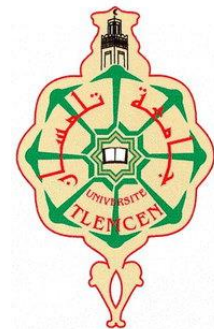


République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
UNIVERSITE de TLEMCEM
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie,
Et des Sciences de la Terre et de l'Univers



**Département
D'Écologie et environnement**

Laboratoire des Produits Naturels (LAPRONA)



MEMOIRE

Présenté par

Bouchikhi Ihsane

et

Hademrar Imane

En vue de l'obtention du

Diplôme de MASTER

En sciences de la mer

Thème :

Étude des Diatomées Épilithiques de l'Oued Tafna et du Barrage Boughrara

Soutenu le 23-06-2026, devant le jury composé de :

Présidente : Mme. BOUBLENZA Nesrine	M.C.B	Université de Tlemcen
Encadreur : Mr. NEHAR Benameur	M.C.A	Université de Tlemcen
Co-Encadreur : Mr. BELYAGOUBI Larbi	Professeurs	Université de Tlemcen
Examinatrice : Mme. BOUALI Wafa	Professeurs	Université de Tlemcen

Année universitaire : **2025-2026**

Remerciements

*En préambule à ce mémoire nous remerciant **ALLAH** qui nous aide et nous donne la patience et le courage durant ces longues années d'étude.*

Nos vifs remerciements vont aux membres du jury

Mme. BOUBLENZA Nesrine et Mme. BOUALI Wafa

Nous exprimons notre profonde gratitude à notre encadreur,

***Monsieur NEHAR Benameur**, pour son accompagnement, ses précieux conseils, sa disponibilité, sa patience et sa confiance tout au long de la réalisation de ce mémoire.*

Nous adressons également nos sincères remerciements au

***Professeur BELYAGOUBI Larbi** pour son soutien, ses orientations et l'intérêt qu'il a porté à notre travail.*

Nous tenons à remercier l'ensemble des professeurs du Département qui ont contribué à notre formation universitaire et nous ont transmis leurs connaissances et leur savoir-faire.

*Nos remerciements s'adressent également à l'**Administration du Barrage de Hammam Boughrara** pour son accueil et les facilités accordées lors de la réalisation de cette étude.*

*Nous remercions vivement l'**Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH)** ainsi que l'**Algérienne des Eaux (ADE)** pour leur collaboration et leur aide précieuse.*

*Nous exprimons également notre gratitude au personnel de **Station de Dessalement de l'Eau de Mer de Souk Tlata**, pour leur accueil, leur disponibilité et l'assistance apportée durant notre stage.*

Nous remercions enfin toutes les personnes qui nous ont aidés dans la réalisation des analyses, de l'identification des diatomées et de l'observation microscopique, ainsi que toutes celles qui ont contribué, de près ou de loin, à l'aboutissement de ce travail.

Enfin, on remercie tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.

Dédicace

À mes très chers parents,

Pour tous vos sacrifices, votre amour, votre tendresse, votre soutien indéfectible et vos prières qui m'ont accompagné tout au long de mon parcours universitaire, je vous dédie ce modeste travail avec une profonde gratitude et un immense amour.

Puisse Dieu le Tout-Puissant vous préserver, vous accorder une bonne santé, une longue vie et beaucoup de bonheur.

Je vous aime énormément.

À mes chères sœurs, Ratiba et Aïcha, pour leur affection, leurs encouragements et leur présence à mes côtés.

À ma chère tante Aïcha, pour sa bienveillance, son soutien, ses encouragements et son affection. Qu'elle trouve dans ce travail l'expression de ma profonde reconnaissance et de mon immense respect.

À mes chères amies, Yousra, Khawla, Asma, Rabiaa et khoulud, en témoignage de notre belle amitié et pour tous les moments de soutien, de partage et de motivation.

À toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Merci d'être toujours là pour moi

BOUCHIKHI Ihsane

Dédicace

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

{وَأَخِرُ دَعْوَاهُمْ أَنِ الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ}

À une âme qui n'a jamais connu la capitulation, et à une volonté qui a insisté pour graver son nom sur le front du succès... À celui qui a dit "Je suis capable" et l'a accompli, et à qui s'est relevé malgré les obstacles pour y parvenir.

À ceux dont les sacrifices m'ont permis d'atteindre ce rang, et dont la bénédiction a éclairé mon chemin:

À mon cher Père

À celui sur la solidité de qui je me suis appuyée lorsque les chemins ont vacillé, et mon sentier s'est alors redressé. À l'homme qui a honoré mon nom des plus beaux titres, qui m'a soutenue sans limites et m'a donné sans rien attendre en retour. Tu m'as appris que la vie est un combat dont la science et le savoir sont les armes. Je ne suis que le fruit de ton combat, et l'histoire d'un succès dont tu es le véritable héros... À ma fierté, mon honneur et mon refuge après Dieu.

À ma tendre Mère

À celle sans la bénédiction de qui je n'aurais jamais trouvé mon chemin, et sans le sacrifice de qui je n'aurais jamais atteint ce rang. À celle dont Dieu a placé le paradis sous ses pieds, qui m'a enveloppée de son cœur avant ses mains, et a adouci mes épreuves par ses prières bienveillantes qui devançaient chacun de mes pas. La bougie qui a illuminé mes nuits sombres, la source de ma force et de ma réussite... Je te dédie ce modeste travail, en reconnaissant que je ne serais rien aujourd'hui si tu n'avais pas été à mes côtés.

À mes Frères et Sœurs

À mes piliers inébranlables et la sécurité de mes jours, à ceux qui m'ont épaulée et ont été mes sources de réconfort. À mon soutien infailible depuis l'enfance, et à mes chères sœurs, la sérénité de mon cœur et les lumières qui illuminent notre demeure.

À mes honorables Enseignants

À ceux qui ont allumé en moi la flamme du savoir, qui m'ont transmis leur science pour en faire mon bagage, et qui ont été un soutien précieux tout au long de ce parcours.

Je vous dédie à tous cette réussite et le fruit de ce succès tant espéré... Et me voilà aujourd'hui, ayant accompli et finalisé ses premiers fruits grâce à Dieu Tout-Puissant. Louange à Allah pour ce qu'Il m'a accordé.

HADEMRRAR Imane

Liste des figures

Figure 1: photos des diatomées (Bacillariophyceae).....	5
Figure 2: Observation microscopique de <i>Navicula lanceolata</i> montrant le contenu cellulaire et la coquille siliceuse.	7
Figure 3: observation microscopique de Frustule d' <i>Eunotia sp.</i>	7
Figure 4 : Observation microscopique des structures et ornements de la frustule des diatomées (a) Stries (b-c) Ponctuations (d) Fibules (e) Stigma (f) Épines....	8
Figure 5 : Observation microscopique des diatomées centriques à symétrie radiale et des diatomées pennées à symétrie bilatérale.	8
Figure 6: Cycle de reproduction des diatomées montrant la reproduction végétative (mitose), la diminution progressive de la taille cellulaire et la restauration de la taille initiale par reproduction sexuée avec formation d'auxospores.....	10
Figure 7 : Emplacement du bassin versant de la Tafna et de ses barrages et des stations hydrométriques.	14
Figure 8: Réseau hydrographique de la Tafna	16
Figure 9 : Situation géographique du : Barrage de Hammam (Tlemcen)	20
Figure 10 : Variation des précipitations moyennes mensuelles de la station de Maghnia	21
Figure 11: Variations des Températures : moyenne, minimales et maximales de la station de Maghnia (2013-2023).....	22
Figure 12: Réseau hydrographique du bassin versant de H.BOUGHRARA. ..	24
Figure 13 : ACP des variables physico-chimiques.....	28
Figure 14.a: Distribution des états trophiques en fonction de la concentration moyenne en phosphore total du Barrage de Hammam Boughrara : (a)d'après l'équation	29
Figure 15: Carte de localisation de la zone d'étude montrant les différentes stations d'échantillonnage réparties le long de l'Oued Tafna et au barrage de Boughrara.	34
Figure 16: Photos originale du site d'échantillonnage de Ghâr Boumaâza.....	36
Figure 17: Photos originale du site d'échantillonnage de Tafsra.....	36
Figure 18: Photo originale du site d'échantillonnage d'Oued Khemis.	37
Figure 19:Photo originale du site d'échantillonnage de de Hadjret El Gatt.....	37
Figure 20: Photo originale du site d'échantillonnage de Sidi Mebarek.	38

Figure 21: Photos originale du site d'échantillonnage de Rachgoun.	38
Figure 22: Photos originaux du site d'échantillonnage du barrage de Boughrara.	40
Figure 23: Photos originales du prélèvement et de la conservation des échantillons sur le terrain.	42
Figure 24: Photos originales de la phase d'oxydation avec H_2O_2	43
Figure 25: Photo originale de la phase de traitement à l' HCl	44
Figure 26: Photos originales de la phase de centrifugations et de lavages successifs des échantillons.	44
Figure 27: Photos originales de la phase de dépôt sur lamelle.	45
Figure 28: Photos originales de la phase de montage au vernis à ongles transparent.	45
Figure 29: Photos originales de l'observation microscopique des diatomées	46
Figure 30 : Photo originale de l'étape de préparation des solutions mères.	49
Figure 31: Photos originales illustrant la préparation du milieu FDMed.	51
Figure 32: Photos originales illustrant la préparation du milieu FDMed.	52
Figure 33 : Photos originales de la culture des diatomées en milieu liquide.	53
Figure 34: Colorimètre	Figure 35: Indicateur de dureté 54
Figure 36: pH-mètre	Figure 37: Turbidimètre 54
Figure 38: Évolution de six paramètres clés du Barrage Boughrara entre février et mai 2026. Les lignes pointillées rouges représentent les seuils normatifs algériens applicables.	61
Figure 39: Nitrates (mg/L) aux quatre stations de l'Oued Tafna sur les quatre périodes d'échantillonnage. La ligne rouge correspond à la norme de 50 mg/L (OMS / norme algérienne).	63
Figure 40: Phosphore total (mg/L) aux quatre stations de l'Oued Tafna sur les quatre périodes d'échantillonnage	64
Figure 41: Distribution relative et abondance absolue des genres de diatomées (cumul tous sites et toutes dates)	68
Figure 42: Nombre de genres identifiés par site et par session. La chute d'avril illustre l'effet des crues sur les biofilms épilithiques.	69

Liste des tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques de Barrage Boughrara	25
Tableau 2 : Etats probabilistes trophiques de Hammam Boughrara selon les paramètres du système de classification simple	30
Tableau 3 : Coordonnées géographiques (latitude et longitude) des stations d'échantillonnage de l'oued Tafna et du barrage de Boughrara.	35
Tableau 4: Horaires des prélèvements réalisés en février 2026.....	39
Tableau 5: Horaires des prélèvements réalisés en février à juin 2026 au niveau de l'oued Tafna.....	39
Tableau 6: Horaires des prélèvements réalisés de février à juin 2026 au barrage de Boughrara	40

Table des matières

INTRODUCTION GÉNÉRALE:	1
Chapitre I :	1
Généralité sur les diatomées	1
1. Définition :	5
2. Critères de classification :	5
3. Structure :	6
4. Morphologie :	6
5. Reproduction :	9
6. Ecologie :	10
Chapitre II :	12
Zone d'étude	12
I. Bassin versant d'oued Tafna :	13
1- SITUATION GÉOGRAPHIQUE:	13
2-Climat:	14
3-Hydrographie du bassin:	15
4-Occupation du sol:	16
II. Barrage Boughrara :	19
1. Situation géographique de Barrage Hammam Boughrara :	19
2. Paramètres climatologiques	20
A / Précipitations	20

B/ Température	21
3. L'hydrographie du barrage Hammam Boughrara	22
4. Caractéristiques techniques :	25
5. Le problème de l'envasement	26
Les étapes du processus d'envasement	26
Le cas spécifique du barrage de Boughrara	26
Les facteurs d'influence (aggravants)	27
6. Le problème d'eutrophisation	27
7. Sources de pollution	31
Chapitre III :	33
Matériel et Méthodes	33
Zone d'étude :	34
Description et localisation des stations d'échantillonnage :	35
1. Echantillonnage et préservation :	41
2. Préparation des diatomées benthiques :	42
3. Culture des diatomées_Milieu FDMed (Freshwater Diatom Medium):	46
Stage pratique à la station de dessalement d'eau de mer de Souk Tleta :	53
1. Activités réalisées au laboratoire:	54
Chapitre IV.....	57
RÉSULTATS ET DISCUSSION.....	57

PARTIE I — RÉSULTATS	58
1. Analyses Physicochimiques du Barrage Boughrara.....	58
2. Analyses Physicochimiques de l'Oued Tafna	61
3. Inventaire Floristique des Diatomées Épilithiques.....	64
DISCUSSION	69
1. Caractéristiques physicochimiques du Barrage Boughrara	69
2. Qualité physicochimique de l'Oued Tafna	71
3. Analyse des communautés de diatomées épilithiques.....	72
CONCLUSION GÉNÉRALE	73
Références Bibliographie	75
RÉSUMÉ	Erreur ! Signet non défini.

Introduction

INTRODUCTION GÉNÉRALE:

Les eaux douces et les écosystèmes constituent un pilier essentiel du développement durable, de la sécurité alimentaire et de l'équilibre écologique. Cependant, ces écosystèmes fragiles sont soumis à des pressions liées aux activités humaines et aux fluctuations climatiques, ce qui a eu un impact négatif sur leur qualité et leur équilibre biologique. Compte tenu de la nécessité urgente de préserver ces milieux et de leur sensibilité, et plutôt que de se fier uniquement aux analyses physico-chimiques traditionnelles, des outils de bio surveillance ont été intégrés comme critère d'évaluation de l'état écologique.

Les diatomées(*Bacillariophyceae*), algues microscopiques majeures, sont d'excellents indicateurs biologiques aquatiques (Round et al, 1990). Présente une paroi siliceuse solide et une grande sensibilité aux nutriments, au pH et à la salinité (Van Dam et al, 1994) font que leur structure et diversité reflètent précisément les conditions environnementales du milieu aquatique.

Cette recherche s'inscrit dans le cadre de l'évaluation de la qualité de l'eau et de la biodiversité dans l'ouest de l'Algérie, en particulier dans le bassin du Tafna, considéré comme un système aquatique essentiel de la région, car il est exposé à des rejets domestiques, agricoles et industriels.

Sur le cours de cet oued se trouve le barrage de Hammam Boughrara, qui joue un rôle stratégique dans le stockage de l'eau destinée à l'irrigation et à la consommation. Il est toutefois confronté à des problèmes environnementaux liés au phénomène d'eutrophisation résultant de la rétention des nutriments, ainsi qu'à l'envasement rapide qui affecte sa capacité de stockage. (Taleb et al., 2004; Remini & Hallouche, 2017)

L'étude des diatomées dans ces deux milieux (l'environnement fluide de l'oued et l'environnement stagnant du barrage) permet de comprendre la réponse biologique des algues face à tout stress environnemental.

La qualité de l'eau et la biodiversité du bassin de Tafna sont influencées par l'interaction entre les facteurs hydrologiques naturels et les rejets polluants ; ces changements se manifestent lors du passage d'un milieu fluvial courant (oued) à un milieu stagnant (barrage).

Introduction

D'où la problématique fondamentale de cette recherche, qui soulève plusieurs questions :

- . Existe-t-il des différences morphologiques et physiologiques chez les diatomées lors de leur passage d'un milieu courant à un milieu stagnant ?
- . Comment les diatomées influencent-elles la qualité de l'eau ?
- . La culture et l'isolement de ces souches en laboratoire, dans des milieux spécifiques, peuvent-ils contribuer à la compréhension de leur nature écologique et de leur rôle biotechnologique ?

Pour répondre à cette problématique, le projet de recherche vise à atteindre plusieurs objectifs fondamentaux :

- Analyse physico-chimique : Cela consiste à identifier la qualité hydrochimique des eaux des stations choisies, en observant les variations spatiales et saisonnières des paramètres physiques, de la charge organique et des mouvements des nutriments (N, P, SiO₂).
- L'analyse des diatomées : Ce but consiste à effectuer une identification taxonomique et morphologique détaillée (par microscopie) des assemblages de diatomées (Bacillariophyceae) dépistés, afin de mettre en évidence les genres et les espèces prépondérantes dans la zone étudiée.
- Évaluation de la biodiversité : Cela implique l'examen de la structure, de la richesse spécifique et de la diversité des biocénoses diatomiques, en confrontant la composition des sites lotiques (cours d'eau) et lentiques (réservoir du barrage).
- L'établissement de la relation avec la qualité de l'eau : Ce volet inclut la mise en relation de la dynamique biologique des diatomées avec les facteurs environnementaux et physico-chimiques, dans le but de confirmer leur utilité comme bioindicateurs de la pollution organique et du niveau d'eutrophisation de cet écosystème.

Introduction

Afin de répondre aux problématiques posées, un plan de recherche a été élaboré, divisé en quatre chapitres principaux :

Le **premier chapitre est consacré à la s bibliographique sur les diatomées**, abordant leur taxonomie, morphologie...etc.

Le **deuxième chapitre présente la zone d'étude**, décrivant les caractéristiques hydrographiques et géographiques du bassin de la Tafna et du réservoir de Hammam Bouhrara.

Le **troisième chapitre détaille le matériel et les méthodes**, exposant les protocoles d'échantillonnage, les analyses physico-chimiques ainsi que les techniques de traitement acide et d'identification microscopique des diatomées.

Enfin, le **quatrième chapitre présente les résultats et la discussio**

Chapitre I :

Généralité sur les

diatomées

1. Définition :

Les diatomées ou *Bacillariophyceae*, sont des algues unicellulaires eucaryotes photosynthétiques qui jouent un rôle crucial dans les cycles des nutriments et de la matière organique au sein des océans. On estime qu'il existe plus de 150 000 variétés de diatomées, réparties dans les écosystèmes d'eau douce, saumâtre et marine, elles colonisent la quasi-totalité des habitats aquatiques de la planète (Hamed, 2023).

Les diatomées appartiennent à la classe des *Bacillariophyceae*. Elles sont rattachées à l'embranchement des *Ochrophyta* et à l'infra-embranchement des *Heterokonta*, au sein du sous-règne des *Harosa* et du règne des *Chromista*. Au sein de la chaîne trophique, les diatomées occupent une place prépondérante en tant que producteurs primaires dominants des milieux lotiques, lacustres et marins. Leur apport à la production primaire globale est estimé à environ 25 %, tandis qu'elles génèrent près de 45 % de la production primaire océanique totale. Cette influence biogéochimique massive en fait des piliers indispensables des cycles de l'ensemble des éléments biologiques. (Benameur, 2016).

Bien qu'essentiellement unicellulaires, les diatomées peuvent s'organiser en colonies filamenteuses ou en rubans. Leur pigmentation brun-doré caractéristique provient d'une concentration élevée en fucoxanthine, un pigment photosynthétique accessoire. Sur le plan écologique la diversité de leurs taxons et la persistance de leur paroi siliceuse (le frustule) en font des bio-indicateurs d'excellence pour l'étude des changements climatiques, de l'acidification des précipitations et de la qualité des milieux aquatiques (Nashima and Palanisamy, 2016).

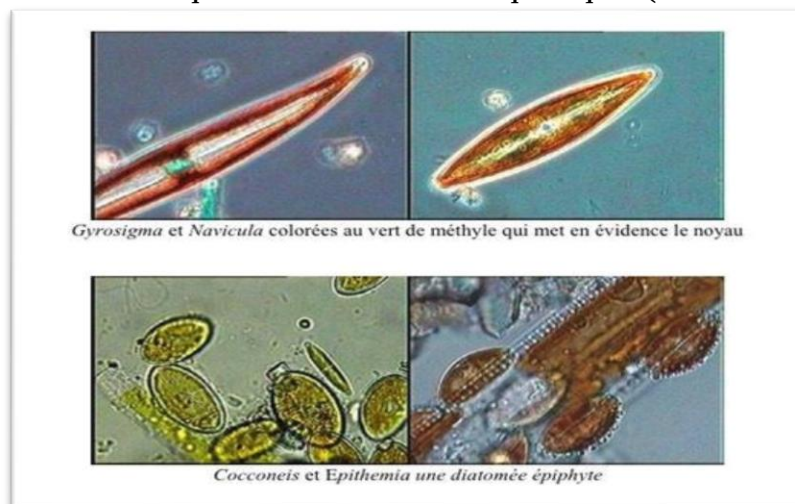


Figure 1: photos des diatomées (*Bacillariophyceae*)

(Zettam, 2017)

2. Critères de classification :

L'identification taxonomique des diatomées repose traditionnellement sur l'examen microscopique optique ou loupe binoculaire, des caractères morphologiques du frustule. Cette classification s'appuie prioritairement sur trois piliers : la géométrie et la symétrie générale de la valve, la structure et la densité des stries, ainsi que la configuration du raphé (présence, position et morphologie des extrémités). D'autres critères fins, tels que les ponctuations, les stigmates, les fibules, les côtes ou les épines, complètent ce diagnostic. Si un grossissement à l'immersion (1000x) permet d'isoler de nombreuses structures, l'observation des détails ultrastructuraux requiert souvent l'usage de la microscopie électronique à balayage (MEB) (Lira, n.d.)

3. Structure :

La taille des diatomées varie généralement entre 20 et 200 μm bien que certains spécimens puissent atteindre 2 mm. La caractéristique distinctive de ces algues unicellulaires réside dans leur paroi cellulaire rigide en silice hydratée, nommée frustule. Ce dernier est composé de deux valves emboîtées à la manière d'une boîte et de son couvercle : l'épithèque (la valve supérieure, plus grande) et l'hypothèque (la valve inférieure).

La partie latérale de l'épithèque, l'épicingulum, chevauche celle de l'hypothèque, l'hypocingulum.

Les ornements spécifiques à la surface des valves, ainsi que la géométrie globale du frustule, constituent les descripteurs fondamentaux pour la classification taxonomique assistée par ordinateur (Lira, n.d.).

4. Morphologie :

Les diatomées (*Bacillariophyceae*) sont des micro-algues unicellulaires eucaryotes dont la taille varie de quelques micromètres à plus de 500 μm . Elles se distinguent par leur frustule, un exosquelette siliceux (SiO_2) protégeant les organites cellulaires tels que noyau, chloroplastes, vacuoles et les mitochondries (Figure 2) ((Lavoie and Hamilton, 2008).

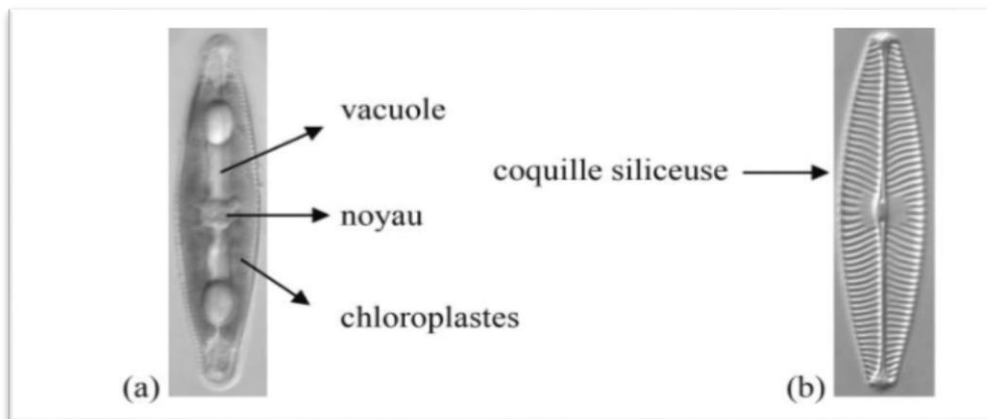


Figure 2: Observation microscopique de *Navicula lanceolata* montrant le contenu cellulaire et la coquille siliceuse.

(a) *Navicula lanceolata* avec contenu cellulaire.

(b) *Navicula lanceolata* sans contenu cellulaire. (Lavoie and Hamilton, 2008)

Le frustule des diatomées se compose de deux valves emboîtées, l'épivalve (partie supérieure) et l'hypovalve (partie inférieure), formant une structure rigide comparable à une boîte microscopique en verre (Figure 2). Ces deux éléments sont maintenus ensemble par des bandes intercalaires, également appelées ceintures connectives. La taxonomie de chaque espèce repose sur l'analyse de ses ornements spécifiques telles que les stries, fibules, ponctuations ou épines, stigma qui constituent des signatures morphologiques uniques (Figure 3) (Lavoie and Hamilton, 2008).

