

République Algérienne Démocratique et Populaire
Scientifique Supérieur et de la Recherche Ministère de l'Enseignement



Université de Ghardaïa

N° d'ordre :

N° de série :

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre

Département de Biologie

présenté en vue de l'obtention du diplôme de Mémoire

MASTER

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Ecologie

Présenté par :

CHOUTER Imane

Thème

**Evaluation de la qualité physico-chimique et
bactériologique des eaux souterraines de la plaine de
Hassi L'Fhal –Wilaya de Menéa-**

Soutenu publiquement, le .../06/2023,
devant le jury composé de :

Mme. HADDAD Soumia	MCA	Univ. Ghardaïa	Président
Mr. MIHOUB Redouane	MCA	Univ. Teliidji Amar -Laghouat	Encadreur
Mr. KHELLAF Khoudir	MCB	Univ. Ghardaïa	Co-Encadreur
Mr. KRAIMAT Mohamed	MCA	Univ. Ghardaïa	Examineur

Année universitaire : 2022/2023



Remerciement

Avant tout, nous remercions LE BON DIEU, le tout puissant de nous avoir donné le courage, la volonté et la patience pour terminer ce travail.

Mes remerciements s'adressent également à mon Encadrant

Mr. MIHOUB Redouane, Maître de Conférences A à l'université Téliidji Amar –Laghouat, Mansour pour ses encouragements et sa patience afin de réaliser ce travail.

On tient à remercier Mr. KHELLEAF Khoudir, Maître de Conférences B à l'université de Ghardaia, d'avoir accepté de m'encadrer sur ce thème et pour son attention de suivi ce travail.

On tient aussi, à remercier les membres de jury Mme. HADDAD Soumia Maître de Conférences A à l'université de Ghardaia, et Mr. KRAIMAT Mohamed, Maître de Conférences A à l'université de Ghardaia, d'accepter d'examiner notre recherche et leurs orientations afin d'évaluer ce travail.

Je remercie tous ceux qui m'ont aidé, de près ou de loin, même Qu'il soit un mot d'encouragement.

Dédicaces



*Toutes
Les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut,
Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude,
L'amour, le respect, la reconnaissance.
Aussi, c'est tout simplement que :
Je dédie ce travail à
Mon père, de plus profond de mon cœur.
La personne la plus chère au monde : à toi ma mère.
Ma très chère sœur : Feriel que dieu vous garde dans sa
sainte,
Mon très cher frère : Houssam
A mes très chères tantes.
A tous ma grande Famille Chouter
A tous mes collègues qui m'ont aidé et encourage
A tous ceux que j'aime et qui m'aiment*



ملخص

إن إمكانية توفير المياه الصالحة للشرب بكمية كافية، أصبحت تحدي صعب في مختلف مناطق العالم و هذا بسبب صعوبة المناخ وكذا التلوث بجميع أنواعه (المنزلي، الصناعي، الفلاحي). إن الهدف من هذا العمل هو إظهار مدى جودة المياه الجوفية لمنطقة حاسي لفحل -ولاية المنيعه- الموجهة للاستهلاك البشري و المستخرجة من أربع مواقع مختلفة لهذه المنطقة و التي هي بئر المتوسطة، بئر القويلال، بئر حي بوعمامة و بئر القديم. و للوصول إلى هدفنا، إعتدنا على تحليل و دراسة العناصر الفيزيوكيميائية و البكتيريولوجية لهذه المياه. أجريت هذه التحاليل في مختبر الجزائرية للمياه بغرداية حيث قمنا بقياس (درجة الحرارة ، درجة الحموضة، التوصيل الكهربائي ، التعكر . الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والكلوريد وبيكربونات والكبريتات فوسفوروالامونيوم و نترات و الحديد)، و التحاليل البكتيريولوجية (القولونيات الكلية ، الإشريشيا كولي ، الكريات العقدية البرازية). أظهرت النتائج المحصل عليها من التحاليل أن المياه قاعدية معتدلة بدرجة حرارة منخفضة و ناقلية كهربائية متوسطة إلى عالية مع عكارة منخفضة و تمعدن منخفض إلى مقبول. كما اظهرت ايضا انها تحتوي أيضا على مستويات منخفضة من الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والكلوريد والكبريتات والحديد والألمونيوم وغيرها. اما التحاليل البكتيريولوجية التي أجريت للكشف عن القولونيات الكلية فقد أظهرت عدم وجود كل هذه البكتيريا مثل الإشريشيا كولي ، العقدية البرازية و القولونيات الكلية وعليه فإن النتائج التي تم الحصول عليها تتوافق مع المعايير الجزائرية الخاصة بمياه الشرب .

الكلمات المفتاحية: التحليل الفيزيوكيميائية، التحاليل البكتيريولوجية، المياه الجوفية، الجودة، حاسي لفحل، المنيعه.

Résumé

La possibilité de fournir de l'eau potable en quantité suffisante est devenue un défi difficile dans diverses régions du monde, en raison de la difficulté du climat ainsi que de la pollution de toutes sortes (domestique, industrielle, agricole). L'objectif de ce travail est de démontrer et de déterminer l'état de la qualité des eaux souterraines de la région de Hassi L'Fhel (wilaya d'El Menéa), qui est destinée à la consommation humaine et extrait de quatre différentes localisations dans cette région (puit de el Motaouassita, puit de Guillal, puit de Hay Boummama et puit el Kadim). Pour atteindre notre objectif, on se basant essentiellement sur l'analyse des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de ces eaux au niveau de laboratoire d'ADE de Ghardaïa où nous avons mesuré la Température, le Potentiel d'hydrogène, la Conductivité électrique, la Turbidité, la Dureté, le Calcium, le Magnésium, le Sodium, le Potassium, le Chlorure, les Bicarbonates, les Sulfates, l'Ammonium, le Fer, l'Orthophosphates, et les Nitrites. Pour l'analyse bactériologique, nous avons révélé la possibilité de présence de Coliformes totaux, Escherichia coli et Streptocoques fécaux. Les résultats obtenus, pour les analyses hphysico-chimiques, ont donné une eau légèrement basique, de température faible, de conductivité moyenne à élevée, de turbidité faible, une minéralisation acceptable, de faible teneur en Calcium, Magnésium, Sodium, Potassium, chlorure, sulfates, fer et ammonium. Les résultats des analyses bactériologiques montrent l'absence de toutes sortes de contamination bactérienne. Alors, les résultats obtenus sont conformes aux normes Algériennes et donc, les eaux de hasi L'Fhel sont potables.

Mots clé: analyses physico-chimiques, analyses bactériologiques, Qualité, eaux souterraines, Hassi L'Fhel, El Menéa.

Abstract

The possibility of providing sufficient drinking water has become a difficult challenge in various regions of the world, due to the difficult climate as well as pollution of all kinds (domestic, industrial, agricultural). The objective of this work is to demonstrate and determine the state of groundwater quality in the Hassi L'Fhel region (wilaya of Menéa), which is intended for human consumption and extracted from four different locations in this region (El Motaouassita, Guillal, Hay Boummama and el Kadim wells) which are intended, in the majority of cases, not only for irrigation but also for human consumption, we have carried out at the Ghardaïa ADE laboratory, a physico-chemical (Temperature, Hydrogen potential, Electrical conductivity, TDS, Turbidity, Hardness, Calcium, Magnesium, Sodium, Potassium, Chloride, Bicarbonates, Sulphates, Ammonium, Iron, Orthophosphates, Nitrite.) and bacteriological analysis (Total coliforms, Escherichia coli, Faecal streptococci). The results obtained from these analyzes, gave a neutral to slightly basic water with low temperature values, medium to high conductivities, low turbidity, acceptable mineralization, low content of Calcium, Magnesium, Sodium, Potassium, chloride, sulphates, iron and ammonium. The result of bacteriological analyzes show the absence of all kinds of bacterial contamination. So, the results obtained comply with Algerian standards and therefore, the waters of Hasi L'Fhel are drinkable.

Keywords: physico-chemical analyses, bacteriological analyses, Quality, groundwater, Hassi L'Fhel, Menéa.

Liste d'abréviations

A.D.E Algérienne Des Eaux.

ANRH : Agence nationale des Ressources hydriques.

E. Coli : Escherichia Coli

°C : Température en degré Celsius.

CE : Conductivité électrique.

CF : Coliformes Fécaux.

CI : Continental Intercalaire.

CT : Coliformes Totaux.

DPAT : Direction planification et l'aménagement de territoire.

EDTA : Ethylène Diamine Tétra Acétique.

Hr : Humidité relative de l'air

ISO : Organisation international de Santé Publique

mg/l : Milligramme par Litre.

ONM : Office National Météorologique.

P : Puits.

pH : Potentiel hydrogène.

T : Température.

TAC : Titre alcalimétrique complet.

TH : Titre hydrométrique.

UFC : unité forment colonie

UNT : unité néphélométrie.

UV : Ultra-Violet.

V : Vent.

$\mu\text{S/cm}$: Micro-Siémens/Centimètre.

NTU (Nephelometric Turbidity Unit)

Liste des figures

Titre	Page
Figure 1. Situation géographique de la wilaya d'El Menéa.	5
Figure 2. Réseau hydrographique de la région de Hassi L’Fhel (Benkrima et Benkrima, 2021).....	10
Figure 3. Position de notre région d'étude dans la carte des ressources en eau souterraines du SSAS (Continental Intercalaire et Complexe Terminal) (SASS, 2000).....	11
Figure 4. Carte de localisation des forages étudiés dans la commune de Hassi L’Fhel.....	14
Figure 5. Recherche et dénombrement des germes totaux dans l'eau.....	19
Figure 6. Recherche et dénombrement des coliformes et d' <i>Escherichia coli</i>	21
Figure 7. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux dans l'eau....	22
Figure 8. Méthode de dénombrement des spores de <i>Clostridium</i> Sulfito-réductre.....	23
Figure 9. La variation spatiale de la T° des eaux étudiées de la commune de Hassi L’Fhel...	27
Figure 10. La variation spatiale du pH des eaux étudiées de la commune de Hassi L’Fhel...	27
Figure 11. La variation spatiale de la CE des eaux étudiées de la commune de Hassi L’Fhel..	28
Figure 12. La variation spatiale de la turbidité des eaux étudiées de la commune de Hassi L’Fhel.....	29
Figure 13. La variation spatiale de TDS des eaux étudiées de la commune de Hassi L’Fhel...	29
Figure 14. La variation spatiale de TH des eaux étudiées de la commune de Hassi L’Fhel...	30
Figure 15. La variation spatiale de Ca^{++} des eaux étudiées de la commune de Hassi L’Fhel...	31
Figure 16. La variation spatiale de Mg^{++} des eaux étudiées de la commune de Hassi l’fhl ...	31
Figure 17. La variation spatiale de Na^{+} des eaux étudiées de la commune de Hassi L’Fhel...	32
Figure 18. La variation spatiale de K^{+} des eaux étudiées de la commune de Hassi L’Fhel.....	33
Figure 19. La variation spatiale de Cl^{-} des eaux étudiées de la commune de Hassi L’Fhel...	33
Figure 20. La variation spatiale de HCO_3^{-} des eaux étudiées de la commune de Hassi L’Fhel	34
Figure 21. La variation spatiale de SO_4^{-2} des eaux étudiées de la commune de Hassi l’Fhel...	35
Figure 22. La variation spatiale de NH_4^{+} des eaux étudiées de la commune de Hassi L’Fhel..	35
Figure 23. La variation spatiale de Fe^{+} des eaux étudiées de la commune de Hassi L’Fhel...	36
Figure 24. La variation spatiale de PO_4^{-} des eaux étudiées de la commune de Hassi L’Fhel...	37
Figure 25. La variation spatiale de NO_2^{-} des eaux étudiées de la commune de Hassi L’Fhel...	37

Liste des tableaux

Titre	Page
Tableau 1. Température moyenne mensuelle de la région d'EL Menéa pour la période 2010-2020 (ONM). T °C: température moyenne mensuelle. m °C: température minimale de chaque mois. M °C: température maximale de chaque mois.....	7
Tableau 2. Précipitation moyenne mensuelle de la région d'EL Menéa pour la période 2010-2020 (ONM)	7
Tableau 3. Humidité relative moyenne mensuelle de la région d'El Menéa pour la période 2010-2020 (ONM).....	8
Tableau 4. Vent moyen mensuel de la région d'El Menéa pour la période 2010-2020.....	8
Tableau 5. Inventaire des puits par commune (DSA, 2019).....	10
Tableau 6. Nombre des forages et volumes d'exploitation de Hassi L'Fhel (ANRH, 2021).....	11
Tableau 7. Points de prélèvement et les coordonnées.....	13
Tableau 8. Paramètres analysés.....	14
Tableau 9. Les normes de paramètre physico-chimiques 2021 et 2022.....	26
Tableau 10. Résultats des analyses bactériologiques de l'échantillon pour les eaux des Puits	38

Table de Matières

ملخص

Résumé

Abstract

Liste d'abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction 1

Chapitre I: Matériel et Méthodes

1. Généralités sur la zone d'étude 5

1.1. Localisation de la région d'étude 5

1.2. Démographie 6

1.3. Agriculture 6

1.4. Climatologie de la région d'El Menéa 6

1.4.1. Température 7

1.4.2. Précipitations 7

1.4.3. Humidité relative de l'air 8

1.4.4. Vent 8

1.5. Géologie 9

1.5.1. Géologie régionale 9

1.5.2. Géologie locale 9

1.6. Hydrologie et hydrogéologie 9

1.7. Identification hydrogéologique 10

1.7.1. Nappes phréatiques alluvionnaires 10

1.7.2. Nappe du Continental Intercalaire 11

2. Méthode de travail 12

2.1. Choix de la région d'étude 12

2.2. Echantillonnage de l'eau 12

2.3. Mode de prélèvement 13

2.4. Conservation des échantillons 13

2.5. Choix des points de prélèvement	13
2.6. Paramètres d'analyse d'eau.....	14
2.6.1. Paramètres physiques	15
2.6.1.1. Température.....	15
2.6.1.2. Conductivité électrique.....	15
2.6.1.3. Potentiel d'hydrogène (pH)	16
2.6.1.4. Turbidité	16
2.6.1.5. Taux de minéralisation total (TDS)	16
2.6.2. Paramètres chimiques.....	16
2.6.2.2. Calcium.....	17
2.6.2.3. Magnésium	17
2.6.2.4. Chlorure	17
2.6.2.5. Sodium et potassium.....	17
2.6.2.6. Bicarbonates	18
2.6.2.7. Sulfate.....	18
2.6.3. Paramètres de pollution.....	18
2.6.3.1. Fer.....	18
2.6.3.2. Ammonium.....	18
2.6.3.3. Orthophosphates	19
2.6.3.4. Nitrites	19
2.6.4. Analyses bactériologiques.....	19
2.6.4.1. Méthodes d'analyses bactériologiques	19

Chapitre I: Résultats et Discussions

1. Résultats des analyses physico-chimiques.....	26
1.1 Paramètres physiques.....	26
1.1.1. Température	26
1.1.2. Potentiel d'hydrogène	27
1.1.3. Conductivité électrique	28
1.1.4. Turbidité.....	28
1.1.5. T.D.S	29
1.2. Parametres chimiques	30
1.2.1. Dureté.....	30

1.2.2. Cations	30
1.2.2.1. Calcium	30
1.2.2.2. Magnésium.....	31
1.2.2.3. Sodium	32
1.2.2.4. Potassium	32
1.2.3. Anion	33
1.2.3.1. Chlorure.....	33
1.2.3.2. Bicarbonates	34
1.2.3.3. Sulfates	34
1.3. Paramètres de la pollution	35
1.3.1. Ammonium	35
1.3.2. Fer	36
1.3.3. Orthophosphates	36
1.3.4. Nitrite	37
2. Résultats des analyses bactériologiques.....	38
Conclusion	40
Références bibliographiques.....	42
Annexe	

Introduction

Introduction

L'eau est l'élément essentiel à la vie, il représente un pourcentage très important dans la constitution de tous les êtres vivants. Cette ressource qui répond aux besoins fondamentaux de l'homme est un potentiel économique important particulièrement pour générer et entretenir la prospérité à travers certaines activités telles que l'agriculture (l'irrigation), la production d'énergie, l'industrie, le transport et le tourisme (Paturelje *et al.*, 2010).

