



Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTE : SCIENCES

DEPARTEMENT : SCIENCES AGRONOMIQUES

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par :

- ADJEB Djelloul
- ABDELALI Mohamed zohir

DOMAINE : SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE (SNV)

FILIERE : SCIENCES ALIMENTAIRES

OPTION : AGROALIMENTAIRE ET CONTROLE DE QUALITE

Thème

Étude de la qualité physicochimique et bactériologique de l'eau de plusieurs sources situées dans la partie méridionale de la wilaya de Laghouat

Devant le jury :

Nom et Prénom	Grade	
Mr. AMARA Yasin	MCB	Président
Mr. MAKOUDI Mourad	MAA	Examineur
Mr Ruighi Taher	MAA	Encadreur
Mr. HNEICHE Ahmed	Ingénieurs de labo	Co- Encadreur

2023/2024

ملخص:

المياه الجوفية بشكل عام ذات نوعية أفضل من المياه السطحية، وبالتالي فهي مفضلة عند البحث عن مصادر جديدة للمياه. ومع ذلك، من المهم أن نتذكر أن هذه المياه يمكن أن تكون ملوثة أيضا، مما يتطلب مراقبة صارمة لضمان جودتها. في الأطلس الصحراوي، ولا سيما في جبل لعمور ولاية الأغواط، هناك عدة مصادر ذات أهمية تراثية وإقليمية. ينابيع جبل الميلاق، عين المزابي (واد مزي)، عين سيدي محمد في عين ماضي. تعد الداخلة الحويطة ووادي طيبة وعين لالمايا من المواقع الترفيهية الرئيسية في المنطقة. ومع ذلك، فهي تتعرض لضغوط بشرية قوية بسبب زيادة استخدام المياه للأغراض البشرية والزراعية، مما يزيد من مخاطر تدهور جودة المياه. لذلك، فإن التشخيص المتعمق للحالة الراهنة للجودة الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية لهذه المياه أمر ضروري لحمايتها. عملنا هو جزء من هذا المنظور، بهدف توصيف الطبيعة الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية لهذه الينابيع وتقييم جودة مياهها وفقا لمعايير مياه الشرب والري.

الكلمات المفتاح: المياه، الجودة الفيزيائية والكيميائية، الأغواط، الصالح للشرب.

Résumé:

Les eaux souterraines sont généralement de meilleure qualité que les eaux de surface et sont donc préférables lors de la recherche de nouvelles sources d'eau. Toutefois, il est important de rappeler que ces eaux peuvent aussi être contaminées, nécessitant un suivi rigoureux pour garantir leur qualité. Dans l'atlas saharien, notamment dans le djebel Amour de la wilaya de Laghouat, plusieurs sources revêtent une importance patrimoniale et régionale. Les sources Djebel Milok, Ain M'zabi (Oued m'zi), Ain Madhi à Ain Sidi Mohamed ; Dakhlet El Houita, Oued Tayba et Ain lalmaya sont des sites récréatifs majeurs de la région. Cependant, elles subissent une forte pression anthropique due à l'utilisation accrue de l'eau pour des fins humaines et agricoles, augmentant ainsi les risques de détérioration de la qualité de l'eau. Par conséquent, un diagnostic approfondi de la situation actuelle de la qualité physico-chimique et bactériologique de ces eaux est essentiel pour leur sauvegarde. Notre travail s'inscrit dans cette perspective, visant à caractériser physico-chimiquement et microbiologique de ces sources et évaluer la qualité de leurs eaux selon les normes de potabilité et d'irrigation.

Mot clé : Eau, qualité physicochimique, Laghouat, Potabilité.

Abstract:

Groundwater is generally of better quality than surface water and is therefore preferable when looking for new sources of water. However, it is important to remember that this water can also be contaminated, requiring rigorous monitoring to guarantee its quality. In the Saharan atlas, particularly in the Jebel Amour of the wilaya of Laghouat, several sources are of heritage and regional importance. The springs Djebel Milok, Ain M'zabi (Oued m'zi), Ain Madhi in Ain Sidi Mohamed; Dakhlet El Houita, Oued Tayba and Ain lalmaya are major recreational sites in the region. However, they are under strong anthropogenic pressure due to the increased use of water for human and agricultural purposes, thus increasing the risks of deterioration of water quality. Therefore, an in-depth diagnosis of the current situation of the physico-chemical and bacteriological quality of these waters is essential for their safeguarding. Our work is part of this perspective, aiming to characterize the physico-chemically and microbiological nature of these springs and to evaluate the quality of their water according to drinking water and irrigation standards.

Keyword: water, physical and chemical quality, laghouat, potability.

Dédicace

Avant tout, nous tenons à remercier Dieu Tout-Puissant, qui nous a donné la force, la détermination et le désir d'achever ce travail.

Nous souhaitons dédier ce mémoire de fin d'études à nos familles "ADJEB" et "ABDELALI", dont le soutien indéfectible et l'amour constant ont été notre source de motivation.

Nous adressons également notre gratitude à tous ceux qui ont cru en nous et nous ont soutenus tout au long de notre parcours académique. Votre encouragement et votre foi en notre potentiel ont été essentiels à notre réussite.

Remerciements :

Avant tout, nous remercions Allah tout puissant qu'il nous a guidé tout au long de nous vie, qu'il nous a donné courage et patience pour passer tous les moments difficiles, qu'il nous a permis d'achever ce travail et de pouvoir le mettre entre vos mains aujourd'hui.

Un travail de recherche, nécessite le concours d'un certain nombre de personnes qui ont collaboré à ce travail.

Tout d'abord, nous tenons à remercier l'encadreur Mr Ruighi Taher et Qui ont confiance en nous et ils nous ont permis de travailler sur un sujet de mémoire, et qu'ils ont mis à notre disposition tous les moyens et les ressources nécessaires à sa réalisation.

Nous remercions par ailleurs vivement les membres du jury de nous avoir fait l'honneur de juger notre travail et d'assister à la soutenance Mr. AMARA Yasin et Mr. MAKOUDI Mourad.

Nous remercions à tous les enseignants du département de Sciences agronomie. Mes remerciements vont aussi à Mr. HNEICHE Ahmed (Ingénieur de laboratoire à l'ADE. Laghouat) pour sa disponibilité, la qualité de ses conseils et avis sur les travaux que j'ai pu mener Je le remercie vivement. Toute l'équipe du laboratoire d'ADE pour m'avoir accueillie au laboratoire et qui a bien voulu me diriger et me suivre continuellement pendant la période de stage.

Finalement nous remercions toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la concrétisation de ce mémoire

SOMMAIRE

RÉSUMÉ	I
Dédicaces	II
Remerciements	III
Liste des tableaux	V
Liste des figures	IV
Liste des abréviations	IIV
INTRODUCTION	12
ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE	13

Chapitre I: Généralité sur l'eau

1	Définition de l'eau :	14
1.1	Cycle de l'eau :	14
1.1.1	Évaporation :	15
1.1.2	Condensation :	15
1.1.3	Précipitations :	15
1.1.4	Ruissellement :	15
2	Utilisation d'eau :	15
3	Les différentes sources d'eau :	16
3.1	Eaux de pluie :	16
3.2	Eaux superficielles :	16
3.3	Eaux souterraines :	16
3.3.1	Nappe libre :	16
3.3.2	Nappe captive :	17
4	Les Type d'eau de consommation :	17
4.1	L'Eau potable :	17
4.2	L'eau minérale :	18
4.3	L'Eau de source :	18
5	La composition de l'eau naturelle :	18
5.1	Les matières minérales :	18
5.2	Matières en suspension (MES) :	19
5.3	Matières organiques :	19
5.4	Matières colloïdales :	20
5.5	Les matières dissoutes :	20
6	La qualité microbiologique de l'eau potable :	20
6.1	Coliformes totaux :	20
6.2	Escherichia coli (E. coli) :	20
6.3	Entérocoques :	21
6.4	Bactéries hétérotrophes :	21

6.5	Les spores anaérobies sulfito-réducteurs :	21
6.6	Les algues :	21
7	Les propriétés organoleptiques :	22
7.1	Le goût et l'odeur :	22
7.2	La couleur :	22
7.3	L'aspect visuel :	22
8	Les paramètres physico-chimiques :	22
8.1	Les paramètres physiques :	22
8.1.1	La température :	22
8.1.2	Le potentiel d'hydrogène (pH) :	22
8.1.3	La conductivité :	23
8.1.4	La turbidité :	23
8.2	Les paramètres chimiques :	24
8.2.1	Le dioxyde de carbone libre :	24
8.2.2	Dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH) :	24
8.2.3	La dureté calcique :	24
8.2.4	La dureté magnésienne :	24
8.2.5	Le Titre Alcalimétrique (TA ou TAC) :	25
8.2.6	Les bicarbonates :	25
8.2.7	Les nitrites :	25
8.2.8	Les nitrates :	25
8.2.9	Les chlorures :	25
8.2.10	Le magnésium :	26
8.2.11	Le fer :	26
8.2.12	Le potassium :	26
8.2.13	Les phosphates :	26
8.2.14	Les ammoniums :	26
8.2.15	Le calcium :	26
8.2.16	Le sulfate :	27
8.2.17	Le sodium :	27
9	L'eau potable en Algérie :	27
10	Les normes de potabilité de l'eau en Algérie :	27
11	La pollution de l'eau :	29

chapitre II: les maladies transmissibles hydriques

12	Les maladies à transmission hydrique en Algérie :	30
12.1	La diarrhée :	30
12.2	La fièvre typhoïde :	30
12.3	La dysenterie :	30

12.4	L'hépatite A :.....	30
12.5	La schistosomiase :.....	30
13	Évolution annuelle des maladies à transmission hydrique en Algérie :.....	31
	APERÇU GÉNÉRAL SUR LA ZONE D'ÉTUDE	34
1	Situations géographiques de la wilaya de Laghouat :.....	35
2	Le cadre géomorphologique de la wilaya de Laghouat :.....	36
2.1	Les Djebels et montagnes :.....	36
2.2	Le sol :.....	36
2.3	Hydrologie :.....	36
3	Présentation du climat de Laghouat :.....	37
3.1	Caractérisation climatique :.....	38
3.2	La température :.....	38
3.3	Précipitation :	38
3.4	L'humidité :	38
3.5	Le vent :.....	39
4	Caractéristiques Géologiques :	39

Chapitre III: partie expérimental

	MATÉRIEL ET MÉTHODES	40
1	Introduction.....	41
2	L'objectif de travail :.....	41
3	DESCRIPTIONS DES SITES DE PRELEVEMENT	42
3.1	Djebel EL Milok :.....	43
3.2	Oued M'zi :	43
3.3	Dakhlet El'houiata :.....	44
3.4	Ain Madhi :	44
3.5	Kef Elmaleh (Oued Tayba) :.....	45
3.6	Kef lelmaya (Tadjrouna) :	45
4	Disruptions de Lieu d'expérimentation (ADE) :	46
4.1	Laboratoire d'analyse microbiologique :.....	46
4.2	Laboratoire d'analyse physico-chimique :.....	46
5	Échantillonnage et mode de prélèvement :.....	46
5.1	Prélèvements pour analyse physique et chimique :.....	47
5.2	Prélèvements pour analyse microbiologique :.....	47
5.3	Transport et conservation :	47
□	METHODES D'ANALYSE	47
1	ANALYSE PHYSICOCHIMIQUE	47
1.1	Le gout et l'odeur :	48
1.2	Le potentiel d'hydrogène (pH) :.....	48

1.3	La température :.....	48
1.4	La conductivité électrique :.....	48
1.5	La turbidité :.....	48
1.6	La salinité et des solides dissous totaux (TDS) :.....	49
1.7	La minéralisation :.....	49
1.8	Dosage de la dureté totale (TH) :.....	49
1.9	Dosage du calcium (Ca ⁺) :.....	50
1.10	Détermination de Mg ⁺² :.....	51
1.11	Dosage des chlorures (Cl ⁻) :.....	51
1.12	Détermination de l'alcalinité (HCO ₃ ⁻) :.....	51
1.13	Dosage du phosphate (PO ₄ ³⁺) :.....	52
1.14	Dosage de l'azote ammoniacal (NH ₄ ⁺) :.....	52
1.15	Dosage de sulfates (SO ₄ ²⁻) :.....	52
1.16	Dosage des nitrates (NO ₃ ⁻) :.....	53
1.17	Dosage des nitrites (NO ₂ ⁻) :.....	53
1.18	Dosage de sodium et potassium Na ⁺ , k ⁺ :.....	53
1.19	Détermination de fer :.....	54
2	ANALYSES MICROBIOLOGIQUES :.....	55
2.1	Recherche des coliformes NF EN ISO 9308 :.....	57
2.2	Recherche des colibacilles NF EN ISO 9308 :.....	57
2.3	Recherche des streptocoques Norme ISO7899-2 et norme NF T 90-416 :.....	57
2.4	Recherche des bactéries sulfito-réducteurs Norme NF T 90-415 :.....	57
2.5	Analyse microscopique des algues :.....	58
	RÉSULTATS ET DISCUSSIONS	59
3	RESULTAT ET DISCUSSION :.....	60
3.1	INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS ET CLASSIFICATION DES EAUX :.....	60
3.1.1	CLASSIFICATION DES EAUX D'APRÈS LES RESULTATS PHYSICOCHEMISTIQUES :.....	60
3.1.2	Classification graphique :.....	71
3.1.3	CLASSIFICATIONS D'APRÈS L'ANALYSE BACTERIOLOGIQUE :.....	75
	CONCLUSION	78
	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	80
	ANNEXES	86

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Classification des eaux d'après leur pH	22
Tableau 2 : Classification de l'eau selon de conductivité électrique	23
Tableau 3 : Classification des eaux en fonction de la turbidité.....	23
Tableau 4 : Classification des eaux en fonction de dureté	24
Tableau 5 : Normes (WHO, 2017) et algériennes (JORA, 2014) des paramètres physico-chimiques ; Microbiologiques et organoleptiques pour l'eau potable.....	28
Tableau 6 : Les différents polluants des eaux	29
Tableau 7 : Principales maladies d'origine hydrique Selon	31
Tableau 8 : Moyenne mensuelle et annuelle des températures de la région de Laghouat	38
Tableau 9 : Moyennes mensuelles et annuelles des précipitations de la région de Laghouat	38
Tableau 10 : Humidité Relative Moyenne à Laghouat.....	39
Tableau 11 : Vitesse Moyenne du Vent à Laghouat	39
Tableau 12: Caractéristiques Géologiques de la Wilaya de Laghouat	39
Tableau 13: Lieux et dates de prélèvement	47
Tableau 14: la minéralisation à partir conductivité	49
Tableau 15 : Les résultats des analyses organoleptiques.....	60
Tableau 16: Les résultats de la turbidité.....	60
Tableau 17: Les résultats du potentiel d'hydrogène (pH)	61
Tableau 18: Les résultats de la température	61
Tableau 19 : Classification des eaux selon leur minéralisation.....	63
Tableau 20: Teneurs du phosphate	66
Tableau 21: Teneurs des nitrates	68
Tableau 22: Les Teneurs de nitrites NO ₂ -.....	69
Tableau 23 : Les résultats de sodium Na ⁺	69
Tableau 24: Les résultats de potassium.....	70
Tableau 25: Les résultats du fer	70
Tableau 27: Résultats des analyse bactériologiques.....	75
Tableau 28 : Moyenne de la concentration en microalgues des différents échantillons d'eau.	77

Liset des Figures:

Figure 1 : Conceptualisation du cycle de l'eau	15
Figure 2 : Représentation schématique d'une nappe libre à gauche et d'une nappe captive à droite	17
Figure 3: Évolution de l'incidence annuelle en Algérie de l'hépatite virale « A » à gauche et de la fièvre typhoïde a droit	32
Figure 4 : Évolution de l'incidence annuelle des dysenteries en Algérie (2000-2015)	32
Figure 5 : Carte de la wilaya de Laghouat. Source : (2017)	35
Figure 6 : Carte des étages bioclimatiques de la wilaya de Laghouat	37
Figure 7 : Carte géographiques des sites de prélèvement	42
Figure 8 : La source (Milok)	43
Figure 9 : La source (Oued M'zi)	43
Figure 10 : La source (Dakhlet Elhouiata)	44
Figure 11 : La source Ain Madhi	44
Figure 12 : La Source Oued Tayba.....	45
Figure 13 : La source Tadjrouna	45
Figure 14: Détermination de la turbidité	48
Figure 15: l'appareille multi- paramètre	49
Figure 16 : Dosage de la dureté totale.....	50
Figure 17: Dosage de Na ⁺ , k ⁺ avec Spectrophotomètre (JENWAY).....	54
Figure 18: Coupe schématique d'un appareille de filtration sur membranes	56
Figure 19: Appareille de filtration sur membrane	56
Figure 20: Les analyses microbiologiques	58
Figure 21: Histogramme de la conductivité électrique	62
Figure 22 : Histogramme de la minéralisation	62
Figure 23 : Histogramme des solides dissous totaux (TDS).....	63
Figure 24: Histogramme de la dureté totale TH.....	64
Figure 25: Histogramme du calcium.....	64
Figure 26: Histogramme de Mg ⁺	65
Figure 27: Histogramme de chlorure	65
Figure 28 : Histogramme de l'alcalinité.....	66
Figure 29: Histogramme d'azote ammoniacal	67
Figure 30: Histogramme du sulfate.....	68
Figure 31: Représentation graphiques des échantillons d'après diagramme PIPER.	72
Figure 32 : Représentation graphiques des échantillons d'après STBLER.	73
Figure 33: Représentation graphiques des échantillons d'après SCHOELLER BERKALOFF	74
Figure 34 : Photographie de microalgues observée au microscope optique à (a) l'objectif 10 (G×100) et (b) l'objectif 40 (G×400).....	77

Liste des abréviations :

ADE : Algériennes des eaux.

JORA : Journal officiel de la république algérienne démocratique et populaire

D/C : double concentration

EDTA : Sel dissodique d'acide éthylène diamine tetracétique.

F° : Degré français.

GN : Gélose Nutritive.

MES : matière en suspension.

N : normalité.

NTU : Unité de turbidité néphélométrie.

OMS : Organisation mondiale de la santé.

PH : Potentiel d'hydrogène.

TA : Titre alcalimétrique simple.

TDS : Solide totaux dissous.

TH : Titre hydrométriques.

TTC : Gélose lactosée au Tergitol 7 et au TTC .

UFC : Unité Formant Colonie.

UV : Ultraviolet.

μS : micro siemens.

VF : Viande Foie.

INTRODUCTION

<<Ceux qui ont mécréu, n'ont-ils pas vu que les cieux et la terre formaient une masse compacte ? Ensuite **Nous les avons séparés et faits de l'eau toute chose vivante**. Ne croiront-ils donc pas>> **Aya n°30 de Sourate Al anbiya'**

L'eau est une ressource essentielle à la vie et à la santé humaine. Elle se présente sous forme de H₂O, une molécule composée de deux atomes d'hydrogène et d'un atome d'oxygène, et constitue environ 71 % de la surface terrestre (LACHASSAGNE, 2021). L'eau douce, qui représente seulement environ 2.5 % de l'eau totale sur Terre, est cruciale pour l'approvisionnement en eau potable, l'agriculture, et les processus industriels. Sa qualité, qu'elle soit chimique, physique ou biologique, est déterminante pour garantir sa potabilité et éviter la propagation de maladies hydriques. Selon l'Organisation mondiale de la Santé (OMS), l'eau potable doit être exempte de pathogènes, de substances chimiques à des concentrations dangereuses, et avoir des propriétés organoleptiques acceptables (WHO, 2017).

Dans les régions arides et semi-arides comme la wilaya de Laghouat, située dans le sud de l'Algérie, l'accès à une eau de bonne qualité est un enjeu majeur pour les populations locales. La région de Laghouat, appartenant à la partie sud de l'Atlas saharien, se caractérise par des ressources en eau limitées, souvent soumises à des variations climatiques extrêmes et à des pressions anthropiques. Les sources d'eau naturelles, qui constituent une part importante de l'approvisionnement en eau potable, nécessitent une surveillance rigoureuse pour assurer leur salubrité.

Cette étude vise à évaluer la qualité physicochimique et bactériologique de l'eau de plusieurs sources situées dans la partie méridionale de la wilaya de Laghouat. Les sites d'échantillonnage sélectionnés incluent Djebel El Milok, Ain el Mezabi au niveau de la rive droite de Oued M'zi, Aïn Madhi, Ain Sidi Mohamed, Dakhlet El Houita, Kef el Melah à Sidi Tayfour à Oued Tayba, et Kef Lalmaya à Tadjrouna.

À travers une analyse détaillée des propriétés physicochimiques et bactériologiques de l'eau de ces sources, cette étude a pour objectif de fournir des données cruciales pour l'évaluation et la préservation de la qualité de l'eau potable dans cette région. Les résultats obtenus permettront de formuler des

recommandations pour la gestion et la protection des ressources en eau, contribuant ainsi à améliorer la santé et le bien-être des habitants de Laghouat.

Les chapitres suivants présentent une synthèse bibliographique sur l'importance de l'eau et les normes de qualité, une description détaillée de la zone d'étude, la méthodologie employée pour les analyses, ainsi que les résultats obtenus et leur discussion.

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

1 Définition de l'eau :

L'eau est un composé inorganique polaire qui est présent dans trois états physiques : liquide, gazeux et solide. Il est souvent appelé « solvant universel » en raison de sa capacité à dissoudre un grand nombre de substances. (CHENTA, AMETA, & AMETA, 2014). Il est composé de deux atomes d'hydrogène et d'un atome d'oxygène, est une simple combinaison de molécules de H₂O. L'eau est composée d'une grande variété de matières dissoutes, inertes ou vivantes, telles que des gaz, des substances minérales ou organiques, des micro-organismes tels que des bactéries, des virus et du plancton, ainsi que des particules en suspension constituées de fines particules d'argile, de limon et de déchets végétaux. L'eau est composée chimiquement en fonction des caractéristiques du sol dont elle provient et de l'environnement atmosphérique environnant. (BOUCHKEKIMA, BERNADE, OUAHES, & DIBOUN, 2000)

1.1 Cycle de l'eau :

On peut désigner les mouvements de l'eau sur la terre comme des flux dans un système. Les pertes dans l'espace et les apports depuis le noyau de la terre sont en circuit fermé. Étant négligeables à l'échelle de la civilisation humaine. Une représentation de ce circuit Il s'agit de mouvements d'eau des masses océaniques vers l'atmosphère et de l'atmosphère. Des masses continentales vers les océans, puis des masses continentales vers les océans. La nature Le terme cyclique désigne généralement ces mouvements d'eau, appelé cycle de l'eau. (ANCTIL, ROUSSELLE, & LAUZON, 2012)

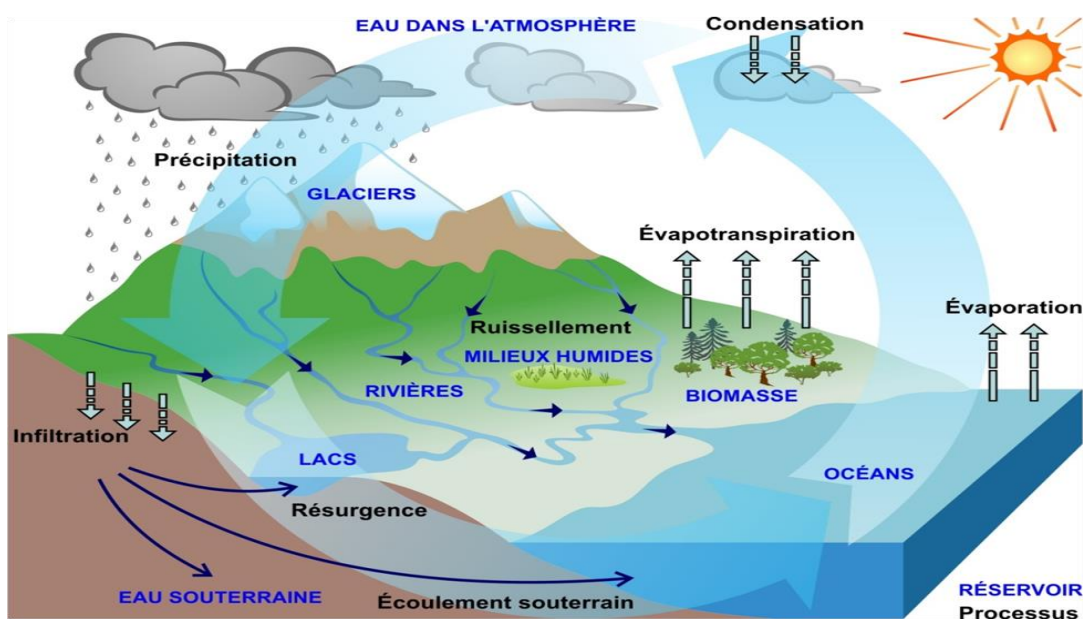


Figure 1 : Conceptualisation du cycle de l'eau (MSERVET, 2018)

1.1.1 Évaporation :

L'eau des océans, des rivières et des lacs, évaporée par le soleil, s'évapore et monte dans l'atmosphère. Les végétaux et les êtres vivants transpirent et rejettent également de la vapeur.

1.1.2 Condensation :

La vapeur d'eau est condensée en minuscules gouttelettes qui, poussées par les vents, se rassemblent et forment des nuages.

1.1.3 Précipitations :

Les nuages déversent leur contenu sur la terre en fonction de la pression atmosphérique.

1.1.4 Ruissellement :

Ces pluies et neiges se déplacent vers les plaines pour alimenter les nappes souterraines. Ce grand voyage a suivi environ deux semaines pour rejoindre leur milieu d'origine, les océans.

2 Utilisation d'eau :

L'utilisation de l'eau est cruciale pour de nombreuses activités humaines, notamment l'agriculture, l'industrie, la consommation domestique et la production d'énergie. Dans le secteur agricole, l'eau est essentielle pour l'irrigation des cultures, ce qui permet d'assurer des rendements agricoles suffisants pour nourrir une population croissante. Selon l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO, 2016), l'irrigation représente environ 70% de l'utilisation mondiale d'eau douce.

