

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université Abbès Laghrour Khenchela



N° d'ordre :.....

Série :.....

Faculté de Sciences de la Nature et de la Vie
Département d'Ecologie et Environnement

MEMOIRE FIN D'ETUDE
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER
EN ECOLOGIE ET ENVIRONNEMENT
OPTION : Protection des écosystèmes

THEME

**Evaluation de la qualité physicochimique de
l'eau potable de la ville de Khenchela**

Présenté et soutenu par :

BENHACENE Djouhaina

BENKAOUHA Chaima

Devant le jury :

Mr. BOULABEIZ Mahrez

MCA. Président

Université de Khenchela

Mr. AOUIDANE Laiche

MCB. Encadreur

Université de Khenchela

Mr. ZIOUCH Omar Ramzi

MCB. Examineur

Université de Khenchela

Année universitaire 2019/2020

Remerciements

L'accomplissement du présent travail n'a été possible qu'avec le soutien d'ALLAH le

Tout puissant, le Miséricordieux, de nous avoir donné le courage, la force, la santé et

la persistance et de nous avoir permis de finaliser Ce travail dans de meilleures

Conditions.

Nous tenons à remercier notre encadreur monsieur AOUIDANE Laiche, pour

L'honneur qu'il nous a fait en dirigeant ce travail, pour ses aides, ses conseils, tout au

Long de l'élaboration de ce modeste travail.

De même, nous adressons notre profonde gratitude à Monsieur BOULABEIZ Mahrez pour

avoir accepté de présider le jury de soutenance de ce mémoire. Ainsi que nous remercions

Monsieur ZIOUCH Omar Ramzi , pour avoir accepté de juger ce modeste travail et

participer au jury de soutenance de ce mémoire.

Nous remercions sincèrement tous les enseignants de département de biologie. Enfin, nous

tenons à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail

de fin d'études.

Dédicace

A ceux qui n'ont jamais cessé de m'encourager, et me conseiller.

*A ceux qui n'ont jamais été avares ni de leur temps ni de leurs
Connaissances pour satisfaire mes interrogations.*

A mes parents

*Merci pour le soutien et l'aide précieuse qu'ils m'ont apporté
durant mes années d'étude. La quintessence de ce mémoire leur y
est offerte.*

A ma sœur, mes frères, et à toute ma famille

A tous mes amis surtout : Maryam & Farah

*A tous mes professeurs...en particulier mon professeur Salehi
Zain Al-Abidine.*

Djouhina

Dédicace

À mes chères parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études.

À mes chers frères et ma sœur pour leur appui et leur encouragement.

À toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire.

À mon professeur laïche aouidane et à son rôle, nous avons atteint ce stade.

chaima

ملخص

تعتبر مياه الشرب مصدرًا محتملاً للأمراض البشرية عندما تحتوي على مواد كيميائية وكميات دقيقة ، خاصة من أصل بشري. وبالتالي ، يجب أن تستوفي المياه معايير الجودة. وبالتالي ، يجب ألا تحتوي على أي مادة تشكل خطراً محتملاً على صحة الإنسان ؛ كما يجب أن تمتثل لمجموعة من معايير مياه الشرب مثل معايير منظمة الصحة العالمية والمعايير الجزائرية.

الهدف من هذا العمل هو تقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية لمياه الشرب الموزعة للاستهلاك في مدينة خنشلة ، عاصمة الولاية ، والتي تضم عدداً كبيراً من السكان. تتميز المنطقة بمناخ جاف إلى شبه جاف حيث تندر الموارد المائية. لتقييم جودة المياه في المنطقة ، تم تنفيذ حملة أخذ عينات في 09 موقعا. تم إجراء تحليلات للمعايير الفيزيائية والكيميائية: تم إجراء قياسات في الموقع مثل درجة الحرارة C° و CE و pH و TDS ؛ بينما تم تقييم المعلمات الأخرى في المختبر مثل العكارة ، TH ، TAC ، MO ، المخلفات الجافة ، HCO_3^- ، Ca^{2+} ، Mg^{2+} ، SO_4^{2-} ، PO_4^{3-} ، Cl^- ، NO_2^- ، NO_3^- ، NH_4^+ و Fe_2^+ .

أظهرت التحليلات الفيزيائية والكيميائية أن مياه الشرب لدينا لها خصائص مختلفة ، حيث أن غالبية المياه الموزعة ذات جودة جيدة إلى متوسطة ، وهناك موقعان فقط ذات جودة رديئة من خلال الرجوع إلى المعايير الوطنية وتلك الخاصة بإرشادات منظمة الصحة العالمية و أيضا المعايير الجزائرية الموصى بها. في الواقع ، تدعو الدراسة إلى توسيع مواقع أخذ العينات في إطار البيانات لرؤية عالمية للمياه تزود سكان المدينة ، حيث أن غالبية السكان يستغلون المياه الجوفية بواسطة الآبار للاستخدام اليومي. إضافة إلى ذلك ، تعتبر الدراسة الميكروبيولوجية ضرورية للغاية لإعطاء حكم نهائي بشأن جودة مياه الشرب في مياه المدينة.

الكلمات المفتاحية: الجودة الفيزيائية والكيميائية ، منظمة الصحة العالمية ، مياه الشرب ، خنشلة ، المياه الجوفية.

Résumé

L'eau potable est une source possible de maladie humaine lorsqu'elle contient des produits chimiques et des micro-organismes, en particulier d'origine anthropique. En conséquence l'eau doit répondre aux critères de qualité. Ainsi, elle ne doit contenir aucune substance constituant un danger potentiel pour la santé des personnes ; elle doit également être conforme vis-à-vis d'un ensemble de normes de potabilité tel que, OMS et normes Algériennes.

Ce travail a pour but d'évaluer la qualité physico-chimique des eaux potable distribuées pour la consommation dans la ville de Khenchela, le chef-lieu de la wilaya qui abrite une population importante. La région est caractérisée par un climat aride à semi-aride où les ressources de eaux sont rares. Pour évaluer la qualité des eaux dans la région, une campagne de prélèvement a été menée 09 sites. Des analyses des paramètres physico-chimiques ont été réalisées : des mesures in situ sont effectués tel que, la température C°, CE, TDS et pH ; tandis que les autres paramètres ont été dosé au laboratoire tel que, Turbidité, TH, TAC, M.O., Résidu sec, HCO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , Cl^- , NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ et le Fe_2^+ .

Les analyses physico-chimiques ont montré que nos eaux de consommation, présentent différentes qualités, la majorité des eaux distribués sont de bonne à moyenne qualité seulement deux sites présentent de médiocre qualité en se référant aux normes nationales et celles des directives de l'OMS et aussi les normes recommandées Algérienne. En occurrence, l'étude demande une extension des sites de prélèvement dans le cadre de données une vision globale sur les eaux qui alimente la population de la ville, car la majorité des habitants exploitants les eaux souterraines par des puits pour l'usage quotidienne. Ajoutant à cela une étude microbiologiques est très nécessaire pour donner un jugement final concernant la qualité potable des eaux de la ville.

Mots clés : Qualité physicochimique, OMS, Eau potable, Khenchela, Eaux souterraines.

Abstract

Drinking water is a possible source of human disease when it contains chemicals and microorganisms, especially of human origin. Consequently, the water must meet the quality criteria. Thus, it must not contain any substance constituting a potential danger to human health; it must also comply with a set of drinking water standards such as WHO and Algerian standards.

The aim of this work is to assess the physico-chemical quality of drinking water distributed for consumption in the town of Khenchela, the capital of the wilaya, which is home to a large population. The region is characterized by an arid to semi-arid climate where water resources are scarce. A sampling campaign at 09 sites was conducted to assess the quality of water in the area. In situ measurements such as temperature C °, CE, TDS and pH were performed, whereas other laboratory parameters such as Turbidity, TH, TAC, M.O., Dry residue, HCO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , Cl^- , NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ and Fe_2^+ were checked in the laboratory.

Physico-chemical analyses have shown that our drinking water has distinctive aspects, most of the water distributed is of good to medium quality, only two sites have low quality by referring to national standards and those of the guidelines of the WHO and also the recommended standards of Algeria. In fact, the study calls for an expansion of the sampling sites within the data context of a global vision of water supplying the city's population, as most of the inhabitants use the groundwater for everyday use by wells. It is very important to add to this a microbiological analysis to make a final verdict about the drinking quality of city water.

Keywords: Physico-chemical quality, WHO, Drinking water, Khenchela, Groundwater.

Liste des Abréviations

Abréviations	Explication
ADE	Algérienne Des Eaux
AEI	Expertise de l'eau et de ses réseau
AEP	L'Adduction en Eau Potable
CLW	Collège louise Wigman
DHW	Direction d'Hydraulique de la Wilaya de Khenchela
DTAWK	Direction du Tourisme et de l'Artisanat de la Wilaya de Khenchela
DPAT	Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire
KVA	Kilo Volt Ampère
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
Q	Débit
SMK	Station Météorique de Khenchela
T	Température

Liste des Figures

Figure N°	Titre	Page
01	La distribution de l'eau de la Terre.	04
02	La situation géographique de la commune de Khenchela.	13
03	Courbe d'évolution des températures mensuelles de la ville de Khenchela.	15
04	Précipitations mensuelles moyennes sur 20 ans.	16
05	Variation de l'humidité moyenne mensuelle de la région de Khenchela (20 ans).	17
06	Diagramme Omrothermique de Gaussen de la région d'étude (Khenchela).	18
07	Classification de l'étage bioclimatique de la région de Khenchela Climagramme d'Emberger	19
08	Carte de répartition des reliefs de la wilaya de Khenchela.	20
09	Carte de relief et d'altitude de la commune de Khenchela	22
10	Carte de la répartition des pentes de la commune de Khenchela	22
11	La carte des classes des sols de la wilaya de Khenchela	24
12	Répartition des formations géologiques de la Wilaya de Khenchela	26
13	Carte de répartition des bassins versants de la région de Khenchela	27
14	Carte des réseaux hydrographique et barrages de la wilaya de Khenchela	28
15	les formations aquifères au niveau de la région de Khenchela	30
16	Schéma du bassin principal de la wilaya de Khenchela	31
17	L'évolution de la population de la ville de Khenchela pour la période 2012-2019	34
18	Évolution des espérances de vie à des âges spécifiques	35
19	Evolution de la densité de population de la ville de Khenchela	35
20	Schéma synoptique du système d'alimentation en eau potable existant	37
21	La carte de localisation de l'adduction du système barrage ainsi que la	37

	différente prise en conduite linéaire	
22	Organigramme de la distribution et alimentation de la ville de Khenchela en eau potable	39
23	Evolution de a production annuelle des eaux potable par le système de forage	40
24	Evaluation de Quantité de distribution – Barrage + Forage	40
25	Organigramme de la méthodologie de travail expérimentale	41
26	Quelques matériels utilisés dans le dosage physico-chimique des eaux	43
27	Variation des valeurs de la température des eaux potable de la Ville de Khenchela	45
28	Variation des valeurs du pH des eaux potable de la Ville de Khenchela	46
29	Variation des valeurs de la conductivité(CE) des eaux potable de la Ville de Khenchela.	47
30	Variation des valeurs de La turbidité des eaux potable de la Ville de Khenchela	47
31	Variation des valeurs de Le titre hydrotimétrique des eaux potable de la Ville de Khenchela.	49
32	Variation des valeurs de l'alcalinité des eaux potable de la ville de Khenchela	49
33	Variation des valeurs de la Calcium des eaux potable de la Ville de Khenchela	51
34	Variation des valeurs de la Magnésium des eaux potable de la ville de Khenchela	52
35	Variation des valeurs de chlorure des eaux potable de la Ville de Khenchela	53
36	Variation des valeurs de Sulfate des eaux potable de la Ville de Khenchela	54
37	Variation des valeurs d'Ammoniaque des eaux potable de la Ville de Khenchela.	55

38	Variation des valeurs de Fer des eaux potable de la Ville de Khenchela	56
39	Variation des valeurs de nitrate des eaux potable de la Ville de Khenchela	57
40	Variation des valeurs de nitrites des eaux potable de la Ville de Khenchela	58
41	Variation des valeurs de phosphate des eaux potable de la Ville de Khenchela	58
42	Variation des valeurs de résidu sec des eaux potable de la ville de Khenchela	59
43	Variation des valeurs de Matière organique des eaux potable de la Ville de Khenchela	60
44	Variation des valeurs d'Ions bicarbonates HCO_3^- des eaux potable de la Ville de Khenchela.	61

Liste des Tableaux

Tableaux ^o	Titre	Page
01	Paramètres physiques d'évaluations de la potabilité des eaux (O.M.S., 2006)	06
02	Paramètres chimiques d'évaluation avec valeurs limites (O.M.S., 2006)	07
03	Paramètres physique d'évaluation avec valeurs indicatives (U.E., 1998)	07
04	Paramètres chimique d'évaluation avec valeurs limites (U.E., 1998).	08
05	Paramètre d'évaluation de la qualité des eaux (O.M.S. 2006 ; U.E., 1998, Algérie, 2011)	09
06	Paramètre microbiologiques de classification des eaux potable (O.M.S., 2006) in (Larbi et Mekkaoui, 2011).	12
07	Paramètres de classification microbiologiques des eaux potable norme Européennes (U.E., 1998)	12
08	Paramètres de classification microbiologiques des eaux potable normes Algériennes (O.M.S. 2006 ; U.E., 1998, Algérie, 2011)	12
09	Le nombre des communes constitutif de la wilaya de Khenchela.	14
10	Evolution de la température mensuelle de la ville de Khenchela	15
11	Répartition des précipitations mensuelles et saisonnières (en mm)	16
12	La variation des valeurs de l'humidité moyenne mensuelle de la région de Khenchela (pour 20 ans)	17
13	La population de la wilaya de Khenchela par commune (D.S.P.K., 2017)	32
14	L'évolution de la population totale de la ville de Khenchela	33
15	Evolution de la population de la ville de Khenchela par tranches d'âges	34
16	Densité de la population pendant dix ans de la commune de Khenchela	35
17	Données statistiques de réseau potable de la ville de Khenchela.	36
18	Caractéristiques physique des échantillons d'eaux prélevés	44
19	Norme pour la dureté des eaux de boisson d'après l'O.M.S	48
20	Paramètres chimiques des échantillons d'eaux prélevés.	50
21	Résultats de dosage des éléments indésirable des eaux potable de la ville de Khenchela.	54
22	Classification des eaux potable de la ville de Khenchela par apport aux paramètres physicochimiques.	62

Table de Matière

ملخص

Résumé

Abstract

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction Générale 01

Chapitre 1 : Cadre générale 03

1. Ressource de l'eau potable 03

1.1. Les eaux de surface 03

1.2. Les eaux souterraines 04

1.3. les ressourcer en eau en Algérie 05

2. Critères de potabilité des eaux 05

2.1. critères de potabilité physique et chimique 05

2.1.1. Les normes de potabilité O.M.S 06

2.1.2. Les normes de potabilité Union Européenne. 06

2.1.3. Les normes de potabilité Algérienne 08

2.2. Paramètre de potabilité microbiologique 11

2.2.1. Les normes de potabilité OMS 11

2.2.2. Les normes de potabilité Algériens 11

Chapitre 2 : Présentation de la zone d'étude 13

1. Situation géographique de la zone d'étude 13

2. Caractéristiques du milieu Physique et naturel 14

2.1. Contexte climatique 14

2.1.1. Température 14

2.1.2. La pluviométrie 16

2.1.3. Humidité 17

2.1.4. Synthèse climatique 18

2.1.4.1. Diagramme Ombrothermique de Gaussen de la région de Khenchela	18
2.1.4.2. Climagramme d'Emberger de la région de Khenchela	18
2.2. Relief et répartition des sols	19
2.2.1. Relief	19
2.3. Les sols de la région	21
2.4. Contexte hydrogéologique et hydraulique	23
2.4.1. Caractéristique géologique	23
3.4.2. Caractéristiques hydrologique	25
3.4.2.1. Défis hydrologiques	27
3.4.2.2. Ressources hydraulique superficielles	29
3.4.2.3. Identification des systèmes aquifères	29
4. Cadre urbaine de la zone d'étude	32
4.1. Évolution démographique	32
4.1.1. Densité de population par commune	32
4.1.2. L'évolution de la population de la région d'étude	33
4.1.3. Répartition de la population par tranches d'âges	34
4.2. Caractéristiques de système d'alimentation en Eau Potable (AEP)	36
4.2.1. Diagnostique de réseaux AEP de la ville de Khenchela	36
4.2.2. L'origine d'alimentation en eaux potable de la ville de Khenchela	36
4.2.3. Les ressources d'alimentation et leurs caractéristiques de la ville de Khenchela	38
4.2.4. Quantité de distribution forages	38
Chapitre 3 : Résultats et discussions	41
1. Matériel et méthodologie	41
1.1. Choix des sites de prélèvement	41
1.2. Prélèvement des échantillons	42
1.3. Analyse au laboratoire	42
2. Résultats et discussions	44
2.1. Evaluation de la qualité physique des eaux	44
2.1.1. La température	44

2.1.2. Le potentiel Hydrogène (pH)	45
2.1.3. La Conductivité électrique (CE)	46
2.1.4. La turbidité	46
2.1.5. Le Titre Hydrotimétrique	48
2.1.6. L'alcalinité	48
2.2. Evaluation de la qualité chimiques des eaux	50
2.2.1. Calcium	50
2.2.2. Magnésium	51
2.2.3. Le chlorure (Cl ⁻)	52
2.2.4. Les Sulfates	53
2.3. Paramètres indésirables	53
2.3.1. Ammoniaque	53
2.3.2. Le fer (Fe ⁺²)	55
2.3.3. Les Nitrates (NO ⁻³)	56
2.3.4. Les Nitrites (NO ²⁻)	57
2.3.5. Les phosphate	57
2.3.6. Résidu Sec	58
2.3.7. Matière organique(M.O)	58
2.3.8. Le Bicarbonates(HCO ₃ ⁻)	60
2.4. Classification des eaux	61
Conclusion	62
Conclusion générale	64
Références bibliographique	66

Introduction Générale

Introduction

L'eau est inégalement répartie sur notre planète. À l'heure actuelle, 1,1 milliard de personnes n'ont toujours pas accès à l'eau potable et un tiers de la population mondiale est privée d'eau potable. Neuf pays possèdent 60% des ressources naturelles renouvelables en eau douce du monde. Environ 80 pays, soit 40% de la population, souffrent de pénurie d'eau. Le climat est un élément clé en termes de ressources en eau. En fait, plus le climat est sec, moins les ressources en eau sont abondantes et plus l'irrigation est importante. De plus, les besoins réguliers sont un peu plus faciles à gérer que les besoins avec de fortes variations saisonnières. Le problème de l'accès à une eau de qualité n'est pas seulement présent dans les pays arides, c'est aussi un réel problème dans les pays où il y a de fortes pluies et où les installations d'assainissement sont insuffisantes. (Guendouz et al., 2003).

Les principales raisons qui conduisent à la pollution de l'eau principalement par l'homme. Certaines des principales causes de pollution de l'eau sont connues comme : l'assainissement industriel, les déchets ménagers et les déchets médicaux, l'agriculture. La pénurie d'eau s'accroît avec l'accroissement de la croissance démographique et du développement industriel et agricole en général. Cet élément diminue progressivement dans le monde, en particulier dans les zones désertiques et semi-désertiques (Achour, 1997).

L'Algérie, comme 17 pays africains touchés par le stress hydrique, est dans la catégorie des pays les plus pauvres en termes de potentiel en eau, en dessous du seuil de rareté théorique fixé par la Banque mondiale à 1000 m³/habitant. En effet, si la disponibilité théorique d'eau par habitant en 1962 était de 1500 mètres cubes par an, alors elle ne sera que 430 mètres cubes en 2020. Entre 15 et 20 milliards de mètres cubes doivent être mobilisés annuellement, dont 70% sont réservés à l'agriculture, pour atteindre une sécurité alimentaire satisfaisante. C'est un défi énorme quand on sait que l'on mobilise à peine 5 milliards de mètres cubes d'eau par an. La pression sur ces ressources continuera d'augmenter, compte tenu des effets conjugués de la croissance démographique et des politiques appliquées aux activités consommatrices d'eau (Achour, 1997).

L'importance de la gestion de l'eau devient cruciale avec le temps, et le changement climatique auquel la planète est témoin prédit un déclin de l'eau, en particulier dans le sud de la planète. La ville de Khenchela se caractérise par un climat semi-aride, qui est une sorte de porte d'entrée du désert algérien, les sources d'eau de cette ville ne sont pas éternelles, et des études prévoient une diminution des réserves en eau dans cette région, ce qui conduira à une grave sécheresse et protégera ses sources et les préservera plus que nécessaire (Achour, 1997).

Dans ce travail, nous étudions les sources d'eau potable qui alimentent la ville de Khenchela et les problèmes d'évaluation de la qualité physicochimique des eaux potables distribuées à la consommation.

Comme toutes les villes algériennes la ville de Khenchela est témoin d'une croissance démographique rapide qui se traduit par des répercussions lourdes de conséquence sur la gestion de l'eau potable, l'eau n'ait pas assez pour répondre au besoin des consommateurs, gaspillage, fuite et contamination de la qualité

Problématique :

Cela nous a incités à nous poser les questions suivantes:

- Quelle est la qualité physicochimique des eaux distribuées et consommée par les habitants de la ville de Khenchela ?
- Quelles sont les causes et les points touchées par des changements dans l'eau et quelles sont les risques pouvant engendrer su la santé des habitants ?
- Quels sont les procédures et les perspectives tracées pour corroborer la vérifier la qualité de l'eau potable ?

Objectif :

Le but de cette étude est d'étudier l'un des principaux problèmes de la ville de Khenchela, qui est l'évaluation de la qualité des eaux potables, et de identifier les risque qui peuvent générer des problèmes sanitaire pour les consommateurs.

Chapitre I

Chapitre I. Cadre générale

L'eau couvre la majorité de la planète terre 70%. L'eau est une ressource limitée et vulnérable, indispensable à la vie, au développement et à l'environnement. L'usage de l'eau peut avoir une finalité sociale (boisson, hygiène, cuisine) ou économique (industrie, agriculture). La plus part des utilisations des eaux nécessite une eau de qualité. Tandis que, la contamination de ces ressources dépend à la fois de leurs caractéristiques hydrogéologiques et de facteurs anthropiques. La vulnérabilité correspond donc ici au degré d'exposition aux risques de pollutions diffuses occasionnés par les pratiques agricoles et industrielle. Dans de nombreux territoires où la pression d'activité entropique est forte, la gestion de la vulnérabilité de l'eau destinée à la consommation humaine est prioritairement fondée sur une logique curative à court terme. Grâce à la mise en place de dispositifs techniques (station de traitement plus ou moins sophistiquée) et à différentes stratégies de gestion des problèmes de qualité l'eau distribuée est rendue conforme aux normes de potabilité (Vilagrán De-León, 2006 ; Becerra et Roussary, 2008).

1. Ressource en eau potable

L'eau est un élément essentiel au fonctionnement de tout écosystème, mais aussi des activités humaines (agriculture, industrie) et de notre vie de tous les jours. La plus grande partie des eaux du globe terrestre sont marines 97%. Les eaux douces ne représentent qu'une partie mineure. Elles constituent cependant une source important d'eau potable (Boucenna, 2009).

1.1. Les eaux de surface

Les eaux de surface sont constituées par les eaux des rivières, des fleuves, des étangs, des lacs, des barrages, des réservoirs, des glaciers. Il s'agit d'une masse d'eau bien individualisée, solide ou liquide, immobile ou en mouvement (Manceur et Djaballah, 2016).

Plus de la moitié des eaux de surface véritablement permanentes de la planète est en Amérique du Nord, qui abrite moins de 5% de la population mondiale. L'Europe (y compris la Russie) abrite 10% de la population mondiale et compte plus de 20% de ses eaux permanentes. Par contre l'Asie qui présente 60% de la population mondiale, ne représente que 9% des emplois véritablement permanents de l'eau. Tandis que les deux continents, l'Afrique et l'Amérique latine ont à peu près les mêmes eaux, à environ 9% chacun, bien que les pays africains présente 16% de la population mondiale est environ deux fois plus celle de l'Amérique latine (8,6%) (Pekel et al., 2016).

1.2. Les eaux souterraines

Les eaux souterraines représentent environ 30% de l'eau douce du monde. Des 70% restants, près de 69% est capturé dans les calottes glaciaires et montagnes (neige, glaciers) et seulement 1% se trouve dans les rivières et les lacs. Les eaux souterraines représentent en moyenne un tiers de l'eau douce consommée par les humains, mais dans certaines régions du monde, ce pourcentage peut atteindre jusqu'à 100%. Dans l'illustration ci-dessous (Figure 1) un aperçu est donné de la distribution de l'eau de la Terre (Clark et Bruyère, 2001).

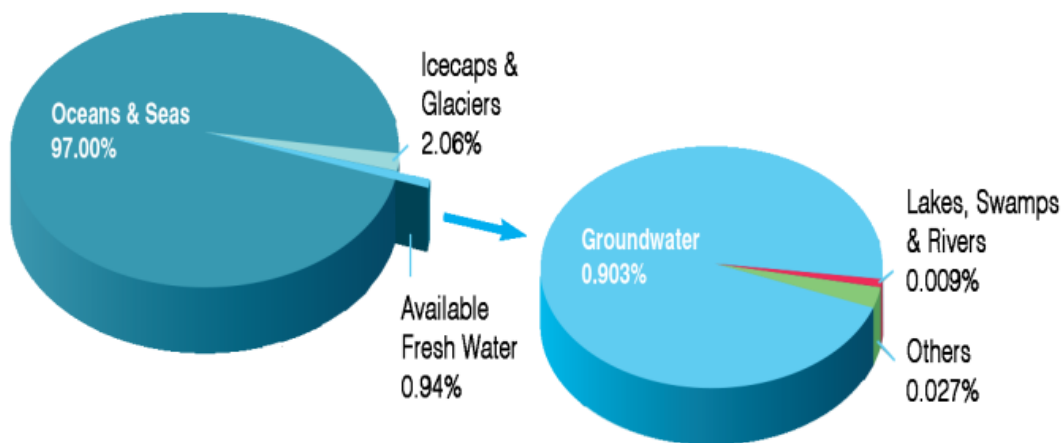


Figure 1. La distribution de l'eau de la Terre (Clark et Bruyère, 2001).

L'eau souterraine est une ressource naturelle très importante et a un rôle important dans l'économie. Il est la principale source d'eau pour l'irrigation et l'industrie alimentaire. En général, les eaux souterraines sont une source fiable d'eau pour l'agriculture et peut être utilisé de manière flexible : surtout pendant les périodes les plus sèches, la demande est plus grande sur les eaux souterraine. Globalement, l'irrigation représente plus de 70% de l'eau totale retiré (de surface et des eaux souterraines). L'eau souterraine est estimée à être utilisé pour environ 43% de la consommation totale d'eau d'irrigation mettez (Clark et Bruyère, 2001).

Les eaux souterraines jouent également un rôle très important dans le maintien de la navigation dans les eaux intérieures lors des saisons sèches. En déchargeant les eaux souterraines dans les rivières, cela aide à maintenir des niveaux d'eau plus élevés. Les eaux souterraines se trouvent

presque partout et leur qualité est généralement très bonne. Le fait que les eaux souterraines soient stockées dans des couches situées sous la surface, et parfois à des profondeurs très importantes, permet de les protéger contre toute contamination et de préserver ses qualités. De plus, l'eau souterraine est une ressource naturelle qui peut souvent être trouvée près des consommateurs finaux et ne nécessite donc pas de gros investissements en termes d'infrastructures et de traitement, comme est souvent le cas lors de la récolte des eaux de surface. Il est crucial, pour éviter la surexploitation et la pollution de cette ressource cruciale, de trouver un juste équilibre entre le retrait et le repos de l'aquifère pour qu'il récupère son niveau (Clark et Bruyère, 2001).

1.3. Les ressources en eau en Algérie

Les ressources en eau de l'Algérie sont actuellement, relativement bien connues, mais la sécheresse qui sévit depuis plus de 20 ans a amené les services du secteur de l'eau à actualiser leurs évaluations de la pluviométrie dans chaque région. Les potentialités sont actuellement évaluées à 16,3 milliards de m³ qui se répartissent comme suit (Bouchedja, 2012) :

- 9,8 milliards de m³ d'eau superficielle
- 1,5 milliards de m³ d'eau souterraine dans la région Nord
- 5 milliards de m³ d'eau souterraine dans la région du Sahara septentrional.

