



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université des Frères Mentouri Constantine 1
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة الاخوة منتوري قسنطينة 1
كلية علوم الطبيعة و الحياة

Département : Biologie Et Ecologie Végétale

تقسم : بيولوجيا و ايكولوجيا النبات

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Ecologie fondamentale et appliquée

Intitulé :

**Qualité nutritive des eaux pour le phytoplancton
après le transfert du barrage Béni Haroun
vers Koudiet Medouar.**

Présenté et soutenu par : AOUSSAT Rayene

GUERNANE Takoua

Le : 18 /07/2019

Jury d'évaluation :

Président du jury : TOUATI Laid

MCA

UFM Constantine 1

Rapporteur : AFRI-MEHENNAOUI Fatima-Zohra

Pr

UFM Constantine 1

Examineur : GHIOUA-BOUCHTAB Karima

MAA

UFM Constantine 1

*Année universitaire
2018 - 2019*

Du profond de mon cœur, je dédie ce travail :

A la mémoire de mon cher grand père AOUSSAT Zoubeir

Que DIEU garde son âme dans son vaste paradis.

A mes chers parents

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être. Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance. Que ce travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices, bien que je ne vous en acquitterai jamais assez. Puisse DIEU, le Très Haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie et faire en sorte que jamais je ne vous déçoive.

A mon cher grand-père et mes chères grands-mères

Qui n'ont jamais cessé, de faire des prières à mon égard et de me soutenir pour que je puisse réussir, je vous souhaite une bonne santé.

A mes très chers frères

Je vous souhaite une vie pleine de succès, que DIEU vous garde pour moi.

A mon cher fiancé

Qui m'a aidé et supporté durant les moments difficiles, que DIEU réunisse nos chemins pour un long commun serein.

A ma tante et son mari

A mes chers oncles et à toute ma famille ainsi qu'à tous mes amis.

A.Rayene.

Avec l'aide de DIEU le tout puissant j'ai pu réaliser ce travail

Je dédie ce mémoire :

A mes chers parents,

*Qui m'ont éclairée le chemin de la vie par leur grand soutien
et leurs encouragements, par leurs dévouements exemplaires
et les énormes sacrifices qu'ils m'ont consentis durant mes
études et qui ont toujours aimé me voire réussir. Je les
remercie pour tout ce qu'ils m'ont fait.*

A mes chers grands-pères et chères grands-mères

A mes très chères sœurs qui m'ont toujours soutenue ...

*A toutes mes amies en qui j'ai toujours trouvé le soutien et le
réconfort.*

A tous ceux qui me sont chers et proches ...

*Que ce travail soit le témoignage sincère et affectueux de ma
profonde reconnaissance pour tout ce que vous avez fait pour
moi.*

Takoua,G

Remerciement

Avant tout, nous remercions notre créateur « Allah » tout puissant qui nous a guidé, nous a donné la force, la santé et la volonté pour réaliser ce travail et arriver à ce stade scientifique.

Ce travail a été réalisé au sein des laboratoires de l'ARNH de Constantine.

En premier lieu, nous tenons à remercier particulièrement *Mme. AFRI-MEHENNAOUI F.Z.* Professeur à l'université de Constantine 1, notre encadreur, qui a accepté de diriger ce mémoire et nous a guidé tout au long de ce travail, nous sommes très honorées de travailler sous sa direction.

Nos sincères remerciements vont également aux membres de jury qui ont consacré une part importante de leur temps à la lecture et à l'évaluation de ce travail. Nous sommes très honorées que *M. Touati Laid.* Maître de conférences à l'Université Mentouri de Constantine 1 ait accepté de présider le jury, que *Mme. Ghioua K. MAA* à l'université de Constantine 1, ait accepté d'examiner notre travail.

Nos remerciements s'adressent également, à tout le personnel de l'ARNH pour leur contribution dans la réalisation de ce travail et particulièrement à *M. Derouaz Z.* Ingénieur d'état à l'ARNH, qui nous a guidé et orienté techniquement sur le terrain et au laboratoire.

Aussi nos sincères remerciements à *M. Benchouri Y.* (directeur du barrage Koudiet Medouar).

Un remerciement particulier à *Aoussat Reda* et *Guernane Ikhlas* pour leur aide continue durant la période de notre travail.

Enfin, un grand merci à nos familles, nos parents, tous nos professeurs, et toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à ce travail. Nous leur exprimons notre reconnaissance et notre gratitude.

Abstract

Algeria is one of the countries where the availability of water is restricted as needs continue to increase. To cope with this shortage, the construction of dams seems to be the most appropriate solution to meet the different needs.

The objective of the present work is to establish an analogy on the nutritional quality of water for phytoplankton after the transfer from Béni Haroun dam to Koudiet Medouar. Studies carried out before 2014 on the Koudiet Medouar dam make it possible to detect the evolution and to appreciate the impact of the transfer on the physicochemical quality of the waters of the latter, as well as the temporal evolution of the water quality, for both dams. In order to respond to this concern, physico-chemical parameters of the water were determined over a period of seven months and the evolution over time, appreciated. The results indicate that the water temperature is seasonal, the pH is slightly alkaline, the conductivity is indicative of excessive mineralization, the low turbidity and the dissolved oxygen reflect excellent to good water quality. The level of bicarbonates and suspended solids is relatively high, while phosphates and nitrates are good water.

Finally, our study showed an enrichment of the nutritional quality of the Koudiet Medouar dam, compared to the results of the previous works. This development is either related to the transfer of water from the Beni Haroun dam or due to inputs from agricultural activities (use of fertilizers).

Key words: Dam, transfer, Beni Haroun, Koudiet Medouar, nutrients, phytoplankton.

ملخص

تعتبر الجزائر واحدة من البلدان التي يقتصر فيها توفر المياه، و مع ذلك يستمر تزايد الاحتياجات. لمواجهة هذا النقص، يبدو أن بناء السدود هو الحل الأنسب لتلبية الاحتياجات المختلفة.

الهدف من هذه الدراسة هو المقارنة بين الجودة الغذائية للمياه على العوالق النباتية, بعد نقلها من سد بني هارون إلى كدية مدور, و قد أتاحت الدراسات التي أجريت قبل سنة 2014 على مستوى سد كدية مدور إلى اكتشاف التطور وتقدير تأثير النقل على الجودة الفيزيوكيميائية لمياه هذا الأخير, و كذلك التطور الزمني لنوعية المياه لكل من السدين.

من أجل الوصول إلى هذا الهدف, تم تحديد خصائص فيزيوكيميائية على مدى سبعة أشهر, تشير النتائج المتحصل عليها إلى أن درجة حرارة الماء موسمية ؛ درجة الحموضة قلووية نوعا ما ؛ الموصلية الكهربائية تدل على تمعدن مفرط ؛ التعكر منخفض و الأكسجين المذاب يعكس نوعية ممتازة للمياه. مستوى البيكربونات و المواد العالقة مرتفع نسبيا, في حين الفوسفات و النترات تعكس نوعية مياه جيدة. و أخيرا, كشفت دراستنا أن هناك إثراء للجودة الغذائية على مستوى سد كدية مدور مقارنة بنتائج الأعمال السابقة. يرتبط هذا التطور إما بنقل المياه من سد بني هارون أو بسبب الأنشطة الزراعية (استخدام الأسمدة).

الكلمات المفتاحية : سد, نقل, بني هارون, كدية مدور, مغذيات, عوالق نباتية.

Résumé
Liste des figures
Liste des tableaux
Liste d'abréviation
Introduction.....1

Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

1.1 Définition des barrages.....4
1.2. Importance des barrages en Algérie.....4
1.3. Le réseau de surveillance de la qualité des eaux de surface.....5
1.4. Producteur primaire d'un écosystème aquatique6
1.4.1. Généralités sur les algues.....6
1.4.2. Importance du phytoplancton dans un écosystème aquatique7
1.4.3. Systématique et organisation du phytoplancton9
1.4.4. Les cyanophycées (cyanobactéries)9
1.5. Importance des paramètres physico-chimiques10

Chapitre 2 : Matériel et méthodes

2.1. Description des zones d'étude.....16
2.1.1. Présentation générale du barrage Béni Haroun.....16
2.1.2. Présentation générale du barrage Koudiet Medouar.....17
2.2. Climatologie des zones d'études.....19
2.3. Calendrier de prélèvement.....21
2.4. Prélèvement des échantillons d'eau21
2.4.1. Nature et mode de prélèvement21
2.5. Paramètres physico-chimiques22

Chapitre 3 : Résultats et discussion

3.1. Les paramètres physico-chimiques.....28
3.1.1 Température de l'eau28
3.1.2. pH29

Table des matières

3.1.3. Conductivité électrique (CE)	30
3.1.4. Matières en suspension à 105°C (MES 105°C)	31
3.1.5. Turbidité (NTU).....	33
3.1.6. Oxygène dissous	34
3.1.7. Bicarbonates (HCO_3^-).....	35
3.1.8. Phosphates (PO_4^{3-}).....	36
3.1.9. Nitrates (NO_3^-).....	37
3.2. Corrélations entre les mesures physico-chimiques des barrages.....	39
Conclusion	41
Références bibliographiques	44

Figure N°	Titre de figure	Page
Figure 1	Situation du barrage Béni Haroun par rapport au bassin versant Kébir-Rhumel, modifié en localisant le barrage par le SIG.	15
Figure 2	Transferts de l'eau brute à partir du barrage de Béni Haroun.	16
Figure 3	Localisation du Barrage de Koudiet Medouar (Timgad, Batna).	18
Figure 4	Mode de prélèvement des échantillons d'eau.	22
Figure 5	Mesure de la température.	23
Figure 6	Mesure du pH.	23
Figure 7	Mesure de la conductivité.	24
Figure 8	Fixation de l'oxygène dissous sur terrain.	25
Figure 9	Dosage des phosphates.	26
Figure 10	Dosage des nitrates.	26
Figure 11	Variations spatio-temporelles de la température de l'eau des barrages Béni Haroun et Koudiet Medouar.	28
Figure 12	Variations spatio-temporelles du pH de l'eau des barrages Béni Haroun et Koudiet Medouar.	29
Figure 13	Variations spatio-temporelles de la conductivité électrique (CE) de l'eau des barrages Béni Haroun et Koudiet Medouar.	30
Figure 14	Variations spatio-temporelles des teneurs en MES de l'eau des barrages Béni Haroun et Koudiet Medouar.	32
Figure 15	Variations spatio-temporelles des teneurs en turbidité (NTU) de l'eau des barrages Béni Haroun et Koudiet Medouar.	33
Figure 16	Variations spatio-temporelles de la concentration en oxygène dissous de l'eau des barrages Béni Haroun et Koudiet Medouar.	34
Figure 17	Variations spatio-temporelles des teneurs en Bicarbonates (HCO_3) des eaux des barrages Béni Haroun et Koudiet Medouar.	35
Figure 18	Variations spatio-temporelles des teneurs en phosphates (PO_4^{3-}) des eaux des barrages Béni Haroun et Koudiet Medouar.	36
Figure 19	Variations spatio-temporelles des teneurs en nitrates (NO_3^-) de l'eau des barrages Béni Haroun et koudiet Medouar.	38

Tableau N°	Titre du tableau	Page
Tableau 1	Classes d'aptitude des eaux superficielles.	6
Tableau 2	Moyennes mensuelles des températures, moyennes journalières des températures maximales et minimales en °C et des pluviométries en mm de la région de Constantine.	20
Tableau 3	Moyennes mensuelles des températures, moyennes journalières des températures maximales et minimales en °C et des pluviométries en mm de la région de Batna.	20
Tableau 4	Date des prélèvements des échantillons d'eau.	21
Tableau 5	Conservation des prélèvements.	22
Tableau 6	Gamme d'étalonnage des phosphates.	25
Tableau 7	Gamme d'étalonnage des nitrates.	26
Tableau 8	Résultats des paramètres physico – chimiques de l'eau des barrages Béni Haroun et Koudiet Medouar (moyenne, écart type, minimum, maximum, médiane).	27
Tableau 9	Grille de la qualité des eaux superficielles pour la CE.	31
Tableau 10	Grille de classification de la qualité des eaux de surface en fonction de l'oxygène dissous.	35
Tableau 11	Grille de classification de la qualité des eaux de surface en fonction des phosphates.	37
Tableau 12	Grille de classification de la qualité des eaux de surface en fonction des nitrates.	38
Tableau 13	Matrice des corrélations entre les paramètres physico-chimiques du barrage Béni Haroun.	40
Tableau 14	Matrice des corrélations entre les paramètres physico-chimiques du barrage Koudiet Medouar.	40

ABH : Agence de Bassin Hydrographique.

ANBT : Agence Nationale des Barrages et Transfert.

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydriques.

BH : Béni Haroun.

CE : Conductivité Electrique.

CO₂ : Dioxyde de carbone.

DBO5 : Demande Biologique en Oxygène à cinq jours.

DCO : Demande Chimique en Oxygène.

HCO³⁻ : Bicarbonates.

KM : Koudiet Medouar.

MES : Matière en Suspension.

NGL : Azote global.

NH₄ : Ammonium.

NO₂ : Nitrites.

NO₃ : Nitrates.

NT: Azote total.

O₂ : Oxygène.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

SIG : Système d'Information Géographique.

pH : Potentiel Hydrogène.

PO₄ : Phosphates.

RCMB : Rapport de la Commission Mondiale des Barrages.

SEQ-EAU : Système d'Evaluation de la Qualité des eaux superficielles.

T (C°) : Température en degrés Celsius.

tr/ min : Tour par Minute.

UTN : Unités de Turbidité Néphélométrique.

μS/cm : Micro Siemens par Centimètre.

% sat : Pourcentage de Saturation.

Introduction

Introduction

Dans le cadre de la réalisation de notre mémoire de fin de cycle nous avons bénéficié d'un stage pratique d'une durée de 4 mois à l'agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH). Ce stage nous a permis de découvrir le travail au sein de laboratoire et sur le terrain. Nous avons choisi en priorité l'ANRH de Constantine car elle effectue la collecte, le traitement et la détermination des paramètres pour le suivi qualitatif et quantitatif des eaux. L'enjeu de ce stage était donc de découvrir un nouvel univers professionnel, le fonctionnement d'une entreprise et d'élargir nos compétences.

L'eau est la ressource naturelle, à la fois la plus indispensable à toute forme de vie et la plus menacée vu l'extension illimitée des unités industrielles à proximité des lacs et des cours d'eau. Au cours des dernières décennies, les problèmes relatifs à la protection et à l'utilisation des ressources en eau se sont accentués dans le monde. Les problèmes de l'eau affectent aussi bien les pays en voie de développement, aux ressources économiques limitées, que des pays développés. L'Algérie est l'un des pays où la disponibilité de l'eau connaît des restrictions alors que les besoins ne cessent d'augmenter. Cette demande croissante est due à l'explosion démographique, aux développements industriels et agricoles ainsi qu'aux fréquents épisodes de sécheresse. Pour faire face à cette pénurie, la construction des barrages semble être la solution la plus adaptée pour pallier aux différents besoins.

En Algérie l'eau a été hissée au rang de priorité nationale depuis plus d'une décennie. Les disponibilités en eau sont estimées à 17 milliards de m³ par an dont 12 milliards de m³ dans la région Nord, avec 10 milliards de m³ de ressource superficielles. L'exploitation de ces ressources en eau est très intense avec les besoins grandissants liés à une demande cumulée de trois secteurs souvent concurrentiels (la ville, l'industrie et le périmètre d'irrigation). La mobilisation des eaux superficielles a été de tous les temps une préoccupation majeure des pouvoirs publics. En effet, la loi relative au code des eaux, promulguée en 1983 puis modifiée et complétée dans le cadre du développement durable en 2005, définit l'eau comme « bien de la collectivité nationale ». Selon ce texte, le premier principe sur lequel se fonde l'utilisation, la gestion et le développement durable des ressources en eau, est « le droit à l'accès à l'eau et à l'assainissement pour satisfaire les besoins fondamentaux de la population, dans le respect de l'équité en matière de services publics ».

