



Mémoire

Présenté pour l'obtention du diplôme de MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Science de la nature et de la vie

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Protection des Ecosystèmes

Thème

*Contribution à l'étude de la qualité physicochimique  
des eaux destinées à l'alimentation humaine dans la  
wilaya de Khenchela*

Préparer par :

- ❖ Bourmada Hibet Arrahmane
- ❖ Grabsi Nadjjet
- ❖ Sifi Houda

Devant le jury :

Président :	Mr. Larbaa Rabeh	M.C.B	Université de Khenchela
Encadreur :	Mme. Dib Dounia	M.C.A	Université de Khenchela
Examinatrice :	Mme. Bensouici Karima	M.A.A	Université de Khenchela

**Année 2021/2022**



## Dédicace

Avant tout, Je remercie Dieu, créateur de toutes choses, pour son souffle et tous ses innombrables bienfaits.

A mes parents ;

Pour vos mains qui ont tant travaillées, pour votre cœur qui m'a tant donné, pour votre sourire qui m'a tant réchauffé, pour vos yeux qui furent parfois mouillés, pour vous qui m'avez tant aimé, Ce travail est  
La réponse à vos prières, Je souhaite que vous soyez fière de moi.

Mon encadrante, Mme. Dib Dounia pour tous ses précieux conseils, pour son écoute active, sa disponibilité, pour son aide précieuse et pour le temps qu'il m'a consacré.

A Mon adorable frère Mohammed Ali, Qui n'a pas cessé de m'encourager au long de mes études.  
Que dieu le protège.

A ma chère grande sœur Ismahane, Merci pour votre amour et de n'avoir jamais douté de moi.

A ma chère petite sœur Chaima, Merci pour votre présence et votre soutien.

A la personne qui a été toujours là pour moi.

A ma chère Nadjat, pour son entente et sa compréhension tout longue de ce travail. Merci pour m'avoir encouragé En témoignage de l'amitié qui nous a unis et des souvenirs de tous les moments que nous avons passé ensemble.

*Hîbet Arrahmane*



## *Dédicace*

Louange à Dieu tout puissant, qui m'a permis de voir ce jour tant attendu

Je dédie ce modeste travail :

**A MA TRÈS CHÈRE MÈRE :** Tu représentes pour moi la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études. Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur

**A MON TRÈS CHÈR PÈRE Smail Grabsi :** Tu as toujours été pour moi un exemple du père respectueux, honnête, de la personne méticuleuse, je tiens à honorer l'homme que tu es. Grâce à toi papa j'ai appris le sens de la responsabilité, de l'optimisme et de la confiance en soi face aux difficultés de la vie. Je voudrais te remercier pour ton amour, ta générosité, ta compréhension.

**A mon cher frère Mohammed zineddin :** A tous les moments d'enfance passés avec toi mon frère, en gage de ma profonde estime pour l'aide que tu m'as apporté. Tu m'as soutenu, réconforté et encouragé.

**A mes frères Zizou et Mimou et mes soeurs Zinab et Khadidja :** Je vous dédie ce travail en témoignage de ma profonde affection et de mon attachement indéfectible. Que Dieu vous accorde santé, succès et félicité.

**A Hibet Arrahmane** que j'ai eu la chance de l'avoir autant qu'amie et sœur, sans elle je ne serais pas allé au bout de ce travail.

**A mes intimes Rayen, Khawla et Fatima Zahra** pour avoir toujours été là dans les bons, comme les mauvais moments.

Enfin, je ne peux terminer sans rendre un grand hommage à mon encadrante, Dr. Dib Dounia, pour sa patience et sa disponibilité et surtout ses conseils.

*Nadjet*

Je dédie ce travail,

à mon père, Monsieur Sifi Djamel



papa, merci, merci pour ta présence, ton amour et ton soutien.

Je te remercie d'avoir toujours

répondu présent pour moi. Que de sacrifices tu as dû consentir pour mes études, pour

ce que je sois celle que je suis aujourd'hui. Ce travail, papa, est le fruit de tes efforts de

ton soutien et de ton amour.

Peux-tu en être fier aussi modeste soit-il car c'est en

pensant à toi que je l'ai réalisé.

Reçois ici, l'expression de tout mon amour et de ma

profonde reconnaissance.

Je ne t'échangerai pour rien au monde papa.

Que Dieu te donne longue vie et une bonne

santé.

## REMERCIEMENT



*Nous tenons à remercier premièrement le Dieu tout puissant qui ne cesse de nous protéger, de nous avoir donné le courage et la santé pour terminer ce modeste travail.*

*La présentation de ce modeste travail nous offre l'occasion d'exprimer notre profonde gratitude à notre promotrice Mme Dib Dounia qui a bien voulu diriger ce travail pendant toute la durée de l'expérimentation et la mise en forme du document final. Ses nombreux conseils ne nous ont jamais fait défaut.*

*Nous tenons à remercier les membres du jury monsieur Larbaa Rabeih et madame Bensouici Karima pour leur présence, pour leur lecture attentive de ce mémoire, ainsi que pour les remarques qu'ils nous adresseront lors de cette soutenance afin d'améliorer notre travail.*

*La réalisation de ce modeste travail n'aurait jamais été possible sans l'implication de certaines personnes ressources à qui je tiens à exprimer mes sincères remerciements. Nous tenons à remercier particulièrement :*

- ♥ *Le directeur de laboratoire des analyses de l'agence algérienne des eaux de la wilaya de Khenchela Monsieur Hoggas, T.*
- ♥ *Benzaïm, A et toute l'équipe du laboratoire de L'ADE Khenchela pour nous avoir accueillies au sein du laboratoire et pour leur gentillesse.*
- ♥ *La directrice de laboratoire de l'Université Abbès Laghrour , Mme Chorfi, R et toute l'équipe du laboratoire pour leur soutien.*

*Nous remercions sincèrement tous les enseignants de département de l'Ecologie.*

*Nos familles et amis pour leur soutien moral,*

*Nous tenons à adresser nos remerciements à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail.*

## Résumé

L'objectif de ce travail est d'évaluer la qualité des eaux potables destinées à la consommation humaine de la wilaya de Khenchela caractérisée par un climat semi-aride. Pour cela, quatorze échantillons ont été prélevés et analysés au laboratoire pédagogique de l'université et le laboratoire de l'Algérienne des eaux.

Plusieurs paramètres physico-chimiques ont été quantifiés : T, pH, CE, Turbidité, Dureté, Alcalinité,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{PO}_4^{3-}$ .

Les résultats ont montré que l'eau distribuée de la wilaya est en général de bonne qualité. Néanmoins, les résultats de quelques échantillons dépassent la valeur indicative fixée par la norme Algérienne relative à la qualité de l'eau potable.

**Mots clés :** *Physico-chimiques, Norme Algérienne, Eau potable, Khenchela.*

## Abstract

The objective of this work is to assess the quality of drinking water for human consumption in the wilaya of Khenchela characterized by a semi-arid climate. For this, fourteen samples were taken and analyzed at the teaching laboratory of the university and the laboratory of the Algerian Water.

Several physico-chemical parameters were quantified: T, pH, EC, Turbidity, Hardness, Alkalinity,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{PO}_4^{3-}$ .

The results showed that the water distributed in the wilaya is generally of good quality. Nevertheless, the results of some samples exceed the indicative value set by the Algerian standard relating to the quality of drinking water.

**Key words:** *Physicochemical, Algerian standards, Drinking water, Khenchela.*

## ملخص

الهدف من هذا العمل هو تقييم جودة مياه الشرب المخصصة للاستهلاك البشري في ولاية خنشلة التي تتميز بمناخ شبه جاف. لهذا الغرض، تم أخذ أربعة عشر عينة وتحليلها في المختبر التعليمي بالجامعة ومختبر الجزائرية للمياه.

تم قياس العديد من المعلمات الفيزيائية والكيميائية: T، pH، العكارة، CE، الصلابة، القلوية،  $Ca^{2+}$ ،  $Mg^{2+}$ ،  $PO_4^{3-}$  و  $NH_4^+$ ،  $NO_2^-$ ،  $NO_3^-$ ،  $HCO_3^-$ ،  $SO_4^{2-}$ ،  $Cl^-$ ،  $Na^+$ .

أظهرت التحليلات الفيزيائية والكيميائية أن المياه الموزعة في الولاية ذات نوعية جيدة. ومع ذلك، فإن نتائج بعض العينات تتجاوز القيمة الإرشادية المحددة حسب المعايير القياسية الجزائرية فيما يتعلق بجودة مياه الشرب.

**الكلمات المفتاحية: الفيزيائية الكيميائية، المعايير الجزائرية، مياه الشرب، خنشلة.**

**Table Des Matières**

Dédicace.....

VII

Remerciements.....IV

Résumé.....V

Abstract.....V

ملخص.....VI

Liste des figures..... XI

Liste des tableaux..... XIII

Liste des abréviations..... XIV

Introduction Générale.....01

I. Synthèse Bibliographique.....04

Chapitre 1: Généralité.....05

1. Ressources en eau potable.....06

1.1. Les eaux de surface.....06

1.2. Les eaux souterraines.....06

2. Classification des eaux de consommation.....07

2.1. Eaux de robinet.....07

2.2. Eaux de source.....08

2.3. Eaux minérales.....08

3. Alimentation en eau potable de la wilaya de Khenchela.....08

3.1.Ressources hydrauliques.....08

3.1.1. Superficielles .....08

3.1.2. Souterraines.....09

3.1.3. Identification des systèmes aquifères.....09

3.1.4. Identification Des Nappes Aquifères.....10

3.1.4.1.Nappe superficielle.....10

3.1.4.2.Nappe profonde.....10

Chapitre 2: Les Paramètres de la qualité des eaux potables.....12

1. Méthodologie d'évaluation de la qualité des eaux du robinet.....13

1.1. Les propriétés organoleptiques.....13

1.2. Les paramètres physico-chimiques.....14

1.2.1. Température (T).....14

1.2.2. Conductivité électrique (CE).....14

1.2.3. Potentiel d'Hydrogène (pH).....15

1.2.4. Turbidité.....16

1.2.5. Alcalinité.....16

1.2.6. Dureté ou titre hydrotimétrique (TH).....16

1.3. Les ions : cations et anions.....17

1.3.1. Calcium (Ca<sup>2+</sup>).....17

1.3.2. Magnésium (Mg<sup>2+</sup>).....17

1.3.3. Sodium (Na<sup>+</sup>).....18

1.3.4. Potassium (K<sup>+</sup>).....18

1.3.5. Chlorure (Cl<sup>-</sup>).....18

1.3.6. Sulfates (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>).....19

1.3.7. Bicarbonates (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>).....19

1.4. Les éléments traces métalliques.....19

---

1.4.1. Fer.....	20
1.4.2. Manganèse.....	20
1.4.3. Aluminium.....	20
<b>1.5. Les indicateurs de pollution organique.....</b>	<b>21</b>
1.5.1. Les nitrates et les nitrites.....	21
1.5.2. Ammonium.....	21
1.5.3. Phosphore .....	21
<b>1.6. Autres éléments.....</b>	<b>22</b>
1.6.1. Bromures.....	22
1.6.2. Cyanure.....	22
1.6.3. Fluorure.....	23
<b>1.7. Paramètres microbiologiques.....</b>	<b>23</b>
1.7.1. Les coliformes.....	23
1.7.2. Les coliformes fécaux.....	24
1.7.3. Escherichia coli.....	24
1.7.4. Streptocoques.....	25
<b>1.8. Substances toxiques.....</b>	<b>25</b>
<b>2. Normes de potabilité des eaux.....</b>	<b>26</b>
2.1. Normes de potabilité physicochimiques.....	26
2.2. Normes de potabilité microbiologiques.....	29
<b>3. Aspect réglementaire.....</b>	<b>30</b>
<b>II. Etude Expérimentale.....</b>	<b>31</b>
<b>Chapitre 3: Présentation de la zone d'étude.....</b>	<b>32</b>
<b>1. Situation géographique de la zone d'étude.....</b>	<b>33</b>
1.1. Présentation administrative de la commune de kenchela.....	33
1.1.1. Cadre géographique .....	33
1.1.2. Cadre administratif .....	33
1.2. La population.....	33
1.2.1. Répartition de la population par dispersion.....	35
<b>2. Caractéristiques du milieu physique et naturel.....</b>	<b>36</b>
2.1. Contexte climatique.....	36
2.1.1. Précipitation.....	37
2.1.2. Température.....	38
2.1.3. Synthèse climatique .....	38
2.1.3.1. Diagramme ombrothermique de Gaussen de la région de kenchela .....	39
2.1.3.2. Climagramme d'Emberger de la région de kenchela.....	39
2.2. Relief.....	41
2.3. Aperçu Pédologique.....	41
2.4. Aperçu Géologique.....	44
2.5. Aperçu Hydrologique .....	46
2.5.1. Caractéristiques hydrologiques et réseau hydrographique.....	46
2.6. Points d'alimentation en eau potable de la wilaya de Kenchela.....	48
<b>Chapitre 4: Matériels et Méthodes.....</b>	<b>50</b>

<b>1. Choix des sites de prélèvement.....</b>	<b>51</b>
<b>2. Mode d'échantillonnage de l'eau.....</b>	<b>51</b>
2.1.Prélèvement des échantillons.....	51
2.2.Mise en forme et conservation des échantillons de l'eau en vue de leur analyse.....	52
<b>3. Analyse au laboratoire.....</b>	<b>52</b>
3.1.Préparation des réactifs utilisés .....	52
3.1.1. Chromate de potassium $K_2CrO_4$ .....	52
3.1.2. Méthylorange.....	53
3.1.3. Phénolphtaléine.....	54
3.1.4. Nitrate d'argent $AgNO_3$ .....	54
3.1.5. Acide chlorhydrique $HCl$ .....	54
3.1.6. Hydroxyde de sodium $NaOH$ .....	55
3.1.7. Solution EDTA.....	55
3.1.8. Réactif combiné.....	55
3.2. Méthodes Analytiques.....	55
3.2.1. Électro-chimie.....	56
3.2.2. Méthode Volumétrique (titrimétrique).....	57
3.2.2.1.Chlorure .....	57
3.2.2.2.Alcalinité.....	58
3.2.2.3.La dureté totale(TH).....	61
3.2.2.4.Calcium.....	61
3.2.2.5.Magnésium.....	62
3.2.3. Méthode Spectrophotométrique.....	63
3.2.3.1.Ortho-phosphates.....	63
3.2.3.2.Sulfates.....	64
3.2.3.3.Ammonium.....	66
3.2.3.4.Nitrates.....	67
3.2.3.5.Nitrites.....	68
3.2.4. Mesure par multi paramètre : Sodium .....	69
<b>III. Résultats et Discussion.....</b>	<b>70</b>
<b>Chapitre 5.....</b>	<b>71</b>
<b>1. Interprétation des résultats.....</b>	<b>72</b>
1.1.Paramètres physicochimiques .....	72
1.1.1. Potentiel hydrogène (pH).....	72
1.1.2. Température.....	73
1.1.3. La conductivité .....	74
1.1.4. La turbidité .....	74
1.1.5. La dureté totale .....	75
1.1.6. Titre alcalimétrique complet (TAC).....	76
1.2.Les ions : Cations et Anions.....	77
1.2.1. Calcium.....	77
1.2.2. Magnésium.....	77
1.2.3. Sodium.....	78
1.2.4. Chlorure .....	79
1.2.5. Sulfate.....	80
1.2.6. Bicarbonate.....	80
1.3.Les indicateurs de pollution.....	81
1.3.1. Les nitrates.....	81

1.3.2. Les Nitrites.....	82
1.3.3. Ammonium.....	82
1.3.4. Phosphore.....	83
<b>2. Evaluation de la qualité des eaux prélevées selon le Système d'évaluation de la qualité des eaux (SEQ).....</b>	<b>84</b>
<b>3. Faciès chimiques des eaux.....</b>	<b>84</b>
<b>4. Analyse statistique des données physico-chimiques.....</b>	<b>85</b>
4.1.Statistiques descriptives .....	85
4.2.L'analyse en composantes principales.....	86
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>89</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>94</b>
<b>Annexes.....</b>	<b>101</b>

## Liste des illustrations

### Liste des figures

Figure 1: La distribution de l'eau de la Terre.....	07
Figure 2: Les principales zones aquifères dans la wilaya de Khenchela.....	11
Figure 3: Exemple d'eau brune provenant d'un robinet d'eau domestique.....	13
Figure 4: La situation géographique de la commune de Khenchela.....	34
Figure 5: Courbe d'évaluation de la population (de 1971 à 2021).....	35
Figure 6: Précipitations mensuelles moyennes de la zone d'étude.....	37
Figure 7: Courbe d'évolution des températures mensuelles de la ville de Khenchela....	38
Figure 8: Diagramme Ombrothermique de Gausson de la région de Khenchela.....	39
Figure 9: Classification de l'étage bioclimatique de la région de Khenchela Climagramme d'Emberger.....	40
Figure 10: Carte de répartition des reliefs de la wilaya de Khenchela.....	43
Figure 11: Les classes des sols de la région de Khenchela de Durand. G. H, 1954.....	44
Figure 12: La géologie de la wilaya de Khenchela.....	45
Figure 13: Carte de réseau hydrographique de la wilaya de khenchela.....	48
Figure 14: Chromate de potassium $K_2CrO_4$ Préparé en solution.....	53
Figure 15: Méthylorange Préparé en solution.....	53
Figure 16: Phénolphtaléine Préparé en solution.....	54
Figure 17: Préparation de solution d'HCl .....	55
Figure 18: Différents modèles représentent le multiparamètre qui permet de mesurer la température et le pH.....	56
Figure 19: Conductimètre et Turbidimètre.....	57
Figure 20: La méthode de Mohr.....	58
Figure 21: Résultat du titrage des chlorures avec nitrate d'argent.....	59
Figure 22: Le résultat après l'ajout de phénolphtaléine au notre échantillon.....	60

Figure 23: Le résultat après l'ajout du méthylorange et le résultat du titrage avec HCl.....	60
Figure 24: Résultat après l'ajout du murexide et le résultat après le titrage avec EDTA.....	62
Figure 25: Résultat après l'ajout des réactifs et le résultat après le titrage avec EDTA.....	63
Figure 26: Détermination des teneurs en Ortho-phosphates.....	64
Figure 27: Détermination des teneurs en sulfates.....	66
Figure 28: Détermination des teneurs en Ammonium.....	67
Figure 29: Détermination des teneurs en Nitrate.....	68
Figure 30: Teneur en Nitrates affichée sur Spectrophotomètre.....	68
Figure 31: Teneur en Nitrites affichée sur Spectrophotomètre.....	69
Figure 32: Un multi paramètre qui permet de mesurer la teneur en sodium.....	69
Figure 33: Variation des valeurs de pH des eaux potables de la wilaya de Khenchela...	73
Figure 34: Variation des valeurs des températures des eaux potables de la wilaya de Khenchela.....	74
Figure 35 : Variation des valeurs de Conductivité des eaux potables de la wilaya de Khenchela.....	75
Figure 36 : Variation des valeurs de La turbidité des eaux potables de la wilaya de Khenchela.....	76
Figure 37: Variation des valeurs de la dureté totale des eaux potables de la wilaya de Khenchela.....	77
Figure 38 : Variation des valeurs de TAC des eaux potables de la wilaya de Khenchela.....	77
Figure 39 : Variation des teneurs en Calcium des eaux potables de la wilaya de Khenchela.....	78
Figure 40 : Variation des teneurs en magnésium des eaux potables de la wilaya de Khenchela.....	79
Figure 41 : Variation des teneurs en Sodium des eaux potables de la wilaya de Khenchela.....	80
Figure 42 : Variation des Chlorures des eaux potables de la wilaya de Khenchela.....	80

Figure 43: Variation des teneurs en Sulfates des eaux potables de la wilaya de Khenchela.....	81
Figure 44 : Variation des teneurs en Bicarbonate des eaux potables de la wilaya de Khenchela.....	82
Figure 45 : Variation des teneurs en Nitrates des eaux potables de la wilaya de Khenchela.....	83
Figure 46 : Variation des teneurs en Ammonium des eaux potables de la wilaya de Khenchela.....	84
Figure 47 : Variation des teneurs en Phosphore des eaux potables de la wilaya de Khenchela.....	84
Figure 48. Diagramme de Piper.....	86
Figure 49. Projection des individus et variables sur le plan I-II.....	89

### *Liste des tableaux*

Tableau 1: Rapport entre la conductivité et la minéralisation.....	14
Tableau 2: Paramètres physiques et organoleptiques d'évaluation de la qualité des eaux avec valeurs limites.....	26
Tableau 3: Paramètres chimiques d'évaluation avec valeurs limites.....	27
Tableau 4: Normes microbiologiques de potabilité de l'eau.....	29
Tableau 5: Type et caractéristiques des sols de la wilaya de Khenchela.....	42
Tableau 6: Caractéristiques géologiques de la wilaya de Khenchela.....	46
Tableau 7: Points d'alimentation en eau potable de la wilaya de Khenchela.....	49
Tableau 8: Les différents sites de prélèvement.....	51
Tableau 9: Les méthodes analytiques.....	56
Tableau 10 : Statistiques descriptives.....	87
Tableau 11 : Matrice de corrélation de n-pearson.....	88

### **Liste des abréviations**

**ISO** : Organisation internationale de normalisation

**Daïra (pluriel Daïrat)** : (Arrondissement) circonscription administrative regroupant une ou plusieurs communes.

**Wilaya (Pluriel Wilayat)** : (Département) circonscription administrative regroupant plusieurs Daïrat

**DSP** : Direction de la Santé et de la Population

**DPAT** : Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire (qui existe au niveau de chaque Wilaya et sous tutelle du Ministère des Finances).

**ONS**: Office National des Statistiques

**P moy** : Précipitation moyenne

**N.A** : Normes Algérienne

**O.M.S (W.H.O)** : Organisation mondiale de la santé ;

**U.E** : Union Européenne

**R**: Réservoir

**Logt**: logement

**pH**: potentiel Hydrogène

**RGPH**: Recensement Général de la Population et de l'Habitation

**DPSB**: Direction de la Programmation et du Suivi Budgétaires

**m<sup>3</sup>** : mètre cube

**hm<sup>3</sup>** : hectomètre cube

**CE** : Conductivité Electrique

**T** : Température

**NTU**: Néphelométric Turbidity Unit

**FTU**: Formazin Turbidity Unit

**H<sup>+</sup>** : ion hydrogène

**K<sup>+</sup>** : ion potassium

**Na<sup>+</sup>** : Ion sodium

**Ca<sup>2+</sup>** : ion calcium

**Cl<sup>-</sup>** : Ion chlorure

**Mg<sup>2+</sup>**: Ion Magnésium

**NO<sub>3</sub><sup>-</sup>**: Ion nitrate

**SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>**: Ion sulfate

**HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>** : Ion bicarbonate

**TAC** : Titre alcalimétrique Complet

**TH** : Titre hydrolimétrique

**K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>** : Chromate de potassium

**AgNO<sub>3</sub>** : Nitrate d'argent

**HCl** : Acide chlorhydrique

**ACP**: Analyse en Composantes Principales

**°C**: Degré Celsius

**EDTA**: Ethylène Diamine Tétra Acétate

**ETM**: Elément Trace Métallique

**Hab** : Habitat

**μS /cm** : Micro Siemens par centimètre.

**PDAU** : Plan directeur d'aménagement et d'urbanisme.

**SMH** : Station Météorologique d'El-Hamma

**ADE** : Algérienne des eaux

**ACL** : Agglomération Chef-Lieu

**AS** : Agglomérations Secondaires

*Introduction*  
*générale*

## *Introduction générale*

L'eau est un élément vital et indispensable à la vie, elle est considérée comme un facteur important pour chaque activité socioéconomique. Avec le développement de l'industrie et le changement climatique, une teneur d'aridité a touché le nord d'Algérie ce qui rend l'accès à cette ressource presque impossible en quelques zones du pays.

En raison d'évolution de la population, la demande en eau potable a augmenté ce qui l'accompagne la diminution des quantités des eaux destinées à l'alimentation humaine. Pour satisfaire les besoins des citoyens, cette eau doit être saine, claire et ne contient aucun risque sanitaire alors conforme aux normes mondiales.

Pour figurer le problème de la qualité et la quantité des eaux destinées à l'alimentation humaine on a choisi la wilaya de Khenchela comme zone d'étude car elle a témoigné une augmentation de population avec un taux annuel moyen d'accroissement de 1,7 % dès 1998, aussi notre wilaya a souffert de complications rencontrés lors de la distribution des eaux potables ces derniers mois.

### **Problématique :**

Ces données nous permettent de poser ces questions :

- Quelle est la qualité physicochimique des eaux destinées aux habitants de la wilaya de Khenchela?
- Quelles sont les sources d'eaux non conformes aux critères de potabilité physicochimiques dans la wilaya ?
- Quelles sont les risques sanitaires qui résultent de la dégradation des eaux potables ?
- Quels sont les procédures et les techniques pour éliminer ces risques ?

### **Objectif :**

L'objectif de ce travail est d'étudier la qualité physicochimique des eaux destinées aux habitants de la wilaya de Khenchela en engendrant les causes de dégradation de la qualité d'eau potable et les risques sanitaires qui résultent de ces derniers.

Pour réaliser cette étude, on a adopté une méthodologie qui consiste à devisé le travail en trois parties dont :

- La première partie : partie théorique représente une synthèse bibliographique formée de deux chapitres :
  - ❖ Chapitre 01 : Généralité, dans ce chapitre on a élaboré les ressources en eaux potables et la classification des eaux destinées à la consommation humaine puis on a donné une vision générale sur l'alimentation en eaux potables dans la wilaya de Khenchela selon les ressources superficielles et souterraines.
  - ❖ Chapitre 02 : Les Paramètres de la qualité des eaux potables, dans ce chapitre on a cité l'ensemble des paramètres physicochimiques et microbiologiques ensuite on a mentionné les normes de ces paramètres selon les normes d'OMS, Union Européen et normes Algériennes.
- La deuxième partie : Partie pratique formé de deux chapitres comme suit :
  - ❖ Chapitre 01 : Présentation de site d'étude, on a présenté un aperçu général sur la wilaya de Khenchela.
  - Chapitre 02 : Matériels et méthodes. Dans ce chapitre, on a fondé les matériels et les méthodes qu'on a déjà utilisées pour réaliser notre partie pratique. On a prélevé quatorze échantillons, l'analyse se fait au niveau de laboratoire pédagogique de l'université pour la méthode volumétrique et le laboratoire de l'Algérienne des eaux pour la méthode spectrophotométrique.
- La troisième partie : Résultats et Discussion.



## **I. Synthèse Bibliographique**

**Chapitre 01 : Généralité**

**Chapitre 02 : Paramètres de la qualité  
des eaux potables**



*Chapitre 01*  
***GÉNÉRALITÉ***

L'eau est essentielle pour la vie, cependant elle peut être aussi une source de maladie. D'après un rapport de l'Organisation Mondiale de la Santé cinq millions de nourrissons et d'enfants meurent chaque année de maladies diarrhéiques dues à la contamination des aliments ou de l'eau de boisson (Coulibaly, K., 2005).

En effet, la consommation d'une eau saine, claire et acceptable selon les normes mondiales de potabilité maintient d'assurer la prévention aux maladies à transmission hydrique (MTH), ce qui rend la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine une priorité pour toute population. L'eau potable provient de sources superficielles ou souterraines.

## **1. Ressources en eau potable**

Les différentes ressources en eau potable sont : les eaux de surfaces et les eaux souterraines.

### **1.1. Les eaux de surface**

Les eaux de surface (douce) sont les eaux qui coulent ou qui stagnent à la surface du sol (rivières, lacs, étangs, barrages, ...). Elles ont pour origine, soit des nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, soit les eaux de ruissellement. Leur composition chimique dépend de la nature des terrains rencontrés durant leur parcours (Zerki, N., 2013). Les ressources en eau douce sont essentielles pour l'homme qui les sollicite fortement, notamment dans le cadre de ses activités agricoles (Thiollet Scholts M., 2004).

Ces eaux sont le siège, dans la plupart des cas, d'un développement d'une vie microbienne à cause des déchets rejetés dedans et de l'importante surface de contact avec le milieu extérieur. C'est à cause de ça que ces eaux sont rarement potables sans aucun traitement (Bessioud, S., 2010).

### **1.2. Les eaux souterraines**

Les eaux souterraines sont les eaux de sous-sol qui constituent une provision d'eau potable inestimable pour l'humanité (Zerki, N., 2013). Aussi leur conservation et leur protection constituent-elles un objectif essentiel des services publics responsables des problèmes d'eau dans tous les pays (Margat J & Monition L., 1971).

Les principales caractéristiques des eaux souterraines sont : la turbidité qui est généralement faible, la température et la composition chimique qui sont constantes et elles sont plus minéralisées que les eaux de surfaces. La dureté des eaux souterraines est souvent élevée, leur indice de couleur est faible, et on y rencontre habituellement de l'H<sub>2</sub>S, Silice, Mn en solution, Fe bivalent, NO<sub>3</sub> et les solvants chlorés. L'oxygène dissout est presque inexistant. Les eaux souterraines en cours de circulation peuvent avoir de grandes variations de composition avec l'apparition de polluants et de divers contaminants. En outre, les eaux souterraines sont souvent très pures microbiologiquement, sauf dans le cas d'une arrivée d'une pollution accidentelle (Ghodbane, M., 2018).