Dans le domaine industriel, l'eau est utilisée dans de nombreux processus de production, notamment pour le refroidissement, le nettoyage, la fabrication de produits chimiques et la génération de vapeur pour la production d'électricité. Selon l'Organisation de coopération et de développement économiques (OECD, 2015), l'industrie est le deuxième plus grand utilisateur d'eau après l'agriculture, représentant environ 20% de la consommation mondiale d'eau douce.

La consommation domestique d'eau comprend une gamme d'activités telles que l'approvisionnement en eau potable, l'hygiène personnelle, le lavage des vêtements, la cuisson et le nettoyage des espaces domestiques. Selon l'Organisation mondiale de la santé (WHO, 2017), la quantité d'eau nécessaire par personne pour satisfaire les besoins de base en matière d'hygiène et de santé est d'environ 50 à 100 litres par jour.

L'eau est également utilisée dans la production d'énergie, notamment pour la production d'électricité à partir de sources hydroélectriques, thermiques et nucléaires. La production d'énergie thermique et nucléaire nécessite souvent de grandes quantités d'eau pour le refroidissement des

centrales électriques. Selon l'Agence internationale de l'énergie (**AIE, 2020**), l'utilisation de l'eau dans le secteur de l'énergie devrait augmenter dans les années à venir en raison de la demande croissante d'énergie dans le monde.

3 Les différentes sources d'eau :

3.1 Eaux de pluie :

Les eaux de pluie sont généralement de haute qualité pour la consommation humaine, étant donné leur saturation en oxygène et en azote et leur absence de sels dissous tels que le magnésium et le calcium, ce qui les rend très douces. Elles sont considérées comme l'eau la plus pure, en dehors des zones urbaines. Toutefois, dans certaines régions, les pluies peuvent devenir acides en raison de la pollution atmosphérique présente dans l'air. (**DESJARDINS, 1997**)

3.2 Eaux superficielles :

Provenant des cours d'eau, des lacs, des réservoirs et des rivières. Sujette à la contamination par des polluants provenant des sources naturelles et anthropiques. Souvent utilisée pour l'irrigation agricole, la production d'électricité hydraulique et l'approvisionnement en eau potable après traitement. (**GLEICK, 1993**) Elles ont pour origine, soit des nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, soit les eaux de ruissellement. (**DEGREMENT, 2005**)

3.3 Eaux souterraines :

Les eaux souterraines sont une ressource renouvelable précieuse, largement exploitée pour répondre aux besoins en eau potable. (**OFEFP, 2003**) Elles englobent l'ensemble des flux d'eau circulant ou stocké dans les terrains perméables sous forme de gouttelettes contenues dans les pores, formant ainsi des nappes aquifères. Ces réservoirs d'eau souterraine, également désignés sous le terme d'aquifères, constituent une source exploitable d'eau (**KETTAB, 1992**) Une nappe est formée par l'ensemble de l'eau qui remplit les espaces vides entre les roches poreuses dans une zone délimitée par son épaisseur et sa superficie géographique. (**RENARD & POMEROL, 1997**)

On distingue deux types de nappes :

3.3.1 Nappe libre :

Une nappe libre est caractérisée par sa capacité à s'étendre librement vers le haut, car la couche perméable qui la compose n'est pas recouverte par une couche imperméable. Généralement peu profonde, elle est alimentée directement par les eaux d'infiltration ou les écoulements de ruissellement. (**BONNIN, 1982**)

3.3.2 Nappe captive :

Une nappe captive se forme lorsque la couche perméable est enfermée entre deux couches imperméables, ce qui l'empêche de s'étendre vers le haut. (BONNIN, 1982) Ces nappes sont généralement plus profondes que les nappes libres et sont séparées de la surface par une couche imperméable. Leur alimentation provient principalement de l'infiltration le long de leurs bordures (CARDOT, 1999).

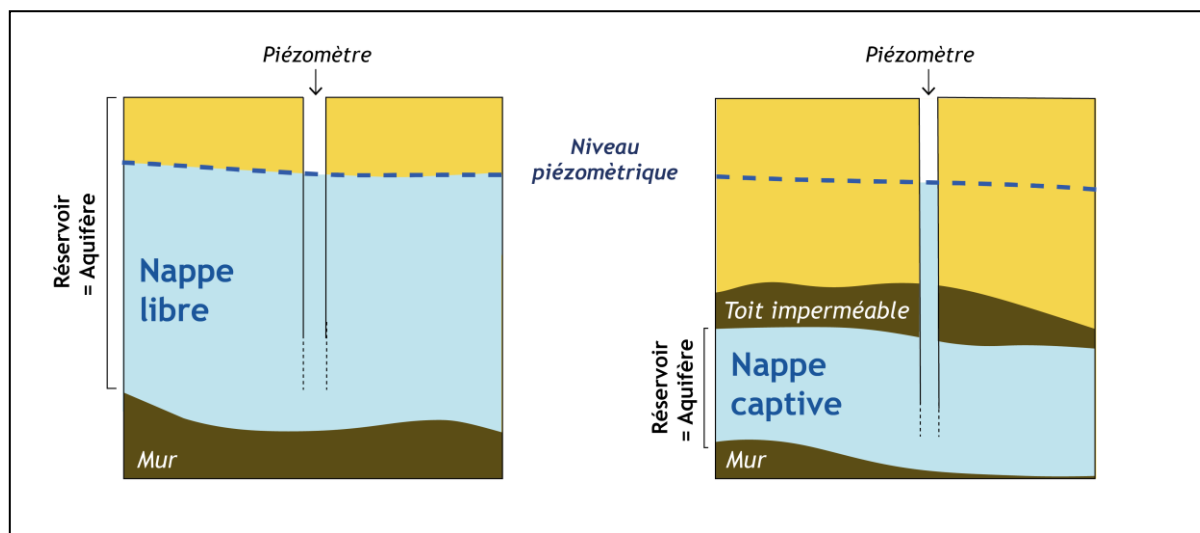


Figure 2 : Représentation schématique d'une nappe libre à gauche et d'une nappe captive à droite (InstitutionAdour)

4 Les Type d'eau de consommation :

4.1 L'Eau potable :

Par eau potable, on entend l'eau naturelle ou traitée qui convient à la consommation, à la cuisson d'aliments, à la préparation de mets et au nettoyage d'objets entrant en contact avec les denrées alimentaires. (FAO, 2014) La notion de danger potentiel peut être supérieure à la notion d'agrément vis-à-vis du goût et même confort (aspect et température). En d'autres termes, une eau destinée à la consommation humaine doit :

Être rationnellement minéralisée

Être colorée et limpide.

Être consciente de ne pas pouvoir nuire à la santé (OMS, FAO, 2007)

Les eaux destinées à la consommation humaine sont désignées par divers termes tels qu'eau de robinet, eau de source ou eau minérale. Le cadre réglementaire qui définit et régit les eaux minérales naturelles et les eaux de source est établi par le décret exécutif n° 14 - 96 du 2 Joumada El Oula 1435 correspondant au 4 mars 2014 modifiant et complétant le décret exécutif n° 11-125 du 17

Rabie Ethani 1432 correspondant au **22 mars 2011** relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine.

4.2 L'eau minérale :

Une eau d'origine souterraine est captée soit à une source, soit par forage. C'est une eau pure, protégée géologiquement et présentant une composition minérale parfaitement stable, qui ne fait l'objet d'aucun traitement chimique ni désinfection avant son embouteillage. Ces eaux appartiennent, par définition, à des aquifères à forte inertie, en général profonds, carbogazeux dans certains cas ; bien protégés contre des contaminations. Ces aquifères sont généralement situés dans des régions peu soumises aux pressions anthropiques (agriculture intensive, industrie, urbanisation...).
(LACHASSAGNE, 2021)

Elles sont classées en : Eau minérale naturelle non gazeuse ; Eau minérale naturelle naturellement gazeuse ; Eau minérale naturelle dégazéifiée ; Eau minérale naturelle renforcée au gaz carbonique de la source ; Eau minérale naturelle gazéifiée.

4.3 L'Eau de source :

Par eau de source, on entend de l'eau potable conditionnée directement à la source, non traitée ou uniquement traitée au moyen des procédés admis pour l'eau minérale naturelle. Lors de sa remise au consommateur, l'eau de source doit satisfaire aux exigences de pureté applicables à l'eau potable. Au surplus, ses propriétés microbiologiques doivent correspondre à celles de l'eau minérale naturelle. L'eau de source ne peut être soumise à aucun traitement et ne peut faire l'objet d'aucune adjonction.
(FAO, 2014)

5 La composition de l'eau naturelle :

Les substances dans l'eau peuvent être classées selon deux modes :

- Leur nature chimique : organique ou minérale ;
- Leur état physique : matières dissouts, colloïdales o en suspension (REJSEK, 2002)

5.1 Les matières minérales :

Les composés ioniques, anions et cations proviennent essentiellement de la dissolution des roches dans l'eau qui circule à leur contact.

Les éléments minéraux présents dans l'eau sont :

- **Certains métaux :**

Dans la plupart du temps, provoquent des corrosions dans les canalisations et certains peuvent aussi provoquer une coloration pour l'eau. On trouve le cuivre, l'aluminium, le zinc, le fer, le calcium, le magnésium, le manganèse, le potassium, le sodium et les sulfates.

- **Nitrates et nitrites :**

On observe une augmentation de la concentration générale des eaux brutes, elles doivent être éliminées si cette concentration est supérieure à la norme.

- **Fluor :**

Une concentration trop importante de fluor provoque des taches de l'émail des dents. Il est important de la réduire par un traitement spécifique lorsqu'elle est supérieure à 1mg.L-1-1 - L-1.

- **Chlorure :**

Les eaux souterraines sont riches en chlorure, tandis que les eaux de mer sont riches en cet élément. L'augmentation de la concentration d'une eau en Cl⁻ augmente la probabilité de corrosion par piqûres, mais c'est l'effet synergique des ions Cl⁻ et de l'oxygène qui peut être très grave.

- **Sélénium :**

Une substance très répandue mais toxique pour l'homme, car il est limité dans l'eau potable à une concentration de 10 µg/L. (DEGREMENT, 2005)

5.2 Matières en suspension (MES) :

Les matières en suspension constituent l'ensemble des particules minérales et/ou organiques présentes dans une eau naturelle ou polluée. Ces particules peuvent être composées de particules de sable, de terre et de sédiment arrachées par l'érosion, de divers débris apportés par les eaux usées ou les eaux pluviales très riches en MES, d'êtres vivants planctoniques (notamment les algues).

Elles sont en accord avec la concentration en éléments non dissous d'un échantillon. L'accumulation de matières en suspension dans l'eau permet de réduire la luminosité et d'abaisser la production biologique du fait, en particulier, d'une chute de l'oxygène dissous consécutive à une réduction des phénomènes de photosynthèse. (REJSEK, 2002)

5.3 Matières organiques :

Par définition, composés du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène et de l'azote. Ces matières proviennent soit de l'érosion des sols, soit de la décomposition de matières animales ou végétales dans l'eau. Elles se décomposent à cause de leur instabilité chimique et de l'action des microorganismes de l'eau, formant des composés de plus en plus simples (REJSEK, 2002).

5.4 Matières colloïdales :

L'état colloïdal est une relation entre l'état dissous et la suspension. Les matières colloïdales sont composées de matières de petite taille chargées négativement, ce qui explique qu'ils se repoussent et se répartissent de façon dispersée et désordonnée dans la masse liquide. De plus, il est difficile d'élimination de l'eau à traiter car elles ne décantent pas spontanément et sont peu retenues par les filtres. Il est important d'utiliser des réactifs chimiques qui neutralisent les charges négatives superficielles et permettent leur agrégation. (REJSEK, 2002)

5.5 Les matières dissoutes :

Ces matières sont dispersées de manière homogène dans l'eau, faiblement polarisées et ionisées. En raison de leur état dissous, ces molécules sont difficiles à éliminer de l'eau à traiter par les procédés physiques traditionnels, décantations et filtration. Si leur élimination est requise, par exemple pour les nitrates, il faudra utiliser des méthodes chimiques ou biologiques. (REJSEK, 2002)

6 La qualité microbiologique de l'eau potable :

C'est une composante essentielle de sa sécurité sanitaire, visant à prévenir la propagation de maladies d'origine hydrique causées par des micro-organismes pathogènes. Les normes microbiologiques sont établies par des organismes de réglementation nationaux et internationaux pour garantir que l'eau potable est sûre à consommer.

Les principaux micro-organismes d'intérêt en matière de qualité microbiologique de l'eau potable comprennent :

6.1 Coliformes totaux :

Les coliformes totaux sont entérobactéries qui vivent dans l'intestin des animaux homéothermes, mais aussi dans l'environnement. (ARCHIBALD, 2000) Leur présence dans l'eau indique une contamination fécale potentielle. Les normes internationales, telles que celles établies par l'Organisation mondiale de la santé (OMS), fixent des limites pour les coliformes totaux dans l'eau potable (WHO, 2017)

6.2 Escherichia coli (E. coli) :

E. coli ce sont des bactéries en forme de bâtonnets, aérobies ou anaérobies facultatives, possédant l'enzyme β galactosidase, qui permet de libérer un agent chromogène utilisé dans des milieux de culture servant à les identifier qui indique une contamination fécale récente et le risque potentiel de maladies d'origine hydrique. (ARCHIBALD, 2000). La présence d'E. coli dans l'eau potable est généralement considérée comme un signe de contamination bactérienne et nécessite une action corrective immédiate. (USEPA, 2012)

6.3 Entérocoques :

Les entérocoques sont des bactéries intestinales résistantes qui peuvent survivre plus longtemps dans l'eau que les coliformes. Leur présence dans l'eau potable est également utilisée comme indicateur de contamination fécale et de risque potentiel pour la santé (WHO, 2017)

6.4 Bactéries hétérotrophes :

Les bactéries hétérotrophes sont des micro-organismes non spécifiques qui utilisent des composés organiques comme source de carbone pour leur croissance. Bien qu'elles ne soient pas nécessairement pathogènes, leur présence en grandes quantités peut indiquer une altération de la qualité de l'eau et nécessiter une évaluation plus approfondie. (HC, 2013)

Ces micro-organismes sont surveillés régulièrement par les autorités sanitaires à l'aide de méthodes d'analyse microbiologique standardisées. Les échantillons d'eau sont prélevés dans les systèmes de distribution d'eau et les installations de traitement, puis analysés pour déterminer la concentration de micro-organismes présents. La surveillance de la qualité microbiologique de l'eau potable est essentielle pour assurer la sécurité sanitaire des consommateurs et prévenir les maladies d'origine hydrique. Les résultats de ces analyses guident les décisions en matière de gestion de l'eau et de traitement, contribuant ainsi à garantir l'accès à une eau potable sûre et propre pour tous. (WHO, 2011)

6.5 Les spores anaérobies sulfito-réducteurs :

Des micro-organismes anaérobies strictes formant des spores et sulfito-réducteurs, appartenant à la famille des Bacillacées et au genre *Clostridium*, sont largement répandus dans l'environnement. Les structures de résistance formées par certains types spécifiques de bactéries anaérobies. Les sulfites sont des composés chimiques contenant du soufre et de l'oxygène, tandis que les sulfures sont des composés associés à une odeur caractéristique d'œuf pourri. (CAMPER, ESCHERICHIA, & FAYER, 1986)

6.6 Les algues :

Les algues d'eau douce comptent environ 13 500 espèces réparties en 1 100 genres. En incluant tous les milieux de vie (terrestre, marin et d'eau douce), il y a environ 2 750 genres et 40 000 espèces d'algues (Bouzenzana, 2015) . Ces organismes photosynthétiques sont très abondants et colonisent divers habitats, constituant le phytoplancton dans les eaux de surface et se développant également dans le sol ou sur les végétaux. La masse totale des algues océaniques dépasse largement celle des végétaux terrestres. En tant que producteurs, elles produisent de l'oxygène et des composés organiques, jouant ainsi un rôle crucial dans les chaînes alimentaires (Bouzenzana, 2015). Les algues possèdent généralement de la chlorophylle dans toutes leurs cellules et croissent dans des milieux aquatiques ou très humides (Bouzenzana, 2015).

7 Les propriétés organoleptiques :

7.1 Le goût et l'odeur :

Se réfèrent à ses qualités sensorielles perceptibles par le goût et l'odorat humains. L'eau potable devrait avoir un goût et une odeur agréables et neutres. Des goûts ou des odeurs désagréables, tels que le goût de terre, de moisi, de chlore ou de métal, peuvent indiquer la présence de contaminants ou de composés chimiques. (APHA, 2017)

7.2 La couleur :

L'eau potable se réfère à sa teinte visuelle, allant du transparent au jaune, brun ou autre couleur. L'eau potable devrait être transparente ou légèrement teintée. Une couleur anormale, telle que le jaune, le brun ou le vert, peut indiquer la présence de matières organiques, de particules en suspension, de métaux ou d'autres contaminants. (WHO, 2011)

7.3 L'aspect visuel :

Se réfère à son apparence générale, y compris la clarté, la brillance et la présence de particules visibles. L'eau potable devrait être claire, sans turbidité ni particules visibles. La présence de turbidité ou de particules peut indiquer une contamination ou une altération de la qualité de l'eau. (APHA, 2017).

8 Les paramètres physico-chimiques :

8.1 Les paramètres physiques :

8.1.1 La température :

Est une mesure de la quantité de chaleur présente dans l'eau, exprimée en degrés Celsius (°C). Des températures anormalement élevées peuvent indiquer la présence de déversements industriels ou de rejets urbains qui déchargent de l'eau chaude dans les cours d'eau, ce qui peut entraîner une pollution thermique et des dommages écologiques. (RODIER, 2009)

8.1.2 Le potentiel d'hydrogène (pH) :

Le pH est une échelle logarithmique qui mesure la concentration d'ions hydrogène (H⁺) dans une solution. Il varie de 0 à 14, où 7 est considéré comme neutre. Un pH inférieur à 7 indique une solution acide, tandis qu'un pH supérieur à 7 indique une solution basique (ou alcaline). Il affecte la solubilité des composés chimiques, la disponibilité des nutriments pour les plantes, et la structure et l'activité des protéines. Les variations importantes du pH peuvent indiquer la présence de contaminants ou de polluants dans l'eau, tels que des déversements industriels, des rejets urbains ou des activités agricoles. (RODIER, 2009)

Tableau 1 : Classification des eaux d'après leur pH (KIRDA, 1997)

pH	L'alcalinité ou l'acidité des eaux
-----------	---

pH<5	Acidité forte présence des minéraux ou matières organique dans eaux naturelles
pH=7	pH neutre
7<pH<8	Neutralité approchée majorité des eaux de surface
5.5<pH<8	Majorité des eaux souterraines
pH=8	Alcalinité forte, évaporation intense

8.1.3 La conductivité :

La conductivité électrique mesure la quantité d'ions dissous présents dans l'eau, tels que les ions sodium (Na⁺), potassium (K⁺), calcium (Ca²⁺), magnésium (Mg²⁺), chlorure (Cl⁻), sulfate (SO₄²⁻), etc. Elle est généralement exprimée en micro siemens par centimètre (µS/cm) ; utilisée comme indicateur de la qualité de l'eau et peut être surveillée en continu pour détecter les changements anormaux. Des variations importantes de la conductivité électrique peuvent indiquer la présence de contaminants ou de polluants dans l'eau. (RODIER, BAZIN, BROUTIN, & CHAMBON, 1996)

Tableau 2 : Classification de l'eau selon de conductivité électrique (KATTEB, 2000)

Conductivité	Nature de l'eau
50-400 µs/cm	Eau excellent
400-750 µs/cm	Eau de bonne qualité
750-1500 µs/cm	Eau de moyenne qualité
>1500 µs/cm	Eau médiocre

8.1.4 La turbidité :

L'eau est turbide, car elle est composée de particules en suspension, notamment les colloïdales : argiles, limons, grains de silice, matières organiques. La pluviométrie a un rôle important dans les surfaces et les superficielles selon leur origine. (SAVARY, 2010)

Tableau 3 : Classification des eaux en fonction de la turbidité (RODIER, 1984)

Turbidité	Nature de l'eau
NTU < 5	Eau claire
5 < NTU < 30	Eau légèrement trouble
NTU > 50	Eau trouble

8.2 Les paramètres chimiques :

8.2.1 Le dioxyde de carbone libre :

Également appelé CO₂ libre, est la fraction de dioxyde de carbone dissous dans l'eau qui n'a pas réagi pour former des composés chimiques tels que l'acide carbonique (H₂CO₃), les carbonates (CO₃²⁻), ou les bicarbonates (HCO₃⁻), il est généralement mesuré en milligrammes par litre (mg/L) à l'aide de méthodes analytiques telles que la spectrophotométrie, la chromatographie en phase gazeuse ou des capteurs spécifiques au CO₂. (RODIER J. , 2009) Les résultats fournissent des informations importantes sur la qualité de l'eau, sur son potentiel d'acidification et sur les conditions environnementales dans les écosystèmes aquatiques. (DUPONT, 1974)

8.2.2 Dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH) :

Est une mesure de la concentration totale des ions calcium (Ca²⁺) et magnésium (Mg²⁺) dissous dans l'eau. Elle est généralement exprimée en milligrammes par litre (mg/L), en degrés français (°f) (WHO, 1994) à l'aide des tests colorimétriques, des titrages complexes ou des méthodes instrumentales telles que la spectrophotométrie. Il basée sur la capacité de ces ions à former des précipités insolubles avec certains ions tels que les ions carbonates et bicarbonates. (RODIER J. , 2009) $TH = [Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]$

Tableau 4 : Classification des eaux en fonction de dureté (CHAUSSEE, PHANEUF, & LEVALLOIS, 2003)

Valeurs de TH	Nature d'eau
0 à 5°F	Eau très douce
5 à 15°F	Eau douce
15 à 25°F	Eau moyennement dure
25 à 35°F	Eau dure
> 35°F	Eau très dure

8.2.3 La dureté calcique :

Correspond à la quantité d'ions calcium (Ca²⁺) qu'elle contient. Les méthodes basées sur l'EDTA sont souvent utilisées pour mesurer cette concentration, car elles offrent des résultats fiables et satisfaisants pour les analyses de routine. (RODIER J. , 2009)

8.2.4 La dureté magnésienne :

Correspond à la quantité totale d'ions magnésium qu'elle contient. Elle est calculée en soustrayant la dureté calcique de la dureté totale de l'eau. (RODIER J. , 2009)

8.2.5 Le Titre Alcalimétrique (TA ou TAC) :

Représente la concentration des composés alcalins, principalement des carbonates (CO_3^{2-}) et des bicarbonates (HCO_3^-), dans l'eau. Il est mesuré en équivalents de carbonate par litre (eq/L) par titrage avec une solution acide de concentration connue (généralement de l'acide chlorhydrique), il est important dans le traitement de l'eau, en particulier dans les processus de potabilisation et d'adoucissement de l'eau (SAWYER, MCCARTY, & PARKIN, 2003).

$$\text{TA} = [\text{OH}^-] + 1/2 [\text{CO}_3^{2-}]; \text{TAC} = [\text{OH}^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^{2-}].$$

8.2.6 Les bicarbonates :

(HCO_3^-) dans l'eau sont des ions qui se forment naturellement lors de la dissolution du dioxyde de carbone (CO_2) dans l'eau. Leur présence influence le pH de l'eau et peut affecter sa corrosivité ainsi que la formation de dépôts de calcaire. Ils sont mesurés dans les analyses de l'eau en raison de leur impact sur la qualité et l'aptitude à la consommation de l'eau. (RODIER J. , 2009)

8.2.7 Les nitrites :

D'origine naturelle sont peu fréquents. Ils se trouvent dans le sol, les eaux et les plantes, mais en quantités relativement modestes. Leur présence dans l'eau naturelle peut résulter d'une oxydation incomplète de composés azotés tels que l'azote organique ou ammoniacal. Les nitrites représentent un stade intermédiaire très éphémère, ce qui maintient généralement leur concentration à un niveau bas. (RODIER, BAZIN, BROUTIN, & CHAMBON, 1996)

8.2.8 Les nitrates :

La concentration naturelle des nitrates dans les eaux souterraines est généralement basse et dépend de divers facteurs tels que le type de sol, la végétation environnante et le degré d'oxygénation dans la zone submergée. Leur introduction par voie atmosphérique est également limitée, ce qui signifie que dans les eaux karstiques, leur source principale est externe. Les nitrates servent souvent d'indicateur de pollution et sont principalement attribués à des activités humaines telles que l'agriculture (utilisation d'engrais azotés, de fumier, élevage) et les rejets d'eaux usées. Du fait de leur origine externe, ces composés peuvent fournir des informations sur le fonctionnement des aquifères karstiques, en particulier sur les processus d'infiltration (rapide ou lent). De plus, les nitrates sont considérés comme un excellent marqueur de la qualité des eaux. (RODIER, BAZIN, BROUTIN, & CHAMBON, 1996)

8.2.9 Les chlorures :

Sont des anions inorganiques essentiels présents à des concentrations variables dans les eaux naturelles, principalement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl). Leur présence est souvent utilisée comme indicateur de pollution. Les chlorures exercent une influence sur la vie aquatique et végétale, ainsi que sur la croissance des plantes. (MAKHOUKH, 2011)

8.2.10 Le magnésium :

Est présent en quantité plus importante que le sodium et le potassium, mais moins que le calcium. Il peut provenir de deux sources principales : la dissolution du magnésium des calcaires dolomitiques en présence de dioxyde de carbone, et la dissolution du $MgSO_4$ provenant des terrains gypseux du Trias situés au sud. (SAHRAOUI, 2015)