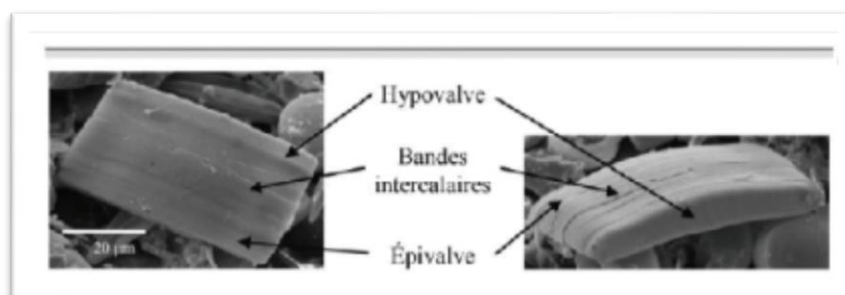


Figure 3: observation microscopique de Frustule *d'Eunotia* sp.

(Lavoie and Hamilton, 2008)

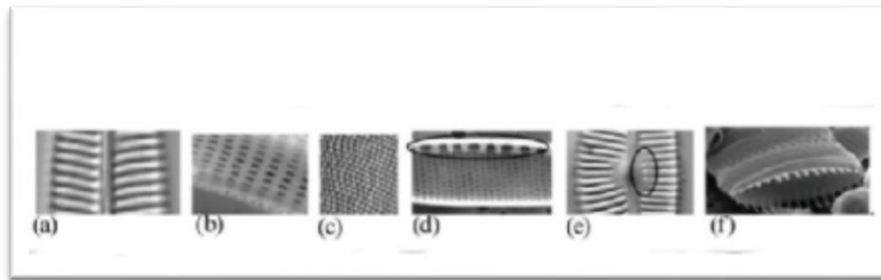


Figure 4 : Observation microscopique des structures et ornementsations de la frustule des diatomées (a) Stries (b-c) Ponctuations (d) Fibules (e) Stigma (f) Épines

(Lavoie and Hamilton, 2008)

Les archives fossiles indiquent que l'origine des diatomées remonte au Crétacé, soit il y a plus de 180 millions d'années. Morphologiquement, on distingue deux groupes principaux (Figure 4) : les diatomées centriques, caractérisées par une symétrie radiale, et les diatomées pennées, qui présentent une symétrie bilatérale (Lavoie and Hamilton, 2008).

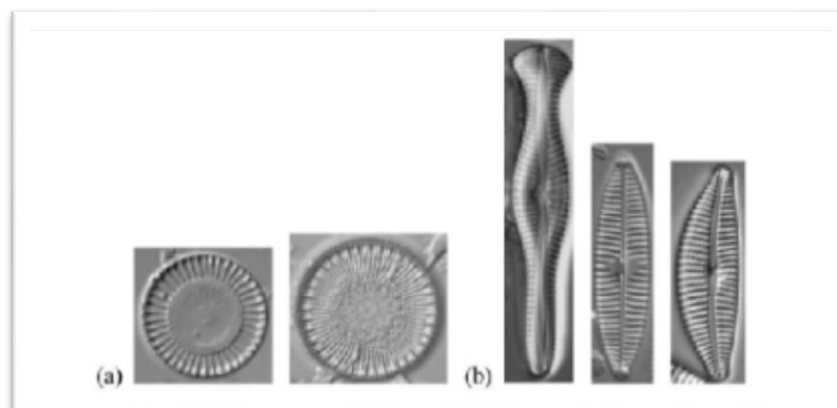


Figure 5 : Observation microscopique des diatomées centriques à symétrie radiale et des diatomées pennées à symétrie bilatérale.

(a) Diatomées centriques, symétrie radiale (*Cyclotella* spp.).

(b) Diatomées pennées, symétrie bilatérale (*Gomphonema* sp., *Navicula* sp., *Cymbella* sp.). (Lavoie and Hamilton, 2008)

5. Reproduction :

Le cycle biologique des diatomées est de type monogénétique diplophasique, étroitement corrélé aux contraintes morphologiques imposées par le frustule. Ce cycle se distingue par l'alternance entre une phase de prolifération végétative et une phase de reproduction sexuée, régies par les variations de la taille cellulaire.

La phase de multiplication végétative : Lors de la division cellulaire, la rigidité des thèques siliceuses impose une réduction progressive et inévitable de la taille moyenne des cellules au sein de la population (phénomène de MacDonald-Pfitzer).

La phase de restauration (Reconstitution de la taille) : Pour pallier cette diminution et éviter l'extinction de la lignée, la restauration d'une taille cellulaire optimale s'opère via deux mécanismes principaux :

La reproduction sexuée : Aboutissant généralement à la formation d'une auxospore, permettant de réinitialiser les dimensions initiales de l'espèce.

L'agrandissement cellulaire végétatif : Un processus alternatif d'expansion de la taille sans passage par la sexualité, observé exclusivement chez certains taxons spécifiques. (Sauvey, 2018).

La dynamique de reproduction des diatomées repose sur deux modes alternés. Le plus fréquent est la multiplication végétative : lors de la division cellulaire, les deux valves s'écartent et chacune génère une nouvelle hypovalve par dépôt de silice hydratée. Ce mécanisme engendre toutefois une réduction progressive de la taille moyenne au sein de la population. Pour compenser ce phénomène, la reproduction sexuée intervient lorsqu'un seuil dimensionnel critique est atteint, permettant ainsi la restauration de la taille initiale des individus. Ce cycle, dont les modalités diffèrent entre les diatomées centriques et pennées, aboutit généralement à l'auxosporulation (formation d'une auxospore), phase de croissance cruciale pour la pérennité de l'espèce. (Rumeau and Coste, 1988)

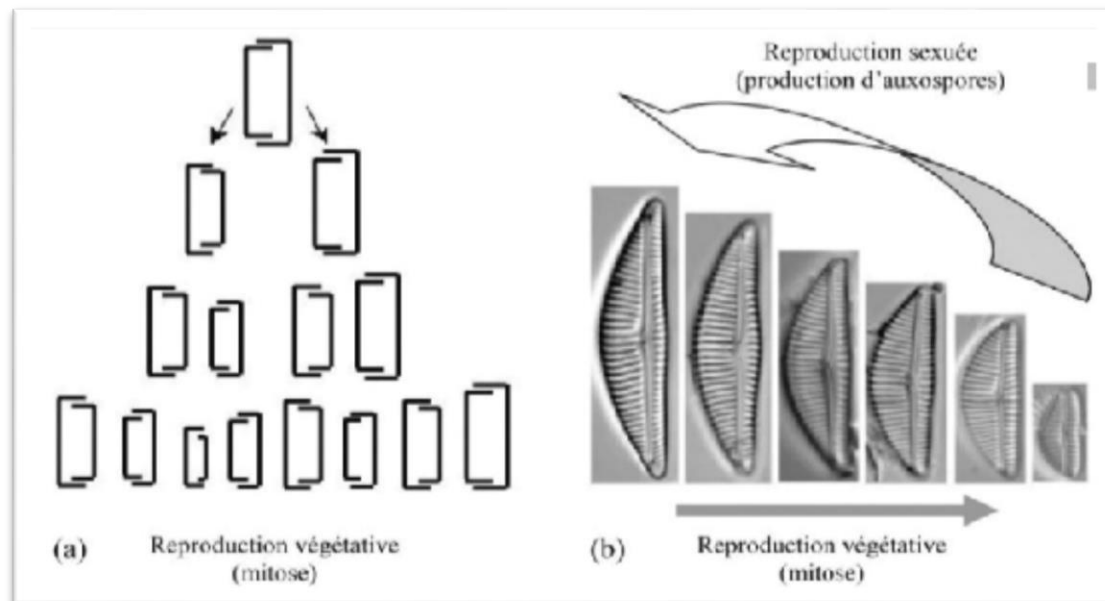


Figure 6: Cycle de reproduction des diatomées montrant la reproduction végétative (mitose), la diminution progressive de la taille cellulaire et la restauration de la taille initiale par reproduction sexuée avec formation d'auxospores.

(a) Reproduction végétative : chaque division conserve une cellule de même taille que la cellule-mère et produit une cellule plus petite.

(b) Réduction progressive de la taille de l'espèce. Une reproduction sexuée, par la production d'auxospores, permet de rétablir la taille maximale de l'espèce.

(Lavoie and Hamilton, 2008)

6. Ecologie :

Les diatomées colonisent la quasi-totalité des écosystèmes aquatiques, depuis les océans jusqu'aux sources d'altitude. Outre leur contribution majeure au cycle du carbone déjà mentionnée, elles jouent un rôle tout aussi crucial dans le cycle biogéochimique de la silice. Elles présentent également une plasticité écologique remarquable : certaines espèces dites aérophiles occupent des habitats terrestres

humides tels que les mousses, les sols, les parois de grottes ou encore la cryosphère (neige et glace). Dans les eaux continentales, leur présence s'étend des systèmes lotiques (sources, rivières, estuaires) aux milieux lenti-ques (lacs, étangs, réservoirs de barrages) (Keck, 2016).

Chapitre I : Généralité sur les diatomées

La structure des communautés de diatomées est étroitement régulée par les variables physico-chimiques du milieu. Parmi les facteurs abiotiques prédominants, la vitesse du courant, l'éclairement (essentiel à l'activité photosynthétique) et le pH jouent un rôle déterminant. De même, la disponibilité en nutriments (azote et phosphore) ainsi que la charge en matière organique influencent fortement leur dynamique. Sur le plan trophique, bien que la majorité soit autotrophe, de nombreuses espèces font preuve d'une hétérotrophie facultative. Il existe par ailleurs de rares taxons apigmentés qualifiés d'hétérotrophes obligatoires. (Keck, 2016)

Chapitre II :

Zone d'étude

Présentation de la zone d'étude:

I. Bassin versant d'oued Tafna :

1- SITUATION GÉOGRAPHIQUE:

Le bassin versant de la Tafna, situé au Nord-Ouest du territoire algérien, s'étend sur la totalité de la wilaya de Tlemcen sur une superficie de 7245 km². Selon la nouvelle structuration des unités hydrologiques en Algérie, le bassin versant de la Tafna appartient à l'ensemble de l'Oranie –Chott Cherguie. Globalement, le bassin versant peut être subdivisé en trois grandes parties:

- partie orientale avec comme principaux affluents l'Oued Isser et l'Oued Sikkak).
- partie occidentale comprenant la Haute Tafna (oued Sebdou et oued Khemis) et l'oued Mouilah.
- partie septentrionale : elle débute pratiquement au village de Tafna et s'étend jusqu'à la plage de Rachgoune, embouchure de la Tafna sur la mer. Les oueds Boukiou, Boumessaoued et Zitoun sont les principaux affluents de cette partie.

Les plaines du bassin de la Tafna s'étendent aux pieds des monts de Tlemcen, en avant des massifs de Traras et du Tessala ; elles sont entourées de massifs aux reliefs élevés, qui dessinent un édifice régulier, essentiellement constitué de terrains mésozoïques et cénozoïques.

Les monts des Traras au nord-ouest dressent une barrière entre le bassin et la mer, ils correspondent à une série de crêtes de direction NE – SW culminant à 1136 m au djebel Fillaoucène (Kholkhal et Dinedane, 2021).

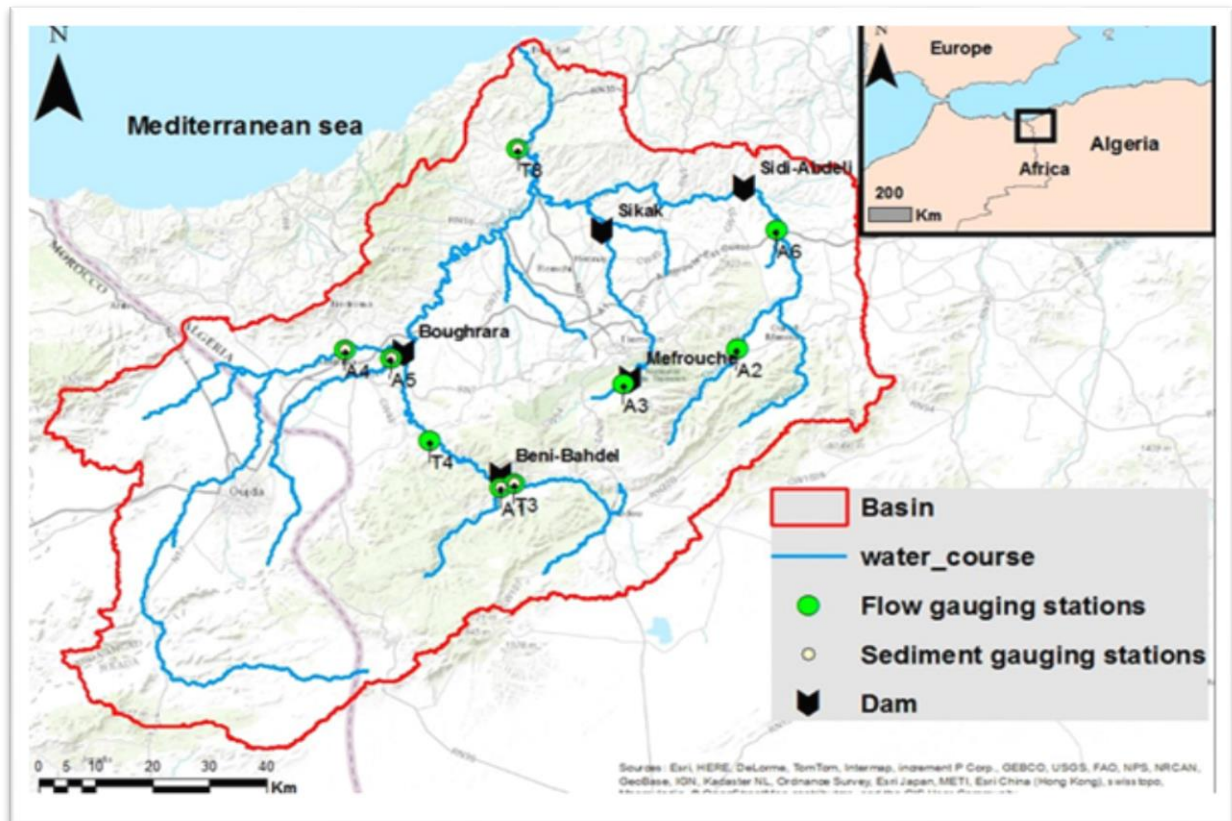


Figure 7 : Emplacement du bassin versant de la Tafna et de ses barrages et des stations hydrométriques. (BELARBI Fadila, 2018)

2-Climat:

Le climat de la Tafna est semi-aride de type méditerranéen. Il est influencé essentiellement par les dépressions atmosphériques d'origine atlantique et méditerranéenne qui traversent le détroit de Gibraltar. La température moyenne annuelle est d'environ 15 °C. Les deux mois les plus chauds sont juillet et août avec une température moyenne de 26 °C. La Tafna se manifeste par des vents d'Ouest humides vers le nord du bassin. Les hauts plateaux sont soumis aux vents secs du Nord et de l'Est. Les précipitations sont inégalement réparties, les zones les plus arrosées sont celles en montagne avec 400–450 mm (Kholkhal et Dinedane, 2021).

3-Hydrographie du bassin:

L'oued Tafna est un cours d'eau de 170 km de long. Il prend sa source dans les Monts de Tlemcen. Le cours de cet oued peut se subdiviser en trois parties : la haute Tafna, la moyenne Tafna et la basse Tafna.

- **la haute Tafna** : l'oued prend naissance dans les Ouled Ouriach et s'affirme après la jonction d'un grand nombre de ramifications creusées dans les terrains jurassiques et qui descendent de crêtes atteignant 1500 m. Ces ramifications se réunissent aux environs de Sebdou à une altitude d'environ 900 m. À partir de cet endroit et jusqu'à Sidi Medjahed, l'oued suit un cours dans une vallée encaissée creusée dans les terrains jurassiques. Dans cette région montagneuse, l'oued Tafna reçoit l'oued Khemis (rive droite) et l'oued Sebdou (rive gauche).

- **la moyenne Tafna** : à partir de Sidi Medjahed, l'oued pénètre dans le bassin tertiaire et coule dans une vallée peu profonde dans des terrains plus ou moins argileux, cette partie du bassin tertiaire est sillonnée par de nombreux affluents parmi lesquels certains sont importants :

- Sur la rive gauche: les affluents sont moins importants que sur la rive droite, seul l'oued Mouilah qui prend naissance au Maroc est remarquable par son parcours et son débit. L'oued Boukiou, moins important, prend naissance dans les monts des Traras pour rejoindre le cours de la Tafna dans la plaine des Ghossel.

- Sur la rive droite: la Tafna reçoit l'oued Boumessaoud, l'oued Zitoun et enfin l'oued Isser, affluent le plus important par son long parcours que par son fort débit. L'oued Isser prend naissance dans les terrains jurassiques, des monts de Tlemcen, et s'étend ainsi vers l'Est de la région de la haute Tafna. À son entrée dans le bassin tertiaire, il est grossi au nord d'Ouled Mimoun par l'oued Lakhdar (Ex. : Chouly) (rive gauche) et l'oued Aïn Tellout (rive droite). Au nord de la plaine d'Ouled Mimoun, il traverse la petite plaine d'El Fehoul. À l'extrémité occidentale de cette plaine, il reçoit sur la gauche un cours d'eau assez important : l'oued Sikkak, descendant du plateau de Terny.

-la basse Tafna: le cours inférieur de la Tafna s'étend depuis les gorges de Tahouaret vers le village de Pierre Chat jusqu'à la plage de Rachgoune en mer Méditerranée, sur une distance de 20 km. Dans le cas de la Tafna, la taille importante du bassin versant (7245 km²) et même celle des bassins partiels contrôlés par des stations hydrométriques ainsi que sa complexité géologique rendent une telle étude fort délicate. Aussi, l'échelle de travail adoptée correspondant au 1/200000 ne permet pas une grande précision dans la détermination des paramètres morphométriques en question. C'est pourquoi, nous nous limiterons à quelques caractéristiques physiques susceptibles de décrire le bassin en général et ses diverses unités tout en les comparant entre elles, sans pour autant prétendre en tirer des conclusions exhaustives. (BELARBI Fadila, 2018)

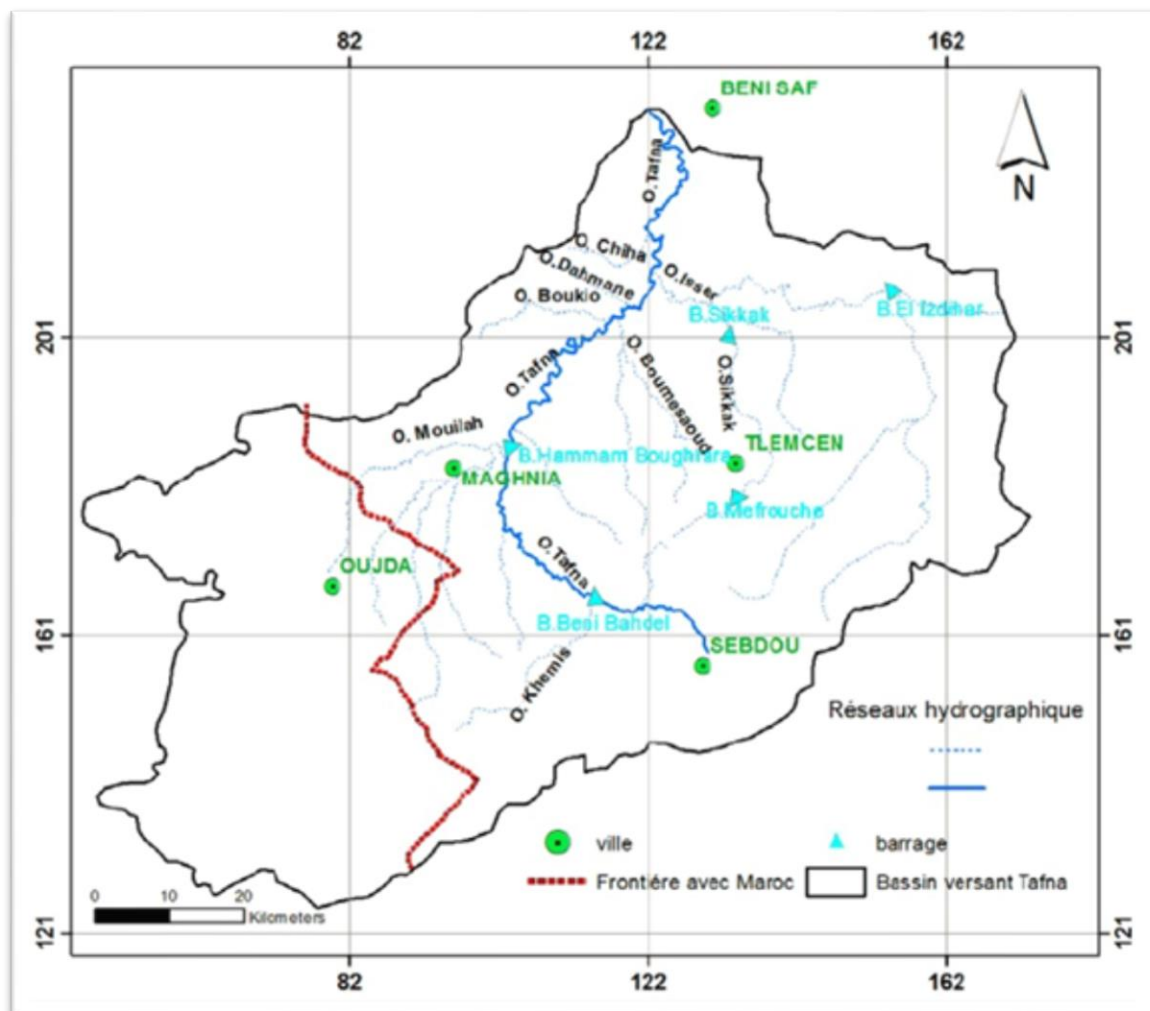


Figure 8: Réseau hydrographique de la Tafna.

(BELARBI Fadila, 2018)

4-Occupation du sol:

SOLS ET VÉGÉTATION Les sols du bassin de la Tafna sont composés de quatre grands ensembles :

- les terres d'alluvions qui recouvrent les basses terrasses et les lits majeurs des oueds,
- les terres caillouteuses aux piémonts des monts de Tlemcen et des Traras,
- les terres rouges à encroûtement, localisées dans les plaines de Maghnia et Ouled Riah,
- les terres marneuses, couvrant une grande partie de la région de Tlemcen.

La végétation détermine la rapidité du ruissellement, le taux d'évaporation et la rétention du bassin. Sa présence agit donc comme un « régulateur » du régime d'écoulement.

L'occupation végétale a une influence directe sur l'écoulement fluvial, ainsi que sur les facteurs orographiques et climatiques. La résistance à l'écoulement augmente avec la densité du couvert végétal. Ce rôle de la forêt est considérable dans le régime des eaux en domaine méditerranéen. Le paysage végétal du bassin de la Tafna a été largement dégradé et défriché en montagne, principalement par les incendies, la petite agriculture extensive et un surpâturage endémique. Cette dégradation a entraîné une perte d'eau par évaporation et une accélération de l'érosion.

Dans les bassins d'étude, Sebdou, Mouilah, Isser et Sikkak, à l'exception du périmètre organisé de Maghnia, les aires d'irrigation sont localisées essentiellement dans la plaine d'Hennaya et au niveau des vallées des oueds tels que oued Isser et oued Saf Saf affluent du Sikkak. Les cultures pratiquées sont dominées par des cultures maraîchères et quelques vergers d'agrumes et d'arbres fruitiers. Les forêts, les maquis et les broussailles occupent pratiquement toute la bande des monts de Tlemcen et une partie des monts des Traras.

