

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
جامعة عمّار تليجي الأغواط  
UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOAUT  
كلية العلوم  
FACULTÉ DES SCIENCES  
قسم البيولوجيا  
DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE

N° : ...../DB/2024



**MÉMOIRE**

*En vue de l'obtention du diplôme de Master II*

**Domaine :** Sciences de la Nature et de la Vie

**Filière :** Sciences écologiques

**Option :** Écologie végétale et environnement

**THÈME**

**Pollution des eaux souterraines de la nappe du Barrémien par les Nitrates et leurs Impact sur l'environnement dans la région d'El Assafia (Nord-est de la ville de LAGHOAUT).**

**Présenté par :**

- TOUAHAR Ammar
- HAMINI Hamza
- BEHITILA Kamal

Soutenu publiquement le Jeudi 27/06/2024 devant le jury :

<b>Dr ALLAL Farida :</b>	MCA Université de Laghouat	Présidente
<b>Pr CHAIBI Rachid :</b>	Professeur Université de Laghouat	Examineur
<b>Dr BENTAHAR Fatiha :</b>	MCB Université de Laghouat	Encadrante
<b>HENNICHE Ahmed :</b>	chef de service ADE Laghouat	Invité
<b>TOUZRI Kenza :</b>	Doctorante Université de Laghouat	Invitée

**Année universitaire 2023-2024.**

## Résumé :

Cette étude vise à évaluer la pollution des eaux souterraines par les nitrates dans la nappe du Barrémien de la région d'el Assafia et son impact environnemental. Nous avons collectés et analysés six échantillons d'eau souterraine prélevés auprès de six forages de la commune d'El Assafia durant quatre mois (Mars, Avril, Mai et Juin 2024). En plus au l'élément de Nitrate ( $\text{NO}_3$ ) qui a été mesuré, d'autres paramètres paraît nécessaire ont été aussi pris en considération tels que :  $T^\circ\text{C}$ , pH, conductivité électrique, ténacité de l'eau, et la minéralisation. Toutes ces mesures sont faites au niveau des laboratoires de l'algérienne des eaux (ADE) unité de Laghouat. Les résultats de notre mesure fait ressortier que les eaux souterraines d'El Assafia se caractérisent par une température de  $14.2^\circ\text{C}$  à  $26.2^\circ\text{C}$ , un pH neutre entre 6.7 à 7.95, et une conductivité de 1470 à 3760, turbidité de 0.338 à 3.54, TDS de 771 à 1880, une concentration en Nitrate vair entré 1.82 et 31.17 à 47.1 pour 5 points de prélèvement. Il faut signaler que le forage N°6 est qualifier comme une station polluée par les nitrates qui dépasse la norme de 50mg/l. Donc cette contamination peut avoir comme origine une contamination par l'utilisation intensive des engrais azotés.

Mots clés : Nappe du Barrémien, nitrates, eaux souterraines, contamination, analyse, Laghouat, El Assafia.

## ملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم تلوث المياه الجوفية بالنترات في طبقة باريميان بولاية الأغواط والأثر البيئي لهذا التلوث. قمنا بجمع وتحليل ست عينات من المياه الجوفية تم جمعها في منطقة العسافية خلال ثلاث أشهر (مارس وأبريل ومايو ويونيو 2024) وأخضعناها لتحليلات فيزيائية كيميائية لقياس معايير مثل درجة الحرارة والحموضة (PH) ودرجة الناقلية وكثافة الماء والتمعدن وتركيز النترات تم ذلك في مختبر وكالة المياه والتطهير بالأغواط. وتبين نتائج القياس أن المياه الجوفية ان منطقة العسافية تتميز بدرجة حرارة تتراوح من  $14.2$  درجة مئوية إلى  $26.2$  درجة مئوية، ودرجة حموضة معتدلة بين 6.7 و7.95، والناقلية من 1470 إلى 3760، ودرجة تعكر المياه من 0.338 إلى 3.54، واجمالي المواد الصلبة المذابة في الماء تتراوح من 771 إلى 1880، وتركيز نترات 1.82 و31.17 إلى 47.1 ل 5 نقاط أخذ عينات. وتجد الإشارة إلى أن البئر رقم 6 يسجل معيار نسبة النترات أكثر من 50%. لذلك يمكن أن يكون هذا الملوث مصدر التلوث عن طريق الاستخدام المكثف للأسمدة النيتروجينية.

كلمات مفتاحية: طبقة باريميان، نترات، المياه الجوفية، تلوث، التحاليل، الأغواط، العسافية.

## Abstract:

This study aims to assess the pollution of groundwater by nitrates in the Barremian aquifer of the El Assafia region and its environmental impact. We collected and analyzed six groundwater samples taken from six boreholes in the municipality of El Assafia over four months (March, April, May and June 2024). In addition to the element of Nitrate ( $\text{NO}_3$ ) that was measured, other parameters seemed necessary were also taken into consideration such as:  $T^\circ\text{C}$ , pH, electrical conductivity, water tenacity, and mineralization. All these measurements are made at the level of the laboratories of the Algerian Water Authority (ADE), Laghouat unit. The results of our measurement show that the groundwater of El Assafia is characterized by a temperature of  $14.2^\circ\text{C}$  to  $26.2^\circ\text{C}$ , a neutral pH between 6.7 and 7.95, and a conductivity of 1470 to 3760, turbidity of 0.338 to 3.54, TDS of 771 to 1880, a concentration of Nitrate vair entered 1.82 and 31.17 to 47.1 for 5 sampling points. It should be noted that borehole N°6 is qualified as a nitrate-polluted plant that registers the 50% standard. So, this contaminant can be the source of contamination by the intensive use of nitrogen fertilizers.

Keywords : Barrémien aquifer, nitrates, Groundwater, contamination, analysis, Laghouat, El Assafia.

# Remerciements

Nous exprimons notre profonde reconnaissance envers Allah Tout-Puissant pour la force et la sagesse qu'Il nous a accordés, rendant possible l'achèvement de ce travail modeste.

Nous adressons nos sincères remerciements et notre profonde gratitude à notre encadrante, Docteur BENTAHAR Fatiha, pour avoir accepté de superviser et de guider ce travail. Son soutien inestimable, sa bienveillance et sa disponibilité constante ont rendu cette expérience des plus enrichissantes. Merci, Madame, pour votre dévouement et votre gentillesse.

Nos remerciements vont également aux membres du jury pour avoir accepté de consacrer leur temps et leurs compétences à l'évaluation de ce travail.

Nous tenons à exprimer notre gratitude aux membres du laboratoire d'analyse de l'Algérienne des Eaux de Laghouat. En particulier, nous remercions chaleureusement Monsieur MECHRAOUI et Monsieur Henniche Mohammed pour leur aide précieuse et leurs encouragements constants, qui ont été une source de motivation et d'inspiration.

Nous souhaitons exprimer notre sincère gratitude à tous les enseignants de l'Université de Tizi Ouzou. Leur accompagnement tout au long du stage de terrain d'une semaine dans la wilaya de Laghouat a été crucial pour approfondir nos connaissances en géologie de la région. Cette expérience a été extrêmement enrichissante, et nous leur en sommes profondément reconnaissants.

Nous tenons également à remercier tous les enseignants du département de Biologie et le département SNV, pour leur soutien et leur enseignement tout au long de notre parcours académique. Leur dévouement et leur expertise ont grandement contribué à notre formation et à la réussite de ce travail.

Nous remercions toutes les personnes, nommément ou anonymement, qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce document. Votre soutien et vos encouragements ont été inestimables.



## *Dédicace*

À mes chers parents, qui m'ont apporté soutien, tendresse et encouragement tout au long de mes  
années d'études.

À la docteure encadrante BENTAHAR Fatiha et au docteur YOUSFI Mostapha, pour leurs précieux conseils et leur soutien constant.

À mon petit frère Mohamed, qui a été une source d'inspiration pour moi.

À mon ami BOUMAZA Ibrahim, et à mon ami DJEKAL Abdelnour, qui ont toujours été un soutien indéfectible dans mon parcours académique.

Je dédie ce travail à tous ceux qui ont contribué à mon succès. J'espère que ce modeste travail saura exprimer ma profonde gratitude envers tous ceux qui ont joué un rôle dans l'atteinte de cette étape.

*TOUAHAR Ammar*





# *Dédicace*

*En ce moment particulier dans ma vie,*

*Je tiens à dédier ce modeste travail à*

## ***Mon cher père***

*Ecole de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes les années des études et a mis à ma disposition tous les moyens nécessaires pour que je réussisse, et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager, à me Donner l'aide et à me protéger*

## ***Ma chère mère***

*Aicha qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, quoique je fasse, je ne pourrais te rendre ce que tu as fait pour moi.*

*Soyez fière de moi aujourd'hui et voyez à travers ce travail mon amour sincère et ma Gratitude profonde que dieu vous gardes et protèges pour moi inshallah.*

## ***A ma chère sœur***

*Les salles de Ayla*

## ***A mes amies***

*Afaf, Nacer , Djouhaina, Bouchra , Ammar, Youssra, Yassmine*

***Hamza***



# ***Dédicaces***

# Table des Matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

**Introduction générale ..... 01**

## **Chapitre I : Synthèse bibliographique**

**Introduction .....03**

**I.1 Sources de l'eau .....03**

**I.1.1 Eaux souterraines .....03**

**I.1.2 Eaux de surface .....05**

**I.1.3 Eaux de source .....05**

**I.2 L'eau et la santé .....05**

**I.3 Présentation de l'algérienne des eaux .....06**

**I.3.1 Création de l'ADE .....06**

**I.3.2 Laboratoire de l'ADE de Laghouat .....07**

**I.4 Principaux renseignements à fournir pour une analyse d'eau .....07**

**I.5 Pollution des eaux souterraines par les nitrates .....07**

**I.6 Impact environnemental de la pollution par les nitrates .....08**

## **Chapitre II : Matériels et Méthodes**

**Introduction ..... 10**

**II.1 Situation géographique de la zone d'étude..... 10**

**II.2 Etude géologique de la zone d'étude .....12**

**II.2.1 Cadre géologique de l'Atlas Saharien .....12**

**II.2.1.1 Situation géographique générale de l'Atlas Saharien .....12**

**II.2.1.2 Les formations étudiées .....12**

**II.2.1.3 Formation de Laouidja .....12**

**II.2.1.4 Formation de Kerakda .....13**

**II.2.1.5 Formation de Calcaire à polypier .....14**

**II.2.1.6 Formation de Kourdane .....14**

**II.2.1.7 Formation de Milok .....15**

<b>II.3</b>	Echantillonnage .....	16
<b>II.3.1</b>	Prélèvements .....	16
<b>II.3.2</b>	Mode de prélèvement .....	17
<b>II.4</b>	Analyses physico-chimiques .....	18
<b>II.4.1</b>	Mesure de la température .....	19
<b>II.4.2</b>	Mesure du potentiel d'hydrogène (pH) .....	19
<b>II.4.3</b>	Mesure de la conductivité électrique (CE) et TDS .....	19
<b>II.4.4</b>	Mesure de la turbidité .....	20
<b>II.4.5</b>	Dosage des nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) .....	20
	Conclusion .....	21

### **Chapitre III : Résultats et discussion**

<b>III.1</b>	Résultats des analyses physicochimiques .....	24
<b>III.1.1</b>	Température .....	24
<b>III.1.2</b>	pH .....	25
<b>III.1.3</b>	Conductivité .....	26
<b>III.1.4</b>	Turbidité .....	27
<b>III.1.5</b>	TDS .....	28
<b>III.1.6</b>	Nitrate NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> .....	29
	<b>Conclusion générale</b> .....	<b>31</b>
	<b>Références bibliographiques</b> .....	<b>34</b>
	<b>Annexes</b> .....	<b>39</b>

