



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث 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 والحياة

Département : Biologie et Ecologie Végétale

قسم : بيولوجيا و علم البيئة النباتية

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

Caractérisation et évaluation des eaux de quelques hydrosystèmes dans le Nord-Est algérien.

Présenté et soutenu par :

Le : 22 /06/2023.

MILOUDI Boutheyna

Jury d'évaluation :

Présidente du jury : SAHLI Lila (Professeur - UFM Constantine 1)

Rapporteur : TOUATI Laid (Professeur - UFM Constantine 1)

Examinatrice : KARA Karima (MCA- UFM Constantine 1)

Année universitaire : 2022- 2023.

Remerciement

Avant toute chose, je tiens à remercier Dieu le tout puissant, qui m'a donné la force, l'effort et la patience pour réaliser ce travail

Quant à après, Je suis très reconnaissant et j'apprécie les efforts considérables déployés par mon encadreur le professeur **Dr. TOUATI Laid**, le fait qu'il a accepté de m'encadrer et de me donner pleine de son temps précieux et de son meilleur supervision de chaque grand et petit dans ce travail.

Je le remercie pour son patience, rigueur et son disponibilité, merci énormément.

Il m'est agréable d'adresser mes remerciements à **Dr. SAHLI Lila**, professeur à l'Université Frères Mentouri Constantine 1, qui m'a fait l'honneur de présider le jury de soutenance.

Mes sincères remerciements sont adressés à **Dr. KARA Karima**, Maître de conférences à l'université Frère Mentouri Constantine qui nous a fait l'honneur d'examiner ce mémoire.

Je ne saurais pas oublier de remercier tous les personnels qui ont travaillé avec moi, et spécialement **Mr. KHALID Souheil** le directeur de l'ANRH, Mme. **BEN LAHRACH Mounira**, chef de département de l'ANRH ainsi qu'au personnel de l'agence de m'ont accueillis dans leur laboratoire pour la réalisation de différents analyses de l'eau.

Je tiens de remercier tous les enseignants de la spécialité Ecologie Fondamentale et appliquée qui m'ont enseigné pendant les deux années de master, et qui nous ont tout donné pour nous former au meilleur niveau.

Finalement je veux remercier tous les membres de ma famille qui m'ont soutenue et qui ont supporté avec moi les difficultés de mon parcours.

Dédicace

Au nom du dieu le clément le miséricordieux

*Je dédie ce modeste travail en premier lieu à mes chers parents **MILOUDI Nouari** et **MAMMERI Saliha**, sans vous, je ne serais pas arrivé là où je suis aujourd'hui. Je m'adresse à vous dans mes plus hautes expressions d'appréciation et de gratitude, qui n'étaient pas et ne seront pas suffisants, je vous aime à l'infini.*

*A la fleur de ma vie, mon amour et mon âme, ma chère grande sœur **Chahira**, je n'oublierai jamais ta position à mes côtés et ta préoccupation constante pour moi, je t'aime pour toujours et à jamais.*

*A mon bras droit, mon support dans ma vie et ma montagne, mon frère **Abde Rahim**, sans toi je ne suis rien, merci d'avoir toujours à mes côtés et de de toujours penser à moi, je t'aime jusqu'à la lune aller et retour.*

A la mémoire de ma cher grande mère, qu'Allah bénisse ton âme.

*A ma chère amie **Chaima**, qu'Allah te garde toujours avec moi. Merci ma chérie de m'avoir encouragé dans mes moments difficiles.*

*A ma chère cousine **Aya**, avec qui j'ai partagé les moments doux et amers.*

*A **Raounak, Ramy, Maroua, Manar, Yakoub** et toute personne qui m'a aidé et m'a encouragé de près ou de loin, j'apprécie beaucoup.*

Boutheyne

Résumé

En Algérie, l'accès à l'eau potable pour la population ainsi que pour les activités agricoles et industrielles est considéré comme un intérêt essentiel pour l'homme, en vue de satisfaire ces besoins présents et futurs. Par conséquent, le gouvernement a établi des réseaux de stockage de l'eau de consommation dans des barrages qui sont répartis dans tout le pays afin de régler le problème de la disponibilité de l'eau. La présente étude s'inscrit dans le contexte d'une recherche sur la caractérisation et l'évaluation des eaux de quelques hydrosystèmes dans le Nord-est algérien en 2023. Nous avons mené sur les eaux de ces barrages un ensemble des analyses des paramètres physico-chimiques (Température, pH, conductivité électrique, résidus secs, Nitrates) et des paramètres indicateurs de pollution organique (Oxygène dissous, Nitrites, Ammonium, Phosphates, DBO₅, DCO, Matière Organique). Les résultats obtenus des eaux de barrages étudiés montre que la plupart est de qualité acceptable, sauf pour quelques barrage (Oued Charef, Béni Haroun et Oued El Athmania) où nous avons recensé un dépassement des teneurs en Oxygène dissous, résidus secs, nitrites et en ammonium. La surveillance et le contrôle des eaux de ces barrages restent une mission essentielle afin d'assurer sa bonne qualité pour les consommateurs.

Mots clés : Eau potable, Barrages, Physico-chimiques, pollution, Nord-est, algérien.

Abstract

In Algeria, access to drinking water for the population as well as for agricultural and industrial activities is considered an essential interest for human beings, in order to satisfy his present and future needs. Therefore, the government has established drinking water storage networks in dams, which are distributed all over the country in order to solve the problem of water availability. This study is part of a research on the characterization and evaluation of the waters of some hydrosystèmes located in Northeast of Algeria in year of 2023. We have carried out a set of analyzes of the physico-chemical parameters on the waters of these dams (Temperature, pH, electrical conductivity, dry residues, Nitrates) and organic pollution indicator parameters (Dissolved Oxygen, Nitrites, Ammonium, Phosphates, BOD₅, COD, Organic Matter). The results obtained from studied dams waters showed that the most of them are of acceptable quality, except for a few ones (Oued Charef, Béni Haroun and Oued El Athmania) which contained an excess amount in dissolved oxygen, dry residues, nitrites and ammonium. . The surveillance and water control of these dams remains an essential mission in order to ensure its good quality for consumers.

Key words: Drinking water, Dams, Physico-chemical, Pollution, Northeast, Algerian.

ملخص

في الجزائر، يعتبر الحصول على مياه الشرب للسكان وكذلك للأنشطة الزراعية والصناعية كاهتمام أساسي للإنسان لتلبية هذه بإنشاء شبكات تخزين مياه الشرب في السدود الموزعة في جميع أنحاء الدولة من الاحتياجات الحالية والمستقبلية. لذلك قامت الدولة أجل حل مشكلة توفر المياه. هذه الدراسة جزء من بحث حول توصف وتقييم مياه بعض الأنظمة المائية في شمال شرق الجزائر في عام 2023. أجرينا مجموعة من التحليلات للمعاملات الفيزيائية والكيميائية لهذه السدود. (درجة الحرارة، درجة الحموضة، الناقلية الكهربائية، المخلفات الجافة، النترات) ومعاملات مؤشرة للتلوث العضوي (الأكسجين المذاب، النتريت، الأمونيوم، الفوسفات، الطلب على الأكسجين الكيميائي الحيوي، الطلب على الأكسجين الكيميائي، المادة العضوية). أظهرت النتائج المتحصل عليها من مياه السدود المدروسة أن معظمها ذو جودة مقبولة، باستثناء عدد قليل من السدود (واد شارف ويني هارون وواد العثمانية) حيث أبلغنا عن وجود فائض في الأكسجين المذاب، المخلفات الجافة، النتريت والأمونيوم. يظل رصد ومراقبة المياه في هذه السدود مهمة أساسية لضمان جودتها الجيدة من أجل المستهلكين.

الكلمات المفتاحية: مياه الشرب، السدود، الفيزيائية والكيميائية، التلوث، الشمال الشرقي، الجزائري.

Sommaire

Remerciement

Dédicace

Résumés

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction.....01

Chapitre 1 : Revue bibliographique sur la qualité des eaux de surface

1.1. L'eau.....	02
1.2. La répartition de l'eau sur la planète.....	02
1.3. Le cycle de l'eau.....	02
1.4. La qualité de l'eau.....	03
1.5. Les eaux de surface.....	05
1.6. Les types des eaux de surface.....	06
1.6.1. Les eaux vives.....	06
1.6.2. Les eaux calmes.....	06
1.7. Paramètres de l'eau de surface.....	06
1.7.1. Paramètres organoleptiques.....	06
1.7.1.1. La couleur.....	06
1.7.1.2. L'odeur.....	07
1.7.1.3. Goût et saveur.....	07
1.7.2. Paramètres physico-chimique.....	07
1.7.2.1. PH.....	07
1.7.2.2. Température.....	07
1.7.2.3. Conductivité électrique.....	07
1.7.2.4. Salinité.....	08
1.7.2.5. Potentiel redox.....	08
1.7.2.6. Oxygène dissous.....	08
1.7.3. Paramètres de minéralisation globale.....	08
1.7.3.1. Dureté totale (TH).....	09
1.7.3.2. Calcium (Ca ²⁺).....	09
1.7.3.3. Magnésium (Mg ²⁺).....	09

1.7.3.4. Chlorure (Cl^-)	09
1.7.3.5. Potassium (K^+).....	10
1.7.3.6. Sulfate (SO_4^{3-}).....	10
1.7.3.7. Résidu sec.....	10
1.7.4. Paramètres biologique indicateur de pollution.....	10
1.7.4.1. La Demande Biochimique en Oxygène (DBO).....	10
1.7.4.2. La Demande Chimique en Oxygène (DCO).....	10
1.7.4.3. Les phosphates (PO_4^{3-}).....	11
1.7.4.4. Ammonium (NH_4^+).....	11
1.7.4.5. Nitrite (NO_2^-).....	11
1.7.4.6. Nitrates (NO_3^-).....	12
1.7.4.7. Matière en suspension (MES).....	12
1.7.4.8. Matière organique (MO).....	12
1.7.5. Les paramètres microbiologiques.....	12
1.7.5.1. Quelques germes indicateurs de pollution de l'eau.....	12
1.8. Définition de la pollution	15
1.9. Les modes de pollution.....	15
1.9.1. Pollution ponctuelle.....	15
1.9.2. Pollution diffuse.....	15
1.10. La classification de la pollution selon l'origine de la pollution.....	16
1.10.1. Pollution domestique.....	15
1.10.2. Pollution des eaux pluviales urbaines.....	16
1.10.3. Pollution industriel.....	16
1.10.4. Pollution agricole.....	17
1.10.5. Pollution naturelle.....	17
1.11. La classification de la pollution selon le polluant.....	17
1.11.1. Pollution chimique.....	17
1.11.2. Pollution physique.....	17
1.11.3. Pollution microbiologique.....	18
1.12. Les maladies à transmission hydrique.....	18
1.12.1. Les maladies d'origine bactérienne.....	19
1.12.2. Les maladies d'origine virale.....	20
1.12.3. Les maladies d'origine parasitaire.....	20

Chapitre 2 : Matériel et méthode

2.1. Présentation de la zone d'étude.....	21
2.1.1. Situation géographique de la zone d'étude.....	21
2.1.2. Réseau hydrographique.....	21
2.1.3. Relief.....	22
2.1.4. Climat.....	23
2.1.5. Précipitation.....	23
2.1.6. Température.....	24
2.1.7. Humidité.....	24
2.1.8. Vent.....	25
2.1.9. Végétation.....	25
2.2. Présentation du lieu de stage (ANRH).....	26
2.2.1. Les missions de l'agence.....	26
2.2.2. Les outils de l'agence.....	27
2.2.3. Direction des laboratoires, de la qualité et de l'informatique.....	27
2.3. Présentation des sites d'étude.....	28
2.3.1. Les barrages étudiés.....	28
2.4. L'échantillonnage.....	31
2.4.1. Prélèvement des échantillons.....	31
2.5. Méthode analytique.....	32
2.5.1. Détermination des paramètres physico-chimiques des eaux.....	32
2.5.1.1. Les paramètres mesurés in situ.....	32
2.5.1.2. Les paramètres mesurés dans le laboratoire.....	33
2.5.2. Détermination des paramètres indicateurs de pollution.....	35
2.5.2.1. Paramètres mesurés dans le laboratoire.....	35

Chapitre 3 : résultats et discussion

3.1. Les paramètres physicochimiques.....	47
3.1.1. Température.....	47
3.1.2. pH.....	48
3.1.3. Conductivité électrique.....	49
3.1.4. Résidu sec.....	50
3.1.5. Nitrates (NO ₃ ⁻).....	51
3.2. Les paramètres indicateurs de pollution.....	51
3.2.1. Oxygène dissous.....	51

3.2.2. Nitrites (NO_2^-).....	52
3.2.3. Ammonium.....	53
3.2.4. Phosphate (PO_4^{3-}).....	54
3.2.5. Demande biochimique en oxygène (DBO_5).....	55
3.2.6. Demande chimique en oxygène (DCO).....	55
3.2.7. Matière organique.....	56
Conclusion	57
Références bibliographiques	59

Liste des abréviations :

°C : degré Celsius.

°F : degré Fahrenheit.

µS/cm : micro siemens par centimètre.

ABH : Agence du Bassin hydrographique.

ANRH : Agence Nationale des Ressources hydrauliques.

Ca²⁺ : ions calcium.

CaCO₃ : carbonate de calcium.

CE : Conductivité électrique.

Cl⁻ : chlore.

ClO²⁻ : ion chlorite.

cm : centimètre.

Cm² : centimètre carré.

cm³ : centimètre cube.

CO₂ : Dioxyde de carbone.

CO₃²⁻ : ion carbonate.

DBO₅ : demande biochimique en oxygène pendant 5 jours.

DCO : demande chimique en oxygène.

EDTA : acide éthylène diamine tétra-acétique.

Eh : Potentiel d'oxydoréduction.

ERI : eaux résiduaires industrielles.

g/l : gramme par litre.

GPS: Global Positioning System.

H⁺: ions hydrogène.

H₂O: l'eau.

H₂SO₄: acide sulfurique.

HCl: acide chlorhydrique.

HCO₃²⁻ : ion bicarbonate.

Hm³ : hectomètre carré.

HVA : Hyperostose Vertébrale Ankylosante.

K⁺ : potassium.

Km² : kilomètre carré.

L : litre.

m : mètre.

M : mole.

m/s : mètre par seconde.

meq : milliéquivalent.

MES : matière en suspension.

mg : milligram.

mg/l : milligramme par litre.

Mg²⁺ : ions magnésium.

min : minute.

ml : millilitre.

ml : millilitre.

ml/L : millilitre par litre.

mm : millimètre.

MMS : matière minérale en suspension.

MO : matière organique.

MON : matière organique naturelle.

mV : milliVolt.

MVS : matière volatile en suspension.

NaOH : hydroxyde de sodium.

NH₂⁻ : ion amidure.

NH₃⁺ : ion ammoniac.

NH₄⁺ : ammonium.

NH₄Cl : chlorure d'ammonium.

Nm : nanomètre.

NO₂ : dioxyde d'azote.

NO₃⁻ : nitrates.

NO₃⁻ : nitrate.

NPK : azote, phosphore et potassium.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

PE : point équivalent.

pH : potentiel Hydrique.

PO₄³⁻ : ion phosphate.

R.S : résidus secs.

REFIOM : Résidu d'Épuration des Fumées d'Incinération des Ordures Ménagères.

SEQ : Système d'évaluation de la qualité des eaux superficielles.

SO₄²⁻ : ions sulfate.

T° : température.

TH : titre hydrométrique.

TIAC : Toxi-infection Alimentaire Collective.

UFC : unité formatrice de colonie.

ρ : résistance électrique.

Liste des figures		Pages
Figure 01	Répartition de l'eau douce.	02
Figure 02	Cycle de l'eau.	03
Figure 03	<i>Escherichia-coli</i> sous microscope électronique à G X 1000.	13
Figure 04	Coliformes totaux.	14
Figure 05	Streptocoques fécaux.	14
Figure 06	Répartition des maladies à transmission hydrique année 2015 en Algérie.	18
Figure 07	Carte hydrographique de la région Nord-Est algérien.	21
Figure 08	Carte altimétrique.	22
Figure 09	Carte des pentes.	23
Figure 10	Carte des précipitations.	24
Figure 11	Carte des zones bioclimatiques du Nord-Est algérien.	25
Figure 12	Carte phytogéographique de l'Algérie et la Tunisie en précisant la région Nord-Est algérien.	26
Figure 13	Réseau hydro-climatologique national.	27
Figure 14	Variation spatiale de la température dans les barrages étudiés.	47
Figure 15	Variation spatiale du pH dans les barrages étudiés.	48
Figure 16	Variation spatiale de la Conductivité dans les barrages étudiés.	49
Figure 17	Variation spatiale des résidus secs dans les barrages étudiés.	50
Figure 18	Variation spatiale des nitrates dans les barrages étudiés.	51
Figure 19	Variation spatiale de l'oxygène dissous dans les barrages étudiés.	51
Figure 20	Variation spatiale des nitrites dans les barrages étudiés.	52

Figure 21	Variation spatiale de l'ammonium dans les barrages étudiés.	53
Figure 22	Variation spatiale du phosphate dans les barrages étudiés.	54
Figure 23	Variation spatiale du DBO5 dans les barrages étudiés.	55
Figure 24	Variation spatiale du DCO dans les barrages étudiés.	55
Figure 25	Variation spatiale de la matière organique dans les barrages étudiés.	56

Liste des tableaux		Pages
Tableau 01	La classification de la qualité des cours d'eau en Algérie	04
Tableau 02	les normes de potabilité de l'eau de consommation selon l'OMS et le journal officiel algérien.	04
Tableau 03	La relation entre la minéralisation et la conductivité	08
Tableau 04	Qualité de l'eau en fonction de la valeur de TH	09
Tableau 05	Classification des eaux selon le résidu sec.	10
Tableau 06	Grille de la qualité des eaux en fonction du phosphate	11
Tableau 07	Normes algériens et de l'OMS de la qualité microbiologique des eaux.	15
Tableau 08	Principales maladies d'origine bactériennes.	19
Tableau 09	Principale maladies d'origine virale	20
Tableau 10	Principales maladies d'origine parasitaire	20
Tableau 11	Les coordonnées GPS [6], la capacité et le volume actuelle des 10 barrages de la région Nord-Est algérien	31
Tableau 12	Les concentrations en nitrate en fonction des volumes de la solution mère de nitrate.	34
Tableau 13	Préparation des volumes de solution étalon	36
Tableau 14	Préparation des solutions étalon.	37
Tableau 15	Préparation des solutions étalons	41
Tableau 16	Les équations correspondantes pour la calcule du DCO dans l'échantillon et dans le témoin	43
Tableau 17	Les équations de la calcule du dosage de la matière organique dans l'échantillon et dans le témoin	46
Tableau 18	Résultats des paramètres physico-chimiques et des paramètres de pollution des eaux des barrages étudiés en Nord-Est algérien (2023).	47

Introduction :

L'eau prend une importance croissante dans notre vie, étant une ressource naturelle essentielle à la vie. Apprendre à la gérer, c'est apprendre à maîtriser sa rareté mais aussi ses excès, à assurer l'alimentation en eau potable, agricole et industrielle, à l'utiliser pour créer de l'énergie et à maintenir la qualité de notre environnement (**Bousalah, 2018**)

L'accès durable aux ressources en eau est une préoccupation majeure qui concerne tous les pays du monde. Mais, la question de cette ressource rare et vitale, se pose surtout en termes de disponibilité, de qualité de l'eau et de sa gestion en fonction des priorités des différents secteurs utilisateurs (domestique, agriculture, industrie et tourisme). Le changement climatique et la croissance urbaine et démographique ainsi que l'expansion des activités économiques et agricoles risquent d'aggraver la situation du stress hydrique qui frappe déjà plusieurs pays. Cette situation va influencer la gestion des services d'eau potable et d'assainissement (**Boukhari, 2018**).

Face à ces obstacles, l'Algérie a fourni, depuis les années soixante, d'importants efforts de mobilisation de son potentiel hydraulique pour faire face à l'accroissement démographique et assurer son développement socio-économique. Cependant, le potentiel hydraulique limité nécessite d'adopter une stratégie de gestion de la demande en eau afin de satisfaire les besoins en eau, d'assurer les conditions d'une utilisation bénéfique de ces ressources hydriques et d'améliorer les performances des infrastructures (barrages, ouvrages de transfert d'eau, forages) (**Bousalah, 2018**).

A travers ce modeste travail, j'ai choisi pour mon thème de recherche d'évaluer la qualité physico-chimique des eaux de quelques barrages de la région Nord-Est algérien, et de mettre en évidence le taux des polluants existants dans ces hydrosystèmes.

Le contenu de cette étude s'articule en trois chapitres :

Le premier chapitre comporte une revue bibliographique sur la qualité des eaux de surface, qui comprend une explication sur les paramètres pris en considération dans l'étude de la qualité des eaux de surface, les paramètres contribuant à la pollution de ces eaux, outre les normes fixées pour la gestion de la qualité des eaux de consommation.

Le deuxième chapitre montre une présentation de la zone d'étude, ainsi que le matériel et les méthodes utilisées pour la caractérisation des hydrosystèmes étudiés.

Le troisième chapitre comporte l'interprétation et la discussion des résultats de quelques paramètres obtenus dans cette recherche.

Et enfin, on terminera notre recherche par une conclusion.

Chapitre 1

Revue bibliographique sur la qualité des eaux de surface

Chapitre 1 : Revue bibliographique sur la qualité des eaux de surface

1.1. L'eau :

L'eau est une ressource précieuse et un élément essentiel à la vie sur terre et surtout pour la vie de l'homme, pour lui elle a une importance historique (les premières civilisations ont commencée près des rivières), géographique (elle occupe environ deux tiers de la surface de la terre), et de maintenir la vie (où il y a de l'eau, il y a de la vie, par contre cette dernière est impossible sans eau) (Danielle, 2018).

1.2. la répartition de l'eau sur la planète :

Depuis énormément des années, l'eau est présent dans notre planète sous des multiples états à 1400 millions de km³, dont 97,2% sont classés salés dans les mers et les océans, par la suite, les 2,8% restants sont réparti en deux partie ; l'une est stocké dans les glaciers et les nappes phréatiques profondes (2.15%), et uniquement l'autre qui reste (0.04%) est utilisable et disponible sous forme d'eau douce et pourrait être facilement exploitable par l'être humain, comme c'est expliqué dans le **figure (1)** qui suit (Bouziani, 2006).

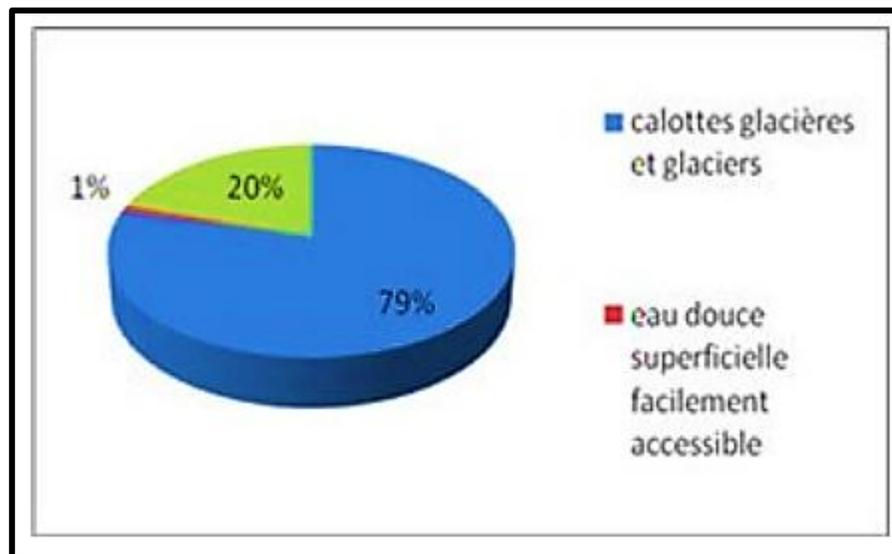


Fig. 1 : Répartition de l'eau douce (Bouziani, 2006).

