REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université du 20 août 1955 - SKIKDA



Faculté des Sciences

Département des sciences agronomique

Mémoire de Master

Spécialité : Aménagement Hydro Agricole

THEME :

QUALITE DES EAUX DE LA NAPPE ALLUVIALE DE LA MOYENNE VALLEE DU KEBIR EST, NORD EST ALGERIEN

Présenté par :

- BOURRICH ASSIA
- DAIF CHOUROUK
- LADAYCIA HANA

Présidente : NAKIB.L (MAA) (Université du 20 Août 1955 – Skikda)
Examinatrice : MELLAL.N (MCA) (Université du 20 Août 1955 – Skikda)
Encadrante : BOULAROUK.W (MAA) (Université du 20 Août 1955 – Skikda)

Année Universitaire : 2025/2026

Résumé

Cette étude porte sur l'évaluation de la qualité hydrochimique des eaux de la nappe alluviale de la moyenne vallée du Kebir Est, située dans la wilaya d'El Tarf, au Nord-Est de l'Algérie. Cette nappe représente une ressource hydrique stratégique pour l'alimentation en eau et le développement des activités agricoles de la région.

Le travail s'est appuyé sur l'analyse des caractéristiques géographiques, géologiques, hydrologiques et climatiques de la zone d'étude, complétée par l'exploitation des résultats des analyses physico-chimiques des eaux souterraines. Les paramètres physiques (température, pH, conductivité électrique et TDS) ainsi que les principaux ions majeurs (Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}, Cl^{-}, SO_4^{2-} et HCO_3^{-}) ont été interprétés afin de déterminer la qualité des eaux, les mécanismes de leur minéralisation et leur aptitude aux différents usages.

Les résultats obtenus montrent que les eaux souterraines présentent une qualité globalement satisfaisante, avec des concentrations ioniques conformes aux normes nationales et internationales. La minéralisation observée est principalement liée aux interactions entre l'eau et les formations géologiques traversées. L'interprétation hydrochimique réalisée à l'aide des diagrammes de Piper et de Schoeller-Berkaloff met en évidence un faciès dominant de type **calcique–magnésien chloruré–sulfaté**.

L'évaluation de l'aptitude des eaux à l'irrigation, réalisée à l'aide des diagrammes de Riverside et de Wilcox, montre que les eaux étudiées présentent un faible risque de salinisation et de sodisation des sols, ce qui les rend adaptées à l'irrigation de la majorité des cultures.

Les résultats obtenus soulignent l'importance de préserver cette ressource stratégique par un suivi régulier de sa qualité et par l'adoption de pratiques de gestion durable, afin de garantir son exploitation à long terme et de répondre aux besoins croissants en eau de la région.

Mots-clés :

Eaux souterraines, hydrochimie, nappe alluviale, vallée du Kebir Est, qualité des eaux, faciès hydrochimique, irrigation, El Tarf.

Abstract

This study aims to evaluate the hydrochemical quality of groundwater from the alluvial aquifer of the Middle Kebir East Valley, located in El Tarf Province, northeastern Algeria. This aquifer represents an important water resource for drinking water supply and agricultural development in the region.

The research is based on the analysis of the geographical, geological, hydrological, and climatic characteristics of the study area, together with the interpretation of the physicochemical properties of groundwater samples. The main physical parameters (temperature, pH, electrical conductivity, and total dissolved solids) as well as the major ions (Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}, Cl^{-}, SO_4^{2-}, and HCO_3^{-}) were analyzed to assess groundwater quality, identify the processes controlling water mineralization, and evaluate its suitability for different uses.

The obtained results indicate that the groundwater is generally of good quality, with the measured physicochemical parameters remaining within the recommended national and international standards. Water mineralization is mainly controlled by water–rock interactions within the geological formations of the aquifer. Hydrochemical interpretation using the Piper and Schoeller–Berkaloff diagrams revealed a dominant **calcium–magnesium chloride–sulfate** water facies.

The assessment of irrigation water quality using the Riverside and Wilcox diagrams showed that the studied groundwater presents a low risk of salinity and sodicity, making it suitable for the irrigation of most agricultural crops.

The findings highlight the importance of continuous groundwater quality monitoring and sustainable water resources management to preserve this valuable aquifer and ensure its long-term use for domestic and agricultural purposes.

Keywords:

Groundwater, Hydrochemistry, Alluvial Aquifer, Middle Kebir East Valley, Water Quality, Hydrochemical Facies, Irrigation, El Tarf.

ملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم الجودة الهيدروكيميائية لمياه الطبقة المائية الرسوبية بالوادي الأوسط للكبير الشرقي، الواقعة بولاية الطارف في شمال شرق الجزائر، باعتبارها من أهم الموارد المائية المستغلة في تزويد السكان بالمياه ودعم النشاط الزراعي بالمنطقة.

اعتمدت الدراسة على تحليل الخصائص الجغرافية والجيولوجية والهيدرولوجية والمناخية لمنطقة الدراسة، إضافة إلى تفسير نتائج التحاليل الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية. وشملت الدراسة قياس أهم المؤشرات الفيزيائية، وهي درجة الحرارة، والأس الهيدروجيني، والناقلية الكهربائية، وإجمالي المواد الصلبة الذائبة، إلى جانب تحليل الأيونات الرئيسية المتمثلة في الكالسيوم، والمغنيسيوم، والصوديوم، والبوتاسيوم، والكلوريدات، والكبريتات، والبيكربونات، وذلك بهدف تحديد جودة المياه، وفهم العوامل المتحكمة في تمعدنها، وتقييم صلاحيتها للاستعمالات المختلفة.

أظهرت النتائج أن المياه الجوفية المدروسة تتميز بجودة عامة جيدة، حيث بقيت معظم المؤشرات الفيزيائية والكيميائية ضمن الحدود الموصى بها وفق المعايير الوطنية والدولية. كما تبين أن تمعدن المياه يرتبط أساسًا بالتفاعلات الطبيعية بين المياه والتكوينات الجيولوجية التي تعبرها. وأوضحت الدراسة الهيدروكيميائية، اعتمادًا على مخططي **بايبر** و**شويلر**–**بيركالوف**، أن السحنة الكيميائية السائدة هي **كلسية**–**مغنيسيومية وكلوريدية**–**كبريتاتية**.

كما بين تقييم صلاحية المياه للري باستخدام مخططي **ريفرساید** و**ويلكوكس** أن هذه المياه تتميز بانخفاض خطر التملح والصودية، مما يجعلها صالحة لري معظم المحاصيل الزراعية.

وتؤكد نتائج هذه الدراسة أهمية المراقبة الدورية لنوعية المياه الجوفية واعتماد أساليب تسيير مستدامة للحفاظ على هذه الثروة المائية وضمان استغلالها على المدى الطويل بما يخدم التنمية الزراعية والاقتصادية في المنطقة.

الكلمات المفتاحية :

المياه الجوفية، الهيدروكيمياء، الطبقة المائية الرسوبية، الوادي الأوسط للكبير الشرقي، جودة المياه، السحنة الهيدروكيميائية، الري، ولاية الطارف.



Remerciements

Avant tout, nous remercions Allah le Tout-Puissant de nous avoir accordé la santé, la force et la patience nécessaires pour mener à bien ce travail.

Nous exprimons notre profonde gratitude à notre encadreuse, Mme ***Wahiba Boularouk****, pour son suivi, sa disponibilité, ses précieux conseils et son accompagnement tout au long de la réalisation de ce mémoire.*

Nous adressons également nos sincères remerciements à l'ensemble des enseignants du département qui ont contribué à notre formation universitaire et à l'acquisition de nos connaissances.

Nos remerciements les plus respectueux sont adressés à ***M. NAKIB L.*** *et* ***Mme MELLAL N.*** *pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant de faire partie du jury et d'évaluer ce travail.*

Enfin, nous remercions toutes les personnes ayant contribué, de près ou de loin, à l'aboutissement de ce mémoire.

À tous, nous exprimons notre profonde reconnaissance et nos sincères remerciements





Dédicace

À la lumière de ma vie, à ceux qui ont toujours cru en moi avant même que je ne croie en moi-même.

À ma très chère mère, Bourrich Houria, source inépuisable de tendresse, de patience et de sacrifice. Merci pour tes prières, ton amour et ton soutien constant. Aucun mot ne saurait exprimer toute ma reconnaissance et mon affection envers toi.

À mon très cher père, Bourrich Slimane, symbole de courage, de sagesse et de dévouement. Merci pour tous les efforts consentis afin de m'offrir les meilleures conditions pour réussir. Que ce travail soit le reflet d'une infime partie de tout ce que je te dois.

À mon frère, Samir, pour son soutien, sa présence et ses encouragements dans les moments difficiles comme dans les moments de joie.

À mes chères sœurs, Ouafa, Nour El Houda et Abir, pour leur affection, leur confiance et leur soutien indéfectible. Votre présence a toujours été une source de motivation et de bonheur.

À mes chers neveux et nièces : Dania, Oussayd, Sanad et Lilyane, qui remplissent ma vie de joie, de douceur et de merveilleux souvenirs. Vos sourires illuminent mes journées et votre affection m'apporte force et bonheur. Je vous souhaite un avenir brillant, rempli de réussite, de santé et d'épanouissement. Que vous poursuiviez toujours vos rêves avec confiance et détermination.

À toute ma famille, qui m'a entourée d'amour, de conseils et d'encouragements tout au long de mon parcours.

À mes chers amis, qui ont partagé avec moi les moments de doute, de fatigue mais aussi les instants de réussite. Merci pour votre amitié sincère, votre soutien et tous les souvenirs inoubliables que nous avons construits ensemble.

Enfin, à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à l'aboutissement de ce travail.

Assia.





Dédicace

À la lumière de ma vie, à ceux qui ont toujours cru en moi avant même que je ne croie en moi-même.

À ma très chère mère, Djmili Seham, symbole d'amour, de tendresse et de sacrifice. Merci pour tes prières, ton soutien inconditionnel et tous les efforts que tu as consentis pour mon bonheur et ma réussite.
Qu'Allah te protège et te récompense abondamment.

À mon cher père, Daif Hamid, mon modèle de courage et de persévérance, pour son soutien, ses conseils précieux et sa présence constante à chaque étape de ma vie. Que Dieu te garde et te comble de Ses bienfaits.

À ma chère sœur, Daif Chaima, ainsi qu'à son époux Maalem Mohamed amine et à leur adorable fille Maalem Zeineb, avec toute mon affection.
Je leur souhaite une vie remplie de bonheur, de santé et de réussite.

À mon cher frère, Daif Mohamed Salah, en lui souhaitant un avenir brillant, plein de succès et d'accomplissements.

À mon cher fiancé, Souissi Sami, pour sa patience, sa compréhension, son soutien indéfectible et ses encouragements qui m'ont accompagnée tout au long de ce parcours. Merci d'avoir toujours cru en moi.
À mon grand-père Daif El Baghdadi et à ma grand-mère Manaa Zoubida, avec toute ma reconnaissance, mon respect et mon amour
À toutes mes tantes maternelles, avec mes sincères sentiments de respect et de gratitude.
À mes amis les plus proches, qui ont partagé avec moi les moments difficiles comme les moments de joie, et qui ont toujours été présents lorsque j'en avais besoin.
Enfin, à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à l'aboutissement de ce travail

Chourouk.





Dédicace

Je rends grâce à Allah Tout-Puissant pour m'avoir accordé la force, la patience et la volonté

nécessaires pour accomplir ce travail.

À ma très chère mère, Rahahla Nesima, pour son amour, ses sacrifices et ses prières.

À mon cher père, Ladaycia Rafik pour son soutien et ses efforts constants.

À ma sœur aînée, Hazar, pour son aide et son accompagnement.

À ma petite sœur, Malak, pour son affection et sa joie.

À mon amie de cœur, Mayssoun, pour son écoute et ses encouragements.

À Madame Malika Khelili et à mon oncle Ladaycia Hassan, pour leur bienveillance.

À mon oncle Rahahla Slim, à son épouse Khalfi Hanane, pour leur soutien.

À ma tante Masika, pour son affection.

À mon grand-père Rahahla Ammar, pour sa place précieuse dans ma vie.

Et enfin, à moi-même, pour ma persévérance et ma force.

Hana.



Table de Matières

Résumé

Abstract

ملخص

Remerciments

Dédicace

Liste des figures

Liste des Tableaux

Introduction générale……...01

Partie I : Présentation de la zone d'étude

1. Situation géographique de la zone d'étude ……..…..05

2.Aperçu général de la géologie……..…...05

2.3. Stratigraphie et lithologie……..…....06

2.3.1. Secondaire……..…….....06

2.3.2. Tertiaire……..….....…...06

2.3.2.1. Eocène inférieur……..…...07

2.3.2.2. Eocène supérieur…….……..…....07

2.3.2.3. L'oligocène……..…….…....07

2.3.2.4. Le Moi-pliocène……..…….…....07

2.4.Quaternaire……..……..…..…....07

2.4.1. Quaternaire ancien……...…….....07

2.4.2. Quaternaire moyen……...07

2.4.1.1. Quaternaire récent……...…....08

2.4.1.2. Quaternaire actuel…….……..…….…....08

2.5. Tectonique et évolution paléogéographique ……..……..……...…...08

3. Hydrologie de la zone d'étude……..…….....08

3.1. Les ressources en eau superficielles…….....09

3.1.1. Les oueds ……..……..…….....09

3.1.1.1.Oued El Kebir-Est……..…….....09

3.1.1.2.Oued Bounamoussa ……..…….09

3.2. Les lacs et les zones humides……..……....09

3.2.1. La zone humide de Mekrada……..……..09

3.2.1.1. Lac Oubéira……..…….....10

3.2.1.2. Lac Mellah ……..…….…….....10

3.2.1.3. Lac des oiseaux …….....10

3.3. Les barrages…….……...…...…….…….....11

3.3.1. Barrage Cheffia……..……..……....11

3.3.2. Barrage de Mexa (ou Mexanna) ……....…….....11

3.4.les ressources en eau souterraines ……..……....11

3.4.1. L'aquifère des graviers……...……....…….....11

3.4.1.1. La formation superficielle ……..…….....11

3.4.1.1.2. La formation inférieure …….....12

3.4.1.2.2. L'aquifère des sables dunaires Bouteldja……...12

3.4.1.2.3. La nappe du cordon dunaire d'Annaba-Bouteldja…….……....13

3.4.1.2.4. La nappe des terrasses …….……..13

3.4.1.2.5. La nappe des cipolins ……..…….....13

4. Climatologie……..……...…….…….....13

Introduction……..…….…….....13

4.1. Les facteurs climatiques …….……....14

4.1.2. Précipitation…….……..…….....14

4.1.2.1. Les précipitations mensuelles…….……..14

4.1.2.2. Les précipitations annuelles…….…….15

4.2. Températures……..……..……...17

4.2.1. La température moyenne mensuelle..…….....…..…….……....17

4.3. Diagramme ombrothermique ……...…….…….…....18

Conclusion……...……..…….…….....20

Partie II : Étude hydrochimique

Introduction…….....……..…….....22

1.Prélèvement et analyses……...……..…….....….....22

2.Présentation des points de prélèvement…….……..22

3.Vérification de la fiabilité des données ……...……...23

3.1. Balance ionique …….…….…….…….…...23

4. Interprétation des résultats……..…..…….....24

4.1. Paramètres physiques……...……..…….....25

4.1.1. Température…….……..…….....25

4.1.2. Potentiel hydrogène pH……...…….....26

4.1.3. La conductivité électrique……..…….....……..…….....26

4.1.4. Le TDS……...…….…….....27

4.2. Les paramètres chimiques……...……....28

4..2.1. Les cations ……..…….…….....28

4.2.2. Les anions ……..…….…….....30

5. Classification des eaux……..……..……..……..……...33

5.1. Classification des eaux selon le diagramme de PIPER……...…….……..33

5.2. Études de l'aptitude des eaux à l'irrigation……...…….……..…….....35

5.2.1. Classification de l'eau d'irrigation selon le diagramme de Riverside…….……..…….....35

5.2.2. Classification de l'eau d'irrigation selon WILCOX (1948)….……..……36

Conclusion …….....……..…….....38

Conclusion generale……..……..…..…….....40

Référence bibliographique ……..…….……..…...…….....43

Liste des Figures :