Les disponibilités de ressources renouvelables par habitant, en année moyenne, avec une population de plus de 30 millions d'habitants, sont évaluées à 383m³/hab/an environ, et passera en 2020 à 261m³/hab/an, avec une population de quelques 44 millions d'habitants. Ce qui classe l'Algérie parmi les pays pauvres en eau, proches d'une situation de crise (Bouchedja, 2012).

2. Critères de potabilité des eaux

Les eaux potables sont toutes les eaux qui, soit en l'état, soit après traitement, sont destinées à la boisson, à la cuisson, à la préparation d'aliments ou à d'autres usages domestiques, qu'elles soient fournies par un réseau de distribution, à partir d'un camion-citerne ou d'un bateau-citerne, en bouteilles ou en conteneurs, y compris les eaux de source et des puits. Aussi toutes les eaux utilisées dans les entreprises alimentaires, qui peuvent affecter la salubrité de la denrée alimentaire finale, y compris la glace alimentaire d'origine hydrique (O.M.S., 2013).

2.1. Critères de potabilité physique et chimique

Il convient d'établir une liste recensant les différents paramètres physiques et chimiques à contrôler et qui définissent la potabilité d'une eau ainsi que les valeurs limitent à ne pas dépasser. D'un point

de vue chimique et physique ces différents paramètres permettent de déterminer si une eau est potable ou non. En plus des paramètres habituels, certains paramètres spécifiques doivent être analysés en fonction de la région et des problèmes rencontrés. De même, des normes spécifiques tant physico-chimiques que bactériologiques ont été établies par l'OMS pour les situations d'urgence et de crise (Aliabbou et Benmlouka, 2014). Un paramètre est un élément dont on va rechercher la présence et la quantité. La norme est représentée par un chiffre qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser, ou une limite inférieure à respecter. De ne pas dépasser le C.M.A. est la Concentration maximale admissible (maximale autorisée pour un élément) (Carhon, 2013).

La norme fixe pour chacun des paramètres retenus comme critères une valeur chiffrée, qui définit soit un maximum à ne pas dépasser, soit une quantité minimum, soit encore une fourchette comprise entre un minimum et un maximum (Carhon, 2013). L'eau est considéré comme étant pollué lorsque sa composition et son état sont, directement ou indirectement, modifiés naturellement et/ou par l'activité entropique (Anonyme, 2014).

2.1.1. Les normes de potabilité O.M.S.

Les normes de la qualité des eaux potable sont proposées par l'organisation mondiale de la santé (O.M.S.) pour préserver la santé humaine qui est résumé dans les tableaux ci-dessous.

Tableau 1. Paramètres physique d'évaluation de la potabilité des eaux.

Groupe de Paramètre	Paramètres	Unités	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 (1NTU pour 1 adé infection)	5
Paramètres organoleptiques	Couleur		Pas de valeur guide
	Goût et odeur		Acceptables

(O.M.S., 2006)

2.1.2. Les normes de potabilité Union Européenne.

L'homologation des normes de la potabilité sa diffère d'un pays à l'autre parmi les quelles en cite celle de l'union européenne car est très applicable par différents pays les normes recommandés sont résumés dans les tableaux ci-dessous.

Tableau 2. 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 ⁺³ , Cr ⁺⁶	mg/l	Chrome total : 0,05
	Cyanure (CN ⁻)	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
	Manganèse(Mn)	mg/l	0 ,4
Eléments indésirables (suite)	Aluminium(Al)	mg/l	0,2
	Cuivre (Cu ²⁺)	mg/l	2
	Ammonium (NH ₄ ⁺)	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 Cl4	µg/l	4
Minéralisation globale	CalciumCa ²⁺	mg/l	100
	Chlorures(Cl)	mg/l	250
	Magnésium Mg ²⁺	mg/l	50
	Duretémg/lCaCO ₃	Ppm	200
	Sodium(Na ⁺)	mg/l	20
	Potassium(K ⁺)	mg/l	12

(O.M.S., 2006)

Tableau 3. Paramètres physique d'évaluation avec valeurs indicatives.

Groupe de Paramètre	Paramètres	Unités	Valeurs indicatives
Paramètres physiques	pH		≥6.5 et≤9.5
	Conductivité	µS/cmà 20°C	2500
	Température	°C	25
	Turbidité	NTU(1 NTU pour la désinfection)	Acceptable pour les consommateurs Et pas de changement anormal
Paramètres organoleptiques	Couleur		Acceptable pour les consommateurs Sans couleurs anormales
	Goût		Acceptable pour les consommateurs Ets ans goûts particuliers
	Odeur		Acceptable pour les consommateurs Ets ans odeur sa normales

(U.E., 1998).

2.1.3. Les normes de potabilité Algérienne.

L'Algérie s'est basée sur les normes internationales, pour établir ses propres normes, on peut dire que c'est une combinaison de différentes normes qui existe sur le plan international. Selon les directives de potabilité internationales les plus recommandées, ont à réüssir de réaliser un tableau comparative de différents normes de la potabilité des eaux celle de l'O.M.S., l'Union Européenne et les normes Algérienne vous les trouvez dans le tableau ci-dessous (Tableau 5).

Tableau 4. Paramètres chimique 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	0.005
	Chrome Cr ⁺³ , Cr ⁺⁶	mg/l	0.05
	Cyanure (CN ⁻)	mg/l	0.05
	Mercure (Hg)	mg/l	0.001
	Sélénium (Se)	mg/l	0.01
	Plomb (Pb)	mg/l	0.01
	Antimoine (Sb)	mg/l	0.005
	Fer (Fe)	mg/l	0.2
	Manganèse (Mn)	mg/l	0.05
Eléments indésirables	Aluminium (Al)	mg/l	0.2
	Cuivre (Cu ²⁺)	mg/l	2.0
	Ammonium (NH ₄ ⁺)	mg/l	0,50
	Fluorures	mg/l	1.5
	Bore (B)	mg/l	1
	Hydrocarbures aromatiques polynucléaires C ₂ H ₃ N ₁ O ₅ P ₁₃	µg/l	0.0001
	THM (Trihalométhanes) CCl ₄	µg/l	0.01
	Chlorures (Cl)	mg/l	250
	Manganèse Mn	mg/l	0.05
	Turbidité		Acceptable pour les consommateurs et pas de changement
	Sodium (Na)	mg/l	200
	Sulfates (SO ₄)	mg/l	250

(U.E., 1998).

Tableau 5. Paramètre d'évaluation de la qualité des eaux (O.M.S., 2006; U.E., 1998; JORA, 2011).

Groupe de paramètres	Paramètres	Normes de l'O.M.S. 2006	Normes de l'Union européenne 1998	Normes Algériennes 2011
Paramètres physiques	pH	Entre 6.5 et 9.5	≥6.5 et ≤9.5	≥6.5 et ≤9.5
	Conductivité	Pas énorme	2500 μS/cm à 20°C	2800 μS/cm à 20°C
	Température	Acceptable	25°C	25°C
	Turbidité	5 NTU	Acceptable pour les consommateurs et pas de changement anormal	5 NTU
Paramètres organoleptiques	Couleur	Non mentionnée	Acceptable pour les consommateurs sans couleurs anormales	15 mg/l Platine
	Goût (Saveur)	Acceptables	Acceptable pour les consommateurs et sans goûts Particuliers	4 Taux dilution à 25°C
	Odeur	Pas de valeur Guide	Acceptable pour les consommateurs et sans odeurs anormales	4 Taux dilution à 12°C
	Arsenic (As)	0.01 mg/l	0.01mg/l	0.01 mg/l
	Cadmium(Cd)	0,003 mg/l	0.005 mg/l	0,003 mg/l
	Chrome Cr ⁺³ ,	chrome total :	0.05 mg/l	0,05 mg/l
	Cyanure (CN ⁻)	0,07 mg/l	0.05 mg/l	0,07 mg/l
	Mercure (Hg)	0,006 mg/l	0.001 mg/l	0,006 mg/l
	Sélénium(Se)	0,01 mg/l	0.01 mg/l	0,01 mg/l
	Plomb(Pb)	0,01 mg/l	0.01 mg/l	0,01 mg/l
	Antimoine(Sb)	0.02 mg/l	0.005 mg/l	0,02 mg/l
	Fer(Fe)	Pas de valeur	0.2 mg/l	0,3 mg/l
	Manganèse (Mn)	0 ,4 mg/l	0.05 mg/l	0,05 mg/l
	Aluminium (Al)	0,2 mg/l	0.2 mg/l	0,2mg/l
Cuivre (Cu ²⁺)	2 mg/l	2.0 mg/l	2mg/l	

	Ammonium (NH ₄ ⁺)	0.5 mg/l	0,50 mg/l	0.5 mg/l
	Argent	0.05 mg/l	Non	0,1 mg/l
	Fluorures	1,5 mg/l	1.5 mg/l	1,5 mg/l
	Les nitrates	50 et 3 mg/l (exposition à court terme).	50 mg/l	50mg/l
	Nitrites	0.2 mg/l (exposition à long terme)	0.50 mg/l	0,2mg/l
	Nitrates	50 mg/l	50mg/l	50mg/l
	Zinc (Zn)	3 mg/l	5 mg/l	5 mg/l
	Bore (B)	0.5 mg/l	1 mg/l	1 mg/l
	Pesticides	Non mentionnés	0.0001 mg/l	0.0001 mg/l
	Hydrocarbures aromatiques	0,0001 mg/l	0.0001 mg/l	0,0002 mg/l
	THM (Trihalo-méthanes) CCl ₄	0 ,004 mg/l	0.00001 mg/l	0,1 mg/l
Minéralisation globale	Calcium (Ca ²⁺)	100 mg/l	Non mentionnées	200 mg/l
	Chlorures (Cl)	250 mg/l	250 mg/l	500 mg/l
	Magnésium (Mg ²⁺)	50 mg/l	Non mentionnées	Non Mentionnées
	Dureté mg/l CaCO ₃	200 ppm	Non mentionnées	200 mg/l
	Sodium (Na ⁺)	20 mg/l	200 mg/l	200 mg/l
	Potassium (K ⁺)	12 mg/l	Non mentionnées	12 mg/l
	Sulfates (SO ₄ ²⁻)	500 mg/l	250 mg/l	400 mg/l
Paramètres microbiologiques	Coliformes totaux	0 nb/100ml	Non mentionnées	Non Mentionnées
	Streptocoques Fécaux	0 nb/100ml	Non mentionnées	Non Mentionnées
	Clostridium Sulfito-	0 nb/100ml	Non mentionnées	Non Mentionnées
	Staphylocoques Pathogènes	0 nb/100ml	Non Mentionnées	Non Mentionnées

	Spores des Bactéries	0nb/20ml	Non Mentionnées	Non Mentionnées
	Bactéries Sulfiteraie duc tri-	Non Mentionnées	0 nb /100 ml	0 nb/20ml
	Escherichia coli et entérocoques	Non Mentionnées	0 nb/250 ml	0 nb /100ml
	Pseudomonas Aeruginosa	Non Mentionnées	0nb/250 ml	Non Mentionnées
	Nterococci	Non Mentionnées	0nb/250 ml	Non Mentionnées

(O.M.S. 2006 ; U.E., 1998, JORA, 2011).

2.2. Paramètre de potabilité microbiologique

Le déficit d'approvisionnement en eau potable, d'hygiène et d'assainissement est à la base de nombreuses maladies, dont la diarrhée qui est contractée par 2,4 milliards de personnes par an dans le monde occasionnant, selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), plus de 2,6 millions de décès annuels (O.M.S., 2000; Kouassi et al., 2015).

Il convient d'établir une liste bactériologique c'est-à-dire une liste des bactéries que l'on ne doit pas retrouver dans une eau si celle-ci doit-être consommée ou encore la quantité limite tolérée de ces organismes dans l'eau. Généralement les analyses microbiologiques sont fondées sur la recherche des bactéries considérées comme des indicateurs de contamination fécale : ces bactéries sont des sources fréquentes de contamination assez grave (Ouhassi et al., 2013).

2.2.1. Les normes de potabilité de l'OMS

Le moyen le plus efficace pour garantir en permanence la salubrité de l'approvisionnement en eau de boisson consiste à appliquer une stratégie générale d'évaluation et de gestion des risques, couvrant toutes les étapes de l'approvisionnement en eau, du captage au consommateur (O.M.S., 2004). En effet, la qualité de l'eau pourrait subir des modifications au cours de son transfert depuis la sortie de la station de traitement jusqu'au robinet du consommateur (Ouahchia et al., 2015).

Pour plus de d'information sur les caractères de la qualité microbiologique des eaux potable nous basons sur les normes internationales proposées par l'OMS et l'Union Européen vous les trouve dans les tableaux (6 et 7).

2.2.2. Les normes de potabilité Algériens

Les normes microbiologiques des eaux potables Algériennes sont inspirés également des normes internationaux, et généralement ces normes définissant une eau potable sont variables suivant la législation en vigueur, qui permet de protéger les personnes dont la santé est les plus fragiles qui sont présenté dans le tableau 8.

Tableau 6. Paramètres microbiologiques de classification des eaux potable.

Groupe de Paramètre	Paramètres	Unités	Valeurs indicatives
Paramètres microbiologiques	Coliformes totaux	nb/100ml	0
	Coliformes fécaux	nb/100ml	0
	Streptocoques fécaux	nb/100ml	0
	Clostridium Sulfito-Réducteurs	nb/100ml	0
	Staphylocoques pathogènes	nb/100ml	0
	Spoires des bactéries	nb/20ml	0
	Vibrions cholériques	nb/10ml	Absence
	Salmonelles	nb/5l	Absence

(O.M.S., 2006) in (Larbi et Mekkaoui, 2011).

Tableau 7. Paramètres de classification microbiologiques des eaux potable norme Européennes

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

(U.E., 1998).

Tableau 8. Paramètres de classification microbiologiques des eaux potable normes Algériennes.

Groupe des paramètres	Paramètres	Unités	Valeurs limites
Paramètres microbiologiques	Escherichia Coli	nb /100ml	0
	Entérocoques	nb /100ml	0
	Bactéries Sulfitoréductices y compris les spores	nb /20ml	0

(O.M.S. 2006 ; U.E., 1998, JORA, 2011).

Chapitre II

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

1. Situation géographique de la zone d'étude

La wilaya de Khenchela est située à l'Est du pays, au Sud-est du Constantinois, et au contrefort du mont des Aurès, s'étend sur une superficie de 9.715 Km², est limitée par différents wilaya comme suite :

- Wilaya de Oum El Bouaghiau nord.
- Au Sud, par la wilaya d'El Oued.
- À l'ouest, par la wilaya de Batna et Biskra.
- À l'est, la Wilaya de Tébessa.

La wilaya de Khenchela est située à l'est du pays à l'extrémité nord orientale du massif des Aurès, à 120 km au sud-est de Constantine. Le massif montagneuse occupe la partie ouest de Khenchela, constitue l'angle nord oriental du quadrilatère plissé Aurésien et correspond à une succession d'anticlinaux et synclinaux de direction générale NNE-SSW à NE-SW (Bouaicha, 2009)

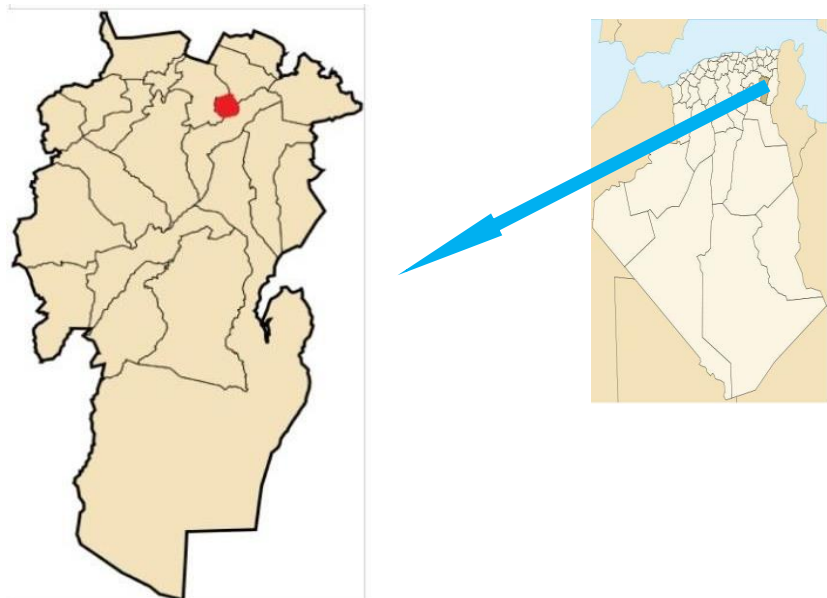


Figure 2. La situation géographique de la commune de Khenchela(P.D.A.U, 2006).

La Wilaya de Khenchela est issue de la refonte territoriale de 1984. Elle était rattachée entre 1977 et 1984 à trois wilayas différentes (Oum El Bouaghi pour l'ex Daira de Khenchela ; Tébessa pour la Daïra de Chechar ; Batna pour la Daira de Kais). Actuellement le territoire de

la wilaya est composé de 21 communes regroupées en huit (08) Dairas (dont 05 Dairas créés en 1990) (Tableau 9) (P.D.A.U, 2006).

Tableau 9. Le nombre des communes constitutif de la wilaya de Khenchela.

Dairas	Nombre de communes	superficies
Khenchela (chef-lieu de daïra et de wilaya)	1	32km ²
Babar	1	3935km
El hamma	4	852km
Ain Touila	2	420km
Kais	3	466km
Bouhmama	4	1288km
Chechar	4	2066km
Ouledrachech	2	656km

Source : (P.D.A.U., 2006)

2. Caractéristiques du milieu physique et naturel

La wilaya de Khenchela est connue par son environnement naturel diversifié. Cette diversité est constituée de ; paysage tellien (zones alpines, eau abondante, forêts denses et verdure), les montagnes d'Aurès occupent la partie ouest de la wilaya. Le paysage des hautes plaines (hautes plaines céréalières semi-arides) qui occupe la partie nord de wilaya. Tandis que les paysages des prairies et du désert du Sahara comprend : des montagnes complètement exposées et érodées (mont Nememchas à l'est), des oasis (Siar, Khirane et El Ouldja) et des plaines basses (El Meita et Ouazerne) au sud (Ceneap, 2009; P.A.W., 2009). Il est caractérisé par une vocation agro-sylvo-pastorale, dans lesquels la superficie agricole représente 22%, la forêt 12% et les prairies 49% de la superficie totale (Anonyme, 2001).

2.1. Contexte climatique

2.1.1. La Température

La température est le facteur limitant le plus important, car la température contrôle tous les phénomènes métaboliques et restreint donc la distribution de toutes les espèces et communautés biologiques dans la biosphère (Ramade, 2003). Par conséquent, cela dépend principalement de la quantité de rayonnement reçu du soleil directement ou indirectement à

travers la surface de la terre (Elkins, 1996). Les données de température ont été collectées à la station d'El Hamma, une station vétéran   10 kilomètres de la ville de Khenchela.

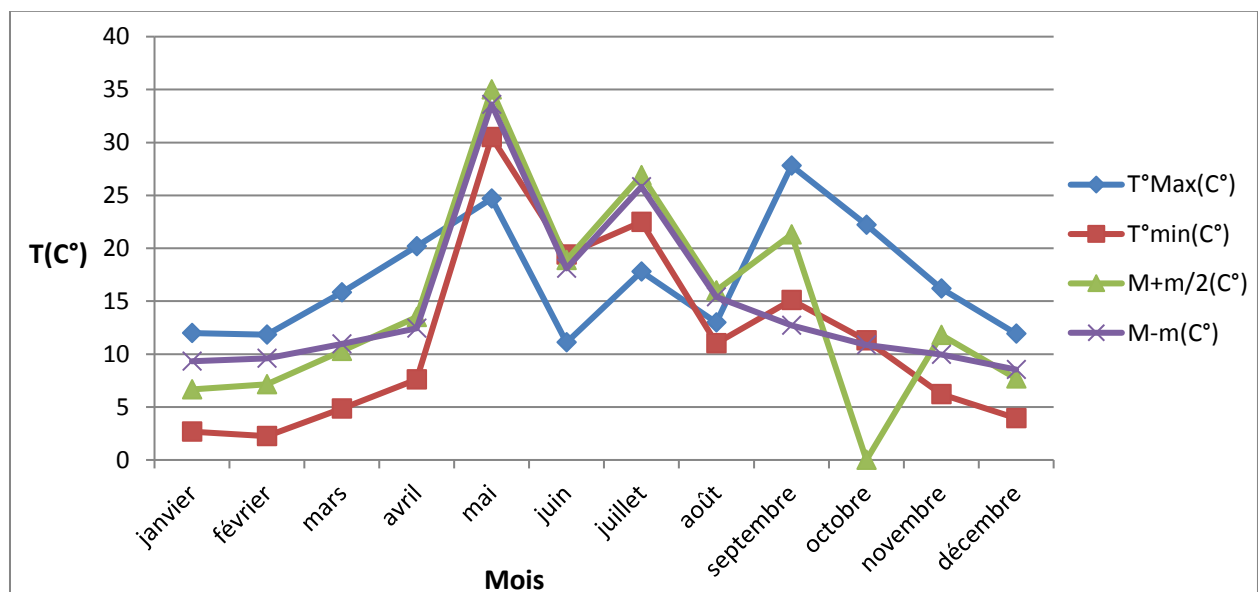
D'après les données climatiques de la région de Khenchela, les mois les plus froids est celle de l'hiver et les températures les plus basses enregistr es en décembre, janvier et février étaient respectivement de 3.39, 2.67 et 2.25  C. En été, les températures les plus  lev es sont mesur es dans le mois de juin, juillet et août, atteignant 30.5, 35.0 et 33.6  C au cours de la même période (Figure 3 et Tableau 10).

La courbe des changements de température mensuels moyens montre que janvier est le mois le plus froid avec une température moyenne de 6.6  C et juillet est le mois le plus chaud avec une température de 27.1  C. L'histogramme des changements de température mensuels moyens montre que janvier est le mois le plus froid avec une température de 6,6  C et juillet est le mois le plus chaud avec une température de 35  C.

Tableau 10. Evolution de la température mensuelle de la ville de Khenchela.

	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil.	Aou.
T Max (C�)	27.8	22,2	16.2	11,93	12,01	11,84	15,82	20.18	24.7	30.5	35,0	33.6
T min (C�)	15.1	11,3	6.22	3,39	2,67	2,25	4.86	7.76	11.1	19,4	18,9	18.1
M+m/2 (C�)	21,3	18,8	11,81	7,7	6,66	7,14	10,3	13,85	17.8	22.5	26,9	25.8
M-m (C�)	12.7	10.86	9.96	8,54	9,34	9.59	10,96	12.43	13.	11,01	16,	15.4

Source : (S.M.H., 2018)



Source : (S.M.H., 2018)

Figure 3. Courbe d'évolution des températures mensuelles de la ville de Khenchela.

2.1.2. La pluviométrie

Les précipitations sont un facteur écologique d'une importance fondamentale dans l'alternance entre la période de pluie et celle de sécheresse, jouant un rôle régulier dans les activités biologiques (Ramade, 1984). Le tableau 11 présente la répartition des précipitations mensuelles moyennes de la région de Khenchela pour la période 1998-2018.

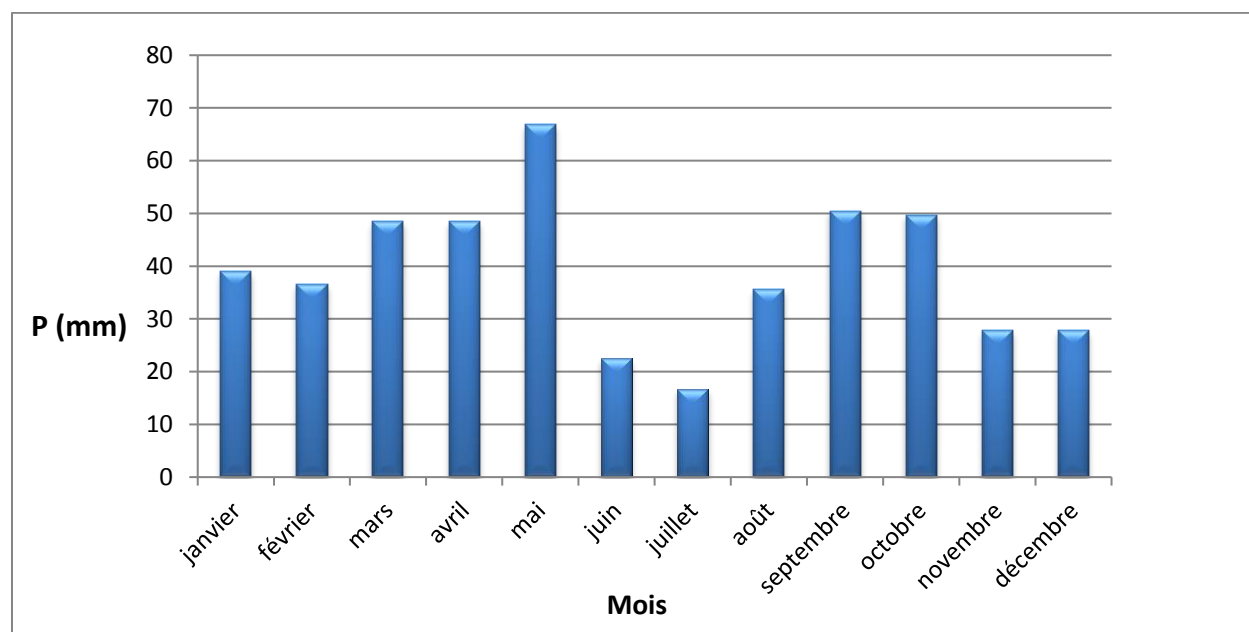
Tableau 11. Répartition des précipitations mensuelles et saisonnières (mm).

Saison	Automne			Hiver			Printemps			Eté			Cumule
Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jult	Aout	
P	50,4	49,9	27,7	27,8	38,9	36,4	48,4	48,4	66,9	22,5	16,6	35,5	466,8

Source : (S.M.H., 2018)

La pluviométrie annuelle moyenne dans la zone d'étude (1998 à 2018) est d'environ 466,84 mm.

- Il y a deux périodes, l'une est la saison des pluies de septembre à mai, et l'autre est la période de sécheresse de juin à août.
- Selon les données, le mois le plus pluvieux est mai, qui mesure 66,9 mm, tandis que le mois le moins pluvieux est juillet, avec 16,6 mm (Figure 4).



Source : (S.M.H., 2018)

Figure 4. Précipitations mensuelles moyennes de la zone d'étude pour 20 ans.