1.3. Le cycle de l'eau :

Aussi appelé le cycle hydrologique, est un système de recyclage de l'eau et se déroule entre les trois phases : solide, liquide et gazeuse. L'eau circule dans un boucle fermé et d'une façon répétitive, en commençant des eaux de surface résultantes des précipitations où le processus d'évaporation d'eau se passe, ce dernier et grâce aux températures élevés remonte sous forme des gouttelettes d'eau (ou vapeur) dans les couches supérieures de l'atmosphère et se condense sous l'effet des basses températures formants des nuages de pluie ou de glace. La plupart de ces précipitations tombent et pénètrent dans le sol et tracent leur chemin vers les nappes phréatiques ou ils continuent de se déplacer vers les rivières et les océans où ils s'évaporent à nouveau dans un temps chaud, sans oublier qu'une partie est absorbé depuis les racines des plantes et se

filtrant à travers les surfaces des feuilles est revenu à l'atmosphère sous le processus d'évapotranspiration. Et ainsi de suite, le cycle se renouvelle à l'infini (fig. 2) (Bouziane et kharoubi, 2022).

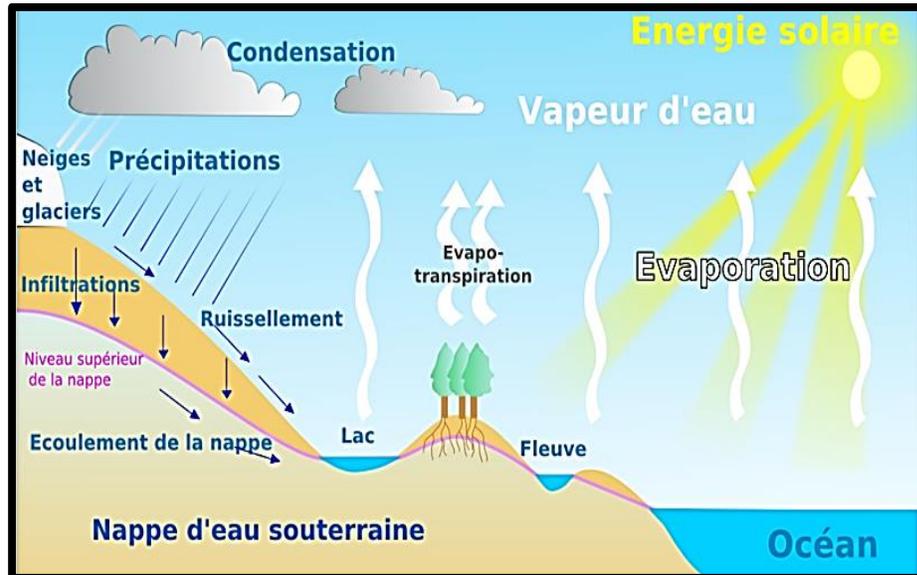


Fig. 2 : Cycle de l'eau (Sari, 2014).

1.4. Qualité des eaux :

La connaissance de la qualité d'une cour d'eau est associée à plusieurs facteurs en fonction du temps. Pour cela, des outils d'évaluation de la qualité des eaux superficielles a été mise en place, par exemple le SEQ (Système d'Evaluation de la Qualité des eaux superficielles) à élaborer un système d'évaluation de la qualité physico-chimique des cours d'eau appelé SEQ-Eau en vue d'obtention d'une image extensive des cours d'eau afin d'évaluer l'impact de la qualité sur les processus naturels et les utilisations humaines (Barkat, 2016). Le tableau (1) montre la classification des de la qualité des cours d'eau.

Tableau 1 : La classification de la qualité des cours d'eau en Algérie (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

• Les normes des paramètres de potabilité eaux de consommation ont été fixées par l'OMS et le journal officiel algérien comme le **tableau (2)** s'indique.

Tableau 2 : les normes de potabilité de l'eau de consommation selon l'OMS et le journal officiel algérien.

Paramètres	Unité	Normes OMS (2000)	Norme Algérienne (J.O.R.A.D.P., 2014)
Température	°C	< 30	< 25
pH	Unité pH	≥ 6,5 et ≤ 8,5	≥ 6,5 et ≤ 9
Conductivité à 20°C	μS/cm	< 1250	< 2 800
Résidu sec	mg/l	< 2 000	< 2000
O ₂ dissous	O ₂	< 6,5	< 6,5
Oxydabilité	mg/l d'O ₂	< 5	< 5
Nitrate (NO ₃)	mg/l	< 50	< 50
Nitrite (NO ₂)	mg/l	< 0,1	< 0,1
Ammonium (NH ₄)	mg/l	< 0,5	< 0,5

Phosphate (PO₄)	mg/l	< 0,5	< 0,5
DBO5	mg/l d'O ₂	< 30	< 25
DCO	mg/l d'O ₂	< 90	< 80
MO	mg/l	Pas de valeur guide	<30
Dureté	mg/l de CaCO ₃	<500	<500
Calcium (Ca²⁺)	mg/l	<200	<270
Magnésium (Mg²⁺)	mg/l	<50	<150
Chlorure (Cl⁻)	mg/l	<250	<200
Potassium (K⁺)	mg/l	<12	<20
Sulfate (SO₄³⁻)	mg/l	<400	<200
Phosphate (PO₄³⁻)	mg/l	0,5	0,5
Matière en suspension (MES)	mg/l	-	-

1.5. Les eaux de surface :

Les eaux de surface présentent toutes les eaux qui coulent ou émergent d'une surface du sol donnée et englobent les lacs, les rivières, les étangs, les barrages... etc. Leur composition chimique est en fonction du terrain où elles sont passées, des rejets et des conditions climatiques de la zone (pluviométrie). Leur température dépend du climat en plus de la saison. La plupart des eaux de surface sont connues par la richesse en oxygène et la pauvreté en dioxyde de carbone et cela est dû à son écoulement, qui permet de se réapprovisionner en oxygène d'une façon permanente à travers l'échange eau-atmosphère. L'eau de surface dans la plupart des cas est un environnement favorable pour le développement de multiples colonies de bactéries pathogènes et les virus grâce aux rejets des déchets et des effluents anthropiques, c'est pour cela qu'elle n'est pas potable pour l'utilisation humaine si elle ne subit aucun traitement nécessaire. Ces eaux sont très fragiles, c'est pour cette raison qu'elles doivent être protégées contre toute forme de pollution industrielle, urbaine et agricole (Boeglin, 2001 ; Bordet, 2007).

1.6. Les types des eaux de surface :

1.6.1. Les eaux vives :

Présente toute les eaux courantes et regroupe les sources, torrents, ruisseaux, rivières et fleuves. Ce sont des réseaux hydrographiques ouverts et vastes qui font des échanges réguliers avec les leurs chemins de parcours (**Genin et al, 2003**).

1.6.2. Les eaux calmes :

Correspondent en premiers lieu aux lacs, mares et étangs comme des milieux formés naturellement, aussi bien que les barrages comme des milieux artificiels. On se différencie l'un à l'autre par certains caractéristiques proprement identiques pour chacun de ces milieux : la superficie, la permanence de l'eau, la profondeur, l'ensoleillement et le réchauffement du fond (**Genin et al, 2003**).

- **Le lac :**

C'est une superficie d'eau qui est alimentée par différentes sources : les cours d'eau, les sources et les précipitations. Il est classifié en 3 niveaux trophiques :

- ✓ **Les lacs oligotrophes** : constituent les eaux pures de couleur transparente et caractérisé par la pauvreté en nutriments.
- ✓ **Les lacs mésotrophes** : contient une proportion moyenne de nutriments
- ✓ **Les lacs eutrophes** : riches en éléments nutritifs (**Touati, 2020**).

- **La mare :**

Est une zone humide contenant l'eau stagnante d'une façon temporaire ou permanente avec une petite profondeur d'un minimum de 2 m, ce qui permet le bon ensoleillement du fond et donc le développement des plantes aquatiques (**Bellanger et Moro, 2014**).

- **L'étang :**

C'est un plan d'eau « fermé » avec une taille intermédiaire entre le lac et la mare et qui contient de l'eau stagnante. Il est classé en deux partie : un étang naturel et un étang artificiel, ce dernier et nommé « un réservoir » (**Touchart, 2020**).

1.7. Paramètres de l'eau de surface :

1.7.1. Paramètres organoleptiques :

1.7.1.1. La couleur :

La coloration de l'eau de surface est à l'origine de présence des éléments colorés provenant de diverse source, notamment :

- ✚ Les substances minérales : plus précisément le fer et le manganèse, provenant de la nature.
- ✚ L'eutrophisation et la décomposition de matière organique.
- ✚ Des industries de teinture et de textile.

Cette coloration est un signe indésirable qui mène à avoir une eau non potable, donc il est nécessaire de mettre en place des techniques de traitement d'élimination de ces substances de coloration pour assurer sa potabilité (**Bidi et Djidja, 2020**).

1.7.1.2.L'odeur :

L'odeur peut être définie comme l'ensemble des sensations captées par l'organe olfactif à partir de sentir certaines substances volatiles, chaque substance provoque une sensation différente. L'odeur d'une eau c'est l'indice de la présence d'une pollution ou la décomposition de matière organique (**Rodier, 2005**).

1.7.1.3.Goût et saveur :

Le goût regroupe l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique qui déclenche lors de présence de boisson dans la bouche.

La saveur regroupe l'ensemble des sensations perçues lorsque les bourgeons gustatifs sont stimulés par une substance soluble (**Rodier, 2005**).

1.7.2. Paramètres physicochimique :

1.7.2.1. pH (Potentiel d'hydrogène) :

Le potentiel hydrogène est un paramètre de mesure de l'acidité de l'eau par la mesure de la concentration des ions d'hydrogène (H^+ et présente un indicateur de pollution des eaux naturelles. Il a une échelle comprise entre 0 (eau très acide) à 14 (eau très alcaline). Par contre 7 c'est la valeur normale de la plupart des eaux de surface. L'eau acide (avec un pH faible) augmente le risque d'une contamination par les métaux sous forme ionique qui sont toxiques à tous les niveaux trophiques. En outre l'eau très basique (avec un pH élevé) provoque une contamination par l'ammoniac qui est toxique surtout pour les poissons. Généralement la valeur normale de pH des eaux de surface s'étend entre 6 et 8 pour les eaux non contaminées (**Villers et al, 2005 ; M.D.D.E.P, 2006**).

1.7.2.2. Température :

La température de l'eau joue un rôle fondamental dans la solubilité des sels et des gaz notamment l'oxygène qui est responsable de l'existence des écosystèmes aquatiques en générale et aide à les équilibrer. En outre la température des eaux superficielles est influencée par la température ambiante, et cela est dû à sa source moins profonde, mais aussi par les rejets résiduaire de natures chaudes ce qui conduit à un changement de température de plus de 3 degrés et donc l'apparition des effets néfastes pour la vie aquatique (**Villers et al, 2005**).

1.7.2.3.Conductivité électrique :

La conductivité électrique d'une eau (CE) est l'opposé de la résistivité électrique (ρ). Elle est utilisée pour exprimer numériquement le pouvoir qu'avoir une solution à conduire le courant électrique à partir d'une colonne d'eau contenant deux électrodes métalliques de 1 cm^2 de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm.

Sa mesure est exprimée en $\mu\text{S}/\text{cm}$. Il existe une relation entre la teneur en sels dissous d'une eau et sa conductivité. Le **tableau (3)** présente quelques indications sur la relation existant entre la minéralisation et la conductivité (**Rodier et al, 2009**).

Tableau 3 : La relation entre la minéralisation et la conductivité (Rodier, 2009).

Conductivité	Minéralisation
CE < 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisation très faible
100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ < conductivité < 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisation faible
200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ < conductivité < 333 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisation moyenne
333 $\mu\text{S}/\text{cm}$ < conductivité < 666 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisation moyenne accentuée
666 $\mu\text{S}/\text{cm}$ < conductivité < 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisation importante
Conductivité > 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisation élevée

1.7.2.4.Salinité :

La salinité désigne la concentration des sels minéraux dissous dans l'eau (Chlorure de Sodium, Chlorure de Magnésium, Sulfate de Magnésium, etc.) et elle est variable d'un endroit à un autre. Elle est exprimée soit par la valeur de conductivité électrique (CE) soit par les résidus secs (RS) (**Hider, 2019**).

1.7.2.5.Potentiel redox (Eh) :

C'est les états d'oxydation des éléments dans l'eau telle que : H, C, N, O, S, Fe...etc., dont l'oxydation domine dans une eau bien oxygénée. Par contre, la réduction du potentiel redox qui domine dans une eau moins oxygénée. Généralement l'évolution du potentiel redox permet le suivie de degrés de changement des écosystèmes d'eau naturelle. La mesure du Eh est en mV (**Villers et al, 2005**).

1.7.2.6.Oxygène dissous :

L'oxygène dissous est un paramètre important pour la vie aquatique. Son origine concernant l'eau de surface, c'est l'atmosphère en plus de l'activité photosynthétique des algues et des plantes aquatiques. Sa variation en concentration varie quotidiennement et selon les saisons à cause de différents facteurs comme la pression atmosphérique, la température de l'eau, l'agitation de l'eau, la salinité, la pénétration de la lumière, et la concentration des nutriments. L'impact des activités des organismes aquatiques ainsi que la décomposition de matière organique peut conduire à un appauvrissement de l'oxygène dans l'écosystème (l'anaérobie). (**Beaupoil et Bornens, 1997**).

1.7.3. Paramètres de minéralisation globale :

1.7.3.1. Dureté totale (TH) :

La dureté (ou titre hydrotimétrique) est un paramètre correspondant aux concentrations des cations métalliques dans l'eau, majoritairement les ions de calcium (Ca^{2+}) et les ions de magnésium (Mg^{2+}) sont responsables (**Anonyme, 2020**). La dureté se détermine en fonction de valeur de TH_t :

- Entre 00 et 10°F= eau très douce.
- Entre 10° et 20°F= eau moyennement douce.
- Entre 20° et 30°F= eau dure.
- >30°F= eau très dure (**Si Abderahmane, 2016**).

$1^\circ F = 10 \text{ mg CaCO}_3 \text{ g/l} = 0,2 \text{ meq/l} = 0,56^\circ A$

Tableau 4 : Qualité de l'eau en fonction de la valeur de TH (**ADE, 2005**)

Eau	Eau douce	Eau calcaire	Eau dure
TH (°F)	0 à 15	15 à 25	Au-delà de 25

1.7.3.2. Calcium (Ca^{2+}) :

Le calcium est généralement résultant de la dissolution des calcaires et des marnes, mais son excédent revient aussi à la dissolution du gypse. La teneur en pH et en CO_2 est un facteur limitant la dissolution du calcaire. Dans l'eau, le calcium est considéré comme un élément significatif de la dureté, et sa teneur normale dans l'eau potable est comprise entre 100 et 140 mg/l (**Saidi, 2014**).

1.7.3.3. Magnésium Mg^{2+} :

Le magnésium est classé au huitième rang du tableau périodique parmi les éléments les plus répandus dans la nature et il occupe 2,5% de la masse de croûte terrestre. Il est d'origine des carbonates de magnésium des roches sédimentaires et des minéraux ferromagnésiens des roches ignées. Le magnésium est l'un des éléments essentiels de la dureté en plus du calcium (**Reggam, 2015**).

1.7.3.4. Chlorure (Cl^-) :

Le chlorure est considéré comme un sel mobile et non toxique largement présent dans l'eau, il est d'origine géologique (argile, marnes et calcaire dolomitiques), mais aussi peut être à l'origine d'une pollution organique due aux pesticides (organochlorés), les épandages massifs, les détergents et plus précisément aux rejets industriels. D'après l'OMS, le chlorure peut avoir des risques sanitaires s'il dépasse la limite de 200 mg/l (**Bouziani, 2000**).

1.7.3.5. Potassium (K⁺) :

Le potassium est un minéral rarement abondant dans l'eau et il est d'origine de l'altération des formations silicatées, de la dissolution des engrais chimiques (NPK) et de quelques rejets industriels (Rodier et al. 2005).

1.7.3.6. Sulfate (SO₄³⁻) :

Les sulfates existent déjà naturellement dans l'eau, ils sont apparentés aux cations majeurs tels que le calcium, le potassium et le sodium. Ils proviennent principalement d'une source naturelle (gypse, pyrite, volcan), aussi bien industrielle (industrie pétrolière, tannerie, papeterie, industrie textile) ainsi que les produits utilisés dans le traitement agricole. Les teneurs normales des sulfates dans les eaux naturelles varient de 5 à 200 mg/l (Gaujous, 1995).

1.7.3.7. Résidus secs :

Les résidus secs sont des indicateurs expriment le degré de minéralisation, et donne une idée générale concernant la teneur en substance dissoutes non volatiles (Mekaoussi, 2014)

Tableau 5 : Classification des eaux selon le résidu sec (Lounnas, 2008).

RC	<50 mg/l	50 à 500 mg/l	500 à 1500 mg/l	>1500 mg/l
Type de l'eau	Très faiblement minéralisé	Faiblement minéralisée	Moyennement minéralisée	Fortement minéralisée, dite « de cure »

1.7.4. Paramètres biologique indicateur de pollution :

1.7.4.1. La Demande Biochimique en Oxygène (DBO) :

C'est la quantité d'oxygène dissous consommée dans l'échantillon lors de l'oxydation des matières organiques par voie biochimique dans les conditions de l'essai. Généralement l'indicateur utilisé c'est la DBO₅ c'est la quantité d'oxygène nécessaire aux microorganismes décomposeurs pour dégrader et minéraliser la matière organique présente dans un litre d'eau polluée en 5 jours, elle est exprimée en mg/l d'O₂. L'analyse de ce paramètre est appliquée pour l'évaluation de la qualité des eaux brutes (Rodier et al, 2009 ; Bremond et Vuichard, 1973).

1.7.4.2. La Demande Chimique en Oxygène (DCO) :

La DCO c'est la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation des composés organiques existants dans l'eau par voie chimique sous l'effet d'un oxydant dans des conditions opératoires définies. L'analyse s'effectue par l'estimation des matières oxydables à l'origine organique ou minérale, et il est en fonction de leurs caractéristiques et de leurs proportions respectives et des possibilités de l'oxydation (Tardat, 1992).

1.7.4.3. Les phosphates (PO_4^{3-}) :

Dans l'eau de surface, les phosphates sont à l'origine de l'agriculture (les engrais et les pesticides proviennent de lessivage), aussi bien que les rejets domestiques et industriels. La quantité énorme du phosphate favorise le phénomène d'eutrophisation (développement des phytoplanctons) et donc l'accumulation des matières organiques et mènent à l'eau une odeur et un goût indésirable. La qualité de l'eau selon les phosphates est traduite dans le **tableau (6)** qui signale le problème des phosphates (**Degremont, 2005**).

Tableau 6 : Grille de la qualité des eaux en fonction du phosphate (ANRH, 2009).

Formes du phosphate	Situation normale	Pollution modérée	Pollution notable	Pollution importante
Valeurs PO_4^{3-}	$\leq 0,01$	0,01-0,1	0,1-3	> 3

1.7.4.4. Ammonium (NH_4^+) :

L'ammonium est parmi les deux formes de l'azote en plus de l'ammoniac (NH_3^+). Il est fréquent dans les eaux de surface et résulte de la décomposition de la matière organique végétale et animale de l'eau. L'ammonium se transforme, par l'oxydation bactérienne dans un milieu aérobie faible, en nitrites et nitrates. L'ammonium n'est pas nuisible en lui-même, mais l'augmentation du pH dans le milieu entraîne la présence d'un gaz soluble dans l'eau et toxiques pour la faune et la flore aquatique qui est « l'ammoniac », ce dernier est nuisible à une concentration de 0,1 mg/l (**Bremond et al. 1973 ; Villers et al. 2005**).

1.7.4.5. Nitrite (NO_2^-) :

Les nitrites représentent la forme intermédiaire entre l'ammonium (NH_4^+) et les nitrates (NO_3^-). Ce sont le résultat de la réduction des nitrates par les bactéries nitrifiantes (nitrosomonas) en consommant beaucoup d'oxygène, cette transformation s'appelle « la nitratisation ». Ils résultent aussi de l'oxydation incomplète de l'ammoniac des nitrates. Les nitrites sont toxiques pour les organismes aquatiques même à de très faible concentration et cette toxicité augmente en parallèle avec l'augmentation de température dans le milieu. Selon l'OMS les doses limites des nitrites dans l'eau de boisson ne doit pas dépasser 1 mg/l, mais concernant les pays de l'Union Européenne les valeurs doivent être inférieures à 0,1 mg/l (**Rodier et al, 2005 ; Bouziani, 2000**).

1.7.4.6. Nitrates (NO₃⁻) :

Les nitrates représentent la forme azotée finale résulte de l'oxydation de l'ammonium. Ce sont les principales composantes de l'azote inorganique (minéral). cette forme d'azote est la plus abondante dans les eaux naturelles. Pour que les eaux soient potables, les teneurs en nitrate doivent être sur les limites de 50 mg/l (OMS, 1970 ; Rodier, 2009).

1.7.4.7. Matière en suspension (MES) :

C'est la quantité de l'ensemble des particules organiques (MVS) ou minérale (MMS) non dissoutes de la pollution (matière non décantables et colloïdales). L'analyse de ce paramètre permet de déterminer le degré de pollution urbaine et industrielle (Metahri, 2012).

1.7.4.8. Matière organique (MO) :

La matière organique est un caractère fondamental des écosystèmes aquatiques. Elle est constituée d'un grand complexe des composés hétérogènes. La MO est naturelle (MON) lorsqu'elle provient des eaux naturelles, mais dans certains cas elle est d'origine anthropique lorsqu'elle provient des rejets urbains, industriels ou agricoles. Dans le milieu aquatique la matière organique prend deux formes :

- ✓ La matière organique d'origine autochtone : résultant naturellement dans le milieu aquatique par l'activité phytoplanctonique et microbienne.
- ✓ La matière organique d'origine allochtone ou terrestre : c'est à l'origine de lessivage des sols et la percolation des eaux dans les sols) (Rodier, 2009).

1.7.5. Les paramètres microbiologiques :

L'eau contient des microorganismes pathogènes qui peuvent nuire à la santé des consommateurs, ce sont des bactéries, des virus, des champignons, des protozoaires et même des algues qui se diffusent dans l'eau par la contamination de celui-ci par des matières fécales humaines et animales. La base de l'analyse bactériologique de l'eau de consommation c'est de mettre en évidence ces contaminations fécales en effectuant des tests soumis à l'eau de consommation à l'aide « des indicateurs de contaminations fécales » (Diallo, 2015).

1.7.5.1. Quelques germes indicateurs de pollutions de l'eau :

✚ Les coliformes :

Ce terme regroupe des espèces bactériennes convient à la famille de *Enterobacteriaceae*. Ces organismes en bâtonnets sont non sporogènes, avec Gram négatifs et oxydase négatifs, ils sont facultativement anaérobies et capables de croître en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface possèdent des activités inhibitrice de croissance similaires et capables de fermenter le lactose avec production d'acide et de l'aldéhyde en 48 heures, à des températures de 35 à 37°C (Rodier, 2009).

✚ Les coliformes fécaux :

Les coliformes fécaux ou « coliformes thermo-tolérants » sont des bactéries d'origine fécale qu'on retrouve dans le tube digestif de l'être humain et des animaux, considérés comme des bâtonnets à Gram négatif. Ils sont aérobies et facultativement anaérobies, non sporulants et capables de fermenter le lactose avec production de l'acide et de gaz à 36 et 44°C en moins de 24 heures. Le but de prouver l'existence ou pas des coliformes fécaux, c'est de prouver s'il y a une contamination fécale. Parmi les coliformes fécaux, on parle de l'*Escherichia coli* (Rodier et al, 1996).

- ***Escherichia coli*** : c'est des coliformes thermo tolérants qui produisent de l'indole à partir de tryptophane à 44°C pendant 24 heure, et ont des caractéristiques biochimiques propres à cette espèce ; oxydase négative, l'hydrolyse pas l'urée et présente les enzymes β β -galactosidase et la glucuronidase, et est considéré comme l'indicateur le plus précis de la contamination fécale récente et de présence éventuelle de micro-organismes pathogènes (Mekhloufi et Ouanoughi, 2017).