Les eaux souterraines sont une source importante d'approvisionnement en eau, dans le monde entier, et offrent une eau de meilleure qualité que les eaux de surface. Ces eaux constituent 23 % des ressources en eau douce de la planète qui doivent être conservées et protégées de toutes sortes de pollutions (Laaouan *et al.*, 2016).

En Algérie, les eaux souterraines sont polluées à partir de la surface et sont irréversiblement endommagées par l'intrusion d'eau saline, la surexploitation des couches aquifères entame la capacité de celle-ci à retenir l'eau, ce qui provoque l'enfoncement des couches sous-jacentes (Remini, 2010). Un nombre important de villes se révèlent incapables de fournir en quantité suffisante de l'eau potable et des équipements d'hygiène (Remini, 2010)

La région de Hassi L'Fhel est une commune de la wilaya d'El Menéa qui se situe au centre du Sahara Septentrional algérien, l'exploitation des eaux dans la zone d'étude a connue une progression très importante pendant les dernières années, a grande partie pour l'utilisation dans les domaines agricoles et pour la consommation humaine .

La qualité de l'eau correspond à un ensemble de critères physico-chimiques et bactériologique qui déterminent le degré de pureté et par conséquent la vocation aux divers usages (Ramad, 1998).

Pour cela nous avons mis en évidence cette étude, dans la région de Hassi L'Fhel de wilaya d'El Menéa, afin d'identifier ces caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques de ces eaux souterraines destinées essentiellement à l'irrigation et à la potabilité .

Ce travail s'articulera autour de deux grands axes :

Nous aborderons dans le premier axe, la partie physico- chimique et bactériologiques, nous analyserons et présenterons la partie théorique pour mettre en évidence l'ensemble des méthodes et matériels utilisés durant la campagne de prélèvement des échantillons d'eau au niveau de l'ADE de Ghardaia .

Le second axe comprend à l'analyse des facteurs, on s'intéressera à l'interprétation des résultats des données d'analyses et développer les anomalies de cette recherche. Cet axe viendra compléter ou confirmer les résultats du premier axe, et finalement une conclusion générale.

Chapitre I

Matériel et Méthodes

1. Généralités sur la zone d'étude

1.1. Localisation de la région d'étude

L'oasis d' El Menéa est le point le plus méridional de l'Algérie. Elle appartient au bassin versant saharien occupant une surface de 49000 km². Cette zone est située entre les latitudes 30°22'13" et 30°38'31" et les longitudes 2°51'56" et 2°56'04" ; l'altitude moyenne est de 396 m. Du point de vue administratif, El Menéa est devenue Wilaya depuis Novembre 2019 (KESBI et KOUZRIT, 2021), distant à la capitale Alger d'environ 900 km. Elle limitée au nord par la Wilaya de Ghardaïa (270 km), au sud par la Wilaya d'Ain Salah (400 km), à l'est par la Wilaya d'Ouargla (410 km) et à l'Ouest par la wilaya de Timimoun (360 km) et El Bayadh (Fig 1).

Cette région constitue actuellement un lieu de rencontre des voies venant du côté Ouest du Saoura (Adrar, Timimoune) et du plein sud (Tamanrasset, In Salah et Niger), et la route nationale projetée de l'est (Hassi Messaoud, Ouargla). Sa position géographique et géostratégique attire les populations voisines. Elle permet d'établir un équilibre spatial et fonctionnel pour l'ensemble de la wilaya, et lui offre un statut d'une zone militaire importante (Fenazi, 2022).

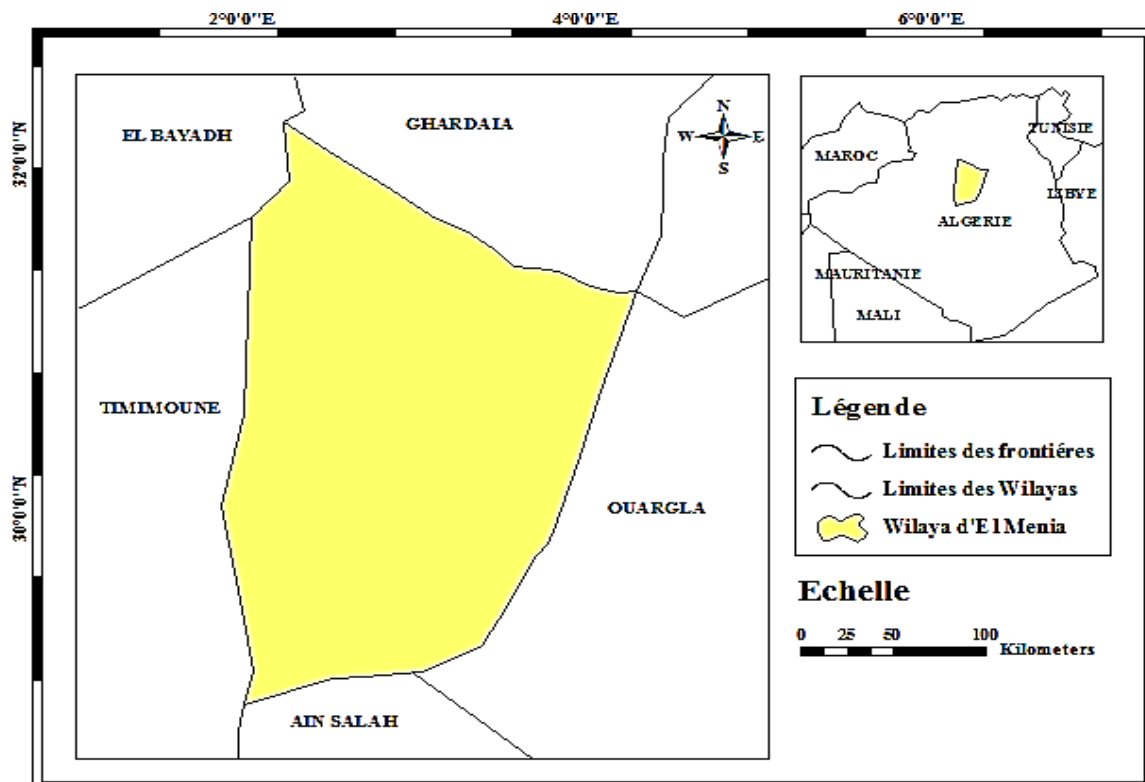


Figure 1. Situation géographique de la wilaya d'El Menéa. (Fenazi, 2022).

1.2. Démographie

La démographie des états doit être considérée comme l'un des facteurs fondamentaux de la puissance (ou de l'impuissance) vue les contraintes qu'elle impose au développement économique (Joyaux, 2018). El Menéa une daïra depuis la période coloniale en 1957 et puis Wilaya depuis novembre 2019, ce nouveau découpage vise à améliorer les conditions de vie des citoyens, créer une mobilité économique dans la région et enfin limiter les difficultés dues à l'isolement dans les zones d'ombre. Actuellement, la superficie de la wilaya est de 49000 km² avec une population de 58000 habitants, soit 1.2 hab/km² et un taux de croissance de 2.33 % (ABH, 2017).

1.3. Agriculture

Plusieurs facteurs caractérisent l'activité agricole de la région : l'agressivité du climat (précipitations faibles, évapotranspiration excessive...), la nature du sol dans les zones de production agricole, le système oasien, les vastes zones agricoles, le réservoir hydrogéologique (DPSB, 2016). L'exploitation du milieu : Il y a deux façons principales d'exploiter cet environnement :

- ❖ L'ancienne oasis : s'appuyer entièrement sur l'exploitation des eaux souterraines peu profondes ou des crues d'oueds.
- ❖ La mise en valeur de vastes zones agricoles la création des nouveaux périmètres irrigués par

La production agricole, dans la région d' El Menéa, est caractérisée par les fourrages de 119.945 tonnes, la culture maraîchère est de 76.412 tonnes, la phoeniciculture est de 57.500 tonnes, les céréales sont de 13.640 tonnes, les agrumes sont de 6.628 tonnes et les cultures industrielles 675 tonnes (Benkrima et Benkrima, 2021).

1.4. Climatologie de la région d'El Menéa

La Wilaya d'El Menéa est caractérisée par un climat Saharien, avec une pluviométrie très réduite, des températures élevées, une forte évaporation. Le climat est de type aride avec des vents dominants de Nord et Nord-est, ceux venant de l'Est et du Sud–Est sont les plus dangereux car ils sont favorables au transport de sable vent de sable (onm 2010 - 2020)

1.4.1. Température

La température est un élément fondamental du climat. Elle est liée à la radiation solaire. Sa variation influe sur la transformation des eaux en vapeur, que ce soit à la surface ou dans le sous-sol de ce fait, elle influe sur le degré d'évapotranspiration et par conséquent elle agit sur le taux de salinité des eaux. Toutefois, la température a un rôle important dans la variation des composantes du bilan hydrologique.

Les températures mensuelles moyennes varient considérablement dans la région. Les hivers sont froids, en particulier en janvier avec une moyenne de 11,76°C, et décembre avec une moyenne de 12,27°C. En revanche, les mois de juillet et août connaissent des températures moyennes mensuelles plus élevées, se situant entre 34,08°C en août et 35,49°C en juillet (tab 1). La température moyenne annuelle est d'environ 26,11°C. Les températures les plus élevées sont enregistrées en juillet et août, atteignant entre 41,35°C et 40,63°C. Les températures minimales les plus basses sont enregistrées en décembre et janvier, variant entre 7,28°C et 6,33°C.

Tableau 1. Température moyenne mensuelle de la région de Ghardaïa pour la période 2012-2021 (ONM).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aut	Sep	Oct	Nov	Dec
T moy (°C)	11.76	13.12	16.94	21.91	27.93	31.98	35.49	34.08	30.76	23.58	16.46	12.27
Moy max (°C)	17.91	18.73	22.68	28.04	33.06	38.15	41.35	40.63	35.78	29.42	21.94	17.56
Moy min (°C)	6.33	7.58	10.93	15.21	20.08	25.75	28.55	27.54	23.82	17.78	11.22	7.28

T (°C): température moyenne mensuelle.

m (°C): température minimale de chaque mois.

M (°C): température maximale de chaque mois.

1.4.2 Précipitations

L'eau doit son importance, au niveau de la vie animale et végétale. Avec la température, les précipitations représentent les facteurs les plus importants du climat.

L'eau dont dispose la végétation dépend des pluies, de la grêle, ...etc., en plus de leurs raretés les précipitations au niveau de la région de Ghardaïa sont irrégulières, alors que la sécheresse est presque absolue de Mai à Aout ; le mois de Janvier (2.13 mm) est le plus pluvieux et le mois de Juillet (0.2 mm) est le plus sec. Tabl 2.

Tableau 2. Précipitation moyenne mensuelle de la région de Ghardaïa pour la période 2012-2021 (ONM).

Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	cumul
P (mm)	2.13	3.73	4.6	4.37	3.89	0.92	0.2	7.77	5.84	3.5	5.44	3.17	45.56

1.4. 3. Humidité relative de l'air

L'humidité est définie comme étant le rapport entre la pression partielle de la vapeur d'eau dans l'air humide et la pression de saturation à la même température. Elle est exprimée en pourcentage. L'humidité relative dans la région est très faible . Tabl 3.

Tableau 3. Humidité relative moyenne mensuelle de la région de Ghardaïa pour la période 2012-2021 (ONM).

Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
H %	43.74	37.59	35.21	28.56	24.49	20.44	17.84	22.7	30.5	35.3	44.14	51.39

1.4.4. Vent

Le vent est le facteur principal de la topographie désertique. Pendant certaines périodes de l'année, en général en mars et avril, on assiste au Sahara à des véritables tempêtes de sable. Des masses de sable se déplacent avec violence atteignant plusieurs centaines de mètres de haut. L'obscurité règne et toute activité cesse. Ces phénomènes peuvent durer à plus de trois jours avec une accalmie durant la nuit. Tab 4.

Tableau 4. Vent moyen mensuel de la région de Ghardaïa pour la période 2012-2021 (ONM).

Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
V(Km/h)	11.9	15.8	16.3	16.4	15.7	15.1	12.9	11.8	11.1	10.3	11.4	11.3

1.5. Géologie

1.5. 1. Géologie régionale

La zone d'étude est située sur les bordures occidentales du bassin sédimentaire secondaire du Bas-Sahara. Les terrains affleurant sont en grande partie attribués au Crétacé supérieur ; ils sont principalement composés par des dépôts calcaires turoniens dolomitiques qui forment un plateau subhorizontal appelé couramment "la dorsale du M'Zab" (Fabre, 1976).

15.2. Géologie locale

La zone d'étude est la région du Bas-Sahara se présente comme une vaste cuvette limitée à l'ouest par la dorsale du Mzab, au sud par les hamadas du Tademaït et de Tinhert et à l'Est par les plateaux du Dahar tunisien. Ses bordures, de hauteur modeste, s'inclinent en pente douce vers la partie déprimée matérialisée par l'axe SSO-NNE des oueds M'Ya et Righ. Vers le Nord au-dessus d'une dépression longitudinale occupée par des chotts et dont le fond est inférieur au niveau de la mer. (Benkrima et Benkrima, 2021)

Du point de vue lithologique, les affleurements sont de type :

- Argiles verdâtres et bariolées à l'Ouest et le Sud-ouest attribués au Cénomaniens.
- En grande partie il est couvert par les dunes du grand erg occidental.
- Calcaires massifs durs ; blanc grisâtre au centre, attribués au Turonien.
- Calcaires marneux et argiles gypseuses à l'Est, attribués au Sénonien.
- Sables rougeâtre consolidés à Est et au Nord-est attribués au Mio-pliocène.
- Alluvions quaternaires tapissant le fond des vallées des oueds

1.6. Hydrologie et hydrogéologie

La zone d'étude est caractérisée par la manifestation d'un réseau hydrographique important (Fig 2). Oued L'Fhel est limitée entre oued Touiel et Oued Abiod au Nord et Oued Terhir et Oued Saheb el Kasdir au Sud avec un sens d'écoulement du Nord-Ouest vers le Sud-Est, en amont au N-O de Hassi L'Fhel (Brezina, Bayad) et Vers l'aval au SE (Oued Mya, Ouargla). Les paramètres de bassin versant qui couvrent la zone d'étude se récapitule dans les points suivants:

- L'altitude en amont est oscille (540-570 m).
- L'altitude en aval est entre (360-380 m)
- La surface est estimée à 544.012 km².
- Le périmètre est estimé à 122.539 km

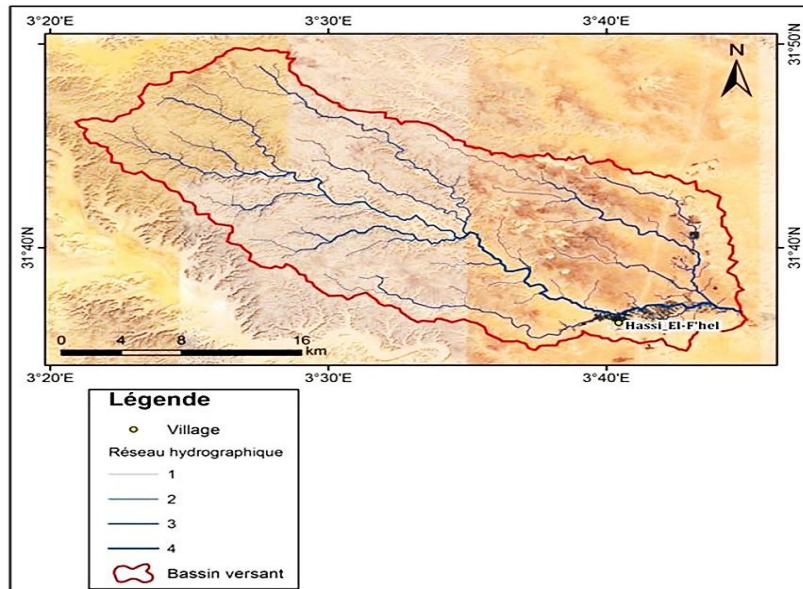


Figure 2. Réseau hydrographique de la région de Hassi L'Fhel (Benkrima et Benkrima, 2021)

1.7. Identification hydrogéologique

1.7.1. Nappes phréatiques alluvionnaires

Il s'agit de nappes superficielles ou alluviales, généralement exploitées par puits. Ce sont des nappes peu profondes, et variées selon la saison ; 10 à 50 m en période des basses eaux (Tabl 5). La nappe alluviale de Hassi L'Fhel est alimentée par les crues d'Oued L'Fhel et les eaux d'irrigation. Les formations de cette nappe sont des calcaire-marneux d'âge Turonien. Ces nappes sont captées par des centaines de puits traditionnels, et destinées essentiellement, pour irriguer les palmeraies.

