

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT des Sciences de la Nature

et de la Vie

N° :



DOMAINE : SCINCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

FILIERE : ECOLOGIE

OPTION : ECOLOGIE DES MILIEUX NATURELLES

Mémoire présenté pour l'obtention

Du diplôme de Master Académique

Par : Ladghem chikouche asma

Lebouezda basma

Intitulé

Caractérisation physico-chimique des eaux des puits et des forages de la région de boussada

Soutenu devant le jury composé de :

Mr. NOUIDJEM Yacine	Université Mohamed Boudiaf M'sila	Président
Dr. ZOUBIRI Asma	Université Mohamed Boudiaf M'sila	Rapporteur
Mr .BOUNAR Rabah	Université Mohamed Boudiaf M'sila	Examineur

Année universitaire : 2021 /2022



DEDICACE

Mon voyage universitaire a pris fin après la fatigue et les épreuves, et je termine mes recherches de fin d'études avec toute la vigueur et l'activité, et c'est grâce à Dieu Tout-Puissant.

Je dédie ce modeste travail et ma profonde gratitude

*A mon très chère père **NACER EDDINE***

A ma très chère mère pour son amour et son encouragement depuis toujours, je lui dis merci maman, tu es la meilleure j'en suis sûre.

*A mes frère : **Belkacem, Mohamede***

*A mes sœurs : **Lamia, Hiba, imane, Salma, zakia***

*A toute la famille : **LADGHEM CHICOUCHE et ALI CHICOUCHE***

*A mon binôme **basma** qui a partagé avec moi les bons et les durs moments*

*A ma sœur mon bras droit **asma bouallag** et celle qui me comprends plus que tout le monde*

*Mes amis : **asma, basma, imane, sylvia, bouchra, ahlam, maria, samra***

A tous mes collègues de la promotion 2021- 2022 sans exception.

Tous ce qui contribue de près et de loin à l'élaboration de ce travail.

Asma



DEDICACE

*Du profond de mon cœur et de sentiment plein d'amour , de sincérité et fidélité ,
je dédie ce modeste travail*

A celui qui m'a indiqué la bonne voie ... à mon père , Que dieu Le protège .

J'espère que je serai toujours à la Hauteur De ses espérances .

Ce mémoire est l'aboutissement De ces efforts .

A celle qui m'a attendu avec amour Les fruits de Sa patience .

*Que dieu me la protège à ma mère , Qui m'a soutenue et entouré avec beaucoup
d'affection*

. à mes frères. Yakoub, mohamed, khalil .

*A mon binôme asma qui a partagé avec moi les bons et les durs moments
à mes amis avec qui j'ai passé des années inoubliables iman ,asma blg, asma ldg ,
ahlam, silya .*

à mon promoteur ZOUBIRI Asma qui a encadré ce travail .

Enfin à toute A tous mes collègues de promotion et a Toutes mes amies .

*Et à tous ceux qui ont Contribué de près ou de loin pour Que ce travail soit
réalisé*

basma

REMERCIEMENTS

Je remercie tout d'abord Dieu le tout puissant de m'avoir donné le courage, la force et la patience d'achever ce modeste travail.

En second lieu, je tiens à remercier mon encadreur

M, ZOUBIRI Asma Pour ses précieux conseils et son aide durant toute la période du travail.

Mes remerciements s'adressent aux membres du jury, NOUIDJEM Yacine et l'examineur BOUNAR Rabah pour avoir accepté d'être au sein du jury et de juger mon travail.

Mes remerciements vont également au responsable du de laboratoire d'analyse de l'algérienne des Eaux l'unité de M'sila (A.D.E) pour leur disponibilité et leur aide.

et qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Sommaire

○ Résumé	1
○ Liste des abréviations	2
○ Liste des figures	4
○ Listes des tableaux	6
○ Introduction :	1
Chapitre I. Présentation de la zone d'étude	2
I.1. Présentation géographique de la ville de Boussada	2
I.2. Géologie et géomorphologie :	4
I.3. Pédologie	5
I.4. Réseau hydrographique	7
I.5. Couverture végétale	8
○ I.6. Climat	11
I.5.1. Pluviométrie	11
I.5.2. Précipitations mensuelles et annuelles	12
I.5.3. régime saisonnier	12
I.5.4. Température	13
I.5.5. Vent	14
I.5.6. Humidité relative	16
I.5.7. Synthèse climatique	16
I.5.7.1. Diagramme ombrothermique de BANGNOULS et GAUSSEN	16
I.5.7.2. Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberge	17
Chapitre II. Matériels et méthodes	19
II.1.1. Ressources en eau	19
II.2. Les Puits	19
II.2.1. Puits ordinaires	19
II.2.2. Puits fanés "tubulaires"	20

II.2.3.	Puits forés	20
II.2.4.	Puits artésiens	20
II.3.	Forages	20
II.4.	Puits sur forage	20
II.5.	Norme	20
II.5.1.	Normes de qualité des eaux potables	21
II.5.2.	Normes des paramètres physico-chimiques	21
II.6.	Caractéristiques physique-chimique	23
II.6.1.	Caractéristiques physiques	23
II.6.1.1.	La température	23
II.6.1.2.	PH	23
II.6.1.3.	Conductivité électrique (CE)	24
II.6.1.4.	Salinité	24
II.6.1.5.	Turbidité	24
II.6.1.6.	Taux des sels dissous (TDS)	25
II.6.2.	Caractéristiques chimiques	25
II.6.2.1.	Ammonium (NH_4^+)	25
II.6.2.2.	Magnésium (Mg)	25
II.6.2.3.	Calcium (Ca_2)	26
II.6.2.4.	Chlorures (Cl^-)	26
II.6.2.5.	Nitrites	26
II.6.2.6.	Nitrates (NO_3^-)	26
II.6.2.7.	Sodium (Na^+)	27
II.6.2.8.	Titre alcalimétrique complet (TAC)	27
II.6.2.9.	Fer	27
II.6.2.10.	Dureté de l'eau	28
II.6.2.11.	Potassium	28

II.7. Matériels et méthodes	28
II.7.1. Echantillonnage et techniques de prélèvement de l'eau	28
II.7.2. Analyse physico-chimique	30
II.7.2.1. Matériel et appareillages d'analyse	30
II.7.2.2. Méthodes d'analyse physico-chimique	31
II.7.2.2.1. Analyses physiques	31
D. Mesure de la turbidité	34
II.7.2.2.2. Analyses chimiques:	35
Chapitre III. Résultats et discussion	44
III.1. Paramètres physico-chimiques	44
III.1.1. Température	45
III.1.2. Potentiel hydrogène (pH)	46
III.1.3. Conductivité Electrique	47
III.1.4. Salinité	48
III.1.5. Turbidité	49
III.1.6. Titre Hydrométrique (Dureté Totale)	50
III.1.7. Titre Alcalimétrique complet (TAC)	51
III.1.8. Solides Totaux Dissous	52
III.1.9. Chlorure (Cl ⁻)	53
III.1.10. Fer	54
III.1.11. Nitrite (NO ₂ ⁻)	55
III.1.12. Nitrate (NO ₃ ⁻)	56
III.1.13. Sodium (Na ⁺)	57
III.1.14. Potassium (K ⁺)	59
III.1.15. Magnésium (Mg ⁺)	60
III.1.16. Ammonium (NH ₄ ⁺)	61
III.1.17. Calcium (Ca ⁺)	62

○ Conclusion :	30
○ Références bibliographiques	65

ملخص

يهدف هذا العمل إلى مراقبة وتقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية المنتجة والموزعة في منطقة بوسعادة ، إحدى البلديات ذات الكثافة السكانية العالية. أظهرت التحليلات الفيزيائية والكيميائية أن هذه المياه للاستهلاك البشري ذات نوعية جيدة وتفي بمعايير الصلاحية للشرب من خلال الرجوع إلى المعايير الوطنية وتعليمات منظمة الصحة العالمية. تظل مراقبة هذه المياه ومراقبتها مهمة أساسية للصحة العامة و المخاطر البيئية.

الكلمات المفتاحية: بوسعادة ، المياه الجوفية ، مياه الشرب ، الجودة الفيزيائية والكيميائية.

Abstract

This work aims to diagnose and assess the physico-chemical quality of underground water, produced and distributed in the Area of Boussada , one of the municipalities which harbors an important population. The physical and chemical analyses showed that this water consumed by humans present the criteria of drinkability by referring to the national standards and those of the instructions of the World Health Organization. Still the monitoring of this water remains an essential mission for public health and environmental risks.

Key words: boussada , underground water, drinking water, physical and chemical .

○ **Résumé**

Ce travail a pour but de suivre et d'évaluer la qualité physico chimique des eaux souterraines, produites et distribuées dans la région de boussada , l'une des communes qui abrite une population importante. Les analyses physico-chimiques ont montré que ces eaux de consommation humaine, présentent une bonne qualité et remplissent les critères de potabilité en se référant aux normes nationales et celles des directives de l'Organisation Mondiale de la Santé. La surveillance et le contrôle de ces eaux demeure une tache d'ordre primordial pour la santé publique et les risques environnementaux.

Mots clés :boussada , eaux souterraines, potable, qualité physico-chimique.

○ Liste des abréviations

km: kilometere

km²: kilometere

m: Mètre

M : est la moyenne mensuelle des températures maximale exprimées en °C

°C: Degré Celsius

mm:millimetre

(%) : Poucentage

T°C : Température en degré Celsius

P:exprime les précipitations annuelles exprimées en (mm).

M: exprime la moyenne des températures maximales du mois le plus chaud en K°.

m: exprime la moyenne des températures minimales du mois le plus froid en K°

pH : Potentiel d'Hydrogène

CE : La conductivité électrique

TDS : Taux des sels dissous

g/l : gramme par litre

NH₄⁺: Ammonium

Mg: Magnésium

mg/l: Milligramme par litre

Ca²⁺ : Calcium

Cl⁻ : Les Chlorures

NO₃⁻: Nitrates

NO₂⁻: Nitrites

Na⁺: Le Sodium

TA : Titre Alcalimétrique

TAC : Titre Alcalimétrique complet

ml: Millilitre

Nm : Le nanomètre est une unité de mesure de longueur, utilisée pour mesurer des longueurs très courtes de -910 mètres.

mn : minutes

(CO₃²⁻) : carbonates

(OH⁻): hydroxydes

CaCO₃: carbonate de calcium

TH : Titre hydrométrique

: Gramme

NaOH : Hydroxyde de sodium

Na⁺: Ion sodium

K⁺ : Ion potassium

H₂O : d'eau distillée.

EDTA : Ethylène diamine tétra acétique

(=) : Égalité

cm : Centimètre

O.M.S : Organisation Mondiale de la Santé

μS/cm : Micro-siemens par centimètre

H₂O : d'eau distillée

NaOH : Hydroxyde de sodium

NTU : Unité Néphrélométrique de Turbidité

○ Liste des figures

Figure 1- Carte de la situation géographique de la ville de Boussada (Google Earth).	2
Figure 2- la ville de Boussada (Kadiri ,2005).	3
Figure 3- Les grands ensembles du relief (Bendine,2019).	6
Figure 4- Coupe géologique de la zone de Boussada (Service Géologique de l'Algérie, 1960).	7
Figure 5- Contexte géomorphologique de la ville de Boussada (Imagerie 3D Google Earth traitée par l'auteur, 2021).	8
Figure 6- Dunes à Retama retam (Boussada, Photo : Mazari 2019).	9
Figure 7- Steppe à Stipa tenacissima (Bousada, Photo : Mazari 2019).	9
Figure 8- L'oasis de Boussada (Photo : Mazari 2019).	10
Figure 9- Reboisement à Eucalyptus globulus (Boussada, Photo : Mazari 2019).	10
Figure 10- Histogramme de la variation des précipitations moyennes mensuelles de la région boussada de 1994 à 2018 (Station météorologique d'Aïn Eddis).	12
Figure 11- Histogramme du régime saisonnier des précipitations de la station de boussada de 1994 à 2018 (Station météorologique d'Aïn Eddis).	13
Figure 12- Les types du vent à boussada (Nacib, 1986).	15
Figure 13- Variation de la vitesse moyenne mensuelle du vent de la région de Boussada (1994-2018).	15
Figure 14- Variation de l'humidité moyenne mensuelle de la région de Boussada	16
Figure 15- Diagramme Ombrothermique de la région de Boussada (1994-2018).	17
Figure 16- Le positionnement de la région de Boussaâda dans le climagramme d'Emberger,	18
Figure 17- PH mètre.	32
Figure 18- Conductimètre.	34
Figure 19- Turbidimètre.	35
Figure 20- Spectrophotomètre UV-Visible	36
Figure 21- Flame Photometer	41
Figure 22- Diagramme des points de température d'eau étudiés.	45
Figure 23- Diagramme des points potentiels hydrogènes (pH) d'eau étudiés.	46

Figure 24- Diagramme des points de conductivité électrique d'eau étudiés.	47
Figure 25- Diagramme des points de salinité d'eau étudiés.	48
Figure 26- Diagramme des points de turbidité d'eau étudiés.	50
Figure 27- Diagramme de la titre hydrométrique des points d'eau étudiés.	51
Figure 28- Diagramme de Titre Alcalimétrique complet des points d'eau étudiés.	52
Figure 29- Diagramme de Solides Totaux Dissous complet des points d'eau étudiés.	53
Figure 30- Diagramme des points de chlorure d'eau étudiés.	54
Figure 31- Diagramme des points de Ferrous ion d'eau étudiés.	55
Figure 32- Diagramme des points de nitrite (NO_2^-) d'eau étudiés.	56
Figure 33- Diagramme des points de Nitrates (NO_3^-) d'eau étudiés.	57
Figure 34- Diagramme des points de Sodium (Na^+) d'eau étudiés.	58
Figure 35- Diagramme des points de Potassium (K^+) d'eau étudiés.	59
Figure 36- Diagramme des points de Magnésium (Mg^+) d'eau étudiés.	60
Figure 37- Diagramme d'ammonium (NH_4^+) des points d'eau étudiés.	61
Figure 38- Diagramme des points de calcium d'eau étudiés.	62

○ **Listes des tableaux**

Tableau 1- Localisation géographique de Boussada (Nacib, 2017).	3
Tableau 2- Variation des températures moyennes mensuelles et annuelles de boussada (1994-2018).	13
Tableau 3- Valeur de quotient pluviothermique et l'ambiance bioclimatique de la région de Boussada.	18
Tableau 4- Paramètres physicochimiques selon l'OMS (OMS 2002).	21
Tableau 5- Paramètres physicochimiques selon le journal officiel algérien (journal officiel de la république algérienne n°27 (26 avril 2006 p10, 11, 12)) .	22
Tableau 6- classification d'une eau selon leur PH	24
Tableau 7- Lieux et dates de prélèvement.	30
Tableau 8- Types d'appareillages utilisés pour les différentes analyses.	31
Tableau 9- Goût de l'eau avec différentes concentrations de TDS.	52

Liste des équations :

Equation 1:	17
Equation 2:	18
Equation 3:	27
Equation 4:	33

A decorative border of watercolor flowers and foliage surrounds the central text. The border includes a large purple rose in the top left, a pink rose in the top right, a pink rose in the middle right, a large pink rose in the bottom left, and a yellow flower with a red center in the bottom right. There are also smaller pink and red flowers, blue flowers, and clusters of red and blue berries interspersed with green leaves.

Introduction

○ **Introduction :**

L'eau représente un élément vital indispensable à notre vie elle existe sous différentes formes, pour répondre à nos besoins biologiques, domestiques et agricoles.

L'eau n'est pas seulement un élément essentiel à la vie mais aussi une force puissante par elle-même, aussi son importance dans l'économie humaine ne cesse de croître et l'approvisionnement en eau douce devient de plus en plus difficile, tout en raison du développement et de l'effort accéléré des techniques industrielles modernes que de l'accroissement de la population et de son niveau de vie.

En même temps les causes de pollution se sont étendues et sont devenues plus nocives, plus variées et plus insidieuses.

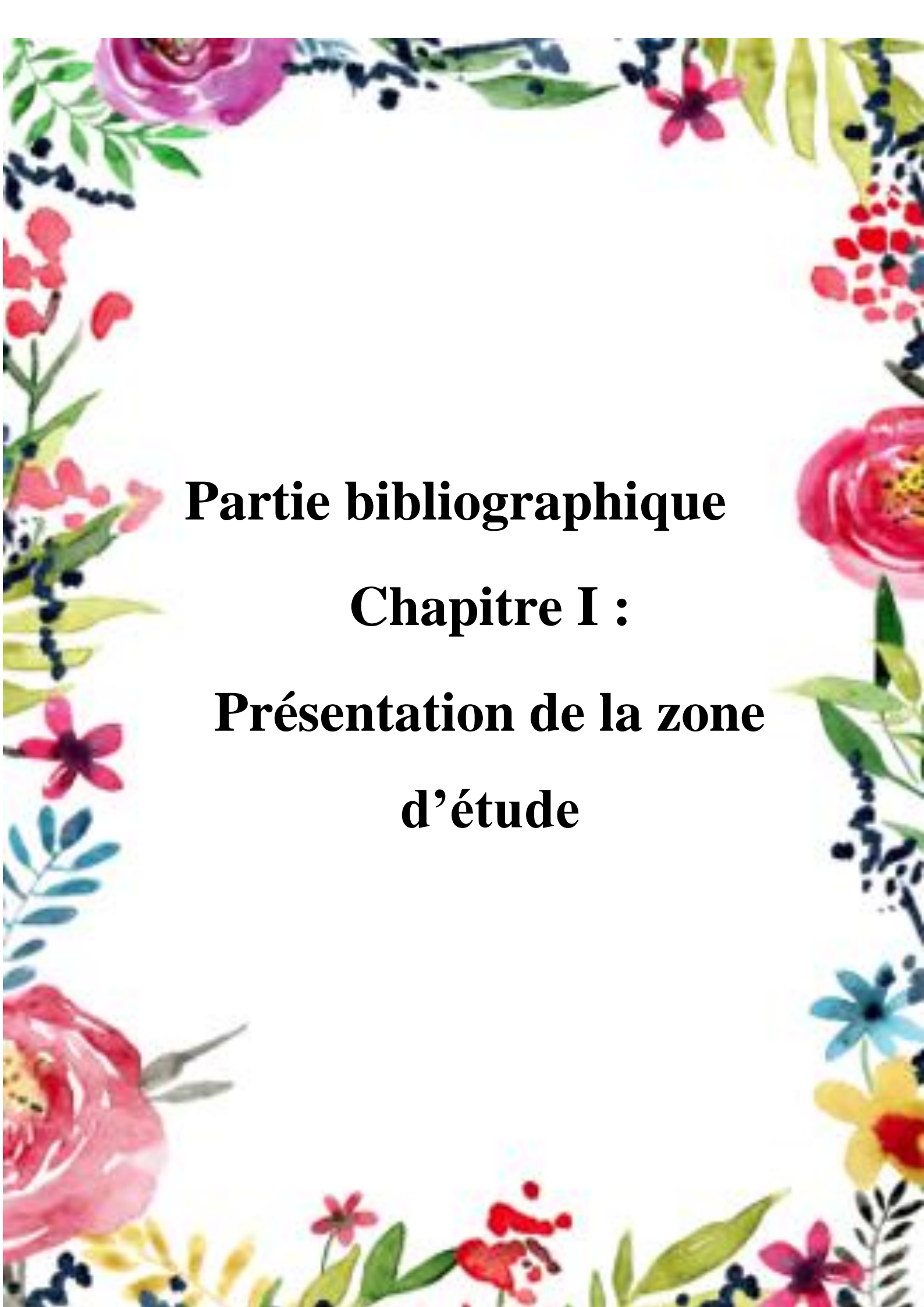
Ces milieux n'ont cessé d'être dégradés sous l'effet des fortes expositions des activités humaines le long du bassin versant, en effet, de par leur proximité des activités anthropiques et urbaines, ces milieux sensibles sont sujets à différentes sources de pollution, le rejet des eaux usées brutes en est des principales, et l'intensification des activités agricoles, en bordure et dans les lits des oueds (Bensaid, 1994).

La pollution des eaux peut être minérale ou microbiologique. Les eaux de surface sont très polluées contrairement aux eaux souterraines, qui sont bien protégées. Les eaux polluées doivent subir différents traitements: physique, chimique et biologique, selon le degré et la nature de la pollution, afin de les rendre potables (Cuq, 2007).

En Algérie, l'eau est une ressource de plus en plus précieuse. La concurrence que se livrent l'agriculture, l'industrie et l'alimentation en eau potable pour avoir accès à des disponibilités limitées en eau (Remini, 2010).

Le travail que nous présentons s'articule comme suite :

- ❖ Le premier chapitre concerne la présentation de la zone d'étude Boussada.
- ❖ Dans le deuxième chapitre nous présentons les méthodes d'analyses utilisées.
- ❖ Alors le dernier chapitre rassemble les résultats expérimentaux obtenus, suivis d'une discussion et interprétations.



Partie bibliographique

Chapitre I :

**Présentation de la zone
d'étude**

Chapitre I. Présentation de la zone d'étude

La connaissance de la région à étudier est primordiale avant toute étude d'un projet. Avant de traiter notre sujet il faut avoir une idée générale sur l'emplacement de la zone d'étude (**Boussada**) concernant une vision géographique, hydrographique et climatique.

I.1. Présentation géographique de la ville de Boussada

La région de Boussada est située au sud du Chott El Hodna, sur la longitude $4^{\circ} 10' 46.08''$ Est et la latitude $35^{\circ} 12' 36.97''$ Nord, avec une altitude de 602 m au-dessus de la mer. Elle est distante du Chef-Lieu de la wilaya de M'sila de 67.3 Km au Sud-Ouest et de 266 Km au Sud-Est de la capitale Alger (d'après Google Earth, 2019).

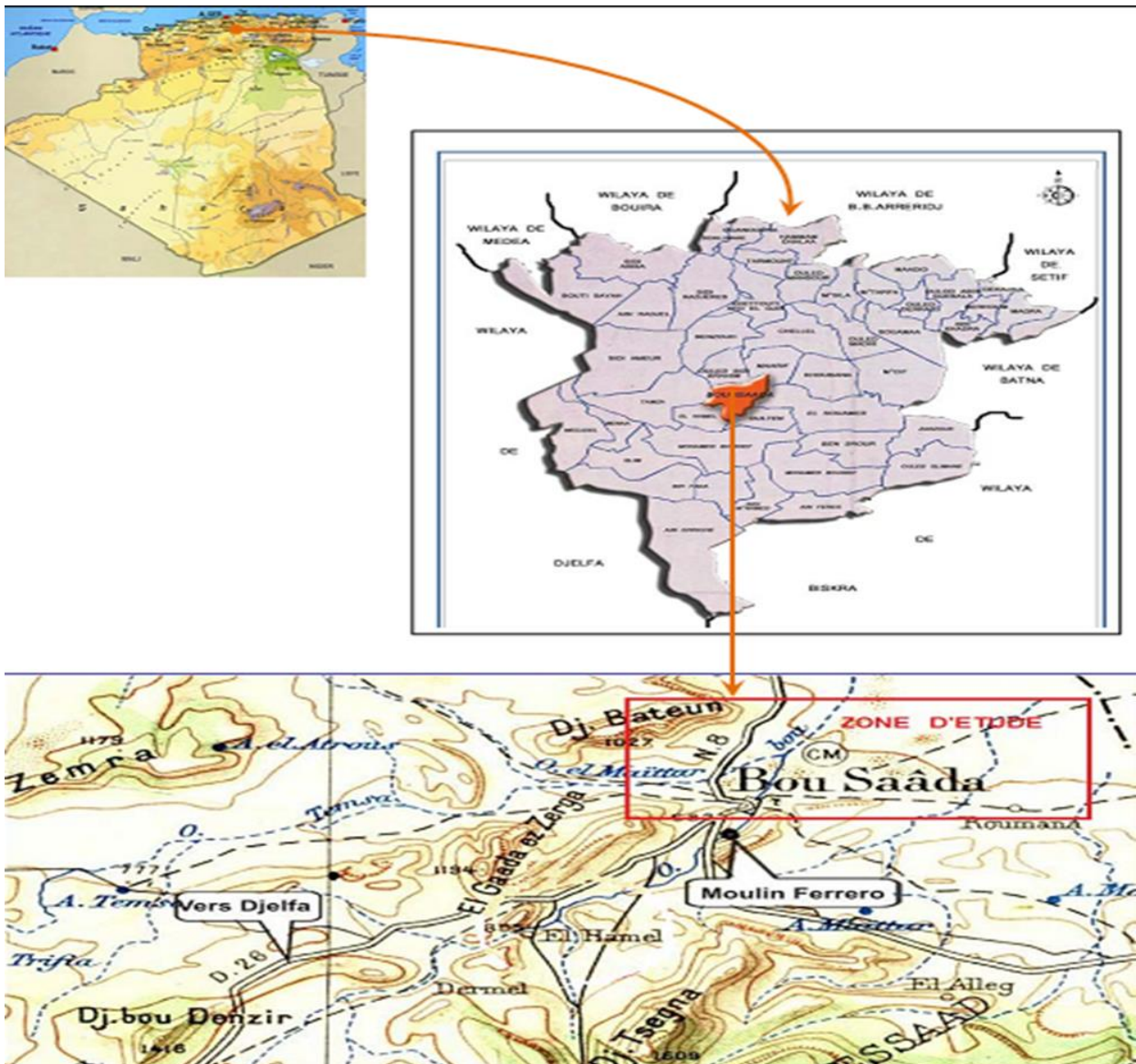


Figure 1- Carte de la situation géographique de la ville de Boussada (Google Earth).