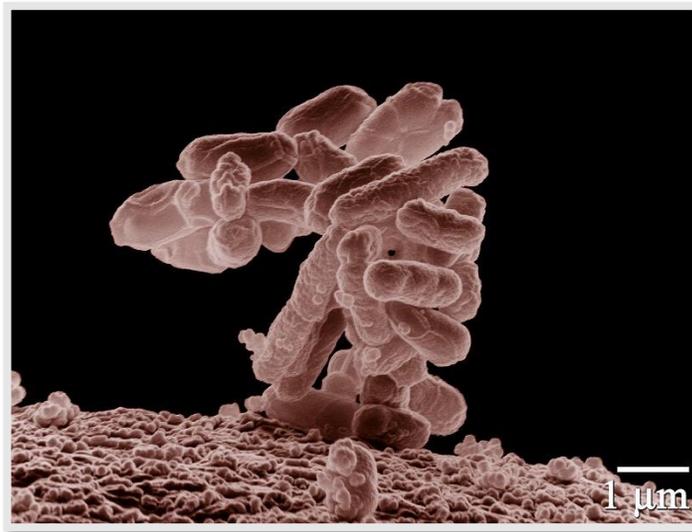


Fig. 3 : *Escherichia-coli* sous microscope électronique à G X 1000 (Avril J.L. et al. 2000).

✚ Les coliformes totaux :

Ces germes sont considérés comme des indicateurs historiques et donc la recherche est reliée avec celle des *E. coli* dans la norme (Rodier, 2009). Ces des bactéries coliformes qui se caractérisent par : bacilles Gram(-), leur capacité de développer en présence de sels biliaires ou d'agent tensio-actifs qui fermentent le lactose en produisant de l'acide, du gaz et de l'aldéhyde à $35,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$ pendant 24-48 heures, et qui peuvent présenter une activité enzyme β – galactosité. La plupart des bactéries coliformes appartiennent au genre *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* et *Enterobacter*... (Mekhloufi et Ouanoughi, 2017).

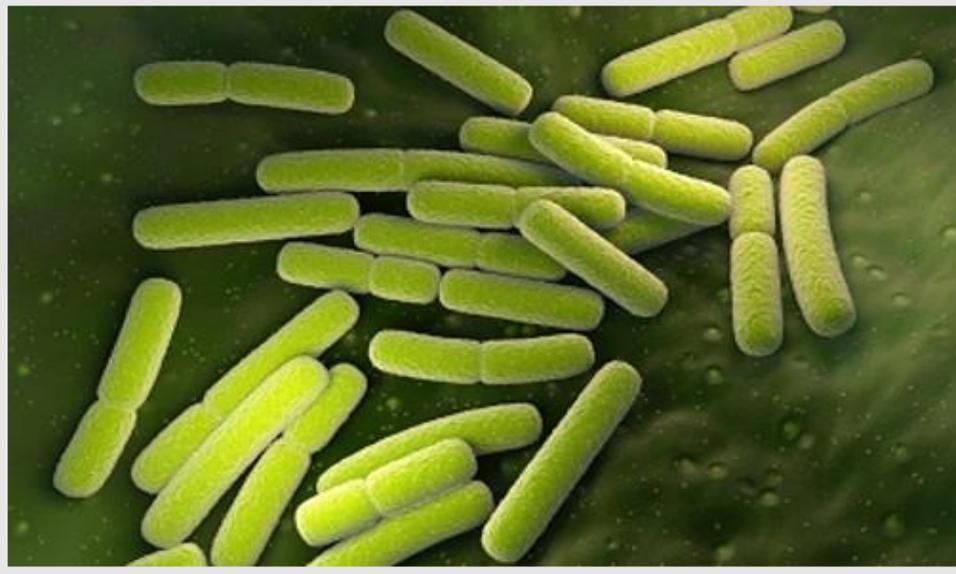


Fig. 4 : Coliformes totaux [1].

+ Les streptocoques fécaux :

Les streptocoques fécaux sont un sous-groupe de streptocoques, essentiellement d'origine humaine, mais certains peuvent être trouvés dans les fèces animales ou se rencontrent sur les végétaux. Ces bactéries sont des indicateurs de pollution fécale. La totalité des streptocoques possédant la substance « acide teichoïque » antigénique caractéristique du groupe D de Lancefield qui sont susceptibles de contaminer les eaux d'approvisionnement, on a essentiellement : *Enterococcus faecalis*, *E. faecium*, *E. durans*, *E. hirae*, *Streptococcus bovis*, *S. suis* et *S. equinus*. Les streptocoques fécaux sont caractérisés par Gram positifs, forment des chaînettes en milieu de culture liquide, catalase négative, capable d'hydrolyser l'esculine et de cultiver à 44°C (OMS, 2004 ; Rodier, 2009 ; Mekhloufi et Ouanoughi, 2017).

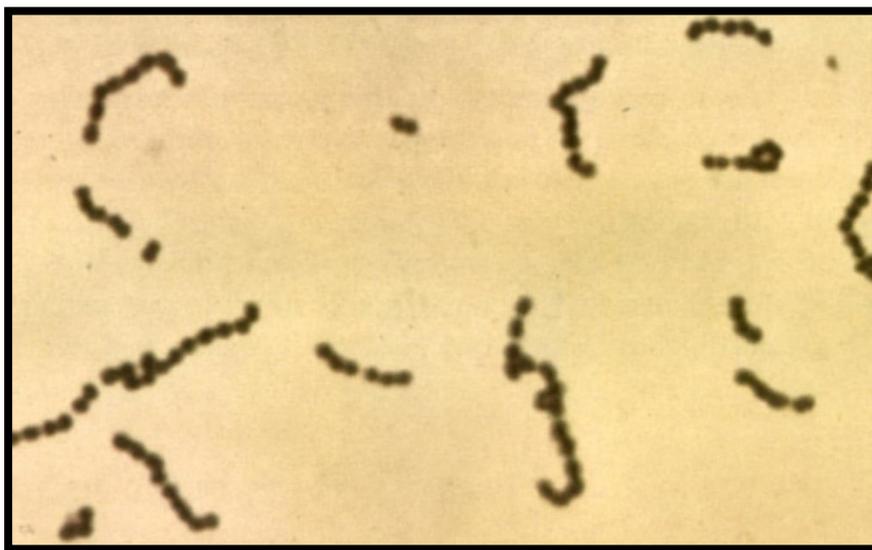


Fig. 5 : Streptocoques fécaux [2].

Tableau 7 : Normes algériennes et de l'OMS de la qualité microbiologique des eaux.

Paramètres	OMS (2017)	JORA (2014)
Coliformes totaux	0 UFC/100ml	0UFC/100ml
Coliformes fécaux (<i>E. coli</i>)	0UFC/100ml	0UFC/100ml
Streptocoque fécaux	0UFC/100ml	0UFC/100ml

1.8. Définition de la pollution :

C'est une modification défavorable du milieu naturelle dure aux actions anthropiques qui manifeste directement ou indirectement sur l'altération du flux d'énergie, du niveau de radiation, des composants physiques ou chimiques de l'écosystème et de l'abondance et la répartition des espèces vivantes. Ce déséquilibre peut affecter l'homme d'une façon directe ou indirecte à travers l'agriculture, les ressources en eau ou d'autres produits biologiques, ainsi elle peut l'affecter par la déformation de la nature et de ces objets physiques de divertissement qu'elle lui offre .La pollution des eaux superficielles représente un problème très inquiétant sur tous les niveaux environnementaux, elle est la cause majeure de la dégradation de la nature. En outre, l'eau peut être contaminée par de diverses substances solides qui doivent être mise en suspension et se transporter loin des zones émise, par conséquent ils affectent les organismes situés en aval (**Ramade, 2005 ; Ramade, 2011**).

1.9. Les modes de pollution :

1.9.1. Pollution ponctuelle :

La pollution ponctuelle est une altération par des polluants bien localisé qui peut affecter la qualité d'un écosystème aquatique ou d'une ressource en eau. La pollution ponctuelle est notamment résulté des rejets directs des polluants de type industriel ou domestique dans la cour d'eau, ces polluants sont facilement à repérés et quantifiés ainsi que la rapidité de leurs évaluation et contrôle (**Nguyen P. et al, 2018 ; Louafi et Chorfi, 2021**).

1.9.2. Pollution diffuses :

La pollution diffuse est une altération du milieu aquatique par l'émission répétée et durable de polluants réparties sur un territoire vaste ou par des diverses sources (**Louafi et Chorfi, 2021**).

La pollution diffuse à deux types d'origines différents :

- **Pollution diffuse d'origine atmosphérique** : provenant des émissions des industries et des transports qui sont transmis sur une distance étendu (certains kilomètres).

- **Pollution diffuse d'origine agricole** : provenant des engrais et des pesticides épandus sur de très grandes surfaces à proximité du sol

Les limites de potabilité des quantités épandues sont 50 mg/l pour les nitrates et 0,1mg/l pour les pesticides (Atteia, 2005).

1.10. La classification de la pollution selon l'origine de la pollution :

1.10.1. Pollution domestique :

C'est à l'origine des :

✓ **Polluants salins** : englobent le chlorure de sodium de génération des résines, échangeuses d'ions des adoucisseurs d'eau, des fers à repasser et des lave-vaisselle.

✓ **Polluants tensioactifs** : notamment les borates et poly phosphates des détergents

✓ **Polluants bactériologiques** : *Escherichia coli*, Entérocoques fécaux, coliformes fécaux et les coliformes totaux...

✓ **Polluants hormonaux** : pilule anticonceptionnelle...

✓ Matières en suspension organiques

✓ **Les déchets de bricolage** : solvants des peintures, huiles de vidange...

✓ **Les engrais et les pesticides qui sont ajoutés aux jardins privés à forte dose (Ramade, 2005).**

1.10.2. Pollution des eaux pluviales urbaines :

C'est le résultat des eaux de surfaces imperméabilisées, des résidus de traitement de la pollution domestique collectée et les résidus de traitement des ordures ménagères (les mâchefers et les REFIOM qui sont facilement lixiviables). A la période de sécheresse, les pluies lessives les polluants résultants de la partie brûlée des fiouls domestiques collectés sur les toits et les voiries des hydrocarbures (lubrifiants), des matières en suspension (poussières de plaquettes de freins et de disques d'embrayage), des métaux lourds (zinc des peintures, plomb...) et du sel formé lors de période de gel. Par conséquent, ces polluants arrivent au sol et pénètrent dans les pores et font leur chemin vers les nappes phréatiques et les eaux de surface à proximité (Ramade, 2005).

1.10.3. Pollution industriel :

Les industries rejettent des divers produits insolubles ou insolubles sous forme minérales ou organique à caractère plus ou moins biodégradable et dans des plusieurs cas toxique même à de très faible concentration, ce qui mène à des dégâts au niveau des nappes phréatiques et des eaux de surface. La pollution industrielle comprend : les effluents liquides, les fuites de stockage ou de canalisation et les résidus solides qui ont été utilisés comme remblais dans le passé (Ramade, 2005 ; Fatmia, 2020 ;).

1.10.4. Pollution agricole :

L'agriculture est souvent le secteur dans lequel l'homme utilise l'eau en abondance, par conséquent ces eaux transportent des divers polluants de plusieurs natures :

- ✓ L'arrivage des nitrates et phosphates, utilisée comme engrais, dans les eaux de surface.
- ✓ Le sulfate de cuivre et les composés arsenicaux destinés à la protection des vignes en région viticole.
- ✓ Les produits phytosanitaires (pesticides chlorés ou phosphorés, les herbicides et les insecticides) (**Richards et Hunt, 1982**).

1.10.5. Pollution naturelle :

La pollution naturelle est une contamination du milieu par des concentrations anormales des métaux lourds résultants des phénomènes naturelle telle que l'éruption volcanique, l'épanchement sous-marin d'hydrocarbures, ou l'entraînement de l'eau en contact avec des gisements minéraux et les effets de dissolution ou d'érosion (**Carnevale et al, 2006**).

1.11. La classification de la pollution selon le polluant :

1.11.1. Pollution chimique :

C'est la pollution la plus répandue et s'agit de la contamination de l'eau par les substances chimiques minérales et organiques dissous ainsi que les micros polluants. Elle résulte essentiellement du déversement, direct ou indirect, des polluants organiques et sels de métaux lourds dans le milieu par les activités industrielles et agricoles (**Gérin et al, 2003**).

1.11.2. Pollution physique :

On appelle une pollution physique une modification de la structure physique d'un milieu pollué par plusieurs facteurs, elle regroupe la pollution thermique, la pollution radioactive et la pollution mécanique (**Merouani et Bouguedah, 2013**).

➤ Pollution thermique :

Une pollution thermique signifie l'augmentation ou la diminution de la température normale de par l'activité anthropique et qui mène à une perturbation de la vie aquatique. Elle est considérée comme une pollution diffuse qui n'est pas visible et donc le danger est incontournable. Les principales sources de cette pollution sont les rejets d'eaux chaudes (provenant des systèmes de refroidissement), les centrales électriques classiques ou nucléaires (**Pesson, 1980**).

Le changement de la température provoque des effets avérés, d'une part l'abaissement important de température entraîne un ralentissement de la majorité des réactions chimiques vitales voire les arrêter. Or, l'augmentation de température peut causer la mort de diverses espèces, en outre cette augmentation peut favoriser le développement d'autres espèces par conséquent un déséquilibre écologique se passe (**Mizi, 2006**).

➤ **Pollution radioactive :**

C'est une pollution causée par la radioactivité artificielle des rejets à l'origine de l'utilisation de l'énergie nucléaire dans les installations et centrales d'exploitation de mine d'uranium et dans le traitement des déchets radioactifs. Cette radioactivité s'intègre dans les molécules des organismes vivants, outre leur sensibilité aux rayonnements s'augmente avec l'élévation dans la chaîne trophique La pollution radioactive a le potentiel de provoquer un danger pour la santé de l'homme et des détériorations aux ressources biologiques, aux écosystèmes ou aux biens matériels (**Ben Mehrzaz et Louelh, 2016 ; Kadi, 2017**).

➤ **Pollution mécanique :**

La pollution mécanique est due aux décharges de déchets et de particules solides apportés par les eaux résiduaires industrielles (ERI) et les eaux de ruissellement. Les polluants mécaniques sont les éléments grossier, le sable ou bien les matières en suspension MES (**Himmi et Brahimi, 2022**).

1.11.3. Pollution microbiologique :

La pollution organique est une contamination engendrée par la présence des microorganismes pathogènes (virus, bactéries, parasites), ce qui présente un danger pour la santé humaine ou animale (**Ramade, 2005**).

1.12. Les maladies à transmission hydriques :

Ces des maladies résultant de l'ingestion ou le contact avec des eaux contaminées et transmettrices des bactéries, des virus et des parasites qui mène à des complications et des pathologies très sérieuses et possible d'êtres mortelles à certains degrés. (**Ombala R, 2013**).

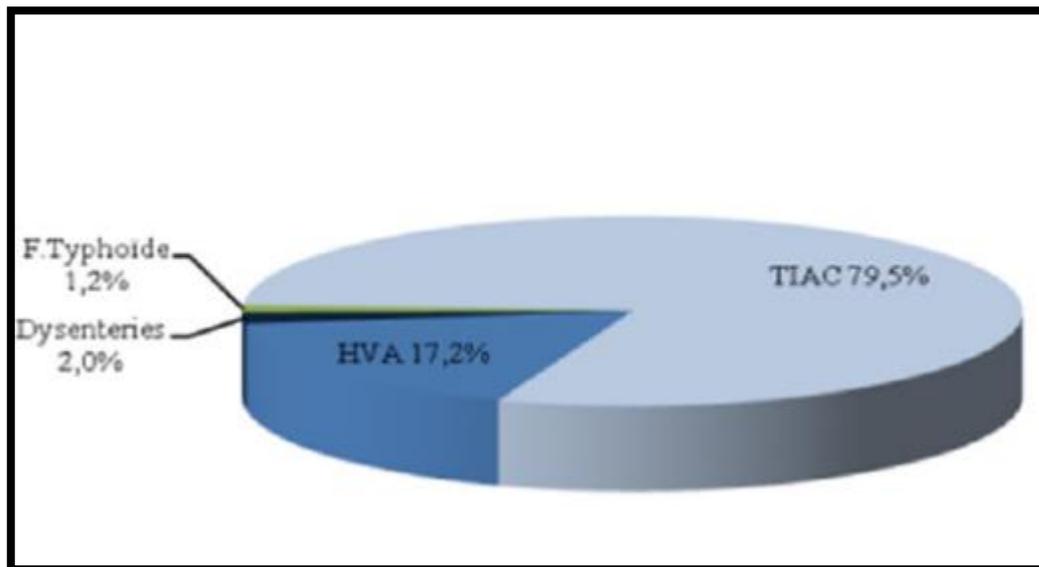


Fig. 6 : Répartition des maladies à transmission hydrique année 2015 en Algérie (**Kherifi et Bekiri, 2016**)

1.12.1. Les maladies d'origine bactérienne :

Les maladies d'origine bactérienne son résumé dans le **tableau (8)** suivant :

Tableau 8 : Principales maladies d'origine bactériennes (**Bidi et DjiDja, 2020**).

Maladies	Agents responsables	Manifestation	Contamination	Référence
Choléra	<i>Vibrio cholerae</i>	-Diarrhée -vomissement -déshydratation -anurie -crampes musculaires	Voie digestive à partir d'eau contaminée par des matières fécales	Villaginès, 2003
Fièvre typhoïde et paratyphoïde	<i>Salmonella typhi</i> et <i>salmonella paratyphi A</i>	-Fièvre, céphalées -diarrhées -douleurs abdominales -hémorragies intestinales -collapsus cardiovasculaire -atteintes hépatiques respiratoires et neurologiques.	Voie digestive à partir d'eau contaminée par des matières fécales	Villaginès, 2003
La légionellose	<i>Légionella</i>	-pneumonie aiguë -toux avec fièvre modérée -myalgies -anorexie -céphalées.	L'installation qui favorise la multiplication des légionnelles dans l'eau avec une T° avoisinant 37°C suivie d'une aérosolisation.	Villaginès, 2010

1.12.2. Les maladies d'origine parasitaire :

Les maladies d'origine parasitaire sont résumées dans le **tableau (9)** suivant :

Tableau 9 : Principale maladies d'origine virale (Bidi et Djidja, 2020).

Maladies	Agents infectieux	Manifestation	Contamination	Référence
Hépatite Infectieuse	Virus de l'hépatite A	-fièvre -sensation de malaise -perte d'appétit -diarrhée -urines foncées	Voie digestive	OMS, 2008
Gastro-entérites Virales	Rotavirus virus de Norwalk Asrtovirus	-nausées -vomissement -douleurs abdominales -diarrhée -fièvre.	Voie digestive	Schwartzbord, 2000

1.12.3. Les maladies d'origine parasitaire :

Les maladies d'origine parasitaire sont résumées dans le **tableau (10)** suivant :

Tableau 10 : Principales maladies d'origine parasitaire (Bidi et Djidja, 2020).

Maladies	Agents infectieux	Manifestation	Contamination	Références
Giardiase	Giardia intestinalis anciennement Giardia Lamblia	-Crampes d'estomac -ballonnement -flatulences -perte de poids -fatigue	Ingestion des kystes	Villaginès, 2003
Dysenterie Amibienne	<i>Entamoeba histolytica</i>	- crampes -Diarrhée hémorragique -douleurs abdominales	Ingestion des kystes	Aubry, 2006

Chapitre 2

Matériel et méthodes

Chapitre 2 : Matériel et méthodes

2.1. Présentation de la zone d'étude :

2.1.1. Situation géographique de la zone d'étude :

La région du Nord-Est algérien fait partie du pays de l'Algérie. Elle est limitée au Nord par la mer méditerranéenne, au Sud par la région Nord-Est du Sahara algérien, à l'Est par la Tunisie et à l'Ouest par la région Nord-Ouest algérien. Elle est comprise entre 5° et 9°E de longitude et 35° et 37°N de latitude. La région occupe une superficie de 43796 km² de la superficie totale de l'Algérie (**Abdeddaim et Benkhaled, 2016**).

2.1.2. Réseau hydrographique :

La région hydrographique du Nord-Est de l'Algérie est limitée au Nord par la mer méditerranée, au sud par le bassin du Sahara, à l'ouest par la région hydrographique de l'Algérois-Hodna-Soummam et à l'est par la frontière Tunisienne. Cette région comprend 43 sous bassins versants (**fig.7**) qui composent les cinq grands bassins versant suivant :

- ✓ Bassin versant (03) : bassin des côtiers constantinois subdivisé en 18 sous bassins versants.
- ✓ Bassin versant (07) : bassin des hauts plateaux constantinois ; subdivisé en 07 sous bassins versants.
- ✓ Bassin versant (10) : bassin du Kebir Rhumel subdivisé en 07 sous bassins versants.
- ✓ Bassin versant (12) : bassin de la Medjerda ; subdivisé en 05 sous bassins versants.
- ✓ Bassin versant (14) : bassin de Seybousse ; subdivisé en 06 sous bassins versants (**Abdeddaim et Benkhaled, 2016**).

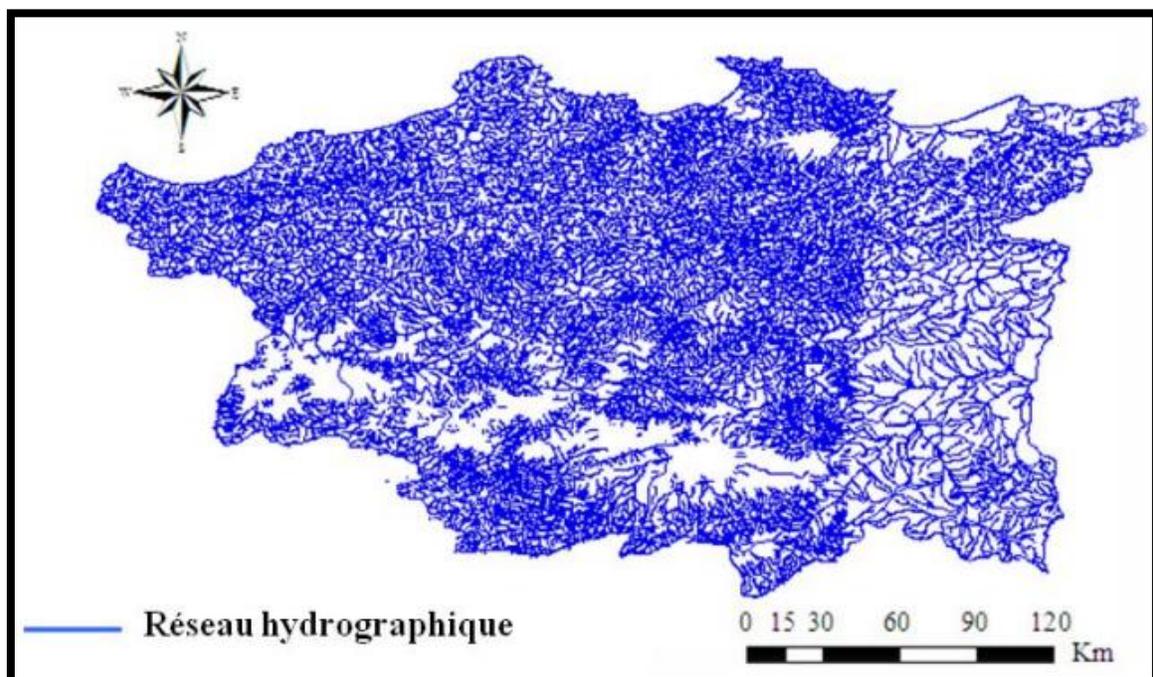


Fig. 7 : Carte hydrographique de la région Nord-Est algérien (Abdeddaim et Benkhaled, 2016).

2.1.3. Relief :

D'après les cartes altimétriques et les cartes des pentes établis par la direction générale des forêts en 2010 (fig.8 et fig.9), le relief est répartie en quatre zones, et les pentes sont divisé en quatre classé comme suit (Abdeddaim et Benkhaled, 2016) :

✚ Les zones (fig.8) :

- Zone à faible altitude (0-400 m);
- Zone à moyenne altitude (400-800 m);
- Zone à altitude élevée (800-1200 m);
- Zone à altitude très élevée.