Tableau 5. Inventaire des puits par commune (DSA, 2019)

Communes	Nombre de puits	Débit (l/s)
El Menéa	200	400
Hssi L'Fhel	18	54
Hassi Gara	-	-
Total	218	454

1.7.2. Nappe du Continental Intercalaire

C'est une nappe qui est partagée entre trois pays maghrébins : l'Algérie, la Tunisie et la Libye.

La partie Algérienne du Continental Intercalaire (CI) couvre 600 000 Km². Elle stocke un volume d'eau considérable, estimé à 50 000 milliards m³ environ (Fig 3) (SASS, 2000). Le CI est le plus grand réservoir dans tous le Sahara, d'âge crétacé inférieur (Barrémien et Albien), le réservoir s'étend sur une superficie environ 600000 Km², il s'étend sur tout le bassin sédimentaire du Sahara septentrional, de la vallée d'oued Saoura à l'Ouest, en territoire Tunisien et Liby en à l'Est. Au Nord-Est de la dorsal du M'Zab, le toit de l'aquifère est constitué d'argiles et d'évaporites du Cénomaniens, à une continuité sur tout le bassin d'Ouargla et d'une épaisseur environ de 600 m, d'une profondeur allons de 1200 à 1500 m.

La nappe du Continental intercalaire représente la principale ressource en eau de la région. L'aquifère est composé de sables, grés, marne et d'argiles sableuses d'âge Albien. Elle est captée à une profondeur de 250 à 450 m. Cette nappe est Jaillissante et admet des pressions en tête d'ouvrage de captage, le réservoir principal de la zone d'étude se situe essentiellement dans l'Albien, constitue le principal objectif hydrologique des forages réalisés pour alimenter le village de Hassi L'Fhel en eaux potable et pour l'irrigation. Le nombre de forage capte le CI est 40 forage en 2011, est passé à 42 en 2016.

Il y a 5 forages (Tab 6) d'AEP et 37 forages pour IRR. 33 forage est exploitable, a un débit moyen 20-70 l/s, (ANRH, Ghardaïa, 2011).

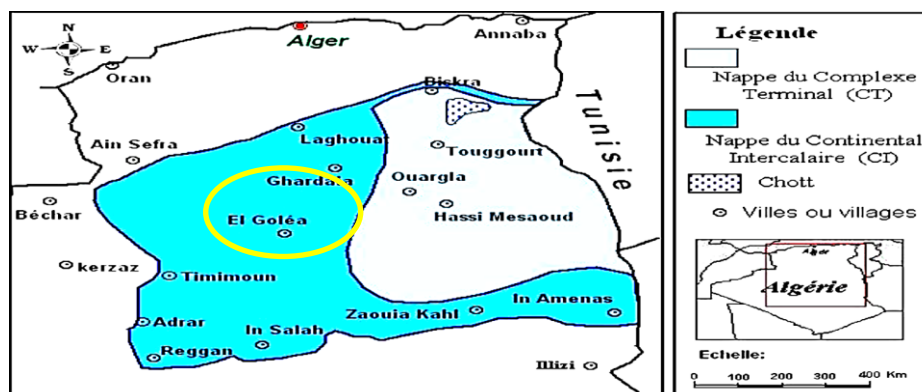


Figure 3. Position de notre région d'étude dans la carte des ressources en eau souterraines du SSAS (Continental Intercalaire et Complexe Terminal) (SASS, 2000)

Tableau 6. Nombre des forages et volumes d’exploitation de Hassi L’Fhel (ANRH, 2021)

Région	Nombre de Forages			Débit moyen (L/s)	Volumes ortie (hm ³ /an)	Profondeur moyen (m)	Destination
	Total	Exploité	Non Exploité				
Hassi L’Fhel	42	39	3	55	60	453	AEP+IRR

2. Méthode de travail

2.1 Choix de la région d’étude

La zone d’étude (Hassi L’Fhel) est une commune de la wilaya d'El Menéa en Algérie située à 113 km au sud de Ghardaïa (Fig 4). Elle est comprise entre latitude nord 31° 36' 19" et longitude Est 3° 40' 27". Elle couvre une superficie de 6715 km²) et à une population estimée à 3651 habitants. Elle est limitée:

- Au Nord par daïra Mansourah.
- Au Sud par daïra d'El Menéa.
- A l’Est par la wilaya d’Ouargla.
- A l'Ouest par la wilaya d’El-Bayad

2.2. Echantillonnage de l’eau

Le prélèvement d’un échantillon d’eau est un processus délicat à laquelle le plus grand soin doit être apporté ; il conditionne les résultats analytiques et l’interprétation qui en sera donnée. L’échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l’eau (gaz dissous, matières en suspension, etc.). Puisque dans la plupart des cas le responsable du prélèvement n’est pas l’analyste, il convient que le préleveur doit avoir une connaissance précise des conditions d’échantillonnage et de leur importance pour la qualité des résultats analytiques (Rodier et al., 2009).

En général, il est nécessaire de mettre en place une organisation structurée, qui a un personnel qualifié, pour développer une méthodologie adaptée à chaque cas, de procéder à un choix judicieux des points de prélèvements et utilisation d’équipements appropriés. Les erreurs susceptibles de rendre difficile l’interprétation des résultats sont plus souvent liés à un échantillonnage non satisfaisant qu’à des erreurs analytiques proprement dites. En

pratique, le préleveur évitera de constituer un échantillon moyen s'étalant sur plus de 24 hr (Rejsek, 2002).

Concernant ce travail, Les échantillons des eaux de puits ont été prélevés à partir de différentes forages de la wilaya d'El Menéa destinés aux analyses physico-chimiques et bactériologiques effectuées au niveau de laboratoire de (ADE) Ghardaïa pendant le mois décembre 2022.

2.3. Mode de prélèvement

Le mode de prélèvement variera suivant l'origine de l'eau aussi suivant la nature des analyses « physico-chimiques ou bactériologique ». Nous avons prélevés les échantillons à partir de robinets spéciaux pour prélever de l'eau de forage

- ❖ J'ai flambé le robinet avant de faire le prélèvement. Ensuite j'ai lavés les flacons plusieurs fois puis je l'ai rempli jusqu'au bord et fermer bien la bouteille pour éviter la contamination, les flacons sont étiquetés systématiquement en montrant: l'origine de l'eau, l'adresse, lieu du prélèvement et la date de prélèvement.
- ❖ Les échantillons sont placés dans des glacières et envoyer l'échantillon rapidement au laboratoire.

2.4. Conservation des échantillons

Le processus de conservation permet de préserver l'intégrité des échantillons prélevés entre le moment de l'échantillonnage et celui de l'analyse en laboratoire. Cette étape est nécessaire car plusieurs paramètres peuvent subir des modifications physiques ou des réactions chimiques dans le récipient, ce qui altère la qualité originale de l'échantillon. Afin d'obtenir des analyses qui représentent le plus fidèlement possible les conditions du cours d'eau, une conservation physique ou chimique des échantillons doit être effectuée (Hébert et Légaré, 2000).

2.5. Choix des points de prélèvement

Les points de prélèvement sont situés dans différentes forages de Hassi L'Fhel

(Tab 7 et Fig 4)

Tableau 7. Points de prélèvement et les coordonnées

Points d'eaux	Communes	Nom de puits	Coordonnées		
			X	Y	Z
F1	Hassi l'Fhel	El Motaouassita	31.594761	3.675286	391
F2		Guillal	31.602102	3.683561	375
F3		Hay Boummama	31.6024	3.667112	385
F4		El Kadim	31.605833	3.681111	382

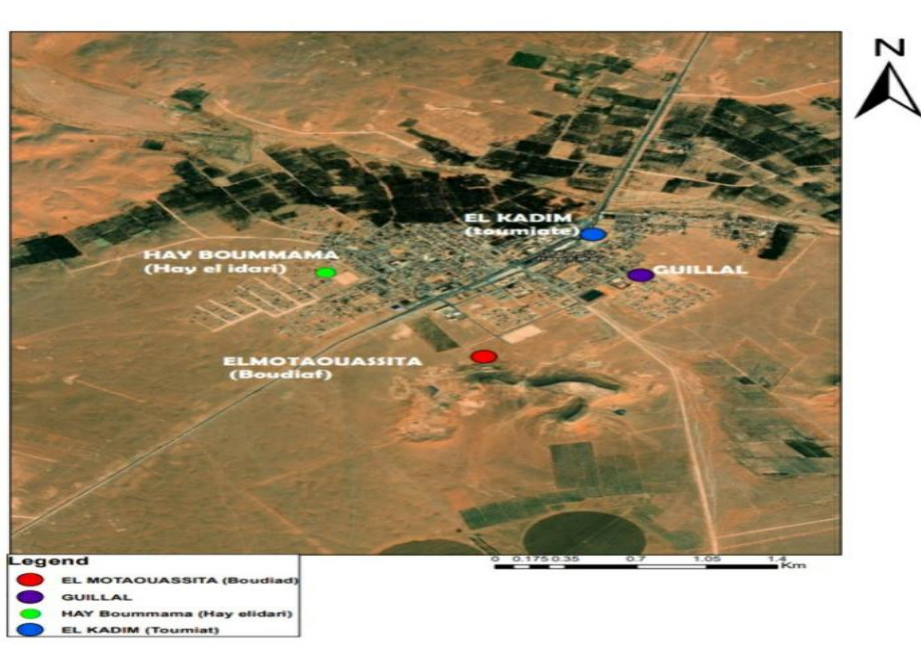


Figure 4. Carte de localisation des forages étudiés dans la commune de Hassi L'Fhel.(Chouter , 2023)

2.6. Paramètres d'analyse d'eau

Les analyses ont été réalisées au sein du laboratoire d'Algérienne Des Eaux (ADE de Ghardaïa). Tab 8.

Tableau 8. Paramètres analysés.

Paramètres physiques	Paramètres chimiques		Paramètres bactériologiques
	Minéralisation Globale	Paramètres indésirables et de pollution	
La température pH Conductivité Turbidité T.D.S	Dureté Totale (TH) Bicarbonate (HCO_3^-) Calcium (Ca^{2+}) Magnésium (Mg^{2+}) Sodium (Na^+) Potassium (K^+) Chlorures (Cl^-) Sulfate (SO_4^{2-})	Ammonium (NH_4^+) Phosphate (PO_4^-) Fer (Fe^{2+}) Nitrite (NO_2^-)	Coliformes totaux Escherichia coli Streptocoque fécaux Spores A.S.R

2.6.1. Paramètres physiques

2.6.1.1. Température

Il est important de connaître la température (T) de l'eau avec une bonne précision. En effet celle-ci joue un rôle dans la solubilité des gaz, dans la dissociation des sels dissous et dans la détermination du pH (Rodier *et al.*, 2005).

Les valeurs de la température mesurée des eaux de forage en 2022 sont de 17.9 à 16.3 °C, tandis que celles mesurées en 2021 sont de 1.56 à 0.266 °C.

2.6.1.2. Conductivité électrique

Valeur de la conductivité (CE) représente la concentration en ions d'une solution mesurée, plus une solution contient de sel, d'acide ou de base, plus sa conductivité est élevée.

Ont la mesure en utilisant la méthode électrochimique de résistance à l'aide d'un conductimètre (Bagra et Telli, 2018).

Les valeurs mesurée en 2022 sont de 984 à 774 $\mu\text{S}/\text{cm}$, alors que celles mesurées en 2021, sont entre (988 $\mu\text{S}/\text{cm}$ -772 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

2.6.1.3. Potentiel d'hydrogène (pH)

Sa mesure est déterminée à l'aide d'un pH-mètre, il aide a déterminé l'acidité, la neutralité ou la basicité de l'eau.

Il est important de connaître la température (T) de l'eau avec une bonne précision. En effet celle-ci joue un rôle dans la solubilité des gaz, dans la dissociation des sels dissous et dans la détermination du pH (Rodier *et al.*, 2005).

Les valeurs de pH en 2022 sont entre 8.26 et 7.99 et en 2021 enregistrent des valeurs entre 8.21 et 8.12.

2.6.1.4. Turbidité

La turbidité a été mesurée à l'aide d'un turbidimètre. C'est la réduction de la transparence de l'eau due à la présence de matière non dissoute. La turbidité se mesure en unité néphélogétrie (NTU) (Rodier *et al.*, 2005).

Les valeurs durant l'année 2022 sont de 1.61 à 0.119 NTU alors qu'en 2021 elles sont variées entre 2.56 et 0.266 NTU

2.6.1.5. Taux de minéralisation total (TDS)

Pour mesurer es paramètre, on utilise le même appareil : le conductivité-mètre. L'analyse est effectuée par immersion directe de l'électrode dans les flacons porteurs d'échantillons (sans oublie de rincer rigoureusement l'électrode après chaque mesure). Les résultats sont affichés directement dans l'appareil.

Les valeurs de 2022 sont de 502 à 394mg/l et en 2021 sont de 504 à 39mg/l.

2.6.2. Paramètres chimiques

2.6.2.1. Dureté

La dureté est dosée par titrimétrie à l'EDTA Titrage et une solution tampon. Le mordant noir, qui donne une couleur rouge foncé ou violette en présence des ions calcium et magnésium est utilisé comme indicateur (Iso, 1984).

Les valeurs de 2022 sont entre 508 et 288 F° et en 2021 sont entre 480 et 392 F°

2.6.2.2. Calcium

Le calcium (Ca^{++}) est déterminé par le titrage. Titrimétrie à l'EDTA Titrage des ions Ca^{2+} avec EDTA à un pH compris entre 12 et 13. Le HSN, qui forme un complexe rouge avec le calcium, est utilisé comme indicateur (Iso, 1984). Les valeurs en 2022 sont de 72.144 à 65.731 mg/l et en 2021 sont entre 86.572 et 56.112 mg/l

2.6.2.3. Magnésium

Le magnésium (Mg^{++}) peut être estimé par la différence entre la dureté totale (TH) et le calcium (Rodier *et al.*, 2009). Elle est exprimée par cette équation:

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

Les valeurs sont entre 79.70 et 29.16 mg/l en 2022 et elles sont entre 68.04 et 42.77 mg/l en 2021

2.6.2.4. Chlorure

Ce paramètre est déterminé par le titrage. Le chlore (Cl^-) est précipité par du nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge de chromate d'argent (Iso, 1984).

Les valeurs sont en 2022 entre 165.920 et 116.285 mg/l et en 2021 sont entre 168.756 et 107.777 mg/l

2.6.2.5. Sodium et potassium

Le dosage se fait à l'aide d'un spectrophotomètre d'émission de flamme. Aspiration de l'échantillon dans une flamme de gaz, présentant une énergie thermique suffisante pour provoquer l'émission de radiations caractéristiques du sodium (Na^+) et du potassium (K^+) présents dans la solution (Iso, 1993).

Lorsque les atomes d'un élément sont excités par une flamme, ils émettent des radiations de longueur d'onde déterminée dont l'intensité est mesurée par spectrophotométrie (Rodier, 2009)

- Les valeurs de (Na^+) sont entre 105 et 78.57 mg/l en 2022 et 2021 ;
- Les valeurs de (K^+) sont entre 8 et 10 mg/l en 2022 et 2021.

2.6.2.6. Bicarbonates

Le dosage des bicarbonates (HCO_3^-) est effectué par titrimétrie. Ces déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué en présence d'un indicateur coloré (Iso, 1989).

Les valeurs en 2022 sont entre 217.16 et 139.08 mg/l et en 2021 sont entre 217.16 et 183 mg/l.

2.6.2.7. Sulfate

Les mesures de sulfate sont déterminées à l'aide d'un spectrophotomètre de type DR 6000. Les ions sulfates se précipitent en milieu acide et en présence du chlorure de baryum (BaCl_2) pour former du sulfate de baryum (BaSO_4) (Rodier, 2009).