En général, les pollutions les plus graves à ce jour qui touchent les barrages, sont celles dues aux activités humaines, à savoir les pratiques agricoles, industrielles, aux rejets domestiques diffus et, dans une moindre mesure, aux retombées atmosphériques. Ces polluants sont entraînés par les eaux de ruissellement vers les réservoirs via les oueds et le lessivage diffus. L'une des conséquences de cette situation est l'enrichissement de l'eau par les nutriments (phosphates et nitrates) indicateurs de l'eutrophisation. Ce phénomène provoque un déséquilibre de l'écosystème avec un développement anarchique d'algues et une consommation intense de l'oxygène. En effet, la qualité d'une eau est la résultante de nombreux paramètres dont les fluctuations sont déterminantes pour la répartition des organismes vivants. Dans les milieux aquatiques, l'accumulation des éléments particuliers et dissous d'origine terrestre, et les échanges de matières, favorisent le développement du plancton d'où la productivité de ces écosystèmes. Malgré l'importance des 79 barrages situés surtout au nord du territoire algérien et vu leur relatif jeune âge, les études portant sur les aspects biologiques et écologiques de ces derniers en est à ses débuts et ce dans le but de recenser les richesses bioécologiques qu'ils recèlent. Parmi les groupes vivants les plus abordés dans les études concernant la vie aquatique, nous citons le phytoplancton. Premier maillon de la chaîne alimentaire, il est un bon indicateur de l'état trophique des eaux. Cependant très peu d'études lui sont consacrées dans les travaux sur les écosystèmes aquatiques algériens (**Kherief Nacereddine, 2018 ; 2019**). Néanmoins la qualité physico-chimique des eaux des barrages de l'est algérien et spécifiquement dans le constantinois tels que Hammam Grouz et Béni-Haroun a été abordée (**Melghit, 2012 ; 2015**).

L'objectif du présent travail consiste à établir une analogie sur la qualité nutritive des eaux pour le phytoplancton après le transfert de ces dernières en 2014, du barrage Béni Haroun vers Koudiet Medouar, lui-même alimenté par les oueds Robaa et Chemora. Des études, réalisées avant 2014 sur le barrage Koudiet Medouar permettent de déceler l'évolution et d'apprécier l'impact de ce transfert sur la qualité physico-chimique des eaux de ce dernier. De même, l'évolution temporelle de la qualité des eaux pour les deux barrages sera évaluée en se référant aux travaux précédents le transfert (**Benayache, 2014 ; Labeled, 2014**). Afin de répondre à cette préoccupation, nous avons procédé à la détermination des paramètres physico-chimiques (température, pH, conductivité électrique, matières en suspension, turbidité, oxygène dissous, carbonate et bicarbonate, phosphates et nitrates) dans chacun des barrages et comparer leur évolution dans le temps pendant sept mois, de septembre 2018 à mars 2019.

Dans ce mémoire, après une synthèse bibliographique relative aux réservoirs des barrages et leur importance, le deuxième chapitre est consacré à la description du matériel et des méthodes rappelant les techniques d'analyses mises en œuvre. Les résultats, leurs interprétations et leurs discussions font l'objet du troisième chapitre.

Chapitre 01 :
Synthèse
Bibliographique

1. Les réservoirs de barrage et le développement algal :

Dans le premier chapitre de ce document, nous présentons une synthèse bibliographique sur les réservoirs des barrages, des généralités sur les barrages et leur importance en Algérie, les normes et les classes de qualité des eaux superficielles, ainsi que le développement algal, et enfin l'importance des paramètres physico-chimiques.

1.1. Définition des barrages :

Les barrages et lacs collinaires sont des aménagements de moyenne et petite hydraulique sur les cours d'eau secondaires dans les parties amont de grands bassins versants. Il s'agit de digues en terre compactée avec un déversoir latéral donnant lieu à des retenues d'eau de quelques dizaines de milliers de m³ à quelques millions de m³, inondant des surfaces de taille modérée (Albergel et al., 2006).

1.2. Importance des barrages en Algérie :

L'Algérie se trouve dans une situation hydrique relativement sécurisée grâce à la politique qui a été suivie depuis l'année 2000. L'analyse des réserves des barrages à partir de septembre 2018 jusqu'à janvier 2019 a mis en évidence des apports importants dans la réserve nationale en eau atteignant 4,94 milliards de m³ dont 4,1 milliards de m³ sont exploitables. Le taux de remplissage des barrages atteint au 31 janvier 2019 est synonyme d'un apport supplémentaire de 1,3 milliard de m³ par rapport aux volumes affichés au 31 janvier 2018. Treize barrages ont atteint un taux de remplissage de 100%, alors que 30 autres se sont remplis à 80%, 61 barrages parmi les 65 exploitables à travers le pays bénéficient d'un niveau de remplissage globalement confortable.

Les barrages ne sont pas nouveaux, on en construit depuis des milliers d'années pour : L'hydroélectricité, l'irrigation, production d'eau potable à partir de l'eau de mer, l'alimentation en eau potable, la maîtrise des crues, la prospérité économique résultant des cultures irriguées, l'électrification des zones rurales et le développement des infrastructures physiques et sociales telles que les routes et les écoles étaient largement considérées comme des raisons suffisantes pour justifier les importants investissements nécessaires (RCMB, 2000).

Les barrages peuvent être construits pour plusieurs objectifs :

- produire de l'électricité à partir d'une énergie renouvelable, celle de l'eau, avec des usines hydroélectriques accolées au barrage ou situées plus bas dans la vallée et alimentées par des conduites forcées ;

- créer des réserves d'eau pour l'alimentation en eau potable des villes. L'eau peut également être nécessaire pour des besoins industriels ;
- irriguer des zones agricoles ayant de gros besoins en eau lors des périodes sèches ;
- alimenter en eau les canaux ;
- maintenir dans les rivières un débit minimum suffisant lors des étiages, pour assurer à la fois une qualité écologique satisfaisante des rivières et permettre les prélèvements par pompage à l'aval (pour des besoins d'alimentation en eau, d'irrigation...) ;
- réduire l'effet des crues en retardant l'eau grâce au stockage dans la retenue qui se remplit pour la relâcher après le passage de la crue (**Delliou, 2008**).

La construction de barrages permet de réguler le débit d'un fleuve, diminuant ainsi les écarts de flux et donc l'intensité des crues et des sécheresses. Cette régulation par les barrages modifie le mode d'écoulement naturel des rivières. L'augmentation probable du flux moyen en aval en saison sèche peut inonder de manière permanente des écosystèmes importants, tandis qu'une diminution des flux pendant la saison humide peut nuire à la productivité biologique de petites plaines inondables. Ainsi l'un des effets majeurs de la construction de barrages sur les communautés de poissons de rivière est le déclin et la disparition possible des espèces migratrices. On peut noter également que les barrages divisent les écosystèmes et perturbent la biodiversité à l'échelle locale. Aussi, la construction d'un barrage peut provoquer à la fois des bouleversements humains en forçant des populations entières à se déplacer et avoir un impact écologique non négligeable en changeant fondamentalement l'écosystème local (**Arnaudet et al., 2013**).

1.3. Le réseau de surveillance de la qualité des eaux de surface :

Le réseau de surveillance de la qualité des eaux de surface dans le bassin Hydrographique « Constantinois-Seybousse-Mellegue », comprend trente six stations suivies par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (Direction Régionale de Constantine). Les mesures sont théoriquement réalisées dix à douze fois par an.

Les mesures concernent les paramètres suivants : température, pH, conductivité électrique, oxygène dissous, turbidité, matières en suspension, résidu sec, magnésium, sodium, potassium, chlorures, sulfates, carbonates, bicarbonates, demande chimique en oxygène (DCO), demande biologique en oxygène à cinq jours (DBO₅), manganèse, fer, cuivre, zinc, matières organiques, phosphates (PO₄), ammonium (NH₄), nitrates (NO₃), nitrites (NO₂) (**ABH , 1999**).

- **Normes et classes de qualité des eaux superficielles :**

La qualité des eaux est extrêmement variable dans le temps et elle est fonction de différents facteurs. Afin d'avoir une bonne connaissance de l'état globale d'un cours d'eau, et de pouvoir suivre son évolution dans le temps ; le SEQ-EAU (système d'évaluation de la qualité des eaux superficielles) a mis en place un outil d'évaluation qui permet d'obtenir une image globale de la qualité des cours d'eau, et définit les aptitudes à satisfaire les équilibres biologiques et les différents usages de l'eau.

La classification de l'ABH est inspirée du SEQ-EAU. Dans le tableau 1, les classes d'aptitude des eaux superficielles sont présentées sous forme de grille de 5 classes.

Tableau 1 : Classes d'aptitude des eaux superficielles (ABH, 2009).

Classe	Très bonne	Bonne	Passable	Mauvaise	Très mauvaise
Qualité Chimique	Eau exempte de pollution	Eau de qualité moindre pouvant satisfaire tous les usages	Eau de qualité médiocre, suffisante pour les usages peu exigeants	Eau polluée, inapte à la vie biologique	Eau très polluée inapte à tous les usages, pouvant constituer une menace pour la santé publique et l'environnement
Biologie	Tous les Taxons	Taxons sensibles absents	Taxons absents nombreux	Diversité Faible	Diversité très faible
Eau Potable	Acceptable	Traitement Simple	Traitement classique	Traitement Complexe	Inapte

1.4. Producteur primaire d'un écosystème aquatique :

1.4.1. Généralités sur les algues :

Les algues sont des végétaux chlorophylliens essentiellement aquatiques (eaux douces, eaux thermales et milieux marines), aux caractéristiques propres aux plantes inférieures, dépourvues de tige, de graines, de racines et de vaisseaux (Gayral, 1975). Ce sont des organismes de forme et de couleur extrêmement variées, dont un grand nombre sont unicellulaires (Gayral, 1975 ; Reviers, 2002). Les algues peuvent vivre partout où il y a de l'eau. On les trouve aussi bien dans les eaux douces, marines que saumâtres (Mollo et Noury, 2013).

On dénombre 25 000 espèces d'algues à travers le monde, avec des tailles très variables de 3 microns jusqu'à 25 m de long, classées en algues bleues (Cyanophycées), algues brunes (Phéophycées), algues rouges (Rhodophycées) et algues vertes (Chlorophycées). On peut définir une algue comme un organisme thallophytique photosynthétique qui joue un rôle très important dans les barrages et les milieux d'eaux douces (**Hillison, 1977**).

La plupart des algues se développent en milieu aquatique d'eau douce, saline ou saumâtre, mais certaines sont terrestres et sont capables de se développer à même le sol ou sur le tronc des arbres. Dans l'eau, les algues ainsi que de petites plantes forment le phytoplancton (**Cavalla, 2000**).

1.4.2. Importance du phytoplancton dans un écosystème aquatique :

Parmi les êtres vivants sur notre planète, un grand nombre passe totalement inaperçu : c'est le cas des microalgues, encore appelées "phytoplancton". Elles sont intégrées au monde végétal aquatique du fait de leur parenté avec les grandes algues, leur originalité étant due à une constitution unicellulaire.

En effet, chaque individu est formé d'une seule cellule dans laquelle sont réunies toutes les fonctions : respiration et photosynthèse, assimilation, reproduction (**Mollo et Noury, 2013**). Environ 6 000 espèces de microalgues sont identifiées dans le milieu marin, et plus de 14000 en eau douce. Si la taille réduite des microalgues ne permet leur observation qu'au microscope, leur présence en grand nombre est parfois détectable par la couleur de l'eau : verte, brune, rouge... En effet, chaque cellule contient des pigments dont la fonction est d'assurer la photosynthèse, laquelle fournit de 60 à 80 % de l'oxygène atmosphérique. Le phytoplancton est également une source de produits intéressants pour notre santé : protéines, vitamines, minéraux qui s'y trouvent concentrés. À l'instar des végétaux terrestres, les microalgues sont sensibles à leur environnement et évoluent selon un rythme saisonnier, avec un maximum de divisions cellulaires au printemps et en fin d'été. La qualité chimique de l'eau est l'un des facteurs déterminants pour le bon développement des populations phytoplanctoniques (**Mollo et Noury, 2013**).

Le phytoplancton constitue la base de l'alimentation chez les herbivores aquatiques, et c'est pourquoi la biodiversité des populations phytoplanctoniques est un facteur important. Le rythme de développement des populations microalgales conditionne ainsi le rythme de vie de leurs consommateurs (consommateurs primaires) et ceux-ci régulent à leur tour celui des carnivores qui les consomment (consommateurs secondaires). Le phytoplancton est donc la base de l'édifice que constitue l'ensemble des organismes aquatiques. Le phytoplancton représente un compartiment remarquable par le rôle qu'il joue, non seulement dans le milieu

aquatique, mais aussi dans tous les domaines de notre vie : qualité d'environnement (oxygène), alimentation (poissons et fruits de mer), bien-être (santé, beauté), ressource industrielle (**Mollo et Noury, 2013**).

Le phytoplancton a joué un rôle important dans la création de l'atmosphère en transformant le dioxyde de carbone dissous dans l'eau en oxygène, dans les premiers instants de l'apparition de la vie sur terre. Aujourd'hui encore, il constitue un poumon insoupçonné de la planète, à l'instar des forêts vierges d'Amazonie. Sa production de biomasse (20 tonnes de carbone organique par année, presque autant que la production terrestre) est à la base de la chaîne alimentaire (**Morales, 2014**). Le phytoplancton, en tant que producteur primaire des milieux aquatiques, est par ailleurs tout naturellement exploité comme ressource nutritive pour l'aquaculture (**Spolaore et al., 2006**). Dans cette filière majeure de la production mondiale, les microalgues sont utilisées directement pour subvenir aux besoins des stades larvaires des mollusques bivalves et des crustacés (**Muller-Feuga et al., 2003**) ou indirectement comme complément alimentaire et comme substrat pour le zooplancton, base alimentaire de nombreuses espèces aquacoles. A l'exception de la Spiruline, la faible digestibilité de ses cellules, due à une paroi pseudo-cellulosique, rend toutefois difficile la consommation de cette ressource protéique par les animaux terrestres (**Becker, 1994**).

Les microalgues sont considérées depuis longtemps comme une ressource intéressante au sein des matières premières renouvelables. Elles contiennent des quantités importantes de protéines, d'huiles, de substances bioactives et se retrouvent, de ce fait, au croisement des branches industrielles de l'agroalimentaire, de la cosmétique, de la chimie, de la pharmacie et de la bioénergie. Cependant, il subsiste toujours quelques incertitudes quant à la rentabilité de leur production, et on constate de plus en plus que les algues produisent des ingrédients encore inconnus (**Becerra Celis, 2009 ; Sialve et Steyer, 2013 ; Rastoin, 2014**). Les microalgues peuvent aussi être utilisées pour la protection de l'environnement en utilisant leur capacité à fixer le dioxyde de carbone et certains métaux lourds lors de leur croissance (traitement des eaux usées, réduction des gaz à effet de serre) et à produire de l'énergie sans dégagement de gaz à effet de serre (production de biofuel) (**Becerra Celis, 2009**). Les microalgues les plus étudiées aujourd'hui, notamment pour la production de biocarburants, sont les microalgues vertes (**Villay, 2013**). Sans ce premier maillon de la chaîne trophique, la diversité des espèces aquatiques ne serait pas ce qu'elle est, et nous non plus, puisqu'il produit la moitié de l'oxygène que nous respirons. Et pourtant le plancton végétal, composé d'organismes microscopiques, est en train de disparaître dans les océans. D'après une étude

menée par une équipe de chercheurs internationaux, depuis 1899 la masse de phytoplancton a en moyenne baissée au rythme de 1% par an. Le phytoplancton supporte directement ou indirectement toutes les populations animales, et fait partie des bioindicateurs de la qualité écologique des masses d'eau (**Kilham et Kilham, 1984 ; Azam et Malfatti, 2007 ; Ifremer, 2014**).

1.4.3. Systématique et organisation du phytoplancton :

Les conséquences écophysiological associées à la richesse spécifique des populations phytoplanctoniques sont nombreuses. Les différentes espèces ne réagissent pas de la même manière aux facteurs du milieu. Leurs taux de croissance, ainsi que leur dépendance vis-à-vis des nutriments, sont également variables (**Groga, 2012**).

Le phytoplancton regroupe deux types d'organismes qui diffèrent au niveau cytotologique essentiellement par la présence (eucaryotes) ou non (procaryotes) d'un noyau cellulaire (**Prescott *et al.*, 2003 ; Sialve et Steyer, 2013**). Peuplement des eaux douces comme marines, les microalgues présentent une diversité plus grande que celle de toutes les plantes terrestres. Il existerait sur le globe au moins 200 000 espèces différentes. Certains auteurs avancent même des chiffres supérieurs à un million d'espèces (**Man, 1999 ; Person, 2010 ; Sialve et Steyer, 2013**). Selon **Bacera Celis (2009) et Person (2010)** ces organismes constituent un groupe polyphylétique et très diversifié de procaryotes dont les algues bleues ou cyanobactéries et eucaryotes ou l'on retrouve les algues vertes, rouges et brunes. Il existe de nombreux types d'algues, mais seuls certains groupes ont une importance en termes d'impact possible sur les réserves d'eau douce, comme les cyanophycées qui se développent généralement dans les systèmes d'eau douce.