Administrativement, elle est limitée au Nord par la commune d'Ouled Sidi Brahim et au Nord-Est par la commune d'El Maarif, à l'Est par la commune d'El Haouamed, au Sud par la commune d'Oultem, au Sud-Ouest par la commune d'El Hamel, et à l'Ouest par commune de Tamsa. De point de vue topographique, Boussaâda se trouve enserrée entre deux chaînes de montagnes et forme un couloir située entre Djebel Kardada et djebel Azzedine. De par sa position géographique, la région ainsi délimitée se trouve au contact de trois ensembles structuraux: les Hautes Plaines steppiques Algéro-oranaises au nord et à l'est, la Plate-forme saharienne au sud, enfin l'Atlas saharien à l'ouest (Kaabeche, 1990).

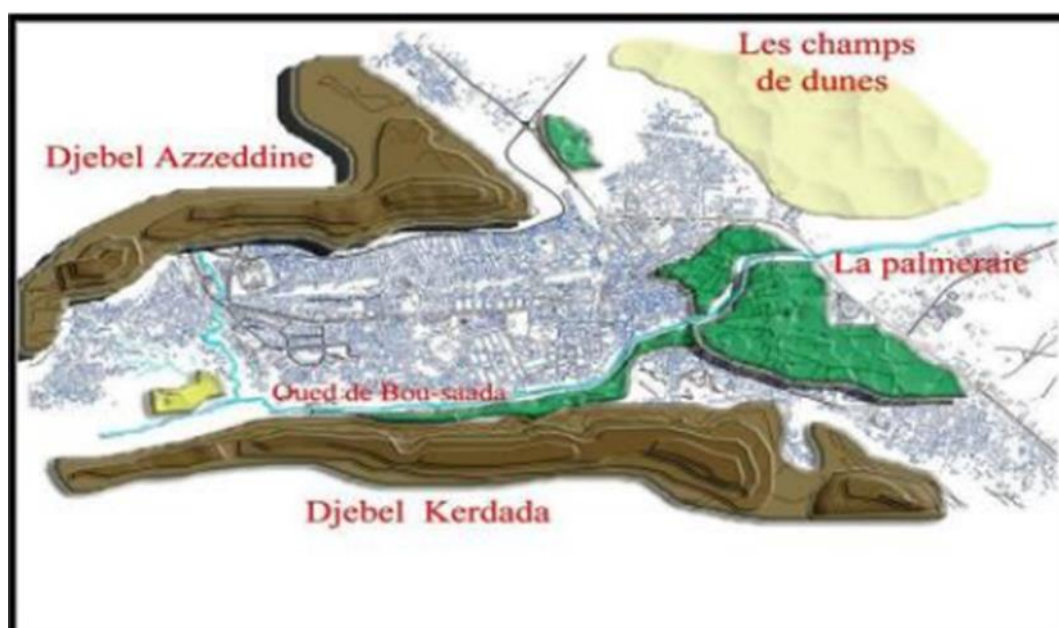


Figure 2- la ville de Boussada (Kadiri ,2005).

Tableau 1- Localisation géographique de Boussada (Nacib, 2017).

Coordonnées spatiales	4°, 11' long. Est 35°, 13' lat. nord
Distance d'Alger	250 km (sud-sud-est de la capitale)
Altitude	560 m
Situation	Entre le Dj. Kerdada au sud (anticlinal Sud-ouest-nord-ouest) et le R'mel (dunes de sables) au nord, sur une vallée d'alluvions dessinée par l'oued
Carrefour	Entre les Hauts Plateaux centraux (Djelfa), le Tell algérois et le Zab (Biskra)

I.2. Géologie et géomorphologie :

Les principaux traits de la zone ont été dégagés des travaux de Savornin (1920) pour la géologie et les travaux de Capolini et Sari (1969) pour la géomorphologie. Ainsi, les unités suivantes peuvent-elles être distinguées (Mazari, 2019):

- ❖ **Plaine méridionale** (550 m à 850m) présente des glacis caillouteux encroutés, ensablés et des collines rocheuses.
- ❖ **R'mel** (400m à 550 m) est formé de dunes de sables, de dépôt alluviaux récents de collines rocheuses isolées. C'est un pli orienté, constitué de calcaires, marnes et grès du jurassique et du crétacé.
- ❖ **Chaines montagneuses** sont constituées également de calcaire, marnes et grès (crétacé inférieur et supérieurs) (Nacib, 1986).
- ❖ **Relief de la région de Boussada** est caractérisé par la présence de chaines de montagnes d'orientation variée au niveau de la partie sud et sud-ouest. On note l'existence des reliefs suivants :
 - Djebel Grigour côté Nord-ouest de la ville.
 - ✓ Djebel Moubkhira côté Sud-ouest du chef-lieu (772 m).
 - ✓ Djebel Kerdada côté sud (947 m). - Mont de Menkeb Sidi Brahim (718 m) côté Sud-est de la ville et djebel El MAALLEG côté Sud de la commune.
 - ✓ Les terres agricoles du côté nord-est (village agricole d'El Maadher).
 - ✓ Les vallées traversent le périmètre de Boussaâda :
 - ✓ La vallée de l'oued Boussaâda qui forme une sorte de couloir entre le Djebel mené et Djebel Kerdada et coule au pied de ce dernier en se jetant dans la plaine nord.
 - ✓ La vallée d'Oued Maîter située à l'Ouest de la ville de Boussaâda avec une altitude de 587 m, formant un couloir venteux animé par les vents Ouest et Nord, engendrant des champs de dunes orientés Ouest-Sud-ouest vers Est-Nord. Les formes récentes ne sont généralement pas stabilisées, ce sont parfois des dunes au pied des reliefs comme celui du Djebel Kerdada. Sur la rive Est de l'Oued Maîter on trouve des champs de Sebkha où les larges lits de l'Oued sont souvent à sec et sont soumis à la déflation des vents de l'Ouest (Mahroug, 2021).
- ❖ **Dépressions** : zones de concentration des eaux de ruissellement et de décantation des particules solides, elles correspondent à deux types selon leur caractère salé « sebkha, chott » ou non salé « daya ».

- ❖ **Dunes:** amas de sable quartzeux, souvent riche en matériel argileux. (Kaabeche, 1990).

I.3. Pédologie

Dans la région étudiée, deux grands ensembles de facteurs édaphiques ont une influence déterminante sur la végétation :

- ✓ Les facteurs du bilan hydrique, en particulier la capacité de rétention en eau du sol (liée à la texture, à la teneur en matière organique et au type de substrat) ainsi que la valeur des apports complémentaires (ruissellement, nappe phréatique).
- ✓ Les facteurs chimiques, principalement le rôle des horizons d'accumulation des sels. Les principaux types de sols peuvent être définis en fonction des unités géologiques et géomorphologiques précédemment mentionnées.
- ✓ Au niveau des massifs montagneux se rencontrent, selon la roche-mère, deux grandes catégories de sols: d'une part, sur substrat dur (calcaire, grés), des lithosols et rendzines; d'autre part, sur substrat tendre (marne, marno-calcaire), des régosols et des sols bruns calcaires.
- ✓ Sur les glaciers à encroûtement calcaréo-gypseux se développent des sols à texture limono-sableuse, peu évolués.
- ✓ Les systèmes dunaires, au nord de Bou Saada, correspondent à des sols minéraux bruts, d'apport éolien.

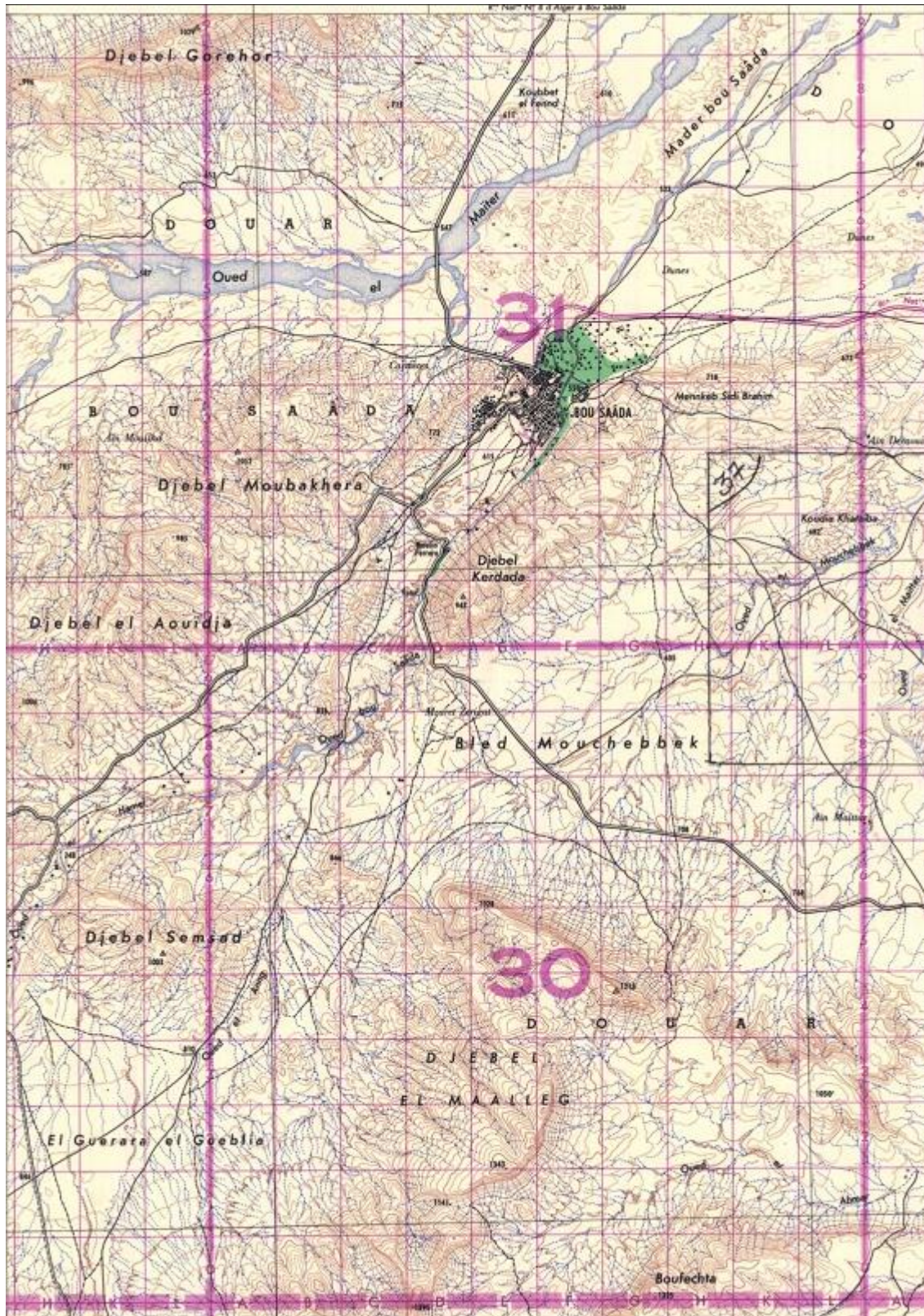


Figure 3- Les grands ensembles du relief (Bendine,2019).

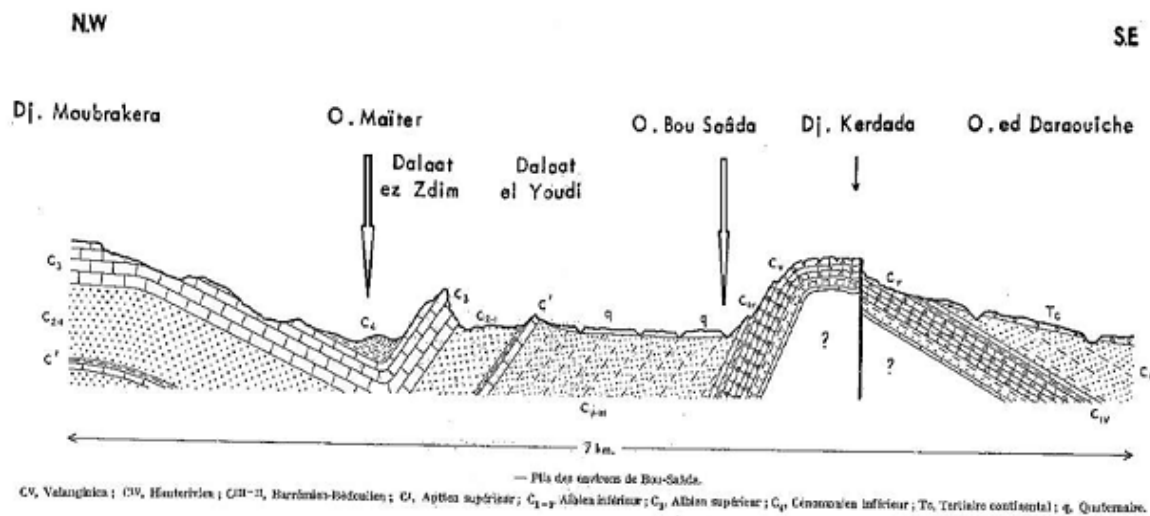


Figure 4- Coupe géologique de la zone de Boussada (Service Géologique de l'Algérie, 1960).

I.4. Réseau hydrographique

Boussada présente deux grands oueds : Oued Maïter qui prend sa source dans les monts Djebel Bou Denzir dont le sommet culminant est 1416 m et Oued Boussada qui prend naissance dans les monts d'Ain Ghorab dont la côte se trouve à 1500 m. Les eaux qui drainent ces deux oueds se déversent dans la cuvette du sebkha au (Sud du chott) lors des orages, les crues charrient beaucoup de matériaux issus de l'érosion et les déversent dans le périmètre du chott El Hodna et où il faut noter qu'à chaque apport de matériaux (charries) correspond un volume d'eau salée par ruissellement, qui s'étend sur des terrains pouvant être mis en valeur (terres agricoles) et des particules fines qui enrichissent à leur tour le sable d'origine éolienne (Nacib, 1986).

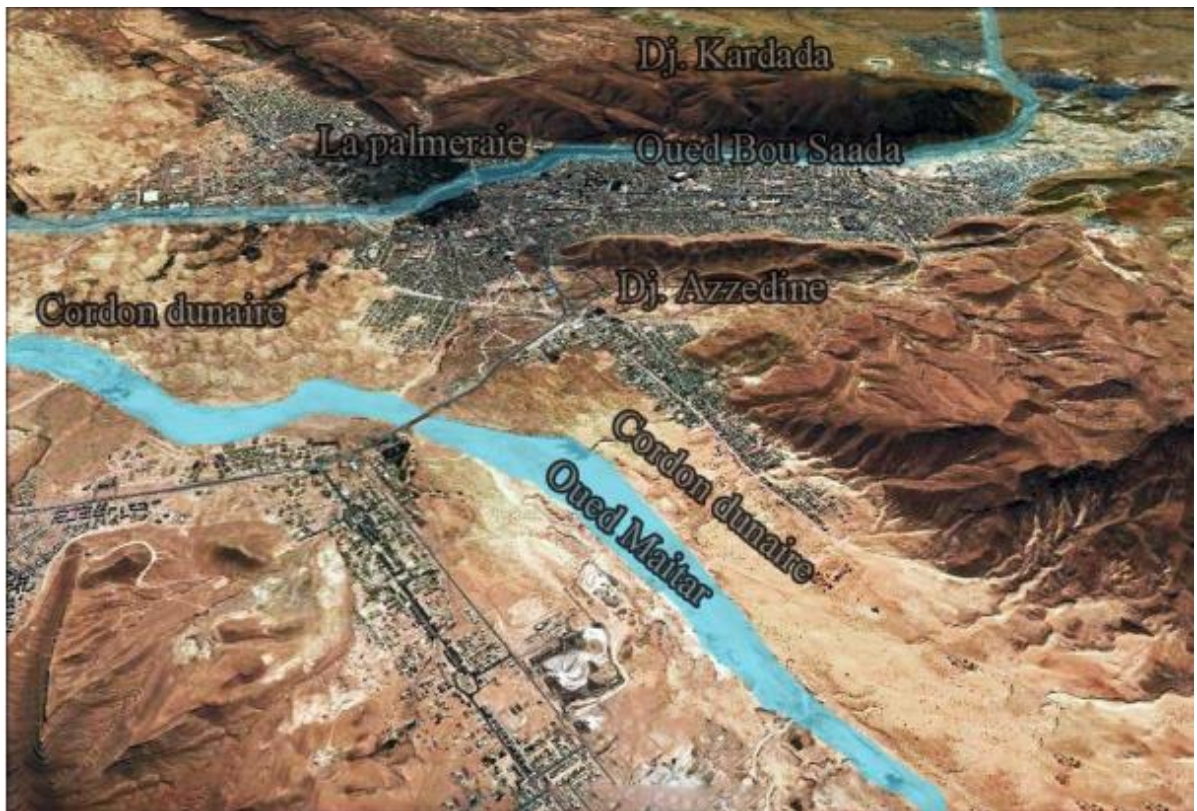


Figure 5- Contexte géomorphologique de la ville de Boussada (Imagerie 3D Google Earth traitée par l'auteur, 2021).

1.5. Couverture végétale

A l'exception des massifs montagneux, où prédominent des formations essentiellement arborées et/ou arbustives à base de pin d'Alep et de genévrier de Phoenicie, décrites selon les auteurs sous diverses dénominations (forêt claire, forêt clairsemée, maquis, garrigue, matorral : Quezel, 1976; Tomaselli, 1976; Quezel&Barbero, 1981), l'essentiel du paysage végétal du territoire est constitué par des formations steppiques. (khebeche, 1995).

Selon la circonscription des forêts de Bou Saâda, notre région d'étude constitue cinq endroits végétales lesquelles : le oasis, le cordant dunaire, paysage artificialisé (DjenanBelghizaoui), les cours d'eaux (Oued Bou Saada et Oued Maitar) et les montagnes (Kerdada et Maalag).

L'identification des endroits sur l'identité de l'espèce végétale dominante, en cas de codominance on considère l'habitat comme endroits mixte. Ces endroits sont :

- Dunes à *Retama retam*.
- Steppe psammophile à *Aristida pungens*.
- Steppe à *Stipa tenacissima*.
- Habitat à végétation aquatique.

- Oasis.
- Reboisement à *Eucalyptus globulus* (Il considéré comme une forêt type I) (khebeche, 1995).
 - **Dunes** : sont des collines de sable construits et façonnés par le vent (Lorenz et Zimelman, 2014 ; Bristow, 2009). Elles ont une longueur de 1 m à plusieurs dizaines de kilomètres et une hauteur de quelques dizaines de centimètres à plus de 300 m (Chiheb,2022).



Figure 6- Dunes à *Retama retam* (Boussada, Photo : Mazari 2019).

- **Steppe** : est une formation basse et ouverte, dominée par des xérophytes en touffes, laissant paraître le sol nu dans des proportions variables, en fonction du végétal dominant, qui peut être herbacé ou ligneux (sous-arbrisseaux) (Lehouérou, 1995).



Figure 7- Steppe à *Stipa tenacissima* (Bousada, Photo : Mazari 2019).

- **Oasis** : est l'association d'une agglomération humaine et d'une zone cultivée (souvent une palmeraie) en milieu désertique ou semi-désertique. Une palmeraie d'oasis est un espace fortement anthropisé et irrigué qui supporte une agriculture classiquement intensive et en polyculture (Battesti, 1998).



Figure 8- L'oasis de Bousada (Photo : Mazari 2019).

- **Reboisement** : il consiste à planter des arbres là où il y a eu des perturbations, comme par exemple une épidémie d'insectes ou un feu ou à la suite d'une coupe, afin de reconstituer la forêt. Aussi, d'un point de vue technique, cette tâche consiste à « mettre en terre de jeunes plants » (Gouvernement du Québec, 2003).



Figure 9- Reboisement à *Eucalyptus globulus* (Boussada, Photo : Mazari 2019).

○ I.6. Climat

Le climat joue un rôle fondamental dans la répartition des êtres vivants. Il dépend de nombreux facteurs. Le climat d'une région correspond à l'ensemble des conditions qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère en un lieu ou une région donnée. Les paramètres climatiques enregistrés par les météorologistes correspondent au macroclimat ou climat régional. (Dajoz, 2006).

Pour caractériser le climat de la zone d'étude nous avons retenu les facteurs climatiques les plus importants, les températures, les précipitations, l'humidité, et le vent.

Les données climatiques de la région d'étude sont de la période de 1994 à 2018 (25 ans) proviennent de la station météorologique d'Aïn Eddis (35°19' N de latitude, 4° 12' E de longitude et 461 m d'altitude) au niveau de l'aéroport de Boussaâda à une dizaine de kilomètres au nord de la ville. Ces données recueillies concernent la pluviométrie, les températures et le vent.

I.5.1. Pluviométrie

Les précipitations constituent un facteur écologique d'importance fondamentale dans l'alternance saison des pluies et saison sèche, qui joue un rôle régulateur des activités biologiques (Ramade, 1984). Selon Pouget (1980), l'importance de la pluviosité et du régime hydrique intervient sur la biomasse végétale, donc sur la matière organique, mais aussi sur la

dynamique du calcaire et des sels en fournissant l'eau indispensable à leur dissolution, transport et reprecipitation.

I.5.2. Précipitations mensuelles et annuelles

A partir de l'analyse des hauteurs mensuelles de pluie dans notre station d'une période de 25 ans (1994-2018), nous constatons que Bou Saâda reçoit une tranche pluviométrique annuelle faible et irrégulière, elle est de l'ordre de 157.77 mm/an. Toutefois, on fait ressortir un maximum durant le mois de Septembre (20.03 mm) et une quantité plus ou moins considérable durant le mois d'Octobre (19.15 mm) et un minimum au mois de Juillet (5.52 mm).

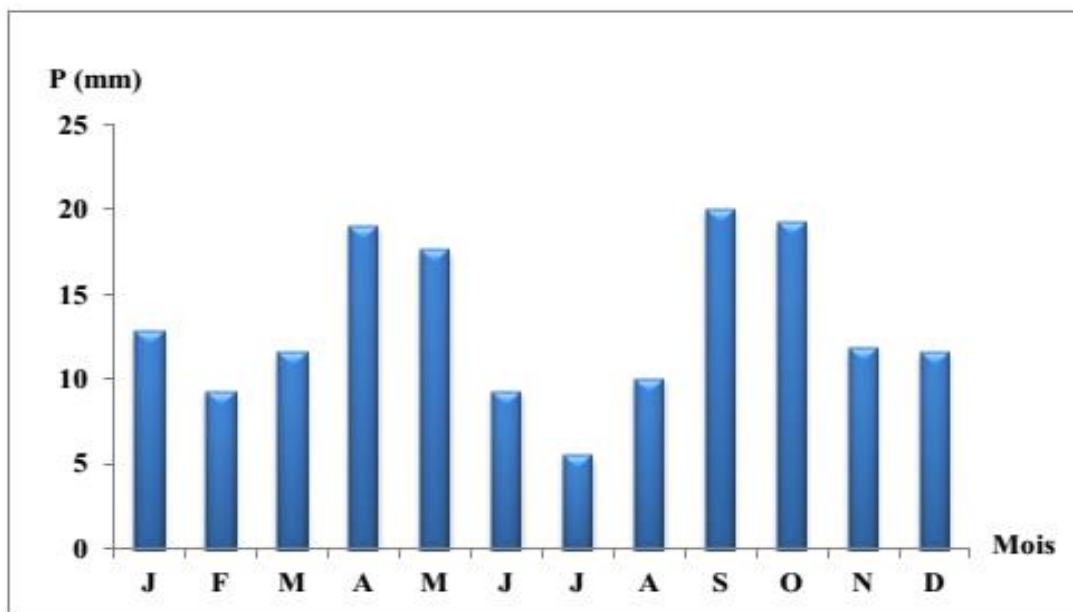


Figure 10- Histogramme de la variation des précipitations moyennes mensuelles de la région boussada de 1994 à 2018 (Station météorologique d'Aïn Eddis).