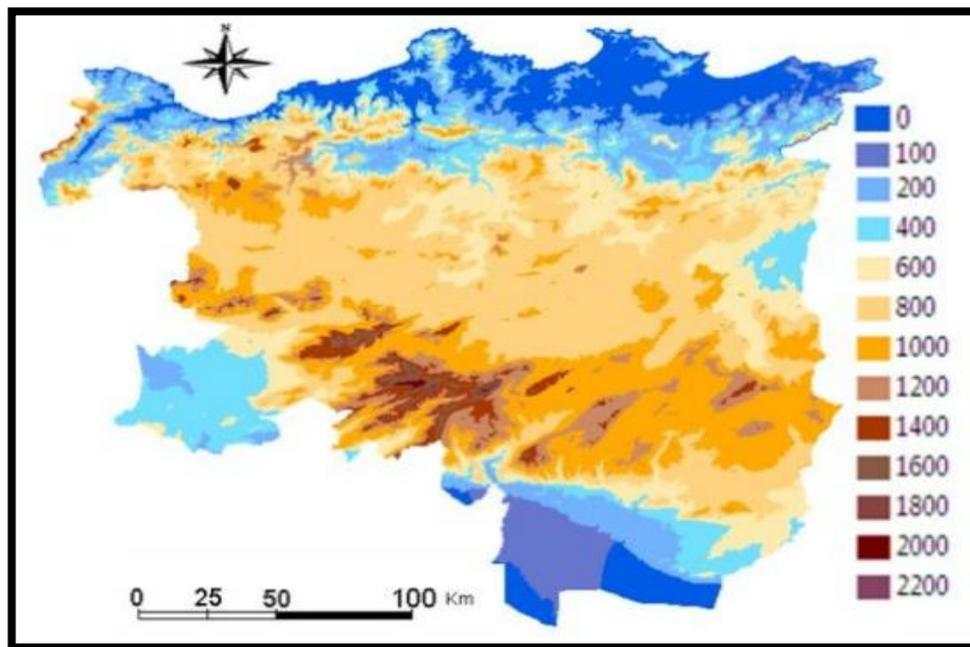


Fig. 8 : Carte Altmétrique (Abdeddaim et Benkhaled, 2016).

✚ Les classes (fig.9) :

- Classe 1 : $0\% \leq \text{Pente} \leq 5\%$;
- Classe 2 : $5\% \leq \text{Pente} \leq 15$;
- Classe 3 : $15\% \leq \text{Pente} \leq 35\%$;
- Classe 4 : $\text{Pente} > 35\%$.

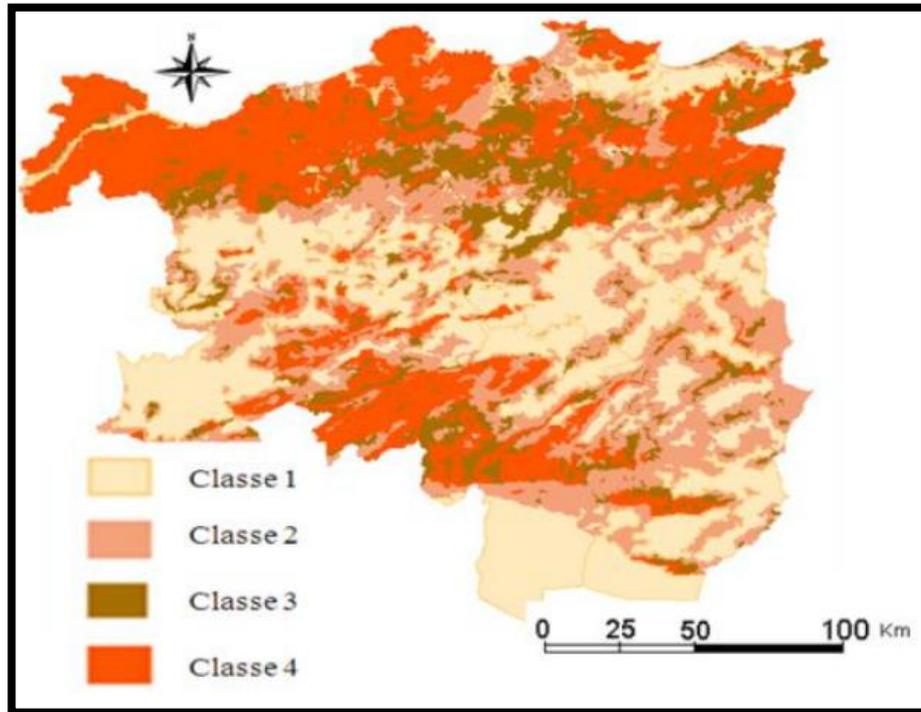


Fig. 9 : Carte des pentes (Abdeddaim et Benkhaled, 2016).

2.1.4. Climat :

Le climat de la région Nord-Est algérien englobe les deux types : méditerranéen au Nord de la région, et continentale au Sud de la région, qui sont caractérisés par des étés chauds et secs et des hivers humide et frais [3].

2.1.5. Précipitation :

La région du Nord-Est algérien est considérée comme la plus pluvieuse par rapport à d'autres régions du pays, où il est remarqué des pluies à partir de 1000 mm et plus au niveau de la bande côtière Ouest (figure 10). En outre, les précipitations sont comprises entre 9600 et 800 mm au niveau de la chaîne intérieur de l'Atlas Tellien. En revanche, les hauts plateaux en une précipitation qui ne dépasse pas 500 mm sauf les massifs des Aurès où la pluviométrie arrive à 900 mm, tandis que les pluies sont rares au plateau Saharien et ils sont estimés à 100 mm (**fig.10**) (Abdeddaim et Benkhaled, 2016).

Malheureusement, les quelques derniers mois l'Algérie a subi un changement assez perceptibles concernant les précipitations puisqu'elle est passée par une période de sécheresse entre janvier et mai, c'est pour cela les précipitations ont diminué de plus de 30% au total [4].

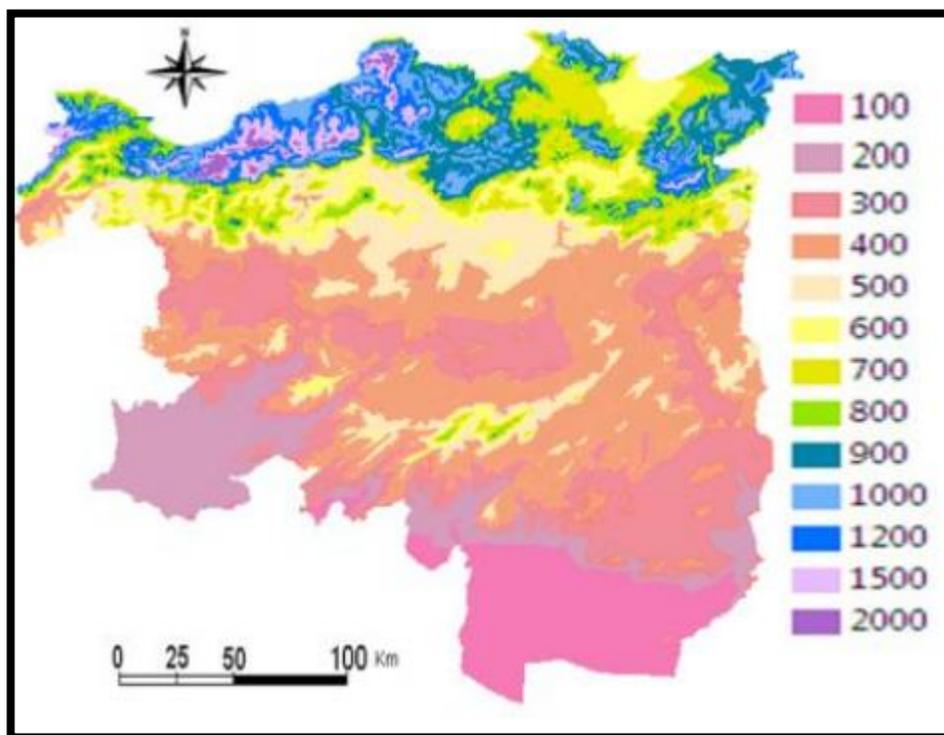


Fig.10 : Carte des précipitations (Abdeddaim et Benkhaled, 2016).

2.1.6. La température :

La région Nord-Est algérien est caractérisée par une variation remarquable de la température moyenne saisonnière qui varie entre 10°C en hiver et 24,52 °C en été. En outre, la moyenne annuelle est dans les limites de 17,06 °C (**Benameur et Bentoumi, 2020**).

2.1.7. L'humidité :

L'humidité du Nord-Est algérien est plus élevée en hiver qu'en été, sachant que le taux moyen annuel d'humidité est de 70%. elle a été déterminé par le calcul du quotidien pluviométrique d'Emberger qui combine les précipitations et la température afin d'identifier le rythme climatique méditerranéenne qui domine sur la région Nord-Est algérien. Ce quotidien d'Emberger définit quatre grandes régions bioclimatiques méditerranéennes caractérisant la région du Nord-Est algérien :

- Région humide : c'est une région littorale qui est caractérisée par une pluviométrie très élevée qui dépasse les 900 mm, et une forte humidité de l'air. elle domine quatre région ; Jijel, le Sud-Est de Skikda et le Nord-Est de Annaba et Souk-Ahras
- Région subhumide : elle est aussi une région littorale et caractérisé par une pluviométrie supérieure à 600 mm et une humidité moyenne.

- Région semi-aride : localisée au niveau des bassins intérieurs du Tell (Mila-Ferdjiousa) est caractérisés par une pluviométrie entre 300 et 600 mm et une humidité faible par rapport à la région subhumide. Elle domine la région de Guelma en plus des hautes plaines qui prolongent vers le sud.
- Région subaride : elle est caractérisée par une pluviométrie faible de moins de 350 mm et un manque d'humidité. Elle s'étend le long de la bande de l'Aurès et de Nememcha, cette bande ne comprend pas Hodna (fig11) (Farah, 2014).

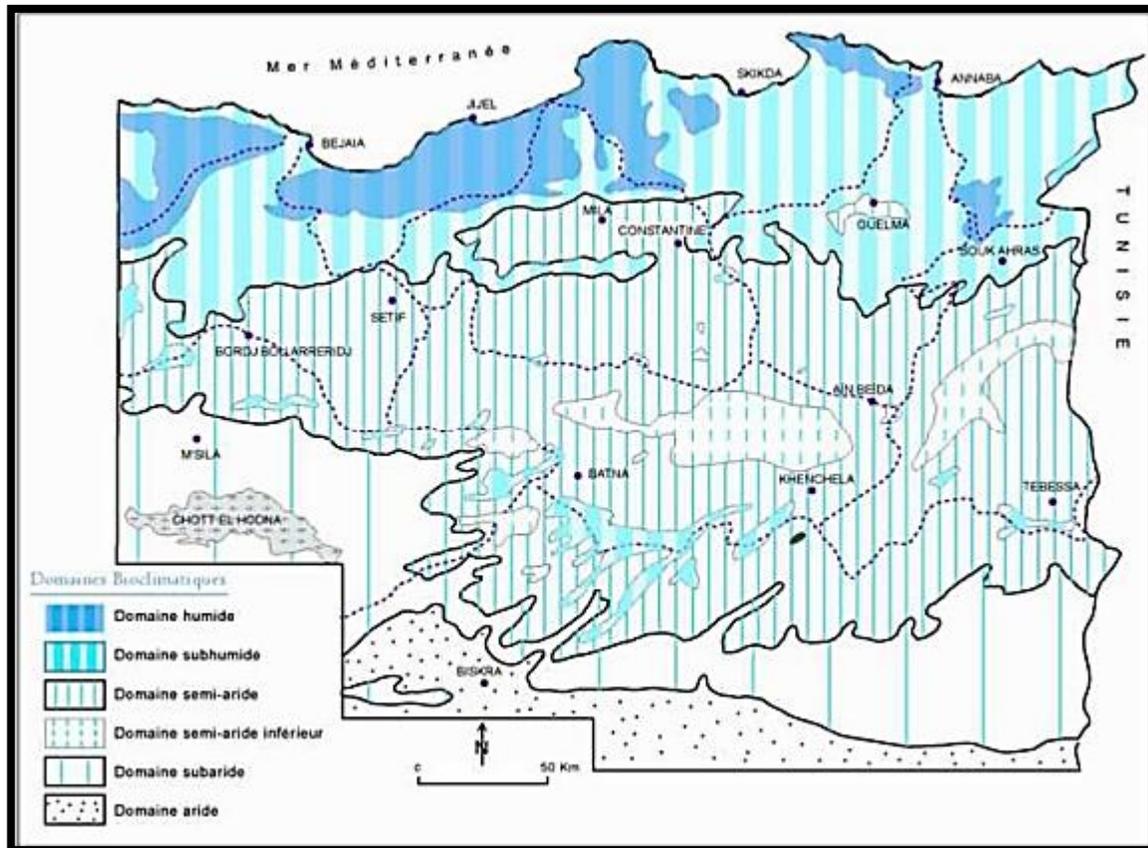


Fig.11 : Carte des zones bioclimatiques du Nord-Est algérien (Farah, 2014).

2.1.8. Le vent :

Le vent joue un rôle fondamental dans le transport, la propagation et la dissémination des polluants de différentes tailles étant donné sa direction et sa force. Les vents dominants dans la région Nord-Est algérien sont ceux du Nord- Ouest avec une vitesse assez constante au cours de l'année, entre 1.9 et 2.5 m/s, avec un maximum en hiver et un minimum en été, et du Nord-Est (Barkat, 2020 ; Benameur et Bentoumi, 2020).

2.1.9. Végétation :

La végétation de la région du Nord-Est algérien est méditerranéenne et continentale comme le climat, outre les grandes divisions botaniques sont déterminées par le climat de la région. La région du Nord-Est algérien est caractérisé par une période de l'arrosage suffisante, et une température équilibrée, c'est-à-dire

les conditions sont favorables et idéale pour le développement des végétaux qui dominent la région, notamment les arbres et les arbustes xérophiles (sclérophylles) qui sont caractérisés par des feuilles épaisses et coriace avec un vert claire, généralement : le pin d'Alep, l'olivier, le lentisque, le palmier-nain, lambeaux de forêts de chêne vert et la brousse de jujubier (**fig.12**) (**Bernard et De Flotte, 1925**).

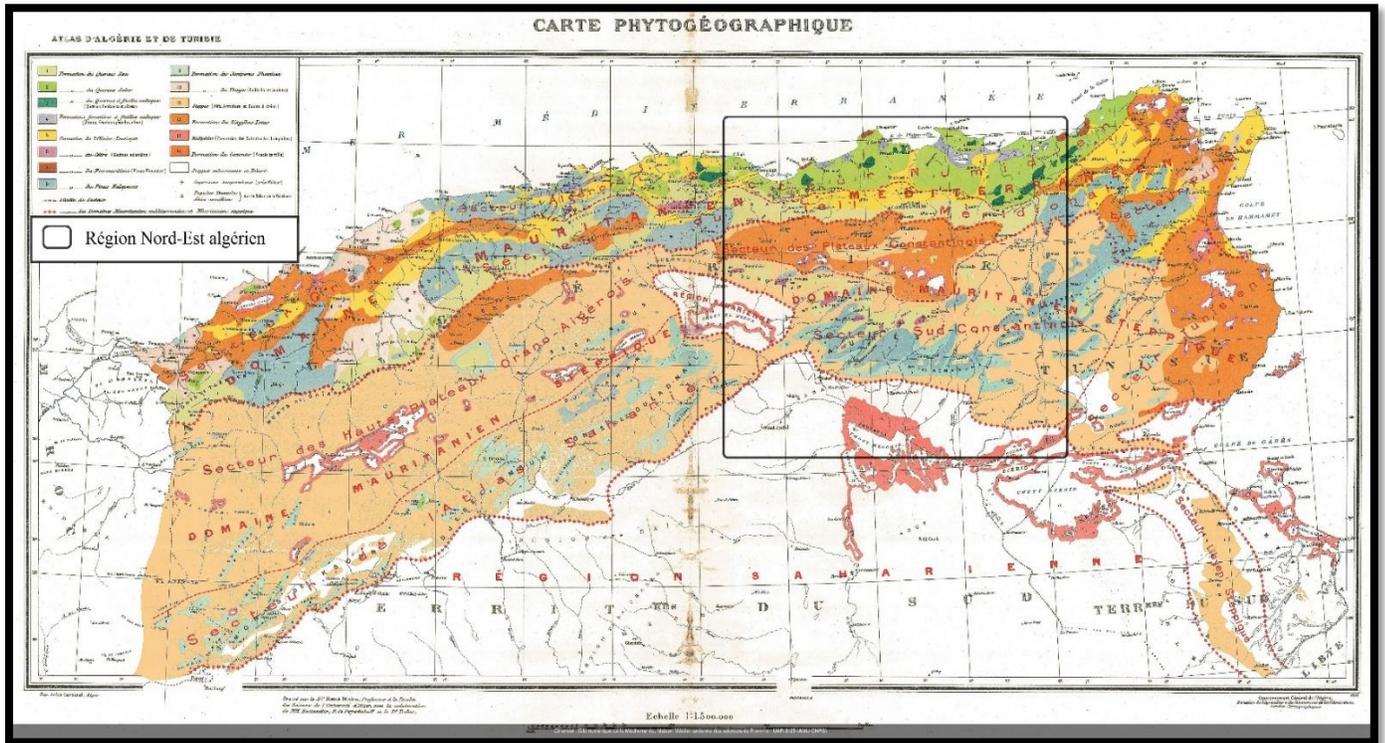


Fig.12 : Carte phytogéographique de l'Algérie et la Tunisie en précisant la région Nord-Est algérien (Bernard et De Flotte, 1925).

2.2. Présentation du lieu de stage (l'ANRH) :

L'agence nationale des ressources hydrauliques et un établissement de nature public administratif présente des prestations de service scientifique et technique. Elle est supervisée par le ministère chargé des ressources en eaux, et son bureau principal situé à Alger.

Ca mission de base est d'appliquer les plans d'inventaire des ressources en eaux et en sols irrigables du pays selon les buts du plan national du développement et dans les conditions définies par l'autorité de contrôle (**ANRH, 2019**).

2.2.1. Les missions de l'agence :

Elle sert à :

- Collecter, traiter et mettre des mises à jour des informations qui correspondent aux ressources en eau et en sols.
- Prospector et évaluer les ressources en eaux et en sol.

- Suivre quantitativement et qualitativement la ressource.
- Par conséquent elle arrive à bien préserver, sauvegarder et protéger la ressource contre toute forme de dégradation (ANRH, 2019).

2.2.2. Les outils de l'agence :

Afin de réaliser ces missions, l'agence a développé des outils de mesure, de prospection, d'analyse et d'expérimentation. Elle dispose :

- **D'un réseau d'observation hydro climatologique (fig.13).**
- **D'un réseau de surveillance de la qualité de l'eau.**
- **D'un réseau piézométrique pour le suivi des nappes.**
- **De sept laboratoires d'analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux et sols**

Ces réseaux alimentent les banques de données sur les différents paramètres mesurés et observés (ANRH, 2019).

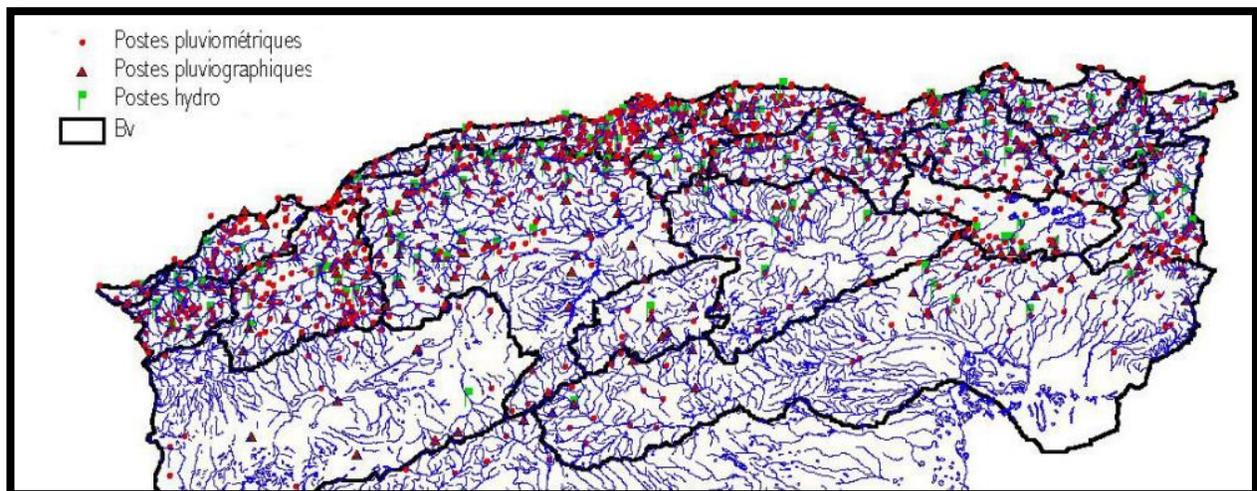


Fig. 13 : Réseau hydro-climatologique national [5]

2.2.3. Direction des laboratoires, de la qualité et de l'informatique :

➤ Département de chimie des eaux :

L'agence ANRH dispose de 07 laboratoires opérationnels, parmi eux il y a 04 équipée par des matériels modernes pour prévenir les pollutions accidentelles possibles.

Le département est spécialisé à la gestion et le suivi de la qualité des réseaux d'eaux superficielles et souterraines à travers des analyses spéciales, notamment : les analyses fondamentales et complémentaires, analyses des micropolluants organiques et inorganiques (hydrocarbures et pesticides), analyses bactériologiques, analyses hydro biologiques. En outre, les données obtenues servent à collecter et archiver.

➤ **Département de chimie des sols :**

Ces services se présentent dans la gestion et le suivi de la qualité des sols du pays en utilisant d'abord des techniques de préparation du sol étudié (séchage, tamisage, agitation... etc.), ensuite des analyses physiques, chimique et spéciales (métaux lourds) sont effectuées.

➤ **Département de l'informatique :**

C'est à travers ce département se passe la gestion et la réalisation des banques de données de l'agence. On notant quelques services du département :

- La maintenance et l'exploitation des équipements informatiques
- La gestion du fond documentaire et des archives de l'agence
- La mise en place d'un système de diffusion de l'information technique de l'agence.
- La réalisation et la gestion de la banque de données relative aux ressources en eaux et en sols (**ANRH, 2019**).

2.3. Présentation des sites d'étude :

2.3.1. Les barrages étudiés :

On a effectué notre étude sur 10 barrages de la région Nord-Est algérienne comme suit :

- Barrage Koudiat M'daouar : wilaya de Batna ;
- Barrage Beni Haroun : wilaya de Mila ;
- Barrage Oued Charef : wilaya d'Oum Bouaghi ;
- Barrage Bougous : wilaya d'El Taref ;
- Barrage Ain Dalia : wilaya de Souk-Ahras ;
- Barrage Oued Kissir : wilaya de Jijel ;
- Barrage Babar : wilaya de Khenchla ;
- Barrage Oued Athmania : wilaya de Mila ;
- Barrage Guenitra : wilaya de Skikda ;
- Barrage Zit Emba : wilaya de Skikda.

🚧 Barrage Koudiat M'daouar (wilaya de Batna) :

Le barrage de Koudiat M'daour est situé à 35 km de Batna et à 7 km au Nord-Est du site historique de Timgad, au Nord-Est algérien. Il fait partie du grand transfert du barrage de Beni Haroun. Le barrage est destiné à :

- L'alimentation en eau potable et industrielle des villes de Tazoult, Arris, Khenchla et Kais ;
- L'irrigation des terres agricoles dans les plaines de Batna et de Chemora (**Bennamour et Boumazbar, 2018**).

