenu	Non retenu	Non retenu	6,762	10,31
Phosphore total mg/l	-	0,172	0,182	0,126	0,255	0,083	0,074703	0,0614
NH <sub>4</sub> mg/l	0,003	0,137	0,012	0,015	0,1346	0,389	0,0129	0,04085
T°C	-	8,8	12,2	10,6	15	8,81	18,83	10,83
PH	-	8,12	8,29	8,08	7,89	8,18	8,43	7,90
Conductivité	-	374	769	756	1029	1072	827	788

**Tableau 26:** Résultats des indices trophiques calculés pour chaque paramètre

	Seggoune & bouchemel 2019	Bensedira 2020	Hammam debagh 2023	Etude actuelle 2025
	Hiver	Hiver	Hiver	Hiver
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> mg/l	56,82	44,11	53,02	51,45
NH <sub>4</sub> mg/l	34,87	14,69	44,38	23,83
Moyenne des indices	45,84	29,4	48,7	37,64



**Figure 50** Évolution des indices trophique entre 2019 et 2025

### - Interprétation

#### 1. Hiver 2019 :

\* Moyenne des indices élevée (45,84) → indique un état eutrophique modéré à élevé.

\* Teneurs élevées en phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) et azote (N), probablement liées à un apport nutritif important (rejets domestiques ou agricoles).

#### 2. Hiver 2020 :

\* Chute marquée de la moyenne (29,4) → probablement due à une baisse significative de l'azote (14,69 mg/l).

\* Cela peut s'expliquer par une réduction des apports en nutriments, un meilleur traitement des eaux usées ou des conditions climatiques spécifiques.

#### 3. Hiver 2023 :

\* Hausse très nette (48,7) → valeur la plus élevée, avec des concentrations très fortes en azote (44,38 mg/l) et en phosphates.

\* Ce pic peut refléter une période de forte eutrophisation, due à une intensification des apports organiques ou un appauvrissement de la capacité d'auto-épuration du barrage.

#### 4. Hiver 2025 (étude actuelle) :

## CHAPITRE III. RÉSULTATS ET DÉCUSSION

---

---

\* Baisse relative (37,64) par rapport à 2023, mais reste dans un niveau modéré d'eutrophisation.

\* Malgré une légère baisse de  $\text{PO}_4^{3-}$ , la valeur de l'azote reste significative, ce qui maintient un risque écologique (développement d'algues, perturbation du biotope...).

Interprétation écologique :

\* L'évolution en dents de scie (montée-baisse-montée-baisse) montre que le barrage connaît des fluctuations importantes selon les années, ce qui est typique des milieux sensibles aux apports anthropiques et climatiques.

\* La valeur élevée de 2023 est préoccupante et reflète une eutrophisation poussée, tandis que les autres années oscillent entre des niveaux modérés et moyens.

\* En 2025, bien que la moyenne ait baissé, elle reste supérieure au seuil d'alerte écologique, ce qui indique un besoin de surveillance continue.

En conclusion, L'indice trophique montre que le barrage a subi des phases de forte eutrophisation, avec un pic critique en 2023, suivi d'une amélioration partielle en 2025. Cette dynamique souligne l'importance de contrôler les apports en nutriments et de mettre en œuvre des mesures de gestion durable du bassin versant pour limiter la dégradation écologique du plan d'eau.

### III.8. Identification des espèces phytoplanctonique :

Dans le cadre de mon travail de fin d'études, j'ai accordé une attention particulière à l'analyse qualitative du phytoplancton du barrage de Bouhamdane, afin d'évaluer son état trophique et écologique. En tant que producteur primaire à la base des réseaux trophiques aquatiques, le phytoplancton constitue un excellent bioindicateur de la qualité des eaux (Reynolds et al., 2002 ; Padisák et al., 2006).

Les échantillons d'eau que j'ai prélevés sur le terrain ont été observés au microscope inversé après sédimentation, et j'ai procédé personnellement à l'identification morphologique des organismes présents. Cette identification a été réalisée à l'aide de plusieurs clés de détermination spécialisées (\* Munchen 2010, E. NEZAN et G. PICLET 1996, Maria Esther Meuve-de Castillo\* (2010, 2011)

L'analyse m'a permis de recenser une grande diversité d'espèces appartenant à différentes classes taxonomiques, que je présente ci-dessous :

## CHAPITRE III. RÉSULTATS ET DÉCUSSION

---

---

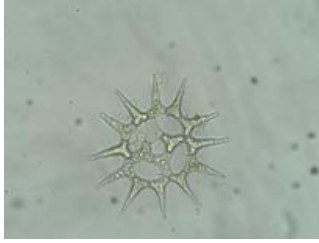
- Dinophyceae : *\*Peridinium spp.\**, *\*Ceratium hirundinella\**, *\*Ceratium sp.\**, *\*Lingulodinium sp.\**, *\*Prorocentrum scutellum\**
- Bacillariophyceae (diatomées) : *\*Navicula sp.\**, *\*Fragilaria sp.\**, *\*Synedra spp.\**, *\*Cyclotella spp.\**, *\*Pleurosigma sp.\**, *\*Asterionellopsis glacialis\**, *\*Stephanopyxis sp.\**, *\*Thalassionema frauenfeldii\**, *\*Guinardia striata\**, *\*Leptocylindrus minimus\**, *\*Dactyliosolen sp.\**
- Chlorophyceae : *\*Pediastrum boryanum\**, *\*Pediastrum simplex\**, *\*Volvox sp.\**, *\*Chlamydomonas sp.\**, *\*Spirogyra sp.\**, *\*Chlorella sp.\**, *\*Planktosphaeria sp.\**
- Desmidiaceae (ordre des Zygnematales) : *\*Micrasterias sp.\**, *\*Staurastrum sp.\**
- Euglenophyceae : *\*Phacus sp.\**, *\*Euglena sp.\**
- Cyanobactéries (Cyanophyceae) : *\*Oscillatoria spp.\**
- Chrysophyceae : *\*Synura spp.\**
- Autres protistes observés : *\*Tellingia sp.\**, *\*Paramecium sp.\**

Ce travail d'identification m'a permis de mieux comprendre la structure du peuplement phytoplanctonique du barrage et d'évaluer son évolution saisonnière. La présence de certaines espèces caractéristiques de milieux eutrophes, comme *\*Oscillatoria\** ou *\*Ceratium\**, peut indiquer une richesse en nutriments et une tendance à l'eutrophisation du milieu étudié.

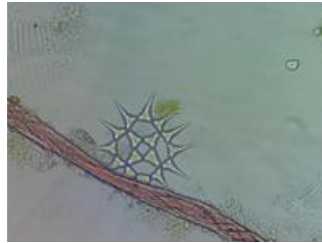
Quelques clichés représentatifs ont été sélectionnés parmi les observations microscopiques réalisées lors de cette étude. Ces photos, prises personnellement par l'auteure au cours de l'analyse des échantillons, illustrent certaines des espèces phytoplanctoniques identifiées dans le barrage de Bouhamdane.