## Liste des Figures

N°	Titre	Pages
Figure.I.1	Différents types de nappes d'eau souterraine (Bentahar,2007)	04
Figure.II.1	Carte de situation géographique de la wilaya de Laghouat	10
Figure.II.2	Situation géographique d'el assafia (Wilaya de Laghouat)	11
Figure.II.3	Situation géographique de djebel Milok, Ksar Kourdane, Kef elmelh et El assafia. (Wilaya de Laghouat)	11
Figure.II.4	La formation de Laouidja (originale, 2024).	13
Figure.II.5	Coupe schématique de djebel Laouidja (Chettih, 2007).	13
Figure.II.6	Bancs calcaires (originale, 2024).	14
Figure.II.7	Les grès de Seklafa (originale, 2024).	14
Figure.II.8	L'arrêt de la série de Kourdane (originale, 2024).	15
Figure.II.9	Djebel el Milok (originale, 2024).	16
Figure.II.10	Coupe schématique du djebel Milok (Chettih,2007).	16
Figure.II.11	Prélèvement d'un échantillon (originale, 2024).	17
Figure.II.12	Situation géographique des forages de prélèvements d'eau dans la région d'El Assafia. (Période Mars-Juin 2024).	17
Figure.II.13	Lavage des flacons (originale, 2024).	17
Figure.II.14	Mesure de paramètres physiques sur terrain (originale, 2024).	18
Figure.II.15	PH mètre et thermomètre intégré (originale, 2024).	19
Figure.II.16	Appareil conductimètre (originale, 2024).	19
Figure.II.17	Turbidimètre (originale, 2024).	20
Figure.II.18	Opération des dosages du nitrates (originale, 2024).	21
Figure.III.1	Variations de la température enregistrés dans les forages (Mars-Juin 2024)	24
Figure.III.2	Variations des teneurs du pH enregistrés dans les forages (Mars-Juin 2024).	25
Figure.III.3	Variations de la Conductivité enregistrés dans les forages (Mars-Juin 2024)	26
Figure.III.4	Variation des teneurs de la turbidité enregistrés dans les forages (Mars-Juin 2024)	27
Figure.III.5	Variation des teneurs de la TDS enregistrés dans les forages (Mars-Juin 2024)	28
Figure.III.6	Variations des teneurs du Nitrate enregistrés dans les forages (Mars-Juin 2024).	29

## Liste des tableaux

<b>N°</b>	<b>Titre</b>	<b>Pages</b>
Tableau.II.1	Forages d'eau sélectionnés pour la campagne d'échantillonnage.	18

## **Liste des abréviations**

**ADE** : Algérie des eaux.

**C°** : Degré Celsius.

**CE** : Conductivité Electrique

**g** : Le Gramme

**L** : litre.

**Mg/l** : Milligramme par litre

**NA** : Normes Algériennes.

**OMS** : Organisation Mondiale De LaSanté.

**TDS** : Solides dissous totaux.

# **Introduction**

L'eau est une ressource vitale indispensable à la vie sur Terre, jouant un rôle crucial dans la subsistance des écosystèmes et dans le bien-être des communautés humaines (Smith, 2010). Cependant, la qualité de nos ressources en eau, en particulier des eaux souterraines, est de plus en plus menacée par diverses formes de pollution, dont celle par les nitrates (Jones et al., 2015).

La région de Laghouat, située au cœur de l'Atlas saharien d'Algérie, bénéficie d'une richesse hydrogéologique importante grâce à la présence de la nappe du Barrémien (Guerroudj et al., 2018). Cette nappe constitue une source précieuse d'eau souterraine qui alimente les besoins en eau potable, agricoles et industriels de la région. Cependant, elle est confrontée à des risques croissants de contamination par les nitrates, principalement attribuables aux activités humaines telles que l'agriculture intensive et les activités urbaines (Benchehida et Benhennour, 2017).

La pollution par les nitrates dans les eaux souterraines est un problème environnemental sérieux ayant des répercussions importantes sur la qualité de l'eau, la santé publique et les écosystèmes aquatiques (Kettab, 1992). Les nitrates proviennent principalement de l'utilisation d'engrais agricoles et des rejets urbains contenant des déchets organiques. Lorsque ces nitrates pénètrent dans les eaux souterraines, ils peuvent contaminer les sources d'eau potable et avoir des effets nocifs sur la biodiversité aquatique (John et al., 2010).

En examinant de près les caractéristiques physico-chimiques de l'eau souterraine, cette recherche fournira des données essentielles pour éclairer les décisions de gestion de l'eau et élaborer des stratégies efficaces de préservation des ressources en eau dans la région. Les résultats obtenus permettront également d'identifier des mesures d'atténuation et de réduction de la pollution par les nitrates, visant à protéger la qualité de l'eau et à assurer la durabilité environnementale à long terme.

Cette étude revêt une importance capitale pour la gestion durable des ressources en eau souterraine à El ASSAFIA et offre des perspectives cruciales sur la protection de l'environnement et de la santé publique face aux défis croissants de la pollution par les nitrates.

Cette étude vise à approfondir la compréhension de la pollution des eaux souterraines par les nitrates dans la région d'El ASSAFIA, en se concentrant spécifiquement sur l'analyse physico-chimique de la nappe du Barrémien.

Les objectifs principaux incluent l'évaluation des niveaux de contamination par les nitrates, l'identification des sources de pollution et l'analyse de l'impact environnemental de cette pollution.

# **Chapitre I : Synthèse bibliographique**

## **Introduction :**

L'eau est un élément fondamental de l'écosystème naturel, indispensable à toute forme de vie sur Terre, et couvre environ les trois quarts de la surface du globe. Elle peut prendre plusieurs formes, telles que la pluie, la glace, la neige, etc. De plus, elle est également présente dans le sol et la végétation ([Anglaret, 2002](#)).

Elle fait partie des constituants du corps humain et se retrouve dans la plupart des aliments. L'eau est utilisée dans l'alimentation humaine et animale, ainsi que dans l'industrie, l'agriculture et d'autres secteurs. Cependant, sa consommation peut également jouer un rôle important dans la transmission de maladies hydriques en transportant des agents pathogènes ([Guerd, 2007](#)).

### **I.1. Sources de l'eau :**

L'homme à recours généralement, pour satisfaire ses propres besoins en eau et permettre son usage dans ses diverses activités industrielles et agricoles, à trois types de ressources naturelles :

- Les eaux souterraines,
- Les eaux de surface (rivières, fleuves et lacs)
- Les eaux salines (eaux de mer et saumâtres).

L'eau à l'état naturel (superficielle, souterraine ou saline) n'est jamais « pure » ; c'est un milieu vivant qui se charge de très divers éléments en contact des milieux qu'elle traverse et sur lesquels elle ruisselle ([Degreement, 2005](#)).

L'être humain a besoin de l'eau pour satisfaire ses besoins et pour ses activités industrielles et agricoles. Pour cela, il utilise généralement trois types de ressources naturelles :

- Les eaux souterraines ;
- Les eaux de surface (rivières, fleuves et lacs) ;
- Les eaux salines (eaux de mer et saumâtres).

Cependant, l'eau à l'état naturel n'est jamais "pure". Elle est un milieu vivant qui se charge de nombreux éléments en entrant en contact avec les milieux qu'elle traverse et sur lesquels elle ruisselle. ([Degreement, 2005](#)).

#### **I.1.1. Eaux souterraines :**

Les eaux souterraines représentent environ 22% des réserves d'eau douce et sont créées par l'accumulation d'infiltrations dans le sol qui varient en fonction de la porosité et de la structure géologique. Elles se rassemblent pour former des nappes souterraines. ([Claude, 1999](#))

Ces eaux sont généralement détectées à des profondeurs importantes dans les nappes souterraines et présentent des caractéristiques distinctes, dont les plus importantes sont une faible turbidité, une contamination bactérienne relativement faible, une température constante et un faible indice de couleur. Cependant, elles peuvent contenir des concentrations élevées de fer et de manganèse. ([Gomella, 1978](#))

### Les différents types de nappes

Une nappe d'eau souterraine est une eau contenue dans les interstices ou les fissures d'une roche du sous-sol qu'on nomme aquifère (Fig.I.1).

#### Types de nappes :

Les nappes peuvent être contenues dans des aquifères de type poreux (sables, craie, graviers, grès) ou fissurés

- ❖ Nappe libre : Une nappe libre est une nappe dont la partie supérieure est constituée de terrain perméable.
- ❖ Nappe fossile : C'est une nappe qui ne se renouvelle plus, depuis un temps plus ou moins long (jusqu'à plusieurs milliers d'années). Ces nappes sont exploitées dans les milieux désertiques. Dans ce type de cas, elles sont vouées à un épuisement inévitable.
- ❖ Nappe captive : Une nappe captive est une nappe généralement profonde et située entre deux couches imperméables. Elle est entièrement saturée d'eau sous pression. Elle jaillit lorsque l'on fait un forage et c'est ce qu'on appelle un puits artésien.
- ❖ Nappe semi captive : Est une nappe qui se limite d'un côté dans sa partie supérieure de couche imperméable et d'un autre côté perméable. Ou elle se trouve limitée dans sa partie supérieure d'une couche semi perméable.
- ❖ Nappe phréatique : Est une nappe d'eau que l'on rencontre à faible profondeur. Elle alimente traditionnellement les puits et les sources en eau potable. C'est la nappe la plus exposée à la pollution en provenance de la surface.
- ❖ Nappe alluviale : Est un cas particulier de nappe libre (nappe peu profonde située sous un sol perméable).

Les nappes alluviales sont des nappes qui circulent dans les sédiments des rivières, c'est une masse d'eau se trouvant dans des terrains alluvionnaires. Elles se trouvent à faible profondeur et sont donc relativement faciles d'accès pour des prélèvements d'eau.

Une nappe alluviale est le plus souvent la nappe d'accompagnement d'un cours d'eau, avec lequel elle communique jusqu'à rencontrer une barrière géologique imperméable : si le niveau de la rivière s'élève rapidement (en période de crue), une partie de l'eau s'infiltrera pour recharger la nappe, tandis qu'au contraire en cas d'étiage, le débit du cours d'eau sera augmenté par l'écoulement de la nappe qu'il draine

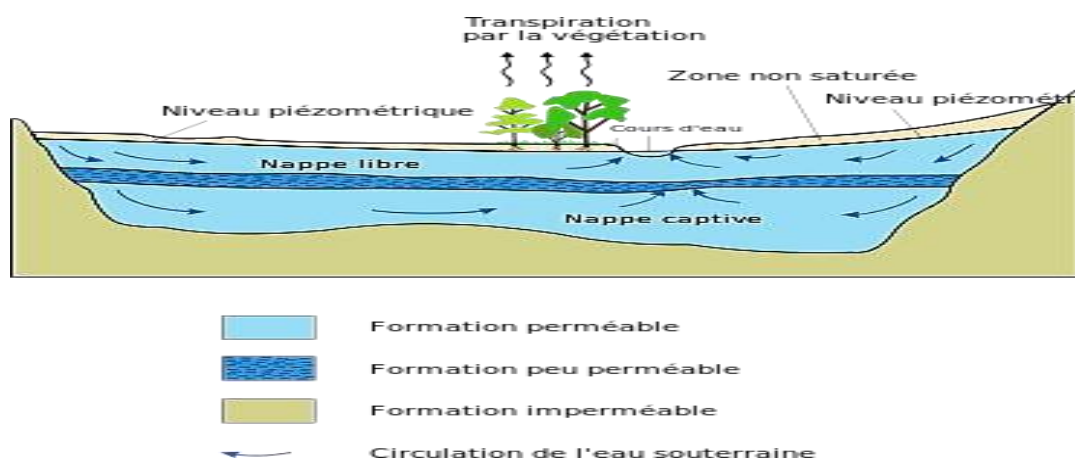


Figure.I.1 : différents types de nappes d'eau souterraine (Bentahar,2007).