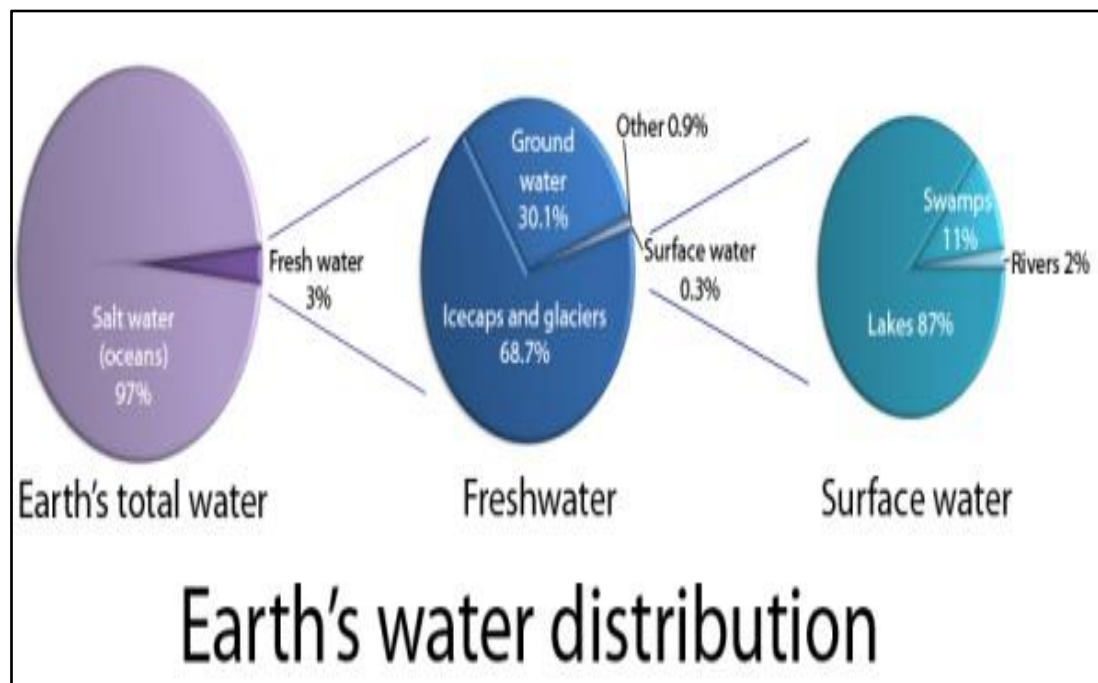


Figure 01. La distribution de l'eau de la Terre (Université de Waikato., 2009).

## 2. Classification des eaux de consommation

Les eaux de consommation sont divisées en 03 formes : eau de robinet, eau de source et eau minérale.

### 2.1. Eau de robinet

C'est une eau dont la composition et les qualités sont telles qu'elles ne puissent porter atteinte à la santé des consommateurs (Grosclaude., 1999).

La qualité d'eau de consommation est un facteur déterminant pour le bien être humain et son développement. Les agents pathogènes ou polluants transportés dans les

eaux de consommation ont déjà provoqué des sérieuses catastrophes sanitaires pour les personnes obligées d'utiliser pour leur consommation ou l'irrigation des eaux contaminées (Boulacheb,M&kaouache,F.,2017).

## **2.2. Eau de source**

Une eau bactériologique saine ayant pour origine une nappe ou un gisement souterrain et provenant d'une source exploitée par une ou plusieurs émergences naturelles ou forées (Delarras et Trebaol.,2008). On distingue trois types de sources notamment, les sources de diversement qui naissent sur les pentes ou les grandes hauteurs, les sources d'émergence (artésienne) qui sont alimenté par une couche inférieure de la nappe et les sources d'affleurement pour lesquelles l'approvisionnement se fait sur un fond imperméables dans la vallée (Bouziani.,2000).

## **2.3. Eau minérale**

L'eau minérale est une eau souterraine microbiologiquement saine, naturellement pure et qui a la particularité d'avoir une teneur en minéraux et oligoéléments fixe et constante dans le temps, contrairement aux eaux de sources qui elles ont une teneur variable. Elle est mise en bouteille directement de la source sans contact avec l'extérieur et sans risque de pollution. Elle ne subit donc aucun traitement chimique de désinfection (DIB,I & YADI,S.,2020).

# **3. Alimentation en eau potable de la wilaya de Khenchela**

## **3.1. Ressources hydrauliques**

### **3.1.1. Superficielles**

Le réseau hydrographique est dense au niveau de la Wilaya mais, rares sont les cours d'eau permanents (Boukhechem,R.,2010).

Selon Khldoune,L.,2015, Les ressources en eau superficielles, comportent notamment deux barrages qui sont actuellement en exploitation, totalisant une capacité globale de 44 hm<sup>3</sup> :

- Le barrage réservoir de Fom El Guiss d'une capacité initiale de 2 hm<sup>3</sup> mis en service en 1936 est envasé au 2/3 de sa capacité ;
- Le barrage de Babar d'une capacité de 42 hm<sup>3</sup>, mis en service en 1999 est destiné à l'agriculture.

### 3.1.2. Souterraines

Les eaux souterraines localisées dans la région de Khenchela sont mobilisées (ou mieux « réparties ») en trois nappes principales. Dans les hautes plaines du Nord et du Centre, elles sont exploitées à plus de 90% (par au moins 196 forages), contrairement à la zone Sud où les eaux souterraines restent peu exploitées (Khldoune,L.,2015).

Les ressources en eaux souterraines comportent 196 forages réalisés à travers la Wilaya, totalisant un débit théorique de 3 300 L/s, (ce qui doit faire environ 1 730 000 m<sup>3</sup> par an...) et 97 forages en service (Khldoune,L.,2015).

### 3.1.3. Identification des systèmes aquifères

Selon Boubelli,S.,2016, les systèmes aquifères dans la wilaya de Khenchela sont subdivisé en 03 systèmes principaux, expliqué ci-dessous :

#### a) Le Crétacé

- L'épaisseur de ces formations aquifères ne dépasse pas les 250 m et la lithologie diffère d'une zone à une autre.

#### b) Le Miocène

- formé essentiellement par des grés blancs grossiers, marnes biomicrites et biomicroparites.
- La variation de l'épaisseur de cette formation est comprise entre 100 et 200 m.

#### c) Le Quaternaire

Les différents faciès lithologique correspondent à :

- Eboulis à blocs alluvions récentes, terre arables et glacis polygéniques ;
- Croûte calcaire.

### 3.1.4. Identification Des Nappes Aquifères

Selon Boubelli,S.,2016, Dans notre région on a quatre nappes aquifères qui sont identifiées comme la suite :

### 3.1.4.1. Nappe superficielle

Il s'agit des nappes phréatiques dont la profondeur moyenne varie de 5 à 30m, et qui sont exploités essentiellement par des puits.

### 3.1.4.2. Nappe profonde

- Nappe des plaines d'effondrement:
  - Comblées par un remplissage d'alluvions importantes alimentées par des précipitations et des oueds qui les traversent.
  - Leurs profondeurs variant de 100 à 200 m et son d'âge Miopliocène. Comme on peut associer les nappes des calcaires fissurés du Turonien et Miocène dont la profondeur dépasse les 300 m.
- Nappe des calcaires fissurés:

L'épaisseur de certaines formations dépassent les 250 m et constituent les nappes des calcaires Maestrichtiens.

- Nappe des formations continentales:

Localisées essentiellement dans la région Sud de la wilaya, leur profondeurs variant de 200 à 600 m.

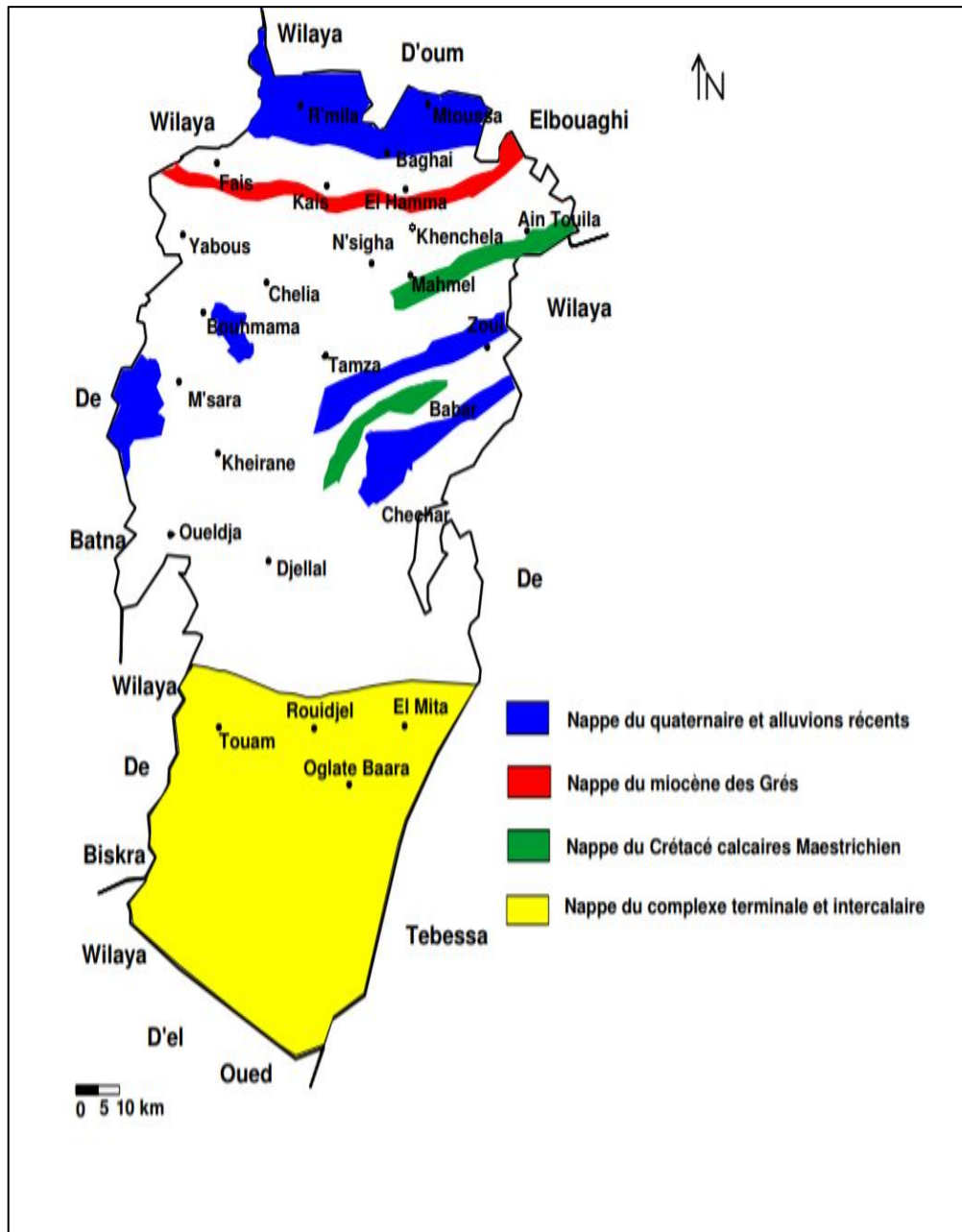


Figure 02 : les principales zones aquifères dans la wilaya de Khenchela (D.H.W.K) modifiée par Boubelli.S.,2009.

*Chapitre 02*

*Paramètres de la qualité*

*des eaux potables*

## 1. Méthodologie d'évaluation de la qualité des eaux de robinet

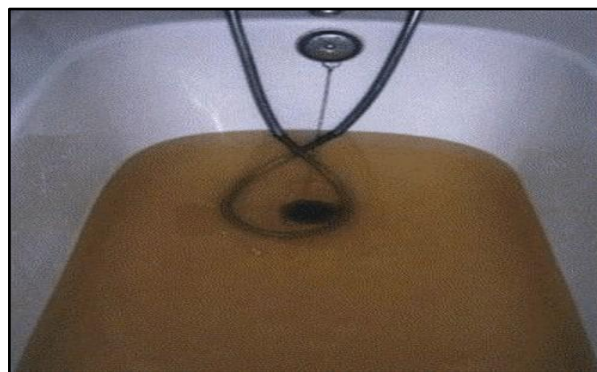
L'étude concerne tous les caractéristiques et les paramètres physiques, chimiques qui ont été prises en compte au cours de notre travail.

La qualité d'une eau de robinet est évaluée en mesurant différents types de paramètres, on les explique ci-dessous :

### 1.1. Les propriétés organoleptiques

Les propriétés organoleptiques de l'eau, caractérisées par sa couleur, son odeur et son goût, sont les premiers critères de jugement d'un consommateur vis-à-vis de sa qualité. Dans des conditions normales, ces caractéristiques de l'eau potable sont largement influencées par des concentrations variables des minéraux naturels présents dans l'eau et éventuellement par le chlore dû à la désinfection résiduelle à la sortie de l'usine de traitement. Ces propriétés peuvent être fortement dégradées par une activité biologique provenant d'une croissance bactérienne excessive engendrée par la stagnation de l'eau dans les réseaux d'eau des habitations. Cette stagnation engendre une accumulation de matières organiques particulières. Ce dépôt s'avère être un lieu idéal de croissance pour les bactéries puisque 1 à 12% de ces particules correspondent à de la biomasse bactérienne. Une fois remises en circulation, ces particules peuvent causer une coloration de l'eau (Figure 2) (Vreeburg&Boxall.,2007).

La corrosion, biologique ou non, peut aussi engendrer le relargage de particules métalliques et provoquer par exemple, une coloration rougeâtre dans le cas de canalisations en fer (Yoann,P.,2018).



**Figure 03. Exemple d'eau brune provenant d'un robinet d'eau domestique. [Photographie tirée de Vreeburg & Boxall 2007].**

## 1.2. Les paramètres physico-chimiques

Les paramètres physico-chimiques représentent les caractéristiques de l'eau liées à son origine (eau souterraine ou eau de surface). Ils ne remettent pas en cause la potabilité de l'eau mais vont influencer sur ses propriétés désaltérantes, son niveau de minéralisation, et donc son goût et éventuellement son odeur (Yoann,P.,2018).

Afin de surveiller la qualité de l'eau, les paramètres physico-chimiques doivent être testés régulièrement et comparés avec les normes citées par diverses organisations (Diab,W.,2016).

### 1.2.1. Température (T)

La température est un facteur écologique important pour les milieux aqueux. Elle est liée d'une part, aux variations saisonnières et journalières de la température ambiante et d'autre part, aux rejets des activités anthropiques (eaux de refroidissement) (Benkaddour,B., 2018).

La température de l'eau n'a pas d'incidence directe sur la santé de l'homme. Lorsqu'elle est élevée la température s'accompagne d'une modification de la densité, d'une réduction de la viscosité, d'une augmentation de la tension de vapeur saturante à la surface, d'une diminution de la solubilité des gaz (Chaden Moussa,H.,2014).

### 1.2.2. Conductivité électrique (CE)

La conductivité de l'eau est une mesure de sa capacité à conduire le courant électrique. La mesure de la conductivité permet d'apprécier rapidement mais très approximativement la minéralisation de l'eau et de suivre son évolution (Chaden Moussa,H.,2014). Le tableau 01 établit une relation entre le degré de la minéralisation et la conductivité selon la réglementation française

**Tableau 01.Rapport entre la conductivité et la minéralisation (Chaden Moussa,H.,2014).**

Conductivité	Minéralisation
0 -100 $\mu\text{S/cm}$	Minéralisation très faible
100 - 200 $\mu\text{S/cm}$	Minéralisation faible
200 - 333 $\mu\text{S/cm}$	Minéralisation moyenne accentuée

333 - 666 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisation accentuée
666 -1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisation importante
>1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisation élevée

Une eau faiblement minéralisée ( $\text{CE} < 180 \mu\text{S}/\text{cm}$ ) peut être corrosive pour les canalisations. En plus, une CE élevée signifie la présence des ions qui peuvent être dangereux (Diab W., 2016).

La conductivité de l'eau fournit une indication de la qualité et de la quantité de matières dissoutes dans l'eau, sa mesure dépend d'une large variété de substances ou de matières inorganiques solides dissoutes dans les solutions d'eau (sodium, chlorure, sulfates, calcium, bicarbonates, nitrates, phosphates, fer, et magnésium). Tous ces matériaux à certaines concentrations ont la capacité d'induire un courant électrique (Chaden Moussa,H., 2014).

Elle s'exprime généralement en  $\text{mS}/\text{cm}$ , et peut-être utilisée comme indicateur de pollution dans les études environnementales, pour montrer les apports importants en sels d'origine naturelle (bassin versant) et/ou anthropique (i.e. rejets des usines de dessalement et rejets industriels) (Benkaddour,B., 2018).

### 1.2.3. Potentiel d'Hydrogène (pH)

Le pH caractérise la concentration d'une eau ou d'une solution aqueuse en ions hydrogène ( $\text{H}^+$ ). Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14 (Obami Ondon H.,2020). Ce paramètre joue un rôle très important dans le développement de la vie aquatique. De plus, le pH influe sur le comportement de certains éléments comme les métaux dont il peut diminuer ou augmenter la mise en solution et donc la toxicité en rendant les métaux biodisponibles. Les valeurs de pH des eaux naturelles sont généralement comprises entre 6 et 8,5 (Benkaddour B.,2018).

Le traitement de l'eau de boisson peut modifier sensiblement la concentration de l'ion hydrogène, de plus lorsque le pH est supérieur à 8, il y a diminution progressive de l'efficacité de la décontamination microbienne par le chlore (Chaden Moussa H. 2014).

#### 1.2.4. Turbidité

C'est un paramètre indiquant la réduction de la limpidité de l'eau. Cela est dû à la présence des matières en suspension non dissoutes (MES) provenant de l'érosion et du lessivage des sols, ou des matières particulaires issues de la dégradation de la matière animale et végétale. Elle est exprimée généralement en NTU (Néphelométric Turbidity Unit) ou FTU (Formazin Turbidity Unit) (Benkaddour B.,2018). La valeur de la turbidité dépend de la forme, de la taille, de la composition et de la quantité des particules solides contenues dans l'eau. Ce paramètre est par ailleurs analysé mesuré en continu par les grands distributeurs d'eau pour l'optimisation du traitement (Beaudeau P.,2012).

#### 1.2.5. Alcalinité

L'alcalinité de l'eau est sa capacité de la mesure de sa basicité, c'est-à-dire, sa capacité à absorber des ions  $H^+$  libérés par un acide jusqu'à un point déterminé, cette caractéristique est reliée à la dureté de l'eau. L'alcalinité des eaux naturelles résulte de l'altération des minéraux des roches. Ainsi l'altération des feldspaths des granites libère les cations inactifs  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  alors que les anions (aluminates et silicates) sont des bases faibles et surtout sont incorporés dans des minéraux argileux. De même, les pyroxènes des basaltes libèrent le cation  $Mg^{2+}$  et l'anion silicate. La dissolution de la calcite des calcaires fournit l'ion  $Ca^{2+}$  inactif et l'ion carbonate  $CO_3^{2-}$  base faible ; elle augmente donc l'alcalinité. Par contre, la dissolution du gypse (sulfate de calcium hydraté), produisant les ions  $Ca^{2+}$  et  $SO_4^{2-}$  tous deux inactifs et de charges opposées, ne la modifie pas. L'alcalinité est mesurée par titrages avec un acide fort ( $HCl$ ,  $HNO_3$ ) (Obami Ondon H.,2020).

#### 1.2.6. Dureté (Titre hydrotimétrique (TH))

La dureté (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. Généralement, la dureté est surtout due aux ions calcium et magnésium auxquels s'ajoutent quelquefois les ions fer, aluminium, manganèse, strontium. Elle s'exprime en milliéquivalents de concentration en  $CaCO_3$ . Elle est aussi très souvent donnée en degrés français (Rodier J. 2009).

La dureté de l'eau est un indicateur du pouvoir de réaction de l'eau avec le savon : une eau dure exige une quantité considérable de savon pour produire de la mousse ; par

ailleurs, elle provoque aussi l'entartrage des canalisations d'eau chaude, des chaudières et des appareils managers (Hassane Saley, A.,2018).

### 1.3. Les ions : cations et anions

L'eau naturelle pure ne contient que des sels minéraux dissous et dissociés en cations et anions. Les ions présents dans l'eau sont divisés en deux catégories :

- Ceux présents naturellement dans l'eau à des concentrations bien définies (comme par exemple, le  $\text{Na}^+$ , le  $\text{Ca}^{2+}$ , etc.) ;

- Ceux provenant des activités humaines. Dans ce cas, nous distinguons les sels entraînés par l'eau ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , etc.) qui se solubilisent et s'ionisent en cations et anions et les sels provenant de la réaction du dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) sur les matériaux calcaires ou magnésiens et forment des sels tels que d'hydrogencarbonate de calcium ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ) ou de magnésium ( $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ) (Diab W.,2016).

Nous présentons ci-dessous les anions et les cations majeurs :

#### 1.3.1. Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ )

Le calcium est un métal alcalinoterreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates (Gbohaida V et al, 2016), c'est généralement l'élément dominant des eaux potables et sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés (terrain calcaire ou gypseux) (Obami Ondon H.,2020).

Des concentrations élevées en calcium peuvent causer des maladies intestinales et les calculs rénaux (Diab W.,2016).

#### 1.3.2. Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ )

La plupart des eaux naturelles contiennent généralement de petite quantité de magnésium, sa teneur dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrées. Il provient de l'attaque par l'acide carbonique des roches magnésiennes et de la mise en solution du magnésium sous forme de carbonates et bicarbonates. Élément à effets bénéfiques pour l'organisme, le déficit en magnésium se traduit par des manifestations cardiaques et des troubles neuromusculaires (Obami Ondon H.,2020), d'autre part, des concentrations élevées en magnésium peuvent causer des maladies cardiovasculaires, et une dureté élevée de l'eau (Diab W.,2016).

### 1.3.3. Sodium ( $\text{Na}^+$ )

Le sodium est un élément dit conservatif car une fois en solution, aucune réaction ne permet de l'extraire de l'eau souterraine. Les précipitations apportent une quantité de sodium minime dans l'eau souterraine, les teneurs anormalement élevées peuvent provenir du lessivage de sols, ou de la percolation à travers des terrains salés ou de l'infiltration d'eaux saumâtres (Obami Ondon H.,2020).

En général, les sels de sodium n'ont pas une toxicité aiguë. Cependant, des doses élevées de chlorure de sodium dans l'eau potable causent une hypertension et une augmentation de la rigidité musculaire (Diab W.,2016).

### 1.3.4. Potassium ( $\text{K}^+$ )

Le potassium est généralement l'élément majeur le moins abondant dans les eaux ; il ne prend qu'exceptionnellement le troisième rang des cations. Le potassium se rencontre sous forme de chlorures doubles dans de nombreux minerais tels que la corrollite et la sylvinite. On le trouve également dans les cendres des végétaux sous forme de carbonate. Le potassium est un élément indispensable à la vie et notamment à la croissance des végétaux. La teneur en potassium est presque constante dans les eaux naturelles. Celle-ci ne dépasse pas habituellement 10 à 15 mg/L (Association internationale des Hydrogéologues, 2014). Sa concentration dans les points d'eau contrôlés varie entre 1,0 mg/L et 2,6 mg/L (Obami Ondon H.,2020).

Durant le traitement des eaux, le permanganate de potassium est parfois utilisé en tant qu'oxydant ce qui entraîne la libération du potassium dans l'eau potable. Des teneurs élevées en potassium dans l'eau entraînent différents effets néfastes sur la santé de l'homme. Nous citons les nausées, la diarrhée, les vomissements, et les problèmes respiratoires et cardiaques (Diab W.,2016).

### 1.3.5. Chlorures ( $\text{Cl}^-$ )

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium ( $\text{NaCl}$ ) et de potassium ( $\text{KCl}$ ). L'origine peut être naturelle mais aussi anthropique :

- Percolation à travers des terrains salés ;
- Infiltration des eaux marines dans les nappes phréatiques et profondes ;
- Effet de l'activité humaine ;

- Industries extractives et dérivées (soudières, salines, mines potasse, industries pétrolières...).

Ainsi, ils sont souvent utilisés comme un indice de pollution. (Obami Ondon H.,2020).

Les chlorures peuvent également causer la corrosion des métaux. De plus, des doses élevées de chlorure de sodium dans l'eau potable causent une hypertension (Diab W.,2016)

### **1.3.6. Sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ )**

Dans des conditions naturelles, les sulfates, forme de soufre dissous la plus répandue dans les eaux naturelles, ont essentiellement deux origines : géochimique et atmosphérique. En raison de la solubilité élevée des sulfates, l'eau souterraine en conditions normales peut en contenir jusqu'à 1,5 g/L. L'oxydation des sulfures ainsi que la dégradation de la biomasse dans le sol constituent d'autres sources possibles. De nombreuses activités humaines et naturelles peuvent générer des apports de sulfates dans l'eau souterraine : application d'engrais sulfatés, précipitations chargées en dioxyde de soufre (Obami Ondon H.,2020).

Une haute teneur en sulfate (sulfate de cuivre par exemple) peut causer des troubles digestives (irritation gastro-intestinale, diarrhée), des toxicités hépatiques et rénales (Diab W.,2016).

### **1.3.7. Bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ )**

Une concentration trop élevée en bicarbonate dans l'eau est susceptible d'avoir une incidence négative mais réversible sur la potabilité de l'eau. Ces ions hydrogénocarbonates sont dosés pour connaître leur effet dans la canalisation et les risques de corrosion du réseau de distribution qu'ils peuvent provoquer. Les ions bicarbonates  $\text{HCO}_3^-$  constituent le tampon principal des systèmes d'eaux douces. Ils permettent le rétablissement des conditions initiales en cas de pollution par des déversements acides (Gaagai, A.,2017).

## **1.4. Les éléments traces métalliques**

La présence de certaines substances dites indésirables, tels que les ions métalliques, est tolérée dans les eaux potables. Certaines de ces substances peuvent être bénéfiques pour l'Homme d'un point de vue biologique. Il est cependant nécessaire

d'éviter une trop grande accumulation de ces substances qui peuvent s'avérer toxiques à de fortes concentrations (Yoann P.,2018).

#### **1.4.1. Fer**

Le fer se classe en 4<sup>ème</sup> rang des éléments de la croûte terrestre. Ce métal à l'état ferreux est assez soluble dans l'eau. Les besoins pour l'organisme humain se situent entre 2 et 3 mg/j mais 60 À 70% seulement de la quantité intégrée sont métabolisés (Rodier et al.,2005).

À des concentrations supérieures à 0,3 mg/l, le fer tache les appareils de lessive et plomberie. Il n'y a généralement pas de goût perceptible à des concentrations de fer inférieures à 0,3 mg/l, bien que turbidité et la couleur puissent se développer (WHO.,2022).

À une concentration de 2 mg/l dans l'eau potable, le fer ne présente aucun danger pour la santé des consommateurs. Au-dessous de ce seuil, le goût et la couleur de l'eau sont généralement affectés (WHO.,2011).

#### **1.4.2. Manganèse**

La présence de manganèse dans l'eau potable, comme le fer, peut entraîner l'accumulation de dépôts dans le système de distribution. Même à une concentration de 0,02 mg/l, le manganèse peut se déposer dans les tuyaux sous forme d'oxydes de manganèse, qui peuvent se détacher sous forme de précipité noir. En revanche, le manganèse(II) soluble est incolore et visuellement indétectable à des concentrations pouvant atteindre 506 mg/l (WHO.,2011).

Quand il est à faible concentration dans l'eau (0.1 mg/l), il ne présente pas de problème à la santé humaine mais peut provoquer un goût indésirable à l'eau et des taches sanitaires et la lessive. (WHO., 2006). Les concentrations les plus élevées de Mn dans l'eau potable sont habituellement rencontrées dans des contextes où la source de l'eau est souterraine, soit l'eau de puits (Kullar,S.,2018).

#### **1.4.3. Aluminium**

L'aluminium d'origine naturelle ainsi que les sels d'aluminium utilisés comme coagulants dans le traitement de l'eau potable sont les principales sources d'aluminium dans l'eau potable. La présence d'aluminium à des concentrations supérieures à 0,1-0,2 mg/l donne souvent lieu à des problèmes de qualité de l'eau (WHO.,2022).

## 1.5. Les indicateurs de pollution organique

### 1.5.1. Les nitrates et les nitrites ( $\text{NO}_3^-$ & $\text{NO}_2^-$ )

À cause de leur instabilité et de leur très grande hydrosolubilité dans l'environnement, la contamination des sources d'eau et des nappes souterraines par les nitrates devient beaucoup plus préoccupante. L'utilisation soutenue des fertilisants chimiques ou organiques dans la production agricole, les fosses septiques, les fumiers d'animaux et les effluents (municipaux et industriels) sont les principales sources de contamination de l'eau par les nitrates (Kullar,S.,2018).

Le nitrate ne constitue pas un danger direct pour la santé humaine, mais il se transforme dans l'organisme humain en nitrite qui présente un danger surtout pour les nourrissons. En effet, les nitrites réagissent avec l'hémoglobine normale pour former la méthémoglobine, affectant ainsi la capacité du sang à transporter suffisamment d'oxygène jusqu'aux cellules de l'organisme (Touahria,Kh., 2013).

### 1.5.2. Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ )

Le seuil de concentration olfactive de l'ammoniac à un pH alcalin est d'environ 1,5 mg/l, et un seuil de goût de 35 mg/l a été proposé pour le cation ammonium. A ces niveaux, l'ammoniac n'a pas d'incidence directe sur la santé, et aucune valeur guide basée sur la santé n'a été proposée. Cependant, l'ammoniac réagit avec le chlore pour réduire le chlore libre et former des chloramines. (WHO., 2022).Et c'est un élément qui peut permettre à certaine bactérie de proliférer dans le réseau de distribution (Degremont., 2005).

### 1.5.3. Phosphore ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

Le phosphore peut exister dans les eaux à l'état dissous ou en suspension (Rodier et al.,2009).

Le phosphore total dissous comprend le phosphore organique et le phosphore inorganique qui lui-même inclut les orthophosphates et les polyphosphates (Rodier et al.,2009).

Le phosphore est naturellement présent dans les eaux superficielles en faible quantité, il est déterminant pour la productivité des écosystèmes aquatiques. Les phosphates font partie des anions facilement fixés par le sol, leur présence naturelle dans l'eau est liée aux caractéristiques des terrains traversés et à la décomposition de la

matière organique. Des teneurs supérieures à 0.5 mg/l doivent constituer un indice de pollution (Gaagai,A.,2017).

Aux pH des eaux naturelles (entre 7 et 8) les orthophosphates sont sous formes  $H_2PO_4^-$  et  $HPO_4^{2-}$  principalement (Rodier et al.,2009).

## **1.6. Autres éléments**

### **1.6.1. Bromures**

Les bromures dans l'eau proviennent principalement de sources naturelles, bien que le bromure pénètre également dans l'environnement à partir d'émissions industrielles et d'utilisations anthropiques. Toutefois, lorsque les concentrations de baryum dans l'eau sont élevées, l'eau potable peut contribuer de manière significative à l'apport total (WHO.,2022).

Il n'existe aucune preuve que le bromure soit cancérigène ou génotoxique. Une hypertension aiguë a été observée dans des rapports de cas, mais les effets peuvent être secondaires à l'hypokaliémie. Il a été démontré que le bromure provoque une néphropathie chez les animaux de laboratoire, ce qui a été choisi comme critère d'évaluation toxicologique pour la présente directive (WHO.,2022).