Les valeurs en 2022 sont entre 247.25 et 175.93 mg/l et en 2021 sont entre 246.60 et 180.90 mg/l

2.6.3. Paramètres de pollution

La détermination de Fer, NH_4^+ , PO_4^{3-} , NO_2^- . Ces paramètres sont mesurés à l'aide d'un spectrophotomètre.

2.6.3.1. Fer

Le dosage de fer (Fe^{++}) est effectué par spectrophotomètre UV 440 μm . addition d'une solution de phénanthroline-1.10 à une prise d'essai et mesurage photométrique du complexe-rouge-orange, à une longueur d'onde d'environ 510 nm (Iso, 1989).

Les valeurs sont en 2022 entre 0.016 et 0 mg/l et en 2021 sont entre 0.007 et 0 mg/l

2.6.3.2. Ammonium

En milieu alcalin et en présence de nitroprussiate qui agit comme un catalyseur, les ions ammonium (NH_4) traités par une solution de chlore pour les transformer en monochloramine (NH_2Cl) et de phénol donnent du bleu d'indophénol susceptible d'un dosage par spectrométrie d'absorption moléculaire (Rodier et al, 2009).

Les valeurs en 2022 entre 0.020 et 0.002 mg/l et en 2021 entre 0.019 et 0.009 mg/l

2.6.3.3. Orthophosphates

Le dosage par méthode spectrométrie moléculaire : en milieu acide et en présence de mol-ybdate d'ammonium, les orthophosphates donnent un complexe phosphomolybdique, réduit par l'acide ascorbique, développe une coloration bleu susceptible d'un dosage spectrométrique (Rodier, 1996).

Les valeurs de PO_4^- sont nul soit en 2022 ou en 2021.

2.6.3.4. Nitrites

Les nitrites (NO_2^-) constituent une étape importante dans la métabolisation des composés azotés ; ils s'insèrent dans le cycle de l'azote entre l'ammoniac et les nitrates (Bremond Et Vuichard, 1973 ; Merabet, 2010). En l'absence de pollution, il n'y a pas ou très peu de nitrites dans les eaux (Rodier et *al.*, 2009)

Les valeurs en 2022 entre 0.053 et 0.002 mg/l et en 2021 entre 0.090 et 0 mg/l

2.6.4. Analyses bactériologiques

Un examen bactériologique ne peut être valablement interprété que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé dans un récipient stérilisé selon un mode opératoire précis évitant toute contamination accidentelle, correctement transporté au laboratoire et analysé sans délai ou après une courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes.

Le récipient utilisé doit assurer, une fois bouché, une protection totale contre toute contamination. On peut utiliser des flacons en verre de 250 ml hermétiquement fermés. Avant tout usage, ces flacons doivent être soigneusement lavés, séchés, puis stérilisés à l'autoclave pendant 30 minutes à 120°C et ensuite fermés au moyen de bouchons stérilisés. (Rodier et *al.*, 2009).

2.6.4.1. Méthodes d'analyses bactériologiques

A. Recherche et dénombrement des germes totaux

Le dénombrement des germes totaux (Fig 5), consiste en une estimation du nombre total des germes dans l'eau.

Le milieu Gélosé TGEA est fondu dans un bain marie à 100 °C puis il est refroidi à environ 40°C. Près du bec bunsen, nous versons 1 ml d'eau à analyser dans une boîte de pétri (Deux boîtes sont utilisées pour chaque germe recherché). On ajoute le Gélose TGEA en surfusion puis on mélange avec précaution par rotation lente, et on laisse se solidifier.

L'incubation des germes aérobies dure 48h à 37 °C pour une boîte et 48 h à 22 °C pour l'autre boîte.

Après incubation, nous dénombrons les boîtes de pétri, on prend en considération les boîtes contenant un nombre entre 30 et 300 UFC/ml (Unité Formant une Colonie)

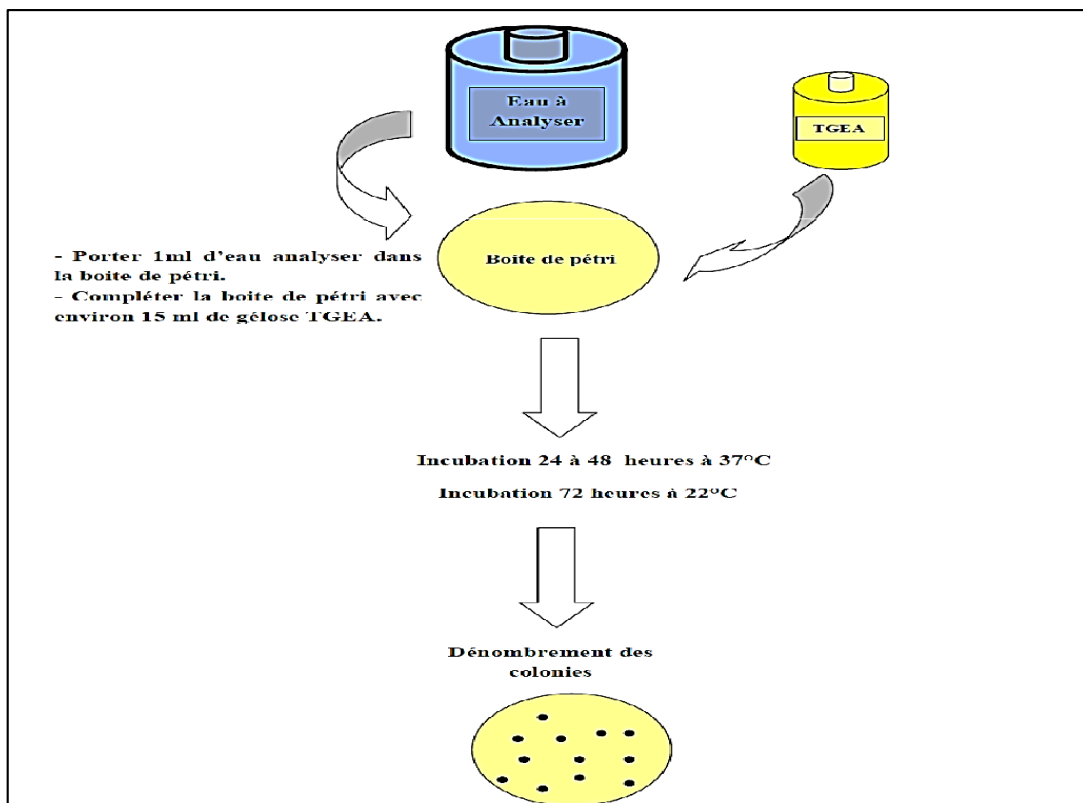


Figure 5. Recherche et dénombrement des germes totaux dans l'eau. (Ben tassa et Guettaf ,2021)

B. Recherche et dénombrement des coliformes et d'Escherichia coli

La colimétrie consiste à déceler et dénombrer les coliformes et parmi eux Escherichia coli.

Elle s'effectue en deux temps :

- ❖ **La recherche des coliformes : le dénombrement s'effectue selon la méthode du nombre le plus probable (NPP)**

On ensemence 5 tubes de BCPL à double concentration munis d'une cloche de Durham avec 10 ml d'eau à analyser et on ensemence 2 tubes de BCPL simple concentration munis d'une cloche de Durham avec 1 ml d'eau à analyser et 0,1ml. On agite pour homogénéiser sans faire pénétrer l'air dans la cloche et on place les tubes dans une étuve à 37°C pendant 48h.

Après l'incubation, les tubes considérés comme positifs présentent un trouble dans toute la masse liquide, avec virage du violet au jaune et un dégagement de gaz dans la cloche.

Le nombre de coliformes totaux par 100 ml sera obtenu en comparant le nombre des tubes positifs et on se référant à la table de Mac Credy qui nous donne le nombre le plus probable (NPP).

❖ **Recherche des Escherichia coli** (Fig 6)

A partir d'un tube positif de BPCL, on prend 1ml qu'on ensemence dans bouillon Schubert avec cloche de Durham. Puis on incube à 44 °C, pendant 24 h.

On considère comme positifs les tubes contenant un dégagement de gaz dans la cloche et formation d'un anneau rouge après addition du réactif de Kovacs qui témoigne de la production d'indole confirmant la présence d'Escherichia coli.

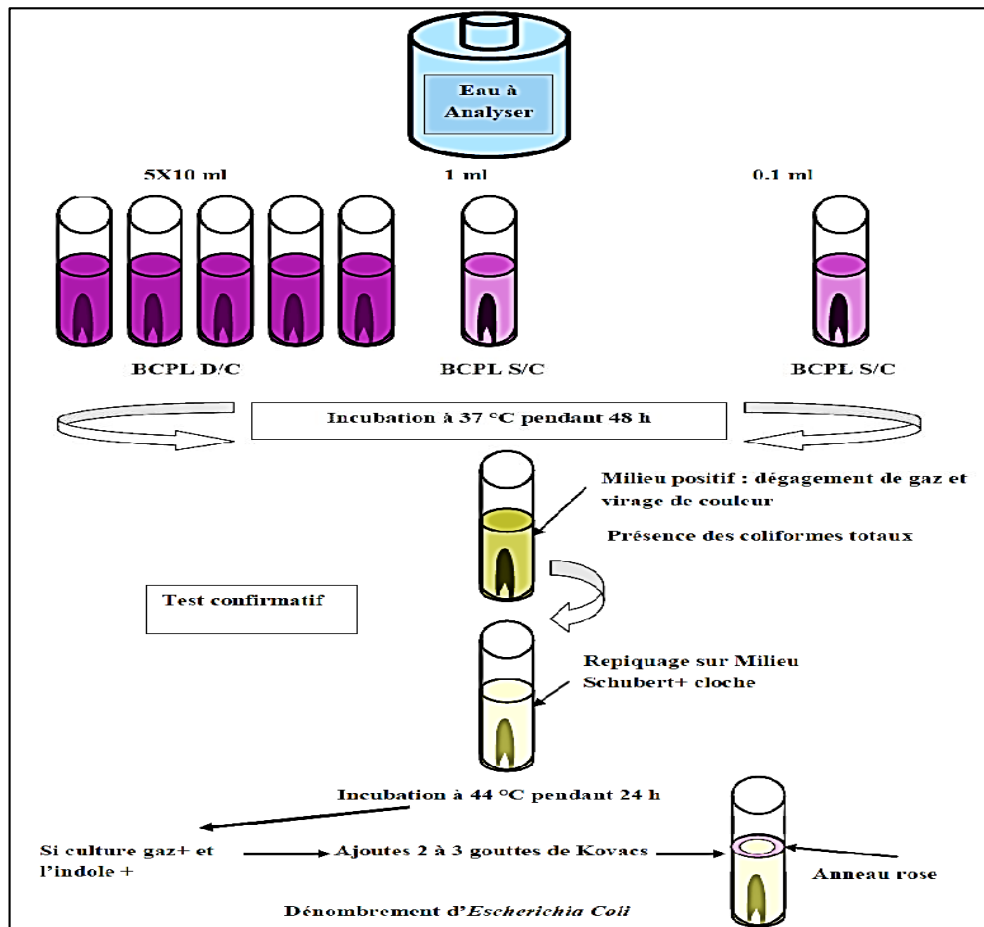


Figure 6. Recherche et dénombrement des coliformes et d'Escherichia coli (Ben tassa et Guettaf, 2021)

C. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux (Fig 7)

- **Test présomptif :** On ensemence 5 tubes de Rothe à double concentration avec 10 ml d'eau à analyser et 2 tubes de Rothe simple concentration avec 1 ml d'eau à analyser et 0,1ml. On agite pour homogénéiser et on place les tubes dans une étuve à 37°C pendant 48h.

Après l'incubation, les tubes présentant un trouble microbien témoignent la présence des Streptocoques fécaux.

- **Test confirmatif :** Après agitation des tubes du milieu Rothe positif, on prélève de chacun d'eux successivement quelques gouttes avec une pipette Pasteur puis on les reporte dans des tubes du milieu EVA Litsky. Puis on incube à 37°C pendant 24h.

L'apparition d'un trouble microbien confirme la présence des Streptocoques fécaux.

On note le nombre de tubes positifs dans chaque série et on se reporte à la table de NPP pour obtenir le nombre de Streptocoques présents dans 100 ml.

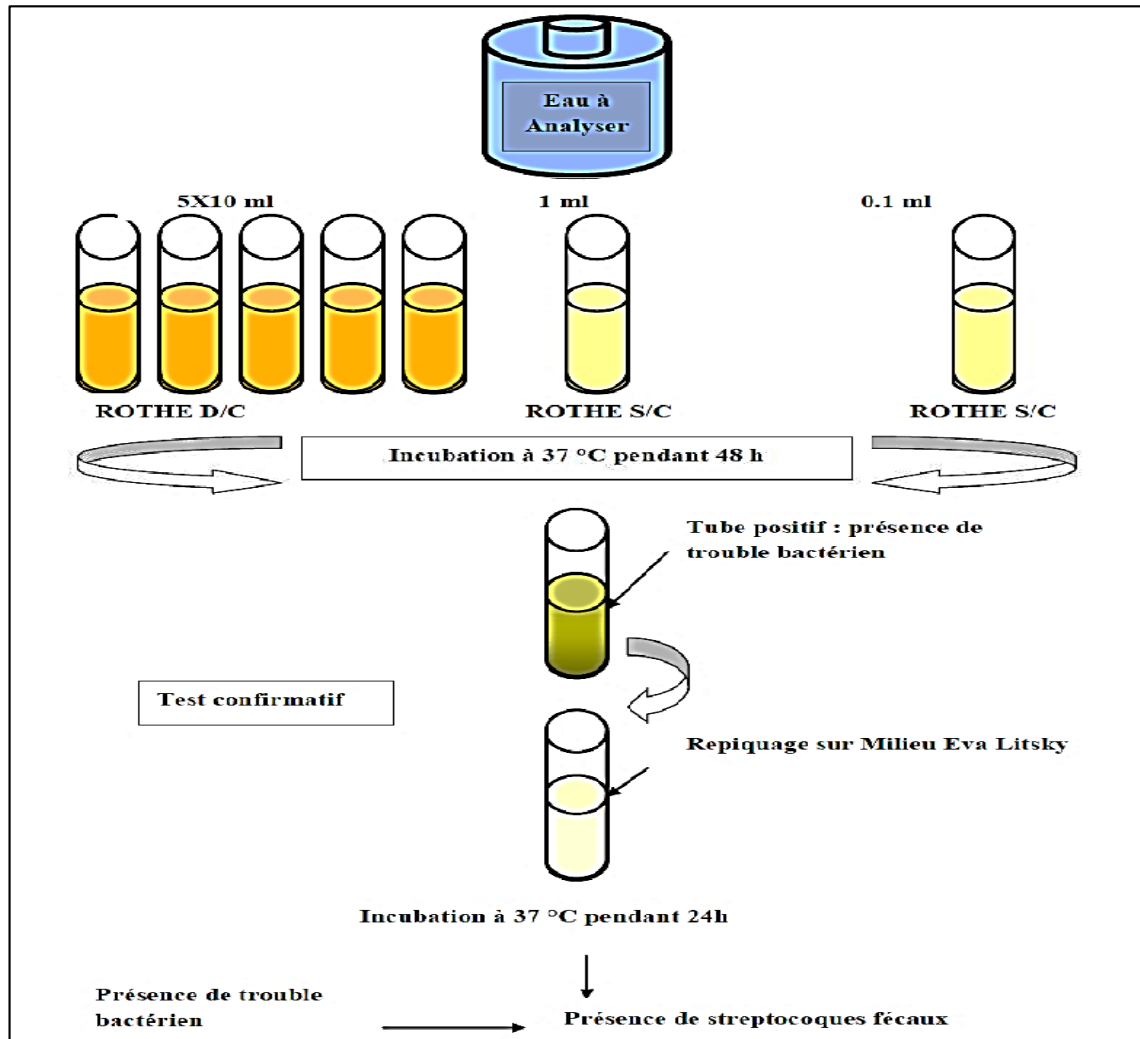


Figure 7. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux dans l'eau. (Ben tassa et Guettaf ,2021)

D. Recherche et dénombrement des spores de clostridium sulfito-réducteur

On répartit 20 ml d'eau à analyser dans 4 tubes stériles à raison de 5 ml par tube, puis on place les tubes dans un bain marie à 80°C pendant 10 ; puis un refroidissement sous l'eau de robinet(choc thermique qui à pour but d'éliminer la forme végétative et reste seulement la formesporulée des bactéries Sulfito-Réducteurs) (Fig 8).

