



# Remerciement

*Nous remercions le bon Dieu tout puissant de nous avoir accordé  
volonté et patience dans l'accomplissement de ce travail.*

*Après :*

*Nos remerciements vont à tous ceux qui ont contribué de près ou de  
loin à la réalisation de ce travail en particulier :*

*A Mm Boumaiza Omen, pour avoir accepté de nous encadrer  
et de nous diriger, qu'elle trouve ici l'expression de notre profonde  
gratitude.*

*A Mm Phallih Lamia pour l'honneur qu'elle nous a fait en  
présidant le jury de notre mémoire*

*A Mm Dib Dounia Pour avoir accepté d'examiner ce  
travail.*

*A Mr Ounass Rachid qui nous a soutenus, encouragé, et avec  
qui on a établi une relation de confiance et qu'il nous 'a guidé dans  
notre travail et nous 'a aidé à trouver des solutions pour avancer.*

*A Mr Salih Tken, Mm Naziha Touam, Mr Toufik  
Hogass, Mm Zob Ammal, Mr Zardoum Ammar  
, Mr Mechkan Richam.*

*A nos chères collègues et amis Saidi Lina, Laati Fatima et  
Zeghdani Zohir.*

*Qui on présentée tous ces aides pour nous pendant la rédaction et la  
recherche des infos de ce travail*

*Nous n'oublions pas **nos parents** pour leur contribution, leur soutien  
et leur patience.*

*Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos  
proches et amis, qui nous a toujours soutenue et encouragée au cours  
de la réalisation de ce mémoire.*

*Merci à tous et à toutes.*

# Dédicace

Que ce travail témoigne de mes respects :

A mes parents : Boughanem Chabbi et Beddiar Leila Grâce à leurs tendres encouragements et leurs grands sacrifices, ils ont pu créer le climat affectueux et propice à la poursuite de mes études. Aucune dédicace ne pourrait exprimer mon respect, ma considération et mes profonds sentiments envers eux. Je prie le bon Dieu de les bénir, de veiller sur eux, en espérant qu'ils seront toujours fiers de moi.

A mes chères sœurs Imen et Inés et à mon cher frère Abd Al Hak.

A mon seul et mon très bon cher oncle Beddiar Lahbassi

A mes chers oncles Boughanem Ammar et Boughanem Badaoui

A mes chères tantes :Khebbala , Rabiaa , Khroufa , Samia , Amel , Massouda , Hebara et Hassina

A ma deuxième famille : mon beau père, ma belle mère, mon mari, mes belles sœurs et beaux frères

A la famille Boughanem et Beddiar.

Ils vont trouver ici l'expression de mes sentiments de respect et de reconnaissance pour le soutien qu'ils n'ont cessé de me porter.

A tous mes professeurs : Leur générosité et leur soutien m'oblige de leurs témoigner mon profond respect et ma loyale considération.

A tous mes amis et mes collègues : Benkaoua Baya Fayza , Saidi Zina , Laati Fatima et sur tout ma binôme de ce travail ma chère Aounallah Selma . Ils vont trouver ici le témoignage d'une fidélité et d'une amitié infinie.

RANIA

# 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 : Ilhem & Nahla

A tous mes professeurs...

SELMA

## *Liste des figures*

**Figure 01 :** Situation de la ville de kenchela et sa sectorisation

**Figure 02:** Unité hydrogéologique dans le bassin garât taraf

**Figure 03:** Coupe hydrogéologique I

**Figure 04 :** Coupe hydrogéologique II

**Figure 05 :** Variation des températures moyennes mensuelles à la station de Khenchela

**Figure 06 :** Les précipitations moyennes mensuelles de la wilaya de Khenchela

**Figure 07 :** Les précipitations saisonnières de la wilaya de Khenchela

**Figure 08 :** La relation entre précipitations-températures Khenchela

**Figure 09 :** Diagramme ombrothermique

**Figure 10:** Projection de la wilaya de Khenchela dans le climagramme d'EMBERGER

**Figure 11 :** Variation de l'évaporation moyenne mensuelle de kenchela

**Figure 12 :** Représentation graphique du bilan hydrologique de Khenchela

**Figure 13 :** Cartes des points de prélèvements

**Figure 14 :** Schéma synoptique de l'alimentation en eau par le champ captant SEKKALA

**Figure 15 :** Schéma synoptique de l'alimentation en eau par le champ captant BAGHAI

**Figure 16 :** Schémas synoptique de l'alimentation en eau par le champ captant Beggaga

**Figure 17 :** Schéma synoptique de l'alimentation en eau par le champ captant Remila

**Figure 18 :** Valeurs des températures des pinots de prélèvement

**Figure 19 :** Les valeurs de la conductivité

**Figure 20 :** Les valeurs de PH de points de prélèvement

**Figure 21 :** Les valeurs de turbidité des points de prélèvement

**Figure 22:** Représentation graphique des valeurs de calcium des points de prélèvements

**Figure 23 :** Représentation graphique des valeurs de magnésium des points de

Prélèvements

**Figure 24 :** Représentation graphique des valeurs de Potassium des points de prélèvements

**Figure 25 :** Représentation graphique des valeurs de Sodium des points de prélèvements

**Figure 26 :** Représentation graphique des chlorures

**Figure 27 :** Représentation graphique des valeurs de bicarbonates des points de prélèvements

**Figure 28 :** Représentation graphique des valeurs des sulfates des points de prélèvements

**Figure 29:** Représentation graphique des valeurs de nitrate des points de prélèvements

**Figure 30 :** Projection des Variables sur le plan factoriel 1-2

**Figure 31 :** Projection des Variables sur le plan factoriel 1-3

**Figure 32 :** Projection des Observations sur le plan factoriel 1-2

**Figure 33:** Projection des variables sur le plan sur le factoriel 1-2

**Figure 34 :** Projection des variables plan factoriel 1-3

**Figure 35 :** Projection des observations sur le plan factoriel 1-2

**Figure 36 :** Représentation graphique du couple  $\text{SO}_4\text{-Cl}^-$

**Figure 37 :** Représentation graphique du couple  $\text{SO}_4/\text{Cl}^-$  Conductivité

**Figure 38 :** Représentation graphique du couple  $\text{Ca}^+\text{-Na}^+$

**Figure 39 =** Représentation graphique du couple  $\text{Ca}^+ \text{ } \text{SO}_4^{2-}$

**Figure 40 :** L'évolution du calcium en fonction des bicarbonates.

**Figure 41 =** Diagramme  $\text{Ca}^{2+}/\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-} \text{ } \text{Na}^+/\text{Cl}^-$

**Figure 42 :** Représentation graphique du rapport  $\text{HCO}_3^-/\text{Cl} + \text{SO}_4^{2-}$

**Figure 43 :** Représentation graphique Wilcox des eaux après traitement

**Figure 44 :** Diagramme de Piper des eaux de forage

**Figure 45 :** Diagramme de Piper des eaux de consommation et de Robinet

**Figure 46:** Diagramme de Scholler-Berkaloff des eaux de forage

**Figure 47:** Diagramme de Scholler-Berkaloff des eaux de consommation

## *Liste des tableaux*

**Tableau 01** : Norme de paramètre chimique analysable par OMS

**Tableau 02** : Principaux analyse a effectuée sur site

**Tableau 03**: indices de qualité des eaux à partir leurs couleurs

**Tableau 04** : Densité de la population de la commune de Khenchela

**Tableau 05** : Principaux oueds de la région d'étude et leurs exutoires

**Tableau 06** : Situation des forages qui alimente le champ captant Sekkala

**Tableau 07** : Situation des forages qui alimente le champ captant Baghai

**Tableau 08** : Station de pompage du champ captant Baghai

**Tableau 09** : Situation des forages (champ captant Beggaga)

**Tableau 10** : Situation des forages qui alimente le champ captant Remila

**Tableau 11** : Station de pompage du champ captant Remila

**Tableau 12** : Etat actuel des ouvrages de stockage

**Tableau 13** : Fréquence de distribution en eau

**Tableau 14** : La station climatique de ElHamma –Khenchela

**Tableau 15** : La température moyenne mensuelle

**Tableau 16** : Les précipitations moyennes mensuelles de la wilaya de Khenchela

**Tableau 17** : Les précipitations saisonnières de la wilaya de Khenchela

**Tableau 18** : Relation entre précipitations-températures khenchela

**Tableau 19** : Les valeurs de l'indice d'aridités de la wailaya de khenchela

**Tableau 20** : Valeurs de l'Evaporation mensuelle

**Tableau 21** : Bilan hydrologique calculé à partir de la formule de Thornthwaite

**Tableau 22** : Variation de la température des points de prélèvement

**Tableau 23** : Les valeurs de la conductivité des points de prélèvement

**Tableau 24** : Les valeurs de PH des points des points de prélèvement

**Tableau 25** : Les valeurs de turbidité des points de prélèvement

**Tableau 26** : Valeur de ( $\text{Ca}^{++}$ ) calcium des points de prélèvements

**Tableau 27** : Valeur de ( $\text{Mg}^{++}$ ) Magnésium des points de prélèvements

**Tableau 28** : Valeur de ( $\text{K}^+$ ) Potassium des points de prélèvements

**Tableau 29** : Valeur de ( $\text{Na}^{++}$ ) Sodium des points de prélèvements

**Tableau 30** : Valeur des chlorures des points de prélèvements

**Tableau 31** : Valeur des bicarbonates des points de prélèvements

**Tableau 32** : Valeur de sulfates des points de prélèvements

**Tableau 33** : Valeur des nitrates des points de prélèvements

**Tableau 34** : Corrélation facteurs -variables

**Tableau 35** : Corrélation entre les éléments chimiques.

**Tableau 36** : Corrélation facteurs -variables

**Tableau 37** : Corrélation entre les éléments chimiques.

### *Liste des abréviations*

**ADE**: Algérienne Des Eaux

**AEI** : Expertise de l'eau et de ses réseaux

**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

**GEPH** : Générale d'Entreprise pour la Promotion de l'Habitat

**HMT** : Hauteur Manométrique Totale

**KVA** : Kilo Volt Ampère

**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé

**PEHD\_PV** : Polyéthylène Haute Densité

**Q** : Débit

**SEQ** : Système d'évaluation de la qualité

**SR** : Station de Reprise

**SRB** : Station de Reprise Baghai

**SMK** : Station Météorologique de Khenchela

**T** : Température

# Sommaire

## - Introduction générale

### ❖ Partie bibliographique :

#### Chapitre I : Cadre générale

I-1- Caractéristique des sources en eau .....	01
I-1-1- Les eaux de source naturelle .....	01
I-1-2- Les eaux de source minérale.....	01
I-2- Critères de potabilité .....	01
I-2-1- Critères de potabilité physique et chimique .....	01
I-3- Principales analyses à effectuer sur site .....	02
I-4- Production d'eau potable .....	03
I-4-1- Classes et indice de qualité .....	03
I-5- Présentation de la commune de Khenchela Région d'étude de la potabilité .....	04
I-5-1- Situation géographique de la commune .....	04
I-5-2- La population .....	04
I-5-3- Cadre bâti .....	05
I-6- Qualité de la ressource.....	05
I-6-1- Données sur le système d'alimentation en eau potable de la ville .....	06
Conclusion .....	07

#### Chapitre II : Hydrogéologie

Introduction .....	08
II-1- Hydrogéologie générale.....	09
II-2- Lithologie des aquifères.....	09
II-2-1- Substratum : structure profonde .....	09

II-2-2- Terrains Néogène.....	10
II-2-3- Le Plio-Quaternaire.....	10
II-3- Les principaux aquifères.....	10
II-3-1- Les aquifères alluviaux .....	10
II-3-2- L'aquifère miocène.....	11
II-4- Présentation et nature des nappes aquifères.....	11
II-4-1- La coupe hydrogéologique I .....	11
II-4-2- La coupe hydrogéologique II.....	12
II-5- Nappe phréatique .....	12
II-5-1- Nappes profondes .....	13
II-6- Réseaux hydrographiques de la région .....	13
II-6-1- Oueds permanents.....	13
II-6-2- Oueds Temporaires.....	14
II-7- Ressources en eau superficielles .....	15
II-8- Ressources en eau souterraines .....	15
II-8-1- champ captant Sekkala .....	15
a-Forages .....	15
b-Station de pompage du champ captant Sekkala .....	16
II-8-2-Champ captant Baghai .....	16
a-Forages .....	16
b-Station de pompage Baghai .....	17
II-8-3- Champ captant Beggaga .....	17
a-Forage .....	17
b-Station de pompage Beggaga.....	18

II-8-4- Champ captant Remila .....	18
a-Forages .....	18
b-Station de pompage du champ captant Remila .....	19
II-9- Réseau d'adduction .....	19
II-10- Ouvrage de stockage et réseau de distribution .....	20
a-Ouvrages de stockage (réservoirs et château d'eau).....	20
b-Equipement d'un réservoir .....	20
II-11- Réseau de distribution .....	21
- Conclusion .....	23

### **Chapitre III : Hydroclimatologie**

III-1- Analyse des données climatiques.....	24
III-2- Climat de la région Khenchela .....	24
III-2-1- La température .....	24
III-2-2- Les précipitations .....	26
III-2-3- Relation précipitation- température .....	27
III-2-4-Quotient pluviométrique d'Emberger .....	28
III-4- L'indice d'aridité De Martonne .....	29
III-5- L'Evaporation.....	30
III-6- L'Evapotranspiration.....	31
III-6-1- Estimation de l'Evapotranspiration potentielle (ETP).....	31
III-6-1-1- Estimation de l'ETP par la formule de Thornthwaite,1954.....	32
III-6-1-2- L'évapotranspiration réelle (ETR).....	34
a-Méthode de Turc.....	34
b-Méthode de Thornthwaite.....	35

---

Conclusion .....	36
------------------	----

**❖ Partie expérimentale****Chapitre IV : Hydrochimie**

<b>IV -1- Matériel et méthode .....</b>	<b>37</b>
IV – 1- Prélèvements .....	37
IV-1-1- Considérations générales sur l'échantillonnage.....	38
IV -1-2-Les étapes de l'échantillonnage.....	38
<b>a.</b> Préparation du matériel.....	38
<b>b.</b> Calibrage des appareils.....	38
<b>c.</b> Prélèvement des échantillons.....	38
<b>d.</b> Conservation des échantillons.....	39
IV -1-3- Mesures In Situ .....	39
IV -1-3-1- Paramètres Physiques.....	39
<b>a-</b> Mesure de la température.....	39
<b>b-</b> Mesure du pH.....	40
<b>c-</b> Mesure de la conductivité électrique.....	40
IV -1-3-2- Mesures au laboratoire.....	40
IV-1-4- La source d'alimentation en eau de chaque secteur .....	41
<b>a-</b> Champ captant Sekkala .....	41
<b>b-</b> Champ captant Baghai .....	42
<b>c-</b> champ captant Beggaga .....	43
<b>d-</b> Champ captant Remila .....	44
<b>IV -2-Résultats et discussions .....</b>	<b>45</b>
IV-2--1- Paramètres physico-chimique .....	45
<b>a-</b> paramètre physique .....	45
<b>b-</b> paramètre chimique majeurs .....	45
IV-2-2- Origine et signification géochimique des éléments chimiques .....	45
<b>a-</b> Les ions $Ca^{2+}$ et $Mg^{2+}$ .....	45
<b>b-</b> Les ions $Cl^-$ , $NO_3^-$ .....	45

c- Les ions sulfatés.....	46
IV-2-3-Caractéristiques physico-chimiques .....	46
IV-2-3-1-Les paramètres physiques .....	46
a- Température.....	46
b- La conductivité électrique .....	47
c- Le pH .....	48
d- La turbidité .....	48
IV-2-4- Les éléments chimiques .....	49
IV-2-4-1-Les cations .....	49
a- Le Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ).....	49
b- Le Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ).....	50
c- Le Potassium ( $\text{K}^+$ ) .....	51
d- Sodium ( $\text{Na}^+$ ).....	52
IV-2-4-2- Les anions .....	53
a- Les chlorures ( $\text{Cl}^-$ ) .....	53
b- Bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ) .....	54
c- Sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ).....	55
d- Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ).....	56
IV -2-5- Analyse en Composantes Principales (A.C.P).....	57
IV -2-5-1-Analyse en Composantes Principales (A.C.P) Avant traitement.....	57
a- Analyse des plans factoriels .....	57
b- Matrice de Corrélation .....	59
IV -2-5-2- Analyse en Composantes Principales (A.C.P) Après traitement.....	59
a- Analyse des plans factoriels .....	59
b- Matrice de Corrélation .....	61
IV -2-6-Rapports caractéristiques des eaux de robinet de la ville de Khenchela.....	62
a- Le couple $\text{SO}_4-\text{Cl}^-$ .....	62
b- Le couple $\text{SO}_4/\text{Cl}^-$ Conductivité .....	63
c- Le couple $\text{Ca}^+-\text{Na}^+$ .....	63
d- Le Couple $\text{Ca}^+ - \text{SO}_4^{2-}$ .....	64