Chapitre II :Zone d'étude

Pour la distribution du couvert végétal par bassin, nous avons rassemblé et classé les diverses formes de culture de la façon suivante :

- **Cultures extensives** : elles rassemblent toutes les cultures annuelles telles que les céréalicultures, les cultures maraîchères et l'association entre l'arboriculture et le maraîchage.
- **Couvert forestier dégradé** : sont rassemblés sous ce thème les maquis et les forêts clairs, les zones en cours de reboisement, les forêts et les maquis dégradés par l'utilisation excessive du sous-sol forestier, le pâturage sauvage et irrationnel compromettant la rénovation, le déboisement intégral pour installer d'autres cultures et les effets des incendies.
- **Couvert forestier normal** : représenté essentiellement par les forêts et les maquis denses n'ayant subi aucune dégradation que ce soit par l'action de l'homme (pâturage sauvage, déboisement) ou par l'effet des incendies.
- **Arboriculture** : représentée principalement par les vignobles et l'olivieraie, et les agrumes, vergers et murs en quantité inférieure.
- **Couvert mort** : sont désignés par ce terme tous les terrains sur lesquels n'est présente aucune forme de végétation ou de culture utilisable, rendus nus par l'érosion ou par d'autres formes de dégradation.
- **Prairies et terrains de parcage** : représentés par les surfaces qui sont utilisées pour la plupart en pâturage direct des animaux, les terres occupées par l'alfa et la lavande. (BELARBI Fadila, 2018)

II. Barrage Boughrara :

L'Algérie est confrontée à une grave pénurie de ressources en eau qui s'aggrave avec l'augmentation rapide des besoins.

Cette croissance vient de l'explosion démographique, du développement industriel et agricole, ainsi que de la sécheresse. Pour y faire face, la construction de barrages apparaît comme la meilleure solution. Bien qu'ils soient essentiels pour garantir l'approvisionnement en eau en toute saison, il faut surveiller et protéger la qualité de l'eau face à diverses sources de pollution, notamment les activités humaines telles que l'agriculture, l'industrie et les déchets urbains. (Bouزيد-Lagha, S. et Djelita, B, 2012)

1. Situation géographique de Barrage Hammam Boughrara :

Le barrage de Hammam Boughrara, qui est un barrage en terre, est situé aux coordonnées géographiques suivantes : latitude 34° 53' 10" Nord et longitude 1° 38' 56" Ouest. Il se trouve sur le cours d'eau de la "Tafna", à 13 km à l'est de la ville de Maghnia, dans l'ouest de l'Algérie, plus précisément au point de confluence de la rivière "Mouillah" et de l'oued "Tafna".

Mis en service officiellement en 1999 avec une capacité initiale de 177 millions de mètres cubes, le barrage a pour objectif d'alimenter les villes d'Oran et de Maghnia en eau potable. Il retient les eaux de surface provenant du bassin versant de l'oued Mouillah (2 000 km²), partagé entre l'Algérie et le Maroc. La majeure partie de ce bassin est constituée des plaines d'Anngad (Oujda, Maroc) et des plaines de Zeïga (Maghnia, Algérie). L'objectif principal du barrage est de répondre aux besoins en eau potable des villes d'Oran (33 millions de m³) et de Maghnia (17 millions de m³), tandis que d'autres volumes sont alloués à l'irrigation (9 millions de m³). (Benchaba Leila, 2023).

En raison de la sécheresse qui sévit dans la région depuis deux décennies, le flux permanent de l'eau a disparu et les cours d'eau se sont transformés en déversoirs d'eaux usées (eaux d'égout), ce qui a entraîné des répercussions négatives directes sur l'environnement et sur la qualité des ressources en eau de ce barrage.

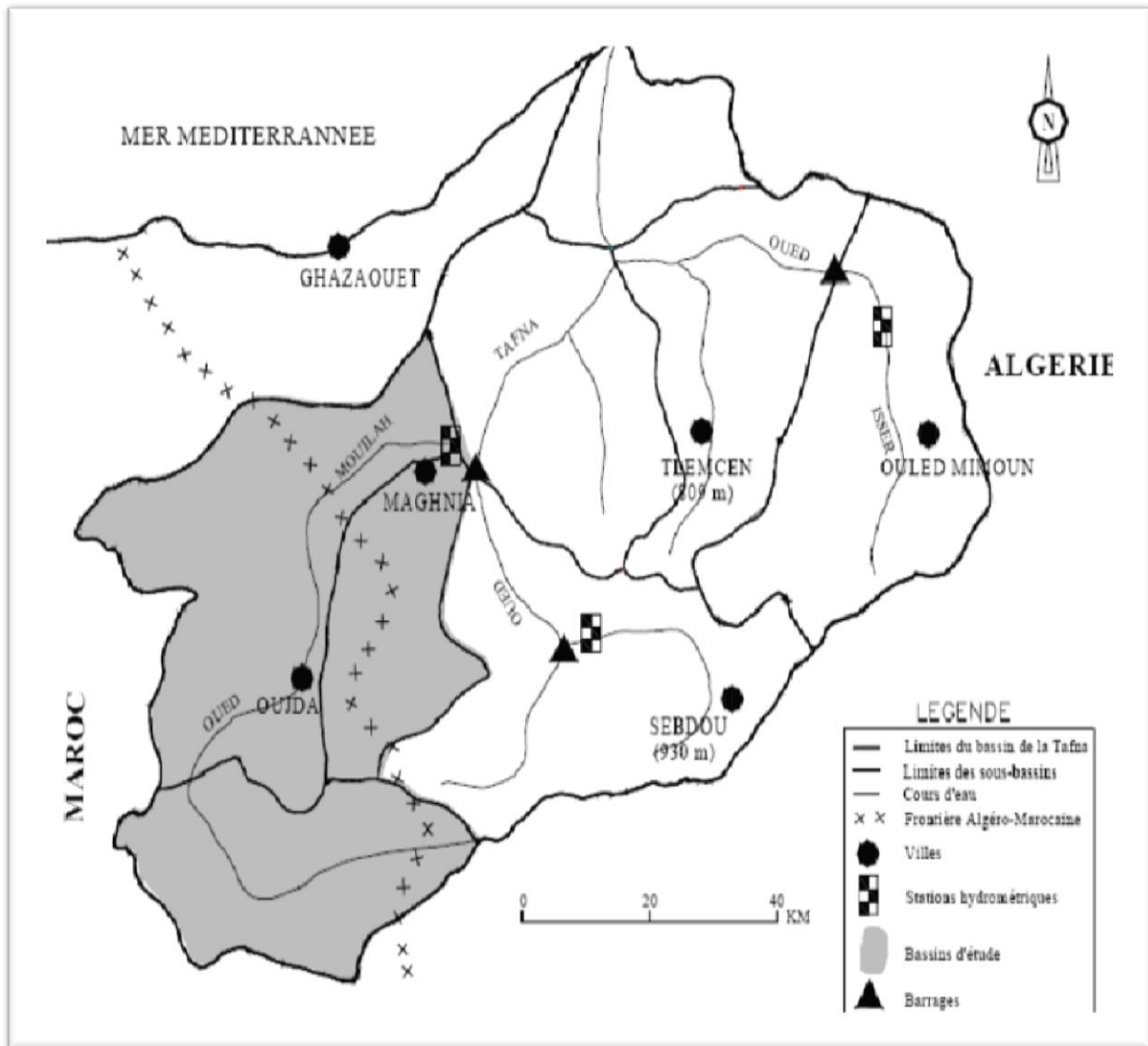


Figure 9 : Situation géographique du : Barrage de Hammam (Tlemcen)

(Bouزيد-Lagha, S. et Djelita, B, 2012)

2. Paramètres climatologiques

A / Précipitations

Les précipitations jouent un rôle essentiel, car c'est leur volume qui détermine la disponibilité de l'eau pour les plantes. Dans ce contexte, la quantité de précipitations est un élément essentiel pour déterminer le type de climat d'une région. De plus, les variations annuelles des précipitations ont une influence directe sur l'étendue de la couverture forestière, ainsi que sur l'apparition et la propagation des espèces arbustives. La quantité de précipitations a également un

impact direct sur la couverture végétale et le sol et est considérée comme le principal facteur déterminant du climat.

Le graphique illustre les variations des précipitations moyennes à la station de Maghnia pour la période comprise entre 2013 et 2023, en mettant en évidence les mois les plus pluvieux et les plus secs. Le mois de mai a enregistré le plus fort taux de précipitations avec 43,72 mm, suivi de près par le mois de janvier. À l'inverse, le mois de juillet enregistre le niveau de précipitations le plus bas, avec seulement 0,712 mm. (Gherbi Cherifa, 2025).

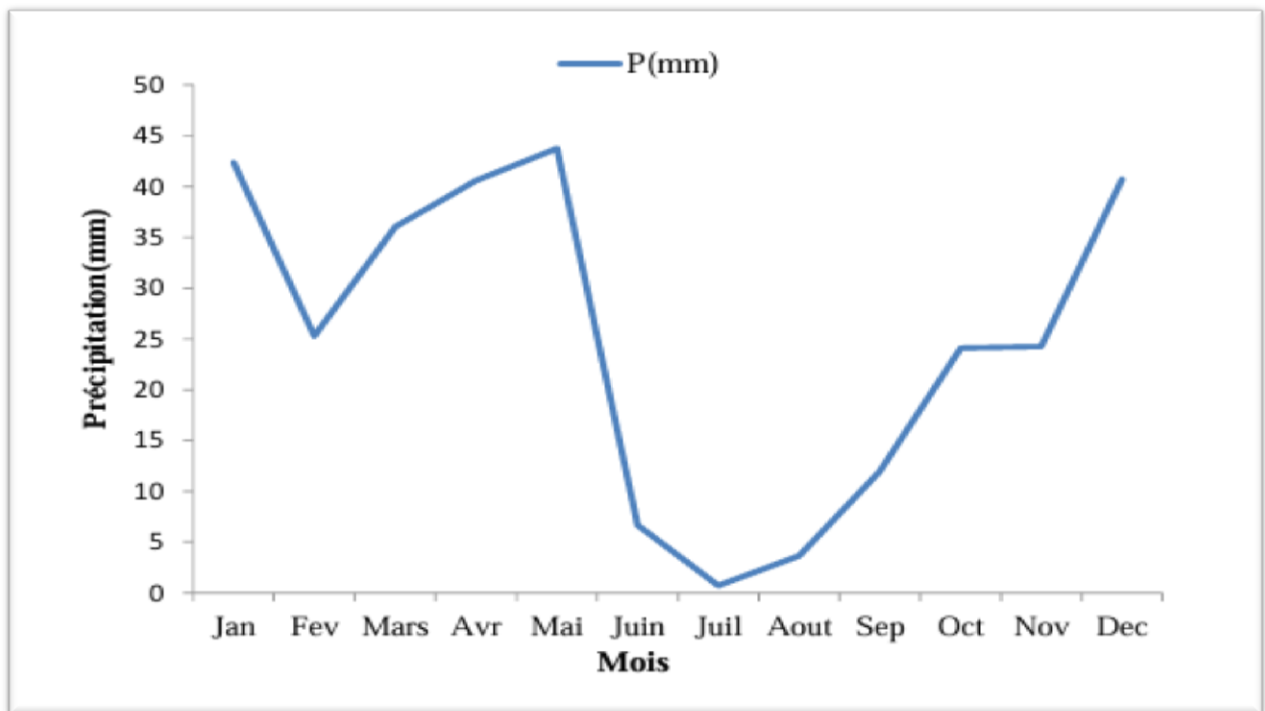


Figure 10 : Variation des précipitations moyennes mensuelles de la station de Maghnia (2013-2023). (Gherbi Cherifa, 2025)

B/ Température

La température ne doit pas être considérée comme une simple grandeur physique, mais aussi comme une caractéristique distinctive de l'atmosphère. Les mécanismes d'érosion des roches sont influencés par la température. Celle-ci joue également un rôle dans les processus d'évaporation, qu'ils soient physiques ou physiologiques, influence les régimes hydrologiques des cours d'eau et impose aux organismes vivants des limites de répartition plus ou moins strictes. La température joue un rôle déterminant en tant que facteur limitant, car elle régit les processus métaboliques et influence ainsi la répartition générale des

espèces et des communautés biologiques dans la biosphère. Le graphique illustre les fluctuations des températures mensuelles moyennes sur la base des valeurs maximales et minimales enregistrées à la station de Maghnia pour la période allant de 2013 à 2023. On constate que la température mensuelle moyenne (T) s'élève à 32,85 °C, la température maximale moyenne (TM) à 39,6 °C et la température minimale moyenne (Tm) à 20,52 °C. Ces valeurs sont principalement enregistrées au cours du mois de juillet. (Gherbi Cherifa, 2025).

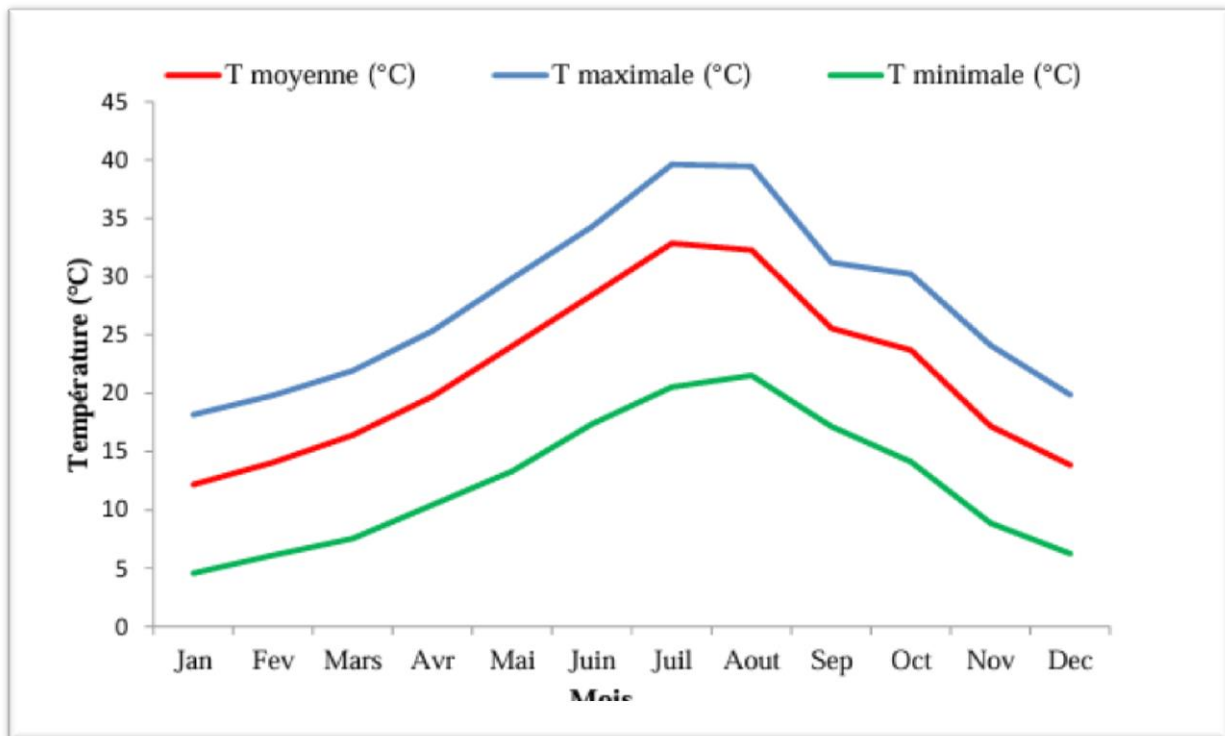


Figure 11: Variations des Températures : moyenne, minimales et maximales de la station de Maghnia (2013-2023). (Gherbi Cherifa, 2025)

3. L'hydrographie du barrage Hammam Boughrara

Le bassin de Hamam Boughra est situé au sud-ouest de la province de Tlemcen. Il couvre une superficie totale de 2 950 km², avec un cours d'eau principal s'étendant sur 124 km, dont l'altitude maximale atteint 1 625 mètres, tandis que l'altitude au niveau du barrage est de 251 mètres. Pour faciliter l'analyse, ce bassin a été divisé en deux sous-bassins principaux.

Ce bassin comprend un réseau hydrographique s'articulant autour de deux cours d'eau principaux :

- L'Oued Tafna : son débit moyen est de 58,5 m³/s au barrage ; ce débit inclut les quantités rejetées pendant les périodes de vidange à sec, les pertes dues aux fuites dans le réservoir du barrage de Beni Bahdel, les sources présentes, ainsi que les apports du sous-bassin de la rivière Tafna et de ses affluents. Ce sous-bassin s'étend sur une superficie de 252 km² (entre la station de mesure hydrométrique et le barrage de Beni Bahdel), présente un débit qui varie beaucoup et demeure faible. Il est propulsé par les oueds Sinrouf, Melaka et Egick.
- L'Oued Mouillah: principal affluent de la rive droite du wadi Tafna, il se caractérise par un relief accidenté. Ce sous-bassin s'étend sur une superficie de 2 664 km², principalement au Maroc, et comprend les plaines d'Angad (Maroc) et de Maghnia (Algérie). L'oued Mouila reçoit les eaux de plusieurs affluents, et son débit moyen est estimé à 400 litres/seconde. Parmi les plus importants, on peut citer :

Sur sa rive droite : l'Oued Ouerderfou (qui englobe les oueds El-Abbas, El-Aouina et Mehaguen).
À gauche : les oueds Bou Selit (aussi appelé Bousslit), BenSria (également connu sous le nom de Ben Saria), Aoudg, Nacheff, Timersallte et Moukraf. (Bahloul Ahmed Choukri ,2013).

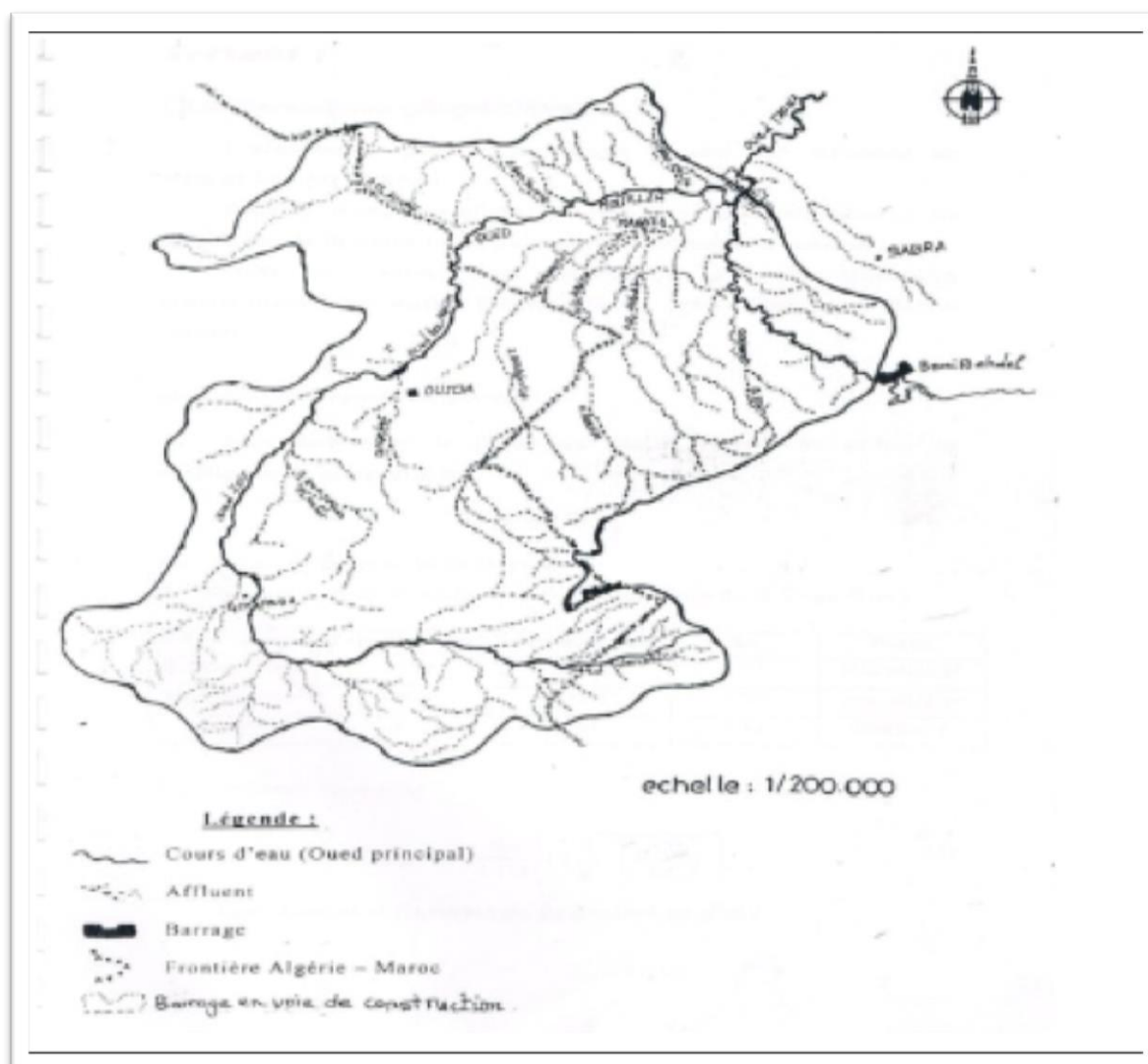


Figure 12: Réseau hydrographique du bassin versant de H.BOUGHHRARA.

(BAHLOUL A., 2013)

4. Caractéristiques techniques :

Tableau 1 : Caractéristiques de Barrage Boughrara (KOURDI Hanane, 2021).

Données du projet :		
♣ Entreprise de réalisation : SOCIETA ITLIANA PER CONDOTTE D'ACQUA.		
♣ Bureau d'études : TRACTEBEL ENGINEERING.		
Les caractéristiques	Tour de prise	Les caractéristiques hydrologiques :
. Barrage : - Les coordonnées de site : X= 102.92, Y= 185.20, Z= 251.0 - Type : Digue en terre hétérogène. -Hauteur maximal : 75m. -Longueur crête : 1055m. -Largeur crête : 10.0 m. -Volume remblai : 4500000 m ³ . . Evacuateur de crues : -Type : Déversoir latéral -Q max : 2900 m ³ /s. -Longueur : 547.70 m. Evacuateur Fusible : -Type : Déversoir avec digue affouillable. - Q évacuée : 2220 m ³ /s. Longueur : 250 m. -Largeur : 25 m. -Hauteur : 3.50 m.	-Type : galerie avec une tour. -Débit de la prise : 5.80 m ³ /s. -Débit vidange de fond : 300 m ³ /s. -Longueur galerie : 220 m. - Hauteur tour de prise : 66.70 m. .Quantités pour le barrage : - Excavations : 2100000 m ³ . - Remblais : 4500000 m ³ . - Béton : 171000 m ³ . - Forages et injections : 258000 ml.	- Capacité totale : 177 Hm ³ . - Volume régularisé : 59 Hm ³ . - Volume mort : 23.30 Hm ³ . - Superficie du lac (RN): 894 Ha. .Autres caractéristiques : - Superficie B.V : 4000 Km ² . - Précipitation noyau : 350 mm. - Débit de crue (1000ans) : 5880 m ³ /s. - Apport solide moyen : 501.10 tonne/ans

5. Le problème de l'envasement

L'envasement des barrages constitue un problème majeur à l'échelle nationale en Algérie, compte tenu de la situation géographique du pays dans une zone semi-aride. Ce phénomène menace la capacité de préservation des ressources en eau et impacte le développement socio-économique.

L'Algérie subit une perte annuelle de capacité de stockage estimée entre 45 et 50 millions de mètres cubes à cause de l'envasement ; les barrages se transforment ainsi progressivement en réservoirs de sédiments plutôt qu'en réservoirs d'eau. Ce phénomène est associé à une réduction de 20 % de la capacité globale de stockage du pays.

Les étapes du processus d'envasement

1. **La dégradation du sol (l'érosion)** : l'intensité et l'irrégularité des précipitations entraînent le détachement des particules de sol, notamment sur les terrains nus ou fragiles.
2. **Le transport solide** : les oueds transportent ces sédiments soit par suspension dans l'eau (particules fines), soit par charriage de fond (matériaux plus grossiers se déplaçant sur le lit du cours d'eau).
3. **La sédimentation** : lorsque le courant atteint l'entrée de la retenue du barrage, sa vitesse diminue, ce qui provoque le dépôt et l'accumulation des sédiments au fond du réservoir.

Le cas spécifique du barrage de Boughrara

Le barrage de Boughrara, doté d'une capacité totale de 177 millions de mètres cubes, est principalement alimenté par l'oued Mouilah. Les recherches mettent en évidence les données suivantes :

- **Le taux d'envasement** : sur la base des levés bathymétriques réalisés en juin 2004, le volume des sédiments accumulés s'élevait à 1,55 million de mètres cubes.
- **La réduction de capacité** : cela représente une baisse de seulement 0,87 % de sa capacité initiale après six années d'exploitation (sa mise en service ayant eu lieu en 1998).

- **Comparaison** : ce taux est considéré comme très faible par rapport à d'autres ouvrages, tel que le barrage de Bouhanifia, qui a subi une perte supérieure à 35 millions de mètres cubes de sa capacité de stockage.
- **La dégradation spécifique (du sol)** : le débit solide spécifique moyen est estimé à environ 370 t/km²/an à la station de Sidi Belkheir, et à 418 t/km²/an à la station de Mouilah (Route Nationale 7).