(a) *staurastrum sp* (b) *micrasterias* (c) *ceratium hirundinella* (d) *Navicula sp*, (e) *pediastrum simplex* (f) *Spirogyra sp* (j) *Lingulodinium polyedrum* (h) *Chlamydomonas sp* (i) *volvox sp* (g) *Prorocentrum scutellum* (k) *Chlorella sp* (l) *Prorocentrum scutellum* (m) *eudorina sp*, (n) *pleurosigma sp* , (o) *Cyclotella spp*

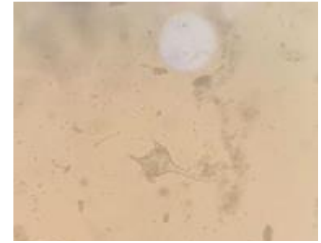
# CHAPITRE III. RÉSULTATS ET DÉSCUSSION



a



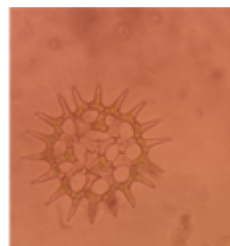
b



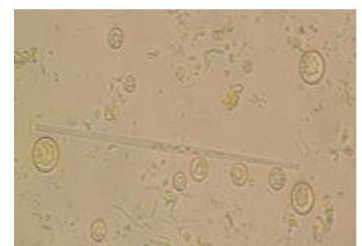
c



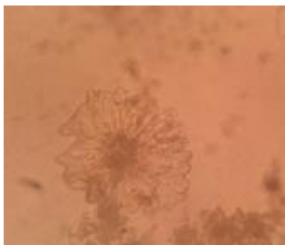
d



e



f



j



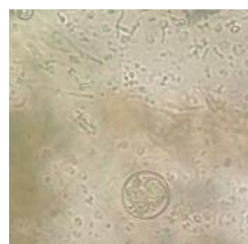
h



i



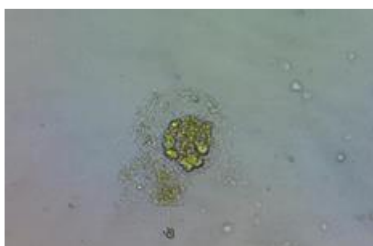
g



k



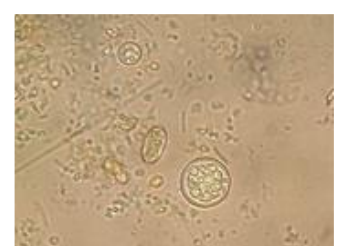
l



m



n



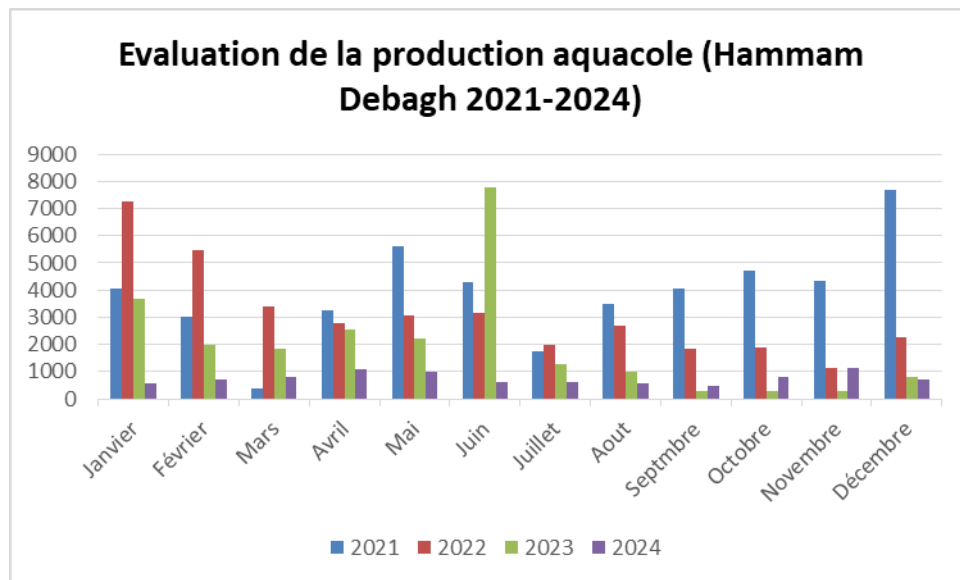
o

**III.9. Evaluation de production**

**Tableau 27:** Production aquacole du barrage Hammam debagh (2021- 2024)

	2021	2022	2023	2024
<b>Janvier</b>	4050	7250	3700	550
<b>Février</b>	3000	5450	2000	700
<b>Mars</b>	400	3400	1850	800
<b>Avril</b>	3250	2800	2550	1100
<b>Mai</b>	5600	3050	2200	1000
<b>Juin</b>	4300	3150	7800	600
<b>Juillet</b>	1750	2000	1250	600
<b>Aout</b>	3500	2700	1000	550
<b>Septembre</b>	4050	1850	300	450
<b>Octobre</b>	4700	1900	300	800
<b>Novembre</b>	4350	1150	300	1150
<b>Décembre</b>	7700	2250	800	700
<b>Total W (kg)</b>	46650	36950	24050	9000

**Total (kg) = 116650**



**Figure 51** Evaluation de production aquacole du barrage Hammam debagh (2021- 2024)

Interprétation :

## CHAPITRE III. RÉSULTATS ET DÉCUSSION

---

---

Il y a une variabilité significative dans la production aquacole sur la période de quatre ans examinés :

- L'année 2021 enregistre la production la plus importante avec une somme totale de 46 650 kg, démontrant une constance mensuelle assez stable, particulièrement entre mai et décembre, atteignant un sommet en décembre (7700 kg).
- En 2022, on note une légère baisse de la production totale (36 950 kg), avec des pics marquants en janvier (7250 kg) et mai (5600 kg). On constate une diminution marquée dès le mois de septembre.
- L'année 2023 enregistre une baisse notable (24 050 kg) bien qu'elle ait connu un sommet impressionnant en juin (7800 kg). Cette valeur indique une amélioration passagère des conditions de reproduction ou de nutrition.
- En 2024, la production atteint son niveau le plus bas (9000 kg), probablement dû à des facteurs environnementaux défavorables, une intensification de la pêche, ou un déficit dans le renouvellement de la population de poissons. Ainsi, on observe une tendance générale à la baisse de la production au cours des années.

En conclusion, Le déclin significatif de la production aquacole au site du barrage de Hammam Debagh entre 2021 et 2024 n'est pas forcément dû à une détérioration de la qualité des eaux ou à des facteurs environnementaux, mais est principalement attribué à l'absence d'interventions d'empoissonnement pendant cette période. D'après le Responsable de la Pêche et l'aquaculture de la wilaya de Guelma, aucun financement n'a été consacré ces dernières années pour appuyer les opérations d'ensemencement piscicole, ce qui a eu un impact direct sur les quantités produites. Ce contexte met en évidence la nécessité d'un financement continu et adéquat pour maintenir les programmes d'aquaculture et garantir une production durable.