Figure 01 :Situation géographique de la zone d'étude ……..…..…….…...…05

Figure 02 :Carte géologique de la zone (Vila 1978, modifiée par Harizi.kh. ;2024)……..…..…06

Figure 03 :Carte schématique tectonique. (Bourbia, 2011)…….....08

Figure 04 :Carte réseau hydrographique (Affoun, S. 2022)…….……..…10

Figure 05 :Carte Schématique des nappes souterraines de la plaine El Tarf (Affoun, S., 2022)……..…..……12

Figure 6 :Histogramme des précipitations moyennes mensuelles aux stations de salines (2001-2025)…….……..15

Figure 7 :précipitations moyennes annuelles de la stations des Salines (2001 - 2025)…….……..17

Figure 8 :Histogramme des températures moyennes mensuelles de la stations des Salines (2001 - 2025)……..…….……18

Figure 9 :Diagramme ombrothermique de la stations des Salines (2001 – 2025)…….....….19

Figure 10 :Carte de situation des pointes de prélèvement ……..…..…..23

Figure 11 :Histogramme de la variation de la température……..……..25

Figure 12 :Histogramme de la variation de PH……...…….……..26

Figure 13 :Histogramme de la variation de la conductivité électrique. …….…….…….…..27

Figure 14 :Histogramme de la variation de TDS. ……...…….....…..27

Figure 15 :Histogramme de la variation du calcium……...…….……..28

Figure 16 :Histogramme de la variation du magnésium. ……...…….……...29

Figure 17 :Histogramme de la variation du sodium…….……..30

Figure 18 :Histogramme de la variation du potassium. …….…….……...30

Figure 19 :Histogramme de la variation du chlorure. …….…….…..31

Figure 20 :Histogramme de la variation du sulfate…….…..……..31

Figure 21 :Histogramme de la variation du HCO3…….…….……..32

Figure 22 :Diagramme de Piper des eaux souterraines des points P1, P2, P3 selon le diagramme de Wilcox. ……..…….……..33

Figure 23 :Classification des eaux étudiées pour l'irrigation selon le diagramme de Riverside…….……..…….……..34

Figure 24 :Classification des eaux étudiées pour l'irrigation……..…….……..36

Figure 25 :Diagramme de Schoeller-Berkaloff des eaux souterraines des points de prélèvement P1, P2 et P3…….……..37

Liste des Tableaux

Tableau 1 :Caractéristiques de la stations de mesure……..……...14

Tableau 2 :Précipitations moyennes mensuelles en (mm) à la station de les salines (2001-2025)……...14

Tableau 3 :Les précipitations moyennes annuelles et les coefficients pluviométriques (2001 – 2025)……...16

Tableau 4 :La température moyenne mensuelle (°C) de la stations des Salines (2001 - 2025)……...17

Tableau 5 :Norme de potabilité des eaux destinées à l'AEP (OMS et Algérien et FAO)……..25

Introduction générale

Introduction générale

L'eau est une ressource naturelle indispensable à la vie et au développement durable des sociétés. Elle constitue un facteur fondamental pour le développement économique, social et environnemental, en assurant l'alimentation en eau potable, le développement des activités agricoles, industrielles ainsi que le maintien des écosystèmes naturels. Face à la croissance démographique, à l'augmentation des besoins en eau et aux effets du changement climatique, la gestion rationnelle des ressources hydriques est devenue une priorité majeure dans de nombreux pays, notamment dans les régions méditerranéennes caractérisées par une forte variabilité climatique.

Les eaux souterraines représentent une composante essentielle du cycle hydrologique. Elles constituent une source stratégique d'approvisionnement en eau grâce à leur disponibilité relativement constante, leur protection naturelle contre certaines formes de pollution et leur qualité généralement meilleure que celle des eaux superficielles. En Algérie, ces ressources jouent un rôle primordial dans l'alimentation des populations, le développement agricole et la sécurité alimentaire, particulièrement dans les zones où les ressources en eaux de surface demeurent insuffisantes ou irrégulières.

La qualité des eaux souterraines dépend de nombreux facteurs naturels, notamment la nature lithologique des formations géologiques, le temps de résidence des eaux dans les aquifères ainsi que les phénomènes de dissolution, d'échange ionique et de minéralisation. Cependant, cette qualité peut être altérée par diverses activités anthropiques telles que l'agriculture intensive, l'utilisation excessive des engrais et des pesticides, les rejets domestiques et industriels ainsi que l'urbanisation croissante. Ces pressions peuvent provoquer une dégradation progressive de la qualité des eaux et limiter leur utilisation pour différents usages.

L'étude hydrochimique constitue aujourd'hui l'un des principaux outils permettant de comprendre le fonctionnement des aquifères et d'évaluer la qualité des eaux souterraines. Elle repose sur l'analyse des paramètres physico-chimiques et des principaux ions dissous afin de déterminer les processus géochimiques responsables de la minéralisation des eaux, d'identifier les faciès hydrochimiques dominants et d'évaluer leur aptitude à différents usages. Les diagrammes hydrochimiques tels que ceux de Piper, Schoeller-Berkaloff, Riverside et Wilcox permettent notamment de caractériser les eaux souterraines et d'apprécier leur qualité pour la consommation humaine et l'irrigation.

La wilaya d'El Tarf possède un potentiel hydrique important grâce à l'abondance de ses ressources superficielles et souterraines. Parmi celles-ci, la nappe alluviale de la moyenne vallée du Kebir Est constitue l'une des principales ressources en eau de la région. Cet aquifère est largement

exploité pour l'alimentation en eau et l'irrigation des terres agricoles, ce qui lui confère une importance économique et environnementale considérable. Toutefois, l'évolution des conditions naturelles et les activités humaines rendent indispensable un suivi régulier de la qualité de ses eaux afin de garantir une exploitation durable de cette ressource.

La zone d'étude est caractérisée par un contexte géologique et hydrogéologique complexe où les interactions entre les formations alluviales, les dépôts quaternaires et les formations géologiques environnantes influencent directement la composition chimique des eaux souterraines. De plus, les conditions climatiques méditerranéennes, marquées par une alternance entre une saison humide et une saison sèche, jouent un rôle important dans la recharge de la nappe, les phénomènes de dissolution et les échanges entre les eaux souterraines et les formations géologiques.

Dans ce contexte, la présente étude vise à évaluer la qualité physico-chimique des eaux de la nappe alluviale de la moyenne vallée du Kebir Est. Elle cherche à identifier les caractéristiques hydrochimiques des eaux souterraines, à déterminer les mécanismes responsables de leur minéralisation, à mettre en évidence les faciès hydrochimiques dominants et à apprécier leur aptitude à l'alimentation en eau potable ainsi qu'à l'irrigation selon les principales classifications internationales.

Pour atteindre ces objectifs, plusieurs analyses physico-chimiques ont été réalisées sur des échantillons d'eaux souterraines. Les résultats obtenus ont été interprétés à l'aide de différentes méthodes hydrochimiques et comparés aux normes nationales et internationales afin d'évaluer la qualité globale des eaux étudiées.

Le présent mémoire est structuré en deux parties complémentaires. La première est consacrée à la présentation générale de la zone d'étude à travers ses caractéristiques géographiques, géologiques, hydrologiques et climatiques. La seconde porte sur l'étude hydrochimique des eaux souterraines, l'interprétation des résultats analytiques, l'identification des faciès hydrochimiques et l'évaluation de l'aptitude des eaux à la consommation et à l'irrigation à l'aide des diagrammes hydrochimiques les plus utilisés.

À travers cette étude, nous espérons contribuer à une meilleure connaissance de la qualité des eaux souterraines de la moyenne vallée du Kebir Est et fournir des éléments scientifiques utiles pour une gestion durable de cette ressource hydrique, indispensable au développement agricole et socio-économique de la région.

Partie I : SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA ZONE D'ETUD

1. Situation géographique de la zone d'étude

La région étudiée se localise dans la partie extrême Nord-Est de l'Algérie. Elle appartient administrativement au territoire de la wilaya d'El Tarf. Elle fait partie du grand bassin versant de la Mafragh .

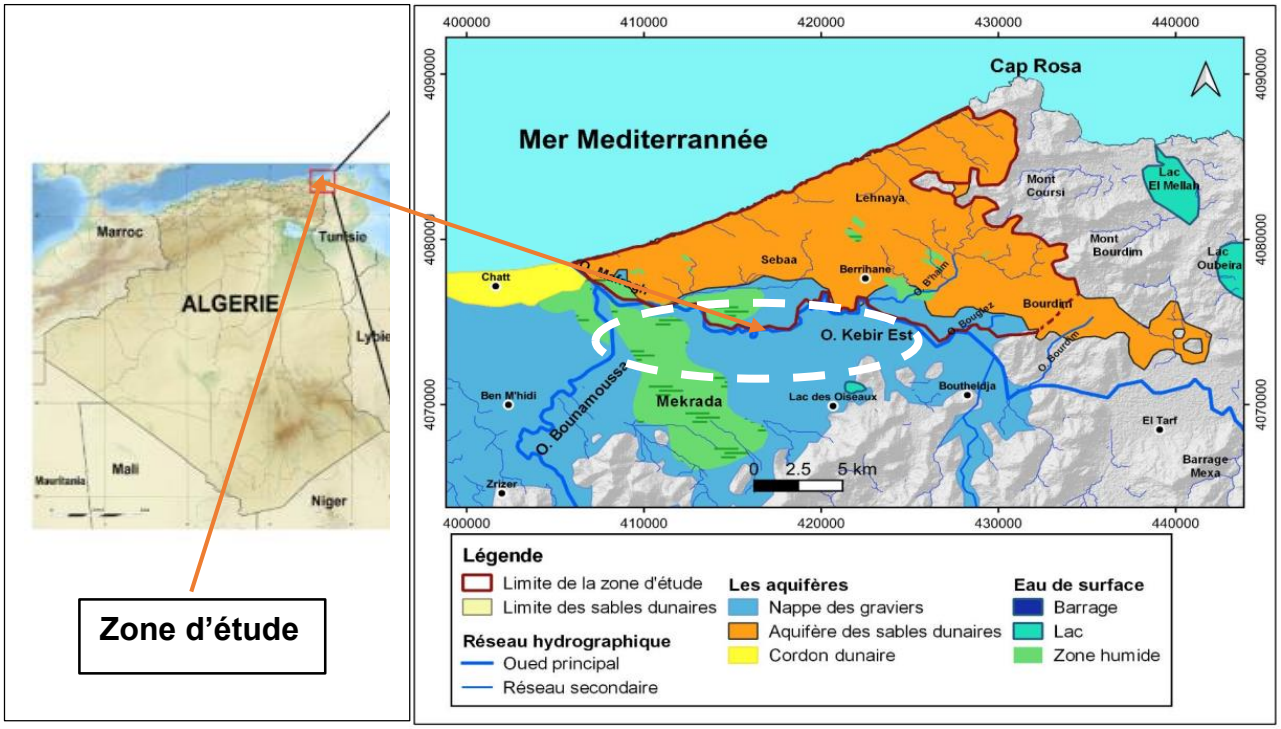


Figure 1 : Situation géographique de la zone d'étude

Notre zone d'étude est une partie de la nappe alluviale superficielle (appelé aussi aquifère alluvial des plaines d'Annaba, d'El Tarf et de Bouteldja, aussi nappe des graviers).

La partie concernée par cette mémoire se trouve au voisinage de la nappe phréatique du massif dunaire de Bouteldja occupant les deux rives de l'oued El kebir-Est comme c'est présenté dans la figure 1.

2.Aperçu général de la géologie

La région d'étude, située dans l'extrême Nord-Est Algérien (Annaba-El Tarf), a été décrite à travers plusieurs travaux de référence notamment ceux de Joleaud (1936), Vila (1980) et Marre (1980). Elle est caractérisée par une structure géologique complex dominée par les formations numidiennes, qui constituent l'essentiel des reliefs montagneux. À l'inverse, les zones de dépression sont occupées par des formations plus tendres et récentes. (Labar, 2003).

2.3. Stratigraphie et lithologie

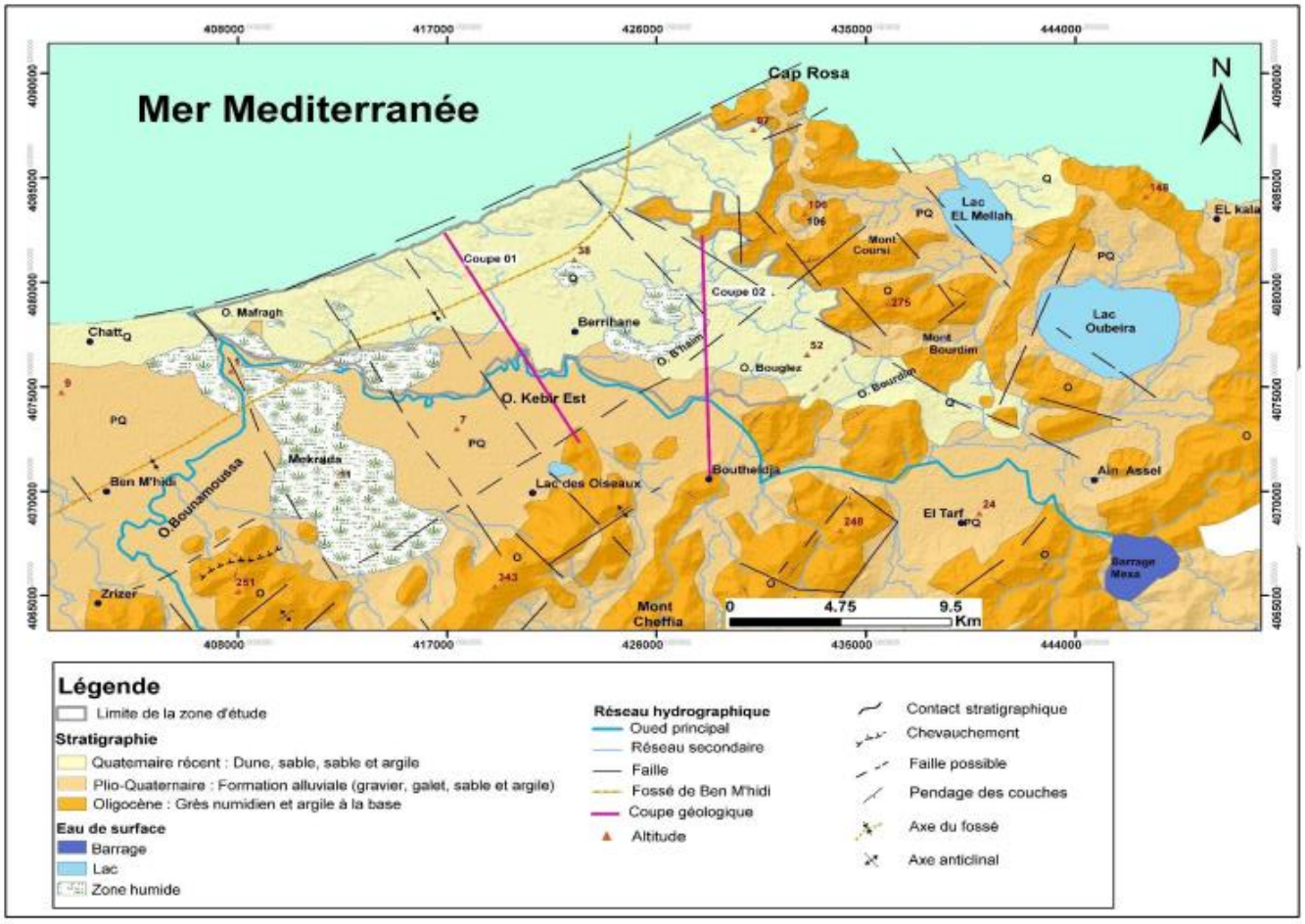


Figure 2 : Carte géologique de la zone (Vila 1978, modifiée par Harizi.kh. ;2024)

● L'extrême Nord-est présente une stratigraphie qui dévoile des formations géologiques allant du secondaire au quaternaire récent. (Mezbour, 2018).