Les facteurs d'influence (aggravants)

Le transport solide et le colmatage au niveau du barrage de Boughrara présentent un caractère saisonnier très marqué. Le volume de transport solide le plus important est enregistré en automne (59 %), suivi du printemps (30 %). Ces périodes coïncident avec des vagues de crues violentes, où les torrents charrient d'immenses quantités de sédiments à travers un bassin versant dont la moitié de la superficie est dépourvue de couvert végétal. (Ben Sabeur, K, 2019).

6. Le problème d'eutrophisation

L'eutrophisation est un phénomène qui se produit lorsque la concentration en nutriments augmente dans les eaux des lacs, ce qui favorise la prolifération incontrôlée du phytoplancton et des plantes aquatiques. Peu à peu, ce phénomène entraîne une accumulation de sédiments : la superficie du lac diminue, jusqu'à disparaître complètement.

En 1997, la Commission internationale pour l'environnement des lacs (ILEC) a classé ce phénomène au quatrième rang des six menaces les plus graves pesant sur les lacs et les réservoirs d'eau à l'échelle mondiale. La présente étude se concentre sur le barrage de Hammam Bougra et vise à évaluer l'état actuel du lac, contribuant ainsi à la compréhension de l'évolution de cet écosystème.

– L'objectif principal de cette étude est d'apprécier le degré de présence des sels nutritifs et la condition trophique du réservoir (où l'eutrophisation paraît être un processus naturel en progression), de plus en plus peuplée d'organismes vivants et de substances organiques.

Les lacs jouent un double rôle : ils servent de réservoirs de nutriments tout en étant eux-mêmes victimes de cette accumulation.

Dans ce contexte, les deux objectifs suivants sont les suivants :

- Deuxièmement, il s'agit d'évaluer l'impact de la qualité de l'eau, à travers ses caractéristiques physico-chimiques, chimiques et biologiques, sur les organismes aquatiques.
- Troisièmement, l'objectif vise, d'une part, à comprendre la relation entre la quantité de nutriments disponibles et la réponse trophique du barrage et, d'autre part, à mesurer l'influence des facteurs morphologiques, hydrologiques et physico-chimiques sur cette réponse.

L'axe 2 explique 15,77 % de la variance et met en évidence une corrélation positive entre la température, l'acidité, l'oxygène dissous et le calcium. Cette corrélation peut s'expliquer par la photosynthèse des phytoplanctons, qui absorbe le CO₂, augmente la concentration d'oxygène dissous et modifie l'équilibre énergétique du système.

Ce processus de photosynthèse entraîne un déséquilibre entre le Ca et le CO₂, accompagné d'une hausse de l'acidité de l'eau. Ces modifications constituent des indicateurs du développement du phénomène de carbonatation.

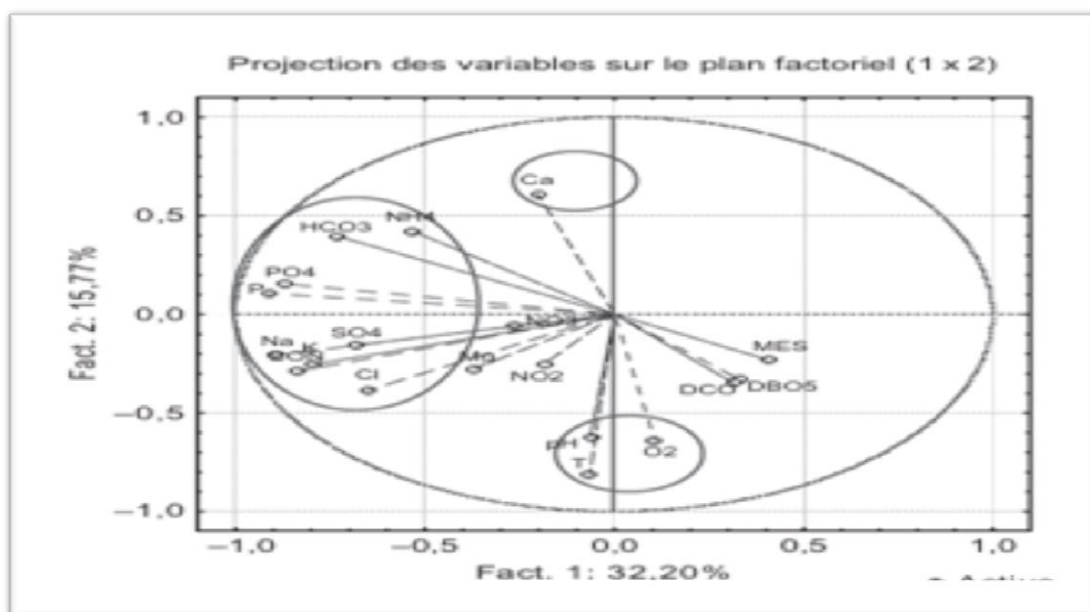
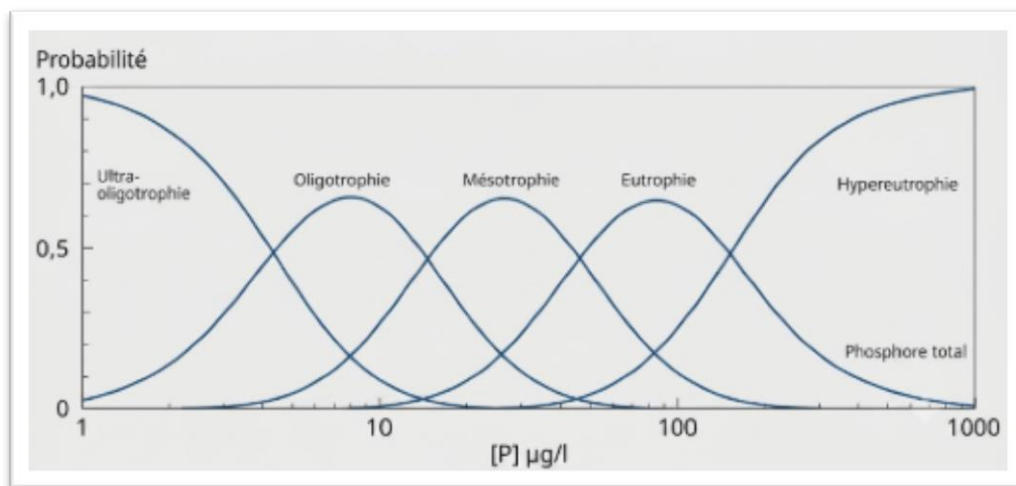


Figure 13 : ACP des variables physico-chimiques (Bouزيد-Lagha, S. et Djelita, B, 2012)

Chapitre II :Zone d'étude

La méthode de classification ouverte simplifiée utilise une approche probabiliste. Elle répartit les plans d'eau en cinq catégories : très pauvres, pauvres, moyens, riches et très riches. Ce modèle a été créé à partir d'une base de données complète de l'OCDE (Organisation de Coopération et de Développement Économiques) (1982) rassemblant plus de 100 plans d'eau aux caractéristiques et états de nutrition variés. Ce système permet de classer la surnutrition et de guider son traitement.

Les figures 14 (a) à (d) montrent le fonctionnement du système et l'extraction des valeurs à différents seuils. Ce mécanisme consiste à placer les concentrations de nutriments sur les courbes de nutrition et à les convertir en états probabilistes pour obtenir le pourcentage de chaque catégorie. Le tableau ci-dessous montre l'état trophique probabiliste du barrage de Hammam Boughrara.



(a)

Figure 14.a: Distribution des états trophiques en fonction de la concentration moyenne en phosphore total du Barrage de Hammam Boughrara : (a)d'après l'équation

(Bouزيد-Lagha, S. et Djelita, B, 2012)

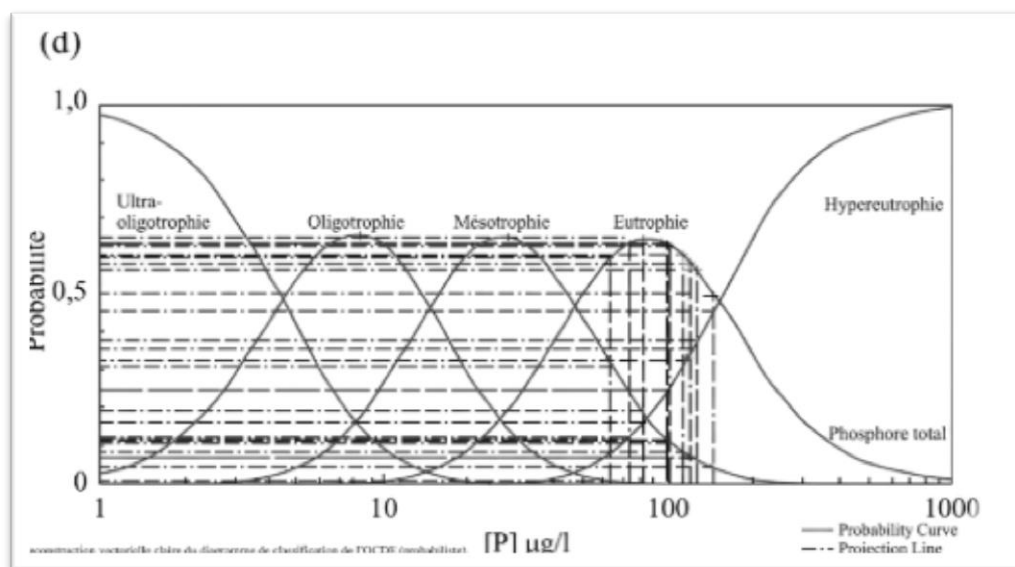


Figure 14.d : Distribution des états trophiques en fonction de la concentration moyenne en phosphore total du Barrage de Hammam Boughrara : (d) d'après l'équation. (Bouزيد-Lagha, S. et Djelita, B, 2012)

Tableau 2 : Etats probabilistes trophiques de Hammam Boughrara selon les paramètres du système de classification simple. (Bouزيد-Lagha, S. et Djelita, B, 2012)

Pt (g/L)		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Equ. (3)	%	0 oligo	0 oligo	0 oligo	0 oligo	0 oligo	0 oligo	0 oligo	0 oligo	0 oligo
		1 méso	0 méso	4 méso	6 méso	0 méso	0 méso	0 méso	0 méso	0 méso
		30 eu	09 eu	50 eu	56 eu	18eu	10 eu	3 eu	5 eu	25 eu
		69 hyper	91 hyper	46 hyper	38 hyper	82 hyper	90 hyper	97 hyper	95 hyper	75 hyper
Equ. (4)	%	0 oligo	0 oligo	0 oligo	0 oligo	0 oligo	0 oligo	0 oligo	0 oligo	0 oligo
		7 méso	1 méso	13 méso	16 méso	4 méso	1 méso	0 méso	0 méso	2 méso
		58 eu	31 eu	64 eu	65 eu	48 eu	32 eu	15 eu	22 eu	39 eu
		35 hyper	68 hyper	23 hyper	18 hyper	48 hyper	67 hyper	85 hyper	78 hyper	59 hyper
Equ. (7)	%	0 oligo	0 oligo	0 oligo	0 oligo	0 oligo	0 oligo	0 oligo	0 oligo	0 oligo
		0 méso	0 méso	0 méso	0 méso	0 méso	0 méso	0 méso	0 méso	0 méso
		0 eu	0 eu	1 eu	2 eu	0 eu	0 eu	0 eu	0 eu	0 eu
		100 hyper	100 hyper	99 hyper	98 hyper	100 hyper	100 hyper	100 hyper	100 hyper	100 hyper
Equ. (5)	%	0 oligo	0 oligo	0 oligo	1 oligo	0 oligo	0 oligo	0 oligo	0 oligo	0 oligo
		19 méso	8 méso	24 méso	31 méso	11 méso	7 méso	4 méso	6 méso	12 méso
		65 eu	60 eu	63 eu	60 eu	63 eu	58 eu	50 eu	56 eu	63 eu
		16 hyper	32 hyper	12 hyper	8 hyper	26 hyper	35 hyper	46 hyper	38 hyper	24 hyper
Equ. (9)	%	0 oligo	0 oligo	0 oligo	0 oligo	0 oligo	0 oligo	0 oligo	0 oligo	0 oligo
		0 méso	0 méso	0 méso	0 méso	0 méso	0 méso	0 méso	0 méso	0 méso
		0 eu	0 eu	0 eu	0 eu	0 eu	0 eu	0 eu	0 eu	0 eu
		100 hyper	100 hyper	100 hyper	100 hyper	100 hyper	100 hyper	100 hyper	100 hyper	100 hyper

Légende: oligo: oligotrophie; méso: mésotrophie; eu: eutrophie; hyper: hyper-eutrophie.

D'après le système ouvert de classification basé sur les abaques de l'OCDE (1982) et les résultats des modèles de Vollenweider (1976a), de l'OCDE (1982) et de Canfield et Bachmann (1981) appliqués à notre plan d'eau, on observe généralement une variation de l'état trophique, allant d'eutrophe à hyper-eutrophe. De plus, les résultats des équations ajustées indiquent un statut d'hyper-eutrophie à 100%.(Bouzzid-Lagha, S. et Djelita, B, 2012)

7. Sources de pollution

- **Pollution domestique** Habituellement, cette contamination résulte des décharges d'eaux usées domestiques provenant de toutes les cités et regroupements situés dans la section algérienne du bassin versant, en l'occurrence les municipalités de Maghnia, Hammam Bougherara, Sidi Medjahed et Bouhlou. Une station d'épuration, dotée d'une capacité globale de 150 000 équivalents habitants, a été mise en place pour le traitement des eaux usées de la cité de Maghnia. Suite à de multiples tentatives entre juin 1999 et janvier 2000, cette station a progressivement obtenu des résultats satisfaisants.
- **Pollution industrielle** Quatre entreprises produisent les rejets industriels :
 - L'ENOF : Entreprise spécialisée dans les produits miniers non ferreux et les matières utiles. Elle fabrique de la terre décolorante et de la bentonite de fonderie, en utilisant l'argile et le carbonate de calcium (CaCO_3) comme matières premières, tandis que l'acide sulfurique à 98% (H_2SO_4) et le carbonate de sodium (Na_2CO_3) sont utilisés comme matières secondaires. Elle déverse quotidiennement 500 m³ d'eaux chargées de particules d'argile en suspension, ainsi que de métaux et de métaux lourds. Toutes ces décharges sont effectuées dans l'Oued Ouerdifou.
 - L'ENCG : Établissement National de Commerce et de Gestion. Il fabrique de l'huile, du savon et de la glycérine. Les matières premières utilisées sont : l'huile non raffinée, les graisses animales et végétales ; tandis que les matières secondaires comprennent : la soude (NaOH), l'acide phosphorique (H_3PO_4), le chlorure de sodium (NaCl) et le chlorure ferrique (FeCl_3). Il rejette 528 m³/j d'eaux contenant des huiles brutes, du suif et de la glycérine. Les rejets ont lieu dans l'Oued Abbès, qui est un sous-affluent de l'Oued Ouerdifou.

-L'ERAD : Société des industries agroalimentaires et de leurs dérivés. L'unité produit des articles dérivés du maïs. Elle se sert de maïs comme matière première, et fait intervenir comme matières secondaires : l'eau sulfureuse à 0,2% (SO₂), l'acide chlorhydrique (HCl), le carbonate de soude et le bisulfite de sodium. Elle déverse 600 m³/j d'eaux riches en gluten dans l'Oued Abbès.

→ L'ECVO : Compagnie de céramique pour la vaisselle. Elle se base sur des matières premières telles que : l'argile, le kaolin, le sable, l'eau, la calcite, les dolomies, le plâtre, des pigments minéraux et les feldspaths. Elle déverse 130 m³/j d'eaux fortement minéralisées dans l'Oued Abbès.

- **Pollution agricole** Dans le périmètre de Maghnia et spécifiquement dans la plaine d'Angad, les activités agricoles sont principalement situées dans le bassin versant examiné. Les principales sources de pollution issues de ces opérations comprennent : l'application d'engrais, le soin des sols et des plantes ainsi que l'élevage, notamment la volaille. En plus de cela, le stockage des produits phytosanitaires périmés et la maintenance des équipements agricoles (vidange), ainsi que la gestion des combustibles et des lubrifiants, représentent des risques de pollution potentiels pouvant nuire gravement à la santé et à l'environnement
- **Pollution provenant du côté marocain** Cette pollution est engendrée par les eaux usées urbaines et industrielles provenant de la ville marocaine d'Oujda, déversées directement dans l'Oued Bounaïm, principal affluent de l'Oued Mouillah, sans aucun traitement préalable (Bouzig-Lagha, S. et Djelita, B, 2012).

Chapitre III :

Matériel et Méthodes

Zone d'étude :

Oued Tafna : est l'un des principaux cours d'eau du nord-ouest de l'Algérie. Il prend sa source dans les monts de Tlemcen et se jette dans la mer Méditerranée. Son bassin versant présente une diversité de conditions hydrologiques et écologiques, influencées par les variations climatiques saisonnières et les activités humaines, ce qui en fait un milieu d'intérêt pour l'étude des communautés aquatiques.

Le barrage de Boughrara : est un ouvrage hydraulique situé sur l'oued Tafna. Il joue un rôle important dans la régulation des eaux, l'irrigation et l'alimentation en eau potable de la région. Ce milieu lentique se distingue par des conditions physico-chimiques différentes de celles des zones courantes de l'oued, offrant ainsi un habitat contrasté pour l'étude des organismes aquatiques, notamment les diatomées.

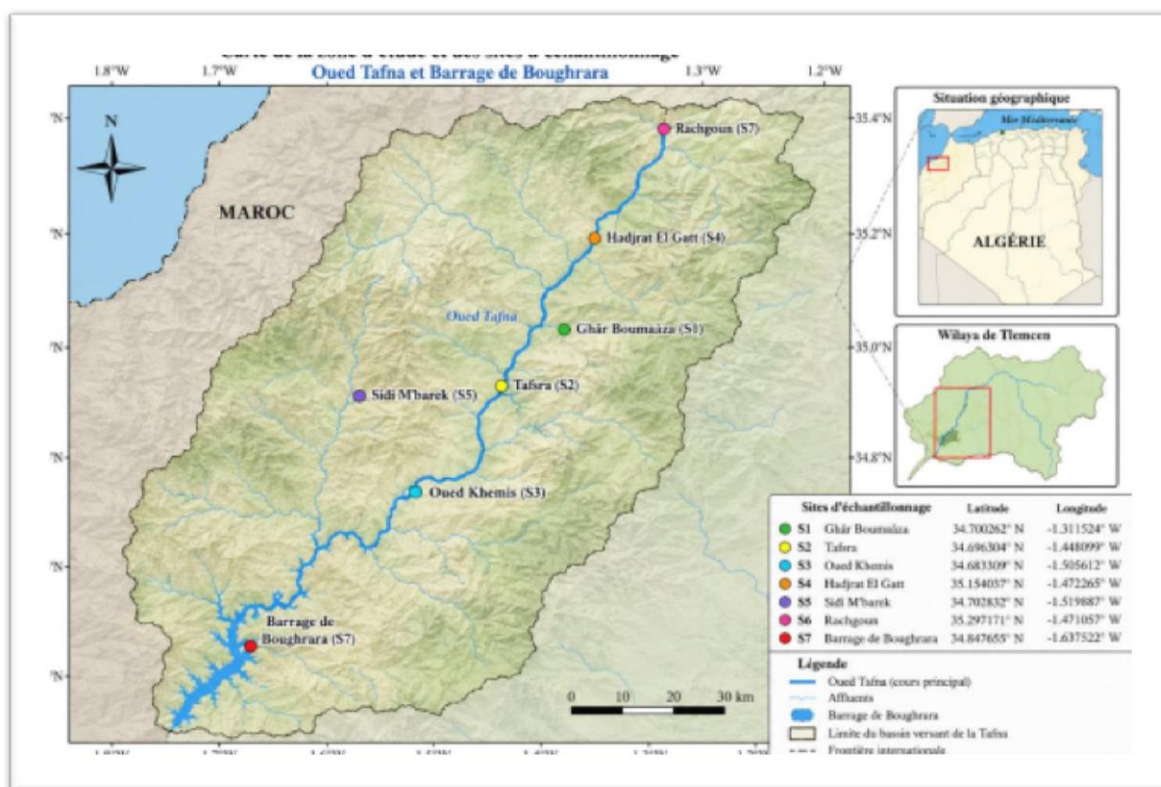


Figure 15: Carte de localisation de la zone d'étude montrant les différentes stations d'échantillonnage réparties le long de l'Oued Tafna et au barrage de Boughrara.

Description et localisation des stations d'échantillonnage :

Les prélèvements ont été réalisés au niveau de sept stations réparties le long de l'oued Tafna et au barrage de Boughrara. Cinq campagnes d'échantillonnage ont été effectuées respectivement les 25 février, 25 mars, 27 avril, 23 mai et 03 juin 2026, afin de suivre l'évolution temporelle des communautés de diatomées. Les coordonnées géographiques de chaque station ont été relevées sur le terrain à l'aide de l'application GPS intégrée à un smartphone. Les diatomées ont été prélevées à partir du biofilm périphytique colonisant des galets immergés. Au niveau de chaque station, les galets ont servi de substrat d'échantillonnage, et le biofilm développé à leur surface a été racle puis collecté pour les analyses ultérieures.

Tableau 3 : Coordonnées géographiques (latitude et longitude) des stations d'échantillonnage de l'oued Tafna et du barrage de Boughrara.

Site d'échantillonnage	Latitude	Longitude
Ghâr Boumaâza	34.700262° N	-1.311524° W
Tafsra	34.696304° N	-1.448099° W
Oued Khemis	34.683309° N	-1.505612° W
Hadjrat El Gatt	35.154037° N	-1.472265° W
Sidi M'barek	34.702832° N	-1.519887° W
Rachgoun	35.297171° N	-1.471057° W
Barrage de Boughrara	34.847655° N	-1.637522° W

- **Ghâr Boumaâza** : Station située dans la partie amont de l'Oued Tafna. Elle est caractérisée par un écoulement relativement naturel et une faible influence des activités anthropiques.



Figure 16: Photos originale du site d'échantillonnage de Ghâr Boumaâza.

- **Tafsra** : Station localisée à proximité de la commune de Tafsra. Elle reçoit les apports du bassin versant environnant et reflète l'influence des activités agricoles de la région.

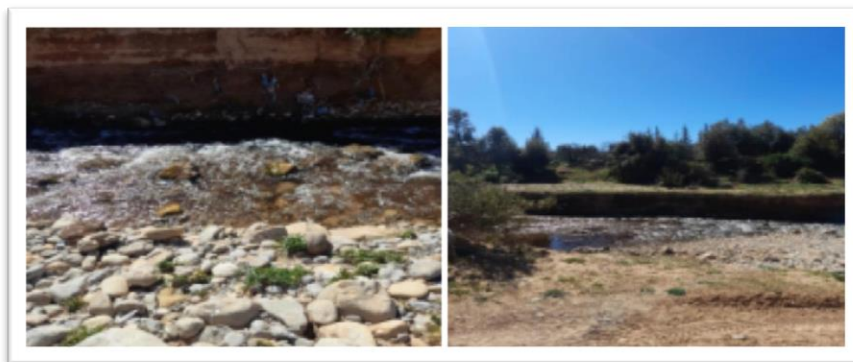


Figure 17: Photos originale du site d'échantillonnage de Tafsra.

- **Oued Khemis** : Station située au niveau d'Oued Khemis. Cette zone est soumise à diverses influences naturelles et anthropiques pouvant affecter la qualité de l'eau et la composition des communautés de diatomées.



Figure 18: Photo originale du site d'échantillonnage d'Oued Khemis.

- **Hadjrat El Gatt** : Station caractérisée par un substrat rocheux favorisant l'installation des diatomées benthiques. Elle représente une zone intermédiaire du cours d'eau.



Figure 19:Photo originale du site d'échantillonnage de de Hadjret El Gatt

- **Sidi M’barek** : Station située dans la zone de Sidi M’barek au sein du barrage de Boughrara. Cette zone est caractérisée par des eaux calmes et constitue un site représentatif pour l’étude des variations spatiales des communautés de diatomées dans le réservoir.



Figure 20: Photo originale du site d’échantillonnage de Sidi Mebarek.

- **Rachgoun** : Avant l’embouchure de Rachgoun Station située en aval de l’Oued Tafna, à proximité de son embouchure dans la mer Méditerranée. Elle est influencée par les apports continentaux et les interactions avec le milieu marin.