### **1.6.2. Cyanure**

Les cyanures peuvent être trouvés dans certains aliments, en particulier dans certains pays en voie de développement, et ils sont occasionnellement présents dans l'eau de boisson, mais généralement à des concentrations très faibles. Cependant, il arrive que de grands déversements de cyanure, associés à l'industrie, se produisent, et ils peuvent donner lieu à des concentrations très élevées dans les sources d'eau potable, en particulier les eaux de surface (WHO.,2022).

Il convient de noter que le seuil olfactif le plus bas signalé pour le cyanure dans l'eau potable est de 0,17 mg/l, ce qui est inférieur à la valeur sanitaire à court terme. Il est donc possible qu'un petit nombre d'individus détectent le cyanure par l'odeur à des concentrations inférieures à la valeur sanitaire (WHO.,2022).

La valeur sanitaire concerne la concentration totale de cyanure au robinet, y compris le cyanure provenant du chlorure de cyanogène présent dans l'eau potable en tant que sous-produit de la désinfection au chlore (WHO.,2022).

### 1.6.3. Fluorure

Le fluor est un élément commun largement répandu dans la croûte terrestre et existe sous forme de fluorures dans un certain nombre de minéraux, tels que le spath fluor, la cryolite et la fluorapatite. Des traces de fluorures sont présentes dans de nombreuses eaux, les concentrations les plus élevées étant souvent associées aux eaux souterraines (WHO.,2022).

Dans certains pays, le fluorure peut également être ajouté au sel de table ou à l'eau potable afin de fournir une protection contre les caries dentaires. Les quantités ajoutées à l'eau potable sont telles que les concentrations finales sont généralement comprises entre 0,5 et 1 mg/l. Le fluorure dans l'eau finale est toujours présent sous forme d'ions fluorure, qu'il provienne de sources naturelles ou d'une fluoration artificielle (WHO.,2022).

## 1.7. Paramètres microbiologiques

Les paramètres microbiologiques se concentrent sur la numération de la flore hétérotrophe totale et sur la recherche d'indicateurs fécaux. La flore hétérotrophe totale correspond aux germes non pathogènes capables de se développer en culture sur milieu gélosé. Elle représente la teneur moyenne en bactéries d'une eau et elle ne doit pas fluctuer de plus d'un s par rapport à la moyenne, au cours du temps. Les indicateurs fécaux sont des bactéries qui, lorsqu'elles sont présentes, indiquent une contamination fécale ou une inefficacité du traitement. Leur détection est considérée comme le signe de la présence de pathogènes. La détection de ces derniers se fait donc de façon indirecte. Les indicateurs fécaux doivent être totalement absents lors de leur recherche via des méthodes de culture (Yoann P.,2018).

### 1.7.1. Coliformes

Sous le terme de coliformes est regroupé un certain nombre d'espèces bactériennes Gram – appartenant en fait à la famille des Entérobacteriaceae et dont la caractéristique classique est la fermentation du lactose. Le groupe des coliformes pris dans son ensemble ne présente pas une bonne spécificité ; ce sont des bactéries que l'on trouve dans l'intestin, mais qu'on peut rencontrer aussi dans d'autres environnements (Chaden Moussa H.,2014).

Selon la définition adoptée par l'Organisation Internationale de Standardisation (ISO), le terme coliforme désigne des organismes en bâtonnets, non sporogènes, Gram négatifs, oxydase négatifs, facultativement anaérobies, capables de croître en présence de sels biliaires ou d'autres agents de 22 surface possédant des activités inhibitrices de croissance similaires, et capables de fermenter le lactose (et le mannitol) avec production d'acide et d'aldéhyde en 48 heures, à des températures de 35 à 37 °C. Le dénombrement de ces organismes à 35-37 °C est souvent désigné sous l'expression de dénombrement des coliformes totaux (Rodier et al., 2009). La présence des coliformes totaux dans une eau ne témoigne pas exclusivement une contamination fécale. Les progrès scientifiques ont montré qu'ils ne sont pas forcément retrouvés au niveau de l'intestin de l'homme ou des animaux homéothermes. Ils peuvent aussi se retrouver dans l'environnement. Leur détermination dans l'eau potable est indicatrice d'une détérioration de la qualité, car ils constituent non seulement une présomption de la présence des matières fécales d'origine humaine ou animale mais aussi une présomption de la présence des germes de micro-organismes pathogènes (Orelien F.,2016-2017).

### **1.7.2. Coliformes fécaux**

Appelés aussi coliformes thermo-tolérants, les coliformes fécaux correspondent aux coliformes qui présentent les mêmes propriétés après incubation à la température de 44 °C (Rodier et al.,2009).

Ils sont des bio-indicateurs de contamination fécale au même titre que les streptocoques fécaux et les Clostridium sulfito-réducteurs (Orelien F.,2016-2017).

### **1.7.3. Escherichia coli**

La bactérie Escherichia coli est un microorganisme naturellement présent dans le tractus digestif humain. Cependant, un certain nombre de souches sont pathogènes pour l'homme et causent des symptômes diarrhéiques plus ou moins importants selon leur virulence. Sur la base de ces symptômes, les souches pathogènes d'E. coli sont classées en 6 groupes : les E. coli entérotoxigéniques (ETEC), les E. coli entéroinvasives (EIEC), les E. coli entérotoxigènes (EPEC), les E. coli entéroaggrégatives (EAEC), les E. coli entérohémorragiques (EHEC) et les E. coli adhérant de manière diffuse (DAEC). Ces souches entraînent des maladies diarrhéiques potentiellement sanguinolentes et des infections urinaires (Yoann P.,2018).

Sa présence est l'indicateur le plus précis de la contamination par les matières fécales qui contiennent des micro-organismes pathogènes, comme des bactéries, des virus ou des parasites (Orelien F.,2016-2017).

#### **1.7.4. Streptocoques**

Les streptocoques Dans la famille des Streptococcaceae bactéries Gram + aérobies-anaérobies facultatifs, les streptocoques se distinguent par leur forme coccoïde, leur mode de groupement en paires ou en chaînettes et leur caractère homofermentaire. Dans ce groupe, les streptocoques fécaux se caractérisent par leur appartenance au groupe sérologique D de LANCEFIELD et par le fait que leur habitat normal étant le tube digestif des animaux à sang chaud (Chaden Moussa H.,2014).

### **1.8. Substances toxiques**

La présence de substances toxiques (métaux lourds, hydrocarbures polycycliques, pesticides et leurs dérivés, ...) est plus finement contrôlée que celle des substances indésirables. En effet, même à de très faibles concentrations, leurs impacts sur la santé peuvent être dramatiques. Par exemple, une exposition au plomb, même à des concentrations très faibles, entraîne une dégradation de la santé (Yoann P.,2018).

Les métaux sont des éléments, naturellement présents à faibles teneurs (quelques traces, moins de 0.1%) dans les sols, les roches, les gisements minéraux, les eaux de surface et les organismes vivants, ils sont considérés parmi les polluants toxiques prioritaires qu'on peut trouver dans l'eau superficielle et souterraine. Alors, la pollution due à la présence des métaux provient de différentes sources : l'activité minière, l'industrie métallurgique et sidérurgique ainsi que des engrais et des pesticides utilisés en agriculture. Certains de ces métaux comme le fer (Fe), le zinc (Zn), le cuivre (Cu) et le magnésium(Mg), sont indispensables pour l'homme, à des doses bien définies. D'autres métaux dissous peuvent causer des problèmes de santé graves, particulièrement les métaux lourds (ayant une densité  $> 5\text{g/cm}^3$ ). De ces derniers, certains sont très toxiques mais rares comme le baryum (Ba), tandis que, d'autres sont très toxiques mais disponibles comme le plomb (Pb) et le mercure (Hg) et peuvent causer des maladies neuro-dégénératives. Par conséquent, vu la toxicité de la majorité des métaux, il est important de surveiller la concentration des métaux dans l'eau, mais aussi dans les sédiments. En effet, l'eau est courante, ce qui rend sa composition instable et par suite, y aboutit à une inexacte analyse des métaux (Diab W.,2016).

## 2. Normes de potabilité des eaux

Les objectifs sanitaires, notamment les valeurs guides numériques et d'autres objectifs décrits dans « Guidelines for drinking-water quality » ne doivent pas être interprétés comme des limites ayant une valeur contraignante, mais comme des points de départ fondés sur des données scientifiques pour la définition de normes nationales ou régionales quantitatives relatives à la qualité de l'eau de boisson. Il n'existe pas de stratégie unique universellement applicable. La nature et la forme des normes s'appliquant à l'eau de boisson peuvent donc varier d'un pays ou d'une région à l'autre (WHO.,2017).

Les réglementations relatives à la qualité de l'eau de boisson devraient avoir pour but de garantir aux consommateurs un accès à une eau de boisson saine, de manière durable et en quantité suffisante (WHO.,2017).

### 2.1. Normes de potabilité physicochimiques

On peut saisir les tableaux ci-dessous en donnant les normes Algériennes finales, les normes de l'OMS et normes de l'Union Européen.

**Tableau 02. Paramètres physiques et organoleptiques d'évaluation de la qualité des eaux avec valeurs limites.**

Groupes de paramètres	Paramètres	Normes de l'OMS	Normes de l'Union Européen	Normes Algériennes
Paramètres physiques	Ph	$\geq 6.5$ et $\leq 9.5$	$\geq 6.5$ et $\leq 9.5$	$\geq 6.5$ et $\leq 9.5$
	Température	Acceptable	25°C	25°C
	Conductivité	/	2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 20°C	2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 20°C
	Turbidité	5 NTU	Acceptable pour les consommateurs Et pas de changement anormal	5 NTU

<b>Paramètres organoleptiques</b>	Couleur	/	Acceptable pour les consommateurs Sans couleurs anormales	15 mg/l platine
	Goût	Acceptable	Acceptable pour les consommateurs Sans goûts anormales	4 taux dilution
	Odeur	Acceptable	Acceptable pour les consommateurs Sans odeurs anormales	4 taux dilution

(O.M.S., 2006 & J.O.U.E., 2020 & J.O.R.A., 2011)

**Tableau 03. Paramètres chimiques d'évaluation avec valeurs limites.**

Groupe de paramètres	paramètres	Normes OMS	Normes Union Européen	Normes Algérienne
<b>Minéralisation Globale</b>	Calcium (Ca <sup>2+</sup> )	100 mg/l	/	200 mg/l
	Chlorure (Cl <sup>-</sup> )	250 mg/l	250mg/l	500 mg/l
	Magnésium (Mg <sup>2+</sup> )	50mg/l	/	/
	Dureté mg/lCaCO <sub>3</sub>	200 ppm	/	200 mg/l
	Sodium (Na <sup>+</sup> )	20 mg/l	200 mg/l	200 mg/l
	Potassium (K <sup>+</sup> )	12 mg/l	/	12mg/l

	Sulfates (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	500 mg/l	250 mg/l	400 mg/l
<b>Eléments Traces Métalliques(ETM)</b>	Fer	/	0,2 mg/l	0,3 mg/l
	Manganèse	0,4 mg/l	0,5mg/l	0,05 mg/l
	Aluminium	0,2mg/l	0,2mg/l	0,2mg/l
<b>Indicateurs de pollution Organique</b>	Nitrate (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	50 et 3 mg/l (exposition à court terme).	50 mg/l	50mg/l
	Nitrite (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	0.2 mg/l (exposition à long terme)	0.50 mg/l	0,2mg/l
	Ammonium (Al)	0.5 mg/l	0,50 mg/l	0.5 mg/l
<b>Autres éléments</b>	Cyanure (CN <sup>-</sup> )	0,07 mg/l	0.05 mg/l	0,07 mg/l
	Fluorure (F <sup>-</sup> )	1,5 mg/l	1,5 mg/l	1,5 µg/l
<b>Eléments toxiques</b>	Zinc(Zn)	3 mg/l	5mg/l	5mg/l
	Cuivre (Cu <sup>2+</sup> )	2 mg/l	2 mg/l	2 mg/l
	Plomb(Pb)	0,01 mg/l	0,01 mg/l	0,01 mg/l
	Mercure(Hg)	0,006 mg/l	0.001 mg/l	0,006 mg/l

(O.M.S., 2006 &amp; J.O.U.E., 2020 &amp; J.O.R.A., 2011)

## 2.2. Normes de potabilité microbiologique

La contamination microbiologique des eaux peut causer des maladies graves en particulier dans les pays en voie de développement : méningites, infections hépatiques, typhoïdes, choléra, troubles respiratoires, dysenterie... Pour analyser la qualité microbiologique de l'eau on utilise des « micro-organismes indicateurs » de la contamination fécale, généralement non pathogènes, mais indiquant la présence de pathogènes issus des matières fécales (F. Le Duc & D. Vaurette).

Comme il est techniquement impossible de faire l'analyse de tous les pathogènes, on utilise plutôt des indicateurs microbiologiques qui sont en soi sans danger : les bactéries E. coli, les bactéries entérocoques et les bactéries coliformes totales (F. Le Duc & D. Vaurette).

Le tableau ci-dessous représente les normes Algériennes, OMS et les normes de l'Union Européenne de potabilité des eaux de consommation humaines.

**Tableau 04. Normes microbiologiques de potabilité de l'eau**

	<b>Paramètre</b>	<b>Valeurs Limites</b>
<b>Selon les normes O.M.S</b>	Coliformes totaux	0 nb/100ml
	Coliformes fécaux	0 nb/100ml
	Streptocoques fécaux	0 nb/100ml
	Clostridium sulfito-réducteurs	0 nb/100ml
	Staphylocoques pathogènes	0 nb/100ml
	Spoires des bactéries	0 nb/20ml
<b>Selon les normes U.E</b>	Escherichia coli (E. coli)	0 nb/250 ml
	Enterococci	0 nb/250 ml
	Pseudomonas aeruginosa	0 nb/250 ml
	Nombre de colonies à 22°C	100 nb /ml
	Nombre de colonies à 37°C	20 nb/ml

<b>Selon les normes Algériennes</b>	Escherichia Coli	00 n/100ml
	Coliformes totaux	10 n/100ml
	Entérocoques	00 n/100ml
	Bactéries sulfitoréductices y compris les spores	00 n/20ml
	Streptocoques fécaux	00 n/100ml

(J.O.R.A.,2011 & J.O.U.E.,1998 & J.O.U.E., 2020., OMS., 2006 in (Larbi et Mekkaoui.,2011))

### 3. Aspect réglementaire

Selon Khebbaz, Z & Ghribi,D (2021), on peut donner quelques décrets exécutifs concernant la qualité de l'eau de boisson comme suit:

- Décret exécutif n° 09-414 du 15 décembre 2009 fixant la nature, la périodicité et les méthodes d'analyse de l'eau de consommation humaine (JO n°75 du 20 Décembre 2009 P10).
- Décret exécutif n° 08-148 du 21 Mai 2008 fixant les modalités d'octroi de l'autorisation de l'utilisation des ressources en eau (JO n°26 du 25 Mai 2008, P7).
- Décret exécutif n° 10-26 du 12 janvier 2010 fixant les méthodes et les produits chimiques utilisés pour le traitement et la correction des eaux de consommation humaine (JO n° 04 du 17 Janvier 2010).
- Décret exécutif n° 11-125 du 17 22 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine (JO N°18 du 23 Mars 2011, P6).



## **II. Etude expérimentale**

**Chapitre 03 : Présentation de site  
d'étude**

**Chapitre 04 : Matériel et Méthodes**



*Chapitre 03*  
*Présentation de site*  
*d'étude*

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

### 1.1. Présentation administrative de la commune de khenchela

#### 1.1.1. Cadre géographique

Selon la DPSB.,2022, la wilaya est Située à l'Est du pays, au Sud Est du Constantinois; et au contrefort du mont des Aurès ; la wilaya de Khenchela, s'étend sur une superficie de 9.715 Km<sup>2</sup>, et d'une population de : 508.140 Habitant. Elle est composée de 21 communes et 08 daïra ; et confine avec les wilaya de :

- Oum El Bouaghi au Nord
- El Oued au Sud
- Tebessa à l'Est
- Batna à l'Ouest
- Biskra au Sud Ouest

De par , sa position géographique ;la wilaya de Khenchela qui non seulement est limitée ; par cinq (05) Wilayate ; dont les liens demeurent très étroits dans tous les domaines de l'activité économique et sociale ; elle constitue également ; un trait d'union ; non moins appréciable entre le Nord/ Est et le Sud du pays (DPSB Khenchela., 2021).

Elle se trouve ainsi, située aux portes des grandes villes du sud ; et non éloignée des villes métropoles du nord (DPSB Khenchela., 2021).

#### 1.1.2. Cadre administratif :

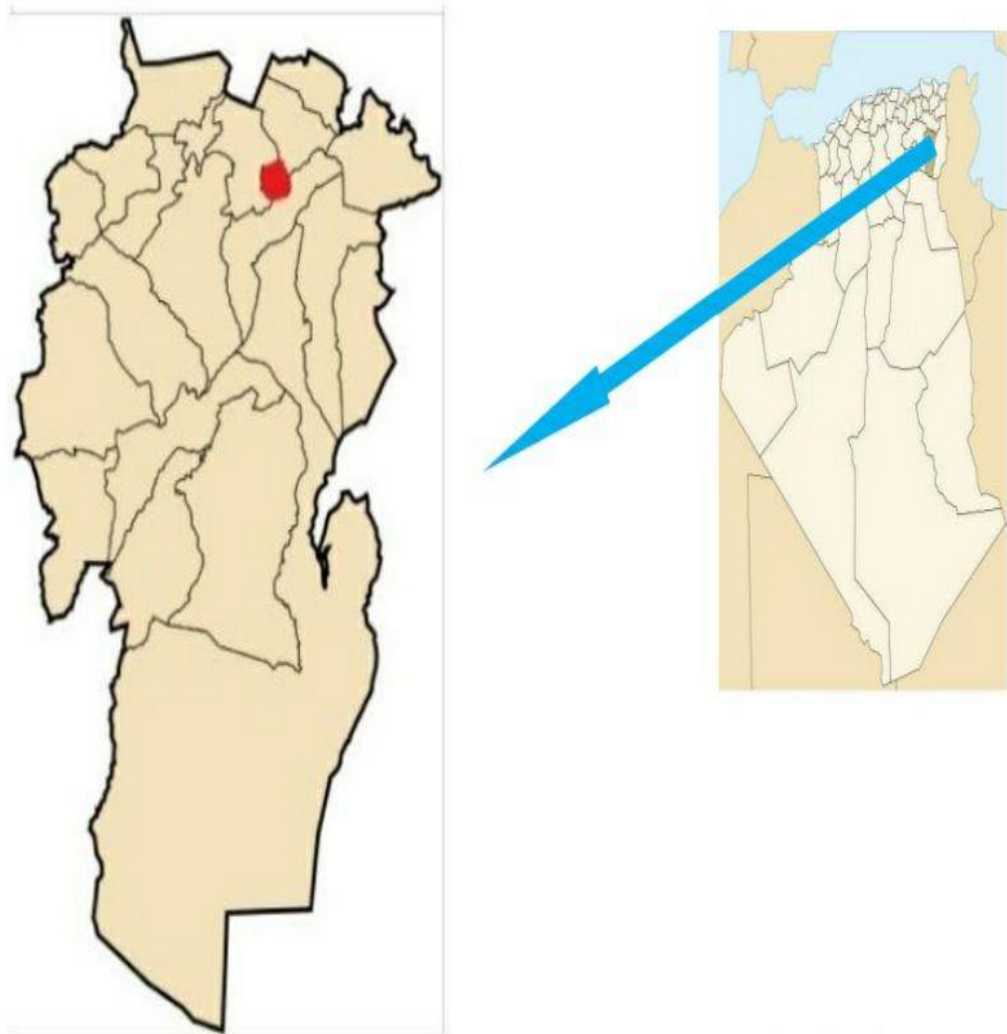
La Wilaya de Khenchela est issue de la refonte territoriale de 1984. Elle était rattachée entre 1977 et 1984 à trois Wilayate différentes :

- Oum El Bouaghi pour l'EX Daïra de Khenchela
- Tebessa pour la Daïra de Chechar
- Batna pour la Daïra de Kais.

Actuellement le territoire de la wilaya est composé de 21 communes regroupées en huit (08) Daïrate (dont 05 Daïrate créées en 1990) (DPSB Khenchela., 2021).

### 1.2. La population

Au recensement de 1998 ; la Wilaya de Khenchela comptait une population de 327.920 habitants Celle-ci , est passée au RGPH de 2008 à 386.683 habitants .

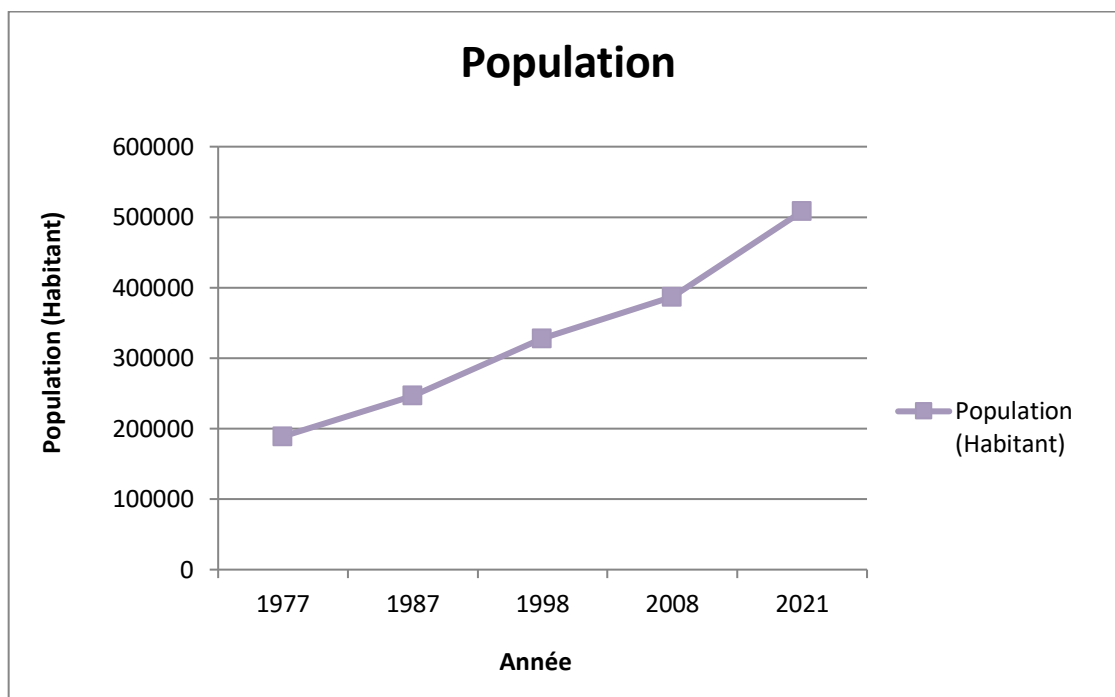


**Figure 04. La situation géographique de la commune de Khenchela(P.D.A.U, 2006).**

Il ressort ainsi , un taux annuel moyen d'accroissement de 1,7 % , taux égal à la moyenne nationale qui est de 1,6 %.

A travers le territoire, la population est inégalement répartie, elle distingue par une concentration de la population au Nord de la Wilaya où le chef lieu de Wilaya abrite plus du 1/3 de la population totale, un quasi dépeuplement de la partie Sud et une armature urbaine déséquilibrée. Ce déséquilibre de l'armature urbaine se marque aussi par l'absence ou la rareté des villes moyennes, ainsi que par l'implantation des infrastructures au niveau des principaux centres urbains et la distribution des équipements, concentrés pour l'essentiel au niveau du CLW et Kais et plus

généralement le long d'urbanisation Kais –mahmel – Zoui (RGPH&DPSB Khenchela., 2021).



**Figure 05 : Courbe d'évolution de la population (de 1971 à 2021).**

### 1.2.1. Répartition de la population par dispersion: à fin 2021:

La Wilaya de Khenchela ; couvrant une superficie de 9.715 Km<sup>2</sup> ; présente une densité moyenne , de 52 Hab/Km<sup>2</sup>.

La population agglomérée , représentant 79%, de la population totale ; se trouve concentrée à 29% au chef lieu de Wilaya . Elle constitue ainsi , près du tiers de la population de la Wilaya.

Aussi, sur une population estimée à, 508.140 habitants ; on enregistre :

- 381.951 habitants dans les chefs-lieux des communes soit, 75 % de la population totale ;
- 21.365 habitants dans les agglomérations secondaires soit 04%, de la population totale ;
- 104.824 Habitants en zones éparses ; soit 21% de la population totale.

Cette répartition inégale ; diffère fortement du niveau national, ou on enregistre :

- La population ACL : 71 %
- La population AS : 16 %

- La population Zone éparses : 13 %

Du point de vue, densité de populations ; le Chef-lieu de Wilaya ; accuse une densité moyenne de 4.592 Hab/Km<sup>2</sup> ; alors que les Communes de :Babar, Msara, djellal et Ouldja ; présentent des densités moyennes entre 09 et 11 Hab/Km<sup>2</sup>.

Pour les autres Communes ; cette densité , varie entre 19 et 135 personnes au Km<sup>2</sup> , hormis la commune de Kais dont la densité au Km<sup>2</sup> est de 811 Habitants.

A noter que la commune de Babar avec une superficie de 3.935 Km<sup>2</sup> couvre à elle seule , 40,5% du territoire de la Wilaya (DPSB Khenchela., 2021).

## **2. Caractéristiques du milieu physique et naturel**

Selon Khebthane,A.,2015, La région de Khenchela se distingue par ses milieux physiques et naturels très diversifiés et à facettes multiples, comportant :

- des paysages telliens (zones de haute montagne, bien arrosées et bien boisées à paysages verdoyants), les Monts des Aurès occupant la partie ouest de la wilaya ;
- des paysages de hautes plaines (hautes plaines céréalières semi-arides) pour la partie Nord de la wilaya;
- des paysages steppiques et sahariens composés : de monts totalement dénudés et érodés (monts des Némemchas à l'Est), et d'oasis (Siar, Khirane et El Ouldja) et enfin de basses plaines comme El Meita à Ouazerne.

### **2.1. Contexte climatique**

La Région caractérisée par un climat semi-aride avec un été chaud et sec et l'hiver pluvieux froid et humide se caractérise également par une gamme thermique large, et une variation pluviale d'une année à l'autre (Aouidane,L.,2017).

La détermination du climat se fait par l'étude de deux facteurs importants :

Les précipitations et la température, ce qui nous permet ensuite de réaliser le diagramme ombrothermique de Gaussen et le Climagramme d'Emberger pour renforcer notre étude Climatique.

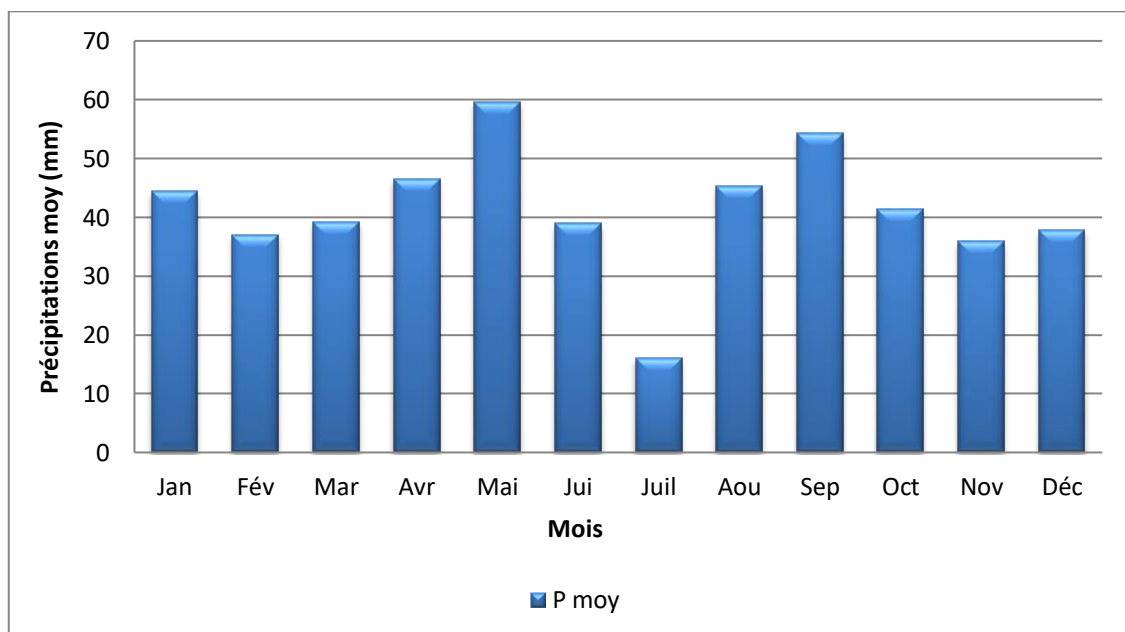
### 2.1.1. Précipitation

La pluviosité est définie comme étant le facteur primordial qui permet de déterminer le type de climat ; Elle conditionne le maintien et la répartition du tapis végétal, et la dégradation du milieu naturel par le phénomène d'érosion d'une part, elle a un rôle social et économique d'autre part (Boumaiza,I.,2012).

La pluviométrie annuelle moyenne dans la zone d'étude (1994-2018) est environ 496,1 mm.

Selon les données de SMH on constate que :

- ❖ Il y a deux périodes :
  - Période de pluies qui est de septembre jusqu'à Mai.
  - Période de sécheresse qui est de Juin jusqu'à Août.
- ❖ Le mois le plus pluvieux c'est le mois de Mai avec une pluviométrie de 59,5mm.
- ❖ Le mois le moins pluvieux est le mois de Juillet avec une pluviométrie de 16mm.