IV -2-6-1- Origine de Calcium.....	64
<b>a-</b> Diagramme $\text{Ca}^{2+}/\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-} \text{ _ } \text{Na}^+/\text{Cl}^-$ .....	65
<b>b-</b> Rapport $\text{HCO}_3^-/\text{Cl} + \text{SO}_4^{2-}$ .....	65
IV -2-6-2- Diagramme de Wilcox après traitement .....	66
IV-2-7- Classification des eaux .....	67
IV-2-7-1- Classification de piper .....	67
<b>a-</b> Avant traitement (les eaux de forages) .....	67
<b>b-</b> Après traitement (les eaux de consommation et de robinet ) .....	68
IV-2-7-2-- Classification de Scholler-Berkalof .....	69
<b>a-</b> Avant traitement .....	69
<b>b-</b> Après traitement .....	70
Conclusion .....	71
- <b>Conclusion générale</b>	
- <b>Référence bibliographie</b>	
- <b>Annexe</b>	
- <b>Résumé</b>	

## **Introduction :**

L'eau est l'un des éléments essentiels du développement durable à cause de son importance dans la vie et sans cet élément la vie serait impossible car est un facteur prépondérant pour toute activité socio-économique, depuis l'aube de l'humanité.

La qualité de l'eau destinée à la consommation est une priorité pour toute population, qu'elle soit urbaine ou rurale. L'eau potable provient habituellement de sources souterraines, qui constituent même parfois l'unique source d'eau.

Malheureusement, ces dernières décennies, on a pu constater une augmentation progressive mais importante de la contamination de certaines sources (émergentes ou captées) dont les eaux sont destinées à la consommation humaine (Azzoug, 1998).

Les contaminants sont de nature diverses et variées : physiques (l'impidité altérée, température modifiée), chimiques (nitrates, métaux et autres micropolluants), organiques (entraînant une surconsommation d'oxygène indispensable à la vie aquatique) et microbiologiques avec l'introduction de germes pathogènes (bactéries, virus, parasites). Mais pratiquement la quasi-totalité des contaminations ont pour cause l'activité humaine (domestique, industrielle, agricole...).

Il est désormais impératif pour les pouvoirs publics de veiller continuellement à ce que ces sources soient préservées contre toute forme de contamination.

Dans le contexte de ce travail qui fait partie de l'axe de recherche du laboratoire de Biologie et Environnement à savoir : la composition et la qualité physico – chimique de l'eau de robinet situées dans la ville de Khenchela et exploitées à des fins de consommation humaine.

Afin de répondre à ces préoccupations, notre démarche a été fondée sur deux principaux axes :

- Axe bibliographique
- Axe expérimentale

Qui s'articule autour de quatre chapitres :

- ❖ **Le premier chapitre** : concerne l'étude du contexte structural et géomorphologique de la région d'étude. L'objectif de ce chapitre est de déterminer des caractéristiques générales sur l'eau de robinet et de délimiter la zone d'étude et d'identifier ses caractéristiques géographiques et socio-économiques.
- ❖ **Le deuxième chapitre** : est consacré à l'évaluation des différents contextes hydrogéologique, réseau hydrographique et l'identification des différentes caractéristiques ainsi que l'origine des eaux de source.

- ❖ **Le troisième chapitre :** détermine l'évaluation des analyses des données hydro climatique de la région de kenchela : température, précipitation, évapotranspiration et le bilan hydrique de la région pendant les dernier 10 ans
- ❖ **Quatrième chapitre :** concerne L'interprétations des analyses de 5 forages et deux réservoirs implantés dans la régions d'étude ainsi que deux échantillons d'eau de consommation révèlent les facies chimiques existant des eaux ainsi que l'origine des éléments majeurs par l'interprétation des rapports caractéristiques en se basant sur la représentation graphique des données numériques ( des cartes et des graphes) .

L'eau du robinet est produite à partir d'eau prélevée par un captage dans une nappe souterraine ou dans une ressource superficielle d'eau douce (fleuves, rivières, canaux, lacs, barrages). Selon la qualité de l'eau prélevée, différentes étapes de traitement peuvent être nécessaires pour rendre l'eau potable et maintenir sa qualité dans les installations de stockage (réservoirs, châteaux d'eau) et dans les réseaux de distribution, jusqu'au robinet du consommateur  
(Gilles Balloy et All, 2012, Qualité des eaux de robinet)

## **I-1 -Caractéristique des sources en eau :**

Les eaux de source sont de deux types : les eaux de source naturelles et les eaux de source minérales.

### **I-1-1--Les eaux de source naturelle :**

Une eau de source est une eau d'origine souterraine, ayant bénéficié d'une protection contre la pollution, et n'ayant subi ni traitement chimique, ni adjonction. Elle doit donc être naturellement conforme. Elle doit satisfaire les critères de potabilité (ce qui n'est pas forcément le cas d'une eau minérale naturelle).

### **I-1-2-Les eaux de source minérale**

Une eau minérale naturelle est également une eau d'origine souterraine, protégée de toute pollution. Ses caractéristiques chimiques doivent être stables. Elle doit être de nature à apporter, dans certains cas, ses propriétés favorables à la santé. Elle n'est pas potable au sens réglementaire (on ne pourrait pas la distribuer au robinet). En effet, elle contient des substances minérales en quantités trop importantes pour pouvoir servir de boisson exclusive.

(DPAT –Khenchela)

## **I-2- Critères de potabilité :**

### **I-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 limites à ne pas dépasser.

D'un point de vue chimique et physique ces différents paramètres permettent de déterminer Si une eau est potable. 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. (Tableau 01)

(ALIABBOU SARAH . Benmlouka mama 2014)

**Tableau 01:** Norme de paramètre chimique analysable par OMS

Nom et nature des échantillons	Date d'analyse	Cond.	Oxygène dissous	pH	TDS	Turbi.	F <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Mn	Ars
Unités		µS/cm	mg/l	-	mg/l	NTU	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Normes		2000	≥5	6,5 - 8,5	1000	<5	<1,5	100	50	200	0,5	<0,3	0,2	250	250	50	0,1	0,01

### I-3-Principales analyses à effectuer sur site :

De nombreuses réactions (chimiques, physiques ou biologiques) peuvent se produire au sein d'un échantillon destiné à l'analyse, modifiant sensiblement les concentrations de certains éléments. Les principaux facteurs de variation sont associés :

- aux variations de température et de pression, influençant en particulier la solubilité des gaz dissous dans l'eau.
- à la dissolution d'anhydride carbonique, qui pourra provoquer des modifications du pH et éventuellement de la conductivité, – à des réactions de dégazage, affectant par exemple la teneur en oxygène dissous ou encore la concentration de composés hautement volatils (Hg, cyanures, solvants chlorés, trihalométhanes...).
- à des réactions d'oxydation par l'oxygène dissous (par l'oxygène de l'air ou par celui présent dans l'échantillon), réactions qui peuvent affecter aussi bien des composés minéraux (FeII par exemple) que des molécules organiques,
- à la dissolution d'oxygène, modifiant sa teneur dans le milieu avec éventuellement des incidences sur les perturbations par oxydation.
- à des réactions de précipitation, souvent influencées par des variations de pH, elles-mêmes généralement associées à des variations de la teneur en anhydride carbonique dissous.

Nombre de ces réactions étant excessivement rapides, des modifications significatives peuvent se produire en quelques minutes. L'analyse sur site devant être effectuée dans les 5 minutes qui suivent le prélèvement. Pour d'autres éléments, ce sont les moyens de conservation des échantillons, mis en œuvre sur le site lors du prélèvement, qui garantiront une absence d'évolution des paramètres au cours du temps.

Dans le cas des eaux destinées à la consommation humaine ayant subi un traitement de désinfection, il conviendra également d'effectuer le dosage des teneurs résiduelles en désinfectant immédiatement après le prélèvement, les réactions entre ces molécules oxydantes et les divers composés présents dans l'eau traitée (cellules bactériennes, mais aussi composés minéraux ou organiques) se poursuivant sur des durées très longues.

(Jean Rodier l'Analyse de l'eau ; 2009)

**Tableau 02:** principaux analyse a effectuée sur site






Paramètre	Analyse sur site indispensable	Analyse sur site souhaitable
pH	X	
Conductivité		X
Température	X	
Oxygène dissous	X	
Turbidité		X
Potentiel Redox	X	
Anhydride carbonique dissous		X

#### I-4- Production d'eau potable :

##### I-4-1- Classes et indice de qualité :

Le tableau ci-dessous présente les différents indices de qualité des eaux ainsi que leurs classifications suivant ces indices à partir de leurs couleurs :

**Tableau 03:** indices de qualité des eaux douces à partir leurs couleurs

Classe	Indice de qualité	Définition de la classe de qualité
Bleu 	80 à 100	Eau de très bonne qualité.
Vert 	60 à 79	Eau de bonne qualité.
Jaune 	40 à 59	Eau de qualité moyenne
Orange 	20 à 39	Eau de qualité médiocre
Rouge 	0 à 19	Eau de mauvaise qualité

(SEQ – Aout 2003)

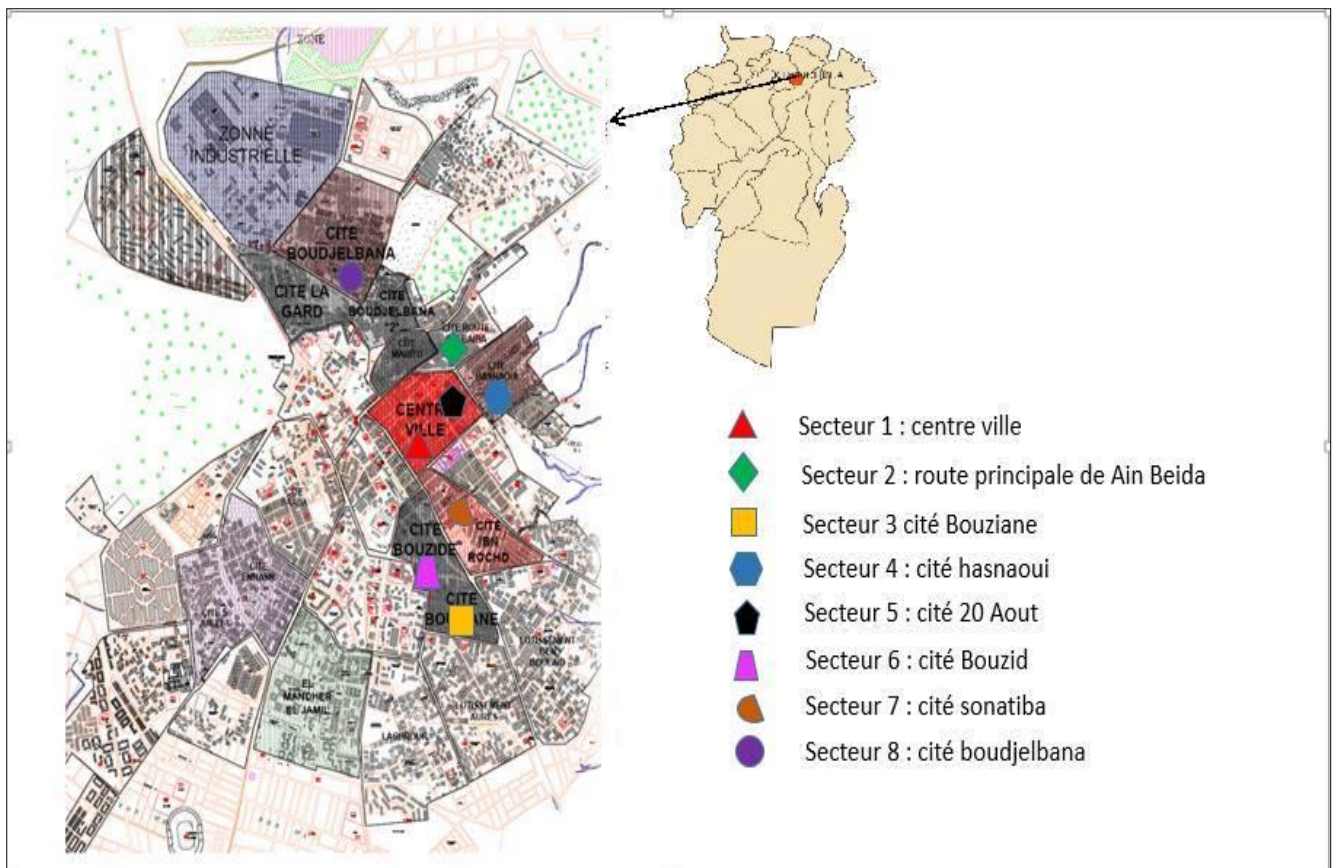
**I-5-Présentation de la commune de kenchela Région d'étude de la potabilité :****I-5-1-Situation géographique de la commune :**

La commune de kenchela et le lieu chef de la wilaya est située au Nord-est du pays et précisément 540 km à l'Est de la capitale limitée au Nord par la commune de Baghai, au Sud-est par la commune de N'Sigha, et à l'Ouest par la commune de Elhamma de superficie égale à 32 km<sup>2</sup>, soit 32000 hectares, ce qui représente 0.33% de la superficie totale de la wilaya.

Elle occupe une position géographique entre la chaîne steppique et les hauts plateaux constituent, ce qui lui donne un caractère forestier agro-pastoral et saharien.

(DPAT KHENCHELA 2014).

**Figure 01 :** Situation de la ville de kenchela et sa sectorisation



(DPAT KHENCHELA 2014)

**I-5-2- La population :**

La commune de kenchela à connu un très fort accroissement démographique au cours de ces quatre dernières décennies, sa population à été multipliée par trois. En effet, sa population totale est passée de 117000 en 2002, 119400 habitants en 2004 et à et 123.790 habitants en 2014

(DPAT KHENCHELA).

Tableau n°04 : Densité de la population de la commune de Khenchela

Commune	Surface(Km <sup>2</sup> )	Population	Densité
		Total	(Hab / Km <sup>2</sup> )
<b>KHENCHELA</b>	32	123.790	3.868,4

(DPAT khenchela 2016)

**I-5-3- Cadre bâti :**

▪ Au Nord-Ouest ce sont les constructions de type traditionnel à caractères semi rural qui prédominent et qui se caractérisent par un tissu homogène très serré avec un réseau de voirie peu dense mal hiérarchisé

▪ Au Sud-est et l'est, l'urbanisation s'est faite dans les prolongements du tissus urbain original la forme est régulière les rues sont bien définies (lotissement et activité)

▪ Au Sud, ce sont les extensions récentes, englobant un important programme de lotissement résidentiel et d'habitats collectifs là aussi les rues sont bien définies (lotissement et activités)

(E.E.C ,2003).