2.3.1. Secondaire

Cet étage se distingue par des formations marneuses, marno-clcaires et des schistes légèrement argileux, avec des intercalations de calcaire. Le secondaire est ainsi visible à l'est du bassin versant de la Mafragh, au niveau des monts Bousouaqui (Tunisie), Cheffia et finalement Cap Rosa durant le Crétacé supérieur. (Derradji, 2019).

2.3.2. Tertiaire

Il est caractérisé par des formations gréso-argileuses numidiennes qui s'étendent d'ouest en est, notamment dans tous les segments montagneux jusqu'à El Kala, où l'on distingue :

2.3.2.1. Eocène inférieur

Il se manifeste à travers une série de calcaire marneux, riche en silex ou en bitume, dans un contexte de transgression. (Derradji, 2018).

2.3.2.2. Eocène supérieur

Il se distingue par des formations argileuses du numidien de teinte rouge ou grise. Parfois, sur la base de la couleur verte à brunâtre qui donne son nom aux flyschs de type numidien, on observe

alluvions des oueds avec des intercalations de bancs de grès. (Derradji, 2018).

2.3.2.3. L'oligocène

Il est caractérisé par des argiles surmontées de grès numidiens, entrecoupés de petits bancs de grès quartzeux qui se manifestent sur tous les reliefs des collines du versant sud de la plaine d'El Tarf et délimitent les alluvions des oueds. (Derradji, 2018).

2.3.2.4. Le Moi-pliocène

Dépôts liés au remplissage des bassins d'effondrement, constitués de sables, conglomérats et argiles rouges et grises. Ces formations jouent un rôle important dans la structuration des reliefs et la délimitation des zones de circulation des eaux souterraines. (Labar, 2003).

2.4.Quaternaire

Le quaternaire représente la couverture superficielle de la région et constitue l'élément principal du système aquifère. Il est composé de dépôts alluviaux, colluviaux et dunaires issus de l'érosion et du transport des matériaux anciens. (Labar, 2003).

2.4.1. Quaternaire ancien

Il correspond aux terrasses alluviales élevées formées de sables et de cailloux, témoignant d'anciens niveaux d'écoulement des oueds. (Labar, 2003).

2.4.2. Quaternaire moyen

Il regroupe les terrasses intermédiaires constituées de galets, sables et limons, répartis le long des vallées principales. (Labar, 2003).

2.4.1.1. Quaternaire récent

Il correspond aux dépôts de basses terrasses et des fonds d'oueds, caractérisés par une alternance de galets, graviers, sables et limons, avec une organisation granulométrique progressive. (Labar, 2003).

2.4.1.2. Quaternaire actuel

Il regroupe les dépôts récents des lits d'oueds, des zones humides, des marécages et des plages littorales. Ces formations sont très perméables et constituent les principaux réservoirs de la nappe alluviale. (Labar, 2003).

2.5. Tectonique et évolution paléogéographique

La région est marquée par une forte activité tectonique liée aux mouvements alpins ayant entraîné la formation de nappes et de structures de charriage. Les phases de transgression et de régression marines du miocène ont contrôlé la sédimentation et la mise en place des formations continentales et marines. L'évolution tectonique a conduit à la formation de bassins d'effondrement comblés par des dépôts détritiques récents, ainsi qu'à la compartimentation de la région en structures structurales séparées par des failles de directions variées. Ces processus ont fortement influencé la morphologie actuelle et la dynamique des eaux souterraines. (Labar, 2003).

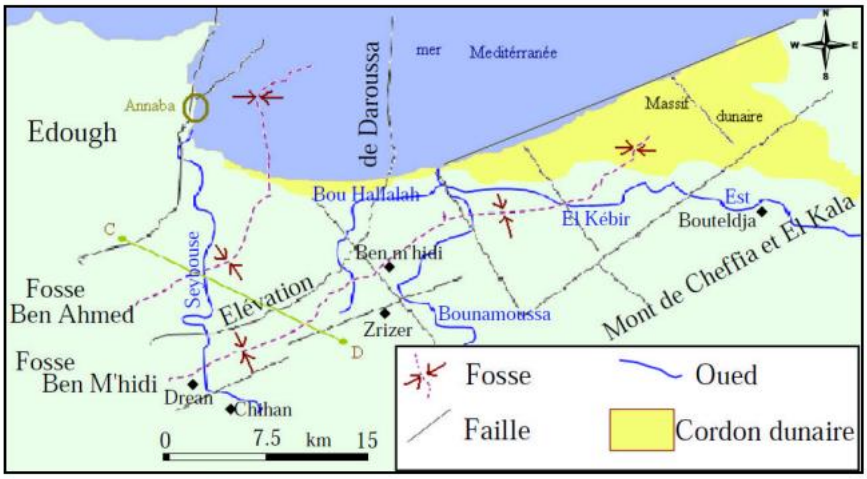


Figure 03 :Carte schématique tectonique. (Bourbia, 2011)

3. Hydrologie de la zone d'étude

Les eaux de surface tel que : les cours d'eau, les étendues libres (lacs) et les barrages est l'une des richesses capitales du pays. Le bassin versant de la Maffragh représente un réservoir

naturel remarquable d'eaux superficielles par son apport moyen annuel important et ce malgré la variabilité pluviométrique d'une année à une autre

3.1. Les ressources en eau superficielles :

3.1.1. Les oueds :

Le bassin versant de la Mafragh est caractérisé par une forte densité des réseaux hydrographiques. Les deux cours d'eau principaux dans le bassin sont Oued El Kebir-Est et Oued Bounamoussa.

3.1.1.1.Oued El Kebir-Est :

l'Oued El Kebir-Est représenté le cours d'eau principal dans le bassin de la Mafragh. Il est formé par la jonction de deux principaux affluents, L'Oued Ballouta et L'Oued Bougous. Ces deux affluents drainent le versant Algérien à partir des sommets qui constituent la frontière Algéro-Tunisienne. La jonction forme l'Oued El Kebir -Est dans la zone de Mexa. le Kebir-Est prend son parcours parallèlement à la côte, traverse la plaine d'El Tarf et reçoit à gauche l'Oued Guergour, puis dans la plaine de Bouteldja, il reçoit sur sa même rive gauche l'Oued Boukhroufa ensuite l'Oued Boulathane, alors que sur sa rive droite, il collecte les eaux de ruissellement des Oueds Bourdim et Bouglez et Oued B'haim qui sont les exutoires de la zone dunaire de Bouteldja (Labar, 2003). Dans sa partie avale, l'Oued EL Kebir-Est se répand dans le vaste marais d'El M'khada.

3.1.1.2.Oued Bounamoussa :

L'Oued Bounamoussa prend sa naissance au Djebel M'sid à la hauteur de la ville de Bouhadjar, il est formé par la confluence d'Oued El Kebir et Oued Bouhadjar et draine la partie Ouest du bassin de la Mafragh. Les écoulements de cet Oued sont captés par un barrage construit au niveau de la commune de Cheffia.

La jonction des deux Oueds forme l'Oued Mafragh et lui donne la caractéristique d'exutoire du bassin de la Mafragh vers la mer. (Labar, 2003)

3.2. Les lacs et les zones humides :

3.2.1. La zone humide de Mekrada :

Le marais de Mekrada nommé aussi M'khada est situé dans la partie Nord-Ouest du bassin versant de la Mafragh.

3.2.1.1. Lac Oubéira :

Le lac Oubéira se localise au Sud-Est de la zone dunaire de Bouteldja, en contrebas du Mont Coursi. Avec une superficie de 2200 ha et une profondeur de 2.5 m, le lac représente un important réservoir naturel d'eau douce qui est caractérisé par une faible salinité.

3.2.1.2. Lac Mellah :

Le lac Mellah se situe au Nord du lac Oubéira et à l'Est de la zone dunaire de Bouteldja et couvre une surface de 900 ha (fig.01). Il représente une ancienne vallée fluviale qui s'est transformée en lagune après avoir été envahie par l'eau de mer. C'est la seule lagune qui existe en Algérie.

3.2.1.3. Lac des oiseaux :

Il se situe au Sud de la plaine alluviale de Bouteldja, le lac des oiseaux couvre une superficie d'environ 60 hectares. Il est alimenté par les eaux de ruissellement et par les eaux souterraines de la plaine alluviale. Lors de la période des crues, les eaux d'Oued El Kebir-Est alimentent le lac.

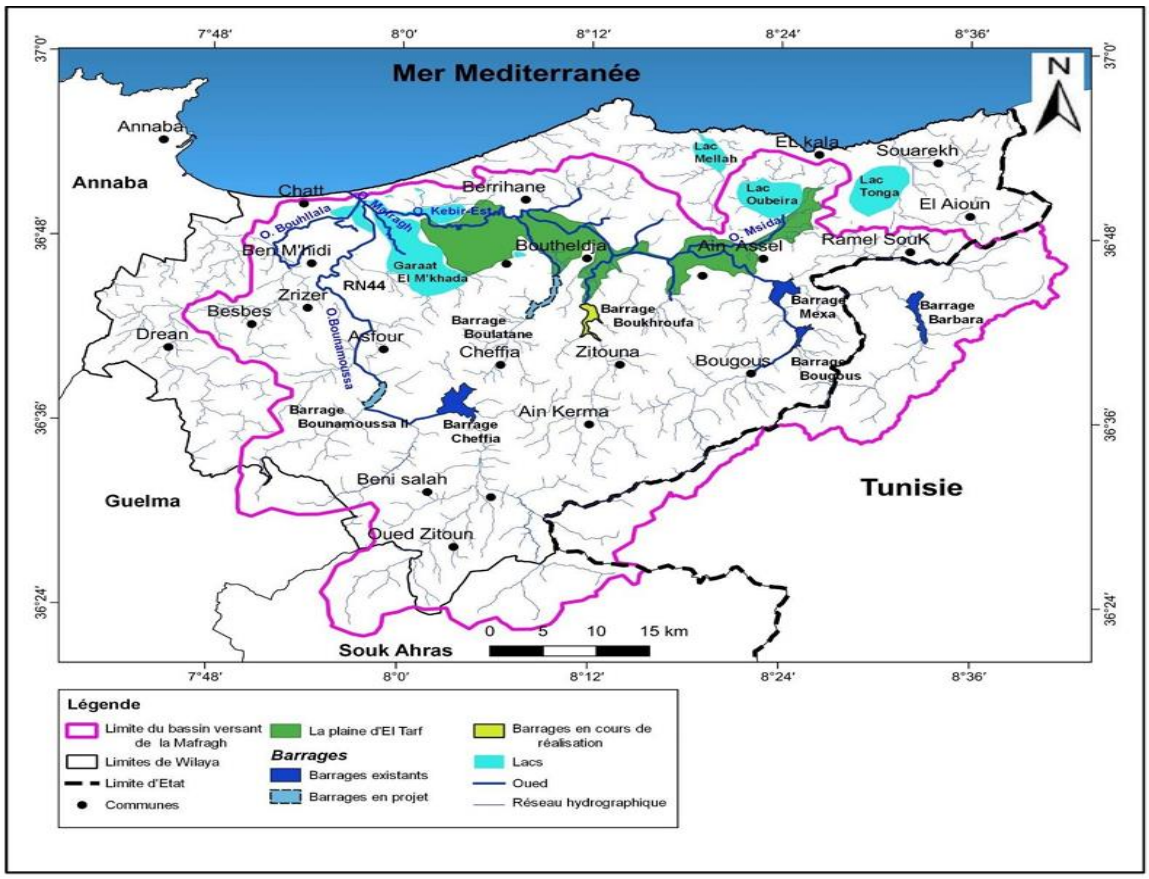


Figure 4 : Carte réseau hydrographique (Affoun, S. 2022)

3.3. Les barrages

3.3.1. Barrage Cheffia

Le barrage de cheffia, achevé en 1965, se présente comme une digue de terre généralement maintenue de 165 m de longueur. Cette retenue permet une régularisation de 95Hm^3 par an afin de satisfaire les exigences en matière d'irrigation pour Bounamoussa et la ville d'Annaba, ainsi que les besoins industriels de la région, en particulier dans le domaine de la sidérurgie à El Hadjar. (Hallab,2021).

3.3.2. Barrage de Mexa (ou Mexanna)

est une infrastructure hydraulique stratégique située dans la wilaya **d'**El Tarf. Il se trouve sur l'oued Kebir Est, au cœur du Parc National d'El Kala, Il possède une capacité de stockage de **24 millions de m³,**Selon les données les plus récentes de février 2026, le barrage a atteint un **taux de remplissage de 100 %** suite aux fortes précipitations enregistrées dans la région. Cette situation garantit une sécurité hydrique confortable pour la saison estivale à venir dans l'extrême Nord-Est du pays.

3.4.les ressources en eau souterraines :

La zone d'Annaba-Bouteldja est située dans une zone très arrosée dans la partie Nord-orientale d'Algérie, les caractéristiques hydrologiques et géologiques de la région ont favorisé la création de plusieurs aquifères. Gaud (1976) a établi la carte hydrogéologique de la région (fig. 34) où il distingue des réservoirs d'importance variable.

Les principaux aquifères de la région sont :

3.4.1. L'aquifère des graviers

Il prend des noms différents selon les endroits (aquifère alluvial des plaines d'Annaba, d'El Tarf et de Bouteldja), il se compose par deux formations superposées limitées par une couche perméable à semi-perméable :

3.4.1.1. La formation superficielle :

C'est l'objet de notre étude, représentée par la nappe des alluvions récentes et actuelles, elle couvre la majorité de la plaine d'Annaba, Bouteldja et El-Tarf. Elle est contenue dans des alluvions récentes et actuelles à texture argilo-sableuse, argilo-limoneuse avec quelques lentilles de sables et

d’épaisseur moyenne de 10 à 15 mètres. Elle est exploitée principalement par des puits de faibles profondeurs.

3.4.1.1.2. La formation inférieure :

Est contenue dans des niveaux sablo-argileux, des graviers et des galets et a une grande extension dans le bassin. Des niveaux profonds de graviers du Plio-Quaternaire ont été rencontrés par forages et reposent sur un substratum argileux d'âge mio-pliocène. Ils sont semi-confinés à confinés sous des formations sablo-limoneuses qui définissent leur sommet. Ils sont rencontrés au fond de l'aquifère alluvial d'Annaba-El Tarf Bouteldja, avec des épaisseurs variant de quelques mètres sur les bords à environ 80 m au centre des dépressions.

3.4.1.2.2. L’aquifère des sables dunaires Bouteldja

C’est l'objet de notre étude ; la nappe des sables dunaires s’étend de Ain Khiar au Sud-Est jusqu’à la mer méditerranée au Nord et des mont Coursi à l’Est jusqu’à Oued Mafragh à l’Ouest.