✚ Barrage Beni Haroun (wilaya de Mila) :

Le Barrage de Beni Haroun est situé à environ 40 kilomètre au nord de la wilaya de constantine et à 350 kilomètre à l'Est d'Alger sur l'Oued Kébir dans la région Nord-Est algérien. Le barrage sert à transférer l'eau vers six wilayas : Batna, Khenchla, Mila, Oum El Bouaghi, Constantine et Jijel. Il est destiné :

- L'alimentation en eau potable de la ville de Mila et Constantine ;
- L'irrigation d'environ 30000 hectares dans les plaines de Teleghma, Chemoura et Tafouna (**Mebarki, 2009**).

✚ Barrage Oued Charef (wilaya d'Oum El Bouaghi) :

Le barrage d'Oued cheref est situé dans le Nord-Est algérien sur l'Oued Charef (Bassin de sybouse), à 20 kilomètres de Sedrata et à 15 kilomètres du confluent d'oued Charef avec Oued Nil. Il constitue la région limitrophe de trois wilaya : Souk-Ahras ; Guelma, et Oum El Bouaghi. Il est destiné à l'irrigation des terrains agricoles dans la plaine Ksar Sbahi Souk-Ahras wilaya d'Oum El Bouaghi (**Benameur et Bentoumi, 2020**).

✚ Barrage Bougous (wilaya d'El Taraf) :

Le barrage de Bougous est situé dans la région de la wilaya d'El Taref près de la frontière Algéro-Tunisien, à environ 100 Km de la wilaya d'annaba et à 20 Km du chef-lieu d'El Taref. Le barrage est situé à 6 km à proximité du barrage Mexenna. Il est destiné à :

- L'alimentation en eau potable de la wilaya d'Annaba et d'El Taref
- L'irrigation des terres agricoles ;
- Le laminage des crues en amont du barrage de Mexa (**Boussi et Lounis, 2018**).

✚ Barrage Ain Dalia (wilaya de Souk-Ahras) :

Le barrage d'Ain Dalia est situé sur le territoire de la wilaya de Souk-Ahras sur l'oued Medjerda à la région Nord-Est algérien et qui traverse la Tunisie. Il est situé à 7 kilomètre de la commune de Henancha à l'ouest de la ville de Souk-Ahras. Le barrage est destiné à :

- L'alimentation en eau potable et industrielle de la région de Souk-Ahras ;
- Transfert vers l'Ouenza et El Aouinet (**E.R.S.A.E.P.V.M**).

✚ Barrage Oued Kissir (wilaya de Jijel) :

Le barrage d'oued kissir est situé à la région Nord-Est algérien, à 9 kilomètre à l'Ouest de la ville de Jijel et 6 Kilomètres de la ville d'El Aouana dans la wilaya de Jijel. Il est destiné à :

- L'alimentation en eau potable de Jijel et des localités avoisinante ;
- L'irrigation des plaines côtières (**Benameur et Bentoumi, 2020**).

✚ **Barrage Babar (wilaya de Khenchla) :**

Le barrage de Babar est situé à 12 kilomètre de la ville vile de Khenchla avec une superficie de 567 km² sur oued El Arab à la limite est des Aurès. Il est destiné à :

- L'irrigation des terres limitrophes ;
- L'alimentation en eau potable des communes avoisinantes (**Tebbi, 2014**).

✚ **Barrage Oued-Athmania (wilaya de Mila) :**

Le barrage de Oued-Athmania est situé à l'est de la wilaya de Mila sur l'Oued-El-Kaim, et à environ 30 Km du Nord-Ouest de la wilaya de Constantine dans la région du Nord-Est algérien. Son objectif est de stocker les eaux en provenance du barrage de Beni-Haroun et puis les transférer vers le barrage de Koudiat M'daouar et le barrage de Ourkiss. Il est destiné à :

- L'alimentation en eau potable ;
- L'irrigation des terres adjacentes au barrage (**Dib, 2016 ; Marouf, 2012**).

✚ **Barrage Guenitra (Skikda) :**

Le barrage de Guenitra est situé dans la région de la wilaya de Skikda et à environ 80 Km de capitale de la wilaya, au Nord-Est algérien. Il est destiné à :

- L'alimentation en eau potable de la ville de Skikda ;
- L'alimentation en eau aux zones urbaines entourant la wilaya et aux zones industrielles ;
- L'irrigation des terres agricoles (**Medjram et khalfaoui, 2014**).

✚ **Barrage Zit El Emba (wilaya de Skikda) :**

Le barrage de Zit El Emba est situé sur l'Oued Hammam au nord est algérien à 2 kilomètres de la commune de Bekkouche Lakhdar Wilaya de Skikda. Le barrage est destiné à :

- L'alimentation en eau potable des communes azzaba, Djendel, ain cherchar et la ville de Skikda ;
- L'irrigation par réseaux ;
- Irrigation des terres adjacentes au barrage ;
- Irrigation par lâchers : Ben Azzouz –Marsa Oued El Kebir – Boumaiza –El Hamma (**Lemzadmi et Saidi, 2017**).

- Les cordonnées GPS, la capacité et le volume actuelle des barrages étudiés sont présentés dans le **tableau 11**.

Tableau 11 : Les coordonnées GPS [6], la capacité et le volume actuelle des 10 barrages de la région Nord-Est algérien (ANRH, 2023).

Barrages	Coordonnées GPS	Capacité Hm ³	Volume Hm ³ en janvier 2023
Koudiat M'daouar	35°31'25'' N 6°31'03'' E	74	2,751
Beni Haroun	36°33'58'' N 6°16'30'' E	960	653,756
Oued Charef	36°05'11'' N 7°23'35'' E	229,85	24,490
Bougous	36°42'10'' N 8°25'00'' E	0,55	33,488
Ain Dalia	36°15'55'' N 7°49'46'' N	76	4,303
Oued Kissir	36°46'38'' N 5°41'16'' E	68	53,210
Babar	35°10'13'' N 7°02'00'' E	41	16,709
Oued Athmania	36°20'15'' N 6°15'45'' E	33,6	29,105
Guenitra	36°42'53'' N 6°38'06'' E	125	49,893
Zit El Emba	36°41'01'' N 7°18'07'' E	120	58,827

2.4. L'échantillonnage :

2.4.1. Prélèvement des échantillons :

D'après **Rodier (2009)**, 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. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension, etc.) c'est pour cela, il est nécessaire de mettre en place une organisation structurée, de disposer d'un personnel qualifié, de développer une méthodologie adaptée à chaque cas, de procéder à un choix judicieux des points de prélèvement et d'utiliser le matériel convenable, car dans la plupart des cas le responsable du prélèvement n'est pas l'analyste, il convient que le préleveur ait une connaissance précise des conditions du prélèvement et de son importance pour la qualité des résultats analytiques. Pour un prélèvement correct, il est recommandé d'utiliser un flacon avec bouchon lavés avec une solution détergente sans phosphates, bore, etc., (pour éviter la contamination) à chaud et rincés avec de l'eau déionisée puis séchés. Au moment de l'échantillonnage, pour analyse chimique, les flacons

seront de nouveau rincés 3 fois avec de l'eau à analyser puis remplis jusqu'au bord. Le bouchon sera placé de telle façon qu'il n'y ait aucune bulle d'air et qu'il ne soit pas éjecté au cours du transport. Pour une conservation satisfaisante, les flacons sont conservés dans un emballage isotherme (glacière) à une température de 4°C à l'obscurité.

➔ **Principes enseignements à fournir pour une analyse d'eau (Rodier, 2009) :**

- 1) Identité du préleveur.
- 2) Date et heure du prélèvement.
- 3) Particulier ou autorité demandant l'analyse.
- 4) Motif de la demande d'analyse (analyse initiale ou contrôle périodique, pollution, intoxication, épidémie, etc.) et usages de l'eau (boisson, lavage, abreuvement, incendie, industrie, etc.).
- 5) Ville ou établissement que l'eau alimente ; le cas échéant, le type de traitement utilisé.
- 6) Nom du point d'eau et localisation précise.
- 7) Origine de l'eau (source, puits, forage, rivière, lac, barrage, citerne, etc.). Aspect particulier (couleur, débris, irisation, odeur, etc.).
- 8) Température de l'eau à l'émergence et celle de l'atmosphère au moment du prélèvement. Conditions météorologiques du moment (précipitations, vent, pression atmosphérique, etc.).
- 9) Débit approximatif à la minute ou à la seconde. Dans le cas d'une nappe souterraine, préciser la profondeur et l'épaisseur de cette nappe, la durée du pompage et le débit, le nombre de renouvellements de l'eau d'un piézomètre avant prélèvement.
- 10) Nature géologique des terrains traversés, aspect du milieu naturel.
- 11) Causes de souillures permanentes ou accidentelles auxquelles l'eau paraît exposée (établissement agricole ou industriel, rejet de ville ou d'usine, puits perdu, cimetière, etc.).
- 12) Enregistrer les remarques des usagers ou riverains concernant les variations d'aspect ou de débit ainsi que les modifications provoquées par les pluies ou la fonte des neiges.

2.5. Méthode analytiques :

2.5.1. Détermination des paramètres physico-chimiques des eaux :

2.5.1.1. Les paramètres mesurés in situ :

➤ **La température :**

En respectant les consignes de **Rodier et al (2005)**, la température a été mesurée in situ (sur le barrage) en utilisant un thermomètre gradué au 1/10. La lecture a été faite après une immersion de 10 minutes du thermomètre à environ 15 cm de profondeur. Les résultats sont exprimés en °C.

2.5.1.2. Les paramètres mesurés dans le laboratoire :**➤ pH :**

Le pH des eaux traitées est déterminé via un pH mètre. Après avoir allumé le pH mètre, on plonge l'électrode de l'appareil, après le rincer avec de l'eau distillé, dans la bouteille qui contient de l'eau à analyser et on le laisse pendant un moment jusqu'à ce que la valeur stabilise et on lire les valeurs à travers le colorimètre (**Rodier et al, 2009**).

➤ Conductivité (CE) :

La conductivité est mesurée à l'aide d'un conductimètre (une cellule à électrodes de platine). Après avoir allumé le pH mètre, on rince l'électrode avec de l'eau distillé est on le plonge dans la bouteille en eau a analysé et en le laisse jusqu'à la valeur stabilise et on la lire. Le résultat est exprimé en mS/cm. Si la conductivité est supérieure à 400, l'eau n'est pas potable. Si elle est inférieure à 400, on analyse les paramètres : CO_3^{2-} , HCO_3^- , SO_4^{2-} , NO_3^- (**Rodier at al, 2009**).

➤ Résidus secs :

Le résidu sec est obtenu par pesée après évaporation à sec dans une étuve à 110°C, de 50 cm³ des échantillons contenus dans une capsule d'aluminium.

$$\text{R.S (mg/l)} = (\text{poids de la capsule après évaporation} - \text{poids de la capsule vide}) * 20 \text{ (ANRH, 2007).}$$

➤ Dosage des nitrates :**➔ Principe :**

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 : désazotassions avec l'acide sulfanilique et copulation avec l' α -naphtylamine. On mesure la densité du colorant ainsi forma à 520 nm (**ANRH, 2007**).

➔ Réactifs :**➔ Solution de réserve :**

- Solution de soude 1 M ; soit à 40 g/l.
- Solution de sulfate de cuivre à 2,6 g/l de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ additionnée de 40 ml/L d'acide sulfurique 1N.
- Solution d'hydrazine 0,1 M soit à 13 g/l de $\text{NH}_2\text{-NH}_2 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$ (conserver en flacon brun bien bouché).
- Solution d'acide sulfanilique (conserver en flacon brun).
- Solution α - Naphtylamine (conserver en flacon brun).

- Solution d'EDTA à 5 g/l, destinés à complexer le fer et les métaux lourds qui peuvent provoquer des interférences.
- Solution d'acétate de sodium à 164 g/l de « $\text{NACOO-CH}_3, 3\text{H}_2\text{O}$ ».
- Solution de nitrate de sodium à 1 g/l de nitrate NO_3^- .

→ Solution- Etalon :

Tableau 12 : Les concentrations en nitrate en fonction des volumes de la solution mère de nitrate (ANRH, 2007)

Volume de solution de nitrate à 1 g/l à diluée à 100 ml	Concentration obtenue en nitrates
0 0 ml	0 mg/l (Témoin)
A 0,5	5
B 1	10
C 2	20
D 4	40
E 6	60
F 8	80
G 10	100

→ Solution de travail :

a) Mélange réducteur (à préparer au moment de l'emploi) :

- Solution de sulfate de cuivre = 25 ml ;
- Solution d'hydrazine = 25 ml ;
- Eau distillée = 1 litre.

b) Mélange colorant (conserver en flacon brun) :

- Acétone = 10 ml
- Solution d'acide sulfanilique = 20 ml ;
- Solution d'EDTA = 20 ml ;
- Solution d'acétate = 20 ml ;
- Solution d' α -Naphtylamine = 20 ml ;
- Eau distillé = 1 litre.

❖ Ajouter l' α -Naphtylamine en dernier et après dilution pour éviter la formation d'un précipité blanc laiteux.

c) Solution de soude NaOH = 5ml

❖ Diluer 20 fois la solution de réserve 1M, soit 50 ml par litre

➔ **Mode opératoire :**

Dans un erlen de 100 ml ou mieux dans un flacon en verre brun de 100 ml on introduire : « prise d'essai = 1 ml ; solution de soude = 5 ml ; mélange réducteur = 5 ml », et on mélange après chaque addition. Après une heure au repos dans l'obscurité on ajoute 40 ml du mélange colorant. Laisser la coloration se développer l'obscurité pendant $\frac{1}{4}$ d'heure et mesurer la densité au colorimètre à 520 nm. Le passage au colorimètre nécessite en général un transvasement de la solution colorée dans un tube à essai ou dans un pilulier, plus ou moins transparent à la lumière. Cette opération ne doit intervenir que juste avant la mesure optique afin que la solution soit exposée un minimum de temps à la lumière à laquelle elle est très sensible. La réduction des nitrates est partielle et varie le temps et la température. Il est important que la mesure des échantillons soit toujours accompagnée d'une mesure des solutions étalons, traitées les mêmes conditions (ANRH, 2007).

2.5.2. Détermination des paramètres indicateurs de pollution des eaux :

2.5.2.1. Paramètres mesurés dans le laboratoire :

➤ **Dosage des nitrites NO_2^- :**

➤ **Principe :**

Dans un milieu chlorhydrique, l'acide sulfanilique en présence d'ion d'ammonium et du phénol, forme avec les ions NO un complexe colore en jaune dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en nitrite (ANRH, 2007).

➔ **Appareillage :**

- Matériel courant de laboratoire
- Colorimètre

➔ **Réactif :**

- Solution d'EDTA 5 g/l ;
- Solution d'acide sulfurique :

1,2 g dans 140 ml d'eau chaude et refroidisse. Ajouter 40 ml HCl concentré et compléter 200 ml d'eau distillée ;

Solution naphtylamine :

1,2 g + 2 ml HCl et compléter à 200 d'eau distillée ;

- **Solution étalon (tableau 11) :**
- Solution nitrite de sodium mère NO₂ 100 mg/l :
 - NaNO₂ 150 mg ;
 - Chloroforme 1 ml ;
 - 1 L d'eau distillée.
- Solution nitrite de sodium fille :
 - 1 ml de la solution mère dans 100 ml d'eau distillée

Tableau 13 : Préparation des volumes de solution étalon (ANRH, 2007).

Volume de sodium (ml)	Concentration
0	0
0,02	1
0,04	2
0,08	4
0,12	6
0,16	8
0,2	10

→ Mode opératoire :

Prendre 50 ml de l'échantillon dans la fiole jaugée et ajouter 1 ml d'EDTA et 1 ml d'acide sulfanilique après agiter et laisser l'échantillon à l'obscurité pendant 10 min. Après l'attirer de l'obscurité ajouter 1 ml de naphtylamine et 1 ml d'acetate de sodium et agiter bien et en attend 30 min j'jusqu'à ce que la réaction se complète puis on lire dans le colorimètre à 520 nm (ANRH, 2007).

➤ Dosage d'ammonium (NH₄⁺) :

L'ammonium en milieu alcalin et donne une coloration bleue d'indophénol par réaction de l'ion ammonium avec le phénol l'hydrochlorite de sodium NaOCl en utilisant le nitroprussiate comme catalyseur



→ Appareillage :

- Matériel courant de laboratoire. La verrerie utilisée ne doit pas servir à d'autres analyses et doit être protégée des risques de pollution (ammoniacque et sels d'ammonium). Il est recommandé de pratiquer, deux

fois de suite, le mode opératoire "à blanc" dans les tubes à essais employés pour les dosages. Après une série d'analyses, ces tubes soigneusement rincés à l'eau seront conservés remplis d'eau et bouchés, à l'obscurité.

- Colorimètre.

→ **Réactif :**

- Solution étalon :
 - Solution mère de chlorure d'ammonium à 1 g/l de NH_4^+ :
 - Peser 2,972 g de NH_4Cl préalablement séché et refroidisse au dessiccateur. Dissoudre dans l'eau distillée et compléter à 100 ml.
 - Solution fille de chlorure d'ammonium à 10 mg/l de NH_4 ;
 - Eau distillé 1 litre.

Les solutions étalon sont préparées comme indique le **tableau (12)**.

Tableau 14 : Préparation des solutions étalon (ANRH, 2007)

Concentration en NH_4^+	Volume de solution de chlorure d'ammonium à 10 mg/l à compléter à 1 L
0,05	5
0,10	10
0,25	25
0,50	50
1,00	100
1,50	150
2,00	200

- Solution tampon et complexante :
 - Tartrate de sodium et de potassium ;
 - Citrate de sodium $\text{Na}_3\text{C}_6\text{O}_7$ (si on utilise du citrate monosodique $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_7$, en prendre 215 g avec 120 g de soude au lieu de 10 g) ;
 - Soude ;
 - Eau distillée.
- Solution de phénate de sodium :

- Soude 5 g ;
- Eau distillé 25 ml.

Après refroidissement, ajouter 10 g de phénol et compléter à 50 ml avec de l'eau distillée.

- Solution de nitroprussiate de sodium :
 - Nitroprussiate de sodium 00,5 g ;
 - Eau distillée 50 ml.
 - Solution d'hydrochlorite de sodium à 2° chlorométriques : à partir de l'eau de javel commerciale.

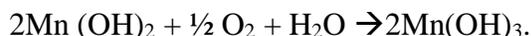
→ Mode opératoire :

Dans un tube à essais mettre 20 ml d'échantillon, 2 ml de la solution complexant et 0,5 d'eau de javel et agiter bien l'échantillon. Porter l'échantillon à l'obscurité pendant 1 heure. La lecture se fait à l'aide d'un colorimètre à 625 nm (ANRH, 2007).

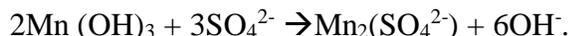
➤ Oxygène dissous (O₂) :

→ Principe :

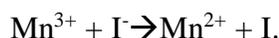
En milieu alcalin, le sulfate manganoux précipite à l'état d'hydroxyde manganoux. Celui-ci est oxydé par l'oxygène dissous en hydroxyde manganite (ANRH, 2007).



En milieu acide, l'hydroxyde manganique donne un sel manganique :



Qui oxyde l'iodure de potassium en iode :



L'iode formé est dosé par du thiosulfate de sodium titré :

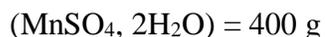


→ Appareillage :

- Flacon de 125 à col rodé ;
- Pipette ;
- Agitateur ;
- Erlen.

→ Réactif :

- Solution de sulfate manganoux :



Eau distillée = 1 L.

- Réactif à l'iodure de potassium :
 - Iode de potassium = 150 g
 - Soude = 500 g
 - Azoture de sodium = 10 g
 - Eau distillée = 100 ml
- Indicateur à l'empois d'amidon ;
- Solution mère de thiosulfate de sodium 50 ml :
 - $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 124 g
 - Eau distillée bouillie et refroidie 1L
 - Chloroforme (pour conservation) 5 ml
- Solution fille de thiosulfate de sodium 12,5 ml :
 - Solution mère 25 ml
 - Eau distillée bouillie et refroidie 1 L
 - Chloroforme (pour conservation) 5 ml
 - 1 ml de solution correspond à 1 mg/l d'oxygène dissous
- Solution d'iodate de potassium 10 ml ;
- Solution d'iode de potassium 60 ml ;
- Acide sulfurique au 1/5.

→ **Mode opératoire :**

Remplir complément avec l'eau à analyser, un flacon de 125 ml à col rodé. Ajouter rapidement, à l'aide d'une pipette plongeant sous la surface du liquide 1 ml de sulfate manganéux et 1 ml de réactif à l'iodure de potassium. Reboucher sans emprisonner de bulles d'air et agiter. Quand le précipité formé s'est déposé, introduire de la même manière 2 ml d'acide sulfurique dilué au 1/2 et agiter. Quand tout le précipité s'est dissous, prélever 103 ml de la solution (3 ml pour tenir compte au volume d'eau déplacé par les réactifs) et les mettre dans un Erlen. Doser l'iode formé par la solution de thiosulfate 12,5 ml. Ajouter d'abord le thiosulfate jusqu'à obtention d'une couleur jaune clair, puis ajouter 5 ml d'indicateur à l'emploi d'amidon. Continuer le titrage jusqu'à décoloration complète (ANRH, 2007).

• Calcul :

Chaque équivalent de I_2 a été formé par un équivalent de O_2 dissous

Au point équivalent, on a en équilibre :

$$\left\{ \begin{array}{l} 100 \text{ ml d'échantillon de titre X en } \text{I}_2, \text{ donc en } \text{O}_2 \text{ dissous} \\ \text{V ml de thiosulfate de titre T} \end{array} \right.$$

$$100 \times X = V \times T$$

L'échantillon contient donc $X = VT/100$ équivalent/ titre de O_2 dissous, soit :

$$800 \times VT/100 =$$

Si $T = 12,5$ ml,

L'expression

$80 VT$ mg/l d' O_2 dissous

devient

V mg/l d' O_2 dissous

➤ **Dosage des phosphates (PO_4^{3-}) :**

➔ **Principe :**

En présence d'une solution acide de molybdate d'ammonium, les phosphates donnent un complexe jaune, le complexe phosphovanadomolybdique (ANRH, 2007).

➔ **Appareillage :**

- Matériel courant de laboratoire ;
- Etuve ;
- Colorimètre.

➔ **Réactif :**

- Solution de molybdate d'ammonium 25 g/l
- Solution d'acide ascorbique 2,5 ou bien 250 ml

• La gamme :

- Solution mère de phosphate :

10 ml d'hydrogénophosphate de potassium K_2HPO_4 dans un litre d'eau distillée

- Solution étalon : présenté dans le tableau (13).

Tableau 15 : Préparation des solutions étalons (ANRH, 2007).

Concentrations mg/l	Volume de solutions mères (ml) dans 1 L d'eau distillée	Volume de solution mère (ml) dans 500 ml d'eau distillée
0	0	0
0,5	50	25
1	100	50
1,5	150	75
2	200	100
3	300	150
4	400	200
5	500	250

→ Mode opératoire :

Dans un tube à essai mettre 20 ml d'échantillon et ajouter 3 ml de molybdate d'ammonium et 1 ml d'acide ascorbique. Porter la solution dans une étuve à 105 °C pendant 10 min et en lire dans le colorimètre à 825 nm (ANRH, 2007).

➤ La demande biochimique en Oxygène (DBO₅) :**→ Principe :**

La mesure de DBO avec le système Oxitop est basée sur le principe de pression (mesure par différence). La mesure est faite par mesure de pression par sondes de pression électriques piezo résistantes (ANRH, 2007).

→ Appareillage :

- Système de mesure Oxitop
- Etuve
- Flacon d'échantillon brun (volume nominal 510 ml)
- Matériel courant de laboratoire.

→ Réactif :

- Inhibiteur de bactéries nitrifiantes.

- Solution de soude NaOH
- Solution d'échantillon 432 ml

→ Mode opératoire :

Prendre 432 ml de l'échantillon dans la fiole jaugée et transvaser dans la bouteille teintée en ajoutant 3 à 4 gouttes d'inhibiteur, ensuite on introduire la tige magnétique. Insérer le creuset noir dans le goulot de la bouteille et mettre 2 postilles de soude (NaOH) dans le creuset. On visse le « système de mesure Oxitop » directement sur la bouteille. Pour démarrer la mesure on appuie simultanément sur les touches S et M jusqu'à ce que l'affichage marque 00. On conserve pendant 5 jours à l'obscurité et à 20 °C dans l'incubateur. Pour lire la mesure de la DBO₅, on retire la bouteille avec le système Oxitop. En appuyant sur la touche M, on lit la valeur de la DBO₅ (ANRH, 2007).