I.5.3. régime saisonnier

La connaissance de la pluviométrie annuelle moyenne, est une donnée insuffisante pour caractériser un régime pluviométrique régional. Il est nécessaire de la compléter par la détermination de la répartition saisonnière des pluies de l'année et de sa variation (Chaumont et Paquin, 1971 in Meddour, 2010). Musset (1953) in Meddour (2010) a défini la notion de régime saisonnier. Elle consiste à calculer la somme des précipitations par saison et à effectuer le classement saisonnier par ordre de pluviosité décroissante en désignant chaque saison par son initiale. L'hiver a été défini comme la période de décembre de l'année n à janvier et février de l'année n (H) ; le printemps intègre les mois de mars à mai (P) ; l'été les mois de juin à août (E) et l'automne la période de septembre à novembre (A).

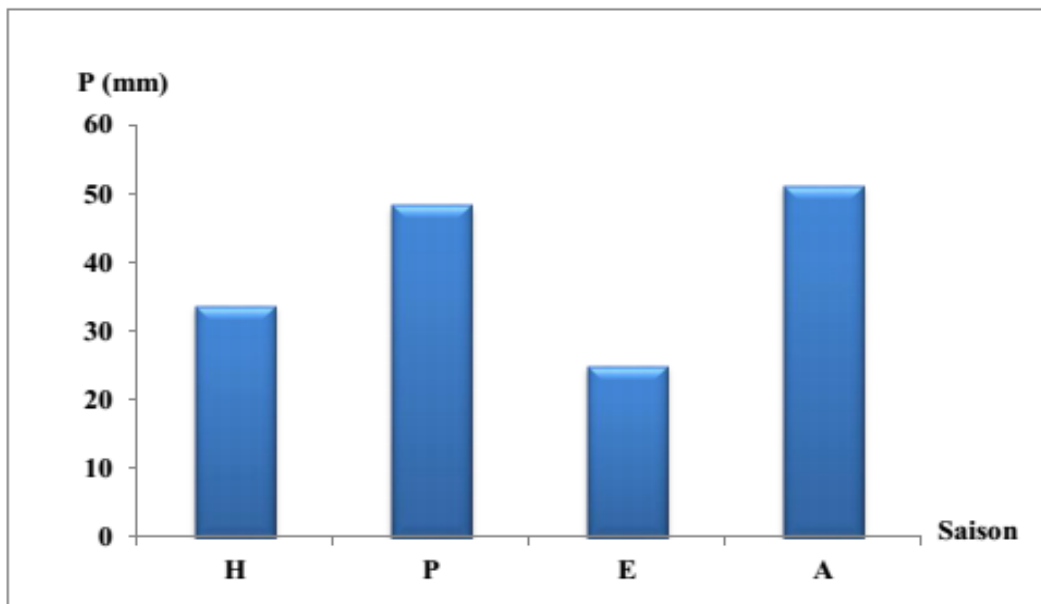


Figure 11- Histogramme du régime saisonnier des précipitations de la station de boussada de 1994 à 2018 (Station météorologique d'Aïn Eddis).

I.5.4. Température

La température représente sans doute un facteur limitant de toute première importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (Ramade, 2003).

Dorst (1971) signale que le phénomène de l'ovulation chez les oiseaux et le déclenchement hormonal de la construction des nids dépend de la température. Dans la région de Boussaâda, la température moyenne annuelle est de 19.97 °C dont le mois le plus froid est le mois de Janvier avec 9.66 °C, alors que le plus chaud est le mois de Juillet avec 32.39 °C.

Tableau 2- Variation des températures moyennes mensuelles et annuelles de boussada (1994-2018).

Mois T	jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
T max	4,24	4,77	8,13	11,5 8	16,2 0	21,3 2	24,7 2	24,2 0	19,7 6	14,4 4	8,78	4,65
T min	15,0 8	15,9 7	20,4 7	24,8 0	30,3 9	34,5 6	40,0 5	39,0 3	33,2 8	27,1 2	20,0 2	15,5 6
T Moy (M+m)/2	9,66	10,3 7	14,3 0	18,1 9	23,3 0	27,9 4	32,3 9	31,6 2	26,5 2	20,7 8	14,4 0	10,1 1

⇒ Avec T moy = (T max + T min)/2

I.5.5. Vent

Le vent est un agent important de la désertification. En effet, il accentue l'évapotranspiration et contribue à abaisser l'humidité (Ozenda, 1983). Il constitue aussi un des facteurs du succès de la reproduction, car il peut faire tomber les nids (Boukhamza, 1990). Selon Seltzer (1946) le sirocco est le vent le plus redouté. Il joue un rôle de facteur de mortalité vis-à-vis des oiseaux et des insectes proies potentielles. D'après Beniston et Beniston (1984) c'est un vent extrêmement sec qui entraîne le sable en tourbillonnant

Au contraire des autres régions du Hodna, la région de Boussaâda subit cinq (05) types de vents (Figure12) :

- ✓ Le « sirroco », venant du Sud et soufflant durant la période estivale;
- ✓ Le vent d'Ouest, dit « el gherbi » qui est un vent sec drainant des nuages sans apporter pour autant la pluie
- ✓ Le vent du Nord/Nord-Ouest, dit « dahraoui » porteur du froid et de l'humidité septentrionaux ; il peut être pluvieux et souffle surtout en hiver
- ✓ Le vent du Nord, dit « el bahri », vent marin qui charrie pluies et neiges, déposées aussitôt sur la chaîne tellienne et les monts du Hodna
- ✓ Le vent d'Est dit «el chergui» qui en passant par les Autres, prend en hiver le froid de la montagne (Nacib, 1986).

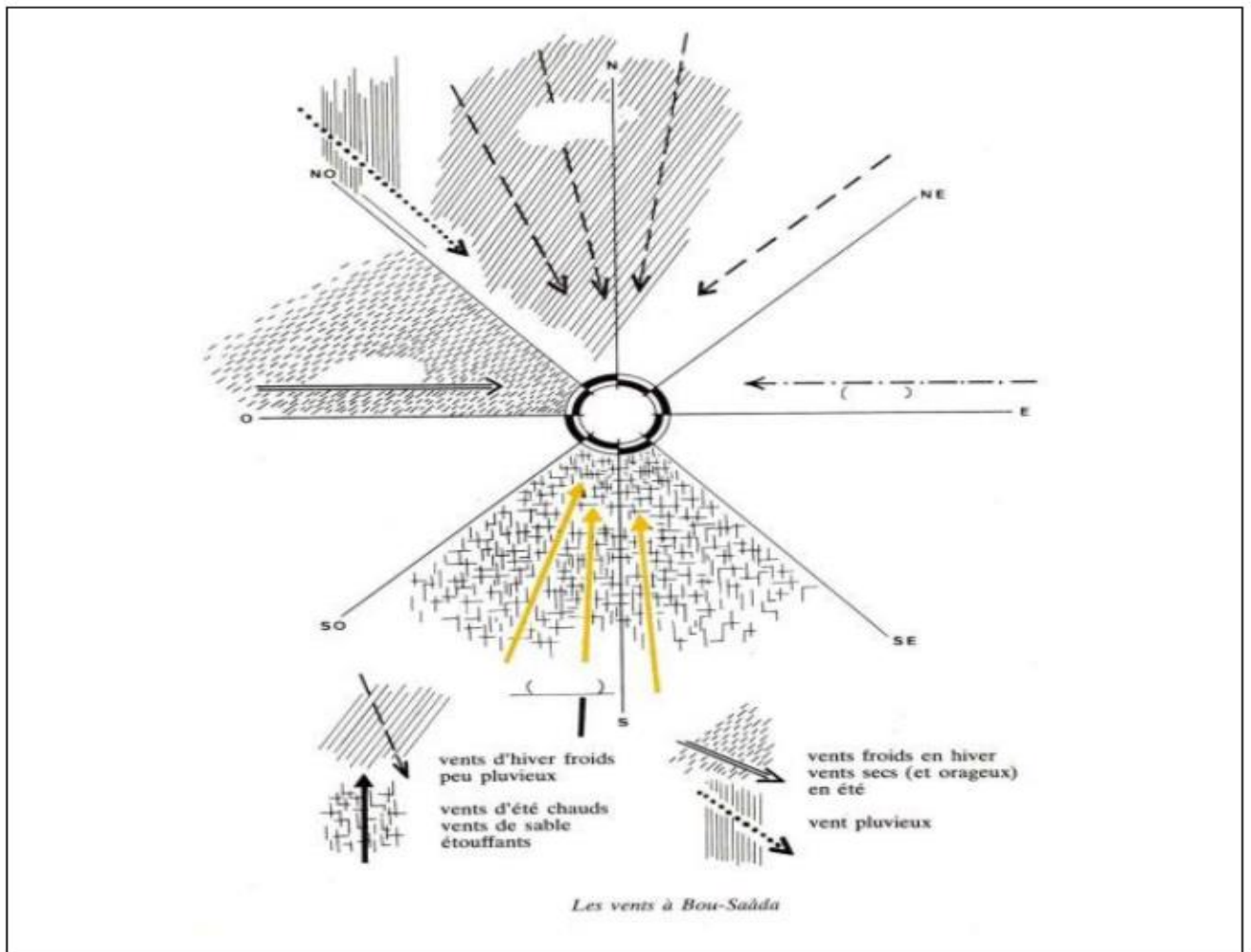


Figure 12- Les types du vent à boussada (Nacib, 1986).

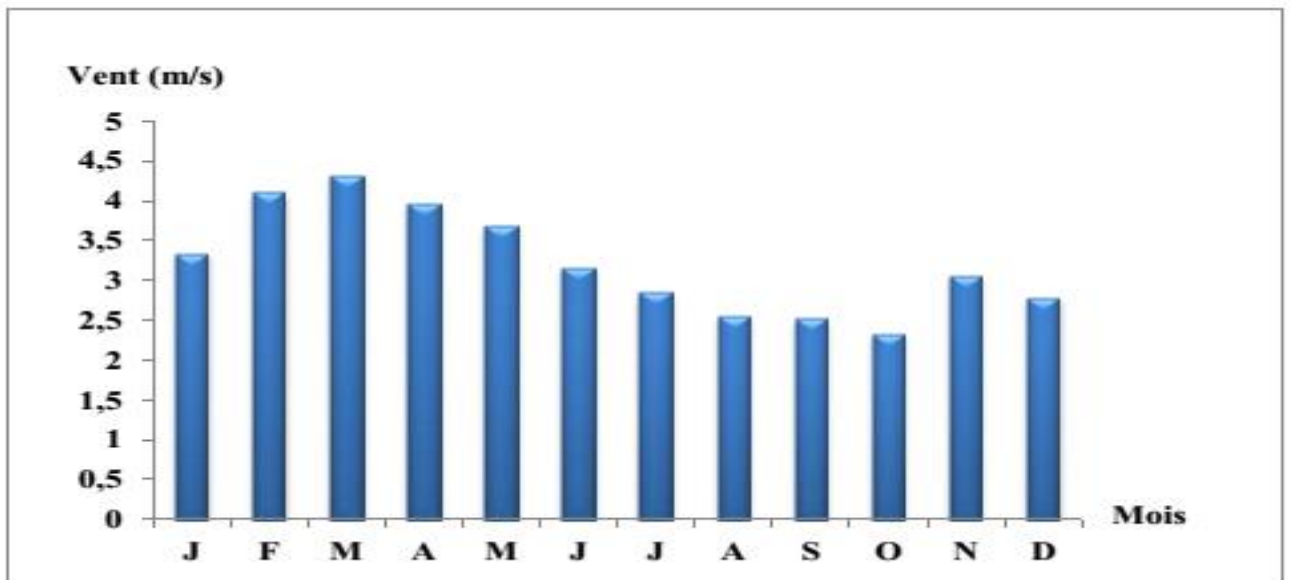


Figure 13- Variation de la vitesse moyenne mensuelle du vent de la région de Boussada (1994-2018).

Les vents qui soufflent sur Boussada ont des vitesses relativement faibles qui vont de 2.32 m/s au mois d'Octobre à 4.31 m/s en Mars.

I.5.6. Humidité relative

L'humidité dépend de plusieurs facteurs tels que la quantité d'eau tombée, le nombre de jours de pluie, la fréquence des précipitations, la température, les vents et la morphologie de la station considérée (Faurie *et al*, 1980).

Le taux d'humidité le plus élevé est de 65.84 % enregistré au mois de Décembre alors qu'il est 25.97 % en Juillet.

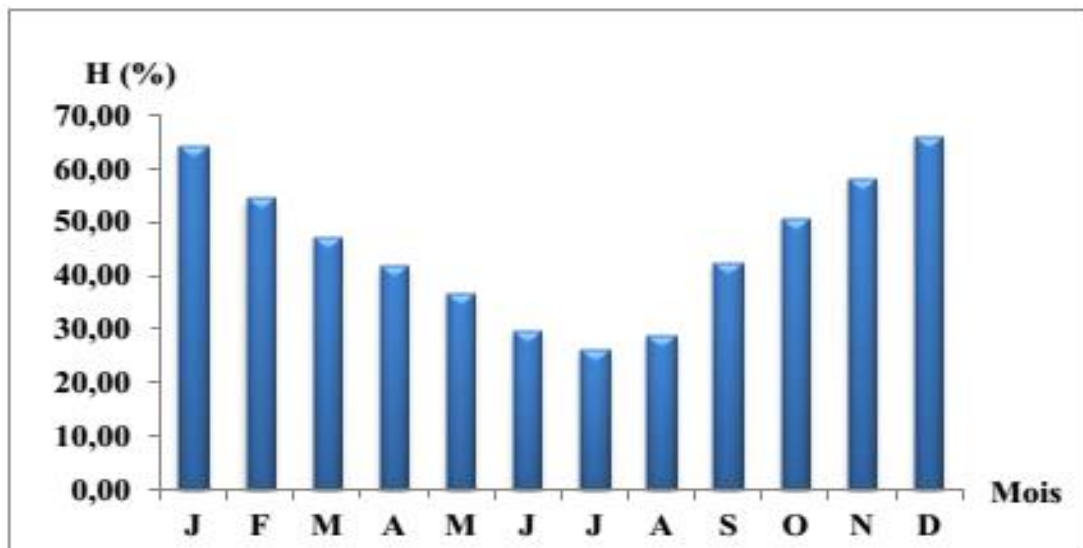


Figure 14- Variation de l'humidité moyenne mensuelle de la région de Boussada (1994-2013).

I.5.7. Synthèse climatique

On entend par synthèse bioclimatique tous les indices et expressions formulés par de nombreux auteurs dont EMBERGER (1955), BAGNOULS et GAUSSEN (1953) caractérisant le climat d'une région donnée d'une façon précise et synthétique.

I.5.7.1. Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN

Les diagrammes ombrothermiques de BAGNOULS et GAUSSEN (1953) proposent de définir la saison sèche comme étant l'ensemble des mois où le total mensuel des précipitations exprimé en millimètres est inférieur ou égal au double de la température moyenne mensuelle, exprimée en degrés centigrades : $P \leq 2 T$.

Pour visualiser la position de la saison sèche dans l'année, ainsi que sa durée et son intensité, ces deux auteurs proposent une représentation graphique basée sur une convention d'échelle: le diagramme ombrothermique. Le diagramme ombrothermique

Une fois construit à partir des moyennes disponibles de températures et de pluviosité, montre l'existence d'une seule période de sécheresse s'étalant toute l'année pour la station de Boussada, avec une intense sécheresse au mois de Juin à Septembre.

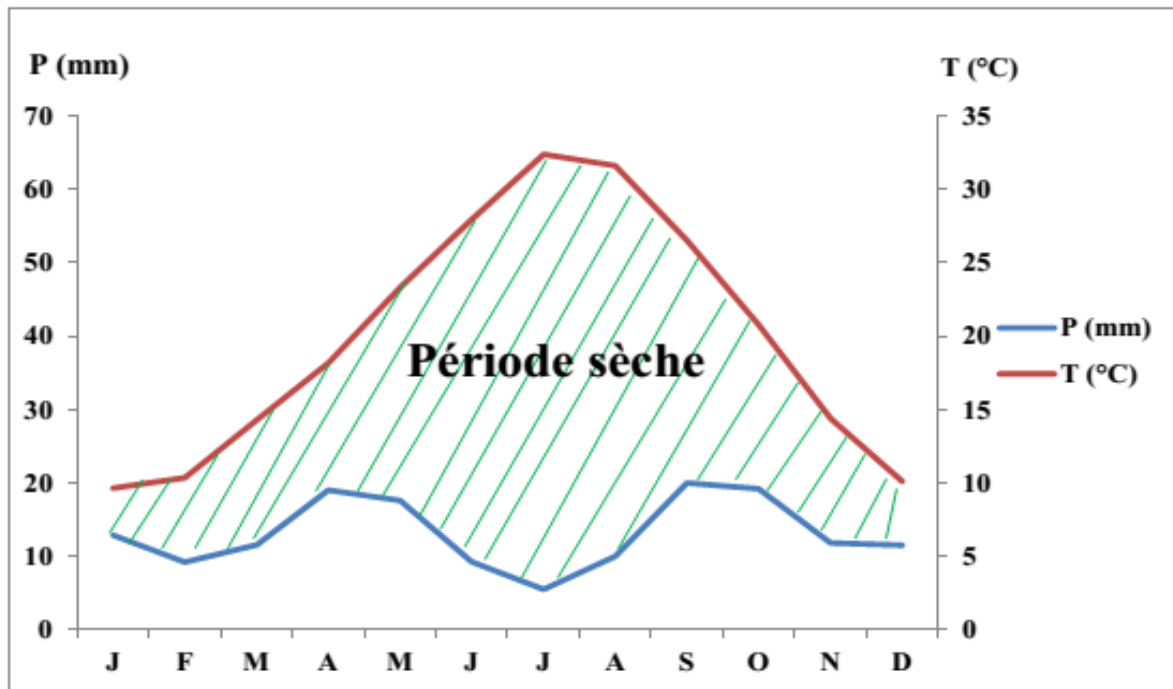


Figure 15- Diagramme Ombrothermique de la région de Boussada (1994-2018).

I.5.7.2. Quotient pluviométrique et climagramme d'Emberger

Emberger (1955), a initié l'étude des bioclimats de la région méditerranéenne en proposant un indice appelé « quotient pluviométrique » avec un climagramme qui permet de déterminer les différents étages bioclimatiques. Pour définir les divers types de bioclimat de la région méditerranéenne, ce botaniste phytogéographe a proposé la formule suivante :

Equation 1:

$$Q_2 = \frac{2000P}{M^2 - m^2}$$

P: exprime les précipitations annuelles exprimées en (mm).

M: exprime la moyenne des températures maximales du mois le plus chaud en K°.

m: exprime la moyenne des températures minimales du mois le plus froid en K°.

Tableau 3- Valeur de quotient pluviothermique et l'ambiance bioclimatique de la région de Boussada.

Région	P (mm)	M (°C)	m (°C)	m (°C)	Ambiance bioclimatique
Boussada	157.77	40.05	4.24	15.11	Aride à hiver tempéré

En combinant sur un climagramme (m) en abscisse et le quotient pluviothermique en ordonnée pour définir les étages bioclimatiques (ou ambiances bioclimatiques).

Equation 2:

$$Q_2 = \frac{3.43P}{M - m}$$

NB : dans la formule de STEWART le M et m en degré Celsius.

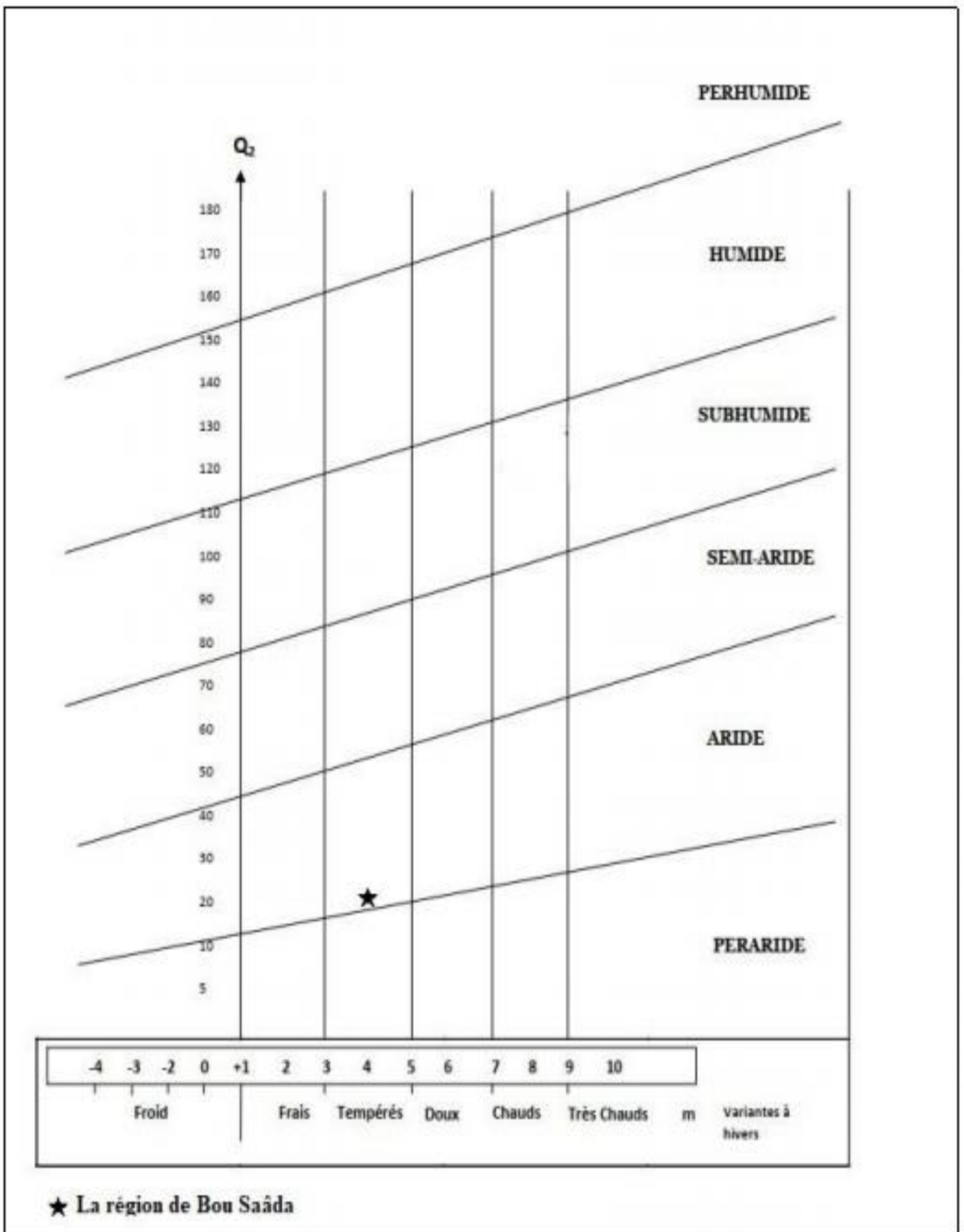


Figure 16- Le positionnement de la région de Boussaâda dans le climagramme d'Emberger,

A decorative border of watercolor flowers and foliage surrounds the text. The border includes pink and red roses, small pink and red flowers, blue flowers, yellow flowers, and green leaves with dark blue berries.

PARTIE
EXPERIMENTALE

Chapitre II

MATERIEL ET METHODES

Chapitre II. Matériels et méthodes

II.1.1. Ressources en eau

La terre est qualifiée de « planète bleue » car l'eau recouvre presque les trois quarts de sa surface (70 % de la surface globe).

Les ressources en eau sont constituées par des flux et non pas de stocks, comme d'autres matières premières et ces flux d'eaux destinés à la consommation humaine sont représentés par les eaux de pluie, de surface, et des eaux souterraines. L'ensemble de ces ressources fait partie d'un système dynamique unique représenté par le cycle de l'eau. Sur l'ensemble de la planète, la quantité d'eau est estimée à 1 400 millions de km³ (environ 400 fois le volume de la Méditerranée).