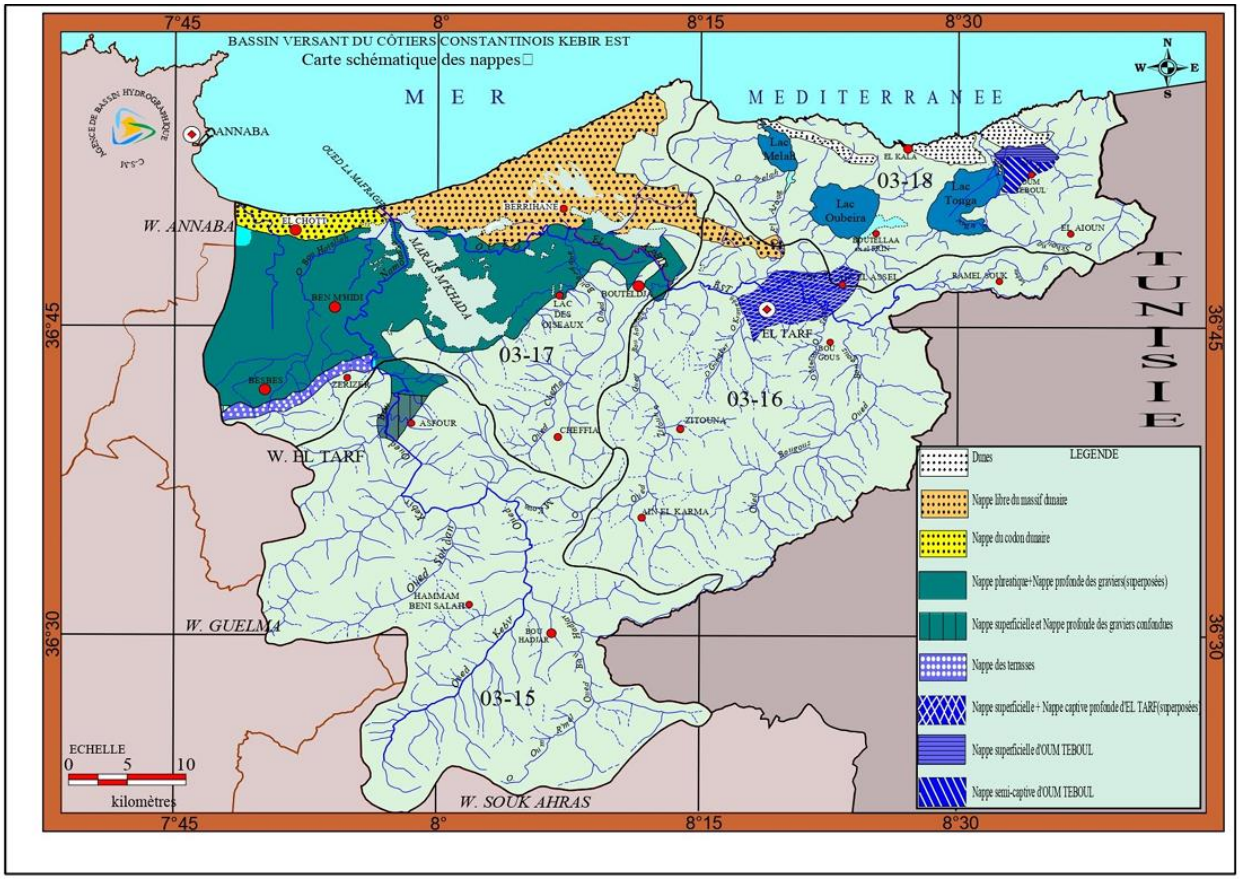


Figure 5 : Carte Schématique des nappes souterraines de la plaine El Tarf (Affoun, S., 2022)

3. 4.1.2.3. La nappe du cordon dunaire d'Annaba-Bouteldja

Elle se situe à l'Ouest de l'aquifère du massif de Bouteldja, limitée par la mer méditerranée au Nord, par le marais de Mekrada au Sud et par Oued Mafragh à l'Est. C'est une nappe étroite qui s'étale sur une bande littorale de 0.5 à 2 km de largeur, contenue dans des sables dunaires éoliens. Elle est alimentée directement par les eaux de pluie.

3.4.1.2.4. La nappe des terrasses :

Localisée au sud de la région, dans des cailloutis et galets. D'après B.Gaud (1976) la transmissivité de cette nappe est faible variant de 10-5 à10-4 m2/s. Etant donnée ses faibles potentialités hydrauliques, cette nappe n'est exploitée que par des puits destinés à l'agriculture et à l'alimentation de petites localités (**Attoui, B. 2014**).

3.4.1.2.5. La nappe des cipolins :

Elle est contenue dans des cipolins fissurés localisée au Nord ouest dans les massifs de Bouhamra. Et du Belleilita profonde.de 12 à 80 m, les débits d'exploitation des forages sont de l'ordre de 15l/s et les transmissivités varient entre 5.10-5 et 10-3

4.Climatologie

Introduction

Dans l'analyse des ressources hydrique et du fonctionnement de l'hydrologie d'un bassin versant, le climat joue un rôle crucial. Ce dernier a un impact direct sur les précipitations, les températures et les processus d'évaporation, qui déterminent la disponibilité de l'eau. Cette recherche axée sur le bassin de l'Oued Kébir Est a mené à une étude climatologique basée sur les chiffres de précipitation et de température collectés dans le station de les salines, couvrant la période de 2001 à 2025. Cette étude s'appuie sur l'utilisation de diagrammes ombrothermiques et d'histogrammes mensuels pour illustrer la variabilité saisonnière des paramètres climatiques, ainsi que le passage de phases humides à sèches. Ce chapitre vise à définir le climat de la zone d'analyse et à mesurer son impact sur le comportement hydrologique du bassin versant.

Au cours de notre étude, on s'est basé sur les données climatiques de la station des Salines, qui couvrent une période de 25 ans; dont les caractéristiques sont portées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1 : Caractéristiques de la stations de mesure.

Station	X (km)	Y (km)	Z (m)	Période d'observation
Les salines	955,800	403,802	03	2001-2025

4.1. Les facteurs climatiques

4.1.2. Précipitation

On entend par précipitation toute forme d'eau qui se déverse du ciel, qu'elle soit à l'état liquide ou solide. Cela englobe la pluie, la neige, la grêle, et ainsi de suite. La précipitation joue un rôle essentiel, car elle détermine le flux saisonnier et a une influence directe sur le régime des rivières et l'approvisionnement en eaux souterraines. Notre région d'examen est reconnue comme l'une des plus pluvieuses en Algérie. Pour analyser les données de précipitation, nous avons fait appel à des séries de précipitations couvrant la période de 2001 à 2025, soit une durée d'observation de 24 ans.

4.1.2.1. Les précipitations mensuelles

La moyenne mensuelle des précipitations nous offre une vue d'ensemble sur les fluctuations mensuelles et pluriannuelles des précipitations, en se fondant sur des calculs de la moyenne arithmétique des hauteurs de précipitations pour le mois examiné sur plusieurs années. (Tableau 2) présente la distribution mensuelle pour le station des salines.

Tableau 2 : Précipitations moyennes mensuelles en (mm) à la station de les salines (2001-2025).

Mois / Station	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aout
Les salines	44,36	54,92	98,04	100,32	97,36	70,88	69,80	49,00	38,56	11,12	2,48	10,88

● Les précipitations moyennes mensuelles à la station des Salines montrent une variation saisonnière importante. Les valeurs maximales sont enregistrées en hiver, avec un pic de **100,32 mm en décembre**, tandis que les minima sont observés en été, notamment en **juillet (2,48 mm)**. Cette répartition traduit un **régime pluviométrique méditerranéen**, caractérisé par une saison humide en automne-hiver et une période sèche en été.

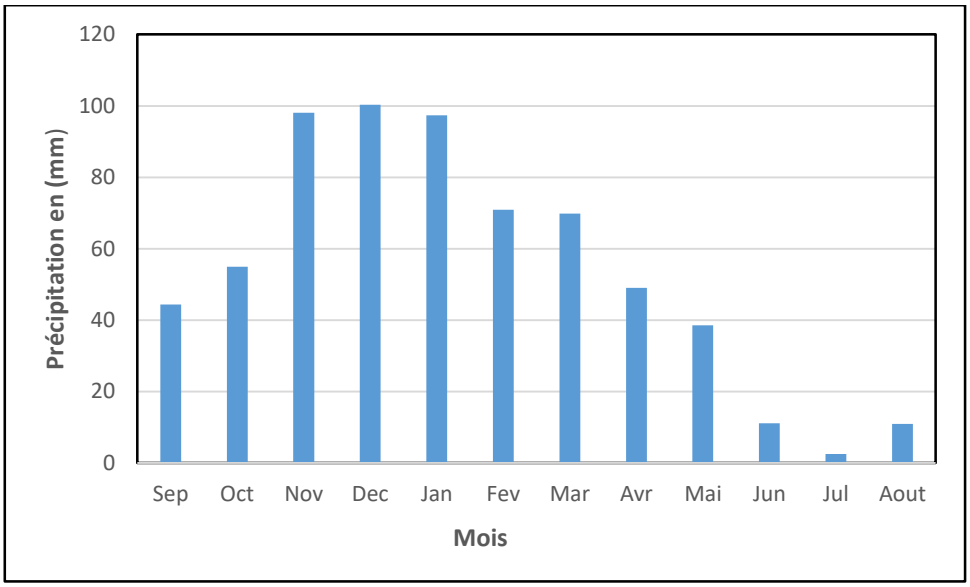


Figure 6 : Histogramme des précipitations moyennes mensuelles aux stations de salines (2001- 2025).

4.1.2.2. Les précipitations annuelles

La station des salines a enregistré une moyenne annuelle de précipitations de 647,72 mm sur la période allant de 2001-2025, basée sur un calcul sur 24 ans. Le tableau ci-dessous présente les variations d'une année à l'autre. L'évaluation de la variation interannuelle des précipitations peut se faire grâce au coefficient pluviométrique (CP), un indicateur crucial pour différencier les années à surplus hydrique des années à déficit. Il est caractérisé comme le rapport entre la pluviométrie annuelle (P) et la pluviométrie moyenne (P_0) de la série analysée:

$$CP=\frac{P}{P0}$$

Le coefficient de précipitation est directement lié à la quantité annuelle de pluie. Ainsi, on identifie deux situations distinctes :

●CP > 1 : année excédentaire.

●CP < 1 : année déficitaire.

Remarque : la pluviométrie annuelle moyenne (P) de chaque station est :

●Station des salines : P = 647,72 mm

● Le coefficient pluviométrique (CP) de la station des Salines présente des fluctuations d'une année à l'autre, témoignant ainsi d'une grande variabilité interannuelle des précipitations. Les années où la coefficient de production (CP) dépasse 1 se rapportent à des périodes d'excédent, alors que celles où

il est inférieur à 1 désignent des années déficitaires. L'année 2019, avec un CP de 1,39, a enregistré le taux le plus élevé, reflétant une période très humide. À l'inverse, 2022 a connu le taux le plus bas, avec un CP de 0,54, caractérisé par une sécheresse exceptionnelle. Cette variation souligne l'irrégularité du régime de la pluie dans la zone.

Tableau 3 : Les précipitations moyennes annuelles et les coefficients pluviométriques (2001 – 2025).

	Hauteur annuelle des précipitations P (mm)	Coefficient Pluviométrique les salines
Année	Les salines	
2001	594	0,92
2002	692	1,07
2003	741	1,14
2004	864	1,33
2005	804	1,24
2006	586	0,90
2007	736	1,14
2008	443	0,68
2009	892	1,38
2010	574	0,89
2011	671	1,04
2012	586	0,90
2013	691	1,07
2014	653	1,01
2015	699	1,08
2016	456	0,70
2017	662	1,02
2018	632	0,98
2019	900	1,39
2020	652	1,01
2021	509	0,79
2022	348	0,54
2023	748	1,15
2024	461	0,71
2025	599	0,92

● Le graphique illustre une fluctuation interannuelle marquée des précipitations sur la période allant de 2001 à 2025. Les précipitations varient approximativement entre 400 mm et 950 mm, avec des années caractérisées par une humidité notable (2009 et 2019) et d'autres présentant des conditions relativement arides (2022). Cette discontinuité reflète la variabilité climatique de la région ainsi que l'alternance des phases humides et sèches durant la période analysée.

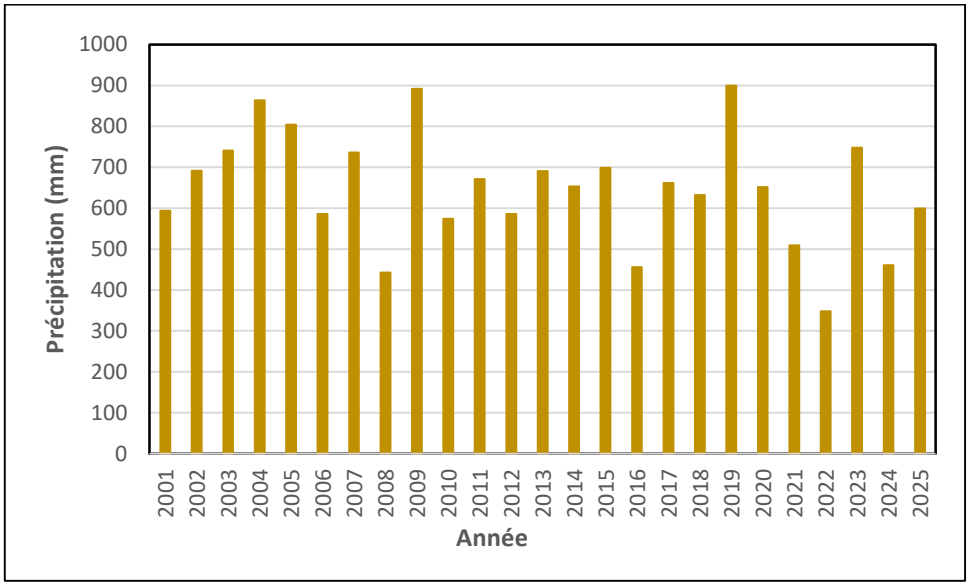


Figure 7 : précipitations moyennes annuelles de la stations des Salines (2001 - 2025).

4.2. Températures

L'analyse de la température de l'air dans la région examinée a été effectuée à l'aide de statistiques descriptives, y compris les moyennes, et via des illustrations graphiques. Cette étude se fonde sur les informations recueillies auprès de station météorologiques : Les salines

4.2.1. La température moyenne mensuelle

La moyenne mensuelle de la température relevée dans la station des salines pour la période 2001-2025 est illustrée dans le tableau suivant :

Tableau 4 : La température moyenne mensuelle (°C) de la stations des Salines (2001 - 2025).

Mois / Station	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aout
Les salines	23,60	20,48	15,76	12,42	11,25	11,30	13,29	15,49	18,61	22,74	25,79	26,04

● Les températures moyennes mensuelles à la station des Salines présentent une variation saisonnière nette. La température minimale est enregistrée en **janvier (11,25 °C)**, tandis que la maximale est observée en **août (26,04 °C)**. Les températures augmentent progressivement du printemps vers l'été puis diminuent à partir de l'automne. Cette évolution traduit un **climat méditerranéen**, caractérisé par des étés chauds et des hivers doux.