8.2.11 Le fer :

Le fer (Fe^{2+}), occupe la quatrième place parmi les éléments constitutifs de la croûte terrestre. Sous forme ferreuse, ce métal est assez soluble dans l'eau. Les besoins quotidiens pour le corps humain se situent entre 2 et 3 mg, mais seulement 60 à 70 % de la quantité absorbée sont métabolisés. (RODIER, 2005)

8.2.12 Le potassium :

Le potassium (K^+) joue un rôle essentiel dans la régulation de la teneur en eau à l'intérieur des cellules. (MERCIER, 2000). En tant que métal alcalin, il est étroitement lié au sodium, au point qu'il est rarement considéré individuellement dans les analyses de l'eau. Sa présence est moins courante dans la nature. (KEMMER, 1984)

8.2.13 Les phosphates :

(PO_4^{-3}) Sont souvent responsables de l'accélération du processus d'eutrophisation dans les lacs ou les rivières. Lorsqu'ils dépassent les normes réglementaires, ils sont considérés comme un indicateur de contamination fécale, ce qui peut entraîner une prolifération de germes ainsi que des altérations du goût et de la couleur de l'eau. (RODIER, 2005)

8.2.14 Les ammoniums :

Dans l'eau, l'azote réduit soluble existe sous deux formes principales : l'ion ammonium (NH_4^+) et la forme non dissociée couramment appelée ammoniaque (NH_3). (GAUJOUR, 1995) Concernant la toxicité de l'ammoniaque, il est reconnu que ce n'est pas la forme ionisée de l'ammoniaque qui est toxique, mais plutôt la forme non ionisée, dont la proportion dépend du pH et de la température. (RODIER, BAZIN, BROUTIN, & CHAMBON, 1996)

8.2.15 Le calcium :

Le corps humain contient en moyenne 1,2 kilogramme de calcium (Ca^{2+}), principalement dans le squelette. (MERCIER, 2000) Une eau potable de qualité renferme généralement entre 100 et 140 mg/L de calcium. (RODIER, 2005) . Le calcium ne présente généralement aucun risque pour la potabilité de l'eau. Cependant, une dureté élevée peut entraîner des problèmes d'entartrage domestique. En revanche, les eaux douces peuvent causer des problèmes de corrosion des canalisations. (GAUJOUR, 1995)

8.2.16 Le sulfate :

Le sulfate (SO_4^{-2}) présent dans l'eau provient principalement de minéraux tels que le gypse, et peut également résulter de l'oxydation de minéraux sulfureux. La limite maximale admise dans l'eau potable est de 250 mg/l. (KEMMER, 1984)

8.2.17 Le sodium :

Le sodium, présent sous forme d'ion Na^+ , est un métal alcalin couramment trouvé dans l'eau. Il peut provenir de diverses sources, qu'elles soient naturelles comme la mer et les terrains salés, humaines telles que les urines contenant environ 10 à 15 g de NaCl par jour, ou encore industrielles, notamment issues de la production de potasse et de l'industrie pétrolière. Les eaux contenant une concentration élevée en sodium deviennent saumâtres, présentent un goût désagréable et ne conviennent pas à la consommation. (RODIER, 2005)

9 L'eau potable en Algérie :

La qualité de l'eau potable en Algérie est un sujet de préoccupation et d'étude. Les recherches indiquent que la consommation d'eaux minérales en Algérie a augmenté, la plupart des paramètres physico-chimiques étant conformes aux normes de l'OMS, à l'exception du TDS, du Ca^{2+} , du Mg^{2+} , du K^+ et du HCO_3^- dans certains échantillons (BOUTELDJAOU, JEAN, & TAUPIN, 2023). La gestion des ressources en eau en Algérie est confrontée à des défis tels que les fuites importantes, qui ont un impact sur le réseau d'approvisionnement en eau potable, nécessitant un logiciel de surveillance et de contrôle pour une distribution d'eau efficace. (SALAH, ALI, & BRAHIM, 2022)

10 Les normes de potabilité de l'eau en Algérie :

En général, l'analyse de la potabilité de l'eau implique la recherche de divers paramètres et la détermination de leur concentration dans l'eau. Chaque paramètre est défini par une norme représentée par un chiffre, établissant une limite supérieure à ne pas dépasser et une limite inférieure à respecter. Le dépassement de ces limites indique une non-conformité par rapport aux normes établies. L'Organisation mondiale de la santé (OMS), dans ses recommandations, énonce des valeurs guides plutôt que des normes strictes, offrant une flexibilité tout en garantissant la protection de la santé publique et permettant une évaluation comparative de la qualité de l'eau (OFORI, JOSÉ, & AMA, 2022).

Une eau est considérée comme potable si elle respecte les valeurs fixées par la réglementation en matière de potabilité. Ces critères sont classés en six catégories, comprenant les paramètres organoleptiques, physico-chimiques, biologiques, de pollution ainsi que les substances indésirables et toxiques. Les caractéristiques sensorielles de l'eau, telles que la couleur, le goût, l'odeur et la transparence, ne sont pas nécessairement liées à sa qualité sanitaire, car une eau peut être consommable même si elle présente ces caractéristiques. (JORA, 2014)

L'Algérie a élaboré ses propres normes en se basant sur les normes internationales, ce qui constitue une combinaison de différentes normes internationales existantes. Les normes nationales (JORA, 2014) internationales (WHO, 2017) relatives à la potabilité de l'eau sont regroupées dans un tableau (tableau 05), couvrant les paramètres physico-chimiques liés à la structure naturelle de l'eau (MOSTEFAOUI & TOUTAOUI, 2018).

Tableau 5 : Normes (WHO, 2017) et algériennes (JORA, 2014) des paramètres physico-chimiques ; Microbiologiques et organoleptiques pour l'eau potable

Substances	Unité	OMS (2007)	JORA (2014)
Cuivre	Mg/l	2	2
Trihalométhanes (THM)	µg/l	100	100
Température	°C	25	25
Alcalinité	mg/l en CaCO ₃	500	500
Calcium	mg/l	100	200
Potassium	mg/l	12	12
Chlorure	mg/l	250	500
PH	Unité de pH	6,5 -9,5	≤ 6,5 et ≤ 9
Dureté (TH)	mg/l en CaCO ₃	200	200
Conductivité a 20°C	µS/cm	--	2800
Ammonium	mg/l	0.5	0.5
Couleur	mg/l Platine	--	15
Odeur 12°C	Taux dilution	--	4
Saveur 25°C	Taux dilution	--	4
Turbidité	NTU	5	5
Aluminium	mg/l	0.2	0.2
Fluorure	mg/l	1.5	1.5
Fer Totale	mg/l	--	0.3
Manganèse	µg/l	40	50
Nitrate	mg/l	50	50
Nitrite	mg/l	0.2	0.2
Oxydabilité	mg/l	--	5
Sulfates	mg/l	400	500
Zinc	mg/l	3	5

Cadmium	µg/l	3	3
Cyanure	µg/l	70	70
Résidu sec	mg/l	1500	1500
Escherichia Coli	n/100ml	0	0
Entérocoques	n/100ml	0	0
Les Spores / Sulfitoréductices	n/20ml	0	0

11 La pollution de l'eau :

Avec l'avènement du développement industriel, les problèmes de pollution de l'eau ont pris une dimension initialement locale, puis régionale, pour devenir désormais des enjeux mondiaux. Une quantité significative d'eau est souillée par divers usages industriels, agricoles et domestiques. L'industrie, en particulier, consomme d'importantes quantités d'eau, mais le principal problème réside dans le fait que la majeure partie de cette eau retourne à l'environnement, contaminée par des déchets, des produits chimiques et des métaux lourds. Environ plus de 85% de l'eau utilisée par l'industrie est rejetée dans la nature sous forme d'eaux usées (GUPTA, 1992).

Selon Moilleron (2017), la pollution de l'eau peut être classée en différents types en fonction de la nature des polluants et de leurs sources d'origine, ce qui permet de mieux comprendre les causes de la contamination de l'eau et de développer des stratégies de gestion et de prévention appropriées. (Tableau 06)

Tableau 6 : Les différents polluants des eaux (MOILLERON, 2017)

Types de pollution	Nature	Source
Physique		
Pollution thermique	Rejets d'eau chaude	Centrales thermiques
Pollution radioactive	Radio-isotopes	Installations nucléaires
Matière organique		
	Glucides, lipides, protides	Effluents domestiques, agricole...
	Ammoniac, nitrates	Élevages et piscicultures
Chimique		
Fertilisants	Nitrates, phosphates	Agriculture, lessives
Métaux et métalloïdes	Hg, Cd, Pb, Al, As...	Industries, agriculture, pluies acides
Pesticides	Insecticides, herbicides...	Agriculture, industries
Organochlorés	PCB, solvants	Industries
Composés org de synthèse	Nombreuses molécules	Industries
Détersifs	Agents tensio-actifs	Effluents domestiques

12 Les maladies à transmission hydrique en Algérie :

« Maladies hydriques sont celles contractée par ingestion, par contact direct ou encore les maladies pour lesquelles l'eau est le milieu de vie d'hôtes de larves ou de parasites » (QUATUNAU, 1998) .

Selon BENHALIMA, (2019) les maladies à transmission hydrique constituent un problème de santé publique important. Voici quelques-unes des principales maladies à transmission hydrique qui affectent la population algérienne :

12.1 La diarrhée :

La diarrhée est l'une des maladies les plus courantes liées à la consommation d'eau contaminée en Algérie. Elle est souvent causée par la présence de bactéries, de virus ou de parasites dans l'eau potable. (BENHALIMA, 2019)

12.2 La fièvre typhoïde :

La fièvre typhoïde est une maladie bactérienne grave causée par *Salmonella typhi*. Elle peut être transmise par l'eau contaminée par les excréments des personnes infectées. (BENHALIMA, 2019)

12.3 La dysenterie :

La dysenterie est une infection intestinale causée par divers agents pathogènes tels que les bactéries, les virus et les parasites. Elle peut être transmise par l'eau contaminée, en particulier dans les régions où l'assainissement de l'eau est insuffisant. (BENHALIMA, 2019)

12.4 L'hépatite A :

L'hépatite A est une infection virale du foie qui peut être transmise par l'eau contaminée par les excréments des personnes infectées. Elle peut provoquer des symptômes tels que la fatigue, la fièvre, les nausées et les jaunissements de la peau et des yeux. (BENHALIMA, 2019)

12.5 La schistosomiase :

La schistosomiase, également connue sous le nom de *bilharziose*, est une maladie parasitaire causée par des vers du genre *Schistosoma*. Elle est transmise par l'eau contaminée par des larves de

parasites et peut entraîner des symptômes graves tels que des lésions hépatiques, rénales et intestinales.

([BENHALIMA, 2019](#))

Tableau 7 : Principales maladies d'origine hydrique Selon ([HASLAY & LECLERC, 1993](#))

Origine	Maladies	Agents pathogènes
Parasitaire	Dysenterie amibienne	<i>Entamoeba histolyca</i>
	Gastro-entérites	<i>Giardia lamblia</i> <i>Cryptosporidium parvum</i>
Bactérienne	Fièvres typhoïde et paratyphoïde	<i>Salmonella typhi</i> <i>Salmonella paratyphi</i> A et B
	Dysenterie bacillaire	<i>Shigella</i>
	Cholera	<i>Vibrio cholerae</i>
	Gastro-entérites	<i>Escherichia coli enterotoxinogene</i> <i>Campylobacter jejuni</i> <i>Yersina enterocolitica</i>
Virale	Hépatites A et E	Virus hépatite A et E
	Poliomyélite	Virus Poliomyélitique
	Gastro-entérites	Rotavirus / Entérovirus ...

13 Évolution annuelle des maladies à transmission hydrique en Algérie :

Ces dernières années ont vu une nette amélioration de la situation épidémiologique de la fièvre typhoïde, marquée par une tendance à la baisse à partir de 2002, avec une diminution encore plus prononcée en 2010, où le nombre de cas est tombé en dessous de 1 pour 100 000 habitants. Une évolution similaire a été observée pour les cas de dysenterie, passant de 9 cas pour 100 000 habitants en 2000 à 1 cas pour 100 000 habitants en 2015. En revanche, le taux d'incidence de l'hépatite virale de type A est resté relativement stable pendant cette période, entre 2000 et 2011. Cependant, une augmentation a été observée, passant de 4 cas pour 100 000 habitants en 2000 à 5 cas pour 100 000 habitants en 2010, après quoi une légère baisse est survenue pour atteindre 2 ou 3 cas pour 100 000 habitants entre ces deux périodes ([KHERIFI & BEKIRI, 2016](#)). Les tendances sont illustrées dans les figures 3, et 4.

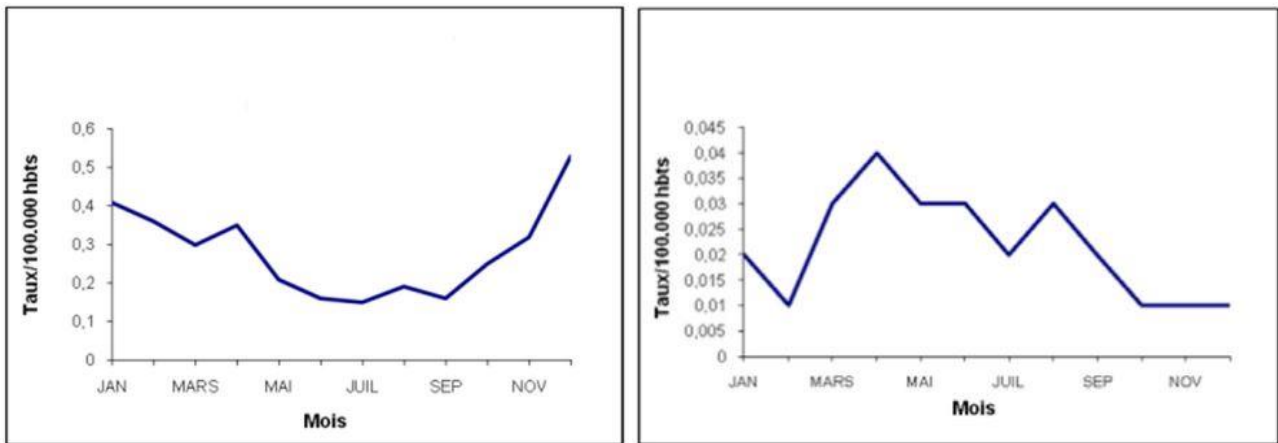


Figure 3 : Évolution de l'incidence annuelle en Algérie (2000-2015) de l'hépatite virale « A » à gauche et de la fièvre typhoïde a droit (KHERIFI & BEKIRI, 2016)

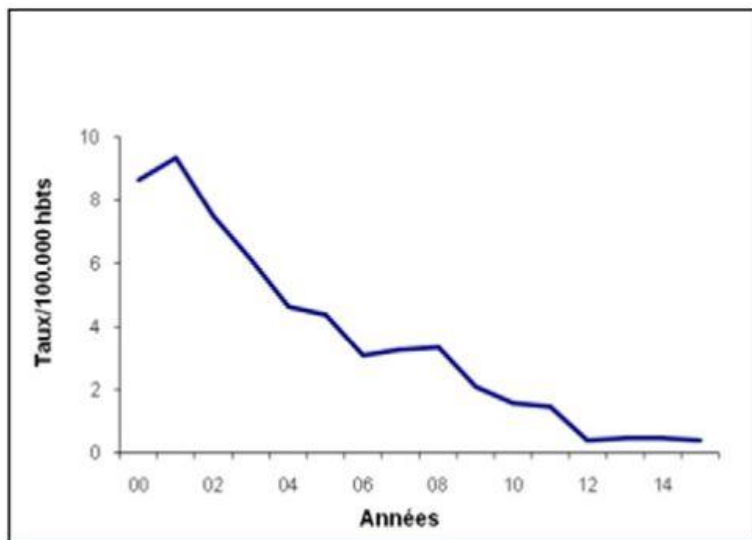


Figure 4 : Évolution de l'incidence annuelle des dysenteries en Algérie (2000-2015) (KHERIFI & BEKIRI, 2016)

APERÇUE GÉNÉRAL
SUR LA ZONE D'ÉTUDE

1 Situations géographiques de la wilaya de Laghouat :

La Wilaya de Laghouat occupe une superficie de 25 052 km² et abrite une population estimée, à l'horizon 2015, à 636 379 habitants. Elle fait partie du groupe des neuf wilayas pastorales du pays (BEN SLIMA & BEN NOUAR , 2018). Située à 400 km au sud de la capitale Alger, la Wilaya de Laghouat se trouve à une altitude de plus de 750 mètres sur les hauts plateaux. Traversée par la chaîne de l'Atlas Saharien, la région est caractérisée par des sommets qui dépassent les 2000 mètres, notamment le Djebel Amour, situé à 100 km au nord-ouest de Laghouat, qui culmine à 2200 mètres. Les coordonnées géographiques de la wilaya sont 33°48'N, 02°53'E (BEN SLIMA & BEN NOUAR , 2018)

La Wilaya de Laghouat est délimitée comme suit :

- Au nord et à l'est par la Wilaya de Djelfa,
- Au nord-ouest par les wilayas de Tiaret et El Bayadh,
- Au sud par la Wilaya de Ghardaïa.

Ces caractéristiques géographiques confèrent à la Wilaya de Laghouat une position stratégique et un relief varié, influençant fortement son climat et ses activités économiques.

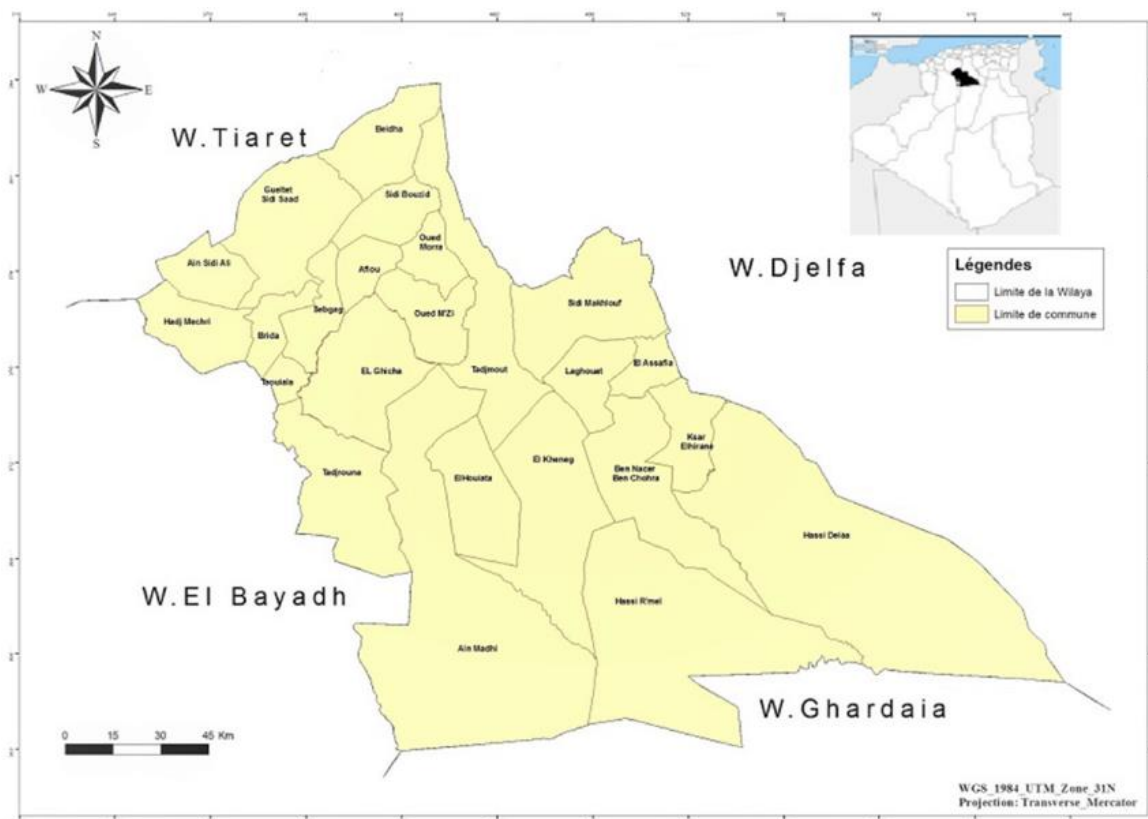


Figure 5 : Carte de la wilaya de Laghouat. Source : CONSERVATION DES FORÊTS DE LA WILAYA DE LAGHOUEAT (2017)

2 Le cadre géomorphologique de la wilaya de Laghouat :

Les reliefs de la Wilaya de Laghouat se composent de deux ensembles géographiques distincts. La zone de l'Atlas Saharien, située au nord-ouest de la wilaya (régions d'Aflou et Brida), présente des altitudes allant de 1000 à 1700 mètres et des pentes de 12,5 % à 25 %. Cette région est caractérisée par de vieux massifs forestiers couvrant 47 095 hectares, des nappes alfatières de 315 125 hectares, ainsi que des pacages et parcours s'étendant sur 1 531 766 hectares (BEN SLIMA & BEN NOUAR, 2018). En contraste, la zone des Hauts Plateaux et des Plateaux Sahariens, avec des altitudes variant de 700 à 1000 mètres et des pentes de 0 % à 3 %, est constituée de vastes étendues steppiques. Ces deux ensembles géographiques apportent une grande diversité de paysages et de reliefs à la wilaya, influençant les pratiques agricoles et pastorales de la région.

2.1 Les Djebels et montagnes :

La Wilaya de Laghouat sont principalement constitués par les monts du Djebel Amour, dont les altitudes varient entre 800 et 1720 mètres. Cette zone est formée d'une succession de montagnes qui occupent une bande de 150 km de large du nord au sud, et de 400 km du sud-ouest au nord-est, dominant la plupart des chaînons (BEN SLIMA & BEN NOUAR, 2018).

2.2 Le sol :

La région de Laghouat se distingue principalement par trois grands ensembles de sols. Le premier ensemble se caractérise par les piémonts de l'Atlas saharien, le second par la plaine alluviale de l'Oued M'zi, et le troisième par un plateau à surface plane avec une charge caillouteuse en surface. Ces sols sont généralement peu profonds et reposent souvent sur des formations marneuses et calcaires, ce qui explique leur richesse en sels solubles et en calcaires (BEN SLIMA & BEN NOUAR, 2018).

Les sols dans la zone aride d'Algérie sont généralement hydromorphes de minéraux bruts ou halomorphes. Ces derniers sont classés en sols sans accumulation de sels, sols calcaires, sols gypseux et sols salés. En termes de texture, la région de Laghouat se caractérise par trois types de sols : sablonneux-argileux, limono-sableux et limono-argileux. (CDF, 2014)

2.3 Hydrologie :

La région de Laghouat se caractérise par un faible potentiel en eau. On peut distinguer trois systèmes aquifères : la nappe phréatique du quaternaire, le complexe terminal et le continental intercalaire (KHADRAOUI, 2004). Le réseau hydrologique est fortement influencé par la variation saisonnière et interannuelle de la pluviométrie ainsi que par le relief formant un cloisonnement topographique. Les ressources en eaux superficielles sont localisées dans l'Atlas Saharien. Leur faible importance est due à l'irrégularité du régime pluviométrique et à la forte évaporation. Les principaux oueds de la région sont l'Oued M'Zi, l'Oued Touil et l'Oued Medsous (C.D.F, 2014).

Les deux zones de la wilaya de Laghouat (Nord-Ouest et Sud-Est) sont traversées par ces trois oueds, le plus important étant l'Oued M'Zi, dont le cours s'étend du Nord-Ouest vers le Sud-Est. Il convient également de noter l'existence de plusieurs sources qui pourraient constituer un apport considérable pour l'agriculture si leur captage était réalisé (C.D.F, 2014).

La géomorphologie Les reliefs présents dans la région de Laghouat se divisent en trois ensembles distincts :

- a. **Partie Nord** : Faisant partie de l'Atlas Saharien, cette zone est constituée par les monts du Djebel Amour dont les altitudes varient entre 800 et 1720 mètres. Elle est formée d'une succession de montagnes et de dépressions orientées généralement du Sud-Ouest au Nord-Est.
- b. **Partie Centre** : Allongée d'Ouest en Est, cette zone présente une largeur réduite et correspond aux piémonts bas de l'Atlas Saharien ainsi qu'à la vallée de l'Oued Djedi et de l'Oued Atar.
- c. **Partie Sud** : Communément appelée "Zone de Dayas", cette région est formée pratiquement d'un plateau plus ou moins ondulé.

3 Présentation du climat de Laghouat :

La division du globe terrestre en douze zones climatiques par l'utilisation des indices de GAUSSEN (1957) positionne la Wilaya de Laghouat dans deux grandes zones climatiques. Les valeurs des indices affectent la partie nord de la wilaya à la zone climatique méditerranéenne et la partie sud à la zone climatique désertique. En général, le climat de Laghouat est classé, selon KÖPPEN ET GEIGER (1951), comme un climat désertique froid. Au cours de l'année, la température moyenne est de 17,4°C, et les précipitations annuelles moyennes sont de 176 mm (CDT, DUBIEF, 2015).