### **III.10. Diversité ichtyologique observée au niveau du barrage de Bouhamdane (selon témoignage local)**

Selon un témoignage local recueilli auprès d'un pêcheur fréquentant régulièrement le barrage de Bouhamdane, les espèces de poissons suivantes ont été observées :

- ❖ Carassin (*Carassius auratus*) : espèce très répandue.
- ❖ Ablette (*Alburnus alburnus*) : population abondante.

- ❖ Carpe (*Cyprinus carpio*) : une espèce de carpe serait désormais très rare, probablement en voie de régression locale (à confirmer).
- ❖ Sandre (*Sander lucioperca*) : présent en faible nombre.
- ❖ Anguille (*Anguilla anguilla*) : capture occasionnelle, généralement accidentelle, en raison du manque d'équipement de pêche adapté.

### III.11. Assemblages piscicoles et état trophique des plans d'eau

L'analyse de l'assemblage piscicole observé dans le barrage Bouhamdane permet d'établir une correspondance claire entre l'état trophique du plan d'eau et la composition spécifique des populations de poissons. En effet, la présence dominante d'espèces telles que la carpe, le carassin, l'ablette, ainsi que la faible abondance du sandre et la présence accidentelle de l'anguille, traduisent une situation trophique allant de l'eutrophie à l'hyper-eutrophie.

Dans les systèmes oligotrophes, on s'attend à rencontrer des espèces exigeantes en oxygène comme les salmonidés (ex.: truite), la perche ou le lavaret. En revanche, les milieux mésotrophes abritent souvent le brochet, le gardon ou la tanche. Le barrage Bouhamdane, caractérisé par une forte turbidité et une richesse en nutriments (confirmée par la composition phytoplanctonique et les teneurs en chlorophylle a), héberge principalement des espèces tolérantes aux charges organiques élevées. Ce type d'assemblage piscicole, marqué par une faible diversité spécifique, est typique des systèmes eutrophes voire hyper-eutrophes.

La présence de l'anguille (*Anguilla anguilla*), bien que rare et accidentelle, mérite une attention particulière. Cette espèce migratrice, sensible à la qualité de l'eau et à la connectivité écologique, tend à disparaître des écosystèmes fortement dégradés. Sa détection dans le barrage Bouhamdane reflète probablement des conditions anciennes plus favorables, mais aussi les limites actuelles du milieu à soutenir durablement des espèces à exigences écologiques élevées. Ainsi, en se référant au Tableau 28 (cf. relation entre l'état trophique, les caractéristiques physico-chimiques et l'ichtyofaune), on retrouve une cohérence claire entre l'état trophique du plan d'eau et son peuplement piscicole actuel.

Cette concordance souligne l'importance d'intégrer l'analyse de la faune ichthyologique dans l'évaluation écologique des milieux aquatiques, en complément des paramètres abiotiques et biologiques.

La dominance des espèces introduites et tolérantes peut refléter une perturbation écologique, réduisant la diversité des espèces autochtones et altérant les équilibres trophiques

## CHAPITRE III. RÉSULTATS ET DÉCUSSION

naturels. Cela souligne la nécessité d'un suivi continu pour prévenir la dégradation écologique à long terme.

### III.12. Assemblage phytoplanctonique révélateur d'un état trophique

On observe une prévalence notable de : parmi les genres identifiés.

- ✚ Micrasterias (Desmidiaceae), qui présente une forme typiquement étoilée dans les eaux nourries en nutriments.
- ✚ Peridinium (Dinophyceae), fréquemment lié aux proliférations algales dans les environnements surchargés de matière organique.
- ✚ Des micro-algues vertes telles que Chlorella et Scenedesmus, indicatrices d'une eutrophisation avancée, sont présentes.

On observe la présence notable de colonies centrales, probablement du genre *Pediastrum* ou *Coelastrum*, qui se retrouvent en grande quantité dans les plans d'eau stagnants riches en phosphore.

Cet assemblage de plantes indique une condition trophique allant de l'eutrophie à l'hypereutrophie, ce qui est corroboré par les taux assez élevés de chlorophylle a relevés au printemps (par exemple :  $>8 \text{ mg.m}^{-3}$  dans certaines stations).

**Tableau 28:** Assemblage biologiques et état trophique du barrage de bouhamdane

Interprétation écologique	Observation principale	Eléments analysé
Espèces tolérantes-->eutrophie à hypereutrophie	Carpe, carassin, ablette	Poissons dominants
Milieu dégradé, faible oxygénation	Sandre (faible abondance), Anguille (présence accidentelle)	Poissons rares ou sensibles
Taxons typiques des milieux eutrophes à hypereutrophes	<i>Pediastrum</i> , <i>scenedesmus</i> , <i>chlorella</i> , <i>peridinium</i> , <i>ceratium</i> , <i>spirogyra</i> , <i>cyclotella</i>	Phytoplancton dominant
Adaptation à une forte charge nutritive	Colonies centrales, flagellés, diatomées centriques	Formes observées

## CHAPITRE III. RÉSULTATS ET DÉCUSSION

Milieux perturbé, pression écologique	Faible	Diversité spécifique piscicole
Indice d'eutrophisation avancée	Mg/m <sup>3</sup> 8 < (Printemps)	Chlorophylle a
Confirme état trophique élevé	Richesse en nutriments, forte turbidité	Caractéristique physico-chimiques
Validation du diagnostic bioécologique	Concordance entre assemblage piscicole et phytoplancton	Lieu faune-flore

La structure du peuplement piscicole et phytoplanctonique reflète fidèlement l'état trophique du barrage de bouhamdane, confirmant un passage net vers une eutrophisation avancée, observable à travers des espèces sensibles, et les taux élevés de chlorophylle a.

### III.13. Discussion générale

L'analyse intégrée des résultats obtenus au niveau du barrage de Bouhamdane met en évidence une dynamique spatio-temporelle complexe des paramètres physiques, chimiques et biologiques. Ces résultats révèlent des interactions étroites entre les conditions environnementales et la structure du peuplement aquatique, notamment en ce qui concerne l'évolution du phytoplancton et de l'ichtyofaune.

Les paramètres physico-chimiques mesurés entre février et avril 2025 ont montré des variations saisonnières marquées. La température de l'eau a augmenté de manière significative, passant de valeurs hivernales modérées à des températures printanières plus élevées, stimulant ainsi la production primaire. Cette élévation thermique est accompagnée d'une baisse légère du pH et d'une diminution de l'oxygène dissous, traduisant une intensification des processus biologiques (photosynthèse, respiration, décomposition organique).

En parallèle, les concentrations en nutriments ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ) indiquent un apport important de matière organique et minérale, en particulier au printemps. L'augmentation du nitrate et du phosphate, combinée à une forte consommation de silice ( $\text{SiO}_2$ ), suggère une croissance massive des diatomées en début de printemps, suivie d'une prolifération de micro-algues chlorophytes et cyanobactéries. Cette dynamique est confirmée par les concentrations

## CHAPITRE III. RÉSULTATS ET DÉCUSSION

---

---

élevées en chlorophylle a, dépassant les 8 mg/m<sup>3</sup>, valeurs typiques d'un état eutrophe à hypereutrophe.