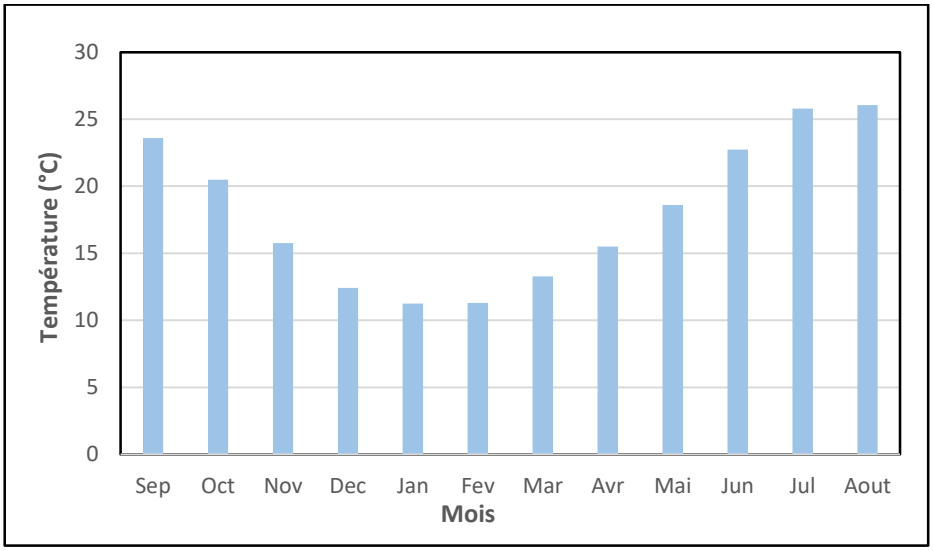


Figure 8 : Histogramme des températures moyennes mensuelles de la stations des Salines (2001 - 2025).

4.3. Diagramme ombrothermique

On élabore le diagramme ombrothermique basé sur (Bagnouls et Gaussen, 1953, 1957), en fusionnant les moyennes mensuelles de températures et de précipitations (en appliquant : P=2T) afin d'identifier les phases sèches et humides. Selon les diagrammes présentés dans les figures 7, 8 on peut déduire la présence de deux périodes distinctes :

Une période estivale chaude et sèche s'étend de mai à septembre, caractérisée par une augmentation progressive des températures, atteignant un maximum de 26,04 °C au mois d'août.

Une période fraîche et humide s'étend d'octobre à avril, marquée par des précipitationsabondantes et une baisse des températures, dont le minimum est enregistré en janvier avec 11,25 °C. (Haied, 2015).

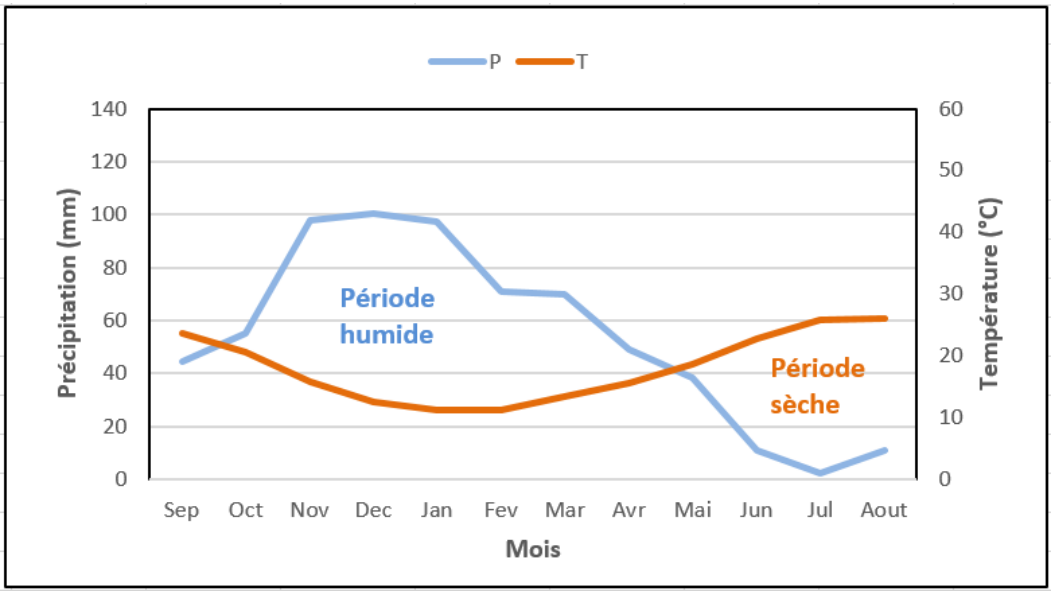


Figure 9 : Diagramme ombrothermique de la stations des Salines (2001 – 2025).

Conclusion

L'étude de la zone d'investigation localisée dans le Nord-Est extrême de l'Algérie, au sein du bassin versant de la Mafragh, souligne un système hydrogéologique complexe déterminé par l'interaction de la géologie, du climat et de l'hydrologie. Des formations sédimentaires du Secondaire au Quaternaire dominent la région, où les dépôts alluviaux, dunaires et argileux constituent le principal composant. Ces éléments sont primordiaux pour l'agencement des aquifères et le mouvement des eaux souterraines.

Le climat méditerranéen se distingue par un rythme clairement défini entre une période humide (automne-hiver) et une période sèche (été), qui se traduit par des moyennes annuelles de précipitations qui fluctuent et une grande variabilité de l'année à l'année. Cette variation climatique a un impact direct sur la recharge des nappes phréatiques et le cours des eaux de surface, en particulier celui de l'Oued El Kebir-Est ainsi que des autres réseaux hydriques liés.

En termes d'hydrologie, cette zone possède un réseau de cours d'eau dense et de multiples ressources en eau de surface et souterraine, comprenant les grands fleuves, les zones marécageuses, les lacs et les barrages d'importance stratégique. Malgré leur vulnérabilité aux variations climatiques et aux influences naturelles, ces ressources représentent un potentiel d'eau significatif.

Globalement, cette partie théorique met l'accent sur un système hydrique à la fois cohérent et précaire, dont l'opération est profondément liée aux conditions météorologiques et aux propriétés géologiques, mettant en évidence le besoin crucial d'une gestion raisonnée et pérenne des ressources hydriques dans la zone examinée.

Partie II :

ETUDE HYDROCHIMIE

Introduction :

Dans ce chapitre on s'intéresse à l'étude hydrochimique des eaux, qui permettent d'évaluer la qualité des eaux par la détermination des caractéristiques physiques et chimiques, et leur classement selon le chimisme qu'elles présentent, d'identifier les faciès chimiques prédominants, de déterminer les éléments qui affectent la composition chimique des eaux souterraines et d'évaluer leur convenance pour divers usages, incluant l'approvisionnement en eau pour l'irrigation.

Cette étude est basée sur les travaux de nos prédécesseurs notamment les travaux de **harizi.Kh, (2025)** selon des analyses physico chimiques effectuée la période des haute eaux (Avril 2017).

1.Prélèvement et analyses

Des mesures in situ de la température, de la conductivité et du pH ont été systématiquement effectuées pour tous les échantillons d'eau prélevés. Le dosage des éléments majeurs et traces des eaux a été fait au Laboratoire privé Eau et Sol (Annaba) et aussi au niveau du laboratoire central de l'Algérienne des Eaux-ADE Annaba. Les méthodes analytiques qui ont été utilisées pour les analyses chimiques sont : la titrimétrie, la chromatographie ionique et la photométrie à flamme. Toutes les analyses ont été effectuées dans un délai court après prélèvement avec prise en compte des conditions de conservation des échantillons avant analyse.

2.Présentation des points de prélèvement

Les points de prélèvements d'eau se localise à l'extrême Ouest du massif dunaire a la limite de la nappe alluviale.

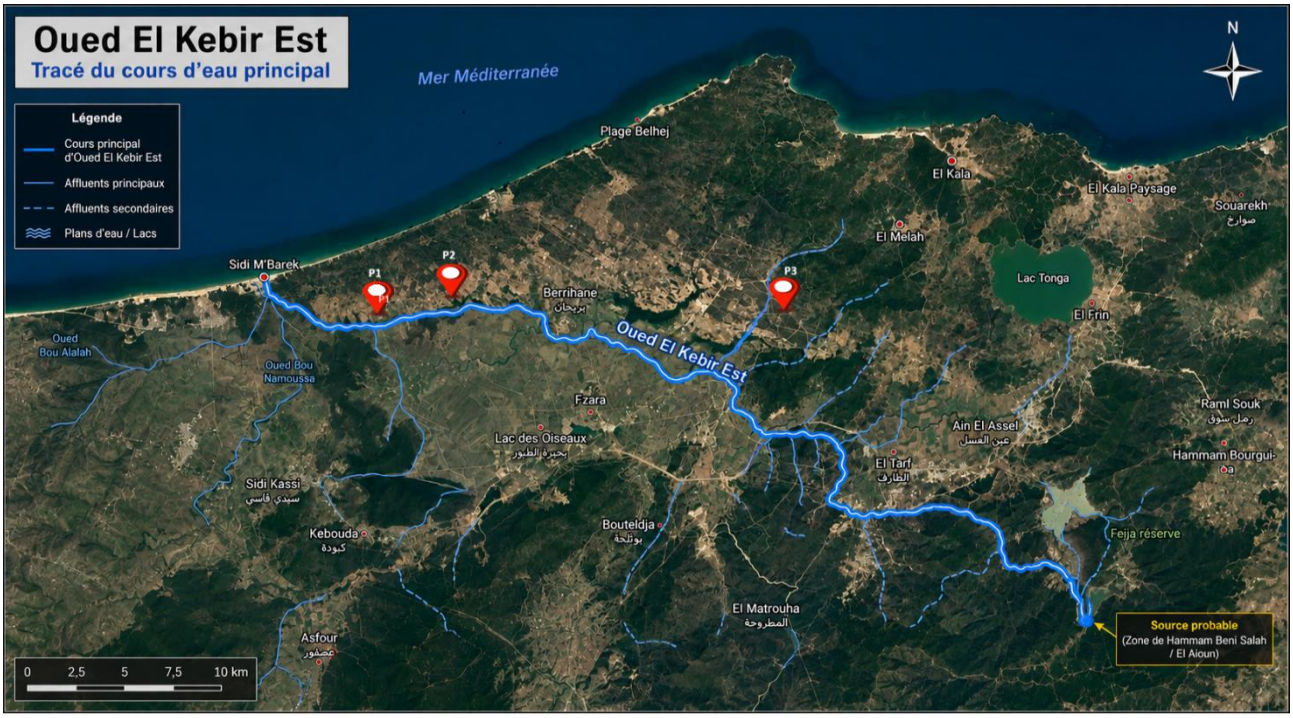


Figure 10 :Carte de situation des points de prélèvement

3.Vérification de la fiabilité des données :

3.1. Balance ionique :

L'équilibre ionique est un outil fondamental en hydrochimie pour évaluer la fiabilité des données d'analyse chimique des eaux. L'erreur de balance ionique (E) est calculée selon la formule :

$$BI = \left| \sum r \text{ anions} - \sum r \text{ cations} \right| / \left| \sum r \text{ anions} + \sum r \text{ cations} \right| \times 100\ (\%)$$

Où les cations et les anions sont exprimés en milliéquivalents par litre (meq/L).

Une erreur de balance ionique faible indique que la somme des charges des cations est presque égale à la somme des charges des anions, ce qui est attendu selon le principe de neutralité électrique de l'eau. Les lignes directrices communément acceptées pour l'erreur de balance ionique sont comme suit :

-Une erreur inférieure à 5% est considérée comme excellente, indiquant des résultats analytiques très précis.

-Une erreur entre 5% et 10% est généralement acceptable pour la plupart des études hydrogéologiques.

- Une erreur supérieure à 10% suggère que les données peuvent être imprécises ou qu'il existe des erreurs dans les analyses ou dans le calcul des concentrations ioniques.

Ces seuils sont mentionnés dans diverses publications de référence (Rodier & al 2009). Il est important de souligner que les erreurs de balance ionique supérieures à la limite acceptable peuvent résulter non seulement d'erreurs analytiques mais aussi de la présence de constituants non mesurés dans l'eau, tels que les matières organiques dissoutes, qui peuvent contribuer à la charge anionique totale.

4. Interprétation des résultats

Pour faciliter l'organisation, les résultats collectés ont été structurés sous forme de tableaux créés à l'aide de Microsoft Excel.

Le tableau inclut aussi les résultats basés sur les normes algériens et ceux de l'Organisation mondiale de la santé (OMS).

Tableau 5 : Norme de potabilité des eaux destinées à l'AEP (OMS et Algérien et FAO)

Paramètre	Valeur limite de l'OMS (2017)	Valeur limite en Algérie (année 2014)	Valeur limite FAO (Irrigation)	Unité
pH	6.5 – 8.5	6.5 – 8.5	6.5 – 8.4	-
Conductivité électrique	2800	2800	< 700 (bonne) 700 – 3000 (moyenne) > 3000 (élevée)	µS/cm
Solides dissous totaux (TDS)	1000	2000	< 450 (bonne) 450 – 2000 (moyenne) > 2000 (élevée)	mg/L
Turbidité	5	5	Aucune norme	NTU
Température	25	25	Aucune norme	°C
Dureté totale ($CaCO_3$)	100 – 500	250 – 100	Aucune norme	mg/L
Calcium (Ca^{2+})	75 – 200	150 – 100	Aucune norme spécifique	mg/L
Magnésium (Mg^{2+})	150	150	Aucune norme spécifique	mg/L
Sodium (Na^+)	200	200	< 3 (bonne) 3 – 9 (moyenne) > 9 (élevée)	meq/L
Potassium (K^+)	12	20	Aucune norme spécifique	mg/L
Chlorures (Cl^-)	200 – 400	500 – 200	< 4 (bonne) 4 – 10 (moyenne) > 10 (élevée)	meq/L
Sulfates (SO_4^{2-})	200 – 400	250 – 200	Aucune norme spécifique	mg/L
Nitrates (NO_3^-)	46	50	< 5 (faible) 5 – 30 (modéré) > 30 (élevé) (valeur exprimée en NO_3–N)	mg/L
Nitrites (NO_2^-)	0.2	0.5	Aucune norme	mg/L
Ammonium (NH_4^+)	0.5	0.5	Aucune norme spécifique	mg/L

4.1. Paramètres physiques

4.1.1. Température

Les processus physico-chimiques des eaux souterraines sont fortement influencés par la température. Elle a notamment une incidence sur l'accroissement de l'activité chimique, spécifiquement en ce qui concerne la solubilité des sels minéraux et des gaz. Elle influence aussi l'activité des bactéries et le niveau d'oxygène dissous, qui se réduit à mesure que la température s'élève.

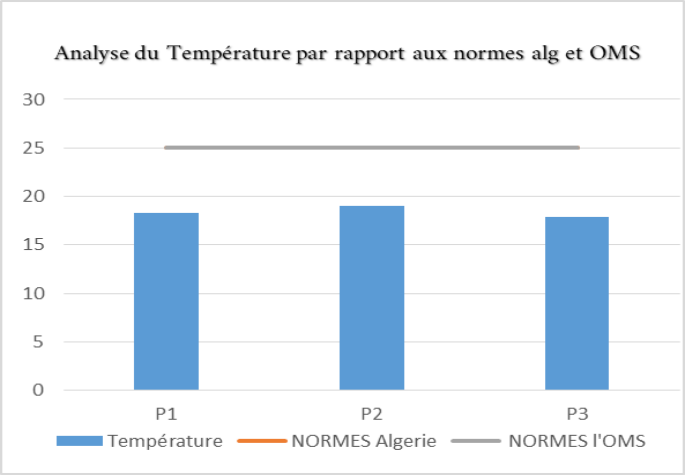


Figure 11 : Histogramme de la variation de la température.