**I-6- Qualité de la ressource**

Les sources et les eaux souterraines dans la région d'étude sont traditionnellement les ressources en eau privilégiées pour l'eau potable, car plus à l'abri des pollutions que les eaux de surface. Toutefois, certaines caractéristiques minimales sont exigées pour qu'elles puissent servir à la production d'eau potable qui doit-elle- même satisfaire à des normes de qualité physico-chimique et biologique

La production d'eau potable à partir des eaux naturelles nécessite en général un traitement adapté aux paramètres de qualité à corriger. Dans le cas des eaux souterraines de bonne qualité, une simple étape de traitement est nécessaire, la chloration (javellisation)

Il est bien connu que la chloration a pour objectif l'élimination des germes pathogènes, l'oxydation de la matière organique et quelques éléments minéraux, mais également le maintien d'un résiduel désinfectant capable d'assurer la protection micro biologiques de l'eau pendant son transport dans le réseau de distribution

Le chlore sous forme d'eau de javel (hypochlorite de sodium) ou le chlore gazeux est l'oxydant chimique le plus utilisé dans le monde et en particulier en Algérie. A Khenchela l'hypochlorite de sodium est systématiquement utilisé pour traiter les eaux destinées à l'alimentation en eau potable. Notons que la ville de Khenchela est alimentée en eau de consommation à partir de forages dans la nappe alluviale de Quaternaire des champs captants

Baghai, Remila et bagagga refoulent leurs eaux vers plusieurs réservoirs et dans la nappe des crétales du champ captant de Sakala .

### **I-6-1- Données sur le système d'alimentation en eau potable de la ville**

Actuellement, le réseau de la ville de Khenchela est divisé en 8 grandes zones de distribution, la configuration générale de ce réseau est de type mixte :

- 1- Centre ville
- 2- Route principal de Ain El Beida
- 3- Cité Bouziane
- 4- Cité Hasnaoui
- 5- Cité Bouzid
- 6- Cité Sonatiba
- 8- Cité Boudjlbana

En ce qui concerne l'état actuel du réseau et selon l'enquête qui a été faite par la direction d'hydraulique de la wilaya de Khenchela (DHW), les données indiquent que l'état du réseau d'alimentation en eau potable de la ville est critique vu:

- L'absence de plan d'exécution ou de recollement (implantation du réseau sans une étude technique).
- Nombreux regards de vannes enterrés.
- Passages incertains des canalisations dans certains cas.
- Distribution irrégulière des eaux aux ensembles des secteurs
- L'absence de regards de vannes de sectionnement à certains carrefours.

En ce qui concerne les ouvrages de stockage ou de régulation et d'après les recensements faits par la direction d'hydraulique de la wilaya (D.H.W), il existe 08 réservoirs de stockage fonctionnels :

- Deux réservoirs 2500 m<sup>3</sup> alimentés par les forges et sondes de Sakala
- Deux réservoirs 3000 m<sup>3</sup> alimentés par les forges et sondes de Baghai
- Deux réservoirs 3000 m<sup>3</sup> alimentés par les forges et sondes de Remila
- Deux réservoirs 2000 m<sup>3</sup> alimentés par les forges et sondes de Begaga

Au cours de notre étude, l'ensemble des points de prélèvement d'échantillons d'eau est au niveau de différents sondes et forages des champs captants ainsi qu'à différents points de réservoirs, vers le robinet du consommateur.

### **Conclusion :**

La région de Khenchela est située au nord-est algérien dans la région des Aurès, elle occupe une position géographique entre la chaîne steppique et les hauts plateaux, ce qui lui donne un caractère forestier agro-pastoral et saharien.

D'une façon générale la population de la commune de Khenchela fin 2015 est de 129610 habitants avec une densité de 4050.3 hab/km<sup>2</sup> avec une population active de 145204 individus 131845 (90.80%) alors que le taux de chômage a atteint un taux de 9.20%.

Le secteur de l'agriculture est considéré comme étant la principale activité économique de la wilaya. la superficie agricole utile représente 232.395 has soit 24.10% de la superficie agricole totale de la wilaya.

La région se spécifie par un climat continental, chaud et sec en été froid et pluvieux en hiver. les régions montagneuses sont couvertes de neige en hiver, on a caractérisé cinq sous étage bioclimatique : Semi aride inférieur-Aride supérieur- Aride moyen- Aride inférieur-Plus sec.

**Introduction :**

L'hydrogéologie est la science de l'eau souterraine. C'est une discipline des sciences de la terre qui a pour objectifs l'étude du rôle des matériaux constituant le sous-sol et les structures hydrogéologiques ( aquifères) et , par acquisition de donnée numériques par la prospection ou l'expérimentation sur le terrain , de permettre la planification dans la recherche et l'exploitation des eaux souterraines à usage domestique ou industriel et étudie comment les matériaux géologique ,l'hydrogéologie doit possède de bonnes connaissances en hydraulique. Ils interviennent en effet dans la recherche et l'exploitation du gisement de la nappe aquifère, dans l'étude de la qualité des eaux ainsi que dans leur protection .L'hydrogéologie doit être capable d'estimer la quantité et la qualité de l'eau et prédire son comportement dans les aquifères. **(François Renard 2002).**

L'eau est tout d'abord prélevée dans les ressources superficielles (rivières, lacs) ou souterraines (nappes, sources) puis dirigée vers une usine de traitement. Dans cette usine, l'eau y est décantée, filtrée puis désinfectée pour être transformée en eau potable. Elle est ensuite transportée pour être stockée dans des réservoirs qui alimentent tout un réseau de canalisations au bout duquel se trouve notre robinet. ( **ADE laboratoire – khenchela – 2015**)

Rappelons que l'eau douce ne représente que 3% des ressources en eau mondiales dont l'eau salé constitue 97%. D'autre part l'eau souterraine représente 30% de ces réserves mondiales en eau douce. **(François Renard 2002)**

Dans la wilaya de khenchela qui chevauche sur deux (02) bassins hydrographiques constantinois-syebouse-Mel lègue et Sahara), est caractérisée par un climat variable de semi aride (Nord et centre) à aride sur la partie sud. Les potentialités hydriques de la wilaya sont estimées à environ 380 hm<sup>3</sup>/an, et dont 1/3 seulement est mobilisé, soit 123 hm<sup>3</sup>/an.

Le réseau d'AEP de la ville de khenchela alimente 167 cités sur un linéaire de 349 660 ml

**( ADE khenchela ).**

**II-1- hydrogéologie générale :**

L'étude hydrogéologique repose sur l'identification du système aquifère, sa géométrie, ses limites et son alimentation. L'ensemble du système d'écoulement souterrain est défini par la piézométrie des différentes structures et unités géologiques constituent le système aquifère dont sa lithologie se développe dans des terrains où la nature et la texture sont variables. Il s'agit des formations gréseuses du Néogène et des marnocalcaires du Turonien. Chacune des formations a un caractère hydrogéologique propre ce qui nous amène à les décrire séparément

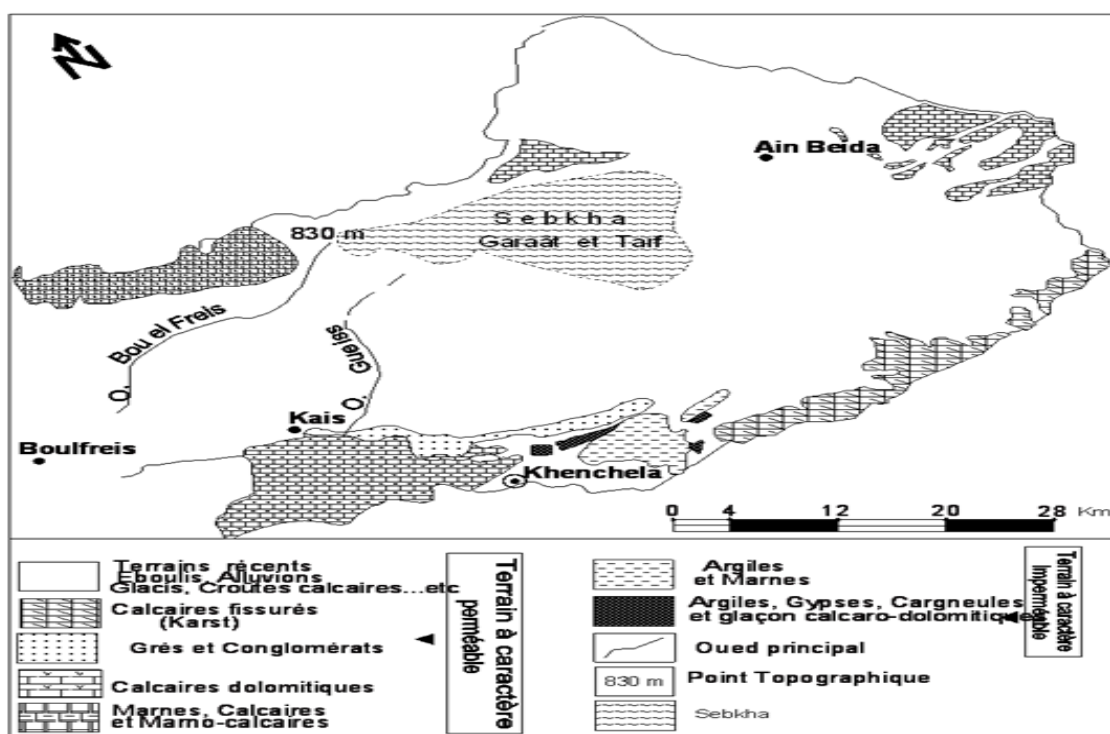
**II-2- . Lithologie des aquifères :**

**II-2-1- Substratum : structure profonde**

Les grandes lignes structurales du substratum anti-quaternaires sont marquées par un passage d'Ouest en Est des calcaires turoniens et cénomaniens aux marnes cénomaniennes. Ce sont ces marnes qui constituent le substratum sous la Garat et Tarf. Le substratum calcaire se trouve limité à la zone Ouest, au voisinage de Djebel Amrane, et à la partie Sud, dans les zones de Boulfreis à Kais.

Au pied du Djebel Fedjoudj, le plongement Sud des calcaires aptiens a pu être suivi jusqu'à des profondeurs d'ordre de 500-600m (Bouaicha,2009)

**Figure 02: Unités hydrogéologiques dans le bassin de Garâat Tarf**



(Houha, 2007)

**II-2-2- Terrains Néogène :**

Les formations miocènes s'allongent le long de la bordure sud du bassin avec une allure synclinale délimitée sous le recouvrement quaternaire.

Il s'agit de grès marin noyés dans une importante épaisseur de marnes gréseuses verdâtre ou gris-bleu et constituent en réalité une roche assez dure et peu perméable.

Cette formation n'est pas suffisante pour qu'une nappe continue puisse s'y développer.

**II-2-3- Le Plio-Quaternaire :**

Les terrains quaternaires sont le lieu de bonnes circulations d'eau, l'épaisseur saturée de cette formation est suffisante. Il est formé de plusieurs niveaux grossiers, sables, graviers, conglomérats bien développés, dans la partie Ouest et centre de la zone d'étude. Ces niveaux grossiers se présentent sous la forme de vastes lentilles parfois sans liaison entre elles, en prolongement du djebel Amrane et du massif miocène de Boulfreis. Il est moins important et moins profond dans la partie Sud-Est du secteur. Il constitue donc la couverture perméable qui permet l'infiltration des eaux météoriques, cet ensemble joue un rôle hydrogéologique important du fait de sa perméabilité en général excellente. C'est dans cette formation du remplissage plio quaternaire que la nappe de Begaga est contenue. **(Chaffai.H, 2009).**

**II-3- Les principaux aquifères :**

Suite à la grande complexité structurale et la diversité lithologique de la zone étudiée, on dénombre, en fonction de leur importance, deux types d'aquifères :

**II-3-1- Les aquifères alluviaux :**

deux types d'alluvions peuvent être distingués : les alluvions anciennes et les alluvions récentes qui reposent sur les premières.

\* Les alluvions anciennes sont constituées de galets, graviers et sables bien roulés ou très émoussés localement captif ou semi captif sous les limons.

\* Les alluvions récentes présentent d'importantes variations de faciès mais sont toujours composées de dépôts fins. **(Houha, 2002)**

Ces aquifères représentent la plus importante ressource régionale en eau souterraine occupant le bassin étudié et tout autour du massif des Aurès

**II-3-2- L'aquifère miocène :**

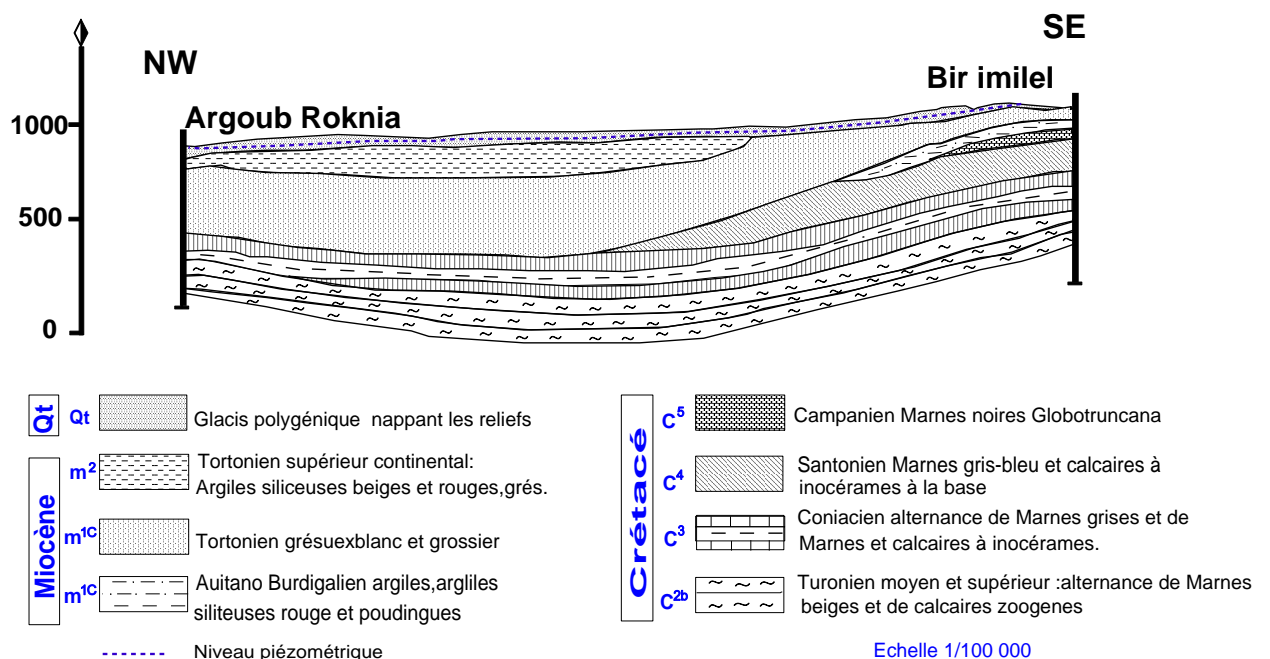
S'allongent le long de la bordure sud du bassin avec une allure synclinale délimitée sous le recouvrement quaternaire, constitue en réalité une roche assez dur et peu perméable. Cette formation n'est pas suffisante pour qu'une nappe continue puisse s'y développer du fait de son extension limité au Nord et se termine en biseau. (Houha, 2002)

**II-4- Présentation et nature des nappes aquifères :**

**II-4-1- La coupe hydrogéologique I :**

La coupe hydrogéologique montre l'aquifère superficielle du Mio-Quaternaire conçu par des Glacis polygénique du Quaternaire et des grés blanc grossiers du Tortonien Supérieur. Ceci est interprété par l'existence d'un aquifère a nappe libre dont le niveau piézométrique est subhorizontal et s'incline vers le Sud-Est (30m au Nord West et 5m au Sud Est).