Figure 21: Photos originale du site d’échantillonnage de Rachgoun.

Tableau 4: Horaires des prélèvements réalisés en février 2026.

25 Fevrier	Heure
Ghâr Boumaâza	11 :10
Tafsra	12 :37
Sidi M'barek	14 :00
Hadjrat El Gatt	17 :00

Tableau 5: Horaires des prélèvements réalisés en février à juin 2026 au niveau de l'oued Tafna

Station	25mars	27 avril	23mai	03juin
Heure				
Ghâr Boumaâza	10 :42	10 :39	12 :07	10 :23
Tafsra	11 :31	10 :53	13 :02	11 :32
Oued Khemis	12 :06	11 :34	13 :43	12 :08
Hadjrat El Gatt	15 :23	12 :15	12 :05	12 :30
Rachgoun	16 :10	13 :10	11 :50	13 :30

• **Barrage de Boughrara** : Réservoir artificiel situé dans la wilaya de Tlemcen, destiné principalement à l'alimentation en eau et à l'irrigation. Il constitue un écosystème aquatique favorable au Développement de diverses communautés algales, notamment les diatomées.

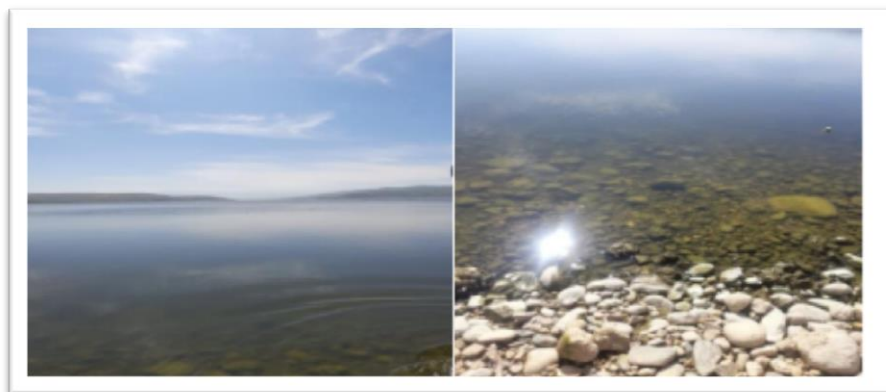


Figure 22: Photos originaux du site d'échantillonnage du barrage de Boughrara.

Tableau 6: Horaires des prélèvements réalisés de février à juin 2026 au barrage de Boughrara

Barrage Heure	25 février	25mars	27 avril	23mai	03juin
P1	12 :57	14 :06	10 :20	11 :00	11 :10
P2	13 :06	14 :07	10 :35	11 :05	11 :15
P3	—	14 :09	10 :50	11 :10	11 :20

1. Echantillonnage et préservation :

A. Matériel :

- Brosse pour biofilm benthique
- Flacons stériles 50ml
- Ethanol absolu (99-100%)
- Glacière avec packs de glace
- Gants nitrile stériles pour protection et éviter contamination
- Etiquettes waterproof + marqueur indélébile
- GPS ou smartphone Pour obtenir des coordonnées précises.

B. Méthode :

Les pierres immergées dans l'eau ont été brossées à l'aide d'une brosse propre, puis rincées avec l'eau prélevée sur le site d'échantillonnage avant d'être transférées dans des flacons stériles. Le transfert a été réalisé à l'aide de compresses stériles afin de limiter la quantité de terre. Une solution d'éthanol à 70 % a ensuite été ajoutée pour assurer la fixation de l'échantillon. Les flacons ont été fermés hermétiquement puis agités doucement. Les informations relatives au prélèvement (date, heure, lieu, coordonnées géographiques et nom de l'échantillon) ont été consignées sur une étiquette. Enfin, l'échantillon a été conservé dans une glacière à 4 °C, puis placé au réfrigérateur à la même température après son transfert au laboratoire. (Stein et al. 2013).



Figure 23: Photos originales du prélèvement et de la conservation des échantillons sur le terrain.

2. Préparation des diatomées benthiques :

A. Matériel :

- Tube à essai en verre
- Micropipette
- Tubes à centrifuge (résistants aux acides)
- Lamelles couvre-objets (coverslips)
- Lames porte-objets
- Plaque chauffante
- Centrifugeuse (réglable à 2500 rpm)
- Balance analytique
- Pissette d'eau distillée
- Gants résistants aux acides (nitrile épais)
- Blouse

B. Produits chimiques :

Produit	Concentration	Quantité estimée	Précautions
Peroxyde d'hydrogène H_2O_2	30%	~50 ml/échantillon	Oxydant fort, corrosif
Acide chlorhydrique HCl	35%	~30 ml/échantillon	Corrosif, vapeurs
Eau distillée	--	500 ml minimum	--
Vernis à ongles transparent	--	Quelques gouttes	Inflammable

C. Méthode :

Etape1 : Oxydation avec H_2O_2

Dans un tube à essai en verre, 4 mL d'échantillon ont été mélangés à 6 mL d'eau oxygénée. Le mélange a ensuite été chauffé sur une plaque chauffante à 60 °C pendant 16 heures afin de dégrader l'ensemble de la matière organique. (Hasle and Fryxell, 1970)



Figure 24: Photos originales de la phase d'oxydation avec H_2O_2 .

Etape2 : Traitement a l'HCl

Après refroidissement, deux gouttes d'HCl ont été ajoutées, puis l'échantillon a été porté à ébullition sur une plaque chauffante pendant 5 minutes afin d'éliminer les carbonates résiduels. (Hasle and Fryxell, 1970)



Figure 25: Photo originale de la phase de traitement à l'HCl.

Etape3 : Centrifugations et lavages successifs

La solution a été versée dans des tubes à centrifuger résistants aux acides, puis centrifugée pendant 5 minutes à une vitesse de 2 500 tours par minute. Le surnageant a ensuite été éliminé à l'aide d'une pipette, tandis que le culot a été resuspendu dans de l'eau distillée. Cette opération a été répétée cinq fois jusqu'à l'obtention d'un pH neutre. (Hasle and Fryxell, 1970)

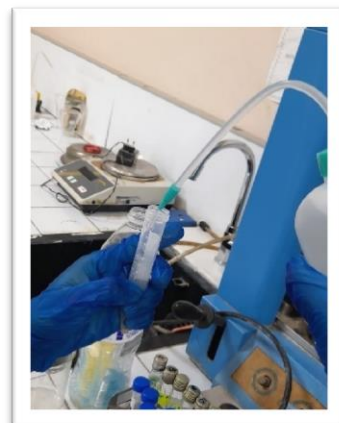


Figure 26: Photos originales de la phase de centrifugations et de lavages successifs des échantillons.

Etape4 : Dépôt sur lamelle

Après une agitation douce de l'échantillon propre, une aliquote a été prélevée à l'aide d'une micropipette. Quelques gouttes ont ensuite été déposées sur une lame porte-objet, puis laissées à sécher à température ambiante (ou à l'étuve à 40 °C). (Hasle and Fryxell, 1970)

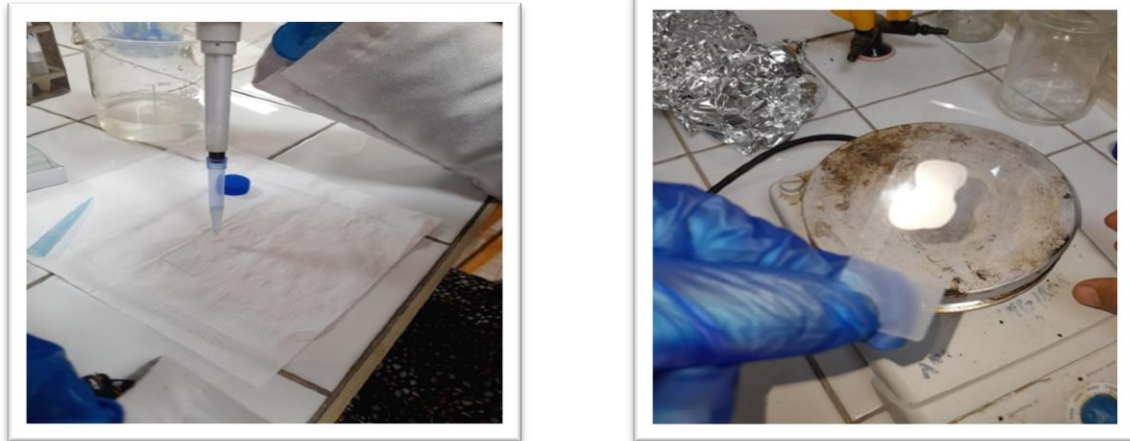


Figure 27: Photos originales de la phase de dépôt sur lamelle.

Etape5 : Montage au vernis à ongles transparent

Une goutte de vernis à ongles transparent a été déposée sur la lame porte-objet. La lamelle a ensuite été retournée délicatement (face du dépôt vers le bas) et placée sur le vernis. La préparation a été brièvement chauffée sur une plaque chauffante afin d'éliminer les bulles d'air, puis laissée à sécher et à durcir à température ambiante ou à l'étuve. Le vernis à ongles transparent a été utilisé comme milieu de montage pour assurer la fixation permanente de la lamelle sur la lame.(Hasle and Fryxell, 1970)

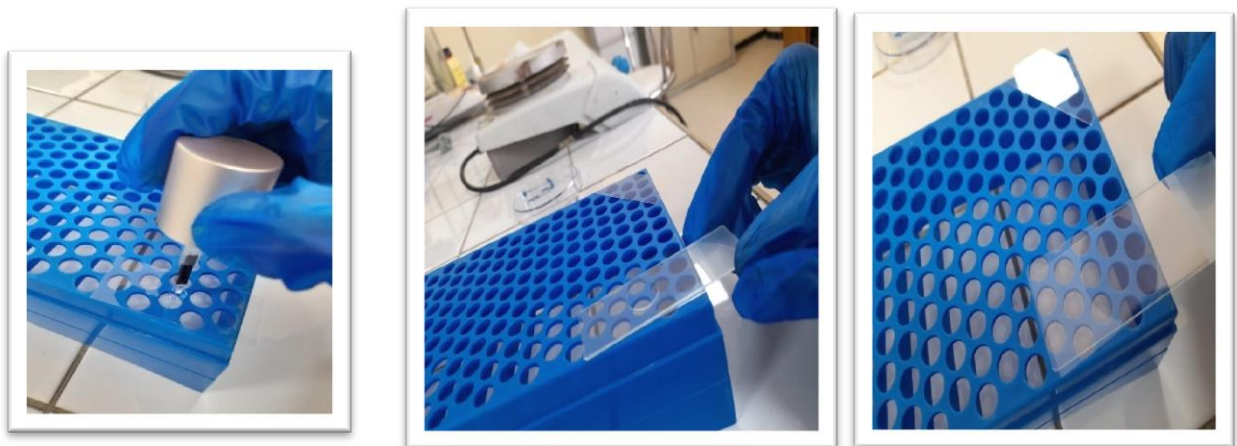


Figure 28: Photos originales de la phase de montage au vernis à ongles transparent.

Étape 6: Observation microscopique

Les lames préparées ont été observées au microscope optique afin d'examiner les diatomées benthiques présentes dans les échantillons. Une goutte d'huile à immersion a été déposée sur la lamelle pour permettre l'observation à fort grossissement. Les observations ont ensuite été réalisées à l'aide de l'objectif $\times 100$ à immersion, ce qui a permis de visualiser les frustules de diatomées et d'examiner leurs principaux caractères morphologiques. Des photographies microscopiques ont également été réalisées afin de faciliter l'identification et l'analyse des espèces observées.

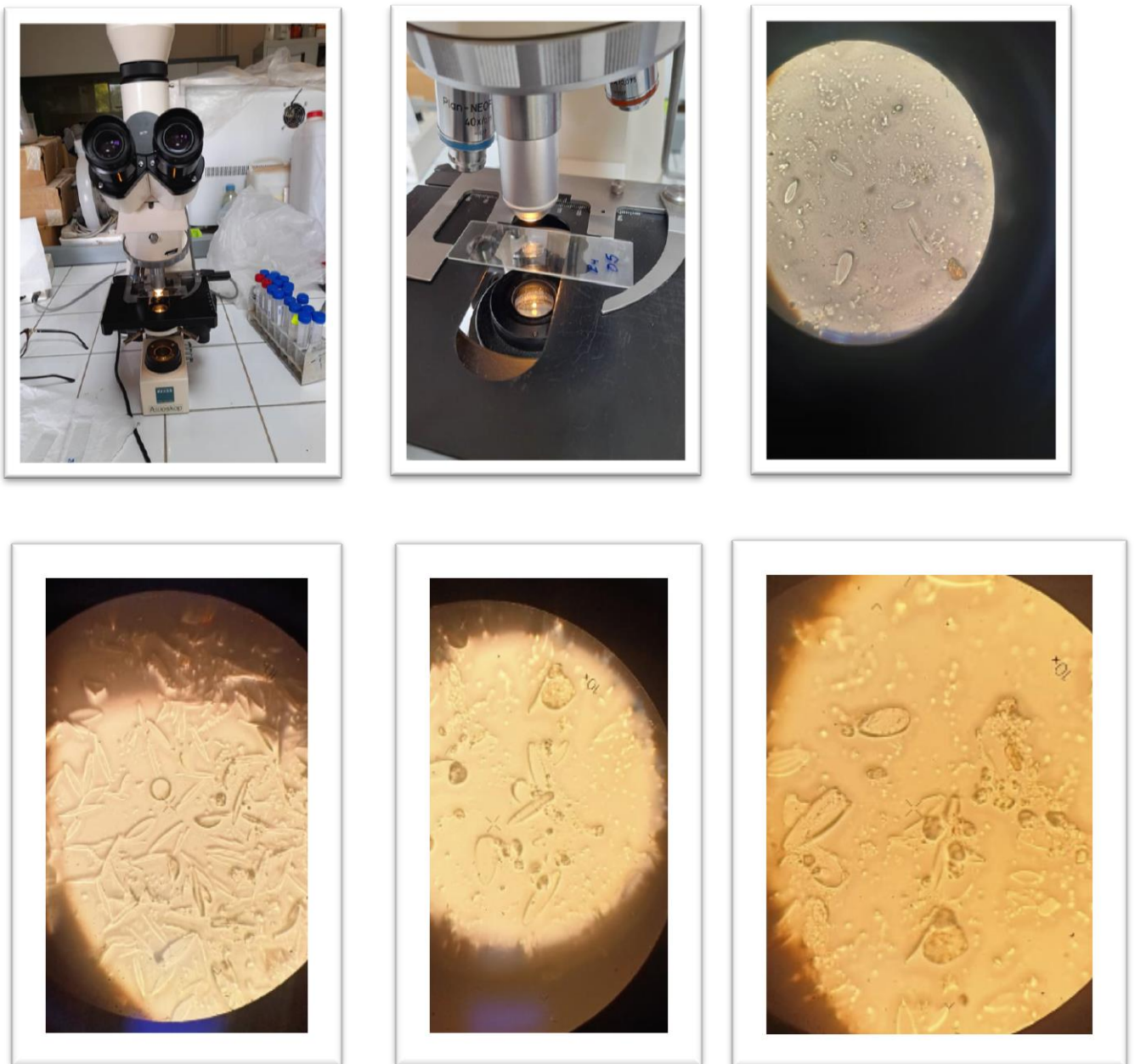


Figure 29: Photos originales de l'observation microscopique des diatomées

3. Culture des diatomées_Milieu FDMed (Freshwater Diatom Medium):

A. Matériel et réactifs utilisés :

- Balance analytique.
- Fioles jaugées de 100 mL et de 1 L.
- Pipettes graduées.
- Agitateur magnétique avec barreau aimanté.
- PH-mètre.
- Membrane filtrante PES de 0,22 μm .
- Bec Bunsen.
- Flacons en verre stérilisés.
- Micropipettes et embouts stériles.
- Étiquettes de marquage et marqueur indélébile.
- Boîtes de Petri stériles (diamètre 90 mm)

Réactifs :

- Eau distillée.
- Eau minérale.
- Phosphate disodique (Na_2HPO_4).
- Phosphate monosodique (NaH_2PO_4).
- Nitrate de sodium (NaNO_3).
- Métasilicate de sodium (Na_2SiO_3).
- Phosphate dipotassique (K_2HPO_4).
- Bicarbonate de sodium (NaHCO_3).
- Acide borique (H_3BO_3).
- Chlorure de calcium d'hydraté ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).
- Sulfate de magnésium heptahydraté ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)
- Gélose agar-agar

B. Méthode :

• Préparation des solutions stock :

Solution	Composé	Concentration STOCK	Volume à ajouter (pour 1 L)	Concentration FINALE
Sol. 1 — Tampon	$\text{Na}_2\text{HPO}_4/\text{NaH}_2\text{PO}_4$	1 M	10 mL	10 mM
Sol. 2 — Azote	NaNO_3	1 M	5 mL	5 mM
Sol. 3 — Silice	Na_2SiO_3	4,5 M	1,18 mL	5,33 mM
Sol. 4 — Phosphore	K_2HPO_4	100 mM	3,33 mL	0,33 mM
Sol. 5 — Tampon CO_2	NaHCO_3	100 mM	20 mL	2 mM
Sol. 6 — Bore	H_3BO_3	1 mM	10 mL	0,01 mM
Sol. 7 — Calcium	$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	100 mM	2,5 mL	0,25 mM
Sol. 8 — Magnésium	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	100 mM	10 mL	1 mM
Oligo-éléments (5000×)	Métaux traces (Fe, Mn, Zn...)	5000×	200 μL	1× (dilution 5000)

• Préparation du tampon Tris– $\text{Na}_2\text{HPO}_4/\text{NaH}_2\text{PO}_4$ (pH 7,5) :

Une solution de Na_2HPO_4 a été préparée par dissolution de 3,121 g de Na_2HPO_4 dans 100 mL d'eau distillée. Par ailleurs, une solution de NaH_2PO_4 a été obtenue par dissolution de 2,76 g de NaH_2PO_4 dans 100 mL d'eau distillée. Ensuite, 9,5 mL de la solution de NaH_2PO_4 ont été introduits dans un bécher, puis 40,5 mL de la solution de Na_2HPO_4 ont été ajoutés. Après homogénéisation du mélange, le pH a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre et une valeur initiale de 7,25 a été enregistrée. Le pH a ensuite été ajusté à 7,5 par addition progressive de la solution de Na_2HPO_4 , ajoutée goutte à goutte sous agitation. Enfin, le volume a été complété par l'ajout de 50 mL d'eau distillée afin d'obtenir la solution tampon finale. (Dawson et al, 1986)

- **Préparation des solutions mères :**

- La deuxième solution a été préparée par dissolution de 8,49 g de NaNO_3 dans 100 mL d'eau distillée.
- La troisième solution a été préparée par dissolution de 5,492 g de Na_2SiO_3 dans 10 mL d'eau distillée.
- La quatrième solution a été obtenue par dissolution de 1,74 g de K_2HPO_4 dans 100 mL d'eau distillée.
- La cinquième solution a été préparée par dissolution de 0,84 g de NaHCO_3 dans 100 mL d'eau distillée.
- La sixième solution a été obtenue par dissolution de 0,006 g de H_3BO_3 dans 100 mL d'eau distillée.
- La septième solution a été préparée par dissolution de 0,147 g de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dans 100 mL d'eau distillée.
- La huitième solution a été obtenue par dissolution de 2,46 g de $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dans 100 mL d'eau distillée. (Gérin S. et al., 2020)



Figure 30 : Photo originale de l'étape de préparation des solutions mères.

- **Préparation des solutions A et B :**

En raison de l'indisponibilité des oligo-éléments, deux solutions alternatives, notées A et B, ont été préparées.

La solution A a été obtenue par mélange de 500 mL d'eau distillée et de 500 mL d'eau minérale.

La solution B a été préparée par mélange de 900 mL d'eau distillée et de 100 mL d'eau minérale.

Les mélanges ont ensuite été homogénéisés avant leur utilisation.

- **Préparation du milieu FDMed :**

Deux milieux FDMed distincts ont été préparés afin d'évaluer l'effet de l'utilisation de l'eau minérale comme source alternative d'oligo-éléments. Le premier milieu a été élaboré à partir de la solution A, tandis que le second a été préparé à partir de la solution B. Pour chaque milieu, un volume de 748 mL de la solution correspondante a été introduit dans une fiole placée sous agitation magnétique. Ensuite, 10 mL de la solution de Tris (solution 1), 5 mL de la solution de NaNO_3 (solution 2), 1,18 mL de la solution de Na_2SiO_3 (solution 3), 3,33 mL de la solution de K_2HPO_4 (solution 4), 20 mL de la solution de NaHCO_3 (solution 5), 10 mL de la solution de H_3BO_3 (solution 6), 2,5 mL de la solution de CaCl_2 (solution 7) et 10 mL de la solution de MgSO_4 (solution 8) ont été successivement ajoutés sous agitation continue, en respectant l'ordre d'addition afin d'éviter toute précipitation des sels. Après homogénéisation, le pH a été ajusté à 7,5 par addition de quelques gouttes de solution de Na_2HPO_4 . Le volume final a ensuite été complété à 1 L avec la solution correspondante. Enfin, les milieux ont été stérilisés par filtration sur une membrane PES de 0,22 μm . (Gérin S. et al, 2020)



Figure 31: Photos originales illustrant la préparation du milieu FDMed

- **Culture en milieu solide :**

Dans un mélange composé de 100 ml d'eau distillée, 150 ml d'eau minérale, 1,5 ml de solution de NaNO_3 , 0,354 ml de solution de Na_2SiO_3 et 1 ml de solution de K_2HPO_4 , 6 ml de solution de NaHCO_3 , 3 ml de solution de H_3BO_3 , 0,75 ml de solution de CaCl_2 et 3 ml de solution de MgSO_4 ont été ajoutés successivement sous agitation. Ensuite, 5 g d'agar ont été ajoutés au mélange pour obtenir un milieu de culture solide. Le milieu a ensuite été chauffé jusqu'à dissolution complète de l'agar, puis stérilisé. Après refroidissement, il a été versé dans des boîtes de Pétri stériles dans des conditions aseptiques à proximité d'un bec Bunsen. Une fois le milieu solidifié, les boîtes ont étéensemencées à l'aide d'une pipette Pasteur avec deux échantillons de diatomées, l'un provenant du barrage et l'autre de l'oued. Les boîtes ont ensuite été refermées, identifiées et placées dans des conditions favorables à la croissance des diatomées. (Gérin S. et al., 2020)

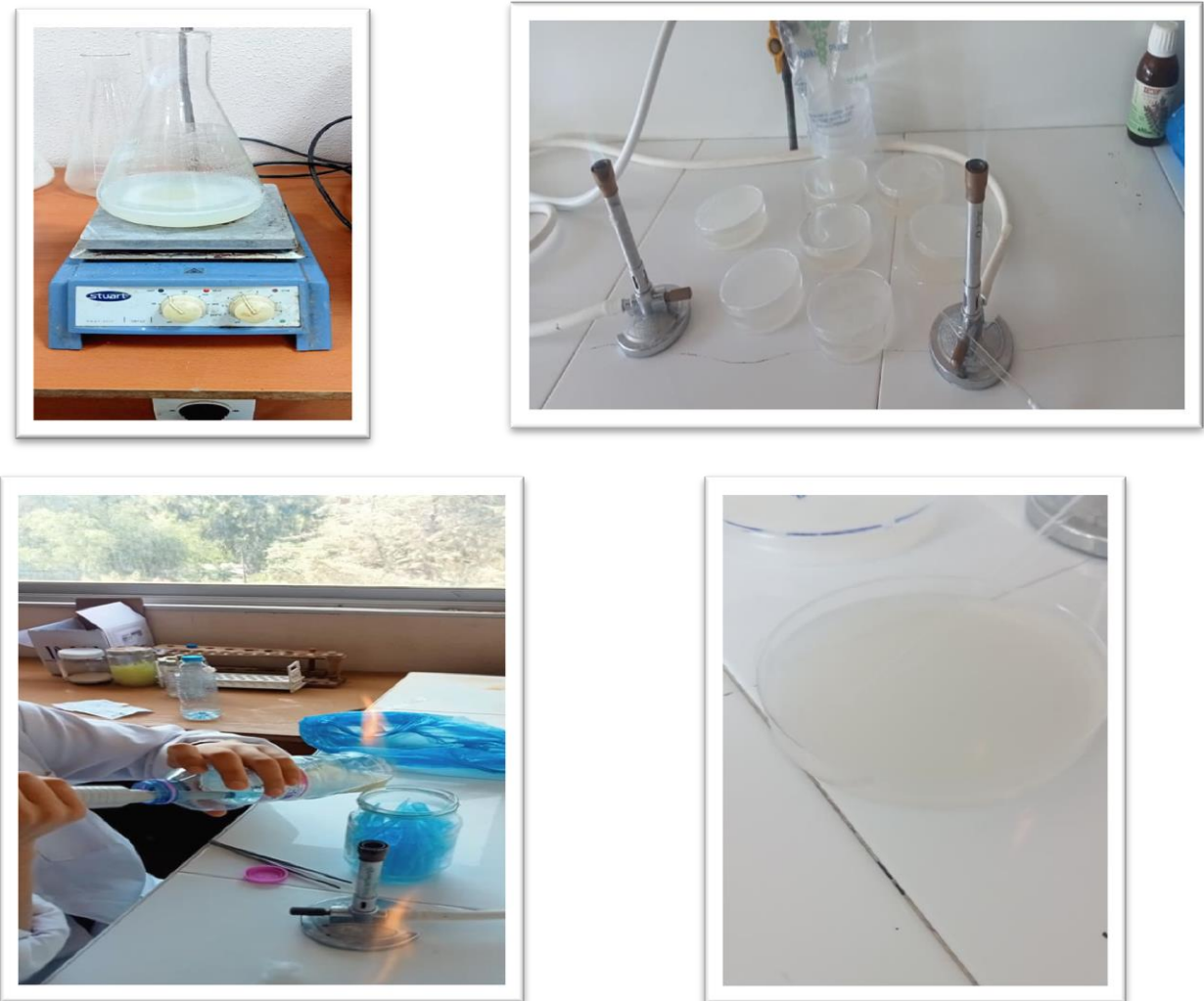


Figure 32: Photos originales illustrant la préparation du milieu FDMed

○ **Culture en milieu liquide :**

L'ensemencement a été réalisé dans des conditions aseptiques à proximité d'un bec Bunsen. Deux milieux FDMed, préparés respectivement à partir des solutions A et B, ont été utilisés pour la mise en culture des diatomées. Pour chaque échantillon (barrage et oued), 300 mL de chacun des deux milieux ont été introduits dans des flacons en verre préalablement stérilisés. Les cultures ont ensuite été inoculées avec 100 à 200 μ L de la suspension de diatomées correspondante. En parallèle, deux témoins non inoculés ont été préparés afin de contrôler l'absence de contamination du milieu de culture. Après inoculation, les flacons ont été soigneusement fermés puis identifiés en indiquant l'origine de l'échantillon, le type de milieu utilisé (A ou B), la date et le numéro du flacon. Les cultures ont ensuite été placées dans une salle éclairée et maintenues à température ambiante afin de favoriser la croissance des diatomées.