1.4.4. Les cyanophycées (cyanobactéries) :

Les cyanobactéries sont un indicateur de la mauvaise qualité de l'eau. En effet, leur prolifération trahit la présence en quantité d'insecticides, de pesticides, de métaux lourds... qui rendent l'eau invivable pour les autres espèces. S'y multipliant massivement, elles absorbent les excès de nutriments minéraux et métalliques, jouant, comme à leur origine, leur rôle d'épurateur, mais, simultanément, elles peuvent provoquer un déséquilibre du milieu en s'y développant à outrance (**Benayache *et al*, 2019**). Une telle prolifération d'une sorte de microalgue porte le nom d'efflorescence ou de bloom et change souvent visuellement l'aspect de l'eau (eaux colorées ou mousses en surface). À l'échelle visible, ce phénomène est

comparable à celui des algues vertes qui envahissent les plages. En cas d'efflorescence, une espèce de phytoplancton se multiplie tellement qu'elle finit par occuper tout l'espace. Sa densité rend l'eau opaque et asphyxie le milieu. C'est ce qu'on appelle l'eutrophisation de l'eau (**Mollo et Noury, 2013**). Ainsi l'eutrophisation est un phénomène d'enrichissement des eaux continentales ou littorales en sels minéraux nutritifs, résultant de phénomènes naturels mais qui peut aussi être induit par une pollution des eaux par des nutriments résultant du rejet d'effluents d'origine urbaine ou des activités agricole (**Ramade, 2002**).

Certains types d'algues bleues comme les *Microcystis* et autres espèces peuvent produire des toxines qui sont nocives pour l'homme et les animaux. De plus, cela crée des tapis d'algues flottantes ou fixées qui donnent à l'eau une teinte verte peu attrayante et un aspect visqueux ou filamenteux. En outre, ces tapis dégagent souvent une odeur. Lorsque les algues meurent, les tapis coulent au fond du lac et se décomposent, créant des conditions de faible teneur en oxygène qui sont mortelles pour les poissons et les organismes aquatiques.

Les efflorescences de microalgues peuvent avoir des effets négatifs indirects sur les organismes aquatiques. Des proliférations importantes de certaines microalgues se produisent régulièrement, notamment à la fin du printemps et à l'automne dans les plans d'eau, les lacs et les barrages en Algérie (**Benayache et al., 2019**). Le plus souvent, ces phénomènes naturels, parfois amplifiés par un enrichissement important du milieu en éléments nutritifs sont sans conséquence néfaste, mais peuvent, après sédimentation et décomposition par les bactéries, engendrer une forte diminution de l'oxygène dissous (**Anderson et al., 2002**). Cependant, dans certaines situations ces proliférations peuvent avoir des effets négatifs occasionnant des pertes économiques considérables à l'aquaculture, à la pêche et au tourisme par leur impact sur les espèces marines et dulçaquicoles, l'environnement et/ou sur la santé humaine (**Thébaud et al., 2005**).

1.5. Importance des paramètres physico-chimiques :

➤ Température :

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels (**Rodier et al., 2009**).

Les propriétés de l'eau affectées par la température et qui sont importantes pour sa qualité sont : la densité et la viscosité, deux facteurs qui contrôlent la vitesse de dépôt des sédiments et la formation de stratification naturelles, notamment dans les lacs, étang et mers ; la tension de vapeur, donc l'évaporation ; puis la solubilité des gaz dans l'eau et en particulier de l'oxygène. Si la température de l'eau varie de 13 °C à 20°C la concentration en oxygène peut diminuer de 14%. Or le rôle de l'oxygène est fondamental notamment pour tous les organismes vivants (**Bremond et Vuichard, 1973**). La hausse des températures permet une stratification plus hâtivement dans l'année et le phytoplancton peut donc profiter plus rapidement de l'augmentation de l'ensoleillement (**Morales, 2014**).

➤ **pH:**

Le pH (potentiel hydrogène) est par définition, une mesure de l'activité des ions H^+ contenus dans une eau. Le pH est relié à la teneur en ions OH^- ; il l'est aussi à l'acidité et à l'alcalinité de l'échantillon. Plus généralement encore, les ions H^+ interviennent dans de nombreux équilibres si bien que le pH du milieu influence la position de ces équilibres. Pour toutes ces raisons, dans le domaine de l'eau, le pH joue un rôle primordial à la fois dans les propriétés physico-chimiques telles que l'acidité, l'agressivité ..., dans les processus biologiques dont certains exigent des limites très étroites de pH et dans l'efficacité de certains traitements comme la coagulation, l'adoucissement, les contrôles de la corrosion, la chloration.

La détermination du pH est donc l'une des mesures que l'on doit effectuer le plus fréquemment (**Tardat-henry et Beaudry, 1984**). Les eaux naturelles ayant un pH inférieur à 6 ou supérieur à 8 sont rares. Des pH supérieurs à 8,5 ne s'observent généralement que dans les eaux stagnantes (marais, étangs, barrages) ou la réaction ionique est influencée par la photosynthèse de la végétation et la nature chimique des fonds avec déplacement de l'équilibre carbonique (**Rodier et al., 2009**). La photosynthèse tend à élever le pH alors que la respiration tend à l'abaisser. Le pH de l'eau résume la stabilité de l'équilibre établi entre les différentes formes de l'acide carbonique. Il est lié au système tampon développé par les carbonates et les bicarbonates. C'est un facteur déterminant de la fixation du phosphore par les sédiments. Il dépend de la diffusion du gaz carbonique à partir de l'atmosphère du bilan des métabolismes respiratoires et photosynthétiques (**Hutchinson, 1957**). Des pH compris entre 5 et 9 permettent un développement à peu près normal de flore et de la faune. Les eaux alcalines présentent généralement une faune plus riche et plus diversifiée que les eaux acides

qui, faiblement minéralisées, ne permettent qu'un développement limité de la flore aquatique (**Bremond et Vuichard, 1973**).

➤ **Conductivité électrique (CE) :**

La mesure de la conductivité permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau et d'en suivre l'évolution. La conductivité s'élève progressivement de l'amont vers l'aval des cours d'eau, les écarts sont d'autant plus importants que la minéralisation initiale est faible, en particulier dans les zones à substrat acide ou à sous-sol siliceux. Dans les eaux de surface, des modifications importantes de la conductivité peuvent intervenir rapidement au cours de la journée. On peut admettre que la situation est particulière ou anormale au-delà de 2000 $\mu\text{S} / \text{cm}$ (**Rodier et al., 2009**).

En effet dans les eaux naturelles qui constituent des solutions peu concentrées en sels minéraux, pratiquement tous les éléments dissous sont ionisés et contribuent donc à la conductibilité d'une eau. Une conductibilité élevée traduit, soit des pH anormaux, soit le plus souvent une salinité élevée, celle-ci pouvant être naturelle ou due à des rejets salins (**Bremond et Vuichard, 1973**).

➤ **Matières en suspension (MES):**

Les matières en suspension (MES) représentent l'ensemble des particules minérales et/ou organiques insolubles d'origines diverses présentes dans une eau naturelle ou polluée. Elles sont fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, des travaux, des rejets, etc. En fait tous les cours d'eau contiennent des matières en suspension et des teneurs de quelques milligrammes par litre ne posent pas de problèmes majeurs. En dehors des périodes de crues, la teneur en matières en suspension est presque toujours inférieure à 25 mg/l. Des teneurs élevées en MES peuvent empêcher la pénétration de la lumière, diminuer la concentration en oxygène dissous, diminuer la transparence de l'eau, compromettre le développement des œufs, réduire le stock de nourriture disponible et limiter ainsi le développement de la faune benthique en colmatant le substrat et ichtyologique en créant des déséquilibres entre les diverses espèces (**Rodier et al., 2009 ; Koller, 2009**). Elles agissent donc d'une façon négative sur les caractéristiques physico-chimiques de l'eau telles que : la turbidité et son impact sur la photosynthèse (**Aassiri, 2001**).

➤ **Turbidité :**

La turbidité désigne la teneur d'un fluide en matières qui le troublent. Dans les cours d'eau, elle est généralement causée par des matières en suspension et des particules colloïdales qui absorbent, diffusent ou réfléchissent la lumière. Dans les eaux eutrophes, il peut aussi s'agir de bactéries et de micro-algues et elle peut être favorisée par la pluviométrie (**Rodier et al., 2009**). La turbidité est un facteur écologique important, qui peut traduire une teneur importante (normale ou non) en matières en suspension : argile, limon, particules fines organiques ou inorganiques (consécutives par exemple à l'érosion, au lessivage de sols fragiles, dégradés ou agricoles labourés), ainsi qu'une teneur élevée en plancton, ou également une pollution ou eutrophisation de l'eau, cause éventuelle d'asphyxie par anoxie du milieu et du colmatage des branchies des poissons.

➤ **Oxygène dissous :**

L'oxygène dissous est la quantité d'oxygène gazeux dissous dans l'eau. Il est toujours présent dans l'eau mais n'en est pas un élément constitutif. Sa solubilité est fonction de la température, de la pression partielle dans l'atmosphère et de la salinité. La teneur de l'oxygène dans l'eau dépasse rarement 10 mg/l. Les variations de la teneur en oxygène sont importantes. On devra rechercher la cause de toute variation ; celle-ci pouvant être fonction de la présence des végétaux qui enrichissent l'eau en oxygène pendant la journée par photosynthèse jusqu'à la sursaturation et qui s'accompagne d'un déficit nocturne dû à la respiration des végétaux et animaux pouvant provoquer une anoxie du milieu. Les fluctuations peuvent être liées à la présence des matières organiques oxydables, des organismes et des germes aérobies (**Rodier et al., 2009**).

➤ **Carbonates et Bicarbonates :**

Le bicarbonate (ou l'hydrogène carbonate) est le dérivé de l'acide carbonique formé par réaction du CO_2 avec un carbonate en présence d'eau. Le pH joue un rôle clef dans la présence des différentes formes sous lesquelles le gaz carbonique est présent dans l'eau (**Ramade, 2002**). La présence du bicarbonate dans l'eau est due à l'action dissolvante des bactéries qui fournissent du CO_2 à partir de minéraux contenant du carbonate. Les activités normales des hommes introduisent également des produits alcalins dans l'eau, ce qui est démontré par une augmentation de l'alcalinité de l'effluent des stations d'eaux résiduaires urbaines (de 100-150 mg/l) par rapport à l'alcalinité de l'eau municipale distribuée (**Kemmer,**

1983). L'écosystème aquatique, est moins riche mais aussi plus visqueux et plus dense que l'air. L'effort que doivent fournir les végétaux pour s'alimenter est donc plus important. De plus le CO₂ présent dans l'eau, l'est sous forme de carbonates et de bicarbonates. Les végétaux aquatiques doivent donc assimiler le carbone minéral nécessaire à la photosynthèse sous une forme différente par analogie aux plantes terrestres, ce qui nécessite une adaptation particulière.

➤ **Phosphates:**

Sel de l'acide ortho-phosphorique, les phosphates représentent des éléments minéraux nutritifs essentiels pour les végétaux autotrophes. C'est un élément limitant pour la croissance et le développement des organismes dans le milieu aquatique. Dans la quasi-totalité des cas, les phosphates sont le type de nutriment présent en faible quantité. Les eaux de surface peuvent être contaminées par des rejets industriels (industries agro-alimentaires, ateliers de traitement de surfaces, laveries), par le lessivage des terres cultivées renfermant des engrais phosphatés ou traitées par certains pesticides ou par des rejets urbains. Assimilés par les algues, les phosphates se transforment en phosphore organique sous l'influence de la photosynthèse. Cet élément est considéré comme un facteur déterminant de l'eutrophisation des plans d'eau (**Benayache, 2014**).

➤ **Nitrates :**

Les nitrates (ou azote nitrique) représentent la forme azotée souvent la plus présente dans les eaux naturelles. Les nitrates constituent la composante principale de l'azote inorganique (N inorganique) ou minéral, lui-même inclus majoritairement dans l'azote global (NGL) ou azote total (NT) avec une autre composante, l'azote organique (N organique) (**Rodier et al., 2009**). Dans les eaux naturelles non polluées, le taux de nitrates est très variable suivant la saison et l'origine des eaux ; il peut varier de 1 à 15 mg/l. Une concentration de 2 ou 3 mg/l peut être considérée comme normale (**Rodier et al., 2009**). Dans les cours d'eau qui renferment beaucoup d'éléments nutritifs se produit une prolifération d'algues. La présence de nitrate stimule la flore aquatique en présence des autres éléments indispensables (**Bremond et Vuichard, 1973**).

Chapitre 02 :
Matériel et
Méthodes

2. Matériel et méthodes :

Ce chapitre est consacré à la présentation et la description des zones d'études, les calendriers des prélèvements, la nature et le mode des prélèvements ainsi que les méthodes des mesures physico-chimiques.

2.1. Description des zones d'études :

2.1.1. Présentation générale du barrage Béni Haroun :

Le barrage Béni Haroun constitue actuellement le plus imposant aménagement hydraulique réalisé en Algérie. Il est implanté dans la commune de Hamala, daïra de Grarem Gouga dans le Nord-est de l'Algérie. Conçu en béton, Il est situé à une quarantaine de km au nord de Constantine, à 350 km à l'est d'Alger et distant de moins de 15 km de la wilaya de Mila (fig.1). Le barrage de Béni Haroun est alimenté par deux cours d'eau très importants : l'oued Rhumel et l'oued Endja dont la confluence donne à l'aval l'oued Kébir.



Figure 1 : Situation du barrage Béni Haroun par rapport au bassin versant Kébir-Rhumel (ANRH, 2005), modifié en localisant le barrage par le SIG (Benayache, 2014).

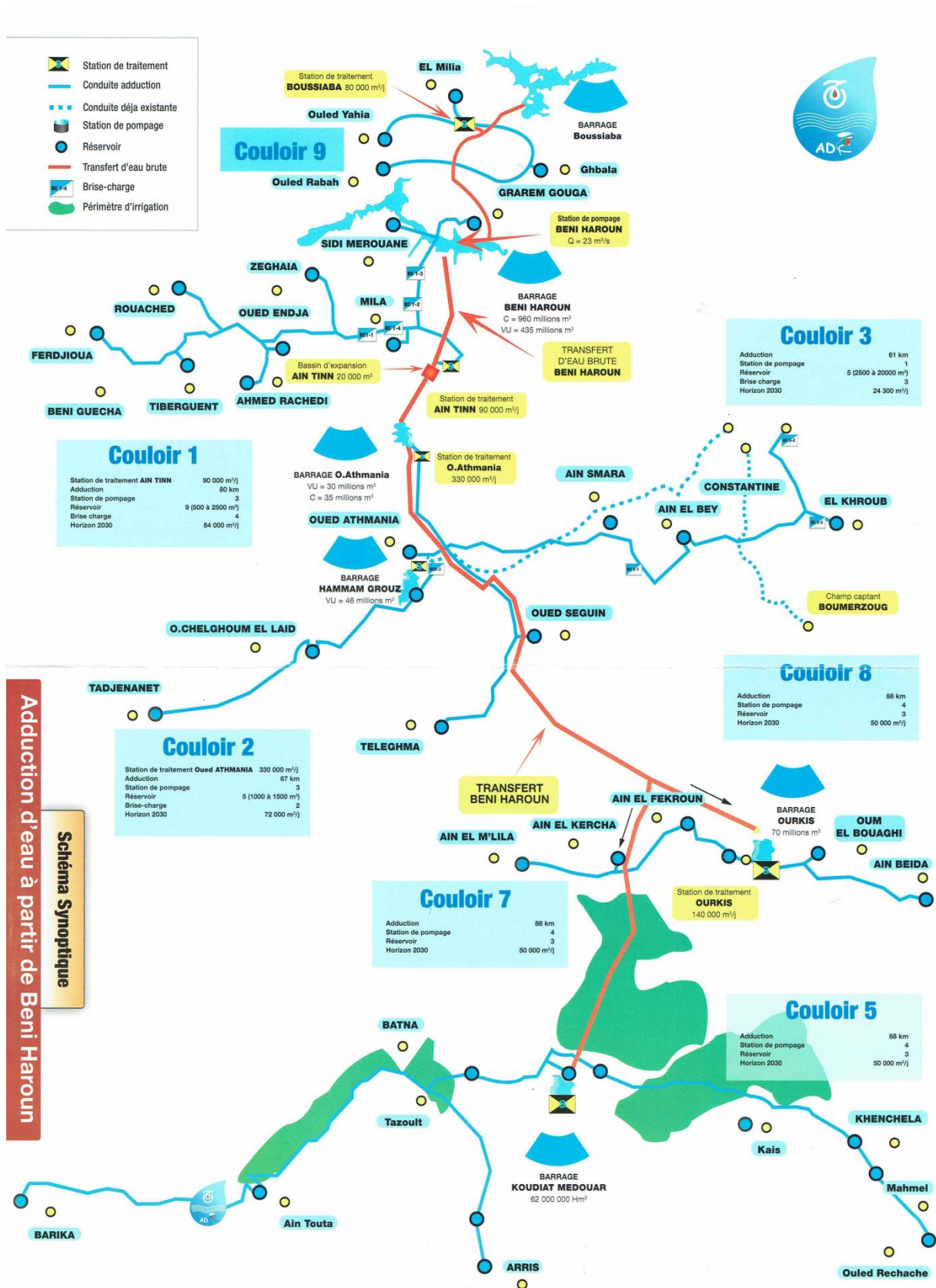


Figure 2 : Transferts de l'eau brute à partir du barrage de Béni Haroun (ANRH, 2019).