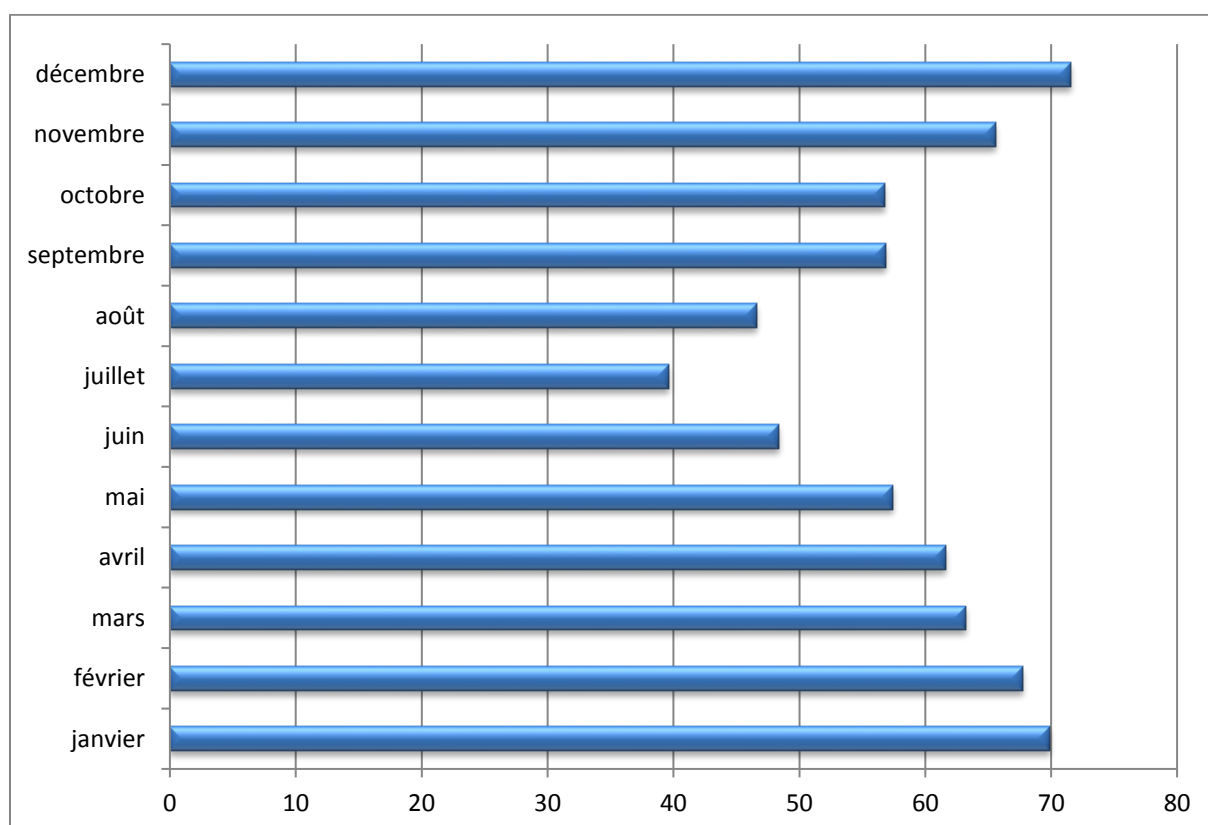
2.1.3. Humidité

Les valeurs de l'humidité de la zone étude indiquée variabilité importante. On note une humidité faible au période estivale (juin, juillet et août) avec 48.32, 39.59 et 46.62 %, tandis que dans la période d'hiver (de novembre à avril) les valeurs de l'humidité sont élevées qui dépasse les 60% la valeur la plus élevée est mesuré au mois de décembre avec 71.58% (Tableau 12).

Tableau 12. La variation des valeurs de l'humidité moyenne mensuelle de la région de Khenchela (20 ans).

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Humidité(%)	69,9	67,72	63,19	61,61	57,42	48,32	39,59	46,62	56,84	56,8	65,59	71,58

(S.M.H., 2018)



Source : (S.M.H., 2018)

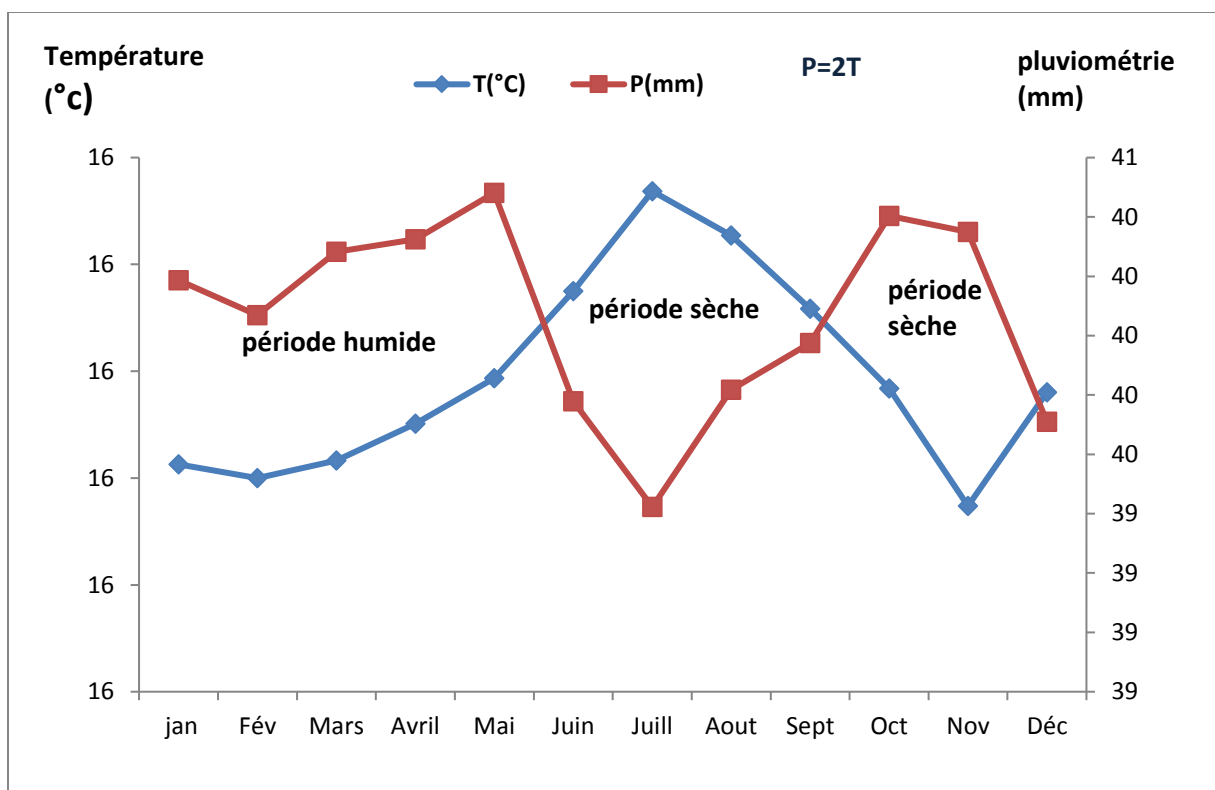
Figure 5. Variation de l'humidité moyenne mensuelle de la région de Khechela (20 ans).

2.1.4. Synthèse climatique

La classification écologique des climats est effectuée par deux facteurs les plus importants à savoir, la température et la pluviosité (Dajoz, 1971). Ces deux facteurs sont utilisés pour réaliser le diagramme ombrothermique de Gaussen et le Climagramme d'Emberger.

2.1.4.1. Diagramme Ombrothermique de Gaussen de la région de Khenchela.

Le diagramme Ombrothermique de Gaussen de la région de Khenchela pour l'année 2004 à 2018 nous renseigne qu'il existe une seule période sèche entre les mois, Juin, Juillet, Août et humide dans les restes mois (Figure 6).



Source : (S.M.H, 2018).

Figure 6. Diagramme Omrothermique de Gaussen de la région d'étude (Khenchela).

2.1.4.2. Climagramme d'Emberger de la région de Khenchela.

Il permet de situer la région d'étude dans l'étage bioclimatique qui lui correspond (Dajoz, 1971). Le quotient pluvial thermique d'Emberger est calculé selon la formule suivante (Stewart, 1969) :

$$Q3 = 3,43 P / (M - m)$$

- P : La somme des précipitations annuelles exprimées en mm.
- M : La moyenne des températures maxima du mois le plus chaud.
- m : La moyenne des températures minima du mois le plus froid.

Pour la région de Khenchela, les résultats calculés du quotient pluviométrique d'Emberger pour la période de 1998-2018 est de $Q_3 = 49,67$, avec la mise en évidence de $P = 480,9\text{mm}$; $M = 35,01^\circ\text{C}$; $m = 1,8^\circ\text{C}$. Les résultats sont projetés dans le Climagramme d'Emberger (Figure 6), où elle classe la région de Khenchela dans l'étage bioclimatique des zones semi-aride.

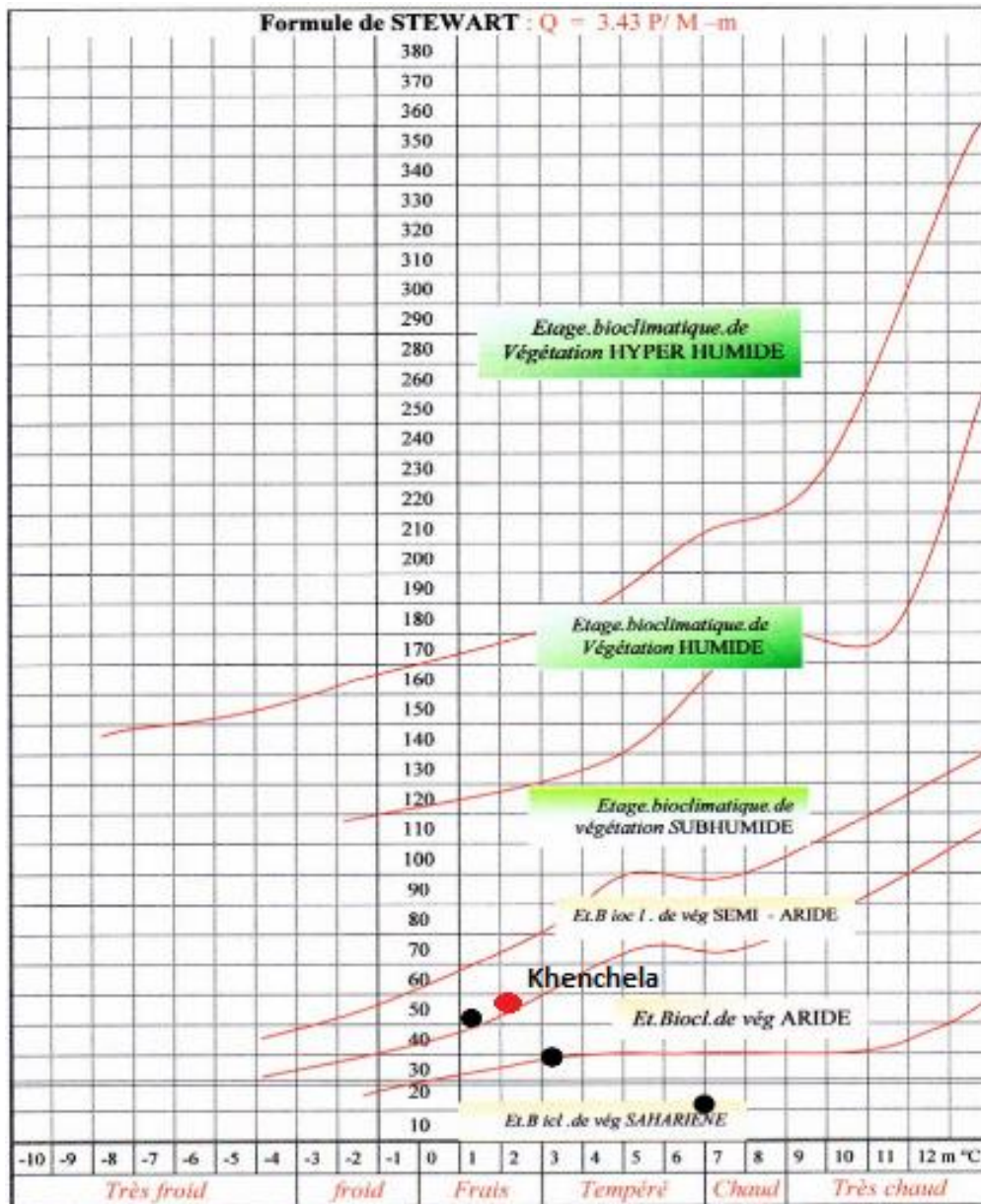
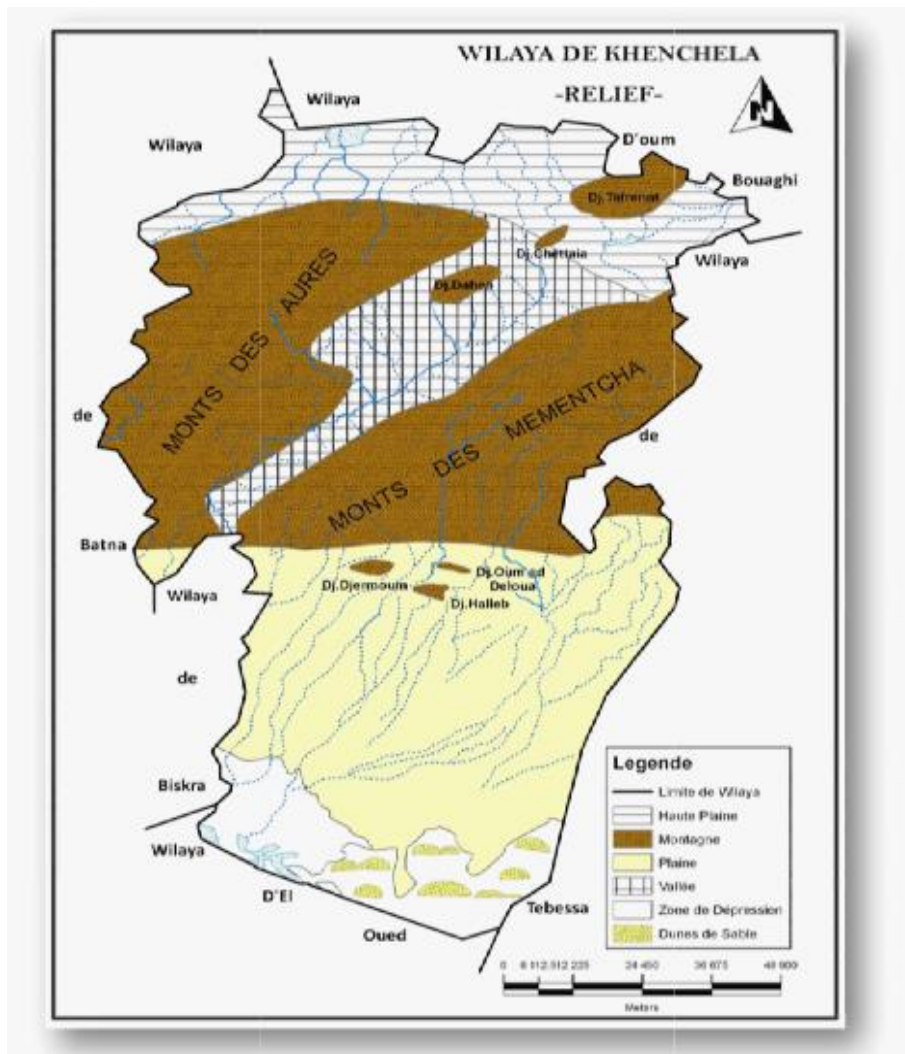


Figure 7. Classification de l'étage bioclimatique de la région de Khenchela Climagramme d'Emberger.

2.2. Relief et répartition des sols

2.2.1. Relief

La structure physique de la wilaya est très diversifiée. Elle se caractérise par trois espaces naturels différents : Les hautes plaines au nord, représentant 15% du territoire, c'est une zone de plaine à fort potentiel hydrique, qui offre de grandes opportunités de développement agricole. Les Montagnes, en les rencontres dans la partie centrale et occidentale de la wilaya, couvrant 36% du territoire (Monts d'Aurès et Monts de Nememchas), avec une altitude de 1500 m à 1700 m. Les zones steppique et le Sahara, présente 49% de la superficie totale (une zone vocation pastorale) couvre la moitié de la partie sud de wilaya (Figure8) (Bouali et Berkeni, 2015).



Source : (P.D.A.U., 2016).

Figure 8. Carte de répartition des reliefs de la wilaya de Khencela.

La ville de Khenchela (Zone d'étude), se située au nord de la wilaya dans les hautes plaines présente un environnement diversifié. En effet, la zone d'étude est constituée des principales unités géographiques suivantes (Figure 9) :

- Une zone montagneuse composée de deux spécimens, la lisière extrême des monts Aurès, couvrant la partie centrale de Khenchela, la plupart des éléments montagneux sont détruits en deux sous-unités. Les premières sous-unités sud (Djebel Tiferkassa et Ras Serdoun) ont atteint leur apogée dans la direction SW-NE (1500 à 1700 m) et se sont arrêtées à l'ouest de la ville de Khenchela. Le contact entre le sommet et le relief se trouve en dessous à travers la surface convexe et concave, qui est l'emplacement de nombreux ravins. La deuxième sous-unité Djebel Djhfa et son extension nord-est (Djebel El Taref et Djebel Chettaia) sont situées au milieu de la commune de N'Sigha. Le bloc s'élève à 1706 m et la pente (1300-1400 m) coupe le profil (P.D.A.U., 2016).
- Un groupe de zones similaires, à une altitude d'environ 1100 m, avec une superficie plus petite que les districts municipaux de Khenchela et N'Sigha.
- Une zone de vallée dans la communauté de N'Sigha, coincée entre le système de terrain, la faisant ressembler à une branche (P.D.A.U., 2016).

2.3. Les sols de la région

Les sols de la wilaya sont en grande partie, pauvres et peu profonds à l'exception des plaines du nord où le sol est relativement plus profond. Ainsi, et mis à part quelques rares endroits isolés où la roche mère affleure, on rencontre au niveau des hautes plaines du nord, là où le réseau hydrographique est très dense, des sols alluviaux profonds, de texture limoneuse ou argileuse. Ces sols peuvent porter des cultures très riches. La zone des piémonts est formée quant à elle, de sols calciques également très riches (Benaroua et al., 2010).

Au niveau de la zone centrale montagneuse, on rencontre sur les monts des Aurès, des sols insaturés humifères (sols formés sur des roches non calcaires et perméables), des sols calcaires humifères (formés sur les roches mères calcifiées). La roche mère affleure en quelques rares endroits isolés.

Le plateau du Mahmel et la vallée de l'Oued El Arab sont formés de sols calciques ; la roche mère affleure uniquement sur les hauteurs.

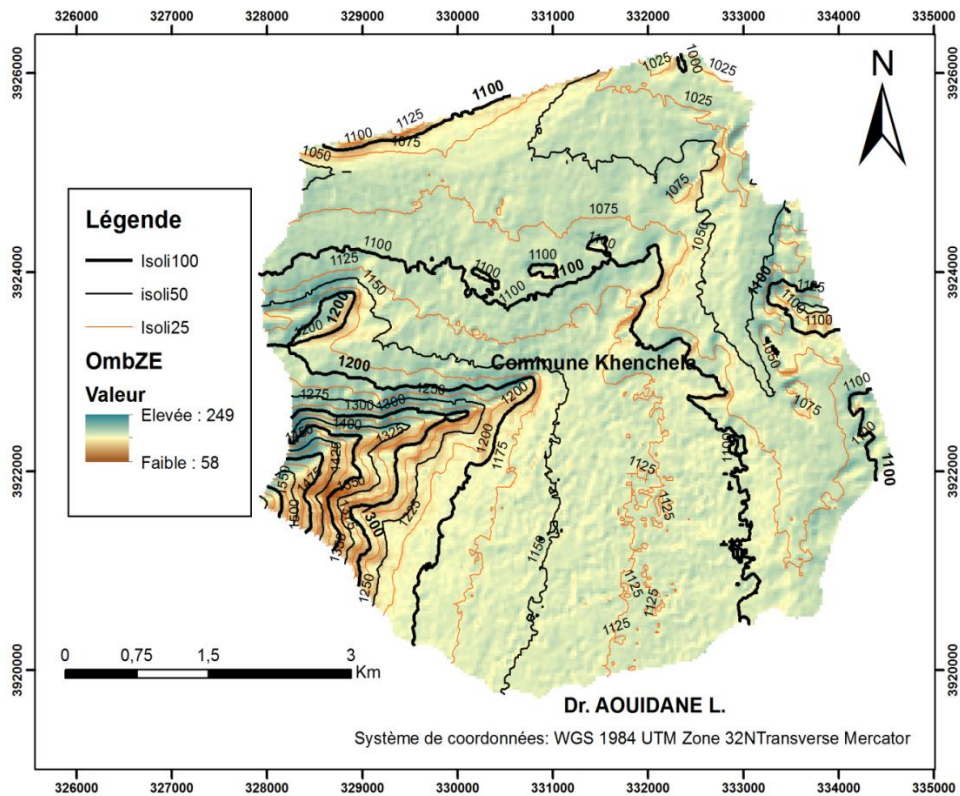


Figure 9. Carte de relief et d'altitude de la commune de Khenchela

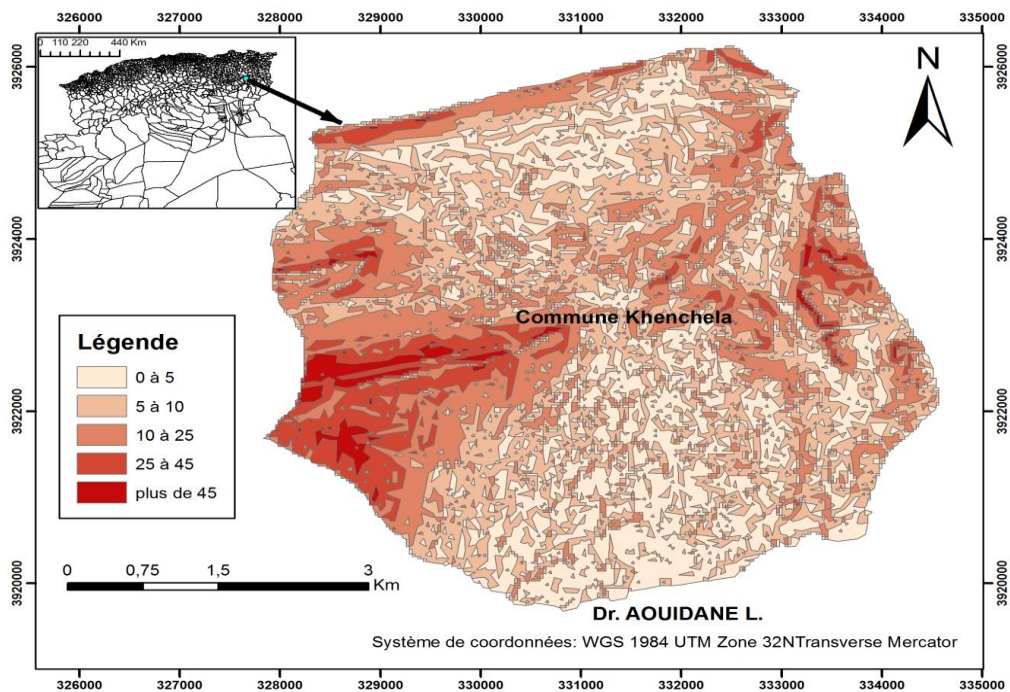


Figure 10. Carte de la répartition des pentes de la commune de Khenchela

Sur les monts des Nememcha et à l'exception d'une bande centrale de direction Nord-Est/Sud-Ouest formée de sols calciques, la roche mère affleure sur presque toute la sous-zone. Ceci explique le degré d'érosion atteint au niveau de cette région. Quant à la zone sud de la wilaya, l'influence désertique sur les sols est apparente ainsi, et mis à part quelques hauteurs où la roche mère affleure, on rencontre des sols éoliens d'ablation (zone de parcours steppiques), des sols basiques (au pays de la céréaliculture par épandage de crues), et surtout des Solontchak (sols dont le teneur en Chlore est supérieure à 1,8 %) sur la majeure partie de la zone. L'extrême sud de la wilaya se caractérise par des sols éoliens d'accumulation (dunes de sable) (D.A.P.T, 2012).

Donc on rencontre différents types de sols :

- Les sols insaturés humifères : ces sols sont rencontrés sur les reliefs les plus élevés (plus de 1500 mètres d'altitude) de l'Aurès, sont occupés par des forêts.
- Les sols calciques : ces sols sont rencontrés sur les bas piémonts, et sur Kais et Remila. Ils s'étendent à l'est jusqu'à Ain Touila et au sud jusqu'à Babar en partant de Khenchela.
- Les sols éoliens d'ablation : ces sols sont rencontrés au sud de la wilaya, sur le piémont des monts Nememcha, dont l'altitude est située entre 200-500 mètres.
- Les sols alluviaux basiques : ces sols sont localisés sur des zones de changement de pente, c'est-à-dire les zones où la pente devient plus douce, on les rencontre principalement dans les plaines entourant les dépressions (dépressions de Gurraet El Tarf, cuvette de bas Sahara, et la dépression de Tazougart), mais aussi au niveau des vallées encaissées de Babar, de Bouhmama et de la plaine de Guentis.
- Les sols salins ou Solontchak : ces sols caractérisant les dépressions sont rencontrés au niveau des zones d'accumulation, ils sont le résultat d'une hydrologie à écoulement endoréique ou de la présence de roches triasiques (gypse : roche saline) (Benaroua et al., 2010) (Figure 10).

2.4. Contexte hydrogéologique et hydraulique

2.4.1. Caractéristique géologique

D'après Khabtane (2010). La wilaya de Khenchela est caractérisée par trois régions naturelles qui peuvent être distinguées de la façon suivante :

Au Nord : c'est le bassin miocène de Timgad et de Douffana. C'est une zone plate, steppique qui correspond à la bordure méridionale de la grande dépression de Garaat el Tarf.

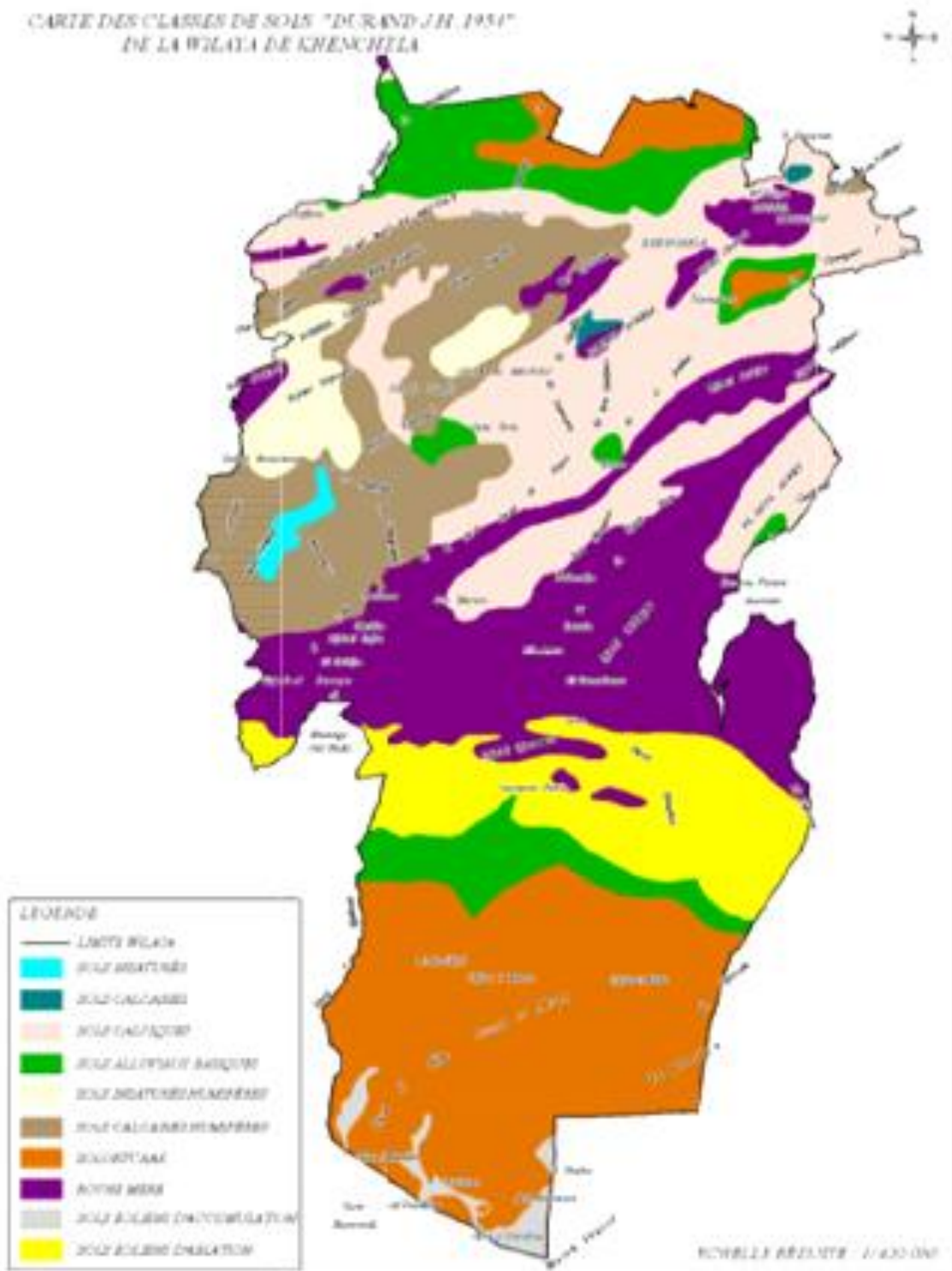


Figure 11. La carte des classes des sols de la wilaya de Khenchela (Bouali et Berkeni, 2015).