### **I.1.2 Eau de surface :**

Les eaux de surface se répartissent en eaux circulantes (courantes) ou stockées (stagnantes). Elles se forment à partir, soit de l'émergence de nappes profondes en source, soit du rassemblement d'eau ruissellement.

Elles sont généralement riches en gaz dissous, en matières en suspension et organiques, ainsi qu'en plancton. Elles sont très sensibles à la pollution minérale et organique du type nitrate et pesticide d'origine agricole (Claude, 1999).

### **I.1.3 Eau de source :**

Une eau de source est une eau naturelle qui provient d'une source souterraine. Elle est généralement issue de nappes phréatiques profondes et est réputée pour sa pureté et sa qualité. Pour être classée comme une eau de source, elle doit répondre à certaines normes et critères spécifiques en matière de composition chimique, de minéralisation et de pureté microbiologique. L'eau de source est souvent embouteillée et commercialisée en tant qu'eau potable, offrant une alternative aux eaux du robinet ou aux eaux minérales. Elle est considérée comme une source naturelle d'hydratation et peut présenter des caractéristiques minérales distinctes selon sa provenance géographique.

## **I.2 L'eau et la santé :**

L'eau joue un rôle crucial dans le maintien d'une bonne santé. Voici quelques aspects importants concernant l'eau et la santé :

**Hydratation :** L'eau est essentielle à l'hydratation du corps humain. Une hydratation adéquate est nécessaire pour maintenir les fonctions physiologiques, réguler la température corporelle, transporter les nutriments et éliminer les déchets. Il est recommandé de boire suffisamment d'eau chaque jour pour s'hydrater correctement.

**Équilibre électrolytique :** L'eau est un solvant qui aide à maintenir l'équilibre électrolytique du corps. Les électrolytes tels que le sodium, le potassium et le Magnésium sont nécessaires au bon fonctionnement des cellules, des muscles et des organes. L'eau contribue à maintenir cet équilibre en permettant le transport des électrolytes à travers le corps.

**Digestion et absorption des nutriments :** L'eau est nécessaire à la digestion des aliments et à l'absorption des nutriments dans le système digestif. Elle facilite le processus de décomposition des aliments, aide à la formation des sucs digestifs et favorise le mouvement des nutriments à travers l'intestin pour une absorption optimale.

**Élimination des déchets :** L'eau est impliquée dans l'élimination des déchets du corps, notamment par l'urine et la transpiration. Elle aide à filtrer les toxines et les déchets métaboliques des reins et à les éliminer du corps, contribuant ainsi au maintien d'un système excréteur sain.

**Santé des organes :** Une consommation suffisante d'eau est importante pour le bon fonctionnement des organes vitaux tels que le cœur, les poumons, le cerveau et les reins. L'eau aide à maintenir une circulation sanguine adéquate, une oxygénation des cellules, une lubrification des articulations et une régulation de la température corporelle.

Il convient de noter que les besoins en eau varient selon les individus en fonction de divers facteurs tels que l'âge, le sexe, le niveau d'activité physique et les conditions environnementales. Il est recommandé de boire de l'eau potable propre et sûre pour bénéficier de ses bienfaits sur la santé :

- 68 % d'eau dans le corps humain adulte
- 80 % dans le sang, 4.5% dans le plasma et 30% dans les os
- Pour la peau : 12 à 15% dans la couche cornée et 60 à 70% dans le derme
- 16 % dans le milieu extracellulaire

Les maladies dues à l'eau sont nombreuses : dans les pays en développement, 80% des maladies sont liées à l'eau et causent la mort prématurée de trois millions de personnes chaque année.

Chaque année, 1,8 million de personnes, dont 90% d'enfants de moins de cinq ans, vivant pour la plupart dans les pays en développement, meurent de maladies diarrhéiques (y compris du choléra) et 88% des maladies diarrhéiques sont imputables à la mauvaise qualité de l'eau, à un assainissement insuffisant ou à une hygiène défectueuse<sup>24</sup> (Hugonin, 2011).

### **I.3 Présentation de l'algérienne des eaux :**

#### **I.3.1. Création de l'ADE :**

Sous la tutelle du ministère des ressources en eau, l'Algérienne des eaux est un établissement public national à caractère commercial et industriel doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière. Elle a été créée à la suite de la réforme institutionnelle en gagé par les pouvoirs publics en vue d'assurer une gestion rationnelle de la ressource en eau. C'est de cette réforme institutionnelle qu'un décret Exécutif N°01-101 du 27 moharrem 1422 correspondant au 21 Avril 2001 a officialisé la création de l'Algérienne des Eaux (Benchehba et Benhennour, 2017).

#### **I.3.2 Laboratoire de l'ADE de Laghouat :**

Le service laboratoire ADE Laghouat est dans le but principal d'assurer la qualité des eaux distribuées à la wilaya de Laghouat et destinées à la consommation humaine. Le laboratoire d'analyses d'eau a pour but d'assurer la qualité d'eau destinée à la consommation en passant par le contrôle dans le réseau de distribution et réservoirs jusqu'au robinet des consommateurs.

### **I.4 Principaux renseignements à fournir pour une analyse d'eau :**

Pour une analyse physico-chimique complète d'une eau, les principaux renseignements à fournir sont les suivants :

- ✓ Origine de l'eau : Indiquez la source de l'eau, qu'il s'agisse d'une eau de réseau, d'une eau de source, d'une eau de puits, etc.
- ✓ Date et lieu de prélèvement : Mentionnez la date à laquelle l'échantillon d'eau a été prélevé, ainsi que le lieu de prélèvement (par exemple, le nom de la ville, la station de traitement de l'eau, etc.).
- ✓ Description de l'échantillon : Décrivez l'apparence de l'échantillon d'eau, qu'il s'agisse d'une eau claire, trouble, colorée, etc.

- ✓ Utilisation de l'eau : Précisez l'utilisation prévue de l'eau, par exemple, s'il s'agit d'une eau destinée à la consommation humaine, à un usage industriel, à l'irrigation, etc.
- ✓ Paramètres à analyser : Indiquez les paramètres spécifiques que vous souhaitez faire analyser dans l'eau. Cela peut inclure des paramètres physiques tels que la température, le pH, la conductivité, la turbidité, etc., ainsi que des paramètres chimiques tels que la concentration en minéraux, les ions, les métaux lourds, les substances organiques, etc.
- ✓ Normes applicables : Mentionnez les normes, réglementations ou directives en vigueur auxquelles vous souhaitez comparer les résultats de l'analyse. Cela peut inclure des normes nationales, internationales ou locales spécifiques relatives à la qualité de l'eau potable, à la protection de l'environnement, etc.
- ✓ Méthodes d'analyse souhaitées : Si vous avez des préférences pour des méthodes d'analyse spécifiques, vous pouvez les spécifier. Sinon, les laboratoires d'analyse utilisent généralement des méthodes normalisées reconnues pour chaque paramètre.

Il est important de noter que chaque laboratoire peut avoir ses propres exigences spécifiques concernant les informations à fournir pour l'analyse d'eau. Par conséquent, il est recommandé de contacter directement le laboratoire d'analyse pour obtenir des instructions précises sur les renseignements requis et les procédures à suivre ([Bentahar, 2023](#))

### **I.5 Pollution des eaux souterraines par les nitrates**

La contamination des eaux souterraines par les nitrates est un problème environnemental majeur qui affecte de nombreuses régions du monde ([Smith et al., 2010](#)). Les nitrates proviennent principalement des activités agricoles, telles que l'utilisation d'engrais azotés et l'épandage de lisier ([Kramer et al., 2006](#)). Lorsque ces substances sont appliquées sur les terres agricoles, elles peuvent s'infiltrer dans le sol et atteindre les aquifères souterrains ([Jones et al., 2015](#)).

Une fois dans les eaux souterraines, les nitrates peuvent contaminer les sources d'eau potable utilisées par les populations locales ([Ward et al., 2012](#)). Lorsqu'ils sont consommés à des niveaux élevés, les nitrates peuvent avoir des effets néfastes sur la santé humaine, en particulier chez les nourrissons, en provoquant la méthémoglobinémie ou « maladie bleue » ([Rivett et al., 2008](#)).

De plus, les nitrates peuvent favoriser la prolifération excessive d'algues dans les cours d'eau et les lacs, entraînant des problèmes tels que l'eutrophisation et la diminution de l'oxygène dissous ([Díaz et al., 2008](#)). Cette perturbation des écosystèmes aquatiques peut avoir des répercussions graves sur la biodiversité et la santé des écosystèmes ([Sharpley et al., 2013](#)).

Ainsi, la contamination des eaux souterraines par les nitrates est un problème complexe ayant des implications importantes pour la santé humaine et l'environnement ([Huang et al., 2014](#)). Il est crucial de mettre en œuvre des pratiques agricoles durables et des mesures de gestion des bassins versants pour réduire cette forme de pollution et préserver la qualité des eaux souterraines ([Fisher et al., 2016](#)).

### **I.6 Impact environnemental de la pollution par les nitrates**

L'impact environnemental de la pollution par les nitrates est significatif et peut avoir des conséquences néfastes sur les écosystèmes aquatiques et terrestres (Smith et al., 2010). Voici quelques-uns des principaux impacts :

➤ **Eutrophisation :**

Lorsque les nitrates atteignent les cours d'eau et les lacs, ils peuvent favoriser la croissance excessive d'algues, un phénomène appelé eutrophisation (Díaz et al., 2008). Cette prolifération d'algues entraîne souvent une diminution de l'oxygène dissous dans l'eau, ce qui peut étouffer les poissons et autres organismes aquatiques (Sharpley et al., 2013).

➤ **Dégradation de la Qualité de l'Eau :**

Les nitrates peuvent altérer la qualité chimique de l'eau en la rendant impropre à la consommation par les humains et les animaux (Ward et al., 2012). Cela peut avoir des implications importantes pour la santé publique et nécessiter le traitement coûteux de l'eau potable.

➤ **Changements dans les Écosystèmes :**

La présence accrue de nitrates peut modifier les écosystèmes aquatiques en favorisant certaines espèces d'algues au détriment d'autres organismes (Díaz et al., 2008). Cela peut perturber les chaînes alimentaires et réduire la biodiversité des habitats aquatiques.

➤ **Impacts sur les Terres Agricoles :**

Lorsque les nitrates s'infiltrent dans le sol, ils peuvent également affecter les terres agricoles en perturbant l'équilibre des nutriments et en compromettant la productivité des cultures (Kramer et al., 2006). Cela peut nécessiter l'utilisation accrue d'engrais pour compenser les pertes de nutriments.

➤ **Risques pour la Faune et la Flore :**

Les nitrates peuvent être toxiques pour certains organismes aquatiques, en particulier les larves d'insectes et les poissons sensibles (Rivett et al., 2008). Une exposition prolongée à des concentrations élevées de nitrates peut entraîner des effets négatifs sur la reproduction et la survie des espèces.

**En résumé**, la pollution par les nitrates a un impact environnemental étendu et peut compromettre la qualité des ressources en eau et la santé des écosystèmes naturels (Huang et al., 2014). La gestion efficace de cette forme de pollution est essentielle pour préserver la biodiversité et assurer la durabilité des systèmes aquatiques et terrestres (Fisher et al., 2016).