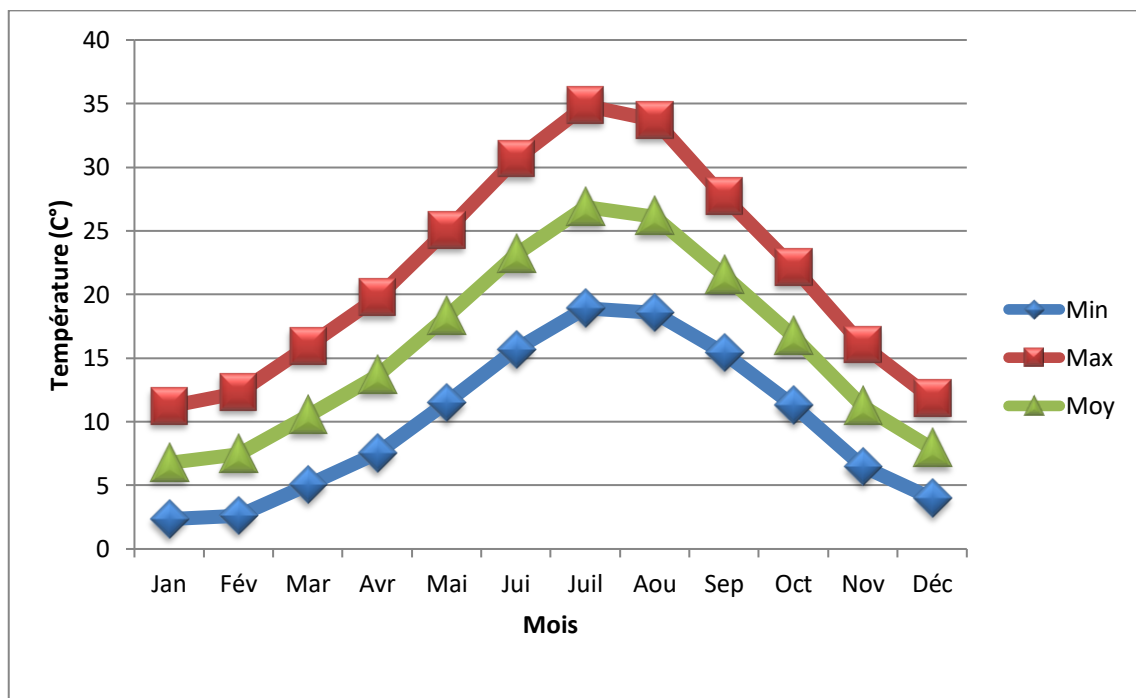
**Figure 06: Précipitations mensuelles moyennes de la zone d'étude pendant la période (1994-2018).**

### 2.1.2. Température

La température représente un facteur limitant de toute première importance car, elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (Boumaiza,I.,2012).

D'après les données de la station météorologique d'El-Hamma, On constate :

- ❖ Les plus basses température sont enregistrées en : Janvier, Février, Décembre. Ces températures étaient respectivement :  $6.77^{\circ}\text{C}$ ,  $7.45^{\circ}\text{C}$  et  $7.9^{\circ}\text{C}$ .
- ❖ Les plus élevées températures sont enregistrées en : Juin, Juillet et Août. Ces températures étaient respectivement :  $23.15^{\circ}\text{C}$ ,  $26.87^{\circ}\text{C}$  et  $26.12^{\circ}\text{C}$ .
- ❖ Le mois le plus froid c'est le mois de Janvier avec une température de  $6,77^{\circ}\text{C}$ .
- ❖ Le mois le plus chaud c'est le mois de Juillet avec une température de  $26,87^{\circ}\text{C}$ .



**Figure 07: Courbe d'évolution des températures mensuelles de la ville de Khenchela pendant la période (1994-2018).**

### 2.1.3. Synthèse climatique

Selon les données de SMH on réalise le diagramme ombro-thermique de Gaussen et le Climagramme d'Emberger pour renforcer notre étude Climatique.

### 2.1.3.1. Diagramme ombrothermique de Gaussen de la région de khenchela

Le diagramme ombro-thermique de Gaussen permet de déterminer les périodes sèches et humides de n'importe quelle région à partir de l'exploitation des données des précipitations mensuelles et des températures moyennes mensuelles (Dajoz.,2003).

Selon la figure 08 on trouve qu'il y a 2 périodes différentes :

- Période humide: en 2 phases: la première débute de Janvier jusqu'à Mai et la deuxième de Septembre jusqu'à Décembre.
- Période sèche: débute le mois du Juin jusqu'à le mois d'Août.

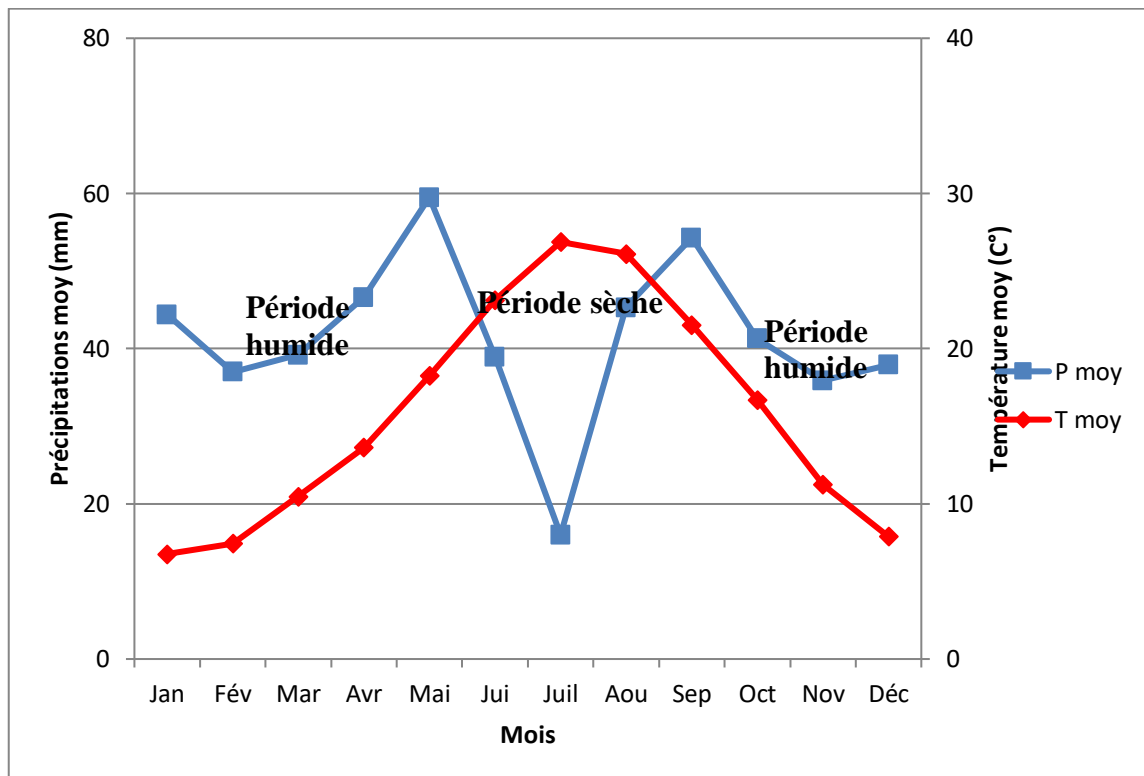


Figure 08: Diagramme Ombrothermique de Gaussen de la région de Khenchela.

### 2.1.3.2. Climagramme d'Emberger de la région de khenchela

Le système d'EMBERGER permet la classification des différents climats méditerranéens (Dajoz.,1985&Dajoz.,2003). Il est défini par la formule simplifiée suivante (Stewart, 1969) :

$$Q_2 = 3,43 p / (M - m) \text{ Où :}$$

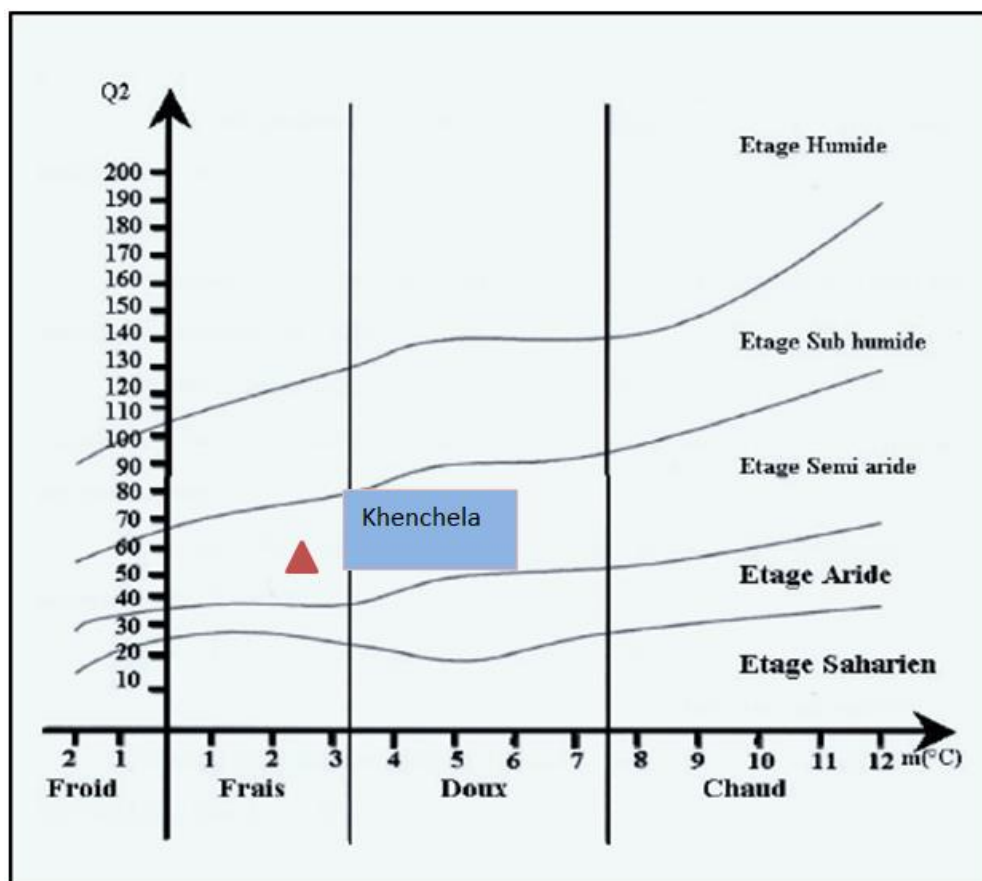
- **P** = Pluviométrie moyenne en (mm)
- **M** = Moyenne des Maxima du mois le plus chaud en (°C)
- **m** = Moyenne des minima du mois le plus froid en (°C)
- **3,43** = Coefficient de Stewart établi pour l'Algérie

Pour la région de Khenchela, les résultats calculés du quotient pluviométrique d'Emberger pour la période de 1994-2018 est de  $Q_2=52,74$  où :

- **P**= 496,3mm
- **M**= 34,84°C
- **m**= 2,36°C

Ces résultats sont projetés sur le climagramme d'Emberger, ce qui est présenté dans la figure 09 ci-dessous.

On trouve que la wilaya de Khenchela est classée dans l'étage bioclimatique semi-aride.



**Figure 09: Classification de l'étage bioclimatique de la région de Khenchela  
Climagramme d'Emberger.**

## 2.2. Relief

Le relief est la résultante de la combinaison entre deux facteurs : l'altitude et la pente ; cette dernière, par ses effets handicapants, constitue l'un des facteurs les plus contraignants pour l'aménagement du territoire en général et la mise en valeur agricole en particulier (Khebthane,A.,2015).

Selon Boukhechem,R (2010), Le relief de la Khenchela est caractérisé par quatre grands ensembles géographiques qui sont expliqués ci-dessous :

- A. Les montagnes (35% de la superficie de la wilaya) : à l'Ouest de la wilaya se trouvent les plus hautes montagnes du massif des Aurès (avec le mont Chelia à 2328m), dans la zone centrale les monts des Nememcha et, au Nord-est les montagnes de Tafrent (Ain Touila).
- B. Les plateaux : au Nord-est (Mahmel et Ouled Rechache).
- C. Les plaines : la plaine de Remila au Nord, les hautes plaines de Bouhmama et M'toussa à l'Ouest.
- D. Les parcours steppiques, sahariens et les chotts : au Sud, occupant près de la moitié de la superficie de la wilaya (49%), ils sont constitués en grande partie de terres sablonneuses avec, à l'extrême Sud, des dépressions (Chotts) et une zone dunaire.

## 2.3. Aperçu Pédologique

A l'exception des plaines du Nord au réseau hydrographique dense et à sols profonds et riches, les sols de la Wilaya de Khenchela sont pauvres et peu profonds (Boukhechem,R.,2010).

**Tableau05. Type et caractéristiques des sols de la wilaya de Khenchela.**

<b>Type de sols</b>	<b>Caractéristiques</b>
<b>Les sols calcaires humifères</b>	Ils sont rencontrés sur les monts et les piémonts de l'Aurès, à une altitude comprise entre 1 000 et 1500 mètres.
<b>Les sols insaturés humifères</b>	rencontrés sur les reliefs les plus élevés (plus de 1500 mètres d'altitude) de l'Aurès. Ils sont occupés par des forêts.
<b>Les sols calciques</b>	rencontrés sur les bas piémonts, et sur les hautes plaines longeant la route qui mène de Khenchela à Faïs en passant par Kaïs et Remila. Ils s'étendent à l'Est jusqu'à Ain Touila et au Sud jusqu'à Babar en partant de Khenchela.
<b>Les sols éoliens d'ablation</b>	rencontrés au Sud de la wilaya, sur les piémonts des monts Nementchas, dont l'altitude est située entre 200 et 500 mètres.
<b>Les sols éoliens d'accumulation</b>	localisés uniquement dans la zone sud de la wilaya, près du chott Melghir (Sols sablonneux).
<b>Les sols alluviaux basiques</b>	localisés sur des zones de changement de pente, c'est à dire les zones où la pente devient plus douce.
<b>Les sols salins ou solontchak</b>	rencontrés au niveau des zones d'accumulation. Ils sont le résultat d'une hydrologie à écoulement endoreïque ou de la présence de roches triasique (gypse : roche saline).
<b>Les roches mères</b>	résultat d'une érosion intense due a une conjugaison de facteurs négatifs (relief montagneux, intensité des pluies, substratum tendre et à une absence de couvert végétal pérenne) affleurent notamment les monts des Nementchas.

(Boumaiza,I.,2012)

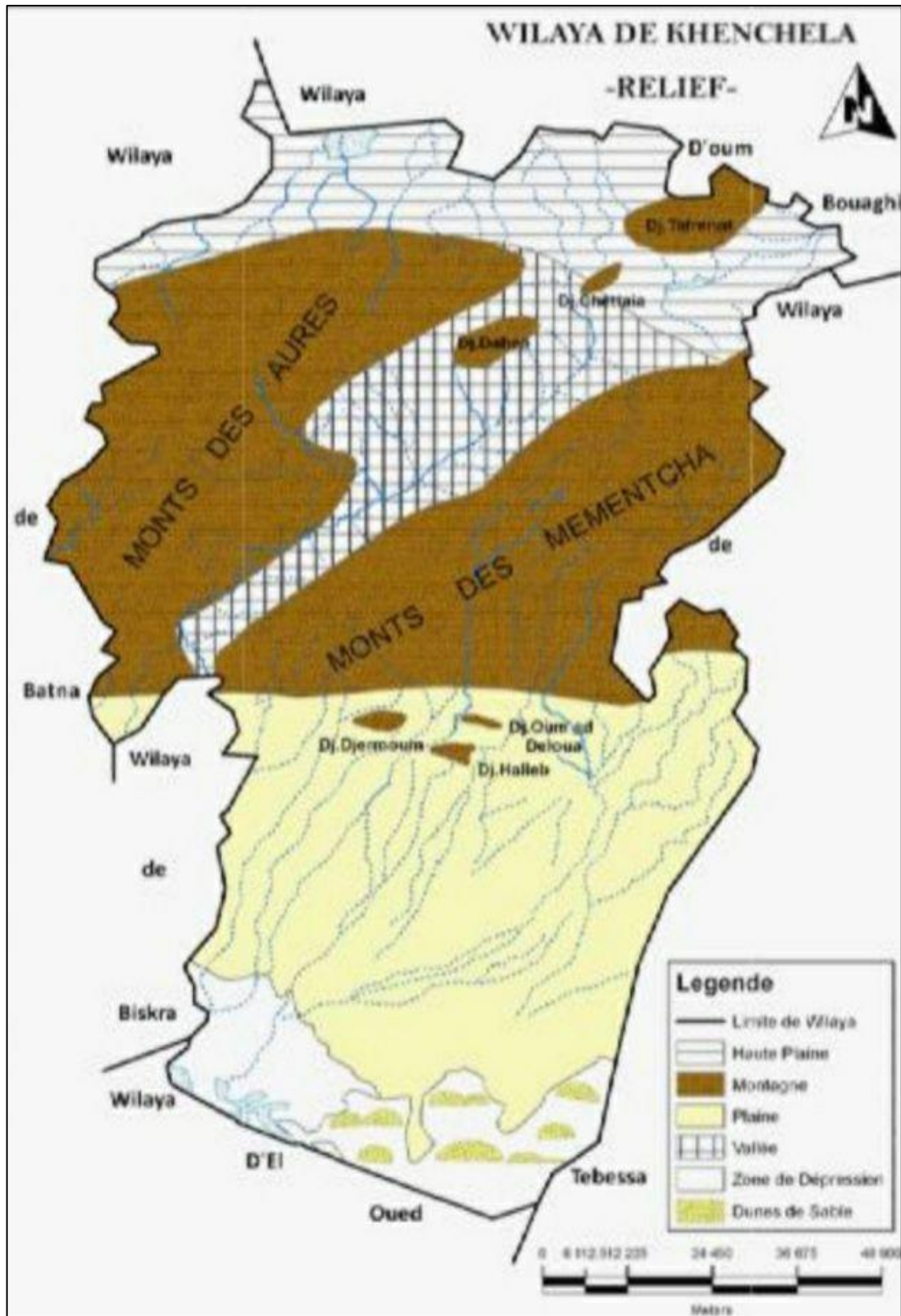


Figure 10 : Carte de répartition des reliefs de la wilaya de Khenchela. (P.D.A.U., 2016).



- les parties occidentales et centrales constituent la terminaison péri-clinale Nord/Est de la chaîne des Aurès, région caractérisée par des diapirs triasiques.
- La zone méridionale au Sud constitue les monts des Nememchas ; et plus au Sud, c'est la zone plate qui correspond à la bordure septentrionale du pays des chotts.

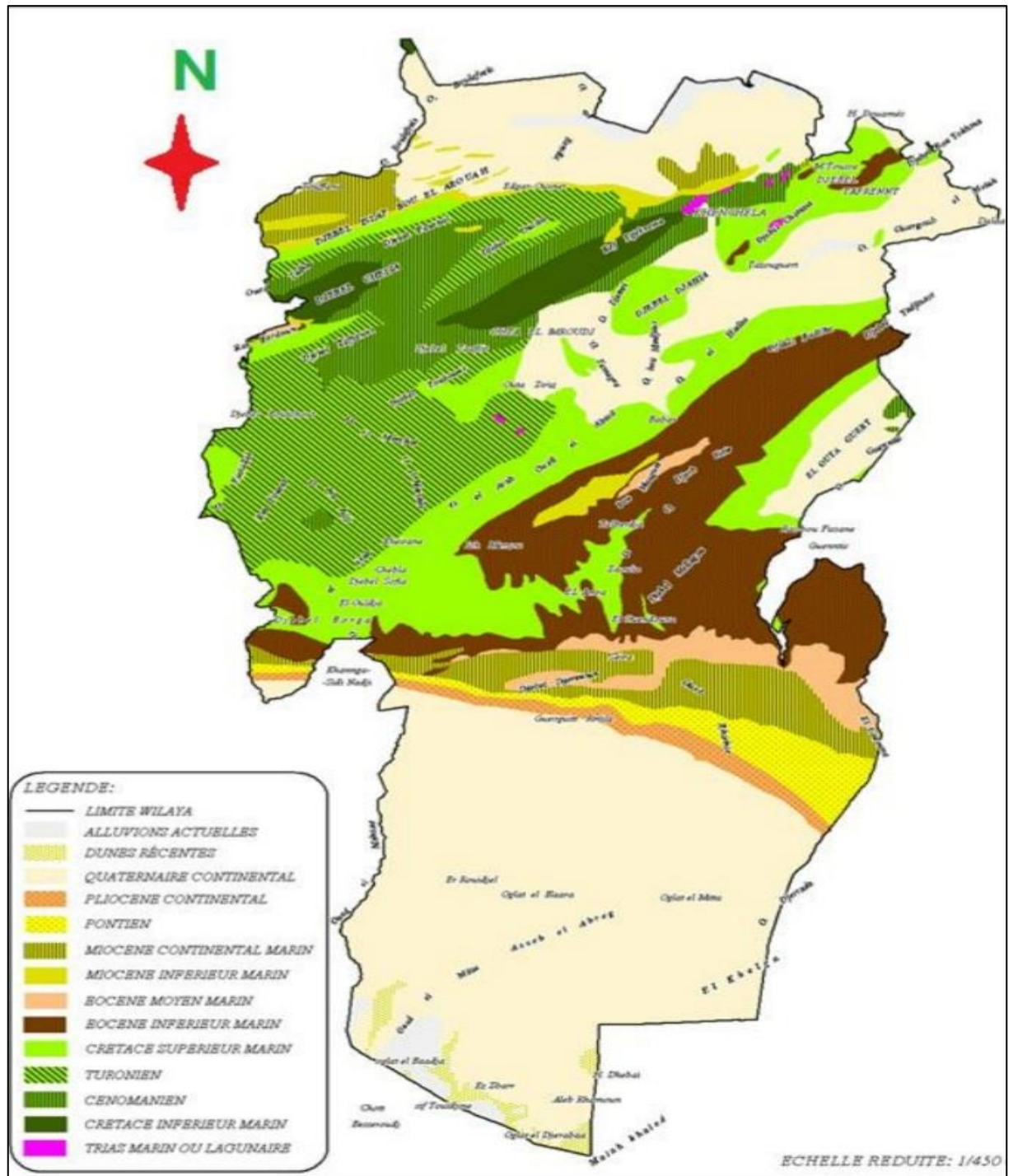


Figure 12 : La géologie de la wilaya de Khenchela. (Khldoune,L.,2015)

**Tableau06. Caractéristiques géologiques de la wilaya de Khenchela.**

Tectonique	lithologie et pétrographie
<p>Les reliefs montagneux sont très accidentés par des failles. On peut reconnaître deux principales familles de failles:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La première correspond aux plus grande failles de direction Est/Ouest à Nord-est/ Sud-ouest.</li> <li>• La seconde celle des plus petites et dont la direction est de Nord-Ouest/Sud –Est.</li> </ul>	<p>on rencontre des calcaires, des marnes, des argiles, du gypse, des sables, des grès et des conglomérats.</p>

(Khldoune,L.,2015)

## 2.5. Aperçu Hydrologique

### 2.5.1. Caractéristiques hydrologiques et réseau hydrographique

Selon Khabthan(2014), La région de l'étude s'inscrit dans les limites géographiques de trois bassins versants :

- Le bassin versant des Hautes Plaines constantinoises, qui correspond à la partie nord de la wilaya (piémonts nord des Aurès et zone des dépressions);
- Le bassin versant de la Médjerdah, pour la partie nord-est correspondant aux versants sud des djebels: Chettaia, Tafrennt et Bou Tokhma, et, aux versants nord des Djebels : Tadilist et Tadjinnart ;
- Le bassin versant du Chott Melghir, pour les parties médiane et sud de la wilaya, correspondant au massif des Aurès, aux monts des Nemenchas, aux vallées des oueds El Arab et Mellagou, ainsi qu'aux plaines steppiques et présaharienne du sud. Contrairement aux deux premiers bassins précités, qui ne touchent qu'une petite partie de la wilaya, ce bassin couvre plus des trois quarts du territoire.

Concernant le réseau hydrographique, la wilaya est drainée par quelques oueds d'une importance relative et à caractère endoréique, alimentés par un chevelu très dense. Les cours les plus importants sont présentés ci-après par bassin versant (Figure 13) :

- Le bassin versant des Hautes Plaines constantinoises : ce bassin est drainé principalement par les oueds Boulefreis, Er Remila et Gueis. Ces oueds, alimentés par un chevelu très dense de petits cours d'eau, se jettent tous au niveau des dépressions (petites sebkhas) situées au nord de la wilaya. Au vu des apports pluviométriques limités dans cette zone et de la présence de formations triasiques, on déduit que le volume des écoulements est faible et que la qualité des eaux est saline.
- Le bassin versant de l'oued Medjerdah : ce bassin, qui correspond à la zone de montagne et de vallée du nord-est de la wilaya, est drainé principalement par l'oued Guergoub
- Le bassin versant de chott Melghir : ce bassin couvre les parties médiane et sud de la wilaya, correspondant au massif des Aurès, aux monts des Néménchas, aux vallées des oueds El Arab et Mellagou, ainsi qu'aux plaines steppiques et présahariennes du sud ; il est drainé par:
  - Oued El Arab, qui est le résultat de la confluence des oueds Mellagou et El Abiod.

Cet oued, qui se jette dans le chott Melghir, traverse les communes de Kheirane et El Ouldja, où il creuse des véritables canyons.

- Oued El Abiod, qui prend naissance dans les Aurès avant de confluer avec l'oued Mellagou;
- Oued Mellagou, qui prend sa source dans les Aurès avant de confluer avec l'oued El Abiod;
- Oued Zaouia, qui prend sa source dans les Nemenchas et qui se jette au sud dans le chott. Cet oued creuse lui aussi un véritable canyon;
- Oued Rharhar, qui prend naissance dans les piémonts des Nemenchas à l'est, pour donner naissance plus au sud à l'oued El Mita, avant de rejoindre le chott.

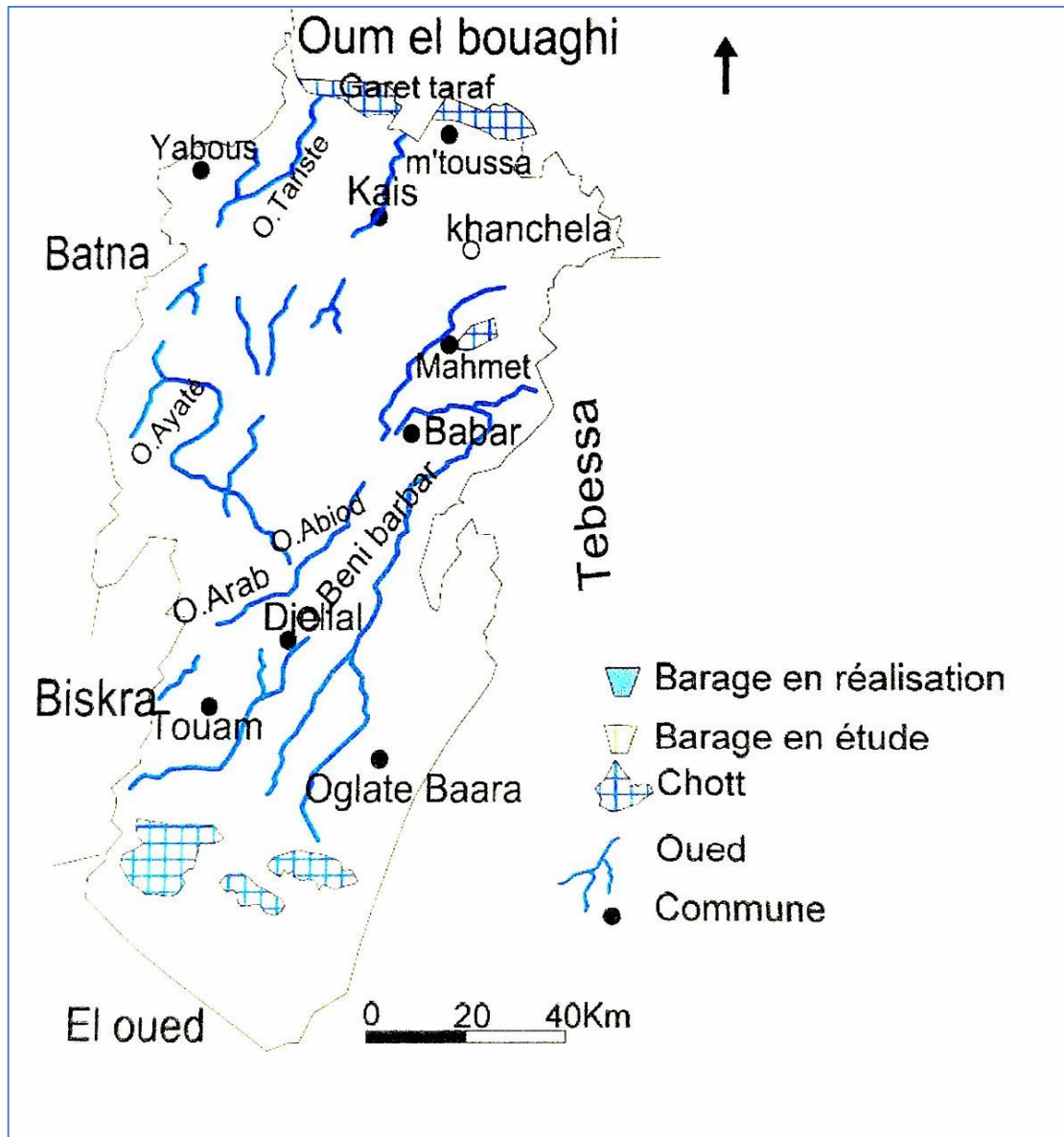


Figure 13 : Carte de réseau hydrographique de la wilaya de khenchela (D'après D.H.W.)

## 2.6. Points d'alimentation en eau potable de la wilaya de Khenchela

Dans notre recherche on a étudié l'alimentation en eau potable dans les secteurs suivants :

- ❖ Khenchela-1-, Babar, El-Hamma, Chachar, Ouled Rachache.

Ce qui résumé dans le tableau 07 comme suit:

Tableau 07. Points d'alimentation en eau potable des zones étudiées.