L'assemblage phytoplanctonique identifié reflète clairement ce statut trophique élevé. La dominance de genres comme *\*Pediastrum\**, *\*Scenedesmus\**, *\*Chlorella\**, *\*Ceratium\**, *\*Oscillatoria\** et *\*Synedra\** constitue une signature biologique d'environnements surchargés en nutriments. L'absence d'espèces caractéristiques des milieux oligotrophes ou mésotrophes confirme le diagnostic d'un écosystème perturbé.

Par ailleurs, l'analyse de l'assemblage piscicole complète cette interprétation. La présence majoritaire de poissons tolérants tels que la carpe (*\*Cyprinus carpio\**), le carassin (*\*Carassius auratus\**) et l'ablette (*\*Alburnus alburnus\**), associée à la rareté ou l'absence d'espèces sensibles (ex. truite, brochet), traduit un déséquilibre écologique. La faible diversité spécifique et la dominance d'espèces opportunistes sont typiques des systèmes eutrophes où les pressions anthropiques (pollution, absence d'empeisonnement contrôlé) perturbent les équilibres naturels.

Les indices trophiques calculés sur plusieurs années (2019–2025) révèlent une tendance préoccupante. Le pic enregistré en 2023 (48,7) souligne une phase d'eutrophisation avancée, probablement liée à une intensification des apports en nutriments. Bien qu'une amélioration relative ait été observée en 2025 (37,6), les valeurs restent supérieures aux seuils écologiques critiques, appelant à des actions de gestion rapide et durable. Conclusion finale

Le barrage de Bouhamdane se situe à un carrefour écologique critique, entre résilience et vulnérabilité. L'ensemble des résultats suggère un écosystème encore fonctionnel mais soumis à des pressions croissantes.

Une gestion écosystémique intégrée, fondée sur le suivi régulier des paramètres physico-chimiques, trophiques, biologiques et piscicoles, s'avère indispensable pour préserver cet écosystème stratégique et prévenir les risques d'eutrophisation et de perte de biodiversité.

# **CONCLUSION**

L'étude du barrage Bouhamdane durant les saisons hivernale et printanière de 2025 a permis de mettre en évidence l'évolution des paramètres physico-chimiques, trophiques et biologiques de ce plan d'eau. Les résultats révèlent une dynamique saisonnière marquée, influencée par les variations climatiques et les apports anthropiques, avec des implications directes sur l'état écologique du milieu (Wetzel, 2001 ; Moss, 2010). La température a connu une hausse notable entre février et avril, traduisant le réchauffement progressif de l'eau sous l'effet du cycle saisonnier. Le pH, légèrement alcalin, reste compatible avec une bonne qualité d'eau, bien qu'un dépassement du seuil de 8 puisse modifier la biodisponibilité des nutriments, notamment le phosphore (Likens, 2009). La turbidité modérée a présenté des pics liés aux précipitations printanières, phénomène connue dans les systèmes lacustres influencés par les apports allochtones (Brönmark & Hansson, 2005). L'oxygène dissous est resté à des niveaux globalement favorables, malgré une baisse printanière qui pourrait être attribuée à l'activité microbienne accrue et à la dégradation de la matière organique (Chapman, 1996). La conductivité et la salinité ont confirmé le caractère d'eau douce du barrage, avec une légère élévation en avril probablement liée à l'évaporation (Kalff, 2002).

Sur le plan trophique, on observe une diminution des nitrates, signalant leur assimilation biologique par le phytoplancton, tandis que les phosphates ont présenté des variations traduisant des apports externes ou un relargage sédimentaire, souvent observés dans les systèmes eutrophes (Smith et al., 1999). La silice a chuté drastiquement, indicateur d'un bloom de diatomées, dont la consommation rapide de silice est bien connue (Reynolds, 2006). Les indices trophiques confirment un état allant de l'eutrophie à l'hyper-eutrophie, avec un risque accru de prolifération algale (Carlson, 1977), bien qu'une amélioration soit perceptible par rapport à 2019, ce qui pourrait traduire un début de régulation naturelle ou une baisse des apports. Le phytoplancton est dominé par les diatomées, accompagné d'espèces indicatrices d'eutrophisation telles que *Pediastrum* et *Chlorella*, fréquemment associées aux milieux enrichis (Komárek & Fott, 1983). L'ichtyofaune, dominée par des espèces tolérantes (carpe, carassin), traduit un état trophique élevé (Karr, 1981), mais la présence sporadique d'espèces sensibles comme l'anguille peut être interprétée comme un signe de résilience partielle du milieu.

Toutefois, des préoccupations subsistent : l'augmentation des nutriments, notamment les nitrates, combinée à la baisse de la silice, pourrait favoriser le développement de cyanobactéries, connues pour se développer dans les environnements où les diatomées ont épuisé la silice disponible (Paerl & Paul, 2012). Les apports d'origine agricole et urbaine, couplés à l'absence

d'empoissonnement structuré, influencent négativement la productivité et la biodiversité, comme le confirment plusieurs études sur les milieux lentiques impactés (Allan, 2004). Bien que le barrage montre des signes d'adaptation, il demeure vulnérable aux perturbations extérieures, d'où la nécessité de renforcer la surveillance des paramètres clés et de promouvoir une gestion intégrée du bassin versant. Cela inclut la réduction des apports en nutriments, la relance des programmes d'empoissonnement et l'implication active des usagers du plan d'eau dans une démarche de gouvernance partagée (MEA, 2005). Le barrage Bouhamdane illustre ainsi un système écologique à la fois actif et fragile, nécessitant une gestion fondée sur des données actualisées et une vision à long terme. L'extension du suivi aux saisons estivale et automnale, ainsi qu'une analyse approfondie des interactions entre les facteurs abiotiques et les communautés biologiques, permettraient d'améliorer la compréhension des dynamiques du milieu et de prévenir les déséquilibres futurs.

# **BIBLIOGRAPHIE**

**Bibliographie**

AGGOUNE, K., & BOUCHEMEL, N. (2019). \*Analyses des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux du barrage Bouhamdane de Hammam Debagh et des quatre forages de la nappe phréatique d'Oued El Maiz-Guelma\* Mémoire de master.spécialité.génie chimique.Guelma : Université 8 Mai 1945, Algérie, p. 47.

Allan, J. D. (2004). Landscapes and riverscapes: The influence of land use on stream ecosystems. \*Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics\*, \*35\*, P.P.257–284.

BENSEDIRA, S. (2020). \*Étude physico-chimique et bactériologique des eaux du barrage Bouhamdane de Hammam Debagh (Guelma)\* Mémoire de licence.spécialité.génie de la formulation.bouira : Université Akli Mohand Oulhadj, Bouira, P. P.52–53.

Bouchar, F. (2011). \*Mesure de salinité – Réalisation d'un conductimètre\* (Version 1.2). CNES / Tenum Toulouse / Mangotechno.