Les parties occidentale et centrale de la wilaya constituent la terminaison périclinale Nord-Est de la chaîne des Aurès, région caractérisée par les diapirs triasiques. La zone méridionale au Sud constitue les monts des Nememcha; et plus au Sud, c'est une zone plate qui correspond à la bordure septentrionale du pays des chotts (Khabtane, 2010).

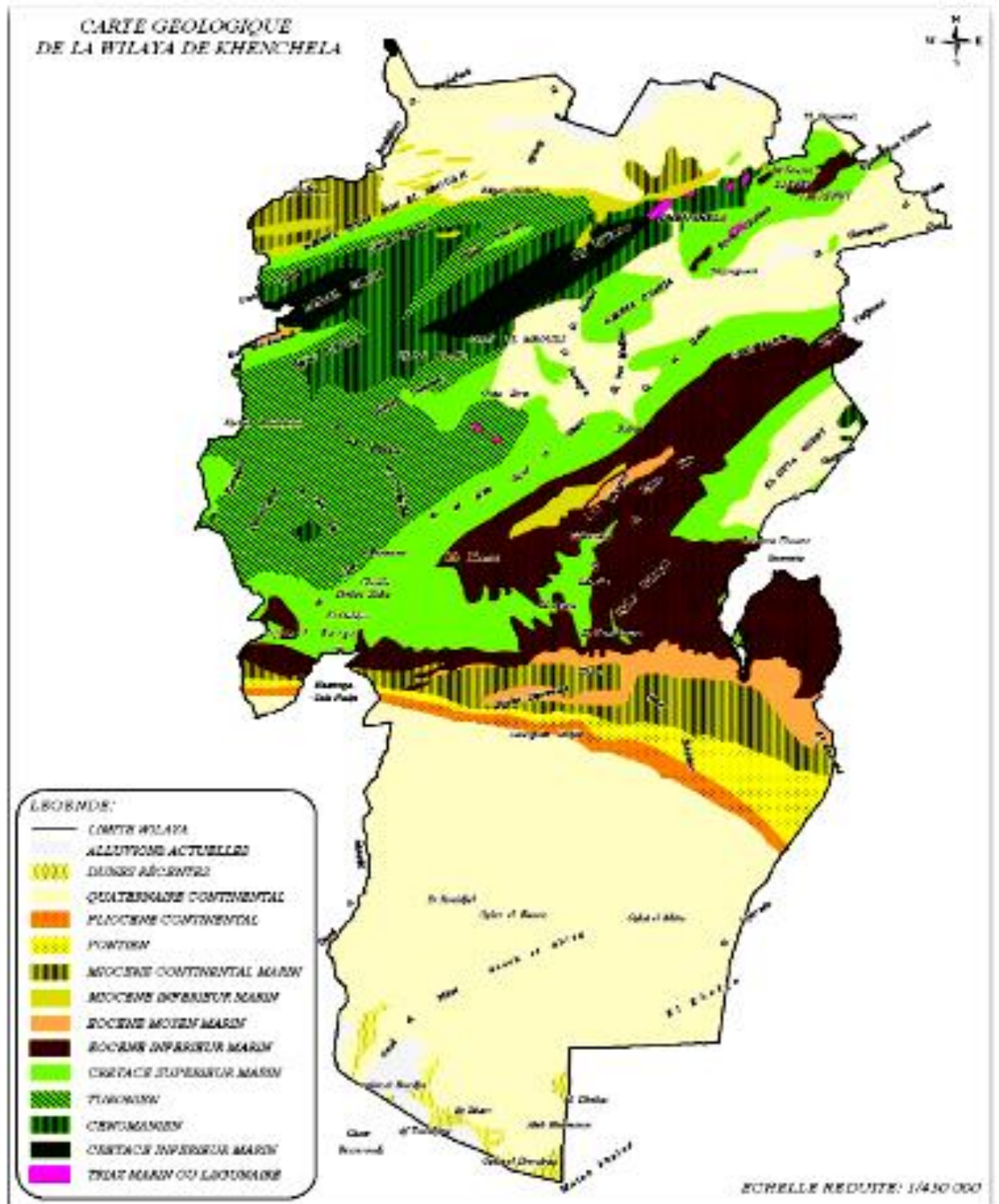
Du point de vue tectonique, le territoire de la wilaya est situé au Nord de la flexure Sud atlasique. Les reliefs montagneux sont très accidentés par des failles. On rencontre deux principales familles : La première correspond aux plus grandes failles de direction Est-ouest à Nord-est et Sud-ouest. La seconde, celle des plus petites failles et dont la direction est Nord-ouest et Sud-est. Ces deux types de failles sont verticaux. Il est à noter aussi que les diapirs ou dômes triasiques empruntent généralement des zones de failles et de faible résistance pour remonter à la surface du sol et affleurer. Ces diapirs se rencontrent dans la partie orientale de la wilaya. Du point de vue lithologique et pétrographique, on rencontre dans la wilaya des calcaires, des marnes, des argiles, du gypse, des sables, des grès et des conglomérats (Figure 11) (C.F.K., 2012).

3.4.2. Caractéristiques hydrologique

Le potentiel des eaux de surface de Wilaya est mal connu car le débit du fleuve est irrégulier et temporaire. L'estimation actuelle est basée sur le site et l'installation de mobilisation existante. Il est estimé à 171520 Hm³, qui se reparte comme suit (A.B.H., 2012).

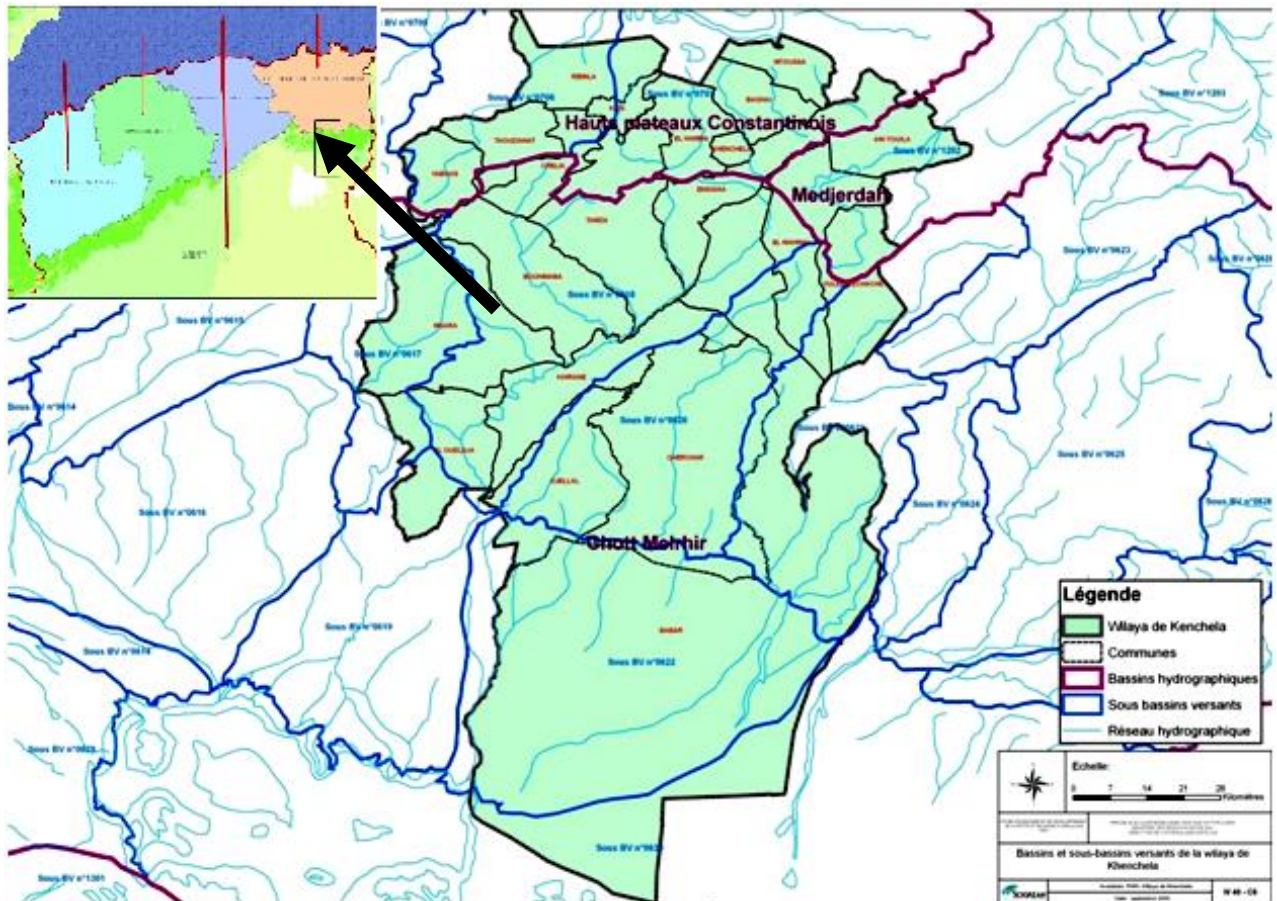
- Barrage Babar = 41 Hm³ (en fonctionnement).
- Deux barrages à Foum El-Gueiss = 3Hm³ (non fonctionnelle).
- Barrage de Tagharist = 5,7 Hm³ (terminé).
- Barrage d'Oueldja = 57 Hm³ (contrôle de performance)
- Barrage de Mellagou = 50 Hm³ (étude de faisabilité enregistrée en 2012)
- Barrage de Lazreg = 2,3 Hm³ (étude ODA enregistrée en 2012)
- Total = 171520 mètres cube avec un potentiel de mobilisation = 46,34 Hm³

La région de Khenchela est caractérisée par un réseau hydrologique très intense formé par Oued à un état d'écoulement temporaire. Par rapport à la partie sud de la région, le réseau hydrologique a une distribution plutôt faible au nord, ce qui affecte la meilleure utilisation des eaux de surface. Parfois, une pénurie ou une inexistence au cours de l'année, qui à son tour affecte l'approvisionnement en eau potable de la ville de Khenchela, renforce le principe selon lequel l'eau et la richesse sont très difficiles à obtenir (Figure.12). (A.B.H., 2012).



Source : (D.E.W., 2009).

Figure 12. Répartition des formations géologiques de la Wilaya de Khenchela.

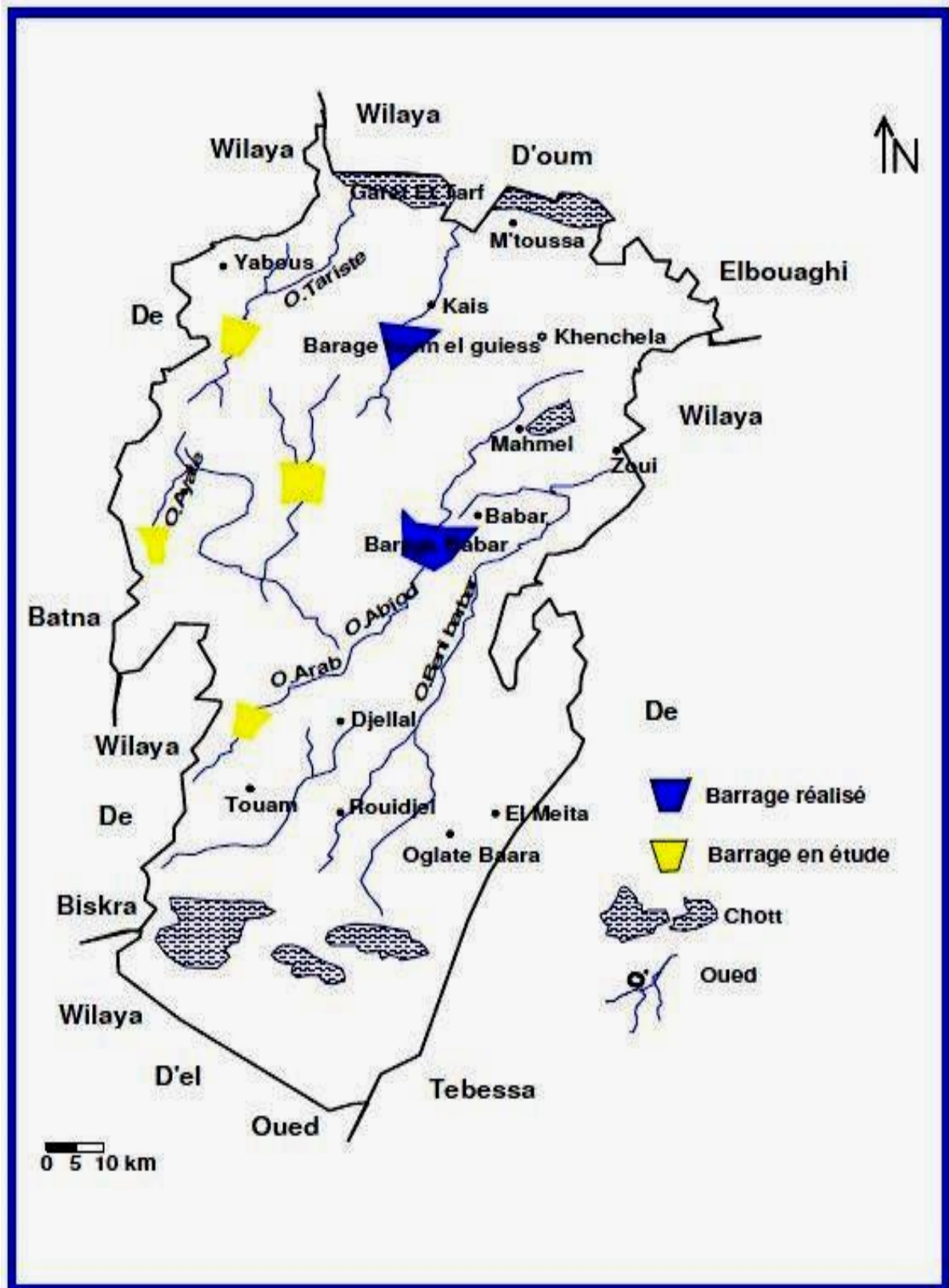


Source : (D.R.E., 2016).

Figure 13. Carte de répartition des bassins versants de la région de Khenchela.

3.4.2.1. Défis hydrologiques

La caractéristique hydrologique de la région de Khenchela, donne un réseau hydrologique formé par des Oueds à un état d'écoulement temporaire. Par rapport à la partie sud de la région, le réseau hydrologique a une distribution plutôt faible au nord, ce qui affecte la meilleure utilisation des eaux de surface. Parfois, une pénurie ou une inexistence au cours de l'année, qui à son tour affecte l'approvisionnement en eau potable de la ville de Khenchela, renforce le principe selon lequel l'eau et la richesse sont très difficiles à obtenir (Figure14).



Source : (D.E.W., 2009).

Figure 14. Carte des réseaux hydrographique et barrages de la wilaya de Khenchela.

3.4.2.2. Ressources hydraulique superficielles

La source superficielle principale d'alimentation en eau potable de la ville de Khenchela ne se trouve pas dans la wilaya de Khenchela bien que la région contient des eaux de surface, mais elles ne sont pas utilisées pour alimenter la ville de Khenchela. Tandis que la ville est alimentée par le barrage Koudiet Lamdaouar situé au nord-est de Timgad dans la wilaya de Batna la quantité d'eau qui arrive depuis le barrage est de 13000 m³/j dont 7000 m³ pour la ville de Khenchela (Boubelli, 2016).

3.4.2.3. Identification des systèmes aquifères

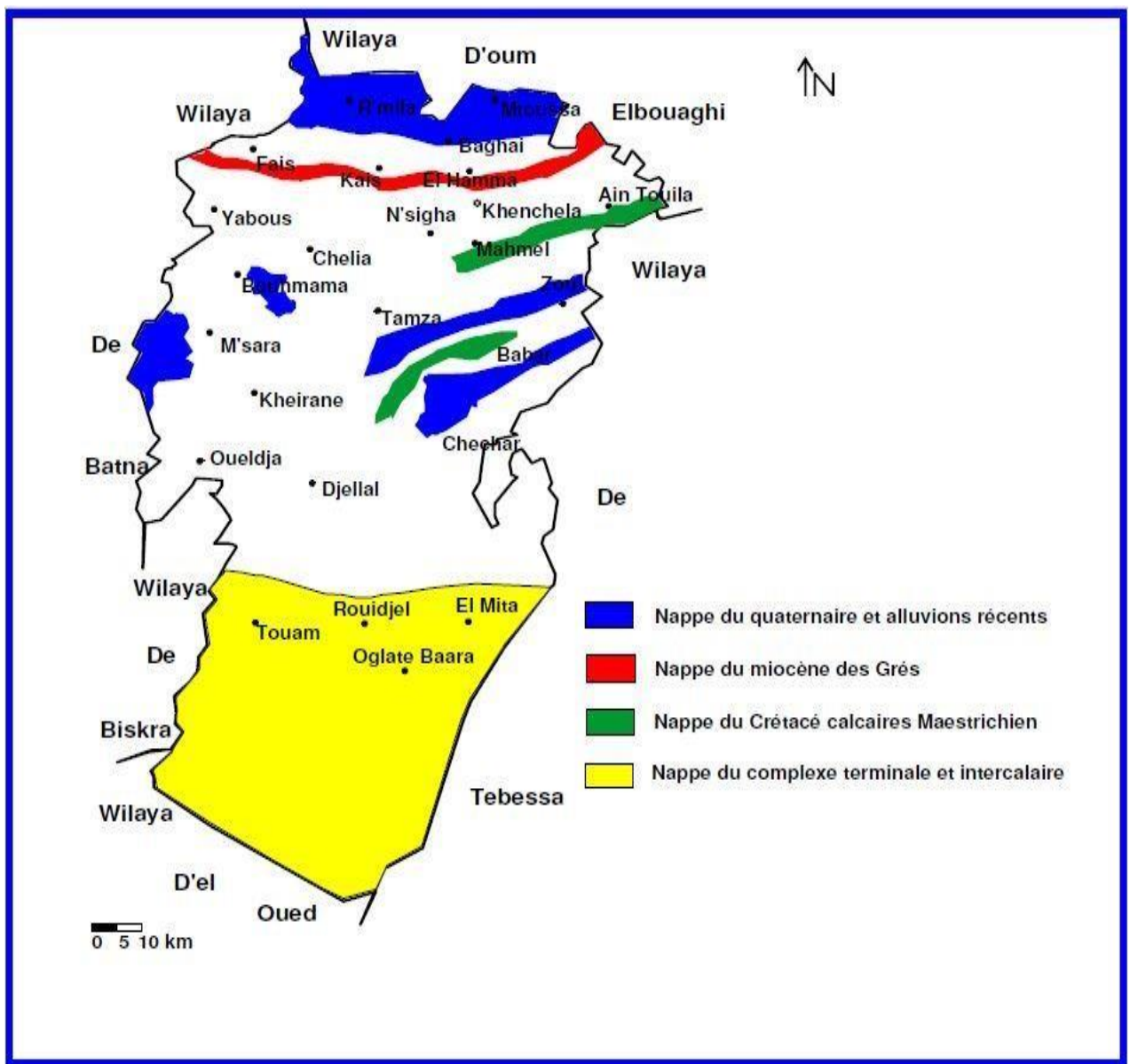
Les trois principaux systèmes aquifères de la région de Khenchela sont (Figure 14) (Boubelli, 2016) :

- Crétacé : l'épaisseur de ces strates aquifères ne dépasse pas 250 m, et la lithologie est différente d'une zone à l'autre. Les principales caractéristiques sont, strate de Théron, il y a des fissures et du calcaire, des marnes et calcaires gris-bleu, des marnes grises et du calcaire marin.
- Miocène : Il est principalement composé de grès blanc non transformé, de pierre microcristalline organique et de micromarbre biologique. Les parois de la formation rocheuse sont faites de silice jaune et rouge, tandis que le toit est fait de silice rouge et d'argile. L'épaisseur de la formation varie entre 100 et 200 m.
- Quaternaire : correspondant à différentes surfaces lithologiques, avec blocs alluviaux récents, topographie et échelles de glaciers d'argent. L'épaisseur de la formation varie entre 5 et 30 m.

En peut aussi divisée les ressources en eau souterraines en trois principales nappes :

- **Nappe superficielle** : Il s'agit de la nappe phréatique (en moyenne inférieure à 100 m de profondeur) est captée par plusieurs forage repartis à travers la wilaya (nord, est et sud). Cette nappe alimente plusieurs source d'intérêt local (Ain Elfedj, Ain Krim, Ain Frenal), le point d'exurgence de ces sources est généralement une faille ou une fracture.

- **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 Moi-pliocène. Comme on peut associer les nappes des calcaires fissurés du Turonien et Miocène dont la profondeur dépasse les 300 m, captée par de nombreux forages à travers la wilaya.
- **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, leurs profondeurs variant de 200 à 600m.



Source : (D.H.W.K., 2015).

Figure 16. Schéma du bassin principal de la wilaya de Khenchela.

4. Cadre urbaine de la zone d'étude

4.1. Évolution démographique

La population de la Wilaya de Khenchela est estimée à 399200 habitants, ce qui équivaut à une densité de population de 41 habitants au kilomètre carré. Au cours des quatre dernières décennies, la population de Khenchela augmenté très fortement et sa population a triplé. En effet, sa population totale est passée de 128169 habitants en 1966 à 399200 habitations de l'année 2017 et la densité de population au cours de la même période est passée de 13 à 41 habitants/km². Le taux de croissance annuel moyen (TAM) de la population de wilaya suit généralement une tendance nationale, c'est-à-dire que la croissance de la population culmine dans 60-70 ans (3,96%), et a montré une tendance à la baisse présente. Le seuil acceptable est de 1,6% par an (R.G.P.H., 2016).

4.1.1. Densité de population par commune

Sur le plan social, cela se révèle dans le niveau d'occupation de l'espace wilaya, ce qui explique une densité de population inégale, qui se traduit par une forte concentration de pôles urbains (Khenchela); Kaïs; Mahmal (Tableau 13) (D.S.P.K., 2017).

Tableau 13. La population de la wilaya de Khenchela par commune (D.S.P.K., 2017).

Communes	Population 2017	Surface (Km ²)	Population	Densité (Hab/Km ²)
Khenchela		32	135 450	4 232,81
Total daïra de Khenchela		32	135 450	4 232,81
El hamma		168	14 650	87,20
Ensigna		163	11 230	68,90
Baghai		136	8 070	59,34
Tamza		385	9 940	25,82
Total daïra d'ElHamma		852	43 890	51,51
Ain Touila		302	20 370	67,45
M'toussa		118	7 100	60,17
Total daïra de Aintouila		420	27 470	65,40

Kais	56	41 870	747,68
Touzianet	167	13 010	77,90
Remila	243	6 580	27,08
Total daïra de Kais	466	61 460	131,89
Bouhmama	409	12 880	31,49
Yabous	157	12 560	80,00
Chelia	152	5 990	39,41
M'sara	570	4 990	8,75
Total daïra de Bouhmama	1 288	36 420	28,28
Chechar	922	33 420	36,25
Djellal	378	3 660	9,68
Khirane	400	6 900	17,25
Ouldja	366	3 560	9,73
Total daïra de Chechar	2 066	47 540	23,01
Ouled Rechache	285	29 990	105,23
El Mahmal	371	46 370	124,99
Total daïra d'Ouled Rechache	656	76 360	116,40
Babar	3 935	40 920	10,40
Total Daïra de Babar	3 935	40 920	10,40
Total wilaya	9 715	469 510	48,33

4.1.2. L'évolution de la population de la région d'étude

La population totale résidente a connu une augmentation naturelle au cours des dix dernières années, la population atteignant 141380 mille personnes en 2019, avec un taux de croissance naturelle de 12,41%, et il convient de noter que ce taux est élevé entre 2018 et 2019. Ceci est principalement dû à l'amélioration de niveau de vie. La disponibilité de l'eau a grandement contribué à ce développement.

Tableau 14. L'évolution de la population totale de la ville de Khenchela.

Année	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
population totale de la ville de khenchela	120710	122035	126930	129610	132350	135450	138530	141380

Source :(D.S.P, 2017).

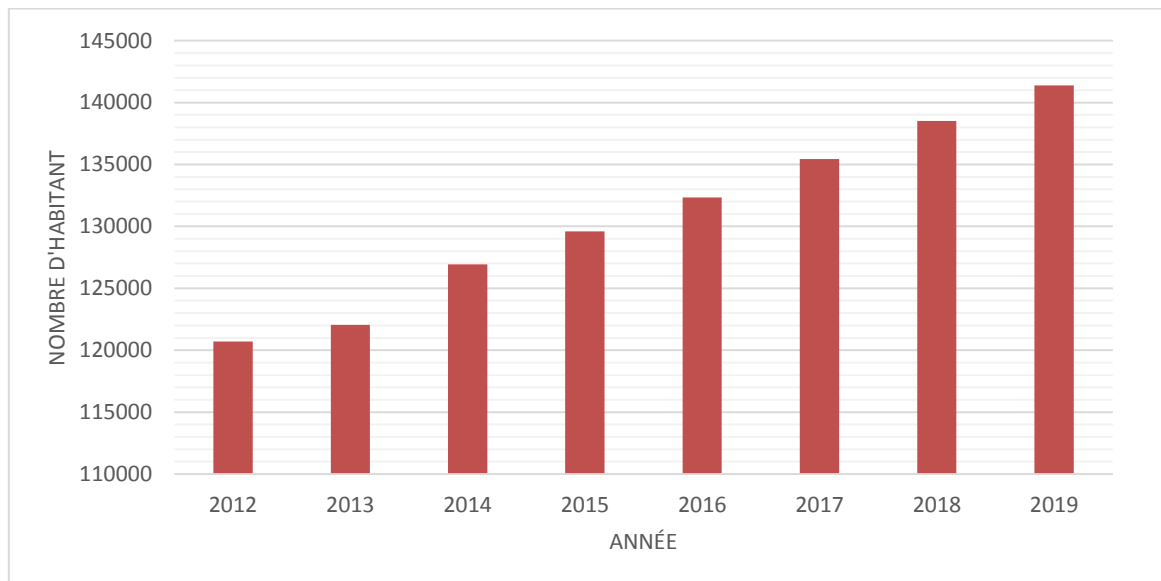


Figure 17. L'évolution de la population de la ville de Khenchela pour la période 2012-2019.

4.1.3. Répartition de la population par tranches d'âges

La ville de Khenchela a connu tout au long de son histoire une évolution démographique caractérisée par une forte croissance, et pour mieux comprendre la nature et le taux de croissance démographique de Khenchela, nous avons choisi des périodes de développement démographique sur la base des données de divers recensements de population. La répartition de la population par tranche d'âge, indique une dominance de la tranche d'âge des jeunes qui présente plus de 60% et cela va être un point positif et comme une force de développement.

D'un autre côté la densité de population dans la ville de Khenchela a connu une évolution rapide, et surtout dans ces dernières années, cela peut s'expliquer par la croissance démographique et aussi l'exode rural des autres régions pour rentrer au chef-lieu de la wilaya.

Tableau 15. Evolution de la population de la ville de Khenchela par tranches d'âges

année	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
6 ans	13473	2206	2290	2338	2387	2474	2530	2582
6 à 15 ans	23865	24127	25094	25624	26165	27109	27725	28296
16 à 24 ans	23540	23798	24752	25275	25481	26741	27349	27912
24 à 50 ans	46043	46548	48415	49437	50481	52304	53493	54594
50 à 60 ans	9434	9538	9920	10129	10343	10716	10960	11185

Source : (D.S.P., 2017).