Commune (Secteurs)	Points d'alimentation	Réservoirs	Quelque cité alimentée par ces réservoirs
<b>Khenchela</b>	Champ Beggaga	Réservoir 2000m <sup>3</sup>	- Cité Boujalbana - Cité Aargoub Idris
	Champ Sekkala	Réservoir 2500*2 m <sup>3</sup>	- Cité Cosidar - Cité El-Kahina
	Champ Bagha i+ champ Remila + Barrage Koudiet EL Mdaouer (Batna)	Réservoir: 3000m <sup>3</sup> *2 3000m <sup>3</sup> IKEN 10000 m <sup>3</sup> *2	- Cité 700 logements - Cité 440 logements
<b>Babar</b>	Forage B06 +Forage B01	Réservoir : 1000m <sup>3</sup> 150m <sup>3</sup>	- Cité 40 logements - Cité 80 logements
	Forage FB03	Réservoir 1000m <sup>3</sup>	- Cité 17 Octobre - Cité 100 logements
<b>El-Hamma</b>	Forage BH04	Réservoir 500m <sup>3</sup>	- Cité 250Logements
	Barrage Koudiet EL Mdaouer (Batna)	Réservoir 1000m <sup>3</sup>	- Cité 100Logements
<b>Chachar</b>	Forage: C04+C02+C03 +Barrage Babar	Réservoir 2000m <sup>3</sup> Réservoir 3000m <sup>3</sup> Réservoir 5000m <sup>3</sup> Réservoir 1000m <sup>3</sup> Réservoir 500m <sup>3</sup> Réservoir 500m <sup>3</sup> Réservoir 300m <sup>3</sup>	- Cité Sâad Allah - Cité Kebraoui Abdelhafidh
<b>Ouled-Rachache</b>	Barrage Kodiet EL Medaouer	Réservoir 2000m <sup>3</sup>	- Cité El Moustakbel - Cité 100 Logements
	Forage FB03	Réservoir 1000m <sup>3</sup>	- Cité 17 Octobre - Cité 100 logements

(A.D.E., 2022)

***Chapitre 04***  
***Matériels et Méthodes***

## 1. Choix des sites de prélèvement

Dans le cadre de réaliser notre recherche, on a choisi 5 secteurs différents dont pour chaque secteur on a analysé des échantillons répartis entre des réservoirs et des cités alimentées par ces réservoirs selon le tableau ci-dessous :

**Tableau 08 : Les différents sites de prélèvement.**

Secteur	Réservoirs	Cités
<b>Khenchela</b>	Réservoir 3000 m <sup>3</sup> (1)	Cité 126 logements (1)
	Réservoir 2500 m <sup>3</sup> *2 (1)	Cité 40 logements (1)
		Cité 700 logements (2)
<b>El-Hamma</b>	Réservoir 500 m <sup>3</sup> (1)	Cité EL- Hamma Centre(1)
	Réservoir 1000 m <sup>3</sup> (1)	
<b>Babar</b>	/	Cité 251 logements (2)
<b>Chachar</b>	/	Cité Soltani Saadallah (2)
<b>Ouled Rachach</b>	Réservoir 2000 m <sup>3</sup> (1)	/

(\*): nombre des échantillons prélevés

## 2. Mode d'échantillonnage de l'eau

### 2.1. Prélèvement des échantillons

Lorsqu'on parle du terme de potabilité, on doit faire une série des analyses pour confirmer la pureté des eau destinées à l'alimentation humaine. Le prélèvement de ces échantillons est la base de la fiabilité de ces analyses.

Au cours de notre travail, on a basé sur les méthodes données par (Rodier et al., 2009).

On a prélevé chaque échantillon à un robinet d'eau froide situé dans un bâtiment.

Au moment du prélèvement, pour l'analyse physico-chimique, on a ouvert le robinet à débit maximum jusqu'à 5 secondes pour l'eau en stagnation dans les canalisations soit éliminée, puis on a présenté la bouteille sous le robinet sans l'avoir refermé, après on a rempli jusqu'au bord et placé le bouchon de telle façon qu'il n'y ait aucune bulle d'air et qu'il ne soit pas éjecté au cours du transport.

## **2.2. Mise en forme et conservation des échantillons de l'eau en vue de leur analyse**

On a 14 échantillons (5 des réservoirs et 9 des cités) emportés dans des bouteilles en polyéthylène de 1L.

Pour faciliter le travail et l'exploitation des résultats tout en évitant les erreurs, on place sur chaque bouteille une étiquette qui contient les informations suivantes :

- Nom de cité / réservoir ;
- Date et heure de prélèvement ;
- N° de bouteille.

Les flacons d'échantillonnage doit être expédié au laboratoire dans une glacière et conservée à une température de 4 degrés Celsius pendant l'expédition.

Pour que l'analyse donne des résultats exacts, l'analyses physicochimiques doit commencer de préférence dans les premières 6 heures suivant le prélèvement de l'échantillon d'eau potable.

## **3. Analyse au laboratoire**

### **3.1. Les indicateurs colorés**

#### **3.1.1. Chromate de potassium $K_2CrO_4$**

- On pèse à l'aide de la balance une quantité de 5 g de chromate de potassium (poudre);
- On introduit cette quantité dans une fiole jaugée et on ajoute de l'eau distillée jusqu'à 100 ml (trait de fiole) ;
- On agite pour obtenir une solution homogène ;
- On va mettre la solution dans un flacon compte-gouttes pour faciliter le travail.



**Figure 14: Chromate de potassium  $K_2CrO_4$  Préparé en solution.**

### 3.1.2. Méthylorange

- On pèse une quantité de 0,5 g de méthylorange (poudre) ;
- On met cette quantité dans un bicher et on ajoute de l'eau distillée jusqu'à 100 ml ;
- On verse la solution dans un flacon compte-gouttes.



**Figure 15: Méthylorange Préparé en solution.**

### 3.1.3. Phénolphtaléine

- On pèse à l'aide de la balance une quantité de 0,5 g de phénolphtaléine (poudre) ; on met dans un herlène et on verse une quantité de 60 ml d'alcool mesuré à l'éprouvette graduée. on complète avec l'eau distillée jusqu'à 100 ml et on agite.
- On verse la solution dans un flacon compte-gouttes.

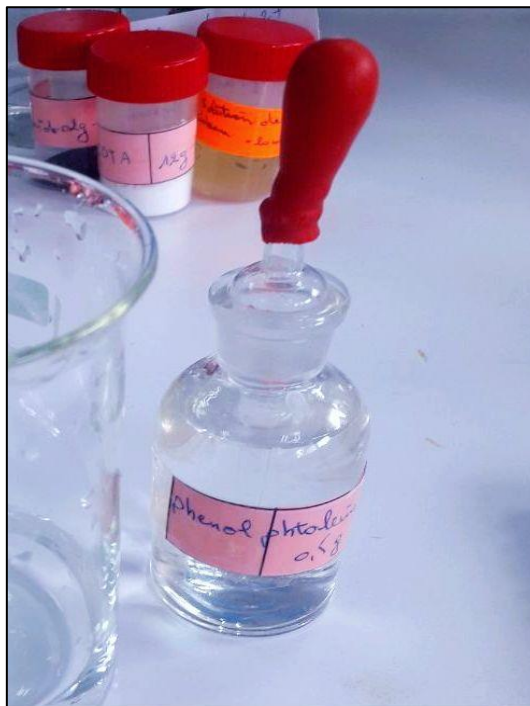


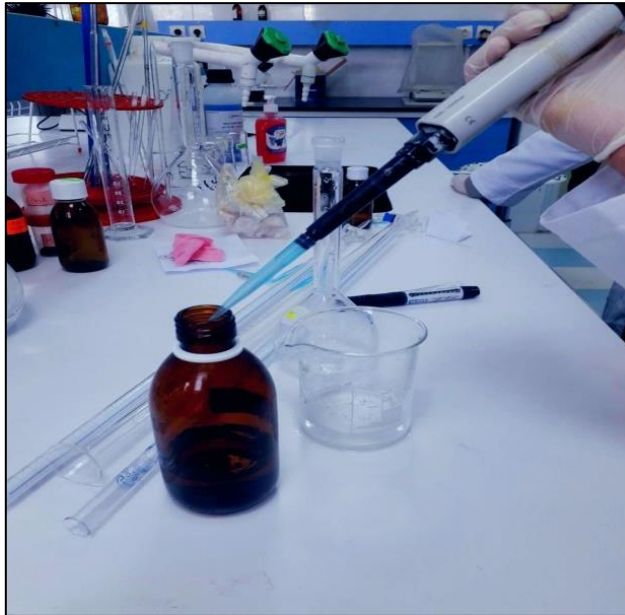
Figure 16: Phénolphtaléine Préparé en solution.

### 3.1.4. Nitrate d'argent AgNO<sub>3</sub>

- On pèse une quantité de 4,791 g de nitrate d'argent (poudre) ;
- On place cette quantité dans une fiole jaugée et on ajoute l'eau distillée jusqu'à le trait "1L" de fiole jaugée (1000 ml en total) ;
- On agite bien pour obtenir une solution homogène.

### 3.1.5. Acide chlorhydrique HCl

- Dans une fiole jaugée de 1L (1000 ml), on introduit une quantité d'eau distillée pour éviter les risques d'explosion des instruments ;
- Sous la hotte et à l'aide d'une pipette graduée, on mesure une quantité de 1,76 ml d'acide pure et on verse dans la fiole ; puis on ajoute d'eau distillée jusqu'à le trait "1L".
- On agite prudemment la solution.



**Figure 17: Préparation de solution d'HCl.**

### **3.1.6. Hydroxyde de sodium NaOH**

- On pèse 4 g de NaOH ;
- On met cette quantité dans un herlène et on ajoute l'eau distillée jusqu'à 100 ml.

### **3.1.7. Solution EDTA**

- On pèse une quantité de 3,721 g d'EDTA ;
- On la met dans une fiole jaugée et on verse de l'eau distillée jusqu'à 1000 ml (le trait de fiole) ; On agite bien la solution.

### **3.1.8. Réactif combiné**

- Dans un bicher, on met 10 g de chlorure de baryum et 20 ml de solution de tween ;
- On ajoute l'eau distillée jusqu'à 100 ml.

## **3.2. Méthodes Analytiques**

Selon le manuel de Rodier et al.,2009, on peut donner le tableau ci-dessous en groupant et expliquant les méthodes d'analyses des échantillons prélevés.

Tableau 09. Les méthodes analytiques.

Méthode	Paramètre	Instrument de mesure	Unité
Électro-chimie	Température	Multiparamètre	°C
	pH		pH
	Turbidité	Turbidimètre	NTU
	Conductivité	Conductimètre	μS/cm
Volumétrique	Chlorure (Cl <sup>-</sup> )	Titration avec nitrate d'argent (Méthode de Mohr)	mg/L
	Alcalinité (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> )	Titration avec HCl	mg/L
	Magnésium (Mg <sup>2+</sup> )/Calcium (Ca <sup>2+</sup> )	Titration avec EDTA	mg/L
Spectrophotométrique	Ortho phosphates(PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	Spectrophotomètre	mg/L
	Nitrates(NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )		mg/L
	Nitrites(NH <sub>2</sub> <sup>-</sup> )		mg/L
	Ammonium(NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )		mg/L
	Sulfates(SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )		mg/L
	Sodium (Na <sup>+</sup> )	Multiparamètre	mg/L

## 3.2.1. Électro-chimie



Figure 18: Différents modèles représentent le multi paramètres qui permet de mesurer la température et le pH.



**Figure 19: Conductimètre et Turbidimètre**

### **3.2.2. Méthode Volumétrique (titrimétrique)**

On a appliqué cette méthode au niveau des laboratoires de notre Université Abbés Laghrour à El-hamma. Après la préparation des réactifs, on a étudié les paramètres suivant : Chlorure, Alcalinité, magnésium et Calcium dont chaque paramètre est expliqué ci-dessous.

#### **3.2.2.1. Chlorure (Cl<sup>-</sup>)**

Selon Rodier et al (2009), Le dosage de Chlorure se fait en appliquant la méthode de Mohr qui consiste à titrer la solution avec le nitrate d'argent .

##### **❖ Principe**

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent (Rodier et al.,2009).

##### **❖ Matériel**

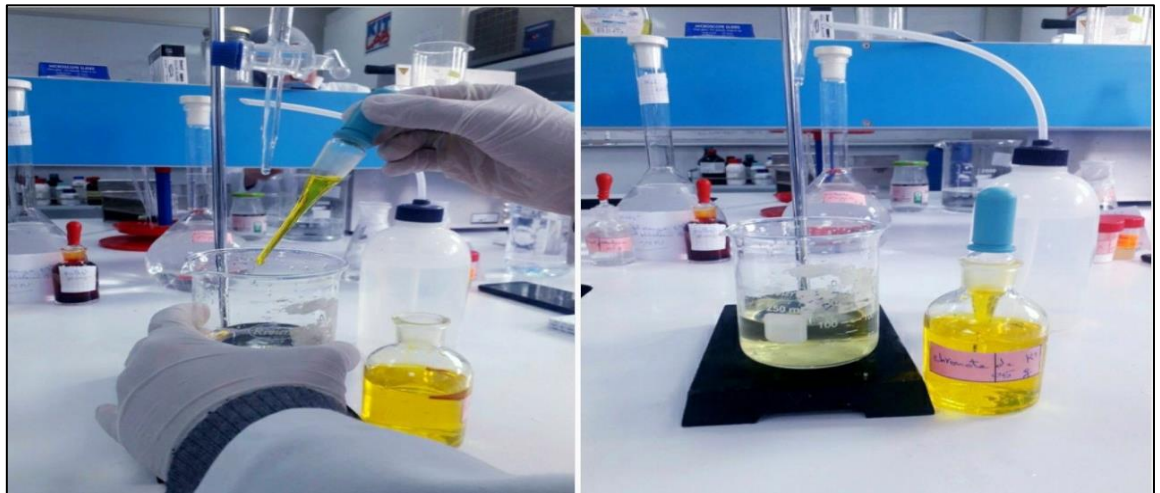
- Echantillon ;
- Solution de chromate de potassium à 10 % ;
- Solution de nitrate d'argent 0,1 N ;
- Verrerie (Fioles + Bécher + Pipette + Burette Graduée + Support).

❖ **Méthode**

La méthode de Mohr annonce que le titrage des chlorures se fait par nitrate d'argent selon les étapes suivantes :

- 1) On verse une quantité de 100ml d'échantillon dans un bécher ;
- 2) On ajoute 1ml de Chromate de Potassium ;
- 3) Titrer la solution par l'addition goutte à goutte de solution de nitrate d'argent en agitant la solution. Jusqu'à le virage et l'apparition d'une couleur brun rougeâtre ;
- 4) On note le volume de nitrate d'argent, soit  $V_1$ .

$$\text{La teneur en Cl}^- \text{ de l'échantillon en g/l} = \left( \frac{C_{\text{Ag}^+} \cdot (V_E - V_B)}{E} \right) \cdot 35.5$$



**Figure20: la méthode de Mohr.**

### 3.2.2.2. Alcalinité

On distingue comme pour la mesure de l'acidité, deux titres qui sont le titre alcalimétrique ou titre alcalimétrique simple (TA) et le titre alcalimétrique complet (TAC). L'unité utilisée est le degré français ( $1^{\circ}\text{f} = 10 \text{ mg. L}^{-1} \text{ de CaCO}_3 = 0,2 \text{ milliéquivalent. L}^{-1}$ )(Rodier et al.,2009).

- Titre alcalimétrique simple (TA)

Le TA correspond donc à la somme des concentrations des ions carbonates ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) et des ions hydroxydes ( $\text{OH}^-$ ). Mais, à partir du seul résultat de la mesure (Rodier et al.,2009).

- Titre alcalimétrique complet (TAC)

Cette détermination est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral (HCl), dilué en présence de méthyle orange. Le but est de déterminer la teneur en hydrogénocarbonates dans l'eau (Rodier et al. 2009).



**Figure 21: Résultat du titrage des chlorures avec nitrate d'argent.**

- ❖ Expression des résultats:

- ❖ Si  $TA=0$  donc:  $HCO_3^-$  en  $mg/l=12,2*TAC$
- ❖ Si  $TA < TAC/2$  donc:  $HCO_3^-$  en  $mg/l=12,2*(TAC-2TA)$ .

Selon Rodier et al(2009), Le dosage de Bicarbonate ( $HCO_3^-$ ) se fait par le titrage avec HCl.

- ❖ **Matériel**

- Echantillon ;
- Phénolphtaléine ;
- Méthylorange ;
- Solution de HCl ;
- Verrerie (Fioles + Bécher + Pipette +Burette Graduée + Support).

- ❖ **Méthode**

- 1) On verse une quantité de 100 ml d'échantillon dans un bicher ;
- 2) On ajoute 2 à 3 gouttes de phénolphtaléine.

On a 2 cas :

- ☒ Apparition d'une coloration rose : On titre avec HCl jusqu'à la décoloration et on note le volume de HCl versé, Soit  $V_1$ .
- ☒ Aucune décoloration :
  1. On ajoute 2 à 3 gouttes de méthyl orange à la solution ;
  2. On titre avec HCl jusqu'à le virage et l'apparition d'une couleur Jaune Orangé ;
  3. On note le volume de HCl, Soit  $V_2$ . ( $V_1=0$ ).
- **Cas n°01:**

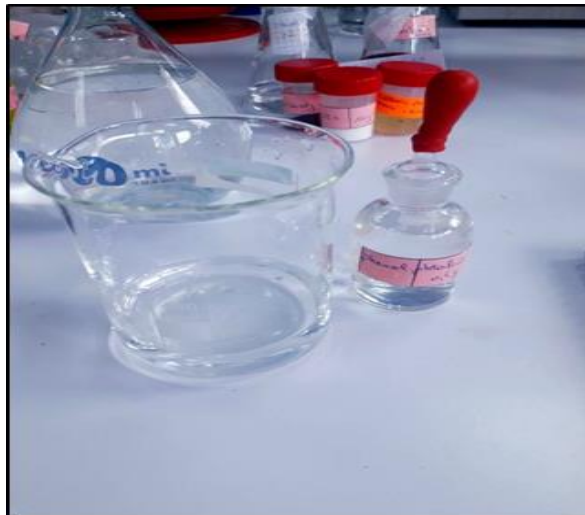


Figure 22: le résultat après l'ajout de phénol phtaléine au notre échantillon.

- **Cas n°02:**



Figure 23 : le résultat après l'ajout du méthyl Orange et le résultat du titrage avec HCl.

### 3.2.2.3. La dureté totale (TH)

Selon Rodier et al(2009), le mode opératoire est comme suit:

Introduire 50 mL d'eau à analyser dans une fiole conique de 250 mL, ajouter 4 mL de solution tampon et trois gouttes de solution de noir ériochrome T. La solution se colore en rouge foncé ou violet, le pH doit être de 10. En maintenant une agitation, verser la solution d'EDTA rapidement au début puis goutte à goutte lorsque la solution commence à virer au bleu. Vérifier que la coloration ne change plus par l'addition d'une goutte supplémentaire d'EDTA.

Elle est exprimée par la formule suivante:

$$TH = 1000 \times [(C \times V_1) / V_2]$$

❖ Sachant que:

- TH : C'est le titre hydrométrique en mg/l.
- C : Concentration en milliéquivalent par litre d'EDTA.
- $V_1$ : Volume en ml de solution EDTA utilisé pour le titrage.
- $V_2$ : Volume d'échantillon.

### 3.2.2.4. Calcium ( $Ca^{+2}$ )

Selon Rodier et al(2009), Le dosage de Calcium ( $Ca^{+2}$ ) se fait par le titrage avec EDTA.

❖ **Principe**

Le principe est identique à celui de la méthode titrimétrique décrite pour la dureté totale. Toutefois, comme le dosage se fait à un pH élevé (12 - 13), le magnésium est précipité sous forme d'hydroxyde et n'intervient pas. Par ailleurs, l'indicateur choisi, l'acide calconecarboxylique, ne se combine qu'avec le calcium pour former un complexe rouge.

❖ **Matériel**

- Echantillon ;
- 100 g de NaOH ;
- 1g de murexide ;
- EDTA ;

- Verrerie (Fioles + Bécher + Pipette + Burette Graduée + Support).

#### ❖ Méthode

- 1) On verse 50 ml d'échantillon dans un bicher ;
- 2) On mélange 100 g de NaOH avec 1g de murexide, et on ajoute une pincé de ce mélange au notre échantillon ;
- 3) On agite 0 très bien et on titre avec EDTA goutte à goutte jusqu'à le virage (Couleur violette) ;
- 4) On note le volume d'EDTA, soit  $V_1$ .



**Figure 24: résultat après l'ajout du murexide et le résultat après le titrage avec EDTA.**

#### 3.2.2.5. Magnésium ( $Mg^{2+}$ )

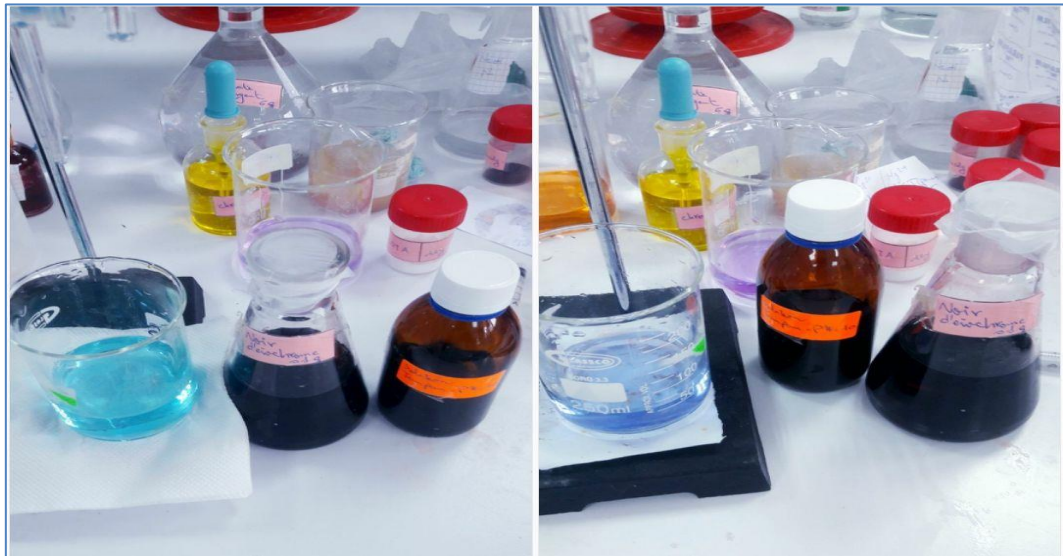
Selon Rodier et al(2009), Le dosage de Magnésium ( $Mg^{2+}$ ) se fait par le titrage avec EDTA comme suit :

#### ❖ Matériel

- Echantillon ;
- Solution tampon ;
- Noir d'ériochrome ;
- EDTA ;
- Verrerie (Fioles + Bécher + Pipette + Burette Graduée + Support).

**❖ Méthode**

- 1) On verse 50 ml d'échantillon dans un bécher ;
- 2) On mélange 5 ml de solution de tampon avec une pincée de noir d'ériochrome ;
- 3) On mélange très bien et on titre avec EDTA goutte à goutte jusqu'à le virage (Couleur bleu) ;
- 4) On note le volume d'EDTA, soit  $V_1$ .



**Figure 25: résultat après l'ajout des réactifs et le résultat après le titrage avec EDTA.**

**3.2.3. Méthode Spectrophotométrique**

On a appliqué cette méthode au niveau des laboratoires de l'Algérie des eaux Secteur Khenchela -1- .

**Partie 1 :****3.2.3.1. Ortho-phosphates ( $PO_4^{3-}$ )**

Selon Rodier et al(2009) et le manuel de l'ADE, la détermination de concentration des ortho-phosphates se fait comme suit :

**❖ Principe**

En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium, les orthophosphates donnent un complexe phosphomolybdique qui, réduit par l'acide ascorbique, développe une coloration bleue susceptible d'un dosage spectrométrique. Certaines formes organiques pouvant être hydrolysées au cours de l'établissement de la coloration et

donner des orthophosphates, le développement de la coloration est accélérée par l'utilisation d'un catalyseur, le tartrate double d'antimoine et de potassium.

❖ **Matériel**

- Echantillon ;
- Verrerie (Fiole + Pipette) ;
- Acide ascorbique ;
- Heptamolybdate d'ammonium ;
- Spectrophotomètre.

❖ **Méthode**

- 1) On prélève 40 ml d'échantillon à analyser, on ajoute sans attendre entre chaque ajout:
  - ⇒ 1 ml d'acide ascorbique à 100 g/l.
  - ⇒ 2 ml d'heptamolybdate d'ammonium.
- 2) On agite quelques secondes, Après un temps compris entre 10 et 30 min (temps nécessaire au développement de la couleur):
  - Si aucune couleur n'est apparue, il n'y a pas de phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ). Indiquer alors comme résultat:  $<0.09$  mg/l.;
  - Si une coloration bleu est apparue, effectuer la mesure au Spectrophotomètre au longueur d'onde de 880 nm.



**Figure 26: Détermination des teneurs en Ortho-phosphates.**

**Partie 2 : Méthode spectrophotométrique d'absorption moléculaire****3.2.3.2. Sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ )**

Selon Rodier et al(2009) et le manuel de l'ADE, détermination de concentration des sulfates se fait comme suit :

**❖ Principe**

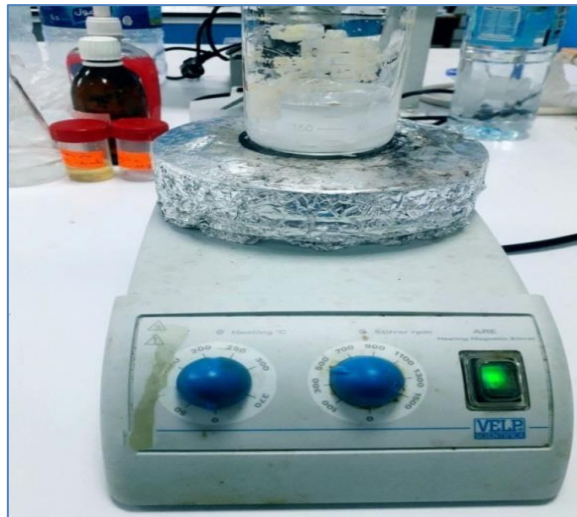
Les ions des sulfates, en présence de chlorure de Baryum  $\text{BaCl}_2$ , précipitent à l'état de sulfate de Baryum.

**❖ Matériel**

- Matériel courant de laboratoire (fiolle, pipette, Bécher de 250 ml...) ;
- Spectrophotomètre ;
- Agitateur ;
- Echantillon ;
- Solution stabilisante ;
- Chlorure de baryum.

**❖ Méthode**

- 1) On prend 20ml d'échantillon à analyser et on ajoute 5ml de la solution stabilisante, on agite quelques secondes (agitation mécanique lente) ;
- 2) On ajoute 2ml de chlorure de baryum ;
- 3) Compléter avec 100ml d'eau distillée ;
- 4) Laisser pendant 1 minute sous agitation mécanique rapide ;
- 5) On remplit rapidement la cuve avec l'échantillon à analyser, l'insérer sans perdre de temps dans l'appareil et appuyer sur Start.
  - La concentration des  $\text{SO}_4^{2-}$  est affichée sur l'écran en mg/l.



**Figure 27: Détermination des teneurs en sulfates.**

### 3.2.3.3. Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ )

Selon Rodier et al(2009) et le manuel de l'ADE, détermination de concentration de l'ammonium se fait comme suit :

#### ❖ Principe

Mesurage spectrophotométrique du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium.

Les ions hypochlorite sont générés in situ par hydrolyse alcaline du sel de sodium du dichloroisocyanurate de sodium.

#### ❖ Matériel

- Matériel courant de laboratoire: verrerie ( fioles et pipettes ) ;
- Spectrophotomètre ;
- Réactif coloré homogénéisé ;
- Réactif de dichloroisocyanurate de sodium ;
- Echantillon.

#### ❖ Méthode

On prélève 40 ml d'échantillon à analyser, et nous avons ajouté selon l'ordre:

- ⇒ 4 ml du réactif coloré homogénéisé ;
- ⇒ 4 ml du réactif de Dichloroisocyanurate du sodium.

- ✚ Après au moins de 60 min, attendre le développement de la couleur .Effectuer les mesures spectrophotométriques à la longueur d'onde de 655 nm.



**Figure 28: Détermination des teneurs en Ammonium.**

#### 3.2.3.4. Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

Selon Rodier et al(2009) et le manuel de l'ADE, détermination de concentration des nitrates se fait comme suit :

##### ❖ Principe

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

##### ❖ Matériel

- Solution de salicylate de sodium ;
- Solution de tartrate double de sodium et de potassium ;
- Solution d'acide sulfurique ;
- Solution d'hydroxyde de sodium à 30% ;
- Solution mère de nitrate de potassium à 100mg/l de nitrate ;
- Solution fille à 5mg/l de nitrate ;
- Matériel courant de laboratoire: verrerie ( fioles et pipettes ) ;
- Spectrophotomètre ;
- Capsules de 60ml ;
- Etuve portée entre 70 et 80°C.

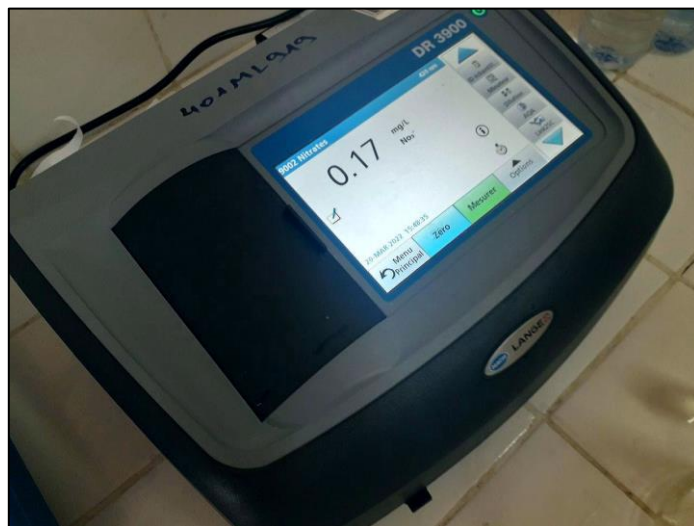
##### ❖ Méthode

- 1) Introduire 10ml d'échantillon à analyser dans une capsule de 60ml ;
- 2) Alcaliniser faiblement avec la solution d'hydroxyde de sodium ;

- 3) Ajouter 1ml de salicylate de sodium puis poursuivre le dosage comme pour courbe d'étalonnage ;
- 4) Effectuer la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde 420 nm.



**Figure 29: Détermination des teneurs en Nitrate.**



**Figure 30: Teneur en Nitrates affichée sur Spectrophotomètre.**

### 3.2.3.5. Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )

Selon Rodier et al(2009) et le manuel de l'ADE, détermination de concentration de nitrites se fait comme suit :

#### ❖ Principe

Réaction des ions nitrites présents dans une prise d'essai, à pH 1.9 avec le réactif amino-4benzène sulfonamide en présence d'acide ortho phosphorique pour former un sel diazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec le dichlor-hydrate de N-

(naphtyl-1)diamino-1,2 éthan (ajouter avec le réactif amino-4benzène sulfonamide) mesure de l'absorbance à 540nm.