# **Chapitre II : Matériels et Méthodes**

## Introduction :

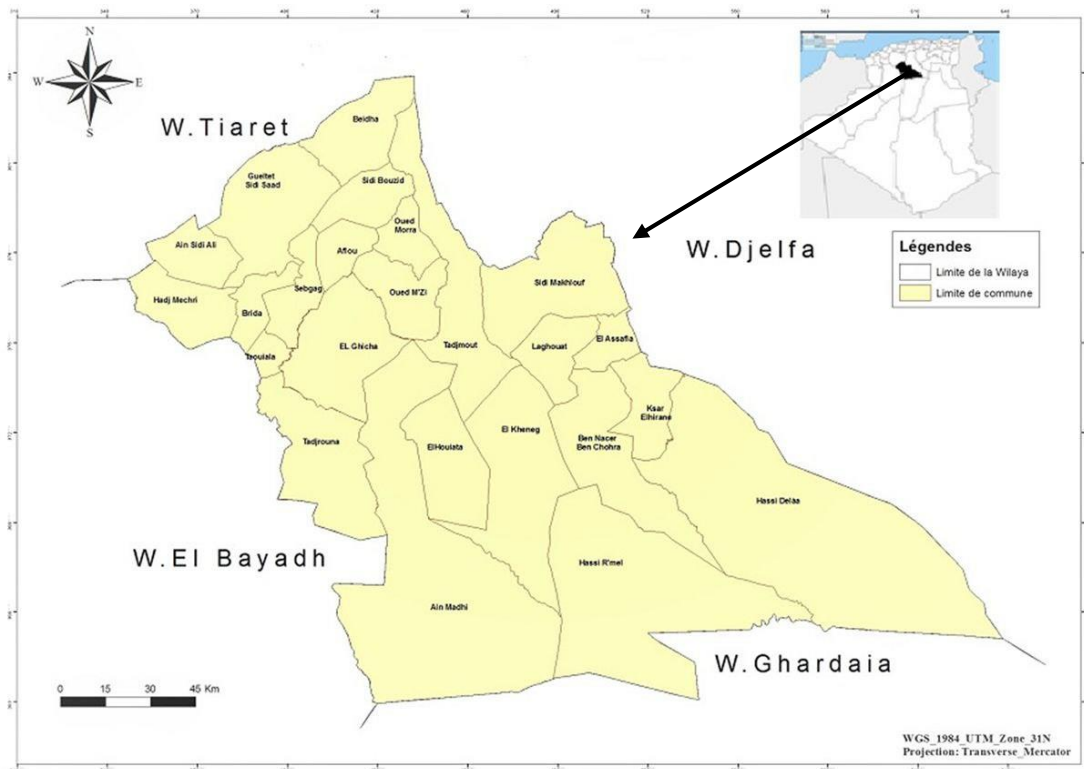
Dans le cadre de notre thèse, nous avons participé à une formation sur le terrain d'une semaine, du 19 au 23 avril 2024, en compagnie du Docteur Bentahar et des étudiants en géologie (première année de master I Bassins sédimentaires) de l'Université de Tizi Ouzou. Cette expérience nous a permis de découvrir diverses structures rocheuses dans plusieurs lieux, notamment Kaf Al Melh, le mont Milok et Kourdane. De plus, nous avons prélevé des échantillons d'eau dans la région d'el Assafia, comme suggéré par Docteur Bentahar, en raison de la pratique agricole et de l'utilisation d'engrais dans cette zone.

### II.1 Situation géographique de la zone d'étude :

La wilaya de Laghouat se situe à 400 Km au Sud de la capital Alger. La wilaya s'étend sur 25,000 km<sup>2</sup>. Limitée au Nord-ouest par la wilaya de Tiaret, au Nord et Nord-est par la wilaya de Djelfa, à l'ouest par la wilaya d'el Bayadh, au Sud par la wilaya de Ghardaïa (fig.II.1).

Région pastorale de l'Algérie, elle possède également le plus grand gisement de gaz naturel d'Afrique avec une réserve estimée à plusieurs milliards de mètres cubes.

La ville de LAGHOUAT (chef-lieu) est située à plus de 750 mètres d'altitude. la wilaya de Laghouat est traversée par la chaîne de l'Atlas saharien avec des sommets qui dépassent les 1000 mètres (Djebel Amor 1275 mètres).



**Figure.II.1** : carte de situation géographique de la wilaya de Laghouat.

### ➤ La région de El Assafia :

El Assafia (fig.II.2) est une commune de la wilaya de Laghouat, administrée par le district de Sidi Makhloof et située à 14 km à l'Est du chef-lieu Laghouat



**Figure.II.2** : situation géographique d'el assafia (Wilaya de Laghouat).

## II.2 Etude géologique de la zone d'étude :

### II.2.1 Cadre géologique de l'Atlas Saharien :

#### II.2.1.1 Situation géographique générale de l'Atlas Saharien :

L'Atlas Saharien est une chaîne de montagnes intracontinentale, caractérisée par un relief peu escarpé et allongé, s'étendant de la partie supérieure de l'Atlas marocain jusqu'en Tunisie. Elle présente un aspect général de vastes steppes séparées par de longues collines pointues et alignées. Cette chaîne est composée de formations argilo- gréseuses et carbonatées fortement fissurées, principalement structurées au cours du cycle alpin ([Chettih, 2007](#)). Elle s'étend sur près de 1200 km, depuis les frontières algéro-marocaines à l'ouest jusqu'aux Aurès à l'est. Au nord, elle est bordée par les Hautes Plaines oranaises, tandis qu'au sud, elle est limitée par la plateforme saharienne. L'Atlas saharien peut être divisé en trois unités géographiques, d'ouest en est :

- L'unité occidentale, composée des Monts des Ksour (Ain-Sefra).
- L'unité centrale, dominée par le Djebel Amor (El Bayadh).
- L'unité orientale, occupée par les Monts des Ouled Naïl et Les Aurès ([Elberrichi et Lefkiri, 2017](#)).

La région de Laghouat présente deux domaines géologiques distincts, tant sur le plan de la structure que de l'évolution géologique : l'Atlas Saharien au Nord et la plateforme Saharienne au sud. La wilaya possède un socle de roches sédimentaires datant du Secondaire, du Tertiaire et du Quaternaire (fig.II.3) ([Berkat, 2020](#)).



**Figure.II.3** : situation géographique de djebel Milok, Ksar Kourdane, Kef el Melh et El assafia. (Wilaya de Laghouat).

### II.2.1.2 Les formations étudiées :

#### II.2.1.3 La formation de Laouidja :

Elle est formée par une succession de trois séquences de second ordre, qui présentent une lithologie croissante de type grano-stratique. Cette séquence est caractérisée par une alternance de couches d'argiles verdâtres à la base et de grès au sommet (fig.II.4) :

**La 1ère séquence** : une combe argileuse surmonté de grès à intercalation calcaire présente des traces d'activité, bioturbation brachiopode, lamellibranche. Comme structure il y a les rides à la base : des mégas rides. Les grès sont en cordon, la forme inverse du chenal qui indique du cordon (base d'embouchure). On est dans le milieu littoral comme indice les stratifications et la faune.

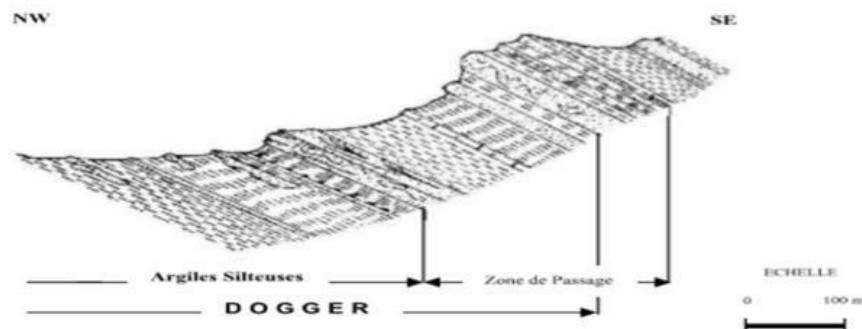
**La 2ème séquence** : combe argileuse a banc légèrement arqué surmonté de grès a mégaride au sommet une surface durcique noir indique la fin de la séquence : accumulation d'oxygénation, fin du 1er chenal engendre une émergence et un ralentissement.

**La 3ème séquence** : alternance de grès et argile, épaisse banc d'argile a intercalation calcaire surmonté d'un épais banc de grès à base arquée lenticulaire, y a des éclats, surface d'oxydation. Au sommet surface durcique marque la fin de la séquence et la fin d'activité du chenal. La présence des laminations planes à la base, vers le sommet des rides de courant a stratification oblique indique qu'on est dans le partie supérieur du Pro de delta (Berkat, 2020).

En conclusion la formation de Laouidja (fig.II.5) est strato-grano-croissante, la présence des figures de charge témoigne une subsidence qui est d'un effondrement entrainent un ralentissement et donc le début d'installation du 1er édifice deltaïque. Il s'agit d'un bassin instable (Berkat, 2020).



**Figure.II.4** : la formation de Laouidja (originale, avril 2024).



**Figure.II.5** : Coupe schématique de djebel Laouidja (Chettih, 2007).

### II.2.1.4 La formation de Kerakda :

C'est le premier édifice deltaïque et le plus important dans l'Atlas saharien central. C'est une formation d'âge Callovo-oxfordien constituée de plusieurs séquences d'environnement de front de delta qui sont strato-grano croissantes. Dont l'organisation de ces facies présente la succession suivante grès argile dolomie Les grès : La première séquence est constituée par des argiles vertes puis des grès avec des méga-rides, et avec quelque dépôts carbonaté (dolomie), en grosses lentilles devenant des barres plus massives vers le sommet pluri métriques, correspondant à des cordons qui contiennent des structures sédimentaires tel que : les stratifications obliques, entre croisées, en arrêt de poisson, rides, méga rides, slump, les slumpbole, bois silicifié qui caractérisent l'environnement intertidale . Les argiles : intercalent les barres gréseuses et contiennent parfois les silts. La dolomie : ou grès dolomitiques contient les bioclastes (Berkat, 2020).

### II.2.1.5 Formation de Calcaire à polypier :

C'est une série d'âge Kimméridgien inférieur, strato-grano croissante délimité par des surfaces durcis, Elle commence par des bancs calcaires (fig.II.6) à silex dolomitisés riches en faune variée (polypier branchue, et en colonie, des encroutements algaires, des gastéropodes et des bivalves) qui sont séparés par une combe marneuse de couleur verte, leur surface est gondolée et diaclasée. La série se termine par des grès verts et grossiers tidal à laminations planes, flazers et rides et des structures entrecroisées.



**Figure.II.6** : Bancs calcaires (originale, avril 2024).

### II.2.1.6 Formation de Kourdane :

Les grès de Seklafa : en dessous de la formation d'Argile rouge et dolomie de kourdane se trouve la partie sommitale de grès de Seklafa (Fig.II.7) d'âge kimméridgien inférieur, présente certaine ride de courant asymétrique et des bioturbations.



**Figure.II.7** : Les grès de Seklafa (originale, avril 2024).

**La série de kourdane** : constitue par 02 méga Séquence (Fig.II.8) : Première Méga Séquence : représenté par des grés à la base surmonté des argiles à intercalation parfois carbonatés.

Les grés sont de taille moyenne à fine, de couleur blanchâtre. Les argiles sont marmorisées. Comme structure il y a les rides de courant qui sont dissymétrique, diacalse, bioturbation, figure de charge, des laminations, pédogénèse, marmorisation bois silicifié, Géode, indice de dissolution qui marque une émerision. Plus haut de petit niveau jaunâtre dolomitique, et une discontinuité qui marque la fin de la 1ère méga séquence.

**Deuxième Méga Séquence** : des alternances de grès et argile parfois à intercalation dolomitique. Les grès sont stratifiés dissymétrique à base lenticulaire ravinant, la taille des bancs diminue vers le sommet. Présente comme structure des rides d'interférence.

Les argiles marmorisées, Au sommet les argiles rouges marquent la fin de la série de kourdane. La marmorisation indique l'émersion le climat est plus humide, la série est strato-grano décroissante stratonomie et bathymétrie importante. Dominance d'activité de chenaux et les dépôts de condensation donc on est dans le milieu de la plaine deltaïque. Au point structural la présence de certaine fente (Berkat, 2020).