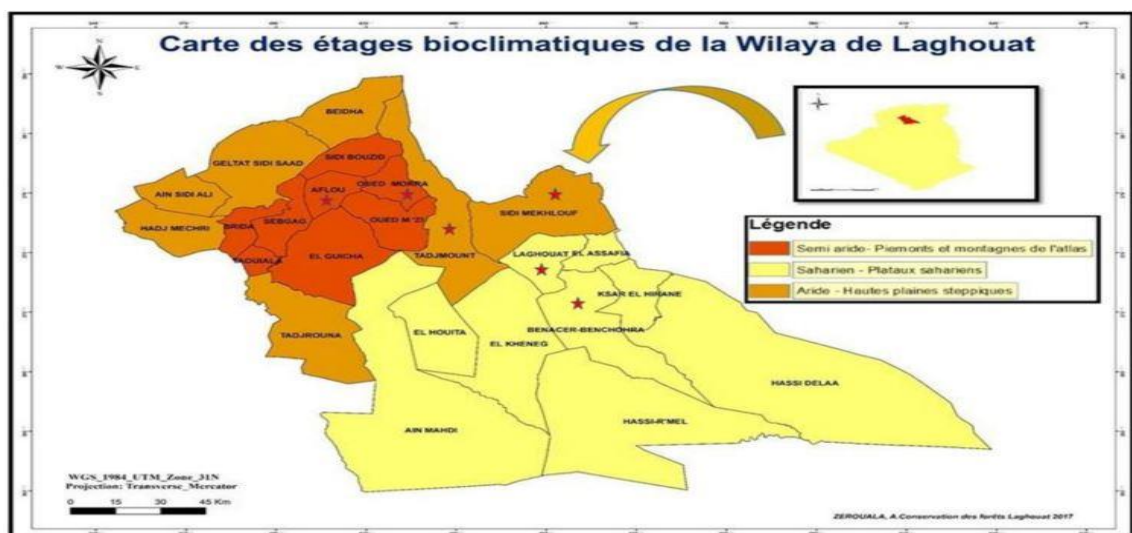


Figure 6 : Carte des étages bioclimatiques de la wilaya de Laghouat (OUBRAHAM, BÉDRANI, & BELHOUADJEB, 2021)

3.1 Caractérisation climatique :

Le climat, influencé par de nombreux facteurs tels que la température, les précipitations, l'humidité et le vent, joue un rôle fondamental dans la distribution et la vie des êtres vivants. (FAURIE, FERRA, MEDORI, DEVAUX, & HEMPTIN, 2003)

3.2 La température :

La température est l'élément le plus important du climat, étant donné que tous les processus métaboliques en dépendent (ROGER, 2019). Les températures de la région étudiée, collectées durant la période de 2008 à 2017, sont récapitulées dans le tableau suivant :

Tableau 8 : Moyenne mensuelle et annuelle des températures de la région de Laghouat (2008-2017) (ONM, 2018)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyen
Température c°	8.7	9.8	13.6	18	22.6	28.1	32.2	30.2	25.3	19.9	12.9	8.9	19.67

D'après ces données, le mois le plus froid dans la région de Laghouat est janvier, avec une température minimale de 8,73 °C, tandis que le mois le plus chaud est juillet, avec une température maximale de 32,20 °C.

3.3 Précipitation :

Selon DJEBAILI (1990), la précipitation est le facteur primordial pour déterminer le type de climat. La pluviométrie annuelle varie en fonction de plusieurs paramètres locaux spécifiques à chaque région, tels que l'altitude, l'exposition et l'orientation, qui jouent un rôle principal. Les précipitations moyennes mensuelles de la région étudiée, collectées durant la période de 2008 à 2017, sont récapitulées dans le tableau.

Tableau 9 : Moyennes mensuelles et annuelles des précipitations de la région de Laghouat (2008-2017). (ONM, 2018)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyen
Précipitations(mm)	9.7	8.5	10.5	18.7	9.9	7.4	7.9	10.8	27.5	23.3	12.4	19.3	155.2

À partir des données enregistrées sur une période de 10 ans (2008-2017), la précipitation moyenne annuelle à la station de Laghouat est d'environ 155,27 mm. Le mois le plus pluvieux est septembre, avec une moyenne de 27,53 mm, tandis que le mois le plus sec est juin, avec une moyenne de 7,45 mm.

3.4 L'humidité :

La wilaya de Laghouat, se caractérise par un climat semi-aride avec une humidité relative moyenne annuelle oscillant entre 30% et 50%. En hiver, de décembre à février, l'humidité relative tend à être plus élevée, autour de 50%, en raison des températures plus basses. En été, de juin à août, elle peut descendre à 20-30% en raison des températures très élevées et du climat sec. L'humidité varie

également de manière diurne, avec des niveaux plus élevés le matin et plus bas l'après-midi en fonction des variations de température. (ONM, 2018)

Tableau 10 : Humidité Relative Moyenne à Laghouat

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyen
Humidité Relative Moyenne %	50	50	45	40	35	30	25	25	30	35	40	50	30-50

3.5 Le vent :

La wilaya de Laghouat, caractérisée par des régimes de vent variables au cours de l'année. Les vents dominants proviennent généralement du nord et du nord-est, apportant de l'air sec et parfois des tempêtes de sable. La vitesse moyenne annuelle du vent oscille entre 15 et 25 km/h. Les mois de printemps, en particulier mars et avril, sont souvent les plus venteux, avec des rafales pouvant dépasser 30 km/h en raison des systèmes de basse pression qui traversent la région. En été, les vents chauds et secs, peuvent souffler depuis le sud, augmentant les températures et réduisant l'humidité. En hiver, les vents sont généralement plus calmes, avec des vitesses moyennes plus basses et des conditions plus stables. (MERZOUGI, 2018)

Tableau 11 : Vitesse Moyenne du Vent à Laghouat

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyen
Vitesse Moyenne du Vent (km/h)	15	16	22	25	20	18	17	17	18	20	18	15	15-25

4 Caractéristiques Géologiques :

La wilaya de Laghouat présente une géologie variée dominée par des roches sédimentaires comme les grès, les calcaires et les argiles, datant des périodes Mésozoïque et Cénozoïque. La région est marquée par des failles et des plis géologiques, influençant la formation des monts des Ouled Naïl et des plateaux. Les ressources minérales potentielles incluent des hydrocarbures, des phosphates, des sels et du gypse. Le réseau hydrographique, notamment l'Oued M'zi, a sculpté des vallées et des ravins, créant des paysages variés et influençant l'agriculture locale. (MERZOUGI, 2018)

Tableau 12: Caractéristiques Géologiques de la Wilaya de Laghouat

Caractéristique	Détail
Types de Roches	Roches sédimentaires (grès, calcaires, argiles), métamorphiques, ignées
Formations Géologiques	Mésozoïque, Cénozoïque
Structures Géologiques	Failles, plis, plateaux
Ressources Minérales	Potentiel en hydrocarbures, phosphates, sels, gypse
Géomorphologie	Montagnes des Ouled Naïl, réseau hydrographique de l'Oued M'zi

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1 Introduction

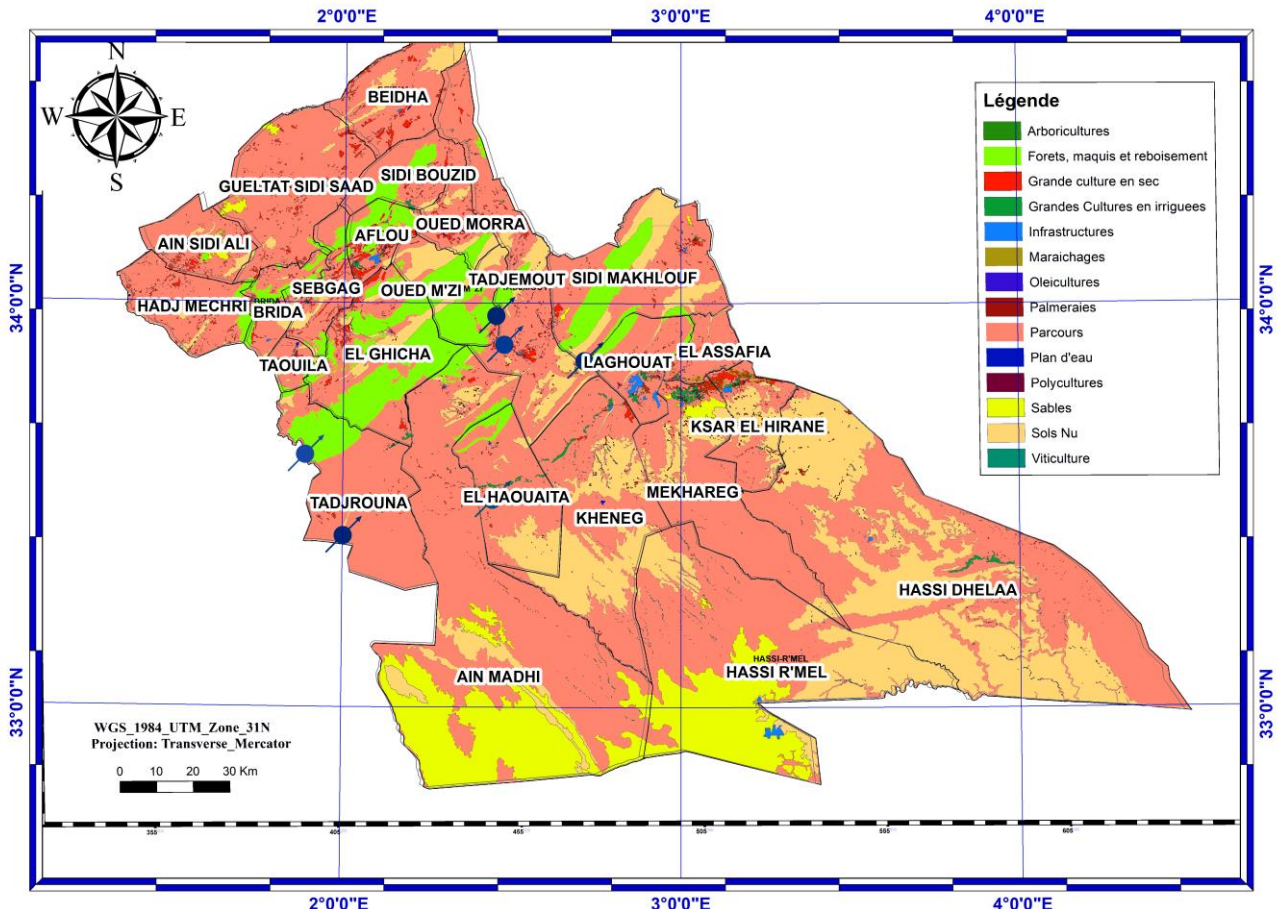
L'eau est un élément essentiel de la vie et intervient dans les différentes activités humaines. Elle participe toutes les activités quotidiennes notamment, domestiques, industrielles et agricoles ce qui la rend un élément récepteur exposé à tous les genres de pollution. Elle est aussi considérée comme un transporteur potentiel de nombreuses maladies appelées « Les maladies à transmission hydriques ». La présence de certains germes dans une eau limite parfois son aptitude à certains types d'utilisation, c'est pour cela la qualité microbiologique d'une eau est particulièrement importante. L'appréciation de la qualité des eaux de surface se base sur la mesure de paramètres physicochimiques ainsi que sur des analyses microbiologiques : population bactérienne totale, le dénombrement et la recherche des germes tests de contamination fécale, la présence ou l'absence de microorganismes pathogènes (Alain et al., 2004). Le principe général des techniques des analyses microbiologiques des eaux consiste à ensemercer une quantité connue d'eau à analyser sur un milieu de culture adapté, solide ou liquide. On suppose que, pendant l'incubation, chaque microorganisme présent se développe pour donner soit une colonie visible sur un milieu solide, soit des changements d'apparence dans un milieu liquide, essentiellement un trouble de celui-ci. Le choix d'une technique d'ensemencement dépend de la nature des microorganismes recherchés, de celle de l'eau, et des raisons qui ont conduit à l'analyse (REJSEK, 2002). Cependant, la chaîne prélèvement – échantillonnage – conservation – analyse doit être cohérente afin de maintenir l'intégrité de l'eau à étudier (ALAIN., 2004).

2 L'objectif de travail :

Cette étude a pour but évaluation et la préservation de la qualité physicochimique et bactériologique de l'eau de quelques sources existantes dans la région sud de la wilaya de Laghouat afin d'exploitées pour l'approvisionnement en eau potable.

3 DESCRIPTIONS DES SITES DE PRELEVEMENT

Notre zone d'étude appartient à la partie sud de l'atlas saharien elle fait partie de la zone méridionale de la willaya de Laghouat, elle est composée de six sites de djebel amour le premier site est ; Djebel El Milok, Laghouat ;la deuxième est Ain el Mezabi au niveau rive droite de Oued M'zi, Tadjmout, troisième à Aïn Madhi, Ain sisi mohemed ; quatrième à dakhlet El houita (el houita) ; cinquième au niveau de kef el melah sisi tayfour à Oued Tayba, la dernier au nivau de kef lalmaya Tadjrouna .



3.1 Djebel EL Milok :

La source de Milok est située dans la région nord-ouest de la wilaya de Laghouat, à environ 20 km au nord du chef-lieu de la wilaya. Elle se trouve dans le Djebel Milok, qui est délimité par la chaîne des monts de Djebel Amour au nord. Cette source d'eau est considérée comme un affluent très important pour les citoyens et les éleveurs locaux.

Les coordonnées géographiques de la source de Milok sont :

- Altitude : 848m ; - Latitude : 33°51 ; - Longitude : 2°44'22" Est



Figure 8 : La source (Milok)

3.2 Oued M'zi :

Oued M'zi traverse la wilaya de Laghouat et se situe approximativement entre 33.8°N de latitude et 2.9°E de longitude. C'est le principal cours d'eau de la région. Il prend sa source dans les monts des Ouled Naïl, au nord de Laghouat, et coule vers le sud-ouest. L'Oued M'zi joue un rôle crucial dans l'irrigation agricole et la recharge des nappes phréatiques locales. Sa vallée est une zone agricole importante, malgré son caractère saisonnier.



Figure 9 : La source (Oued M'zi)

3.3 Dakhlet El'houiata :

Elhouita est une commune située à environ 40 km au nord-est de la ville de Laghouat. Ses coordonnées approximatives sont 34.45°N de latitude et 3.07°E de longitude. Tadjmout est une commune notable pour son agriculture et son élevage. La proximité de la commune avec l'Oued M'zi permet d'utiliser les ressources en eau pour l'irrigation et l'approvisionnement en eau potable.



Figure 10 : La source (Dakhlet Elhouiata)

3.4 Ain Madhi :

Aïn Madhi est une commune située dans la wilaya de Laghouat, à environ 50 km au sud de la ville de Laghouat. Ses coordonnées approximatives sont 33.535°N de latitude et 2.916°E de longitude. N'y a qu'une petite source d'eau. Les ressources en eau vont être multipliées, grâce au forage de plusieurs puits, équipés de norias et au captage de l'eau d'un oued dévalant des pentes du Djebel AMOUR. En quelques années les surfaces irriguées et cultivées atteindront 600 hectares.



Figure 11 : La source Ain Madhi

3.5 Kef Elmaleh (Oued Tayba) :

L'Oued Tayba traverse la wilaya de Laghouat. Ses coordonnées approximatives sont 33.76°N de latitude et 2.88°E de longitude. Est un cours d'eau saisonnier de la région, jouant un rôle essentiel dans l'irrigation agricole et la recharge des nappes phréatiques locales. Comme beaucoup d'autres oueds dans cette région semi-aride, Oued Tayba est principalement alimenté par les précipitations occasionnelles et le ruissellement provenant des montagnes environnantes.



Figure 12 : La Source Oued Tayba

3.6 Kef lelmaya (Tadjrouna) :

Kef Lelmaya est situé dans la région de Tadjrouna, au sud-est de la wilaya de Laghouat. Les coordonnées approximatives sont 34.24°N de latitude et 2.93°E de longitude. Kef Lelmaya est une formation géologique notable de la région, souvent caractérisée par des affleurements rocheux et des paysages escarpés. Ce site est d'une importance géologique et écologique pour la région, influençant la topographie locale et les activités humaines.



Figure 13 : La source Tadjrouna

4 Disruptions de Lieu d'expérimentation (ADE) :

L'Algérienne des Eaux (ADE) est une entreprise publique algérienne qui opère dans le secteur de l'eau et de l'assainissement. Son rôle principal est d'assurer l'approvisionnement en eau potable et la gestion des services d'assainissement dans tout le pays. Dans la wilaya de Laghouat, l'ADE joue un rôle essentiel en garantissant un accès fiable à l'eau potable pour les résidents urbains et ruraux, ainsi que pour les activités agricoles et industrielles de la région.

En outre, l'ADE Laghouat peut également comprendre des sections spécialisées, telles que :

4.1 Laboratoire d'analyse microbiologique :

Cette section est chargée d'effectuer des analyses microbiologiques sur les échantillons d'eau prélevés dans les différentes sources, les réseaux de distribution et les stations de traitement. Ces analyses visent à détecter la présence de bactéries, de virus et d'autres micro-organismes pathogènes qui pourraient contaminer l'eau et présenter un risque pour la santé publique. Les résultats de ces analyses permettent de surveiller la qualité microbiologique de l'eau et de prendre les mesures nécessaires pour garantir sa potabilité.

4.2 Laboratoire d'analyse physico-chimique :

Cette section est spécialisée dans l'analyse des propriétés physiques et chimiques de l'eau, telles que la température, le pH, la conductivité électrique, la turbidité, la teneur en minéraux, les métaux lourds, les composés organiques, etc. Ces analyses permettent d'évaluer la qualité chimique de l'eau, de détecter la présence de contaminants et de surveiller les paramètres de traitement de l'eau. Les résultats de ces analyses contribuent à garantir que l'eau potable répond aux normes de qualité établies par les autorités sanitaires et environnementales.

Ces sections de laboratoire jouent un rôle essentiel dans le contrôle de la qualité de l'eau tout au long du processus de production et de distribution. Elles permettent à l'ADE Laghouat de surveiller de manière proactive la qualité de l'eau et de prendre les mesures nécessaires pour assurer sa conformité aux normes de qualité et sa sécurité pour la consommation humaine.

5 Échantillonnage et mode de prélèvement :

L'échantillonnage conditionne en très grande partie la fiabilité, la comparabilité des données de mesure et donc l'interprétation que l'on pourra en faire. L'opérateur d'échantillonnage prendra toutes les dispositions pour :

- Assurer la représentativité et l'intégrité des échantillons réalisés depuis l'échantillonnage du milieu jusqu'au(x) laboratoire(s) d'analyses ;

- Éviter la contamination du milieu lors de l'échantillonnage en s'équipant de protections individuelles propres et en utilisant du matériel et une embarcation nettoyée. (LOPOT & MARESCAUX, 2017)

5.1 Prélèvements pour analyse physique et chimique :

Les échantillons sont prélevés dans des bouteilles en plastique de 1,5L et rincé 2 à 3 fois avec l'eau à analyser au préalable.

5.2 Prélèvements pour analyse microbiologique :

Les échantillons pour analyse microbiologique sont préparés dans des flacons stériles d'une capacité de 200 ml dans l'ordre suivant, en prenant toutes les précautions stériles nécessaires :

- Se laver correctement les mains et les désinfecter avec du gel hydroalcoolique
- Utilisez la flamme pour purifier les robinets.
- Laisser couler l'eau pendant 1 minute pour refroidir le robinet et éliminer l'eau stagnante dans les conduites.
- Allumez le goulot pour éviter de toucher le goulot ou de faire tomber le bouchon.
- Ouvrir le flacon stérile, le remplir jusqu'au goulot en laissant de l'air, puis le refermer immédiatement. (LOPOT & MARESCAUX, 2017)

Tableau 13: Lieux et dates de prélèvement

Nombre de prélèvement	Lieu de prélèvement	Date et l'heure de prélèvement
S1	MILOK	2024/02/18 (10h :40min)
P2	AIN MZABI (Oued M'zi)	2024/02/18 (11h :10min)
P3	AIN SID MHAMED (Ain Madhi)	2024/02/18 (11h :52min)
P4	HOUAITA (TADJMOUT)	2024/02/18 (12h :28min)
S5	OUED TAYBA (kef Elmaleh)	2024/02/18 (13h :25min)
P6	AIN LALMAYA (TADJROUNA)	2024/02/18 (14h :15min)

5.3 Transport et conservation :

Les prélèvements doivent être transportés le plus tôt possible au laboratoire dans une glacière pour maintenir une température de 4 à 15 C dans une durée de moins de 6 heures.

❖ METHODES D'ANALYSE

1 ANALYSE PHYSICOCHIMIQUE

Tous les matériels et réactifs utilisés dans cette recherche se trouvent en l'annexe I.

1.1 Le gout et l'odeur :

On a déterminé le gout et l'odeur au moment du prélèvement en basant sur les sensation gustatives et olfactives.

1.2 Le potentiel d'hydrogène (pH) :

La mesure a été réalisée à l'aide du multi-paramètres (HI 2550 / HUCH), utilisant une électrode combinée (verre/référence) pour détecter la différence de potentiel dans une même solution. La lecture du pH a été effectuée après la stabilisation de celui-ci.

1.3 La température :

Le Température est mesuré directement à l'aide d'un thermomètre précis multiéléments.

1.4 La conductivité électrique :

La mesure de la conductivité électrique a été réalisée à l'aide d'un multi paramètre (HI 2550 pH/ORP et EC/TDS/NaCL Meter de la marque Hach). Pour effectuer la mesure, deux électrodes de platine (Pt) parallèles sont immergées dans l'eau.

Avant la mesure, les électrodes de conductivité ont été rincées à l'eau distillée. Ensuite, elles ont été plongées dans un récipient contenant l'eau à examiner. La mesure a été refaite dans un deuxième récipient, en veillant à ce que les électrodes soient complètement immergées.

Il est important d'agiter le liquide pour assurer une concentration ionique homogène entre les électrodes et le reste du liquide. Il est recommandé de réaliser cette opération à une température de référence de 25°C. Il est crucial que la température du liquide reste stable pendant toute la durée de la mesure.

1.5 La turbidité :

La turbidité est calculée à l'aide d'un turbidimètre, ça exprimée en Néphélométrie Turbidité Unit (NTU) est affichée sur l'écran.



Figure 14: Détermination de la turbidité

1.6 La salinité et des solides dissous totaux (TDS) :

La mesure de la salinité et des solides dissous totaux (TDS) est effectuée avec le même appareil multi paramètre et selon le même principe que la mesure de la conductivité. L'électrode de conductivité est maintenue dans le récipient contenant l'eau à examiner. En appuyant une fois sur le bouton de conductivité, l'appareil affiche le taux de sels dissous, puis en appuyant une deuxième fois, il affiche la salinité. Les résultats obtenus par lecture directe sont exprimés en ‰ (pour la salinité) et en mg/L (pour le taux de sels dissous).



Figure 15: l'appareil multi- paramètre (HI 2550 pH/ORP et EC/TDS/NaClMeter de marque Huch)

1.7 La minéralisation :

La minéralisation se détermine à partir de la conductivité (Rodier J., 2009)

Tableau 14: la minéralisation à partir conductivité (Rodier J., 2009)

Conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	Minéralisation
Conductivité < 50	1.365079* Conductivité à 20 °c
50 < Conductivité < 166	0.947658 * Conductivité à 20°c
166 < Conductivité < 333	0.769574 * Conductivité à 20°c
333 < Conductivité 833	0.715920 * Conductivité à 20°c
833 < Conductivité 10000	0.758544* Conductivité à 20°c

1.8 Dosage de la dureté totale (TH) :

La dureté totale de l'eau indique la concentration de calcaire, principalement sous forme d'ions calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+}). Elle est déterminée par un dosage complexométrique utilisant l'EDTA (acide éthylène diamine tétra-acétique).

Mode opératoire :

- Une ajoute 10goutte de solution tampon TH (pH 10)
- Quelques gouttes de NET dans 10 ml d'eau prélevée

- La solution vire en rouge. et dosage la solution par l'EDTA il est terminé quand la solution rouge vire à la bleue. La valeur de la dureté est indiquée par le volume de l'EDTA versé (**en °f**)

La concentration totale en calcium et magnésium, est donnée par l'expression suivante :

$$[\text{TH}] = (\text{Volume EDTA} * \text{Normalité EDTA} / \text{Volume de l'eau à analyser}) * 1000$$

TH = Le titre hydrométrique en mg/l.

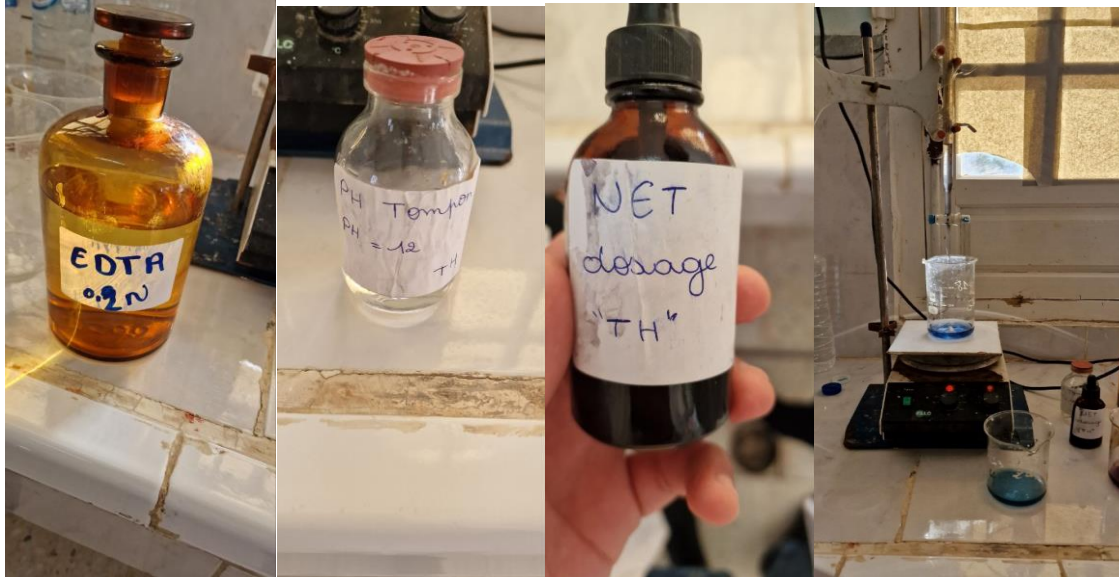


Figure 16 : Dosage de la dureté totale

1.9 Dosage du calcium (Ca^{+}) :

Le pH est ajusté à 12 avec une solution d'hydroxyde de sodium. Dans l'indicateur de fin de réaction, l'acide calcéon carboxylique forme un complexe rouge avec les ions calcium. Au fur et à mesure de l'ajout de l'EDTA, les ions calcium se détachent de ce complexe pour se lier à l'EDTA. Une fois que tout le calcium est complexé avec l'EDTA, la solution devient bleu clair. (Rodier J., 2009)

Mode opératoire :

- On met 10ml de l'eau à analyser dans un bécher
- On ajoute 3 gouttes de solution d'hydroxyde de sodium (**Na OH, pH = 12**)
- Une pincée de l'indicateur de Ca^{+2} (**calcéon + Na Cl**)
- Ensuite on titre avec l'EDTA jusqu'au virage du rose au bleu

La concentration totale en calcium, en mg/l, est donnée par l'expression suivante :

$$[\text{Ca}^{+}] = (\text{Volume EDTA} * \text{Normalité EDTA} / \text{Volume de l'eau à analyser}) * 1000$$

1.10 Détermination de Mg^{+2} :

La différence entre la dureté totale et la dureté calcique donne directement la Concentration de magnésienne en mg/l de l'eau analysée.

$$[Mg^{+2}] = [TH] - [Ca^{+2}]$$

1.11 Dosage des chlorures (Cl⁻) :

Les chlorures sont quantifiés dans un milieu neutre à l'aide d'une solution titrée de nitrate d'argent ($AgNO_3$) en présence de chromate de potassium (K_2CrO_4). Les ions chlorures réagissent avec les ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble qui précipite. La fin de la réaction est signalée par l'apparition de la teinte rouge distinctive du chromate d'argent (**Rodier J., 2005**).