❖ **Matériel**

- Réactif coloré ;
- Solution étalon mère de nitrites 100 mg/l ;
- Solution étalon fille de nitrites 1 mg/l ;
- Matériel courant de laboratoire ( fioles et pipettes) ;
- Spectrophotomètre.

❖ **Méthode**

- 1) Préparation des solutions étalons ;
- 2) Prélever 40ml de chacune des solutions obtenues ;
- 3) Ajouter dans l'ordre 1ml du réactif coloré, Homogénéiser immédiatement ;
- 4) Laisser reposer au moins 20min ;
- 5) Effectuer la mesure spectrophotométrique au longueur d'onde 540 nm.



**Figure 31: Teneur en Nitrites affichée sur Spectrophotomètre.**

### 3.2.4. Mesure par multi paramètre : Sodium ( $\text{Na}^+$ )

La teneur en sodium est mesurée par un multi-paramètre.

- 1) On remplit un bécher avec l'échantillon à analyser ;
- 2) On place l'électrode de l'appareil dans le bécher.

✚ La concentration des  $\text{Na}^+$  est affichée sur l'écran en mg/l, ce qui illustré dans la figure suivante :



**Figure 32:** Un multi-paramètre qui permet de mesurer la teneur en sodium.

### **III. Résultats et Discussion**

#### **Chapitre 05**



*Chapitre 05*  
*Résultats et Discussions*

## Évaluation des qualités physicochimiques de l'eau destinée à la consommation humaine dans la wilaya de kenchela

### 1. Interprétation des résultats

Dans le cadre de réaliser notre travail qui est sur la qualité physicochimique des eaux potables dans la wilaya de Khenchela, on a lancé une série des analyses physicochimiques qui regroupe 14 échantillons répartis entre réservoirs et cités et qui inclure 05 zones dans la wilaya : Khenchela (ville), El-Hamma, Chachar, Babar et Ouled Rachache, au cours du mois Janvier jusqu'à le mois Avril de l'année 2022.

Dans cette partie, Il s'agit d'évaluer la qualité des eaux des réservoirs et abonnés alimentés par ces derniers, selon ses origine (Réservoir alimenté à partir d'un champ ou un forage qu'on a déjà détaillé dans le tableau n°00), en étudiant des paramètres physiques (pH, T°, dureté, CE, Turbidité, TH, TAC), chimiques ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{k}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ). Nous avons choisi comme site d'étude la wilaya de kenchela.

#### 1.1. Paramètres physicochimiques

##### 1.1.1. Potentiel hydrogène (pH)

Les résultats du Ph des échantillons prélevés sont présentés dans la figure 33 :

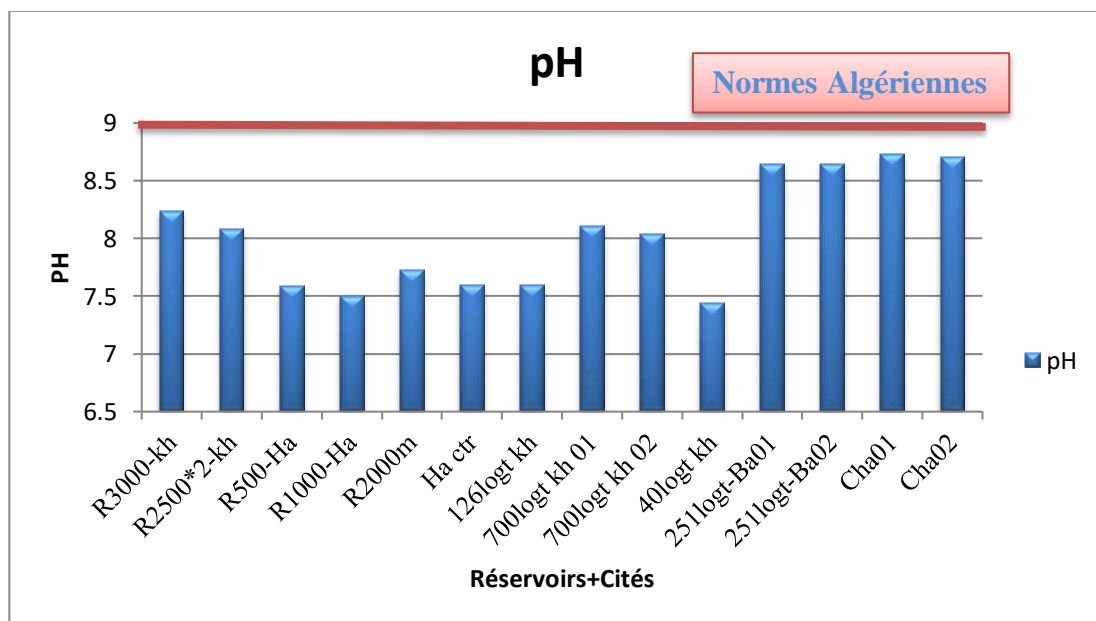


Figure 33: Variation des valeurs de pH des eaux potables de la wilaya de Khenchela.

Selon la figure 33 on constate que :

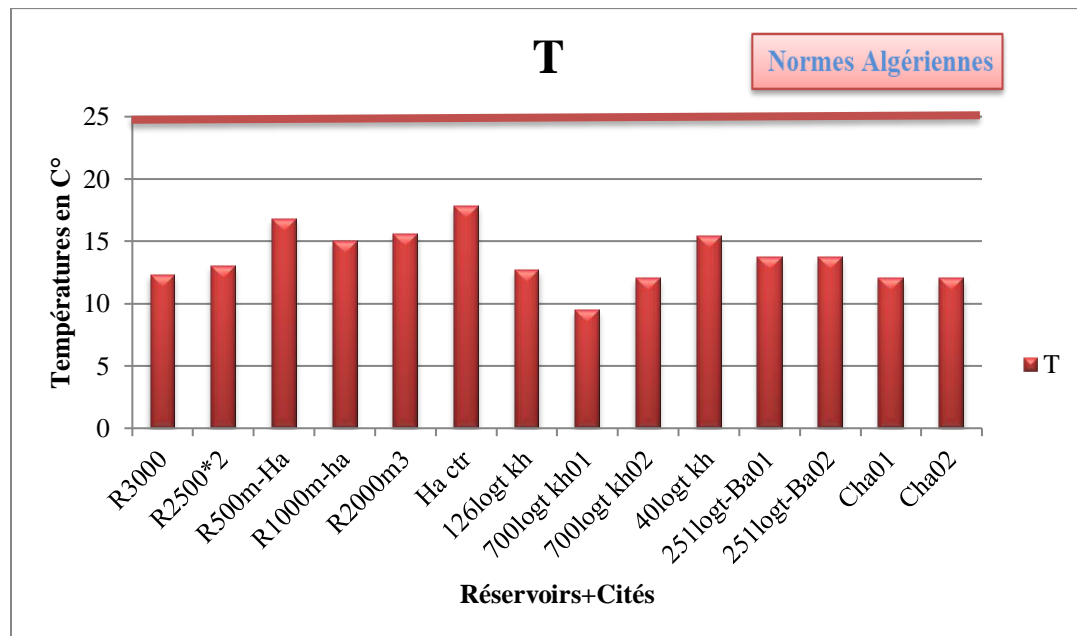
- Toutes les valeurs sont conformes aux normes algériennes (entre 6,5 et 9) comprises entre 7,5 et 8,71.
- Le pH le plus élevé est 8,71 enregistré au niveau de la Cité Soltani Saādallah à Chachar (01) à cause de l'effet des parois de réservoir et la conduite qui sont colmatés par des précipitations du calcaire qui vont contaminer la qualité des eaux.

### 1.1.2. Température :

Les résultats des températures des échantillons prélevés sont présentés graphiquement dans la figure 34 :

Selon la figure 35 on constate que :

- Toutes les valeurs sont conformes aux normes algériennes ( $25^{\circ}\text{C}$ ) comprise entre  $9,5^{\circ}\text{C}$  et  $17,8^{\circ}\text{C}$ .
- La température la plus élevée est enregistré au niveau de la cité El-El Hamma centre, cela va être expliqué par l'influence de la température de l'atmosphère.



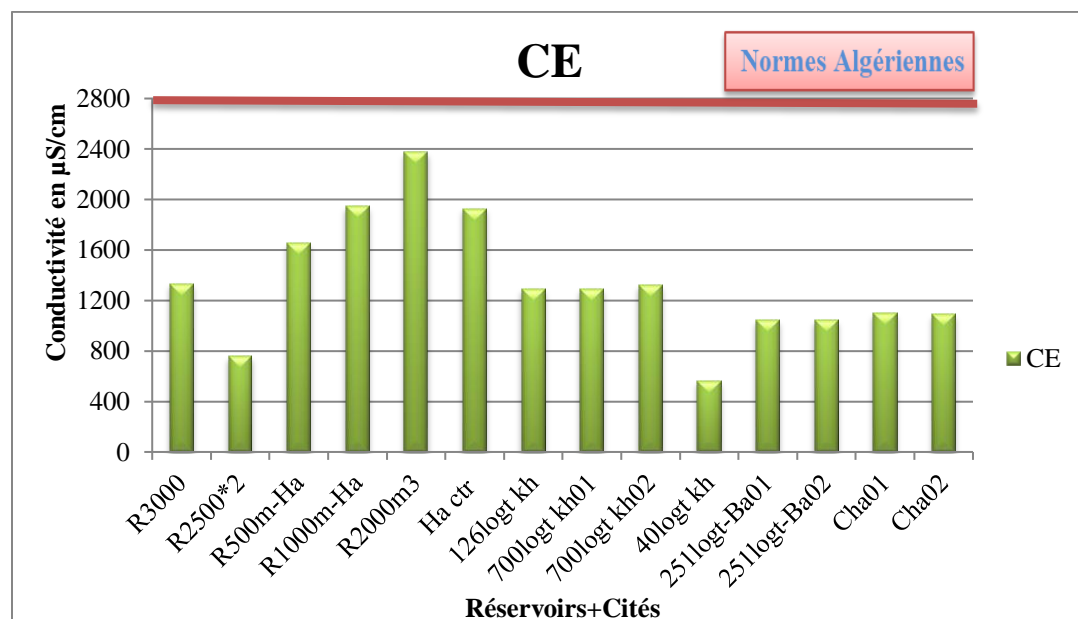
**Figure 34: Variation des valeurs des températures des eaux potables de la wilaya de Khenchela.**

### 1.1.3. La conductivité :

Les résultats de la conductivité des échantillons prélevés sont présentés graphiquement dans la figure 35 :

Selon la figure 35 on constate que :

- Toutes les valeurs sont conformes aux normes algériennes (2800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) comprise entre 559  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et 2380  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .
- La valeur de la conductivité la plus élevée est 2380, enregistré au niveau du réservoir 2000m<sup>3</sup> d'Ouled Rachache . Cette augmentation est causé par la présence d'une forte charge en minéraux.



**Figure 35 : Variation des valeurs de Conductivité des eaux potables de la wilaya de Khenchela.**

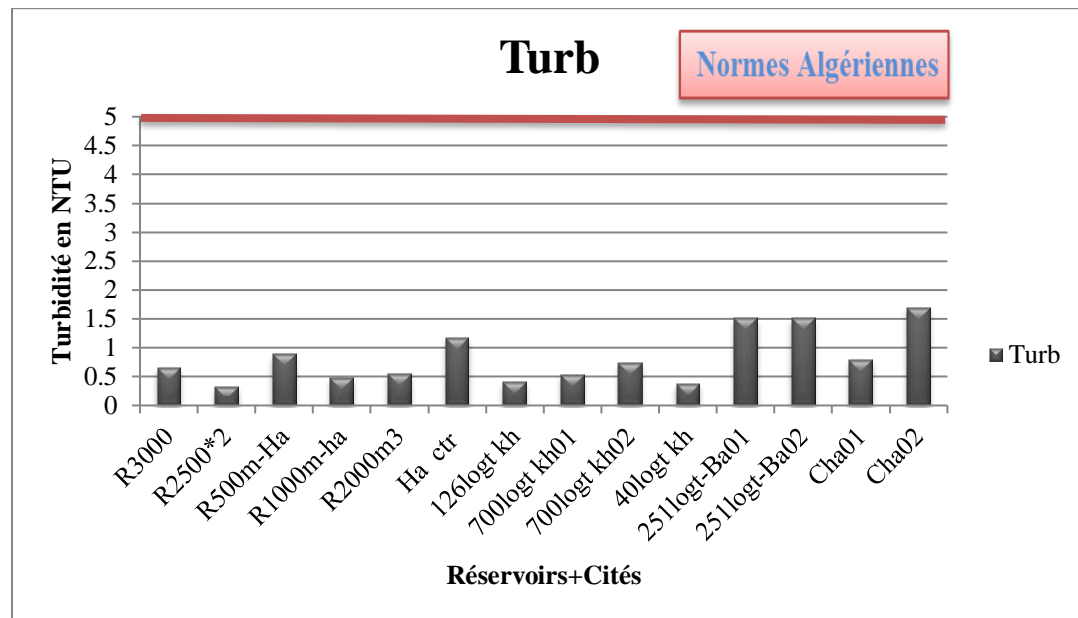
### 1.1.4. La turbidité :

Les résultats de la turbidité des échantillons prélevés sont présentés graphiquement dans la figure 36:

Selon la figure 36 on constate que :

- Toutes les valeurs sont conformes aux normes algériennes (5 NTU) comprise entre 0,32 NTU et 1,69 NTU.

- La valeur de la turbidité la plus élevée est 1,69, enregistré au niveau de la cité Soltani Saad Allah à Chachar (02).



**Figure 36 : Variation des valeurs de La turbidité des eaux potables de la wilaya de Khenchela.**

#### 1.1.5. La dureté totale :

Les valeurs de la dureté totale mesurée des eaux prélevées sont présentées graphiquement dans la figure 37.

Selon les résultats on constate :

- Il y a 4 échantillons ne sont pas conformes aux normes algériennes (500mg/l  $\text{CaCO}_3$ ), Ces échantillons sont prélevé de :

R500m-Hamma, R1000m-El-hamma, R2000m<sup>3</sup>-Ouled R et Cité El-Hamma centre avec des valeurs respectivement de : 636mg/l, 632mg/l, 632mg/l et 560 mg/l.

- Tandis que les autres 10 échantillons sont conformes à la valeur indicative fixée par la norme Algérienne relative à la qualité de l'eau potable, variés entre 396 et 480 mg/l  $\text{CaCO}_3$ .

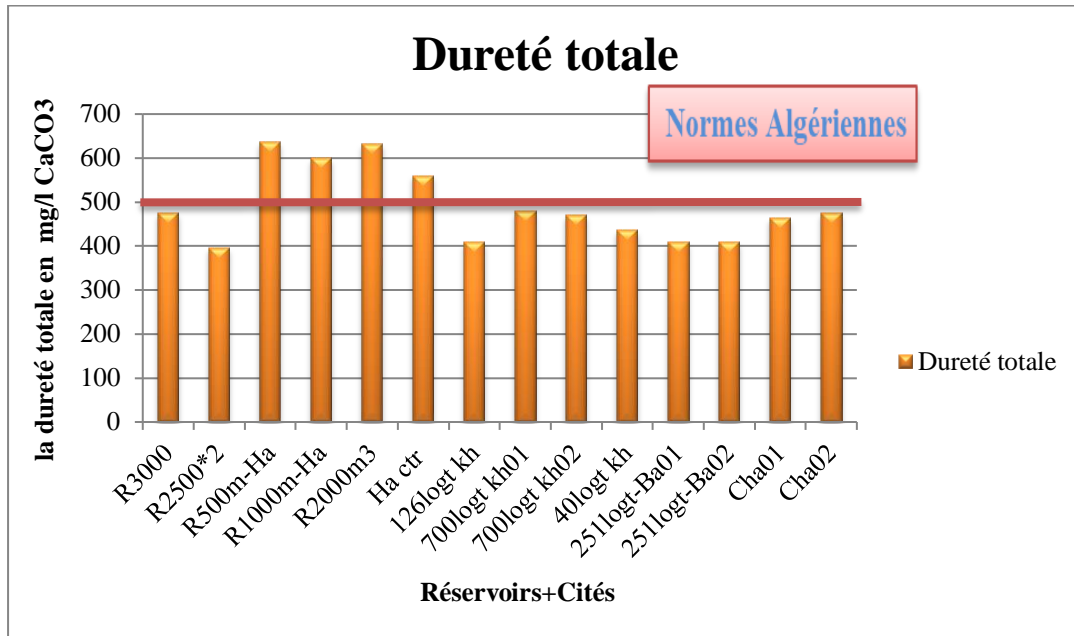


Figure 37: Variation des valeurs de la dureté totale des eaux potables de la wilaya de Khenchela.

1.1.6. Titre alcalimétrique complet (TAC) :

Les valeurs de Titre alcalimétrique complet en échantillons prélevés sont présentées graphiquement dans la figure 38 :

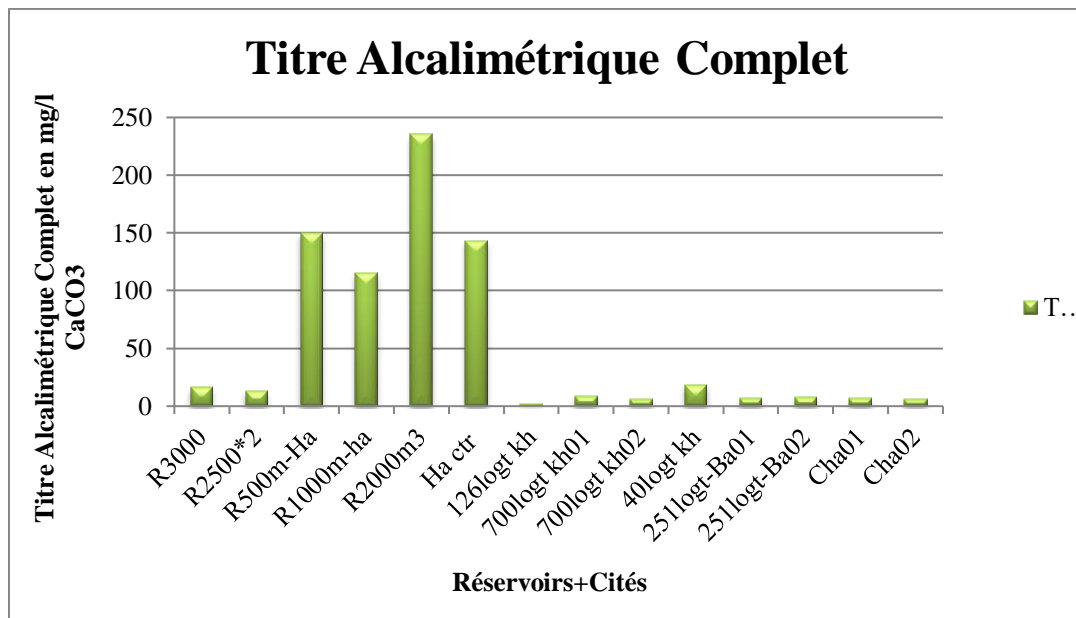


Figure 38 : Variation des valeurs de TAC des eaux potables de la wilaya de Khenchela.

Selon la figure 38 on constate que :

- La valeur la plus élevée de TAC est de 235mg/l  $\text{CaCO}_3$  observée au R2000m<sup>3</sup> et la plus basse est de 1.9mg/l  $\text{CaCO}_3$  au Cité 126logt kenchela.

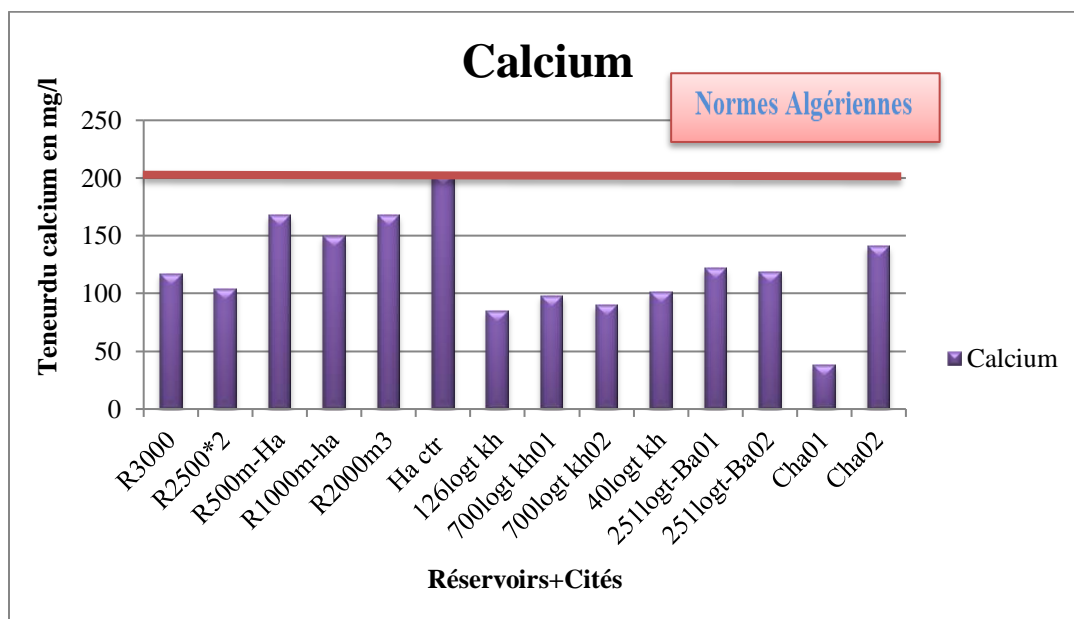
## 1.2. Les ions : Cations et Anions

### 1.2.1. Calcium ( $\text{Ca}^{+2}$ )

Les teneurs en Calcium des eaux prélevées sont présentées graphiquement dans la figure 39.

Selon les données on remarque que :

- Toutes les valeurs sont conformes aux normes algériennes (200mg/l), comprises entre 38mg/l et 203mg/l.
- La valeur 203 mg/l est enregistré à partir d'échantillon prélevé de Cité El-Hamma centre.



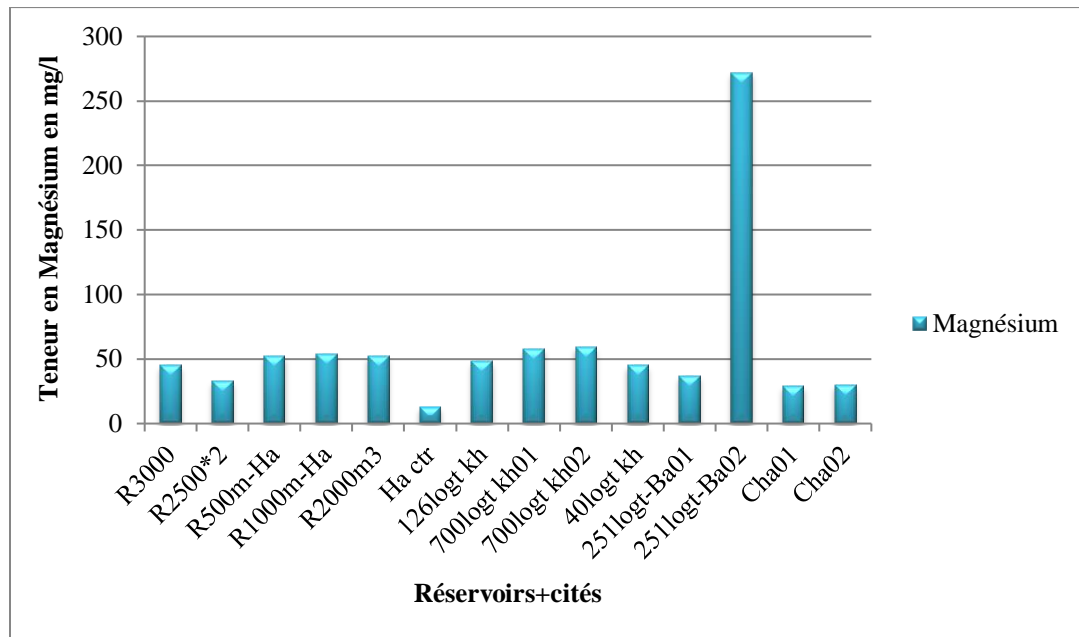
**Figure 39 : Variation des teneurs en Calcium des eaux potables de la wilaya de Khenchela.**

### 1.2.2. Magnésium ( $\text{Mg}^{+2}$ )

Les teneurs de magnésium en échantillons prélevés sont présentés graphiquement dans la figure 40 :

Selon la figure 40 on note que :

- Les teneurs en Magnésium sont comprises entre 13mg/l et 272mg/l.
- L'échantillon prélevé de la cité El-hamma centre a une faible teneur en magnésium tandis que l'échantillon de la cité 251 logements (2) à Babar a une teneur très élevée en magnésium et qui égale à 272mg/l et qui peut provoquer un risque sanitaire.



**Figure 40 : Variation des teneurs en magnésium des eaux potables de la wilaya de Khenchela.**

### 1.2.3. Sodium (Na<sup>+</sup>)

Les teneurs de Sodium en échantillons prélevés sont présentés graphiquement dans la figure 41 :

Selon la figure 41 on constate que :

- La valeur la plus élevée en Sodium est de 294mg/l observée au Cité El-Hamma centre et la plus basse est de 63mg/l au R2500\*2.
- Les teneurs en Sodium dans 6 échantillons sont extrêmement élevés dépassant les normes limites (200mg/l), Ces échantillons sont prélevé de :  
R3000, R500m-Hamma, Cité El-Hamma centre, Cité 126logt khenchela, Cité 700logt khenchela (01), Cité 700logt khenchela (02).

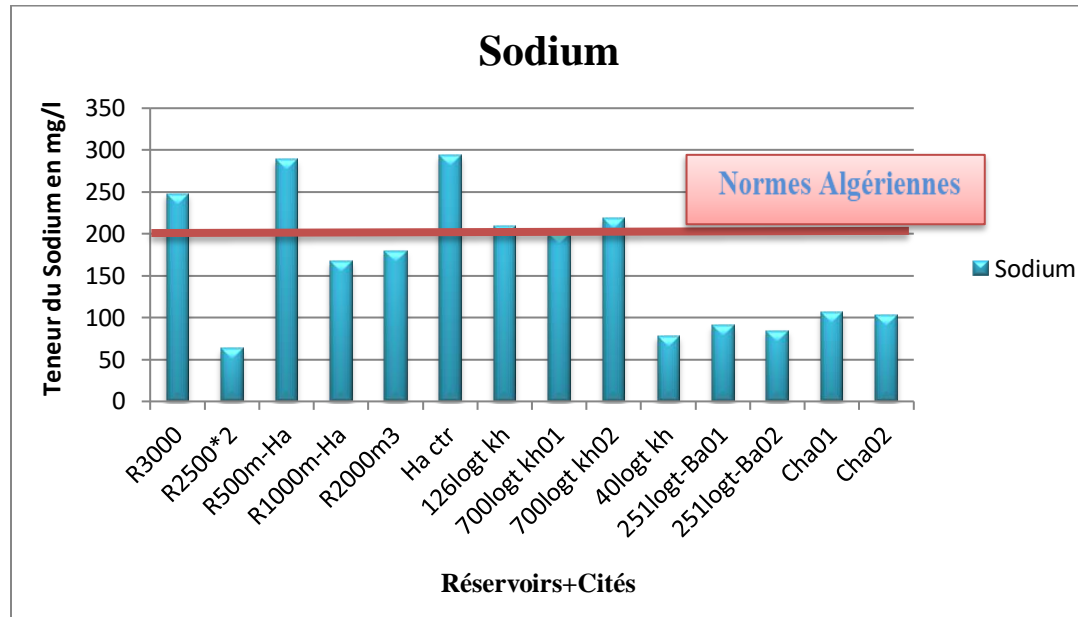


Figure 41 : Variation des teneurs en Sodium des eaux potables de la wilaya de Khenchela.

1.2.4. Chlorures (Cl<sup>-</sup>)

Les teneurs de chlorures en échantillons prélevés présentés dans la figure 42 :

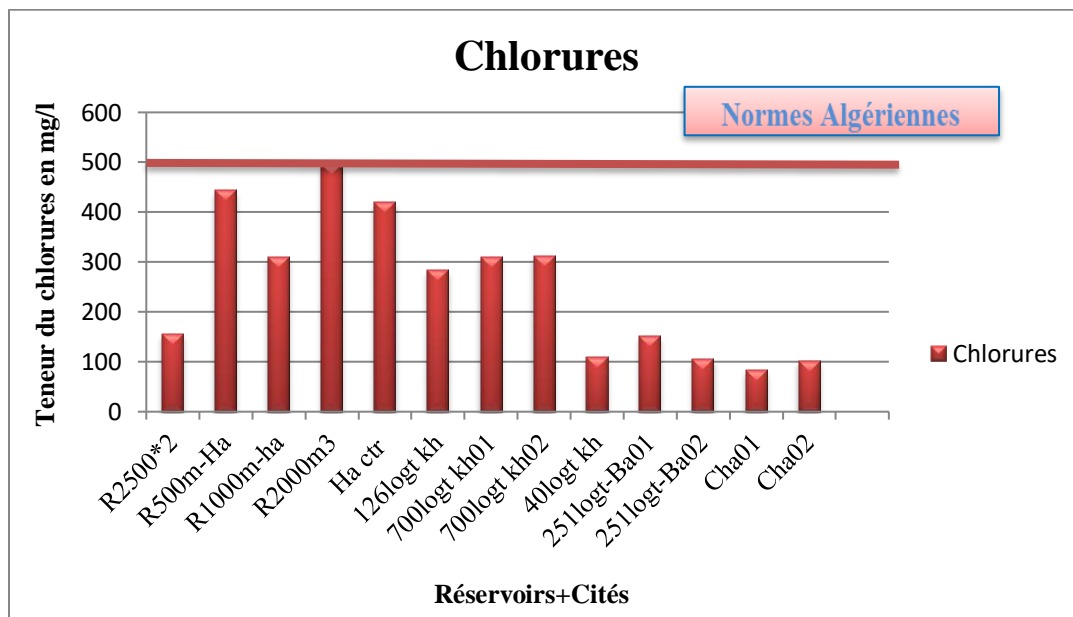


Figure 42 : Variation des Chlorures des eaux potables de la wilaya de Khenchela.