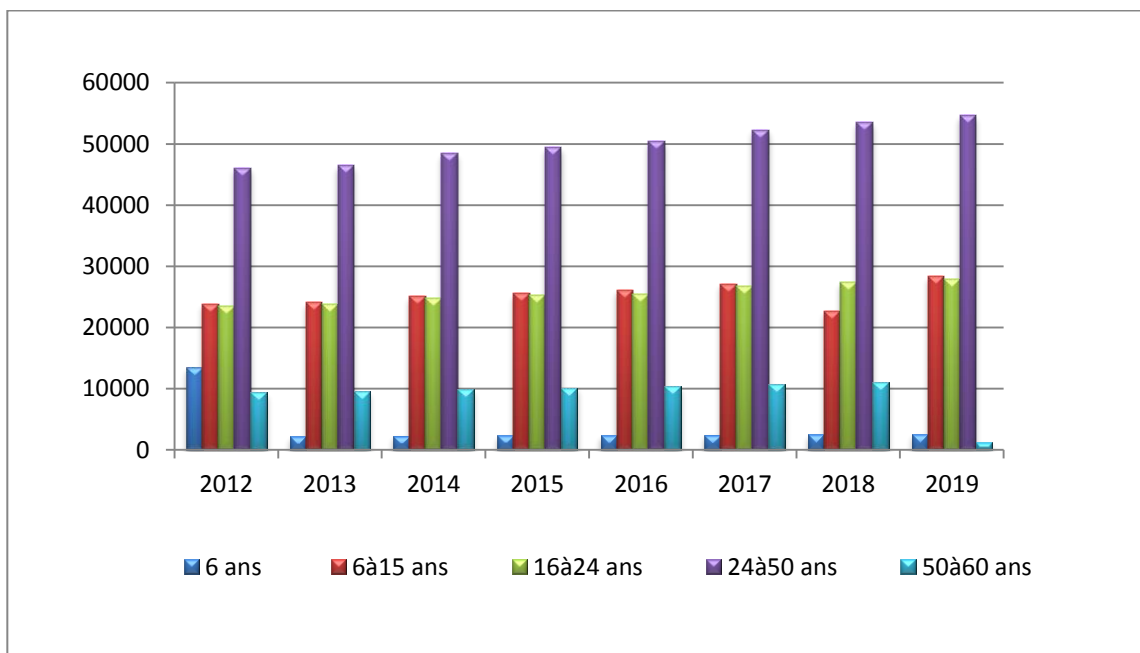


Figure 18. Évolution des espérances de vie à des âges spécifiques (D.S.P., 2017).

Tableau 16. Densité de la population pendant dix ans de la commune de Khenchela.

Année	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Densité Hbts/Km ²	3772,2	3814	3966,6	4050,3	4135,93	4232,81	4329,06	4382,14

Source :(D.S.P., 2017).

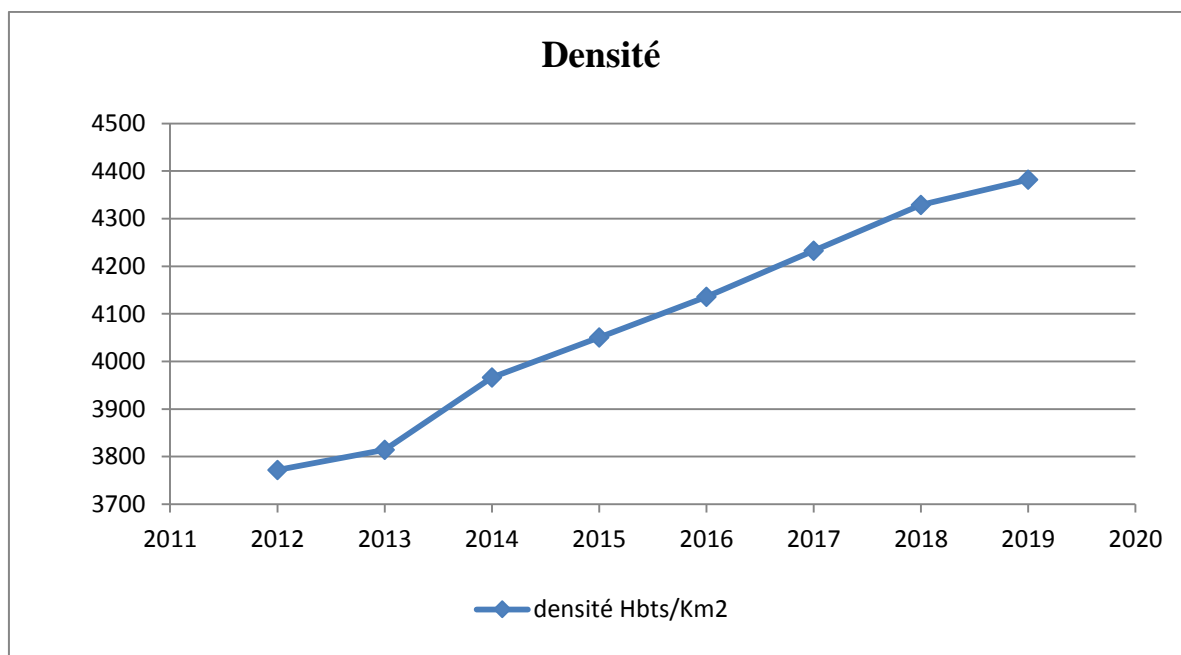


Figure 19. Evolution de la densité de population de la ville de Khenchela.

4.2. Caractéristiques de système d'alimentation en eau potable (AEP)

4.2.1. Diagnostic de réseaux AEP de la ville de Khenchela

On estime que la demande d'eau potable de la population de l'état est d'environ 63500 mètres cubes par jour et que le montant alloué est estimé à 47000 mètres cubes par jour. Cela est dû aux fuites quotidiennes du réseau d'approvisionnement en eau. Distribution, la perte estimée est supérieure à 25%, et un certain revenu est également obtenu d'autres légalités au niveau du bassin versant, dont 1595 kilomètres de canaux d'eau potable et 228 réservoirs ont une capacité de stockage de 78450 mètres cubes (A.D.E., 2015).

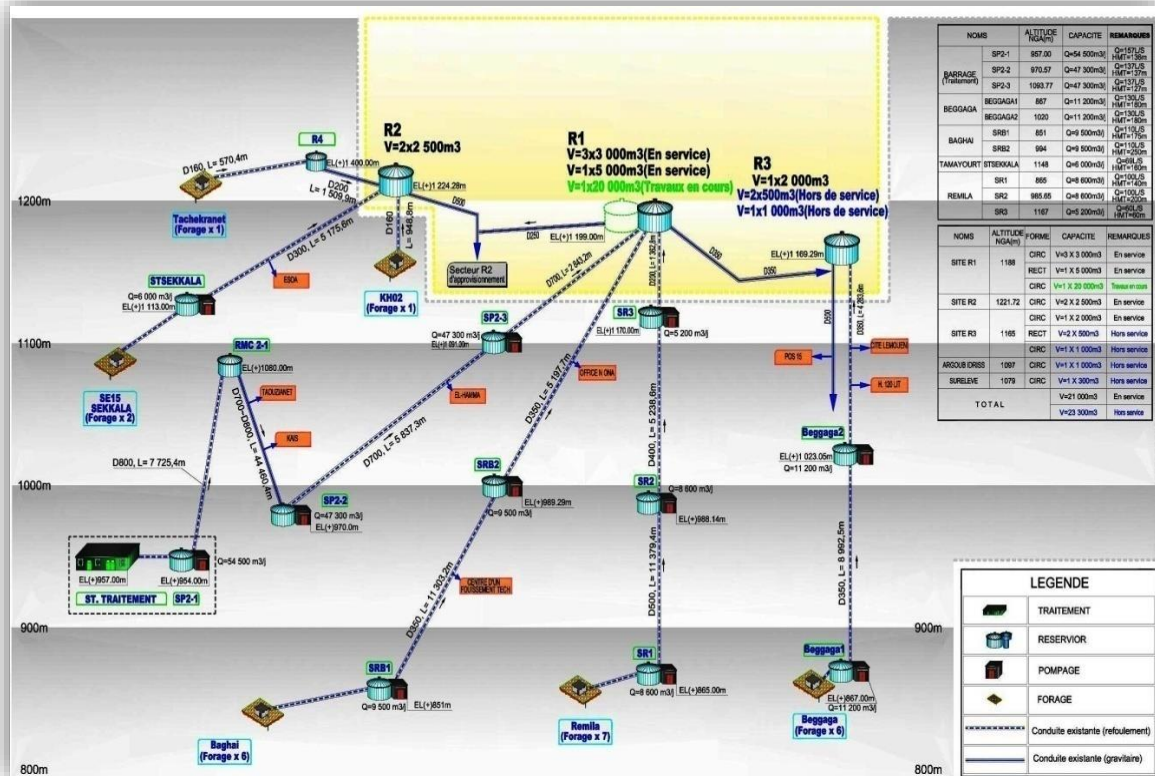
Tableau 17. Données statistiques de réseau potable de la ville de Khenchela.

DONNEES STATISTIQUES	UNITE	EXISTANT 2011
Nombre de forages globaux (AEP, industrie et agriculture)	u	40
Capacité total des forages	hm ³ /an	21,597
Nombre de forages en exploitation (AEP)	u	27
Nombre de réservoirs et châteaux d'eau existants	u	14
Capacité des réservoirs et châteaux d'eau existants	m ³	25.400
Nombre de logements disposant d'AEP	u	14.872
Dotation journalière en milieu urbain	l/j/h	150
Dotation journalière en milieu rural	l/j/h	100
Nombre de logements raccordés au réseau d'assainissement	u	16.703
Longueur du réseau d'AEP	km	248.437
Longueur du réseau d'assainissement	km	273.440
Nombre d'entreprises hydrauliques total (wilaya)	u	57

(A.D.E, 2020).

4.2.2. L'origine d'alimentation en eaux potable de la ville de Khenchela

L'illustration ci-dessous (Figure 20 et 21), présente un schéma détaillé décrivant la structure du système d'adduction et de distribution, permettant de constater les altitudes et les caractéristiques de tous les ouvrages de Khenchela, pour alimenter la ville de Khenchela avec un réseau très chevauché et deux grandes réservoirs d'eau ont été réalisés pour satisfaire les besoins de la ville.



Source :(A.D.E, 2020).

Figure 20. Schéma synoptique du système d'alimentation en eau potable existant.

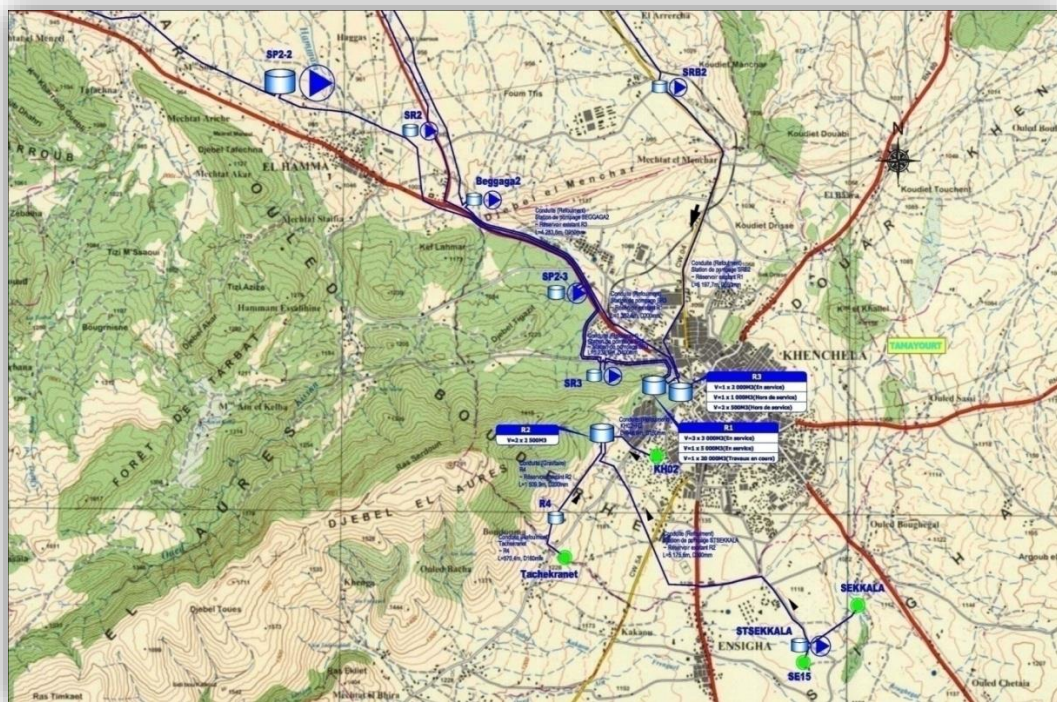


Figure 21. La carte de localisation de l'adduction du système barrage ainsi que la différente prise en conduite linéaire (A.D.E., 2020).

4.2.3. Les ressources d'alimentation et leurs caractéristiques de la ville de Khenchela

La wilaya de Khenchela est caractérisée par sa vocation forestière agro-pastorale et saharienne. L'agglomération de Khenchela et ses environs sont situés sur une croûte calcaire massive. En effet, l'alimentation en eau potable est assurée par différents région limitrophe (Figure 22) :

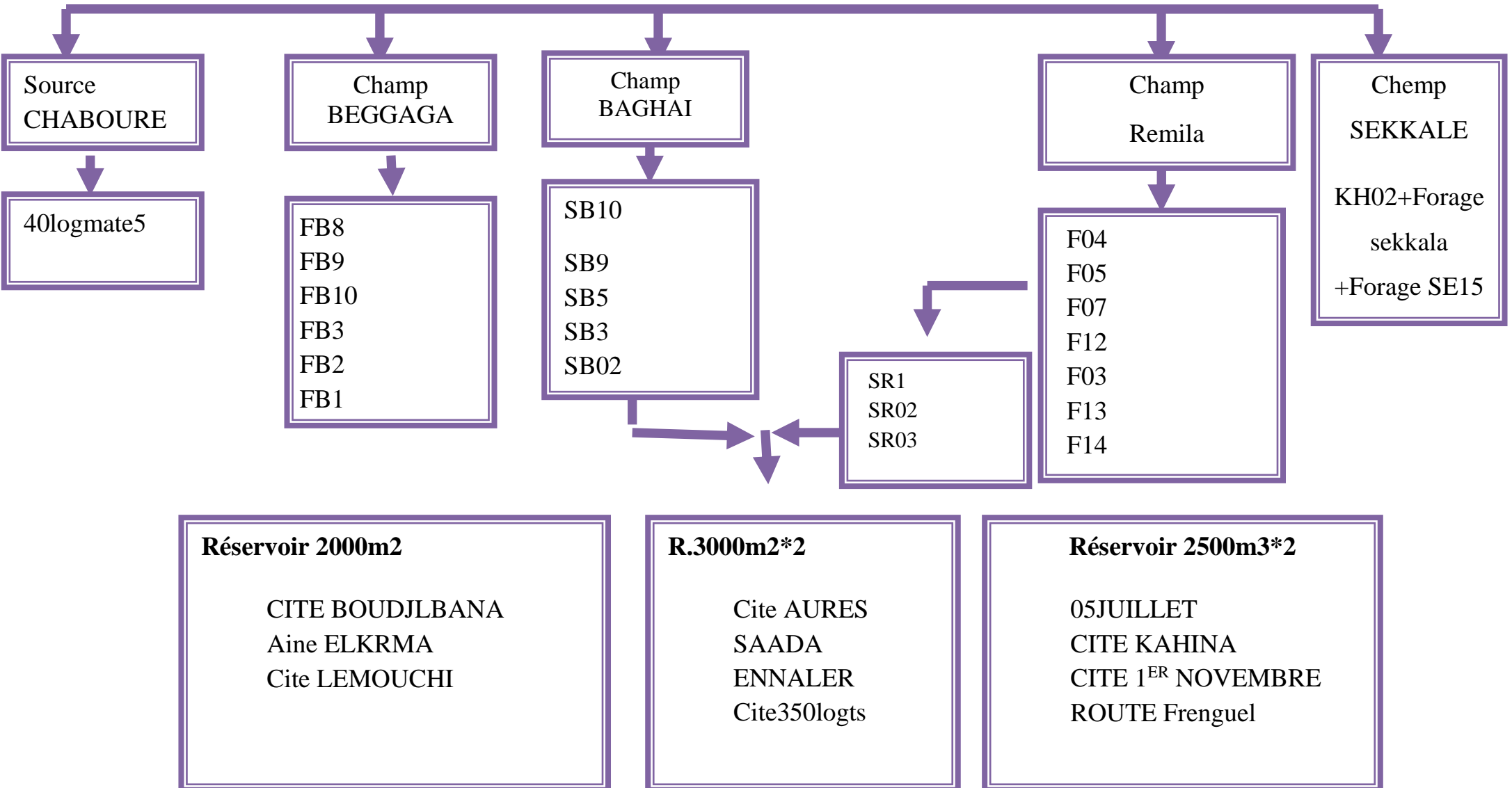
- Sekkala
- Beggaga
- Remila,
- Baghai
- La source naturelle d'Ain-chabard
- Le barrage de (Kediate Medouar)

4.2.4. Quantité de distribution forages

La quantité d'alimentation par le système des forages augmente progressivement dans l'année jusque attendre l'optimum de production et cela durant la période qui s'étale de mois de Juin à Août où la demande est très importante par la population durant la période estivale (Figure 23). On note que la quantité d'eau est faible en production dans les mois de janvier et février car les habitants de Khenchela ne consomment pas beaucoup d'eau en hiver.

A travers une estimation de la production de l'eau potable (Figure 24), on remarque que la quantité d'eau produit basons sur les eaux souterraines dans le futur se stabilisera à une certaine valeur, inversement à la production des eaux par des barrages, qui augmentera car il va être la première source d'alimentation en eau pour la ville de Khenchela, donc est nécessaire de développer et de renforcer les techniques d'exploitation et de traitement des eaux des barrage pour fins domestiques.

Figure 22. Organigramme de la distribution et alimentation de la ville de Khenchela en eau potable



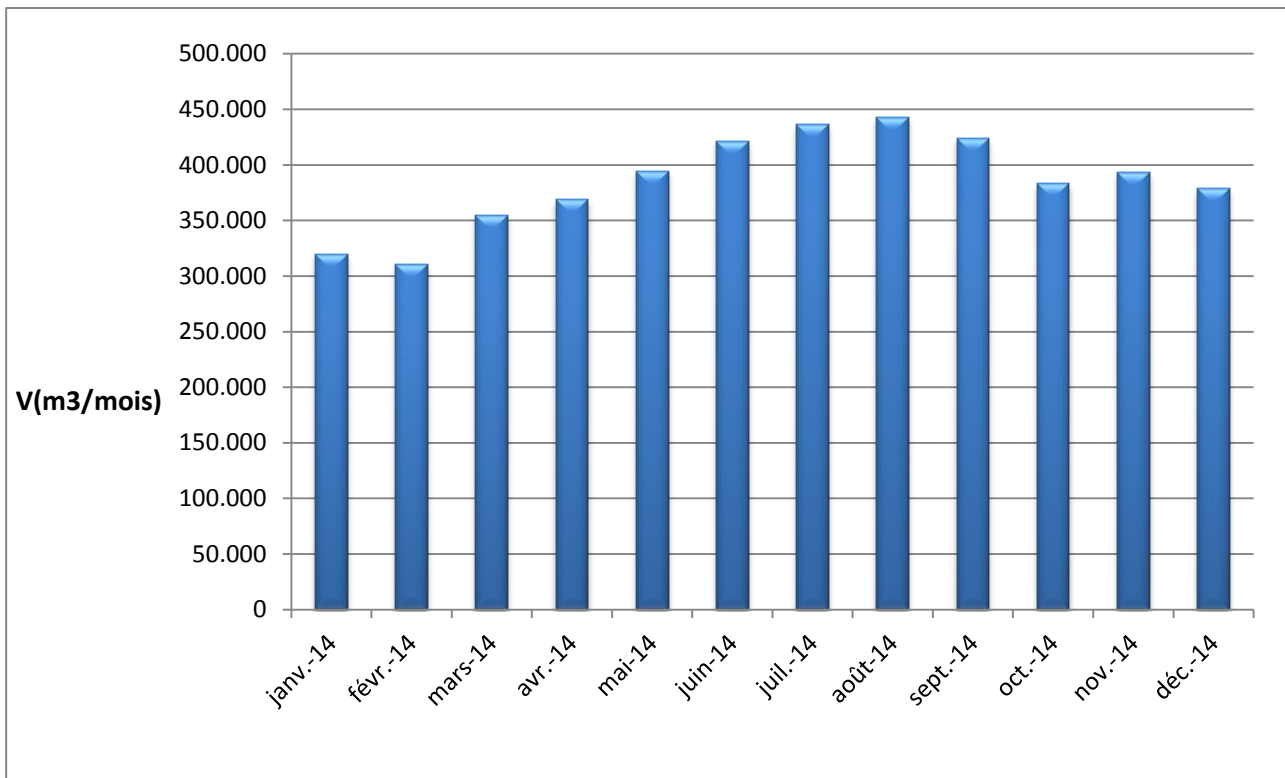


Figure 23. Evolution de la production annuelle des eaux potable par le système de forage (A.D.E., 2020)

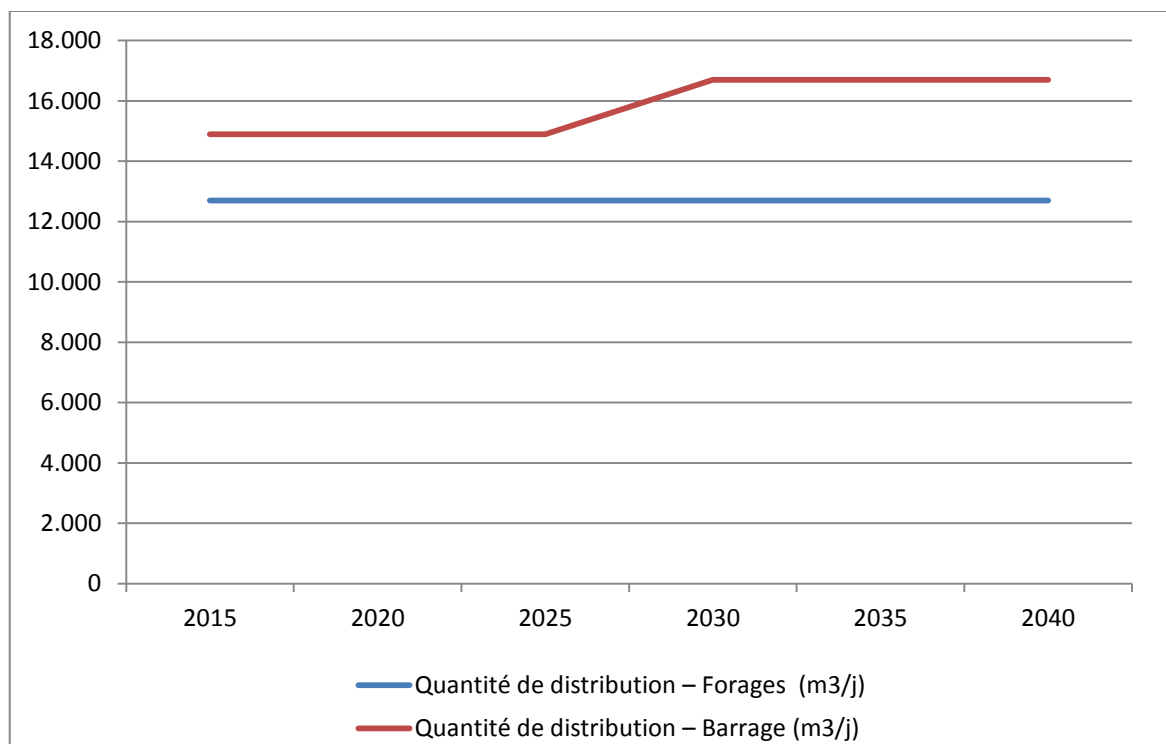


Figure 24. Evaluation de Quantité de distribution – Barrage + Forage. (A.P.E., 2020).

Chapitre III

Chapitre III : Résultats et discussions

Dans le cadre d'une évaluation de la qualité des eaux potable de la ville de Khenchela, une analyse physico-chimique des eaux est une obligation pour une description présentative et crédible. Dans ce contexte ce chapitre a pour but de présenter la méthodologie et les résultats obtenir sur les échantillons d'eaux prélevés au niveau des différents points du réseau d'alimentation et de distribution d'eau de la ville de Khenchela (Figure 25).

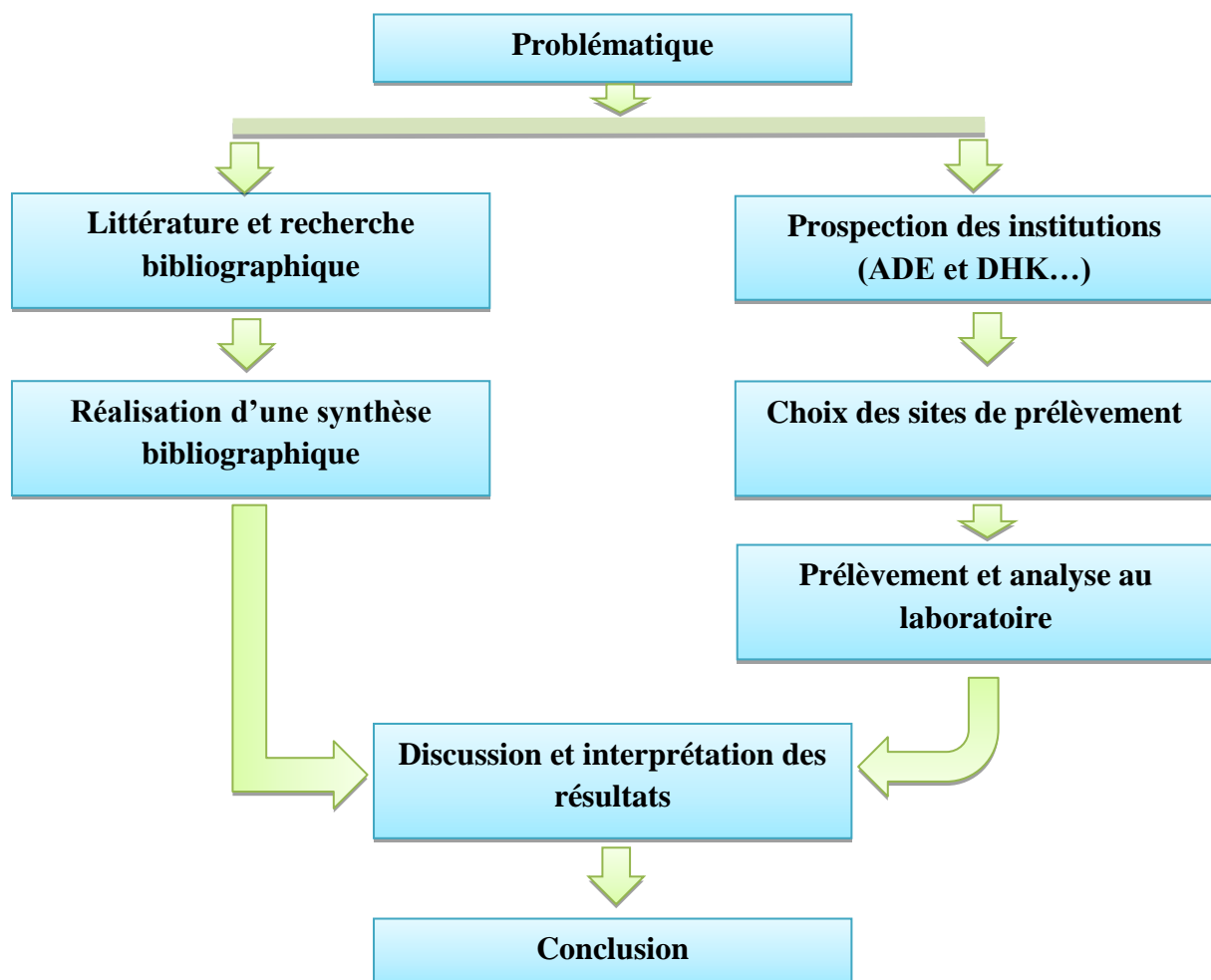


Figure 25. Organigramme de la méthodologie de travail expérimentale.

1. Matériel et méthodologie

1.1. Choix des sites de prélèvement

Dans le cadre de réaliser notre étude 09 sites ont été choisir pour effectuer nos prélèvements. Généralement sont des sites diversifier et stratégique pour la ville de Khenchela (Forages,

station d'alimentation, réservoir et des abonnés), et tous sa avec la contribution des agents de l'ADE (Algérien des eaux) (Tableau 16).

1.2. Prélèvement des échantillons

Le prélèvement des échantillons pour l'analyse physico-chimique est d'une grande importance puisque les résultats reflètent directement les caractéristiques chimiques de l'eau prélevée. Pour éviter des surprises d'échantillonnage et de minimisé l'erreur d'échantillonnage, nous avons basé sur les méthodes préconisées celle de Rodier et al. (2009). Des prélèvements d'échantillons d'eau (09), ont été effectués dans des bouteilles de polyéthylène de 01 L, pour la période de mois de Juillet (2020), où les bouteilles sont bien rincées avec l'eau de site de prélèvement avant de les remplir. En parallèles des mesures in-situ ont été effectuées au terraines. Ensuite, les échantillons sont conservées dans une glacière à 4 °C pour les transporter au laboratoire dans des conditions idéale pour les analyses.