La mise en eau du barrage a commencé en août 2003. Il contrôle les eaux du bassin de Kébir-Rhumel avec une réserve de 1 milliard de m³ d'eau, atteinte en février 2012 et octobre 2018 (soit 40 millions de m³ au-delà de sa capacité objective). Haut de 120 m et avec une capacité de 960 millions de m³. Le barrage Béni Haroun est la plus grande retenue artificielle algérienne et la seconde du continent africain, après le barrage d'Al Sad El Alli en Egypte.

Le bassin versant de Béni-Haroun occupe une superficie d'environ 6 478 km². Les reliefs les plus importants sont présents au nord et à l'ouest du bassin versant. La topographie s'adoucit vers le sud pour laisser place aux hautes plaines sétifiennes. Les roches sédimentaires occupant environ 87% du bassin sont représentées principalement par les calcaires et les marnes. Les roches métamorphiques, environ 1%, sont représentées majoritairement par des schistes et la surface restante du bassin versant, 12%, est couverte de dépôts alluvionnaires localisés le long des oueds (**Zouaidia, 2006**).

Le système de Béni Haroun, érigé dans la wilaya de Mila, constitue, avec ses quatre barrages (Oued Athmania, Hammam Grouz, Ourkis, Koudiet Medouar), ses quatre stations de traitement d'eau et ses neuf couloirs d'adduction, le fleuron du dispositif hydraulique national. Il est destiné à subvenir aux besoins de près de six millions d'habitants répartis sur le territoire de six wilayas de l'Est algérien (Jijel, Mila, Constantine, Oum El Bouaghi, Batna, Khenchela). Le plus densément peuplé, ce projet géant permettra également l'irrigation de plus de 400 000 hectares allant ainsi jusqu'aux plaines de Téléghma, Remila, Ouled Fadel, Chemora, Batna, Ain Touta. En plus du site principal de Béni Haroun, trois barrages réservoirs : Oued El Athmania, Koudiat Medouar, et Ourkis, d'une capacité respective 62, 35 et 65 millions de m³ viennent compléter le dispositif (fig. 2) (**ANRH, 2019**).

2.1.2. Présentation générale du barrage Koudiet Medouar :

Le barrage Koudiet Medouar est implanté entre quatre grandes bassins versants : au nord Rhumel-Kébir et Seybouse, à l'est Medjerdah, au sud Chot Hodna et Melghir et à l'ouest Summam (**Tiri et al., 2014**). Il est situé à 35 km de Batna et à 7 km au nord-est du site historique de Timgad (fig.3). Il fait partie du grand transfert du barrage de Béni Haroun. C'est un barrage en terre et enrochement, les talus amont et aval sont protégés par la roche (rip _ rap) avec une digue principale d'une longueur de 1280 m et une digue de col secondaire d'une longueur de 990 m (**ANBT., 2003**). Le barrage de Koudiet Medouar fait partie du bassin versant de l'oued Chemora. Ce dernier bifurque en deux oueds principaux : l'oued Soultez et l'oued Reboa (**Houadef et Salem., 2007**).

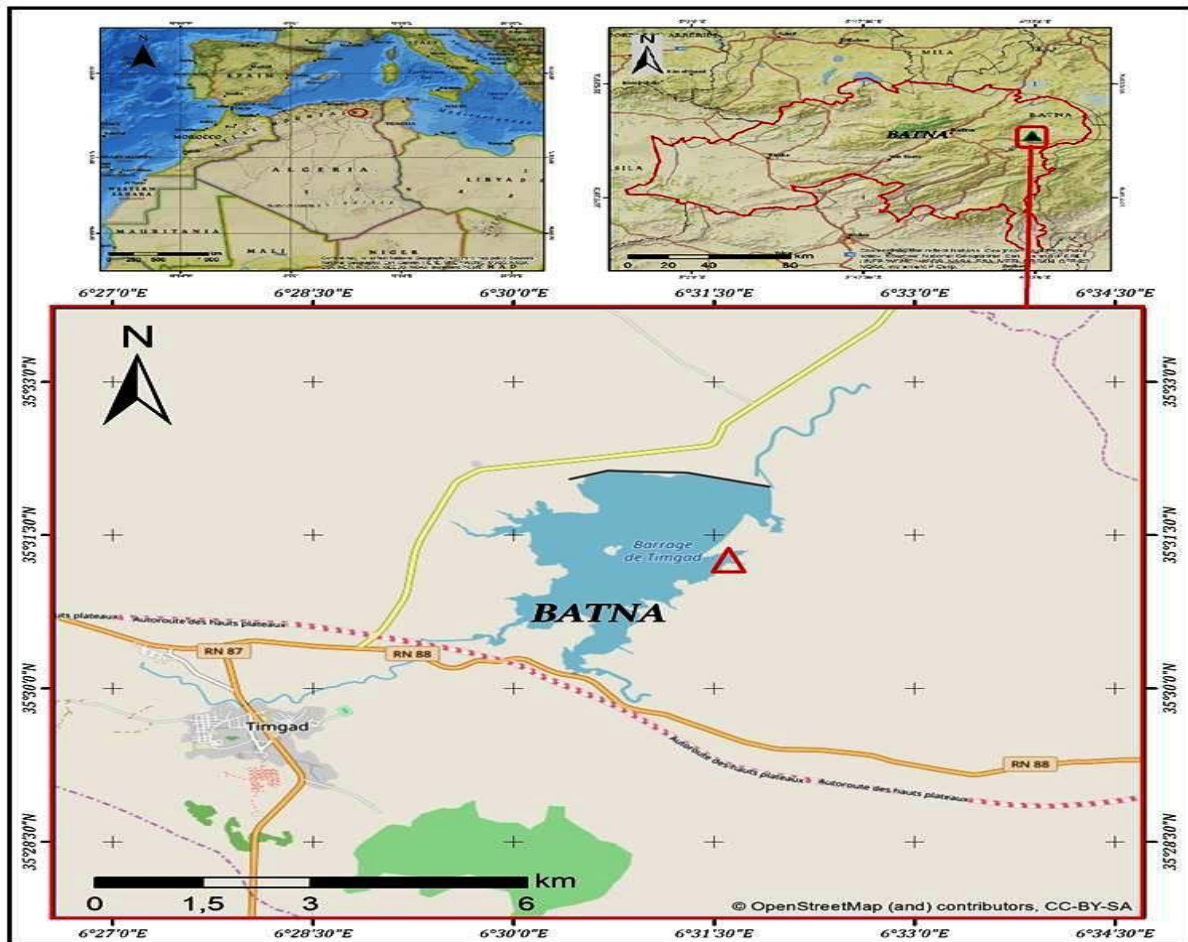


Figure 3: Localisation du Barrage de Koudiet Medouar (Timgad, Batna) (Houadef et Salem., 2007).

La construction de ce barrage a été inscrite en 1990 et les travaux n'ont démarré qu'en 1994. Son achèvement a été prononcé en 2005 par l'entreprise Cosider. Le transfert hydraulique relevant du système de Béni Haroun, raccordant le barrage géant à l'ouvrage de Koudiat Medouar a été inauguré en juillet 2014.

Le barrage de Koudiet Medouar s'étend sur une superficie de 590 km^2 , avec un apport moyen annuel de 28 hm^3 et la pluviométrie moyenne annuelle est 357 mm . La retenue à une capacité totale de $74,324 \text{ hm}^3$, Il est destiné à l'alimentation en eau potable de deux wilayas Batna et Khenchela et à l'irrigation de deux périmètres Toufana et Aintouta, après l'achèvement des travaux de transfert de Béni Haroun (ANBT., 2003). Son apport quotidien est de $15\,000 \text{ m}^3$ pour Batna ville, $6\,000 \text{ m}^3$ pour Tazoult, $6\,000 \text{ m}^3$ pour Ain-Touta et $26\,000 \text{ m}^3$ pour la ville de Barika (Bouha, 2012). La géologie et la pédologie de la zone du barrage présente un substratum de la digue principale formé de grés argilites et des argilites gréseuses. La digue

du col est constituée de limons argileux, argiles limoneuses et d'argiles. La présence du gypse est très importante et se trouve sous forme de plaquettes formant un réseau polygonal. L'analyse granulométrique montre que c'est un sol fin avec les proportions suivantes : sable : 2 à 27%, limon : 39 à 57%, argile : 28 à 51%. C'est donc une argile limoneuse peu sableuse (**Houadef et Salem., 2007**).

2.2. Climatologie des zones d'études :

La climatologie représente un ensemble de variables permettant d'expliquer quantitativement les variations du régime hydrologique. La connaissance des conditions climatiques de nos zones d'études et de ses caractéristiques va nous permettre de mieux comprendre l'évolution des éléments chimiques et le comportement hydrologique des cours d'eaux. (**Mebarki, 1982**). La température est un facteur écologique de première importance qui a une grande influence sur les propriétés physico-chimiques des écosystèmes aquatiques (**Ramade, 1993 ; Angelier, 2003**). Et les précipitations constituent un paramètre climatique déterminant pour l'évaluation des apports hydriques d'une réserve d'eau donnée. Ces apports contribuent à leur tour à l'enrichissement du milieu en matières particulaires et dissoutes (**Groga, 2012**). La répartition spatiale des précipitations moyennes annuelles varie selon plusieurs paramètres locaux caractéristiques de chaque région dont l'altitude, l'exposition et l'orientation jouent le rôle principal (**Seltzer, 1946**).

Les températures moyennes mensuelles, les températures journalières maximales et minimales en °C ainsi que les pluviométries moyennes mensuelles en mm correspondant aux deux saisons automne et hiver de la région de Constantine, sont mentionnées dans le tableau 2. Ainsi, pour la période d'étude allant de septembre 2018 à mars 2019, janvier est le mois le plus froid avec une moyenne de 5,6°C, alors que septembre est le plus chaud avec une moyenne de 22,5°C. La température journalière la plus faible est notée en février 1,1 °C, alors que la température maximale journalière, 30°C, a été relevée en septembre. La pluviométrie moyenne mensuelle la plus élevée est celle d'octobre avec 143,01 mm, alors que novembre est le plus sec, caractérisé par 5,59 mm de précipitation (tab. 2).

Tableau 2 : Moyennes mensuelles des températures, moyennes journalières des températures maximales et minimales en °C et des pluviométries en mm de la région de Constantine (septembre 2018- mars 2019).

Mois en 2018-2019	sep	oct	nov	déc	jan	fév	mar
Température moyenne mensuelle (°C)	22,5	15,8	11,4	8,3	5,6	6,9	9,8
Température maximale journalière (°C)	30	21,8	18,3	15	10,3	13,2	16,6
Température minimale journalière (°C)	16,3	10,7	5,3	2,8	1,3	1,1	3,5
Pluviométrie moyenne mensuelle (mm)	7,61	143,01	5,59	20,08	101,1	48,01	48,76

Dans le tableau 3 figurent la température mensuelle, les températures journalières maximales et minimales en °C et la pluviométrie mensuelle en mm pour la période d'étude de septembre 2018 à mars 2019 dans la région de Batna. La température moyenne mensuelle la plus basse est notée en janvier, 4.4°C, alors que c'est en septembre que nous notons la température la plus haute, 22,7 °C. La température maximale journalière est notée en septembre, 29,7 °C. Alors que c'est en janvier que nous notons la température minimale journalière, -1,1 °C. Les précipitations mensuelles maximales sont relevées en octobre avec 64,77 mm, alors que le mois le plus sec est novembre avec 0,25 mm.

Tableau 3: Moyennes mensuelles des températures, moyennes journalières des températures maximales et minimales en °C et des pluviométries en mm de la région de Batna (septembre 2018- mars 2019).

Mois en 2018-2019	sep	oct	nov	déc	jan	fév	mar
Température moyenne mensuelle (°C)	22,7	15,2	10,3	6,7	4,4	5,8	9,3
Température maximale journalière (°C)	29,7	21	17,2	14,7	9,9	12,4	16,6
Température minimale journalière (°C)	15,6	9,6	3,1	-0,4	-1,1	-0,6	1,8
Pluviométrie moyenne mensuelle (mm)	19,55	64,77	0,25	5,33	34,02	16,5	61,21

D'une manière générale, le climat de la région de Constantine est de type continental, semi-aride au sud et subhumide au nord avec un hiver pluvieux et froid et un été sec et chaud. Les

précipitations atmosphériques dans la région du barrage Béni Haroun sont essentiellement formées par les pluies et l'humidité. Alors que Batna a un climat semi-aride avec 4 saisons distinctes, des fortes chaleurs en été, des froids rigoureux en hiver.

2.3. Calendrier de prélèvement :

Les prélèvements mensuels s'échelonnent de septembre 2018 à mars 2019 (tableau 4).

Tableau 4 : Date des prélèvements des échantillons d'eau.

Date	Barrage Béni Haroun	Barrage Koudiet Medouar
septembre	31/09/2018	17 /09 /2018
octobre	01/10/2018	08/10/2018
novembre	19/11/2018	15/11/2018
décembre	26/12/2018	11/12/2018
janvier	31/01/2019	10/01/2019
février	26/02/2019	12/02/2019
mars	11/03/2019	17/03/2019

2.4. Prélèvement des échantillons d'eau :

Pour notre étude, les échantillons ont été prélevés par le personnel de l'ANRH., une fois par mois durant la période 2018/2019.

2.4.1. Nature et mode de prélèvement :

L'échantillon prélevé doit être représentatif et obtenu sans qu'il y ait une modification des caractéristiques physico-chimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension, etc.). Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté ; il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. Dans un barrage, l'eau est prélevée dans des bouteilles de 1 litre grâce à un seau attaché à une corde longue (fig. 4). Les échantillons prélevés sont immédiatement fermés, étiquetés et conservés. Ces derniers et leurs bouchons doivent être préalablement lavés trois fois avec de l'eau à analyser, puis remplis complètement et bouchés tout en évitant la formation de bulles d'air. Les échantillons sont conservés avec des conservateurs (tab. 5) et gardés à basse température (2 à 4°C).



Figure 4 : mode de prélèvement des échantillons d'eau (Aoussat & Guernane, 2019).

De septembre 2018 à mars 2019, sept prélèvements ont été effectués au niveau d'une station pour chacun des deux barrages Béni Haroun et Koudiet Medouar. Les mesures physiques ont été effectuées sur site à chaque prélèvement comme la température, le pH, la conductivité électrique et la turbidité. Tout le matériel utilisé pour la conservation des échantillons d'eau est préalablement traité afin d'éviter toute sorte de contamination des échantillons selon la technique décrite par (Rodier *et al.*, 2009).

Tableau 5 : Conservation des prélèvements (Rodier *et al.*, 2009).

Elément analysé	Conservateur	Température de conservation
Température pH Conductivité Turbidité	Mesure <i>In situ</i>	/
MES Phosphates Nitrates	Acide sulfurique (pH <2)	4°C
O2 dissous	(Mn(OH) ₂) + (KI)	4°C

2.5. Paramètres physico-chimiques :

➤ Température :

La température a été mesurée sur le terrain en utilisant un thermomètre gradué au 1/10^{ème} en respectant les consignes de Rodier *et al.* (2009). La lecture a été faite après une immersion

pendant 10 minutes du thermomètre à environ 15 cm de profondeur. Les résultats sont exprimés en °C (fig. 5).



Figure 5 : Mesure de la température (Aoussat & Guernane, 2019).