**Figure 03: Coupe hydrogéologique I**



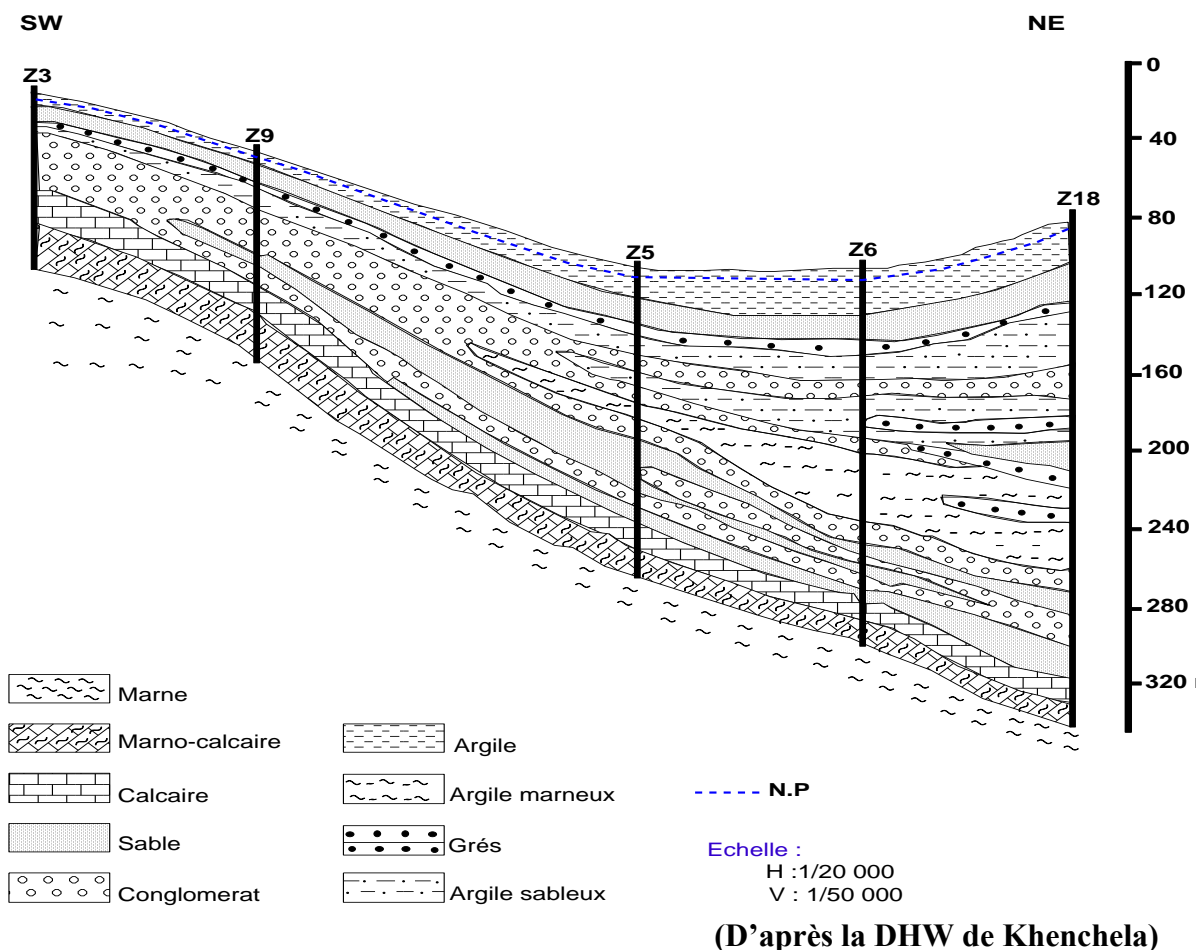
**(D'après Houha2007).**

**II-4-2- La coupe hydrogéologique II :**

La coupe montre deux formations assez importantes, l'une est superficielle à porosité d'interstice et l'autre profonde, à porosité de fissures.

La première est représentée par des sables, des sables marneux, des graviers, des grés et des conglomérats. Cette formation est perméable formant une nappe libre. Au Sud-Ouest, cette formation a une épaisseur relativement faible, elle est d'ordre d'une dizaine de mètres. Au Nord-Est l'épaisseur est beaucoup plus importante. Arrivant à la deuxième formation cette dernière est constituée par des marnes, des calcaires et des marno-calcaires. Son épaisseur au Sud-Ouest est relativement plus importante qu'au Nord-Est.

**Figure 04 : Coupe hydrogéologique II**



**II-5- Nappe phréatique :**

La nappe aquifère est contenue dans le remplissage quaternaire dans des intercalations argilo-sableuse et dans des sable et graviers. C'est un aquifère multicouches séparés par des argiles et des marnes

Les zones d'alimentation se situent, principalement au Sud, à partir du versant Nord du Massif de l'Aurès et à l'Ouest, à partir du Djebel Amrane.

### **II-5-1- Nappes profondes :**

Les nappes profondes sont reconnues par quelques forages qui ont permis de tester les formations Quaternaires récentes. Aucune autre formation antérieure (grès miocène ou calcaires crétacés) n'a été testée dans les limites de la plaine, Les forages captent tous des niveaux grossiers ou des conglomérats dans le remplissage Quaternaire.

### **II-6- Réseaux hydrographiques de la région :**

La région connaît un réseau hydrographique assez dense, avec un régime hydraulique moins permanent. Il est caractérisé par deux principaux drainages:

- Au Nord vers le Chott de Geraet-Tarf : le réseau hydrographique du Nord est moins étendu et influe faiblement dans la vie économique de la région.
- Au Sud vers le Chott Melhrir : le réseau de la partie Sud est composé de trois bassins essentiels:
  - Bassin d'Oued El- Maa.
  - Bassin d'Oued El-Arab
  - Bassin d'Oued Beni Barbar.

La région se caractérise par un réseau hydrographique bien développé, par un certain nombre d'oueds dont les caractéristiques sont différentes à savoir un écoulement permanent et écoulement temporaire parmi les oueds constituant ce réseau, on peut citer les oueds suivants:

#### **II-6-1- Oueds permanents :**

Se sont des oueds caractérisés par un écoulement connaît, dont l'alimentation se fait par la couverture neigeuse et les sources, sans oublier l'alimentation par les eaux des pluies, ainsi que les échanges nappes d'eau souterraine rivières.

- **Oued El-Hamma** : Ce dernier prend naissance à partir du Djebel Ras Serdoun(1700m), il est alimenté par les sources thermales du hammam Salihin, et par des affluents qui fonctionnent principalement à la suite de fortes précipitations, et la couverture neigeuse, tout le potentiel de ce oued va alimenter les chottes environnantes surtout le chott du Garat- Tarf.

- **Oued Baghai:** L'Oued Baghai débute du Djebel Kallel et va se jeter à son tour vers le chott du Gart- Tarf. il est de direction générale sud nord le long de son trajet et reçoit quelques oueds de moindre importance, tel que oued Boughagel.

### II-6-2- Oueds Temporaires :

Ils constituent presque la quasi -totalité du réseau hydrographique, ils sont donc caractérisés par un écoulement temporaire, ils sont secs durant une grande période de l'année et sont soumis en hiver et en automne à des crues irrégulières survenant après de fortes averses. Parmi ces oueds, on cite oued Mouilah, en plus, on distingue d'autres qui sont nombreux, de moindre importance et de direction différente.

D'une façon générale, le réseau hydrographique de la région est assez dense, caractérisé par un régime moins permanent sur tout l'année, les oueds permanentes leurs sources au niveau des montagnes. Le potentiel de ces oueds contribue à l'alimentation des chotts : Garaet el Tarf, et le chott de melghigh.

Tout le potentiel des oueds et des chotts va influencer sur le régime des eaux souterraines à savoir les réserves et la qualité chimique ce qui concerne l'habitat, cette dernière se concentre en groupe assez nombreux elles sont installées là où il y a de l'eau en quantité suffisante pour répondre à leurs besoins.

Les oueds sont essentiellement de type endoréique et se déversent ainsi dans les dépressions de la région : au nord, dans la dépression d'El Tarf.

Compte tenu du climat et du relief de secteur d'étude, les écoulements les plus importants sont enregistrés au niveau d'oued Boulfreiss, et Oued Aimer.

**Tableau 05 :** Principaux oueds de la région d'étude et leurs exutoires

Dénomination	Principaux affluents	Exutoire
Oued Boulefreis	O.Martoum, O.El Melah, O.Taouztennt, O. Meroui	Garet Tarf
Oued Gueis	O. Issouel	
Oued El Hamma	O El Kissan	
Oued Baghai, Oued Aimer	/	

**II-7- Ressources en eau superficielles :**

L'eau de surface est l'eau qui se trouve à la surface ou proche de la surface du sol. Dans une zone donnée, il s'agit pour l'essentiel des cours d'eau, des sources, des océans, des lacs et des eaux de barrage. (ADE khenchela).

**II-8- Ressources en eau souterraines :**

Les eaux souterraines sont toutes les eaux se trouvant sous la surface du sol, dans la zone de saturation et en contact direct avec le sol ou le sous-sol tel que : les puits et les forages. Dans la ville de khenchela ces eaux sont ceux des forages, ils produisent en moyenne 13 270 m<sup>3</sup>/j ; il existe 4 champs captant à savoir : Sekkala, Remila ,Baghai ;Beggaga.

( ADE khenchela )

**II-8-1- champ captant Sekkala :****a-Forages :**

Le champ captant Sekkala est alimenté par quatre forages en services ( SE15 – SEKKALA-KH02- TACHEKRANT ) avec un débit totale de 42 l/s dont 14 l/s est la valeur maximale et 03 l/s de débit minimale et une puissance maximale de 30 Kw du forage de Sekkala.

**Tableau 06 :** Situation des forages qui alimente le champ captant Sekkala.

Forage	Débit l/s	Situation	Hmt(m)	Puiss (kw)
SE15	13	En service	45	11
SEKKALA	14	En service	105	30
KH02	03	En service	128	25
TACHKRANT	12	En service	130	30
Total	42			

**b-Station de pompage du champ captant Sekkala :**

Le champ captant de sekkala possède :

Une seul station de pompage d'un états de fonctionnement moyen ;  $Q=50$  l/s ; une puissance de ( 90-115 ) Kw et une tension de 400 v.

**II-8-2-Champ captant Baghai :****a-Forages :**

Le champ captant Baghai est destiné pour l'alimentation en AEP de la ville de Khenchela, il possède :

- 05 forages avec un débit total de 42 l/s
- 02 deux stations de reprise :  
SRB1 et SRB2 en services d'un état d'avancement mauvais avec un débit de 55 l/s et une puissance de 175 Kw dont la tension est de 400v

**Tableau 07 :** Situation des forages qui alimente le champ captant Baghai.

Forage	Débit l/s	Situation	Hmt(m)	Puissance (kw)
SB2	10	En service	57	13
SB3	09	En service	58	11
SB5	06	En service	65	9,2
SB9	08	En service	61	20
SB10	9	A l'arrêt	59	15
Total	42			

**b-Station de pompage Baghai :****Tableau 08 :** Station de pompage du champ captant Baghai

Nom de la station de pompage	Nombre de GEPH		Débit (L/S)	H.M.T (m)	Puissance (kw)	Puissance Transfo (KVA)	Tension (v)	Etat de fonctionnement
	En service	En réserve						
SRB 01	2	1	55	203	175	630	400	Mauvais (en service)
SRB 02	2	1	55	203	175	630	400	Mauvais (en service)

**II-8-3- Champ captant Beggaga****a-Forage :**

C'est un champ qui est alimenté par quatre forages en service (F2, F3, F9 et F10) avec un débit totale de 62 l/s.

**Tableau 09:** Situation des forages (champ captant Beggaga)

Forage	Débit (l/s)	Situation	Hmt(m)	Puiss (kw)
F1	/	A l'arrêt	/	/
F2	13	En service	19	15
F3	25	En service	67	30
F8	15	A l'arrêt	73	12
F9	5	En service	70	18
F10	10	En service	70	25
Total	68		299	100

**b-Station de pompage Beggaga :**

Le champ captant Beggaga possède :

- 02 deux stations de reprise :

Beggaga 1 :  $Q = 2 \times 65$  l/s ; Hmt = 170m (17bars).

Beggaga 2 :  $Q = 2 \times 65$  l/s ; Hmt=180m (18bars).

**II-8-4- Champ captant Remila****a-Forages :**

**Tableau 10 :** Situation des forages qui alimente le champ captant Remila

Forage	Débit l/s	Situation	Hmt(m)	Puiss (kw)
F3	13	En service	35	25
F4	14	A l'arrêt	61	22
F5	23	En service	30	15
F7	15	En service	64	15
F12	12	En service	/	/
F13	12	En service	/	/
F14	12	A l'arrêt	/	/
Total	101			

**b- Stations de pompage du champ captant REMILA :****Tableau 11 : Station de pompage du champ captant Remila**

Nom de la station de pompage	Nombre de GEPH		Débit (L/S)	H.M.T (m)	Puissance (kw)	Puissance Transfo (KVA)	Tension (v)	Etat de fonctionnement
	En service	En réserve						
SR 01 AEI	1	1	80	124	160	400	400	Bon (à l'arrêt)
SR 02 AEI	1	1	100	250	250	630	400	Bon (à l'arrêt)
SR 03 AEI	1	1	60	80	75	100	400	Bon (à l'arrêt)

Le champ captant Remila est destiné pour l'alimentation en eau potable de la ville de kenchela il possède :

- 05 cinq forages avec un débit total de 75 l/s
- 03 trois stations de pompage et reprise :
  - SR 1 :  $Q = 100$  l/s ; Hmt =140m (14bars).
  - SR 2 :  $Q = 100$  l/s ; Hmt=250m (25).
  - SR 3 :  $Q = 60$  l/s ; Hmt=100m (10bars).

**II-9- Réseau d'adduction :**

L'adduction d'eau regroupe les techniques permettant d'amener l'eau depuis sa source (source, forage, puis...) à travers un réseau de conduites ou d'ouvrages architecturaux (aqueduc) vers les ouvrages de stockage (réservoirs). Il y a deux types d'adduction :

- l'adduction gravitaire, où l'écoulement de l'eau à des pressions importantes est causé par la différence des niveaux hydrauliques : l'altitude de la source est supérieure à l'altitude du point de consommation, et se déplace donc grâce à la force de gravitation d'où son nom.
- l'adduction par refoulement où la pression sur le réseau et l'acheminement de l'eau se fait à l'aide de pompes à l'intérieur de stations de pompage.

Dans le cas de la ville de khenchela les adductions sont tous par refoulement et sont caractérisées par :

- un linéaire de : 120 000 m L
- Type des conduites d'adduction : Fonte-Acier-PEHD-PVC.
- Les diamètres varient entre :  $160\text{mm} \leq \varnothing \leq 500\text{mm}$ .

(ADE khenchela)

## II-10- Ouvrage de stockage et réseau de distribution

### a- Ouvrages de stockage (réservoirs et château d'eau):

L'objectif principal des ouvrages de stockage de l'eau potable est de conserver l'eau potable et maintenir sa qualité, de façon à ce qu'aucune détérioration de cette dernière ne puisse se produire.