Mode opératoire :

- On prélève 10ml de l'eau à analyser, dans un bécher.
- Ajoute 1ml de l'indicateur chromate de potassium donné coloration jaune
- Puis fait le titrage avec la solution Nitrate d'argent (**0.02N**) jusqu'à l'apparition d'une teinte rougeâtre (**Rodier J., 2005**).

Le taux de chlorures, en mg/l, est donné par l'équation suivante :

$$[Cl^-] = (\text{Volume } AgNO_3 * \text{Normalité } AgNO_3 / \text{Volume de l'eau a analysée}) * 1000$$

1.12 Détermination de l'alcalinité (HCO_3^-) :

Contrairement à l'acidité, l'alcalinité d'une eau est due à la présence de bases et de sels d'acides faibles (**Rodier J., 2009**). Ces mesures reposent sur la neutralisation d'un volume spécifique d'eau par un acide minéral dilué, en utilisant un indicateur coloré (**Rodier J., 2005**).

Mode opératoire :

- On prélève 10ml de l'eau à analyser dans un bécher.
- On ajoute quelque goutte de méthyle orange (indicateur coloré : **0.0865 N**).
- On titre avec acide sulfurique (H_2SO_4) jusqu'au virage du jaune à l'orange ou rouge brique.

Les résultats sont obtenus par l'équation suivante :

$$[HCO_3^-] = (\text{Volume } H_2SO_4 * \text{Normalité } H_2SO_4 / \text{Volume de l'eau a analysée}) * 1000 * MHCO_3^-$$

Avec : $MHCO_3^-$ = la masse molaire des bicarbonates (61g/mol).

1.13 Dosage du phosphate (PO_4^{3-}) :

Les phosphates (PO_4^{3-}) sont des anions facilement retenus par le sol, et leur présence dans les eaux naturelles dépend de la nature des terrains. En milieu acide, en présence de molybdate d'ammonium et de tartrate double d'antimoine et de potassium, les phosphates réagissent. Le complexe formé est ensuite réduit par l'acide ascorbique, développant une coloration bleue qui peut être quantifiée par spectrophotométrie (Rodier J., 2005).

Mode opératoire :

- ON prélever 40ml de l'eau à analyser dans un bécher.
- On ajout 1ml d'acide ascorbique et 2ml du réactif mixte.
- Attendre 10 minutes jusqu'à le développement d'une coloration bleue.
- On note la DO à 880 nm.

La densité optique affichée sur le spectrophotomètre UV/Vis donne la concentration des ions phosphates dans l'eau en mg/l.

1.14 Dosage de l'azote ammoniacal (NH_4^+) :

Dans l'eau, l'azote réduit soluble se présente sous deux formes : l'ion ammonium (NH_4^+) et l'ammoniaque non dissociée (NH_3) (Rodier J, 1996). En ce qui concerne la toxicité de l'ammoniaque, il est établi que ce n'est pas la forme ionisée qui est toxique, mais la forme non ionisée, dont la proportion dépend du pH et de la température. (Rodier J., 2009)

Mode opératoire :

- Prélever 40ml de l'eau a analysée dans un bécher.
- On ajout 0.4 réactif I et réactif II on vire en couleur vert clair.
- Attendre 1h puis lecture le résultat par spectrophotométrie

1.15 Dosage de sulfates (SO_4^{2-}) :

Les sulfates peuvent provenir naturellement du gypse ou de la pyrite, ou avoir une origine industrielle, ou encore être issus de produits de traitement agricole.

En présence de chlorure de baryum (BaCl_2), les ions sulfates précipitent sous forme de sulfate de baryum. La turbidité ainsi créée est proportionnelle à la concentration en sulfates dans l'eau. La mesure de cette turbidité a été effectuée à une longueur d'onde de 650 nm. (Rodier J, 2009)

Mode opératoire :

- Prenez 50ml eau analyse
- Ajoute 3-4gouttes de bleu de promotémole pour SO_4

- Titrée par chlorure de baryum (0,1N)

1.16 Dosage des nitrates (NO_3^-) :

Ce dosage a été réalisé à l'aide d'un spectrophotomètre UV-visible. En présence de salicylate de sodium, les nitrates réagissent pour former du paranitrosalicylate de sodium, de couleur jaune, qui peut être quantifié par spectrophotométrie. (Rodier J., 2009)

Mode opératoire :

- Prélever 10ml de l'eau à analyser, dans un bécher
- On ajout 2 à 3 gouttes d'hydroxyde de sodium (NaOH)
- On ajoute 1ml de salicylate de sodium ensuite on sèche à l'étuve ($75-80^\circ\text{C}$)
- Après 1 heure de séchage, prendre le bécher et laisser refroidir
- Reprendre le résidu par 1 ml d'acide sulfurique (H_2SO_4) et laisser reposer 10mn
- Ajouter 15ml d'eaux distillée et 15ml de tartrate double de sodium et de potassium puis passer au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 415 nm.

La concentration, en mg/l, est obtenue en multipliant la densité optique par le facteur de dilution.

1.17 Dosage des nitrites (NO_2^-) :

Les nitrites représentent une étape clé dans la métabolisation des composés azotés. Ils s'insèrent dans le cycle de l'azote entre l'ammoniaque et les nitrates. Leur présence résulte soit de l'oxydation bactérienne de l'ammoniaque, soit de la réduction des nitrates.

Mode opératoire :

- Prenez 50 ml eau analyse
- Ajoute 1ml réactifs mixte de NO_2^-
- Attendre 10minute L'apparition de la coloration rose indique la présence des NO_2^-
- Effectuer la lecture à 543 nm.

1.18 Dosage de sodium et potassium Na^+ , K^+ :

La présence de sodium et de potassium dans tous les échantillons à des concentrations significatives est liée à la lithologie de la région, car ces éléments sont des composants des argiles présentes dans la majorité des couches géologiques. Ils peuvent également provenir du lessivage des engrais sur les sols pauvres en humus. Il est important de noter que l'excès de potassium et de sodium est régulé par l'organisme, notamment par la transpiration ou l'élimination urinaire. Cependant, chez les personnes souffrant de complications rénales, le contrôle de ces éléments est crucial, car une hypercalcémie peut provoquer un arrêt cardiaque. En général, la spectrométrie de flamme est la méthode la plus appropriée pour doser le sodium et le potassium.

Mode opératoire :

- On introduit successivement les solutions tampons des radiations et les échantillons dans une série de tubes pour chaque cation Na^+ et K^+ .
- Après avoir agité rigoureusement, on effectue les lectures à la spectrophotométrie de flamme à une longueur d'onde de 585 nm pour le sodium et de 766,5 nm pour le potassium.
- Après avoir réglé l'appareil pour obtenir la transmission maximale sur les tubes. On trace ensuite la courbe d'étalonnage et on déduit la concentration de l'élément en question.
- Les concentrations de nos échantillons sont déterminées graphiquement grâce à la gamme étalon de potassium.



Figure 17: Dosage de Na^+ , K^+ avec Spectrophotomètre (JENWAY)

1.19 Détermination de fer :

Addition d'une solution de phénantroline 1.10 à une prise d'essai et mesurage photométrique du complexe rouge-orange à une longueur d'onde de 510nm.

Pour le dosage du fer total et du fer total dissous, du chlorhydrate d'hydroxylamine est ajouté pour réduire le Fe^{3+} en Fe^{2+} .

Mode opératoire :

- Prélever 50ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer de 100ml
- Ajouter 1ml de la solution de chlorhydrate et mélanger soigneusement.

- Ajouter 2ml de tampon acétate plus de 2ml de la solution 1.10 de phénantroline et conserver à l'obscurité pendant 15min.
- Passez au spectrophotomètre pour mesurage a la longueur d'onde de 510nm.

2 ANALYSES MICROBIOLOGIQUES :

La technique utilisée est la technique de filtration sur membrane, le principe de cette technique est effectué à l'aide d'un dispositif de filtration composée de :

- Entonnoirs en verre.
- Disque de filtration en verre.
- Support disques.
- Pincés de serrage.

Mode opératoire :

- Choisir une surface plane pour poser la pompe à vide.
- Installer la pompe de manière à assurer une ventilation efficace.
- Installer la pompe au point le plus élevé du circuit, afin d'éviter l'écoulement du condensant dans la tête de pompe.
- Placer la rampe de filtration sur la hotte.
- Raccorder les tuyaux d'aspiration et de refoulement ; les disposer de façon à ce que d'éventuels condensats nécessaires de la rampe (les entonnoirs, les disques filtrants, pince).
- Placer les membranes filtrantes et verser le liquide à filtrer.
- Mettre la pompe en marche en actionnant l'interrupteur marche/arrêt.
- Les pompes ne doivent pas démarrer sous vide ou sous pression ; lors de la mise en route, l'aspiration et le refoulement doivent être a la pression atmosphérique.
- Quand le liquide est totalement aspirée arrêter la pompe en appuyant sur le bouton marche/arrêt.
- Placer les membranes filtrantes dans le milieu qui convient, retirer les accessoires, les tuyaux...etc.
- Nettoyer la rampe et la ranger dans un endroit propre.

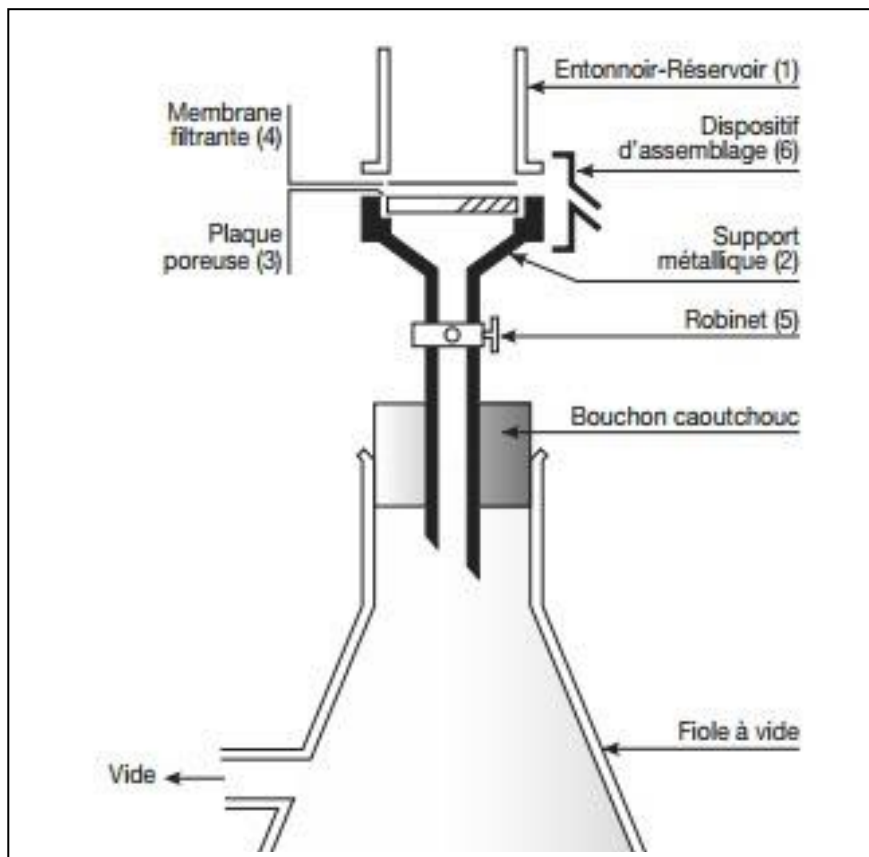


Figure 18: Coupe schématique d'un appareille de filtration sur membranes



Figure 19: Appareille de filtration sur membrane

2.1 Recherche des coliformes NF EN ISO 9308 :

❖ Milieu : TTC Tergitol

Mode opératoire :

Monter le système de filtration sur membrane et stériliser les entonnoirs à l'aide d'un pistolet. Placer une membrane filtrante de **0,22 µm**, agiter puis filtrer **100 ml** de l'eau à analyser. Ensuite, placer la membrane sur un milieu TTC Tergitol préalablement préparé, retourner les boîtes et les incubent à **37°C** (pour les coliformes totaux) et **44°C** (pour les coliformes fécaux) pendant 24 heures / 48 heures. Pour la lecture des résultats, les colonies caractéristiques à observer sont lisses, bombées, jaunes ou orangées.

2.2 Recherche des colibacilles NF EN ISO 9308 :

❖ Milieu : urée indole.

Mode opératoire :

Prélever à partir des colonies caractéristiques obtenues à l'aide d'une pipette Pasteur et mélanger dans le milieu indole, incubent à **37°C** pendant **24 heures**. Pour la lecture des résultats, apparition d'anneaux rouge : présence d'*E. coli*.

2.3 Recherche des streptocoques Norme ISO7899-2 et norme NF T 90-416 :

❖ Milieu : Slanetz et Bartley.

Mode opératoire :

Monter le système de filtration sur membrane et stériliser les entonnoirs à l'aide d'un pistolet. Placer une membrane filtrante de **0,45 µm**, agiter puis filtrer **100 ml** de l'eau à analyser. Ensuite, placer la membrane sur un milieu Slanetz et Bartley préparé, retourner les boîtes et les incubent à **36°C** pendant 44 heures. Pour la lecture des résultats, les colonies caractéristiques à observer sont bombées, rouges ou marrons au centre ou l'ensemble de la colonie.

2.4 Recherche des bactéries sulfito-réducteurs Norme NF T 90-415 :

❖ Milieu : Gélose viande foie (VF).

Mode opératoire :

Monter le système de filtration sur membrane et stériliser les entonnoirs à l'aide d'un pistolet. Placer une membrane filtrante de **0,45 µm**, agiter puis filtrer **100 ml** de l'eau à analyser. Ensuite, placer la membrane sur un milieu (VF) préparé, retourner les boîtes et les incubent à **37°C** pendant 44 heures. Pour la lecture des résultats, les colonies caractéristiques des bactéries sulfito-réductrices, qui apparaissent noires ou grises.



Figure 20: Les analyses microbiologiques

2.5 Analyse microscopique des algues :

L'analyse microscopique des algues est une méthode cruciale pour étudier la morphologie, la structure et l'identification des différents types d'algues. Elle implique la préparation des échantillons, leur observation sous microscope optique à différents grossissements, l'identification des espèces en se basant sur des caractéristiques quantitatives de leur densité et distribution ; Le matériel utilisé dans l'Annex.

Mode opératoire :

Une prise d'essai d'environ 100µl d'eau a été prélevé de chaque échantillon et mélangé à 50µl de Lugol puis homogénéisé. Environ 50µl de cette préparation est placé par la suite dans la cellule de Malassez .Après un certain temps de stabilisation (environ 10 minutes), les cellules algales sont comptées à l'aide d'un microscope photonique (**MEIJI Série MT4000**). L'observation se fait avec l'objectif 10 de faible puissance (Gx100) pour localiser les algues, puis avec l'objectif 40 (Gx400). Les cellules algales sont calculées dans plusieurs champs de vision.

Ce comptage a été effectué deux fois (2) pour chaque échantillon d'eau. Les résultats expriment la moyenne arithmétique de deux comptages.

Le calcul de la concentration algal a été fait suivant l'équation suivante :

$$\text{Concentration} \left(\frac{\text{celules}}{\text{ml}} \right) = \frac{\text{Nombre total calculé}}{\text{Nombre des carrés compter}} \times \frac{\text{facteur de dilution}}{\text{Volume d'uncarré (ml)}}$$

RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

3 RESULTAT ET DISCUSSION :

3.1 INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS ET CLASSIFICATION DES EAUX :

3.1.1 CLASSIFICATION DES EAUX D'APRÈS LES RESULTATS PHYSICOCHIMIQUES :

3.1.1.1 Le gout et l'odeur :

Le tableau 15 récapitule les résultats des analyses organoleptiques :

Tableau 15 : Les résultats des analyses organoleptiques

Paramètres organoleptiques	S1: Milok	S2 : Oued m'zi	S3 : Ain madhi	S4 : Elhouita	S5 : Oued taiba	S6 : lalmaya	Norme algérienne
L'odeur	IN	IN	IN	IN	IN	IN	-
Le gout	PG	PG	PG	PG	SL	SL	-

*IN : Indore ; *PG : Pas de gout ; *SL : Salée

Toute l'eau était toujours inodore, ne présentent pas des odeurs désagréables ou anormaux. Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore, toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition. (Rodier, 2009). Les eaux destinées à l'alimentation ne doivent pas présenter des goûts.

3.1.1.2 La turbidité :

Les résultats obtenus sont mentionnés dans le tableau suivant :

Tableau 16: Les résultats de la turbidité

Source	La turbidité (NTU)	Norme JORA
S1=Milok	0,388	5
S2= Oued m'zi	0,216	5
S3= Ain madhi	0,187	5
S4= El Houita	0,282	5
S5= Oued Taiba	1,07	5
S6= Lalmaya	0,192	5

Les valeurs de turbidité des eaux pour tous les sites sont toutes largement inférieures à la norme (JORA) de 5 NTU. Cela indique que l'eau des six sites (Milok, Oued m'zi, Ain madhi, El Houita, Oued Taiba, et Lalmaya) présente une excellente clarté et est conforme aux exigences de qualité de l'eau potable selon la norme. Même le site avec la turbidité la plus élevée, Oued Taiba (1,07 NTU), reste bien en dessous de la limite de 5 NTU, attestant de la bonne qualité de l'eau dans cette région également.

3.1.1.3 Le potentiel d'hydrogène (pH) :

Les résultats obtenus sont mentionnés dans le tableau suivant :

Tableau 17: Les résultats du potentiel d'hydrogène (pH)

Source	pH	Norme JORA ($6,5 \leq \text{pH} \leq 9$)
S1 = Milok	7,75	$\leq 6,5$ et ≤ 9
S2 = Oued M'zi	7,12	$\leq 6,5$ et ≤ 9
S3 = Aïn Madhi	7,02	$\leq 6,5$ et ≤ 9
S4 = El Houita	7,68	$\leq 6,5$ et ≤ 9
S5 = Oued Taiba	7,79	$\leq 6,5$ et ≤ 9
S6 = Lalmaya	7,21	$\leq 6,5$ et ≤ 9

Les valeurs de pH des sources d'eau dans la wilaya de Laghouat, comprenant Milok, Oued M'zi, Aïn Madhi, El Houita, Oued Taiba et Lalmaya, se situent toutes entre **7,02** et **7,79**, respectant ainsi les normes (**JORA**) qui exigent un pH compris entre **6,5** et **9**. Ces résultats indiquent que l'eau de toutes ces sources est légèrement alcaline, conforme aux standards de qualité pour l'eau potable, et est non corrosive, bénéfique pour les infrastructures de distribution d'eau.

3.1.1.4 La température :

Les résultats obtenus sont mentionnés dans le tableau suivant :

Tableau 18: Les résultats de la température

Source	Température (°C)	Norme JORA (°C)
S1 = Milok	12,9	25
S2 = Oued M'zi	11	25
S3 = Aïn Madhi	10,9	25
S4 = El Houita	10,9	25
S5 = Oued Taiba	10,9	25
S6 = Lalmaya	11	25

Les températures, varient entre **10,9°C** et **12,9°C**, bien en dessous de la norme (**JORA**) fixée à **25°C**. Ces températures fraîches sont favorables à la consommation humaine, contribuant à une meilleure acceptabilité de l'eau et à une réduction de la prolifération des bactéries, ce qui garantit une meilleure qualité sanitaire.

3.1.1.5 La conductivité électrique :

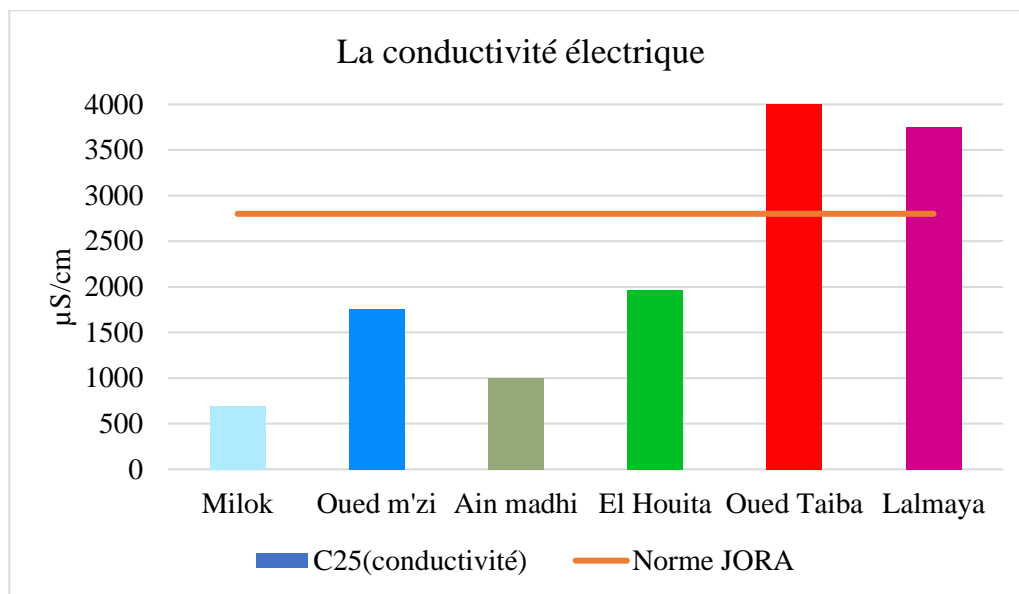


Figure 21: Histogramme de la conductivité électrique

Les valeurs de conductivité électrique des eaux révèlent que les sites de Milok (**696 µS/cm**), Oued m'zi (**1754 µS/cm**), Ain Madhi (**998 µS/cm**) et El Houita (**1967 µS/cm**) affichent des conductivités nettement inférieures à la norme (**JORA**) de **2660 µS/cm**, indiquant des concentrations de sels dissous relativement faibles. En revanche, les sites d'Oued Taïba (**4181 µS/cm**) et Lalmaya (**3752 µS/cm**) présentent des valeurs de conductivité supérieures à la norme, suggérant une concentration de sels dissous plus élevée ainsi que qu'une minéralisation très élevée. Ces variations significatives entre les sites mettent en évidence des disparités dans la qualité de l'eau et pourraient nécessiter des mesures de gestion et de traitement spécifiques pour les sites.