Le suivi de la croissance des diatomées a été effectué par observation microscopique à partir du troisième ou du quatrième jour d'incubation. (Gérin S. et al, 2020)



Figure 33 : Photos originales de la culture des diatomées en milieu liquide.

Stage pratique à la station de dessalement d'eau de mer de Souk Tleta :

Stage pratique à la station de dessalement d'eau de mer de Souk Tleta :

Dans le cadre de la réalisation de ce mémoire, un stage pratique de quinze jours a été effectué au sein de la Station de Dessalement d'Eau de Mer (SDEM) de Souk Tleta, située dans la wilaya de Tlemcen. Ce stage nous a permis de découvrir le fonctionnement d'un laboratoire de contrôle qualité des eaux et d'acquérir une expérience pratique dans la réalisation des analyses physico-chimiques utilisées pour le suivi de la qualité de l'eau. Nous avons également participé à différentes manipulations de laboratoire et à l'interprétation des résultats obtenus conformément aux normes de contrôle en vigueur. Par ailleurs, nous avons eu l'occasion d'observer les principales étapes du procédé de dessalement de l'eau de mer, depuis le captage et le prétraitement de l'eau brute jusqu'aux étapes d'ultrafiltration, d'osmose inverse, de reminéralisation et de distribution de l'eau potable. Ces différentes étapes ont pour objectif d'éliminer les impuretés et les sels dissous présents dans l'eau de mer afin d'obtenir une eau potable conforme aux normes sanitaires en vigueur, tout en assurant sa stabilité chimique et sa qualité avant sa distribution aux consommateurs.

1. Activités réalisées au laboratoire:

Une partie importante du stage s'est déroulée au laboratoire de contrôle qualité de la station. Ce laboratoire assure le suivi permanent de la qualité de l'eau tout au long du processus de dessalement. Les analyses réalisées concernent principalement les paramètres organoleptiques et physico-chimiques de l'eau. (OURIMCHI and HAMMAD, 2017)



Figure 34:Colorimètre



Figure 35:Indicateur de dureté



Figure 36: pH-mètre



Figure 37: Turbidimètre

1.1. Paramètres organoleptiques :

La couleur de l'eau est déterminée à l'aide d'un colorimètre par comparaison avec des solutions étalons platine-cobalt. Cette analyse permet de détecter la présence éventuelle de substances organiques ou minérales susceptibles d'altérer l'aspect de l'eau. La turbidité est mesurée à l'aide d'un turbidimètre. Ce paramètre reflète la quantité de particules en suspension présentes dans l'eau et constitue un indicateur important de son niveau de clarification. (OURIMCHI and HAMMAD, 2017)

1.2. Paramètres physico-chimiques :

Le pH est mesuré quotidiennement à l'aide d'un pH-mètre préalablement étalonné avec des solutions tampons. Ce paramètre permet d'évaluer l'équilibre acido-basique de l'eau. La température est mesurée simultanément au pH, car elle influence de nombreux paramètres physico-chimiques ainsi que le comportement des organismes aquatiques. La conductivité électrique est utilisée comme indicateur de la concentration totale en sels dissous. Cette mesure permet notamment de suivre l'efficacité du procédé de dessalement. D'autres paramètres sont également contrôlés, tels que le chlore libre résiduel, les matières en suspension, l'alcalinité et la dureté totale. (OURIMCHI and HAMMAD, 2017)

1.3. Dosage des ions majeurs :

Le laboratoire réalise également le suivi des principaux ions dissous présents dans l'eau. Les cations analysés comprennent le calcium (Ca^{2+}), le magnésium (Mg^{2+}), le sodium (Na^{+}) et le potassium (K^{+}). Les anions suivis sont principalement les chlorures (Cl^{-}), les sulfates (SO_4^{2-}), les bicarbonates (HCO_3^{-}), les nitrates (NO_3^{-}) et les nitrites (NO_2^{-}). Ces analyses permettent d'évaluer la composition chimique de l'eau et de vérifier sa conformité aux normes de qualité. (OURIMCHI and HAMMAD, 2017)

1.4. Compétences acquises:

Ce stage nous a permis d'acquérir des compétences pratiques dans l'utilisation des appareils de laboratoire, la préparation des échantillons, la réalisation des analyses physico-chimiques, l'interprétation des résultats et le respect des règles de sécurité et d'assurance qualité appliquées dans les laboratoires de contrôle des eaux.

Chapitre IV

RÉSULTATS ET DISCUSSION

PARTIE I — RÉSULTATS

1. Analyses Physicochimiques du Barrage Boughrara

Le tableau ci-dessous présente l'ensemble des paramètres physicochimiques mesurés à la digue du Barrage Boughrara (station BG) sur quatre dates de prélèvement (février à mai 2026). Les normes algériennes pour les eaux de surface (SURF) et souterraines (SOUT) sont indiquées pour chaque paramètre. Les remarques (★) figurent sous chaque ligne. Les cases en orange signalent un dépassement de norme.

Paramètres	Unité	Normes A (E.B.)		08 Fév 2026	17 Mar 2026	14 Avr 2026	Mai 2026
		Eaux surf. (SURF)	Eaux sout. (SOUT)	Digue BG	Digue BG	Digue BG	Digue BG
pH	/	≥6.5 et ≤9	≥6.5 et ≤9	7,46	8,58	7,67	8,68
★ Valeurs dans la norme (6,5–9). La hausse printanière (mars, mai) reflète l'activité photosynthétique accrue des algues et macrophytes, consommant le CO ₂ dissous.							
★ Conforme à la norme algérienne sur toute la période.							
Conductivité	μS/cm	2800	—	1975	2158	2061	1998
★ Élevée mais conforme (<2800 μS/cm). Minéralisation importante typique des eaux semi-arides du nord-ouest algérien.							
Turbidité	NTU	—	—	4,74	6,02	10,3	16,1
★ Augmentation progressive liée aux précipitations printanières et à l'érosion du bassin versant.							
Température	°C	≤ 25	≤ 25	16,3	17,4	17,6	22,8
★ Hausse saisonnière normale. Toutes les valeurs restent sous la norme de 25 °C.							
Couleur	Pt.Co	200	20	75	104	131	308
★ □ La valeur de mai (308 Pt.Co) dépasse la norme de 200. Possible prolifération algale ou forte charge en MES.							
Chlore résiduel	mg/L	—	—	—	—	—	—
★ Non détecté — absence de traitement chloré en amont.							
Ammonium (NH₄⁺)	mg/L	4	0,5	0,27	0,16	0,11	0,07
★ Concentrations faibles et décroissantes. Conformées aux normes. Légère contamination organique en février.							
Phosphates (PO₄³⁻)	mg/L	—	—	0,53	0,15	0,35	0,18

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Paramètres	Unité	Normes A (E.B.)		08 Fév 2026	17 Mar 2026	14 Avr 2026	Mai 2026
		Eaux surf. (SURF)	Eaux sout. (SOUT)	Digue BG	Digue BG	Digue BG	Digue BG
★ Présence mesurable à toutes les dates. Indique des apports anthropiques diffus (agriculture, ruissellement).							
Phosphore total (P)	mg/L	10	5	0,17	0,06	0,11	0,05
★ Conformes aux normes. Légère eutrophisation potentielle à surveiller.							
Nitrites (NO₂⁻)	mg/L	—	—	—	0,103	0,38	0,549
★ □ Augmentation notable d'avril à mai. Indique une pollution organique en décomposition ou nitrification partielle.							
Nitrates (NO₃⁻)	mg/L	50	50	—	17,1	6,9	38,8
★ Conformes (<50 mg/L) mais hausse alarmante en mai (38,8 mg/L). Apports agricoles saisonniers à surveiller.							
Fer (Fe)	mg/L	1	0,3	—	0,13	0,00	0,09
★ Valeurs conformes à la norme de 0,3 mg/L.							
Sulfates (SO₄²⁻)	mg/L	400	400	—	90	81	150
★ Conformes aux normes. Faciès sulfaté typique des eaux du bassin de la Tafna.							
Aluminium (Al)	mg/L	0,2	—	—	0,009	—	—
★ Valeur de mars très faible et conforme (<0,2 mg/L).							
Chlorures (Cl⁻)	mg/L	600	500	355	355	355	355
★ Valeur stable et élevée (355 mg/L). Sous la norme — témoigne d'une minéralisation chlorurée importante.							
Oxydabilité (KMnO₄)	mg/L	—	—	8,62	12,83	6,41	13,98
★ Valeurs notables indiquant une charge organique modérée à importante. Pic en mai (13,98 mg/L).							
HCO₃⁻	mg/L	—	—	167,7	149,4	158,6	67,1
★ Diminution en mai associée à la hausse du pH et à la précipitation de carbonates.							
CO₃²⁻	mg/L	—	—	0	7,5	0	18
★ Présence en mars et mai corrèle avec la hausse du pH (activité photosynthétique).							
TA (Titre alcalimétrique)	mg/L	—	—	0	30	0	70
★ Alcalinité variable liée aux équilibres carbonatés saisonniers.							
TAC (Titre alcal. complet)	mg/L	—	—	200	215	235	125
★ Diminution en mai liée à la consommation de CO ₂ par la photosynthèse.							

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Paramètres	Unité	Normes A (E.B.)		08 Fév 2026	17 Mar 2026	14 Avr 2026	Mai 2026
		Eaux surf. (SURF)	Eaux sout. (SOUT)	Digue BG	Digue BG	Digue BG	Digue BG
TH (Dureté totale)	mg/L	—	—	332	330	342	298
★ Eau très dure (>200 mg/L). Faciès calco-magnésien caractéristique des eaux algériennes.							
Calcium (Ca²⁺)	mg/L	—	—	59,31	62,52	52,10	47,29
★ Teneur stable, légère diminution estivale liée à la précipitation de CaCO ₃ .							
Magnésium (Mg²⁺)	mg/L	—	—	44,71	42,28	51,51	43,74
★ Valeurs stables, confirmant le faciès magnésien des eaux du barrage.							
Sodium (Na⁺)	mg/L	—	—	—	—	—	167
★ Mesuré uniquement en mai (167 mg/L). Valeur élevée — enrichissement sodique estival.							
Potassium (K⁺)	mg/L	—	—	—	—	—	23
★ Mesuré uniquement en mai. Apports potentiellement liés aux intrants agricoles.							
Coliformes totaux	/	—	—	—	—	—	—
★ Non détectés ou non analysés.							
Escherichia coli	n/100mL	20 000	20	—	—	—	—
★ Non détectés — qualité microbiologique satisfaisante.							
Entérocoques	n/100mL	10 000	20	—	—	—	—
★ Non détectés.							
Bactéries sulfito-réduct.	n/20mL	—	—	—	—	—	—
★ Non détectées.							

Figure 1 — Évolution des paramètres physicochimiques du Barrage Boughrara (Fév-Mai 2026)

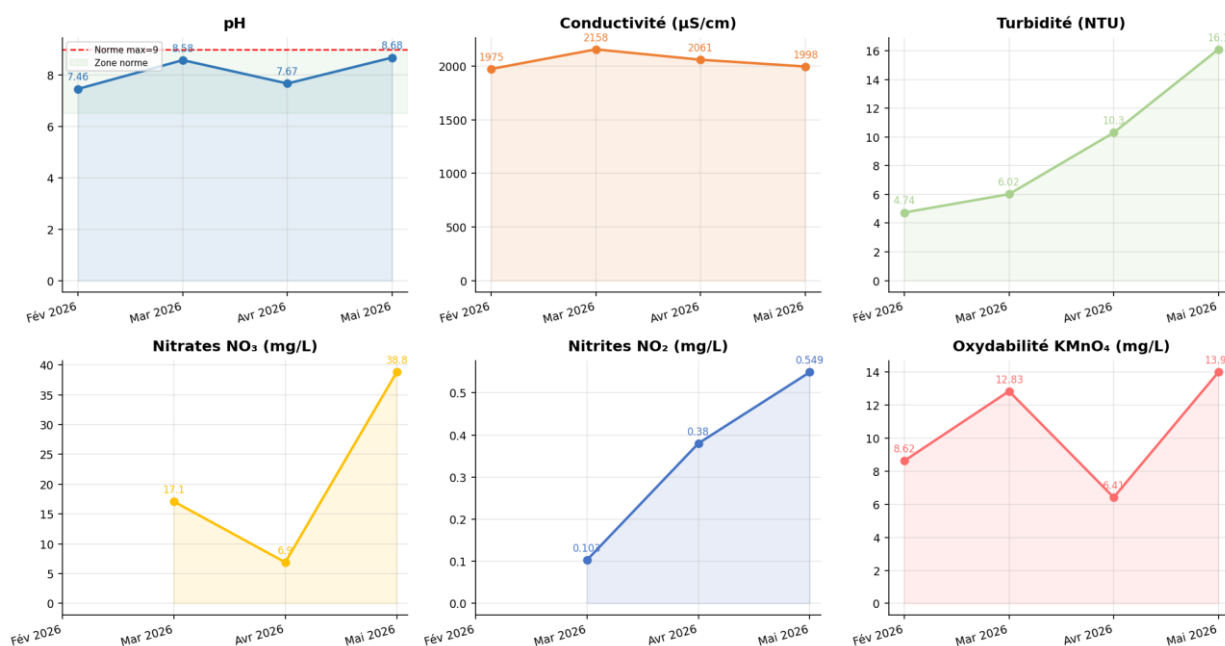


Figure 38: Évolution de six paramètres clés du Barrage Boughrara entre février et mai 2026. Les lignes pointillées rouges représentent les seuils normatifs algériens applicables.

2. Analyses Physicochimiques de l'Oued Tafna

Les tableaux suivants présentent les teneurs en phosphates (PO_4^{3-}), phosphore total (P) et nitrates (NO_3^-) mesurées dans l'Oued Tafna à quatre stations et quatre dates. Les valeurs en orange dépassent la norme de 50 mg/L pour les nitrates. Chaque tableau correspond à une session de prélèvement.

Date de prélèvement : 25 Février 2026				
Site	PO ₄ (mg/L)	P (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	Remarques ★
Ghar Boummaza	<0,01	<0,01	49,0	Nitrates proches de la norme (49 mg/L). Phosphore quasi-nul : station peu impactée par la pollution phosphatée.
Tafesra	0,32	0,10	8,29	Présence de phosphates et phosphore. Contamination diffuse modérée.
Hadjrat El Gat	0,50	0,16	11,89	Phosphates élevés (0,50 mg/L). Possible influence agricole ou rejet domestique.
Walhassa	0,48	0,16	14,17	Profil similaire à Hadjrat El Gat. Pollution mixte azotée et phosphatée.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Date de prélèvement : 25 Mars 2026				
Site	PO ₄ (mg/L)	P (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	Remarques ★
Ghar Boummaza	—	<0,01	104,0	☐ ALERTE : NO ₃ = 104 mg/L — double de la norme OMS (50 mg/L). Pic de pollution azotée printanière d'origine agricole.
Tafesra	—	0,10	62,6	☐ Nitrates dépassant la norme (62,6 mg/L). Contamination azotée significative.
Hadjrat El Gat	—	0,16	56,0	☐ Nitrates légèrement au-dessus de la norme (56 mg/L).
Rachgoun	—	0,16	79,6	☐ Nitrates très élevés en aval (79,6 mg/L). Accumulation des apports du bassin entier.

Date de prélèvement : 27 Avril 2026 (précipitations)				
Site	PO ₄ (mg/L)	P (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	Remarques ★
Ghar Boummaza	—	<0,01	66,9	☐ Encore au-dessus de la norme malgré la dilution probable par les précipitations.
Tafesra	—	0,17	25,64	Retour à des valeurs conformes. Légère hausse du phosphore.
Hadjrat El Gat	—	0,05	13,82	Bonne dilution des nitrates suite aux précipitations.
Rachgoun	—	0,07	8,35	Forte dilution en aval. Effet de crue probable.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Date de prélèvement : 23 Mai 2026				
Site	PO ₄ (mg/L)	P (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	Remarques ★
Ghar Boummaza	<0,01	<0,01	45,9	Proche de la norme (45,9 mg/L). Station globalement propre en termes de phosphore.
Tafesra	1,11	0,36	19,41	☐ Phosphates très élevés en mai (PO ₄ = 1,11 mg/L). Possible rejet localisé ou apport agricole intensifié.
Hadjrat El Gat	<0,01	<0,01	3,68	Très bonnes valeurs. Site peu pollué en cette période.
Rachgoun	<0,01	<0,01	11,13	Valeurs satisfaisantes en aval. Bonne auto-épuration de l'oued en période d'étéage.

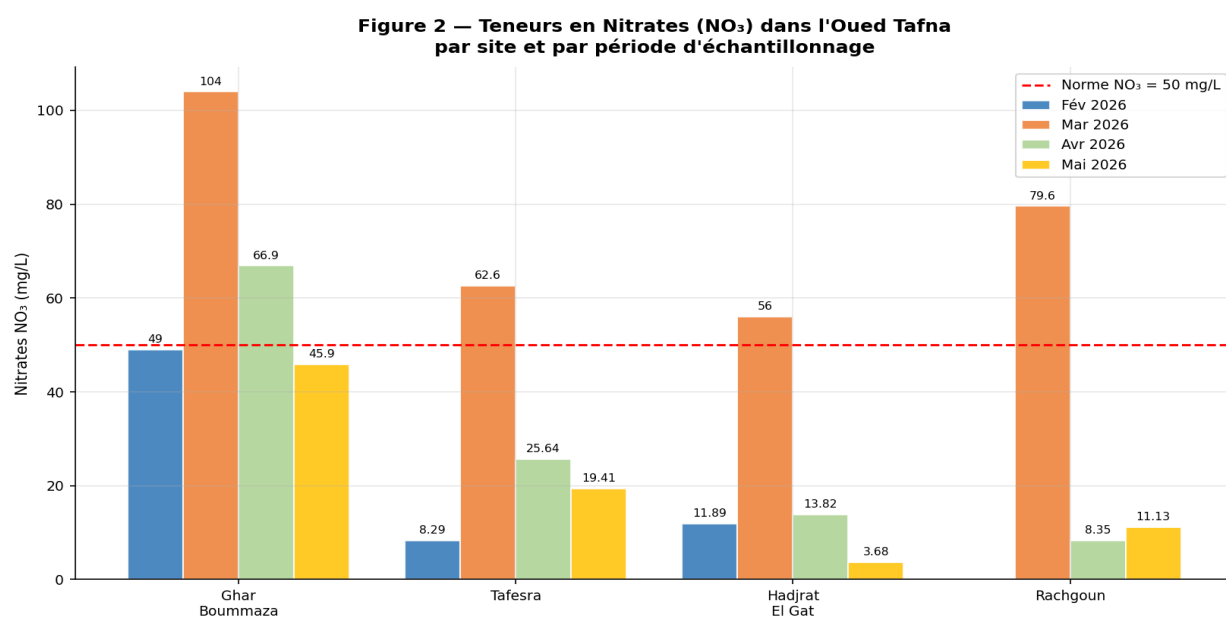


Figure 39: Nitrates (mg/L) aux quatre stations de l'Oued Tafna sur les quatre périodes d'échantillonnage. La ligne rouge correspond à la norme de 50 mg/L (OMS / norme algérienne).

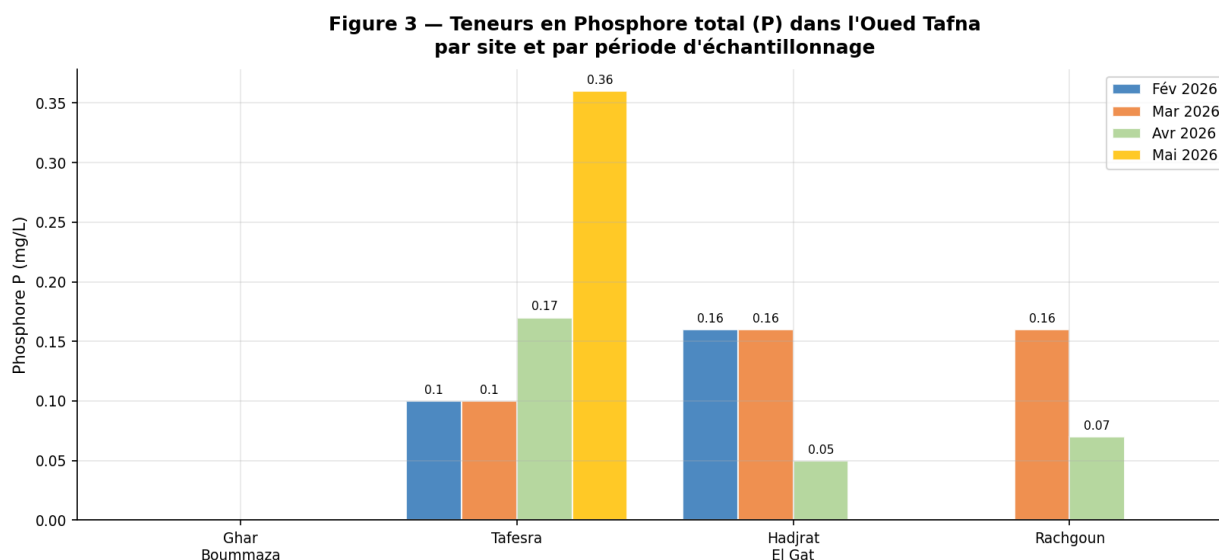


Figure 40: Phosphore total (mg/L) aux quatre stations de l'Oued Tafna sur les quatre périodes d'échantillonnage

3. Inventaire Floristique des Diatomées Épilithiques

Les tableaux ci-dessous présentent les genres et espèces de diatomées identifiés par frottement de galets (*epilithon scraping*) sur l'ensemble des sites, pour chaque date d'échantillonnage. Les abondances relatives sont indiquées entre parenthèses. Les cases grisées correspondent à l'absence de diatomées observées. Les remarques (★) commentent les observations écologiques principales.