### b- Equipement d'un réservoir :

Un réservoir unique ou compartimenté doit être équipé :

- D'une conduite d'arrivée ou d'alimentation.
- D'une conduite de départ ou de distribution.
- D'une conduite de vidange.
- D'une conduite de trop-plein.
- Du system de matérialisation de la consigne d'incendie.
- Conduite by-pass dans certains cas.
- Toutes ces conduites doivent normalement aboutir dans une chambre de manœuvre.

**Tableau 12.:** Etat actuel des ouvrages de stockage

Nom du Réservoir	Capacité (m <sup>3</sup> )	Type de Réservoir	Cotes Réservoir	Etat Génie civil		
				Bon	moyen	mauvais
Khenchela	2000	Semi Enterré	1162 m		X	
	1000	Semi Enterré	1158,61 m		X	
	2x500	Rectangulaire	1159,70 m			x
	300	Surélève			X	
	2x2500	Semi Enterré	1221,72 m		X	
	2x3000	Semi Enterré	1182 m	X		

**II-11- Réseau de distribution :**

Le réseau d'AEP de la ville de Khenchela alimente 167 cités sur un linéaire de 349 660 ml constitué principalement de PVC.

La mission de distribution consiste à acheminer l'eau potable pour la mettre à disposition des abonnés de toute nature.

Le réseau de distribution de la ville de Khenchela connaît des déperditions importantes ; ils sont provoqués essentiellement par la vétusté du réseau ; la corrosion (agressivité des soles), picages illicites des citoyens et les fuites causées par les entreprises durant les aménagements urbains de la ville d'autre part le sous dimensionnement des réseaux de distribution ainsi que les mal façons lors des réalisations (pose et choix des matériaux).

**Tableau 13** : fréquence de distribution en eau

Commune	Population desservie	Distribution actuelle (m <sup>3</sup> /j)	Dotation (l/j/hab)	Fréquence de distribution				
				H24 (%)	Quotidien (%)		1 Jour/2 (%)	
					Plage Horaire		Plage Horaire	
Khenchela	120 710	20 245	168	5%	70%	7h	25%	7h

**Conclusion :**

Le prix de l'eau correspond à l'ensemble des opérations qui concernent : la production de l'eau potable distribution.

La qualité de l'eau destinée aux usagers est en générale satisfaisante, et cette grâce:

- Au traitement régulier au niveau des ouvrages de stockage.
- À l'installation des pompes doseuses.
- Au contrôle permanent au niveau du laboratoire de l'unité (prélèvements et analyses).

La climatologie constitue un facteur important pour la connaissance du devenir des précipitations. Elle repose sur l'interprétation des paramètres climatiques relevés sur plusieurs décennies permettant ainsi d'estimer les différentes composantes du bilan hydrique, ce dernier est nécessaire pour comprendre le fonctionnement d'un système hydraulique de surface, impliquant la connaissance des paramètres suivants : (les précipitations, la température, l'évapotranspiration, l'infiltration et le ruissellement), qui conditionnent ce bilan.

La connaissance des caractéristiques climatique de la région étudiée est indispensable aussi pour évaluer l'alimentation des réserves souterraines que pour leur renouvellement.

L'étude de ces paramètres est basée sur les données d'une décennie, 2005-2014, mesurés à la station pluviométrique d'El Hamma.

### III-1- Analyse des données climatiques

En raison de l'absence de station météorologiques dans la zone d'étude, on a choisi la station la plus proche du site celle d'ElHamma (Tableau n°12)

**Tableau 14** : La station climatique de ElHamma –Khenchela.

Dénomination	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Période d'observation
ElHamma	35°-28°N	07°-05°E	987.40	2005-2015

(SMH 2005-2015)

### III-2- Climat de la région khenchela :

#### III-2-1- La température :

Le paramètre de la température est indispensable à la climatologie, vu qu'il rend compte de son apport d'énergie à la végétation, de son pouvoir évaporateur qu'il exerce sur les surfaces mouillées, et enfin, qu'il est à l'origine du bon fonctionnement du cycle de l'eau. La température est l'un des éléments important pour la caractérisation du climat

(Ramade, 1984).

En effet la température joue un rôle important dans la répartition des êtres vivants, leurs aires de répartition sont souvent déterminées par ce paramètre qu'est considéré comme facteur limitant

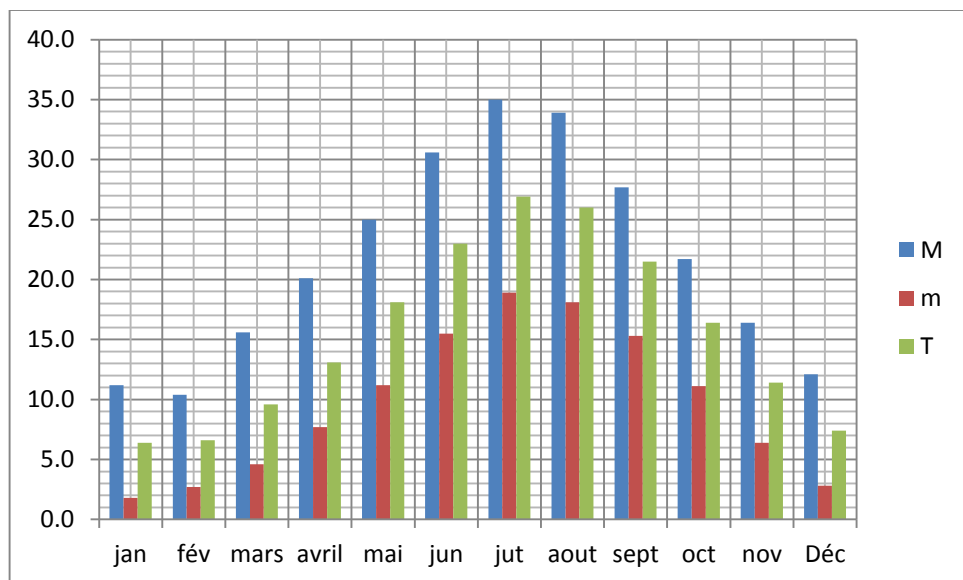
(Dajoz, 1985).

Les températures collectées durant la période allant de 2005 à 2015 sont présentées dans le tableau suivant

**Tableau15** : Les températures moyennes mensuelles

mois	jan	Fév	Mar	Avri	Mai	juin	juill	Aou	Sep	Oct	nov	Déc.
M	11.2	10.4	15.6	20.1	25	30.6	35	33.9	27.7	21.7	16.4	2.8
m	1.8	2.7	4.6	7.7	11.2	15.5	18.9	18.1	15.3	11.1	6.4	2.8
T	6.4	6.6	9.6	13.1	18.1	23	26.9	26	21.5	16.4	11.4	7.4

(SMH 2005-2015)

**Figure 05** : Variation des températures moyennes mensuelles à la station de Khenchela (2005/2015)

L'examen des valeurs du tableau n°13 montre que le mois le plus froid est Janvier avec 6.4°C, tandis que le mois le plus chaud est Juillet avec 26.9°C, traduisant une variabilité spatiale des valeurs notamment que la région est exposée au conflit des courants, chaud et sec du Sahara au sud et froid et humide de la méditerranée au nord.

### III-2-2- Les précipitations :

Les précipitations constituent un facteur écologique d'importance fondamentale dans l'alternance de la saison sèche, qui joue un rôle régulateur des activités biologiques .

(Ramade, 1984)

Nous englobons, sous le terme de précipitation toutes les eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre, les gouttes qui constituent la pluviométrie, grossissent dans certaines conditions et acquièrent un poids ne pouvant rester en suspension dans l'air, elles tombent sous forme de pluies.

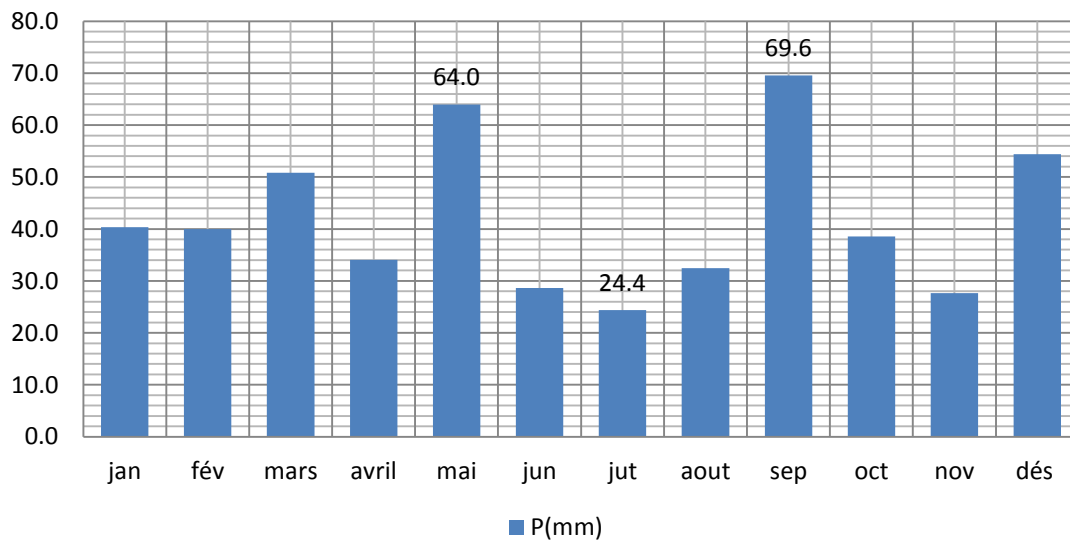
La répartition des moyennes mensuelles des précipitations de la période de (2005-2015) sont présentées dans le tableau n°14

**Tableau16:** les précipitations moyennes mensuelles de la wilaya de Khenchela (2005-2015)

mois	jan	fév.	mars	avril	mai	juin	juillet	aout	Sep	oct.	nov.	déc.
Moyenne Mensuelle P(mm)	40.4	40	50.8	34.0	64.0	28.6	24.4	32.4	69.6	38.6	27.6	54.4

(SMH,2005- 2015)

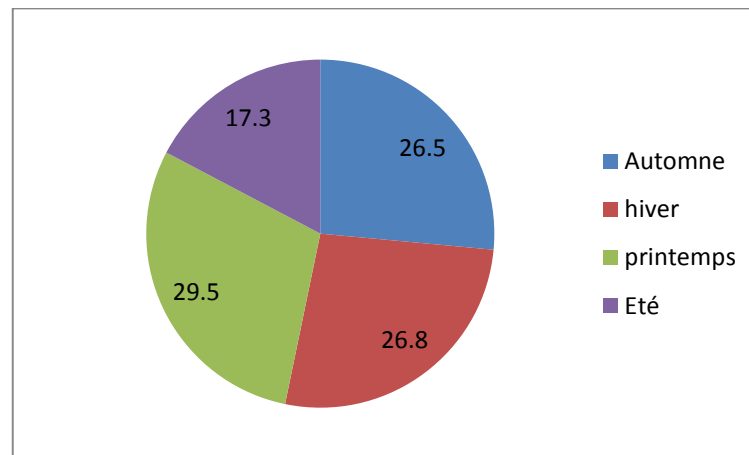
**Figure 06:** les précipitations moyennes mensuelles de la wilaya de Khenchela (2005-2015)



**Tableau 17:** Les précipitations saisonnières de la wilaya de Khenchela (2005-2015)

Saison	automne	Hiver	printemps	Eté
p(%)	26.5	26.8	29.5	17.3

(SMH2005-2015)

**Figure 07** : Les précipitations saisonnières de la wilaya de Khenchela (2005-2015)

Khenchela connaît une grande concentration des précipitations au cours des périodes printanières (Mars, Avril et Mai) et le mois de septembre.

Le mois le moins arrosé coïncide généralement avec le mois de juillet avec un été sec

### III-2-3- Relation précipitation- température :

D'après la courbe Ombro-thermique, on peut distinguer la période humide et la période sèche.

Selon Gausson une période sèche est une période pendant laquelle les précipitations totales inférieures ou égales au double de la température :  $P \leq 2T \rightarrow$  période sèche.

Une période humide est une période pendant laquelle les précipitations totales égales au double des températures :  $P=2T$

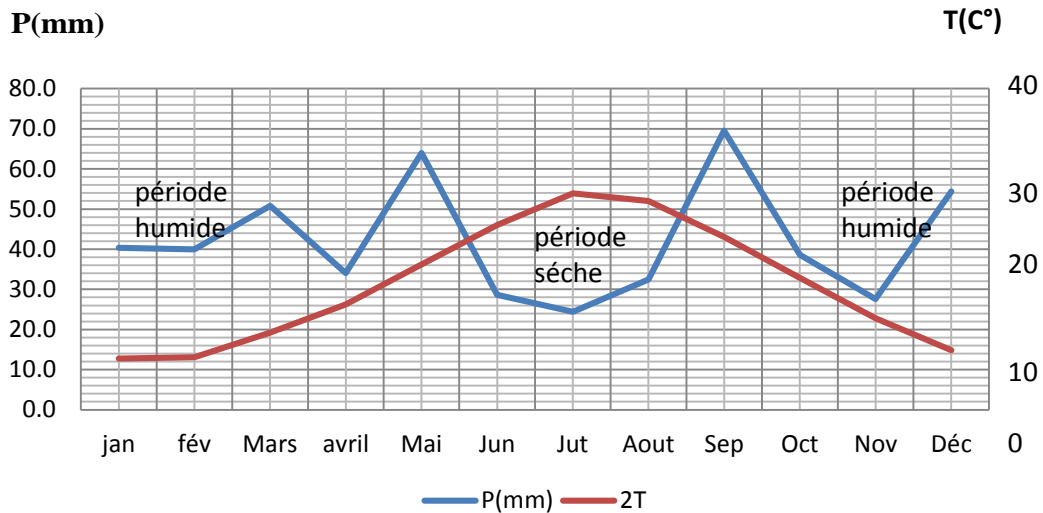
Avec ; P : précipitations moyenne mensuelle en mm

T : température moyenne mensuelle en °C.

**Tableau 08** :la relation entre précipitations-températures khenchela (2005-2015 )

Mois	Jan	fev	mars	Avr	mai	Jui	juil	Aou	sep	oct	Nov	dec
P (mm)	40.4	40	50.8	34.0	64.0	28.6	24.4	32.4	69.6	38.6	27.6	54.4
T(C°)	6.4	6.6	9.6	13.1	18.1	23.0	26.9	26.0	21.5	16.4	11.4	7.4
P=2t	12.8	13.1	19.2	26.2	36.2	46.0	53.9	52.0	34.0	32.8	22.8	14.9

(SMH 2005-2015)



**Figure 09:** Diagramme ombrothermique

L'analyse du diagramme nous permet de distinguer :

Pour la wilaya de Khenchela, nous constatons un allongement de la période sèche qui s'étale de Mai jusqu'à Aout, elle coïncide avec la période la plus chaude (été), et une période humide plus longue qui commence d'octobre et se prolonge jusqu'à le mois de Mai Elle est caractérisée par un hiver froid où la température minimum du mois le plus froid est de 1.8° C en janvier.