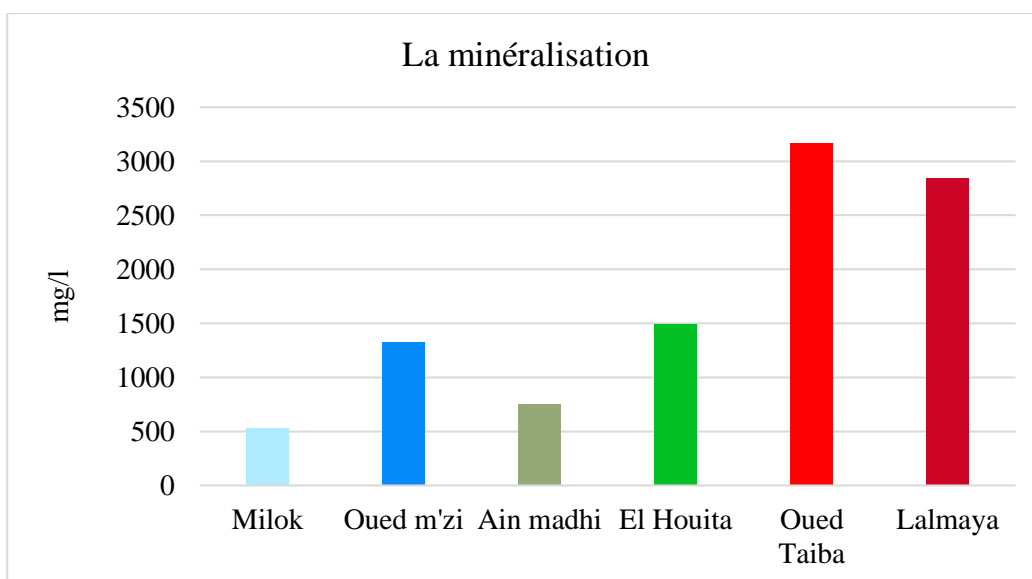


Figure 22 : Histogramme de la minéralisation

Tableau 19 : Classification des eaux selon leur minéralisation

Source	Classification
Milok	Faiblement minéralisée
Oued m'zi	Modérément minéralisée
Ain madhi	Faiblement minéralisée
El Houita	Modérément minéralisée
Oued Taiba	Très fortement minéralisée
Lalmaya	Très fortement minéralisée

3.1.1.6 Les solides dissous totaux (TDS) :

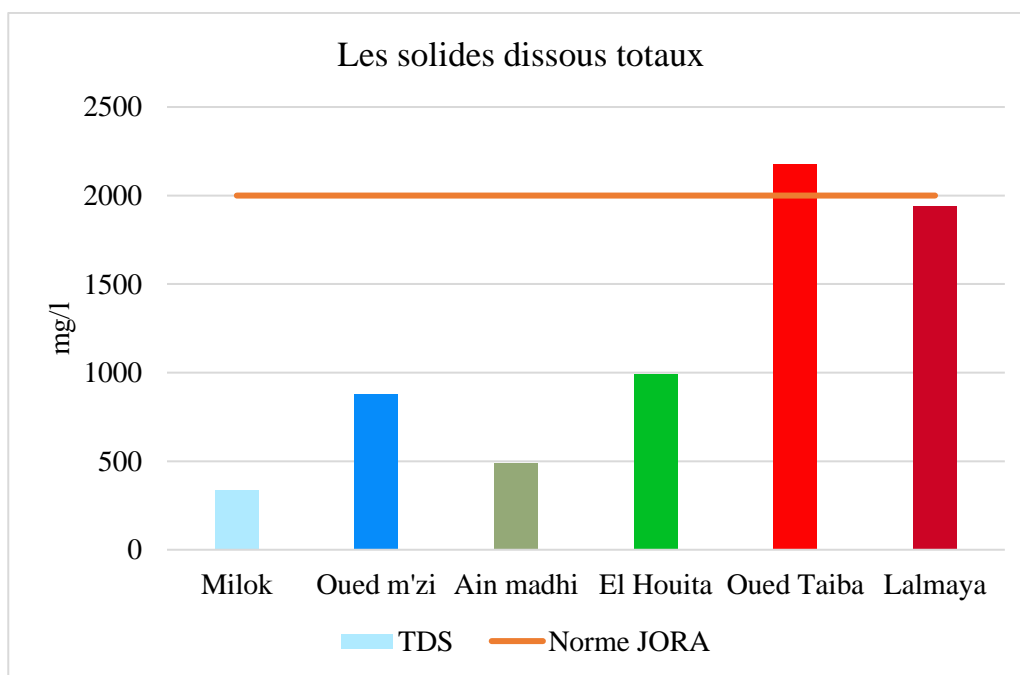


Figure 23 : Histogramme des solides dissous totaux (TDS)

Les sources S1 (Milok), S2 (Oued m'zi), S3 (Ain madhi), et S4 (El Houita) ont des niveaux de **TDS** bien en dessous de la norme, avec des valeurs respectives de **339, 880, 491 et 991 mg/L**. Cela indique que l'eau de ces sources est de bonne qualité par rapport à la norme (**JORA**). En revanche, les sources S5 (Oued Taiba) et S6 (Lalmaya) dépassent la norme avec des valeurs de **2175 mg/L** et **1942 mg/L** respectivement. S5 est particulièrement préoccupante car elle excède la limite, ce qui pourrait indiquer une pollution ou une concentration élevée de minéraux dissous. L'eau de S6 est très proche de la limite acceptable, nécessitant une surveillance régulière. La majorité des sources étudiées respectent les normes de qualité de l'eau selon JORA, à l'exception de S5 qui requiert une attention particulière.

3.1.1.7 Teneurs de la dureté totale (TH) :

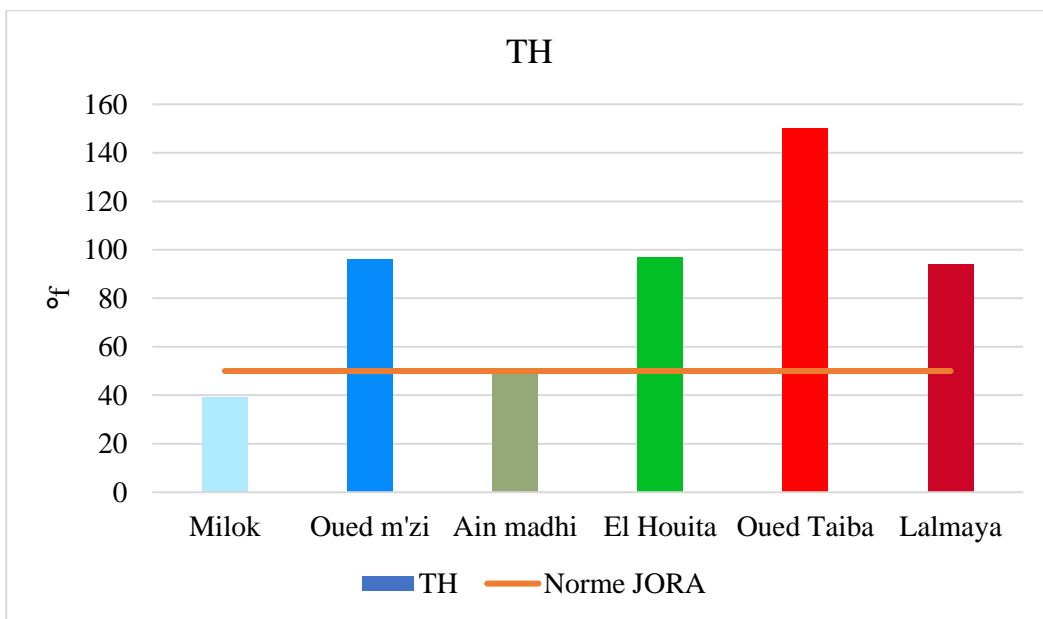


Figure 24: Histogramme de la dureté totale TH

L'analyse de la dureté totale (TH) des différentes sources d'eau révèle que seulement les eaux des sources Milok et Ain Madhi se situent en dessous ou juste à la limite de la norme JORA de 50 °f, par contre les restes (S2, S4, S5, S6) dépassent la norme, indiquant une eau plus dure. Une eau dure peut engendrer des problèmes de goût et favoriser l'accumulation de dépôts de calcaire dans les tuyaux et les appareils ménagers, nécessitant des traitements supplémentaires pour adoucir l'eau afin de la rendre plus adaptée à la consommation.

3.1.1.8 Teneurs en calcium (Ca²⁺) :

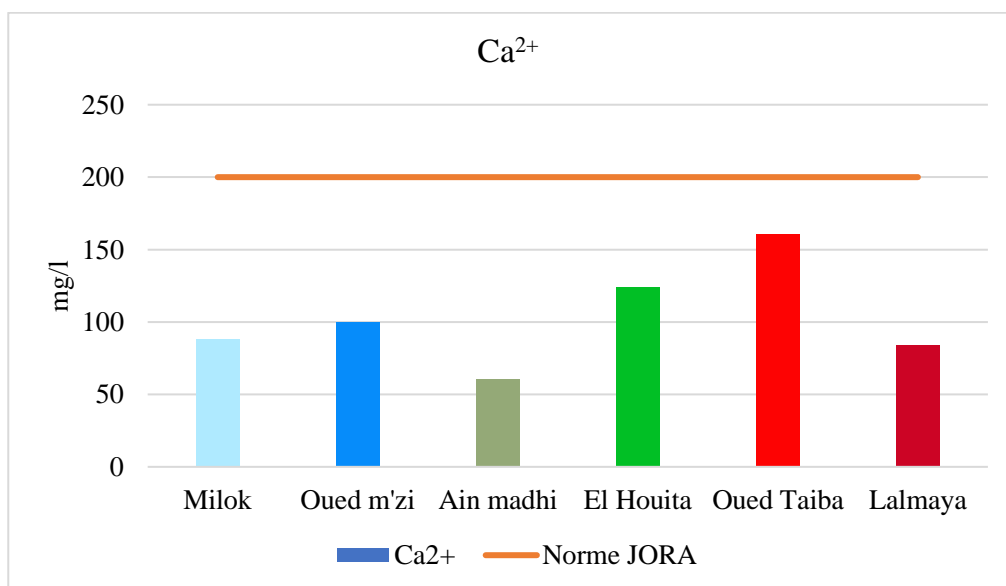


Figure 25: Histogramme du calcium

Ces valeurs sont comparées à la norme JORA de 200 mg/litre pour le calcium dans l'eau. Les valeurs indiquent des niveaux de calcium inférieurs à la limite supérieure, ce qui est un bon indicateur de la qualité de l'eau.

3.1.1.9 Teneurs en magnésium (Mg^{+2}) :

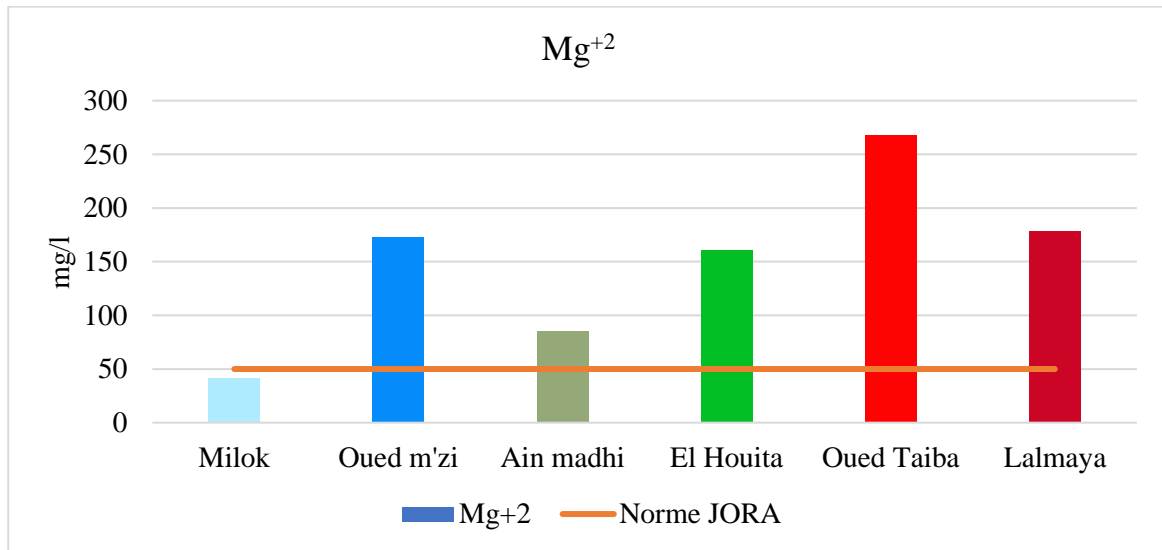


Figure 26: Histogramme de Mg^{+2}

La teneur en Mg^{+2} dans l'eau de source de Milok (S1) située en dessous de la norme, ce qui le rend conforme aux recommandations. En revanche, les teneurs dans les eaux des sources Oued M'zi (S2), Ain Madhi (S3), El Houita (S4), Oued Taiba (S5), et Lalmaya (S6) dépassent la norme, indiquant des niveaux de magnésium supérieurs à la limite recommandée qui impliquent sur la dureté des eaux de ces sources.

3.1.1.10 Teneurs en chlorures (Cl^-) :

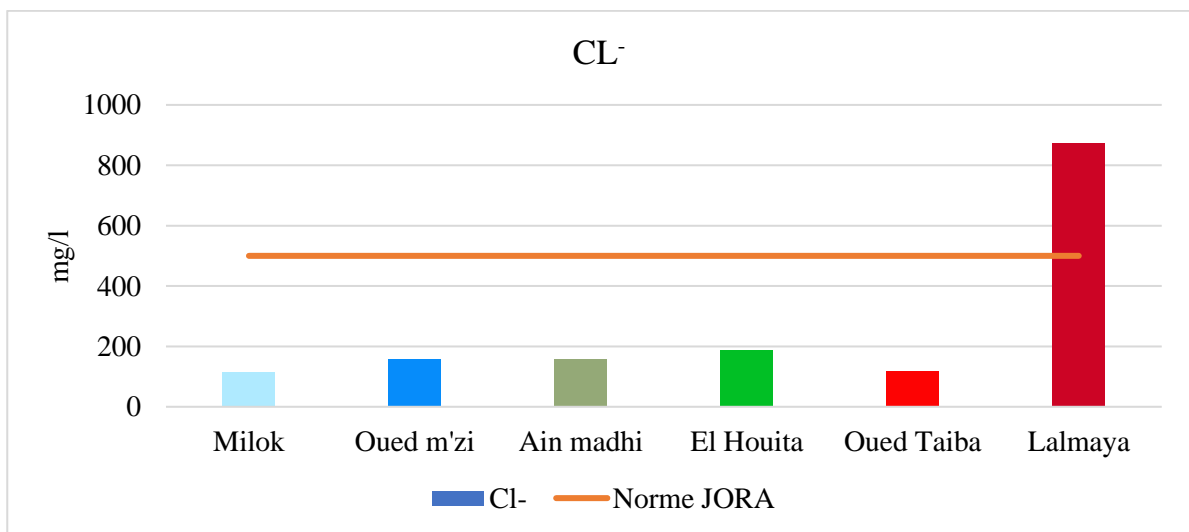


Figure 27: Histogramme de chlorure

Les eaux de la source S₆ à Lalmaya affiche le niveau de chlorure le plus élevé à 873,3 mg/L, tandis que d'autres points comme S₁ à Milok et S₅ à Oued Taïba montrent des concentrations plus basses. Ces résultats suggèrent une possible variation de la qualité de l'eau le long de la zone d'étude, ce qui pourrait être dû à des facteurs géologiques, anthropiques ou environnementaux. Une surveillance continue et une analyse détaillée sont nécessaires pour comprendre pleinement les tendances et les implications de ces variations de concentration en chlorure dans la région.

3.1.1.11 Teneurs en l'alcalinité (HCO₃⁻) :

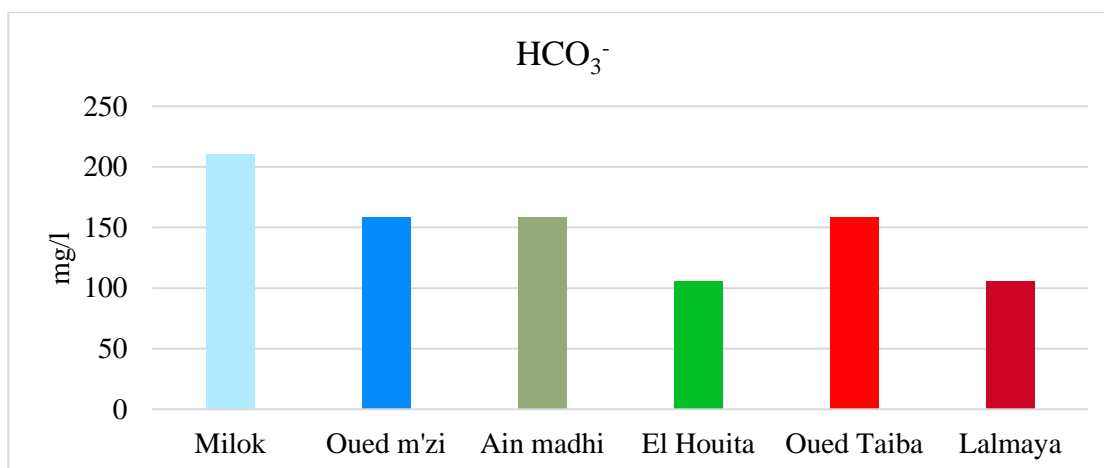


Figure 28 : Histogramme de l'alcalinité

Certaines sources, telles qu'Oued m'zi, Ain madhi et Oued Taïba, présentent des concentrations similaires à 158,1 mg/L. Ces différences peuvent être influencées par des facteurs géologiques, des activités humaines et des sources de pollution locales. Cette diversité de concentrations souligne l'importance de surveiller attentivement la qualité de l'eau et de gérer les ressources hydriques pour assurer leur utilisation sûre et durable.

3.1.1.12 Teneurs en phosphate (PO₄⁻) :

Les résultats obtenus sont mentionnés dans le tableau suivant :

Tableau 20: Teneurs du phosphate

Source	PO ₄ ⁻ (mg/l)	Norme JORA
S1=Milok	0,18	5
S2= Oued m'zi	0,1	5
S3= Ain madhi	0,15	5
S4= El Houita	0,11	5
S5= Oued Taïba	0,15	5
S6= Lalmaya	0,15	5

Les données fournies représentent les concentrations de phosphate (PO_4^-) dans différentes sources d'eau, exprimées en mg/L, comparées à la norme JORA fixée à 5 mg/L. L'analyse révèle que les concentrations de phosphate dans toutes les sources d'eau étudiées sont largement inférieures à la norme établie. En effet, les valeurs varient de 0,1 mg/L à 0,18 mg/L, ce qui indique une faible présence de phosphate dans ces sources. Cette situation semble indiquer une bonne qualité de l'eau en termes de phosphate, avec des niveaux bien en dessous des seuils réglementaires. Cependant, une surveillance continue est nécessaire pour garantir le maintien de ces niveaux et pour détecter tout changement potentiel dans la qualité de l'eau au fil du temps.

3.1.1.13 Teneurs en azote ammoniacal (NH_4^+) :

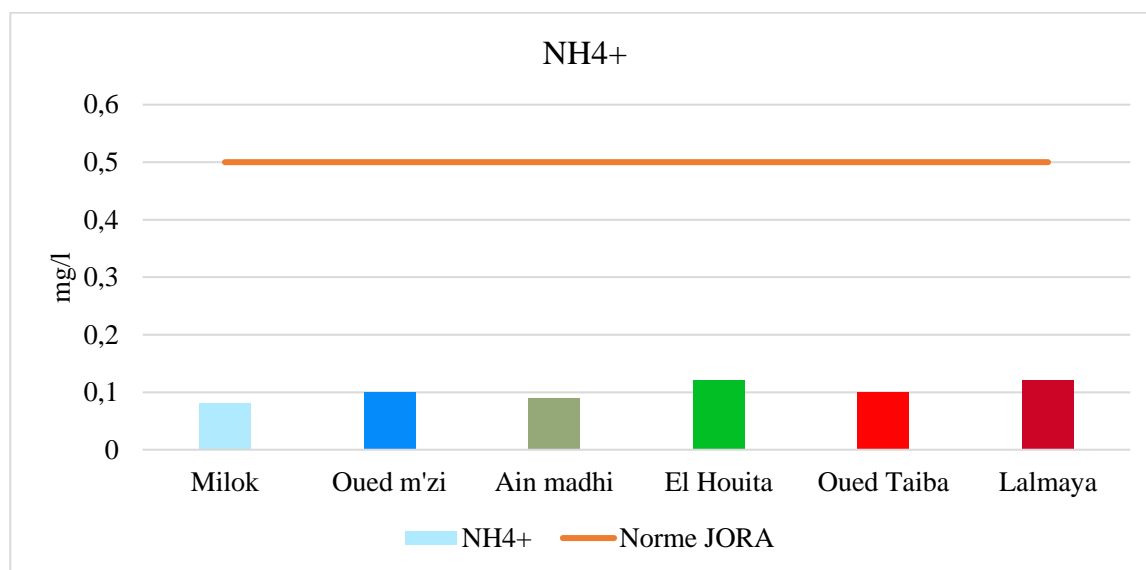


Figure 29: Histogramme d'azote ammoniacal

Les valeurs de NH_4^+ varient entre 0,08 et 0,12 dans ces sources, tandis que la norme JORA fixe une limite de 0,5. Ainsi, toutes les sources examinées respectent cette norme en matière de NH_4^+ , avec des concentrations bien en dessous de la limite autorisée. Cependant, il est important de noter que même si les concentrations actuelles sont conformes, une surveillance continue est nécessaire pour prévenir toute augmentation qui pourrait dépasser les seuils de sécurité établis.

3.1.1.14 Teneurs en sulfates (SO₄⁻) :

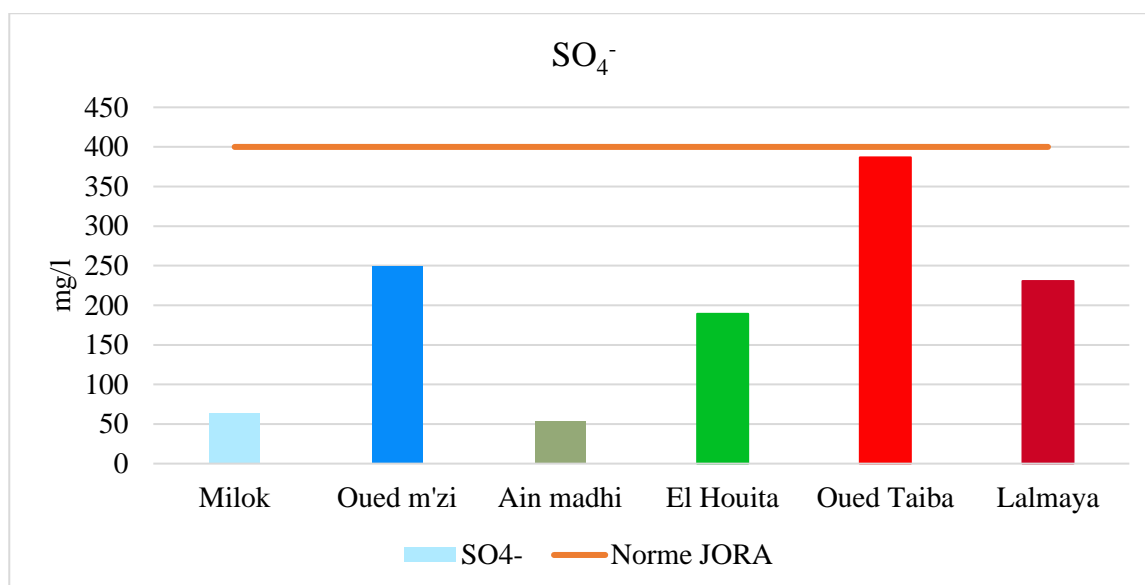


Figure 30: Histogramme du sulfate

Les valeurs de SO₄⁻ varient considérablement, allant de 54,01 à 386,77, tandis que la norme JORA fixe une limite de 400. Bien que toutes les sources examinées respectent actuellement cette norme, certaines approchent de manière notable de la limite autorisée, comme S5 à Oued Taiba et S6 à Lalmaya. Une surveillance régulière est donc nécessaire pour garantir le maintien de ces niveaux conformes et prévenir toute augmentation qui pourrait dépasser les seuils de sécurité établis.

3.1.1.15 Teneurs en nitrates (NO₃⁻) :

Les résultats obtenus sont mentionnés dans le tableau suivant :

Tableau 21: Teneurs des nitrates

Source	NO ₃ ⁻ (mg/l)	Norme JORA
S1=Milok	6,2	50
S2= Oued m'zi	0,22	50
S3= Ain madhi	8,4	50
S4= El Houita	4,1	50
S5= Oued Taiba	0,83	50
S6= Lalmaya	3,3	50

Les valeurs de NO₃⁻ varient de manière considérable, allant de 0,22 à 8,4, tandis que la norme JORA fixe une limite de 50. Il est notable que la plupart des sources examinées respectent largement cette norme, avec des concentrations bien en deçà de la limite autorisée. Cependant, certaines sources, comme S3=Ain madhi, présentent des niveaux plus élevés de NO₃⁻, suggérant une attention particulière à la surveillance et à la gestion de la qualité de l'eau dans cette zone. Bien que la plupart des niveaux

soient actuellement conformes, une vigilance continue est essentielle pour prévenir toute augmentation qui pourrait compromettre la sécurité et la qualité de l'eau.

3.1.1.16 Teneurs en nitrites (NO₂⁻) :

Les résultats obtenus sont mentionnés dans le tableau suivant :

Tableau 22: Les Teneurs de nitrites NO₂⁻

Source	NO ₂ ⁻ (mg/l)	Norme JORA
S1=Milok	00	0,2
S2= Oued m'zi	00	0,2
S3= Ain madhi	00	0,2
S4= El Houita	00	0,2
S5= Oued Taiba	00	0,2
S6= Lalmaya	00	0,2

Toutes les sources, ce qui est conforme à la norme établie de 0,2. Cette conformité suggère un environnement relativement sain et non contaminé par les nitrates dans ces sources d'eau. Cependant, une surveillance continue reste importante pour détecter toute augmentation inattendue qui pourrait indiquer une contamination future.

3.1.1.17 Teneurs en sodium et potassium Na⁺, k⁺ :

Les résultats obtenus sont mentionnés dans le tableau suivant :

Tableau 23 : Les résultats de sodium Na⁺

Source	Na ⁺ (mg/l)	Norme JORA
S1=Milok	4,9	200
S2= Oued m'zi	12,5	200
S3= Ain madhi	9,8	200
S4= El Houita	14	200
S5= Oued Taiba	30,6	200
S6= Lalmaya	27,5	200

Les sources étudiées, Oued Taiba et Lalmaya présentent des concentrations particulièrement élevées de sodium, avec respectivement 30,6 mg/L et 27,5 mg/L. En revanche, Milok affiche le niveau le plus bas avec 4,9 mg/L. La plupart des autres sources se situent dans une fourchette intermédiaire, dépassant légèrement ou se rapprochant de la norme établie. Ces résultats soulignent l'importance d'une

surveillance régulière des niveaux de sodium dans les sources d'eau potable pour garantir leur conformité aux normes de sécurité sanitaire.

Tableau 24: Les résultats de potassium

Source	K+(mg/l)	Norme JORA
S1=Milok	1,2	12
S2= Oued m'zi	1,7	12
S3= Ain madhi	0,7	12
S4= El Houita	1,4	12
S5= Oued Taiba	2,3	12
S6= Lalmaya	2	12

Les sources Oued Taiba et Lalmaya affichent les concentrations les plus élevées de potassium, avec respectivement 2,3 mg/L et 2 mg/L. En revanche, Ain madhi présente le niveau le plus bas avec seulement 0,7 mg/L. Les autres sources, notamment Milok, Oued m'zi et El Houita, se situent dans une plage intermédiaire, proche ou légèrement supérieure à la norme établie.