1.3. Analyse au laboratoire

En même temps les échantillons, ont été recueillis dans des bouteilles en polyéthylène de 1 L, bien fermés et stockés à 4 °C et transporté jusqu'à l'analyse. Tous les échantillons d'eau ont été filtrés rapidement après la collecte utilisant des filtres à membrane 0.45 µm. Le dosage de HCO_3^- et Ca^{2+} a été effectué dans les plus brefs possible de temps, ces analyses sont effectuées au laboratoire de l'A.D.E. de la wilaya de Khenchela. Les méthodes d'analyse utilisées sont réalisées suivant les techniques standards Rodier et al., 2009 et résumés comme suit : des mesures de Conductivité (CE), TDS, pH et température sont effectuées in situ, par le biais d'un multiparamètre Consort C535 avec sondes spécifiques. Concernant la Turbidité a été mesurer par la méthode photométrique, tandis que la TH, TAC ont été mesurés par la méthode volumétrique à l'EDTA. Les chlorures (Cl^-) aussi ont été dosés par la méthode volumétrique MOHR, par contre le sulfate (SO_4^{2-}) a été dosé par la méthode céphalométrique au chlorure de barium. Le bicarbonate (HCO_3^-) a été déterminé par la méthode colorimétrique, et enfin le calcium (Ca^{2+}) et le magnésium (Mg^{2+}) sont dosés par la méthode photométrique type à Flamme (Figure 26).



Figure 26. Quelques matériels utilisés dans le dosage physico-chimique des eaux.

2. Résultats et discussions

Les résultats élémentaires d'analyse des eaux de la zone d'étude ville de Khenchela, s'inscrivent dans les trois tableaux 18 et 20 et 21 qui nous permettent de réaliser une évaluation physico-chimique générale et donnée une vision globale sur la qualité des eaux potable qui alimentent la population de la ville de Khenchela.

2.1. Evaluation de la qualité physique des eaux

Les résultats d'analyse des paramètres physiques des eaux qui alimentent la ville de Khenchela en eau potable sont résumés dans le tableau 18. Dans le contexte d'interprétation des résultats des analyses élémentaires un par un, dans le cadre d'apprécier la qualité de nos eau, nous basons sur les normes recommandés par l'OMS et celle de l'Algérie.

Tableau 18. Caractéristiques physique des échantillons d'eaux prélevés.

Paramètre	T°	pH	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Tur (NTU)	TH (°F)	TAC (mg/l)
Forage SE15	23,8	7,08	836	0,17	54	247
Station SRB02	26,1	7.23	1790	0,73	67	211
Réservoir 2500 m ³ *2	17,7	7,74	830	0,24	44	147
Réservoir 3000 m ³ *2	12,5	8,18	1072	0,42	46	147
Abonné cité 350 logts	23,4	8,01	1009	1,43	52	119
Abonné Cité Lemouchi	24,4	8.13	2032	1.01	57	255
Source Chabore	19,8	7.5	774	0.25	32	173
Abonné Cité Frenguel Résidence Elazhar	24,8	7.73	560	0.2	25	223
SB02	11,8	7.74	2104	0.43	62	135

T = température, pH = potentiel d'hydrogène, CE = Conductivité TAC = Taux d'alcalimétrie total, TH =Alcalinité, Tur = Turbidité, F = Forage et S.T = station

2.1.1. La température :

La température de l'eau est un paramètre physique très important pour les différents usages. La diminution de cette dernière entraîne une diminution de l'efficacité des traitements dans les désinfections et son élévation favorise une augmentation des odeurs et des composés volatils (Rodier, 1984).

Basons sur les normes indiquées par l'OMS, et les normes Algérienne homologuées (JORA, 2011). La comparaison de nos résultats avec ces normes, indique que la majorité des eaux présentent des températures inférieures à 25°C, cela confirme que les eaux sont acceptables pour la potabilité dans les normes Algériennes et celle de l'OMS. Seulement le plus remarquable les valeurs de deux réservoirs ne dépassent pas 15°C mais toujours sont dans les

normes acceptables, cela peut s'expliquer par l'influence de la température de l'atmosphère (Figure 27).

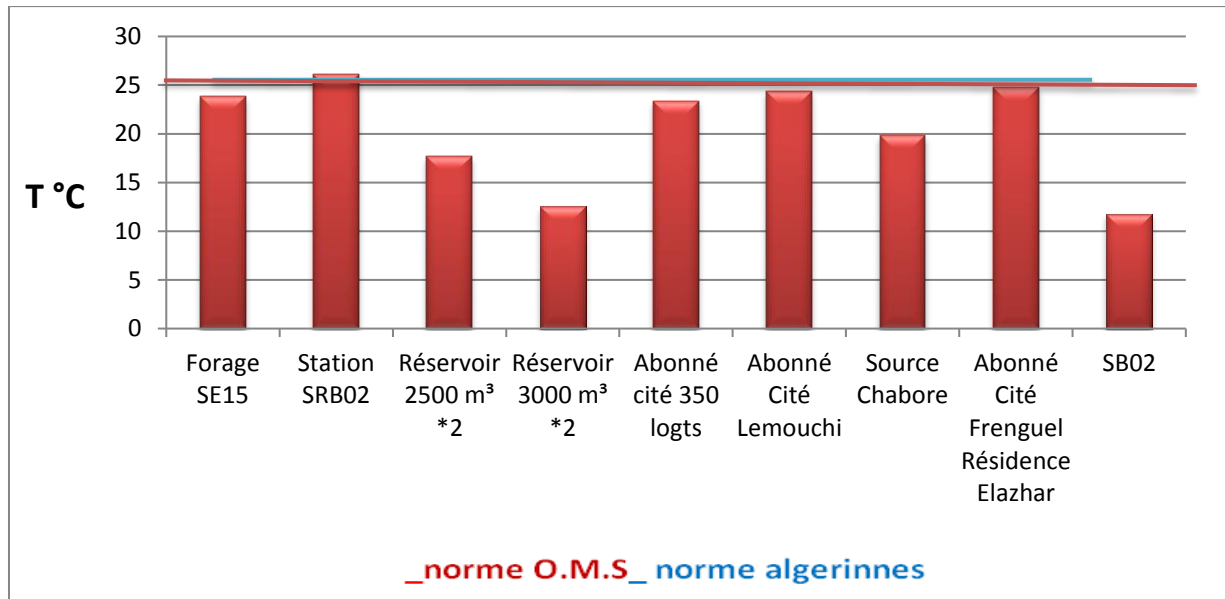


Figure 27. Variation des valeurs de la température des eaux potable de la Ville de Khenchela.

2.1.2. Le potentiel hydrogène (pH)

Le potentiel Hydrogène (pH) mesure la concentration en ions d'hydrogène. Il résulte de toutes les substances acides et basiques en solution dans l'eau. L'acidité et la basicité de l'eau sont exprimées par le pH, qui varie de 0 à 14 ; un pH de 0 représente un maximum d'acidité, un pH de 14 signifie un maximum de basicité, tandis que le pH 7 correspond à la neutralité (Rodier et al., 2009). Le changement de toxicité causé par une variation de pH est toutefois propre à chaque métal et à chaque organisme.

D'après les résultats nous déduisons que les eaux ont des valeurs de pH comprises entre 7,08 et 8,18, mais on remarque que les eaux de réservoir 3000 m³, les abonnées de cité 350 logts et cité Lemouchi ont une tendance vers l'alcalinité de pH où il dépasse 8 et cela peut être expliqué par l'effet des parois de réservoir et la conduite qui sont colmatés par des précipitations du calcaire qui vont contaminer la qualité des eaux. En outre, le pH des autres échantillons est en voisinage de la neutralité. Souvent, les valeurs de pH de nos eaux sont dans les normes recommandées par l'OMS et Algérienne (6,5 et 9,5) (JOURA, 2011) (Figure 28).

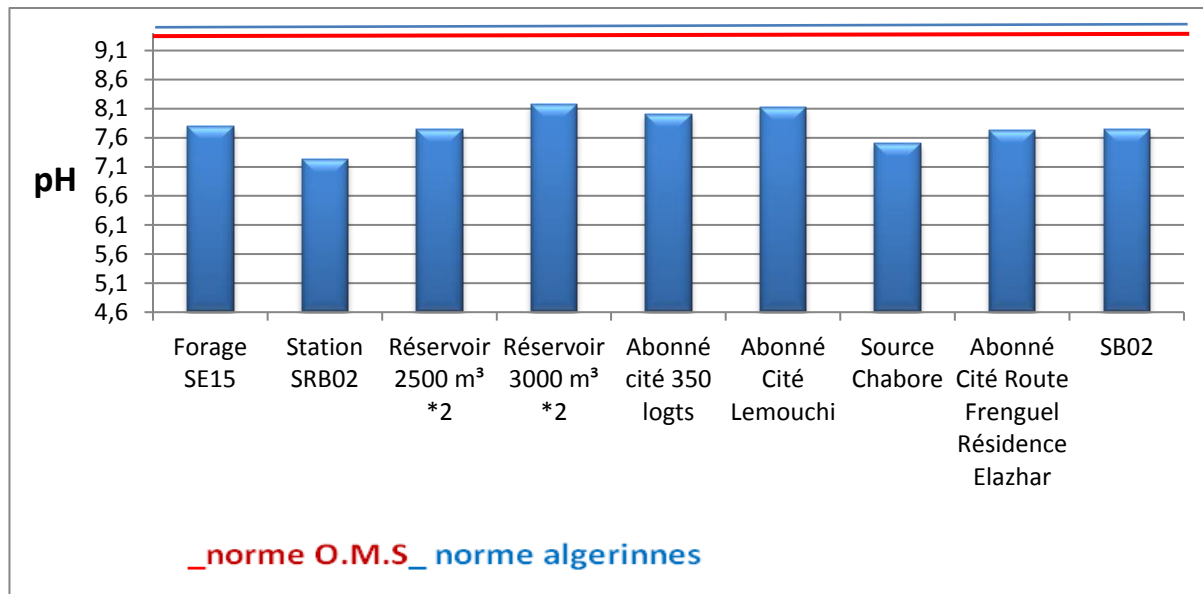


Figure 28. Variation des valeurs du pH des eaux potable de la Ville de Khenchela

2.1.3. La Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique. La conductivité est fonction de la température de l'eau. Elle est plus importante lorsque la température augmente. Elle sert aussi à apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau (Rodier, 1996). La conductivité donne une idée globale sur la minéralisation d'une eau est à ce titre un bon marqueur de l'origine d'une eau (Coulibaly, 2005).

Basons sur les normes Algérienne homologuées de 2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (JORA, 2011). D'après les résultats projetés dans l'histogramme (Figure 29), nous remarquons que les valeurs mesurées de la conductivité sont comprises entre 560 et 2184 $\mu\text{S}/\text{cm}$, cela indique que nous eaux sont respectueuses par rapport aux normes Algérienne et Européenne recommandés (2800 et 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Mais le plus remarquable est les valeurs de la CE qui dépasse 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ chez les abonnés de cités Lemouchi et SB02, cela indique une minéralisation forte des eaux. Bien que les eaux de la source de Chabore présentent une minéralisation très.

2.1.4. La turbidité

On mesure la turbidité en unités de turbidité néphélométriques (NTU) l'aide d'un turbidimètre cet instrument envoie un rayon de lumière un échantillon d'eau et mesure la quantité de lumière qui passe à travers l'eau rapport à la quantité de lumière par les particules dans l'eau

(Rodier et al., 2009). D'après les normes recommandées par l'OMS et les normes algériennes pour la potabilité la turbidité ne doit pas dépasser le 5 NTU (OMS, 2006 et JORA, 2011). La projection des résultats dans histogramme (Figure 30), confirme que les eaux sont acceptables ou la turbidité ne dépasse pas les normes recommandées. En générale la turbidité de l'eau souterraine est généralement surtout inorganique et causée par des facteurs géologiques naturels.

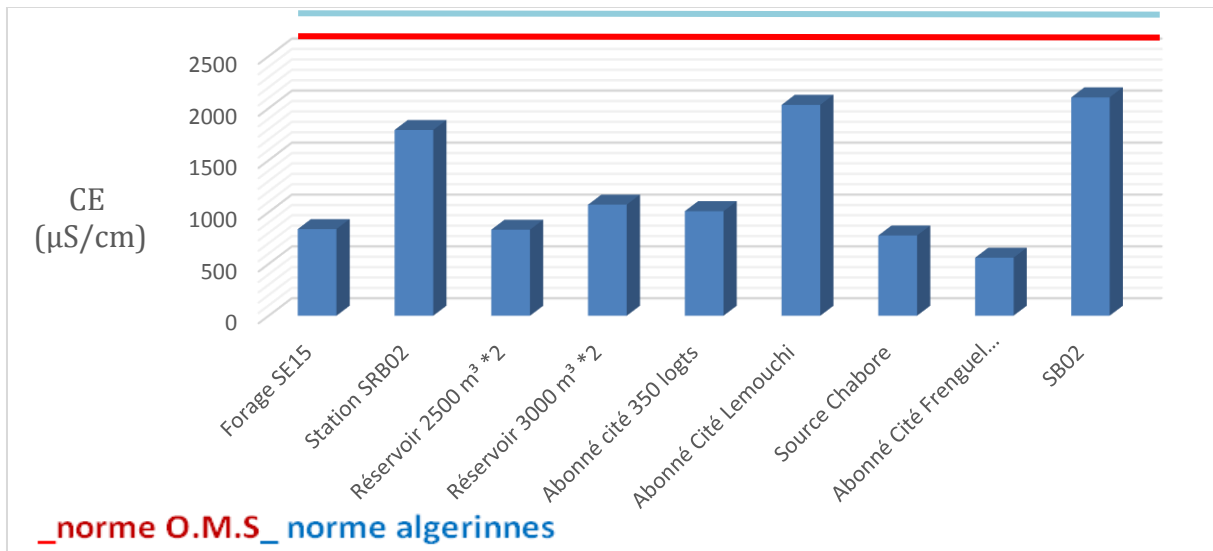


Figure 29. Variation des valeurs de la conductivité (CE) des eaux potable de la Ville de Khenchela.

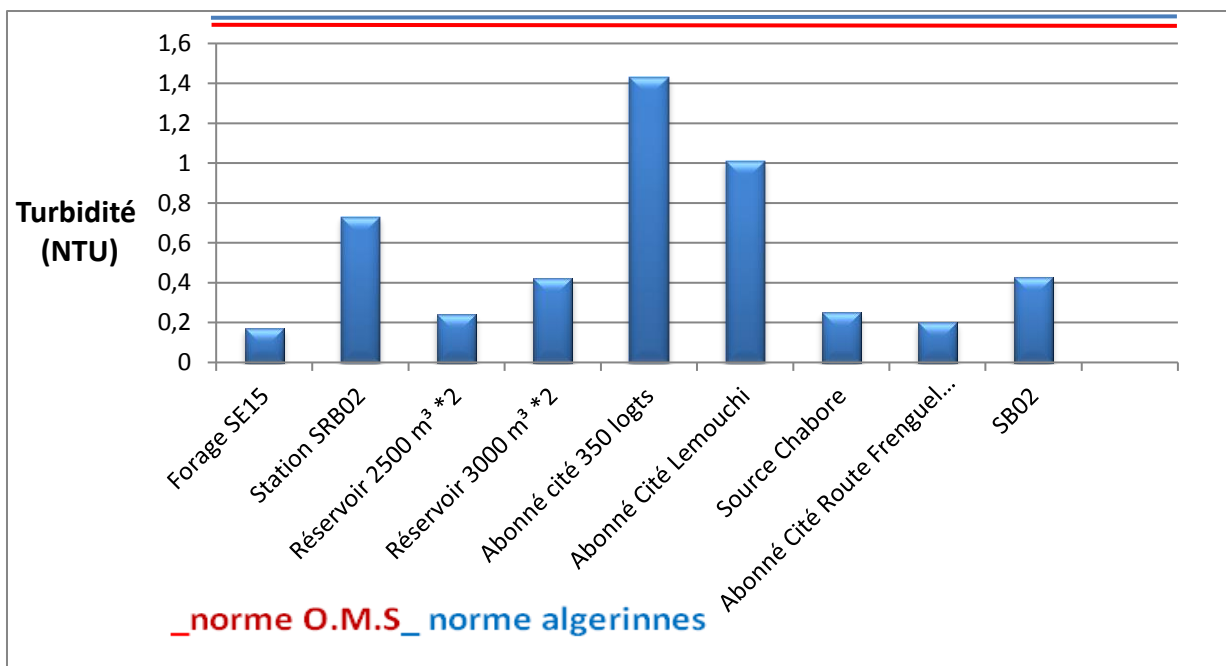


Figure 30. Variation des valeurs de La turbidité des eaux potable de la Ville de Khenchela.

2.1.5. Le Titre Hydrotimétrique

La dureté de l'eau est un indicateur de la minéralisation de l'eau qui correspond à la teneur en calcium et en magnésium. Même si la dureté de l'eau peut être source de désagrément (dépôt de calcaire, etc.), la présence de calcium et magnésium est bénéfique pour l'organisme. De plus, une eau trop douce peut favoriser la dissolution des métaux des canalisations d'eau 9,8% des eaux produites sont très douces, 16,7% sont douces, 51,6% sont moyennement dures et 21,9% très dures. L'unité utilisée pour exprimer la dureté est le degré français (°f) : 1 °f = 10 mg/l de carbonate de calcium (calcaire) ou 4 mg/l de calcium ou 2,4 mg/l de magnésium ou 0,2 milliéquivalent par litre (meq/L) (Davezac et al., 2008). Les classes des eaux sont faites d'après le tableau 19.

Tableau 19. Norme pour la dureté des eaux de boisson d'après l'O.M.S.

Dureté d'eau	Douce	Modérément douce	Assez douce	Dure	Très dure
TH (°F)	0 -7	7 -22	22-32	32-54	54

(O.M.S, 1972).

D'après nos résultats projetés dans le diagramme (Figure 31), on peut classer nos eaux en trois classe : La première classe des eaux modérément douce englobe les abonnées cité Frenguel où la dureté est <22. La deuxième classe c'est celle des eaux assez douce qui présente les eaux de Chabore où la dureté <32. Alors que la troisième classe des eaux dure celle des eaux de deux réservoirs, abonnées de cité 340 Logts, et le forage SE15 d'alimentation, tandis que les eaux de station SRB02, SBO2 et cité Lemouchi sont des eaux très dure où la dureté dépasse les 54.

2.1.6. L'alcalinité

L'alcalinité de l'eau est un indicateur de la capacité de l'eau à fixer l'acide; c'est l'opposé d'acidité de l'eau. Elle est mesurée par la somme des anions hydrogencarbonates, carbonates et hydroxydes alcalins (Na) ou alcalino-terreux (Ca, Mg) et est exprimée par le titre alcalimétrique complet TAC. Le titre alcalimétrique (TA) mesure la teneur de l'eau en hydroxydes libres et en carbonates, tandis que le titre alcalimétrique complet (TAC) correspond à la teneur en hydroxydes libres, carbonates et hydrogencarbonates. L'alcalinité totale est mesurée par la méthode titrimétrie que de HCl en enregistrant la variation du pH lors du dosage (Rodier, 2007).

Basons sur les normes recommandées par l’OMS (2006). Nous remarquons que les valeurs mesurés, varient entre 135 et 247 mg/l, donc nous constatons que les eaux sont riches en bicarbonate. Ces teneurs confirment son origine bicarbonatée. Les normes algériennes ne fixent aucune valeur pour ce paramètre, quel que soit les teneurs en bicarbonate dans les eaux. Concernent ce paramètre les eaux de la ville de Khenchela ne constituent aucune risque à la potabilité (Figure 32).

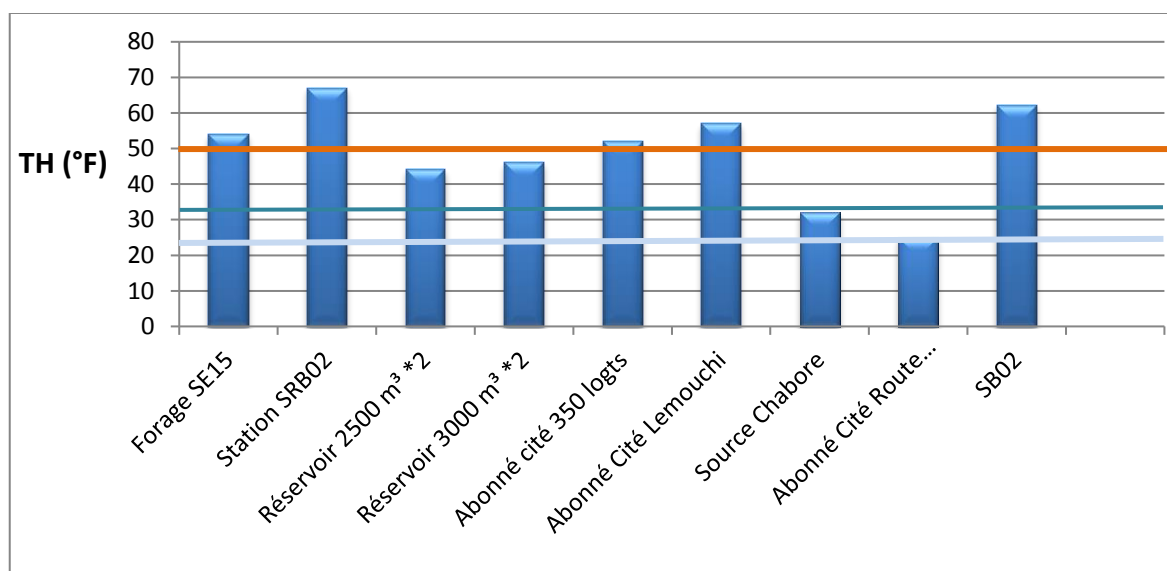


Figure 31. Variation des valeurs de Le titre hydrotimétrique des eaux potable de la Ville de Khenchela.

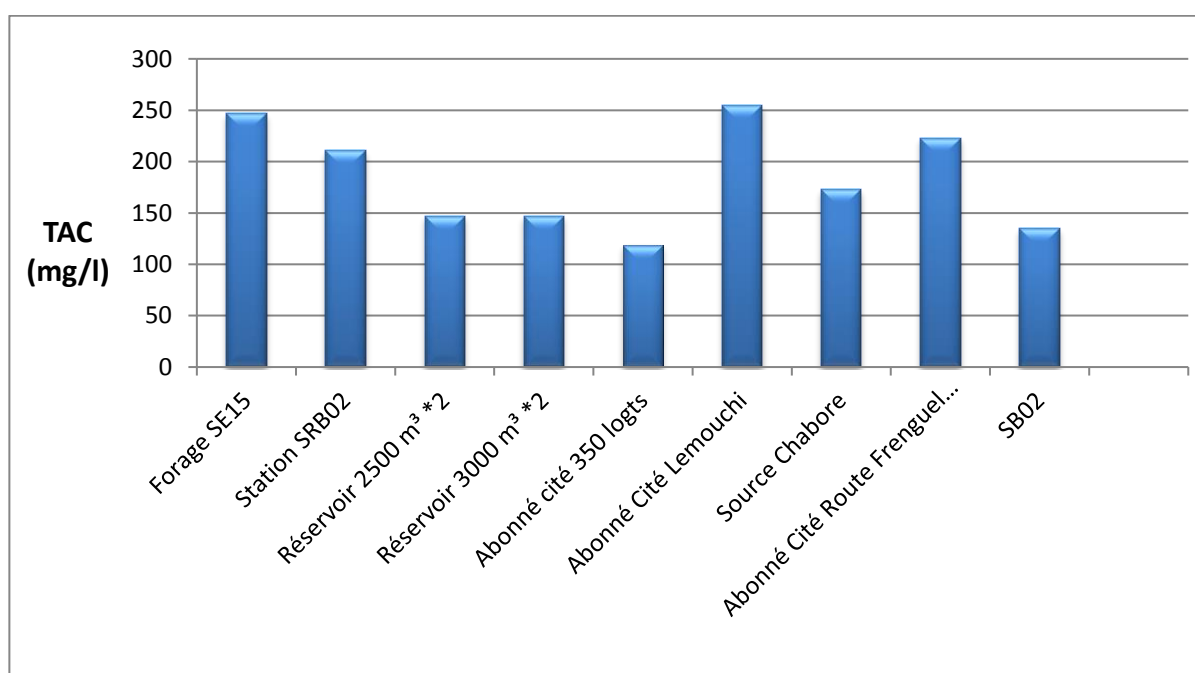


Figure 32. Variation des valeurs de l’alcalinité des eaux potable de la ville de Khenchela.

2.2. Evaluation de la qualité chimiques des eaux

Les résultats de dosage des éléments chimiques dans les eaux de la ville de Khenchela, sont résumés dans les tableaux **20** et **21** comme suit :

Tableau 20. Paramètres chimiques des échantillons d'eaux prélevés.

Paramètre	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ⁻² (mg/l)
Forage SE15	115	62	70	4.791
Station SRB02	149	73	376	18.359
Réservoir 2500 m ³ *2	112	34	61	23.053
Réservoir 3000 m ³ *2	101	54	140	39.701
Abonné cité 350 logts	82	79	225	16.746
Abonné Cité Lemouchi	172	36	673	17.992
Source Chabore	64	40	61	0
Abonné Cité Route Frenguel Résidence Elazhar	111	23	111	0.464
SB02	148	61	422	6.698

Ca²⁺: Calcium ; Mg²⁺: Magnésium ; Cl⁻: Chlore ; SO₄⁻² : Sulfate ;HCO₃⁻:Bicarbonate, F : Forage et S.T : station

2.2.1. Calcium

L'eau potable d'une bonne qualité renferme 100 à 140 mg/l de calcium (Rodier, 2007). Le calcium ne peut en aucun cas poser des problèmes de potabilité, le seul inconvénient domestique lié à une dureté élevée est l'entartrage. Par contre, les eaux douces peuvent entraîner des problèmes de corrosion des canalisations (Gaujour, 1985).

Basons sur les normes recommandées par l'OMS et l'Algérie (O.M.S., 2003; JORA, 2011). Les concentrations de calcium dans les eaux analysées varient de 64 à 172 mg/l, cela indique que nos eaux sont acceptables par rapport aux normes Algérienne. Tandis que, seulement les valeurs enregistrées chez la source de Chabore et les abonnés de 350 logts sont acceptable par rapport aux normes recommandées par l'OMN où elle ne dépasse pas 100 mg/l, le reste des échantillons présentent des valeurs qui dépasse 100 mg/l recommandées (Figure 33).

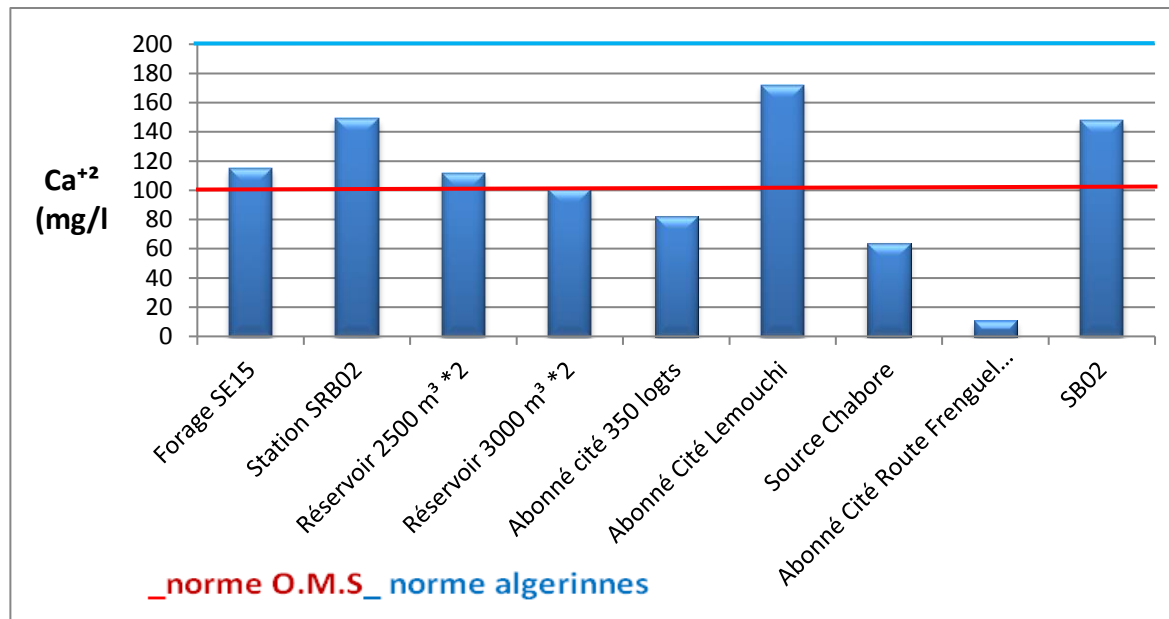


Figure 33. Variation des valeurs de la Calcium des eaux potable de la Ville de Khenchela.