Selon la figure 42 on constate que :

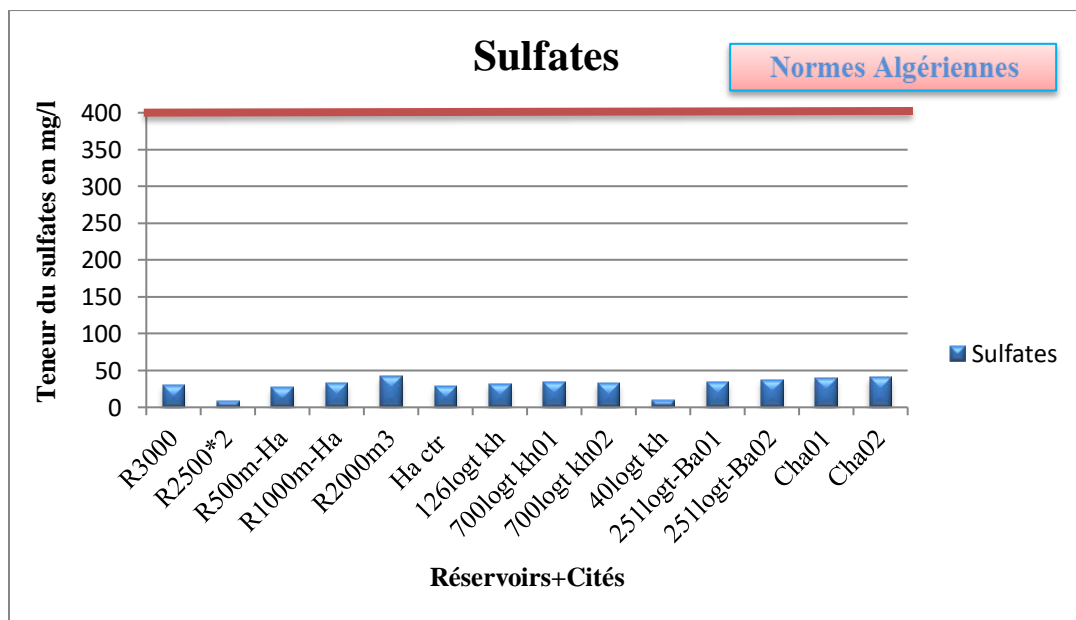
- La figure 42 montre que tous les échantillons d'eau se trouvent dans l'intervalle de la norme de potabilité algérienne (<500g/l) ;
- La valeur la plus élevée en Chlorures est de 496mg/l observée au R2000m<sup>3</sup> et la plus basse est de 83mg/l au Cité Soltani Saadallah-Chachar (01).

### 1.2.5. Sulfates (SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>)

Les teneurs de sulfates en échantillons prélevés sont présentés graphiquement dans la figure 43.

Selon la figure 43 :

- La figure 43 montre que tous les échantillons d'eau se trouvent dans l'intervalle de la norme de potabilité algérienne (<400mg/l);
- La valeur la plus élevée en Sulfates est de 42.386mg/l observée au R2000m<sup>3</sup> et la plus basse est de 8.674mg/l au R2500\*2.



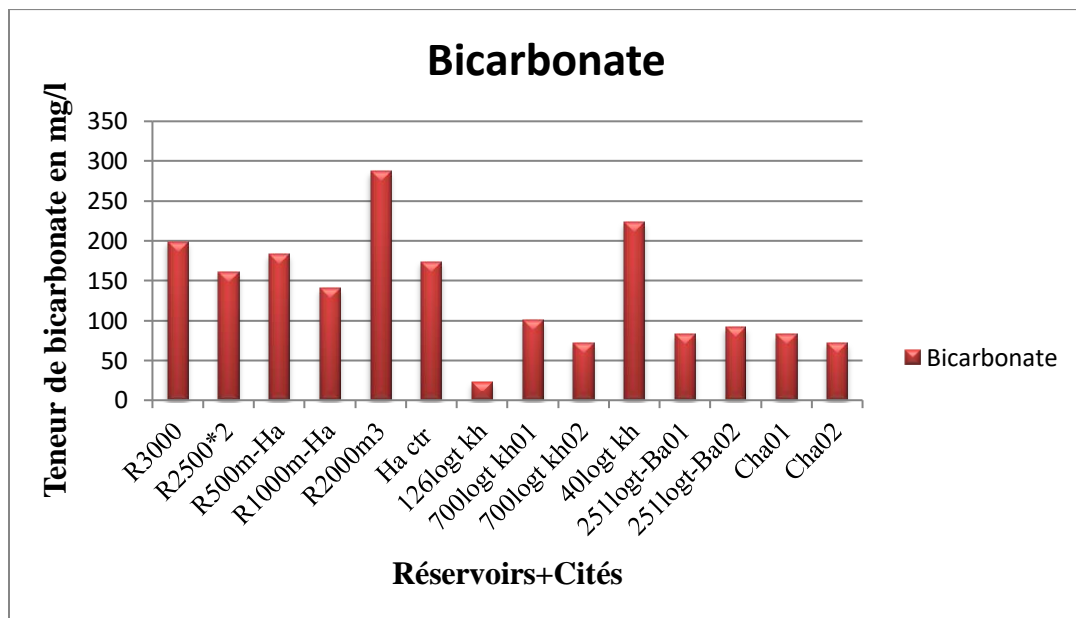
**Figure 43: Variation des teneurs en Sulfates des eaux potables de la wilaya de Khenchela.**

### 1.2.6. Bicarbonate (HCO<sup>-3</sup>)

Les résultats des analyses obtenues pour déterminer la teneur en Bicarbonate sont présentés graphiquement dans la figure 44.

Selon la figure 44 :

- On trouve que les eaux potables de la wilaya de Khenchela ont une teneur en Bicarbonate variée de 23mg/l au 287mg/l.
- La valeur la plus élevée (287mg/l) est enregistrée au niveau du réservoir 2000m<sup>3</sup> à Ouled-Rachache.



**Figure 44 : Variation des teneurs en Bicarbonate des eaux potables de la wilaya de Khenchela.**

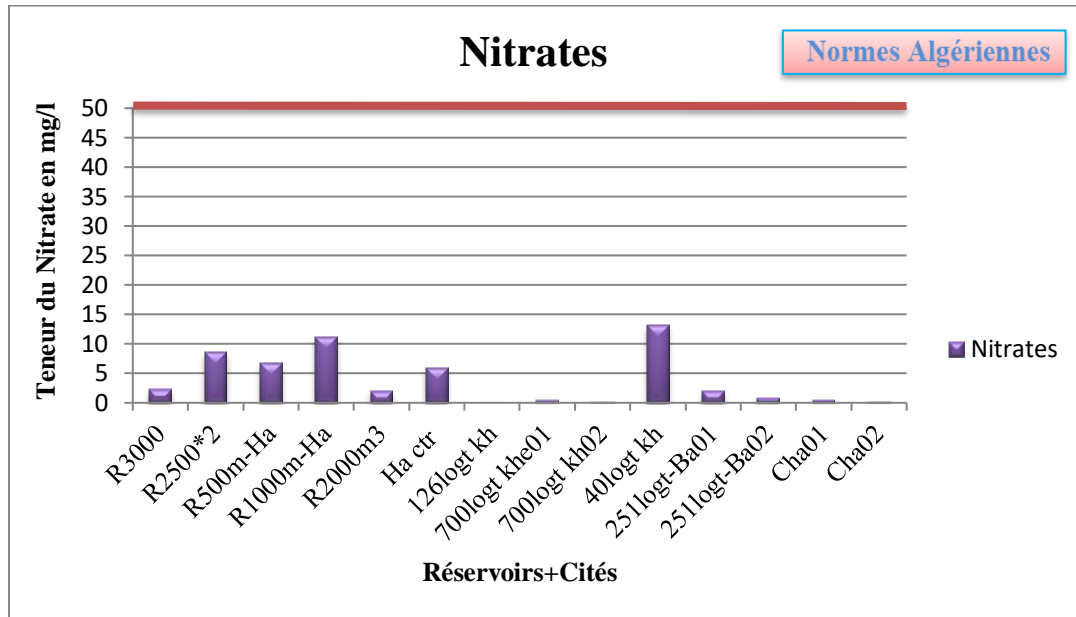
### 1.3. Les indicateurs de pollution

#### 1.3.1. Les nitrates (NO<sub>3</sub>)

Les teneurs de nitrates en échantillons prélevés présentés graphiquement dans la figure 45:

Selon la Figure 45 on constate que :

- Toutes les valeurs sont conformes aux normes algériennes (<50mg/l).
- La valeur la plus élevée en nitrates est de 13.068mg/l observée au Cité 40logt khenchela et la plus basse égal à zéro observée au Cité 126logt khenchela.



**Figure 45 : Variation des teneurs en Nitrates des eaux potables de la wilaya de Khenchela.**

### 1.3.2. Les Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )

- On a trouvé que toutes les échantillons ont des teneur de nitrites ( $<0.2\text{mg/l}$ ) conformes aux normes algériennes ( $0.2\text{mg/l}$ ), cela signifie l'absence de pollution organique.

### 1.3.3. Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ )

Les teneurs de l'Ammonium en échantillons prélevés sont présentés graphiquement dans la figure 46:

Selon la Figure 46 on constate que :

- Toutes les valeurs sont conformes aux normes algériennes ( $<0.5\text{mg/l}$ ).
- La valeur la plus élevée en ammonium est de  $0,357\text{mg/l}$  observée au Cité 251Logt-Babar (01) et la plus baisse est de  $0,025\text{mg/l}$  au R500m-El Hamma.

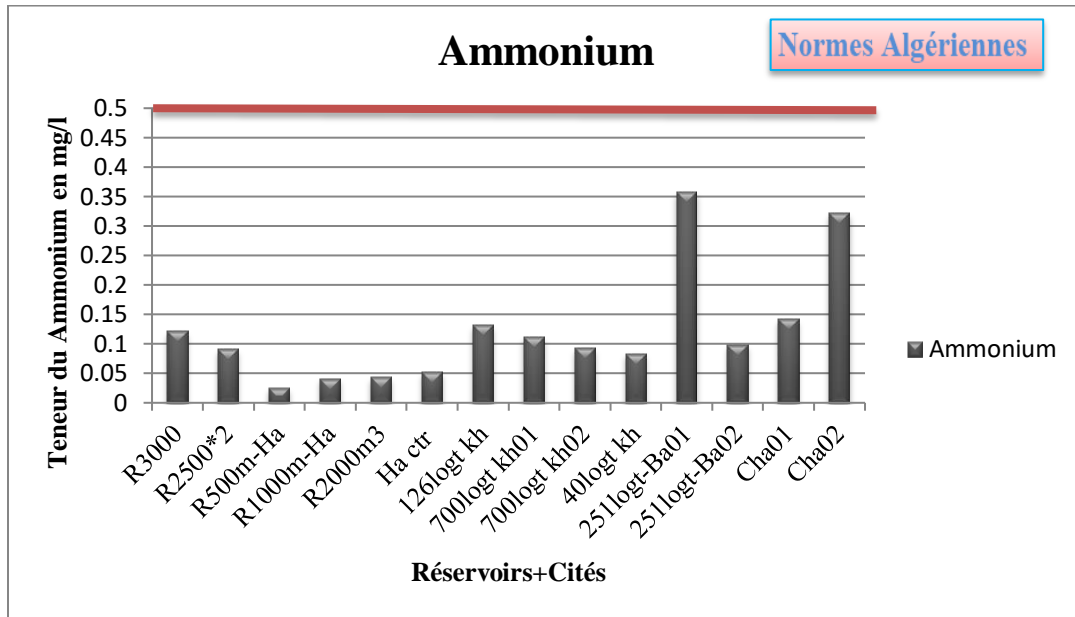


Figure 46 : Variation des teneurs en Ammonium des eaux potables de la wilaya de Khenchela.

### 1.3.4. Phosphore (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>)

Les teneurs de Phosphore en échantillons prélevés sont présentés graphiquement dans la figure 47:

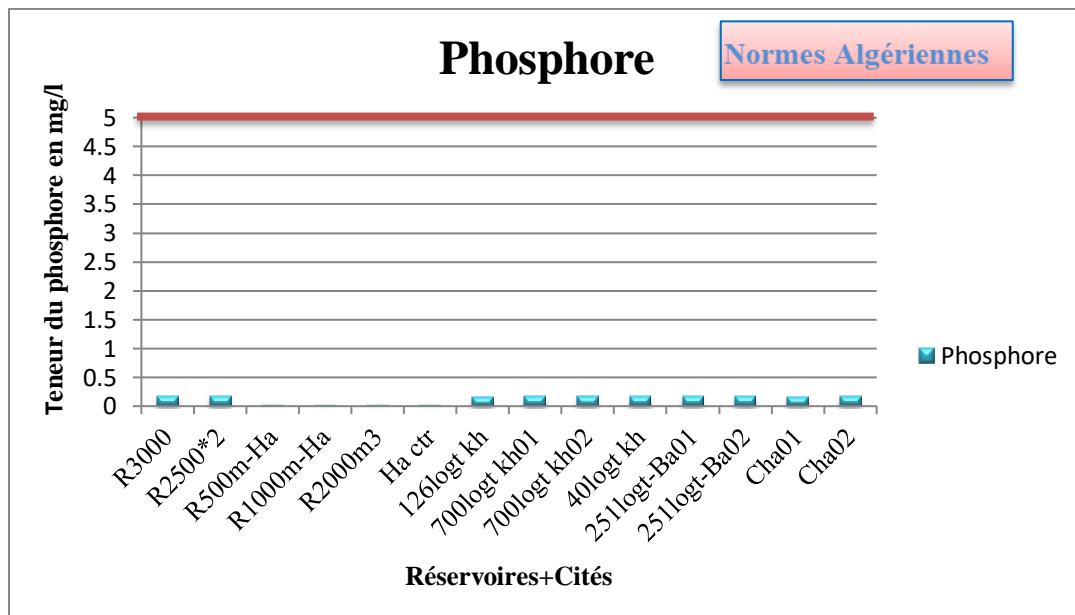


Figure 47 : Variation des teneurs en Phosphore des eaux potables de la wilaya de Khenchela.

Selon la Figure 47 on constate que :

- La majorité des échantillons ont des teneurs en phosphore avec des valeurs très proches (approximativement égales à 0.17mg/l) ;
- La valeur la plus élevée en phosphore est de 0,177mg/l observée au Cité 700logt khenchela (02) et la plus basse est de 0,001mg/l au R2000m<sup>3</sup>.

## **2. Evaluation de la qualité des eaux prélevées selon le Système d'évaluation de la qualité des eaux (SEQ)**

Selon le SEQ (Annexe 03), on a trouvé que :

- Les échantillons prélevés de : R2500\*2, 40logt, 251logt(1), Cha01, Cha02; appartiennent à la classe de très bonne qualité (en bleu).
- Les échantillons prélevés de : R3000m<sup>3</sup>, R2500\*2, R500m<sup>3</sup>, R1000m<sup>3</sup>, R2000m<sup>3</sup>, Ha ctr, 126logt, 700logt (1), 700logt (2) ; appartient à la classe de bonne qualité (en vert).
- L'échantillon prélevé de la Cité 251logt (2) est de qualité médiocre (valeur de Mg<sup>+2</sup>) (en orange).

## **3. Faciès chimiques des eaux**

La représentation des données physico-chimiques sur le diagramme de Piper montre plusieurs faciès chimiques qui dépendent de la nature géologique des aquifères pour les eaux souterraines et du lac de barrage pour les eaux de surface.

Le report des 14 échantillons prélevés dans les réservoirs et eaux de robinet des différentes communes de la wilaya sur le diagramme de Piper (figure 48) montre deux ensembles de points : l'un caractérisé par le faciès chloruré et sulfaté calcique et magnésien ce qui indique une dissolution évaporitique riche en sels et en gypse de la source. Par contre le deuxième ensemble représente les points caractérisés par un faciès chloruré sodique, indiquant des apports plus riches en éléments salifères (NaCl), dû à l'effet de l'évaporation des eaux de surface au niveau de la source. La séparation des deux ensembles se fait par rapport aux concentrations de cations (Ca<sup>2+</sup> et Na<sup>+</sup>). Ici on remarque la dominance du calcium.

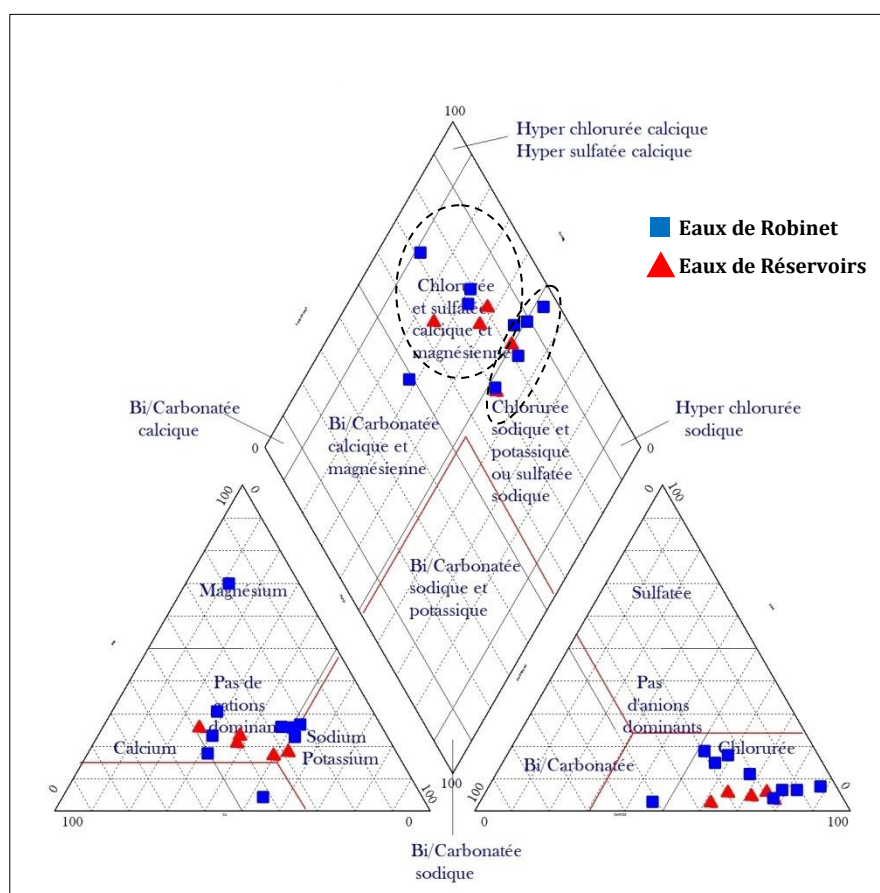


Figure 48. Diagramme de Piper

## 4. Analyse statistique des données physico-chimiques

### 4.1. Statistiques descriptives

La caractérisation hydrochimique des eaux est la première étape de toute étude de qualité. Les résultats de l'analyse physico-chimique des eaux sont présentés dans le tableau 10. Les valeurs de conductivité oscillent entre 559 et 2380  $\mu\text{S}/\text{cm}$  pour l'ensemble des échantillons recueillis. Même les eaux les plus minéralisées ne dépassent pas les normes Algériennes fixés à 2800 $\mu\text{S}/\text{Cm}$ .

Il ressort également des moyennes des teneurs en éléments majeurs que les cations dominants sont  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Na}^+$  au niveau des deux groupes de faciès mentionnés précédemment. Les anions dominants sont  $\text{Cl}^-$  et  $\text{SO}_4^{2-}$  ce qui explique le faciès chloruré et sulfaté calcique et de magnésien émergeant.

Tableau 10. Statistiques descriptives

	pH	CE	T	Turb	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
<b>Nb. d'observations</b>	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
<b>Minimum</b>	7,4	559	10	0	0	0	38	13	63	83	9	0	23
<b>Maximum</b>	8,7	2380	18	2	0	0	203	272	294	496	42	13	287
<b>1er Quartile</b>	7,6	1058	12	0	0	0	99	34	94	119	29	0	82
<b>Médiane</b>	8,1	1291	13	1	0	0	118	47	174	267	33	2	121
<b>3ème Quartile</b>	8,5	1572	15	1	0	0	148	54	217	312	37	7	181
<b>Moyenne</b>	8,0	1338	14	1	0	0	122	59	167	252	31	4	135
<b>Variance (n-1)</b>	0,2	241850	5	0	0	0	1751	3925	6342	19113	104	20	5271
<b>Ecart-type (n-1)</b>	0,5	492	2	0	0	0	42	63	80	138	10	4	73

## 4.2. L'analyse en composantes principales




Dans cette étude, l'analyse en composantes principales a été effectuée sur les 14 échantillons qui se présentent en 2 groupes : le premier des eaux de réservoirs et le deuxième des eaux de robinet. Le but de cette analyse statistique (ACP) est de faire ressortir les différentes corrélations entre les éléments chimiques et les interrelations entre les échantillons. Cela nous permet de donner une idée préalable sur les éléments dominants et les échantillons qui présentent un risque à la pollution.

La matrice de corrélation entre les variables (Tab.11) montre plusieurs corrélations. Une relation moyennement significative positive est observée entre le pH et l'ammonium car ce dernier sert comme donneur de protons ce qui diminue le pH.

Une corrélation faible à moyenne entre la CE et les éléments Ca<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup> et SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> indique leur contribution remarquable dans la minéralisation des eaux. La relation CE-Cl<sup>-</sup> est hautement significative ce qui indique que cet anion contribue en premier lieu dans la charge minérale des eaux de la wilaya.

Tableau 11. Matrice de corrélation de n-pearson

Variables	pH	CE	T	Turb	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
pH	1,00												
CE	-0,41	1,00											
T	-0,57	0,45	1,00										
Turb	0,64	-0,07	0,06	1,00									
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,70	-0,43	-0,41	0,63	1,00								
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,59	-0,86	-0,77	0,09	0,53	1,00							
Ca <sup>2+</sup>	-0,41	0,65	0,73	0,28	-0,22	-0,78	1,00						
Mg <sup>2+</sup>	0,29	-0,14	-0,06	0,32	-0,13	0,18	-0,06	1,00					
Na <sup>+</sup>	-0,49	0,64	0,29	-0,14	-0,45	-0,53	0,46	-0,26	1,00				
Cl <sup>-</sup>	-0,65	0,86	0,45	-0,28	-0,57	-0,78	0,63	-0,24	0,81	1,00			
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,45	0,48	-0,24	0,48	0,30	-0,13	0,03	0,20	0,15	0,15	1,00		
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-0,63	-0,06	0,58	-0,40	-0,42	-0,38	0,30	-0,20	-0,11	0,04	-0,75	1,00	
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-0,48	0,39	0,57	-0,33	-0,52	-0,55	0,51	-0,16	0,17	0,45	-0,32	0,53	1,00

	Faiblement significative
	Moyennement significative
	Hautement significative

Les relations entre les éléments Ca<sup>2+</sup> - Cl<sup>-</sup> / Ca<sup>2+</sup>- HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> indiquent leur origine commune. La corrélation entre les chlorures et le sodium est hautement significative ce qui explique une origine commune.

La projection des variables et des individus a été effectuée sur 2 axes, qui représentent 66.24% de la variance totale (fig 50).

La projection sur le plan I-II : montre l'existence de deux groupes (fig 49) :

- le premier se développe sur l'axe I (44.58% de la variance), il présente le pôle de la majorité des cations et anions majeurs et là CE/pH (9 éléments) en relation positive à l'exception des Bicarbonates.

La projection des individus montre que cet axe explique surtout les deux réservoirs de la ville d'El-Hamma (R500m-Ha et R1000m-Ha), R2000m<sup>3</sup> d'Ouled rechache (Zoui) et Ha ctr ainsi que les deux cités de la ville de Chachar et les 251logts de Babar.

- le deuxième ensemble se positionne sur l'axe II (21.66% de la variance), les valeurs négatives représentent la pollution par Nitrates et les valeurs positives représentent les points d'eaux riches en Sulfates.

La projection des individus montre que les éléments de la pollution (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) sont liés aux eaux du réservoir R2500\*2 de Khenchela et la cité 40logt kh.

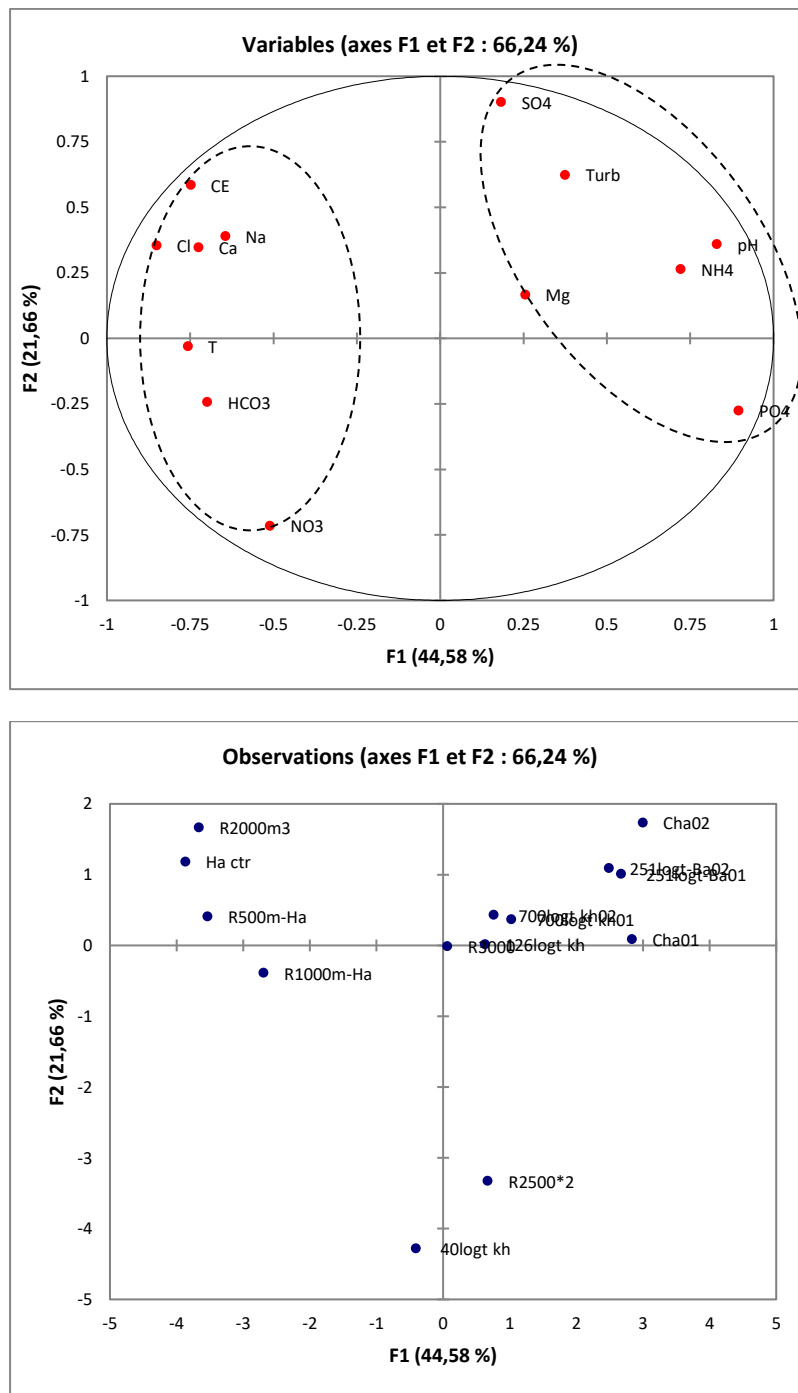


Figure 49. Projection des individus et variables sur le plan I-II.

*Conclusion  
Générale*

### *Conclusion générale*

L'eau potable c'est toutes formes d'eaux qu'on peut boire ou bien les utiliser dans des activités domestiques et industrielles sans avoir un risque sanitaire. Ces eaux peuvent être superficielles ou souterraines, classées en 03 formes : eau de source, minérale et robinet. Ce dernier, au cours de son passage dans les réseaux de canalisations à partir de ses ressources jusqu'aux robinets des utilisateurs, peut changer de sa qualité en modifiant les teneurs des ions qu'elles contiennent.

Pour empêcher tout risque peut dégrader la qualité physicochimique des eaux potables il est indispensable de les soumise à des contrôles sanitaires d'une façon réglementaire, car tout négligence au sein de ces contrôles implique le boire d'une eau infectée peut entraîner un risque de contamination, de maladie bleue chez les enfants et risque de cancers au cas de l'azote, risque de troubles respiratoires ; digestifs ; nerveux ou cutanés au cas des métaux lourds, effets de reproduction et mutations au cas de pesticides.

Dans ce cadre, on pose cette étude qui nous a permet d'évaluation de la qualité physicochimique des eaux destinées à l'alimentation humaine dans la wilaya de Khenchela, on a lancé une série d'analyses formé de 14 échantillons (répartie entre réservoirs et cités) qui a touché cinq zones de wilaya sont : Khenchela (ville), El-Hamma, Babar, Chachar et Ouled Rachache au cours du mois Janvier jusqu'à le mois Avril de l'année 2022.

Les résultats montrent que les paramètres physicochimiques des 14 échantillons sont conformes aux normes algériennes, mais on note que les résultats de quelques échantillons en deux paramètres : La dureté totale et la teneur en sodium, dépassent la valeur indicative fixée par la norme Algérienne relative à la qualité de l'eau potable.

- Ces doses élevées de dureté totale peut provoquer : Lithiase urinaire, Irritation cutanée, Pathologies cardiovasculaires.
  - La solution est l'addition de  $\text{CO}_2$  et/ou l'extraction de  $\text{CaCO}_3$ , qui sert à restaurer l'équilibre.
- Des doses élevées de sodium dans l'eau potable causent une hypertension et une augmentation de la rigidité musculaire.

## Conclusion Générale

---

On a enregistré le taux élevé de dureté totale aux échantillons prélevés de : Réservoir 500m<sup>3</sup>-El-Hamma, Réservoir 1000m<sup>3</sup>-El-hamma, Réservoir 2000m<sup>3</sup>-Ouled Rechach et Cité El-Hamma centre avec des valeurs respectivement de : 636mg/l CaCO<sub>3</sub>, 632mg/l CaCO<sub>3</sub>, 632mg/l CaCO<sub>3</sub> et 560 mg/l CaCO<sub>3</sub>. Tandis que les teneurs en Sodium non conformes sont 6 et prélevés de : Réservoir 3000m<sup>3</sup>/Khenchela, Réservoir 500m<sup>3</sup>/El-Hamma, Cité El-Hamma centre, Cité 126 logements /khenchela, Cité 700 logements/khenchela (01) et (02). Pour cela il faut identifier la source de contamination de ces paramètres et comment gérer cette augmentation pour minimiser les effets engendrés par ces valeurs élevées.