Date d'échantillonnage : 25 Février 2026

Site	Genres et espèces identifiés (abondances entre parenthèses)
Ghar Boummaza	<i>Navicula</i> sp. (2), <i>Hantzschia</i> sp. (5), <i>Achnantheidium</i> sp. (1), <i>Navicula</i> sp. (6), <i>Thalassiosira</i> sp. (2), <i>Tabularia</i> sp. (2)
Tafesra	<i>Navicula</i> sp. (1), <i>Hantzschia</i> sp. (31), <i>Achnantheidium</i> sp. (1), <i>Navicula</i> sp. (11), <i>Tabularia</i> sp. (2), <i>Gomphonema</i> sp. (11), <i>Nitzschia</i> sp. (3)
Sidi Mabrouk	<i>Navicula</i> sp. (1), <i>Hantzschia</i> sp. (9), <i>Navicula</i> sp. (16), <i>Thalassiosira</i> sp. (1), <i>Tabularia</i> sp. (12), <i>Gomphonema</i> sp. (7), <i>Cocconeis</i> sp. (8)
Hadjrat El Gat	—
Barrage 01	<i>Navicula</i> sp. (35), <i>Cymbella</i> sp. (23), <i>Navicula</i> sp. (73), <i>Thalassiosira</i> sp. (1), <i>Gomphonema</i> sp. (64), <i>Nitzschia</i> sp. (65), <i>Cocconeis</i> sp. (5)
Barrage 02	<i>Navicula</i> sp. (10), <i>Cymbella</i> sp. (5), <i>Navicula</i> sp. (10), <i>Tabularia</i> sp. (5), <i>Gomphonema</i> sp. (10), <i>Nitzschia</i> sp. (10), <i>Cocconeis</i> sp. (4)

RÉSULTATS ET DISCUSSION

- ★ Diversité maximale sur l'ensemble de la période — richesse générique : 6–7 genres par site.
- ★ Présence d'*Achnanthydium* sp. à Ghar Boummaza et Tafesra : indicateur d'eaux propres à légèrement perturbées (Nehar et al, 2015).
- ★ Barrage 01 : effectifs les plus élevés (>200 individus), reflétant des conditions favorables en milieu lentique.
- ★ Absence à Hadjrat El Gat : substrat potentiellement inadapté ou biofilm non encore établi.

Date d'échantillonnage : 25 Mars 2026

Site	Genres et espèces identifiés (abondances entre parenthèses)
Ghar Boummaza	—
Tafesra	<i>Navicula</i> sp. (15), <i>Navicula</i> sp. (30), <i>Tabularia</i> sp. (25), <i>Gomphonema</i> sp. (30), <i>Nitzschia</i> sp. (20)
Oued Khmis	—
Hadjrat El Gat	—
Rachgoun	<i>Navicula</i> sp. (92), <i>Navicula</i> sp. (32), <i>Thalassiosira</i> sp. (15), <i>Tabularia</i> sp. (22), <i>Gomphonema</i> sp. (9), <i>Nitzschia</i> sp. (40), <i>Cocconeis</i> sp. (29)
Barrage 01	<i>Navicula</i> sp. (17), <i>Navicula</i> sp. (18), <i>Thalassiosira</i> sp. (6), <i>Tabularia</i> sp. (16), <i>Gomphonema</i> sp. (12), <i>Nitzschia</i> sp. (22), <i>Cocconeis</i> sp. (13)
Barrage 02	—
Barrage 03	<i>Navicula</i> sp. (33), <i>Hantzschia</i> sp. (35), <i>Navicula</i> sp. (23), <i>Thalassiosira</i> sp. (5), <i>Tabularia</i> sp. (12), <i>Gomphonema</i> sp. (10), <i>Nitzschia</i> sp. (32), <i>Cocconeis</i> sp. (13)

- ★ Régression de la richesse dans l'oued (Ghar Boummaza, Oued Khmis : absence). Perturbation probable du biofilm.
- ★ Rachgoun : plus forte abondance (239 individus), 7 genres. Station aval encore productive.
- ★ Barrage 03 : 8 genres identifiés, confirme le rôle du barrage comme réservoir de biodiversité diatomique.
- ★ Disparition d'*Achnanthydium* sp. — signal de dégradation de la qualité par rapport à février (Chaïb & Tison-Rosebery, 2012).

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Date d'échantillonnage : 27 Avril 2026

Site	Genres et espèces identifiés (abondances entre parenthèses)
Ghar Boummaza	<i>Navicula</i> sp. (1), <i>Tabularia</i> sp. (1)
Tafesra	<i>Navicula</i> sp. (3), <i>Cymbella</i> sp. (2)
Oued Khmis	—
Hadjrat El Gat	—
Rachgoun	<i>Navicula</i> sp. (1), <i>Navicula</i> sp. (6), <i>Nitzschia</i> sp. (1), <i>Hantzschia</i> sp. (1), <i>Thalassiosira</i> sp. (2)
Barrage 01	<i>Navicula</i> sp. (1), <i>Tabularia</i> sp. (2)
Barrage 02	<i>Navicula</i> sp. (3), <i>Hantzschia</i> sp. (19), <i>Navicula</i> sp. (3), <i>Tabularia</i> sp. (3), <i>Nitzschia</i> sp. (6)
Barrage 03	<i>Navicula</i> sp. (3), <i>Cymbella</i> sp. (1), <i>Navicula</i> sp. (9), <i>Thalassiosira</i> sp. (5), <i>Tabularia</i> sp. (3), <i>Nitzschia</i> sp. (6)

★ □ Effondrement spectaculaire des effectifs (<10 individus généralement). Date de précipitations — crues arrachant les biofilms épilithiques.

★ Seuls Barrage 02 (34 individus) et Barrage 03 (27 individus) maintiennent des effectifs significatifs grâce à la stabilité de leurs substrats.

★ La perturbation hydrologique est le facteur limitant principal à cette date, confirmant les observations de Kaddeche et al. (2022).

Date d'échantillonnage : 23 Mai 2026

Site	Genres et espèces identifiés (abondances entre parenthèses)
Ghar Boummaza	—
Tafesra	—
Oued Khmis	—
Hadjrat El Gat	<i>Navicula</i> sp. (3), <i>Thalassiosira</i> sp. (3)
Rachgoun	<i>Navicula</i> sp. (5), <i>Nitzschia</i> sp. (1), <i>Navicula</i> sp. (18), <i>Cyclotella</i> sp. (1), <i>Thalassiosira</i> sp. (2), <i>Tabularia</i> sp. (2), <i>Nitzschia</i> sp. (7), <i>Gomphonema</i> sp. (1), <i>Cocconeis</i> sp. (1)
Barrage 01	<i>Navicula</i> sp. (10), <i>Navicula</i> sp. (8), <i>Tabularia</i> sp. (1), <i>Nitzschia</i> sp. (4)
Barrage 02	—
Barrage 03	<i>Navicula</i> sp. (1), <i>Tabularia</i> sp. (1), <i>Nitzschia</i> sp. (1)

★ Reprise partielle de la colonisation diatomique avec retour progressif de certains sites.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

★ Rachgoun : 9 genres, apparition de *Cyclotella* sp. (genre planctonique lacustre, indicateur d'eaux calmes ou enrichies).

★ Absence totale à Ghar Boummaza, Tafesra et Oued Khmis : sites encore perturbés ou biofilm en cours de reconstitution.

Date d'échantillonnage : 03 Juin 2026

Site	Genres et espèces identifiés (abondances entre parenthèses)
Ghar Boummaza	<i>Navicula</i> sp. (9), <i>Cyclotella</i> sp. (1), <i>Navicula</i> sp. (1), <i>Cocconeis</i> sp. (1)
Tafesra	—
Oued Khmis	<i>Navicula</i> sp. (4), <i>Cyclotella</i> sp. (3), <i>Navicula</i> sp. (2), <i>Nitzschia</i> sp. (3)
Hadjrat El Gat	<i>Navicula</i> sp. (4), <i>Hantzschia</i> sp. (12), <i>Navicula</i> sp. (5), <i>Thalassiosira</i> sp. (5), <i>Tabularia</i> sp. (10), <i>Nitzschia</i> sp. (6), <i>Gomphonema</i> sp. (1)
Rachgoun	—
Barrage 01	<i>Navicula</i> sp. (16), <i>Cymbella</i> sp. (2), <i>Navicula</i> sp. (5), <i>Thalassiosira</i> sp. (1), <i>Tabularia</i> sp. (14), <i>Gomphonema</i> sp. (1), <i>Nitzschia</i> sp. (1)
Barrage 02	<i>Navicula</i> sp. (5), <i>Hantzschia</i> sp. (5), <i>Thalassiosira</i> sp. (1), <i>Tabularia</i> sp. (17), <i>Gomphonema</i> sp. (3), <i>Cocconeis</i> sp. (2)
Barrage 03	<i>Navicula</i> sp. (11), <i>Cymbella</i> sp. (4), <i>Hantzschia</i> sp. (21), <i>Navicula</i> sp. (22), <i>Thalassiosira</i> sp. (5), <i>Tabularia</i> sp. (35), <i>Gomphonema</i> sp. (8), <i>Nitzschia</i> sp. (3), <i>Cocconeis</i> sp. (2)

★ Reprise significative au barrage. Barrage 03 : 9 genres et >111 individus — maximum de toute la période.

★ Apparition de *Cyclotella* sp. à Ghar Boummaza et Oued Khmis. Ce genre planctonique est connu dans les eaux stagnantes et eutrophes d'Algérie (Heramza et al., 2021).

★ Tafesra reste sans diatomées en juin : perturbation persistante, mérite investigation complémentaire.

★ Le barrage se confirme comme l'écosystème le plus riche et le plus productif : rôle de réservoir de biodiversité diatomique (Nehar et al., 2015).

**Figure 4 — Distribution des genres de diatomées
(cumul tous sites et toutes dates)**

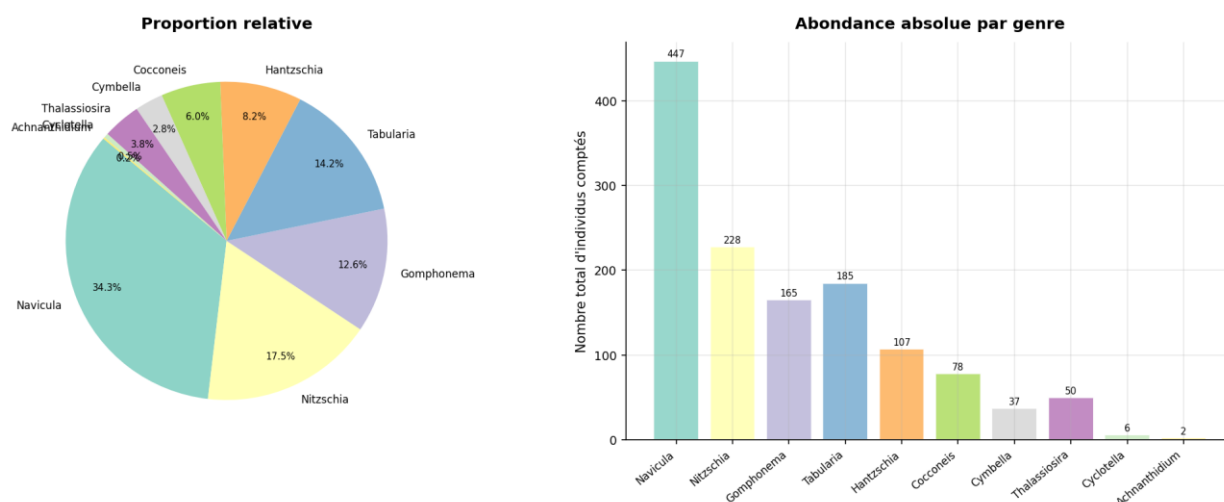


Figure 41: Distribution relative et abondance absolue des genres de diatomées (cumul tous sites et toutes dates)

Gauche : proportion relative (%) des genres identifiés sur l'ensemble de la période.

Droite : abondance absolue (nombre total d'individus comptés).

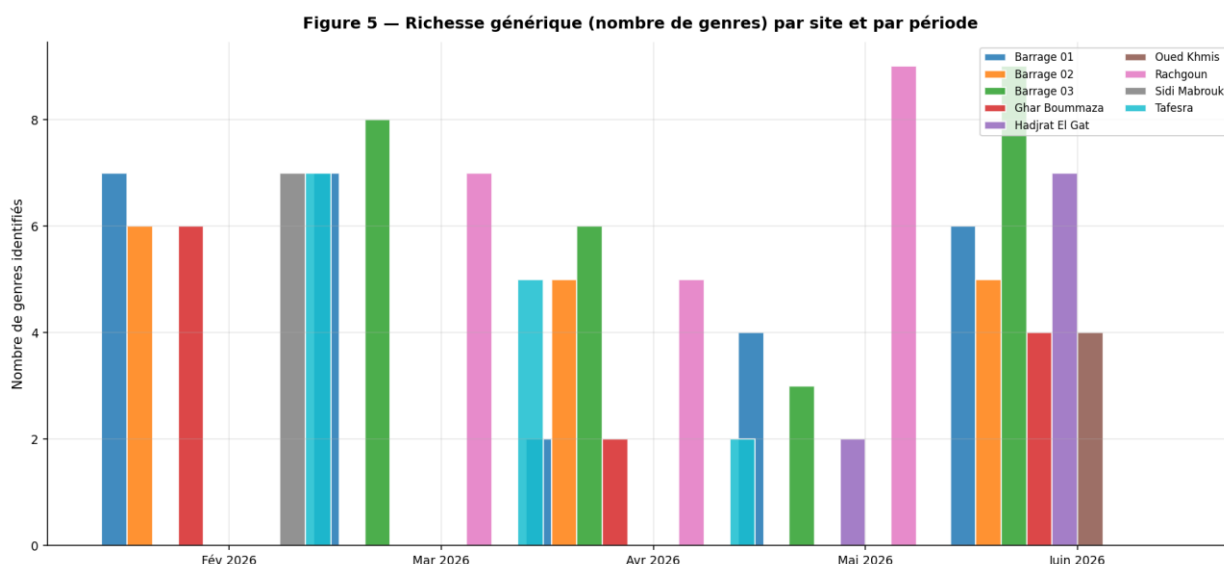


Figure 42: Nombre de genres identifiés par site et par session. La chute d'avril illustre l'effet des crues sur les biofilms épilithiques

PARTIE II : DISCUSSION

1. Caractéristiques physicochimiques du Barrage Boughrara

1.1. Réaction du milieu et équilibres carbonatés

Le pH mesuré au Barrage Boughrara oscille entre 7,46 (février 2026) et 8,68 (mai 2026), restant dans la plage définie par la norme algérienne (6,5–9). Les valeurs les plus élevées enregistrées en mars et mai coïncident avec l'intensification du rayonnement solaire printanier, qui stimule la photosynthèse du phytoplancton et des macrophytes. La consommation nette de CO_2 dissous déplace l'équilibre carbonate–bicarbonate vers des pH plus alcalins, phénomène bien documenté dans les réservoirs semi-arides soumis à une forte insolation (Heramza et al, 2021). Cette dynamique saisonnière est cohérente avec la diminution des bicarbonates (HCO_3^-) observée en mai ($167,7 \rightarrow 67,1 \text{ mg/L}$) et l'apparition simultanée de carbonates libres ($\text{CO}_3^{2-} = 18 \text{ mg/L}$).

1.2. Minéralisation et faciès hydrochimique

La conductivité électrique (1975–2158 $\mu\text{S}/\text{cm}$) reste inférieure à la norme de 2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ mais témoigne d'une charge ionique élevée. La dureté totale (TH : 298–342 mg/L), les teneurs en calcium (47–63 mg/L) et en magnésium (42–52 mg/L), et la concentration stable en chlorures (355 mg/L sur toute la période) définissent un faciès chloruré-sulfaté calco-magnésien. Ce type de minéralisation est caractéristique des eaux de surface du nord-ouest algérien, dont les bassins versants sont constitués de formations carbonatées et évaporitiques (Nehar et al, 2015). Des valeurs de conductivité et de dureté similaires ont été rapportées dans le barrage Aïn Dalia (nord-est Algérie) par (Heramza et al, 2021), confirmant que cette minéralisation élevée est une caractéristique générale des retenues algériennes.

1.3. Nutriments azotés et phosphatés

L'évolution temporelle des nutriments constitue le signal environnemental le plus préoccupant de cette étude. Les nitrates (NO_3^-), absents en février, atteignent 38,8 mg/L en mai — valeur encore conforme à la norme de 50 mg/L mais révélatrice d'apports croissants d'origine agricole par ruissellement. Les nitrites (NO_2^-) progressent de 0,103 mg/L (mars) à 0,549 mg/L (mai), signalant une dégradation organique active ou une nitrification partielle. Les phosphates (PO_4^{3-}), mesurables à toutes les dates (0,15–0,53 mg/L), indiquent des apports anthropiques diffus. (Kaddeche et al, 2024) soulignent que les paramètres nutritifs — en particulier les orthophosphates et les nitrates — sont parmi les déterminants majeurs de la distribution spatiale des communautés diatomiques dans les cours d'eau algériens.

1.4. Charge organique et turbidité

L'oxydabilité au permanganate de potassium (KMnO_4), indicateur de la matière organique oxydable, croît de 6,41 (avril) à 13,98 mg/L (mai). La turbidité suit la même tendance ascendante (4,74 $\rightarrow$ 16,1 NTU) et la couleur de mai (308 Pt.Co) dépasse la norme de 200 Pt.Co, suggérant un enrichissement saisonnier en matières en suspension et en matières organiques dissoutes, compatible avec l'érosion du bassin versant et une prolifération algale naissante. Ces observations convergent avec les résultats de (Heramza et al, 2021) dans le barrage Aïn Dalia, où la turbidité et les matières en suspension se sont révélées être des variables significativement corrélées à la distribution des diatomées.

2. Qualité physicochimique de l'Oued Tafna

2.1. Gradient spatial amont–aval

La station de Ghar Boummaza (amont) présente systématiquement des concentrations en phosphore inférieures au seuil de détection ($<0,01$ mg/L), témoignant d'une faible pression phosphatée dans la partie supérieure du bassin. Tafesra et Hadjrat El Gat montrent des teneurs en phosphore mesurables à chaque date, suggérant des apports locaux d'origine agricole ou domestique. Rachgoun, station la plus aval (proche de l'embouchure de la Tafna en Méditerranée), concentre les apports cumulés du bassin entier. Ce gradient amont–aval de contamination est un pattern classique dans les oueds algériens, documenté par (Chaïb & Tison-Rosebery, 2012) dans l'oued Kébir-Est (nord-est Algérie), où la dégradation de la qualité s'accroît des stations amont vers les stations aval sous l'effet cumulatif des rejets agricoles et domestiques.

2.2. Dépassement critique des normes en nitrates (mars 2026)

Le mois de mars 2026 révèle une pollution azotée sévère à l'échelle de l'ensemble du bassin : toutes les stations enregistrent des concentrations en NO_3^- supérieures à la norme OMS de 50 mg/L, avec un pic alarmant à Ghar Boummaza (104 mg/L). Ce pic printanier résulte classiquement du lessivage des engrais azotés appliqués en hiver, mobilisés lors des premières pluies abondantes de la saison. (Bezzeghoud & Bouhameur, 2021) ont documenté des dépassements similaires en nitrates dans les bassins hydrographiques du Chelif et des Côtiers Oranais (nord-ouest algérien), une région géographiquement adjacente à notre zone d'étude, soulignant la pression agricole généralisée sur les cours d'eau de l'ouest algérien.

2.3. Effet de dilution des précipitations (avril 2026)

La session du 27 avril 2026, réalisée par temps de précipitations, illustre l'effet de dilution des crues. Les nitrates chutent spectaculairement (Rachgoun : $79,6 \rightarrow 8,35$ mg/L). Cet effet de dilution ne doit pas être interprété comme une amélioration durable de la qualité : les contaminants sont dilués, non éliminés. De plus, les crues décrochent simultanément les biofilms épilithiques (voir section sur les diatomées), aggravant les perturbations biologiques. (Kaddeche et al, 2022) ont confirmé que parmi les variables environnementales testées dans les oueds algériens, le débit et la turbidité associés aux événements de crue sont les facteurs les plus structurants pour les assemblages diatomiques.

2.4. Anomalie phosphatée en mai à Tafesra

La station de Tafesra enregistre en mai 2026 une concentration en phosphates anormalement élevée ($\text{PO}_4^{3-} = 1,11 \text{ mg/L}$), sans équivalent aux autres stations ou dates. Cette anomalie ponctuelle pourrait indiquer un rejet localisé — effluent domestique, activité agricole intensive, ou déversement accidentel — à proximité immédiate de ce site. Une telle perturbation ponctuelle est difficile à anticiper par un suivi mensuel classique et plaide pour l'intégration de méthodes de biosurveillance continues, comme l'utilisation de diatomées comme bioindicateurs. (Nehar, 2016 ; Lobo & Ector, 2016)

3. Analyse des communautés de diatomées épilithiques

3.1. Diversité floristique générale

Au total, dix genres de diatomées ont été identifiés : *Navicula*, *Nitzschia*, *Gomphonema*, *Tabularia*, *Hantzschia*, *Cocconeis*, *Cymbella*, *Thalassiosira*, *Cyclotella* et *Achnantheidium*. Ce cortège floristique est représentatif des communautés épilithiques des cours d'eau méditerranéens semi-arides. (Nehar et al. (2015), dans leur étude pionnière sur les diatomées de l'Oued El-Hammam (Mascara) et de l'estuaire du Cheliff (Mostaganem), ont identifié 44 espèces cosmopolites, avec une dominance similaire des Naviculaceae et Bacillariaceae. De même, (Bezzeghoud & Bouhameur (2021) ont signalé la prédominance de ces mêmes familles dans les bassins du Chelif et des Côtiers Oranais, ce qui confirme la représentativité de notre inventaire pour la région de Tlemcen.

3.2. *Navicula* et *Nitzschia* : genres dominants et signification écologique

Navicula et *Nitzschia* constituent les genres les plus abondants et les plus ubiquistes de l'étude. Ces deux genres sont reconnus dans la littérature diatomologique comme des bioindicateurs de mésosaprobie à légère eutrophisation. Leur dominance quasi-exclusive sur certains sites traduit des conditions trophiques modérées à altérées. (Heramza et al, 2021)) ont confirmé dans le barrage Aïn Dalia (Algérie) que *Navicula* est caractéristique des eaux modérément polluées, tandis que *Nitzschia*, présente en abondance dans notre étude (notamment au Barrage 01 en février, avec 65 individus), est associée à des eaux significativement polluées en matières organiques. Cette répartition écologique corrobore les valeurs d'oxydabilité et de phosphates mesurées.

3.3. Genres indicateurs de bonne qualité : *Achnantheidium*, *Cymbella*, *Gomphonema*

La présence d'*Achnantheidium* sp, limitée à la première session (février 2026) aux stations de Ghar Boummaza et Tafesra, constitue un signal écologique important. Ce genre est reconnu comme indicateur d'eaux oligotrophes à mésotrophes à faible charge organique. Sa disparition après février, simultanément à la hausse des nitrates et de l'oxydabilité, suggère une dégradation saisonnière de la qualité. (Chaïb & Tison-Rosebery, 2012) ont également observé la disparition de taxons sensibles (dont *Achnantheidium*) en saison estivale dans l'oued Kébir-Est, corrélée à une hausse des nutriments. *Cymbella*, présent principalement aux stations du barrage, est associé à des eaux bien oxygénées. *Gomphonema*, présent de manière régulière, est généralement associé à des eaux mésotrophes et joue un rôle structurant dans les assemblages épilithiques des rivières méditerranéennes. (Kaddeche et al, 2022)

3.4. *Thalassiosira* sp. : présence et interprétation

La présence de *Thalassiosira* sp. dans l'Oued Tafna et le Barrage Boughrara mérite une attention particulière. Ce genre est essentiellement marin et planctonique, avec quelques espèces dulçaquicoles dans les grands lacs. Deux hypothèses principales peuvent être avancées : (1) une influence des eaux marines ou saumâtres à Rachgoun, station proche de l'embouchure de la Tafna en Méditerranée, ce qui est plausible écologiquement ; (2) la présence de frustules morts transportés par les courants depuis des plans d'eau en amont. (Heramza et al, 2021) rapportent *Thalassiosira* parmi les genres dominants du barrage Aïn Dalia, dans des eaux modérément polluées, suggérant que certaines espèces de ce genre peuvent coloniser des plans d'eau continentaux en Algérie. La distinction entre cellules vivantes et frustules morts reste nécessaire pour une interprétation rigoureuse.