3.1.1.18 Teneurs en fer :

Les résultats obtenus sont mentionnés dans le tableau suivant :

Tableau 25: Les résultats du fer

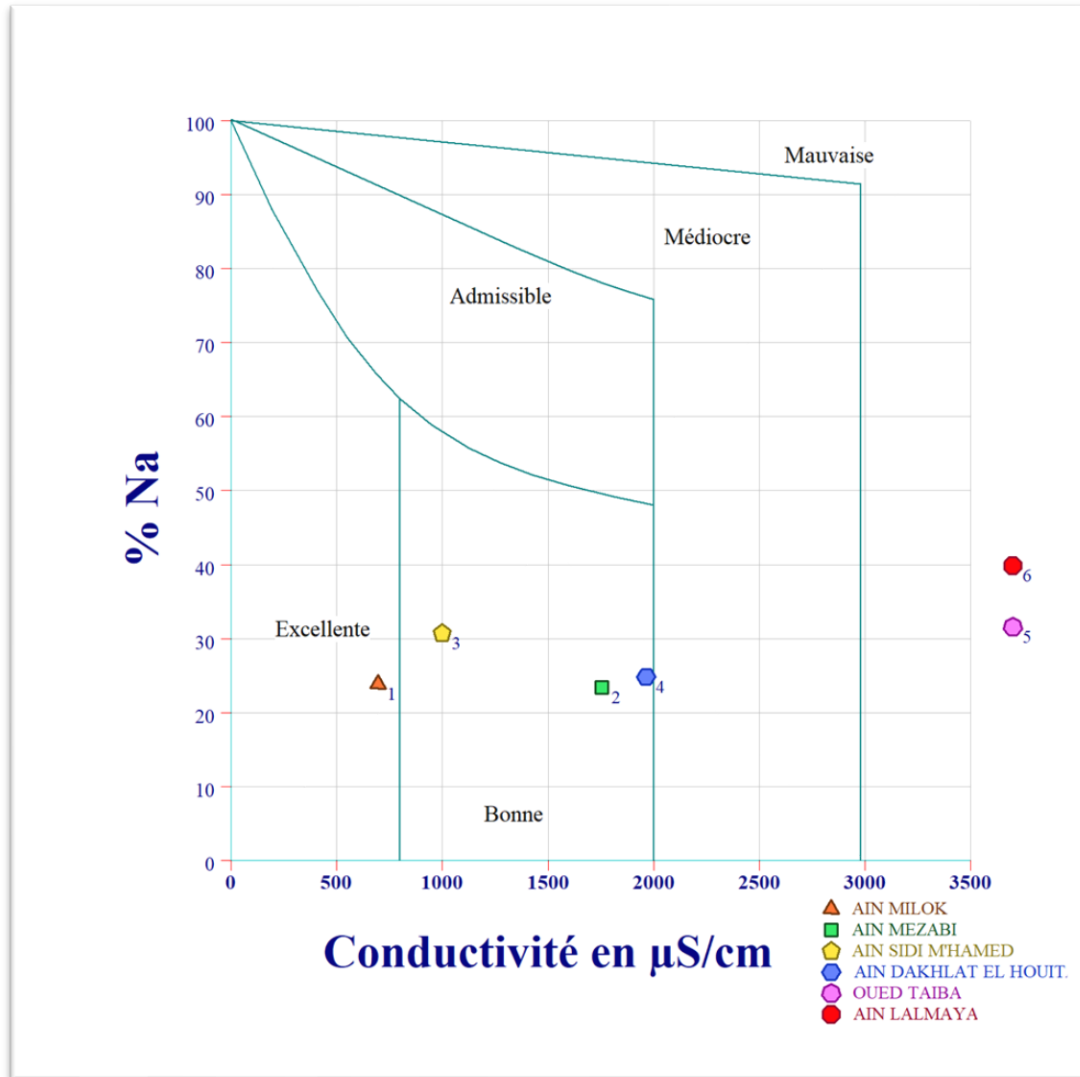
Source	Fe+2(mg/l)	Norme JORA
S1=Milok	0,01	0,3
S2= Oued m'zi	0,01	0,3
S3= Ain madhi	0,01	0,3
S4= El Houita	0,01	0,3
S5= Oued Taiba	0,01	0,3
S6= Lalmaya	0,01	0,3

Ces résultats indiquent que les niveaux de fer ferreux dans ces sources sont bien en dessous de la norme établie, ce qui suggère qu'il n'y a pas de préoccupations majeures concernant la présence de fer ferreux dans ces sources d'eau potable en termes de santé publique. Cependant, une surveillance continue est nécessaire pour s'assurer que ces niveaux restent conformes aux normes de qualité de l'eau.

3.1.2 Classification graphique :

3.1.2.1 Diagramme de WILCOS :

L'avantage de ce diagramme réside dans le fait qu'il facilite la représentation graphique de plusieurs échantillons à la fois et la lecture rapide des caractéristiques chimique de l'ensemble la conductivité électrique Micro semence par centimètre.



Selon le diagramme de WILCOS ont observé que les eaux de la source Milok sont excellents apartés de la conductivité, les échantillons (S3, S2 et S4) sont admissibles mais les eaux d'Oued Taïba et Ain Lalmaya sont de mauvaise qualité.

3.1.2.2 Diagramme de PIPER :

Le diagramme de Piper est celui qui présente le plus grand intérêt et qui est de ce fait le plus utilisé. Il est composé de deux triangles représentant la répartition des anions et celle des cations, respectivement, et d'un losange représentant la répartition synthétique des ions majeurs.

Dans notre cas, (Fig. 31) les résultats d'analyse montrent que nous avons des eaux sulfate et magnésiennes et des eaux sulfatées calcique et chlorurée calcique.

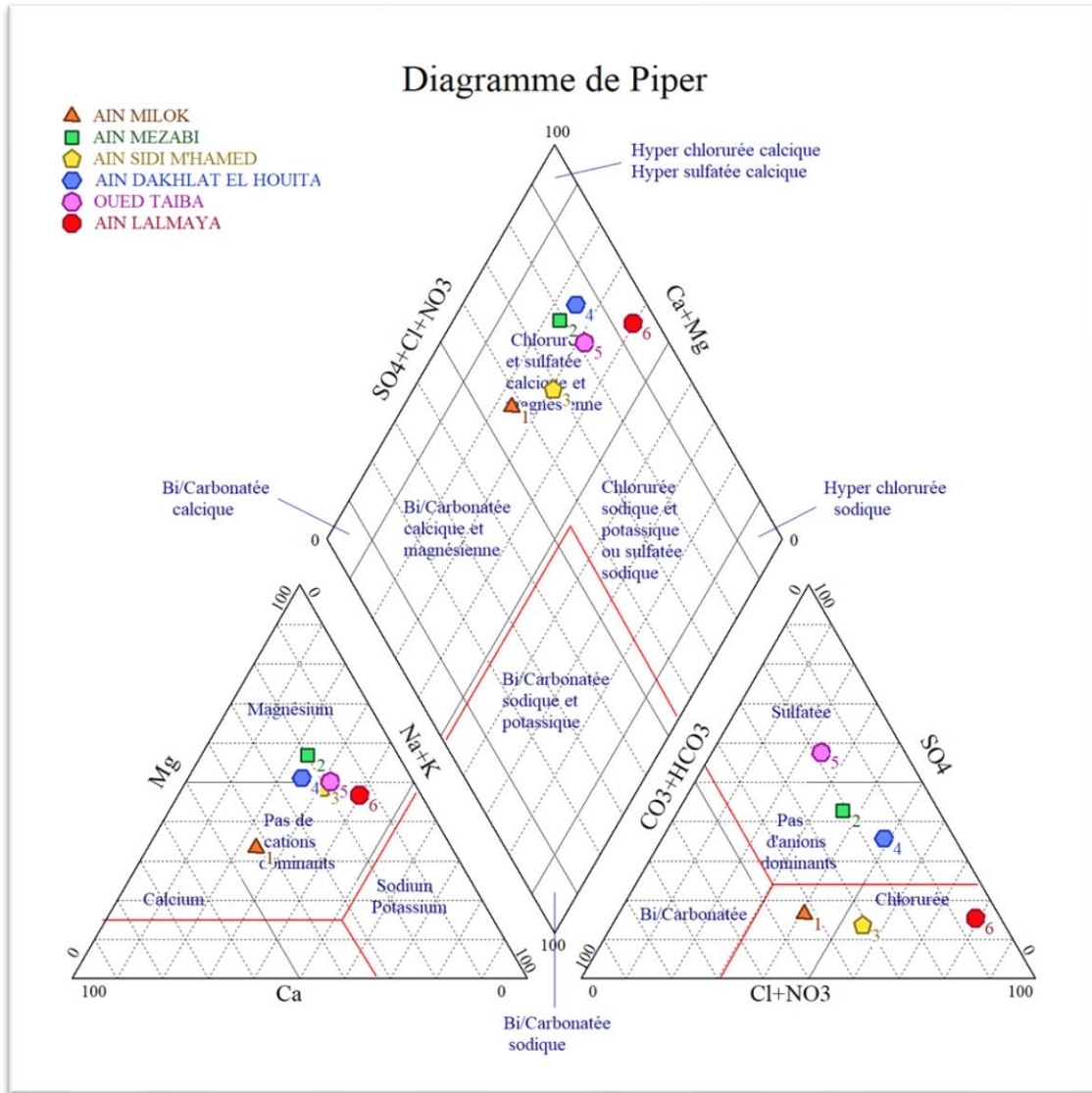


Figure 31: Représentation graphique des échantillons d'après diagramme PIPER.

Selon le diagramme de Piper ont observé la majorité des échantillons chlorurée calcique et sulfatée calcique.

3.1.2.3 Diagramme de STBLER :

L'avantage de ce diagramme réside dans le fait qu'il facilite la représentation graphique de plusieurs échantillons à la fois et la lecture rapide des caractéristiques chimique de l'ensemble.

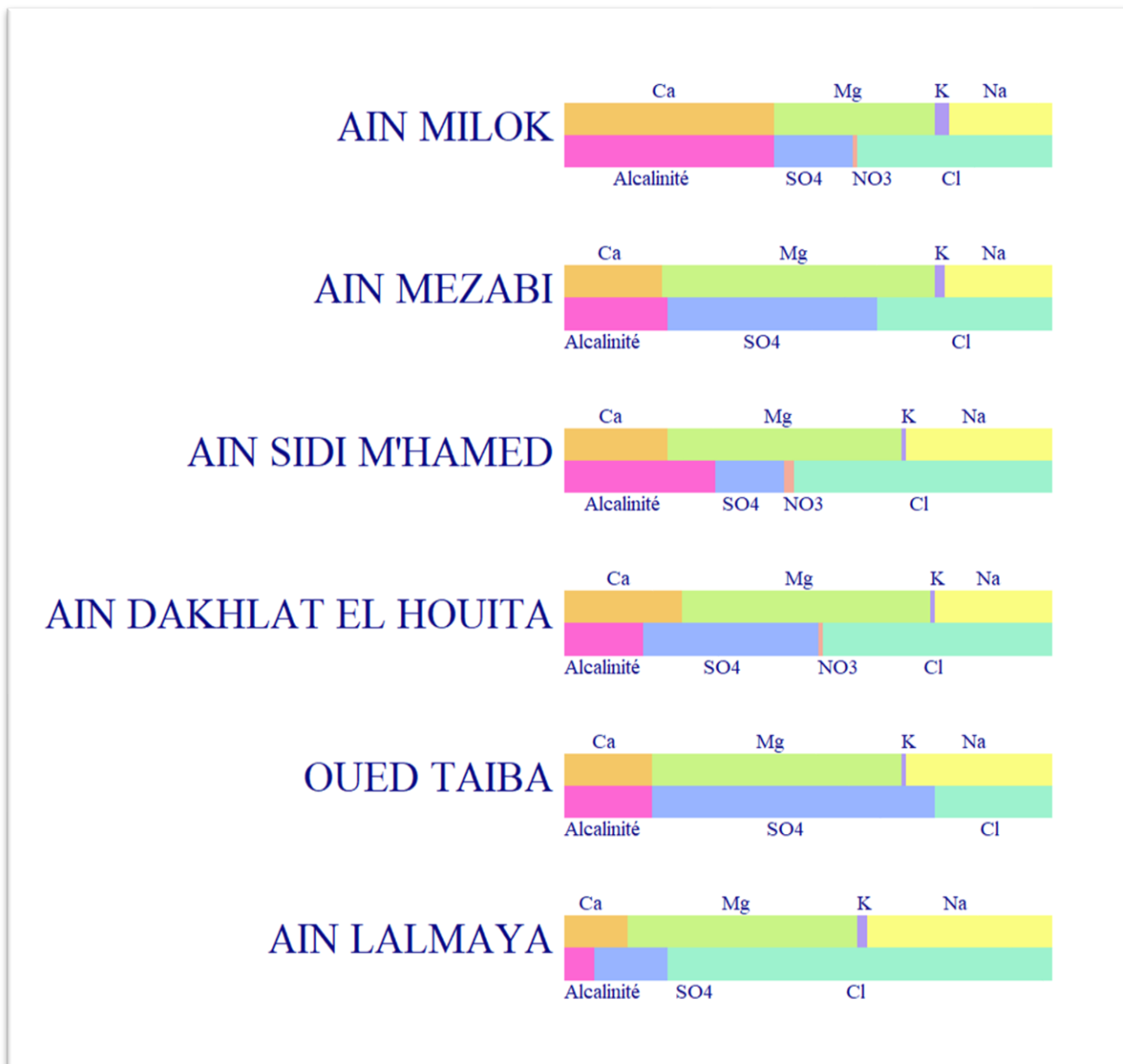


Figure 32 : Représentation graphiques des échantillons d'après STBLER.

3.1.2.4 Diagramme de SCHOELLER BERKALOFF :

L'avantage ce diagramme réside dans le fait qu'il facilite la représentation graphique de plusieurs échantillons à la fois et la lecture rapide des caractéristiques chimiques de l'ensemble.

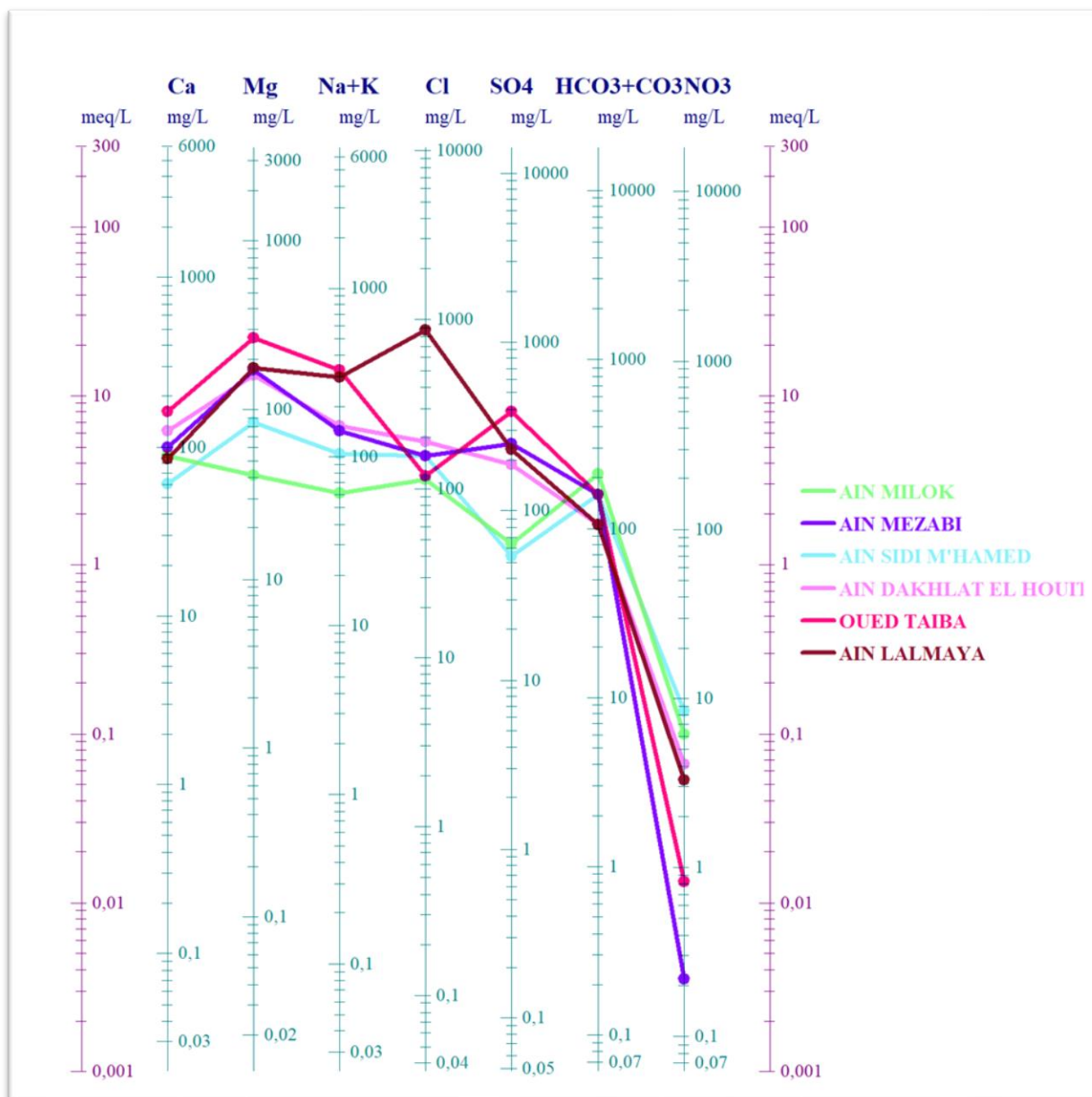


Figure 33: Représentation graphiques des échantillons d'après SCHOELLER BERKALOFF

3.1.3 CLASSIFICATIONS D'APRÈS L'ANALYSE BACÉRIOLOGIQUE :

Les analyses bactériologiques ont été effectuées au niveau de Laboratoire d'analyse ADE consistant à la recherche des Coliformes totaux et fécaux, des Streptocoques fécaux, des Clostridium Sulfito-réducteurs et *Escherichia Coli*.

Les résultats obtenus sont mentionnés dans le tableau suivant :

Tableau 26: Résultats des analyse bactériologiques

Colimétrie 100ml	N/100ml	Milieu	Sources					Norme JORA2014
			Milok	Oued m'zi	Ain madhi	El houita	Oued Taïba	
Coliformes Totaux	TTC Tergitol	00	00	<100	<100	110	<100	100
Coliformes fécaux	TTC Tergitol	00	00	<100	<100	<100	<100	100
E. coli	Urée indole	00	00	00	00	00	00	00
Clostridium sulfito- réducteurs	Gélose viande foie (VF).	00	00	02	00	00	02	00
Streptocoques fécaux	Slanetz et Bartley	00	00	00	00	00	00	00

Selon les normes **JORA 2014**, l'eau potable ne doit pas dépasser la limite de **100UFC/100ml** de coliformes totaux, de coliformes fécaux ; et ne doit pas contenir d'*E. coli*, et clostridies sulfito-réductrices, streptocoques fécaux dans **100 ml** d'eau.

3.1.3.1 Les Coliformes totaux et fécaux :

Les coliformes fécaux parmi lesquelles *E. coli* sont des microorganismes vivant dans les intestins de l'homme et des animaux à sang chaud, leur présence dans l'eau suppose une contamination fécale.

Les résultats des échantillons montrent une variation significative entre les différents sites. Milok et Oued m'zi, avec respectivement **0/100 ml** et **10/100 ml** de coliformes totaux, sont conformes à la norme. Ain Madhi (**50/100 ml**) est également conforme mais proche de la limite, suggérant la nécessité d'une surveillance accrue. En revanche, El Houita (**110/100 ml**) et Lalmaya (**100/100 ml**) dépassent la limite, indiquant une contamination possible et une non-conformité aux normes.

3.1.3.2 E. coli :

Les tests pour *E. coli* montrent que tous les sites respectent la norme **JORA 2014** de **0 n/100ml**. Cela indique une absence de cette bactérie spécifique, ce qui est un signe positif de la qualité de l'eau en ce qui concerne ce pathogène.

3.1.3.3 Clostridium Sulfito-Réducteurs :

Les clostridium sulfito-réducteurs sont souvent des indicateurs de contamination fécale, ce sont aussi des germes telluriques, de ce fait aucune spécificité d'origine fécale ne peut être attribuée à leur mise en évidence. **(RODIER J, 2009)**

La norme pour les Clostridium sulfito-réducteurs est également fixée à **0 N/100ml** selon les normes **JORA 2014**. Les résultats révèlent que Milok, Oues m'zi, El Houita et Oued Taiba respectent cette norme avec des niveaux de **0 N/100ml**. Cependant, Ain Madhi et Lalmaya montrent des niveaux de **2 N/100ml**, ce qui signifie qu'ils ne sont pas conformes à cette norme, suggérant une contamination possible par des spores de Clostridium.

3.1.3.4 Les streptocoques fécaux :

Ils sont associés aux coliformes fécaux et sont considérés comme un bon indicateur de pollution, ils sont utilisés aussi pour indiquer l'efficacité de traitement vu leur grande résistance par rapport aux coliformes et aux entérobactéries pathogènes. **(BRENE ; CORDONNIER,1991)**

La norme **JORA 2014** exigent l'absence totale de streptocoques fécaux dans l'eau potable (**0 N/100ml**). Les résultats montrent que tous les sites sont conformes à cette norme, ce qui est un indicateur positif de l'absence de contamination.

En comparant les résultats des analyses de colimétrie aux normes JORA 2014, plusieurs points émergent. Premièrement, **Milok** est **Oued m'zi** sont les seul sites conforme à toutes les normes microbiologiques, ce qui indique une bonne qualité de l'eau. En revanche, les autres sites présentent des niveaux inquiétants de coliformes totaux et fécaux, nécessitant une attention urgente pour améliorer la qualité de l'eau.

3.1.3.5 Les algues :

Les résultats obtenus montrent la présence de microalgues droites en bâtonnets et quelques microalgues sphériques. Le tableau 28 représente la moyenne de deux comptages des microalgues dans les différents échantillons étudiés. Et la figure 1 donne la forme de certaines des microalgues.

Tableau 27 : Moyenne de la concentration en microalgues des différents échantillons d'eau.

Échantillon d'eau	Microalgues en bâtonnets (Cellules/ml)	Microalgues circulaires (Cellules/ml)
Milok	20	0
Oued m'zi	30	0
Ain Madhi	8	0
El Houita	16	11
Oued Taiba	9	5
Lalmaya	131	31

L'échantillon de Lalmaya se distingue par sa haute concentration totale de microalgues, avec 162 cellules/ml, ce qui suggère une activité biologique intense qui peut compromettre la potabilité de l'eau. Des niveaux élevés de microalgues peuvent indiquer la présence de nutriments en excès ou de polluants, ce qui peut être préoccupant pour la consommation humaine. En revanche, Ain Madhi présente la plus faible concentration totale avec seulement 8 cellules/ml de microalgues en bâtonnets, suggérant une meilleure qualité de l'eau en termes de potabilité. Les échantillons de El Houita et Oued Taiba montrent une présence notable de microalgues circulaires, ce qui pourrait indiquer des conditions environnementales spécifiques nécessitant une attention particulière pour l'évaluation de la qualité de l'eau. Les résultats soulignent l'importance de surveiller régulièrement les concentrations de microalgues pour assurer la sécurité de l'eau potable.

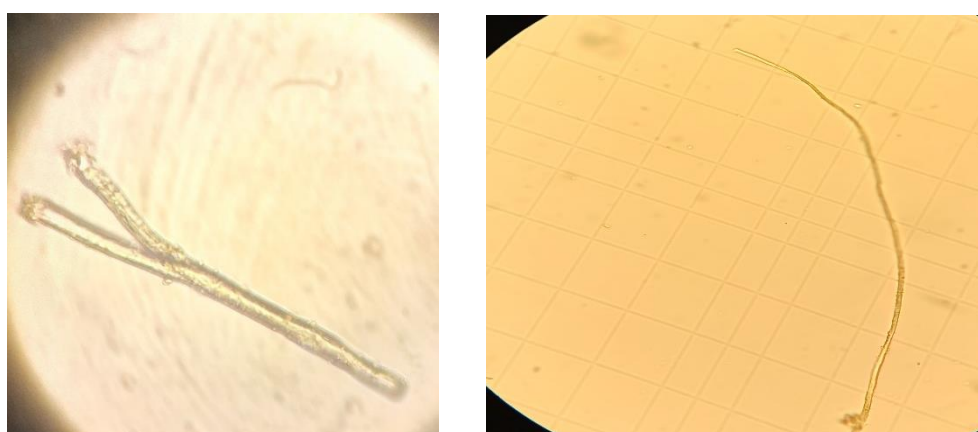


Figure 34 : Photographie de microalgues observée au microscope optique à (a) l'objectif 10 (G×100) et (b) l'objectif 40 (G×400).

CONCLUSION

L'eau est une source vitale et indispensable pour toutes les activités agricoles et industrielles, en particulier dans le secteur agroalimentaire. Il est essentiel de contrôler constamment cet élément crucial pour garantir sa qualité et sa disponibilité.