Boudjenah, M. (2002). \*Suivi de la qualité des plans d'eau : Proposition méthodologique pour les lacs et les réservoirs d'Algérie\*. Cemagref, Département Gestion des milieux aquatiques, Montpellier, France,P.P. 2–23.

Boudjenah, M. (2022). Méthode de diagnose rapide et application de deux méthodes d'estimation de la production du barrage de Boukourdane. \*ResearchGate\*, 7, P.P. 47–49.

Brönmark, C., & Hansson, L.-A. (2005). \*The biology of lakes and ponds\* (2nd ed.). Oxford :University Press.

Camargo, J. A., & Alonso, Á. (2006). Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: A global assessment. \*Environment International\*, \*32\*(6), P.P.831–849.

Carlson, R. E. (1977). A trophic state index for lakes. \*Limnology and Oceanography\*, \*22\*(2),P.P.361–369.

Chapman, D. (Ed.). (1996). \*Water quality assessments: A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring\* (2nd ed.). UNESCO/WHO/UNEP.

Chorus, I., & Bartram, J. (1999). \*Toxic cyanobacteria in water: A guide to their public health consequences, monitoring and management\*. World Health Organization.

- Directive Cadre sur l'Eau (DCE). (2000). \*Directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau\*. Texte officiel [en ligne].[consulté le 29/05/2025].disponible sur le web : <https://eur-lex.europa.eu>
- FAO. (2018). \*Vers une aquaculture durable en Algérie : Bilan et perspectives\*. Projet TCP/ALG/3602. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture.
- Kalff, J. (2002). \*Limnology: Inland water ecosystems\*. Prentice Hall.
- Karr, J. R. (1981). Assessment of biotic integrity using fish communities. \*Fisheries\*, \*6\*(6), P.P.21–27.
- Kerdoussi, A. (2010). \*Moule Perna perna peuplant le golfe d'Annaba : croissance, reproduction et qualité bactériologique\* (Mémoire de Magister). Université Badji Mokhtar, Annaba, Algérie, P.P. 150–151.
- Komárek, J., & Fott, B. (1983). \*Chlorophyceae (Grünalgen), Ordnung Chlorococcales\*. In H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig, & D. Mollenhauer (Eds.), \*Süßwasserflora von Mitteleuropa\* (Vol. 7). Gustav Fischer Verlag.
- Kraberg, A., Baumann, M., & Dürselen, C.-D. (2010). \*Coastal phytoplankton: Photo guide for Northern European seas\*. Verlag Dr. Friedrich Pfeil.
- Likens, G. E. (Ed.). (2009). \*Encyclopedia of inland waters\*.London : Academic Press.
- Louisiana Universities Marine Consortium. (2025, June 7). \*LUMCON's Guide to Phytoplankton – An online taxonomic guide\*[en ligne]. [consulté le 12/06/2025] .disponible sur le web : <https://phytoplanktonguide.lumcon.edu>
- MADR (Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural). (2022). \*Stratégie nationale pour le développement de l'aquaculture continentale 2021–2030\*. République Algérienne Démocratique et Populaire.
- Margalef, R. (1983). \*Limnología\*. Editorial Omega.
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment). (2005). \*Ecosystems and human well-being: Synthesis\*. Island Press.
- Meybeck, M., & Helmer, R. (1989). The quality of rivers: From pristine stage to global pollution. \*Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology\*, \*75\*(4), P.P.283–309.

- Moss, B. (2010). *\*Ecology of freshwaters: A view for the twenty-first century\** (4th ed.). London: Wiley-Blackwell.
- Nezan, E., & Piclet, G. (1996). *\*Guide pratique à l'usage des analystes du phytoplancton\**. Quadri Signe – Édition Alain Bargain.
- OECD. (1982). *\*Eutrophication of waters : Monitoring, assessment and control\**. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris.
- Padisák, J., Crossetti, L. O., & Naselli-Flores, L. (2009). Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: A critical review with updates. *\*Hydrobiologia\**, *\*621\**, P.P.1–19.
- Paerl, H. W., & Paul, V. J. (2012). Climate change: Links to global expansion of harmful cyanobacteria. *\*Water Research\**, *\*46\**(5), P.P.1349–1363.
- Reynolds, C. S. (2006). *\*The ecology of phytoplankton\**. Cambridge University Press.
- Reynolds, C. S., Huszar, V., Kruk, C., Naselli-Flores, L., & Melo, S. (2002). Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *\*Journal of Plankton Research\**, *\*24\**(5), P.P.417–428.
- Siano, R. (2007). *\*Suivi de la structure des communautés phytoplanctoniques par analyse pigmentaire (HPLC) – Projet PIANO\**. Agence de l'Eau Seine-Normandie. Données 2016–2017.
- Smith, V. H., Tilman, G. D., & Nekola, J. C. (1999). Eutrophication: Impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *\*Environmental Pollution\**, *\*100\**(1–3), P.P.179–196.
- Technologies, F. I. (2025, June 7). *\*Phytoplankton identification image & taxa guide\**. [En ligne].[consulté le 22/06/2025]. disponible sur le web <https://www.fluidimaging.com/plankton-identification-taxa-guide>
- Utermöhl, H. (1958). Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *\*Mitteilungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie\**, *\*9\**, P.P.1–38.
- Wetzel, R. G. (2001). *\*Limnology: Lake and river ecosystems\** (3rd ed.). Academic Press.
- WoRMS World Register of Marine Species. [En ligne] . [consulté le 28/06/2025]. Disponible sur le web : <https://www.marinespecies.org/>

## **BIBLIOGRAPHIE**

---

---

Zaghaba, N., Laraba, A., & Mohamed, M. (2018). Qualité des eaux brutes du barrage Hammam Debagh, Wilaya de Guelma (Nord-Est Algérien). \*Revue des Sciences et Technologies, Synthèse\*, \*37\*, P.P.114–115.

# **Annex I**

## **Annexes**





Cette recherche a permis d'observer et de consigner diverses espèces de poissons au niveau du barrage Bouhamdane, grâce aux opérations de pêche réalisées avec l'assistance des spécialistes de la Direction de la Pêche et de l'Aquaculture de la wilaya de Guelma.


### **Méthode de capture : pêche aux filets.**

La méthode de capture par filet, qui implique l'immersion d'un filet dans l'eau pour attraper des poissons, est une coutume ancestrale. Une fois que les poissons ont été capturés, le filet est ensuite remonté à la surface. Cette méthode, qui est employée depuis des centaines d'années, est toujours fréquemment mise en œuvre tant en environnements dulçaquicoles (eaux douces) que marins. Dans le contexte de cette recherche, on a utilisé des filets maillants de façon passive, c'est-à-dire en les maintenant en place pendant un laps de temps défini, dans le but de piéger les espèces se trouvant dans diverses régions écologiques du barrage. Cette méthode offre une représentation fidèle de la population de poissons locale à travers l'échantillonnage.