2.2.2. Magnésium

Le magnésium est l'un des éléments le plus répandu dans la nature; il constitue environ 2,1% de l'écorce terrestre. La plus part des sels sont très solubles dans l'eau (Rodier, 1996). Ses origines sont comparables à celle du calcium, car il provient de la dissolution des formations carbonatées à fortes teneurs en magnésium (Magnésite et dolomites) (Debieche, 2002). Il est classé comme élément significatif de la dureté de l'eau. Le magnésium est un sel minéral qui a un rôle très important dans de nombreuses réactions enzymatiques intracellulaires. Il participe aussi à la transmission neuromusculaire de l'influx nerveux. Il est souvent considéré comme "l'anti-stress" naturel (Rodier, 1996).

Basons sur les normes recommandées par l'OMS pour les eaux potables où le Mg ne dépasse pas 50 mg/l (O.M.S., 2006). Nous remarquons que la majorité des valeurs de nos résultats de dosage de Mg (Figure 34), ne dépassent pas ces recommandations sont <50 mg/l. Cela confirme que la majorité des eaux sont acceptables par rapport aux normes de l'OMS. Seulement ce n'est pas le cas pour les eaux de forage SE15, Station SRB02, SB02 et surtout les Abonné Cité Lemouchi qui présentent des valeurs qui dépasse 50 mg/l qui peut atteindre 80 mg/l qui augmente la dureté des eaux et peut causer un risque sanitaire (Figure 34).

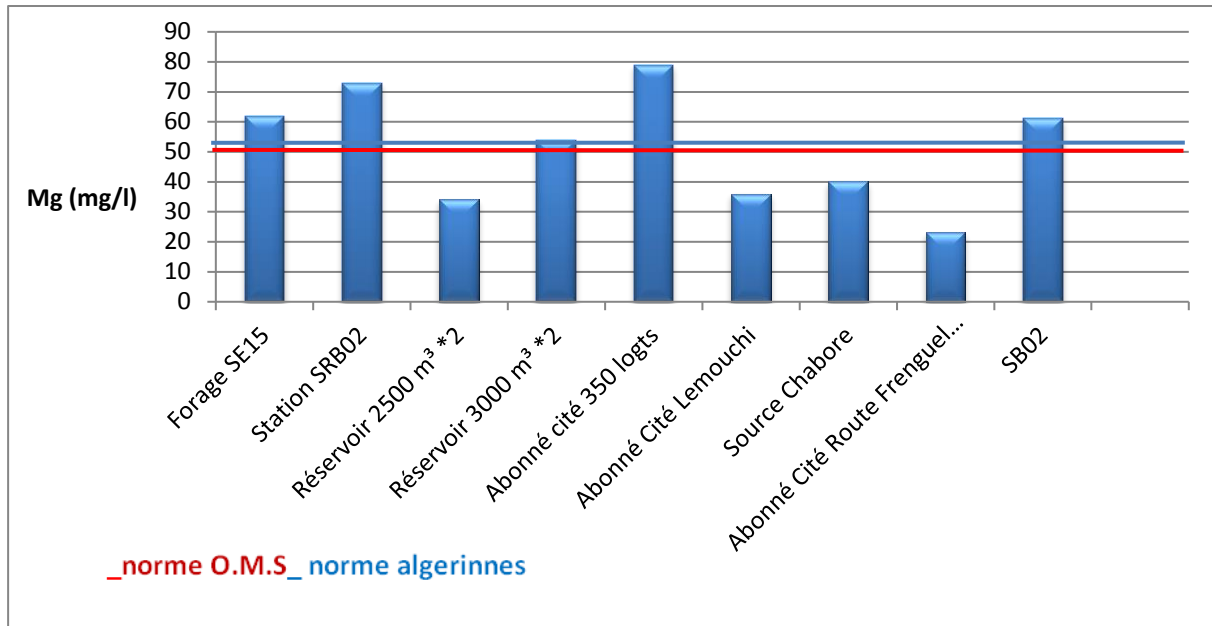


Figure 34. Variation des valeurs de la Magnésium des eaux potable de la ville de Khenchela.

2.2.3. Le chlorure (Cl⁻)

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl). Ils sont souvent utilisés comme un indice de pollution. Ils ont une influence sur la faune et la flore aquatique ainsi que sur la croissance des végétaux (A.N.R.H., 1992). Le plus grand inconvénient des chlorures est la saveur désagréable qu'ils confèrent à l'eau à partir de 250 mg/l surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium (Rodier, 1984).

Les valeurs des concentrations des chlorures de nos eaux présentent une variation très importante car les valeurs oscillent de 61 à 673 mg/l, où la majorité des eaux ne dépassent pas les 200 mg/l, en les classe comme des eaux de bon qualité basons sur les normes de l'OMS et Algérienne (O.M.S., 2013 ; JORA, 2011) (Figure 35). Tandis que, le cas des eaux d'Abonnée cité Lemouchi (673 mg/l), SB02 (422 mg/l) et Station SRB02 (373 mg/l) présentent des valeurs très élevées qui dépassent les normes et surtout celle de cité Lemouchi où les concentrations de Cl⁻ attendre à un niveau de très redoutable, donc est demander de faire plus d'effort pour améliorer la qualité des eaux de consommation et diminué les concentrations de Cl⁻ dans l'eau et identifier l'origine de ces concentrations élevées.

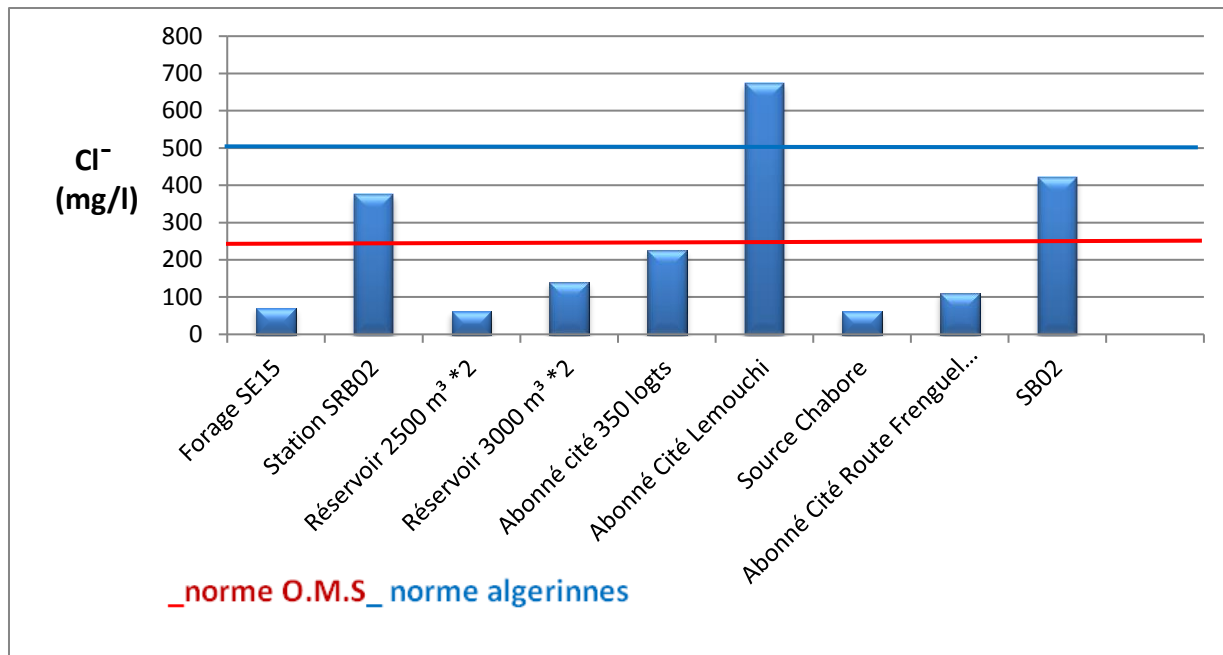


Figure 35. Variation des valeurs de chlorure des eaux potable de la ville de Khenchela.

2.2.4. Les Sulfates :

Les sulfates (SO_4^{-2}) proviennent du ruissellement ou d'infiltration dans les terrains à gypse. Ils résultent également de l'activité de certaines bactéries. Cette activité peut oxyder l'hydrogène sulfuré (H_2S) toxique en sulfate (Belghiti et al., 2013).

D'après les normes de l'OMS et algérienne (O.M.S., 2013, JORA, 2011) et les résultats de dosage du Sulfate, on peut confirmer que le sulfate ne constitue aucun risque sur la population de la ville de Khenchela. Cependant, les concentrations du sulfate dans nos eaux ne dépassent pas les 100 mg/l et cela confirme les faibles concentrations de SO_4^{-2} et la qualité agréable des eaux (Figure 36).

2.3. Paramètres indésirables

Les éléments minéraux que nous avons classés parmi les paramètres indésirables (de pollution) ont été dosés pour chaque eau échantillonnée. Les résultats de dosage des concentrations sont résumés dans le tableau 4.

2.3.1. Ammoniaque :

L'ion ammonium correspond à la forme réduite de l'azote. Ce composé azoté est caractéristique des eaux résiduaires où il est associé à l'azote organique. Il n'a pas d'effet appréciable sur la santé du consommateur car ce n'est pas la forme ionisée (NH_4^+) qui est

toxique ; l'ammoniaque est la forme la plus toxique pour les organismes aquatiques. L'équilibre entre NH_4^+ et NH_3^+ est régi par le pH et la température et du taux d'oxygène, (Galvez et Arsenault, 2002). L'ammonium est présent sous faible teneur avec des valeurs qui varient de 0.002 à 0.069 mg/l.

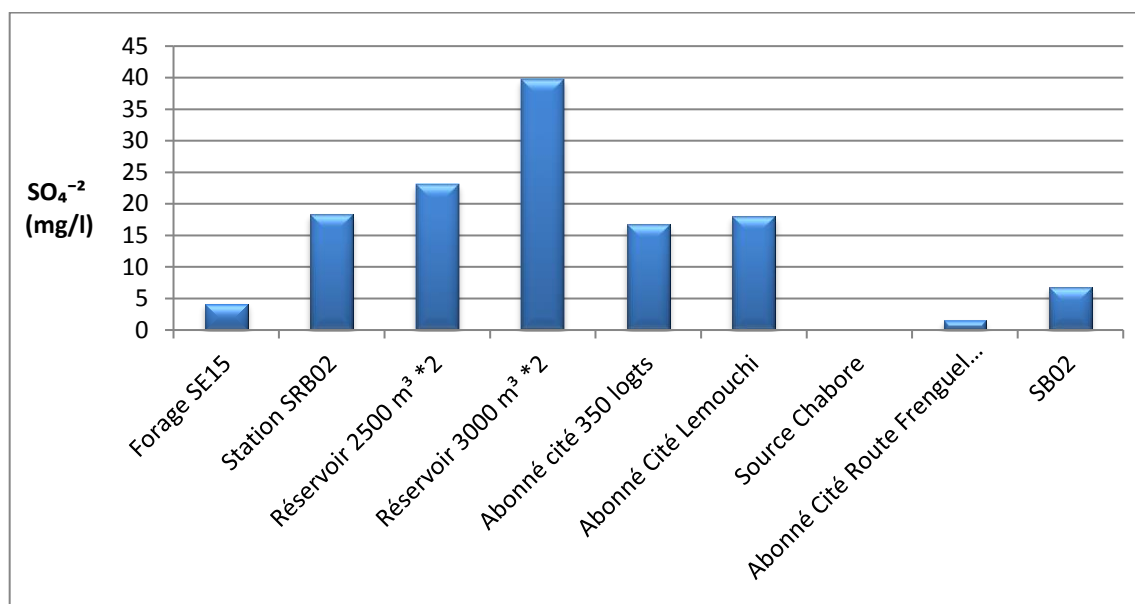


Figure 36. Variation des valeurs de Sulfate des eaux potable de la Ville de Khenchela.

Tableau 21. Résultats de dosage des éléments indésirable des eaux potable de la ville de Khenchela.

Paramètre	NH_4^+ (mg/l)	Fe^{+2} (mg/l)	PO_4^{-2} (mg/l)	NO_3^- (mg/l)	NO_2^- (mg/l)	HCO_3^- (mg/l)	Résidu Sec	MO (mg/l)
Forage SE15	0.079	0.024	0.155	6.006	<u>0</u>	301	280	
Station SRB02	0.01	0	0.151	6.482	<u>0</u>	257	600	
Réservoir 2500 m ³ *2	0.064	/	0.152	42.124	<u>0.002</u>	179	/	/
Réservoir 3000 m ³ *2	0.091	/	0.15	3.898	<u>0.002</u>	179	/	/
Abonné cité 350 logts	0.047	/	0.154	10.082	0	151	/	/
Abonné Cité Lemouchi	0.044	/	0.14	52.54	<u>0</u>	317	/	/
Source Chabore	0	0	0.149	18.68	0	211	1130	0
Abonné Cité Route Frenguel Résidence Elazhar	0.073	/	0.147	6.388	0	278	/	/
SB02	0.049	0	0.175	33.02	<u>0</u>	165	800	20

NH_4^+ : Ammoniaque, Fe^{+2} : Fer, PO_4^{-3} : phosphate, NO_3^- : Nitrates, NO_2^- : Nitrites, HCO_3^- : Bicarbonates, M.O : Matière Organique

Selon les normes recommandées de l'Algérie (JORA, 2011). Les eaux potable échantillonnées ne présentent aucun risque d'ammoniaque sur la santé des habitants de la ville. D'après les résultats indiqués (Figure 37), la totalité des eaux ont des valeurs inférieures au 0.5 mg/l recommandé par les autorités Algérienne, où elle ne dépasse pas 0.1 mg/l.

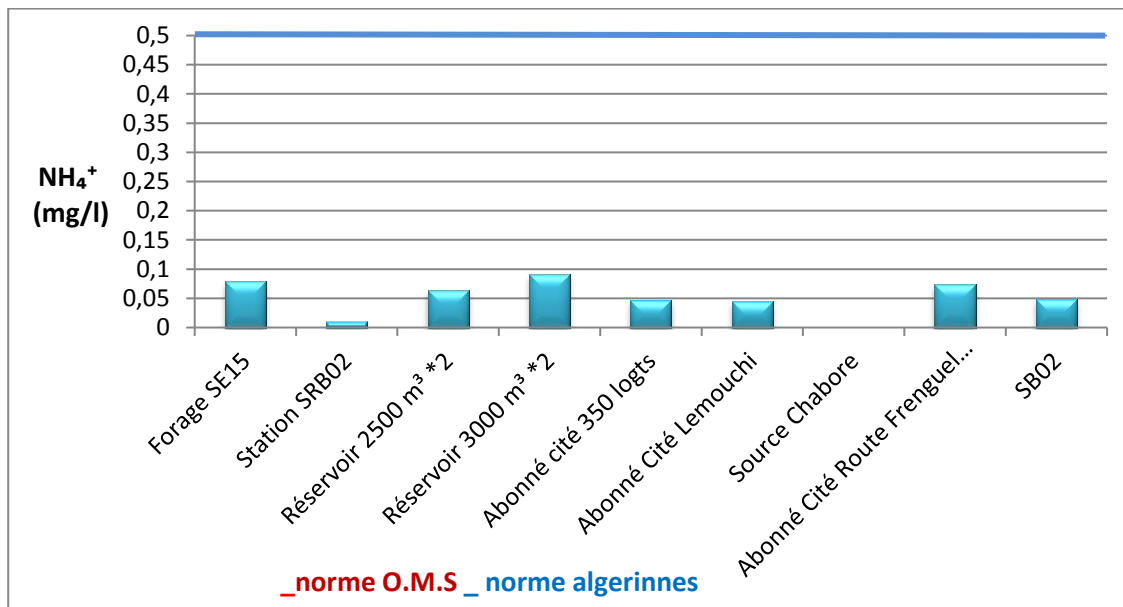


Figure 37. Variation des valeurs d'Ammoniaque des eaux potable de la Ville de Khenchela.

2.3.2. Le fer (Fe^{+2}) :

La législation actuelle impose une limite maximale de fer de 200 microgrammes de fer par litre d'eau ($\mu\text{g/l}$). La présence de fer rend l'eau dure car c'est un produit chimique qui se corrode lorsqu'il est exposé à l'air et modifie la couleur de l'eau, même si de petites quantités de fer sont supérieures à 0,3 mg/l. Un litre d'eau potable peut changer sa pureté. Trop de fer peut être dangereux pour la santé, et le fer dont notre corps n'a pas besoin peut obstruer les vaisseaux sanguins et s'accumuler dans le foie et les reins, ce qui peut devenir une source de grande gêne et de problèmes de santé sans fin (Diane et al., 2001).

D'après nos résultats les eaux de la ville de Khenchela ont des valeurs variant de 0 à 0.024 mg/l, et cela indique une concentration de Fe^{+2} très faible. Selon les normes de l'O.M.S et Algérienne (0.3 mg/l), on peut classer nos eaux comme des eaux de bonne qualité concernant ce paramètre et qui respectent les normes recommandés (Figure 38).

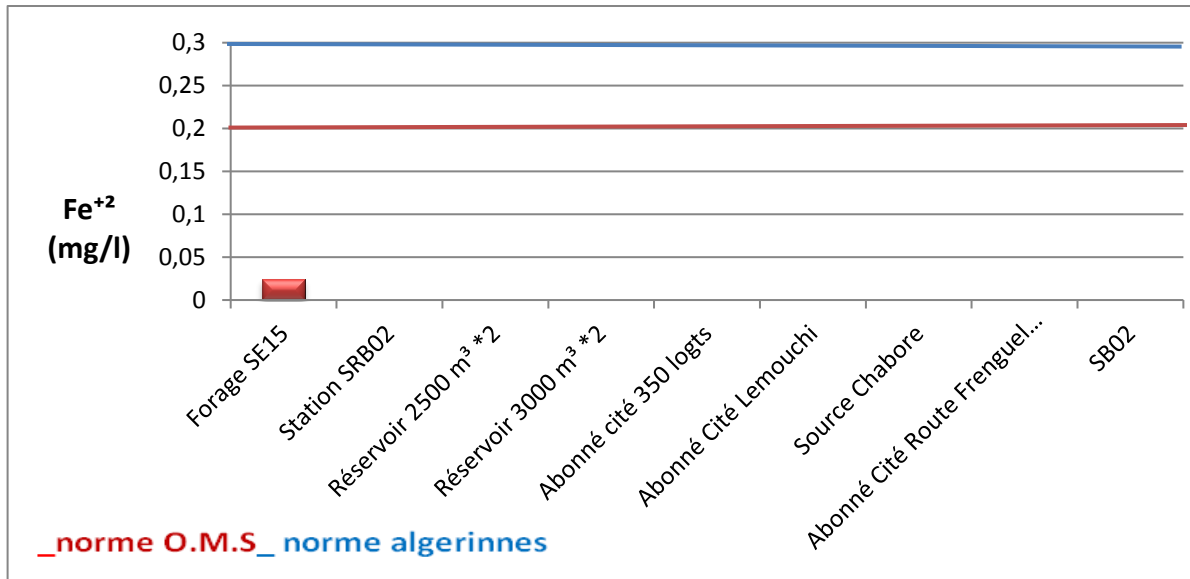


Figure 38. Variation des valeurs de Fer des eaux potable de la Ville de Khenchela.

2.3.3. Les nitrates (NO₃⁻)

Les sources de nitrates dans l'eau (en particulier les eaux souterraines) comprennent les matières animales et végétales en décomposition, les engrais agricoles, le fumier, les eaux usées domestiques et les formations géologiques contenant des composés azotés solubles (Kahoul et Touhami, 2014). Le nitrate en lui-même n'est pas toxique. C'est la transformation des nitrates en nitrites qui peut, potentiellement, avoir un impact négatif sur la santé. Dans le sang, la présence de ces nitrites peut en effet provoquer la formation de « méthémoglobine », une forme d'hémoglobine incapable de transporter l'oxygène. La présence de nitrate et de phosphore dans les eaux est à l'origine du phénomène dit d'eutrophisation : des algues et des microorganismes se développent et consomment une grande part de l'oxygène qui se trouve dans l'eau (Debieche, 2002).

D'après le résultat nous déduire que toutes les teneurs en nitrates dans les échantillons d'eau analyses sont dans les normes Algérienne et OMS (O.M.S., 2016 ; JORA, 2011), où les valeurs obtenues varient entre 3.898 et 52.54 mg/l, et donc ne dépassent pas les 50 mg/l à l'exception des Abonnés Cité Lemouchi dépassent les normes recommandées, donc cela peut constituer un danger sur la santé publique (Figure 39).

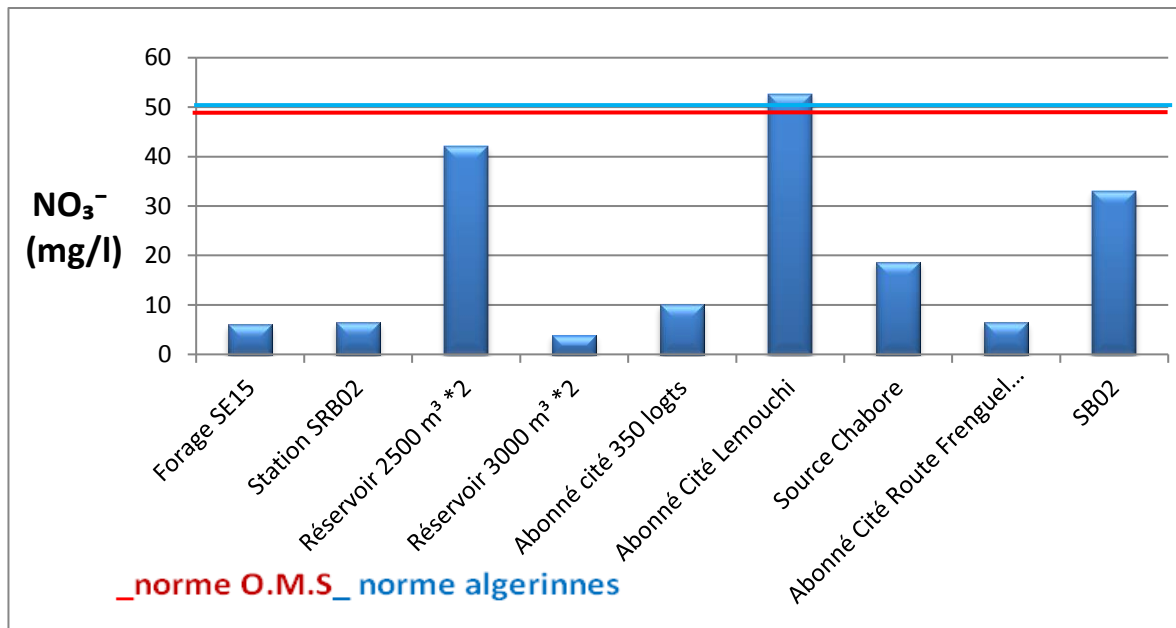


Figure 39. Variation des valeurs de nitrate des eaux potable de la Ville de Khenchela.

2.3.4. Les Nitrites (NO₂⁻)

La présence des nitrites dans l'eau en quantité importante dégrade la qualité de l'eau et pourrait affecter la santé humaine. La toxicité liée au nitrite est très significative en raison de leur pouvoir oxydant (Belghiti et al., 2013).

D'après les résultats de nos eaux (Figure 40), nous déduisons que la majorité des eaux de la ville de Khenchela présentent des valeurs des nitrites très faible et même introuvable (0 mg/l) sauf les deux réservoirs présentent une même concentration de nitrite qu'est de (0.002 mg/l). Référons aux normes recommandées par l'OMS et Algérie, les eaux sont classées comme des eaux de bonne qualité pour la consommation car les eaux ne dépassent pas les normes recommandées (0.2 mg/l).

2.3.5. Les phosphate

En chimie minérale, le phosphate est un sel résultant de l'attaque d'une base par de l'acide phosphorique H₃PO₄. En chimie organique, c'est un composé organophosphoré dérivé de l'acide phosphorique; on parle parfois de phosphate organique. Les poly phosphates portent le numéro E452. Les ortho phosphates sont les formes chimiques les plus fréquentes du phosphate dans l'environnement, tous dérivés de l'acide phosphorique (Brown, 1986). Paradoxalement, l'azote et le phosphore sont des nutriments indispensables pour le développement des êtres vivants et l'intensification des rendements agricoles d'une part,

d'autre part leurs rejets excessifs et leurs présences dans les milieux aquatiques est indésirable et contribuent à l'eutrophisation de ces derniers, qui trouvent leurs équilibres bouleversés avec le constat d'une menace aussi bien sur la faune que sur la flore (Kouakou, 2007).

D'après le résultat (Figure 41), nous remarquons que les teneurs en phosphate sont très proches pour la totalité des eaux échantillonnées et très faible, car sont toutes inférieures à la concentration maximale admissible et recommandée par les normes Algérienne (JORA, 2011) et par celle de l'O.M.S qui est de 0,2 mg/l.

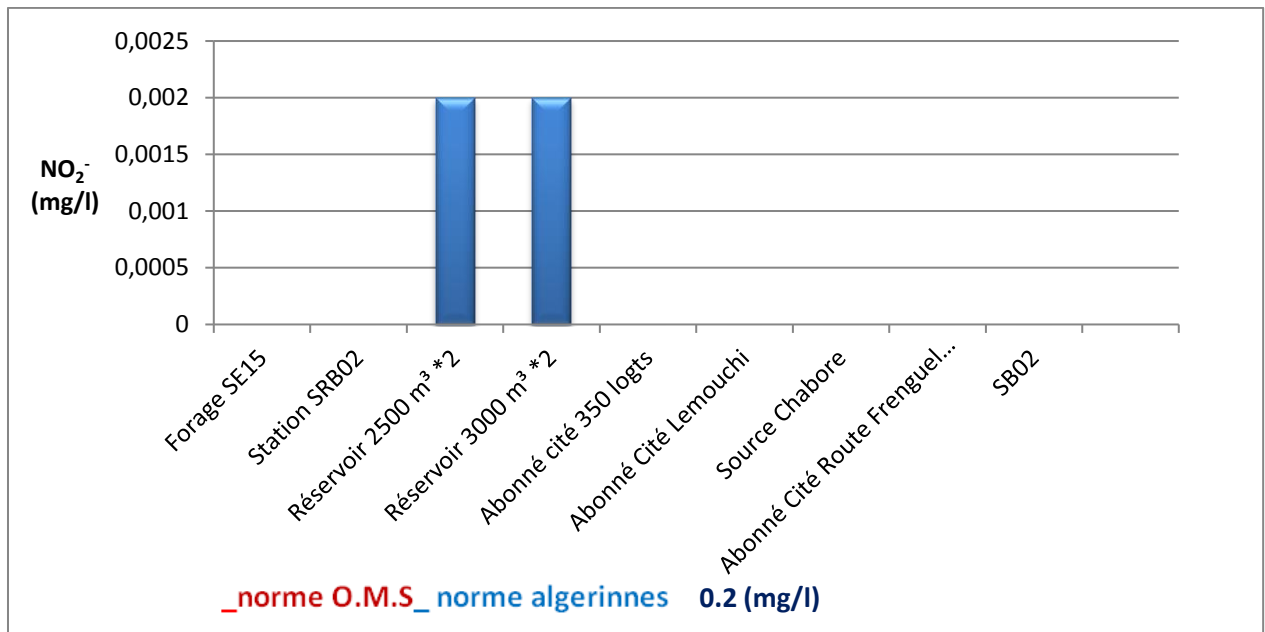


Figure 40. Variation des valeurs de nitrites des eaux potable de la Ville de Khenchela

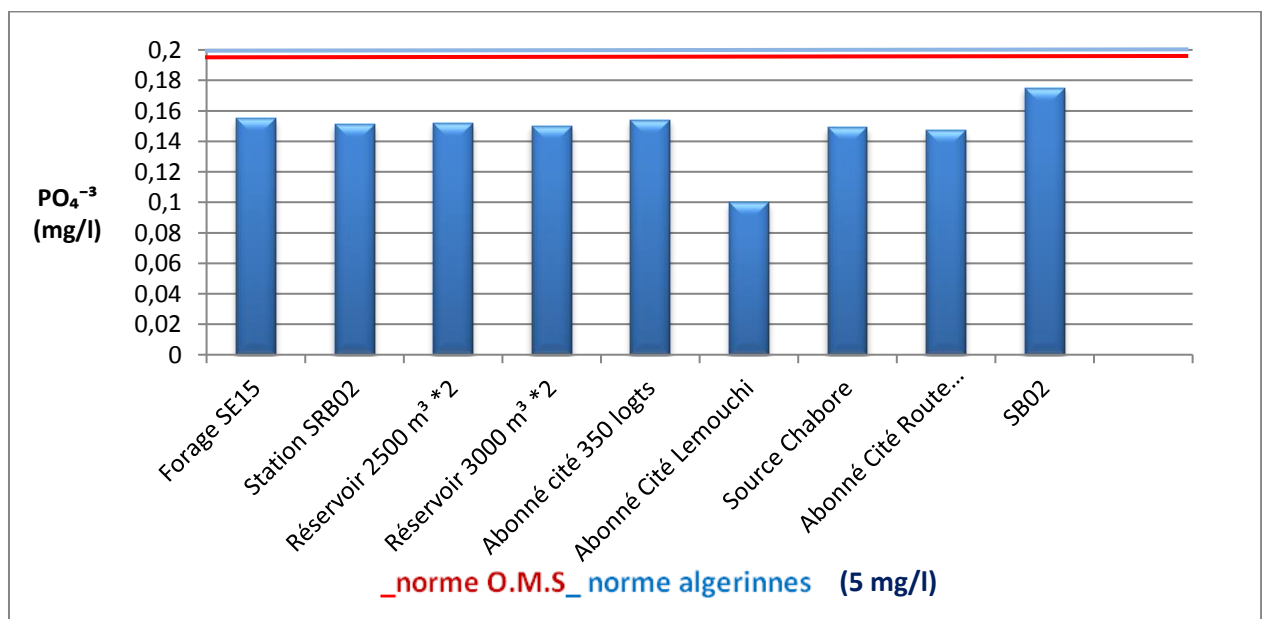


Figure 41. Variation des valeurs de phosphate des eaux potable de la Ville de Khenchela.