**Figure.II.8** : L'arrêt de la série de Kourdane (originale, 2024).

### II.2.1.7 Formation de Milok :

Constitue par des dépôts de crétacé (fig.II.9, fig.II.10)

**Barrémien** : une alternance de grès et argile, grano-décroissante. Grès blanc friable chenalisé à dragée de quartz à stratification oblique, vers le sommet trace de galet argileux. Les dragées de Quartz témoignent d'un écoulement fluviatile très violent. Une discontinuité vers le sommet marqué pas les silicrête, présence des kerboub (nappe principale).

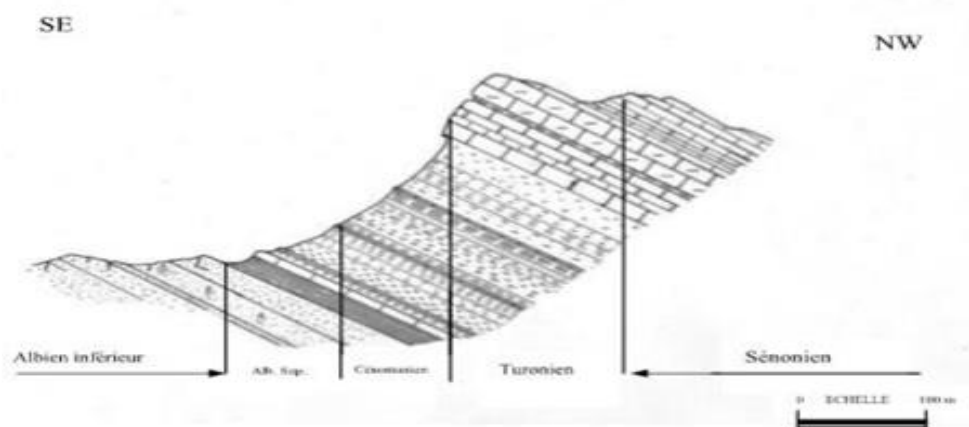
**Aptien** : représenté par des dépôts d'argile versicolore gypseux à intercalation carbonaté, indique un milieu lacustre.

**Albien** : essentiellement gréseux, massif, rougeâtre donc chenaux assez larges, vers e haut marneux gypseux à stratification oblique et présence de stromatolithe.

**Cénomaniens-Turonien** : représenté par des dépôts carbonates à marne et gypse, une alternance calcaire marne indique une hausse eustatique donc un développement vers la plateforme externe. Présente des dessiccations, stromatolithe, tepee (Berkat, 2020).



**Figure.II.9:** Djebel El Milok (original, 2024).



**Figure.II.10 :** Coupe schématique du Djebel Milok (Chettih,2007).

## II.3 Echantillonnage :

### II.3.1 Prélèvements :

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate qui nécessite une grande attention, car elle influence les résultats analytiques et leur interprétation (Fig.II.11). Il est essentiel que l'échantillon soit homogène, représentatif et prélevé sans altérer les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques de l'eau. Le préleveur doit avoir une connaissance précise des conditions de prélèvement et de leur impact sur la qualité des résultats analytiques. (Bentassa et Guettaf, 2021).



Figure.II.11 : prélèvement d'un échantillon d'eau pour analyse (original, 2024).

### II.3.2 Mode de prélèvement :

Le prélèvement des échantillons pour les analyses physico-chimiques revêt une grande importance car les résultats reflètent directement les caractéristiques chimiques de l'eau prélevée. Il est essentiel de veiller à ce que les manipulations effectuées lors du prélèvement ne conduisent en aucun cas à une contamination, d'où la nécessité d'utiliser des instruments stériles et de travailler dans des conditions stériles.

Les échantillons d'eau ont été prélevés dans six forages dans la région d'El Assafia (fig.II.12) sont prélevés dans des flacons en verre de 500 ml avec un bouchon en téflon, qui ont été soigneusement lavés et rincés à l'eau distillée (fig.II.13)



Figure.II.12 : Situation géographique des forages de prélèvements d'eau dans la région d'El Assafia. (Période Mars-Juin 2024).



**Figure.II.13 :** Lavage des flacons (originale, 2024).

Au moment du prélèvement des échantillons pour l'analyse physico-chimique, les flacons doivent être rincés à trois reprises avec de l'eau à analyser, puis remplis jusqu'au bord. Le bouchon doit être fermement placé de manière à éviter toute présence de bulles d'air et à assurer qu'il ne se détache pas pendant le transport. Il est également important d'étiqueter les flacons d'échantillonnage en indiquant le point de prélèvement, la date et l'heure (Bentahar,2023).

Les échantillons prélevés nécessitent un certain temps de transport et une période d'attente au laboratoire avant d'être analysés. En général, il est recommandé de les transporter à une température de 4°C et de les maintenir à l'abri de la lumière dans des emballages isothermes afin de garantir une conservation optimale (Bentahar,2023).

#### **II.4 Analyses physico-chimiques :**

Les analyses des éléments physico-chimiques ont été effectuées au laboratoire des analyses de l'ADE Laghouat. Certains paramètres physiques ont été mesurés directement sur le terrain (fig.II.14), notamment la température de l'eau, solides totales dissoutes (TDS), le pH et la conductivité.



**Figure.II.14 :** Mesure de paramètres physiques sur terrain (originale, 2024).

#### **Les mesures au laboratoire**

Dans un premier temps, nous avons entamé l'analyse physico-chimique et avons été accueillis par Monsieur Henniche, chef de service du laboratoire de l'ADE Laghouat. Il nous a fourni toutes les explications nécessaires concernant le matériel utilisé ainsi que les techniques d'analyse physico-chimique. Les noms et la profondeur des puits d'échantillonnage indiqués dans le (tableau.II.1).

**Tableau.II.1** : Forages d'eau sélectionnés pour la campagne d'échantillonnage.

Forages	Nom de forage	Profondeur(m)
<b>F1</b>	Betaimi	<b>85</b>
<b>F2</b>	Saoli Saridja	<b>135</b>
<b>F3</b>	Sahraoui	<b>57</b>
<b>F4</b>	Mecheraoui Med	<b>80</b>
<b>F5</b>	Gedarmouri	<b>90</b>
<b>F6</b>	Mecheraoui Kadour	<b>40</b>

Les analyses physico-chimiques comprenaient la mesure de la température et du pH, la conductivité électrique (CE), solides totales dissoutes (TDS), la turbidité et nitrates.

Les analyses ont été menées au Laboratoire d'analyse physico-chimique de l'ADE LAGHOUAT.

#### II.4.1. Mesure de la température :

La température de l'eau joue un rôle significatif dans la perception de sa sensation. C'est un facteur crucial lorsqu'il s'agit d'eau destinée à la consommation humaine (Bentahar,2023). En général, les instruments de mesure de la conductivité ou du pH sont équipés d'un thermomètre intégré (Rodier et al., 2009).

#### II.4.2. Mesure du potentiel d'hydrogène (pH) :

Le pH doit être mesuré sur le terrain en utilisant un pH-mètre ou par coloration (Haslay et al., 1993). (fig.II.15)



Figure.II.15 : pH mètre et thermomètre intégré (originale, 2024).

#### II.4.3. Mesure de la conductivité électrique (CE) et TDS :

##### ➤ Mode opératoire :

En général, il est essentiel de garantir la propreté rigoureuse et le rinçage de la verrerie avec de l'eau distillée avant utilisation. Pour la cellule de conductivité, il convient de la rincer plusieurs fois, d'abord avec de l'eau distillée, puis en la plongeant dans un récipient contenant l'eau à analyser.

La mesure est effectuée dans un deuxième récipient, en veillant à ce que les électrodes en platine soient complètement immergées. Le liquide est agité pour égaliser la concentration ionique entre les électrodes et le liquide environnant. Cette agitation permet également d'éliminer les bulles d'air des électrodes. Le résultat est donné directement en  $\mu\text{s}/\text{cm}$  (Rodier et al., 2005). Cet appareil permet également de mesurer les matières solides totales dissoutes (TDS) (fig.II.16), dont la valeur est exprimée en  $\text{mg}/\text{l}$ .



Figure.II.16 : Appareil conductimètre (originale, 2024).

#### II.4.4. Mesure de la turbidité :

##### ➤ Mode opératoire :

Une cuvette de mesure propre est remplie avec l'échantillon à analyser, soigneusement homogénéisé, et la mesure est effectuée rapidement dans le turbidimètre (fig.II.17). Il est important de vérifier l'absence de bulles d'air avant de procéder à la mesure. La valeur de turbidité est obtenue directement en NTU (Nephelometric Turbidity Units) (Ayad, 2017).



Figure.II.17 : Turbidimètre (originale, 2024).

#### II.4.5. Dosage des nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) :

##### ➤ Matériel et appareils :

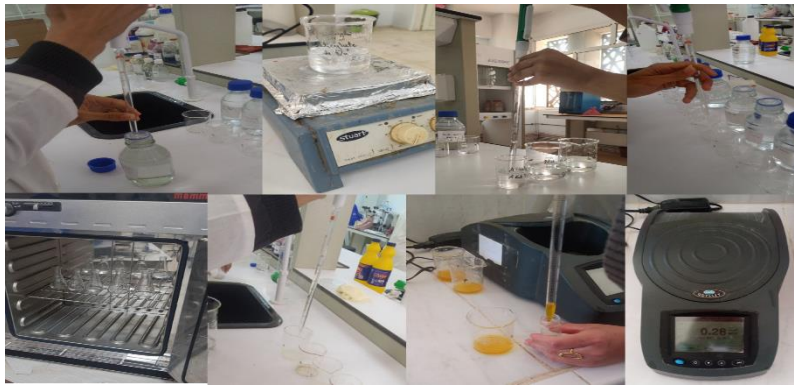
- Etuve
- Spectrophotomètre U.V visible
- Bêchers
- Pipettes

##### ➤ Réactifs :

- ✓ Eau distillée  $\text{H}_2\text{O}$

- ✓ Hydroxyde de sodium NaOH
- ✓ Acide acétique CH<sub>3</sub>COOH
- ✓ Nitrate de sodium NaNO<sub>3</sub>
- ✓ Acide sulfurique H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- ✓ Salicylate de sodium C<sub>7</sub>H<sub>5</sub>NaO<sub>3</sub>
- **Mode opératoire :**

Prenez 10 ml de l'eau à analyser, puis ajoutez-y 4 gouttes acide acétique CH<sub>3</sub>COOH. Ensuite, ajoutez 8 gouttes nitrate de sodium NaOH. Ensuite, ajoutez 0.5 ml de Salicylate de sodium. Les échantillons analysés seront placés dans une étuve à une température de 110 C° afin d'évaporer complètement l'eau. Après refroidissement, ajoutez 16 gouttes acide sulfurique H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> aux résidus, laissez reposer pendant 10 minutes. Ensuite, ajoutez 10 ml hydroxide de sodium. Les échantillons seront ensuite placés dans la lecture à l'aide de spectrophotomètre UV visible (la longueur d'onde est 415 nm) (fig.II.18). Les résultats seront donnés directement en mg/l, conformément à la norme T90-012.1994.



**Figure.II.18** : opération des dosages du nitrates (originale, 2024).

### Conclusion :

À la lumière des résultats obtenus au cours de notre formation sur le terrain, plusieurs conclusions importantes peuvent être tirées. Les diverses structures rocheuses observées dans les régions de Kaf Al Melh, le mont Milok et Kourdane, ainsi que les échantillons d'eau prélevés dans la région d'el Assafia, ont fourni des données précieuses pour notre thèse.