On coule dans chacun 15 ml de la gélose viande foie et 0.4 ml de sulfite de sodium et 4 gouttes d'alun de fer et on mélange puis on incube à 37 °C pendant 48h.

On considère comme spore de bactérie anaérobie sulfite réductrice, toute colonie noire entourée d'un halo noir, on exprime les résultats en nombre de spores par 20 ml.

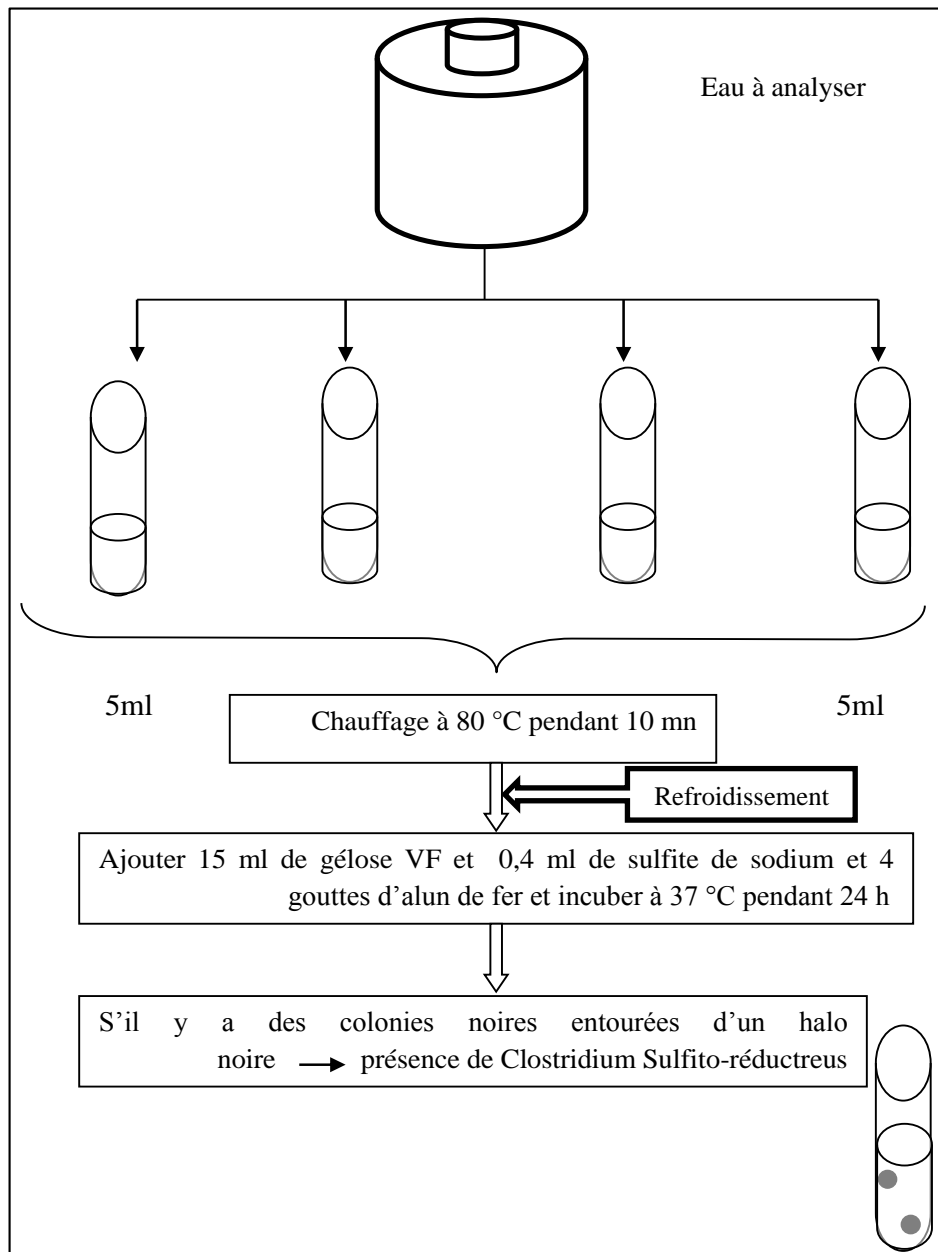


Figure 8. Méthode de dénombrement des spores de *Clostridium* Sulfite-réductre (Ben tassa et Guettaf, 2021)

Chapitre II

Résultats et Discussions

1. Résultats des analyses physico-chimiques

1.1 Paramètres physiques

La qualité de l'eau est définie par certaines caractéristiques physiques, chimiques et bactériologiques. Les normes fixent la qualité selon les différents domaines d'utilisation de ces eaux tels que l'alimentation en eau potable et l'irrigation.

Ce chapitre sera consacré à l'interprétation des analyses physico – chimiques d'échantillons d'eau au niveau des forages de la ville de Hassi L'Fhel pour l'année 2022 et 2021. Tab 9.

Tableau 9. Résultats d'analyses physico-chimiques des eaux de forages de Hassi L'Fhel pour l'année 2022 et 2021.

	2022				2021			
	F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4
Turb (NTU)	0.0119	1.61	0.275	0.376	1.56	0.266	0.462	0.338
CE (µs/cm)	946	773	976	984	972	772	971	988
pH	7.99	8.1	8.16	8.26	8.12	8.16	8.17	8.21
T°(°C)	16.3	17.7	17.7	17.9	16.2	16.7	17.2	17.6
TDS (mg/L)	482	394	495	502	496	394	495	504
TH (mg/L)	288	392	508	416	392	380	480	420
k ⁺ (mg/L)	8	10	8	8	8	8.66	8	8
Na ⁺ (mg/L)	78.57	78.58	105	96.42	78.57	78.58	105	100
Cl ⁻ (mg/L)	143.23	116.285	137.557	165.92	168.756	107.777	120.540	134.139
HCO ₃ ⁻ (mg/L)	158.6	139.08	204.96	217.16	207.4	158.6	183	217.16
SO ₄ ⁻² (mg/L)	190	183.71	200	175.93	190.59	180.90	200	200.07
Mg ²⁺ (mg/L)	29.16	45.684	79.704	58.32	42.768	58.32	68.04	57.348
Ca ²⁺ (mg/L)	67.334	65.731	72.144	70.54	86.572	56.112	80.116	73.747
NH ₄ ⁺ (mg/L)	0.002	0.018	0.02	0.015	0.009	0.012	0.019	0.013
NO ₂ ⁻ (mg/L)	0.053	0.015	0.049	0.002	0.022	0	0.009	0.090
Fe ⁺² (mg/L)	0	0	0.016	0	0	0.007	0	0
PO ₄ ⁻ (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0

1.1.1 Température

La température est une mesure momentanée, en fonction de l'heure et du lieu de prélèvement, Elle joue un rôle important dans l'augmentation de l'activité chimique, bactérienne et de l'évaporation des eaux, elle varie en fonction de la température extérieure (l'air), des saisons, de la nature géologique et de la profondeur du niveau d'eau par rapport à la surface du sol (Bensaha, 2015)

La température mesurée de l'eau du forage F1 en 2021- est de 16.2 °C et 16.3 °C en 2022, respectivement sont les mêmes

Alors que les Températures mesurées aux F2, F3, et F4 sont de 16.7 à 17,7 °C, 17.2 à 17.7 °C et de 17.6 à 17.9 °C, respectivement, sont identiques (Fig 9).

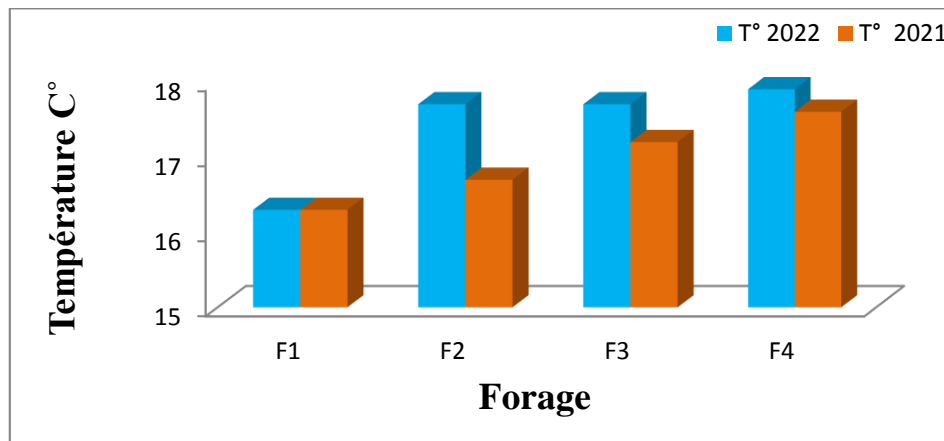


Figure 9. La variation spatiale de la T° des eaux de Hassi l'Fhel

Ces résultats nous permettent de dire que les valeurs de températures obtenues sont conformes aux normes algériennes et confirment des eaux non thermales.

1.1.2. Potentiel d'hydrogène

C'est l'un des paramètres parmi les plus importants pour la qualité de l'eau. Il caractérise un grand nombre d'équilibre physicochimique et dépend des facteurs multiples, dans l'origine de l'eau (Rodie et *al.*, 2005) il est soit inférieur ou supérieur à 7.

En analysant les résultats (Fig 10), on peut constater que :

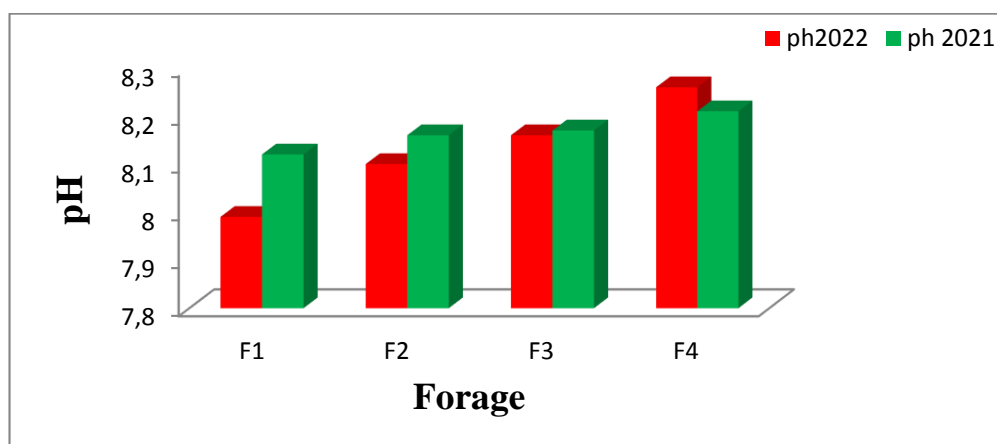


Figure 10. La variation spatiale du pH des eaux de Hassi l'Fhel

La valeur minimale du pH en 2022 est 7,99 caractérisé le forage F1 et en 2021 été 8.12, la valeur maximale en 2022 est 8.26 pour le forage F4 et en 2021 été 8.21.

Les valeurs de pH de F2 et F3 sont identiques, la valeur de pH en 2022 pour F2 est 8.10 et en 2021 été 8.16 alors que pour le F3 en 2022 la valeur 8.16 et en 2021 été 8.17.

Les eaux analysées sont pratiquement neutres à basiques et ne dépassent pas les normes Algériennes.

1.1.3. Conductivité électrique

La conductivité électrique est un paramètre important car il caractérise la minéralisation dans une eau ; Généralement la conductivité électrique augmente avec la concentration des ions en solution et la température (Dib, 2009).

En analysant ces résultats (Fig 11) on peut constater que :

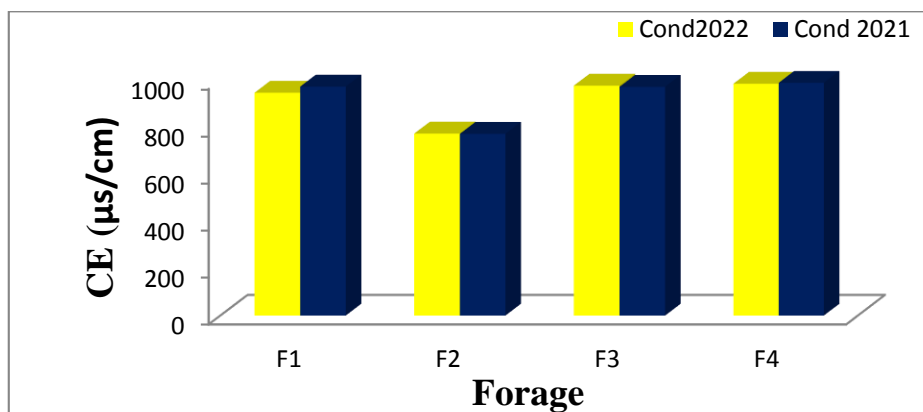


Figure 11. La variation spatiale de CE en µS/cm des eaux de Hassi l’Fhel

La grande valeur de CE est enregistrée au point d’eau F4 (988 µS/cm) et la plus faible est mesurée au niveau de point d’eau F2 (773 µS/cm), alors que la valeur moyenne caractérise le point d’eau F1 avec une valeur de (946 µS/cm) et (976 µS/cm) pour le F3

Toutes les valeurs ne dépassent pas la norme algérienne de potabilité fixée à (2800 µS/cm) (Annexe), les eaux sont donc moyennement minéralisées.

1.1.4. Turbidité

La mesure de la turbidité définit la clarté de l’eau. La turbidité traduit la présence de particules en suspension dans l’eau (débris organiques, argiles, organismes

microscopiques...etc.). Ou d'autres matières microscopiques qui forment un obstacle au passage de la lumière dans l'eau (Hade, 2007).

Les valeurs de la turbidité mesurées (Fig 12) révèlent que tous les puits présentent des valeurs de turbidité. En 2022 les valeurs maximales enregistrées au niveau de F2 (1,61 NTU) et en 2021 au niveau de F1 (1,56 NTU) alors que les valeurs minimales mesurées au niveau de F3 (0.462 NTU) et F4 (0.388 NTU)

ces résultats, les différents points de prélèvement ; F1,F2,F3,F4 indiquent une eau claire qui répond aux normes autorisées pour la turbidité d'une eau potable et qui est de NTU<5 (Annexe)

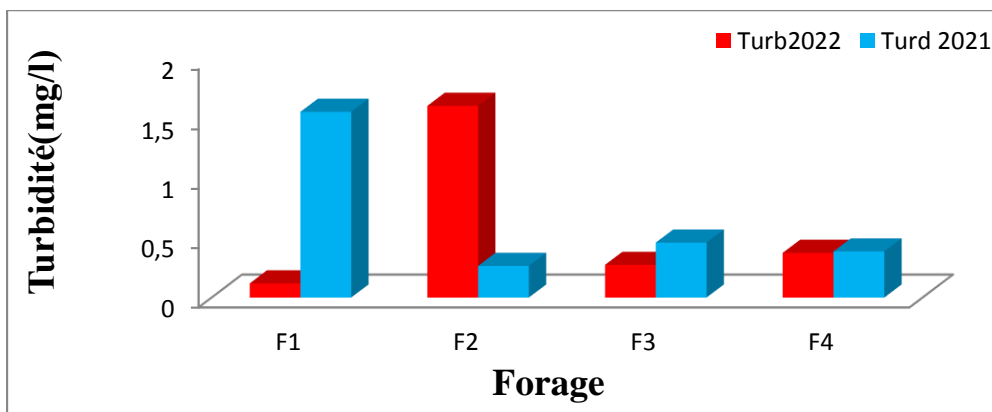


Figure 12. La variation spatiale de la turbidité des eaux de Hassi l’Fhel

1.1.5. T.D.S

Les teneurs en sels dissous (TDS) de l'eau peuvent être mesurées et exprimées de différentes manières selon la période de prélèvement. (Rodier, 1996).

D'une manière générale, TDS varie en fonction de temps la même manière que la conductivité électrique. (Fig 13).