Une quantité d'eau qui n'a pas augmenté depuis son apparition sur Terre, il y a environ 3,4 milliards d'années. L'eau salée représente 97,2 % de l'eau sur Terre. L'eau douce représente un peu moins de 3 % du total; soit 39,2 millions de km³. Le volume d'eau douce présente sous forme de lacs, de cours d'eau (fleuves, rivières) et de nappes souterraines où l'homme peut puiser n'est plus, au final, que de 14 millions de km³, de cette eau douce : c'est l'eau présente dans les lacs, les fleuves et les nappes souterraines.

En effet, on ne compte pas l'eau immobilisée dans les glaces des pôles, c'est à dire 70 % de l'eau douce présente sur Terre. (C. I. eau, 1995).

II.2. Les Puits

Un puits est un procédé de captation des eaux d'une nappe phréatique de moyenne profondeur. Peut être creusé de différentes manières. Depuis toujours, les populations ont construit des puits pour s'assurer une ressource en eau pérenne on distingue plusieurs types de puits :

II.2.1. Puits ordinaires

Ce sont des puits plus fréquemment réalisés dans les zones rurales (puits individuels ou semi-collectifs). Ils sont généralement creusés à la main et sont plus faciles à réaliser dans les régions dont la topographie est peu accidentée et où la nappe se trouve à moins de 20 mètres du niveau du sol. (Bouziani, 2000).

Les puits ordinaires sont rarement protégés des pollutions venant de la surface. Certains de ces ouvrages sont maçonnés en pierres ou en briques. Le plus beau exemple sont les puits pastoraux à l'époque coloniale dans le Sahara, profonds de plusieurs dizaines de mètres et larges de 2 à 3 m. (Drouart *et al*, 1999).

✓ **Puits individuel** : identique au puits ordinaire mais appartenant à un individu.

✓ **Puits collectif** : identique au puits ordinaire mais appartenant à une communauté.

II.2.2. Puits fanés "tubulaires"

Ce sont des puits plus importants et dont la méthode de constriction consiste à enfoncé dans le sol par les procédés d'injection ou par le battage jusqu'à ce que la formation aquifère soit retrouvée. (Bouziani, 2000).

II.2.3. Puits forés

Ce sont des puits où l'eau en vertu du principe des vases communicants, ces puits sont alimentés par une nappe sous pression libérée généralement par un forage. Ils sont destinés à capter l'eau des nappes profondes par tubage de 15 à 30 cm de diamètre. (Bouziani, 2000).

II.2.4. Puits artésiens

Ces puits sont alimentés par une nappe sous pression libérée généralement par forage. (Bouziani, 2000).

II.3. Forages

Sont des ouvrages mis en place permettent d'atteindre et d'exploiter une nappe d'eau souterraine, même située à des profondeurs importantes (au-delà de centaine de mètres). La majorité des forages sont équipés de pompes manuelles pour alimenter en eau potable des populations rurales. (Drouart. *et al*, 1999).

II.4. Puits sur forage

Dans certains bassins sédimentaires, il existe des aquifères captifs, surmontés de niveau imperméable situés à plusieurs dizaines ou centaines de mètres de profondeur et dont le niveau statique est proche de la surface du sol. Ces aquifères captés par forage, sont exploités à partir d'un puits, dont la profondeur varie avec le niveau statique. Cela permet de puiser à la main. Ces puits fonctionnent comme une citerne et sont étanches. Ils sont creusés à côté ou autour de forage et connectés à celui-ci (tube horizontal soudé au casing, doté d'une vanne d'arrêt vers le puits-citerne ou d'un collier de prise en charge. (Drouart. *et al*, 1999).

II.5. Norme

Une norme est un critère de référence établi conformément à une réglementation ou une référence minimale, moyenne ou supérieure. Elle permet de comparer une situation par rapport à une valeur seuil et de définir des conditions acceptables par rapport à celle qui ne le serait pas (Hoffmann *et al*, 2014).

II.5.1. Normes de qualité des eaux potables

L'eau après traitement doit répondre aux normes de qualité établis selon différents Paramètres, notamment microbiologique, des analyses sont effectuées pour vérifier le respect de ces normes. Ces normes de qualité, s'appuient sur les travaux médicaux de l'organisation mondiale de la santé (O.M.S) qui diffusent des recommandations sur les doses maximales admissibles à respecter, c'est-à-dire la quantité qu'un individu peut absorber dans danger quotidiennement et tout au long de vie : ces recommandations sont adaptées dans chaque pays en fonction de leur état sanitaire, leur situation économique et selon la réglementation en vigueur. (Degremont, 2005).

II.5.2. Normes des paramètres physico-chimiques

les normes physico-chimiques selon l'OMS et le journal officiel algérien. (OMS, 2002 , journal officiel algérien 2006).

Tableau 4- Paramètres physicochimiques selon l'OMS (OMS 2002).

Paramètres	Selon l'OMS	Unité
Ph	9	=
Conductivité	1000	µs/cm
Calcium	100	mg/L
Magnésium	50	mg/L
Sodium	150	mg/L
Potassium	12	mg/L
Chlorures	600	mg/L
Nitrates	50	mg/L
Nitrites	0.1	mg/L
Ammonium	0.5	mg/L
Température	25	°C
Turbidit	5	NTU
Salinité	1,5	mg/l
TDS	Pas de valeur guide mais optimum en dessous de 1000 mg/l	mg/l
TAC	500	°F

TH	50	°F
----	----	----

Tableau 5- Paramètres physicochimiques selon le journal officiel algérien (journal officiel de la république algérienne n°27 (26 avril 2006 p10, 11, 12)) .

Paramètres	Selon le Journal Algérien	Unité
Ph	6.5 -8.5	–
Conductivité	2800	µs/cm
Calcium	70 - 200	mg/L
Magnésium	150	mg/L
Sodium	200	mg/L
Potassium	20	mg/L
Chlorures	200 -500	mg/L
Nitrates	50	mg/L
Nitrites	0.1	mg/L
Ammonium	0.5	mg/L
Température	25	°C
turbidit	5	NTU
Salinité	1.5	mg/l
TDS	Pas de valeur guide mais optimum en dessous de 1000 mg/l	mg/l
TAC	500	°F
TH	100-500	°F

II.6. Caractéristiques physique-chimique

II.6.1. Caractéristiques physiques

La polarité de la molécule d'eau et ses possibilités d'association par liaison hydrogène sont responsables de plusieurs anomalies caractéristiques des propriétés physiques. Les propriétés physiques les plus intéressantes pour le traitement de l'eau sont les suivantes :

II.6.1.1. La température

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et des gaz, dans la dissociation des sels dissous, donc sur la conductivité électrique et dans la détermination du pH. (RODIER, 1984).

La température des eaux de surface (rivières, lacs et retenues) est très variable selon les saisons et peut passer de 2°C en hiver. La source principale de l'augmentation de la température est d'origine anthropique pour les eaux de surface est constituée par le contrôle thermique et nucléaire (70 à 80), le reste étant lié à la métallurgie, aux industries chimiques et alimentaires etc.

La température optimale pour se désaltérer se situe vers 12°C à 15°C. En pratique, elle n'a pas d'action directe sur la santé de l'homme. (Degremont, 1989).

II.6.1.2. PH

Le PH est un indice de l'équilibre entre les acides et les bases dans l'eau, c'est une mesure de la concentration des ions hydrogène en solution. Il est proportionnel au pouvoir neutralisant de l'eau et indique par conséquent les réactions chimiques possibles avec les roches, les minéraux et les sols (Allen *et al*, 1994).

Le PH est une valeur qui nous indique la concentration en ions H_3O^+ dans l'eau, il conditionne l'agressivité, l'entartrage de l'eau également sa saveur.

Le PH de l'eau peut influencer sur la répartition des biocénoses en milieu aquatique, de même que sur la disponibilité des substances nutritives et sur la toxicité relative de nombreux oligo-éléments. Pour assurer la protection du milieu aquatique, le pH doit se situer entre 6,5 et 8. Un pH supérieur à 9 peut réduire la solubilité du carbonate de calcium, lequel précipite et donne à l'eau un aspect laiteux.

Le PH peut être déterminé par diverses méthodes d'analyses, telles que les indicateurs colorés, le papier-pH ou l'utilisation d'un pH-mètre (Rodier, 1996).

Tableau 6- classification d'une eau selon leur PH

PH<5	Acidité forte	présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux
------	---------------	--

	naturelle. →
PH=7	PH neuter.
7<PH<8	Neutralité approchée => majorité des eaux de surface.
5,5 < PH <8	Majorité des eaux souterraines.
PH = 8	Alcalinité forte, évaporation intense.

II.6.1.3. Conductivité électrique (CE)

Elle exprime la capacité de conduction de courant électrique d'une eau, Cette conductivité électrique est liée à la présence des ions dans l'eau, de ce fait il existe une relation entre la teneur des sels dissous d'une eau et sa conductivité. La mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau. C'est-à-dire la conductivité électrique constitue de ce fait un critère d'appréciation de la minéralisation (Rodier, 1984).

II.6.1.4. Salinité

La salinité est un facteur écologique propre aux biotopes aquatiques (mais aussi aux sols) qui caractérise leur teneur en sel (Na Cl) et autres sels dissous dans les eaux. Par ailleurs, toute modification intempestive de la salinité due à l'action de l'homme peut présenter un impact redoutable sur les biotopes aquatiques concernés. (Ramade . 2011).

II.6.1.5. Turbidité

La turbidité est la mesure de l'aspect trouble de l'eau. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence de matières en suspension (MES), comme les argiles, les limons est les micro-organismes. Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale.

La turbidité résulte de la diffusion de la lumière qui est ainsi déviée dans toutes les directions. Ce sont des particules en suspension dans l'eau qui diffusent la lumière. Leur origine peut être extrêmement variable : érosion des roches, entraînement des matières minérales ou organiques du sol, déversement d'eaux usées domestiques ou industrielles riches en matières en suspensions grossières. (Henry,1984).

D'autres unités comparables sont employées, l'unité néphélométrique de turbidité ou NTU.

II.6.1.6. Taux des sels dissous (TDS)

Les sels corrosifs les plus répandus sont les chlorures. Les eaux saumâtres en contiennent des proportions variables, des eaux de surface et les nappes sont de plus en plus polluées par des déversements. En général, jusqu'à 100 mg de chlorures par litre. Les eaux de dureté moyenne ne manifestent par l'action corrosive appréciable. Au-delà de cette teneur, la corrosion croit rapidement vers 1g/l de chlorures, la destruction des métaux, fer acier inoxydable détruit en six mois par une eau froide a 1G de NaCl par litre

- Les sels dissous agissent.
- Par augmentation de conductibilité de l'eau.
- Par modification de la structure de tartre déposé. (Degremont, 1989).

II.6.2. Caractéristiques chimiques

La composition chimique d'une eau joue un rôle important dans la détermination de sa qualité, donc la possibilité de son utilisation pour l'alimentation en eau potable ou d'autres usages (irrigation, industrie...etc.).

II.6.2.1. Ammonium (NH_4^+)

Il est important d'éliminer l'ammonium avant l'introduction de l'eau dans le réseau parce qu'il réagit avec le chlore pour produire des chloramines, qui sont des désinfectants moins efficaces et peuvent provoquer des goûts désagréables. Certaines bactéries prolifèrent aussi en transformant l'ammonium en nitrites (NO_2^-) puis en nitrates (NO_3^-). L'ammonium n'a pas d'effet appréciable sur la santé du consommateur, mais sa présence dans les eaux est un indicateur de pollution. Dans les eaux profondes. Il doit être éliminé dans les eaux de consommation car c'est un élément qui peut permettre à certaines bactéries de proliférer dans les réseaux de distribution (RODIER, L'analyse de l'eau, 7ème édition (Dunod, 1974).

II.6.2.2. Magnésium (Mg)

Le magnésium est un des éléments les plus répandus dans la nature, est un élément indispensable pour la croissance ; il intervient comme élément plastique dans l'os et plus de 50% du magnésium de l'organisme appartient au squelette. Il constitue un élément activateur pour les systèmes enzymatiques, (phosphatase, catalase) pour la synthèse des protéines et pour le métabolisme des lipides. L'insuffisance magnésique entraîne des troubles neuromusculaires, l'intérêt du magnésium dans la thérapeutique de la spasmophilie est bien connu. A partir d'une concentration de 100 mg/l et pour des sujets sensibles, le magnésium donne un goût désagréable à

l'eau, s'ils ne provoquent pas des phénomènes toxiques, les sels de magnésium et surtout les sulfates ont un effet laxatif à partir de 400 à 500 mg/l (taux de magnésium dans l'eau doit se faire en liaison avec les sulfates). Élément essentiel de la nutrition chez l'homme et l'animale, la concentration maximale. (Rodier, 1984).

II.6.2.3. Calcium (Ca₂)

Le calcium est un élément alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature, et en particulier dans les roches calcaires, sous forme de carbonates. Composant majeur de la dureté de l'eau. Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables, il existe surtout à l'état d'hydrogénocarbonate et en quantité moindre sous forme de sulfates, chlorures,...etc. Il est dosé par la méthode complexométrie et sa teneur ne doit pas dépasser 500 mg/L de CaCO₃ dans l'eau potable (Rodier, 1984).

II.6.2.4. Chlorures (Cl⁻)

La présence de chlorures dans l'eau de boisson peut être attribuée à des sources naturelles, aux eaux d'égouts et aux effluents industriels, à la pollution provenant du salage des routes et à des intrusions salines. Une concentration élevée de chlorures affecte le goût de l'eau et, accélère la corrosion des métaux dans le réseau en fonction de l'alcalinité de l'eau. Cela peut entraîner une augmentation de la concentration de certains métaux dans l'eau. (Dégrémont, 1984).

II.6.2.5. Nitrites

Les nitrites constituent une forme intermédiaire de l'azote. Les résultent :

- Soit l'oxydation partielle de l'azote ammoniacal sous l'action des bactéries nitreuses de types nitrosomonas.
- Soit des réductions des nitrates par les bactéries des nitrifiantes. Normalement, en milieu aérobie, leur teneur doit être faible, bien inférieur à 1 mg/L.
- Les nitrates peuvent également provenir des rejets industriels puisqu'ils sont utilisés pour défendre la corrosion des réservoirs. (Desiardins, 1990).

II.6.2.6. Nitrates (NO₃⁻)

Les nitrates sont des ions minéraux nutritifs solubles dans l'eau, toutes les formes d'azote (azote organique, ammoniacque, nitrite...etc.) sont susceptibles d'être à l'origine des nitrates par un processus d'oxydation biologique. Toutes les eaux destinées à la consommation humaine devant

avoir une teneur en nitrate sont susceptibles d'être à l'origine des nitrates par un processus d'oxydation biologique.

Toutes les eaux destinées à la consommation humaine devant avoir une teneur en nitrate sont voisines ou inférieure à 50mg/l (selon les normes d'OMS) (Rodier, 1984).

II.6.2.7. Sodium (Na^+)

Le Sodium est un élément dont la concentration dans l'eau varie d'une région du globe à une autre. Le sodium dans l'eau provient des formations géologiques. Il est nécessaire à l'homme pour maintenir l'équilibre hydrique de l'organisme. Le sodium est aussi nécessaire pour le fonctionnement des muscles et des nerfs. Mais trop de sodium peut augmenter le risque d'hypertension artérielle. Pour les doses admissibles de sodium dans l'eau, il n'a pas de valeur limite standard (Rodier, 1984).

II.6.2.8. Titre alcalimétrique complet (TAC)

Le TAC correspond à la somme : $\text{TCA} = [\text{HCO}_3^-] + 2[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-] - [\text{H}_3\text{O}^+]$

Il s'annule en toute rigueur lorsque : $[\text{HCO}_3^-] + 2[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+]$

Dans ces conditions $[\text{CO}_3^{2-}]$ et $[\text{OH}^-]$ sont le plus souvent négligeables devant $[\text{HCO}_3^-]$ pour autant que l'eau contienne du CO_2 dissous et l'expression peut se simplifier à l'égalité

$$[\text{HCO}_3^-] = [\text{H}_3\text{O}^+]$$

Or, de la relation de première dissociation de l'acide carbonique ci-après (Rodier, 1984).

Equation 3:

$$K_1 = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]}$$

On peut en déduire : $[\text{H}_3\text{O}^+]^2 = 2 K_1 [\text{HCO}_3^-]$.

Ou encore $\text{PH} = \frac{1}{2} (\text{p}K_1 - \log [\text{H}_2\text{CO}_3])$.

Ainsi, le pH de virage du dosage du TAC varie en fonction de la concentration de l'eau en CMT comme le montre la figure « Évolution du pH de virage du TAC en fonction de la concentration en carbone minéral total (Rodier, 1984).

II.6.2.9. Fer

Les eaux de surfaces peuvent contenir jusqu'à 0.3 de fer qui peut avoir pour origine la lessivassions des terrains traversés ou les pollutions industrielles, dans les eaux de distribution .il

provient plus souvent de la corrosion des conduites d'aménés. Ce métal à l'état ferreux est assez soluble dans l'eau. Il précipite à la suite du départ de l'anhydride carbonique et par oxydation à l'air. Le fer de l'eau ne présente certes aucun inconvénient du point de vue physiologique, mais à des teneurs très importantes il influe sur la qualité organoleptique de l'eau (mauvais goût, couleur et saveur) (Desiardins, 1990).

II.6.2.10. Dureté de l'eau

Définitions La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques à l'exception de ceux des métaux alcalins et de l'ion hydrogène. Dans la plupart des cas la dureté est surtout due aux ions calcium et magnésium auxquels s'ajoutent quelquefois les ions fer, aluminium, manganèse, strontium. La dureté est encore appelée dureté calcique et magnésienne ou consommation de savon. Elle s'exprime en mleg de concentration en CaCO₃ (Rodier,1984).

Dans l'eau sont déterminés :

- La dureté totale ou titre hydrotimétrique TH qui est la somme des concentrations calcique et magnésienne ;
- La dureté calcique qui correspond à la teneur globale en sels de calcium ;
- La dureté magnésienne qui correspond à la teneur globale en sels de magnésium

II.6.2.11. Potassium

La teneur en potassium dans les eaux naturelles est de l'ordre de 10 à 15 mg/L. A cette concentration, le potassium ne présente pas d'inconvénients pour la santé des individus. Le seuil de perception gustative est variable suivant le consommateur, se situe aux environs de 40 mg /L pour les chlorures de potassium. (Desiardins, 1990).

II.7. Matériels et méthodes

II.7.1. Echantillonnage et techniques de prélèvement de l'eau

Dans le but de déterminer la qualité physico-chimique, nous avons choisis un site naturel: région de boussada et différentes puits qui l'entourent qui sont (Maadher 2, Maadher nouveau 3 , Maadher Bis, Route biskra , Maather forage 1) .

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté ; il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-

chimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension, etc.). Étant donné que dans la plupart des cas le responsable du prélèvement n'est pas l'analyste, il convient que le préleveur ait une connaissance précise des conditions du prélèvement et de son importance pour la qualité des résultats analytiques. (Rodier *et al*, 2009).

Les échantillons seront recueillis dans des flacons en verre ou en plastique.

Pour faciliter le travail de l'analyse et l'exploitation des résultats tout en évitant les erreurs, il convient d'étiqueter ou de numéroter les prélèvements. Chaque flacon doit être accompagné d'une fiche signalétique permettant de rassembler les renseignements utiles au laboratoire ainsi que les observations relevées au cours des opérations (Rodier, 1996).

On note sur la fiche de renseignement :

- L'origine de l'eau.
- L'adresse exacte du milieu de prélèvement.
- La date et l'heure du prélèvement.

Et pour faire cette étude on a choisi 5 forages pour étudier la qualité de ses eaux, au début de mois mai. On a pris les eaux des ressources naturelles potable et on fait les analyses laboratoire pour connaître ses caractéristique et sa qualité au niveau de laboratoire d'analyse de l'algérienne des Eaux l'unité de M'sila (A.D.E)

Tableau 7- Lieux et dates de prélèvement.

Eau de surface (station)	Lieu de prélèvement	Date et l'heur de prélèvement
Station 1	El Maadher forage II 261/255	17/02/2022 (10h :49min)
Station 2	Nouveau forage el maadher III	17/02/2022 (11h :30min)

Station 3	El Maadher bis 255/214	17/02/2022 (12h :15min)
Station 4	Maather forag I	09/05/2022 (12h :07min)
Station 5	Route biskra	09/05/2022 (12h :38min)

II.7.2. Analyse physico-chimique

II.7.2.1. Matériel et appareillages d'analyse

⇒ Matériels utilisés sur terrain

- Glacière.
- Des flacons.

⇒ Au laboratoire physicochimique

- Spectrophotomètre.
- Pipettes.
- Des béchers.
- Des fioles.
- Burettes.

Les appareillages consignés dans Les tableaux ci-dessous donnent respectivement le type d'appareillage et le type de produits utilisés pour les différentes analyses dans notre étude.

Tableau 8- Types d'appareillages utilisés pour les différentes analyses.

Paramètres mesurés	Type d'appareils
Température	Multi-paramètre WTW.
PH	
Conductivité ($\mu\text{s} / \text{cm}$)	
Salinité (%)	
Turbidité	Turbidimètre de laboratoire modèle 2100N HACH à 4000NTU.
Ammonium, nitrites	Spectrophotomètre UV-Visible
sodium , potassium	PFP7 Flame Photometer

II.7.2.2. Méthodes d'analyse physico-chimique

Les prélèvements des échantillons pour l'analyse physico-chimique ont été mis dans des flacons en plastique puis acheminés au laboratoire pour l'analyse. Les analyses physico-chimiques ont concerné les paramètres suivants : T°C, pH, Conductivité électrique, Dureté totale, Chlorures, Oxygène dissous etc...

II.7.2.2.1 Analyses physiques

A. Mesurer la température

□ Principe

La mesure de la température a été effectuée sur terrain. Il y a lieu de déterminer la température de l'air au même endroit et au même moment

□ Mode opératoire

La température a été mesurée au même moment et au même endroit que pour les prélèvements d'eau à l'aide d'un thermomètre en respectant les précautions décrites par RODIER (1996) ; lors de la mesure de la température de l'air, nous avons évité le rayonnement solaire direct et la chaleur dégagée par l'opérateur. Le thermomètre est plongé à environ 15 cm de profondeur pendant 10 minutes.

B. Détermination de PH

□ Principe

Le pH est en relation avec la concentration des ions hydrogène [H⁺] présent dans l'eau ou les solutions.

La différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence (Calomel - KCl saturé). Plongeant dans une même solution, est une fonction linéaire du pH de celle-ci. Le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions H⁺.

- **Appareil:** PH Mètre.
- **Electrode :** Electrode de PH combinée.
- **Réactifs:** Tampon PH = 9.

Tampon PH = 7.

Tampon PH = 4.



Figure 17- PH mètre.

□ **Mode opératoire**

- Allumer le pH Mètre.
- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée.
- Prendre dans un petit bêcher, la solution tampon pH = 7
- Régler l'agitation à faible vitesse.
- Tremper l'électrode de pH dans la solution tampon pH = 7
- Laisser stabiliser un moment jusqu'à affichage du standard 2.
- Enlever l'électrode et la rincer abondamment avec l'eau distillée.
- Ré étalonner de la même manière avec les solutions tampon pH = 9 ou pH = 4.
- Puis rincer abondamment l'électrode avec l'eau distillée.

□ **Dosage de l'échantillon**

- Prendre environ H 100 ml d'eau à analyser.
- Mettre un agitateur avec une faible agitation.
- Tremper l'électrode dans le bêcher.
- Laisser stabiliser un moment avec une faible vitesse d'agitation.
- Puis noter le pH.

C. Détermination de la conductivité et TDS

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. L'unité de conductivité est le Siemens par mètre (S/m).

La conductivité électrique d'une eau s'exprime généralement en micro siemens par centimètre ($\mu\text{S/cm}$). La relation entre la résistivité et la conductivité est la suivante :

Résistivité (12cm) = $100000/\text{conductivité (S/cm)}$

□ **Principe**

Électrodes de platine (Pt) (ou couvertes de noir de platine) maintenues parallèles.

Si R est la résistance Mesure de la conductance électrique d'une colonne d'eau délimitée par deux de la colonne d'eau en ohms. S sa section en cm^2 et l sa longueur en cm. La résistivité électrique en ohms-cm est

Equation 4:

$$P = R \frac{S}{l}$$

La conductivité électrique en S / cm est :

$$V = \frac{1}{P} = \frac{1}{R} \cdot \frac{l}{S}$$

$\frac{l}{S}$ Est appelé constante de l'élément de mesure



Figure 18- Conductimètre.