### III-2-4-Quotient pluviométrique d'Emberger :

La formule du quotient d'Emberger (Emberger, 1955) s'exprime comme suit :

$$Q = \frac{P}{2(M+m)/2 * (M+m)} \times 100$$

Ce quotient a été simplifié par STEWART en 1969 :  $Q_2 = 3.43 \times P/(M-m)$

**P** : pluviométrie en (mm)

**M** : moyenne des maximums du mois le plus chaud

**m** : moyenne des minimums du mois le plus froid

$(M+m) / 2$  : Température moyenne

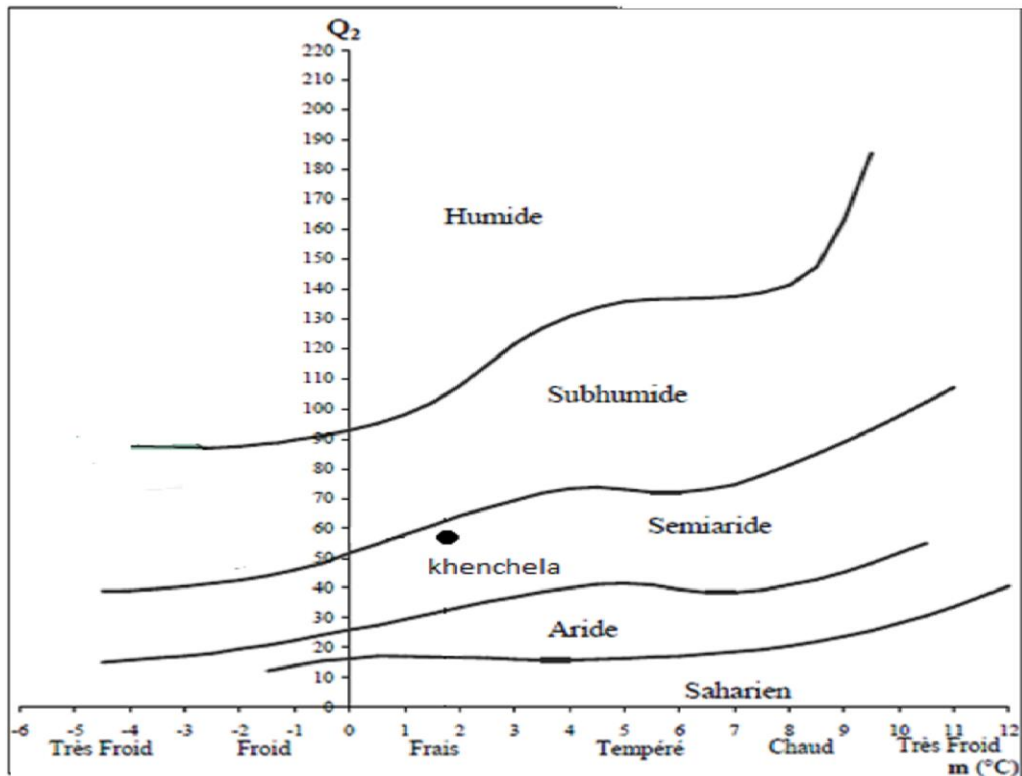
**P= 504.8 mm**

**M= 35° C**

**m = 1.8° C**  $\Rightarrow$  Donc : **Q2 =50.78**

Avec un  $Q_2 = 50.78$  la wilaya de Khenchela se trouve selon le Climagramme pluviométrique d'Emberger (figure n° 15) dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver frais

**Figure 10 :** Projection de la wilaya de khenchela dans le climagramme d'EMBERGER.(2005-2015)



#### III-4- .L'indice d'aridité De Martonne :

En 1926 ,Emmanuelle Martonne élabore un système de classification des climats en utilisant une méthode statistique. Il utilise un indice regroupant des données hydrométrique et thermiques. Cette méthode statistique est caractérisée par la formule suivante :

$$IM = P / (T + 10)$$

Avec : **IM** : indice d'aridité annuelle P : précipitation moyennes annuelle (mm) T : température moyenne annuelle (°C).

**Pour**  $20 < IM < 30$  : climat tempéré.

$10 < IM < 20$  : climat semi-aride.

$7.5 < IM < 10$  : climat steppique.

$05 < IM < 7.5$  : climat désertique

$IM < 5$  : climat hyperaride.

L'application de cette formule, donne les résultats récapitulés dans le tableau 17

**Tableau 19:** les valeurs de l'indice d'aridités de la wailaya de kenchela

Station	P(mm)	t(°C)	<b>IM</b>
Kenchela	504.8	15.55	19.75

(SMH 2005-2015)

Selon les valeurs obtenues, nous pouvons affirmer que le climat de Kenchela est de type semi-aride ( $IM=19.75$ )

### III-5- L'Evaporation :

La région d'étude est à cheval entre deux zones climatiques, pour comprendre les mécanismes d'évaporation, nous avons utilisé les données enregistrées aux stations de Kenchela .(2005-2015)

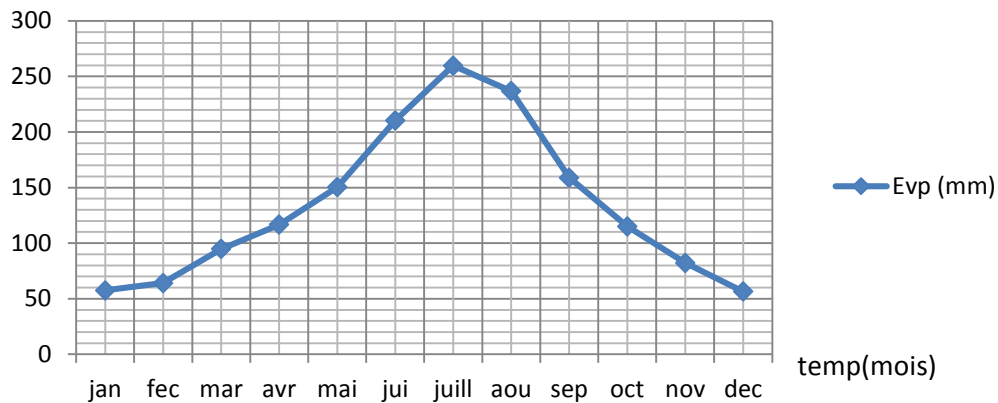
**Tableau 20 :** Valeurs de l'Evaporation mensuelle

Mois	Jan	fév	mars	Avr	mai	juin	juill	aou	sep	act	nov	Dec	Tota
Kenchela	54.491	64.115	94.8	116.59	150.43	210.3	259.67	236.77	158.95	115.15	82.27	56.5	1813.5

(SMH 2005-2015).

L'évaporation dans la région d'étude est très importante, elle s'accroît particulièrement quand le sirocco souffle. La figure. 25 indique, une forte évaporation en été, celle-ci provoque un besoin en eau maximum s'étalant du mois de mai jusqu'au mois de juillet. La période s'étalant du mois de novembre jusqu'au mois de février correspond à un demande minimum en eau et correspond à la période de précipitations. Un pic d'évaporation, est enregistré au mois de juillet avec 259.67 mm à Kenchela,

La faible évaporation est enregistrée au mois de Janvier, elle est de 54.491 mm De ce fait pour compenser ce besoin en eau, il sera nécessaire d'apporter de l'eau pendant la période estivale, ce qui explique l'irrigation intense dans cette zone au cours de cette période. Le taux d'évaporation, est plus élevé à Kenchela

**Figure 11:** Variation de l'évaporation moyenne mensuelle de khenchela

(SMH :2005-2015)

**III-6- L'Evapotranspiration :**

Par définition, le terme évapotranspiration désigne la quantité d'eau rejetée dans l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau par évaporation directe à partir du sol et par transpiration des organes aériens des plantes (Jacques Baudry et Agnès Jouin.2003).

**III-6-1- Estimation de l'Evapotranspiration potentielle (ETP) :**

Actuellement plusieurs formules sont proposées pour estimer l'évapotranspiration potentielle. Ces formules se basent pour leurs estimations en grande partie sur les données climatiques. Les éléments climatiques les plus utilisés pour le calcul de l'ETP sont les températures maximale et minimale de l'air, les humidités relatives maximale et minimale, la radiation solaire globale et la vitesse du vent; et d'autre part, le calcul de certains paramètres dont en particulier les pressions de vapeur saturante et actuelle et la chaleur latente de vaporisation. Les formules les plus utilisées et retenues pour calculer l'ETP et l'ETR de la région d'étude, sont celle de Thornthwaite, de Turc, de Coutagne et de Penman

(Laborde, 2003).

**III-6-1-1- Estimation de l'ETP par la formule de Thornthwaite, 1954 :**

Selon Penman (1956), l'évapotranspiration potentielle est définie comme: l'évaporation à partir d'une surface de gazon court, poussant activement, recouvrant totalement le sol de hauteur uniforme et bien pourvue en eau. C'est-à-dire que l'ETP est l'évapotranspiration maximale d'un couvert végétal. A partir des expériences réalisées sur des lysimètres, Thornthwaite (1954) considère que pour des étendues de surface assez vastes et des pas de temps assez longs, le facteur le plus prépondérant pour l'ETP est la température. La formule qu'il propose s'écrit:

$$ETP=16[10T/I]^a K \text{ (mm)}$$

Avec :

**I** : indice thermique annuel:  $I= \sum I$

**i** : indice thermique mensuel :  $i = (T/ 5)^{1.514}$

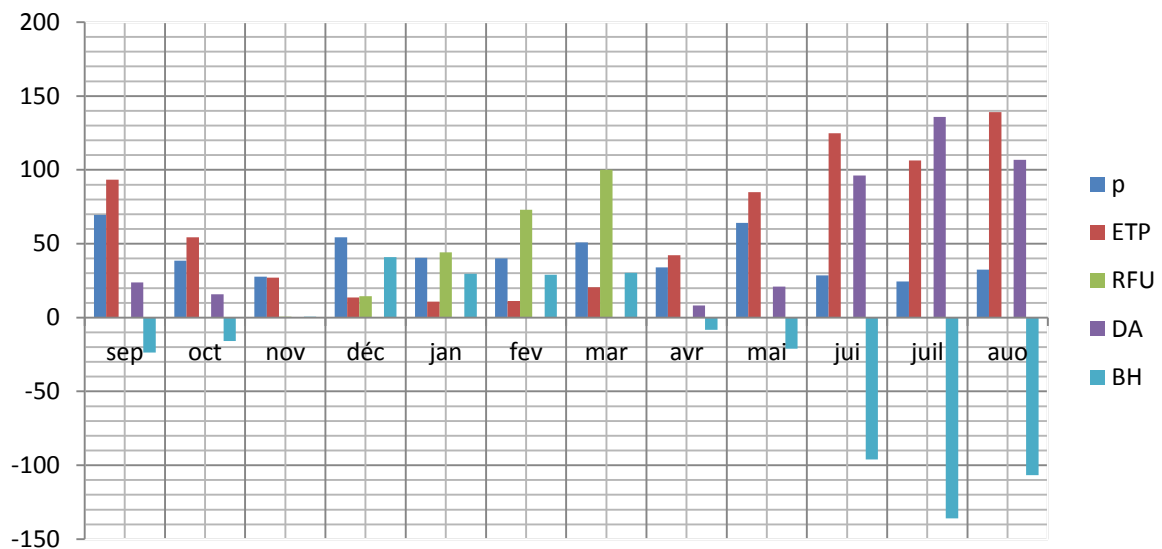
**T** : température moyenne mensuelle en (°C).

**a** : coefficient, tel que  $a = 0.016.I + 0.5$ .

**Tableau 21** : Bilan hydrologique calculé à partir de la formule de Thornthwaite (2005-2015)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jull	Aou	total
P(mm)	69.6	38.6	27.6	54.4	40.4	40	50.8	34.0	64.0	28.6	24.4	32.4	<b>504.8</b>
T° C	21.5	16.4	11.4	7.4	6.4	6.6	9.6	13.1	18.1	23.0	26.9	26.0	
I(mm)	9.0	6.0	3.4	1.8	1.4	1.5	2.6	4.2	6.9	10.0	12.6	12.0	<b>71.4</b>
K	1.0	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1.0	1.2	1.2	1.2	1.1	
ETP (mm)	93.3	54.4	27.0	13.5	10.7	11.2	20.5	42.2	85.0	124.7	160.3	139.1	<b>782</b>
ETR(m m)	69.6	38.6	27.0	13.5	10.7	11.2	20.5	34.0	64.0	28.6	24.4	32.4	<b>375.5</b>
RFU (mm)	0	0	0.5	14.4	44.1	72.9	100	0	0	0	0	0	
DA (mm)	23.7	15.8	0	0	0	0	0	8.2	21.0	96.1	135.9	106.7	<b>407.4</b>
BH	-23.7	-15.8	0.5	40.9	29.7	29	30.3	-8.2	-21	-96.1	-135.9	-106.7	

(SMH 2005-2015)

**Figure 12:** Représentation graphique du bilan hydrologique de khechela

(SMH 2015)

**Interprétation du bilan hydrologique de Thornthwaite:**

Les résultats obtenus (fig. 27 et tableau 19), montrent que le bilan est totalement déficitaire au niveau de la région de la ville de khenchela à cause des précipitations et de l'importance de l'évapotranspiration. Les précipitations annuelles, sont de l'ordre de 504.8 mm/an. Nous constatons que durant toute l'année, exceptée le mois de Janvier, les ETP sont supérieures aux précipitations. Le déficit agricole annuel (DA) est de l'ordre de 407.4mm.

**III-6-1-2- L'évapotranspiration réelle (ETR)**

C'est la quantité d'eau évaporée par le sol et la végétation, elle tient compte de la lame d'eau de la surface évaporante. Celle-ci est inférieure ou égale à l'ETP qui correspond à une restitution hydrique maximale à l'atmosphère.

Ce paramètre est calculé par plusieurs méthodes, parmi lesquelles nous pouvons citer :

**a-Méthode de Turc :**

Elle est valable pour tous types du climat, elle en fonction de la précipitation et de la température.  $ETR = P / [0.9 + (P^2 / L^2)]^{1/2}$

Où :

ETR : l'évapotranspiration réelle en (mm) ;

P : la précipitation annuelle en (mm) ;

L : un paramètre calculé en fonction de la température selon la formule :

$$L=300+25T+0.05T^3$$

T : température moyenne annuelle en C°.

$$P=504\text{mm}, T=15.55\text{C}^\circ, L=874.94$$

On a donc un ETR de 458.18mm,

#### **b-Méthode de Thornthwaite :**

Pour établir le bilan hydrique, il faut d'abord calculer la RFU qui est la réserve facilement utilisable. Cette RFU est nécessaire pour le bon fonctionnement physiologique des plantes.

Nous admettons une RFU saturée à 100 mm d'eau comme préconisé par Thornthwaite :

$$\text{RFU} = 100 \text{ mm}$$

A partir des données des pluies mensuelles et l'ETP, calculés par la formule de Thornthwaite, plusieurs cas peuvent être envisagés :

- Si :  $P > \text{ETP} \Leftrightarrow \text{ETR} = \text{ETP} \Leftrightarrow \text{RFU} = (P - \text{ETR}) + \text{RFU}$  du mois précédent, il y'aura de l'excédent de l'eau ( $\text{EX} = P - \text{ETR}$ ) ;
- Si :  $P = \text{ETP}$  les précipitations sont suffisantes pour alimenter le sol mais il n'y aura pas de surplus pour alimenter la RFU ( $\text{RFU} = 0$ ) ;
- Si :  $P < \text{ETP} \Leftrightarrow \text{ETR} = P$  il y aura épuisement des réserves, dans ce cas, on aura un déficit du bilan ( $\text{DA} = \text{ETP} - \text{ETR}$ ).

Si on examine l'évolution de l'ETP à l'échelle mensuelle, on constate l'existence de deux saisons bien distincte : l'une pendant laquelle les précipitations sont supérieures à l'ETP (Novembre-Avril) et la seconde, on a l'inverse (Mai-Octobre).

Pendant la saison froide, le bilan hydrique est positif où les précipitations couvrent les besoins de l'ETP et permettent la formation d'une réserve facilement utilisable RFU.

L'ETR est égale à 502mm. (tableau19).

**Conclusion**

Le climat de Khenchela est de type semi-aride avec un hiver froid et un été chaud et sec.

La pluviométrie interannuelle moyenne est de 504.8 mm, et mensuelle moyenne est de 466 mm, la température moyenne de l'aire est de 15.53°C, l'évapotranspiration (ETP) calculée selon la méthode de Thornthwaite est de 782 mm, l'ETR est de 375.5 mm et un déficit agricole de 407.4 mm.