➤ **pH :**

Le pH a été pris avec un pHmètre électrométrique modèle (HI9024 micro computer pHmeter), en plongeant l'électrode dans l'eau à environ 6 à 8 cm de la surface (fig. 6). Les résultats sont exprimés en unités pH (**Rodier *et al.*, 2009**).



Figure 6 : Mesure du pH (Aoussat & Guernane, 2019).

➤ **Conductivité électrique :**

La conductivité électrique a été mesurée à l'aide d'un conductimètre de type (HI9033 multirange conductimeter) (fig. 7). Les résultats sont donnés en $\mu\text{S}/\text{cm}$ (**Rodier *et al.*, 2009**).



Figure 7 : Mesure de la conductivité (Aoussat & Guernane, 2019).

➤ **Matières en suspension :**

La détermination de la quantité des matières en suspension (MES) a été effectuée par centrifugation. L'eau à analyser est centrifugée à 3000 tr /min pendant 20 minutes. Le culot recueilli est séché à 105°C durant 1h 30 à 2h puis pesé. Le taux des matières en suspension est exprimé en mg /l (**Rodier et al., 2009**).

➤ **Turbidité:**

La turbidité a été mesurée *in situ* à l'aide d'un turbidimètre de type (2100 P HACH). Les résultats sont donnés en unités de turbidité néphélométrique (UTN) (**Rodier et al., 2009**).

➤ **Oxygène dissous :**

La teneur en oxygène dissous a été déterminée par la méthode de Winkler. Lors du prélèvement, des flacons en verre avec des bouchons en verre rodé ont été remplis complètement et l'oxygène a été fixé sur le lieu en ajoutant du manganèse (II) hydroxyde et du potassium iodure (KI) (fig. 8). Le dosage s'effectue au laboratoire. L'hydroxyde de manganèse précipite dans l'eau et fixe complètement, à partir des sels de manganèse (II), l'oxygène présent pour former de l'hydroxyde manganique (IV). Celui-ci sous l'action de l'acide chlorhydrique, donne du chlore manganique qui libère de l'iodure de potassium. Les résultats sont exprimés en mg/l d'oxygène dissous et en pourcentage de saturation (**Rodier et al., 2005**).



Figure 8 : Fixation de l'oxygène dissous sur site (Aoussat & Guernane, 2019).

➤ **Carbonates et Bicarbonates :**

Les carbonates et les bicarbonates ont été dosés par l'acide sulfurique 0,05 N en repérant les points de neutralisation au pH mètre à 8,3 pour les carbonates et 4,6 pour les bicarbonates. Le virage à la phénolphtaléine à pH=8,3 donne la somme des bicarbonates et des hydrates alcalins, le virage au méthylorange à pH=4,6 donne la somme des OH^- , CO_3^{2-} , HCO_3^- , PO_4^{3-} , SiO_4^{2-} etc. le dosage s'effectue avec l'acide sulfurique. Les résultats sont exprimés en mg/l (Bremond et Vuichard, 1973).

➤ **Phosphates (PO_4^{3-}) :**

Le dosage des phosphates a été effectué par la méthode colorimétrique. Le molybdène d'ammonium ($\text{MO}(\text{NH}_4)_4\text{H}_2\text{O}$) réagit en milieu acide en présence de phosphates en donnant un complexe phosphomolybdique qui, réduit par l'acide ascorbique, développe une coloration bleue (bleu de molybdène) susceptible d'un dosage colorimétrique à 6.8 nm (fig. 9). Les résultats sont exprimés en mg/l des PO_4^{3-} (Rodier *et al.*, 2009). La gamme d'étalonnage présentée dans le tableau 6 est préparée avec une solution fille à 1 mg/l diluée à partir d'une solution mère de dihydrogénophosphate de potassium à 10 mg/l de PO_4 .

Tableau 6 : Gamme d'étalonnage des phosphates.

N° de fioles	Témoin	I	II	III	IV	V
Solution étalon de PO_4^{3-} 1 mg/l (ml)	0	1	5	10	15	20
Eau distillée (ml)	20	19	15	10	5	0
Correspondance en mg de PO_4^{3-}	0	0,05	0,25	0.5	0,75	1



Figure 9 : Dosage des phosphates (Aoussat & Guernane, 2019).

➤ **Nitrates (NO₃) :**

Les nitrates sont réduits en nitrites par une solution d'hydrazine en milieu alcalin et en présence de sulfate de cuivre comme catalyseur. Les nitrites obtenus sont alors dosés par colorimétrie après diazotation avec l'acide sulfanilique et copulation avec la Naphtylamine. On mesure la densité du colorant ainsi formé à 520 nm (fig. 10). La gamme d'étalonnage des nitrates présentée dans le tableau 7 est préparée avec une solution fille à 5 mg/l diluée à partir d'une solution mère de nitrate de potassium à 100 mg/l de NO₃.

Tableau 7 : Gamme d'étalonnage des nitrates.

N° de fioles	Témoin	I	II	III	IV
Solution étalon d'azote nitrique 5 mg/l (ml)	0	1	2	5	10
Eau distillée (ml)	10	9	8	5	0
Correspondance en mg/l d'azote nitrique	0	0,5	1	2,5	5



Figure 10 : Dosage des nitrates (Aoussat & Guernane, 2019).

Chapitre 03 :
Résultats et
Discussion

3. Résultats et discussion

Dans ce chapitre nous présentons les résultats des analyses effectuées sur les eaux des deux barrages Béni Haroun et Koudiet Medouar durant 7 mois (septembre 2018 - mars 2019). Les résultats sont traités dans un premier temps par une analyse descriptive (moyenne, écart type, minimum, maximum et médiane) à l'aide d'un logiciel EXCEL (tab.8), puis représentés graphiquement afin de mettre en évidence une éventuelle évolution spatio-temporelle. Dans un second temps nous présentons les résultats des analyses statistiques, un test t Student pour définir la différence entre les deux barrages ainsi qu'une matrice des corrélations pour l'évaluation de la dépendance entre les divers paramètres.

Tableau 8 : Résultats des paramètres physico-chimiques de l'eau des barrages Béni Haroun et Koudiet Medouar (moyenne, écart type, minimum, maximum, médiane).

Paramètres	Barrage Béni Haroun					Barrage Koudiet Medouar				
	Moy	± ET	Min	Max	Méd	Moy	± ET	Min	Max	Méd
T (°C)	13,71	4,64	9	20	12	9,57	6,35	4	22	7
pH	7,56	0,23	7,2	7,8	7,6	7,73	0,23	7,4	8	7,79
CE (µS/cm)	1147,14	72,96	1050	1210	1200	1131,43	27,94	1090	1170	1130
MES 105°C (mg/l)	16,86	3,80	10	22	16	17,43	5,13	12	24	16
Turb (NTU)	8,13	17,98	0,6	48,9	1,7	6,49	5,79	0,5	16,46	5,71
O₂ dis (mg/l)	11,5	0,71	8,2	12	10,1	10,17	1,80	7,3	12,3	10,8
O₂ % sat	93,93	6,82	87,67	106,67	90,83	88,26	13,12	61,81	100	89,18
HCO₃ (mg/l)	159,47	20,06	134,2	183	158,6	136,81	8,52	122	146,4	134,2
PO₄ (mg/l)	0,024	0,005	0,02	0,03	0,02	0,01	0,007	0,01	0,03	0,01
NO₃ (mg/l)	3,14	2,85	0	7	4	3,43	1,90	0	5	4

3.1. Les paramètres physico-chimiques :

3.1.1. Température de l'eau :

La température est un facteur limitant de la croissance algale. Elle contrôle de nombreuses propriétés fonctionnelles fondamentales du phytoplancton et est un facteur de régulation de la production primaire dans la plupart des milieux aquatiques (**Harris, 1986**).

Le tableau 8 et la figure 11 montrent que les températures minimales sont de 9°C au niveau du barrage Béni Haroun (BH) et 4°C au niveau du barrage Koudiet Medouar (KM) durant le mois de janvier 2019 ; les valeurs maximales de 20 °C au niveau de BH et 22°C au niveau de KM sont enregistrées pendant le mois de septembre 2018. Les moyennes et écart types calculés sont $13,71 \pm 4,64^\circ\text{C}$ à BH, et $9,57 \pm 6,35^\circ\text{C}$ pour KM.

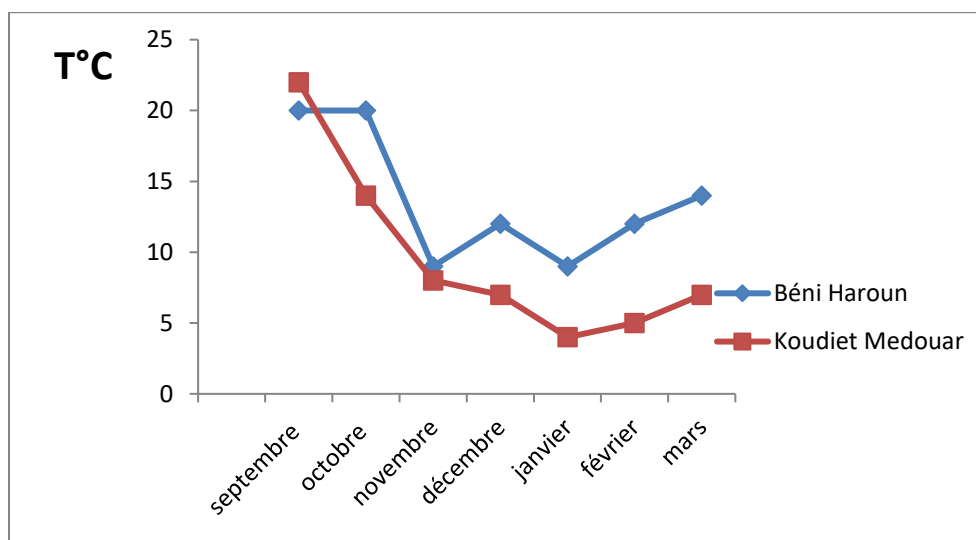


Figure 11 : Variations spatio-temporelles de la température de l'eau des barrages Béni Haroun et Koudiet Medouar.

Les résultats montrent une amplitude de variation de 11°C pour BH et de 18°C pour KM. Ces écarts sont fortement liés aux variations saisonnières et à l'impact de la localisation des deux barrages qui influe sur la température ambiante et par conséquent sur celle de l'eau. En effet Koudiet Medouar se caractérise par un climat semi-aride où les amplitudes thermiques sont plus marquées, par contre Béni Haroun est plus tempéré par sa localisation géographique proche de la mer. Selon le test t Student on a trouvé qu'il n'y a pas une différence significative ($p= 0,19$) entre les moyennes des deux barrages.

Il faut également préciser que dans un écosystème aquatique, la fluctuation thermique a un impact sur le développement, la dominance, et la répartition des populations algales, par sa

grande influence sur l'activité photosynthétique. Par ailleurs, la température diminue la solubilité de l'oxygène dissous, accélère les activités vitales et les phénomènes d'eutrophisation, favorise le développement des Chlorophycées et Cyanophycées qui posent alors des problèmes lors des opérations de traitement des eaux (Foutlane *et al.*, 1997). Globalement, l'évolution spatio-temporelle de la température des eaux superficielles évolue parallèlement à celle de l'air.

3.1.2. pH :

Les valeurs des pH (tab. 8 et fig. 12) enregistrées au niveau des deux barrages varient entre 7.2 et 8. Elles indiquent des eaux à pH faiblement alcalin avec une amplitude de 7,2 à 7,8 Béni Haroun et de 7,4 à 8 pour Koudiet Medouar (tab. 8). Ainsi l'amplitude de variation équivalente à 0,6 est identique avec une tendance plus alcaline pour KM comme le montre les moyennes et écart-type calculés pour les deux barrages sont $7,56 \pm 0,23$ à Béni Haroun et $7,73 \pm 0,23$ à Koudiet Medouar (tab. 8).

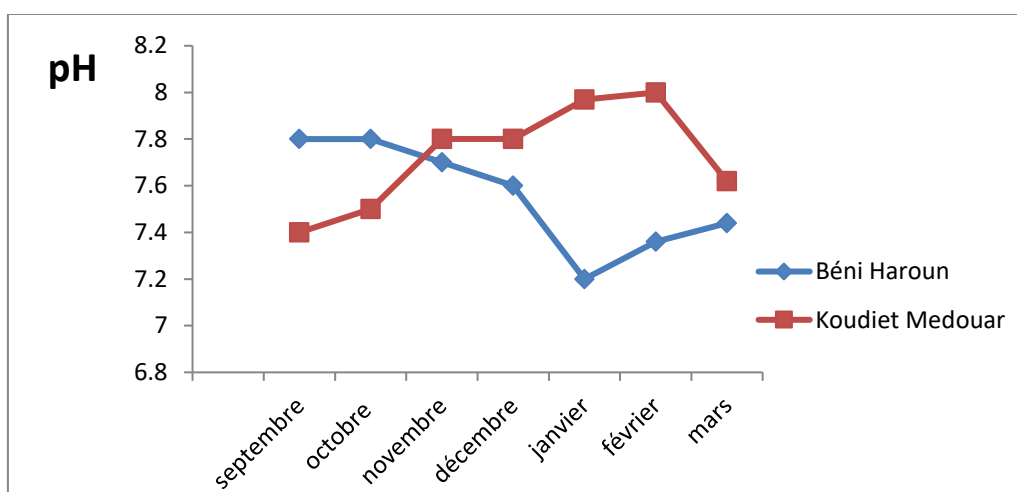


Figure 12 : Variations spatio-temporelles du pH de l'eau des barrages Béni Haroun et Koudiet Medouar.

La figure 12 permet de voir une évolution du pH des 2 barrages diamétralement opposée. On peut dire, que les fluctuations du pH entre les deux barrages sont faibles et les résultats obtenus par le test t Student ($p= 0,19$ non significatif) nous le confirme. La faible alcalinité constatée dans les deux cas serait liée à la nature géologique calco-marneuse des bassins versants des barrages, aux phénomènes de dilution sur les milieux aquatiques, ou à l'influence des eaux de ruissellements chargé généralement de diverses matières aux origines différentes.

En effet les eaux de pluie ruissellent sur les roches carbonatées et enrichissent donc les eaux en carbonates et bicarbonates qui ont un effet tampon sur le pH.

Pendant les périodes printanière et automnale, caractérisées par un développement moyen du phytoplancton, on observe des valeurs de pH moyennes. Le pH a tendance à augmenter pendant la saison chaude favorisé par l'activité photosynthétique qui rend l'eau alcaline, et favorise la productivité du phytoplancton (Afri et Pauwels., 1983, Bouzid-Lagha *et al.*, 2012). Selon Brémond et Vuichard (1973), les eaux alcalines présentent généralement une faune plus riche et plus diversifiée que les eaux acides et donc améliore la biodiversité aussi bien floristique que faunistique.

Selon la classification de l'ANRH, les eaux des deux barrages se caractérisent par une faible alcalinité, résultat déjà observé par Benayache (2014) pour Béni Haroun et par Labeled (2014) pour Koudiet Medouar. Finalement avec le temps le pH n'a pas évolué.

3.1.3. Conductivité électrique (CE) :

La conductivité moyenne est de 1147,14 $\mu\text{S}/\text{cm}$ avec 1050 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 1210 $\mu\text{S}/\text{cm}$ comme valeurs extrêmes pour Béni Haroun ; quant au barrage Koudiet Medouar la moyenne est de 1131,43 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et les valeurs extrêmes sont 1090 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 1170 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (tab.8). Il est à remarquer que l'évolution de la CE au fil des mois présente des variations sensibles entre les deux barrages. Comme pour le pH, nous constatons sur la figure 13 que la CE du Béni-Haroun évolue dans le temps à l'opposé de celle de Koudiet Medouar.

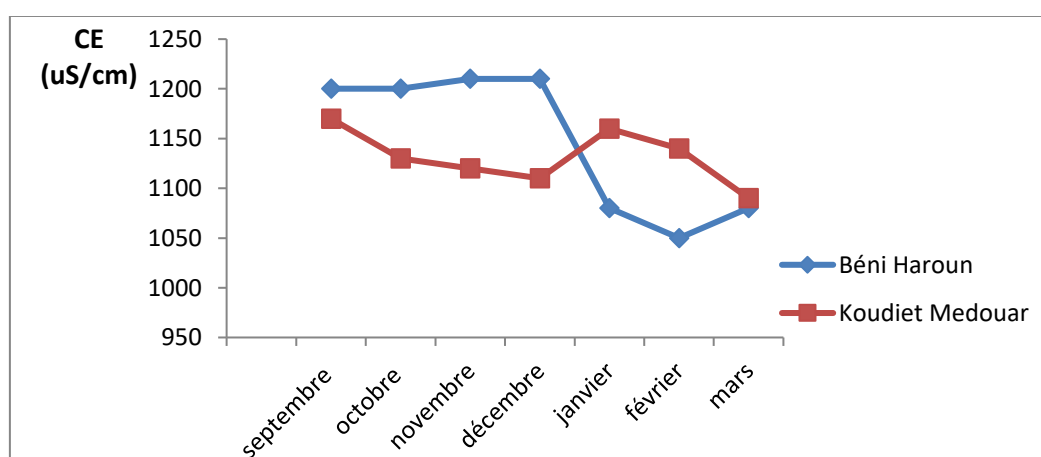


Figure 13 : Variations spatio-temporelles de la conductivité électrique (CE) de l'eau des barrages Béni Haroun et Koudiet Medouar.