Cette étude vise à évaluer et à préserver la qualité physicochimique et bactériologique de l'eau de plusieurs sources situées dans la région sud de la wilaya de Laghouat, afin de les exploiter pour l'approvisionnement en eau potable. La zone d'étude se trouve dans la partie sud de l'Atlas saharien, au sein de la zone méridionale de la wilaya de Laghouat. Elle comprend six sites : Djebel El Milok à Laghouat, Ain el Mezabi sur la rive droite de l'Oued M'zi à Tadjmout, Ain Sidi Mohamed à Aïn Madhi, Dakhlet El Houita (El Houita), Kef El Melah à Sidi Tayfour sur l'Oued Tayba, et Kef Lalmaya à Tadjrouna. D'après Les résultats dès l'analyses physico-chimiques des eaux sources étudiées, nous avons constaté que :

- Les températures varient entre 10.9°C et 12.9°C, bien en dessous de la norme, ce qui est favorable à la consommation humaine.
- Les valeurs de pH respectent toutes les normes, indiquant que les eaux sont neutres.
- Les sites de Milok, Oued m'zi, Ain Madhi et El Houita affichent des conductivités inférieures à la norme, tandis qu'Oued Taiba et Lalmaya dépassent la norme, indiquant une minéralisation très élevée.
- Les valeurs de turbidité pour tous les sites sont bien inférieures à la norme de **5 NTU (JORA)**, indiquant une excellente clarté de l'eau.
- Les solides dissous totaux des sources étudiées respectent les normes de qualité de l'eau, à l'exception d'Oued Taiba qui requiert une attention particulière.
- La dureté totale (TH) des sources d'eau révèle que seulement les eaux des sources Milok et Ain Madhi se situent en dessous ou juste à la limite de la norme (**JORA**).
- Les teneurs des calcium (Ca^{2+}) inférieurs à la limite supérieure, ce qui est un bon indicateur de la qualité de l'eau. Par contre la teneur en (Mg^{+2}) dans l'eau de source de Milok situe en dessous de la norme, ce qui le rend conformes aux recommandations. Les autres sources indiquant des niveaux de magnésium supérieurs à la limite recommandée.
- Lalmaya affiche le niveau de chlorure (Cl^-) le plus élevé à **873,3 mg/L**, tandis que d'autres points comme Milok et Oued Taiba montrent des concentrations plus basses.
- Les concentrations de phosphate (PO_4^-) et l'ammoniacal (NH_4^+) dans toutes les sources d'eau étudiées sont largement inférieures à la norme établie.
- Les valeurs de SO_4^- varient considérablement, Oued Taiba présentent des niveaux plus élevés, bien que toutes les sources examinées respectent actuellement la norme (**JORA**)

- Ain madhi, présentent des niveaux plus élevés de NO_3^- . Il est notable que la plupart des sources examinées respectent largement les normes, avec des concentrations bien en deçà de la limite autorisée. Aucun NO_2^- n'a été trouvé dans les sources étudiées.
- Milok affiche le niveau le plus bas de Na^+ avec **4,9 mg/L**. Oued Taiba et Lalmaya présentent des concentrations particulièrement élevées de sodium, avec respectivement **30,6 mg/L** et **27,5 mg/L**
- Ain madhi présente le niveau le plus de potassium K^+ bas avec seulement **0,7 mg/L**. Oued Taiba et Lalmaya affichent les concentrations les plus élevées de potassium, avec respectivement **2,3 mg/L** et **2 mg/L**.
- Les niveaux de fer ferreux dans ces sources sont bien en dessous de la norme établie.

La source Milok est excellente selon leur paramètre ; Oued m'zi, Ain madhi et Elhouaita en classé de niveau admissible, par contre les sources Lalmaya et Oued Taiba sont de mauvaise qualité physicochimique.

Du point de vue bactériologique :

Les sources Milok et Oued m'zi sont les seuls sites conformes à toutes les normes microbiologiques, ce qui indique une bonne qualité de l'eau. En revanche, les autres sites présentent des niveaux inquiétants de coliformes totaux et fécaux, nécessitant une attention urgente pour améliorer la qualité de l'eau.

À l'avenir, il serait souhaitable de poursuivre ce travail par :

- Suivre la situation de la source contaminée (Lalmaya).
- Faire des analyses des autres paramètres.
- Faire une étude statistique générale.
- S'assurer que les autres sources sont propres.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AIE. (2020). World Energy Outlook 2020. *Agence Internationale De L'énergie*. , 204-205.
- Anctil, F., Rousselle, J., & Lauzon, N. (2012). *Hydrologie Cheminements De L'eau*. Crusus.
- APHA. (2017). Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater. *American Public Health Association* .
- APHA. (2017). *Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater*. American Public Health Association.
- Archibald, F. (2000). The Presence Of Coliform Bacteria In Canadian Pulp And Paper Mill . *Water Qualres* , 1-22.
- BEN SLIMA , S., & BEN NOUAR , D. (2018). Analyse Physico-Chimiques Et Biologique (Cas De Macroinvertébrés) Dans La Source De Milok (Laghout). *Mémoire De Master* , 11-19.
- BENHALIMA, L. (2019). Maladies À Transmission . *Polycopié Pour Le Master Microbiologie Appliquée* (Pp. 6-14-70-80-117). Guelma: Université 8 Mai 1945 .
- Bonnin, J. (1982). *Aide-Mémoire D'hydraulique Urbaine*. Eyrolles.
- Bouchkekima, M., Bernade, B., Ouahes, G., & Diboun, M. (2000). *Etude Théorique Et Application Pratique Du Distillateur Solaire A Film Capillaire*. Thermo SCI.
- Bouteldjaoui, F., Jean, D., & Taupin, R. (2023). Assessment Of Some Bottled Natural Mineral Waters And Spring Waters In Algeria Using Multivariate Statistical Analysis, Hydrogeochemical Approaches And Water Quality Index (WQI). *International Journal Of Environmental Analytical Chemistry* , 1-2.
- CDF. (2014). Présentation Du Sous-Secteur Des Forets. *CDF*, 45.
- Camper, A., Escherichia, K., & Fayer, R. (1986). Indicators Of Microbial Water Quality Drinking Water Microbiology: Progress And Recent Developments. *Springer* , 315-334.
- Cardot, C. (1999). *Les Traitements De L'eau: Procédés Physico-Chimiques Etbiologiques, Cours Et Problèmes Résolus: Génie De L'environnement*. Elipses.

- Chaussee, K., Phaneuf, D., & Levallois, P. (2003). *Nitrates /Nitrites-Fiche Synthésseur L'eau Potable Et La Santé Humaine*. Québec: Groupe Scientifique Sur L'eau, Institut National De Santé Publique.
- Chenta, L., Ameta, K., & Ameta, L. (2014). Water:A Benign Solvent For The Synthesis Of Various Organic Moieties.
- Djebaili, S. (1990, 16). Syntaxonomie Des Groupements Préforestiers Et Steppiques De l'Algérie Aride. *Ecologia Mediterranea*, Pp. 231-244.
- DEGREMENT. (2005). *Mémento Technique De L'eau, Lavoisier De L'eau Tome1* . Paris: Rueil-Malmaison.
- DESJARDINS, R. (1997). *Le Traitement Des Eaux*. France: Edition De L'école Polytechnique De Montréal.
- Dupont, A. (1974). *Hydraulique Urbaine: Hydrologie, Captage Et Traitement Des Eaux* . Paris: Tome 1.3eme Édition.
- Faurie , C., Ferra , C., Medori , P., Devaux , J., & Hemptin, L. (2003). *Écologie : Approche Scientifique Et Pratique* (Éd. 5eme). Paris: Lavoisier Technique Et Documentation.
- FAO. (2016). *Openknowledge.Fao.Org*. Retrieved 05 04, 2024, From Openknowledge.Fao.Org: [Http://Www.Fao.Org/3/A-I5858e.Pdf](http://www.fao.org/3/A-I5858e.pdf)
- FAO. (2014). Ordonnance Du DFI Sur L'eau Potable, L'eau De Source Et L'eau Minérale. *The Food And Agriculture Organization* , 1-12.
- Gausсен , H., & Bagnouls , F. (1957). Les Climats Biologiques Et Leur Classification. *Annales De Géographie*, 193-220.
- Gaujour, D. (1995). *La Pollution Des Milieux Aquatiques: Aide Mémoire* (Vol. 2). Lavoisier.
- Gleick, P. (1993). *Water In Crisis: A Guide To The World's Fresh Water Resources*. Oxford University Press.
- Gupta, D. (1992). *The Importance Of Water Resources For Urban Socioeconomic In International Conference On Water And The Environment*. Development Issues For The 21st Century.
- Haslay, C., & Leclerc, H. (1993). *Microbiologie Des Eaux D'alimentation.Technique Et Documentation*. Paris: Lavoisier.

HC. (2013). Guidelines For Canadian Drinking Water Quality: Guideline Technical Document – Heterotrophic Plate Count In Drinking Water. *Health Canada* .

Institutionadour. (N.D.). *Institutionadour*. Retrieved 04 24, 2024, From Institutionadour: <https://www.institution-adour.fr/nappes-profondes/nappes-profondes.html>

JORA. (2014). Décret Exécutif N° 14 - 96 Du 2 Jomada El Oula 1435 Correspondant Au 4 Mars 2014 Modifiant Et Complétant Le Décret Exécutif N° 11-125 Du 17 Rabie Ethani 1432 Correspondant Au 22 Mars 2011 Relatif À La Qualité De L'eau De Consommation Humaine. *Journal Officiel De La République Algérienne* .

Katteb, A. (2000, 5 1). Les Ressources En Eau En Algérie : Stratégie, Enjeux Et Vision. *Désalination* , P. 136.

Kemmer, F. (1984). *Manuelle De L'eau*. Lavoisier Technique Et Documentation.

Kettab, A. (1992). *Traitement Des Eaux. Les Eaux Potables*. Alger: Office Des Publications Universitaires.

Kherifi, W., & Bekiri, F. (2016). Les Maladies À Transmission Hydrique En Algérie. *Journal Algérien Des Régions Arides (JARA) N°14 (2017)* , 76-78.

Kirda, C. (1997). Assessment Of Irrigation Water Quality In : Dupuy B. (Ed.). Aspects Économiques De La Gestion De L'eau Dans Le Bassin Méditerranéen. *CIHEAM* (31), 367.

Lachassagne, P. (2021). Les Eaux Minérales Naturelles. *Encyclopédie De L'environnement* , 1.

Makhoukh, M. (2011). Contribution À L'étude Physico-Chimique Des Eaux Superficielles Del'oued Moulouya.

MERZOUGI, L. (2018). Géologie Et Tectonique De La Région De Laghouat. *Revue Géologique Algérienne*, 20.

Mercier, J. (2000). *Le Grand Livre De L'eau*. La Reconnaissance Du Livre , Collecte Art De Vivre.

Moilleron, R. (2017). *Laboratoire Eau Environnement Et Systèmes Urbains*. Pollutions Hydriques.

Mostefaoui, O., & Toutaoui, M. (2018). Contribution À L'évaluation De La Qualité Des Eaux Du Forage De Ras El Ain (Boumerzoug). *Mémoire De Master En Science De La Nature Et De La Vie .Université Des Frères Mentouri* . , 20-21.

- MSERVET. (2018, 6 5). *Eklablog*. Retrieved 04 15, 2024, From <Http://Episervet5e.Eklablog.Com/Physique-C30010916>
- Oubraham, F., Bédrani, S., & Belhouadjeb, F. (2021). La Bonification Du Crédit Favorise-T-Elle Vraiment Le Financement. *Cahiers Agricultures*, 8.
- ONM. (2018). *Données Climatique d'Aflou Wilaya Laghouat*. Laghouat: ONM.
- OECD. (2015). Environment At A Glance 2015. *OECD Environmental Outlook To 2050: The Consequences Of Inaction* , 32-35.
- OFEFP. (2003). *Guide Pratique : Echantillonnage Des Eaux Souterrainesr* . Berne: L'office Fédéral De L'environnement Des Forêts Et Du Paysage.
- Ofori, A., José, C., & Ama, D. (2022). Potability Assessment Of Some Springs, Boreholes And Sachet Water Products In Four-Corners, Ikom Local Government Area. *Tropical Freshwater Biology* , 2-3.
- OMS, FAO. (2007). L'eau. *Codex Alimentaire* , 15-25.
- Peel, M., Finlayson, C., & McMahon, T. (2007). Updated World Map Of The Köppen-Geiger Climate Classification. . *Hydrology And Earth System Sciences*, 11.
- Quatunau, G. (1998). *Les Maladies À Transmission Hydrique En Afrique*. Edition Dunod.
- Rejsek, F. (2002). *ANALYSE DES EAUX Aspects Réglementaires Et Techniques*. Dax: Scérén CRDP AQUITAINE.
- Renard, M., & Pomerol, C. (1997). *Élément De Géologie* (Vol. 11). Masson.
- Rodier, J. (1984). *Analyse D'eau: Eaux Naturelles, Eaux Résiduaires Et De Mer*. Paris: DUNOD.
- RODIER, J. (2009). *L'analyse De L'eau*. Édition DUNOD.
- Rodier, J. (2005). *L'analyse De L'eau: Eaux Naturelles, Eaux Résiduaires, Eau De Mer*. Paris: Dunod.
- Rodier, J., Bazin, C., Broutin, P., & Chambon, P. (1996). *L'analyse De L'eau*. Paris: Éditions Dunod.

Roger, D. (2019). *Précis D'écologie*. Paris: Dunod.

Sahraoui, N. (2015). Mémoire De Master En Eau Et Bioclimatique : Etude De La Cohérence Entre La Vulnérabilité À La Pollution De La Qualité Deseaux Souterraines Plaine Khemis Miliana. *Université Khemis Miliana* .

Salah, E., Ali, R., & Brahim, C. (2022). New Software To Analyze Hydraulic Incidents In Algeria. *Applied Water Science* , 15.

Savary, P. (2010). *Guide Des Analyses De La Qualité De L'eau*. Territorial.

Sawyer, C., Mccarty, P., & Parkin, G. (2003). *Chemistry For Environmental Engineering And Science*. Mcgraw-Hill Education.

USEPA. (2012). National Primary Drinking Water Regulations: Total Coliforms And E. Coli. *United States Environmental Protection Agency* , 141.

WHO. (1994). *Directive De Qualité De L'eau De Boisson* (Vol. 2). Genève: Critères D'hygiène 2eme Édition.

WHO. (2011). Guidelines For Drinking Water Quality. *World Health Organization* , *Fourth Edition*.

WHO. (2017). Guidelines For Drinking-Water Quality. *World Health Organization* , *Fourth Edition*, 64-66.

ANNEXES

Annexe I

Réactifs utilisés dans la partie expérimentale :

Matériel pour l'échantillonnage :

- Bouteille en plastique.
- Glacière.
- Flacons stérile (200ml).
-

1. Matériel pour les analyses physico-chimiques :

Appareillage :

- Conductimètre.
- pH-mètre.
- Turbidimètre.
- Étuve.
- Autoclave.
- Spectrophotomètre.
- Rampe de filtration.
- Pistolet.
- Agitateur magnétique.
- Rampe à flux laminaire.

Verrerie :

- Fiole.
- Bécher.
- Erlenmeyer.
- Pipette Pasteur.
- Burettes.
- Pipette graduées.
- Éprouvettes graduées.

Réactifs :

Réactifs utilisé pour la détermination des phosphates :

1. Solution d'acide ascorbique à 20g/l :

- Acide ascorbique2g .
- Eau déionisée100ml .

2. La réactif sulfomolybdique-combiné :

- Solution d'acide sulfurique50ml.
- Solutions de tartate double d'antimoine et de potassium ..5ml .
- Solutions de molybdate d'ammonium15ml.
- Eau déionisée100ml.

Réactifs utilisés pour la détermination des nitrites :

1. Réactif combiné :

- Amino-4-benzène sulfonamide.....40g.
 - Acide orthophosphorique.....100ml.
 - Eau distillée.....500ml.
 - N-(Naphyl-1) diamino-1,2 éthane.....2g.
- Compléter le volume à **1000ml** avec de l'eau distillée.
- Cette solution est stable pendant un mois si elle est conservée entre **2 et 5 °C**.

Réactifs utilisés pour la détermination des nitrates :

1. Solution de Salicylate de Sodium à 0.5 % :

- Salicylate de sodium.....0.5g.
- Eau distillée100ml.

2. Solution de tartate double de sodium et de potassium :

- Hydroxyde de sodium40g.
- Eau distillée.....100ml.
- Tartrate double de sodium et potassium.6g.

3. Acide sulfurique.

Réactifs utilisés pour le dosage de Chlorure :

- Acide nitrique pur (AgNO_3)
- Carbonate de calcium pur.
- Solutions de chromate de potassium à 10%.
- Solutions de nitrate d'argent.

Réactifs utilisés pour le dosage de l'alcalinité :

- Méthyle orange 0.5g
- Eau distillée 100ml

Réactifs utilisés pour le dosage de titre hydrotimétrique :

- **Solution tampon pH10 :**
 - Chlorure d'ammonium.....67.5g.
 - Solution ammoniacale.....570ml.
 - Eau distillée1000ml.

Indicateurs colorées et autres solutions :

- Noir Eriochrome T.
- Murexide.
- EDTA



Figure 35 : Les réactifs utilisés dans les analyses chimiques

Annexe II

2. Matériel pour les analyses bactériologiques :

Milieux de cultures et leurs compositions :

Tergitol

Peptone.....	10g
Extrait de levure.....	6g
Extrait de viande.....	5g
Lactose.....	20g
Bleu de bromothymol.....	0.05g
Tergitol 7	0.1g.
Agar.....	13g

Gélose Viande foie (VF)

Base Viande foie	30g
Glucose.....	2.g
Agar.....	6g
Eau distillée.....	1000ml

Gélose Slanetz et Bartley

Tryptose.....	20g
Extrait de levure.....	5g
Glucose.....	2.g
Phosphate disodique 2 H ₂ O.....	4g
Azoture de sodium.....	0.4g
Chlorure de tétrazolium.....	0.1g
Agar.....	10g

Réactifs :

- Lugol
- Eau oxygénée
- Disque d'oxydase (N-diméthyl paraphénylène diamine (PDA))

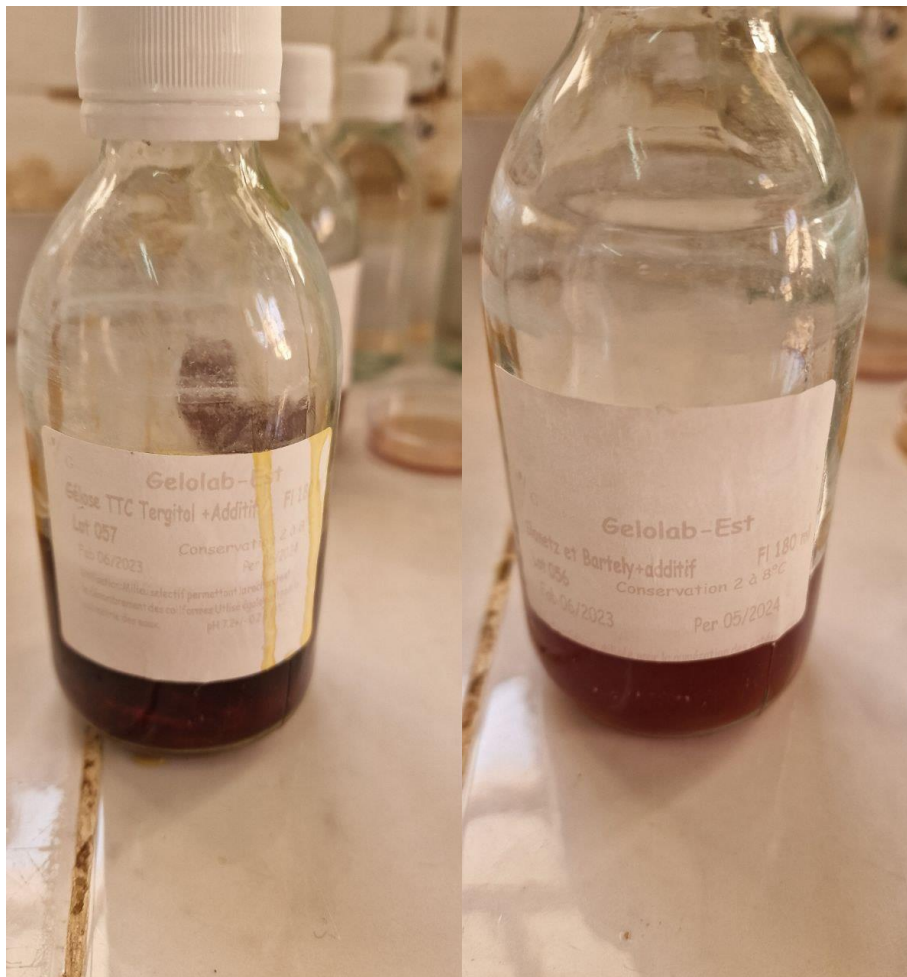


Figure 36 : Les milieux de culture

Matériel pour l'analyse microscopique :

- Microscope optique
- La cellule Malassez lamelles
- La Solution de Lugol
- Éthanol
- Papier joseph

Décret exécutif n° 14 - 96 du 2 Joumada El Oula 1435 correspondant au 4 mars 2014 modifiant et complétant le décret exécutif n° 11-125 du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine.

Tableau I : Normes Algérienne de potabilité des paramètres physico-chimiques et bactériologiques

Substances	Unité	OMS (2007)	JORA (2014)
Cuivre	Mg/l	2	2
Trihalométhanes (THM)	µg/l	100	100
Température	°C	25	25
Alcalinité	mg/l en CaCO ₃	500	500
Calcium	mg/l	100	200
Potassium	mg/l	12	12
Chlorure	mg/l	250	500
PH	Unité de pH	6,5 -9,5	≤ 6,5 et ≤ 9
Dureté (TH)	mg/l en CaCO ₃	200	200
Conductivité a 20°C	µS/cm	--	2800
Ammonium	mg/l	0.5	0.5
Couleur	mg/l Platine	--	15
Odeur 12°C	Taux dilution	--	4
Saveur 25°C	Taux dilution	--	4
Turbidité	NTU	5	5
Aluminium	mg/l	0.2	0.2
Fluorure	mg/l	1.5	1.5
Fer Totale	mg/l	--	0.3
Manganèse	µg/l	40	50
Nitrate	mg/l	50	50
Nitrite	mg/l	0.2	0.2
Oxydabilité	mg/l	--	5
Sulfates	mg/l	400	500
Zinc	mg/l	3	5
Cadmium	µg/l	3	3
Cyanure	µg/l	70	70
Résidu sec	mg/l	1500	1500
Escherichia Coli	n/100ml	0	0
Entérocoques	n/100ml	0	0
Les Spores / Sulfitoréductives	n/20ml	0	0

Annexe III

Appareillages des analyse physico-chimiques utilisées disponibles dans l'ADE :



Turbidimetre



Étuve



Spectrophotomètre a flame

ملخص:

المياه الجوفية بشكل عام ذات نوعية أفضل من المياه السطحية، وبالتالي فهي مفضلة عند البحث عن مصادر جديدة للمياه. ومع ذلك، من المهم أن نتذكر أن هذه المياه يمكن أن تكون ملوثة أيضا، مما يتطلب مراقبة صارمة لضمان جودتها. في الأطلس الصحراوي، ولا سيما في جبل لعمور ولاية الأغواط، هناك عدة مصادر ذات أهمية تراثية وإقليمية. ينابيع جبل الميلاق، عين المزابي (واد مزي)، عين سيدي محمد في عين ماضي. تعد الداخلة الحويطة ووادي طيبة وعين لالمايا من المواقع الترفيهية الرئيسية في المنطقة. ومع ذلك، فهي تتعرض لضغوط بشرية قوية بسبب زيادة استخدام المياه للأغراض البشرية والزراعية، مما يزيد من مخاطر تدهور جودة المياه. لذلك، فإن التشخيص المتعمق للحالة الراهنة للجودة الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية لهذه المياه أمر ضروري لحمايتها. عملنا هو جزء من هذا المنظور، بهدف توصيف الطبيعة الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية لهذه الينابيع وتقييم جودة مياهها وفقا لمعايير مياه الشرب والري.

الكلمات المفتاح: المياه، الجودة الفيزيائية والكيميائية، الأغواط، الصالح للشرب.

Résumé:

Les eaux souterraines sont généralement de meilleure qualité que les eaux de surface et sont donc préférables lors de la recherche de nouvelles sources d'eau. Toutefois, il est important de rappeler que ces eaux peuvent aussi être contaminées, nécessitant un suivi rigoureux pour garantir leur qualité. Dans l'atlas saharien, notamment dans le djebel Amour de la wilaya de Laghouat, plusieurs sources revêtent une importance patrimoniale et régionale. Les sources Djebel Milok, Ain M'zabi (Oued m'zi), Ain Madhi à Ain Sidi Mohamed ; Dakhlet El Houita, Oued Tayba et Ain lalmaya sont des sites récréatifs majeurs de la région. Cependant, elles subissent une forte pression anthropique due à l'utilisation accrue de l'eau pour des fins humaines et agricoles, augmentant ainsi les risques de détérioration de la qualité de l'eau. Par conséquent, un diagnostic approfondi de la situation actuelle de la qualité physico-chimique et bactériologique de ces eaux est essentiel pour leur sauvegarde. Notre travail s'inscrit dans cette perspective, visant à caractériser physico-chimiquement et microbiologique de ces sources et évaluer la qualité de leurs eaux selon les normes de potabilité et d'irrigation.

Mot clé : Eau, qualité physicochimique, Laghouat, Potabilité.

Abstract:

Groundwater is generally of better quality than surface water and is therefore preferable when looking for new sources of water. However, it is important to remember that this water can also be contaminated, requiring rigorous monitoring to guarantee its quality. In the Saharan atlas, particularly in the Jebel Amour of the wilaya of Laghouat, several sources are of heritage and regional importance. The springs Djebel Milok, Ain M'zabi (Oued m'zi), Ain Madhi in Ain Sidi Mohamed; Dakhlet El Houita, Oued Tayba and Ain lalmaya are major recreational sites in the region. However, they are under strong anthropogenic pressure due to the increased use of water for human and agricultural purposes, thus increasing the risks of deterioration of water quality. Therefore, an in-depth diagnosis of the current situation of the physico-chemical and bacteriological quality of these waters is essential for their safeguarding. Our work is part of this perspective, aiming to characterize the physico-chemically and microbiological nature of these springs and to evaluate the quality of their water according to drinking water and irrigation standards.

Keyword: water, physical and chemical quality, laghouat, potability.