□ **Mode opératoire**

D'une façon générale, opérer de la verrerie rigoureusement propre et rincée, avant usage, avec de l'eau distillée. Rincer plusieurs fois la cellule à conductivité, d'abord avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient de l'eau à examiner : faire la mesure dans un deuxième récipient en prenant soin que les électrodes de platine soient complètement immergées. Agiter le liquide (barreau magnétique) afin que la concentration ionique entre les électrodes soit identique à celle du

liquide ambiant. Cette agitation permet aussi d'éliminer les bulles d'air sur les électrodes. Introduire le thermomètre aussi près que possible de la cellule. La température du liquide ne devra en aucun cas varier pendant la mesure.

Expression des résultats

Le résultat est donné directement en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

D. Mesure de la turbidité

Réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoute.

Principe

Comparaison de la lumière diffusée et la lumière transmise par l'échantillon d'eau et par une gamme étalon constituée de solutions de formazine.

La mesure de la lumière diffusée est significative pour les eaux de faible turbidité non visible à l'œil nu (par exemple les eaux de boisson).

La mesure de la lumière transmise est significative pour les eaux de turbidité visible à l'œil nu (par exemple les eaux polluées) et pour les eaux de faible turbidité contenant des substances qui ne diffusent pas. Pour tout échantillon d'eau, la mesure de la lumière diffusée et de la lumière transmise permet la détection de matières non dissoutes, absorbant mais diffusant mal, qui passeraient inaperçues par la seule mesure de la lumière diffusée.

Appareillage

HACH 2100N



Figure 19- Turbidimètre.

Cuvette d'évaluation de la transparence constituée d'une cuvette de verre incolore de 50 mm de diamètre.

Mode opératoire

Remplir une cuvette de mesure propre et bien essuyer avec du papier hygiénique avec l'échantillon à analyser bien homogénéisé et effectuer rapidement la mesure, il est nécessaire de vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure.

Expression des résultats

La mesure est obtenue directement en NTU.

II.7.2.2.2 Analyses chimiques:

A. Détermination de l'azote ammoniacal (NH_4^+)

Principe

Mesure spectrométrique à environ 655nm du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium.

Réactifs

Réactif I :

- Acide dichloroisocyanurique 2 g.
- Hydroxyde de sodium (NaOH) 32 g.
- H₂O distillée q.s.p 1000 ml.

Réactif II (coloré)

- Trictrate de sodium 130 g.
- Salicylate de sodium 130 g.
- Nitropruciate de sodium 0.97 g.
- H₂O distillée q.s.p 1000 ml

Appareillage

Spectrophotomètre UV-Visible



Figure 20- Spectrophotomètre UV-Visible

Mode opératoire

- Prendre 40 ml d'eau à analyser
- Ajouter 4 ml du réactif I
- Ajouter 4 ml du réactif II et ajuster à 50 ml avec H₂O distillée et attendre 1h. 30

L'apparition de la coloration verdâtre indique la présence de : NH₄⁺ effectuer la lecture à 655 nm.

Expression des résultats

Le résultat est donné directement en mg/l.

B. Dosage des nitrites (NO_2^-) **Principe**

Les nitrites réagissent avec le Sulfanilamide pour former un composé diazoïque qui, après copulation avec le N1 Naphtyléthylènediaminedichloride donne naissance à une coloration rose mesurée à 543nm.

 Réactifs**Réactif Mixte**

- Sulfanilamide	40 g.
- Acide phosphorique	100 ml.
- N-1- Naphtyl éthylène diamine	2 g.
- H ₂ O distillée	q.s.p 1000 ml.

 Appareillage

Spectrophotomètre UV-Visible

 Mode opératoire

- Prendre 50 ml d'eau à analyser
- Ajouter 1 ml du réactif mixte.
- Attendre 10mn.

L'apparition de la coloration rose indique la présence des NO_2^-

Effectuer la lecture à 543 nm.

 Expression des résultats

Le résultat est donné directement en mg/l

A. Détermination de Nitrates NO_3^-

□ Principe

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

□ Mode opératoire

On ajoute 2 à 3 gouttes de NaOH à 30% et 1 ml de sodium à 10 ml de l'échantillon à analyser et on évapore à sec au bain marie ou à l'étuve à 75°C - 88°C . Puis on laisse refroidir. On reprend le résidu avec 2 ml d'acide sulfurique et on laisse reposer 10 min, puis on ajoute 15 ml d'eau distillé et 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium, enfin on passe au spectrophotomètre à 420 nm.

□ Expression des résultats

Les résultats sont donnés directement en mg/l (Rodier, 1984).

D. Détermination du calcium (Ca^{2+}) et du magnésium (Mg^{2+})

□ Principe

Titration molaire des ions calcium et magnésium avec une solution de sel disodique de l'acide éthylènediaminetétraacétique (EDTA) à pH 10. Le noir érichrome T, qui donne une couleur rouge foncé ou violette en présence des ions calcium et magnésium, est utilisé comme indicateur.

□ Réactifs

Solution d'E.D.T.A N/50 ($\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{Na}_2\text{O}_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) : (0,02N ou 0,01M)

- EDTA 3,725 g. après déshydratation à 80°C
pendant 2 h.

- H_2O distillée q.s.p 1000 ml.

Solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) 2 N :

- NaOH (pastilles) 80 g.

H_2O distillée q.s.p 1000 ml.

Solution d'hydroxyde d'ammonium (NH_4OH) pH = 10,1:

- Chlorure d'ammonium 67,5 g.

- NH_4OH (25%) 570 ml

- HCl concentré PH = 10,1

- H_2O distillée q.s.p 1000 ml.

: Noir eriochrome T.

Solution étalon de référence, $c(\text{CaCO}_3)=0.01\text{mol/l}$

- Secher un échantillon de carbonate de calcium pur pendant 2heures à 150°C.
- En introduire 1 g dans une fiole conique de 500ml et humidifier avec de l'eau. Ajouter goutte à goutte de l'acide chlorhydrique à 4mol/l jusqu'à ce que tout le carbinat soit dissous. Eviter un excès d'acide.
- Ajouter 200ml d'eau et porter à ébullition quelques minutes afin d'éliminer le dioxyde de carbone. Refroidir et ajouter quelques gouttes de l'indicateur au rouge de méthyle. Ajouter une solution ammoniacale à 3mol/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. 1ml de la solution contient 0.4008mg(0.01 mmol/l) de calcium.

□ **Mode opératoire**

- (V₁) Ca²⁺ :
- Prendre 50 ml d'eau à analyser.
 - Ajouter 2 ml de NaOH à 2 N.
 - Ajouter du Murexide.
 - Et titrer avec l'E.D.T.A jusqu'au virage (violet).

- (V₂) Ca²⁺Mg²⁺ :
- Prendre 50 ml d'eau à analyser.
 - Ajouter 2 ml de NH₄OH (10,1).

- Ajouter noir eriochrome.

- Et titrer avec l'E.D.T.A jusqu'au virage (bleu).

□ **Expression des résultats**

$$\text{mg/lCa}^{2+} = \frac{V_1 * C_{\text{EDTA}} * F * M_{\text{Ca}^{2+}}}{P.E} * 1000$$

La détermination du mg/l de Calcium est donnée par la formule suivante :

d'où : V₁ : Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée.

C : Concentration molaire d'EDTA (0,01 M/l).

M_{ca}²⁺ : Masse molaire du calcium en g.

P.E : Prise d'essai (volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage).

F: Facteur.

$$\text{mg/lCa}^{2+} = \frac{V_1 * 0.01 * F * 40.08}{50} * 1000$$

Donc :

$$\text{mg/l Ca}^{2+} = V_1 \times F \times 8.016$$

$$\text{mg/lMg}^{2+} = \frac{(V_2 - V_1) * C_{\text{EDTA}} * F * M_{\text{Mg}^{2+}}}{P.E} * 1000$$

La détermination du mg/l de Magnésium est donnée par la formule suivante:

d'où :

V₂: Volume total d'E.D.T.A

V₁ : Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée.

C : Concentration molaire d'EDTA (0,01 M/l).

M_{Mg²⁺}: Masse molaire du Magnésium en g.

P.E : Prise d'essai (volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage).

F: Facteur.

$$\text{mg/lMg}^{2+} = \frac{(V_2 - V_1) * 0.01 * F * 24.3}{50} * 1000$$

Donc :

$$\text{mg/l Mg}^{2+} = (V_2 - V_1) \times F \times 4.86$$

B. Dosage de sodium et de potassium par photométrie de la flamme

1)- Partie théorique

La photométrie de la flamme est un des procédés les plus rapides et sensibles connus aujourd'hui pour le dosage des éléments alcalins et alcalino - terreux .

Les éléments à analyser (sodium, potassium lithium, calcium etc ...) sont généralement sous forme de sels. L'analyse se fait en partant de leurs solutions.

□ Appareillage

PFP7 Flame Photometer



Figure 21-Flame Photometer

2)- Partie pratique

□ Mode opératoire

Appareil Dr LANGE (JENWAY)

Il faut le suivre étape par étape :

- Allumer l'appareil à l'aide du bouton vert (Power).
- Ouvrir le robinet de la bouteille du gaz.
- Allumer la flamme à l'aide du bouton noir "IGNITION" sans lâcher le doigt jusqu'à l'affichage "FLM" en rouge sur l'écran.
- Pipeter de l'eau distillée remplie dans une cuvette.
- Optimiser la flamme si elle est jaune à l'aide du bouton " fuel " jusqu'à ce que la couleur devienne bleu violacée.
- Optimiser à zéro à l'aide du bouton "Blank".
- Laisser se stabiliser 5 à 10 minutes.
- Une fois qu'elle se stabilise à zéro, activer la cuvette d'eau distillée et la remplacer par une autre cuvette remplie par une solution étalon de Na^+ ou du K^+ à 10 mg/l.
- Optimiser à 10 mg/l à l'aide du bouton "FINE"

- Retirer la cuvette remplie par une solution étalon de "Na⁺" ou de "K⁺" à 10 mg/l et la remplacer par une cuvette remplie d'eau distillée et vérifier si l'écran affiche zéro (0.000).
- Retirer la cuvette remplie par l'eau distillée et la remplacer par une cuvette remplie par une solution étalon de "Na⁺" ou de "K⁺" à 10 mg/l et vérifier si l'écran affiche (10).
- Retirer la cuvette et la remplacer par une autre cuvette remplie d'eau distillée.
- A la fin, passer aux échantillons inconnus jusqu'à ce que la valeur affichée sur l'écran est stable (3 essais pour chaque échantillon).

A la fin du dosage et par mise de la sécurité, il faut toujours fermer la bouteille de gaz propane en premier lieu ensuite l'appareil et la pompe.

□ Préparation des étalons

Solution fille de sodium (Na⁺) à 10 mg/l de la solution mère de Na Cl à 1000 mg/l dans 100 ml d'eau distillée.

(2,54 mg de Na Cl 1000cc d'H₂O distillée : solution mère de Na⁺ à 1 g/l).

Solution fille de potassium (K⁺) à 10 mg/l : 1 ml de la solution mère de Kcl à 1 g/l dans 100 ml d'eau distillée.

(1.91 g de Kcl 1000 cc d'H₂O distillée : solution mère de K⁺ à 1 g/l).

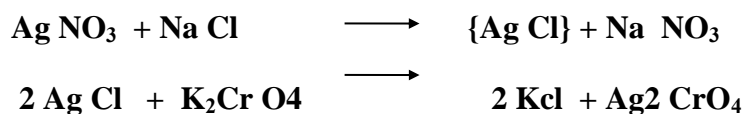
□ Expression des résultats

Le résultat est donné directement en mg/l.

C. Détermination des chlorures (Cl⁻)

□ Principe

Réaction des ions chlorure avec des ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble qui est précipité quantitativement .Addition d'un petit excès d'ions argent et formation du chromate d'argent brun-rouge avec des ions chromates qui ont été ajoutés comme indicateur. Cette réaction est utilisée pour l'indication du virage. Durant le titrage , le pH est maintenu entre 5 et 9.5 afin de permettre la précipitation.



□ Réactifs

Solution de nitrate d'argent à 0,01 N:

1,6987 d' AgNO₃ → 1000 ml d'eau distillée

Indicateur coloré K₂CrO₄ à 10 %:

10 g de K₂CrO₄ → Q.S.P 100 ml d'H₂O dist.

Solution de chlorures à 71 mg/l:

0.107g de NH₄Cl.....1000ml d'eau distillée.

□ **Mode opératoire**

- Prendre 5 ml d'eau à analyser,
- Ajouter 2 gouttes de K₂CrO₄ (coloration jaunâtre).
- Titrer avec Ag NO₃ à 0,01 N jusqu'à coloration brun rougeâtre.

□ **Expression des résultats**

$$F.G: \frac{V_{AgNO_3} \times N_{AgNO_3} \times M_{Cl}}{PE} = \frac{V_{AgNO_3} \times 0,01 \times 35,5 \times F \times 1000}{5}$$

$$F.S : \text{mg/l Cl}^- = V_{AgNO_3} \times 71 \times F.$$

V_{AgNO₃} : Volume d'AgNO₃ nécessaire pour le dosage de l'échantillon.

N_{AgNO₃} : Normalité d'AgNO₃

M_{Cl⁻} : masse des chlorures.

F : facteur de correction du titre d'Ag NO₃.

PE : prise d'essai.

- Pour le F :
- Prendre 5 ml de la solution mère à 71 mg/l.
 - Ajouter 2 gouttes de l'indicateur coloré.
 - Doser par AgNO₃ à 0,01 N jusqu'au virage.(couleur brun rougeâtre).

$$F = \frac{1}{V_{AgNO_3}}$$

D. Détermination de Titre Alcalimétrique Complet (TAC)

□ **Principe**

Cette détermination est basée sur la neutralisation d'un volume d'eau par un acide chlorhydrique (HCl), dilué en présence de la phénophtaléine. Le but est de mesurer la teneur en hydroxyde libre et en carbonate . - L'estimation du titre Alcalimétrique a été faite par l'expression suivante :

TAC : Titre Alcalimétrique en meq V HCl : Volume en ml de solution d'HCl utilisé pour le titrage.

N HCl : Concentration en meq/l d'HCl.

□ **Mode opératoire**

Placer 100 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer, Ajouter 3 gouttes de méthyle d'orange à 1% et la fin titrer avec de solution l'HCl jusqu'au virage de jaune orang

A decorative border of watercolor flowers and foliage surrounds the text. The border includes pink and red roses, smaller pink and red flowers, blue flowers, yellow flowers, and clusters of red and blue berries on green stems with leaves.

Chapitre III
RESULTATS ET
DISCUSSION

Chapitre III. Résultats et discussion

L'étude expérimentale que nous avons réalisée sur différents échantillons d'eau dans la zone de Boussada nous a permis de connaître les propriétés physique et chimiques de l'eau de la zone, et des prélèvements ont été effectués au niveau de 5 station différentes au cours des mois de février et mai pour la saison académique (2022/2021) et les résultats obtenus ont été programmés dans un tableau et sur un graphique à barres.

III.1. Paramètres physico-chimiques

Les résultats des paramètres physico-chimiques obtenus, sont représentés dans le tableau.

	Maadher 2	Maadher nouveau 3	Maadher Bis	Route biskra	Maadher forage 1	Selon l'OMS	Selon le Journal Algérien
Température °C	19.4	20.1	19.3	21.1	20.8	25	25
PH	7.4	7.4	7.7	7.7	7.9	9	6.5-8.5
Conductivité us/cm	2300	2420	1525	1910	1804	1000	2800
turbidité NTU	0.89	0.86	1.46	0.38	0.29	5	5
Salinité mg/l	1.3	1.4	0.8	1	1	1.5	1.5
TDS mg/l	1040	1082	689	1038	989	Pas de valeur guide mais optimum en dessous de 1000 mg/l	Pas de valeur guide mais optimum en dessous de 1000 mg/l
TAC °F	20	30	20	15	14	500	500
TH °F	110	118	74	116	116	50	100-500
Ca ²⁺ mg/l	268	288	200	304	334	100	75-200
Mg ²⁺ mg/l	104	115	58.32	97	81	50	150
Cl ⁻ mg/l	206	213	135	149	142	600	200-500
NO ₂ ⁻ mg/l	0	0	0	0	0	0.1	0.1
NH ₄ ⁺ mg/l	0.04	0	0.02	0	0	0.5	0.5
NO ₃ ⁻ mg/l	107	149.2	86.5	67.5	58.5	50	50
Fe ²⁺ mg/l	0	0	0	0	0	0.3	0.3

Na+ mg/l	118	78.5	44	140	104	150	200
K+ mg/l	7.5	6.8	5.5	6.8	6	20	12

III.1.1. Température

La figure représente la variation spatiale de température dans les eaux pour les différents échantillons (Maadher 2, Maadher nouveau 3, Maadher Bis, Route biskra, Maadher forage 1) étudiés

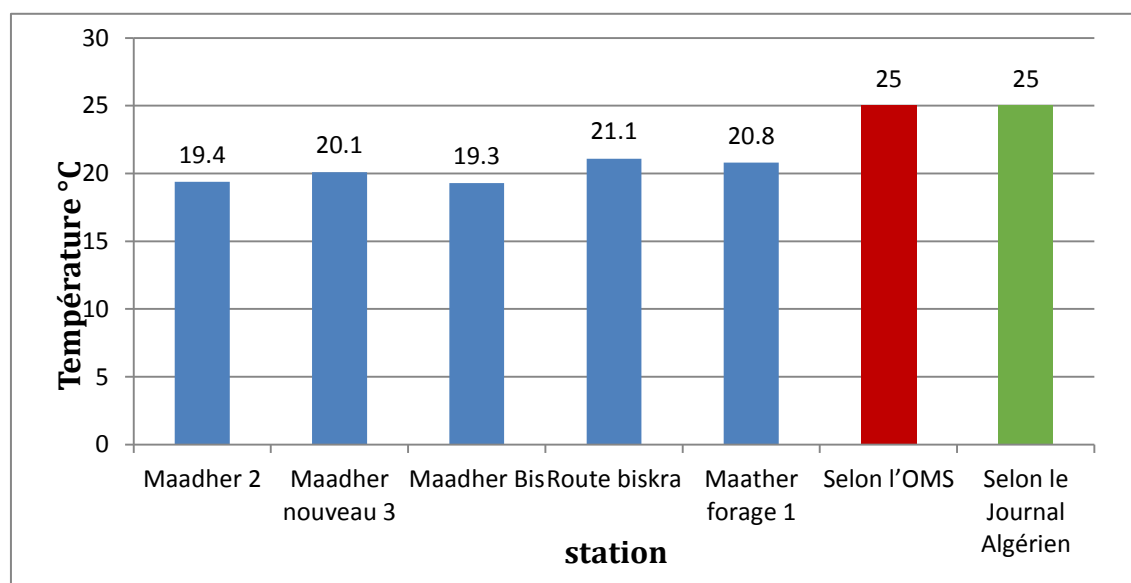


Figure 22- Diagramme des points de température d'eau étudiés.

En examinant le graphique illustré par la (figure 22), d'après les résultats obtenus, on constate que les valeurs de T°C des cinq échantillons d'eau analysés durant la période d'étude varient entre des valeurs minimales de 19.4 °C et 19.3 °C enregistrées pour Maadher 2 et Maadher Bis et des valeurs maximales de 21.1°C et 20.8 °C et 20.1 °C enregistrées pour Route biskra et Maadher forage 1 et Maadher nouveau 3.

Généralement, les valeurs obtenues sont conformes aux normes nationales de l'eau potable qui recommandent des températures ne dépassant pas les 25°C (Jora, 2011).

La température de l'eau est un facteur important dans la production biologique.

Dans la région d'étude, les résultats obtenus montrent que la température ne présente pas de grandes variations d'un puits à l'autre (Figure 22),

Les variations de la température entre les puits restent liées aux conditions locales telles que le climat régional, la topographie et la profondeur du niveau d'eau par rapport à la surface du sol (Aouissi, 2010).

Selon (Rodier *et al*, 2009) L'OMS ne recommande aucune valeur, pratiquement la température n'a pas d'incidence sur la santé humaine. Cependant, une température élevée (supérieure à 20°C) favorise le développement des micro-organismes dans la canalisation en même temps

qu'elle peut intensifier les odeurs et la saveur. Par contre une température inférieure à 10°C ralentit les réactions chimiques dans les différents traitements des eaux.

III.1.2. Potentiel hydrogène (pH)

La figure représente la variation spatiale du potentiel hydrogène (pH) dans les eaux pour les différents échantillons (Maadher 2, Maadher nouveau 3, Maadher Bis, Route biskra, Maadher forage 1) étudiés.

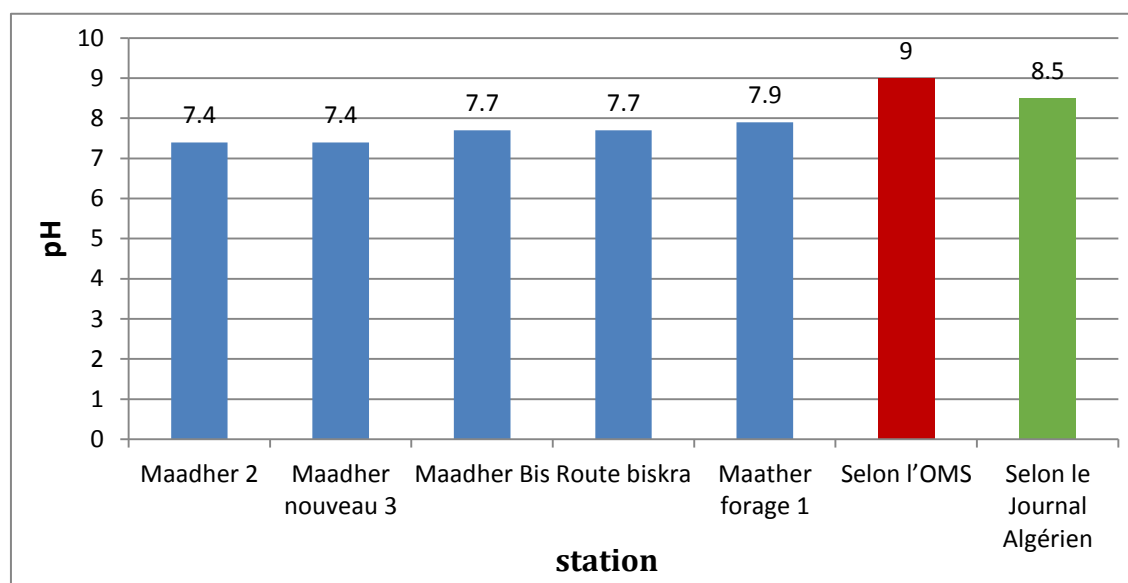


Figure 23- Diagramme des points potentiels hydrogènes (pH) d'eau étudiés.

En examinant le graphique illustré par la (figure 23), d'après les résultats obtenus de la région de Boussada, le pH varie entre (7.4 à 7.9) donc ne dépasse pas la norme Algérienne (pH = 6.5- 8.5), et normes de l'OMS (pH = 9). Le pH dépend de l'origine des eaux, de la nature géologique du substrat et du bassin versant traversé (Dussart, 1966 ; Bermond et Vuichaard 1973).

Le pH de l'eau peut influencer sur les caractéristiques physiques, chimiques. L'eau acide peut mobiliser certains métaux du sol et des réseaux de tuyauterie, ce qui augmente leur

biodisponibilité et change leur toxicité. Le changement de toxicité causé par une variation de pH est toutefois propre à chaque métal et à chaque organisme (Cfptep, 2015).

Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques entre l'eau, le gaz carbonique dissous, les carbonates et les bicarbonates qui constituent des solutions tamponnées conférant à la vie aquatique un développement favorable. Dans la plupart des eaux naturelles, le pH est compris habituellement entre 6 et 8,5 alors que dans les eaux tièdes, celui-ci est compris entre 5 et 9 (Hceflcd, 2007).

En général, tous les résultats étaient proches. Parmi eux. C'était également conforme aux normes. Algérien, car les cinq échantillons avaient tendance à être plus alcalins, ce qui est dû au manque de sels minéraux Nos résultats sont en accord avec l'étude réalisée par (Kahoul et Touhami., 2014) en Algérie sur l'évaluation de la qualité physico-chimique des eaux de consommation de la ville d'Annaba

III.1.3. Conductivité Electrique

La figure représente la variation spatiale de conductivité électrique dans les eaux pour les différents échantillons (Maadher 2, Maadher nouveau 3 , Maadher Bis, Route biskra , Maather forage 1) étudiés.