#### IV - Matériels et Méthodes

Toute étude hydrogéologique doit être complétée par une étude chimique qui permet de connaître :

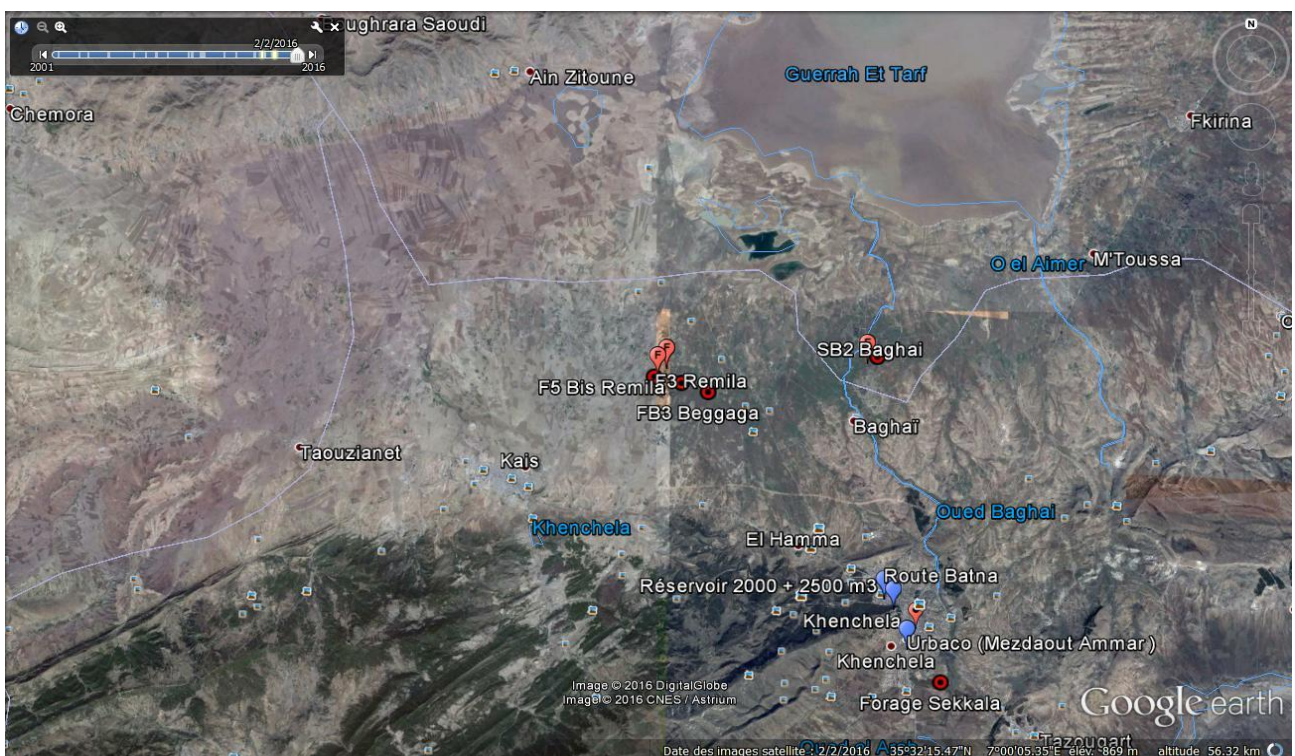
- l'origine des eaux souterraines, ainsi que leur potabilité et leurs degrés de pollution.
- les critères physico-chimiques de la qualité des eaux superficiels pour l'irrigation ainsi que d'établir la relation géologie- chimie.

L'interprétation des analyses a pour but de déterminer le faciès chimique, d'effectuer des comparaisons et des classifications ioniques afin de mettre en évidence les différents éléments pouvant jouer un rôle primordial dans leur répartition et par conséquent d'établir la genèse et l'origine des éléments chimiques.

#### Prélèvements

L'échantillonnage a été effectué sur 05 cinq forages, 02 deux réservoirs et deux échantillons de l'eau de robinet dans la région d'étude. Les analyses physico chimiques ont été effectuées au laboratoire de Khenchela ADE (Algérienne Des Eaux) .

**Figure 13 :** Cartes des points de prélèvements



**IV-1-1- Considérations générales sur l'échantillonnage**

L'échantillonnage des eaux dépend du but envisagé et constitue une étape primordialement qu'on doit mener avec une grande précaution pour aboutir à des échantillons représentatifs et des analyses fiables.

Le prélèvement des eaux est une opération délicate et destinée aux analyses physico-chimiques pour caractériser la composition chimique des eaux, leur fonctionnement et leur faciès chimique.

Pour aboutir aux résultats souhaités, nous avons tout d'abord effectué une visite de reconnaissance des points d'eau dans la zone concernée ensuite nous avons effectué une campagne d'échantillons.

**IV -1-2-Les étapes de l'échantillonnage****a. Préparation du matériel**

Les échantillons d'eau destinées aux analyses physico-chimiques sont prélevées dans des flacons en polyéthylènes (plastic) stériles et bien rincées avec l'eau à échantillonnée.

Comme règle générale, le matériel de terrain consiste en une série de bouteilles d'échantillonnage, une glacière, un échantillonneur (lorsque l'accessibilité au site et/ou la profondeur du cours d'eau l'exige) et des instruments de mesure, tels qu'un multi paramètre, thermomètre, un oxymètre et un pH-mètre.

Le volume des flacons à utiliser ainsi que le volume d'eau à prélever dépendent des paramètres qui doivent être analysés.

**b. Calibrage des appareils**

Lorsque des instruments de mesure sont utilisés sur le terrain, leur calibrage est une étape essentielle à l'obtention de données exactes et précises. Les appareils les plus communément utilisés sont Le multi paramètre, le thermomètre, l'oxymètre et le pH-mètre qui doivent être calibrés avant chaque sortie sur le terrain.

**c. Prélèvement des échantillons**

Le prélèvement des échantillons d'eau peut s'effectuer de plusieurs façons, selon la taille du cours d'eau et l'accessibilité au site et la température de site.

L'intégrité des échantillons envoyés au laboratoire détermine en grande partie des caractéristiques des résultats d'analyse. Des précautions doivent donc être prises pour protéger les échantillons de toute contamination ou altération.

**d. Conservation des échantillons**

Le processus de conservation permet de préserver l'intégrité des échantillons prélevés entre le moment de l'échantillonnage et celui de l'analyse en laboratoire. Cette étape est nécessaire puisque plusieurs paramètres peuvent subir des modifications physiques ou des réactions chimiques dans le récipient, ce qui altère la qualité originale de l'échantillon. Afin d'obtenir des analyses fiables. Il est recommandé de conserver les échantillons à l'obscurité et à une température de 4°C dans une glacière.

**IV -1-3- Mesures In Situ :****IV -1-3-1- Paramètres Physiques**

Pour aboutir aux résultats souhaités, nous avons tout d'abord effectué une visite de reconnaissance des points d'eau dans la zone concernée ensuite nous avons effectué une campagne d'échantillonnage.

Quatre éléments ont été mesurés, la température de l'eau, le pH, la conductivité électrique, et la turbidité. On a utilisé un multiparamètre pour réaliser ces mesures.

**a- Mesure de la température**

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels, etc.

Elle se fait au moyen d'un multiparamètre, un appareil de mesure fournissant des valeurs de température en °C.

La température de l'eau est influencée par la température de l'air, elle joue un rôle primordial dans la solubilité des sels et des gaz, donc sur la conductibilité. Elle permet de différencier entre les eaux qui circulent en profondeur et celles qui circulent près de la surface, c'est l'un des facteurs qui influe sur la vitesse des réactions chimiques, On remarque que les températures élevées témoignent d'une origine profonde des ces eaux.

**b- Mesure du pH**

Le potentiel hydrogène mesure l'activité des ions  $H^+$  dans une eau, plus simplement, il mesure l'acidité ou l'alcalinité d'une solution.

Le pH de toutes les eaux est voisin de la neutralité et varie de 6,8 à 7,20, avec un caractère plus ou moins alcalin. Ces valeurs témoignent des variations de la  $CO_2$ , dissous dans l'eau et aussi de la diffusion du gaz carbonique atmosphérique

**c- Mesure de la conductivité électrique**

Comme pour la mesure de pH, le conductimètre nécessite un étalonnage régulier. L'incertitude de la mesure est bien évidemment fonction de la minéralisation de l'échantillon. Elle est classiquement fixée à  $\pm 5\%$ .

La corrélation entre C.E. et différence de potentiel n'étant pas exactement linéaire, seuls deux étalons peuvent être employés pour l'étalonnage. Une mesure sortant de la gamme étalon impose à l'utilisateur un réétalonnage de l'appareil dans une gamme mieux adaptée. Cette démarche a été appliquée sur le terrain.

**IV -1-3-2- Mesures au laboratoire:**

Pour conduire cette étude, nous avons collecté des données d'analyses chimiques des eaux de 05 forages implantés dans les zones éparses entourantes la ville et 04 points d'eau de robinet de localités différentes de la ville de Khenchela . Les analyses chimique d'eau ont porté sur les éléments chimiques dits majeurs correspondent aux anions et cations qui constituent de façon prépondérante la minéralisation des eaux. Les analyses chimiques ont été réalisées dans le laboratoire d'état public d'Algérienne Des Eaux (ADE)

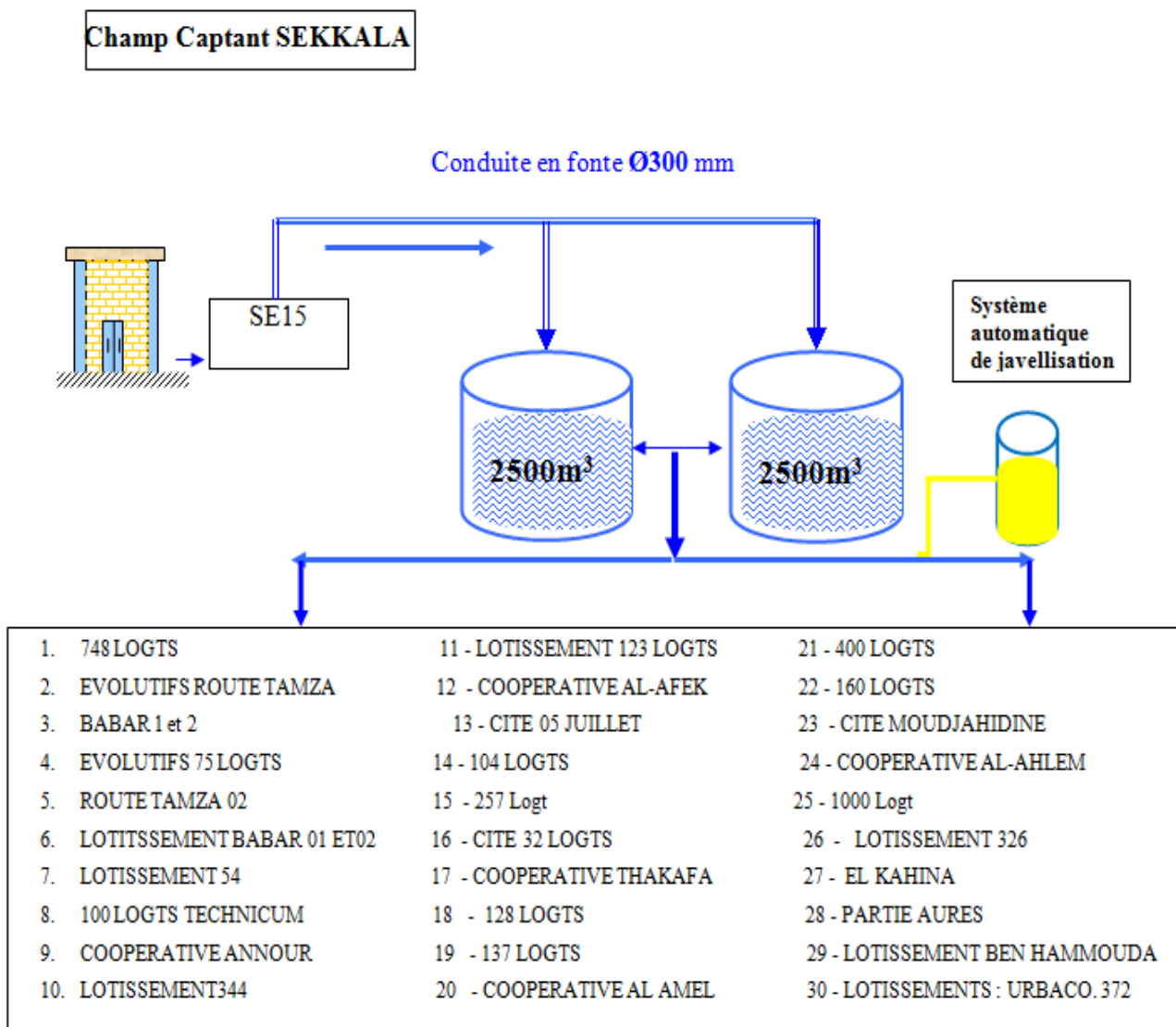
**IV-1-4- La source d'alimentation en eau de chaque secteur :**

**a-Champ captant Sekkala :**

C'est un champ qui alimente de trente (30) quartier a partir d'une station de pompage SE15 qui conduit le courant d'eau vers deux réservoir de 2500 m<sup>3</sup> où le système automatique de javellisation a eu lieu pour traiter ces eaux avant les distribués aux consommateurs .

( ADE khenchela 2016).