➤ La demande chimique en Oxygène (DCO) :

→ Principe :

En milieu acide, le bichromate de potassium oxyde les matières organiques :



On fait agir un excès de bichromate de potassium en milieu acide sur l'échantillon étudié, puis on dose à l'aide de sulfate ferreux l'excès de bichromate (ANRH, 2007).

→ Appareillage :

- Matériel courant de laboratoire.

→ Réactif :

- Acide sulfurique concentré ;
- Solution de sulfate d'argent : 6,6 g de Ag₂SO₄ dans un litre d'acide sulfurique ;
- Sulfate mercurique HgSO₄ en cristaux ;
- Solution de sulfate ferreux environ 25 ml ;
- Solution de sulfate ferreux environ 25 ml
- Solution de bichromate de potassium 25 ml (la solution précédente diluée dix fois, utilisée pour des DCO présumées inférieures à 50 mg/l d'O₂).
- Solution de féroïen.

→ Mode opératoire :

Mettre dans un ballon à col rodé de 50 ml ; 25 ml de bichromate de potassium, 35 ml d'acide sulfurique concentré, 5 ml de solution de sulfate d'argent, 1 pincé de sulfate mercurique représentant environ 0,1 g et quelques billes de verre pour régulariser l'ébullition. Laisser refroidir et ajouter la prise d'essai : 15 à 25 ml. Ajouter le complément à 25 ml de la prise d'essai en eau distillée de telle sorte que la concentration

de l'acide sulfurique soit de 50 % en volume lors de l'ébullition. Adapter le réfrigérant au ballon (pas de graisse sur les rodages, mais deux gouttes d'acide sulfurique) et laisser bouillir deux heures. Laisser refroidir et étendre à 300 ml avec de l'eau distillée. Ajouter quelques gouttes de féroïen et titrer l'excès de bichromate par la solution de sulfate ferreux, la coloration passe du vert au rouge-brun. Si la solution vire au rouge-brun sans ajouter de sulfate ferreux, recommencé en diminuant la prise d'essai.

- Essai à blanc :

Effectuer un essai à blanc, en remplaçant la prise d'essai par 50 ml d'eau distillée.

- Titration du sulfate ferreux :

Dans un erlen de 500 ml, diluer 20 ml de bichromate de potassium à 200 ml environ avec de l'eau distillée. Ajouter 60 ml d'acide sulfurique concentré et laisser refroidir. Ajouter quelques gouttes de féroïen et titrer par le sulfate ferreux.

T (titre de sulfate ferreux) = volume de bichromate/ volume de sulfate ferreux.

Répéter cette opération chaque jour.

→ **calcul**

Au point équivalent, se trouvent en équilibre :

Tableau 16 : Les équations correspondantes pour la calcul du DCO dans l'échantillon et dans le témoin (ANRH, 2007).

	Oxydant	Réducteur	Equation correspondante
Dans l'échantillon	15 ml de bichromate de titre 25 ml	V ₁ ml de Fe ₂ SO ₄ de titre T et PE ml d'échantillon de titre n en matière réducteur	15×25 = (PE× n) + 'V ₁ × T)
Dans le témoin	15 ml de bichromate de titre 25 ml	V ₀ ml de FeSO ₄ de titre T	15× 25 = V ₀ × T

- D'où : (PE×n) + (V₁×T) = V₀ ×T

- et n= T (V₀-V₁)/PE.

- Un litre d'échantillon consomme n équivalent de bichromate, donc d'oxygène, soit :
(n×8000) mg d'O₂ (ANRH, 2007).

$$D.C.O = [800 \times T \times (V_0 - V_1)] / PE \text{ mg/l d'O}_2.$$

➤ **Dosage de la matière organique (MO) :**

La matière organique est mesurée par l'oxydabilité au permanganate qui consiste en l'oxydation modérée par le permanganate des matières réductrices dans l'eau. Le permanganate oxyde de préférence les matières organiques d'origine végétale en milieu acide et celles d'origine animale en milieu basique. Or celles-ci sont les plus susceptibles d'indiquer une pollution humaine ou animale, donc une eau dangereuse pour la consommation. Une eau est suspecte à partir de 2 à 3mg d'oxygène consommé par litre d'eau en milieu alcalin, ou 3 à 5 mg en milieu acide (ANRH, 2007).

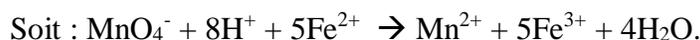
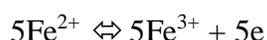
➔ **Principe :**

Oxydation en milieu acide :

On oxyde l'échantillon par un excès connu de permanganate de potassium, en milieu acide et à chaud :



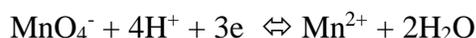
Le permanganate n'ayant pas réagi est réduit par un excès connu de sulfate ferreux ammoniacal :



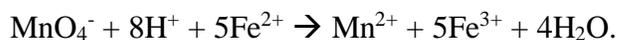
L'excédent de sulfate ferreux est titré par le permanganate. La réaction étant incomplète, la reproductibilité des résultats est particulièrement sensible à la rigueur des conditions opératoires. Le degré d'oxydation des matières organiques dépend du rapport des concentrations du permanganate MnO_4^- et de sa forme réduite Mn^{2+} . On rend ce rapport pratiquement constant en diluant la prise d'essai, de telle sorte que la quantité de permanganate introduite soit en net excès par rapport à celle du permanganate consommé. L'expérience a montré que le permanganate consommé ne devait pas excéder les 20% du MnO_4^- introduit, pour obtenir des valeurs reproductibles.

Oxydation en milieu basique :

On oxyde l'échantillon par un excès connu de permanganate dilué en milieu faiblement basique et à chaud :



Après oxydation, on refroidit et on se replace en milieu acide avant d'ajouter un excès connu de sulfate ferreux ammoniacal. Celui-ci réduit le permanganate n'ayant pas réagi :



L'excédent de sulfate ferreux est titré par le permanganate. Les observations précédentes s'appliquent en milieu basique.

→ Réactifs :

- Solution d'acide sulfurique
- Solution de permanganate de potassium à N/20 : 1,58 de permanganate de potassium dans un Litre d'eau distillée.
- Solution de permanganate de potassium à N/80 : verser 250 ml de permanganate de potassium dans une fiole de 1 Litre et jauger
- Solution de sulfate ferreux ou sel de MOHR N/80 :
 - 4,9 g de sulfate ferreux $\text{Fe SO}_4 (\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
 - 5 ml d'acide sulfurique concentré
 - 1L d'eau distillée.
- Solution de bicarbonate de sodium à 10% (10 grammes dans 100 ml H_2O) (ANRH, 2007).

→ Mode opératoire :Milieu acide :

On a met dans un erlen de 500 ml, 100 ml d'eau à analyser à l'aide d'une fiole de 100 ml ensuite on a ajouté 10 ml d'acide sulfurique au milieu avec une pro-pipette et une pincée de HgSO_4 afin de masquer la présence des ions chlorures. On a chauffé et au début de l'ébullition on a ajouté 10 ml de KMnO_4 N/80. On a continué l'ébullition pendant 10 min exactement (s'il y a décoloration il faut diluer l'échantillon). On a refroidisse rapidement le mélange et on a ajouté 20 ml de sulfate ferreux ammoniacal N/80. On a dosé l'excès de sulfate ferreux par du permanganate N/80 (soit V_1 le volume de permanganate trouvé).on a procédé de la même manière avec un témoin d'eau distillée sans ajouter HgSO_4 (soit V_2 le deuxième volume de permanganate).

M.O en $\text{mg O}_2/\text{l} = (V_2 - V_1)$ ne pas oublier le facteur de dilution s'il y a lieu

Dans les cas où on a trouvé M.O > 3,5 $\text{mg O}_2/\text{l}$, on a recommencé la dilution de l'échantillon.

Milieu basique :

On a met dans un erlen 100 ml d'eau à analyser ensuite 5 ml de solution à 10% de bicarbonate de sodium et on a porté le mélange à l'ébullition. On a ajouté ensuite 5 ml de permanganate N/20 et on l'a maintenir à l'ébullition pendant 10 min exactement (si il y a décoloration il faut diluer l'échantillon). Et puis on a refroidi rapidement le mélange et on a ajouté 5 ml d'acide sulfurique au milieu puis 20 ml de sulfate ferreux ammoniacal N/80 de titre exact. Enfin, on a dosé l'excès de sulfate ferreux par du permanganate N/80 de titre exact (soit V_0 le volume de permanganate trouvé). On a procédé de la même manière avec un témoin d'eau distillée (soit V le deuxième volume de permanganate. On a utilisé la même dilution qu'en milieux acide.

M.O en $\text{mgO}_2/\text{l} = 35 (V - V_0) = 0,6 (V - V_0)$ en oubliant pas le facteur de dilution s'il y a lieu (ANRH, 2007).

→ **Calculs :**

A) Oxydabilité en milieu acide

Au point équivalent, se trouve en équilibre :

Tableau 17 : Les équations de la calcul du dosage de la matière organique dans l'échantillon et dans le témoin (ANRH, 2007) :

	Oxydant	Réducteur	Equation correspondante
Dans l'échantillon	10 ml de MnO_4^- N/80 + V_1 ml de MnO_4^- N/80	100 ml d'échantillon de titre X exact en matières réductrices + 20 ml de sulfate ferreux N/80	$(10 * 1/80) + (V_0 * 1/80) = (100 * X) + (20 * 1/80)$
Dans le témoin	10 ml de MnO_4^- N/80 + V_2 ml de MnO_4^- N/80	100 ml d'eau distillée + 20 ml de sulfate ferreux N/80	$(5 * 1/20 + (V * 1/80) = (20 * 1/80)$

D'où : $(20 * 1/80) = (10 * 1/20) + (V_1 * 1/80) - (100 * X) = (5 * 1/20) + (V_2 * 1/80)$ (ANRH, 2007).

Chapitre 3

Résultat et discussions

Chapitre 3 : Résultats et discussion

Les résultats de quelques paramètres physico-chimiques et paramètres indicateurs de pollution sont présenté dans le **tableau (118)**.

Tableau 18 : Résultats des paramètres physico-chimique et des paramètres de pollution des eaux des barrages étudiés en Nord-Est algérien (2023).

Paramètres Barrages	Date de prélèvement	T °C	pH	CE µS/cm	RS mg/l	O2 dissous mg/l	NO3- mg/l	NO2- mg/l	NH4+ mg/l	PO4(3-) mg/l	DBO5 mg/l	DCO mg/l	MO mg/l
K. M'daouar	28/02/2023	10	7,9	1500	1002	8,9	1	0,098	0,31	0,34	4	32	6,5
Beni Haroun	11/01/2023	17	7,57	1240	828	9,4	7	0,125	0,1	0,06	5	33	7,4
Oued Charef	29/01/2023	10	8,1	3200	2056	10,5	0	0,094	0,67	0,03	6	39	8,9
Bougous	29/01/2023	13	7,56	340	252	9	5	0,048	0,06	0,06	2	28	7
Ain Dalia	29/01/2023	11	8,02	820	574	9,8	3	0,053	0,29	0,07	2	26	4,1
Oued kissir	11/01/2023	14	7,77	290	218	10	0	0,059	0,04	0,02	1	22	4,6
Babar	28/02/2023	10	8,13	1250	860	10,9	0	0,067	0,1	0,07	1	28	5,4
Oued Athmania	10/01/2023	11	7,96	1350	900	9,7	6	0,147	0,09	0,07	5	31	7,3
Guenitra	28/02/2023	17	8,07	630	442	9	6	0,094	0,02	0,04	1	23	3,9
Zit El Emba	22/02/2023	15	7,87	890	600	9,2	2	0,042	0,05	0,03	2	22	4,4
Moyenne ± Ecart type		12,8 ± 2,4	7,89 ± 0,16	1151 ± 557	773,2 ± 356	9,64 ± 0,54	3 ± 2,4	0,08 ± 0,02	0,17 ± 0,15	0,07 ± 0,05	2,9 ± 1,68	28,4 ± 4,28	5,95 ± 1,47
Min		10	7,56	290	218	8,9	0	0,042	0,02	0,02	1	22	3,9
Max		17	8,13	3200	2056	10,9	7	0,147	0,67	0,34	6	39	8,9

3.1 Paramètres physico-chimiques :

3.1.1. Température :

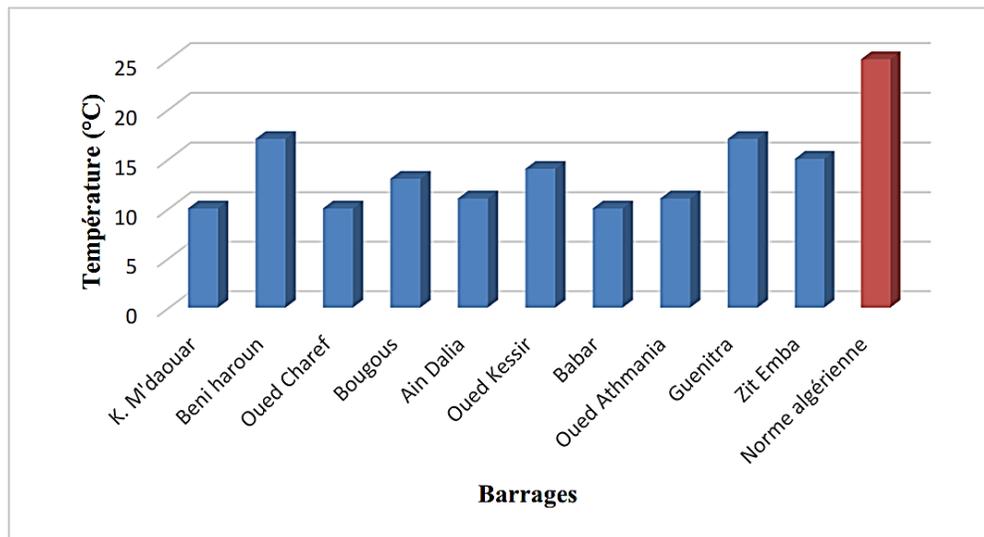


Fig 14 : Variation spatiale de la température dans les barrages étudiés.

D'après la **figure 14**, les valeurs de la température mesurées dans les barrages varient entre une valeur minimale 10 °C enregistré au barrage Koudiat M'daouar, Oued Charef et Babar, et une valeur maximale 17 °C enregistré au barrage Beni Haroun et Guenitra avec une valeur moyenne 12,8. Ces valeurs

sont inférieures à la norme algérienne qui est de 25 °C, et restent inférieurs à ceux rapporté par **Mehanned et al, 2014** au niveau du barrage Sidi Chahed qui a trouvé des valeurs moyennes mensuelles de la température varient entre 22,45 °C et 23,88 °C.

La vie aquatique dépend intégralement de la température ainsi que cette dernière a une influence sur la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau. Outre le réchauffement de l'eau favorise l'apparition des algues flottantes et des organismes aquatiques indésirables (**Poirel et al. 2010**).

3.1.2. pH :

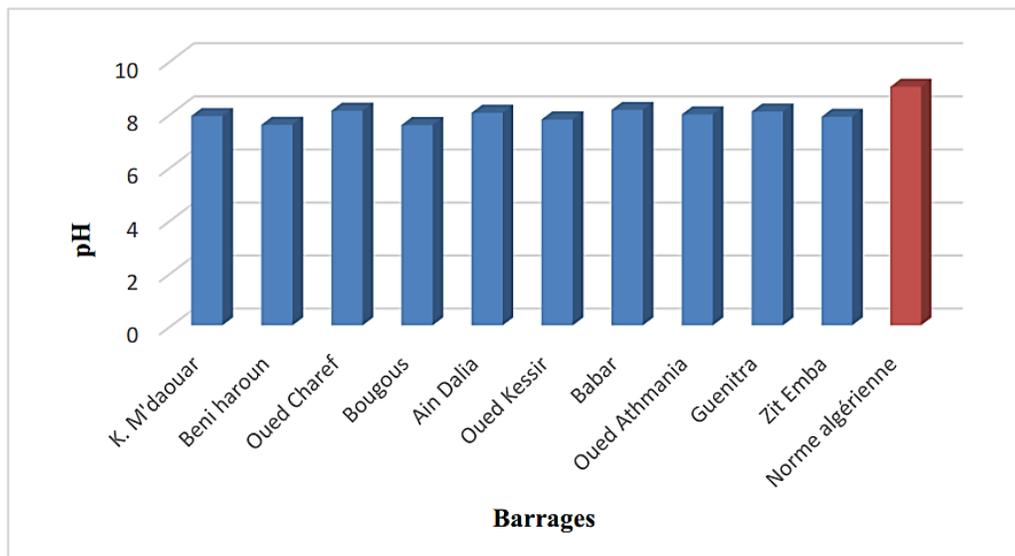


Fig. 15 : Variation spatiale du pH dans les barrages étudiés.

D'après la **figure 15**, les valeurs du pH mesurées dans les barrages varient entre une valeur minimale 7.56 enregistré au barrage Bougous et une valeur maximale 8.13 enregistrés au barrage Babar avec une valeur moyenne 7,87. Les valeurs obtenues sont sur les normes algériennes qui sont entre 6.5 et 9. Cette variation du pH peut être expliquée par l'influence de la nature géologique du bassin versant sur la composition chimique des eaux, le phénomène de dilution ou par l'influence de différentes matières de diverses origines qui sont importés par les eaux de ruissèlement (**Barkat, 2016**). Nos résultats rejoignent ceux de **Habila (2008)**, qui a trouvé des valeurs moyennes mensuelles comprennent entre 7,36 et 7,87 au barrage de Beni Haroun.

Le pH est un paramètre important pour déterminer le caractère agressif ou incrustant d'une eau. Il se réagit avec d'autres paramètres comme la dureté, le dioxyde de carbone, l'alcalinité et la température. L'OMS a déclaré qu'un faible pH est susceptible de poser des problèmes de corrosion, par contre un pH élevé peut poser des problèmes de gout et de consommation accrue de savon, elle fixe une valeur inférieur à 8 pour une bonne désinfection par le chlore et donc avoir une bonne qualité d'eau de consommation (**Rodier et al. 2009**).

3.1.3. Conductivité électrique :

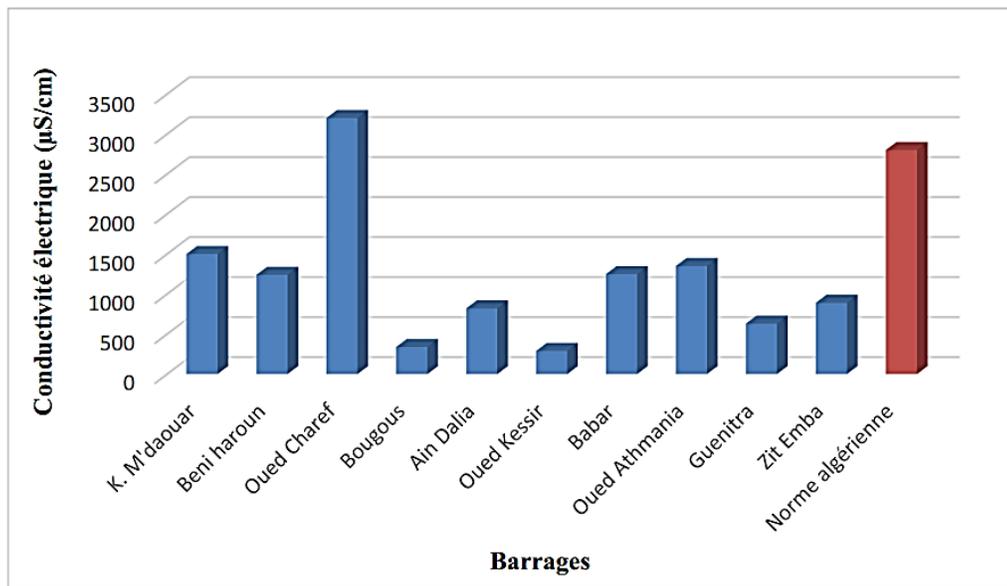


Fig.16 : Variation spatiale de la Conductivité dans les barrages étudiés.

D'après la **figure 16**, les valeurs de la conductivité mesurées dans les barrages varient entre une valeur minimale $290\mu\text{S}/\text{cm}$ enregistré au barrage Oued Kessir et une valeur maximale $3200\mu\text{S}/\text{cm}$ enregistré au barrage Oued Charef qui est supérieure à la norme algérienne $2800\mu\text{S}/\text{cm}$. D'après **le tableau (2)** l'eau du barrage de Oued Charef a une minéralisation élevée Cela est traduit soit à cause des pH normaux, soit le plus souvent une salinité élevée ; c'est-à-dire une augmentation du taux des sels soluble dans l'eau, à cause du terrain alcalins du barrage. Ce résultat rejoint ceux de **Bouakkaz (2015)** qui a trouvé que le site de Hammoud représente une minéralisation élevée durant les mois d'aout et d'Avril.

La conductivité électrique dépend des charges de matière organique endogène et exogène, génératrice de sels après décomposition et minéralisation et également avec le phénomène d'évaporation qui concentre ces sels dans l'eau. Elle varie aussi suivant le substrat géologique traversé (**Birane et Merabet, 2018**).

3.1.4. Résidu sec :

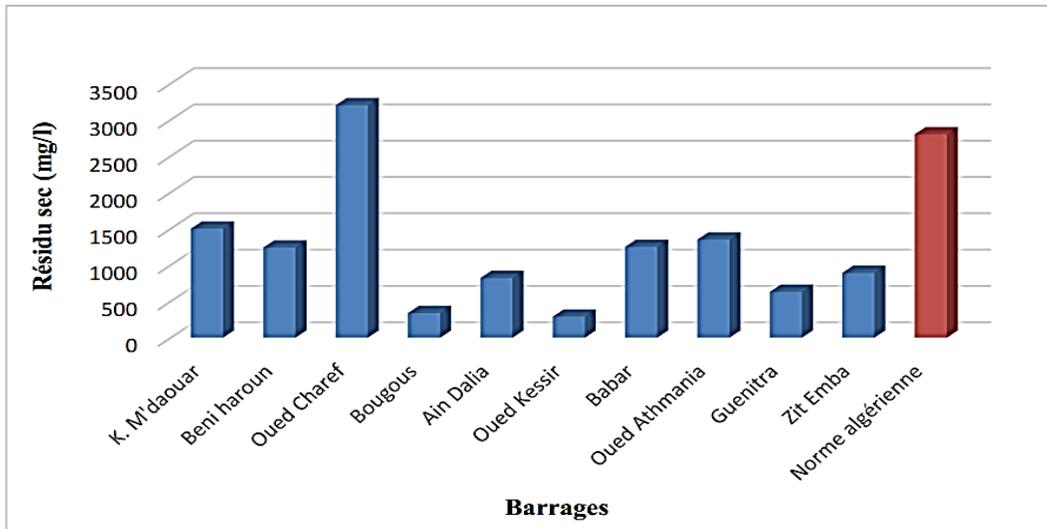


Fig.17 : Variation spatiale des résidus secs dans les barrages étudiés.

D'après la **figure 17**, les valeurs de résidu secs mesurés dans les barrages varient entre une valeur minimale 218 mg/l enregistrée au barrage Oued kissir, et une valeur maximale 2056mg/l enregistrée au barrage Oued Charef, avec une moyenne 773,2 mg/l. Nos résultats restent inférieurs à ceux de **Debbih et Naili (2015)** qui ont trouvé des valeurs entre 750 mg/l et 6200 mg/l lors de leur étude aux barrages de l'Est algérien. La valeur enregistrée au barrage d'Oued Charef est supérieur à la norme algérienne 2000 mg/l. Cela est dû peut être au terrain du barrage qui se caractérise par des roches sédimentaires, elles rendre l'eau chargés en minéraux telle que le sodium, le calcium, le magnésium, les chlorures, les sulfates et les hydrogénocarbonates.