La diversité géologique de la wilaya de Laghouat, avec ses formations sédimentaires et ses caractéristiques hydrogéologiques, nous a permis de mieux comprendre les dynamiques environnementales de la région. La formation de Laouidja et la formation de Kerakda, entre autres, ont révélé des informations cruciales sur les processus sédimentaires et l'évolution géologique de l'Atlas Saharien.

Les analyses des nitrates sont particulièrement cruciales car elles permettent de détecter une contamination potentiellement dangereuse des eaux souterraines. Les nitrates, lorsqu'ils sont présents en concentrations élevées, peuvent avoir des effets néfastes sur l'environnement, contribuant à l'eutrophisation des plans d'eau et posant des risques significatifs pour la santé humaine. Par conséquent, une surveillance rigoureuse des niveaux de nitrates est indispensable pour protéger les écosystèmes aquatiques et assurer la potabilité de l'eau.

En conclusion, cette formation sur le terrain a fourni une base solide pour la poursuite de notre thèse et a mis en évidence l'importance d'une approche intégrée et multidisciplinaire pour l'étude des systèmes géologiques et hydrologiques.

# **Chapitre III : Résultats et Discussion**

### III.1 Résultats des analyses physico-chimiques :

#### III.1.1 Température :

L'analyse des températures (fig.III.1) des différents forages montre des variations saisonnières typiques, avec une augmentation générale de la température de mars à juin. Les températures enregistrées sont toutes inférieures à la norme OMS de 30°C, indiquant une absence de risque thermique pour l'eau des forages. Cependant, on note des différences notables entre les sites :

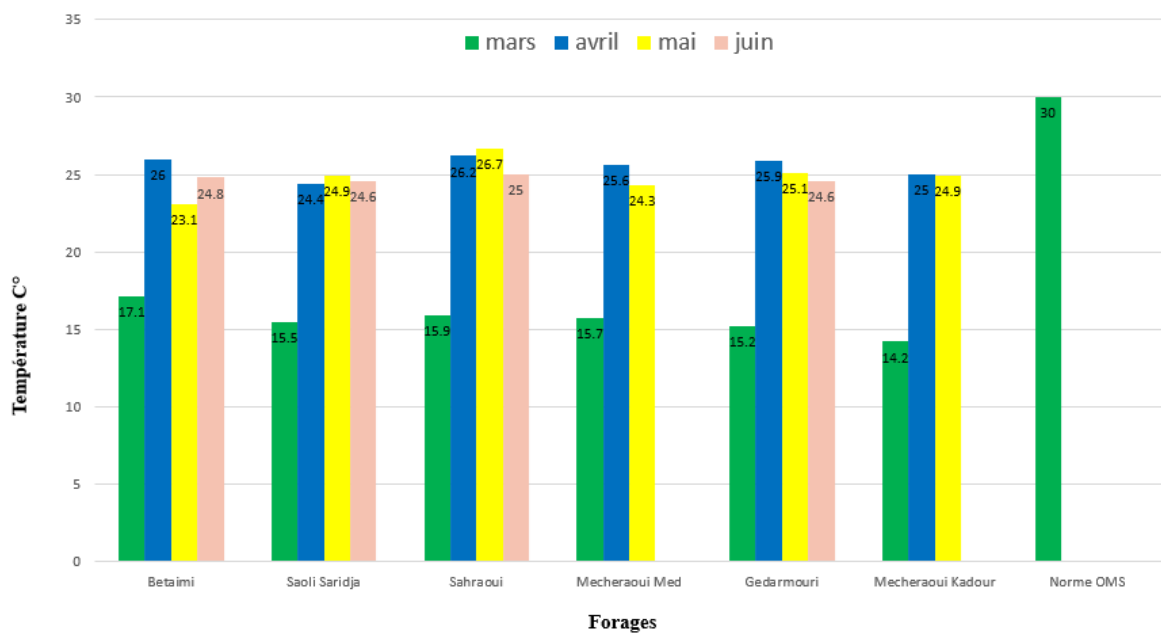
Betaimi : La température varie de 17.1°C en mars à 24.6°C en juin, avec un pic en avril (26°C).

Saouli Saridja : Affiche une température stable autour de 24-25°C d'avril à juin.

Sahraoui et Gendarmerie : Montre une tendance similaire avec des températures plus élevées en avril et mai.

Mecheraoui Med et Mecheraoui Kadour : La température varie de 14.2°C en mars à 25°C en juin, avec un pic en avril (25.9°C).

Ces variations peuvent être attribuées aux différences de profondeur des forages.



**Figure.III.1** : Variations de la température enregistrés dans les forages. (Période Mars-Juin 2024).

### III.1.2 Potentiel d'hydrogène (pH) :

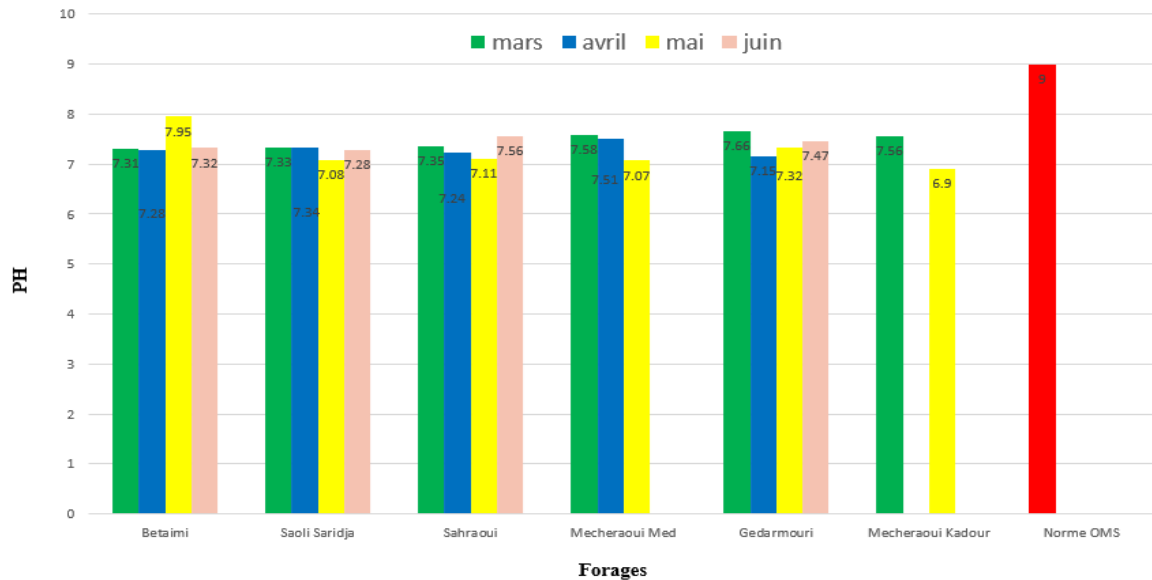
Les valeurs de pH (figIII.2) pour tous les forages se situent dans une plage neutre à légèrement alcaline (7.07 à 7.66), toutes inférieures à la norme OMS de 9. Ceci est favorable, car un pH dans cette gamme est idéal pour la consommation humaine et ne présente pas de risque de corrosion pour les infrastructures.

Betaimi et Saouli Saridja : Présentent des valeurs de pH relativement stables autour de 7.3.

Sahraoui : Montre une légère augmentation du pH en juin (7.56).

Mecheraoui Med : Présente les valeurs les plus élevées en mars et avril.

Gendarmerie et Mecheraoui Kadour : Montrent des fluctuations mais restent dans la plage acceptable.



**Figure.III.2** : Variations des teneurs du pH enregistrés dans les forages. (Période Mars-Juin 2024).

### III.1.3 Conductivité :

La conductivité électrique (figIII.3), est un indicateur des concentrations ioniques dans l'eau. La norme OMS est de 2800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Certains forages dépassent cette limite, ce qui indique une forte concentration de sels dissous.

Betaïmi : Montre une forte variabilité, dépassant la norme en mai (3251  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

Saouli Saridja et Sahraoui : Présentent des pics en avril (3760 et 3531  $\mu\text{S}/\text{cm}$  respectivement), indiquant une augmentation temporaire des sels dissous.

Mecheraoui Med, Gendarmerie et Mecheraoui Kadour : Restent globalement en dessous ou proches de la norme.

### III.1.4 Turbidité :

La turbidité indique (figIII.4) la clarté de l'eau, et des valeurs élevées peuvent indiquer la présence de particules en suspension. La norme OMS est de 5 NTU, et toutes les valeurs relevées sont bien en dessous de cette norme, indiquant une bonne clarté de l'eau.

Betaïmi : Montre un pic de turbidité en juin (3.54 NTU).

Saouli Saridja et Gendarmerie : Présentent des valeurs plus élevées au début de la période, mais restent basses par rapport à la norme.

Les autres forages : Ont des valeurs relativement basses et stables, indiquant une bonne qualité visuelle de l'eau.

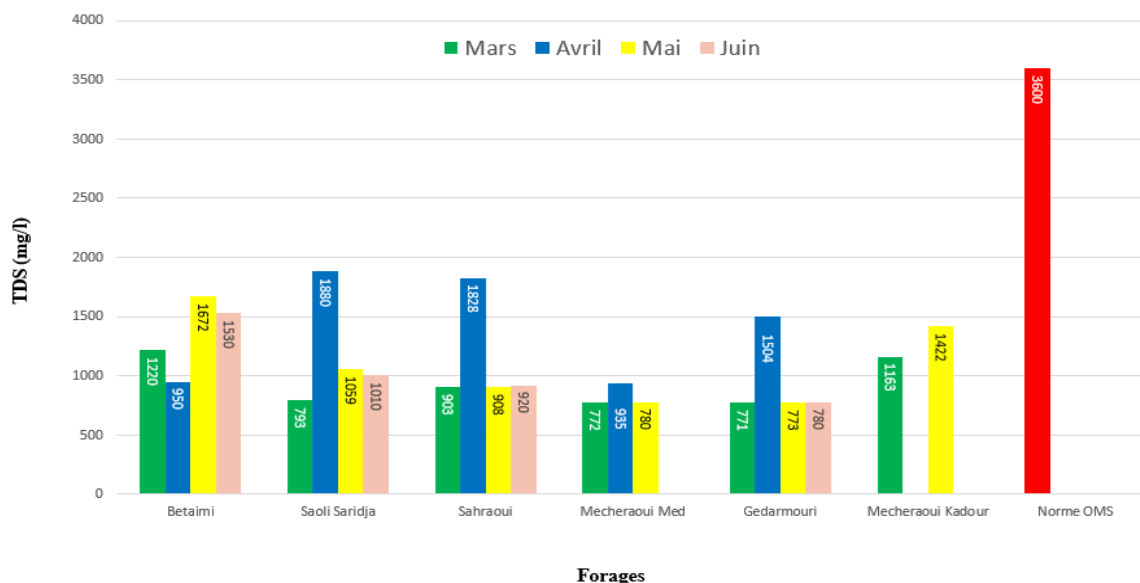
### III.1.5 TDS :

Les Solides Dissous Totaux (TDS) représentent la quantité de matière dissoute dans l'eau, mesurée en milligrammes par litre (mg/L). Les sources de TDS incluent les mines, les décharges, le sel de voirie, l'eau salée, les stations d'épuration, les systèmes de traitement et d'adoucissement de l'eau, etc. (Patrick, 2009). Bien qu'il n'y ait pas de valeur guide spécifique, il est recommandé de maintenir les TDS en dessous de 1000 mg/L pour un optimum selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS, 2006).

Les résultats obtenus révèlent des niveaux de Solides Dissous Totaux (TDS) variables dans les différentes sources d'eau analysées (fig.III.5). La source Kourdane présente un niveau de TDS de 503 mg/L, tandis que la source Kef El Melh affiche un niveau de TDS de 3620 mg/L.