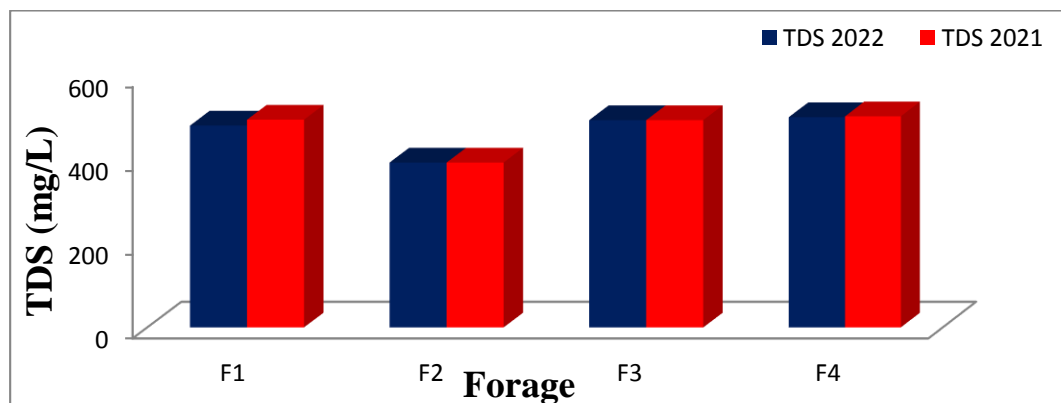


Figure 13. La variation spatiale de TDS des eaux de Hassi l’Fhel

La mesure de la TDS enregistrée au niveau de F4 504 mg/l est la valeur maximale, tandis que la valeur 394 mg/l enregistrée au niveau de F2 est la valeur minimale

Les concentrations du TDS presentent une mineralisation inférieure aux normes Algériennes (Annexe)

1.2. Paramètres chimiques

1.2.1. Dureté

La dureté est un caractère naturel liée au lessivage des terrains traversés et reflète la concentration en sels minéraux dissous dans plus particulièrement en ions de Ca^+ et Mg^{+2} , plus cette concentration est élevée plus l'eau est dure (Rodier et al., 2009).

La valeur maximale de dureté est 508 mg/l au niveau de points d'eau F3, la valeur minimale est 288mg/l enregistrée au niveau de F1 (Fig 14).

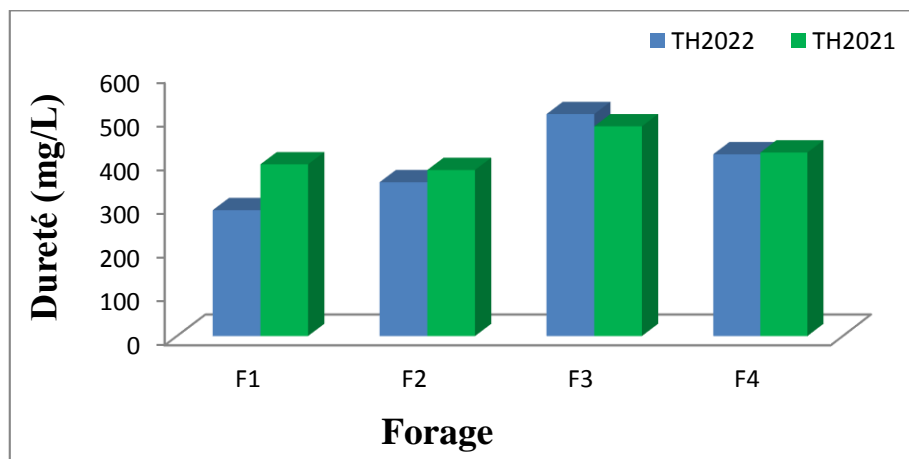


Figure 14. La variation spatiale de TH des eaux de Hassi l'Fhel

La minéralisation obtenue des points d'eau est conforme aux normes Algériennes (Annexe). Donc la qualité dès l'eau étudiée est eau douce.

1.2.2. Cations

1.2.2.1. Calcium

Le calcium est l'élément dominant dans les eaux potable. Sa teneur varie suivant la nature des terrains traversés et extrêmement répandudans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonate. (Rodier, 1996) (Fig 15)

La valeur maximale de Ca^{++} enregistrée est 86.572 mg/l au point d'eau F1, et la valeur minimale est 56.112 mg/l au niveau du F2.

Les résultats obtenus sont inférieurs aux normes Algériennes (Annexe)

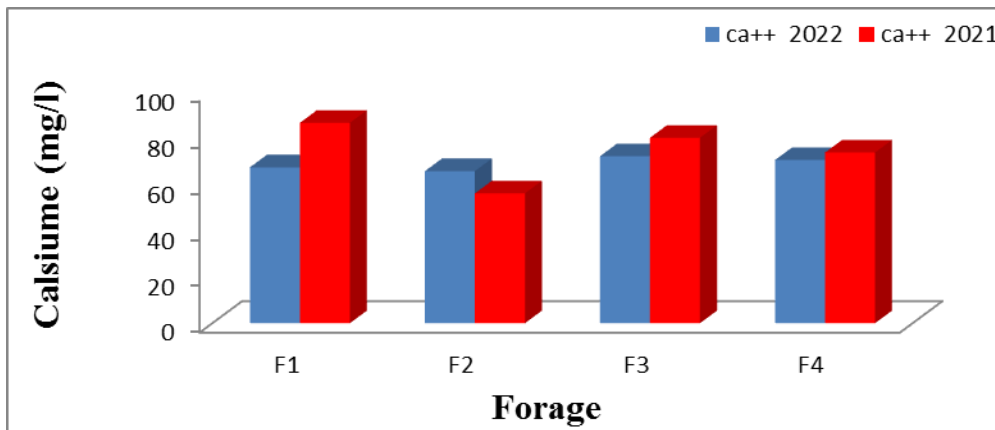


Figure 15. La variation spatiale des Ca^{2+} des eaux de Hassi l’Fhel

1.2.2.2. Magnésium

Le Magnésium est l’un des éléments le plus répandu dans la nature, il constitue environ 02.1% de l’écorce terrestre. Son abondance géologique et sa grande solubilité font que les teneurs dans l’eau peuvent être importantes (Rodier 2009)

C’est un élément significatif de la dureté de l’eau, il donne un goût désagréable à l’eau, la majorité des eaux naturelles contiennent généralement une faible quantité de magnésium (Ladjel et todef, 2002).

Les teneurs en magnésium pour les eaux analysées dans notre zone d’étude variaient (79.704 mg/l) F3 valeur maximale, et (29.160mg/l) la valeur minimale caractérise le point d’eau F1 (fig 16)

Ces valeurs sont inférieures par rapport aux normes algériennes dont la concentration maximale admissible est de 150 mg/l(Annexe).

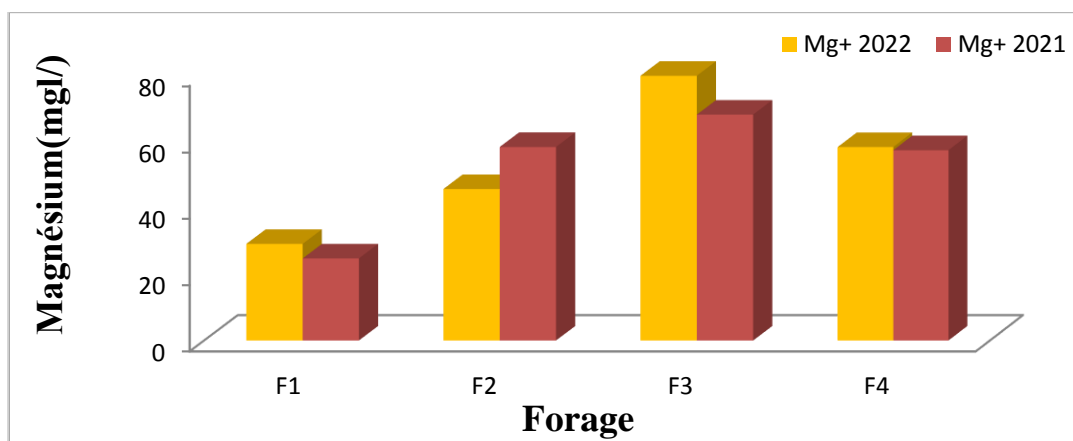


Figure 16. La variation spatiale de Mg^{2+} des eaux de Hassi l’Fhel

1.2.2.3. Sodium

Le sodium est un élément constant de l'eau, toutefois les concentrations peuvent être extrêmes variables. Le sodium est un élément vital qui participe à des fonctions essentielles dans l'organisme (Rodier et *al.*, 2009).

La valeur maximale de sodium se trouve au point d'eau F3 (105 mg/l), et la valeur minimale est mesurée au F1 (78.57 mg/l) (Fig 17).

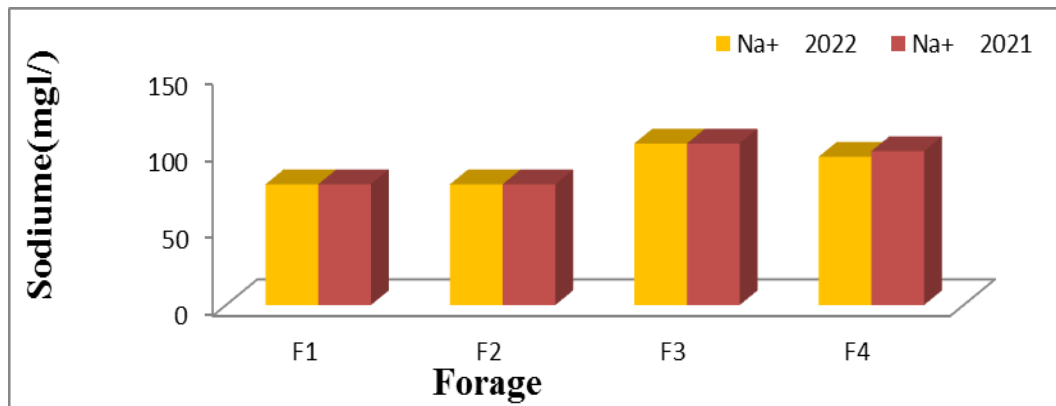


Figure 17. La variation spatiale de Na⁺ des eaux de Hassi l'Fhel

Ces valeurs sont inférieures à la concentration maximale admissible présentée par les normes algériennes (250mg/l) (Annexe).

1.2.2.4. Potassium

Le potassium est un élément chimique, sa réaction avec l'eau est d'ailleurs bien plus forte que celle du sodium (Fennish, 2016). Le K⁺ se trouve à des concentrations plus faibles dans l'eau par rapport aux autres éléments.

Les normes prescrites par la réglementation OMS en matière de potabilité de l'eau recommandent une concentration de potassium inférieur à 15 mg/l

La valeur maximale de potassium au niveau de point d'eau F2 est (10 mg/l) les autres valeurs sont identiques pour celles mesurées aux points d'eau F1 et F3 et F4 (8 mg/l) respectivement (Fig 18)

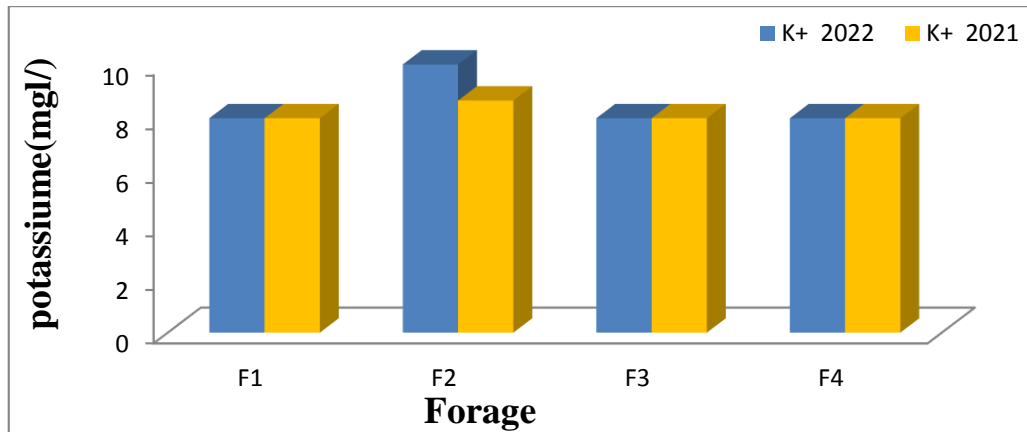


Figure 18. La variation spatiale de K^+ des eaux de Hassi l'Fhel

Les resultats montrent que les valeurs obtenus sont inferieurs aux normes algeriennes approuvés (15mg/l) (Annexe).

1.2. 3. Anion

1.2.3.1. Chlorure

Les chlorures sont très répandus dans la nature, généralement sous forme de sodium (NaCl) de potassium (KCl) et de calcium ($CaCl_2$). La présence de chlorures dans les eaux naturelles peut être attribuée à la dissolution de dépôt de sel gemme, aux effluents de l'industrie chimique, aux rejets des égouts (Boiziani, 2000 et Benhedid, 2014).

La valeur maximale de Cl^- caractérise le point d'eau F1et F4 (168 -756 mg/l respectivement) et la valeur minimale le point d'eau F2 avec une valeur de (107.777mg/l) (Fig 19).

Ces valeurs sont inférieures par rapport aux normes algériennes (350/ mg/l) (Annexe).

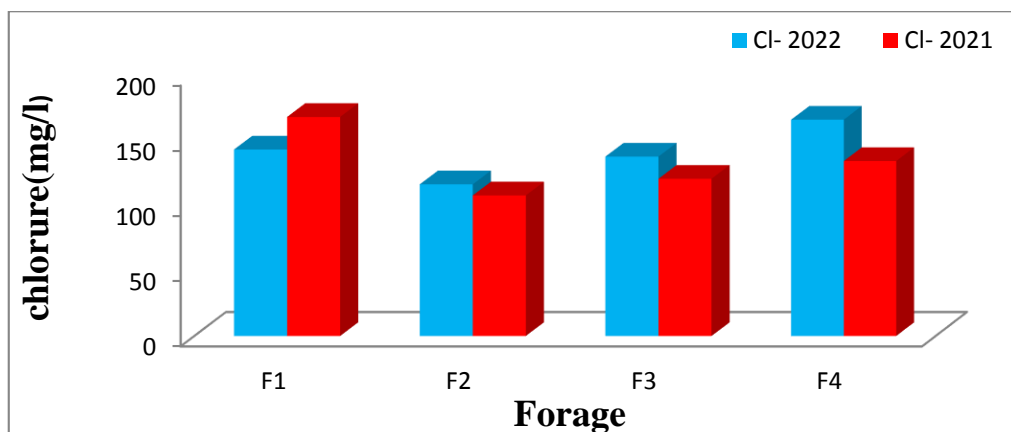


Figure 19. La variation spatiale du Cl^- des eaux de Hassi L'Fhel

1.2.3.2. Bicarbonates

C'est l'indice du pouvoir tampon de l'eau, il est étroitement lié à la dureté, bien que de nombreuses espèces de solutés puissent y contribuer (Hadj, 2020).

L'ion Bicarbonate (HCO_3^-) est le principal constituant alcalin de la plupart des eaux courantes. Sa présence dans l'eau est due à l'action des bactéries qui fournissent du CO_2 à partir des minéraux contenant des carbonates (Himmi et al., 2003).

La valeur maximale de HCO_3^- caractérise le point d'eau F4 (217.16 mg/l) alors que celle minimale caractérise le point F2 (139.08mg/l) (Fig 20).

Selon les normes Algériennes (500 mg/l). (Annex)., nos résultats montrent que les points d'eaux analyses présentent des valeurs inférieures aux normes.