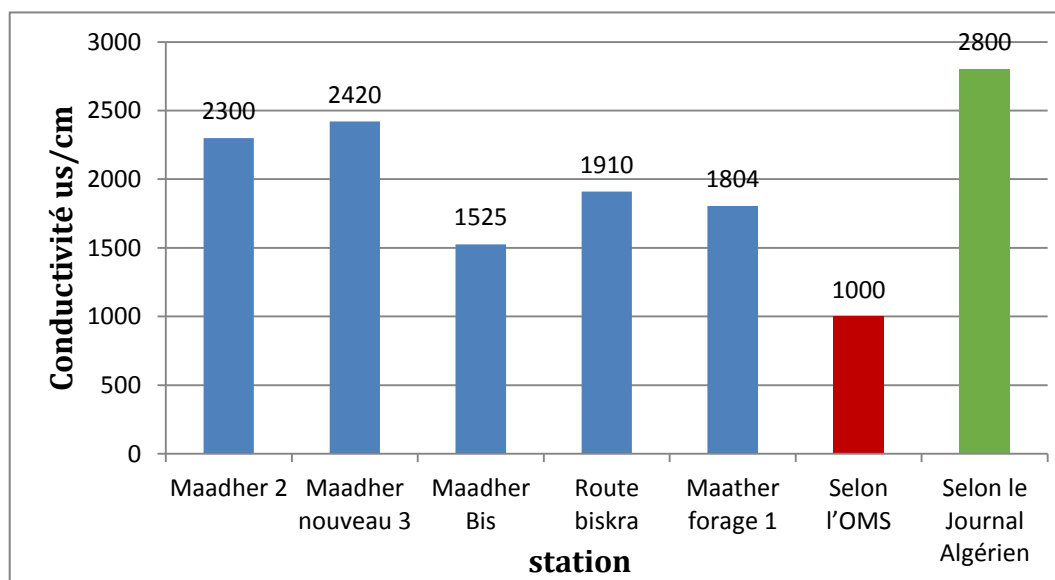


Figure 24- Diagramme des points de conductivité électrique d'eau étudiés.

En examinant le graphe illustré par la(figure 24),d'après les résultats obtenus, une valeur moyenne avec un minimum de 1525 μ s/cm et 1910 μ s/cm et 1804 μ s/cm un maximum de l'ordre de 2420 μ s/cm et 2300 μ s/. Les valeurs de la conductivité enregistrées dans les Maadher 2, Maadher nouveau 3 , Maadher Bis, Route biskra , Maather forage 1 ,sont inférieures à celles données par la norme algérienne (2800 μ s/cm), Toutes les valeurs ne dépassent pas la norme

algérienne de potabilité fixée à $2800 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, les eaux sont donc moyennement minéralisées. Mais le résultat dépasse les normes de l'OMS ($1000 \mu\text{S}/\text{cm}$)

La conductivité donne une idée de la minéralisation d'une eau et elle est à ce titre un bon marqueur de l'Origine d'une eau (Hceflcd,2006).

En effet, la mesure de la conductivité permet d'apprécier la quantité des sels dissous dans l'eau, donc de sa minéralisation. Les valeurs enregistrées durant la période d'étude varient entre 1525 et $2420 \mu\text{m}/\text{cm}$ (figure 24).

La conductivité électrique traduit des eaux excessivement minéralisées (Afri et al, 2005).

Une conductivité de l'eau supérieure à $1500 \mu\text{S}/\text{cm}$ fait considérer une eau difficilement utilisable dans les zones irriguées. (Rodier, 2009).une conductivité élevée est causée par une salinité élevée due aux polluants minéraux.

La conductivité électrique dépend des charges de matière organique endogène et exogène, génératrice de sels après décomposition et minéralisation et également avec le phénomène d'évaporation qui concentre ces sels dans l'eau, elle varie aussi suivant le substrat géologique traversé (Belghiti *et al*, 2013).

III.1.4.Salinité

La figure représente la variation spatiale de salinité dans les eaux pour les différents échantillons (Maadher 2, Maadher nouveau 3 , Maadher Bis, Route biskra , Maather forage 1) étudiés.

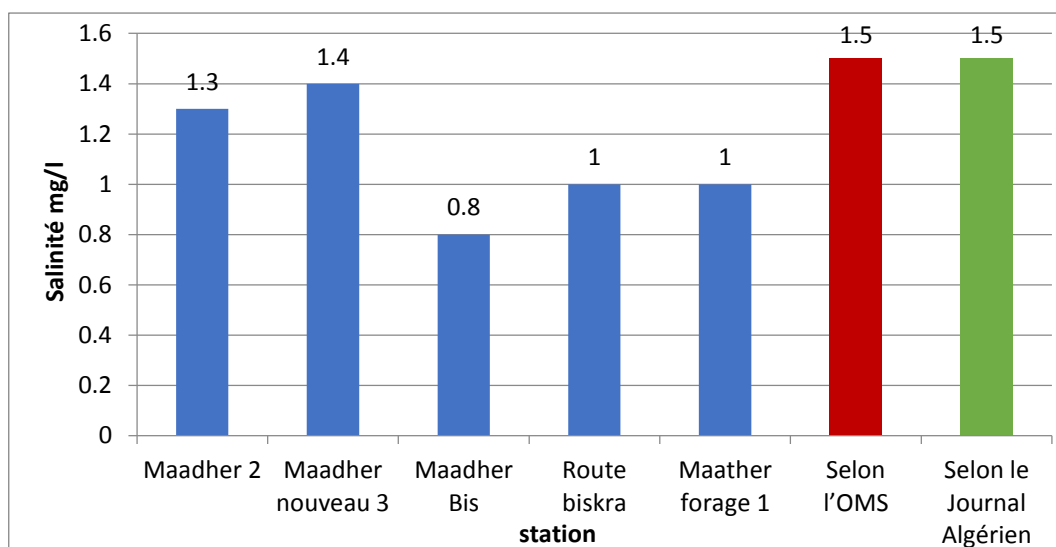


Figure 25- Diagramme des points de salinité d'eau étudiés.

En examinant le graphe illustré par la (figure 25), d'après les résultats obtenus les valeurs de la salinité et sont différentes d'un puits à l'autre. Les valeurs de salinité ont fluctué entre $0.8 \text{mg}/\text{l}$

et 1.4mg/l les valeurs maximales étaient enregistrées en maadher nouveau 3 et maadher 2 (1.4 mg/l, 1.3 mg/l) et les valeurs la plus basses en maadher bis (0.8mg/l)

On constate que l'évolution de la salinité suit celui de la conductivité électrique (Boughrous *et al*, 2005).

une forte salinité est attribué à la qualité de l'eau d'irrigation préalablement salée, aux conditions climatiques très arides produisant une forte évapotranspiration qui concentre la solution du sol (Boughrous *et al*, 2005).

D'une manière générale ,les valeurs des cenq échantillons correspondent aux normes algérienes, car nous avons enregistré la valeur la plus élevée dans l'échantillons (Maadher 2 ,Maadher nouveau 3, Route biskra , Maather forage 1) et ceci parce qu'il contient des sels, et Ions positifs tels que (calcium - magnésium - sodium - potassium), alors que nous avons enregistré la valeur la plus basse dans l'échantillon d'eau, (Maadher Bis) car elle contient moins de sels et d'ions positifs.

III.1.5.Turbidité

La figure représente la variation spatiale de turbidité dans les eaux pour les différents échantillons (Maadher 2, Maadher nouveau 3 , Maadher Bis, Route biskra , Maather forage 1) étudiés.

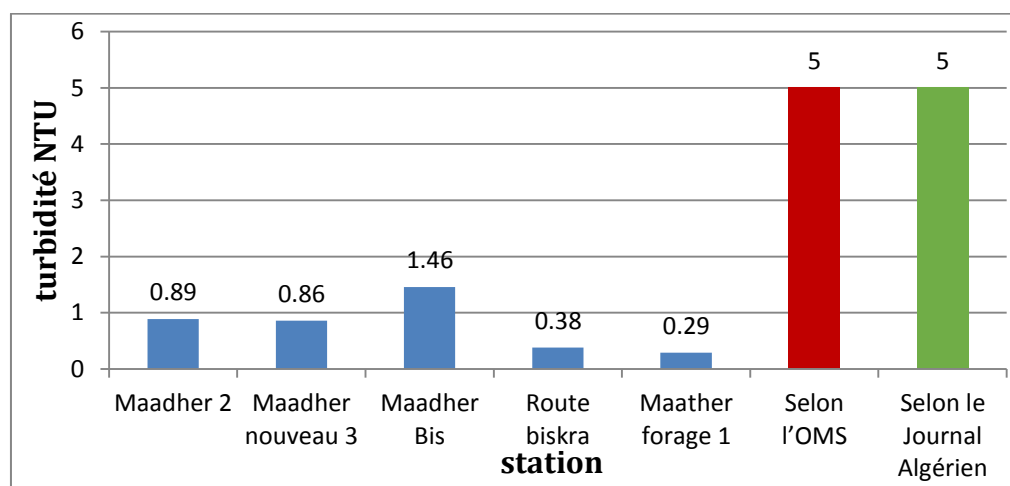


Figure 26- Diagramme des points de turbidité d'eau étudiés.

En examinons le graphe illustré par la (figure 26),d'après les résultats obtenus les valeurs de la turbidité enregistrées dans tous les forages , sont compris entre 0.29 (NTU) à 1.46 (NTU)

A turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspensions finement divisées : argiles, limons, grains de silice, matières organiques etc. (Coulibaly, 2005).

Dans le cas de la région d'étude les valeurs obtenues restent dans la norme. La turbidité de l'eau souterraine est généralement surtout inorganique et causée par des facteurs géologiques naturels (Grhmsm, 2011).

Une forte turbidité réduit l'activité photosynthétique de la végétation aquatique, ce qui ralentit leur croissance et peut nuire, par conséquent, à la croissance et à la reproduction des poissons (Allen *et al*, 1994).

Les résultats concernant les mesures de la turbidité ont montré que tous les valeurs de ce paramètre ne dépassent pas les normes nationales d'où la qualité des points d'eau examinés dans la région est acceptable, faisant cette eau une eau bien clarifiée.

III.1.6. Titre Hydrométrique (Dureté Totale)

La figure représente la variation spatiale de Titre Hydrométrique dans les eaux pour les différents échantillons (Maadher 2, Maadher nouveau 3, Maadher Bis, Route biskra, Maather forage 1) étudiés.

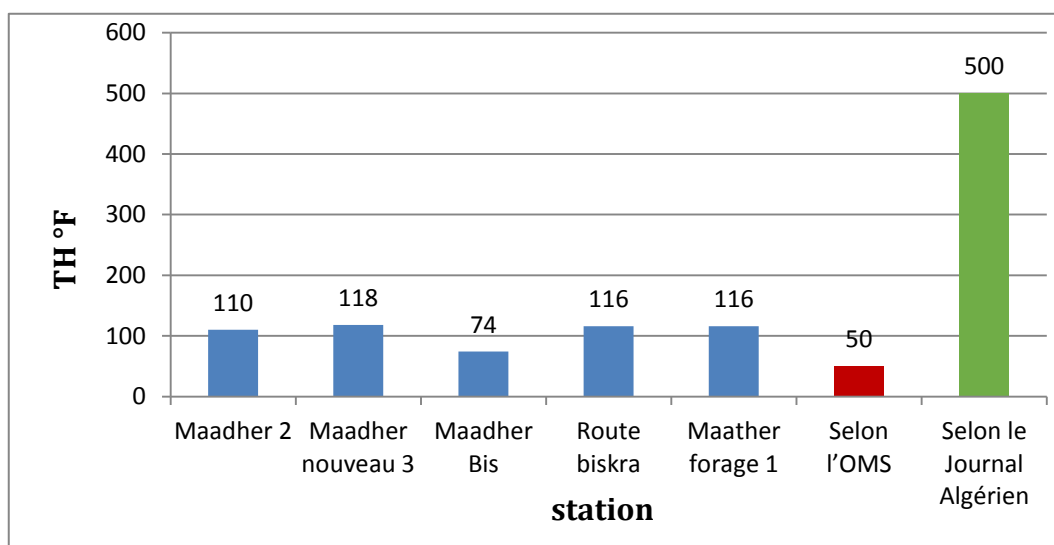


Figure 27- Diagramme de la titre hydrométrique des points d'eau étudiés.

En examinant le graphique illustré par la (figure 27), Les résultats obtenus montrent que la dureté varie entre 74 à 118 mg/L ne dépassent pas les normes Algériennes de 500 mg/L, mais il ont dépassé les normes de l'OMS 50 mg/l

La dureté est principalement causée par la présence de calcium et de magnésium dans l'eau et elle est exprimée en mg/L de CaCO₃. En général, la dureté carbonatée est définie par la concentration dans l'eau des cations Ca²⁺ et Mg²⁺ qui sont associés aux anions de l'alcalinité (HCO₃⁻ et CO₃²⁻). En général, l'eau qui présente une concentration de carbonate de calcium inférieure à 75 mg/L est considérée comme de l'eau douce ; entre 75 et 150 mg/L, on parle d'eau

à dureté moyenne ; entre 150 et 300 mg/L, d'eau dure ; et à plus de 300 mg/L, d'eau à dureté élevée (Cfptep, 2015).

Les concentrations élevées de TH résultent principalement de l'infiltration des eaux de surface à travers les formations rocheuses calcaires (Aouabed *et al*, 2005).

Une faible dureté ne permet pas l'élaboration de couche carbonatée pouvant participer à une protection des canalisations contre certains risques de corrosion , par contre, une dureté élevée constitue un risque important d'entartrage des canalisations (Rodier *et al*, 2009).

Les valeurs de la dureté de l'eau étudiée varie entre 74mg/l et 118mg/l.nous avons remarqué que la valeur (TH) dans l'échantillon de(maadher bis =74 mg/l) est considérée comme de l'eau douce ce qui explique la faible quantité de sels dans l'eau. et quant à d'autres forages (Maadher 2, Maadher nouveau 3 ,Route biskra , Maather forage 1) la valeur de (TH) entre 110 et 118 mg/L est considérée comme de l'eau dureté moyenne ce qui explique quantité moyenne de sels dans l'eau.

III.1.7. Titre Alcalimétrique complet (TAC)

La figure représente la variation spatiale de Titre Alcalimétrique complet dans les eaux pour les différents échantillons (Maadher 2, Maadher nouveau 3 , Maadher Bis, Route biskra , Maather forage 1) étudiés.

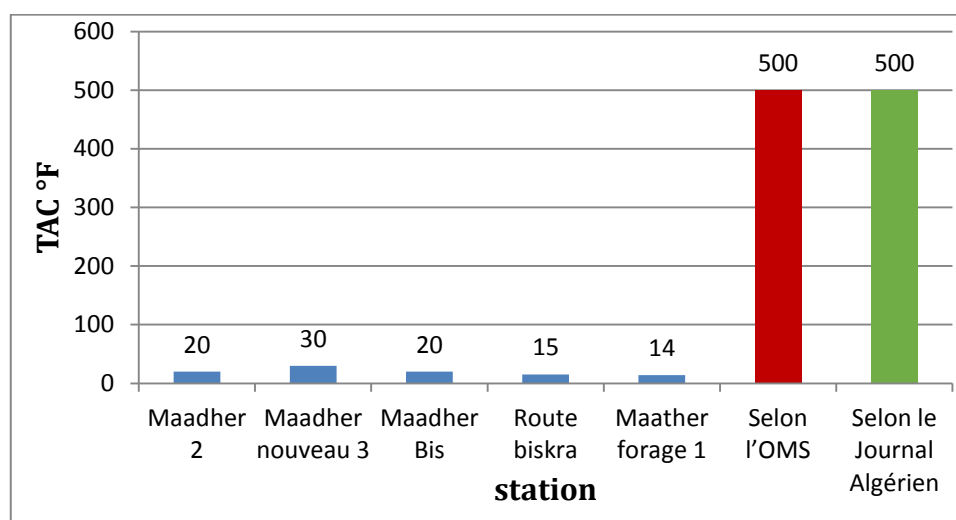


Figure 28- Diagramme de Titre Alcalimétrique complet des points d'eau étudiés.

En examinant le graphe illustré par la (figure 28),d'après les résultats obtenus, les valeurs varient entre 14 à 30 mg/L, donc les résultats ne dépassent pas les normes algériennes de 500 mg/L. et les normes de L'OMS 500 mg /l

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence hydrogénocarbonates, carbonates et hydroxydes. Elle dépend aussi des rejets urbains (phosphates, ammoniacaux, matières

organiques,...) ou industriels (apports basiques ou acides). Elle peut donner une indication sur le degré d'oxydation des composés organiques (eaux résiduaires, eaux issues de tourbières ou de ruisseaux forestiers) (Rodier, 1994).

Le TAC représente la concentration en ions carbonates, bicarbonates et hydroxydes présents dans l'eau. Les résultats varient entre 14 ml/L et 30ml/L . quel que soit les teneurs en bicarbonate dans les eaux de consommation, la potabilité n'est pas affectée

III.1.8. Solides Totaux Dissous

La figure représente la variation spatiale de Solides Totaux Dissous dans les eaux pour les différents échantillons (Maadher 2, Maadher nouveau 3 , Maadher Bis, Route biskra , Maather forage 1) étudiés.

Tableau 9- Goût de l'eau avec différentes concentrations de TDS.

Niveau de TDS (mg/l)	Evaluation
Moins de 300	Excellent
300-600	Bien
600-900	Passable
900-120	Faible
Plus de 1200	Inacceptable

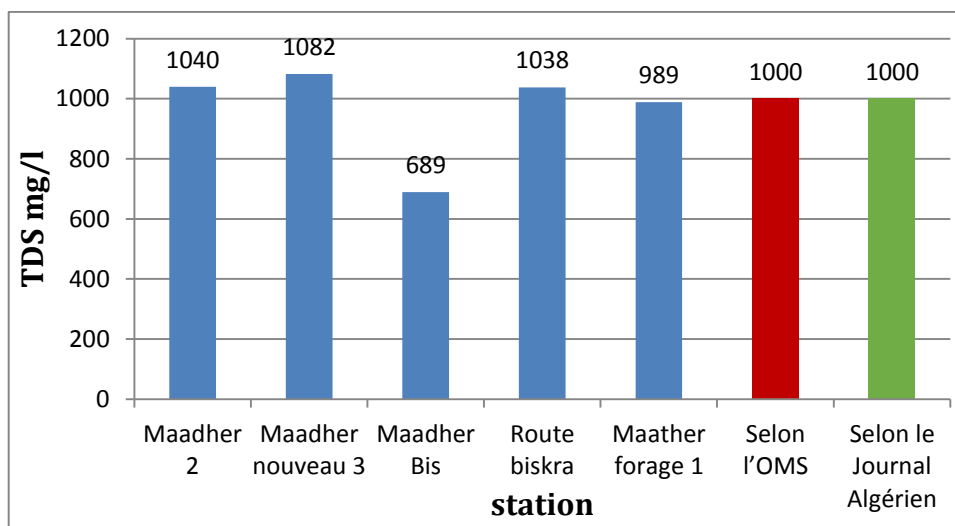


Figure 29- Diagramme de Solides Totaux Dissous complet des points d'eau étudiés.

En examinant le graphique illustré par la (figure 29), d'après les résultats obtenus, les valeurs varient entre 689mg/L et 1082mg/L, ou le minimum a été enregistré en Maadher Bis (689mg/L) et le maximum en Maadher nouveau 3 (953mg/L) , et cela prouve par les valeurs enregistrées

que le taux de minéralisation est inacceptable dans (Maadher 2, Maadher nouveau 3 , Route biskra ,Maather forage 1) et dans (Maadher Bis,) est faible .

La minéralisation est fonction de la géologie des terrains traversés. d'une façon générale, elle est plus élevée dans les eaux souterraines que dans les eaux superficielles. Les eaux très minéralisées, du fait de leur teneur en sodium, en calcium, en magnésium, en chlorures, en sulfates et en hydrogénocarbonates, semblent mieux contribuer à l'homéostasie de l'homme et surtout de l'enfant; cependant, elle peuvent poser des problèmes endocriniens très complexe. Une eau, dont la minéralisation est inférieure à 600 mg/l, est généralement considérée comme bonne; au-delà de 1200 mg/l et elle devient sauf accoutumance assez désagréable (Rodier, 1996).

Concernant le TDS, le maximum est enregistré au niveau du Maadher nouveau 3 et Route biskra et Maadher 2 ,cette valeurs remarquable dans les eaux est liée étroitement au lessivage des sols salés qu'entraîne naturellement la dissolution d'un certain nombre des sels (carbonates, bicarbonates, chlorures, sulfates, nitrates, et magnésium (Jean, 1995).

Processus est aggravé l'évapotranspiration qui favorise la concentration des sels dans l'eau, ce qui évoque la relation entre la conductivité et le TDS (Debieche, 2002).

III.1.9. Chlorure (Cl⁻)

La figure représente la variation spatiale de Chlorure dans les eaux pour les différents échantillons échantillons (Maadher 2, Maadher nouveau 3 , Maadher Bis, Route biskra , Maather forage 1) étudiés.

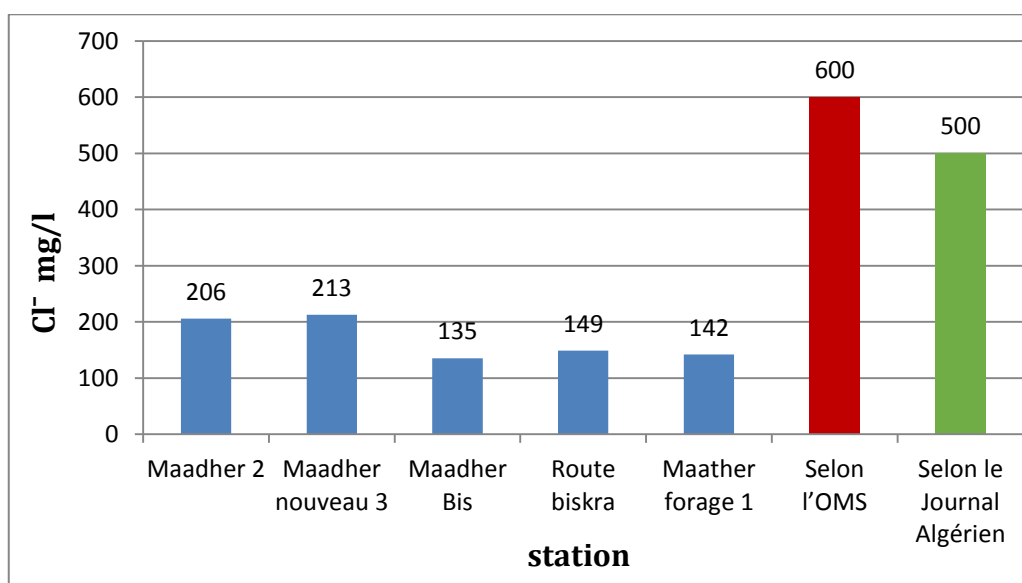


Figure 30- Diagramme des points de chlorure d'eau étudiés.

En examinant le graphe illustré par la (figure 30), Sur la base des résultats des analyses effectuées pour les échantillons des eaux les teneurs en chlorures est de l'ordre et D'après les résultats obtenus les valeurs varient entre (135mg/l) à (213 mg/L), donc les résultats ne dépassent pas les normes algériennes de (200-500) mg/L et les normes de l'OMS (600 mg/l)

D'après Rodier (1996), l'eau contient presque toujours des chlorures mais en proportion très variable. les résultats montrent que les taux de chlorures dans l'eau consommée dans tout les puits sont conformes aux normes de notre pays qui fixe une concentration maximale admissible de 500 mg/l.

Le plus grand inconvénient des chlorures est la saveur désagréable qu'ils confèrent à l'eau à partir de 250 mg/l surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium (Rodier, 2005).

Il s'avère d'après certaines études (Weinberg, 1986 ; Schultz, 1984 ; Siggaard-Anderson, 1976 ; Tortora, 1984) que même dans le cas de quantités excessives dans l'eau potable. Les Chlorures n'auraient pas d'effets néfastes sur la santé du consommateur car les concentrations de Chlorures dans le corps sont bien régulées au moyen d'un système complexe faisant intervenir à la fois le système nerveux et le système hormonal.