Les TDS représentent la quantité de matière dissoute dans l'eau et peuvent provenir de diverses sources telles que les activités minières, les décharges, l'eau salée, les stations d'épuration et les systèmes de traitement de l'eau. Les niveaux élevés de TDS peuvent être associés à une forte concentration de sels dissous dans l'eau.

Bien qu'il n'existe pas de valeur guide spécifique pour les TDS, l'OMS recommande généralement de maintenir les niveaux en dessous de 1000 mg/L pour optimiser la qualité de l'eau potable. Il est important d'évaluer les niveaux de TDS en fonction de leur utilisation prévue, car des concentrations élevées peuvent affecter le goût, la qualité et l'adéquation de l'eau pour divers usages tels que la consommation humaine ou l'irrigation agricole.



**Figure.III.5** : Variation des teneurs de la TDS enregistrés dans les forages. .(Période Mars-Juin 2024).

### III.1.6 Nitrate NO3- :

Les niveaux de nitrate (fig.III.6) sont particulièrement importants car ils peuvent indiquer une contamination par des fertilisants agricoles. La norme OMS est de 50 mg/l, et certains forages dépassent cette norme à certaines périodes.

Betaimi et Saouli Saridja : Restent en dessous de la norme, mais montrent une augmentation en mai.

Sahraoui : Présente un pic significatif en mai (39.3 mg/l), suivi d'une chute en juin.

Mecheraoui Med : Affiche la valeur la plus élevée en mai (47.1 mg/l), proche de la norme.

Gendarmerie : Dépasse largement la norme en mars (58.5 mg/l), ce qui est préoccupant.

Mecheraoui Kadour : Montre des valeurs élevées mais en dessous de la norme.

# **Conclusion Générale**

La pollution des eaux souterraines par les nitrates représente une menace environnementale et sanitaire significative, particulièrement dans les régions à forte activité agricole. Cette étude s'est focalisée sur la nappe du Barrémien dans la région d'El Assafia, pour évaluer l'impact des nitrates sur la qualité de l'eau et, par extension, sur l'environnement et la santé humaine.

Les résultats obtenus lors des analyses physico-chimiques des échantillons d'eau souterraine ont révélé plusieurs points critiques. Tout d'abord, la présence accrue de nitrates dans les eaux souterraines, en particulier dans certaines zones agricoles, indique une contamination principalement due à l'utilisation intensive d'engrais chimiques. Cette contamination est préoccupante car les nitrates peuvent s'infiltrer facilement dans les nappes phréatiques, affectant ainsi la qualité de l'eau souterraine sur le long terme.

La température et le pH des échantillons d'eau analysés étaient globalement conformes aux normes établies par l'Organisation mondiale de la santé (OMS), suggérant une qualité de base satisfaisante de l'eau. Cependant, les valeurs élevées de la conductivité électrique et des solides totaux dissous (TDS) dans certains échantillons indiquent une concentration élevée de sels dissous, ce qui peut affecter la qualité de l'eau et nécessiter une surveillance continue. La turbidité, quant à elle, est restée bien en dessous des seuils critiques, ce qui est un indicateur positif pour la qualité visuelle de l'eau et son acceptabilité.

La principale préoccupation soulevée par cette étude est la présence de nitrates à des niveaux parfois supérieurs aux normes de l'OMS. De plus, les nitrates contribuent à l'eutrophisation des plans d'eau, un processus qui entraîne la prolifération excessive d'algues et d'autres plantes aquatiques, perturbant ainsi les écosystèmes aquatiques et réduisant la biodiversité.

Pour gérer efficacement cette pollution, il est impératif d'adopter une approche intégrée et multidisciplinaire. La surveillance continue des niveaux de nitrates est essentielle pour détecter et atténuer les sources de contamination. Cela nécessite la mise en place de programmes de surveillance régulière et d'analyses détaillées des eaux souterraines.

Des actions correctives doivent être mises en œuvre pour réduire la contamination par les nitrates. Cela inclut la gestion contrôlée des fertilisants, en favorisant l'utilisation de techniques agricoles durables et de pratiques de gestion intégrée des nutriments.

L'éducation et la sensibilisation des agriculteurs sur les impacts environnementaux et sanitaires de l'utilisation excessive d'engrais chimiques sont également cruciales. Des alternatives comme l'agriculture biologique et l'utilisation de biofertilisants peuvent être explorées pour réduire la dépendance aux engrais chimiques.

En outre, des politiques de protection de l'environnement doivent être renforcées pour réguler l'utilisation des fertilisants et promouvoir des pratiques agricoles durables. Les autorités locales et nationales doivent collaborer pour élaborer des stratégies de gestion des ressources en eau qui incluent la protection des nappes phréatiques contre la pollution par les nitrates.

En conclusion, cette étude a mis en évidence l'importance cruciale de la gestion durable des ressources en eau souterraine dans la région de Laghouat. Les résultats des analyses physico-chimiques montrent que, bien que certains paramètres soient conformes aux normes de l'OMS, les niveaux élevés de nitrates dans certaines zones sont préoccupants. Il est essentiel de continuer à surveiller ces paramètres pour minimiser les risques de pollution et protéger la santé

publique et l'environnement. Une gestion efficace et durable des ressources en eau, combinée à des pratiques agricoles responsables, est indispensable pour garantir la qualité de l'eau souterraine et assurer la disponibilité de cette ressource vitale pour les générations futures. En adoptant une approche proactive et préventive, il est possible de protéger et de préserver les nappes phréatiques contre la pollution et de maintenir la biodiversité et la santé des écosystèmes locaux.

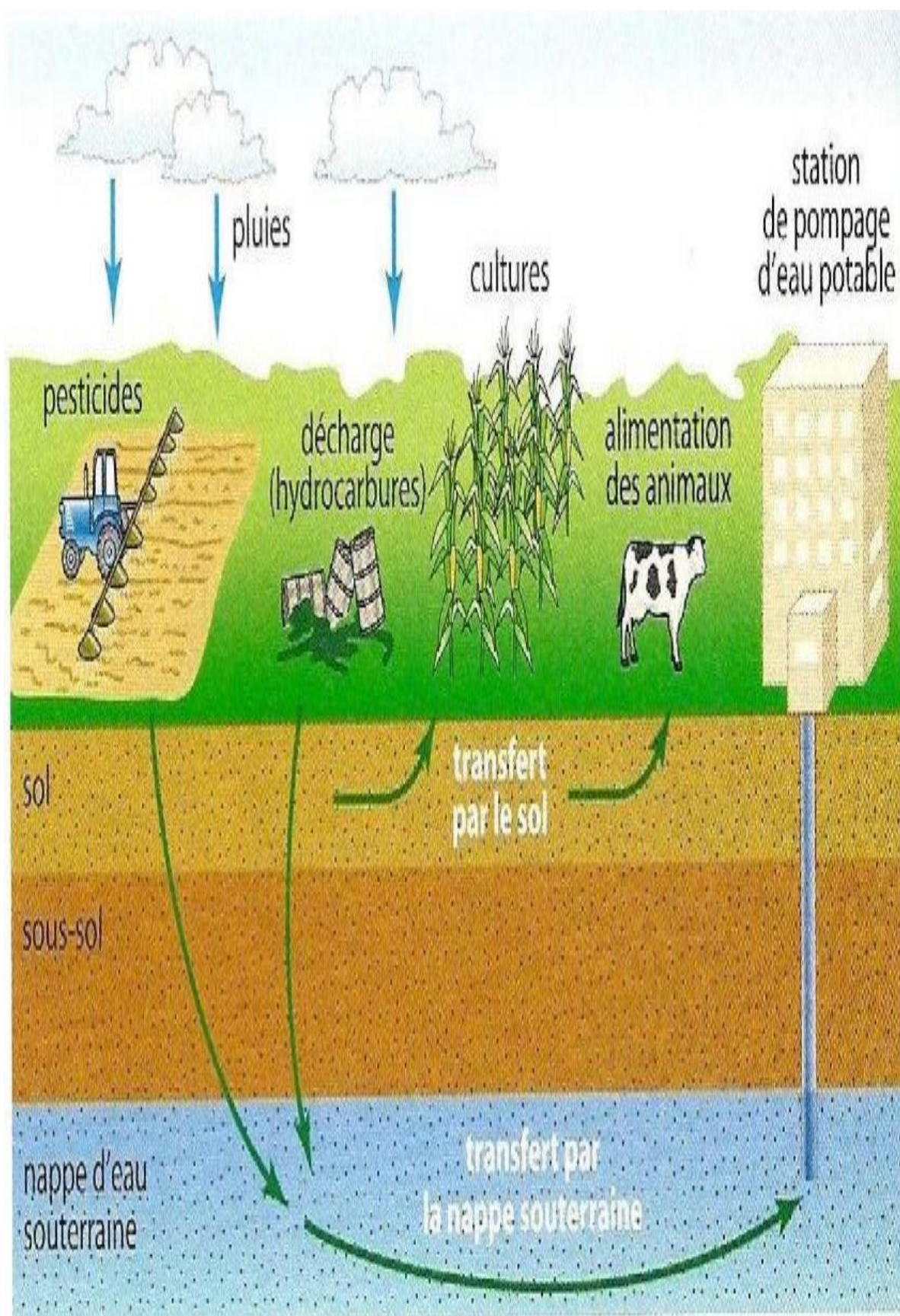
# **Références Bibliographiques**

- **Addiscott, T. M., Whitmore, A. P., & Powlson, D. S. (1991).** Farming, Fertilizers and the Nitrate Problem. CAB International.
- **Anderson, D. M., Glibert, P. M., & Burkholder, J. M. (2002).** Harmful algal blooms and eutrophication: Nutrient sources, composition, and consequences. *Estuaries*, 25(4), 704-726.
- **Ayad w, 2016** Thèse doctorat Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : cas des puits de la région d'el-Harrouche (wilaya de Skikda) université Badji Mokhtar – Annaba p : 19-20.
- **Ayad Wissem (2016-2017)**, évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : cas des puits de la région d'el-harrouch (wilaya de Skikda), présentée en vue de l'obtention du diplôme de doctorat 3ème cycle lmd en microbiologie, université Badji Mokhtar – Annaba.
- **Ben Chehba H & Ben Hennour N, 2017**, Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de sources dans les localités de Miliana (AïnDefla) et Ain Deheb (Tiaret), Pour l'obtention du diplôme de Master en Sciences agronomiques, Université Abdelhamid ben Badis-Mostaganem.
- **Benchehida, F., & Benhennour, M. (2017).** Étude de la qualité des eaux souterraines de la région de Laghouat, Algérie. *Journal of Water Resource and Protection*, 9, 123-134.
- **Benchehida, F., & Benhennour, M. (2017).** Étude de la qualité des eaux souterraines de la région de Laghouat, Algérie. *Journal of Water Resource and Protection*, 9, 123-134.
- **Bentahar Fatiha (2007) :** cartographie hydrogéologique des eaux souterraines du plateau de Mostaganem et du bas Chélif (Nord-ouest Algérie). Thèse magistère, Université des sciences de la technologie Houari Boumediene, USTHB, Bab Ezzouar, Alger.
- **Bentahar Fatiha (2023) :** Modélisation Hydrogéologique et Géochimie des écoulements Des Eaux Souterraines et de surface du Plateau de Mostaganem (Nord-ouest Algérie), Impacts sur l'Environnement et les Écosystèmes. Thèse de doctorat, faculté des sciences de la terre de géographie et de l'aménagement du territoire FSTGAT, université USTHB Alger.
- **Bentassa Nour El houda et Guettaf Mounira (2020/2021)**, étude comparative de la composition des eaux de deux forages destinés à l'alimentation en eau potable de la zone de lmniaa, projet de fin d'étude présenté en vue de l'obtention du diplôme de master, université de Ghardaïa.
- **Camargo, J. A., & Alonso, Á. (2006).** Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: A global assessment. *Environment International*, 32(6), 831-849.
- **Chettih Mohamed (2007)**, analyse fonctionnelle de quelques système aquifères de l'Atlas Saharien Central, thèse de doctorat, faculté des sciences de la terre de géographie et de l'aménagement du territoire FSTGAT, université USTHB Alger.
- **Claude Cardot 1999.** Les traitements de l'eau. Procédés physicochimiques et biologiques. Edition Ellipses
- **Dégréement, « Mémento technique de l'eau », 2005,** Lavoisier-Lexique technique de l'eau. Tome 1, Paris.