● Les valeurs du T variaient entre 6 et 9°c au niveau de puits et entre 17.9et 19°c.

Dans notre cas les valeurs sont conformes à la norme de potabilité algérienne (JORA, 2011) et aux normes internationale OMS (2003) et FAO (2003).

4.1.2. Potentiel hydrogène pH

les valeurs du pH Variaient entre 6.57-7.32 Dans notre secteur d'étude.

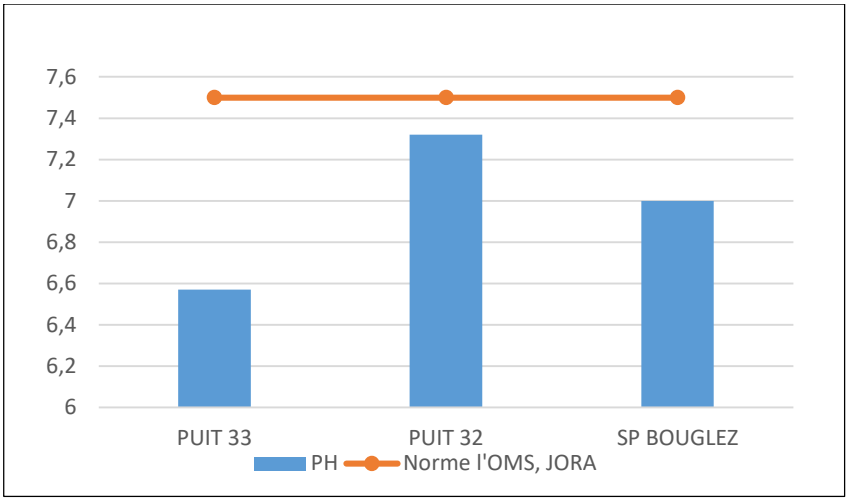


Figure 12 : Histogramme de la variation de PH.

●A partir de ces résultats on peut distinguer que le pH des eaux de la nappe est légèrement acide à neutre.

●On remarque que ces eaux sont faiblement alcalines et répondent aux normes d'une eau potable comprise entre 6,5 – 9.

4.1.3. La conductivité électrique

Pratiquement la mesure de la conductivité présente un grand intérêt car elle permet de suivre les moindres perturbations atteignant les nappes souterraines.

Par ailleurs, la conductivité d'une eau reflète assez fidèlement sa minéralisation. Elle augmente avec la teneur en sels dissous et varie en fonction de la température.

Les valeurs de la conductivité des eaux de la zone étudiée ne dépassent pas les normes et ils sont comprises entre 128 et 324 µs/cm. Ces valeurs montrent clairement que les eaux de la nappe ont une minéralisation faible à accentuée.

Les valeurs de la conductivité qui ne dépassent pas 250 µs/cm sont dues aux apports pluvieux qui diluent les eaux, par contre les fortes valeurs (> 250 µs/cm) sont dues à présence des lentilles d'argile.

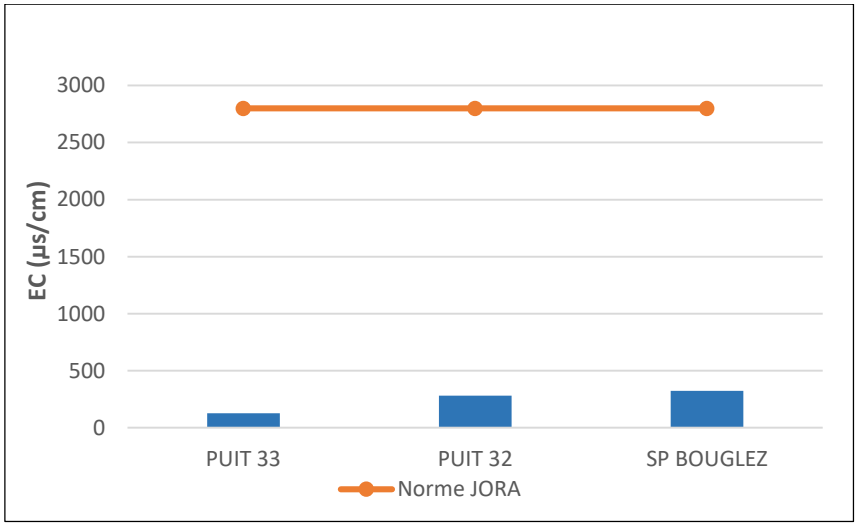


Figure 13 : Histogramme de la variation de la conductivité électrique.

4.1.4. Le TDS

Le TDS, ou total des solides dissous, exprime la concentration totale de matières dissoutes présentes dans l'eau.

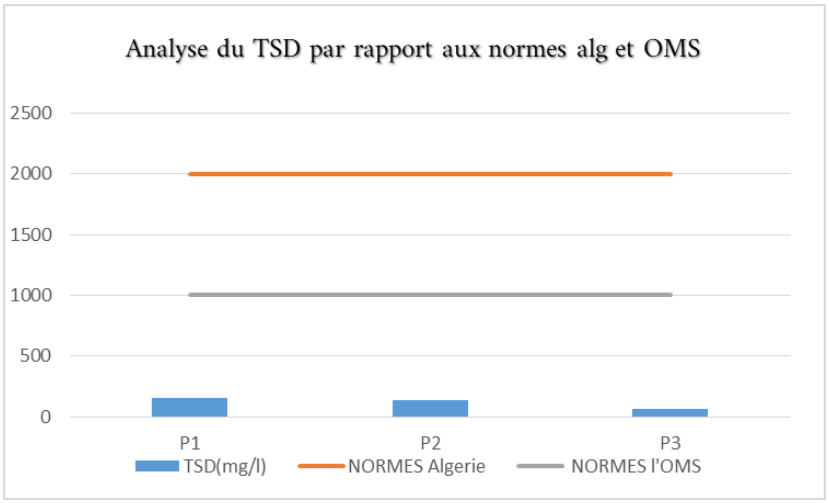


Figure 14 : Histogramme de la variation de TDS.

La détermination de ce paramètre des eaux non filtrées permet d'évaluer la teneur en matière dissoute et en suspension. La mesure après filtration correspond aux matières dissoutes.

Les valeurs obtenues permettent d'apprécier la minéralisation de l'eau : pour des valeurs inférieurs à 600 mg/l, l'acceptabilité par le consommateur est bonne, au-dessus de 1200 mg/l, l'eau devient désagréable.

Les valeurs du résidu sec varient entre 60 et 200 mg/l.

La faiblesse du résidu sec s'explique par le fait que les eaux de la nappe circulent rapidement dans des terrains essentiellement siliceux.

4.2. Les paramètres chimiques

4.2.1. Les cations

●Le Calcium (Ca^{+2})

Le calcium est l'un des principaux cations qui contribuent à la dureté de l'eau potable. Le taux de calcium dans l'eau est déterminé par la durée pendant laquelle l'eau demeure en contact avec des formations géologiques à haute teneur en calcium.

Le calcium peut dériver de deux sources naturelles distinctes : La dissolution des formations **carbonatées (CaCO3) et** celle des formations **gypsifères** ($CaSO_4$).

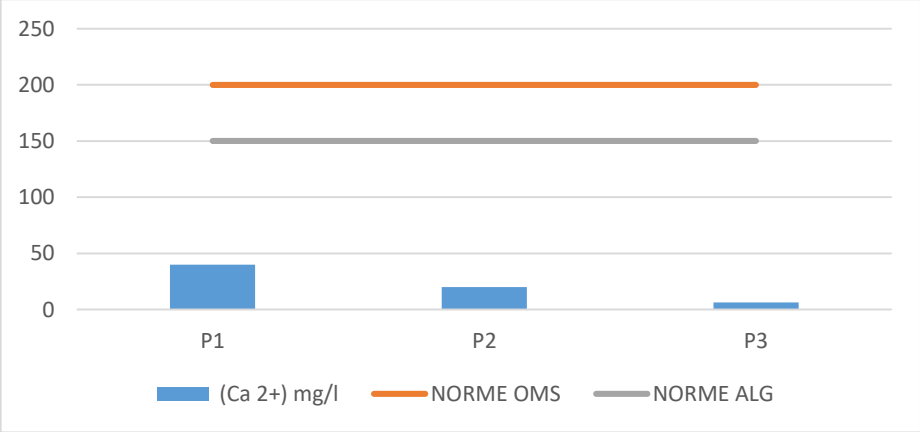


Figure 15 : Histogramme de la variation du calcium.

On remarque une forte concentrations de calcium de 40,08 mg/L pour le P1, et moyennement faible pour le P2 et P3.

La concentration élevée au forage P1 nous parait lié à un lessivage des formations carbonatées et gypsifères.

Les concentrations de calcium sont inférieures à la norme pour les trois échantillons.

● **Le Magnésium (Mg^{+2})**

Ses origines sont comparables à celle du calcium, car il provient de la dissolution des formations carbonatées à fortes teneurs en magnésium (magnésite et dolomie).

Magnésite : $MgCO3 = Mg^{++} + CO3$

Dolomie : $CaMg(CO3)2 = Ca^{++} + Mg^{++} + 2CO3$

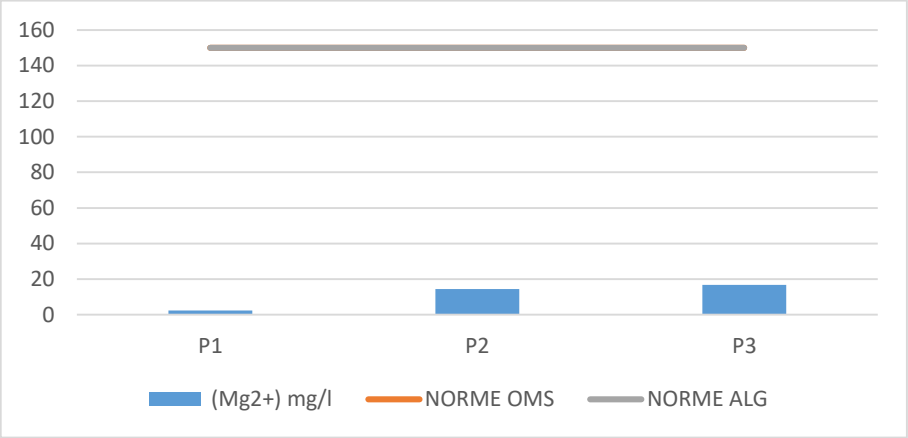


Figure 16 : Histogramme de la variation du magnésium.

Les teneurs en Mg^{2+} généralement inférieures à 20 mg/l, tendent à décroître en dirigeant vers le littoral. Sur l'ensemble de la nappe, les teneurs en magnésium sont relativement plus fable que celles en calcium.

Tous les points de prélèvements présentent des concentrations en Mg^{++} inférieures aux normes de potabilité.

● **Le Sodium, Potassium (Na+, K+) :**

Le sodium est souvent présent dans les eaux naturelles. En proportions très variables, il provient :

- De l'altération des minéraux silicatés, échanges de cations avec les minéraux argileux ou des substances organiques.

- Des rejets des eaux usées, ainsi que l'épandage des engrais chimiques qui augmentent aussi les concentrations en sodium.

- Apports atmosphériques.

Les teneurs en $Na^+ + k^+$ dans la majorité des points de prélèvement sont généralement inférieures à 37mg/l **(**période des hautes eaux**)**, l'origine du sodium est liée principalement au couche argileuse imperméable **(**échange de base**)** et certaines formations évaporitiques.

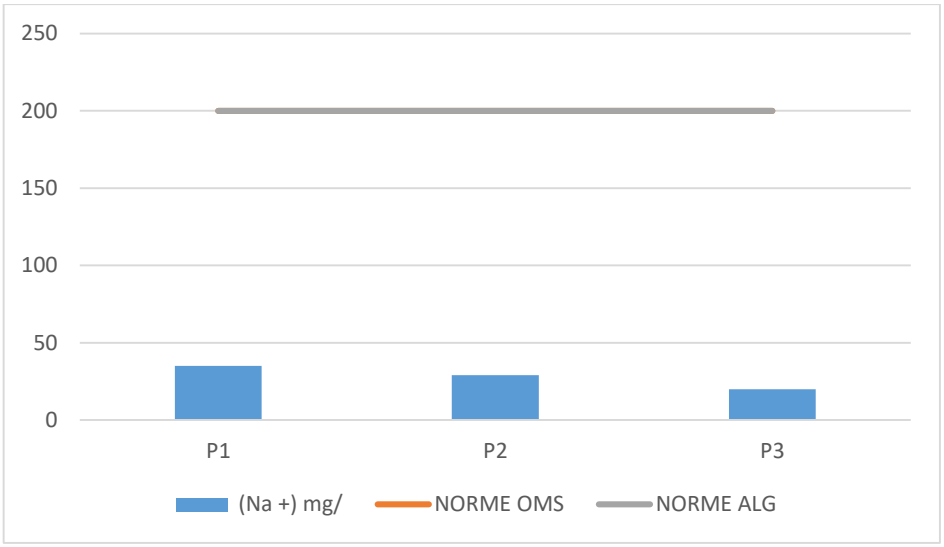


Figure 17 : Histogramme de la variation du sodium.

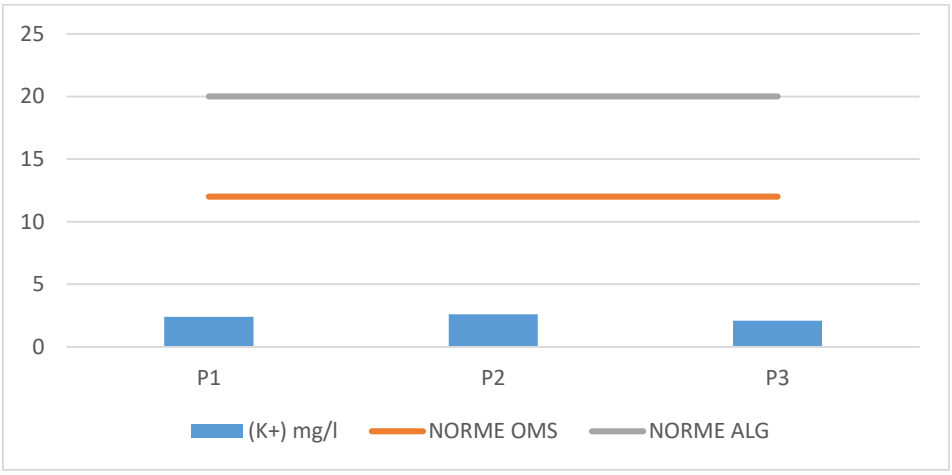


Figure 18 : Histogramme de la variation du potassium.

4.2.2. Les anions

- **Chlorure (Cl^-)**

L'origine des chlorures est liée principalement à la dissolution des formations salifères et à l'effet de la salinité marine. Ils proviennent aussi de la pollution anthropique et de l'évaporation intense qui provoque l'augmentation des concentrations en ions Cl-, et qui se produit dans les régions où le niveau statique est proche de la surface du sol **(**Labar, 2003**)** .