Lors du transfert des eaux du Béni Haroun vers Koudiet Medouar, ces dernières sont soit diluées soit au contraire concentrées par les eaux allochtones. Cependant le test t Student n'a pas révélé une différence significative ($p= 0,60$) entre les deux moyennes.

Souvent, la conductivité a une origine naturelle due au lessivage des terrains. Ce lessivage entraîne naturellement la dissolution d'un certain nombre de sels minéraux. Elle peut également avoir pour origine les activités humaines à la suite des émissions d'effluents agricoles, industriels et/ou domestiques riches en sels contribuant eux aussi à l'accroissement de la conductivité. La conductivité des eaux naturelles varie habituellement de 10 à 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ mais peut largement dépasser 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dans les eaux polluées (**Biederman et Yo, 2005**) et dans la plupart des écosystèmes aquatiques de l'est algérien. Les eaux des barrages Béni Haroun et Koudiet Medouar sont caractérisées par une minéralisation élevée ($\text{CE} > 1000$ $\mu\text{S}/\text{cm}$) selon la classification de **Rodier et al. (2009)**.

Comparativement aux données de la grille de la qualité des eaux superficielle de l'**ABH** (tab.9) nous concluons que les eaux des deux barrages sont très bonnes car la CE reste inférieur à 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Tableau 9 : Grille de la qualité des eaux superficielles pour la CE (**ABH, 2009**).

Classe Paramètres	Très Bonne	Bonne	Passable	Mauvaise	Très Mauvaise
CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	180 - 2500	120 - 3000	60 - 3500	0 - 4000	>4000

Les résultats de la présente étude sont similaires à ceux rapportés par **Banayeche (2014)** pour Béni Haroun avec une moyenne de 1145 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pour les mêmes saisons en 2014. Ils confirment également les résultats enregistrés par **Labed (2014)** pour Koudiet Medouar mettant en évidence une certaine stabilité de la qualité de l'eau.

3.1.4. Matières en suspension à 105°C (MES 105°C) :

Les MES comprennent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau. Elles incluent les argiles, les sables, les limons, les matières organiques et minérales de faible dimension, le plancton et autres micro-organismes de l'eau.

Les teneurs en MES fluctuent entre des valeurs extrêmes de 10 à 22 mg/l pour Béni-Haroun et de 12 mg/l à 24 mg/l pour Koudiet Medouar (tab. 8 et fig.14). Le taux moyen des MES à Béni

Haroun est de $16,86 \pm 3,80$ mg/l et celui de Koudiet Medouar est de $17,43 \pm 5,13$ mg/l (tab.8) ; les charges moyennes en MES restent très proches. Le test t Student a révélé que la différence entre les moyennes des deux barrages ($p=0,92$) est non significative. La figure 14 met en évidence l'évolution spatio-temporelle des teneurs en MES qui fluctuent d'un mois à l'autre.

Les teneurs et la composition minérale et organique des matières en suspension dans les eaux sont très variables selon les cours d'eau. Elles sont fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, des travaux, des rejets. Selon **Rodier *et al.*, (2009)**, en dehors des périodes de crues, la teneur en MES est inférieure à 25 mg/l et on peut considérer la situation particulière ou anormale qu'à partir de 75 mg/l.

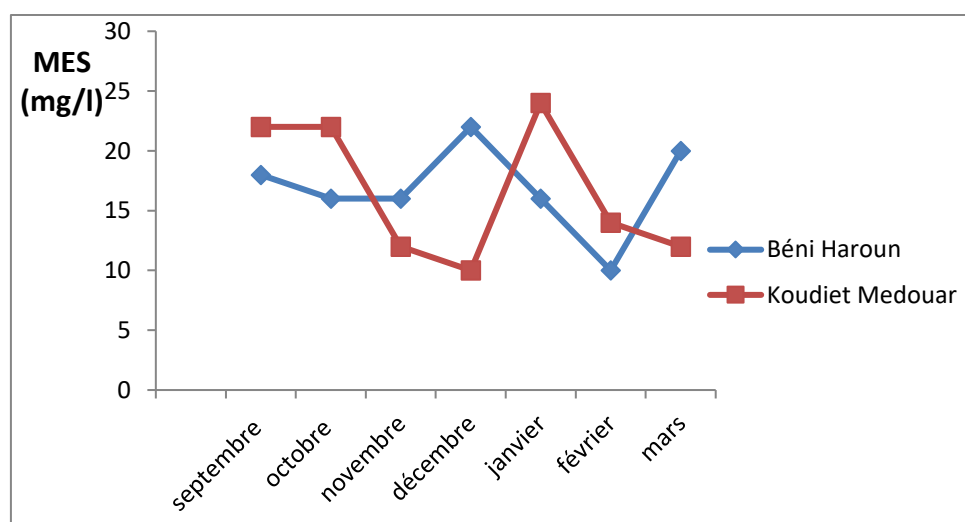


Figure 14 : Variations spatio-temporelles des teneurs en MES de l'eau des barrages Béni Haroun et Koudiet Medouar.

Donc la situation des deux barrages Béni Haroun et Koudiet Medouar est considérée comme étant normale. Les MES affectent la transparence de l'eau, diminuent la pénétration de la lumière et limitent l'activité photosynthétique d'où la concentration en oxygène dissous.

Comparativement aux travaux précédents sur ces deux barrages, nos résultats correspondent pratiquement à la moitié de ceux rapportés par **Benayeche (2014)** qui a enregistré une moyenne de 31,77 mg/l pour Béni Haroun. **Benamoune et Boumazbar (2018)** ont enregistré une moyenne de 24,66 mg/l au niveau de Koudiet Medouar. Il est connu que la quantité de MES est favorisée par les événements pluvieux sur des sols souvent nus.

3.1.5. Turbidité (NTU) :

La turbidité est représentative de la transparence d'une eau. Cette transparence peut être affectée par la présence de particules en suspension et de matières colloïdales dans l'eau (limons, argiles, microorganismes...) et peut aussi être favorisée par la pluviométrie. Les valeurs élevées de la turbidité peuvent contribuer à la diminution du pouvoir pénétrant de la lumière, et donc à la diminution de la photosynthèse dans les systèmes aquatiques.

Les valeurs de la turbidité sont comprises entre 0,6 et 48,9 NTU. La moyenne et écart type sont de $8,13 \pm 17,98$ NTU, avec une médiane de 1,7 NTU pour Béni Haroun. Quant à Koudiet Medouar, les valeurs oscillent entre 0,5 et 16,46 NTU. La moyenne et écart type sont de $6,49 \pm 5,79$ NTU, avec une médiane de 5,71 NTU (tab. 8).

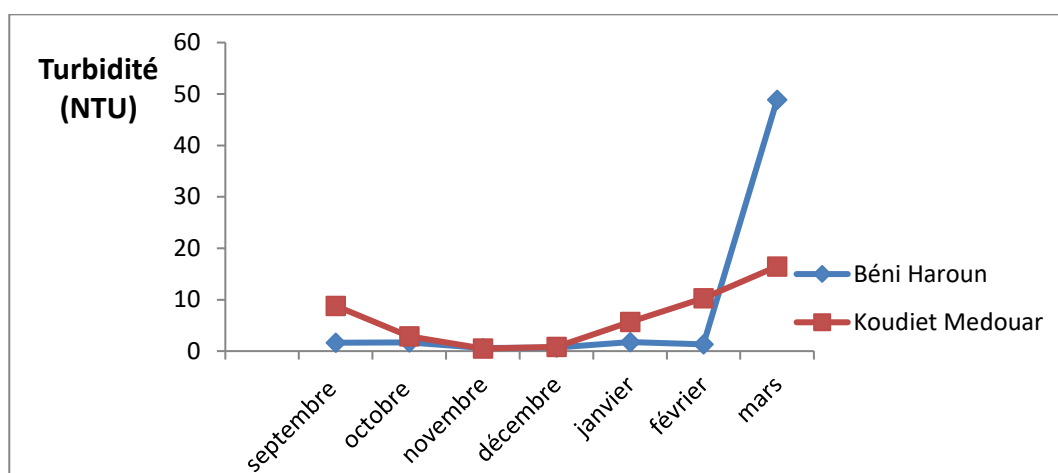


Figure 15 : Variations spatio-temporelles de la turbidité (NTU) de l'eau des barrages Béni Haroun et Koudiet Medouar.

La moyenne la plus élevée de la turbidité se localise à Béni Haroun, on peut interpréter cette élévation de la turbidité moyenne par la présence d'une valeur très élevée 48,9 NTU en mars (fig. 15), qui est une valeur occasionnelle ; dans ce cas la médiane est plus représentative que la moyenne. Mis à part cette dernière, la transparence de l'eau est assez similaire pour les deux barrages. En effet, le test t Student a montré qu'il n'y a aucune différence significative ($p= 0,83$) entre les deux moyennes. Le pic enregistré en mars pourrait être lié aux ruissellements sur les versants, à l'érosion des berges et aux rejets des différents effluents. Il peut aussi être lié à la forte charge en matières en suspension, qui est probablement due à la production de microflore et à la présence de végétation aquatique. Selon l'U.S.

Environment Protection Agency, l'intensité de la turbidité permet de classer l'eau suivant les normes ci-après :

NTU < 30 NTU : Eau claire ; 30 < NTU < 50 NTU : Eau moyennement trouble ; NTU > 50 NTU : Eau trouble.

Les résultats de la turbidité obtenus dans les deux barrages étudiés sont nettement inférieurs à la valeur de guide fixée à 30 NTU pour une eau de turbidité claire.

3.1.6. Oxygène dissous :

Une faible teneur en oxygène dissous est synonyme d'une forte charge polluante ou d'une température élevée de l'eau. C'est un paramètre utile dans le diagnostic de la qualité écologique et/ou biologique de l'eau. Effectivement nous avons enregistré une valeur minimale de 8,2 mg/l en septembre et octobre où la température était de 20°C, et une valeur maximale de 12 mg/l en février où la température était de 12°C à Béni Haroun. Quant à Koudiet Medouar, la concentration minimale de 7,3 mg/l a été enregistrée en novembre avec une température de 8°C et une valeur maximale de 12,3 mg/l en février avec une température de 5°C (tab.8).

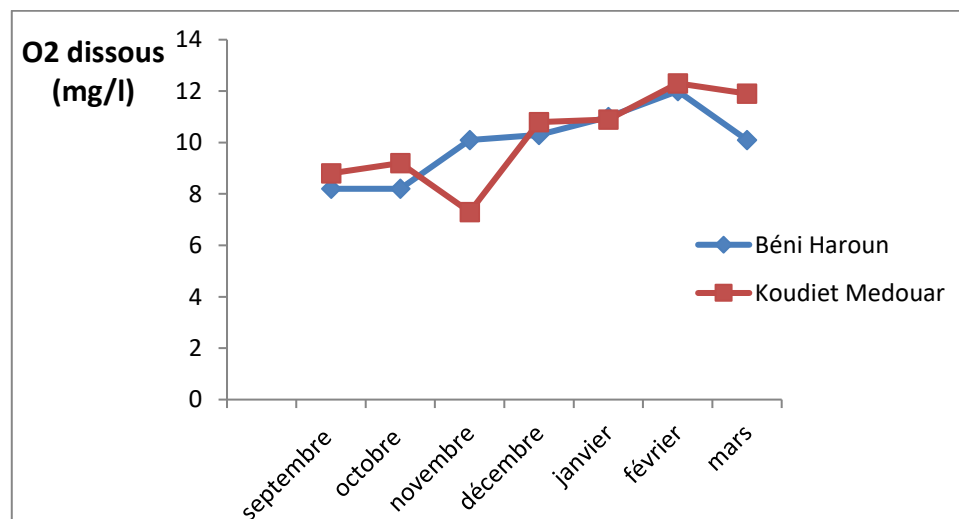


Figure 16 : Variations spatio-temporelles de la concentration en oxygène dissous de l'eau des barrages Béni Haroun et Koudiet Medouar.

La baisse de concentration de l'oxygène dissous à Koudiet Medouar en novembre 2018 (fig.16), malgré la faible valeur de la température enregistrée durant cette période, peut se traduire par la présence des matières organiques oxydables, car une présence trop importante

de ces dernières en suspension dans les milieux aquatiques contribue à l'appauvrissement des eaux en oxygène dissous. Les moyennes de l'O₂ dissous des deux barrages ne présentent pas une différence significative ($p=0,83$) entre elles d'après le test t Student.

L'oxygène dissous peut être exprimé aussi en pourcentage de saturation, plus expressif, que la teneur en oxygène dissous exprimée en mg/l. Les eaux des deux barrages sont caractérisées par des taux de saturation en oxygène qui révèlent une qualité « excellente (saturation > 90%) » à « bonne (saturation entre 70 et 90%) » selon la classification de l'ABH (1999). Les pourcentages de saturation moyens sont 93,93 et 88,26 % respectivement pour Béni Haroun et Koudiet Medouar. En général les taux de saturation des deux barrages durant la période de notre étude sont supérieurs à 60% (tab. 8) et n'est donc pas un facteur qui déclasserait l'eau.

Tableau 10 : Grille de classification de la qualité des eaux de surface en fonction de l'oxygène dissous (ABH, 1999).

Classe de qualité	Excellente	Bonne	Passable	Médiocre	Pollution excessive
O ₂ dissous (mg/l)	>7	5 à 7	3 à 5	<3	0
% de saturation	>90	70 à 90	50 à 70	<50	0

3.1.7. Bicarbonates (HCO₃):

Les valeurs des bicarbonates fluctuent entre une valeur de 134,2 et 183 mg/l enregistrées à Béni Haroun (tab.8) ; à Koudiet Medouar on a enregistré 122 et 146,4 mg/l comme valeurs extrêmes (fig.17). Le taux moyen des bicarbonates à Béni Haroun est de $159,47 \pm 20,06$ mg/l et celui de Koudiet Medouar est de $136,81 \pm 8,52$ mg/l (tab.8).

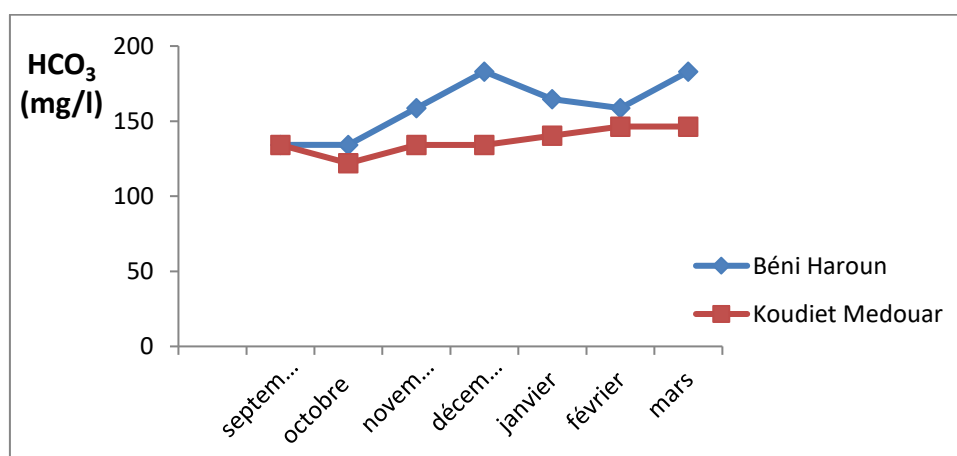


Figure 17 : Variations spatio-temporelles des teneurs en bicarbonates (HCO₃) des eaux des barrages Béni Haroun et Koudiet Medouar.