- **Diaz, R. J., & Rosenberg, R. (2008).** Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems. *Science*, 321(5891), 926-929.
- **Díaz, R. J., & Rosenberg, R. (2008).** **Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems.** *Science*, 321(5891), 926-929.
- **Dodds, W. K., Bouska, W. W., Eitzmann, J. L., Pilger, T. J., Pitts, K. L., Riley, A. J., Schloesser, J. T., & Thornbrugh, D. J. (2009).** Eutrophication of U.S. freshwaters: analysis of potential economic damages. *Environmental Science & Technology*, 43(1), 12-19.
- **ElberrichiCh, Lefkiri A (2016-2017),** étude lithostratigraphique et sédimentologique de la formation de Tiloula de la région d'el Bayedh (Atlas Saharien Central), mémoire de mastère, université de Tlemcen.
- **EPA (Environmental Protection Agency). (2010).** Nitrates and nitrites in drinking water. Office of Water.
- **Fisher, R. A., Ury, H. K., & Cohen, J. (2016).** **Statistical analysis in water quality research.** *Journal of Water Resources Planning and Management*, 142(4), 04015069.
- **Galloway, J. N., Townsend, A. R., Erisman, J. W., Bekunda, M., Cai, Z., Freney, J. R., ... & Sutton, M. A. (2008).** Transformation of the nitrogen cycle: Recent trends, questions, and potential solutions. *Science*, 320(5878), 889-892.
- **Gomella Guerre. 1978.** Les eaux usées dans les agglomérations urbaines aux rurales. Edition EVROLLES. Paris. France.
- **Guerroudj, S., Bouabdelli, M., & Bouaziz, S. (2018).** **Hydrogeological characteristics of the Barrémien aquifer in the Sahara Atlas, Algeria.** *Journal of Hydrology*, 560, 128-139.
- **Guerroudj, S., et al. (2018).** Hydrogeological characteristics of the Barrémien aquifer in the Sahara Atlas, Algeria. *Journal of Hydrology*, 560, 128-139.
- **Haslay-C et Leclerc-H, 1993.** Microbiologie des eaux d'alimentations. P 400.
- **Huang, W., Xu, Z., & Zhang, J. (2014).** **Modeling nitrate contamination in groundwater.** *Journal of Contaminant Hydrology*, 170, 1-9.
- **Hugonin-P, 2011.** Eau introduction aux thématiques. ISE, UNIGE. P 10.
- **John, D., et al. (2010).** Impact of nitrate pollution on aquatic ecosystems. *Environmental Science & Technology*, 44(9), 3215-3220.
- **Jones, L., Baker, A., & Edwards, C. (2015).** **Nitrate contamination in groundwater: Sources and impacts.** *Water Research*, 47(3), 975-985.
- **Jones, L., et al. (2015).** Nitrate contamination in groundwater: Sources and impacts. *Water Research*, 47(3), 975-985.
- **Jones, L., et al. (2015).** **Nitrate contamination in groundwater: Sources and impacts.** *Water Research*, 47(3), 975-985.
- **Kettab, A. (1992).** La pollution des eaux souterraines par les nitrates en Algérie. *Revue des Sciences de l'Eau*, 5(1), 77-88.
- **Kettab, A. (1992).** La pollution des eaux souterraines par les nitrates en Algérie. *Revue des Sciences de l'Eau*, 5(1), 77-88.
- **Kramer, M. H., Herwaldt, B. L., & Craun, G. F. (2006).** Surveillance for waterborne-disease outbreaks associated with drinking water and water not intended for drinking. *MMWR Surveillance Summaries*, 55(12), 1-42.

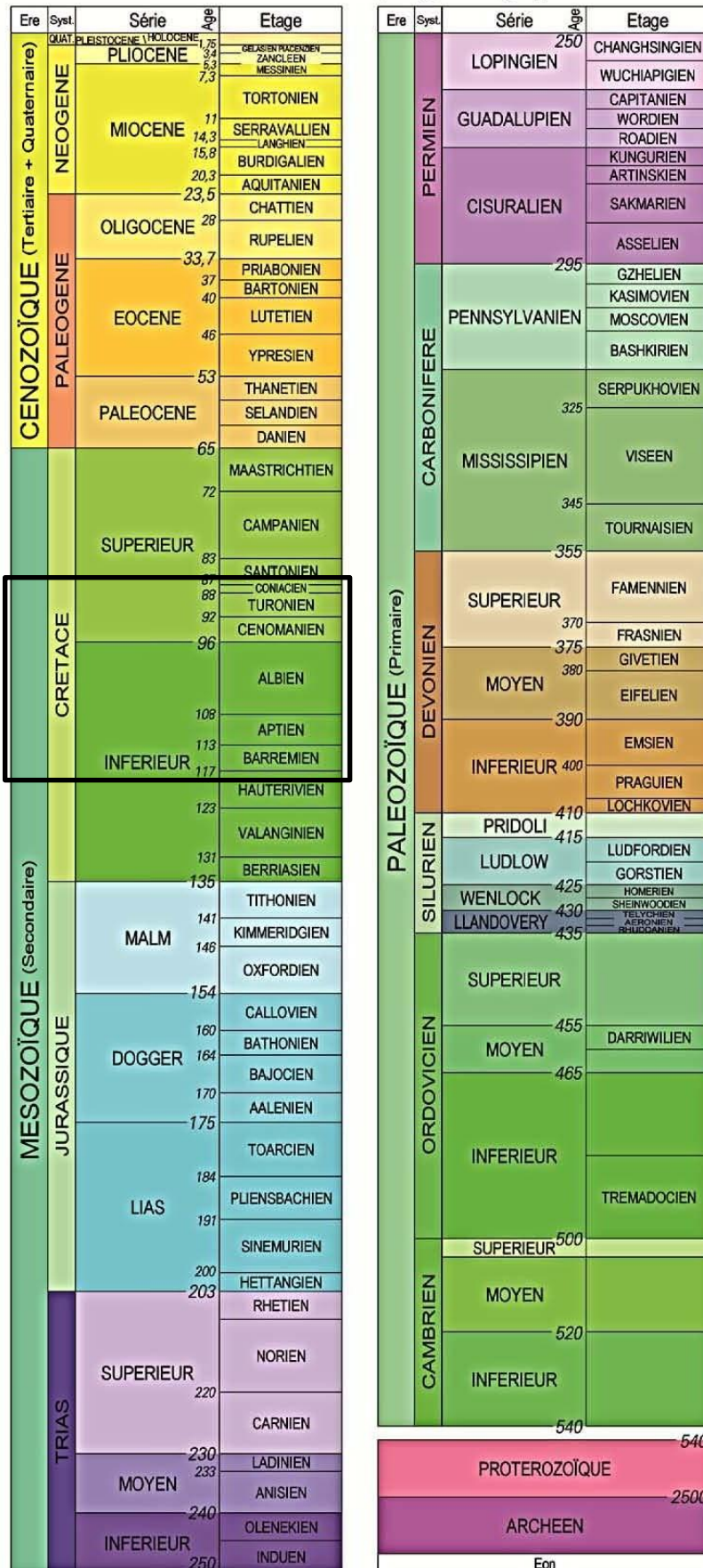
- **Organisation Mondiale de la Santé (OMS), 2006.** Guidelines for Drinking-water Quality. WHO Press, Geneva, Switzerland.
- **Patrick, R., 2009.** Water Pollution: A New and Growing Threat. Environmental Protection Agency, USA.
- **Rivett, M. O., Buss, S. R., Morgan, P., Smith, J. W. N., & Bemment, C. D. (2008).** Nitrate attenuation in groundwater: A review of biogeochemical controlling processes. *Water Research*, 42(16), 4215-4232.
- **Rodier J. et al. (2009) :** L'analyse de l'eau, 9ème édition, Ed. Dunod, Paris, France.
- **Rodier J., 2005.** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 8eme édition : Dunod, Paris.
- **Santamaria, P. (2006).** Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(1), 10-17.
- **Sharpley, A. N., Jarvie, H. P., Buda, A., May, L., Kleinman, P., & Spears, B. (2013).** Phosphorus legacy: Overcoming the effects of past management practices to mitigate future water quality impairment. *Journal of Environmental Quality*, 42(5), 1308-1326.
- **Smith, H. (2010).** The vital role of water in sustaining ecosystems and human communities. *Water Resources Management*, 24(11), 2351-2360.
- **Smith, H. (2010).** The vital role of water in sustaining ecosystems and human communities. *Water Resources Management*, 24(11), 2351-2360.
- **Smith, H., Jones, L., & Baker, A. (2010).** The vital role of water in sustaining ecosystems and human communities. *Water Resources Management*, 24(11), 2351-2360.
- **Smith, V. H., Tilman, G. D., & Nekola, J. C. (1999).** Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Environmental Pollution*, 100(1-3), 179-196.
- **Smith, V. H., Tilman, G. D., & Nekola, J. C. (1999).** Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Environmental Pollution*, 100(1-3), 179-196.
- **van Grinsven, H. J., Ward, M. H., Benjamin, N., & de Kok, T. M. (2010).** Does the evidence about health risks associated with nitrate ingestion warrant an increase of the nitrate standard for drinking water? *Environmental Health*, 9(1), 60.
- **Ward, M. H., deKok, T. M., Levallois, P., Brender, J., Gulis, G., Nolan, B. T., & VanDerslice, J. (2005).** Workgroup report: Drinking-water nitrate and health—Recent findings and research needs. *Environmental Health Perspectives*, 113(11), 1607-1614.
- **Ward, M. H., Jones, R. R., Brender, J. D., de Kok, T. M., Weyer, P. J., Nolan, B. T., ... & Van Breda, S. G. (2012).** Drinking water nitrate and human health: An updated review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 9(11), 3304-3324.

# **Annexes**



**Annexe 01:** pollution des eaux souterraine

Echelle des temps géologiques



Série de Laghouat

BRGM Mars 2003 - Noms des unités d'après la charte stratigraphique internationale UGS, 2000. Ages numériques (Ma) d'après G.S. Odin, UGS, 2000. Couleurs des unités d'après le programme de la carte géologique de la France à 1/50 000.

**Annexe 03 :** Normes OMS et algériennes des paramètres physico-chimiques pour l'eau potable (OMS, 2003).

<b>Substances</b>	<b>Unité</b>	<b>OMS Normes</b>	<b>Normes algériennes</b>
<b>Turbidité</b>	NTU	< 2,5	< 2
<b>Température</b>	C°	< 25	< 5
<b>Calcium</b>	mg/l	< 270	< 200
<b>Magnésium</b>	mg/l	< 50	< 150
<b>Chlorure</b>	mg/l	< 250	< 500
<b>Conductivité à 20°C</b>	µS/cm	< 2100	< 2800
<b>Ammonium</b>	mg/l	< 0,5	< 0,5
<b>Potassium</b>	mg/l	< 20	< 12
<b>Fer</b>	mg/l	< 0,3	< 0,3
<b>Nitrate</b>	mg/l	< 50	< 50
<b>Nitrite</b>	mg/l	< 0,1	< 0,1
<b>Sulfate</b>	mg/l	< 400	< 400
<b>Phosphate</b>	mg/l	< 0,5	< 0,5
<b>La dureté (TH)</b>	mg/l	< 500	< 500