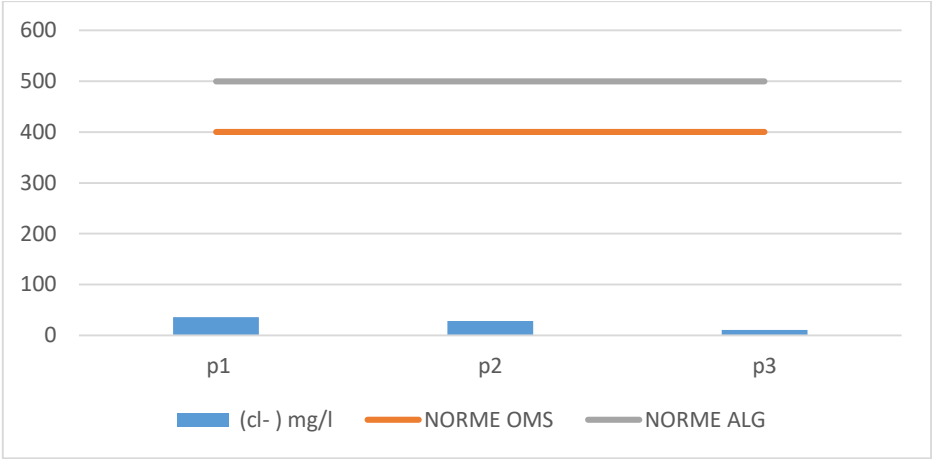


Figure 19 : Histogramme de la variation du chlorure.

On observe une augmentation des concentrations en chlorure on dirigent du forage de Bouglez vers le littoral (fig.31), mais les concentration restent toujours inferieur aux normes Algériennes ou OMS.

● **Sulfate (SO_4^{-})**

La présence des ions de sulfate dans l'eau est liée essentiellement à :

• l'oxydation du soufre présent dans l'atmosphère lors des précipitations ;

• l'oxydation des minéraux sulfurés présents dans les calcaires (pyrite) ou par

dissolution de gypse ou d'anhydrite dans les terrains traversés.

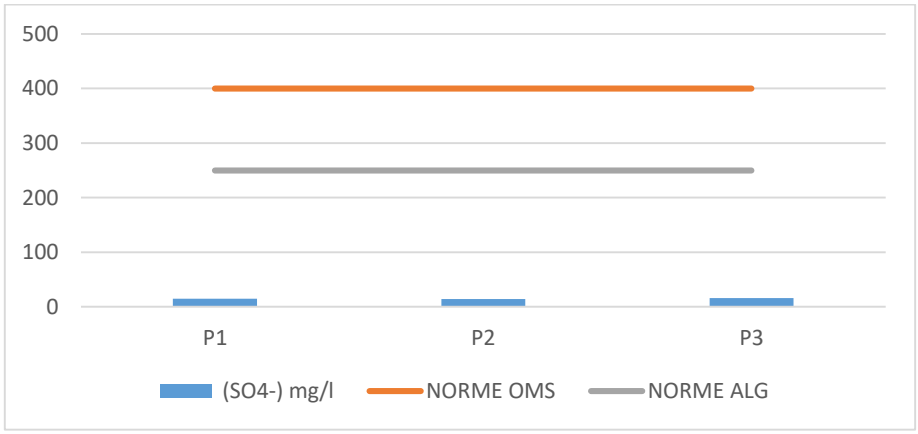


Figure 20 : Histogramme de la variation du sulfate.

On a un faible teneur en sulfate au voisinage de 16 mg /l dans les eaux des trois forages.

Toutes ces valeurs sont conformes aux normes et inférieurs a' la valeur limite fixée par la norme de l'eau potable et l'eau d'irrigation.

● Ces observations démontrent que les eaux analysées ont une concentration minimale en sulfates, ce qui reflète une faible minéralisation et une excellente qualité de l'eau. Les petites différences notées entre les régions peuvent être attribuées aux caractéristiques des formations géologiques que l'eau traverse et à la présence relativement faible de minéraux sulfurés dans l'environnement. En général, l'absence de pollution par le soufre et la qualité chimique satisfaisante de l'eau est confirmée par le respect des limites.

● Bicarbonate (HCO_3^-)

C'est un ion prédominant dans les cours d'eau naturels, généré par la dissolution du dioxyde de carbone et des pierres carbonatées. Il participe à l'alcalinité de l'eau et occupe une place centrale dans la stabilisation du pH en raison de son action tampon.

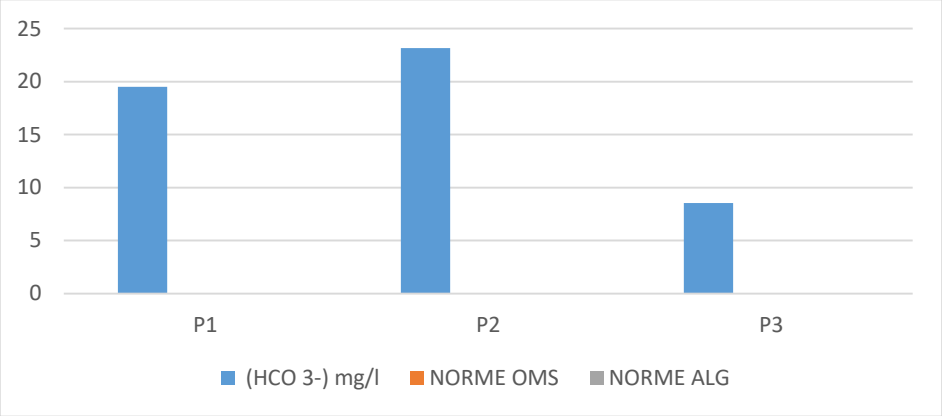


Figure 21 : Histogramme de la variation du HCO3-

● Les mesures de bicarbonates (HCO_3^-) vont de 8,54 à 23,18 mg/L. Ces chiffres reflètent une faible alcalinité des eaux examinées. De plus, les analyses du pH révèlent des niveaux respectant les standards de potabilité, ce qui indique une bonne qualité chimique de l'eau et un équilibre acido-basique satisfaisant.

● Par ailleurs, la dureté de l'eau, qui est majoritairement associée aux ions calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+}), est en adéquation avec les standards algériens et les guides de l'OMS, attestant d'une minéralisation harmonieuse. L'harmonie entre un pH régulier, une dureté appropriée et un faible taux de bicarbonates indique une qualité générale appréciable de l'eau ainsi qu'une stabilité géochimique acceptable des environnements examinés.

5. Classification des eaux

5.1. Classification des eaux selon le diagramme de PIPER

Le diagramme de Piper offre une visualisation des cations et des anions sur deux axes particuliers, dont les bords reflètent les proportions relatives de chaque ion majeur par rapport à la somme totale de tous les ions (cations sur le triangle de gauche, anions sur le triangle de droite).

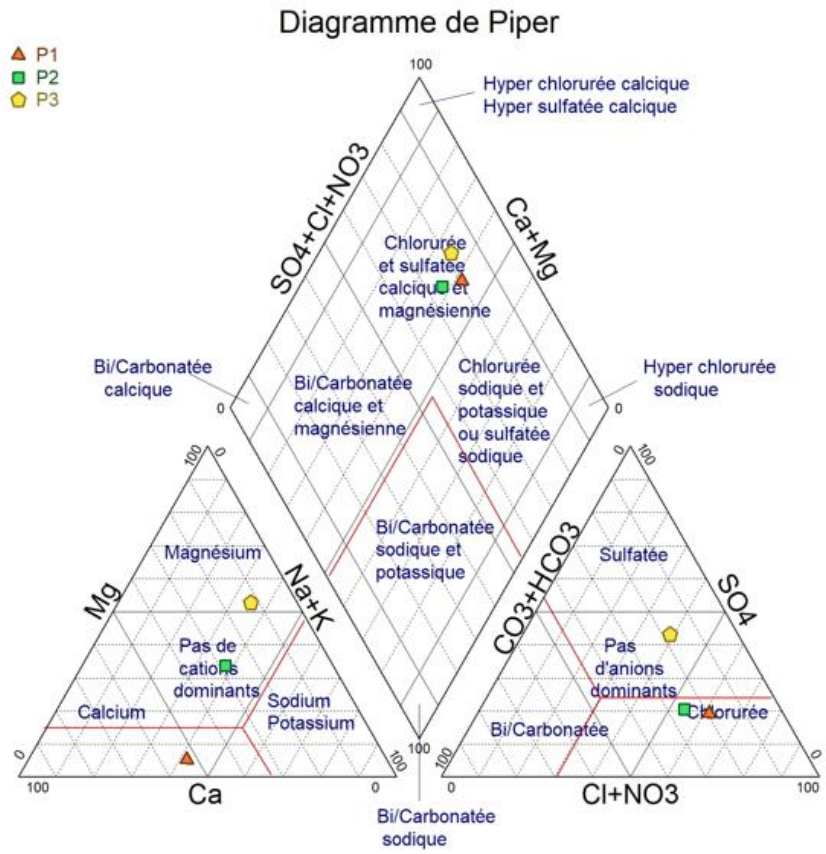


Figure 22 : Diagramme de Piper des eaux souterraines des points P1, P2, P3

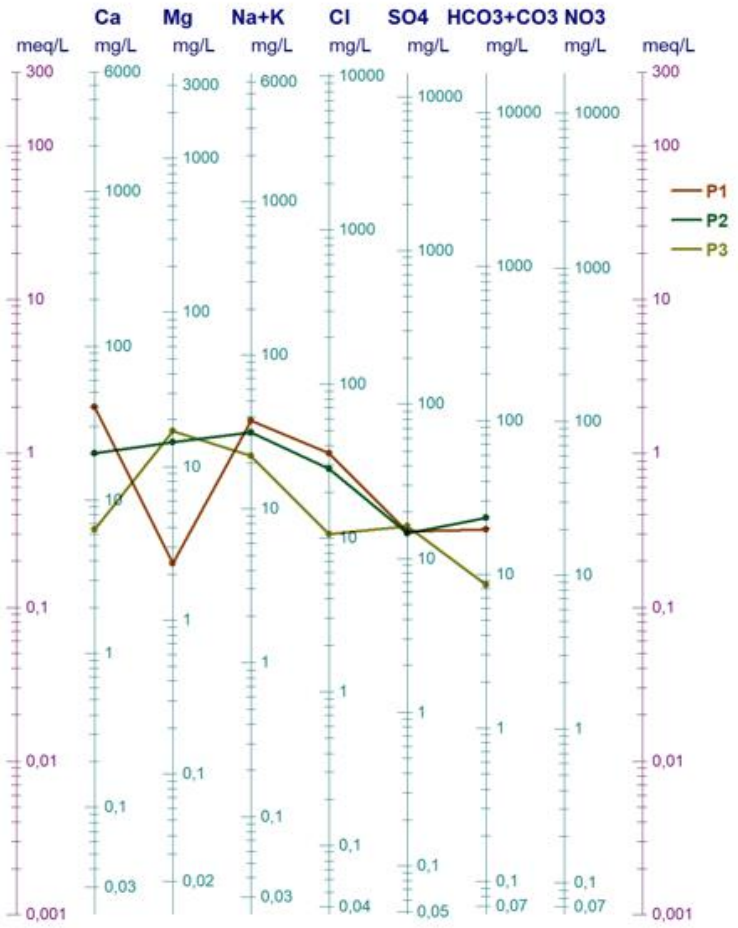


Figure 23 : Diagramme de Schoeller-Berkaloff des eaux souterraines des points de prélèvement P1, P2 et P3

Le faciès chimique représente la première information à identifier dans l'opération d'interprétation d'une eau quelconque, il s'agit d'une classification directe à partir de la composition chimique des eaux indépendamment des phénomènes qui peuvent intervenir et modifier la composition initiale de ces dernières. Dans les conditions normales (sans pollution), le faciès peut nous donner des renseignements sur les milieux traversés.

La représentation graphique des résultats d'analyses chimiques des points d'eau de la nappe, pour la périodes des hautes eaux 2017 sur les diagrammes de piper (fig.34) et Schoëller-Berkaloff (fig.35), nous a permis de déterminer les faciès chimiques prédominants est chloruré sulfaté calcique et magnésien dominant reflète l'influence géochimique des minéraux évaporitiques présents dans le substratum, ainsi que la possible contribution des eaux de mer dues à la proximité du littoral. L'activité agricole peut également contribuer à la présence de sulfates, notamment par le ruissellement des engrais.

5.2. Études de l’aptitude des eaux à l’irrigation

Le maintien de la qualité du sol et de l'eau est essentiel pour une agriculture durable. Étant donné que notre zone d'étude est orientée vers l'agriculture, l'eau utilisée pour l'irrigation doit posséder des propriétés physico-chimiques et chimiques que les plantes peuvent tolérer. Dans le but d'appréhender l'impact de ces eaux sur le sol et quelques cultures spécifiques de la région, nous nous efforcerons d'évaluer leur compatibilité avec l'irrigation. Dans ce but, nous emploierons diverses méthodes à l'aide du logiciel Diagrammes pour procéder à leur classification.

Ce diagramme s'appuie sur les valeurs du rapport d'absorption du sodium (SAR, Na%) et de la conductivité électrique des ions présents dans l'eau. Le but était de disposer les échantillons sur le graphique de Riverside et Wilcox pour faciliter l'évaluation des caractéristiques des eaux profondes en ce qui concerne leur utilisation pour l'irrigation.

5.2.1. Classification de l’eau d’irrigation selon le diagramme de Riverside

Le danger d'alcalinisation des sols, principalement par le biais d'échanges ioniques de sodium, calcium et magnésium, entre l'eau et les argiles du sol. Une concentration élevée en sodium altère la configuration des sols et leur capacité à laisser passer de l'eau. Nous avons employé le diagramme de Riverside, qui permet de categoriser les eaux en fonction de leur adéquation à l'irrigation.Il œuvre avec la conductivité électrique à une température de 25°C ainsi qu'avec la relation d'absorption du sodium (S.A.R).

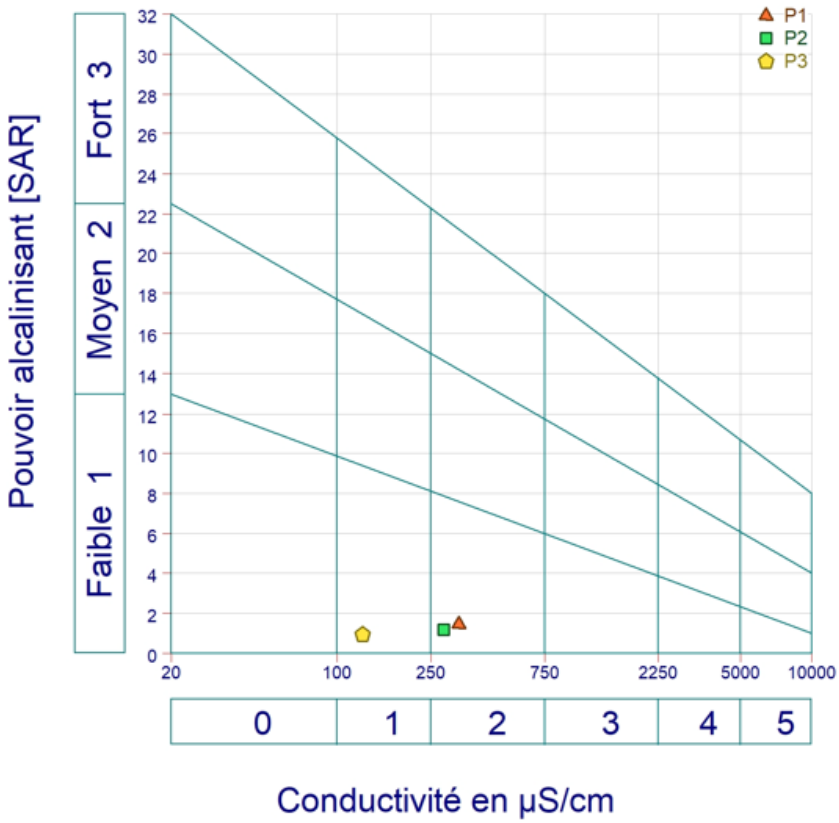


Figure 24 : Classification des eaux étudiées pour l'irrigation selon le diagramme de Riverside.