Cette étude nous a permis de montrer l'existence de deux faciès chimiques :

- faciès chloruré et sulfaté calcique et magnésien.
- faciès chloruré sodique.

Qui dépendent de la nature géologique des aquifères pour les eaux souterraines et du lac de barrage pour les eaux de surface.

L'analyse en composantes principales est de faire ressortir les différentes corrélations entre les éléments chimiques et les interrelations entre les échantillons. Ce qui nous permet de donner une idée préalable sur les éléments dominants et les échantillons qui présentent un risque de pollution.

La projection des individus montre que les éléments de la pollution (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) sont liés aux eaux du réservoir R2500\*2 de Khenchela et la cité 40 logements-khenchela.

A l'aide de ces résultats, on peut donner quelques recommandations, procédures et techniques pour minimiser ou éliminer le risque de dégradation de la qualité des eaux potables dans le but de protéger la santé des habitants :

- Sensibilisation des citoyens par les acteurs des territoires à la conservation des eaux (Ecosystèmes aquatiques) et le danger de consommé une eau polluée.
- Législations des lois strictes pour protéger les ressources en eaux.
- Stérilisation et désinfection périodiquement de l'ensemble des réseaux hydrauliques (réservoirs+ barrages+ forages) et même les citernes domestiques des habitants.

## Conclusion Générale

---

- Contrôle régulière des canaux.
- Interdiction de jeter les déchets au sein des ressources hydrauliques.
- Construction des nouveaux laboratoires pour réduire la pression sur la seule Unité de laboratoire d'ADE.
- Renforcement et restructuration de l'unité de laboratoire et apporter les réactifs nécessaires aux procédures.

*Références  
Bibliographiques*

**A.D.E(2014).** Rapport final sur les eaux potables de la ville de Khenchela. Algérienne des

**Algérie des eaux(2022)** Laboratoire des analyses de l'eau. Unité de Khenchela-1-.

**Aouidane,L(2017)**Origines de la salinisation des eaux et des sols d'une zone à climat semi-aride: Cas de Remila (W. Khenchela).Thèse de doctorat en Sciences agronomiques, Université Mohamed Khider, Biskra.215p.

**Beaudeau,P(2012).** Surveillance syndromique des gastroentérites aiguës : une opportunité pour la prévention du risque infectieux attribuable à l'ingestion d'eau du robinet. Thèse de doctorat. Université de Rennes 1, 244p.

**Benkaddour,B(2018).** Contribution à l'étude de la contamination des eaux et des sédiments de l'Oued Cheliff (Algérie). Thèse de doctorat. Université de Perpignan; Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem, 193p.

**Bessioud,S(2010)**Traitement D'une Eau De Surface par Electrocoagulation .Mémoire de Magister en Génie des matériaux , Université 08Mai1945,Geulma,127pages.

**Boubelli,S(2009)**Identification Et Mise En Évidence Des Formations Hydrogéologiques De La Wilaya De Khenchela (Nord-Est Algérien) Analyse Et Synthèse De Données. Mémoire de Magister en Hydrogéologie, environnementale et modélisation, Université Badji Mokhtar,Annaba, 133p.

**Boukhechem,R(2010)**Expérimentation Participative et Adaptative de Modèles de Gestion des Ressources Forestières dans la Chaîne Montagneuse de l'Atlas (Algérie, Maroc, Tunisie) : zones forestières de bouhmama et m'sara wilaya de khenchela,alger.39p.

**Boulacheb,M&kaouache,F(2017)** Recherche du plomb dans l'eau destinée à la consommation humaine : cas de la ville de Jijel. Mémoire de Master en Toxicologie de l'Environnement. Université Med-Seddik Ben Yahia, Jijel, 79p.

- Boumaiza,I(2012)** Origine de la salinité et modélisation thermodynamiques des eaux souterraines de l'aquifère de Khenchela.Mémoire de Magister en Ecologie et Environnement,Université Abbès Laghrour,Khenchela,87p.
- Bouzaini,M(2000)** L'eau de la pénurie aux maladies. Ibn khaldoun, pp (11), Alger.
- Chaden Moussa,H(2014).** Évaluation de la qualité de l'eau du bassin supérieur de la rivière du Litani, Liban : approche hydrogéochimique. Thèse de doctorat. Université de Lorraine, 268p.
- 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 Pharmacie, Université de Bamako,Mali.69pages.
- Dajoz,R(1985)**Précis d'écologie. Ed. Dounod, Paris, 505p.
- Dajoz,R(2003)**Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 615p.
- Dajoz,R(2003)**Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 615p.
- Degremont(2005)** Mémento technique de l'eau ,Deuxième Edition Tom1.
- Delarras,C&Trébaol,B& Durand,J(2007)**Surveillance sanitaire et microbiologiques des eaux. Édition. TEC et DOC, pp (103-333-403-357), France.
- Diab,W(2016)**Étude des propriétés physico-chimiques et colloïdales du bassin de la rivière Litani, Liban. Thèse de doctorat. Université de Lorraine, 212p.
- DIB,I & YADI,S(2020)**Application de l'analyse multicritères pour la classification chimique de quelques eaux minérales algériennes commercialisées. Mémoire de Master en Hydraulique Urbaine. Université Aboubakr Belkaïd, Tlemcen ,94p.
- Eaux Laboratoire d'analyse Unité de Khenchela.** 20 p.
- F. LE DUC & D. VAURETTE.TREGOR SOLIDARITE NIGER :** Contrôle bactériologique de la potabilité des eaux.31p.

**Gaagai,A(2017)**Etude de l'évolution de la qualité des eaux du barrage de Babar (Sud-Est Algérien) et l'impact de la rupture de la digue sur l'environnement. Thèse de doctorat. Université Mostefa Benboulaïd - BATNA 2, 225p.

**Gbohaida, V., Agbangnan, D. P., Ngossanga, M. B., Medoatinsa, S. E., Dovonon, L. F., Wotto, D. V., ... & Sohounhloue, D. C(2016)** Etude de la qualité physico-chimique de l'eau de boisson dans deux localités du Bénin: Cotonou et Dassa-Zoumè. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10(1), 422-434.

**Ghodbane,M(2018)**Estimation des potentialités des eaux souterraines et estimation de la pollution par les nitrates : Cas de la région de Chemora-Est algérien.Thèse de doctorat en Hydraulique, Université Mostefa Benboulaïd,batna,192pages.

**Grosclaude, G(1999)** L'eau, usages et polluants. Tom II. Institut national de la recherche agronomique. Paris. P59-64.

**Hassane Saley, A(2018)** Évaluation des ressources en eau de l'aquifère du Continental Intercalaire/Hamadien de la Région de Tahoua (bassin des Iullemeden, Niger) : impacts climatiques et anthropiques. Thèse de doctorat. Université Paris Saclay (COmUE); Université Abdou Moumouni, 252p.

**Journal Officiel Algérien (J.O.R.A) (2011)** La qualité de l'eau de consommation humaine. Décret exécutif n° 11-125 du 18 Rabie-Ethani 1432 23 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine. Pp 7-9.

**Journal officiel de l'Union européenne (2020)** Directive (UE) 2020/2184 du parlement européen et du conseil du 16 décembre 2020 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine (refonte).p34.

**Journal officiel de l'Union européenne (2020)** Directive (UE) 2020/2184 du parlement européen et du conseil du 16 décembre 2020 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine (refonte).p35-42.

**Journal officiel de l'Union européenne (2020)** Directive (UE) 2020/2184 du parlement européen et du conseil du 16 décembre 2020 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine (refonte).p50.

**Khebthane,A(2015)** contribution à l'étude des caractères morphologiques, physiologiques et des marqueurs moléculaires pour l'évaluation du polymorphisme phénotypique et génétique des espèces du genre Tamarix dans différents écotopes de la zone steppique de kenchela (Est Algerien).Thèse de doctorat en Ecophysiologie et Biotechnologie Végétale, Université des Frères Mentouri, Constantine,217p.

**Khldoune,L(2015)** Recherches phréatobiologiques dans la région de Khenchela (Sud Est Algérien) : Qualité de l'eau des puits, Biodiversité, Écologie et Biogéographie des espèces stygobies.Thèse de doctorat en Hydrobiologie, Université Larbi Ben M'hidi, Oum El Bouaghi.120p.

**Kullar,S(2018)** Détermination de la concentration de manganèse dans l'eau potable associée à des déficits cognitifs chez l'enfant. Mémoire de M.Sc.En santé environnementale et santé au travail, Université de Montréal, Montréal, 80p.

**Kullar,S(2018)**Mémoire de M.Sc.en santé environnementale et santé au travail,Université de Montréal,Montréal.80p.

**Larbi,A&Mekkoui,F(2011)** Contribution à l'étude de la qualité de l'eau de ville de Djelfa. Mémoire de fin d'étude Ingénieur d'Etat en Biologie. Université Djelfa. 87p.

**Margat,J & Monition,L(1971)** Les eaux Souterraine : Gestion et Protection. Organisation Mondiale de la santé, Genève, 44p.

**Ministère des solidarités et de santé** (publié le 23.07.2021). Une nouvelle directive eau potable. [https://solidarites-sante.gouv.fr/sante-et-environnement/eaux/article/une-nouvelle-directive-eau-potable#:~:text=la%20consommation%20humaine,La%20directive%2098%2F83%2FCE%20relative%20%20C3%A0%20la%20qualit%C3%A9%20des,'Union%20europ%C3%A9enne%20\(UE\).](https://solidarites-sante.gouv.fr/sante-et-environnement/eaux/article/une-nouvelle-directive-eau-potable#:~:text=la%20consommation%20humaine,La%20directive%2098%2F83%2FCE%20relative%20%20C3%A0%20la%20qualit%C3%A9%20des,'Union%20europ%C3%A9enne%20(UE).)

**Obami Ondon,H(2020)** Etude Du Fonctionnement Hydrodynamique Et Physico-Chimique De L'aquifère Profond Du Plateau De Mbé Au Pool-Nord. Thèse De Doctorat. Université Marien Ngouabi, 115p.

**OMS/UNICEF(2000)** Programme conjoint de surveillance de l’approvisionnement en eau et de l’assainissement. Rapport sur l’évaluation de la situation mondiale de l’approvisionnement en eau et de l’assainissement.

**Orelien,F(2016-2017)**Etude de la qualite de l'eau destinee a la consommation humaine dans le sous-bassin versant de Ravine Diable (Anse-a-Veau). Mémoire de master. U Liège université, 58p.

**Organisation mondiale de la Santé (2017)** DIRECTIVES DE QUALITÉ POUR L’EAU DE BOISSON. 4<sup>e</sup> éd. 564p.

**Rodier J., Legude B., Merlet N.,et coll(2009)**. L’analyse de l’eau. 9th Edition.Dunod.1579p.

**Thiollet Scholts,M(2004)**Construction d’un indicateur de qualité des eaux de surface vis-à-vis des produits phytosanitaires à l’échelle du bassin versant viticole, Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Lorraine.

**Touahria,Kh(2013)**Evaluation de la qualité des eaux de forages par comparaison de leurs caractéristiques Physico-chimiques (région de Tebessa). Mémoire de Magister en chimie analytique et physique, Université Mohamed Cherif Massaâdia Souk-Ahras, Souk-Ahras ,218p.

**Vreeburg, J.H.G& Boxall,J.B(2007)**Discoloration in potable water distribution systems: a review. Water Res. 41, 519–529.

**WHO (Word Health Organization) (2011)** Guidelines for drinking-water quality. Fourth edition. Geneva. 564p.

**Word Health Organization(2006)**.Guidelines for drinking-water quality. First addendum to third edition. Volume 1. Recommendations. 595p.

**Word Health Organization(2022)**. Guidelines for drinking-water quality : Fourth edition incorporating the first and second addenda.614p.

**Yoann, P(2018)**Étude des communautés bactériennes d'un réseau d'eau potable. Influence des paramètres environnementaux. Thèse de doctorat. Université de Poitiers, 196p.

**Zerki,N(2013)**Apport De La Chimie Pour L'analyse Et L'interprétation De Quelques Paramètres Physico-Chimiques Influençant La Répartition Des Métaux Lourds, Des Eléments Nutritifs Et Des Anions Dans Les Eaux De L'oued De Bouregreg. Thèse de doctorat en Chimie Physique Générale des matériaux,Nano matériaux et Environnement.Université de Mohammed V-AGDAL,Morocco.161pages.

*Annexes*

## Annexe 1 : Normes de potabilité des eaux

**Tableau 01 : Paramètres physique d'évaluation de la potabilité des eaux.**

Groupe de paramètre	Paramètre	Unité	Valeurs indicatives
Paramètres physiques	pH		Pas de valeur guide mais un optimum entre 6.5 et 9.5
	Conductivité		Pas d'énormes
	Température		Acceptable
	Turbidité	NTU (1 NTU pour Ladé infection)	5
Paramètres organoleptiques	Couleur		Pas de valeur guide
	Goût et odeur		Acceptable

(O.M.S., 2006)

**Tableau 02 : Paramètres chimiques d'évaluation avec valeurs limites.**

Groupe de Paramètre	Paramètres	Unités	Valeurs Limites (CMA)
Eléments toxiques	Arsenic (As)	mg/l	0.01
	Cadmium(Cd)	mg/l	0,003
	Chrome Cr <sup>+3</sup> , Cr <sup>+6</sup>	mg/l	Chrome total : 0.05
	Cyanure (CN <sup>-</sup> )	mg/l	0.07
	Mercure (Hg)	mg/l	Inorganique : 0,006
	Sélénium(Se)	mg/l	0,01
	Plomb(Pb)	mg/l	0,01
	Antimoine(Sb)	mg/l	0.02
	Fer(Fe)		Pas de valeur guide
Eléments indésirables	Manganèse(Mn)	mg/l	0.4
	Aluminium(Al)	mg/l	0.2
	Cuivre (Cu <sup>2+</sup> )	mg/l	2
	Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	mg/l	0.5
	Argent		Pas de valeur guide
	Fluorures	mg/l	1.5
	Zinc(Zn)	mg/l	3
	Bore(B)	mg/l	0.5
	Hydrocarbures aromatiques	µg/l	0.1
THM (Trihalométhanes) C Cl <sub>4</sub>	µg/l	4	
Minéralisation globale	CalciumCa <sup>2+</sup>	mg/l	100
	Chlorures(Cl)	mg/l	250
	Magnésium Mg <sup>2+</sup>	mg/l	50
	Duretémg/lCaCO <sub>3</sub>	Ppm	200
	Sodium(Na <sup>+</sup> )	mg/l	20
	Potassium(K <sup>+</sup> )	mg/l	12

**Tableau 03 : Paramètres physique d'évaluation avec valeurs indicatives.**

Groupe de Paramètre	Paramètres	Unités	Valeurs indicatives
Paramètres physiques	pH		$\geq 6.5$ et $\leq 9.5$
	Conductivité	$\mu\text{S}/\text{cm}$ à $20^\circ\text{C}$	2500
	Température	$^\circ\text{C}$	25
	Turbidité	NTU (1 NTU pour l'adésinfection)	Acceptable pour les consommateurs Et pas de changement anormal
Paramètres organoleptiques	Couleur		Acceptable pour les consommateurs Sans couleurs anormales
	Goût		Acceptable pour les consommateurs Et sans goûts particuliers
	Odeur		Acceptable pour les consommateurs Et sans odeur sa normales

(J.O.U.E., 2020)

**Tableau 04 : Paramètres chimiques d'évaluation avec valeurs limites.**

Groupe de paramètre	Paramètre	Unité	Valeurs limites (CMA)
Eléments toxiques	Arsenic (As)	$\mu\text{g}/\text{l}$	0.10
	Cadmium (Cd)	$\mu\text{g}/\text{l}$	5.0
	Chrome $\text{Cr}^{+3}$ , $\text{Cr}^{+6}$	$\mu\text{g}/\text{l}$	25
	Cyanure ( $\text{CN}^-$ )	$\mu\text{g}/\text{l}$	50
	Mercure (Hg)	$\mu\text{g}/\text{l}$	1.0
	Sélénium (Se)	$\text{mg}/\text{l}$	0.01
	Plomb (Pb)	$\mu\text{g}/\text{l}$	5.0
	Antimoine (Sb)	$\mu\text{g}/\text{l}$	10
	Fer (Fe)	$\text{mg}/\text{l}$	0.2
	Manganèse (Mn)	$\text{mg}/\text{l}$	0.05
Eléments indésirables	Aluminium (Al)	$\text{mg}/\text{l}$	0.2
	Cuivre ( $\text{Cu}^{2+}$ )	$\text{mg}/\text{l}$	2.0
	Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ )	$\text{mg}/\text{l}$	0.50
	Fluorures	$\text{mg}/\text{l}$	1.5
	Bore (B)	$\text{mg}/\text{l}$	1.5
	Hydrocarbures aromatiques polynucléaires $\text{C}_2\text{H}_3\text{N}_1\text{O}_5\text{P}_{13}$	$\mu\text{g}/\text{l}$	0.0001
	THM (Trihalométhanes) $\text{CCl}_4$	$\mu\text{g}/\text{l}$	0.01
Chlorures (Cl)	$\text{mg}/\text{l}$	250	

	Manganèse (Mn)	mg/l	0.05
	Turbidité		Acceptable pour les consommateurs et pas de changement
	Sodium (Na)	mg/l	200
	Sulfates (SO <sub>4</sub> )	mg/l	250
<b>Indicateurs de pollution</b>	Nitrates	mg/l	50
	Nitrite	mg/l	0.50
	Pesticides	µg/l	0.10

(J.O.U.E., 2020)

**Tableau 05 : Paramètres physique d'évaluation avec valeurs indicatives.**

Groupe de paramètre	Paramètre	Unités	Valeur selon Norme Algérienne 2011
<b>Paramètres Physique</b>	Ph		≥6.5 et ≤9.5
	Température	°C	25
	Conductivité	µS/cm	2800 à 20°C
	Turbidité	NTU	5
<b>Paramètres Organoleptique</b>	Couleur	mg/l Platine	15
	Saveur		4 (taux dilution à 25°C)
	Odeur		4 (Taux dilution à 12°C)

(J.O.R.A., 2011)

**Tableau 06 : Paramètres chimiques d'évaluation avec valeurs limites.**

Groupe de paramètre	Paramètre	Unité	Valeurs limites
<b>Paramètres chimiques</b>	Aluminium	mg/l	0.2
	Ammonium	mg/l	0.5
	Baryum	mg/l	0.7
	Bore	mg/l	1
	Fer total	mg/l	0.3
	Fluorures	µg/l	1.5
	manganèse	µg/l	50
	Nitrates	mg/l	50
	Nitrites	mg/l	0.2
	Oxydabilité	mg/l O <sub>2</sub>	5
	Phosphore	mg/l	5
	Acrylamide	µg/l	0.5
	Antimoine	µg/l	20
	Argent	µg/l	100
	Arsenic	µg/l	10
	Cadmium	µg/l	3
	Chrome total	µg/l	50
Cuivre	mg/l	2	

## Annexes

	Cyanure	µg/l	70
	Mercure	µg/l	6
	Nickel	µg/l	70
	Plombe	µg/l	10
	Sélénium	µg/l	10
	Zinc	mg/l	5
	Hydrocarbures polycycliques aromatiques (H.P.A) totaux	µg/l	0.2
	Fluoranthène, Benzo (3,4) fluoranthène, Benzo (11,12) fluoranthène, Benzo (3,4) pyrène, Benzo (1,12) pérylène, Benzo (1,2,3-cd) pyrène.	µg/l	0.01
	Hydrocarbures dissous ou émulsionnés extraits au CCl <sub>4</sub>	µg/l	10
	Phénols	µg/l	0.5
	Benzène	µg/l	10
	Toluène	µg/l	700
	Ethylbenzène	µg/l	300
	Xylène	µg/l	500
	Styrène	µg/l	100
	Agents de surface réagissant au bleu de méthylène	mg/l	0.2
	Epychlorehydrine	µg/l	0.4
	Microcystine LR	µg/l	0.1
	Pesticides par substance individualisée : - Insecticides organochlorés persistants, organophosphorés et carbamates, les herbicides; - les fongicides, les P.C.B. et P.C.T à l'exception d'aldrine et dieldrine.	µg/l	0.1
	Pesticides (Totaux)	µg/l	0.5
	Bromates	µg/l	10
	Chlore	mg/l	5
	Chlorite	mg/l	0.07

	Trihalométhanes (THM) (Total) Chloroforme, Bromoforme, Dibromochlorométhane, Bromodichlorométhane.	µg/l	100
	Chlorure de vinyle	µg/l	0.3
	1,2 – Dichloroéthane	µg/l	30
	1,2 – Dichlorobenzène	µg/l	1000
	1,4 – Dichlorobenzène	µg/l	300
	Trichloroéthylène	µg/l	20
	Tetrachloroéthylène	µg/l	40

(J.O.R.A., 2011)

**Tableau 07 : Normes microbiologiques de potabilité de l'eau selon l'O.M.S.**

Groupe de paramètre	Paramètre	Unité	Valeurs indicatives
<b>Paramètres microbiologiques</b>	Coiformes totaux	nb/100ml	0
	Coliformes fécaux	nb/100ml	0
	Streptocoques fécaux	nb/100ml	0
	Clostridium sulfitoréducteurs	nb/100ml	0
	Staphylocoques pathogènes	nb/100ml	0
	Spoires des bactéries	nb/20ml	0
	Vibrions cholériques	nb/10ml	Absence
	Salmonelles	nb/5ml	Absence

(OMS., 2006) in (Larbi et Mekkaoui., 2011)

**Tableau 08 : Normes microbiologiques de potabilité de l'eau selon l'Union Européen.**

Groupe de Parameter	Paramètre	Unité	Valeurs indicatives
<b>Paramètres microbiologiques Suite (Paramètres microbiologiques)</b>	Escherichiacoli (E. coli)	nb/250 ml	0
	Enterococci	nb/250 ml	0
	Pseudomonas aeruginosa	nb/250 ml	0
	Nombre de colonies à 22°C	nb /ml	100
	Nombre de colonies à 37°C	nb/ml	20

**Tableau 9 : Normes microbiologiques Algériens de potabilité de l'eau.**

Groupe de paramètre	Paramètre	Unité	Valeurs limites
Paramètres microbiologiques	Escherichia Coli	n/100ml	0
	Entérocoques	n/100ml	0
	Bactéries sulfitoréductices y compris les spores	n/20ml	0

(J.O.R.A., 2011)

## Annexe 2 : Données concernant la zone d'étude

**Tableau 10 : la répartition des précipitations mensuelles moyennes de la région de Khenchela pour la période 1994-2018.**

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
P Moy.(mm)	44.4	37	39.2	46.6	59.5	38.9	16	45.3	54.3	41.3	35.9	37.9

(SMH.,2018)

**Tableau 11 : la répartition des températures mensuelles moyennes de la région de Khenchela pour la période 1994-2018.**

Données	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
Min	2,35	2,63	5,04	7,52	11,49	15,67	18,91	18,56	15,4	11,28	6,46	3,98
Max	11,2	12,28	15,93	19,76	25,04	30,64	34,84	33,68	27,67	22,12	16	11,83
Moy	6,77	7,45	10,48	13,64	18,26	23,15	26,87	26,12	21,53	16,7	11,23	7,9

(SMH.,2018)

**Tableau 12 : Evolution de la population totale : (de 1977 à 2021)**

Année	Population (Habitant)	Période	Taux d'accroissement Moy/An (%)	Densité Hab/Km <sup>2</sup>
RGPH 1977	189 000	1966/77	3.96	19.4
RGPH 1987	246 541	1977/87	2.69	25.3
RGPH 1998	327 920	1987/98	2.89	33.7
RGPH 2008	386 683	1998/2008	1.7	39.8
Estimation à Fin 2021	508 140	2020/21	1.7	52.3

(DPSB Khenchela., 2021)

**Tableau 13 : Densité de la population par commune : au 31/12/2021**

Communes	Surface (Km <sup>2</sup> )	Population Totale	Densité (Hab. /Km <sup>2</sup> )
Khenchela	32	146.950	4.592
El-Hamma	168	15.920	95
Ensigna	163	12.200	75
Baghai	136	8.740	64
Tamza	385	10.710	28
<b>T.D. EL-HAMMA</b>	<b>852</b>	<b>47.570</b>	<b>56</b>
A.Touila	302	22.010	73
M'Toussa	118	7.720	65
<b>T.D. AIN-TOUILA</b>	<b>420</b>	<b>29.730</b>	<b>71</b>
Kais	56	45.420	811
Taouzient	167	14.050	84
Rémila	243	7.110	29
<b>T.D.KAIS</b>	<b>466</b>	<b>66.580</b>	<b>143</b>
Bouhmama	409	14.030	34
Yabous	157	13.580	86
Chelia	152	6.480	43
M'sara	570	5.410	09
<b>T.D. BOUHMAMA</b>	<b>1288</b>	<b>39.500</b>	<b>31</b>
Chechare	922	36.170	39
Djellal	378	3.950	10
Kheirane	400	7.420	19
Ouldja	366	3.830	10
<b>T.D. CHECHAR</b>	<b>2066</b>	<b>51.370</b>	<b>25</b>
O.Rechache	285	32.520	114
Mahmel	371	49.950	135
<b>T.D.O.RECHACHE</b>	<b>656</b>	<b>82.470</b>	<b>126</b>
<b>BABAR</b>	<b>3935</b>	<b>43.970</b>	<b>11</b>
<b>TOTAL WILAYA</b>	<b>9715</b>	<b>508.140</b>	<b>52</b>

(DPSB Khenchela., 2021)

Tableau 14 : Répartition des infrastructures par commune

Communes	Nbre retenues collinaires	Nbre de sources	Nbre de forages
<b>Khenchela</b>	0	1	30
<b>El-Hamma</b>	0	1	10
<b>Ensigna</b>	0	0	7
<b>Baghei</b>	1	1	9
<b>Tamza</b>	2	1	9
<b>Ain Touila</b>	2	3	5
<b>M'Toussa</b>	0	1	4
<b>Kais</b>	0	0	7
<b>Taouzient</b>	1	0	8
<b>Rémila</b>	0	0	10
<b>Bouhmama</b>	0	1	7
<b>Yabous</b>	1	1	9

<b>Chelia</b>	5	1	5
<b>M'sara</b>	2	0	5
<b>Chechar</b>	1	0	7
<b>Djellal</b>	1	2	4
<b>Kheirane</b>	1	1	6
<b>Ouldja</b>	0	1	1
<b>O.Rechach</b>	1	0	8
<b>Mahmel</b>	1	0	6
<b>Babar</b>	1	0	10
<b>Total</b>	20	15	167

(DPSB Khenchela., 2021)

### Annexe 3 : Le système d'évaluation de la qualité de l'eau des cours d'eau (SEQ- Eau)

**Tableau 15 : classes d'aptitude**

<b>Classes d'aptitude</b>	<b>Bleu Très bon</b>	<b>Vert Bon</b>	<b>Jaune Moyen</b>	<b>Orange Médiocre</b>	<b>Rouge Mauvaise</b>
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	0.5		1.5	4	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	50				
Turbidité (NFU)	1	35	1500	3750	
pH	min 6.5 MAX 9				
Conductivité (μS/cm)	min 180 MAX 2500	3000	3500	4000	
Chlorures (mg/l)	200				
Sulfates (mg/l)	250				
Calcium (mg/l)	min 32 MAX 160				
Magnésium (mg/l)	50	75	100	400	
Sodium (mg/l)	200				
TAC (d° F)	min 8 MAX 40		3 75		
Dureté (d° F)	min 8 MAX 40		4 90		

**Tableau 16 : Classes d'aptitude des échantillons selon le système d'évaluation de la qualité de l'eau des cours d'eau (SEQ- Eau)**

<b>Paramètre</b> <b>Echantillon</b>	<b>pH</b>	<b>CE</b>	<b>T</b>	<b>Turbidité</b>	<b>Ca<sup>2+</sup></b>	<b>Mg<sup>2+</sup></b>	<b>Na<sup>+</sup></b>	<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	<b>Cl<sup>-</sup></b>	<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b>	<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	<b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup></b>	<b>TH</b>	<b>TAC</b>	<b>P</b>
R3000m <sup>3</sup>	8.24	1332	12.3	0.65	117	45	248	0.121	250	29.583	199	2.259	<0.2	476	16.3	0.17
R2500*2	8.08	755	13	0.32	104	33	63	0.091	155	8.674	160	8.594	<0.2	396	13.1	0.17
R500m <sup>3</sup>	7.59	1652	16.8	0.88	168	52	289	0.025	443	26.545	183	6.777	<0.2	636	150	<0.009
R1000m <sup>3</sup>	7.5	1947	15	0.48	150	54	167	0.041	310	32.774	140	11.163	<0.2	600	115	<0.009
R2000m <sup>3</sup>	7.73	2380	15.6	0.55	168	52	180	0.043	496	42.386	287	2.035	<0.2	632	235	0.001
Cité El-Hamma centre	7.6	1929	17.8	1.16	203	13	294	0.052	420	28.452	174	5.98	<0.2	560	143	<0.009
Cité 126logt	7.6	1291	12.7	0.4	85	48	210	0.132	283	32.586	23	0	<0.2	408	1.9	0.164
Cité 700logt (1)	8.11	1291	9.5	0.53	98	58	201	0.112	310	34.906	101	0.443	<0.2	480	8.3	0.167
Cité 700logt (2)	8.04	1319	12	0.73	90	59	219	0.093	313	32.663	72	0.177	<0.2	470	5.9	0.177
Cité 40logt	7.44	559	15.4	0.37	101	45	77.7	0.083	108	10.011	223	13.068	<0.2	436	18.3	0.167
Cité 251logt(1)	8.65	1047	13.7	1.5	122	37	91.4	0.357	152	35.088	82	2.082	<0.2	408	6.7	0.168
Cité 251logt(2)	8.65	1047	13.7	1.5	119	272	84.6	0.098	105	37.589	92	0.841	<0.2	408	7.5	0.17
Cité soltani sadallah(1)	8.73	1099	12	0.78	38	29	107	0.142	83	40.223	82	0.487	<0.2	464	6.7	0.16
Cité soltani sadallah(2)	8.71	1090	12	1.69	141	30	103	0.322	102	40.539	72	0.221	<0.2	476	5.9	0.166

<b>Couleur</b>	<b>Bleu</b>	<b>Vert</b>	<b>Jaune</b>	<b>Orange</b>	<b>Rouge</b>
<b>Qualité</b>	Très bon (Hight)	Bon (Good)	Moyen (Moderate)	Médiocre (Poor)	Mauvaise (Bad)