**Identification :**

Nom commun	Nom scientifique	Famille	Classe	Ordre	Photo
Carpe commune	<i>Cyprinus carpio</i>	Cyprinidae	Actinopterygii	Cypriniformes	
Carpe argentée	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	Cyprinidae	Actinopterygii	Cypriniformes	
sander	<i>Sander lucioperca</i>	percidae	Actinopterygii	Perciformes	
Barbeau	<i>Barbus barbus</i>	Cyprinidae	Actinopterygii	Cypriniformes	
Carpe royal	<i>Cyprinus carpio var.koi</i>	Cyprinidae	Actinopterygii	Cypriniformes	

Carpe a grande bouche	<i>Micropterus salmoides</i>	Centrarchidae	Actinopterygii	Perciformes	
Carassin	<i>Carassius auratus</i>	Cyprinidae	Actinopterygii	Cypriniformes	
Anguille	<i>Anguilla anguilla</i>	Anguillidae	Actinopterygii	Anguilliformes	
Ablette	<i>Alburnus alburnus</i>	Leuciscidae	Actinopterygii	Cypriniformes	

## **Annex II**



République Algérienne Démocratique et Populaire



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل

Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral

Département de Ressources Vivants

En vue de l'obtention du diplôme de :

Startup de l'arrêté ministériel n° 1275 Diplôme – Startup

Thème

**Développement de deux produits naturels pour l'aquaculture :**  
**Un purificateur d'eau et**  
**Un aliment écologique pour poissons**

Présenté par : Guettaf bouchra

Dirigé par : Mme Boughamou Naima

Soutenu le 07/07/2025 devant le jury composé des membres suivants :

Mme Boughamou naima Promotrice

Mme Saci Z Examinatrice du BMC

Mr Lourguioui H Modérateur

Année 2024-2025

# **Chapitre Préliminaire : Présentation de l'idée et des promoteurs**

## **Section 1 : Origine de l'idée**

Ce projet est né à la suite de mon travail de fin d'études intitulé :

Diagnostic bioécologique rapide et évaluation de la production du barrage Bouhamdane (Guelma)

Au cours de cette étude, j'ai observé de nombreux problèmes sur le terrain, notamment la mauvaise qualité de l'eau et l'absence d'alimentation saine pour les poissons dans les systèmes aquacoles.

Encouragée par inspirée par les besoins locaux, j'ai décidé de créer une solution innovante et naturelle, adaptée aux réalités algériennes.

## **Section 2 : Pourquoi ce choix ?**

Ce projet répond à deux enjeux majeurs :

1. **Environnemental** : offrir une alternative naturelle aux produits chimiques souvent utilisés en aquaculture.
2. **Économique** : valoriser des matières locales à bas coût (poudre de coquilles d'œufs, peaux de grenade, argile, etc.) et proposer un produit accessible aux petits producteurs.

Il s'agit d'un projet à impact local, durable et inspiré de la réalité du terrain.

## **Section 3 : Présentation des promoteurs**

Le projet est porté par une étudiante en Master en Sciences de la Mer (ENSSMAL), ayant une expérience dans les études écologiques sur le terrain. Elle est accompagnée par un enseignant-chercheur dans le cadre d'un projet académique validé et soutenu.

## **Section 4 : Parties prenantes**

- Les pisciculteurs locaux
- La Direction de la Pêche et des Ressources Halieutiques guelma
- Les coopératives rurales
- Les fournisseurs de matières premières locales

- Les institutions universitaires

## Section 5 : Business Model Canvas

<p><b>Partenaires clés</b></p> <p>ENSSMAL (soutien académique)</p> <p>Direction de la pêche</p> <p>Boutiques d'aquarium</p> <p>Livreur local ou partenaires logistiques</p>	<p><b>Activités clés</b></p> <p>Production artisanale Séchage, broyage, conditionnement</p> <p>Distribution locale</p> <p>Promotion sur terrain et en ligne</p>	<p><b>Proposition de valeur</b></p> <p>Produits 100 % naturels et écologiques</p> <p>Purificateur d'eau pour bassins et aquariums</p> <p>Aliment naturel pour poissons (riche en nutriments)</p> <p>Prix accessible, fabriqué localement</p>	<p><b>Relations client</b></p> <p>Essais gratuits pour premiers clients</p> <p>Fiches techniques avec explication d'utilisation</p> <p>Suivi personnalisé après achat</p> <p>Réponses rapides via réseaux sociaux</p>	<p><b>Segments de clients</b></p> <p>Pisciculteurs locaux</p> <p>Aquariophiles amateurs</p> <p>Coopératives de pêche</p> <p>Centres de formation en aquaculture</p>
<p><b>Structure des coûts</b></p> <p>Matières premières (argile, spiruline, etc.)</p> <p>Achat d'équipements de base</p> <p>Emballage et étiquettes</p> <p>Communication locale</p>		<p><b>Sources de revenus</b></p> <p>Vente d'aliment naturel (100g – 180 DA)</p> <p>Vente de purificateur (100g – 200 DA)</p> <p>Packs combinés et abonnements mensuels</p> <p>Commandes en gros pour coopératives</p>		

## Chapitre 1 : Étude marketing et Commerciale

### Section 1 : Étude de l'offre

#### 1.1 Présentation de la concurrence (Benchmark)

Le marché local ne propose actuellement que **des aliments industriels pour poissons**, souvent importés, enrichis en additifs chimiques, et coûteux pour les petits producteurs.

Il existe aussi quelques produits de traitement d'eau pour bassins, mais ils sont majoritairement **chimiques** ou non adaptés à l'aquaculture douce.

**Conclusion** : Il n'existe aucun concurrent local proposant un **produit 100% naturel, polyvalent**, à usage **aquacole**, et à **prix accessible**.

## 1.2 Gamme des produits offerts par les concurrents

Nos principaux concurrents offrent :

- Des **aliments granulés standards** (importés ou locaux)
- Des **produits chimiques pour la clarification de l'eau**
- Des **mélanges industriels riches en farines animales**

Aucun d'eux ne propose de :

- Produits à base de poudres végétales locales
- Systèmes d'amélioration de la qualité de l'eau **biodégradables**
- Produits combinés pour **nutrition + bien-être**

## Section 2 : Étude de la demande

### 2.1 Présentation de la problématique et des objectifs de la recherche

Au fil des observations de terrain et des discussions avec les pisciculteurs et techniciens de la Direction de la Pêche, deux problématiques majeures ont été identifiées :

- L'absence de **nourriture saine, naturelle et locale** pour les poissons.
- La **mauvaise qualité de l'eau**, souvent due à une charge organique excessive ou à l'absence de traitement naturel.

**Objectif du projet** : développer un **aliment 100% naturel** et un **purificateur d'eau écologique**, fabriqués localement, accessibles financièrement, et faciles à utiliser.

### 2.2 Présentation de l'échantillon

Une **enquête simplifiée** a été menée auprès :

- de 15 pisciculteurs locaux,
- de 3 vendeurs d'aquariums,
- de 2 enseignants-chercheurs.

**Résultat principal** : plus de 80 % ont exprimé leur intérêt pour des produits naturels, à condition qu'ils soient **fiables, accessibles, et testés**.