Le résidu sec est la quantité de la matière solide dans l'eau, autrement dit : la somme des matières en solution et en suspension. Ces derniers profèrent à l'eau sa couleur brunâtre et parfois sombre, ce qui conditionne la pénétration de la lumière dans le milieu et qui influence ainsi la faune et la flore aquatique (**Rodier et al. 2005**).

3.1.5. Nitrates (NO₃⁻) :

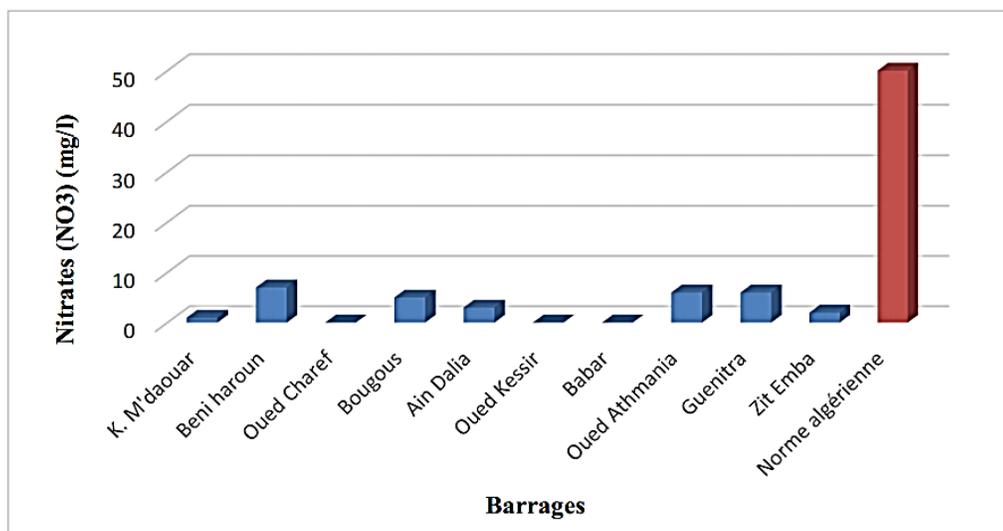


Fig.18 : variation spatiale des nitrates dans les barrages étudiés.

D'après la **figure 18**, les valeurs des nitrates mesurées dans les barrages varient entre une valeur minimale 0 mg/l et une valeur maximale 7 mg/l. Ces valeurs sont inférieures à la norme algérienne 50 mg/l. Nos résultats reste inférieur à ceux de **Reggam et al (2015)** qui en trouvé des valeurs comprennent entre 2,34 mg/l et 97,30 mg/l lors de leur étude au Oued Seybouse.

Les nitrates constituent la forme azotée dominante dans les cours d'eau et dans les nappes d'eau souterraine. Ils sont le résultat de la décomposition de la matière organique par oxydation bactérienne des nitrites. Les nitrates ne sont pas toxiques, mais quand les valeurs dépassent les normes, cela indique qu'il y a des rejets d'eau usée dans les milieux aquatiques superficiels, ainsi que l'utilisation excessive de fertilisants utilisés dans les terrains cultivée à proximité (**El Ouedghiri et al. 2014**).

3.2. Paramètre indicateurs de pollution :

3.2.1. Oxygène dissous :

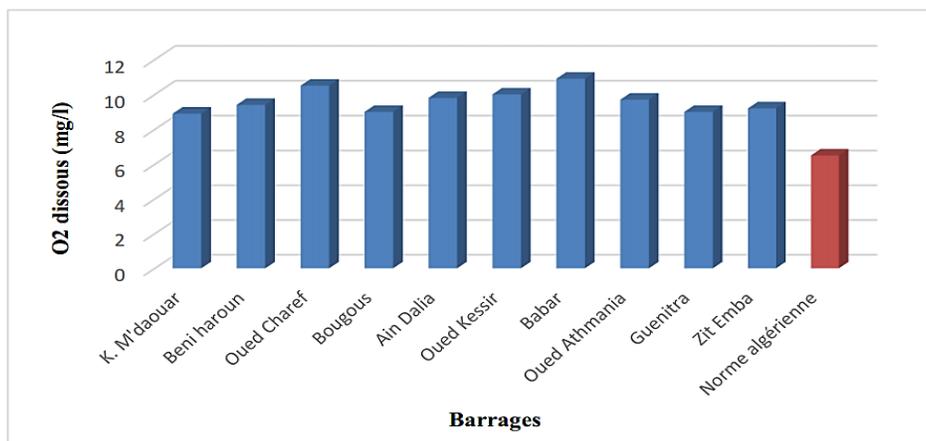


Fig.19 : Variation spatiale de l'oxygène dissous dans les barrages étudiés.

D'après la **figure 19**, les valeurs de l'oxygène dissous mesurées dans les barrages sont tous supérieures à la norme algérienne 6.5 mg/l, et se varient entre une valeur minimale 8.9mg/l enregistrée au barrage de Koudiat M'daouar et une valeur maximale 10.9 mg/l enregistrée au barrage de Babar, avec un moyenne mensuelle de 9,64 mg/l. Ces valeurs élevées sont peut-être dû à l'augmentation du taux des polluants dans l'eau et son dégradation par les microorganismes aquatique du milieu ou ce que l'on dit « le phénomène d'autoépuration ». Nos résultats sont supérieurs à ceux de **Mehanned et al. (2014)** qui ont trouvé des teneurs en moyenne de 7,70 mg/l.

L'oxygène dissous d'un milieu aquatique conditionne l'état du plusieurs sels minéraux, est très important par le fait qu'il conditionne l'état de plusieurs sels minéraux, la dégradation de la matière organique et la vie des animaux aquatiques. Il joue un rôle primordial dans le maintien de la vie aquatique et dans l'autoépuration. Sa présence dans les eaux naturelles est déterminée principalement par la respiration des organismes, par l'activité photosynthétique de la flore, par l'oxydation et la dégradation des polluants et enfin par les échanges air-eau (**Belghiti et al. 2013**).

3.2.2. Nitrites (NO₂⁻) :

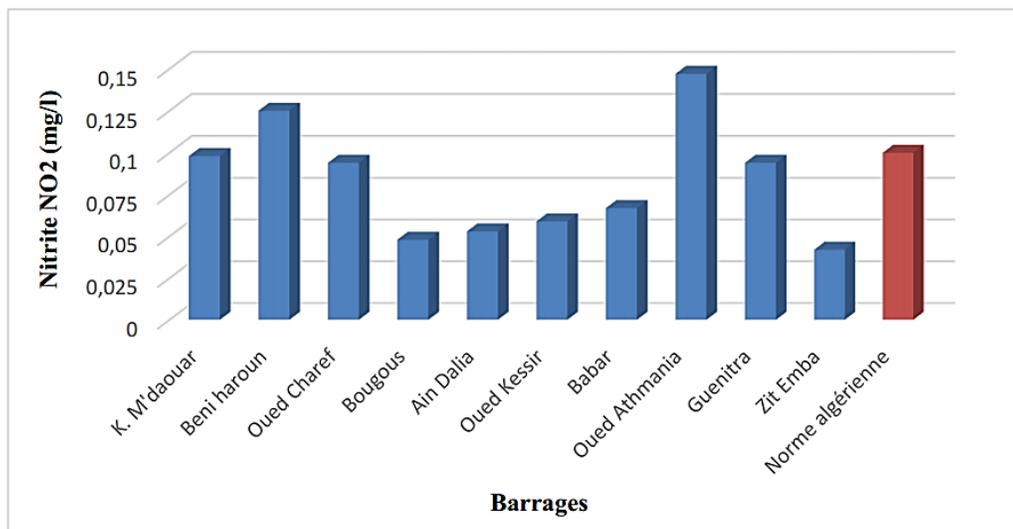


Fig.20 : Variation spatiale des nitrites dans les barrages étudiés.

D'après la **figure 20**, les valeurs mesurées dans les barrages varient entre une valeur minimale de 0.042 mg/l enregistrées au barrage de Zit El Emba, et une valeur maximale de 0.147 mg/l enregistrées au barrage d'Oued Athmania. Les valeurs mesurées dans barrages de Beni Haroun et Oued Athmania dépassent la norme algérienne 0,1 mg/l. L'élévation de ces valeurs peut être traduire par les engrais utilisés dans l'agriculture et par les rejets urbains et industriels dans les oueds qui se déversent dans le barrage. Nos valeurs sont supérieures à ceux d'**El Ouedghiri et al (2014)**, qui ont trouvés des valeurs annuelles entre 0,001 mg/l et 0,09 mg/l.

Les nitrites peuvent être rencontrés dans les eaux, mais généralement à des doses faibles, une eau qui renferme des nitrites peut être considérée comme suspecte. Les eaux qui sont en contact avec des terres contenant des nitrites ou avec des rejets urbains et industriels qui contiennent des nitrites, sont généralement contaminées par cet élément indispensable (El Ouedghiri et al. 2014).

3.2.3. Ammonium (NH_4^+) :

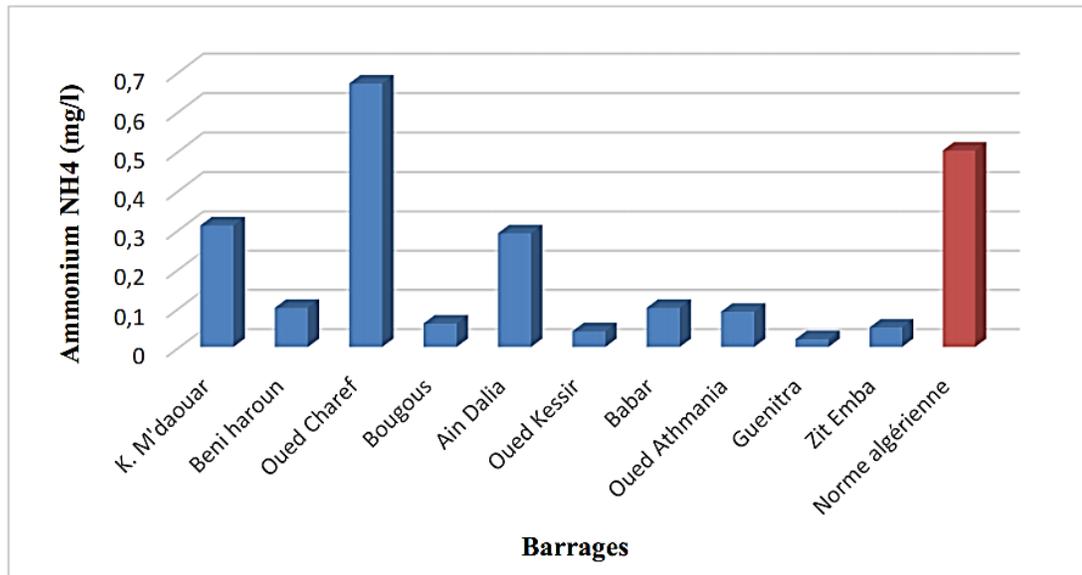


Fig.21 : Variation spatiale de l'ammonium dans les barrages étudiés.

D'après la **figure 21**, les valeurs mesurées dans les barrages étudiés varient entre 0.02 enregistrée au barrage Guenitra, et une valeur maximale de 0.67 enregistrée au barrage Oued Charef qui est supérieure à la norme algérienne 0,5 mg/l. cette élévation peut être dû aux rejets domestiques et industriels, ainsi l'activité agricole qui se passe à proximité du barrage. Nos valeurs restent inférieures à ceux d'**Aguiza-Abai et al (2014)** qui ont trouvés des valeurs entre 1,78 mg/l et 2,19 mg/l.

L'azote ammoniacal des eaux superficielles peut avoir pour origine la matière végétale des cours d'eau, la matière organique animale ou humaine (l'homme élimine 15 à 30 g d'urée par jour), les rejets industriels, les engrais, etc. Sa présence est à rapprocher des autres éléments azotés identifiés dans l'eau : nitrites et nitrates, et des résultats de l'analyse bactériologique. En effet, l'azote ammoniacal est oxydé par nitrification en nitrite NO_2^- en état intermédiaire, puis ce dernier est rapidement oxydé en nitrate (NO_3^-). Cette transformation est effectuée en présence d'oxygène par des bactéries autotrophes nitrifiantes en deux étapes, la première étant assurée par des bactéries Nitrosomonas et la deuxième par des bactéries Nitrobacter (**Rodier et al. 2009 ; Hamaidi-Chergui et al. 2016**).

3.2.4. Phosphate (PO_4^{3-}) :

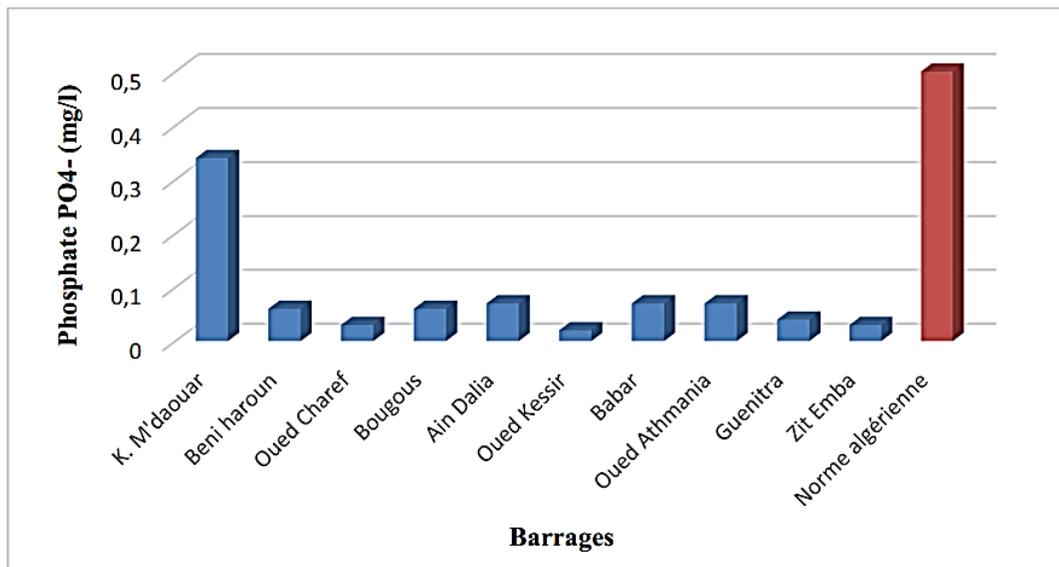


Fig.22 : Variation spatiale du phosphate dans les barrages étudiés.

D'après la **figure 22**, les valeurs du phosphate mesuré dans les barrages étudiés varient entre une valeur minimale 0.02 mg/l enregistrée au barrage Oued Kessir et une valeur maximale 0.34 mg/l enregistrée au barrage Koudiat M'daouar. Ces valeurs sont inférieures à la norme algérienne 0,5 mg/l.

Selon la grille utilisée pour signaler la situation du phosphate, on remarque que l'eau du barrage de Koudiat M'daouar a atteint une pollution notable durant le mois de Janvier. Cela est dû à l'utilisation des engrais chimiques qui contiennent du phosphate, aux terrains cultivés à proximité du barrage. Nos résultats restent inférieurs à ceux de **Bouakkaz (2015)** qui a retrouvé que l'eau des stations d'Oum Lakraa et de Boussoufa a atteint une pollution notable d'une valeur de 0,46 mg/l durant les périodes de prélèvements mois d'août et de novembre.

Les stations d'épuration ne traitent que 65% des eaux usées, et l'eau traitée sera diffusée vers les barrages et chargée de certains composés organiques notamment les phosphates. Cette substance est à l'origine de déséquilibres des écosystèmes en favorisant par excès le développement de certains végétaux indésirables qui consomment de l'oxygène du milieu, ce qui conduit à l'eutrophisation de l'eau (**Bouguetit et Benhamida, 2015**).

3.2.5. Demande biochimique en oxygène (DBO₅) :

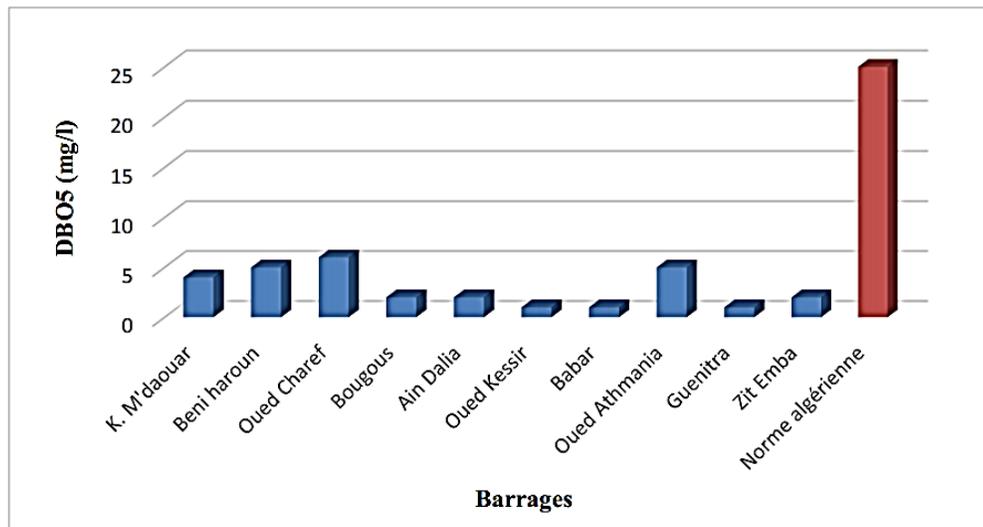


Fig.23 : Variation spatiale du DBO₅ dans les barrages étudiés.

D'après la **figure 23**, les valeurs mesurées dans les barrages étudiés varient entre une valeur minimale de 1 mg/l enregistrées aux barrages Oued kissir, Babar et Guenitra, et une valeur maximale de 6 mg/l enregistrées au barrage Oued Charef. Ces normes sont inférieures à la norme algérienne 25 mg/l. Nos valeur restent inférieur à ceux de **Mehounou et al (2016)**, qui ont trouvé des valeurs comprennent entre 8 mg/l et 35 mg/l.

Les phénomènes d'autoépuration naturelle dans les eaux superficielles résultent de la dégradation des charges organiques polluantes, sous l'action de micro-organismes. Il en résulte une consommation d'oxygène qui s'exprime par la demande biochimique en oxygène ou DBO₅ (**Rodier et al. 2009**).

3.2.6. Demande chimique en oxygène (DCO) :

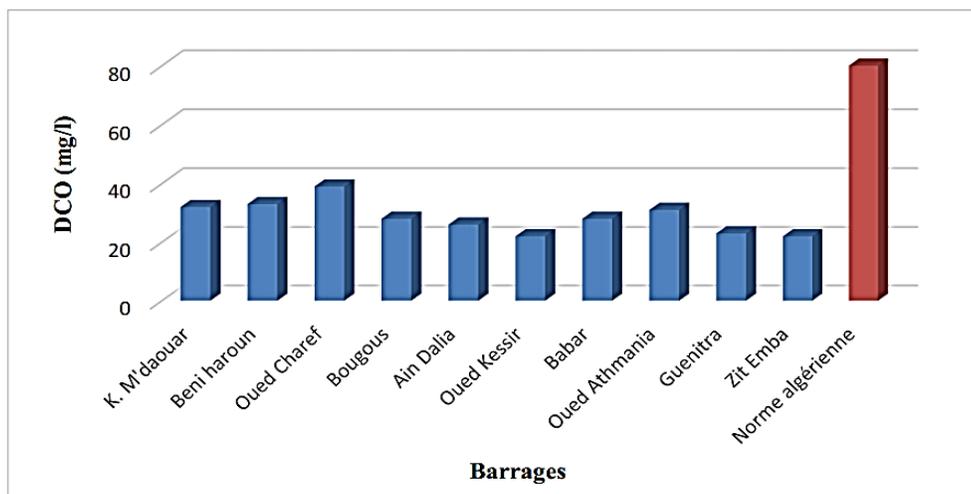


Fig.24 : Variation spatiale du DCO dans les barrages étudiés.

D'après la **figure 24**, les valeurs mesurées dans les barrages étudiés varient entre une valeur minimale 22 mg/l enregistré aux barrages de Oued kissir et Zit El Emba et une valeur maximale 39 mg/l enregistrées au barrage de Oued Charef. Ces valeurs sont inférieures à la norme algérienne 80 mg/l. Nos résultats restent inférieurs à ceux d'**Allagua et al (2017)**, qui ont trouvé des valeurs entre 35 mg/l et 55 mg/l.

La DCO correspond à la teneur de l'ensemble des matières organiques oxydables. Elle s'exprime par la quantité d'oxygène fournie par le dichromate de potassium et nécessaire à l'oxydation des substances organiques (protéines, glucides, lipides, etc.) présentes dans les eaux résiduaires. Les différences des résultats obtenus par la DCO constituent une indication de l'importance des matières polluantes peu ou pas biodégradables (**Rodier et al. 2009**).

3.2.7. Matière organique :

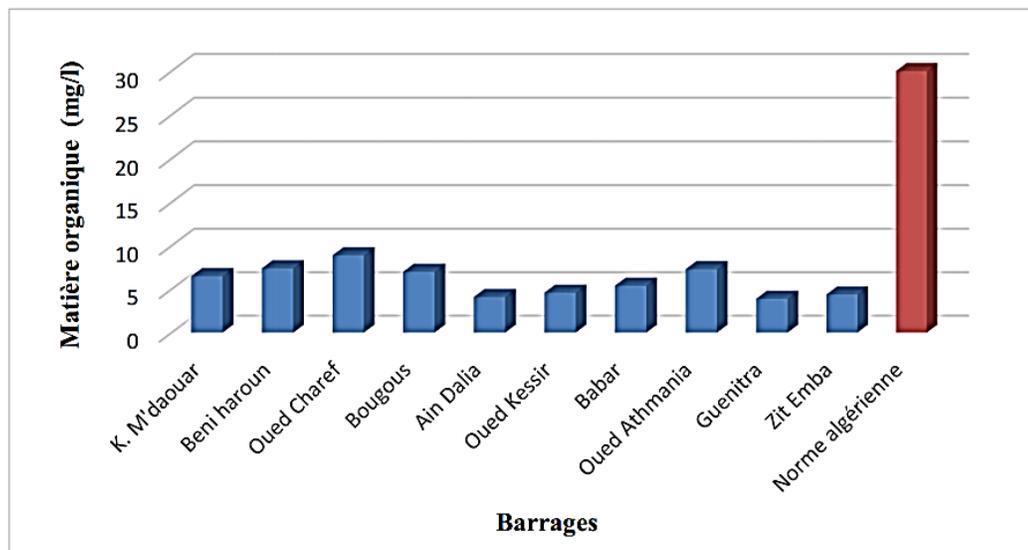


Fig.25 : Variation spatiale de la matière organique dans les barrages étudiés.

D'après la **figure 25**, les valeurs de la matière organique varient entre une valeur minimale 3.9 mg/l enregistrée au barrage Guenitra, et une valeur maximale 8.9 mg/l enregistrée au barrage Oued Charef. Ces valeurs sont inférieures à la norme algérienne 30 mg/l. Nos valeurs sont supérieures à celles de **Malaoui et Agoudjil (2015)**, qui ont trouvé des valeurs comprises entre 1,79 mg/l et 4,3 mg/l.

La matière organique des eaux naturelles est souvent assimilée en totalité à la matière organique naturelle (MON), bien que certains micropolluants présents dans les milieux aquatiques soient d'origine anthropique. En fait, c'est au moins 90 % de la charge en matières organiques des eaux naturelles qui est représentée par la MON et son intérêt est primordial pour la production d'eau potable (**Rodier et al. 2009**).

Conclusion :

« L'eau destinée à la consommation » est dit pour les eaux qui ne sont pas susceptible de porter atteinte à la santé de ceux qui la consomme. Pour qu'une eau soit potable et ne présente aucun danger sur la santé des consommateurs, il faut qu'elle réponde aux normes de la potabilité qui fixe les valeurs limites pour l'ensemble des éléments contrôlant la qualité de cette eau.