L'amplitude de variation de la teneur en bicarbonates est plus accentuée pour Béni Haroun que pour Koudiet Medouar qui affiche moins de fluctuation, Cette variation a été mise en évidence par le test t Student qui a fait ressortir une différence significative ($p= 0,02 < 0,05$) entre les deux moyennes des bicarbonates. La tendance de l'évolution du taux de bicarbonates au fil des mois est quelque peu similaire pour les deux barrages avec un accroissement noté d'octobre à mars. Néanmoins, les fluctuations sont plus sensibles pour Béni Haroun avec un pic en décembre. En effet, le pH alcalin d'une eau peut renseigner sur une teneur élevée en ions carbonates et bicarbonates, influencée essentiellement par la nature géologique du bassin versant de l'écosystème aquatique. Le pH faiblement alcalin des eaux de Béni Haroun et Koudiet Medouar ne permet que la présence de bicarbonates mais pas celle des carbonates. Les bicarbonates contribuent comme éléments nutritifs pour le phytoplancton.

3.1.8. Phosphates (PO_4^{3-}) :

Le phosphore joue un rôle très important dans le développement des algues ; avec les nitrates, il est susceptible de favoriser leur multiplication dans les écosystèmes aquatiques, où il contribue à l'eutrophisation.

Dans les deux barrages la teneur en phosphates la plus élevée, 0,03 mg/l, a été enregistrée en novembre, décembre et mars à Béni Haroun et au mois de mars à Koudiet Medouar. La plus faible teneur, 0,01 mg/l, a été enregistrée en octobre, décembre, janvier et février à Koudiet Medouar ; et elle est de 0,02 mg/l à Béni Haroun en septembre, octobre, janvier et février. Les moyennes sont de 0.02 et 0.01 mg/l respectivement à Béni Haroun et Koudiet Medouar (tab.8).

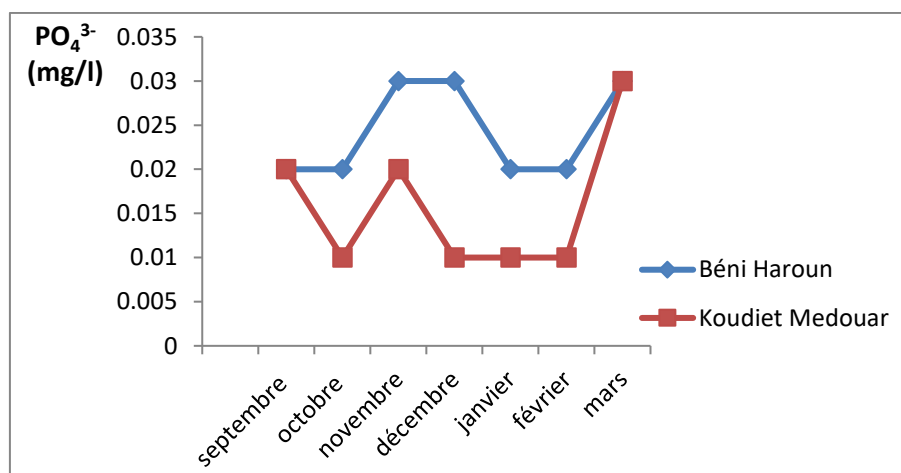


Figure 18 : Variations spatio-temporelles des teneurs en phosphates des eaux des barrages Béni Haroun et Koudiet Medouar.

Les teneurs en phosphates présentent des fluctuations relativement importantes et irrégulières d'un mois à l'autre et d'un barrage à l'autre (fig.18) surtout durant la période pluvieuse. Effectivement le test t Student a montré une différence significative ($p= 0,035$) entre les moyennes des deux barrages. Les pics relevés en novembre seraient probablement favorisés par les apports des fortes pluies enregistrées en octobre et en mars. Il est pourtant connu que les phosphates sont moins sujets au lessivage des sols que les nitrates.

Les eaux de surface peuvent être contaminées par des rejets domestiques ou par le lessivage de terres cultivées renfermant des engrais phosphatés ou traités par certains pesticides ; cette contamination entraîne un développement important des algues microscopiques mais aussi macroscopiques, qui caractérise le phénomène d'eutrophisation (**Rejsek, 2002**).

Selon les classes d'aptitude des eaux superficielles de l'**ABH (1999)**, les eaux des deux barrages contiennent des teneurs en phosphates allant de 0.01 mg/l à 0.03 mg/l et traduisant ainsi des eaux d'« excellente (teneur < 0.2 mg/l) » à « bonne qualité (teneur entre 0,2 à 0,5 mg/l) » (tab.11).

Tableau 11 : Grille de classification de la qualité des eaux de surface en fonction des phosphates (**ABH, 1999**).

Classe de qualité	Excellente	Bonne	Passable	Médiocre	Pollution excessive
PO ₄ (mg/l)	<0,2	0,2 à 0,5	0,5 à 1	1 à 2	>2

Comparativement aux travaux de **Benayache (2014)** sur Béni Haroun, les teneurs ont encore diminué dans le temps. Elles sont passées de $0,12\pm 0,03$ en 2014 à $0,024\pm 0,005$ mg/l pour la même saison en 2018-19. Ainsi, les phosphates ne constituent en aucun cas un paramètre révélateur de pollution pour les deux barrages et ne sauraient être responsable des phénomènes d'eutrophisation.

3.1.9. Nitrates (NO₃⁻) :

Les teneurs en nitrates, varient entre 0 mg/l en janvier et février et 7 mg/l en mars, la moyenne est de $3,14\pm 2,85$ mg/l à Béni Haroun (tab.8). Elles sont en moyenne de $3,43\pm 1,90$ mg/l fluctuant de 0 mg/l en novembre à 5 mg/l en décembre et mars à Koudiet Medouar (tab.8). Pour Béni-Haroun, nous notons un pic en novembre puis en mars tout comme pour les phosphates. Alors que les pics sont apparents pour Koudiet Medouar en septembre, décembre et mars liés probablement aux événements pluvieux. Le test t Student ne révèle pas de différence significative ($p= 0,83$) entre les barrages vis-à-vis des teneurs en nitrates.

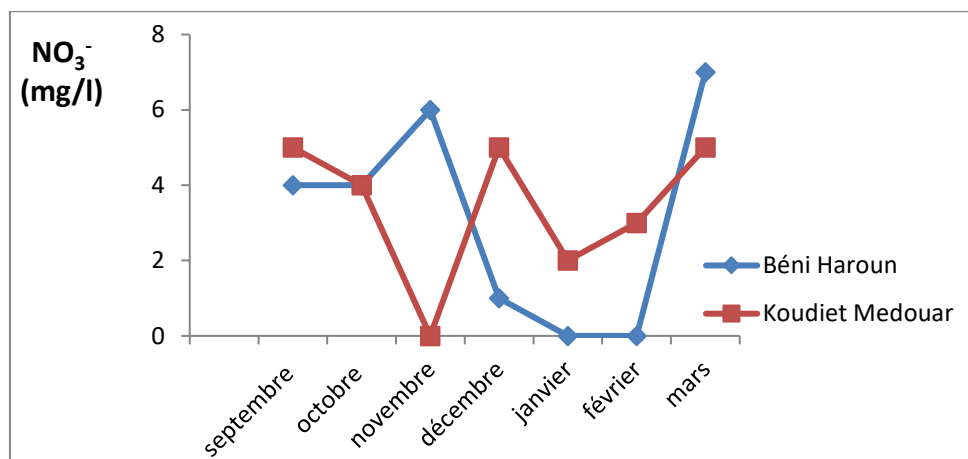


Figure 19 : Variations spatio-temporelles des teneurs en nitrates (NO_3^-) de l'eau des barrages Béni Haroun et koudiet Medouar.

La teneur des nitrates des deux barrages révèle une qualité évoluant entre « excellent (teneur <5 mg/l) » à « bonne $5 < \text{teneur} < 25$ mg/l » selon les classes d'aptitude des eaux superficielles de l'ABH (1999) (tab.12).

Tableau 12 : Grille de classification de la qualité des eaux de surface en fonction des nitrates, (ABH, 1999).

Classe de qualité	Excellente	Bonne	Passable	Médiocre	Pollution excessive
NO_3 (mg/l)	<5	5 à 25	25 à 50	50 à 80	>80

Les résultats présentés sur le tableau 8 et la figure 19 confirment ceux enregistrés par **Benayache (2014)** pour Béni Haroun avec une moyenne de $3,83 \pm 1,47$ mg/l. Par contre au niveau de Koudiet Medouar nos résultats sont plus élevés que ceux de **Labed (2014)** qui a enregistré des teneurs moyennes variant entre 0,444 et 0,235 mg/l. Cela veut dire que la teneur en nitrates dans KM a évolué durant ces dernières années. Cette évolution pourrait subvenir de l'activité agricole (utilisation des engrais) dans la région de Batna.

Les nitrates pourraient provenir de la minéralisation de la matière organique (origine naturelle), des activités agricoles (engrais azotés), et des eaux usées domestiques (origine anthropique). Selon **Rodier et al (2009)**, les eaux de pluies peuvent contenir des nitrates en provenance également des oxydes d'azote et de l'ammoniac présent dans l'atmosphère.

Les effets de nitrates ne sont pas en eux-mêmes dangereux mais ont une toxicité par le fait qu'ils se transforment en nitrites et participent à l'important phénomène d'eutrophisation des

eaux stagnantes et provoquent ainsi des troubles pour la santé. Dans les eaux naturelles non polluées, le taux de nitrates est très variable suivant la saison et l'origine des eaux, les variations saisonnières des teneurs en nitrates sont importantes et liées au développement du phytoplancton (Rejsek, 2002). En général, les eaux de surface ne sont pas chargées en nitrates à plus de 10 mg/l NO_3^- (OMS, 1980) ce qui est bien le cas des eaux des barrages Béni-Haroun et Koudiet Medouar. Comme pour les phosphates, les nitrates ne semblent pas être la cause des phénomènes d'eutrophisation et de bloom observés en général fin printemps, en été et surtout en automne.

3.2. Corrélations entre les paramètres physico-chimiques des barrages :

Les analyses des eaux des deux barrages Béni Haroun et Koudiet Medouar durant 7 mois, ont permis de disposer de caractéristiques de la qualité physico-chimique de l'eau (T° , pH, CE, MES à 105°C , turbidité, O_2 dissous, % saturation, HCO_3 , PO_4 , NO_3). Pour évaluer la dépendance entre ces divers paramètres, une matrice de corrélation pour chaque barrage a été établie. Les principales corrélations qui résument les relations entre les variables ($p < 0,05$) sont présentées en rouge dans les tableaux 13 et 14.

- **Corrélations entre les mesures physico-chimiques de Béni Haroun :**

Au niveau de BH, la CE et le pH sont positivement corrélés ; par contre l' O_2 dissous est négativement corrélé avec la température et le pH. En effet quand la température et le pH s'élèvent, la solubilité de l'oxygène diminue (tab. 13).

Tableau 13 : Matrice des corrélations entre les paramètres physico-chimiques du barrage Béni Haroun.

	T°C	pH	CE	MES	Turbi	O2 diss	Satur%	HCO3	PO4	NO3
T°C	1,0000 p= ---									
pH	,6669 p=,102	1,0000 p= ---								
CE	,3562 p=,433	,8733 p=,010	1,0000 p= ---							
MES	,1293 p=,782	,2762 p=,549	,4786 p=,277	1,0000 p= ---						
Turbi	,0390 p=,934	-,2313 p=,618	-,4203 p=,348	,3508 p=,440	1,0000 p= ---					
O2 diss	-,8193 p=,024	-,8358 p=,019	-,7122 p=,073	-,4197 p=,349	,0345 p=,941	1,0000 p= ---				
Satur%	-,2087 p=,653	-,5335 p=,217	-,7036 p=,078	-,3699 p=,414	,2843 p=,537	,7023 p=,078	1,0000 p= ---			
HCO3	-,6627 p=,105	-,5698 p=,182	-,3523 p=,438	,4149 p=,355	,5040 p=,249	,6206 p=,137	,4448 p=,317	1,0000 p= ---		
PO4	-,4124 p=,358	,0925 p=,844	,2503 p=,588	,6088 p=,147	,4473 p=,314	,1218 p=,795	-,0038 p=,994	,7181 p=,069	1,0000 p= ---	
NO3	,2803 p=,543	,5113 p=,241	,3145 p=,492	,3553 p=,434	,5874 p=,166	-,5247 p=,227	-,3745 p=,408	-,0558 p=,905	,4995 p=,254	1,0000 p= ---

• **Corrélations entre les mesures physico-chimiques de Koudiet Medouar :**

La corrélation est positivement significative entre les paramètres suivants : MES et CE ; NO₃ et % sat, et négativement entre le pH et la température à Koudiet Medouar (tab. 14).

Tableau 14 : Matrice des corrélations entre les paramètres physico-chimiques du barrage Koudiet Medouar.

	T°C	pH	CE	MES	turbi	O2 diss	satur%	HCO3	PO4	NO3
T°C	1,0000 p= ---									
pH	-,8835 p=,008	1,0000 p= ---								
CE	,4269 p=,340	-,0253 p=,957	1,0000 p= ---							
MES	,4382 p=,325	-,2772 p=,547	,7886 p=,035	1 p= ---						
turbi	-,0082 p=,986	-,1273 p=,786	-,1219 p=,795	-,0168 p=,971	1,0000 p= ---					
O2 diss	-,5342 p=,217	,4356 p=,329	-,2140 p=,645	-,1844 p=,692	,6181 p=,139	1,0000 p= ---				
satur%	,2975 p=,517	-,3159 p=,490	,1163 p=,804	,1664 p=,721	,6919 p=,085	,6477 p=,116	1,0000 p= ---			
HCO3	-,5396 p=,211	-,5362 p=,215	-,1463 p=,754	-,3609 p=,426	,6994 p=,080	,6869 p=,088	,2875 p=,532	1,0000 p= ---		
PO4	,1907 p=,682	-,4338 p=,331	-,4223 p=,345	-,2998 p=,514	,5944 p=,159	-,0923 p=,844	,0853 p=,856	,3465 p=,446	1,0000 p= ---	
NO3	,4042 p=,368	-,5404 p=,210	-,1388 p=,767	,0043 p=,993	,4289 p=,337	,4317 p=,334	,8661 p=,012	-,0179 p=,970	,1432 p=,759	1,0000 p= ---

Conclusion

Conclusion

Pour conclure ce travail, il convient de rappeler que les deux barrages Béni Haroun et Koudiet Medouar sont destinés à l'alimentation en eau potable et à l'irrigation et que le barrage Béni Haroun, le plus important en Algérie, couvre les besoins en eau de six wilayas et transfère son eau vers Koudiet Medouar qui est destiné à l'alimentation en eaux potables de deux wilayas et à l'irrigation de deux périmètres. D'où l'intérêt de la préservation de la qualité de leurs eaux qui nécessite une surveillance continue du niveau de contamination.

L'objectif principal de la présente étude est d'évaluer la qualité nutritive des eaux des deux barrages sur le phytoplancton après transfert du barrage Béni Haroun vers Koudiet Medouar, et de comparer leur évolution dans le temps pendant 7 mois à partir de septembre 2018 jusqu'à mars 2019. A la suite de cette investigation, les résultats des analyses mensuelles, ont révélé que les eaux des deux barrages sont caractérisées par :

- ✓ une température de l'eau qui est saisonnière ;
- ✓ un pH à tendance faiblement alcaline. Cette alcalinité favorise la productivité de phytoplancton.
- ✓ une CE généralement élevée, mais ne dépassant pas les normes, traduisant une minéralisation excessive ;
- ✓ des taux des MES qui ne présentent aucune anomalie, et indiquent une eau de bonne qualité ;
- ✓ une turbidité qui reflète une eau claire ;
- ✓ un taux d'oxygène dissous corrélé négativement avec la température, avec un taux de saturation qui révèle une qualité d'eau excellente à bonne ;
- ✓ une teneur en bicarbonates élevée, influencée par le pH alcalin de l'eau ainsi que la nature géologique des bassins versants des deux barrages ;
- ✓ des teneurs relativement faibles en phosphates et nitrates, reflétant une eau de bonne qualité.

L'ensemble de ces paramètres, révèlent que les éléments nutritifs comme les phosphates et nitrates ne constituent en aucun cas des paramètres révélateurs de pollution pour les deux barrages, et ne semblent pas être la cause des phénomènes d'eutrophisation et de blooms observés, car ils sont présents en très faibles quantités dans les deux barrages ; en revanche, les bicarbonates peuvent contribuer comme éléments nutritifs pour le phytoplancton. Ainsi il

serait judicieux de rechercher les causes des blooms et des mortalités des poissons observées chaque année pendant les pics de chaleur ;

L'augmentation subite de la température de l'eau induit un déficit en oxygène dissous qui pourrait être responsable de ces intoxications aiguës. Les hausses de température favorisent également les vitesses des réactions chimiques et biochimiques et pourraient augmenter la toxicité des polluants présents dans l'écosystème.