III.1.10. Fer

La figure représente la variation spatiale de Fer dans les eaux pour les différents échantillons (Maadher 2, Maadher nouveau 3 , Maadher Bis, Route biskra , Maather forage 1) étudiés

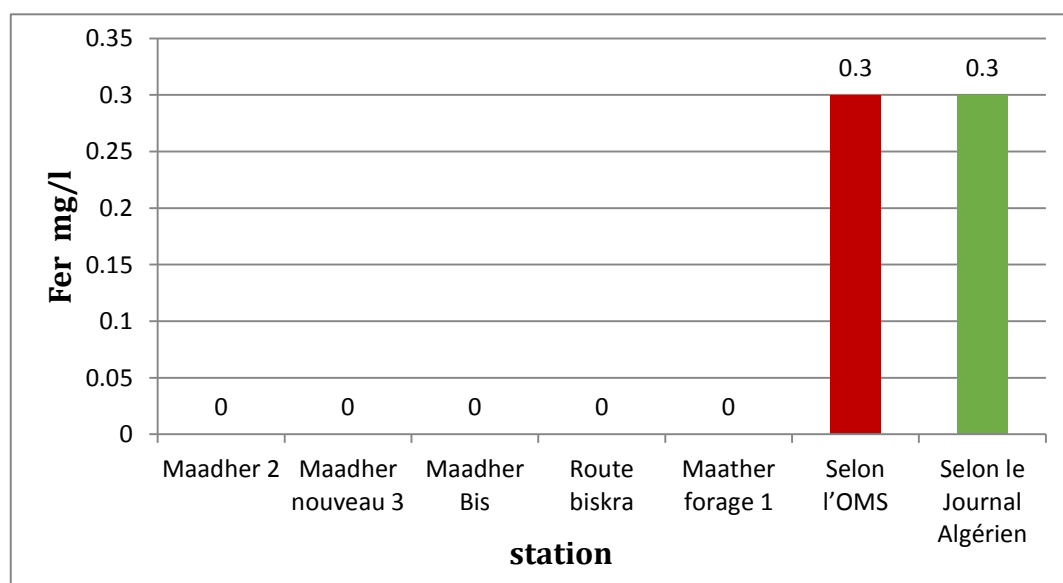


Figure 31- Diagramme des points de Fer d'eau étudiés.

En examinant le graphe illustré par la (figure 31), les valeurs sont totalement inexistantes par rapport aux critères algériens (0.3mg/l) et par rapport aux critères de l'OMS(0.3mg/l)

Selon (Debieche 2002), la présence de fer dans l'eau peut avoir diverses origines : naturelles par lessivage des terrains argileux ou industriels (la métallurgie).

Le fer est un élément essentiel pour la survie des êtres humains. Il est présent en faible quantité dans notre organisme (0.005 % de poids corporel) et joue chez l'homme un rôle essentiel dans nombreuses fonctions biologiques. IL intervient dans la constitution de l'hémoglobine. Cependant la surcharge en fer cause certaines maladies héréditaires génétiquement déterminée, comme «hémochromatose génétique» (Benmessoud, 2007).

Dans les stations étudiées et comme il est indiqué sur la figure (31) les résultats montrent qu'il n'y a aucun signe de présence de Fer dans les eaux souterraines et donc elle est dans les normes algériennes et l'OMS qui indiquent une valeur maximale de 0.3 mg/l

III.1.11. Nitrite (NO_2^-)

La figure représente la variation spatiale de nitrite NO_2^- dans les eaux pour les différents échantillons (Maadher 2, Maadher nouveau 3, Maadher Bis, Route biskra, Maadher forage 1) étudiés.

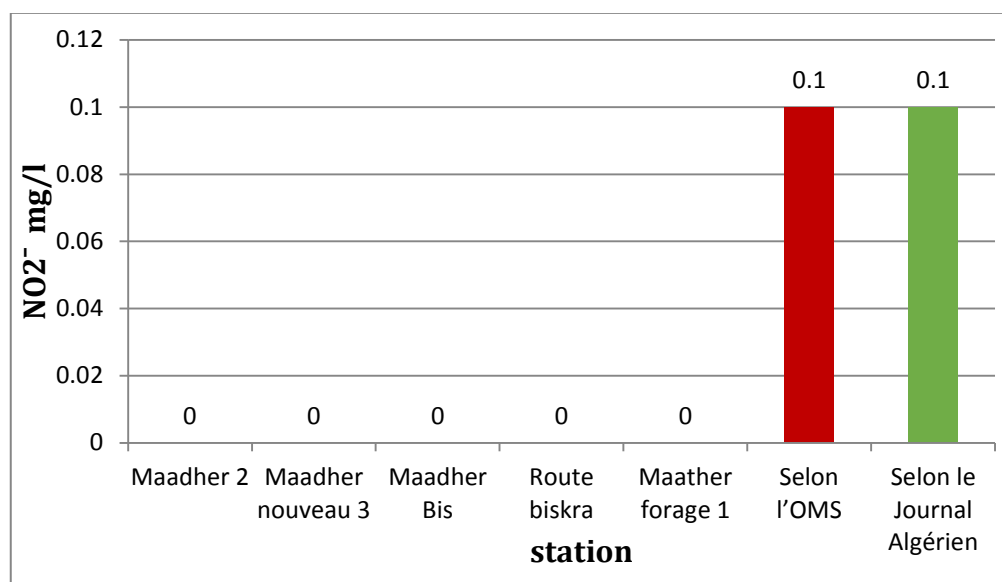


Figure 32- Diagramme des points de nitrite (NO_2^-) d'eau étudiés.

En examinant le graphe illustré par la (figure 32), les valeurs sont totalement inexistantes par rapport aux critères algériens(0,1mg/l).et par rapport aux critères de de l'OMS (0,1mg/l).

Le nitrite étant toxique pour l'organisme humain la présence en quantité importante dégrade la qualité de l'eau. La toxicité liée au nitrite est très significative en raison de leur pouvoir oxydant (Maiga, 2005),

Selon (Rodier *et al*, 2009) les Nitrites pouvant apparaître comme sous-produits lors de la chloration de l'eau, cette disposition permet de maintenir la chloration tout en garantissant un niveau adéquat de protection pour les consommateurs.

Les nitrites sont les indicateurs de la pollution.

Dans les stations étudiées et comme il est indiqué sur la (figure 32) les résultats montrent qu'il n'y a aucun signe de présence de nitrite dans les eaux souterraine du et donc elle est dans les normes algériennes et les normes l'OMS qui indiquent une valeur maximale de 0.1 mg/l

III.1.12. Nitrate (NO_3^-)

La figure représente la variation spatiale de nitrate NO_3^- dans les eaux pour les différents échantillons (Maadher 2, Maadher nouveau 3, Maadher Bis, Route biskra, Maather forage 1) étudiés.

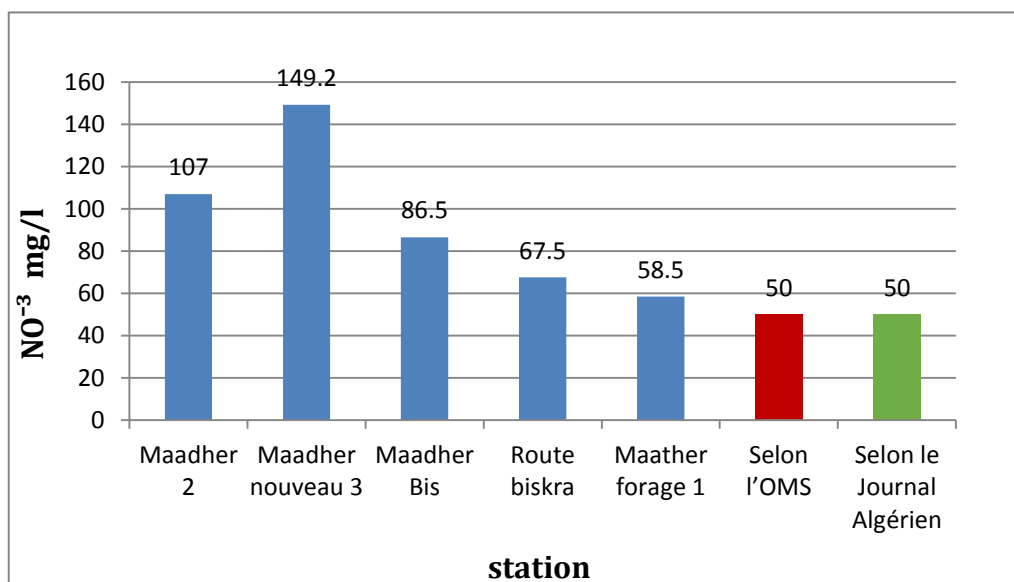


Figure 33- Diagramme des points de Nitrates (NO_3^-) d'eau étudiés.

En examinant le graphe illustré par la (figure 33), nous avons constaté que les valeurs de (NO_3^-) varient dans les cinq échantillons d'eau, car nous enregistrons une hauteur dans l'échantillon d'eau, Maadher nouveau 3 (149,2 mg/l), suivie de l'échantillon d'eau Maadher 2

=107mg/l) puis Maadher Bis = (86,57mg/l) et Route biskra= (67,5 mg/l) et du dernier échantillon d'eau Maather forage 1 =58,5 mg/l), et donc les résultats dépassent les normes Algériennes (50 mg/l) et les normes de l'OMS (50 mg/l).

Les ions de nitrates représentent la forme la plus oxygénée de l'azote. C'est une forme très soluble. Sa présence dans les eaux est liée à l'utilisation intensive des engrais chimiques. Dans les eaux naturelles non polluées, le taux de nitrate est très variable suivant la saison et l'origine des eaux, il peut varier de 1 à 5 mg/l. Bien que, une concentration de 2 à 3 mg/l peut être considérée comme normale (Rodier et al, 1986)

La valeur maximale admissible en cet élément a été fixée à 50mg/l par la totalité des normes internationales sauf les normes américaines qui fixent 45mg/l comme valeur maximale admissible. La concentration en nitrates dans les eaux des sites d'études sont inférieurs à la norme 50mg/l (OMS, 1994).

Selon (Rejsek, 2002) les ions Ammonium des eaux superficielles peuvent avoir pour origine naturelle par la décomposition des déchets végétaux et animaux, ils se transforment assez rapidement en nitrite et en nitrate par oxydation. Donc la teneur en azote ammoniacal dans les eaux superficielle est normalement faible (< 0.2 mg/l).

L'élimination des ions Ammonium de l'eau est réalisée par deux types de procédés :

- Physico-chimique : en utilisant le chlore qui va former des chloramines avec l'ammonium, puis avec des doses plus fortes va détruire les chloramines.
- Biologique : en utilisant de bactéries nitrifiantes se développant sur un support et qui vont utiliser les ions ammonium pour leur métabolisme et les oxydé en nitrates par un processus de nitrification (Rejsek, 2002).

Nous avons observé des niveaux élevés de nitrate dans tous les puits comme il est indiqué sur la (figure 33) Les valeurs varient entre 58,5 mg/l et 149,2 mg/l , C'est parce qu'il est situé dans une zone agricole.

III.1.13. Sodium (Na⁺)

La figure représente la variation spatiale de sodium (Na⁺) dans les eaux pour les différents Echantillons (Maadher 2, Maadher nouveau 3, Maadher Bis, Route biskra, Maather forage 1) étudiés.

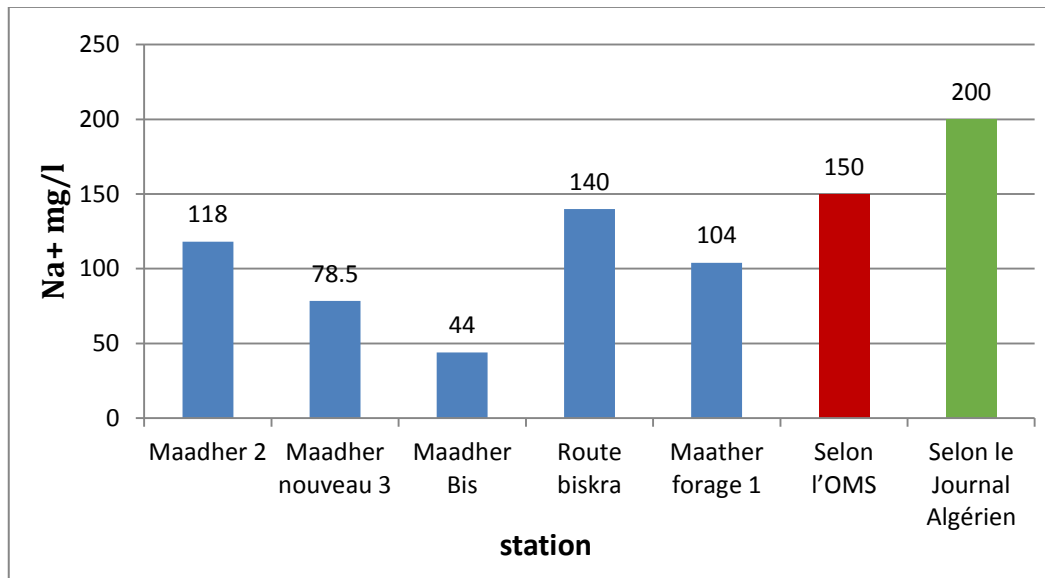


Figure 34- Diagramme des points de Sodium (Na^+) d'eau étudiés.

En examinant le graphe illustré par la (figure 34), nous avons remarqué à travers que la valeur la plus élevée a été enregistrée dans l'échantillon d'eau Route biskra (140mg/l), suivie de l'échantillon d'eau Maadher 2 (118mg/l), puis Maather forage (104mg/l), et, Maadher nouveau 3 et la valeur la plus basse a été enregistrée dans l'échantillon d'eau Maadher Bis (44mg/l) et donc les résultats ne dépassent pas les normes Algériennes (200 mg/l) et les normes de l'OMS (150 mg/l).

Le sodium est un élément constant de l'eau, toute fois, les concentrations peuvent être extrêmement variables allant de quelques dizaines de milligrammes à 500 mg/l et même au-delà. Indépendamment de la lixiviation des formations géologiques contenant du chlorure de sodium, le sel peut provenir :

- De l'altération des minéraux silicatés, échanges de cations avec les minéraux argileux ou des substances organiques.
- Des retombées d'origine marine, de la venue d'eaux salées dans les nappes aquifères.
- Des rejets des eaux usées, ainsi que l'épandage des engrais chimiques qui augmentent aussi les concentrations en sodium
- Des nombreux usages industriels
- Des apports atmosphériques, etc... (Rodier, 2005).

En rapport avec les normes de potabilité de l'eau fixées par l'OMS, l'eau est : excellente lorsque la concentration de sodium est inférieure à 150 mg/l ; et médiocre lorsqu'elle est dépassée 150 mg/l. La concentration de sodium mesurée dans les échantillons d'eau de notre zone varie entre 44 mg/l et 140 mg/l.

Les résultats de notre étude ont révélé que les échantillons d'eau analysés montrent que toute l'eau est fraîche.

III.1.14. Potassium (K⁺)

La figure représente la variation spatiale de Potassium (K⁺) dans les eaux pour les différents échantillons (Maadher 2, Maadher nouveau 3, Maadher Bis, Route biskra, Maather forage 1) étudiés.

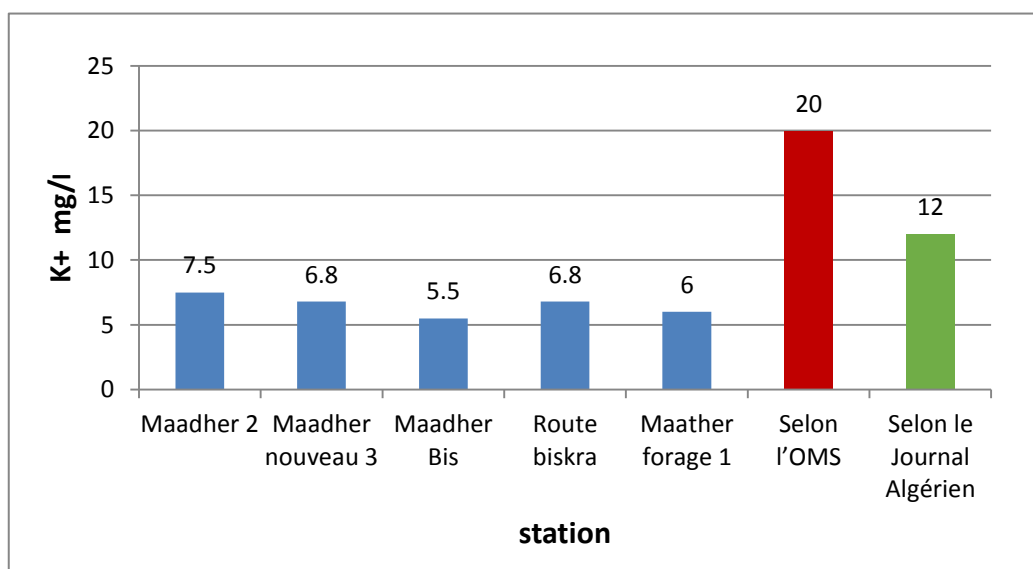


Figure 35- Diagramme des points de Potassium (K⁺) d'eau étudiés.

En examinant le graphe illustré par la (figure 35), nous avons constaté que les valeurs de l'eau traitée sont respectivement 5,5 mg/L comme valeur minimale et du 7,5 mg/L comme valeur maximale.

Conformes aux normes algériennes qui recommandent une concentration maximale de 12 mg/l et aux normes selon l'OMS qui recommandent 20 mg/L.

Le potassium provient de l'altération des formations silicatées (gneiss, schistes), des argiles potassiques, de certains rejets industriels et de la dissolution des engrais chimiques (NPK). Sa présence à peu près constante dans les eaux naturelles ne dépasse pas habituellement 10 à 15 mg/l. (Rodier, 2005).

Les normes établies par la réglementation de l'OMS sur la salubrité de l'eau potable recommandent une concentration de potassium inférieure à 20 mg/L.

En comparant les résultats obtenus lors de l'analyse des échantillons d'eau de la zone d'étude, il est clair que la concentration en potassium est bonne.

III.1.15. Magnésium (Mg⁺)

La figure représente la variation spatiale de magnésium dans les eaux pour les différents échantillons (Maadher 2, Maadher nouveau 3, Maadher Bis, Route biskra, Maather forage 1) étudiés.

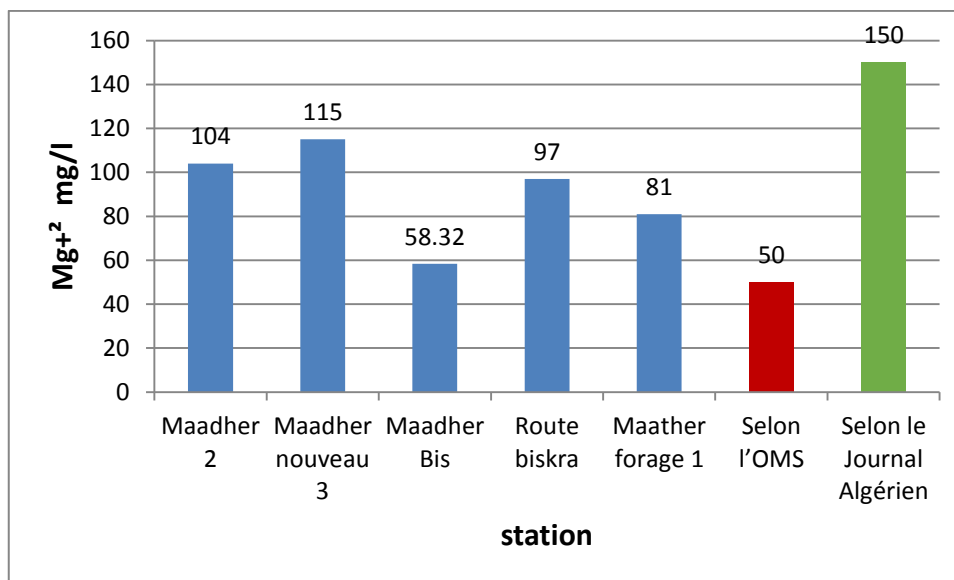


Figure 36- Diagramme des points de Magnésium (Mg⁺) d'eau étudiés.

En examinant le graphique illustré par la (figure 36), d'après les résultats obtenus les valeurs varient entre 58,32 à 115 mg/L donc les résultats ne dépassent pas les normes Algériennes de 150 mg/L mais ils ont dépassé les normes de l'OMS 50 mg/L.

Le Magnésium est un des éléments les plus répandus dans la nature ; il constitue environ 2,1% de l'écorce terrestre, constitue un élément significatif de la dureté de l'eau. La plupart de ses sels sont très solubles dans l'eau.

Le Magnésium est un élément indispensable pour la croissance ; il intervient comme élément plastique dans l'os et plus de 50 % du magnésium de l'organisme appartient au squelette. Il constitue un élément activateur pour les systèmes enzymatiques (Rodier *et al*, 2009).

Ce paramètre se trouve dans les formations calcaires, marno-calcaire et dans les formations triasiques (gypse). Selon les résultats des analyses effectuées durant la période d'étude, les teneurs en Magnésium sont globalement peu concentrées. La majorité des valeurs dépassant les 50 mg/l (OMS, 1972).

Les teneurs en Magnésium varient au cours de cette étude de Maadher Bis avec 58,32 mg/l et Maadher nouveau 3 avec 115 mg/l (figure). Concernant ce paramètre, la majorité des eaux analysées durant cette étude sont admissibles à la consommation.

Les variations de concentration en magnésium sont élevées avec une convergence entre les sites d'étude, et ceux-ci dues aux échanges de bases avec la nature du sol qui est dolomitique dans cette région. (Moussai, 2008), et aussi à la dissolution des formations carbonatées qui est la même provenance et la même origine que celle du Ca^{2+} .

III.1.16. Ammonium (NH_4^+)

La figure représente la variation spatiale l'ammonium (NH_4^+) dans les eaux pour les différents échantillons (Maadher 2, Maadher nouveau 3, Maadher Bis, Route biskra, Maather forage 1) étudiés.

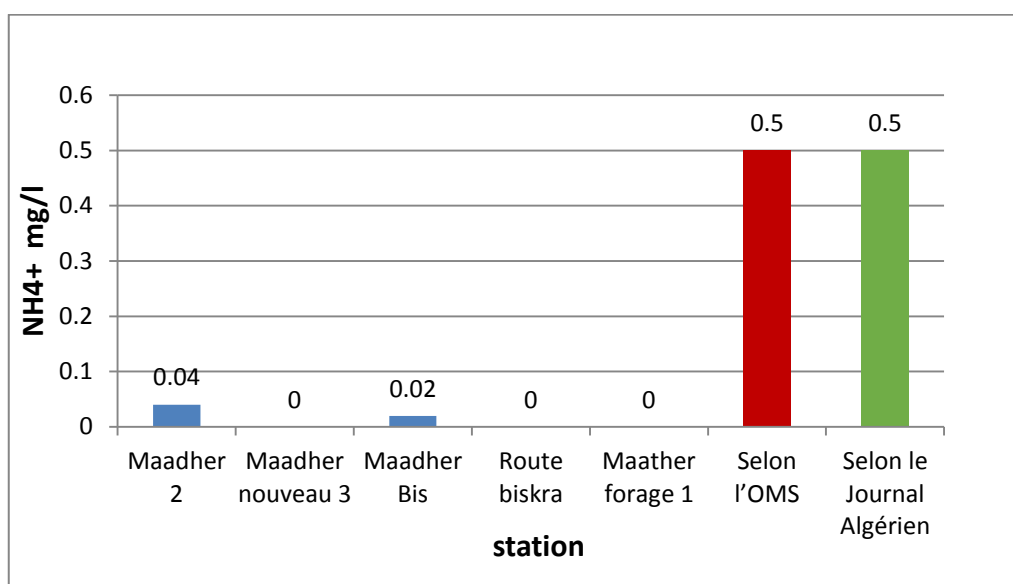


Figure 37- Diagramme d'ammonium (NH_4^+) des points d'eau étudiés.

En examinons le graphe illustré par la (figure 37), 'après les résultats obtenus, la valeur d'ammonium (NH_4^+) sur Biskra Road et Maather forage 1 et Maadher nouveau 3e est nulle, mais à Maadher 2, on a trouvé (0,04 mg/l) et Maadher Bis à 0,02 mg/l) et donc les résultats. Les normes algériennes ne dépassent pas 0,5 mg/l, ni les normes OMS 0,5 mg/l

Les teneurs en Ammonium des eaux analysées sont acceptables et répondent aux normes de potabilité nationales et internationales (0.5 mg/l) (OMS, 2006 ; JORA, 2011).

Selon (Rejsek, 2002) les ions Ammonium des eaux superficielles peuvent avoir pour origine naturelle par la décomposition des déchets végétaux et animaux, ils se transforment assez rapidement en nitrite et en nitrate par oxydation. Donc la teneur en azote ammoniacal dans les eaux superficielle est normalement faible (< 0.2 mg/l).