Pour évaluer la qualité des eaux de dix barrages situés dans le Nord-est algérien, nous avons effectué une série d'analyses des paramètres physico-chimique (Température, pH, Conductivité électrique, Résidu sec, Nitrates) et des indicateurs de la pollution organique (Oxygène dissous, Nitrites, Ammonium, Phosphate, DBO₅, DCO, Matière organique).

Les résultats obtenues des barrages du Nord-est étudiés montre que :

- La température des eaux est saisonnière et ne dépasse pas la norme algérienne
- Le pH des barrages étudiés est d'une alcalinité faible.
- La conductivité électrique est élevée au niveau du barrage Oued Charef (3200 $\mu\text{S}/\text{cm}$), ce qui signifie une minéralisation élevée.
- Le taux des résidus secs est supérieur à la norme au niveau du barrage Oued Charef, révélant une pollution organique marquée par de fortes charges organiques et minérales.
- Les teneurs en nitrate sont assez faibles et inférieures à la norme algérienne.
- Les taux d'oxygène dissous sont généralement élevé dans tous les barrages ce qui signifie une forte activité de dégradation des pollutions présents dans les eaux par les microorganismes aquatique du milieu ou bien dit « l'autoépuration ».
- Les teneurs en nitrites supérieurs à la norme algérienne enregistrée au niveau du barrage Oued El Athmania et le barrage Beni Haroun à cause de l'utilisation excessive des engrais chimiques à dans les terrains cultivés à proximité.
- La teneur en ammonium enregistrée au barrage Oued Charef et supérieurs à la norme algérienne, traduite par les rejets domestiques et industriels, et l'activité agricole à proximité du barrage.
- Les teneurs en phosphate dans les barrages étudiés sont assez faibles et soumises à la norme algérienne.
- Les valeurs de la demande biochimique en oxygène (DBO₅) enregistrées aux barrages étudiés sont toute inférieures à la norme algérienne.
- Les valeurs de la demande chimique en oxygène dans les barrages étudiés sont toute conformes à la norme algérienne.

- Les teneurs en matière organique enregistrés aux barrages étudiés sont tous conformes à la norme algérienne.

Par conséquent, les eaux des barrages de Oued Charef, Oued El Athmania et Béni Haroun, nécessite un traitement pour éliminer les substances qui mènent à la potabilité des eaux. Et pour cela, il est recommandé d'utiliser :

- Un système d'osmose inverse pour retenir les impuretés (recommandé pour tous les barrages étudiés)
- Des agents réducteurs comme l'hydrazine avec sensibilité, car elle réagit avec l'oxygène et par conséquent diminue le taux d'oxygène dissous dans les eaux concernées.
- D'un biofiltre, qui favorise les mécanismes de nitrification et dénitrification de l'azote contenu dans l'eau à l'aide des microorganismes spécifiques, pour éliminer les nitrites et l'ammonium dans les eaux.

Références bibliographiques :

1. **A.B.H.-C.S.M (2009)** : Les Cahiers de l'agence N° 12, Qualité des eaux Superficielle dans les bassins du kebir – Rhumel, de la Seybouse et de la Medjerda -Mellegue 2004- 2007, Agence de bassin hydrologique Constantinoise – Seybouse – Mellegue, Constantine.
2. **Abdeddaim H. et Benkhaled A. (2016)** : Influence de la structure du réseau hydrographique sur la réponse hydrographique « Cas des bassins du Nord-Est de l'Algérie ». Journal Larhyss, 27, pp 313-335.
3. **Aguiza-Abai E., Ombolo A., Ngassoum M.B. et Mbawala A. (2014)** : suivi e la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux des cours d'eau de Ngaoundéré, au Cameroun. Journal Science d'Afrique. 10(4), pp 135-154.
4. **Allagua A., Kaouachi N., Boualeg CH., Ayari A. et Bensouileh M. (2017)** : Caractérisation Physico-Chimique Des Eaux Du Barrage Foum El-Khanga (Region De Souk-Ahras, Algérie). journal scientifique européen, 13(12), pp 258-275.
5. **Anonyme (2020)** : Détermination de la dureté de l'eau par complexométrie. TP chimie de solution. Université de Batna 2, Batna, Algérie, 4 p.
6. **ANRH (2007)** : Les cahiers de l'agence. Les analyses fondamentales, 56 p.
7. **ANRH (2009)** : Surveillance de la qualité des eaux. ANRH, Algérie, 26 p.
8. **ANRH (2019)** : Programme d'Appui à la mise en œuvre de l'Accord d'Association Algérie-UE. Fiche de projet de jumelage, 33p.
9. **ANRH (2023)** : les capacités des barrages de l'Est algérien et les volumes en janvier 2023.
10. **Atteia O. (2005)** : chimie et pollutions des eaux souterraines. Lavoisier, TEC & DOC, Paris, 448p.
11. **Avril J.L., Dabernat H., Denis F. et Monteil H. (2000)** : Bactériologie clinique. 3^e édition, Elipses, Paris, 583 p.
12. **Barkat k. (2016)** : Suivi de la qualité physico-chimique des eaux du barrage béni Haroun. Mémoire de master. Université des Frères Mentouri Constantine, Algérie, 33 p.
13. **Barkat K. (2016)** : suivi de qualité physico-chimique des eaux du Barrage Béni Haroun. Mémoire de master. Université des Frères Mentouri, Constantine, Algérie, 33 p.
14. **Beupoil C. et Bornens P. (1997)** : Oxygène dissous et toxicité de l'ammoniaque en zones estuariennes : seuils d'acceptabilité. Station de Biol. Mar. (Concarneau). Agence de l'Eau, Loire-Bretagne. 63 p.
15. **Belghiti M.L., Chahlaoui A., Bengoumi D. et El Moustaine R. (2013)** : Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quaternaire dans la région de Meknès (Maroc). Journal Larhyss. N°14, pp 21-36.

16. **Bellanger E. et Moro J. (2014)** : Vale De Marne (LE)- Anthologie. Les éditions de l'atelier, France, 400 p.
17. **Ben Mehraz A. et Louelh DJ. (2016)** : contribution à l'évaluation de la qualité des effluents industriels au niveau de l'Entreprise Nationale des industries de l'Electroménager « ENIEM). Mémoire de master. Université de Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, Algérie, 64p.
18. **Benameur M. et Bentoumi F. (2020)** : Evaluation de quelque paramètres de qualité des eaux des barrages de l'Est algérien. Mémoire de master. Université Mohamed El-Bachir El-Ibrahimi, Bordj Bou Arréridj, Algérie, 31p.
19. **Bennamoun S. et Boumazbar M. (2018)** : Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique des eaux du barrage de Koudiet M'daour (Wilaya de Batna). Mémoire de master. Université des Frère Mentouri Constantine, Algérie, 27 p.
20. **Benslimane M., Hamimed A., El Zerey W., Khaldi A. et Mederbal K. (2008)** : Analyse et suivi du phénomène de la desertification en Algérie du nord. Vertigo, 8(3), pp 1-9.
21. **Bernard A. et De Flotte R. (2025)** : Atlas d'Algérie et de Tunisie, Editions Emile Larose, Alger-Paris, Jules Carbonel.
22. **Bidi Z. et Djidja C. (2020)** : Analyse de quelque paramètres physico-chimiques d'une source d'eau au niveau de la commune de Mizrana (Tizi-Ouzou). Mémoire de Master, Université de Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, Algérie, 59 p.
23. **Biran S. et Merabet N. (2018)** : Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de barrages Ghrib et Bouroumi. Mémoire de master. Université Saad Dahlab, Blida, Algérie, 80 p.
24. **Boeglin J.C. (2001)** : Propriétés des eaux naturelles. Technique de l'ingénieur. G1110.
25. **Bordet J. (2007)** : L'eau dans son environnement rural : hydraulique et cycle de l'eau, l'alimentation en eau potable, l'assainissement des agglomérations, Edition johanet, Paris, 309p.
26. **Bouakkaz F.Z. (2015)** : Contribution à l'étude microbiologique et physicochimique de l'eau des zones humides de la région de Collo (wilaya de Skikda). Mémoire de magister. Université El Arbi Ben M'hidi d'Oum El Bouaghi, Algérie, 87 p.
27. **Bouguetit K. et Benhamida N. (2015)** : Etude de la vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines de la cuvette d'ouargla (Cas de la nappe du continental intercalaire). Mémoire de master : université Kasdi Merbah, Ouargla, Algérie, 32 p.
28. **Bousalah S. (2018)** : Etude de la qualité des eaux stockées à l'amont et les eaux d'infiltration à l'aval des barrages en remblai en Algérie. Thèse du doctorat : université Badji Mokhtar, Annaba, Algérie.
29. **Boussi H. et Lounis I. (2018)** : Etude de comportement mécanique des talus Cas du barrage Bougous (W.d'El Tarf). Mémoire de master. Université de Jijel, Algérie, 114 p
30. **Bouziane ch. et kharroubi F. (2022)** : Méthode de calcul de l'évapotranspiration ETP sur les signaux

- d'indice de sécheresse SPEI, application sur la région de Msila-Algérie-. Mémoire de magister. Université Kassdi Merbah, Ouargla, Algérie, 43p.
- 31. Bouziani M. (2000) :** L'eau, de la pénurie à la maladie. Ibn-Khaldoun, Oran, Algérie, 247p.
- 32. Bouziani M. (2006) :** l'eau dans tous ses états. Dar El Gharb, Algérie, 260 p.
- 33. Bremond R. et Vuichard R. (1973) :** Paramètres de la qualité des eaux. Documentation Française, Paris, 179 p.
- 34. Carnevale E., Frei A., Garcia D. et Coppel G. (2006) :** Impacts des activités et des intrants agricoles (engrais, pesticides, déchets, etc.) sur les eaux situées en aval des exploitations. Haute école de gestion de Genève, 14p.
- 35. D.E.F.S.K.M. :** Dossier Exploitation et Formation de la station de Koudiat Medouar.
- 36. De Villers J., Squibin M., Yousrassowsky C. (2005) :** Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surfaces. Observatoire des données de l'environnement. Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement, pp 1-16.
- 37. Debbih H. et Naili B.E. (2015) :** etude de qualité des eaux des barrages de l'Est Algérien. Mémoire de Master : université de Larbi ben M'hidi, Oum El Bouaghi, Algérie, 67 p.
- 38. Degremont G. (2005) :** Mémento technique de l'eau. Tome 1 et 2. 10ème édition, TEC& DOC, Lavoisier, Paris, France, 1718p.
- 39. Diallo A-D. (2015) :** Détermination de quelques paramètres physico-chimiques et microbiologiques des eaux de puits de la commune urbaine de Mamou. Mémoire de master. Institut supérieur de Technologie de Mamou, Guinée, 83 p.
- 40. Dib A. (2016) :** Transfert des eaux d'Oued Athmania – Koudiat Medouar – Ourkiss. Mémoire de de d'ingénieur d'état. Ecole Nationale Polytechnique, Alger, Algérie, 114 p.
- 41. E.R.S.A.E.P.V.M. :** Etude de Diagnostic et de Réhabilitation des Systèmes d'Alimentation en Eau Potable des Villes de Mila, Grarem et Souk Ahras. 109p.
- 42. El Ouedghiri et al. (2014) :** Risques sanitaires liés aux composés chimiques contenus dans l'eau de boisson dans la ville de Fès : Cas des ions nitrates et nitrites. Journal de matériels et science environnementale. 5(S1), pp 2284-2292.
- 43. Farah A.K. (2014) :** Changement climatique ou variabilité climatique dans l'Est algérien. Mémoire de Magistère. Université des Frères Mentouri, Constantine, Algérie, 108 p.
- 44. Fatmia Z.I.E. (2020) :** Analyse physico-chimique de l'eau de mer au niveau de quelques sites de rejets des eaux usées- côte de Mostaganem. Mémoire de master, Université Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem, Algérie, 34p.
- 45. Gaujous D. (1995) :** La pollution des milieux aquatiques, aide-mémoire, Paris, 200p.

46. **Genin B., Chauvin C., Ménard F. (2003)** : Cours d'eau et indices biologiques-Pollution,méthode-IBGN, 2éme Edition Educagri, France Dijon, 221 p.
47. **Gérin M. et al. (2003)** : Environnement et santé publique : Fondements et pratiques. Edisem et TEC & DOC, Québec et Paris, 1019 p.
48. **Habila S. (2008)** : Etude de l'impact du barrage Beni Haroun sur l'environnement : effets écologiques. Mémoire du magister : Université des frères Mentouri, Constantine, Algérie, 122 p.
49. **Hamaidi-Chergui F., Zoubiri A.F., Hamaidi M.S., Debib A. et Kais H. (2016)** : Evaluation de l'efficacité de la station d'épuration de Medea (Algérie). Journale Larhyss. N° 26, pp 113- 128.
50. **Hider R. (2019)** : étude des raisons de la salinité élevée dans la STEP d'Ouargla et son impact sur l'environnement. Mémoire de master. Université Kassdi Merbah, Ouargla, Algérie, 71 p.
51. **Himmi F. et Brahimi R. (2022)** : Efficacité du procédé de Stabilisation /Solidification des eaux de purge, des cuves de pétrole sise au quatre chemin Bejaia, et des déchets ultimes par liants hydrauliques et l'ajout de grignon d'olive. Mémoire de master. Université Abderrahmane Mira, Bejaia, Algérie,
52. **J.O.R.A.D.P. (2014)**: Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire. Conventions et accords internationaux-Lois et décrets. N° 13, 53 ème ANEE, 32 p.
53. **Kadi M-L. (2017)** : traitement des eaux usées industrielles de la raffinerie de SBAA Adrar. Mémoire de master. Université d'Adrar, Algérie, 80p.
54. **Kherifi W. et Bekiri F. (2016)** : Les maladies à transmission hydrique en Algérie. Journal algérien des Régions Arides (JARA), (14), pp 74-83.
55. **Lemzadmi C. et Saidi H. (2017)** : Perte de capacité de stockage en eau dans quelques barrages de l'Est algérien. Mémoire de Master. Université du 8 Mai 1945 de Guelma, Algérie, 84p.
56. **Louafi K. et Chorfi S. (2021)** : impact de la pollution des eaux sur l'environnement. Mémoire de master en toxicologie, Université Larbi Tebessi, Tebessa, Algérie, 79p.
57. **Lounnas A. (2008)** : Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station Hamadi Kroma de Skikda, Algérie. Mémoire de magister. Université 20 Août 1955, Skikda, 120p.
58. **M.D.D.E.P. (2006)** : Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec.
59. **Malaoui S. et Agoudjil N. (2015)** : Etude de la qualité des eaux de surface et des eaux traitées- Cas des barrages de Koudiat Medaouar et de Ain Zada.
60. **Marouf N. (2012)** : Etude de la qualité des eaux et de transport Solide dans le barrage de Beni-Haroun (Mila), son Impact sur l'environnement de la région. Thèse de Doctorat : Université Mohamed Kb, Biskra, Algérie, 216 p.
61. **Mazi A. (2006)** : traitement des eaux de rejet d'une raffinerie- région de Bejaia et valorisation de déchets oléicoles. Thèse de doctorat. Université de Badji Mokhtar, Annaba, Algérie, 163p.
62. **Mebarki A. (2009)**, ressources et aménagement en Algérie-les bassins hydrographique de l'est. Office

des publications universitaires, Alger, 389 p.

- 63. Medjram MS. et khalfaoui M. (2014) :** Etude et évaluation des risques liés à la contamination des eaux du Barrage de Guenitra, par les Métaux Lourds, de la Mine de SidiKamber. Journal de l'Université de Selçuk- Sciences naturelles et appliquées, pp 268-274.
- 64. Mehanned S., Chahlaoui A., Zaid A., Samih M. et Chahboune M. (2014) :** Typologie de la qualité physico-chimique de l'eau du barrage Sidi Chahed-Maroc. Journal de matériels et science environnementale. 5(5), pp 1633-1642.
- 65. Mehounou J.P., Josse R.G., Dossou-yovo P., Senou S.F. et Toklo R.M. (2016) :** Caractérisation physico-chimique et microbiologique des eaux souterraines et superficielles dans la zone de production cotonnière d'Aplahoué. Journal des Biosciences appliquées, 103, pp 9841-9853.
- 66. Mekaoussi N. (2014) :** Comportement des Eléments Chimiques dans les Eaux de Surface de Hammam Debagh (Est Algérien). Mémoire de magister. Université Hadj Lakhdar, Batna, Algérie, 112 p.
- 67. Mekhloufi A. et Ouanoughi R. (2017) :** Etude des paramètres physico-chimiques et microbiologiques des eaux du barrage de Boukoudrane (Tipaza). Mémoire de master. Université saad Dahlab, Blida, Algérie, 43p.
- 68. Merouani S. et Bouguedah A. (2013) :** Etude de la pollution chimique et la vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines de la cuvette d'Ouargla. Mémoire master. Université Kasdi Merbah, Ouargla, Algérie, 37 p.
- 69. Metahri M.S. (2012) :** Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixte. Cas de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou. Thèse de doctorat. Université Mouloud Mammeri. Tizi-Ouzou, 76 p.
- 70. Mizi A. (2006) :** traitement des eaux de rejet d'une raffinerie- Région de Bejaia et valorisation de déchets oleicoles. Thèse de doctorat. Université Badji Mokhtar, Annaba, Algérie, 163 p.
- 71. Mokeddem K., Ouddane S. (2005) :** Qualité Physico-chimique et Bactériologique De L'eau De Source Sidi Yaakoub (Mostaganem). Mémoire d'ingénieur institut de biologie, Mascara, pp 18-22.
- 72. Nguyen P. et al. (2018) :** Évaluation de l'impact de la pollution diffuse sur la qualité de l'eau en rivière avec données restreintes : cas d'application du bassin versant de la rivière Cau. Revue des sciences de l'eau. Journal de science de l'eau, 31(3), pp 293-312.
- 73. Ombala R. (2013) :** Etude de l'accessibilité à l'eau potable dans les vilages pilotes du projet errigation de complément et information climatique dans la commune de Kongoussi. Mémoire de master. Centre commun de recherche eau et climat, France, 42 p.
- 74. OMS. (2000) :** Directives de qualité pour l'eau de boisson. Volume 2, critères d'hygiène et documentation à l'appui, 2ème édition, 1050 p.

- 75. OMS. (2017):** Directives pour l'eau potable: quatrième édition incorporant le premier addenda. Geneva: Organisation Mondiale de la Santé. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO, 631p.
- 76. Pesson P. (1980) :** la pollution des eaux continentales : incidence sur les biocénoses aquatiques. Annales de géologie, Paris, 87(479), pp 97-101.
- 77. Poirel J., Gailhard J., Capra H. (2010) :** Influence des barrages-réservoirs sur la température de l'eau : exemple d'application au bassin versant de l'Ain. La Houille Blanche - Revue internationale de l'eau, 4, pp 72-79.
- 78. Ramade F. (2005) :** Eléments d'écologie. 6^{ème} édition. Dunod, Paris, 862p.
- 79. Ramade F. (2011) :** Introduction à l'éco-chimie. TEC & DOC Lavoisier, Paris, 789p.
- 80. Reggam A. (2015) :** Contribution à l'étude de la qualité microbiologique et physico-chimique des eaux d'Oued Seybouse. Thèse de Doctorat. Université du 8 Mai 1945, Guelma, Algérie, 134p.
- 81. Richards S.M. et Hunt B.W. (1982) :** *Clostridium sordellii* chez les agneaux. Antécédents vétérinaires, 22p.
- 82. Rodier .J. Bazin .C. Brontin .J. P., Chambon .P. Champsaur .H. Rodier .L. (1996) :** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. DUNOD, 8^{ème} édition, Paris, 1364 p.
- 83. Rodier J., Bazin C., Broutin J.P., Chambon P., Champsaur H. et Rodi L. (2005) :** L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. Dunod, Paris, 1384p.
- 84. Rodier J., Bernard I. et Nicole M. (2005) :** Mémento technique de l'eau. Volume 2. 10^{ème} édition. Degrémont, France, 1928 p.
- 85. Rodier J., Bernard L., Nicole M et all. (2009) :** L'analyse de l'eau. 9^{ème} édition. DUNOD. Paris. France, 1511 p.
- 86. Saidi S. (2014) :** La qualité des eaux du sous bassin versant de l'Oued Aissi. Mémoire ingénieure. Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, Algérie, 169 p.
- 87. Sari H. (2014) :** Contribution à l'étude de la qualité chimique et bactériologique de l'eau de source « ATTAR » (TLEMCEN). Mémoire de magister. Université Abou-Bakr Belkaid, Tlemcen, Algérie, 65 p.
- 88. Si Abderahmane O. (2016) :** Contribution à l'évaluation du système management qualité et des paramètres physicochimiques, bactériologiques et organoleptiques des eaux des stations de traitement Taksebt et Boudouaou. Mémoire de master. Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouezou, Algérie, 102 p.
- 89. Tardat H. (1992) :** Chimie des eaux. 2^{ème} 2^{dition}, Le Griffon d'argile, Québec, 537p.
- 90. Tebbi F.Z., (2014) :** Modélisation de la régularisation des barrages dans la région des Aurès. Thèse de doctorat. Université de Batna 2, Batna, Algérie, 114 p.
- 91. Touati L. (2020) :** Les écosystèmes aquatiques continentaux terrestres. Cours de 3^{ème} année licence écologies et environnement. Université Frères Mentouri, Constantine, Algérie, 55 p.

92. Touchart L. (2021) : La définition de l'étang en géographie limnologique. L'Harmattan, Paris, pp 13-53.

Les sites web :

[1] : <https://fr.pureaqua.com/elimination-des-coliformes-de-leau/> consulté le 17/06/2023 à 08:32.

[2] : <http://id.eaufrance.fr/par/5479>. Consulté le 20/05/2023 à 19 :06.

[3] : <https://algerie-meteo.com/Climat.html> Consulté le 20/05/2023 à 15:47.

[4] : <https://www.youtube.com/watch?v=x7YEU7wmib8&t=243s> consulté le 17/06/2023. A 16 :19.

[5] : <https://www.inbo-news.org/IMG/pdf/Larbi.pdf> : consulté le 13/06/2023 à 06 :12.

[6] : <https://earth.google.com/web/> consulté le 17/06/2023 à 15 :12.

Année universitaire : 2022/2023

Présenté par : MILOUDI Boutheyna

INTITULÉ : Caractérisation et évaluation des eaux de quelques hydrosystèmes dans le Nord-Est algérien.

Mémoire de fin de cycle pour l'obtention du diplôme de Master en Ecologie Fondamentale et Appliquée

Résumé :

En Algérie, l'accès à l'eau potable pour la population ainsi que pour les activités agricoles et industrielles est considéré comme un intérêt essentiel pour l'homme, en vue de satisfaire ces besoins présents et futurs. Par conséquent, le gouvernement a établi des réseaux de stockage de l'eau de consommation dans des barrages qui sont répartis dans tout le pays afin de régler le problème de la disponibilité de l'eau. La présente étude s'inscrit dans le contexte d'une recherche sur la caractérisation et l'évaluation des eaux de quelques hydrosystèmes dans le Nord-est algérien en 2023. Nous avons mené sur les eaux de ces barrages un ensemble des analyses des paramètres physico-chimiques (Température, pH, conductivité électrique, résidus secs, Nitrates) et des paramètres indicateurs de pollution organique (Oxygène dissous, Nitrites, Ammonium, Phosphates, DBO₅, DCO, Matière Organique). Les résultats obtenus des eaux de barrages étudiés montre que la plupart est de qualité acceptable, sauf pour quelques barrage (Oued Charef, Béni Haroun et Oued El Athmania) où nous avons recensé un dépassement des teneurs en Oxygène dissous, résidus secs, nitrites et en ammonium. La surveillance et le contrôle des eaux de ces barrages restent une mission essentielle afin d'assurer sa bonne qualité pour les consommateurs.

Mots clés : Eau potable, Barrages, Physico-chimiques, pollution, Nord-est, algérien

Jury d'évaluation :

Présidente du jury : SAHLI Lila (Prof - UFM Constantine 1).

Rapporteur : TOUATI Laid (Prof - UFM Constantine 1).

Examinatrice : KARA Karima (MCA- UFM Constantine 1).

Date de soutenance : 22/06/2023