### 2.3 Analyse des données

- La majorité des répondants sont **insatisfaits** des produits actuels (coûts élevés, efficacité limitée).
- Une **curiosité croissante** est notée autour des solutions naturelles, surtout si elles sont issues de recherches universitaires.
- La **notion de produit local** est perçue positivement, notamment en milieu rural.

### 2.4 Taille du marché (Biscuit = remplace par ton produit)

Estimations (région de Guelma et environs) :

- 500 pisciculteurs en activité
  - 2 000 aquariums domestiques enregistrés
  - 100 coopératives rurales actives dans les zones humides

Marché potentiel estimé :

**+1 tonne/an** d'aliment naturel pour poissons

**+500 kg/an** de purificateur d'eau

### 2.5 Positionnement et cible

#### **Positionnement du produit**

Solution **naturelle, innovante, locale, et économique**.

#### **Cibles principales** :

- Petits pisciculteurs

- Fermes aquacoles en démarrage ex GARDEN PEPINIÈRE
- Particuliers possédant des aquariums
- Institutions éducatives / centres de formation aquacole

## 2.6 Analyse SWOT

<b>Forces</b>	<b>Faiblesses</b>
Produit naturel, sans chimie	Faible notoriété au début
Prix abordable	Capacité de production limitée
Matières premières locales	Manque de certification au lancement
<b>Opportunités</b>	<b>Menaces</b>
Tendance vers les produits éco	Produits importés fortement implantés
Demande croissante	Difficulté d'accès au financement
Soutien institutionnel possible	Copie du concept

## Section 3 : Stratégie Marketing

### 3.1 Présentation de la charte de notre entreprise

Notre entreprise adopte une **charte écoresponsable**, axée sur :

- la **valorisation des ressources locales**,
- le **respect de l'environnement aquatique**,
- la **promotion d'une aquaculture durable**,
- le **développement d'un produit artisanal fiable**.

**Valeurs fondamentales :**

- Écologie
- Accessibilité
- Innovation locale

- Qualité naturelle

### 3.2 Le produit et ses caractéristiques

#### **Produit 1 : Aliment naturel pour poissons**

- Forme : granulés ou petites billes sèches
- Ingrédients à la base de : spiruline, coquilles d’œufs, peaux de grenade
- Propriétés :
  - Favorise la croissance
  - Renforce la résistance des poissons
  - 100% naturel et sans additifs chimiques

#### **Produit 2 : Purificateur d’eau**

- Forme : poudre ou sachet filtrant
- Ingrédients à la base de : charbon d’olive, peau de grenade
- Propriétés :
  - Absorbe les métaux lourds
  - Réduit l’ammonium et les toxines
  - Clarifie l’eau des bassins/aquariums

### 3.3 Formules et prix

<b>Produit</b>	<b>Conditionnement</b>	<b>Prix de vente</b>
Aliment poisson naturel	100g / 500g	180 DA / 800 DA
Purificateur d’eau naturel	100g / 250g	200 DA / 450 DA

Prix accessibles pensés pour les petits producteurs.

### 3.4 Stratégie de communication (Promotion)

- Présence sur les réseaux sociaux (Facebook, Instagram)
- Participation à des forums aquacoles et événements universitaires
- Distribution d’échantillons gratuits lors des salons
- Création de dépliants et d’étiquettes explicatives

- Témoignages de premiers utilisateurs

### 3.5 Stratégie de placement

- Vente directe sur commande locale
- Réseau de bouche-à-oreille via les pisciculteurs
- Mise en place de points relais dans les magasins spécialisés
- Coopération avec la Direction de la Pêche et les coopératives

### 3.6 Stratégie de distribution

- Emballages recyclables et personnalisés
- Formats disponibles : 100g, 250g, 500g
- Livraison locale ou retrait sur site
- Possibilité de commandes groupées pour coopératives

## Chapitre 2 : Étude Technique

### Section 1 : Type de l'entreprise

L'entreprise envisagée est une **micro-entreprise artisanale** fondée sur l'utilisation de **matières premières locales** et la **fabrication manuelle** de produits pour l'aquaculture. Elle opère à petite échelle, avec une vision évolutive à moyen terme.

**Statut juridique envisagé** : auto-entrepreneur / micro-entreprise

**Lieu d'activité** : production domestique avec espace dédié

**Production en lots** selon la demande locale

### Section 2 : Caractéristiques du produit et du processus de fabrication

#### 2.1 Description du produit proposé

##### **Aliment naturel pour poissons**

Produit sous forme de petits granulés de 2 mm, riches en nutriments, fabriqués à partir de :

- Spiruline
- Coquilles d'œufs broyées
- Peaux de grenade

## **Purificateur d'eau naturel**

Produit en poudre ou en sachet filtrant, à base de :

- Charbon végétal (noyaux d'olive)
- Peaux de grenade

Ces deux produits sont sans additifs chimiques, biodégradables, et conçus pour être sûrs pour l'écosystème aquatique.

### 2.2 Description du processus de fabrication

#### **Étapes de fabrication de l'aliment :**

1. Séchage des ingrédients végétaux (si nécessaire)
2. Broyage fin à l'aide d'un mortier ou moulin
3. Mélange homogène des poudres
4. Ajout d'eau tiède pour former une pâte
5. Façonnage (tamis ou manuel)
6. Séchage à l'air libre ou au four < 50°C
7. Conditionnement en sachets

#### **Étapes pour le purificateur d'eau :**

1. Séchage puis broyage du charbon, de l'argile et des coquilles
2. Mélange homogène
3. Mise en sachets en coton ou en poudre directe

#### Le Conditionnement

- **Primaire** : sachets kraft ou plastiques recyclables, hermétiques, étiquetés
- **Secondaire** : boîtes ou cartons pour le transport
- **Tertiaire** : emballage groupé pour vente en gros (coopératives)

## **Résultats**

### **Purification de L'eau**

Paramètre mesuré	Avant traitement	Après traitement	interprétation
PH	6.1	7.2	Revenu à la norme
conductivité	1320	950	Diminuée
O2	3.2	5.8	Amélioration claire pour les poissons
turbidité	23	7	Eau clarifiée
NH4	1.2	0.4	Toxines réduites en dessous du seuil

### Teste d'aliment

22\*05\*2025

Aquarium 1 experience		Aquarium 2	
Poids	longueur	poids	longueur
3.8	6	5.2	7
5.9	7	4.2	6.5
3.4	6	4	6.5
2.1	5	4.3	6.5
4.1	6.5	3.7	6.5

03\*06\*2025

Aquarium 1 experience		Aquarium 2	
Poids	longueur	poids	longueur
4.7	7	7	8
7	8	5.1	7.5
5.1	7	5.8	7
2.8	5.6	6.1	7.5
5.4	7.2	5.1	8

### Section 3 : Moyens nécessaires au démarrage de l'activité

Équipement	Quantité	Coût estimé
Mortier / broyeur manuel	1	1 200 DA
Tamis maille fine (2 mm)	1	800 DA
Balance électronique	1	2 000 DA
Ustensiles (cuillères, bols)	5	1 000 DA
Four (basse température)	1	4 000 DA
Sachets d'emballage (lot 50)	-	1 500 DA