3.5. Dynamique temporelle et effet des crues

La dynamique temporelle des communautés révèle une structuration saisonnière nette. La session de février enregistre la plus grande richesse générique et les effectifs les plus élevés, correspondant à une période d'eaux calmes post-hivernales propice au développement des biofilms matures. En avril, l'effondrement général des effectifs (la plupart des sites ne présentent que quelques individus) est la conséquence directe du décrochage des biofilms épilithiques par les crues (*shear stress*). Ce phénomène est bien documenté dans les systèmes lotiques méditerranéens : (Kaddeche et al, 2022) ont mis en évidence que les variations de débit et les événements de crue printanière constituent les principaux facteurs structurants des assemblages diatomiques

dans les oueds du nord-est algérien. La reprise partielle observée en mai et juin illustre la capacité de résilience de ces communautés, avec une reconstitution progressive des biofilms favorisée par la stabilisation hydrologique.

3.6. Gradient oued–barrage et rôle de réservoir de biodiversité

Un gradient très clair oppose les sites de l'Oued Tafna (milieu lotique, substrats perturbés par les crues) aux stations du Barrage Boughrara (plan d'eau lentique, substrats stables). Le barrage héberge systématiquement des effectifs plus élevés et une richesse générique plus importante, avec Barrage 03 atteignant 9 genres et plus de 111 individus en juin. Cette différence s'explique par la stabilité hydrologique du milieu lacustre, qui favorise le développement de biofilms matures et diversifiés. (Ait Hammou et al, 2017/2018), dans leur étude de l'Oued Mina (Tiaret), ont également montré que les sites à écoulement ralenti présentaient une richesse diatomique supérieure aux sites lotiques rapides. Le barrage Boughrara joue ainsi un rôle de réservoir de biodiversité diatomique pour l'ensemble du système hydrique de la Tafna.

3.7. Perspectives : vers une bioindication standardisée

L'inventaire floristique réalisé dans ce travail constitue une base solide pour l'application d'indices diatomiques standardisés. (Kaddeche et al, 2024) ont proposé pour la première fois un indice diatomique calibré pour les rivières algériennes (BDIAR), basé sur la conductivité et les profils autécologiques des diatomées, estimés pour 157 espèces. L'application de cet indice, ou de l'IBD français (Indice Biologique Diatomées), permettrait d'objectiver le statut écologique des masses d'eau de la Tafna et du Barrage Boughrara, conformément aux exigences de la Directive Cadre sur l'Eau. Notons que (Coste et al, 2009) ont amélioré la version BDI-2006, dont l'applicabilité dans le contexte méditerranéen a été validée par plusieurs études algériennes.

(Chaïb & Tison-Rosebery, 2012 ; Negadi et al, 2021)

CONCLUSION

CONCLUSION GÉNÉRALE

La présente étude avait pour objectif d'évaluer la qualité physicochimique et biologique des eaux de l'Oued Tafna et du Barrage Boughrara (wilaya de Tlemcen, nord-ouest de l'Algérie), à travers une approche couplant des analyses physicochimiques saisonnières et l'inventaire des communautés de diatomées épilithiques sur cinq périodes d'échantillonnage allant de février à juin 2026.

Sur le plan physicochimique, les eaux du Barrage Boughrara présentent un faciès hydrochimique chloruré-sulfaté calco-magnésien, caractéristique des bassins versants carbonatés et évaporitiques du nord-ouest algérien. Si les paramètres de base (pH, conductivité, oxygène dissous) restent globalement conformes aux normes algériennes en vigueur, plusieurs signaux d'alerte ont été mis en évidence. La couleur des eaux atteint 308 Pt.Co en mai, dépassant la norme de 200 Pt.Co. Les nitrites progressent de 0,103 à 0,549 mg/L entre mars et mai, révélant une dégradation organique active. L'oxydabilité au KMnO_4 culmine à 13,98 mg/L en mai, signe d'une charge organique saisonnière importante, cohérente avec une prolifération algale naissante et un apport de matières en suspension lié à l'érosion printanière du bassin versant. Ces tendances convergent avec les observations réalisées dans le barrage Aïn Dalia par (Heramza et al, 2021), confirmant que les retenues algériennes sont soumises à des fluctuations saisonnières marquées de leur qualité chimique.

Pour l'Oued Tafna, la situation est plus préoccupante. Le mois de mars 2026 révèle une pollution azotée sévère à l'échelle de l'ensemble du bassin versant, avec des concentrations en nitrates dépassant la norme OMS de 50 mg/L à toutes les stations (Ghar Boummaza : 104 mg/L, Rachgoun : 79,6 mg/L, Tafesra : 62,6 mg/L, Hadjrat El Gat : 56 mg/L). Ce pic de pollution, classiquement attribué au lessivage saisonnier des engrais azotés, représente un risque réel pour la santé publique et pour les écosystèmes aquatiques. La station de Tafesra enregistre par ailleurs en mai une anomalie phosphatée ($\text{PO}_4^{3-} = 1,11$ mg/L) qui suggère un rejet localisé nécessitant une investigation complémentaire. Ces résultats confirment les observations de (Bezzeghoud & Bouhameur, 2021) dans les bassins hydrographiques voisins du Chelif et des Côtiers Oranais, soulignant la pression agricole généralisée sur les ressources en eau de l'ouest algérien.

Sur le plan biologique, l'inventaire des diatomées épilithiques a permis d'identifier dix genres : *Navicula*, *Nitzschia*, *Gomphonema*, *Tabularia*, *Hantzschia*, *Cocconeis*, *Cymbella*, *Thalassiosira*, *Cyclotella* et *Achnantheidium*. Ce cortège floristique est représentatif des communautés épilithiques des milieux lotiques méditerranéens semi-arides (Nehar et al, 2015)). La dominance écrasante de *Navicula* et *Nitzschia* sur l'ensemble des sites et des périodes traduit

une qualité biologique de l'eau médiocre à moyenne, cohérente avec les données physicochimiques. La présence ponctuelle d'*Achnanthydium* sp. en février, genre indicateur d'eaux peu polluées, et sa disparition dès mars constituent un signal de dégradation saisonnière de la qualité, en parfaite concordance avec la hausse des nitrates et de la charge organique observées simultanément. La diversité floristique est maximale en février et s'effondre en avril sous l'effet des crues printanières qui arrachent les biofilms épilithiques — phénomène documenté par (Kaddeche et al, 2022) dans les oueds algériens. La reprise observée en juin, particulièrement marquée au niveau du barrage (Barrage 03 : 9 genres, >111 individus), illustre la capacité de résilience des communautés épilithiques et confirme le rôle du milieu lentique comme réservoir de biodiversité diatomique.

Cette étude contribue à combler le déficit de connaissances sur les diatomées dulçaquicoles de la région de Tlemcen, un domaine encore insuffisamment exploré en Algérie (Nehar, 2016). Elle constitue une base de données originale indispensable pour l'application future d'un indice diatomique standardisé, tel que le BDIAR récemment développé par (Kaddeche et al, 2024) spécifiquement pour les cours d'eau algériens, ou l'IBD français calibré sur les milieux méditerranéens (Coste et al, 2009). L'intégration de ces outils de bioindication dans un protocole de surveillance régulière permettrait d'objectiver le statut écologique du système Tafna–Boughrara conformément aux exigences de la Directive Cadre sur l'Eau et aux objectifs de développement durable de l'Algérie.

En définitive, les résultats de ce mémoire mettent en évidence la nécessité d'une gestion intégrée du bassin versant de la Tafna, conjuguant la réduction des intrants agricoles azotés et phosphatés, la surveillance continue de la qualité de l'eau, et le renforcement des programmes de biosurveillance biologique. La diatomologie épilithique, par sa sensibilité aux perturbations anthropiques et sa facilité d'application sur le terrain, représente un outil de choix pour accompagner cette démarche de gestion durable des ressources en eau de la région de Tlemcen.

Références

Bibliographie

Références bibliographie :

- Ait Hammou, M. et al. (2017/2018). Diversity of Diatom epilithons and quality of water from the subbasin of Oued Mina (district of Tiaret, Algeria). *Ukrainian Journal of Ecology*, 8(1), 103–117.
- Bezzeghoud, B., & Bouhameur, M. (2021). Bioindication par les diatomées épilithiques dans deux bassins hydrographiques (Chelif et Côtiers Oranais) — Nord-Ouest algérien. *Revue Agrobiologia*, 11(2), 2579–2590.
- Chaïb, N., Alfarhan, A. H., Al-Rasheid, K. A. S., & Samraoui, B. (2011). Environmental determinants of diatom assemblages along a North African wadi, the Kebir-East (North-East Algeria). *Journal of Limnology*, 70, 33–40. <https://doi.org/10.4081/jlimnol.2011.33>
- Chaïb, N., & Tison-Rosebery, J. (2012). Water quality assessment and application of the biological diatom index in the Kebir-East wadi, Algeria. *African Journal of Aquatic Science*, 37(1), 59–69. <https://doi.org/10.2989/16085914.2011.636898>
- Coste, M., Boutry, S., Tison-Rosebery, J., & Delmas, F. (2009). Improvements of the Biological Diatom Index (BDI): description and efficiency of the new version (BDI-2006). *Ecological Indicators*, 9, 621–650.
- Doumandji-Mitiche, B. et al. (2020). Morphological and molecular identification reveals that waters from an isolated oasis in Tamanrasset (Algeria) are colonized by opportunistic and pollution-tolerant diatom species. *Science of the Total Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141498>
- Heramza, K., Barour, C., Djabourabi, A., Khati, W., & Bouallag, C. (2021). Environmental parameters and diversity of diatoms in the Aïn Dalia dam, Northeast of Algeria. *Biodiversitas*, 22, 3633–3644.
- Kaddeche, H., Noune, F., Dzizi, S., Chaib, N., Boudjellab, Z. E., & Blanco, S. (2022). Determinant factors of diatom assemblage's distribution along the Coastal Central Constantine (Northeastern Algeria). *Aquatic Ecology*. <https://doi.org/10.1007/s10452-022-09980-8>
- Kaddeche, H., Chaib, N., Noune, F., Dzizi, S., & Blanco, S. (2024). Development of a new Diatom-Based Index (BDIAR) for biomonitoring Mediterranean streams using data from Algerian Rivers. *Hydrobiologia*, 851, 2261–2277. <https://doi.org/10.1007/s10750-023-05454-6>

Références bibliographie

- Lobo, E. A., & Ector, L. (2016). Diatoms as Bioindicators in Rivers. In O. Necchi Jr. (Ed.), *River Algae* (pp. 245–271). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-31984-1_11
- Negadi, M., Ait Hammou, M., Miara, M. D., Bendif, H., & Blake, P. (2021). Floristic diversity and Ecology of Epilithic Diatoms of the Chott Chergui wetland (North-West of Algeria). *Genetics and Biodiversity Journal*, 5(2), 186–197.
- Nehar, B. (2016). Contribution à l'étude des diatomées benthiques de quelques cours d'eau de l'Oranie : taxonomie et écologie [Thèse de doctorat, Université d'Oran], 227 p.
- Nehar, B., Blanco, S., & Hadjadj-Aoul, S. (2015). Diversity and ecology of diatoms in northwest of Algeria: case of El-Hammam Stream and Estuary of Cheliff River. *Applied Ecology and Environmental Research*, 13(1), 37–52.
- Bahloul Ahmed Choukri (2013). Etude de la variabilité climatique à travers les séries pluviométriques (Exemple du bassin versant du barrage Hammam Boughrara), mémoire de master, université Abou Backer Belkaid.
- BELARBI Fadila, 2018. Etude des précipitation, du transport solide dans le bassin versant de la tafna et leur interrelation. Thèse de Doctorat. Université Aboubakr Belkaïd– Tlemcen –.pp (53_55).
- BELARBI Fadila,. 2018 . Etude des précipitation, du transport solide dans le bassin versant de la tafna et leur interrelation. These de Doctorat. Université Aboubakr Belkaïd– Tlemcen –.pp(58_59).
- Ben Sabeur, K. (2019). Contribution à l'étude de l'envasement du barrage de Boughrara, Mémoire de Master, Université Abou Bekr Belkaïd – Tlemcen.
- Benameur, N., 2016. Contribution à l'Étude des Diatomées Benthiques de Quelques Cours d'Eau de l'Oranie : Taxonomie et Écologie.
- BENCHAIIBA LEILA (2023). 'EXPLORATION DES METHODES DE PREVISION DES APPORTS LIQUIDES DANS LES BARRAGES DE L'ALGERIE", Thèse, Université Badji Mokhtar – Annaba.
- Bouzid-Lagha, S. et Djelita, B., 2012. Etude du phénomène d'eutrophisation dans le Barrage de Hammam Boughrara (Wilaya de Tlemcen, Algérie). *Hydrological Sciences Journal*, 57 (1), 186–201.
- Dawson, R., Elliott, D., Elliott, W. H. and Jones, K. M., 1986. Données pour la de dessalement de Soul Tleta [WWW Document]. URL (accédé 6.6.26). douces. PLoS ONE, 8(1), e51273.

Références bibliographie

- Faciliter l'utilisation du code-barres ADN dans la biosurveillance de routine des eaux
- Gherbi Cherifa(2025). Évaluation de la qualité d'eau du barrage Boughrara par utilisation des paramètres physico chimique et les Macro invertébrés comme bio-indicateurs, mémoire de master, université Abou Backer Belkaid.
- Hamed, A., 2023. A brief and general overview on diatoms and their applications. Egyptian Journal of Phycology. <https://doi.org/10.21608/egyjs.2023.218427.1019>
- Hasle, Fryxell, 1970— méthode de référence pour la préparation des diatomées en <http://www.diatomsireland.com/diatom-cleaning/> (accédé 6.3.26).
- Kawther Bouchera KHOLKHAL et Khadidja DINEDANE,. 2021. Les missions des acteurs de l'eau -Cas du bassin versant de la Tafna-. Mémoire de Master. Université Aboubakr Belkaïd– Tlemcen –.p20.
- Kawther Bouchera KHOLKHAL et Khadidja DINEDANE,. 2021. Les missions des acteurs de l'eau -Cas du bassin versant de la Tafna-. Mémoire de Master. Université Aboubakr Belkaïd– Tlemcen –.p20.pp(13_16)
- Keck, F., 2016. Évaluation des liens entre phylogénie et traits écologiques chez les diatomées : pistes d'utilisation pour la bioindication des milieux aquatiques. (Theses). Université Grenoble Alpes.
- KOURDI Hanane(2021). ÉTUDE DE LA QUALITÉ DES EAUX DU LA STATION DE TRAITEMENT DU BARRAGE HAMMAM BOUGHRARA, mémoire de master ,Centre Universitaire – Maghnia-
- Lavoie, I., Hamilton, P.B., 2008. Guide d'identification des diatomées des rivières de l'Est du Canada. PUQ.
- Lira, E.G., n.d. COMME EXIGENCE PARTIELLE DE LA MAÎTRISE EN MATHÉMATIQUES ET INFORMATIQUE APPLIQUÉES.
- Microscopie optique a haute résolution.
- Nashima, K., Palanisamy, A., 2016. Prevalence and Distribution of Diatoms in the Paddy Fields of Rasipuram Area, Namakkal Dt, Tamilnadu, India. Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci 5, 402–413. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2016.508.043>
- OURIMCHI, O., HAMMAD, Y., 2017. Étude et amélioration du débit d'eau de la station recherche biochimique. 3e éd. Oxford : Oxford Science Publications.

Références bibliographie

- Remini, B., & Hallouche, W. (2017). Le barrage de Hammam Boughrara (Algérie): envasement et qualité des eaux. *Larhyss Journal*, (32), 241-255.
- Round, F.E., Crawford, R.M. and Mann, D.G., 1990. *The Diatoms: Biology and Morphology of the Genera*. Cambridge University Press.
- Rumeau, A., Coste, M., 1988. Initiation à la systématique des diatomées d'eau douce. Pour l'utilisation pratique d'un indice diatomique générique. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 1–69. <https://doi.org/10.1051/kmae:1988009>
- Sauvey, A., 2018. Variabilité interspécifique et intraspécifique des indices physiologiques chez les diatomées toxiques du genre *Pseudo-nitzschia* : influence du cycle de vie (Theses). Normandie Université.
- Stein et al. (2013). Évaluation de la conservation d'échantillons à base d'éthanol pour
- Taleb, A., Belaidi, N., & Boukli-Hacene, S. (2004). Étude de la qualité des eaux de l'oued Tafna (Nord-Ouest Algérien). *Journal algérien des régions arides*, 3, 45-56.
- Van Dam, H., Mertens, A. and Sinkeldam, J., 1994. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*, 28(1), 117-133
- ZETTAM, B. (2017). Étude des diatomées du bassin versant de la Tafna : Taxonomie, écologie et application à la bio-indication. Thèse de Doctorat / Magister, Université Abou Bekr Belkaïd - Tlemcen, Algérie

RÉSUMÉ

La présente étude porte sur l'évaluation de la qualité des eaux de l'Oued Tafna et du Barrage Boughrara (wilaya de Tlemcen, nord-ouest de l'Algérie) au moyen d'analyses physicochimiques saisonnières et de l'inventaire des communautés de diatomées épilithiques (micro-algues benthiques) collectées par frottement de galets sur cinq périodes d'échantillonnage allant de février à juin 2026.

Les analyses physicochimiques du barrage révèlent un faciès chloruré-sulfaté calco-magnésien fortement minéralisé (conductivité : 1975–2158 $\mu\text{S}/\text{cm}$; TH : 298–342 mg/L), avec des paramètres globalement conformes aux normes algériennes. Cependant, des signaux d'alerte saisonniers ont été identifiés : dépassement de la norme de couleur en mai (308 Pt.Co), progression des nitrites (0,103 à 0,549 mg/L) et hausse de l'oxydabilité (jusqu'à 13,98 mg O_2/L). Pour l'Oued Tafna, une pollution azotée sévère est documentée en mars 2026, avec des concentrations en nitrates dépassant la norme OMS de 50 mg/L à toutes les stations (maximum : 104 mg/L à Ghar Boummaza). Une anomalie phosphatée est également signalée à Tafesra en mai ($\text{PO}_4^{3-} = 1,11 \text{ mg/L}$).

L'inventaire diatomique a permis d'identifier dix genres épilithiques : *Navicula*, *Nitzschia*, *Gomphonema*, *Tabularia*, *Hantzschia*, *Cocconeis*, *Cymbella*, *Thalassiosira*, *Cyclotella* et *Achnantheidium*. La dominance de *Navicula* et *Nitzschia*, genres tolérants à la pollution organique, traduit une qualité biologique médiocre à moyenne, en cohérence avec les données physicochimiques. La richesse générique est maximale en février et s'effondre en avril en raison du décrochage des biofilms épilithiques par les crues printanières. Les stations du Barrage Boughrara présentent systématiquement une diversité et une abondance supérieures aux sites de l'oued, jouant le rôle de réservoir de biodiversité diatomique pour l'ensemble du système hydrique.

Ces résultats constituent une base de données originale pour la région de Tlemcen et ouvrent la voie à l'application d'indices diatomiques standardisés (BDIAR, IBD) en vue d'une biosurveillance écologique durable du bassin versant de la Tafna.

Mots-clés :

Diatomées épilithiques, Oued Tafna, Barrage Boughrara, physicochimie, bioindication, qualité de l'eau, Tlemcen, Algérie.

Summary :

This study focuses on assessing the water quality of the Oued Tafna and the Boughrara Dam (Tlemcen Province, northwestern Algeria) through seasonal physicochemical analyses and an inventory of epilithic diatom communities (benthic microalgae) collected by rubbing pebbles during five sampling periods ranging from February to June 2026.

Physicochemical analyses of the reservoir reveal a highly mineralized calcium-magnesium chloride-sulfate facies (conductivity: 1975–2158 $\mu\text{S}/\text{cm}$; TH: 298–342 mg/L), with parameters generally compliant with Algerian standards. However, seasonal warning signs have been identified: Exceedance of the color standard in May (308 Pt.Co), an increase in nitrites (from 0.103 to 0.549 mg/L), and a rise in oxidizability (up to 13.98 mg O_2/L). For the Oued Tafna, severe nitrogen pollution was documented in March 2026, with nitrate concentrations exceeding the WHO standard of 50 mg/L at all monitoring stations (maximum: 104 mg/L at Ghar Boummaza). A phosphate anomaly was also reported at Tafesra in May ($\text{PO}_4^{3-} = 1.11 \text{ mg/L}$).

The diatom inventory identified ten epilithic genera: *Navicula*, *Nitzschia*, *Gomphonema*, *Tabularia*, *Hantzschia*, *Cocconeis*, *Cymbella*, *Thalassiosira*, *Cyclotella*, and *Achnantheidium*. The dominance of *Navicula* and *Nitzschia* genera tolerant of organic pollution—indicates poor to moderate biological water quality, consistent with the physicochemical data. Generic richness peaks in February and drops sharply in April due to the detachment of epilithic biofilms caused by spring floods. The sites at the Boughrara Dam consistently exhibit higher diversity and abundance than the wadi sites, serving as a reservoir of diatom biodiversity for the entire water system.

These results constitute an original dataset for the Tlemcen region and pave the way for the application of standardized diatom indices (BDIAR, IBD) for the purpose of sustainable ecological biomonitoring of the Tafna watershed.

Keywords :

Epilithic diatoms, Oued Tafna, Boughrara Dam, physicochemistry, bioindication, water quality, Tlemcen, Algeria.

المخلص:

تتناول هذه الدراسة تقييم نوعية مياه واد تافنة وسد بوغرار (ولاية تلمسان، شمال غرب الجزائر) من خلال إجراء تحاليل فيزيوكيميائية موسمية وجرد لمجتمعات الدياتومات الملتصقة بالصخور (طحالب دقيقة قاعية) التي تم جمعها عن طريق فرك الحصى خلال خمس فترات أخذ عينات ممتدة من فيفري إلى جوان 2026.

تكشف التحاليل الفيزيوكيميائية للسد عن نمط مائي كلوريدي-كبريتاتي كلسي-مغنزي شديد التمدن (الناقلية: 2158–1975 $\mu\text{S/cm}$ ؛ العسر الكلي: 298–342 mg/L)، مع مطابقة معظم المعايير للمعايير الجزائرية. إلا أنه تم رصد إشارات إنذار موسمية: تجاوز معيار اللون في شهر ماي (Pt.Co 308)، وتزايد تركيز النتريت (من 0,103 إلى 0,549 mg/L) وارتفاع قابلية الأكسدة (حتى 13,98 $\text{mg O}_2/\text{L}$). أما بالنسبة لواد تافنة، فقد تم توثيق تلوث نيتروجيني شديد في مارس 2026، حيث تجاوزت تراكيز النترات المعيار المحدد من قبل منظمة الصحة العالمية 50 mg/L في جميع المحطات (الحد الأقصى: 104 mg/L بغار بومعزة). كما تم تسجيل شذوذ في الفوسفات بتأفسرة في ماي ($\text{PO}_4^{3-} = 1,11 \text{ mg/L}$).

سمح جرد الدياتومات بتحديد عشرة أجناس ملتصقة بالصخور: *Nitzschia*، *Navicula*، *Gomphonema*، *Tabularia*، *Hantzschia*، *Cocconeis*، *Cymbella*، *Thalassiosira*، *Cyclotella* و *Achnantheidium*. إن سيادة جنسي *Navicula* و *Nitzschia*، وهما جنسان يتحملان التلوث العضوي، تعكس نوعية بيولوجية متوسطة إلى ضعيفة، وهو ما يتماشى مع المعطيات الفيزيوكيميائية. تبلغ الثراء الجنسي أقصاه في شهر فيفري ثم ينهار في أفريل بسبب انجراف الأغشية الحيوية الملتصقة بالصخور نتيجة الفيضانات الربيعية. وتظهر محطات سد بوغرار باستمرار تنوعاً ووفرة أعلى مقارنة بمواقع الواد، حيث تؤدي دور خزان للتنوع البيولوجي للدياتومات على مستوى النظام المائي ككل.

تشكل هذه النتائج قاعدة معطيات أصلية لمنطقة تلمسان وتمهد الطريق لتطبيق مؤشرات دياتومات موحدة (IBD، BDIAR) بغرض إرساء مراقبة بيئية حيوية مستدامة لحوض تافنة.

الكلمات المفتاحية:

الدياتومات الصخرية، وادي تافنا، سد بوغرار، الخصائص الفيزيائية والكيميائية، المؤشرات الحيوية، جودة المياه، تلمسان، الجزائر.