En effet, la qualité d'une eau est la résultante de nombreux paramètres dont les fluctuations sont déterminantes pour la répartition des organismes vivants, ainsi il est utile de signaler que les variations des paramètres physico-chimiques de l'eau est en fonction des saisons et des quantités des précipitations reçues.

Cette étude a permis de constater que la qualité nutritive du barrage Koudiet Medouar a évolué dans le temps comparativement aux résultats des travaux précédents effectués sur le même barrage en 2014 (avant le transfert), on a constaté un enrichissement au niveau des éléments nutritifs. Cette évolution peut être expliquée par le transfert de l'eau du barrage Béni Haroun vers Koudiet Medouar, qui a été inauguré en juillet 2014, ou par l'activité agricole (utilisation des engrais) dans la région de Batna.

Les eaux des barrages Béni Haroun et Koudiet Medouar destinées à l'irrigation, à l'alimentation en eau des populations de plusieurs wilayas, et à la pêche, leurs utilisation pourraient avoir des conséquences sanitaires préoccupantes et une surveillance drastique de la qualité s'impose.

Afin de préserver ou d'améliorer la qualité et la santé de ces écosystèmes si fragiles, dans nos perspectives nous proposons :

- l'approfondissement des investigations sur les paramètres favorisant les proliférations d'algues responsables de la production de toxines ;
- l'installation de stations d'épuration pour le traitement des différents types de rejets avant leur déversement dans les barrages ou, à la rigueur, éloigner les points de déversement du site ;
- la maintenance des installations septiques conformes et d'en faire les vidanges régulièrement ;

Conclusion

- l'élaboration de plans et de codes de pratique pour la gestion des éléments nutritifs dans des secteurs comme l'agriculture et l'aquaculture, et de mettre en application des plans de gestion dans certains bassins hydrographiques ;
- l'établissement de lignes directrices sur les éléments nutritifs pour protéger les organismes aquatiques dans différents plans d'eau ;
- de proscrire l'usage de produits tels que les détergents contenant des phosphates ;
- de conserver ou recréer une zone de végétation autour des barrages afin de diminuer l'érosion des rives et de retenir les nutriments et sédiments en provenance du bassin versant ;
- de sensibiliser les populations avoisinantes, et les encourager à adopter de bonnes pratiques en matière de gestion des barrages.

Aassiri A., 2001. Impact des eaux usées déversées par Oued Sebou sur le littoral de l'océan Atlantique : Evaluation de la contamination par les métaux toxiques. Mémoire de DESA, INRH /Université Mohammed V, faculté des sciences, Rabat. 231p.

A.B.H.-C.S.M (1999), Les cahiers de l'Agence N°3, pollution des eaux superficielles, Agence de bassin hydrographique Constantinoise- Seybouse- Mellegue, Constantine.

A.B.H.-C.S.M (2009), Les cahiers de l'Agence N°12, qualité des eaux superficielles dans les bassins du Kebir-Rhumel, de la Seybouse et de la Medjerda- Mellegue 2004-2007, Agence de bassin hydrographique Constantinoise- Seybouse- Mellegue, Constantine.

Afri F.Z. et Pauwels J.M., 1983, Facteurs physic-chimiques et presence de diatomées dans l'oued Rhumel, *Mémoire de la Société d'Histoires Naturelles de l'Afrique du Nord*, 13 :131-144

Albergel J., Nasri S. et Lamachere J.M., 2006. Les lacs et barrages collinaires : infrastructures hydrauliques d'aménagement et de conservation des terres agricoles en zone semi-aride méditerranéenne. *Sciences Planétaires /Sécheresse*, 15 : 1 ; 78-86.

ANBT., 2003. Monographie, barrage Koudiet-M'douar (Batna), Cosider-Tp, document interne, 271p.

Anderson D. M., Glibert P. M. et Burkholder J. M., 2002. Harmful Algal Blooms and Eutrophication: Nutrient Sources, Composition, and Consequences. *Estuaries and Coasts*. 25: 704-726.

Angelier, E. 2003. Ecology of Streams and Rivers. BIOS Scientific Publisher Limited. 228p.

ANRH, 2005. Carte administrative de l'Algérie Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.

A.N.R.H., . 2019. Dépliant, Agence Nationale des Ressources Hydrauliques. Les transferts en eau potable à partir du barrage de Béni Haroun.

Arnaudet L., Arnoux M., Derrien A. et Schneider-Maunoury L., 2013. Conséquences environnementales, sociales et politiques des barrages, étude du cas du Mékong. Atelier « L'eau qualité vs quantité », Centre d'Enseignement et de Recherches sur l'Environnement et la Société, France, 15p.

Azam, F. et Malfatti, F. 2007. Microbial Structuring of marine ecosystems. *Nature Reviews Microbiology*. 5 : 782-791.

Becerra Celis G.P., 2009. Proposition de stratégies de commande pour la culture de microalgues dans un photobioréacteur continu. Thèse de doctorat. University of Science, Hanoi Vietnam. 241p.

Becker E.W., 1994. Microalgae biotechnology and microbiology. Cambridge Press University. In Anderson, D. M., White, A. W., Baden, D., (Eds) Toxic dinoflagellates. Elsevier Science publishing, New York : pp 389-394.

Benayache N., 2014. Évaluation du niveau de la pollution organique des eaux des barrages Hammam Grouz et Béni Haroun. Mémoire de Master en Écologie et écotoxicologie. Université de Constantine 1, 43 p.

Benayache, N.Y., Nguyen-Quang, T., Hushchyna, K., McLellan, K., Afri-Mehennaoui, F.Z., and Bouaicha, N., 2019. An Overview of Cyanobacteria Harmful Algal Bloom (CyanoHAB) Issues in Freshwater Ecosystems; in "Limnology - Some New Aspects of Inland Water Ecology," ISBN : 978-1-83880-789-4- DOI: 10.5772/intechopen.84155. pp 13-37.

Bennamoun S. et Boumazbar M., 2014. Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique des eaux du barrage de Koudiet M'daour (Wilaya de Batna). Mémoire de Master 2 en Écologie fondamentale et appliquée. Université de Constantine 1, 27 p.

Biedermann P. et Yon B., 2005. Etude environnementale du barrage de Lom Pangar (Cameroun). Thème 15 ; qualité des eaux. Rapport final Rev.01. République du Cameroun, ministère de l'eau et de l'énergie. 85 p.

Bouha Imen., 2012. La ville de Batna, à la recherche d'un schéma de cohérence urbaine. Mémoire de magister en Etablissements humains dans les milieux arides et semi-arides. Université Mohamed Khider. Biskra. 236p.

Bremond R et Vuichard R., 1973. Les paramètres de la qualité des eaux, Paris, 8^{ème} édition, 87p.

Cavalla M., 2000. Les algues, les microalgues Microbiologie, De Boeck University, 18p.

Delliou P., 2008. Grands barrages, petits barrages, *Risques Infos*, 20 : 4-6.

Foutlane A., Bouloud A. et Ghedda K., 1997. Restauration de la qualité des eaux des retenues de barrages. *Freshwater Contamination (Proceedings of Rabat Symposium S4, April-May 1997)*. IAHS Publ, 243: 287-297.

Gayral P., 1975. Les algues : morphologie, reproduction, écologie. Edition Dion. Paris. p 388.

Groga N., 2012. Structure, fonctionnement et dynamique du phytoplancton dans le lac de Taabo (Côte d'Ivoire), Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse Université de Toulouse, 180p.

Harris G.P. 1986. *Phytoplankton Ecology : Structure, function and fluctuation*. Chapman and Hall, London, 384p.

Hillison, C.I, 1977. *Seaweeds, a color-coded, illustrated guide to common marine. Plants of east coast of the United States*, Keystone Books. The Pennsylvania State University Press, p 1-5.

Houadef R. et Salem D., 2007. Monographie écologique de la zone humide du Barrage Koudiet M'daouar (Timgad, Batna) Mémoire d'Ingénieur en écologie végétal et environnement. Université El Hadj Lakhder. Batna. 103p.

Hutchinson, G.E. ,1957. Concluding Remarks. *Cold Spring Harbor Symposia on Quant Biol.* 22 : 415-427.

Ifremer., 2014. Elément de qualité « Phytoplancton ». Etat biologique. Fiche valide p.1-3.

Kemmer F.N., 1983. Manuel de l'eau, ed Tech & Doc, Paris, 930p.

Kerdoud S., 2006. Le bassin versant de Béni Haroun eau et pollution. Mémoire de magistère en aménagement du territoire, Université Mentouri, Constantine, 128 p.

Kherief Nacereddine S., 2018. Etude de l'évolution de la qualité écologique des eaux et inventaire de la microflore aquatique du barrage de Béni-Haroun. Thèse de doctorat en Écologie végétale. Université de Constantine 1, 165 p.

Khereif Nacereddine S., Djeddi H., Benayache Y., Afri-Mehennaoui F.Z., 2018; Dynamique des éléments nutritifs et du phytoplancton dans le Barrage Béni-Haroun Dans l'est algérien ; *European Scientific Journal* ; 14 :12, 111-129.

Kilham S.S. et Kilham P., 1984. The importance of resource supply rates in determining phytoplankton community structure, p 7-27.in Meyers, D.G.and strickler, J.R.(editors), *Trophic Interactions Within Aquatic Ecosystems*. AAAS Selected Symposium 85, Westview press, Boulder, Colorado.

Koller, E 2009. Traitement des pollutions industrielles eau –air- déchet – sol - boues 2^{ème} édition, Dunod, Ballan-Miré, 570p.

Labeled A., 2014. Biodiversité et dynamique spatio-temporelle de la communauté phytoplanctonique de la zone humide artificielle du Barrage Koudiet M'douar (Timgad, Batna). Mémoire de Magister en Ecologie des écosystèmes aquatiques. Université de Constantine 1, 74p.

Mann D.G., 1999. The species concept in diatoms. *Phycologia*, 38: 437-495.

Mebarki A., 1982. Le bassin du Kébir-Rhumel (Algérie). Hydrologie de surface et aménagement des ressources en eau, thèse doctorat de 3^{ème} cycle, Université de Nancy II, 304 p.

Melghit, M., Afri-Mehennaoui F.Z., and Sahli, L., 2015. Impact Of Wastewaters On The Physicochemical Quality Of Waters : Case Study Of The Rhumel River, Hammam Grouz And Beni Haroun Dams. *Journal of Environmental Science and Engineering B*, 4 (12), 625-630.

Melghit, M., 2012. Evaluation de la qualité physico-chimique, de la pollution organique et d'une éventuelle contamination métallique (Zn, Cu, Cd, Pb et Cr) des compartiments eau-sédiments de l'oued Rhumel, de ses affluents et des deux barrages Hammam Grouz et Béni Haroun. Mémoire de Magistère, Université Mentouri, Constantine, 141p + annexes.

Mollo P. et Noury A., 2013. Le manuel du plancton, Éditions Charles Léopold Mayer, Essai N° 195, France, 198p.

Morales J.S., 2014. Liens entre la météorologie et l'abondance du phytoplancton dans l'océan à partir d'images satellites ; Essai pour le grade de maitre en environnement (M. Env.) Université Sherbrooke. 71p.

Muller-feuga A., Moral J. et Kaas R., 2003. The aquaculture of microalgae. *In* L.A. McEvoy & J.G. Stottrup (Ed.), Live feeds in marine aquaculture. London, UK: Wiley-Blackwell, pp 206-252.

O.M.S.,1980. Nitrates, Nitrites et composés N-nitroso. Critères d'hygiène de l'environnement ; Genève, N° 5, 112p.

Person J., 2010. Livre turquoise Algues, Colloque Algues : filières du futur. Ed. Adebitech, Romainville,163p.

Prescott L. M., Harley, J.P. et Klein D.A. 2003. Microbiologie, 2ème éd.. De boeck Université, Bruxelles. 1164p.

Ramade F., 1993. Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. Ed. Science international, Paris, 822 p.

Ramade F., 2002. Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. 2ème Ed. DUNOD. Paris. 1075 p.

Rastoin J.L., 2014. Le secteur des microalgues en Méditerranée ; perspectives et contribution au développement durable. Rapport et analyses. Paris, 94p.

R.C.M.B., 2000. Barrages et développement « un nouveau cadre pour la prise de décisions », Rapport de la commission mondiale des barrages, 38p.

Rejsek F., 2002. Analyse des eaux, Aspects réglementaire et techniques. Série :Sciences et techniques de l'environnement. Paris, 360p.

Reviers, B., 2002. Biologie et phylogénie des algues. Éd. Belin ; Paris, pp 352-353.

Rodier J., 2009. Analyse de l'eau ; Eaux. Ed. DUNOD Bordas, Paris, 9ème édition, 1526 p.

Seltzer P., 1946. Le climat de l'Algérie, Recueil de données météo. Institut de Technologie Agricole, Mostaganem (Algérie), 142 p.

Sialve B. et Steyer J.-P., 2013. Les microalgues, promesses et défis. Innovations Agronomiques, INRA, Paris. N° 26, pp 25-39.

Spolaore P., Joannis-Cassan C., Duran E. et Isambert A., 2006. Commercial applications of microalgae. Journal of bioscience and bioengineering. Vol.101, N° 2, p. 87-96.

Tardat-Henry M et Beaudry J., 1984. Chimie des eaux. Ed. Le Griffon d'argile Inc, 340 p.

Thébaud O., Véron G. et Fifas S., 2005. Incidences des épisodes d'efflorescences de microalgues toxiques sur les écosystèmes et sur les pêcheries de coquillages en baie de Douarnenez. 88p.

Tiri A., Lahbari N., Boudoukha A. 2017. Assessment of the quality of water by hierarchical cluster and variance analyses of the Koudiat Medouar watershed, East Algeria; Appl water Sci.,7:4197-4206

Villay A., 2013. Production en photobioréacteurs et caractérisation structurale d'un exopolysaccharide produit par une microalgue rouge, *Rhodella violacea* : application à l'obtention d'actifs antiparasitaires. Alimentation et Nutrition. Thèse de doctorat, Université Blaise Pascal – Clermont-Ferrand II, 179p.

Zouaidia H., 2006. Bilan des incendies de forêts dans l'est algérien cas de Mila, Constantine et Oum Bouaghi. Mémoire de Magister, Université Mentouri, Constantine. 153p.

Site internet : [http:// en.tutiempo.net/climate](http://en.tutiempo.net/climate)

Qualité nutritive des eaux pour le phytoplancton après le transfert du barrage Béni Haroun vers Koudiet Medouar.

Résumé :

L'Algérie est l'un des pays où la disponibilité de l'eau connaît des restrictions alors que les besoins ne cessent d'augmenter. Pour faire face à cette pénurie, la construction des barrages semble être la solution la plus adaptée pour pallier les différents besoins.

L'objectif du présent travail consiste à établir une analogie sur la qualité nutritive des eaux pour le phytoplancton après le transfert, du barrage Béni Haroun vers Koudiet Medouar. Des études, réalisées avant 2014 sur le barrage Koudiet Medouar permettent de déceler l'évolution et d'apprécier l'impact du transfert sur la qualité physico-chimique des eaux de ce dernier, ainsi que l'évolution temporelle de la qualité des eaux, pour les deux barrages. Afin de répondre à cette préoccupation, des paramètres physico-chimiques des eaux, ont été déterminés sur une durée de sept mois et l'évolution dans le temps, appréciée.

Les résultats obtenus ont permis de conclure que la température de l'eau est saisonnière, le pH faiblement alcalin, la conductivité traduit une minéralisation excessive, la turbidité faible et l'oxygène dissous reflète une eau d'excellente à bonne qualité. Le taux de bicarbonates et des matières en suspension sont relativement élevés alors que les phosphates et les nitrates traduisent une eau de bonne qualité.

Enfin, notre étude a permis de constater un enrichissement de la qualité nutritive du barrage Koudiet Medouar, comparativement aux résultats des travaux précédents. Cette évolution serait soit liée au transfert de l'eau du barrage Béni Haroun, ou due aux apports émanant des activités agricoles (utilisation des engrais).

Mots clés : Barrage, transfert, Béni Haroun, Koudiet Medouar, éléments nutritifs, phytoplancton.

Laboratoire de recherche : Biologie et Environnement

Jury d'évaluation :

Président du jury : *TOUATI Laid*

MCA

UFM Constantine 1

Rapporteur : *AFRI-MEHENNAOUI Fatima-Zohra*

Pr

UFM Constantine 1

Examineur : *GHIOWA-BOUCHTAB Karima*

MAA

UFM Constantine 1

Date de soutenance : 18/07/2019