2.3.6. Résidu Sec

Le résidu sec des eaux c'est indicateur de minéralisation résiduelle. Sa mesure correspond la pesés des minéraux recueillis après évaporation d'1 L d'eau soumis à 150 °C : l'eau est moyennement minéralisée si le taux est inférieur à 1500 mg/l, est faiblement minéralisée s'il est inférieur à 500 mg/l, c'est une eau très faiblement minéralisée s'il est inférieur à 50 mg/l (Patenaude, 2007).

D'après les résultats obtenues (Figure 42), nous déduisons que les concentrations de résidu sec dans nos eaux sont variables d'un site à l'autre, mais généralement sont inférieure à les normes recommandées par l'Algérie et l'OMS (O.M.S., 2006 ; JORA, 2011). En effet, les valeurs de nos eaux sont dans les normes acceptables et donc sont de bonne qualité.

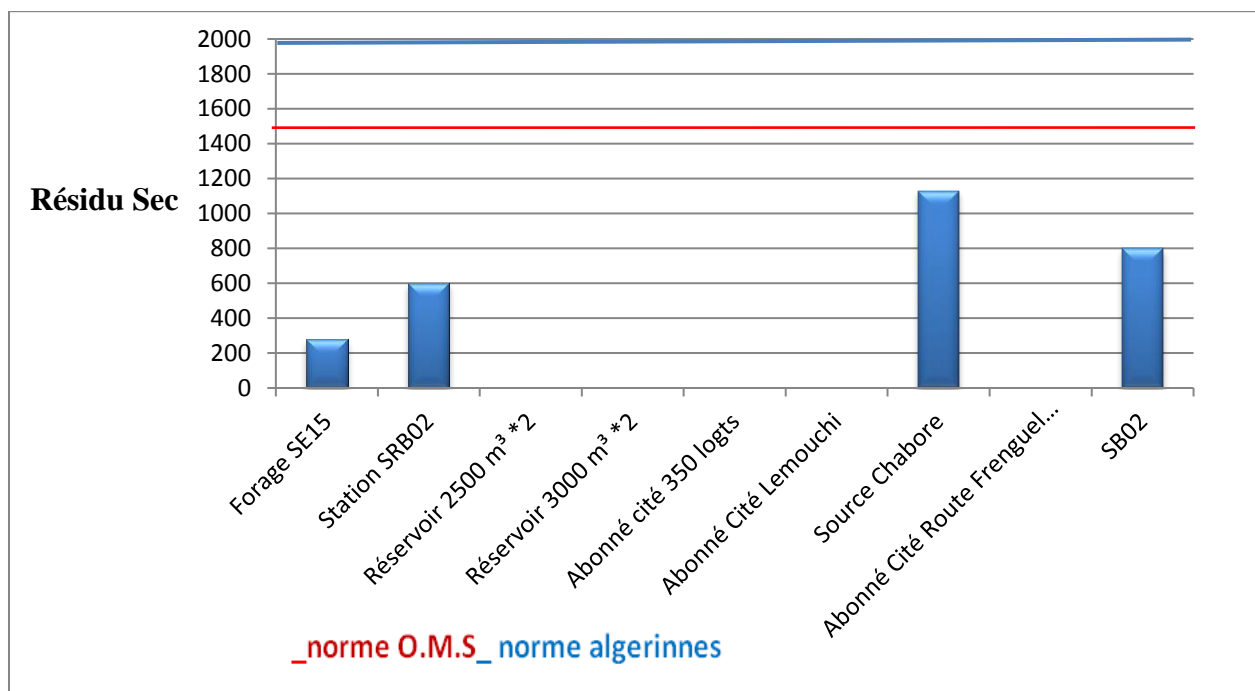


Figure 42. Variation des valeurs de résidu sec des eaux potable de la ville de Khenchela.

2.3.7. Matière organique(M.O)

La matière organique présente de manière naturelle dans les cours d'eau et proviennent des débris des organismes vivants animaux et végétaux des cours d'eau et de ses abords, elles sont aussi issues des rejets liés aux activités humaines. Elles peuvent être source de pollution pour l'eau au-delà d'un certain seuil (Sèvre, 2020).

D'après les résultats d'analyse des échantillons (Figure 43), on observés que les concentrations de matière organique dans nos eaux sont introuvable proche de zéro, seulement

ce n'est pas le cas pour les eaux de site SB02 qui présente 20 mg/l. Référençons aux normes Algérienne recommandés (JORA, 2011), nous déduisons que les eaux de la ville sont acceptable par apport aux normes. Tandis que, le cas des eaux de SB02 a des valeurs dépassent les valeurs recommandées de 04 mg/l, cela peut constituer un risque pour la santé des consommateurs.

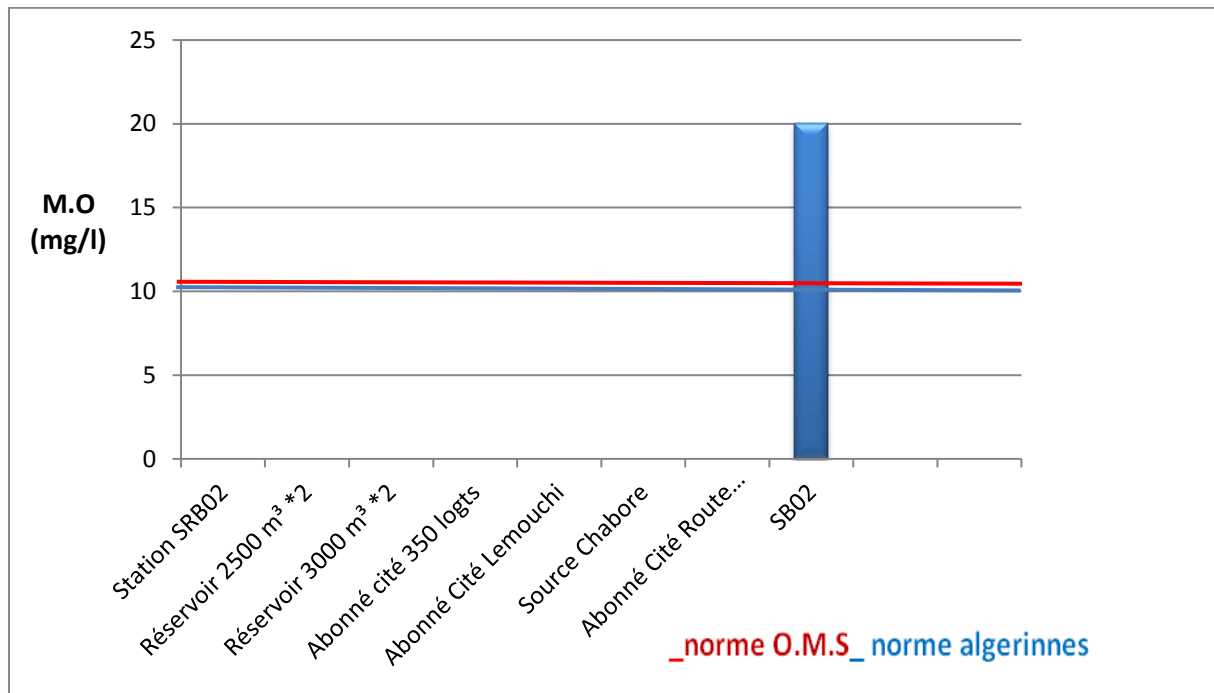


Figure 43. Variation des valeurs de Matière organique des eaux potable de la Ville de Khenchela.

2.3.8. Le Bicarbonates (HCO_3^-)

Le bicarbonate fait partie des nombreuses substances minérales (au même titre que le calcium, le magnésium ou encore le sodium) naturellement présentes dans l'eau. Peut contenir des quantités plus ou moins élevées de bicarbonate en fonction des types de sols qu'elle traverse (infiltration) ou sur qu'elle s'écoule (ruissellement). Sans effet nocif pour la santé, le bicarbonate n'est soumis à aucune norme légale (Diagne al., 2001).

D'après les résultats, les valeurs des concentrations des eaux échantillonnées en bicarbonate sont variables d'un site à un autre, la valeur maximale est de 317 mg/l et la valeur minimale est 151 mg/l (Figure 44). Basons sur les normes recommandées par l'OMS et l'Algérie (O.M.S., 2003 ; JORA, 2011), on peut classer nos eaux comme des eaux acceptables par rapport aux normes, seulement ce n'est pas le cas pour les abonnés de cité Lemouchi où les valeurs de bicarbonate dépassent 300 mg/l, mais ne constituent pas un risque pour la population.

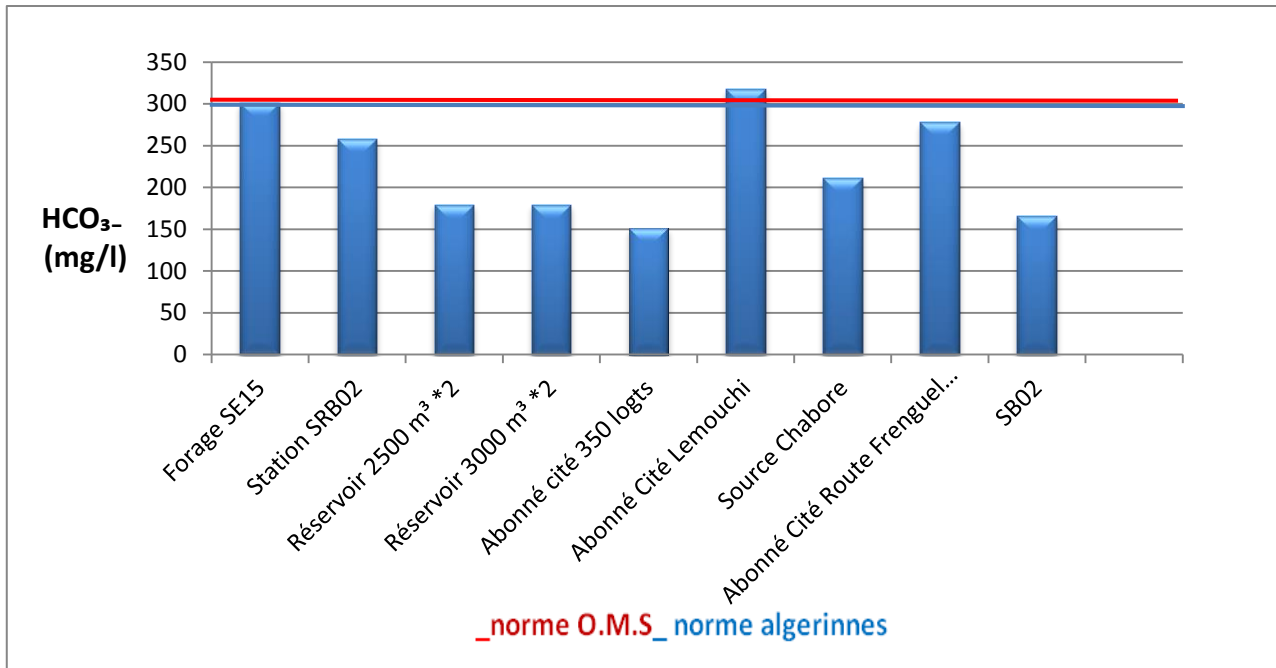


Figure 44. Variation des valeurs d'Ions bicarbonates HCO₃⁻ des eaux potable de la Ville de Khenchela.

2.4. Classification des eaux

Avant d'utiliser de l'eau la qualité doit être vérifiée, et surtout la qualité physicochimique. La sous-estimation de la qualité des eaux va avoir une émergence de maladies d'origine hydrique lorsque l'eau potable est contaminée. La composition minérale de l'eau dépend généralement du terrain ou tuyauterie traversé, les analyses effectuées pouvant donner une idée sur la qualité, et en effet de les classer comme des eaux acceptables ou non.

Dans ce contexte cette étude après l'évaluation de la qualité physique et chimique, les résultats nous permettent de classer nos eaux par rapport à la qualité globale d'eau. Pour un classement efficace et représentatif de nos eaux par rapport aux paramètres mesurés, cinq classes ont été proposées basées sur le taux de classement de chaque paramètre par rapport au risque engendré (Tableau 22).

D'après l'interprétation des résultats physicochimiques des eaux de la ville de Khenchela (Tableau 22), on peut classer nos eaux en quatre classes principales comme suit: La première classe des eaux de très bonne qualité présentée par celle du réservoir 2500 m³, source de Chabore et Abonné de cité Frenguel, car la majorité des paramètres ne cause aucun risque. La deuxième classe est des eaux de bonne qualité présentée par le réservoir 3000 m³ et les abonnés de cité 350. La troisième classe est des eaux de qualité moyenne présentée par les eaux de forage

SE15 et les eaux de stations SRB02, et enfin la quatrième classe celle des eaux médiocre présenté par les eaux distribuées aux abonnés de cité Lemouchi et les eaux de SB02.

Tableau 22. Classification des eaux potable de la ville de Khenchela par apport aux paramètres physicochimiques.

Qualité	Très Bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Polluées
Forage SE15	33%	44%	11%	12%	0%
Station SRB02	31%	31%	15%	11%	12%
Réservoir 2500 m ³ *2	56%	37%	7%	0%	0%
Réservoir 3000 m ³ *2	47%	31%	15%	7%	0%
Abonné cité 350 logts	47%	29%	10%	14%	0%
Abonné Cité Lemouchi	38%	22%	11%	22%	7%
Source Chabore	44%	44%	12%	0%	0%
Abonné Cité Route Frenguel Résidence Elazhar	44%	44%	0%	12%	0%
SB02	33%	38%	0%	16%	13%

Conclusion :

Au cours de ce chapitre, Afin d'évaluation la qualité des eaux potable de la ville de Khanchela nous avons réalisé des analyses physique et chimique de l'eau en laboratoire, les résultats de ces derniers ont permis de les classés en quatre grandes catégories :

La premiers classe est des eaux de très bonne qualité, dans cette catégorie des eaux les analyses physique-chimiques et aussi indésirable ont montré leur compatibilité avec les normes algérienne et OMS. La deuxième classe des eaux de la bonne qualité, caractérisées par le respect des normes recommandées mais avec le dépassement de quelques paramètres avec aucun risque sur la santé de population.

Concernent la troisième classe celle des eaux de qualité moyenne, où la majorité des paramètres présente des valeurs acceptables par apport aux normes, tandis que quelques paramètre peut causer un risque à la consommation. La quatrième classe des eaux médiocre, est caractérisé par des paramètres présentent des valeurs dépassent les normes recommandées et qui constituent un risque majeure sur la santé des consommateurs à long terme.

En finale, si l'un des normes n'est pas respectées l'eau peut constituer un risque sur la santé des consommateurs si n'est pas dans médiocre c'est à long termes, donc est dans l'obligation

de respecter ces normes et traiter les problèmes de dégradation de la qualité des eaux dans les délais acceptables.

Conclusion Générale

Conclusion générale

Avant toute consommation d'eau, il est indispensable de procéder au contrôle de sa qualité aussi bien physico-chimique que microbiologique. La négligence de ce contrôle provoquerait l'apparition de maladies à transmission hydrique chez la population en cas de consommation d'eau polluée. Pour limiter des dépenses faramineuses en matière de santé lors d'apparition des maladies survenues suite à la consommation des eaux polluées il est nécessaire de lancer des campagnes de sensibilisation vis-à-vis la population vivante dans des conditions d'hygiène non conforme aux normes internationales avec une évaluation périodique de la qualité des eaux. En effet, la composition minérale des eaux dépend généralement des terrains ou matière traversés, donc les eaux peuvent être contaminer naturellement ou par activités anthropiques. Notre étude a été réalisée dans le cadre de ce contexte qui a permis une évaluation de la qualité physico-chimique des eaux potables de la ville du Khenchela.

Dans le cadre de réaliser l'étude une campagne de prélèvement a été menée durant la période de Juillet 2020 sur 09 sites principale. Les résultats des analyses ont montré que les caractéristiques physicochimiques de l'eau sont comprises dans des intervalles proches des normes internationales et algériennes retenues. Seulement ce n'est pas le cas pour les eaux de Station SRB02, Cité Lamouchi et SB02 qui présente des valeurs dépassent les normes et surtout pour les paramètres TAC, Ca^{+2} , Mg^{+2} et Cl^- , pour cela est demander d'identifier la source de contamination de ces paramètre et comment les gérer pour minimiser les risque engendrer par la présence de ces paramètres avec ces concentrations.

En effet, les résultats d'analyses physicochimiques en permis d'identifier quatre classe des eaux potables de la ville de Khenchela. Les quatre classe sont réaliser basons sur le respect des paramètres par rapport aux normes recommandées ; le première classe des eaux de très bonne qualité sont des eaux où les paramètres ne dépasse pas les normes, la deuxième classe des eaux bonne qualité où normes sont respecter par la majorité des paramètres. La troisième classe des eaux de qualité moyenne, la majorité des paramètres respectent les normes et quelques paramètres dépassent les normes et qui peut constituer un risque. Et à la fin une classe des eaux de qualité médiocre qui alimente les abonnés de cité Lemouchi et les eaux de SB02 où les valeurs dépassent les normes et peut constituer une risque sur la santé des consommateurs.

A la lumière de résultats de cette étude et comme recommandation, il sera intéressant de suivre cette étude par une évaluation microbiologique pour plus d'information sur la qualité microbienne des eaux de consommation de la ville avec l'extension de la zone d'étude. Ajoutant à cela, une étude plus vaste a été souhaitée sur plus de sites et surtout que la majorité de la population de la ville s'approvisionne des eaux des puits et des forages vu l'irrégularité d'alimentation en eau où la majorité consomme ces eaux sans évaluation de qualité. Cependant la réalisation d'une carte de risque est indispensable pour la ville et cela dans le cadre de bien gérer la qualité des eaux potables et faciliter l'intervention des autorités.

Références Bibliographiques

- A.D.E., 2014. Rapport final sur les eaux potables de la ville de Khenchela. Algérienne des Eaux Laboratoire d'analyse Unité de Khenchela. 20 p.
- Aboudi R., 2008. Rapport la gestion des ressources en eau de la wilaya de Khenchela. Direction de l'hydraulique wilaya de Khenchela, Service de développement. 200 p.
- Achour S., 1997. Optimisation des étapes de clarification au cours du traitement des eaux de surface algériennes. La Tribune de l'eau, vol.50, no587, p.35-39
- Adjab M., 2002. Recherche des traits morphologiques, physiologiques et biochimiques d'adaptation au stress hydrique chez différents géotypes de blé dur (*Triticum durum* Desf.). Thèse de Magister, Université Badji Mokhtar, Annaba. 84p.
- Bakalowicz M., 1979. Contribution de la géochimie des eaux à la connaissance de l'aquifère karstique et de la karstification. Thèse Doctorat Es. Sciences Université Paris VI, Paris, France, 269 p.
- Belghiti E.K., Soro N., Kouassi A.M., Zade S.P., 2013. Application des méthodes d'analyses statistiques multi variées à l'étude de l'origine des métaux lourds (Cu^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} et Pb^{2+}) dans les eaux des nappes phréatiques de la ville d'Abidjan. Int. J. Biol. Chem. Sci. 4(5), October 2010 ISSN 1991-8631. Pp 1753-1765. DOI: 10.4314/ijbcs.v4i5.65537.
- Bouaicha F., 2009. Etude géophysique et hydrogéologique dans la région de Khenchela. Mémoire Magistère. Université Mentouri Constantine. 11 p.
- Bouali H., Berkane W., 2015. Contribution a l'étude hydro chimique des eaux souterraines de la plaine de Malgou, Bouhmama N-W Khenchela. Mémoire fin d'étude master. Université Khenchela. 82 p.
- Boubelli S., 2009. Identification et mise en évidence des formations hydrogéologiques de la wilaya de Khenchela (nord-est Algérien). Mémoire Magister. Université Badji Mokhtar Annaba. 07 p.
- Bremond R., Vuichard R., 1973. Paramètres de la qualité des eaux. Ministère de la Protection de la Nature et de l'Environnement, OSPEPE, Paris. France. Pp 155-201.

- Brown W.E., Chow L.C., 1986. Un nouveau ciment à prise d'eau au phosphate de calcium
Céments research progress, éd., Wester ville. Pp 352-379.
- D.H.W., 2008. Conditions d'approvisionnement en eau destinée à la consommation humaine
par citernes mobiles. Direction des Ressources en Eau. Décret exécutif n°08-195 du
06.07.2008. Pp 8-12.
- D.H.W.K., 2008. Données statistique des ressources en eau de la wilaya de Khenchela.
Direction de l'hydraulique Khenchela, service de statistique. 28 p.
- D.P.A.T., 2012. Monographie des territoires de la wilaya de Khenchela. Direction de
Planification et d'Aménagement de territoire. Service des statistiques. 230 p.
- D.P.A.T., 2014. Annuaire statistiques. Services des statistiques. Direction de la
Programmation et Aménagement de Territoire. 150 p.
- Debieche T., 2002. Evolution de la qualité des eaux (Salinité, Azote et métaux lourds) sous
L'effet de la pollution saline, agricole et industrielle. Application à la basse plaine de la
Seybouse Nord-est Algérien. Thèse de Doctorat, Université de Constantine. 235 p.
- E.E.C., 2003. Etude d'actualisation du schéma directeur de la gestion des déchets urbains de
la ville de Khenchela. Vol 187, 60 p.
- Emberger L., 1955. Une classification biogéographique des climats. Trav. Inst. Bot.
Montpellier, Vol 7, 3-43 pp.
- Freeze R.A., Cherry J.A., 1979. Ground water. Prentice-hall Englewood cliffs, NJ. N°19. 604
p.
- Gaujour D., 1999. La pollution des milieux aquatiques : Aide-mémoire. 2eme Edition : revue
et augmenté (Français). Tec & Doc Lavoisier. ISBN-13 : 978-2743000219. 220 p.
- Guendouz A., Moulla AS., Edmunds WM., Zouari K., Shand P., Mamou A., 2003.
Hydrogeochemical and isotopic evolution of water in the Complexe Terminal aquifer in
the Algerian Sahara. Hydrogeology Journal, Vol. 11, No. 4. Pp 483-495.
- Guerzou F., 2008. Etude de la potabilité des eaux souterraines de la région de Djelfa (Aspect
physico-chimique). Mémoire de Fin d'Etude Ingénieur Etat. Université Djilali
Bounaama Khemis Miliana. 56 p.

- Guerzou, F., 2008. Etude de la potabilité des eaux souterraines de la région de Djelfa (Aspect physico-chimique). Mémoire de Fin d'Etude, Ingénieur d'Etat. Université Kasdi Merbah Ouargla. 56 p.
- H.C.E.F.L.C.D., 2006. Etude sur la pisciculture au barrage Almassira ; CR dar CHAFAAI ; Cercle d'ELBROUGE ; Province de Settat. Edition Haut-commissariat Aux Eaux et Forêt et la Lutte Contre la Désertification. 201p.
- Houha B., 1996. Quantité et qualité des eaux souterraines de la région de Khenchela. Thèse de magister. Université Badji Mokhtar Annaba. 113 p .
- J.O.R.A., 2011. Journal officiel de la république algérienne correspondant au 22 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation. N °18 ; 23 Mars. Pp 7-9.
- J.O.R.A., 2011. La qualité de l'eau de consommation humaine. Journal Officiel de la république Algérienne. Décret exécutif n° 11-125 du 17 RabieEthani 1432 correspondant au 22 mars 2011. Pp 6-9.
- Khabtane A., 2010. Contribution à l'étude du comportement éco physiologique du genre Tamarix dans différents biotopes des zones arides de la région de Khenchela. Thèse deMagister. Université Mentouri Constantine. 193 p.
- Kouakou E., 2007. Étude de la nitrification partielle d'eaux ammoniacales. Cotonou (République du Bénin), Thèse de Doctorat Unique, Université d'Abomey-Calavi, fsa, 75 p.
- 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. 87 p.
- 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. Université Djelfa. 87 p.
- M.R.E., 2009. Présentation de la région constantinoise (Seybousse Mellegue) en général, et le bassin de la seybousse en particulier. Ministère des Ressources en Eau : agence de bassin hydrographique constantinois. 05 p.
- M.S.C., 2016. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada, Document technique le pH. Publication autorisée par la ministre de la Santé Canada. N° de publication : 150225. Cat. : H144-28/2016F-PDF. ISBN : 978-0-660-04437-8. 48 p.

- O.M.S., 2003. Lead in Drinking water, Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. © World Health Organization. Geneva. Switzerland. 16 p.
- O.M.S., 2014. Drinking Water Standards, un document de base pour l'élaboration de lignes directrices de l'OMS sur la qualité de l'eau potable. © Organisation mondiale de la santé. Genève. Suisse. 253 p.
- O.R.E., 2016. Qu'est-ce qu'une eau potable. Observatoire Régional de l'Environnement Poitou-Charentes. CHASSENEUIL Cedex Juillet. 7 p. http://www.eau-poitou-charentes.org/IMG/pdf/qu_est_ce_qu_une_eau_potable.pdf
- R.G.P.H., 2008. Rapport de Recensement Générale de la Population et de l'Habitat. Office National des Statistiques. 200 p.
- Rodier J., 1984. L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 7ème édition. Editions Bordas Paris. 1334 p.
- Rodier J., 1996. L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduelles, eaux de mer. 8ème édition Editions Dunod Paris.1383p.
- Rodier J., Legube B., Merlet N., 2016. Analyse de l'eau contrôle et interprétation. 10ème édition entièrement mise à jour. © Dunod, Paul Bert, 92240 Malakoff. Isbn: 978-2-10-075412-0. 1297 p
- Rodier J., Legube B., Merlet N., Brunet R., Mialocq J.C., Leroy P., Houssin M., Lavison G., Bechemin C., Vincent. M., Rebouillon P., Moulin L., Chomodé P., Dujardin P., Gosselin S., Seux R., Almardini F., 2009. L'analyse de l'eau. 9ème Ed. Dunod Paris. Pp 32-33.
- S.E.Q., 2003. Eaux Souterraines, Système d'évaluation de la qualité des eaux souterraines. Rapport de présentation Version 0.1. Compagnie française des eaux BRGM. 75 p.
- S.M.K., 2012. Les données climatiques de la région de Khenchela. Station Météorologique d'El Hamma Wilaya de Khenchela. 22 p.