L'élimination des ions Ammonium de l'eau est réalisée par deux types de procédés :

- Physico-chimique : en utilisant le chlore qui va former des chloramines avec l'ammonium, puis avec des doses plus fortes va détruire les chloramines.
- Biologique : en utilisant de bactéries nitrifiantes se développant sur un support et qui vont utiliser les ions ammonium pour leur métabolisme et les oxydés en nitrates par un processus de nitrification (Rejsek, 2002).

III.1.17. Calcium (Ca⁺)

La figure représente la variation spatiale des ions de calcium de l'eau de la région d'étude pour les différents échantillons (Maadher 2, Maadher nouveau 3, Maadher Bis, Route biskra, Maadher forage 1) étudiés.

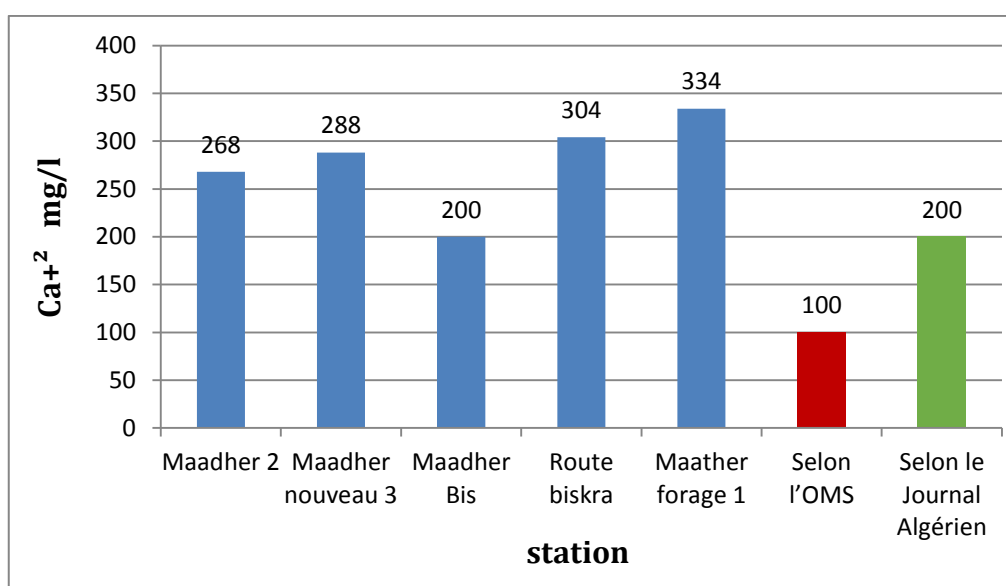
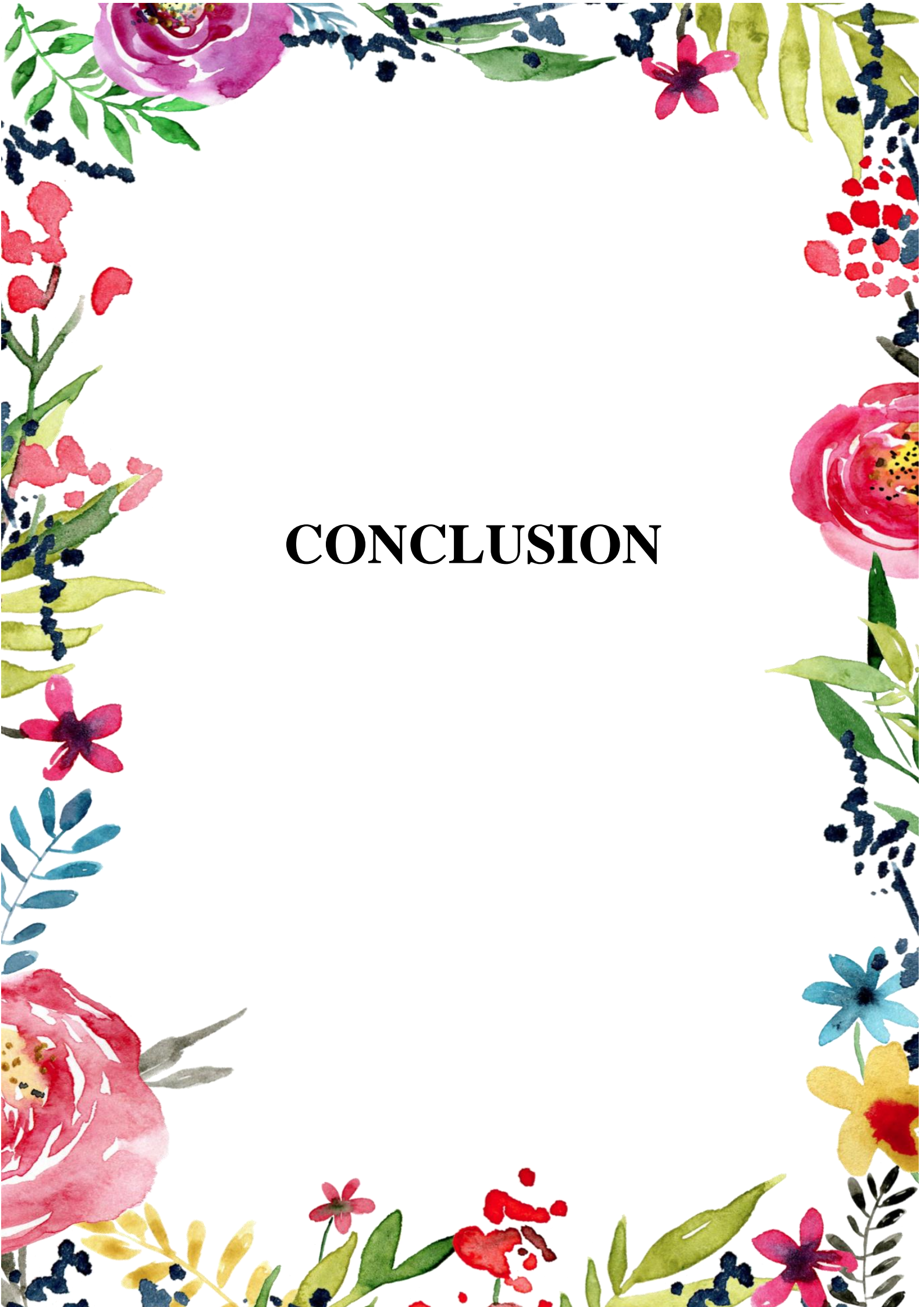


Figure 38- Diagramme des points de calcium d'eau étudiés.

En examinant le graphique illustré par la (figure 38), Les résultats obtenus montrent que le calcium varie entre (200 à 343 mg/L), on a remarqué que la valeur du calcium dans Maadher Bis ne dépasse pas les normes algériennes (75- 200mg/l,) par rapport les autres (Maadher 2 , Maadher nouveau 3, Route biskra, Maadher forage 1) les résultats ont dépassé les normes algériennes (75- 200mg/l) ,mais tous les résultats ont dépassé les normes de l'OMS 100 mg/l.

Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables et sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés (terrain calcaire ou gypseux) (Rodier et al, 2009). L'eau potable de bonne qualité renferme de 100 à 140 mg/L de calcium (Rodier, 2005).

Le calcium ne peut en aucun cas poser des problèmes de potabilité, le seul inconvénient domestique lié à une dureté élevée est l'entartrage. Par contre, les eaux douces peuvent entraîner des problèmes de corrosion des canalisations (Gaujour, 1985). Les teneurs en calcium des 5 puits étudiés varient entre 200mg/l et 334 mg/l.



CONCLUSION

○ **Conclusion :**

L'eau est un élément indispensable pour la vie et pour le développement socioéconomique réel et durable d'un pays, particulièrement l'eau de surface, est une ressource facilement utilisable pour l'alimentation en eau potable, en parallèle elle est très sensible à la pollution.

A l'issue de notre étude qui a porté essentiellement sur l'évaluation de la qualité physico-chimique des eaux de consommation de la région de Boussaâda, il ressort que la quasi-totalité des paramètres analysés sont conformes aussi bien à la réglementation nationale qu'internationale en matière de potabilité de l'eau.

De cette étude il en ressort que :

Les analyses physico-chimique montrent que ces eaux présentent généralement des eaux conformes à celle des normes algériennes et de l'OMS avec :

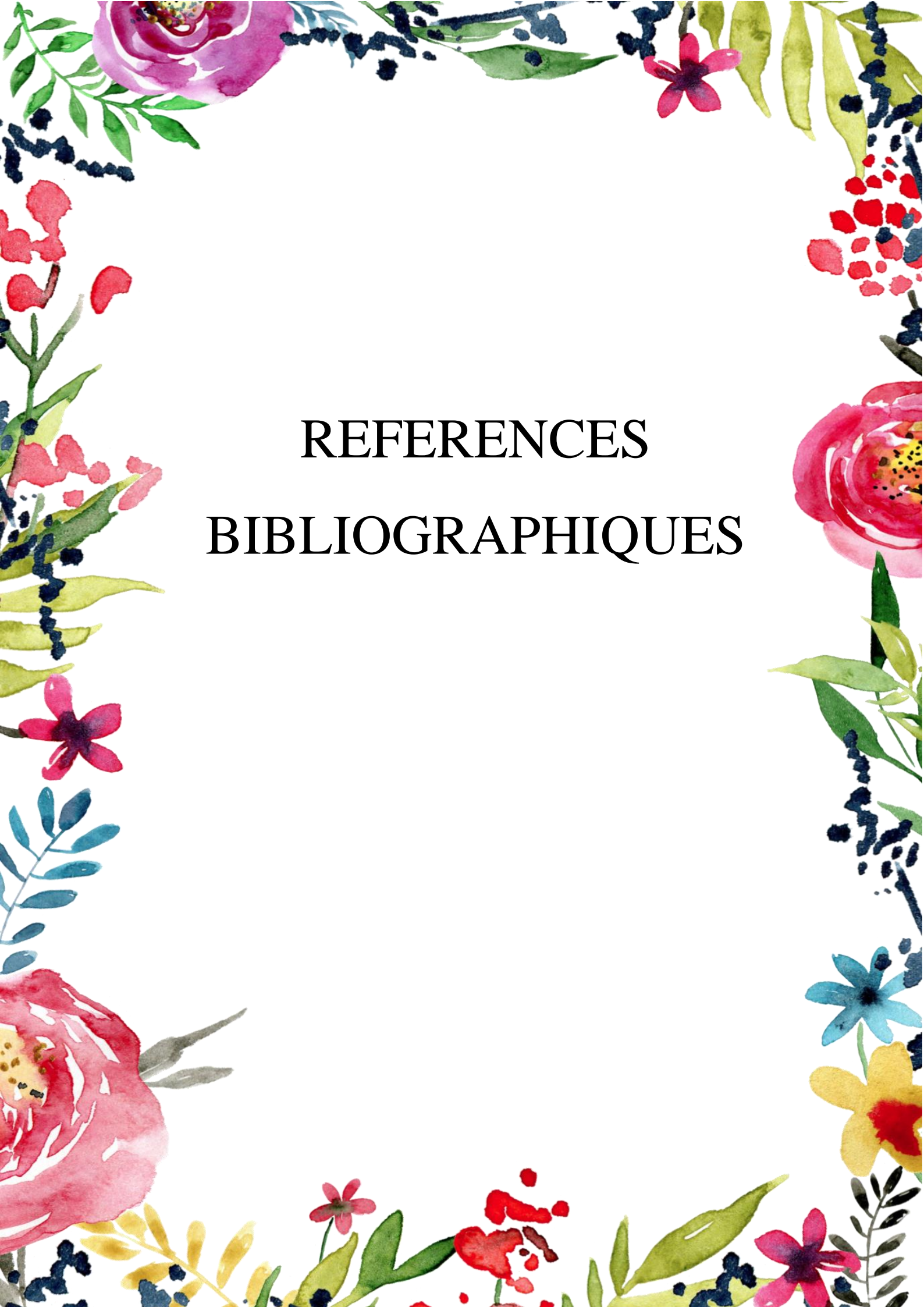
- Le PH de ces eaux est proche à la neutralité, leur degré de minéralisation est moyen, la température est acceptable.
- Ces eaux sont également dans les normes dans la mesure où leur dureté, TAC et TH sont acceptables.
- Leurs teneurs en turbidité, magnésium, chlorures, nitrites et ammonium et K^+ sont normales, .mais calcium est élevé l'origine d'augmentation de la concentration de Ca^+ est principalement la dissolution des formations évaporitiques.
- Alors que en nitrate est élevée L'évolution des nitrates est sans doute le reflet d'une augmentation des apports allochtones en période de hautes eaux sous l'effet de lessivage des terrains agricoles avoisinants.

Donc tous les résultats obtenus répondaient aux normes requises, sont bons et propres à la consommation homme.

A travers cette étude plusieurs recommandations doivent être prendre en charge pour protéger cette source d'eau vulnérable (les eaux souterraines) dans cette région :

- ✓ Réaliser des contrôles physico-chimiques réguliers de cette eau afin de mieux évaluer l'impact de la pollution agricole.
- ✓ Essayer de mieux valoriser les résultats physico-chimiques obtenus par l'étude des agents bio indicateurs ou bio marqueurs de la qualité des eaux

- ✓ l'interdiction des rejets et des déchets incontrôlables quelque soit leur nature (ménagères, agricoles et industriels).
- ✓ Respecter les normes internationales.

A decorative border of watercolor flowers and foliage surrounds the central text. The border includes a large pink rose in the top left, a pink five-petaled flower in the top right, a red rose in the middle right, a pink rose in the bottom left, and a yellow flower with a red center in the bottom right. There are also clusters of red and blue berries and various green leaves throughout the border.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

○ **Références bibliographiques**

- **Afri-Mehennaoui, F-Z (1) et Mehennaoui, S(2), (2005) :** Qualité écologique des cours d'eau dans l'est Algérien : cas de l'Oued Rhumel dans le Constantinois. WATMED 2 - Marrakech 14-17.
- **Allen, J, Choate, J, Hugh J, McKim, M, (1994):** Surveillance de qualité des eaux de surface, Guide à l'intention des citoyens, des étudiants et des communautés du Canada atlantique. 103p.
- **Aouadab A, Larbi A, Benzina. M, (2005) :** Carte de qualité des eaux de Barrage de la région centre de l'Algérie.
- **Aouissi, A, (2010) :** Microbiologie et physico-chimie de l'eau des puits et des sources de la région de Guelma (Nord-Est) de l'Algérie. Mémoire Magister. Univ du 08 Mai Guelam 1945. 129p.
- **Bagnouls, F, et Gausson, H, (1953) :**Saison sèche et indice xérothermique .Bull. Hist. Nat,Toulouse : 88(3-4). 184-239p.
- **Battesti V, (1998) :**Vbat.org [en ligne]. (Page consultée le 28/05/2019). <http://vbat.org/spip.php?article30>.
- **Belghiti, M. L, Chahlaoui, A., Bengoumi, D, El moustaine, R. (2013) :** Étude de la qualité physico -chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quaternaire dans la région de Meknès (Maroc). Larhyss Journal. ISSN 1112-3680.n°14. Pp21-36.
- **Bendine,(2019) :** Etude de la faisabilité de la recharge de la nappe d'el maader (bou saada) par les eaux de crues),(Mémoire Master Académique)(Université Mohamed Khider- Biskra)
- **Beniston n. T, et Beniston S, (1984) :**Fleurs d'Algérie. Ed. Ent. Nati. du livre, Alger, 359p.
- **Bensaid F, (1994):** Contribution a la modalisation de la qualité des eaux de l'oued Oum-Er Rabia Thèse 3ème cycle .Université .Cadi Ayyad. Faculté de sciences Marrakech.166.p
- **Boukhamza M, (1990) :**Contribution à l'étude de l'avifaune de la région de Timimoun (Gourara) Inventaire et données bioécologiques. Thèse Magister, Inst. nati. agro. El-Harrach, 117p.
- **Cfptep, (2015) :** Comité fédéral-provincial-territorial sur l'eau potable. Le chrome dans l'eau potable. Document de consultation publique. Canada. Pp 02-03.

- **Chiheb,(2022)** :thèse de doctorat Diversité de l'avifaune et effets des facteurs environnementaux sur sa distribution dans la région de Boussaâda.(Université Mohamed BOUDIAF de M'Sila)
- **Coulibaly, K. (2005)** : Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako. Thèse de doctorat en Médecine de Pharmacie et D'Odonto Stomatologie. Université de Bamako. Pp 33.
- **Cuq. J.L, (2007)** : Microbiologie Alimentaire control microbiologique des aliments, Edition Sciences et Techniques du Languedoc, Université de Montpellier 2, Département de Sciences et Technologie des IndustriesAlimentaires, Montpellier, France.
- **Dajoz, R (2006)** : Précis d'écologie (2ème édition). Paris : Dunod. 631p
- **Debieche , T,H, (2002)** : Évolution de la qualité des eaux (salinité, azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle. Application à la basse plaine de Seybouse.Nord-Est Algérien. Thèse Doct. Univ. Franche-Comté. 235p.
- **Degremont , (2005)** : «Mémento technique de l'eau », Deuxième Edition Tom1
- **Dégrémont** : 9ème Ed. Tome 1. (1984).
- **Degremont, (1989)** : « **Mémento technique de l'eau** », 8 ème Edition
- Désertification),Etude sur la pisciculture au barrage Almassira, CR dar CHAFAAI, Cercle d'ELBROUGE, Province de Settat, 201p.
- **Desiardins raymond, (1990)** : «Le traitement des eaux éme ED de l'Ecole polytechnique de Montréal »
- **Dorst ,(1971)** :La vie des oiseaux. Ed. Bordas, Paris, coll. « la grande Encyclopédie de la nature», Vol.11, T. I, 382p.
- **Dussart B, (1966)** : Limnologie : Etude des eaux continentales. Gauthier-Villars.,ed., Paris.
- **Emberger L, (1955)** :Une classification biogéographique des climats. Rec. Trav. Lab. Bot.Géol. Fac.Se, 7(11), 3-43.
- **Faurie C, Ferra C, et Medori p, (1980)** :Ecologie. Paris: J.B Baillière,168 p.
- **Gaujour. D, (1985)** : La pollution des milieux aquatiques: Aide-mémoire. 2eme Edition: revue et augmenté.
- **GOUVERNEMENT DU QUÉBEC, (2003)** : Québec [en ligne]. (Page consulté le 16/06/2019). <http://www.mrn.gouv.qc.ca/forets/comprendre/comprendre-reboisement.jsp>.
- **Grhmsm, (2011):**
https://www.gov.mb.ca/waterstewardship/odw/publicinfo/fact_sheets/pdf/fr/factsheet_drinking_water_program_fr.pdf Consulté le 25/05/2018.

- **Hceflcd, (2007)** : (Haut Commissariat Aux Eaux et Forêt et la Lutte Contre la Désertification), Etude diagnostique de la zone humide AL Massira-Faija, cercle d'EL Brouj et Cercle de Settat (Maroc), 242p.
- **Hceflcd, (2006)** : (Haut Commissariat Aux Eaux et Forêt et la Lutte Contre la
- **Hoffmann F, Auly T, Meyer A-M, (2014)**: L'eau .Edition : Confluence p.43
- **Jean, M , et Franco, P, (1995)** : Documents phytosociologiques Vol. 15. pp : 394-401.
- **Jora, (2011)** : « journal officiel de la république algérienne ». N °18. P7-9.
- **Kaabeche M, (1990)** : Les groupements végétaux de la région de Bou Saâda (Algérie) : Essai de synthèse sur la végétation steppique du Maghreb. Thèse de doctorat : science. Orsay : Université de paris sud, 104 p
- **Kadiri, (2005)** : Analyse urbaine de la ville de Bou ssaâda, mémoire d'ingénieur EPAU.
- **Kahoul, M et Touhami, M. (2014)** : Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux de consommation de la ville d'Annaba (Algérie). Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°19, pp.129-138.
- **LE Houérou H. N, (1995)** : Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique; diversité biologique, développement durable et désertisation. Montpellier: CIHEAM IAMM. 396 p.
- **M.Tardat-Henry , (1984)**. «Chimie des eaux», 1ere édition griffon d'argile INC, paris,
- **Mahroug et Ben Amar (2021)** : L'origine des nitrates dans les eaux souterraines de l'aquifère d'El Maâdher (Bousaâda-M'sila),(Mémoire Master Académique)(Université Mohamed BOUDIAF de M'Sila)
- **Maiga. A, (2005)** : Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par l'EDM.SA dans la ville de Bamako : évaluation saisonnière, Thèse de Doctorat en Pharmacie, Université de Bamako, Bamako, Mali.
- **Mazari A, (2019)** : Diversité et structure des habitats de la région de Boussaâda (Doctoral dissertation ,Université Mohamed BOUDIAF de M'Sila).
- **Moussai, A, (2008)** : Effets de la salinité sur le milieu environnant de l'embouchure d'Oued M'sila (sol-eau-végétation). Mémoire d'ing. Univ de M'sila. 88p.
- **Nacib Y, (1986)** : Culture oasiennes Bou Saada : Essai d'histoire sociale. Paris : Publisud. 505 p. et ENAL, p196
- **Nacib Y, (2017)** : *Cultures oasiennes Bou-Saâda : essai d'histoire sociale*, Kouba, Algérie :ZYRIAB
- **OMS, (1994)** : Directive pour la qualité de l'eau de boisson, Volume 1 recommandation.

- **Ouali,(2011)** : cours de procédés unitaires biologique et traitement de eaux , office des publication universitaire. Alger
- **Ozenda P, (1983)** :Flore du Sahara. Ed. Centre nati. rech. sci. (C.N.R.S.), Paris, 622p.
- **Ramade F, (1984)** : Elément d'écologie : écologie fondamentale. Ed. Mc. Graw Hill. Paris. 403 p.
- **Ramade, (2011)**. «Introduction à l'éco chimie, les substances chimique et l'écosphère a l'Homme » Edition. Lavoisire. Paris.
- **Ramade, F. (2003)** : Eléments d'écologie fondamentale. Paris : Dunod. 690 p
- **Rejesk F, (2002)** : Analyse des eaux, 1erEd. CRDP Aquitaine. Bordeaux. ISBN : 2-86617-420-8. P360.
- **Remini. B,(2010)** :La problématique de l'eau en Algérie du nord.Lary. J. 08 : 27-46.
- **Rodier J , (1984)** : « L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. » Edition .Dunod.
- **Rodier J, (1974)**. L'analyse de l'eau, 7émé édition. Dunod. Paris
- **Rodier, (1996)** : L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 6eme édition: Dunod, Paris.
- **Rodier, J, (2005)** : L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer.
- **Rodier, J, et al, (2009)** : Analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eau résiduaires, Eau de mer. 9 éme édition. Dunod, Paris. 1489 p.
- **Seltzer p, (1946)** : Climat de l'Algérie. Ed. Institu nati. météo, phys., globe de l'Algérie, Alger,219p.
- **Weinberg, J, M,(1986)**: Fluid and electrolyte disorders and gastrointestinal diseases. dans : fluids and electrolytes. j.p. kokko et r.l. tanner (dir. de publ.). w.b. saunders Co. Toronto.

A decorative border of watercolor flowers and foliage surrounds the page. The border includes large pink and red roses, smaller pink and blue flowers, clusters of red berries, and green leaves with small dark blue berries. The central text is set against a plain white background.

ANNEXES

Annexes

Préparation des solutions

1-Solution de nitrate d'argent 0.02N

Nitrate d'argent (AgNO_3) $m=3.40$ g Eau distillée $V=1000\text{ml}$

2-Solution d'acide sulfurique 0.02N Acide sulfurique (H_2SO_4) $V=0.54$ ml Eau distillée
 $V=1000\text{ml}$

3-Solution méthyle d'orange 1%

Méthyle d'orange $m=1$ g Eau distillée $V=99$ ml

4-Solution EDTA 0.02N=0.01 M EDTA $m=3.725\text{g}$ Eau distillée $V=1000$ ml

5-Solution phénolphtaléine 0.5% Phénolphthaléine $m=0.5$ g Alcool éthylique (éthanol 96%)
 $V=100$ ml Eau distillée $V=100$ ml

6-Solution Noir d'eriochrome T (N.E.T) 0.5%

Noir d'eriochrome T (N.E.T) $m=0.5\text{g}$ Alcool éthylique (éthanol 96%) $V=100$ ml

8-Solution HCl 0.1N HCl $V=8$ ml Eau distillée $V=1000$ ml

9-Solution muruscide 0.5% Muruscide $m=0.5$ g Alcool éthylique (éthanol 96%) $V=100$ ml

10- Solution Chromate de potassium Chromate de potassium K_2CrO_4 $m=10$ g Eau distillée
 $V=100$ ml