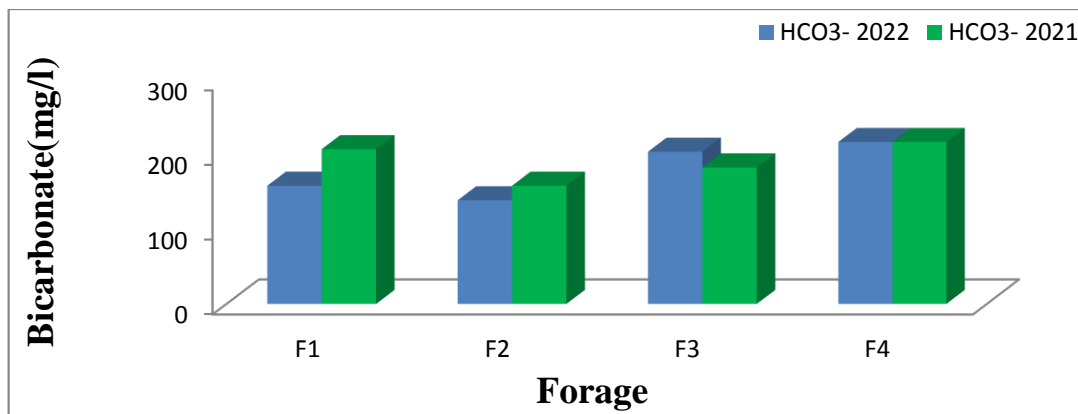


Figure 20. La variation spatiale des HCO_3^- des eaux de Hassi l'Fhel

1.2.3.3. Sulfates

Les Sulfates sont des composées naturelles de l'eau, sont liée généralement au cation majeur (Ca^{+2} , K^+ , Na^+) (Ramade, 1982).

À fort concentration, ils peuvent provoquer des troubles gastro-intestinales en particulier chez l'enfant. Ils peuvent aussi confère à l'eau un goût désagréable (Rodier, 1996).

Les résultats obtenus sont présentées au (Fig 21) des valeurs de sulfate présentent une valeur maximale de 200 mg/l au niveau de F3 et une valeur minimale de 180mg/l au niveau de F2.

Les résultats obtenus ne dépassent pas les normes Algérienne inférieurs à (250 mg/l) (Annex).

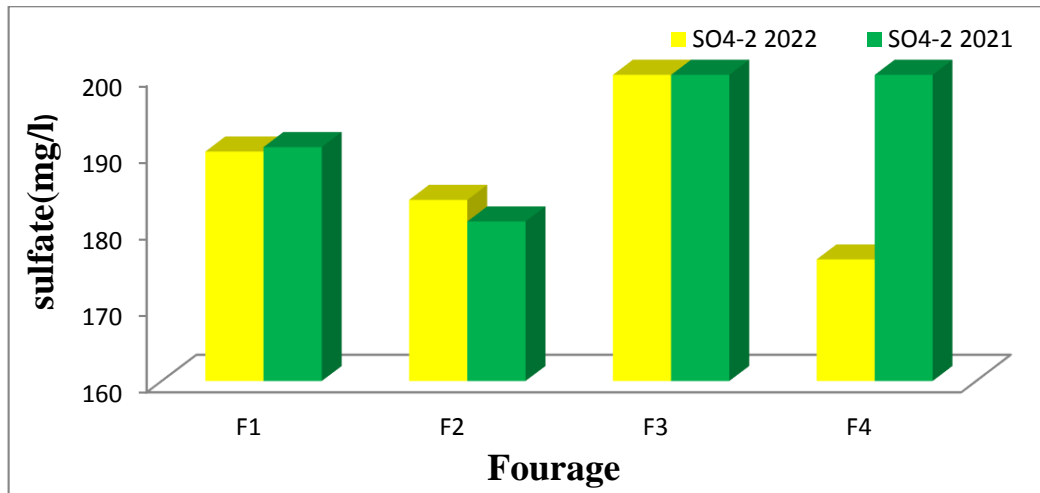


Figure 21. La variation spatiale des SO_4^{2-} des eaux de Hassi l’Fhel

1.3. Paramètres de la pollution

1.3.1. Ammonium

L’élément NH_4^+ dans l’eau traduit habituellement un processus de dégradation incomplet de la matière organique. Il s’agit donc d’un excellent indicateur de pollution de l’eau par les rejets organiques agricoles, domestiques ou industriels (Lbm ,2017). La valeur maximale de NH_4^+ est enregistrée au niveau de F3 (0,020 mg/l) et la valeur minimale au niveau de F1 (0,002 mg/l), (Fig 22).

Les résultats obtenus sont conformes aux normes Algériennes (0.5 mg/l) (Annexe).

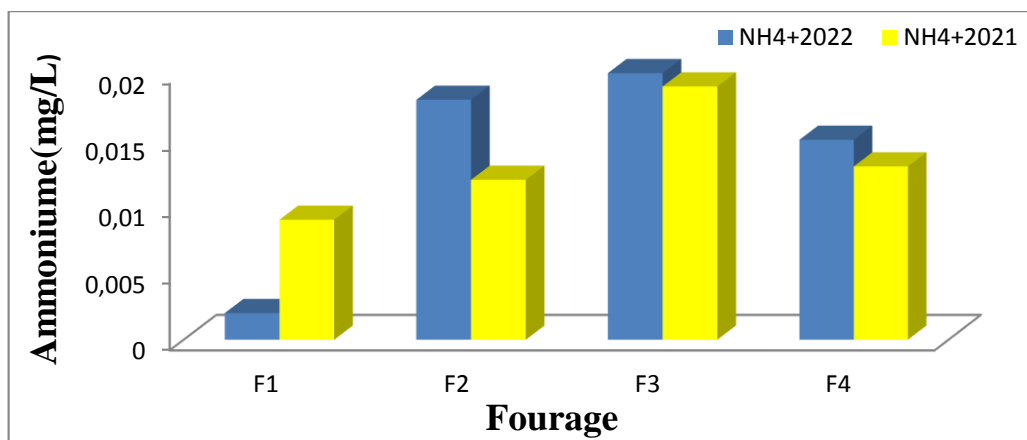


Figure 22. La variation spatiale des NH_4^+ des eaux de Hassi l’Fhel

1.3.2. Fer

Le fer est le quatrième élément abondant dans l'écorce terrestre et le premier parmi les métaux lourds. Il peut se rencontrer dans l'eau sous différentes formes (Gouaidia, 2008 ; Rodier *et al.*, 2009). Dans les conditions habituelles, c'est-à-dire un pH, variant entre 4,5 et 9, le fer soluble présent, et est généralement à l'état ferreux (Fe^{++}). Si le milieu est réducteur, comme dans beaucoup d'eaux souterraines, le fer ferreux peut atteindre des teneurs élevées (Gouaidia, 2018 ; Rodier *et al.*, 2009).

En analysant ces résultats on peut constater que (Fig 23):

- La valeur maximale des Fe^{++} est (0,016 mg/l caractérise le point d'eau F3, et celle minimale est 0 mg/l au niveau de forage F1.
- Les valeurs des points d'eaux F1 et F2 et F4 sont identiques (0 mg/l).

Tous ces résultats des points d'eaux analysées sont conformes obtenus respectent les normes Algériennes (0.3 mg/l) (Annexe). Donc ces eaux présentent une bonne qualité.

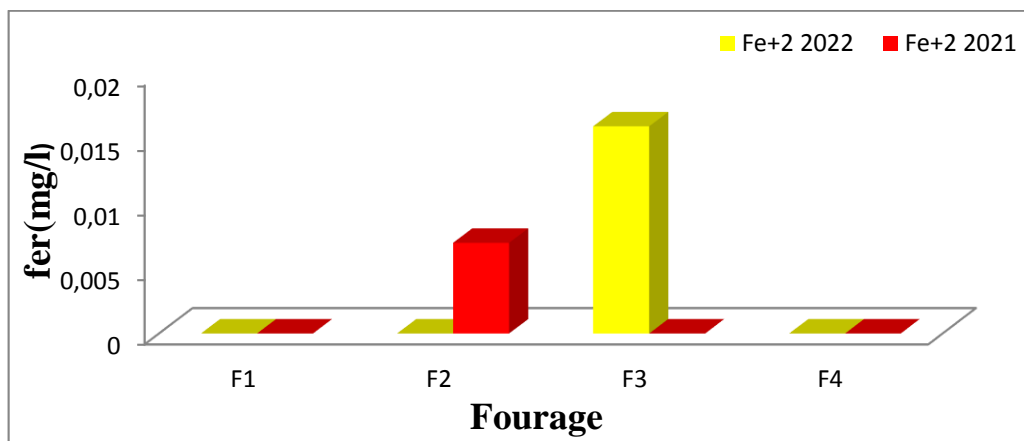


Figure 23. La variation spatiale de Fe^{+} des eaux de Hassi l'Fhel

1.3.3. Orthophosphates

Le phosphore peut exister dans les eaux à l'état dissous ou en suspension. Le phosphore total dissous comprend le phosphore organique (phospholipides et phosphoprotéines), et le phosphore inorganique qui lui-même inclut les orthophosphates et les polyphosphates (Rodier *et al.*, 2009) L'absence d'apport d'oxygène, les phosphates n'existent qu'à l'état de traces dans les eaux naturelles, leur introduction dans les eaux de surfaces (rivières, lacs) se fait par les eaux usées dont l'épuration est souvent insuffisante (Tardat, 1992)

On a obtenu pour le phosphore des résultats négatifs pour tous les échantillons (0 mg/l ; (Fig 24) et son donc inferieurs aux normes Algériennes (Annex).

La présence de phosphates favorise la croissance des algues dès que l'eau est exposée à la lumière par des phénomènes de l'eutrophisation (Samake, 2002)

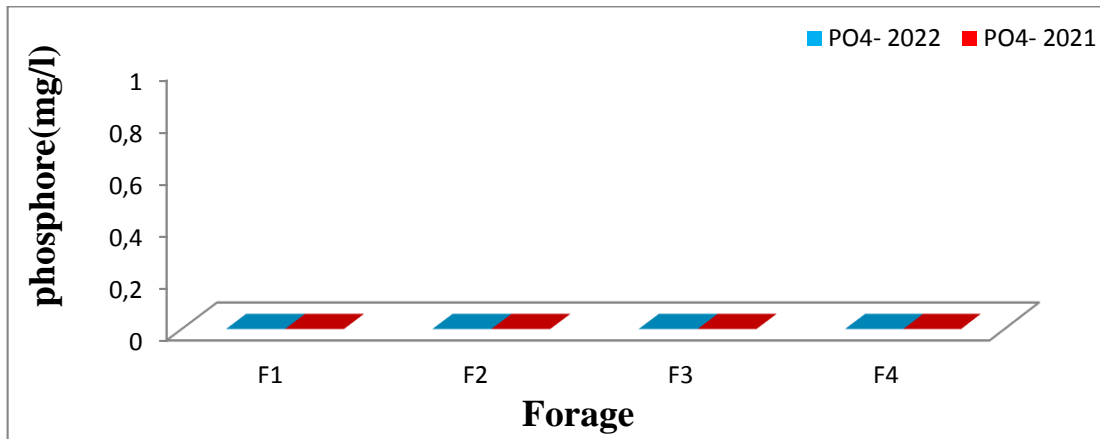


Figure 24. La variation spatiale de PO_4^- des eaux de Hassi l’Fhel

1.3.4. Nitrite

Les nitrites sont considérés comme étant des ions intermédiaires entre les nitrates et l’azoteammoniacal, ce qui explique les faibles concentrations rencontrées en milieu aquatique (Ben abbou et *al.*, 2014)

D’après les résultats obtenus, nous constatons que les valeurs du nitrite présente une valeur maximale de à (0.090 mg/l au niveau de forage F4 et une valeur minimale de (0mg/l au niveau de forage F2 dont les résultats obtenus ne dépassent pas les normes Algérienne (0.1 mg/l) (Annexe) (Fig 25)

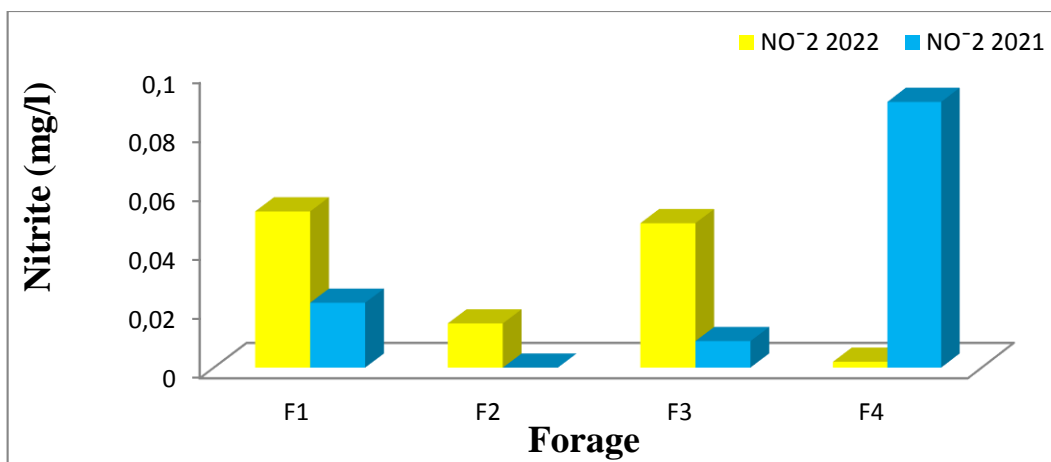


Figure 25. La variation spatiale des NO_2^- des eaux de Hassi l’Fhel

2. Résultats des analyses bactériologiques

Nous avons effectué un dénombrement et une recherche systématique des microorganismes indicateurs de pollution.

Les analyses bactériologiques consistent à la recherche des Coliformes totaux et d'Escherichia coli, des Streptocoques fécaux ; des spores de clostridium sulfito-réducteur

Les résultats des dénombrements des coliformes totaux (CT), streptocoques fécaux (SF) et Escherichia Coli (EC) et des spores de clostridium sulfito-réducteur des différents points d'eau analysées sont représentés et regroupés dans le tableau suivant :

Tableau 10. Résultats des analyses bactériologiques de l'échantillon pour les eaux de Hassi l'Fhel

Paramètres	Unité	Résultats			
		F1	F2	F3	F4
Coliformes totaux	UFC	00	00	00	00
Coliformes fécaux (E. coli)		00	00	00	00
Streptocoques fécaux		00	00	00	00
Germes totaux		00	00	00	00

UFC : unité formant colonie E.coli : Escherichia coli

Les résultats obtenus montrent l'absence totale de toutes les bactéries qui peuvent contaminer ces eaux, ces résultats sont conformes aux normes (<100 UFC) et sont considérés potables et ne possèdent aucun aspect de pollution.

Conclusion

Conclusion

Notre travail a pour but d'évaluer la qualité physicochimique et bactériologique des eaux souterraines dans la commune de Hassi L'Fhel qui couvre une superficie de 6715 km² et une population estimée à 3651 habitants. L'agriculture représente la principale activité de la région.

Les résultats des analyses réalisées pour développer la qualité des eaux de la région des différents points de la commune (Guillal ; El Motaouassita ; El Kadim ; Hay Boummama), nous ont permis de conclure que ces eaux sont caractérisées par un pH neutre à basique dont les valeurs oscillent entre ($7,99 \leq \text{pH} \leq 8,26$). La conductivité électrique est élevée pour tous les points d'eau et montre des eaux chargées en éléments et sont conformes aux normes Algérienne (2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$) et aux normes de REUE (3 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Les eaux sont claires et compatibles aux normes de la turbidité 05 NTU .

Concernant l'ammonium, le phosphate et le fer, et les autres paramètres chimiques les valeurs ne dépassent pas les normes Algériennes. Les résultats des analyses bactériologiques obtenus indiquent une absence totale des germes pathogènes.

Les eaux de la région sont potables pour la consommation humaine (conformes aux normes Algériennes).

Références

Bibliographiques

Références bibliographiques

Agence des Bassins Hydrographiques (ABH), 2017. Rapport des statistiques de la ressource en eau dans la wilaya de Ghardaïa.

Agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH), 2010. Note de synthèse sur les premières mesures piézométriques en utilisant les nouveaux piézomètres captant la nappe du Continental Intercalaire dans la wilaya de Ghardaïa, Rapport de l'Agence nati. res. hyd. Ouargla, 10P.

Agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH), 2011. Notes relatives aux ressources en eau souterraines de la wilaya de Ghardaïa. Rapport de l'Agence Nationale. Ressources Hydrauliques

Agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH), 2021. Gestion des ressources en eau souterraine dans la région de Ghardaïa, agence nationale des ressources hydrauliques. 59 p

Begra M.I. et Telli H., 2018. Qualité physico-chimique et bactériologie des eaux souterraines de la vallée du M'Zab. Mémoire Master. Université de Ghardaïa, 67p

Ben Abbou M. El Haji M. Zemzami M. Bougarne L. & Fadil F., 2014. Dégradation de la qualité des eaux de la nappe alluviale de l'oued larbaa par les déchets de la ville de Taza (maroc) (international journal of innovation and scientific research, vol. 10 no. 2 oct. 2014), pp 282-294

Benhedid H., (2014). Étude de l'impact des eaux usées sur la variabilité de la pollution des aquifères superficiels à Oued M'Zab, Mémoire de Magistère

Benkrima A. Benkrima M., 2021. Étude hydrochimique du Continental Intercalaire de la région de Hassi El-Fhel El Menéa. Mémoire Master, Université Kasdi Merbah – Ouargla

Bensaha Z., 2015. Évaluation hydrochimique des eaux phréatiques de la vallée de M'Zab par comparaison avec la région de Laghouat et d'Ouargla pour l'aptitude de leur potabilité et en irrigation. Mémoire Master, université Ghardaïa, pp 88.

Bremond R. et Vuichard R., 1973. Les paramètres de la qualité des eaux. La documentation française, Paris, 173p

Dib I., (2009). L'impact de l'activité agricole et urbaine sur la qualité des eaux souterraines de la plaine de Gadaine- Ain Yaghout (Est Algérien). Mémoire Magister, Université Hadj Lakhdar, Batna, 127 p

Direction de la Programmation et du Suivi Budgétaires (DPSB), 2016. Rapport sur l'aspect économique de la Daira d'el Menéa.

- Direction des Services Agricoles (DSA), 2019.** Rapport des statistique des données agricoles d'El Menéa
- Fabre J., 1976.** Introduction à la géologie du Sahara algérien. Alger, SNED, 421 p
- Fenazi B., 2022.** Hydrogéologie, qualité et gestion de la ressource en eau dans la région d'El Menéa (Sud de l'Algérie). Mémoire Master, Université Kasdi Merbah – Ouargla.
- Gouaidia L., 2008.** Influence de la lithologie et des conditions climatiques sur la variation des paramètres physico-chimiques des eaux d'une nappe en zone semi-aride, cas de la nappe de Meskiana Nord-Est Algerien. Thèse doctorat. Université de Badji Moukhtar Annaba, 130 p
- Hadj C., 2020.** Etude comparative de la qualité physico-chimique et bactériologique entre eau de puits de Si Abdelghani (Tiaret) et Puits de Daïa (Ghardaïa). Mémoire Master, Université Ghardaïa.
- Hébert S. et Légaré S., 2000.** Suivi de la qualité de l'eau des rivières et des petits cours d'eau. 48p.
- ISO, 1984.** Qualité de l'eau. NA 1653, ISO 6058. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 4 p
- ISO, 1989.** Qualité de l'eau. NA752, ISO 5813. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 5p
- ISO., 1993.** Qualité de l'eau. NA 2364, ISO 9964/3. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 20 p
- Joyaux F., 1973.** Croissance démographique, développement économique et politique extérieure : Le cas de la Chine populaire. Revue de l'Est, 4(4), Pp. 37-58.
- Laaouan M. Aboulhassan M.A. Bengamra S. Taleb A. Souabi S. Tahiri M., 2016.** Comparative study of three groundwater pollution cities of Mohammedia, Temara and Dar Bouazza by nitrates (Moroccan meseta). J. Mater. Environ. Sci. 7 (4), 1298-1309.
- Ladjel F. Toudef T., 2002.** Control de paramètre physico –chimique et bactériologie d'une eau de consommation. Rapport de epteo, pp5.6.12.
- Office Nationale de la Météologie (ONM), 2015.** Bulletin d'information climatique et agronomique. Ed. Office nati. Météo. Cent. Clim. Nati, El Menéa
- Pature L., 2010.** Le service social du travail à l'épreuve de la GRH : la fonction de Tiers Social. Paris, Éditions Harmattan, 338 pages.
- Paturel J.E. Boubacar I. L'Aour A. Mahé G., 2010.** Analyses of pluviometric grids and main features of the changes occurring in West and Central Africa during the 20th century, Hydrological Sciences Journal, 55:8, 1281-1288. DOI: 10.1080/02626667.2010.527846

- Ramade F., 1998.** Dictionnaire encyclopédique de l'eau. Ed. Science international, Paris.487p
- Remini B., 2010.** LA PROBLEMATIQUE DE L'EAU EN ALGERIE DU NORD. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 08, Juin 2010, pp 27-46
- Rodier J., 1996.** L'analyse de l'eau ; eaux naturelles, eaux résiduelles, eaux de mer.8ème édition. Dunod. 1383 p
- Rodier J., bazin C., Chambon P., Broutin J.-P., Champsaud H. & Rodi L., 2005.** Analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 8ème édition. Ed dunod, paris, 1350 p
- Rodier J., Legube B. & Merlet N., 2009.** Analyse de l'eau. 9ème édition. Ed. Dunod, Paris, 1526 p
- Samake H., 2002.** Analyse physico-chimique et bactériologique au l.n.s des eaux de consommation de la ville de bamako durant la période 2000 et 2001, 77p
- Système Aquifère du Sahara Septentrional (SASS), 2003.** Rapport interne. Annexes. Tunis, Tunisie, 229 p
- Tardat H., 1992.**Chime des eaux .2eme édition, 539p

Annexes

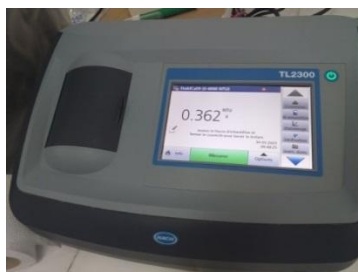
Annexe

Tableau. Les normes Algériennes de qualité des eaux (journal officielle, 2011).

Paramètres Physico-chimiques	U (Unités)	Norms Algériennes
PH	-	6.5 à 8.5
Température	°C	25
Conductivité	μS/cm	2800
Turbidité	NTU	5
Ammonium	mg/l	0.5max
Nitrate	mg/l	50
Nitrite	mg/l	0.1
Sulfate	mg/l	400
Potassium	mg/l	15
Sodium	mg/l	250
Chlorure	mg/l	250
Phosphate	mg/l	0.5
TAC	mg/l	400
Calcium	mg/l	200
TH ⁺	°F ou mg/l	500
Fer	mg/l	0.3
Magnésium	mg/l	150
TDS	mg/l	1500



Conductivité mètre



Turbidité



pH-mètre



Réactifs de calcium



Echantillons



Spectrophotomètre UV 440μm

1. Détermination Chlorures (Cl⁻)

A) Solution de Nitrate d'argent à 0,02 N(mol/l):...par mois

- 0.339d' AgNO₃→10 ml d'eau distillée
- Sécher à 105 °C
- Compléter à 100 ml d'eau distillée

B) Indicateur coloré K_2CrO_4 à 10 % : ... par mois

- 0.5 g de K_2CrO_4 → Q.S.P 100 ml d' H_2O distillée.

C) Solution étalon de chlorures de Sodium à 0.02 mol/l : ... par mois

- 0.117g de NH_4Cl 10ml d'eau distillée.
- Sécher à 105 °C
- Compléter à 100 ml d'eau distillée

D) Solution D'acide Nitrique (HNO_3) à 0.1 mol/l : ... par mois

- 0.761 ml de HNO_3 100ml d'eau distillée.

E) Solution D'Hydroxyde de Sodium ($NaOH$) à 0.1 mol/l : ... par mois

- 0.4 g de $NaOH$ 10ml d'eau distillée.
- Compléter à 100 ml d'eau distillée

1. Dosage pour l'échantillon

100 ml échantillon (V_a) + 1ml indicateur $K_2CrO_4(B)$ + bien mélanger + Titrer avec Solution de Nitrate d'argent à 0,02 N (V_s)... jusqu'à la coloration rougeâtre + 1 goutte de la Solution étalon de chlorures de Sodium à 0.02 mol/l)... jusqu'à la coloration soit disparue.

2. Dosage pour le blanc

100 ml d'eau distillée + 1ml indicateur $K_2CrO_4(B)$ + bien mélanger + Titrer avec Solution de Nitrate d'argent à 0,02 N (V_b). $Pcl = \frac{(V_s - V_b)}{V_a} * C * f$

2. Détermination du TH. Ca^{2+} **A) Solution étalon de référence, ($CaCO_3$) = 0.01 mol/l : ... par mois**

- Sécher 2 g de carbonate de calcium pur pendant 2 heures à 150°C.
- Introduire 1 g dans une fiole conique de 500ml et humidifier avec de l'eau distillée
- Ajouter goutte à goutte de l'acide chlorhydrique à 3 mol/l jusqu'à ce que tout le carbonate soit dissous. Éviter un excès d'acide.
- Ajouter 200 ml d'eau distillée et porter à ébullition quelques minutes afin d'éliminer le dioxyde de carbone. Refroidir et ajouter quelques 3 gouttes de l'indicateur au rouge de méthyle. Ajouter une solution ammoniacale à 3 mol/l jusqu'à ce que la solution devienne orange.
- Transvaser la solution dans une fiole jaugée de 1000ml et compléter au volume avec de l'eau distillée.

NB : 1 ml de la solution contient 0.4008 mg (0.01 mmol/l) de calcium.

B) Solution d'E.D.T.A N/50 ($C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8 \cdot 2H_2O$) : 0,01 mol/l : ... par mois

- Sécher 5 g de d'E.D.T.A di-hydraté pendant 2 heures à 80°C.
- Introduire 3,725 g dans une fiole conique de 1000ml. après déshydratation à 80°C pendant 2 h (pour vérifier le F de correction chaque mois)

C) Solution d'hydroxyde de sodium ($NaOH$) 2N : ... par mois

- NaOH(pastilles) 8 g.
- H₂O distillée q.s.p 100 ml.

D) Solution d'hydroxyde d'ammonium (NH₄OH) pH = 10:...par mois

- Chlorure d'ammonium NH₄Cl..... 6,75 g.
- NH₄OH (25%)..... 57 ml
- E.D.T.A Sel magnésien0.5 g
- H₂O distillée q.s.p 100 ml.

E) Noir ErichromeT(indicateur Net)...par mois:0.5 g de sel de sodium de mordront noir + 100 ml de l'eau distillée .

- F-Calcon...par mois:0.2g+100 NaCl.

DOSAGE

- 50 ml échantillon +25 eau distillée+1ml solution (PH 10)(D) + 5 goutes indicateur Net(E) +bien mélanger (la solution devient rose) + Titrer avec l'E.D.T.A 0,01mol/l(B)...jusqu'à la coloration bleu.

Calcul

$$TH = V_2(\text{volume de titrage}) * 2 * F(f - \text{de dilution}) * FC(f - \text{de correction})$$

Calcul de FC

- 50 ml solution de référence(A) + Titrage avec de l'E.D.T.A (virage vers le violet)

$$FC = \frac{\text{Volume versé}}{\text{Volume théorique}(12.5\text{ml})}$$

$$f = 35453\text{mg}$$



3. Détermination de l'alcalinité (HCO_3^-)

Avant-propos:

- L'alcalinité d'une eau correspond à la présence
- Bicarbonates, carbonates et hydroxydes.

Principe :

- Détermination des volumes successifs d'acide fort en solution diluée nécessaire pour neutraliser, aux niveaux de pH = 8,3 et 4,3, le volume d'eau à analyser. La première détermination sert à calculer le titre alcalimétrique (TA), la seconde à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC).

Réactifs :

- Solution d'acide Chlorhydrique à 1 N :
- Solution d'HCl à 0,1 N :
- d'HCl à 1 N 100 ml.
- H₂O distillée q.s.p 1000ml.

Électrode : Électrode de pH

Mode opératoire :

- Prendre 100 ml d'eau à analyser,
- Noter son pH puis titrer avec HCl à 0,1 N jusqu'à obtention d'un pH de 4,3.
- Expression des résultats :

$$F.G = \frac{V_A \times N_A \times \text{MHCO}_3^- \times 1000}{PE} = \frac{V_A \times 0,1 \times 61 \times 1000}{100}$$

$$F.S : V_{A1} \times 61 = \text{mg/l HCO}_3^-$$

V_A : Volume d'acide versé.

N_A : normalité d'acide versé.

MHCO_3^- : masse des bicarbonates (HCO_3^-).

Remarque :

Si le pH de l'échantillon est supérieur à 8,3 ; titrer jusqu'à cette valeur (volume d'HCl obtenu correspond au CO_3^{2-}) puis continuer le dosage jusqu'à pH de 4,3 noter le volume V_{A2} .

$$\text{mg/l CO}_3^{2-} = V_{A2} \times 60$$

4. Détermination Nitrates (NO_3)

Principe :

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosoulylate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

Réactifs :

- Solution de salicylate de sodium à 0.5 % (renouveler toutes les 24 h).
0.5 gr de salicylate de sodium dans 100 ml d'eau distillée.

- Solution d'hydroxyde de sodium 30 %.
30 gr de NaOH dans 100 ml d'eau distillée.

- H₂SO₄ concentré.

- Tartrate double de sodium et de potassium.

Hydroxyde de sodium NaOH 400 g.

Tartrate de sodium et de potassium 60 g.

Eau distillée **qsp 1000 ml.**

Laisser refroidir avant de compléter à 1000 cc.

Cette solution doit être conservée dans un flacon de polyéthylène.

Solution mère d'azote d'origine nitrique à 1000 mg/l.

- Nitrate de potassium anhydre 0.722 g

Eau distillée 1000 ml.

Chloroforme 1 ml.

Solution fille d'azote d'origine nitrique à 5 mg/l.

Appareillage :

- Etuve.
- Spectrophotomètre U.V visible.
- Courbe d'étalonnage.

Dans une série de capsule de 60 ml, introduire successivement :

N° de capsule	B	I	II	III	IV
\$ étalon 5 mg/l.	0	1	2	5	10
Eau distillée	10	9	8	5	0
\$ de salicylate de Na	1	1	1	1	1
Correspondant en mg/l de N nitrique	0	0.5	1	2.5	5

Mode opératoire

- Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser.
- Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30 %.
- Ajouter 1 ml de salicylate de sodium.
- Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75 - 88° C.
- (ne pas surcharger ni surchauffer très longtemps) laisser refroidir.
- Reprendre le résidu avec 2 ml. H₂SO₄ laisser reposer 10 mn.
- Ajouter 15 ml d'eau distillée.

- Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium puis passer au spectro au 415 nm



5. Détermination Sulfates (SO_4^-)

Principe :

Dans un volume d'acide chlorhydrique contenant de chlorure de baryum les ions sulfates SE précipitent en cristaux des sulfates de baryum mesurables par transmission à la spectrophotométrie.

A) Solution stabilisante :...deux fois par mois

- Acide chlorhydrique (c) 6 ml.
- Ethanol 20 ml.
- Chlorure de sodium 15 g.
- Glycérol 10ml.
- Eau distilléeQ.S.P. 100 ml.

B) Solution de chlorure de baryum 0.01 mol/l:...par mois

- Chlorure de baryum 15g.
- Acide chlorhydrique 0.5 ml.
- Eau distillée Q.S.P. 100 ml.

C) Solution mère de sulfates à 1 g/l à partir de Na_2SO_4 (sulfate de sodium)...par mois

- Peser 0.1479 g de Na_2SO_4 100 ml d'eau distillée.

D) Gamme d'étalonnage : à 420 nm

N° Bécher	0	1	2	3	4	5	6	7
Solution mère à 1g/l	0	0.1 ml	0.2 ml	0.3 ml	0.4 ml	0.5 ml	0.6 ml	0.7 ml
Eau distillée	10 ml	10 ml	10 ml	10 ml	10 ml	10 ml	10 ml	10 ml
Solution stabilisante	0.5 ml	0.5 ml	0.5 ml	0.5 ml	0.5 ml	0.5 ml	0.5 ml	0.5 ml
Solution chlorure de baryum	0.2 ml	0.2 ml	0.2 ml	0.2 ml	0.2 ml	0.2 ml	0.2 ml	0.2 ml
Agitation 1 mn.								
Concentration finale mg/l SO_4^{2-}	0	10	20	30	40	50	60	70

Appareillage.

Spectrophotomètre U.V visible