**Coût de lancement estimé : 10 500 – 12 000 DA**

### Chapitre 3 : Étude Économique et Financière

## Section 1 : Construction du Plan de Financement Initial

### 1.1 Les investissements

Poste d'investissement	Montant estimé
Équipements de production (broyeur, tamis, four...)	8 500 DA
Emballages et étiquetage	1 500 DA
Approvisionnement matières premières (test 5 kg)	3 000 DA
Charges diverses (transport, eau, énergie)	1 000 DA
<b>Total</b>	<b>14 000 DA</b>

### 1.2 Apport en capital et apports en compte courant d'associé

- **Apport personnel** : 100 % (auto-financement)
- Aucun associé ni actionnaire extérieur

### 1.3 Emprunts

- Aucun emprunt à cette phase du projet.
- Possibilité d'un financement ultérieur via dispositifs ANSEJ / CNAC ou concours d'innovation

## Section 2 : Compte de Résultat Prévisionnel (sur un mois – test de 10 kg)

Élément	Valeur estimée
Chiffre d'affaires (10 kg vendus)	18 000 DA à 20 000 DA
Coût matières premières	9 000 DA
Charges fixes (emballage, énergie, transport)	3 000 DA
<b>Résultat net estimé</b>	<b>6 000 DA à 8 000 DA</b>

Marge nette : **30 à 40%**

## **Performances économiques**

- Rentabilité rapide dès le 2<sup>e</sup> mois avec une production régulière.
- Capacité de production adaptable selon la demande.
- Coûts maîtrisés grâce aux ressources locales.

## **Endettement**

- Aucun endettement.
- Le projet reste autonome et peu risqué à petite échelle.

## **Indicateurs financiers**

- **Seuil de rentabilité** : atteint avec 5 à 6 kg vendus/mois.
- **Marge nette** : 30–40%
- **BFR** (besoin en fonds de roulement) très faible

## **Appréciation de la cohérence du financement**

Le projet présente une **cohérence financière élevée** :

- Investissement initial faible
- Risques limités
- Rentabilité rapide
- Possibilité de montée en échelle graduelle
- Adapté à une stratégie de test local avec extension progressive



## Résumé

L'évaluation de l'état trophique du plan d'eau à travers la méthode du diagnostic bioécologique rapide (DBR), a été effectuée dans le cadre de cette étude, au niveau du barrage de Bouhamdane, situé dans la wilaya de Guelma. La méthode utilisée s'appuie sur une étude intégrée qui associe les facteurs physico-chimiques, le taux de chlorophylle a, la structure du peuplement de phytoplancton et les regroupements de poissons observés pendant les saisons d'hiver (février-mars) et de printemps (avril) en 2025. Les résultats indiquent une propension marquée à l'eutrophisation, définie par : Des concentrations importantes en nutriments, particulièrement en  $\text{NO}_3^-$  et  $\text{PO}_4^{3-}$  ;

Une turbidité et une conductivité électrique élevées ; Une abondance de phytoplancton caractéristique des environnements eutrophes à hypereutrophes (genres *Pediastrum*, *Scenedesmus*, *Peridinium*, *Ceratium*, etc.) ; Au printemps, la concentration en chlorophylle est supérieure à  $8 \text{ mg/m}^3$ , principalement. Un peuplement de poissons dominé par des espèces tolérantes (comme la carpe et le carassin), avec une rareté d'espèces sensibles. L'étude comparative des stations observées (S1, S2, S3) a révélé de légères disparités spatiales, néanmoins, toutes aboutissent au même constat écologique. Pour résumer, cette recherche souligne la fragilité écologique du barrage Bouhamdane et insiste sur l'importance d'établir un programme de suivi environnemental régulier, fondé sur des bioindicateurs de confiance pour éviter une détérioration irréversible de l'écosystème.

## Abstract

This study was conducted at the Bouhamdane Dam in the Guelma province and aimed to assess the trophic state of the aquatic environment using the Rapid Bioecological Diagnostic (RBD) method. This integrative approach combines the analysis of physico-chemical parameters, chlorophyll-a concentration, phytoplankton community structure, and fish assemblages. The assessment was carried out during the winter (February–March) and spring (April) seasons of 2025.

The results reveal a clear trend toward eutrophication, as evidenced by:

- \* Elevated concentrations of nutrients, particularly  $\text{NO}_3^-$  and  $\text{PO}_4^{3-}$ ;
- \* Increased water conductivity and turbidity;
- \* Presence of phytoplankton species typical of eutrophic to hypereutrophic systems (e.g., *Pediastrum*\*, *Scenedesmus*\*, *Peridinium*\*, *Ceratium*\*);
- \* In spring, chlorophyll-a concentrations exceeding  $8 \text{ mg/m}^3$ ;
- \* Fish communities dominated by tolerant species (such as carp and crucian carp), with a scarcity of sensitive species.

The comparative analysis of the three sampling stations (S1, S2, S3) revealed minor spatial variations, yet all led to the same ecological conclusion.

In summary, this study highlights the ecological vulnerability of Bouhamdane Dam and emphasizes the need for a regular environmental monitoring program based on reliable bioindicators to prevent irreversible ecosystem degradation.

## ملخص

تمت هذه الدراسة على مستوى سد بوحامدان في ولاية قالمة، وتهدف إلى تقييم الحالة التغذوية للبيئة المائية عبر استخدام منهجية التشخيص البيئي الحيوي السريع (DBR)، التي تعتمد على تحليل شامل يجمع بين المؤشرات الفيزيائية والكيميائية، مستوى الكلوروفيل أ، تركيبة الفيتوبلانكتون، بالإضافة إلى التركيبة السمكية. وقد تم ذلك خلال موسمي الشتاء (فبراير-مارس) والربيع (أبريل) من سنة 2025. أظهرت النتائج وجود اتجاه واضح نحو التغذية الزائدة (الفرطية)، يتجسد في: زيادة ملحوظة في المواد الغذائية  $\text{NO}_3^-$  و  $\text{PO}_4^{3-}$

( $\text{NO}_3^-$ )؛ ارتفاع متزايد في توصيلية الماء وعاكسة المياه؛ تواجد أنواع من الفيتوبلانكتون النموذجي للأنظمة ذات التغذية الزائدة (*Pediastrum*، *Peridinium*، *Ceratium*، وغيرها)؛

خلال فصل الربيع، يتجاوز تركيز الكلوروفيل أ  $8 \text{ mg/m}^3$  بشكل خاص. تسود أنواع الأسماك المقاومة (مثل الكارب والكراسين) في حين تندر الأنواع الحساسة. أظهرت المقارنة بين المحطات الثلاث (S1)، S2، S3 اختلافات بسيطة، لكنها جميعاً تتفق على نفس التقييم البيئي. في الختام، تبرز هذه الدراسة ضعف النظام البيئي لسد بوحامدان، مما يستدعي إنشاء برنامج دوري للمراقبة البيئية، يعتمد على مؤشرات حيوية دقيقة، لضمانديمومة هذا المصدر المائي الأساسي