● Le diagramme de Riverside indique que les échantillons P1, P2 et P3 se positionnent dans une zone définie par un faible taux de rapport d'adsorption de sodium (SAR) et une conductivité électrique de niveau moyen. Cette position suggère un risque minimal d'alcalinisation des sols et une excellente capacité des eaux à l'irrigation. Les trois échantillons se classent dans la catégorie des eaux ayant une faible capacité alcalinisante (SAR < 10), ce qui implique une influence restreinte du sodium sur les caractéristiques du sol et rend possible leur usage pour l'irrigation sans risque significatif de sodisation.

5.2.2. Classification de l'eau d'irrigation selon WILCOX (1948)

La croissance des végétaux est généralement minime ou inexistante dans les sols riches en sodium, c'est pour cette raison que l'on recourt à une classification en cinq catégories hydriques pour l'agriculture, basée sur deux critères majeurs : la conductibilité électrique et le taux de sodium présent dans l'eau, exprimé en pourcentage.

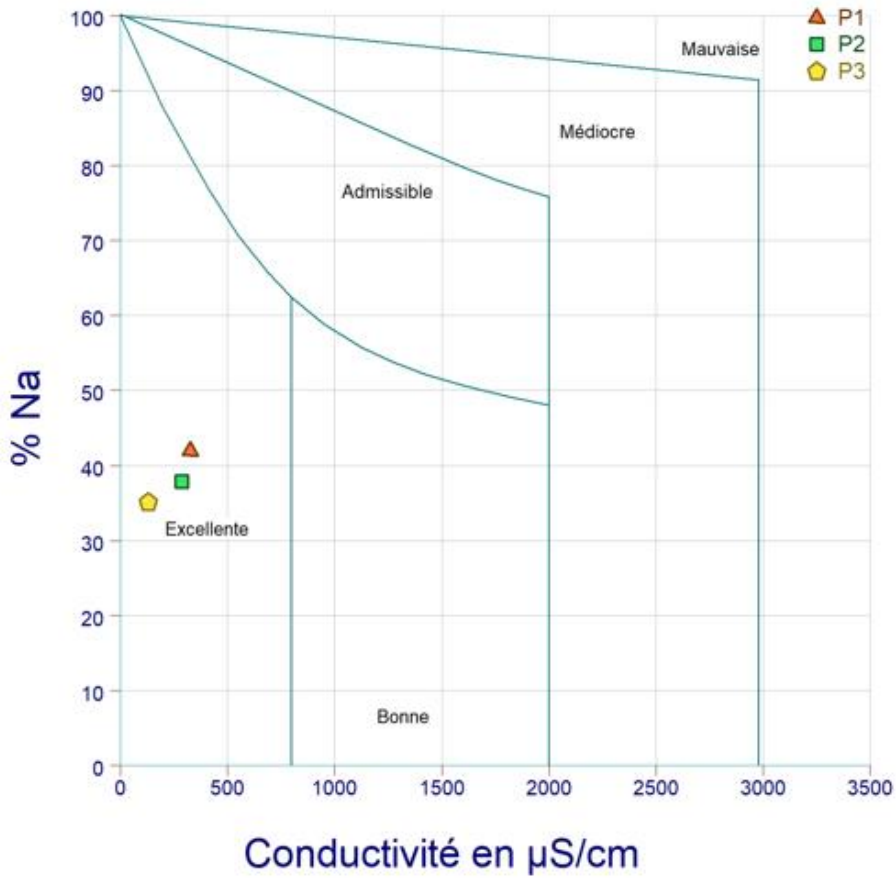


Figure 25 : Classification des eaux étudiées pour l'irrigation

selon le diagramme de Wilcox.

● Le diagramme de Wilcox indique que les échantillons P1, P2 et P3 se positionnent dans la zone « Excellente ». Cette catégorie signale un faible pourcentage de sodium (%Na) associé à une conductivité électrique plutôt faible. Ainsi, les eaux analysées présentent une excellente qualité pour l'irrigation et n'entraînent pas de risque majeur de sodisation ou de salinisation des sols.

Conclusion :

L'analyse hydrochimique des eaux examinées a facilité la définition de leur composition chimique et l'évaluation de leur qualité via diverses techniques d'analyse, y compris le graphique de Piper pour l'identification des faciès hydrochimiques, le graphique de Schoëller-Berkaloff pour la mise en comparaison des concentrations d'éléments majeurs, et les graphiques de Riverside et Wilcox pour la détermination de la convenance des eaux à divers usages. Les variances observées dans diverses méthodes démontrent une forte cohérence, ce qui permet de souligner la caractéristique des eaux et les éléments clés déterminant leur processus de minéralisation, y compris les relations entre l'eau et la roche ainsi que les conditions environnementales naturelles. Donc, l'emploi conjoint de ces approches ce qui favorise inspecter la qualité des eaux et rappelle l'importance de la surveillance régulière pour protéger ce bien essentiel.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE :

Le présent travail a porté sur l'évaluation de la qualité des eaux de la nappe alluviale de la moyenne vallée du Kebir Est, située dans la wilaya d'El Tarf. Cette ressource souterraine représente un élément essentiel pour l'alimentation en eau des populations ainsi que pour le développement des activités agricoles, qui constituent l'un des principaux secteurs économiques de la région. Face à l'augmentation des besoins en eau et aux différentes pressions exercées sur les ressources hydriques, l'étude de la qualité des eaux souterraines demeure indispensable afin d'assurer leur exploitation durable et leur préservation pour les générations futures.

La première partie de cette étude a permis de présenter les principales caractéristiques de la zone d'étude. L'analyse du contexte géographique, géologique, hydrologique et climatique a montré que la région appartient au bassin versant de la Mafragh et bénéficie d'un climat méditerranéen caractérisé par une alternance de saisons humides et sèches. Les formations alluviales quaternaires constituent le principal réservoir aquifère, tandis que les formations géologiques environnantes influencent directement les processus de circulation et de minéralisation des eaux souterraines. Les précipitations relativement importantes favorisent la recharge de la nappe, alors que la nature lithologique contrôle en grande partie sa composition chimique.

La seconde partie, consacrée à l'étude hydrochimique, a permis de caractériser les propriétés physico-chimiques des eaux souterraines à partir des analyses réalisées sur les différents points de prélèvement. Les résultats obtenus montrent que les paramètres physiques, notamment la température, le pH, la conductivité électrique et les solides dissous totaux (TDS), présentent des valeurs compatibles avec les normes de référence. De même, les concentrations des principaux cations (Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+} et K^{+}) ainsi que des principaux anions (Cl^{-}, SO_4^{2-} et HCO_3^{-}) restent globalement dans les limites admissibles, traduisant une qualité chimique satisfaisante des eaux étudiées.

L'interprétation hydrochimique a montré que la composition des eaux est principalement contrôlée par les interactions entre l'eau et les formations géologiques traversées. Les phénomènes naturels de dissolution des minéraux carbonatés, évaporitiques et silicatés expliquent l'essentiel de la minéralisation observée. Les activités anthropiques semblent avoir une influence limitée sur la composition chimique des eaux dans les points étudiés, ce qui témoigne d'un état de conservation relativement satisfaisant de la nappe.

L'exploitation des diagrammes hydrochimiques a permis de mieux comprendre les caractéristiques des eaux souterraines. Le diagramme de Piper met en évidence la prédominance d'un

faciès **calcique–magnésien chloruré–sulfaté**, confirmée par le diagramme de Schoeller-Berkaloff, qui traduit une dominance des ions calcium, magnésium, chlorures et sulfates. Cette composition reflète les conditions géologiques de la région ainsi que les mécanismes naturels de circulation des eaux dans les formations alluviales.

L'évaluation de l'aptitude des eaux à l'irrigation, réalisée à l'aide des diagrammes de Riverside et de Wilcox, montre que les eaux étudiées présentent une bonne qualité pour un usage agricole. Les faibles valeurs de salinité et de sodicité indiquent un risque limité de dégradation des sols par salinisation ou sodisation. Ainsi, ces eaux peuvent être utilisées pour l'irrigation de la majorité des cultures, à condition de maintenir des pratiques agricoles adaptées et une gestion raisonnée des ressources hydriques.

Les résultats obtenus soulignent également l'importance de poursuivre la surveillance de la qualité des eaux souterraines. Bien que leur état actuel soit satisfaisant, l'intensification des activités agricoles, l'évolution de l'occupation des sols, l'augmentation des prélèvements et les effets du changement climatique pourraient, à long terme, modifier les équilibres hydrogéochimiques de la nappe. Il est donc nécessaire de mettre en place un programme permanent de suivi intégrant des campagnes d'analyses régulières afin de détecter rapidement toute évolution de la qualité des eaux.

Dans une perspective de gestion durable, plusieurs recommandations peuvent être proposées. Il est souhaitable de renforcer les réseaux de surveillance des eaux souterraines, d'élargir les campagnes d'échantillonnage à un plus grand nombre de points et de réaliser des suivis saisonniers afin d'évaluer les variations temporelles de la qualité des eaux. Il serait également intéressant d'intégrer des approches complémentaires, telles que les analyses isotopiques, la modélisation hydrogéochimique et les systèmes d'information géographique (SIG), afin d'améliorer la compréhension du fonctionnement de l'aquifère et des mécanismes responsables de sa minéralisation.

Par ailleurs, la sensibilisation des agriculteurs à une utilisation raisonnée des engrais et des produits phytosanitaires, ainsi que la protection des zones de recharge de la nappe, constituent des mesures essentielles pour préserver durablement cette ressource stratégique. Une gestion intégrée associant les chercheurs, les gestionnaires et les utilisateurs permettra d'assurer une exploitation équilibrée des eaux souterraines tout en limitant les risques de dégradation de leur qualité.

En définitive, cette étude a permis d'apporter une meilleure connaissance de la qualité hydrochimique des eaux de la nappe alluviale de la moyenne vallée du Kebir Est. Les résultats obtenus confirment que cette nappe constitue une ressource en eau de bonne qualité, adaptée aussi bien à l'alimentation qu'à l'irrigation. Ce travail représente une contribution scientifique qui pourra

servir de référence pour de futures études hydrogéologiques et hydrochimiques dans la région, ainsi que pour l'élaboration de stratégies de gestion durable des ressources en eau. La préservation de cette nappe demeure un enjeu majeur pour le développement agricole, économique et environnemental de la wilaya d'El Tarf et de l'ensemble du Nord-Est algérien.

Référence

Labar, S., 2003. *Contribution à l'identification des aires inondables et qualité physicochimiques des eaux stagnantes temporaires dans la vallée de la Mafragh « Extrême Nord Est Algérien ». Mémoire de magister. Université d'Annaba, 106p*

Harizi, K. (2024). *Étude de l'intrusion des eaux marines dans l'aquifère côtier de Bouteldja (Nord-Est Algérien) : Caractérisation et Modélisation des écoulements souterrains (Thèse de doctorat, Université de Batna 2).*

Mezbour, R. (2018). *Contribution à l'étude de la qualité de l'eau du Lac des Oiseaux (wilaya d'El-Tarf) et étude de la dynamique de la végétation (Thèse de doctorat, Université Mohamed Chérif Messaadia - Souk Ahras).*

Derradji, T. (2019). *Analyse morphométrique et occupation du sol et leurs influences sur les eaux du bassin versant d'oued Mafragh (Nord-est algérien) (Mémoire de Master académique, Université Kasdi Merbah - Ouargla).*

Bourbia, H. (2011). *Faisabilité de l'implantation de bassins d'alimentation d'un aquifère. Cas du massif dunaire de Bouteldja (Extrême Nord-Est Algérien) (Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar - Annaba).*

Attoui, B. (2014). *Etat de la vulnérabilité à la pollution des eaux des grands réservoirs d'eaux souterraines de la région de Annaba-El-Tarf et identification des sites d'enfouissement de déchets (Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar - Annaba).*

Haied, N. (2015). *Evaluation quantitative d'une réalimentation de la nappe libre du massif dunaire de Bouteldja dans la région de Bordj Ali Bey et son impact sur la qualité des eaux souterraines (Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar - Annaba).*

Affoun, S., 2022*. Les barrages de Cheffia et de Mexa dans le bassin versant de l'oued Mafragh (extrême Nord - est algérien) : fonctionnement hydro logique et gestion durable d es eaux. Thèse doctorat en science. Université Constantine 1.*

Rodier, J., Legube, B., Merlet, N., et coll., 2009. *L'Analyse de l'Eau - Eaux Naturelles, Eaux Résiduaires, Eau de Mer: Chimie, Physico-chimie, Bactériologie, Biologie. 9e édition. Dunod.*

Affoun, S., 2006. *Ressources en eau mobilisation et utilisation dans le bassin versant de la Mafragh. mémoire de magistère. Université mentouri constantine1. Algérie, 187p*

KHERICI N.(1993) : *Vulnérabilité à la pollution chimiques des eaux souterraines d'un systèmes de nappes superposées en milieu industriel et agricole Annaba –la Mafragh Nord – Est Algérien. Doctoratd'Etat, univ de Annaba. .P 28-31-34.*

Ayers, R. S., & Westcot, D. W. (1985). Water Quality for Agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 29, Rev. 1, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية.
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement
Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 20 Août 1955 - SKIKDA -
Faculté des Sciences
Dpartement D' Agronomie
Réf : / D S AGRO/2026

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة 20 أوت 1955- سكيكدة
كلية العلوم
قسم علوم الفلاحة
رقم : / ق ع ف / 2026

Skikda le : **le 23.06.2026**

Autorisation de Dépôt de Mémoire de Master

Je soussigné(e) : Mme Nabib Assia ..... Président(e) de Jury

Certifie que L'étudiant(e) : **BOURRICH ASSIA**

Spécialité : **Aménagement hydro- agricole**

Intitulé :

QUALITE DES EAUX DE LA NAPPE ALLUVIALE DE LA MOYENNE VALLEE DU KEBIR EST NORD EST ALGERIEN .

A apporté les corrections relatives à son travail de mémoire.

Directeur de mémoire

Président(e) de Jury

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement
Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 20 Août 1955 - SKIKDA -
Faculté des Sciences
Dpartement D' Agronomie
Réf : / D S AGRO/2026

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة 20 أوت 1955- سكيكدة
كلية العلوم
قسم علوم الفلاحة
رقم : / ق ع ف / 2026

Skikda le : le 23.06.2026

Autorisation de Dépôt de Mémoire de Master

Je soussigné(e) : Mme ..... Président(e) de Jury

Certifie que L'étudiant(e) : **DAIF CHOUROUK**

Spécialité : **Aménagement hydro- agricole**

Intitulé :

QUALITE DES EAUX DE LA NAPPE ALLUVIALE DE LA MOYENNE VALLEE DU KEBIR EST NORD EST ALGERIEN .

A apporté les corrections relatives à son travail de mémoire.

Directeur de mémoire

Président(e) de Jury

Scanned with CamScanner

Ministère de l'Enseignement
Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 20 Août 1955 - SKIKDA -
Faculté des Sciences
Dpartement D' Agronomie
Réf : / D S AGRO/2026

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة 20 أوت 1955- سكيكدة
كلية العلوم
قسم علوم الفلاحة
رقم : / ق ع ف / 2026

Skikda le : le 23.06.2026

Autorisation de Dépôt de Mémoire de Master

Je soussigné(e) : Mme ..... Président(e) de Jury

Certifie que L'étudiant(e) : **LADAYCIA HANA**

Spécialité : **Aménagement hydro- agricole**

Intitulé :

QUALITE DES EAUX DE LA NAPPE ALLUVIALE DE LA MOYENNE VALLEE DU KEBIR EST NORD EST ALGERIEN .

A apporté les corrections relatives à son travail de mémoire.

Directeur de mémoire

Président(e) de Jury

Scanned with CamScanner