**Figure 14 :** Schémas synoptique de l'alimentation en eau par le champ captant SEKKALA

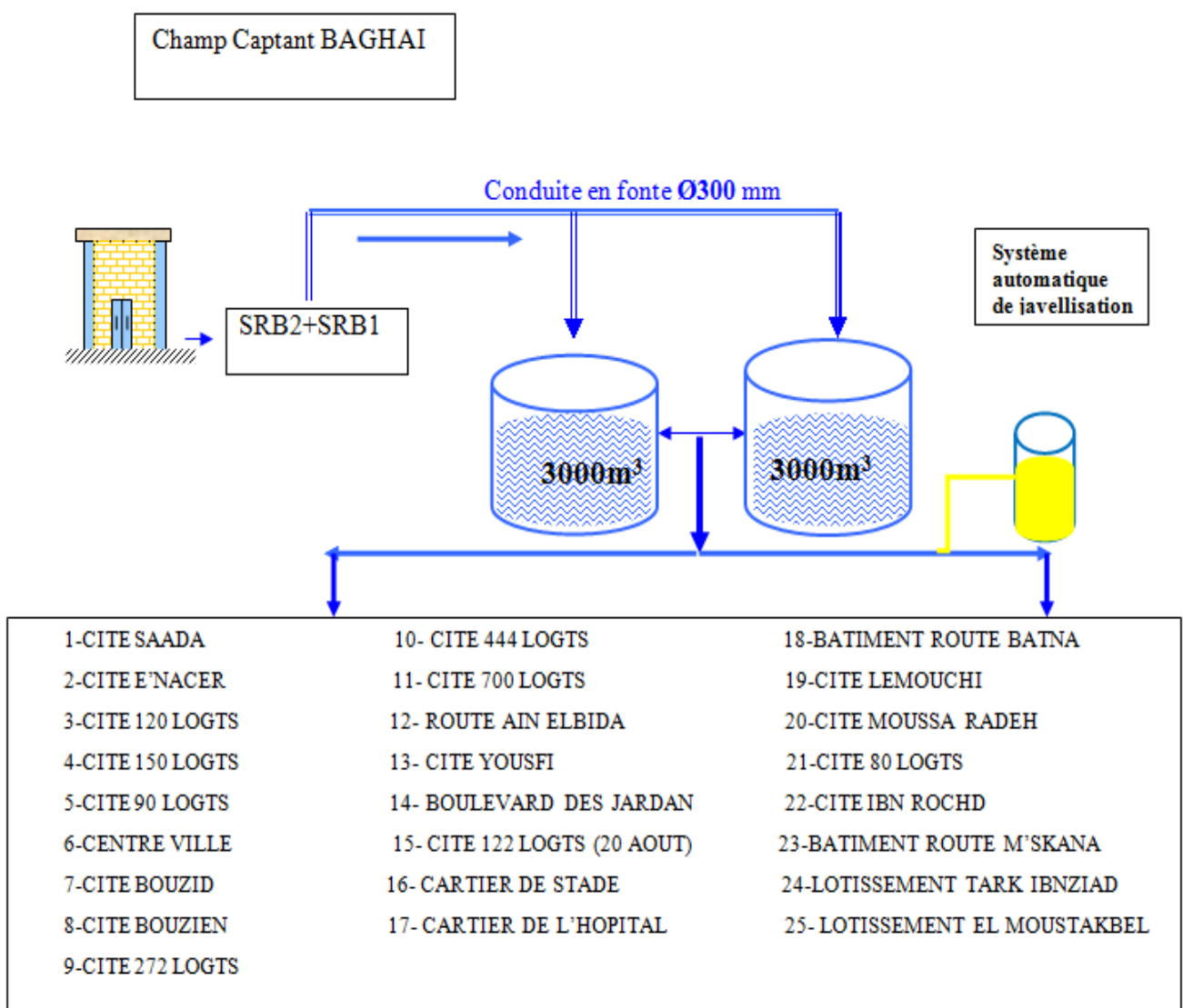


**b-Champ captant Baghai :**

Le champ captant Baghai est destiné pour l'alimentation en eau potable de vingt cinq (25) quartier de la ville de kenchela après qu'ils sont traiter par un système automatique de javellisation Cet eau est acheminer a partir de deux stations de reprise SRB1 et SRB2 avec une conduite en fonte de 300 mm de diamètre qui conduit de l'eau vers deux réservoirs de 3000 m3 de capacité. **(ADE kenchela 2016)**

**Figure 15 :** Schéma synoptique de l'alimentation en eau par le champ captant BAGHAI

(ADE Kenchela 2016 )

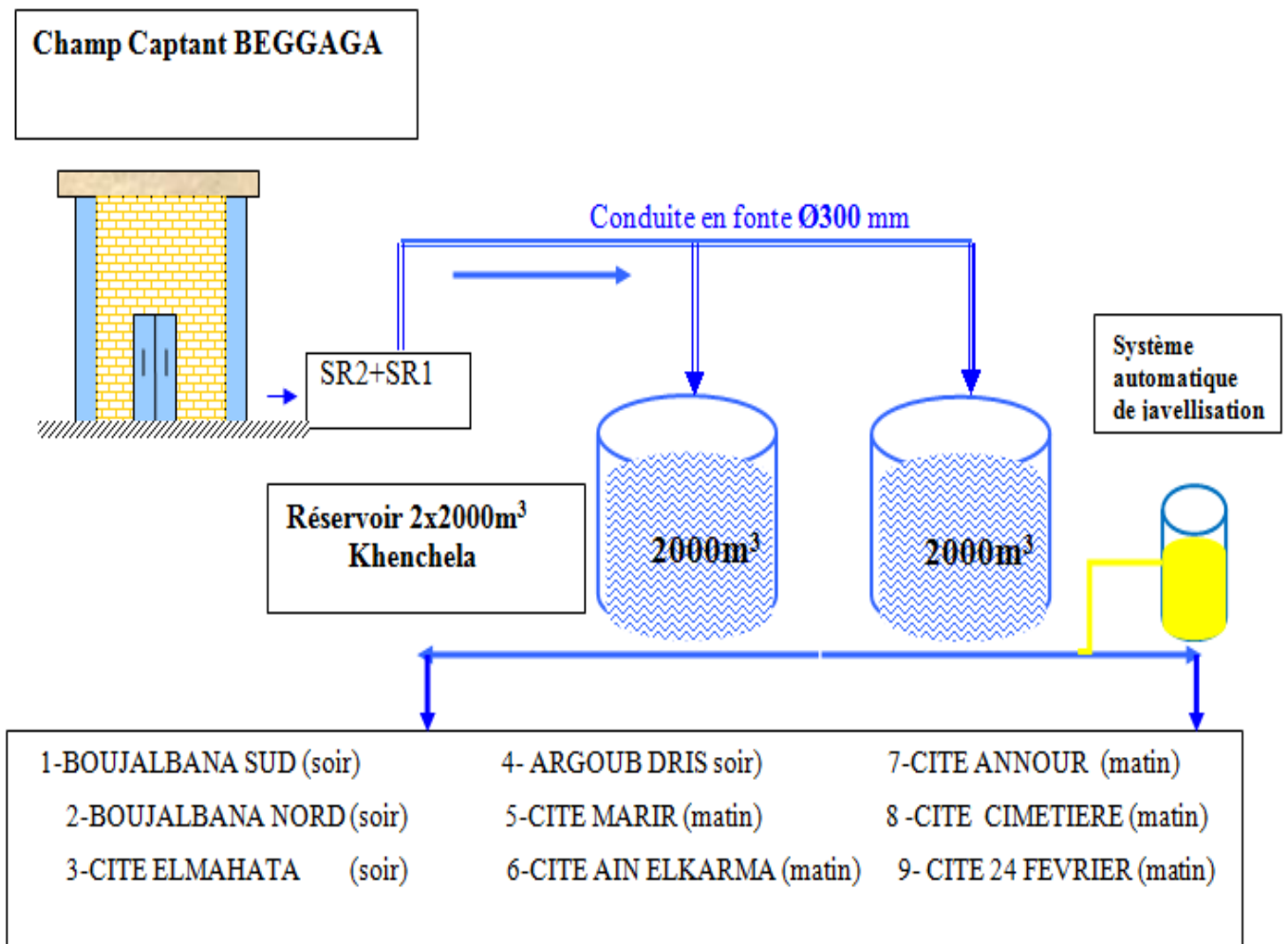


**c-champ captant Beggaga :**

Le champ captant Beggaga est destiné pour l'alimentation en eau potable de neuf (09) quartier de la vile de khenchela dont le quel l possède :

- Deux station de reprise SR1 et SR2
- Conduite en fonte de 300 mm de diamètre
- Réservoir 2x2000 m<sup>3</sup>
- Système automatique de javellisation

**Figure 16 :** Schémas synoptique de l'alimentation en eau par le champ captant BEGGAGA



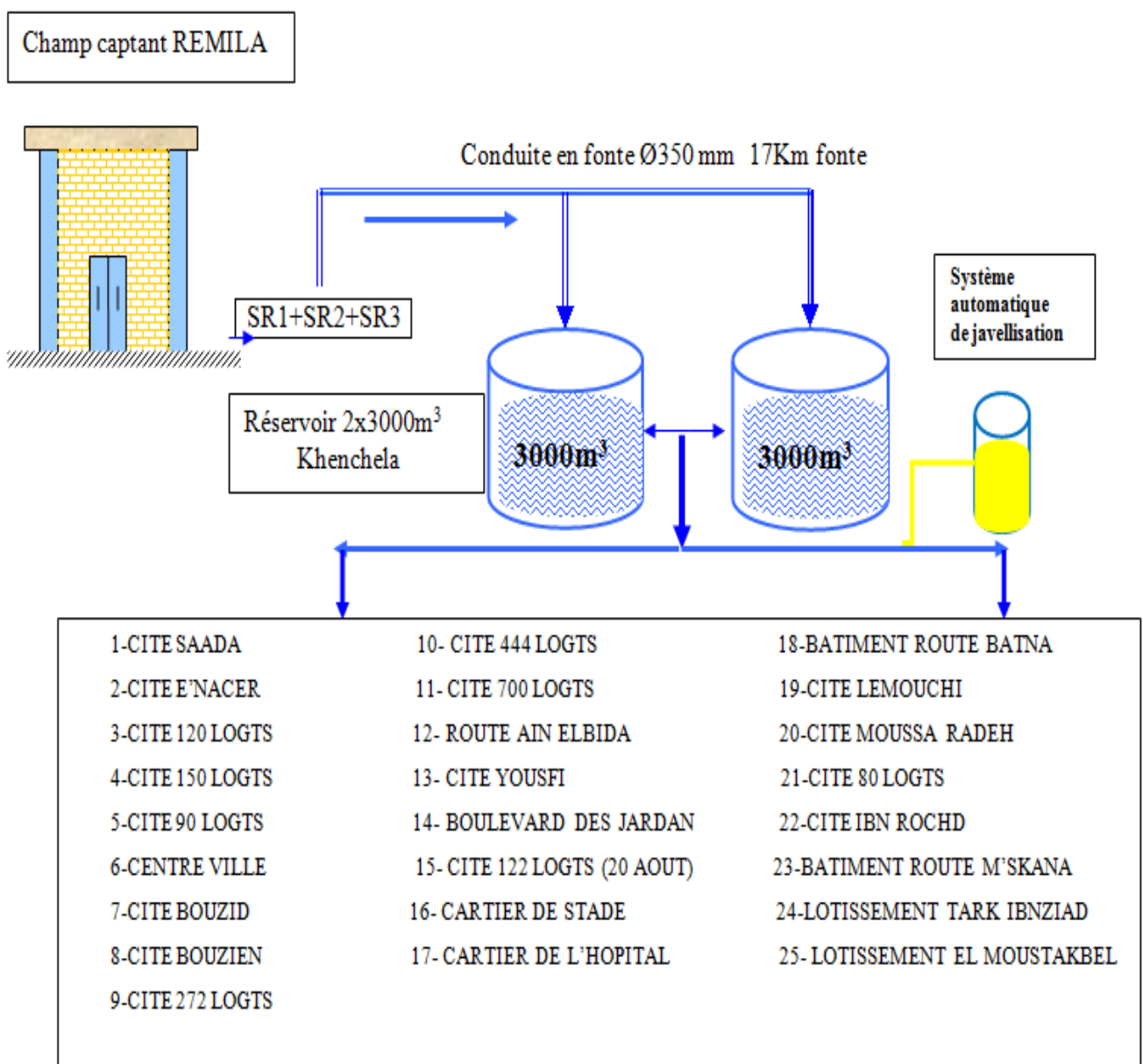
**d -Champ captant Remila :**

Le champ captant Remila est destiné pour l'alimentation en eau potable de vingt cinq (25) quartier de la vile de khenchela dont lequel il possède :

- Trois (03) stations de pompage et reprise (SR1 + SR2+SR3).
- Conduite en fonte de 350 mm de diamètre.
- Réservoir de 2 x 3000 m<sup>3</sup> de capacité.
- Système automatique de javellisation.

(ADE khenchela 2016)

**Figure 17 :** Schémas synoptique de l'alimentation en eau par le champ captant Remila



**IV -2-Résultats et discussions :****IV-2--1- Paramètres physico-chimique :****a-paramètre physique :**

Quatre (04) éléments ont été mesurés, la température de l'eau, le pH, la conductivité électrique et la turbidité. Ont été mesurés sur le terrain à l'aide d'un conductivimètre .

**b-paramètre chimique majeurs :**

Une analyse complète des éléments chimiques a été effectuée lors de cette étude :

- **Cations:**  $\text{Ca}^{2+}$   $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ .
- **Anions:**  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ .

**IV-2-2- Origine et signification géochimique des éléments chimiques :****A- Les ions  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$ :**

Ces ions ont toujours une origine interne au système. Ils proviennent surtout, de la dissolution des roches calcaires et dolomitiques. Le calcium peut aussi provenir du gypse, ils indiquent, principalement le temps de séjour de l'eau dans l'aquifère.

**B- Les ions  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  :**

Le chlorure est indispensable à l'équilibre hydrique de l'organisme et il est présent naturellement à faible dose dans les eaux minérales. Cependant, une pollution industrielle peut l'enrichir accidentellement, jusqu'à des concentrations impropres à la consommation.

Dans les eaux souterraines, leur concentration dépend des roches traversées.

Les ions de nitrate provient principalement de la décomposition des protéines naturelles contenues dans le phytoplancton et les micro-organismes. Il peut être aussi issu de l'apport d'effluents urbains épurés, de rejets industriels ou agricoles. Il se trouve dans les eaux naturelles à des concentrations qui peuvent varier de 0,1 à plus de 10 mg/l. les nitrates Ce sont les sels et les esters de l'acide nitrique La présence d'un excès de nitrates dans l'eau est un indice de pollution d'origine agricole (engrais), urbaine (dysfonctionnement des réseaux d'assainissement) ou industrielle.

**C- Les ions sulfatés :**

Les eaux naturelles contiennent pratiquement, toujours des ions sulfatés dans des proportions très variables. Leurs présences résultent de la légère solubilité des sulfates de calcium dans les roches gypseuses et de l'oxydation des sulfures se trouvant dans les roches. Cependant, ils peuvent aussi provenir de l'oxydation dans l'atmosphère, de l'anhydrite sulfureuse par combustion des hydrocarbures

(Bakalowicz, 1979).

**IV-2-3- Caractéristiques physico-chimiques :****IV-2-3-1- Les paramètres physiques :****a-Température :**

La température joue un rôle important dans la solubilité et la dissolution des sels et des gaz, sur la conductibilité électrique et dans la détermination du pH.

La température permet parfois d'obtenir des indications sur l'origine de l'écoulement de l'eau.

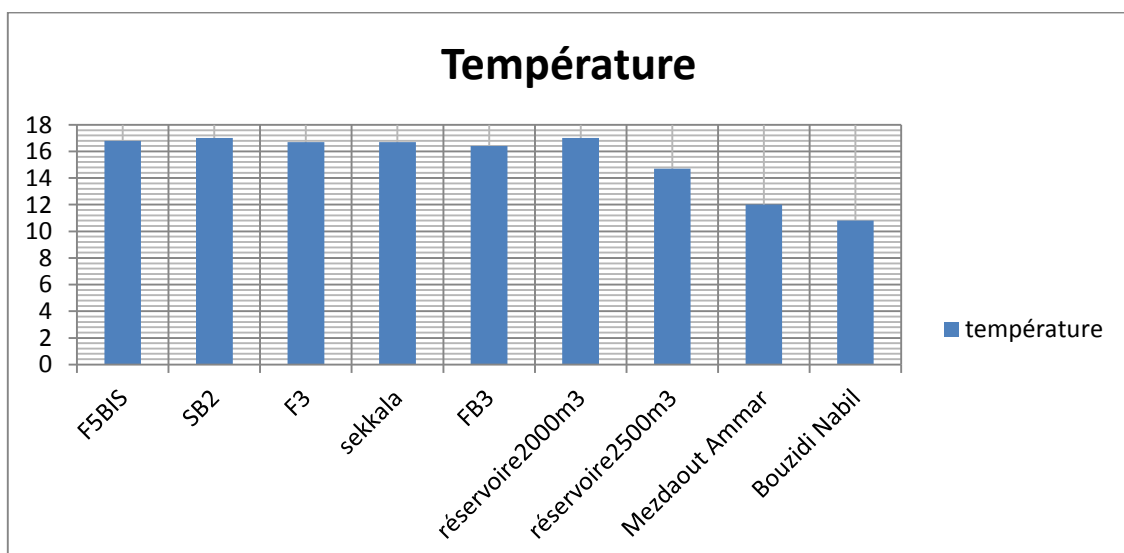
Les normes de potabilités des eaux souterraines fixées par l'OMS (1994), déterminent les critères suivants :

- Excellente lorsque la température varie entre 20 et 22°C (eaux souterraines) ;
- De 9 à 15°C., valeurs admissibles pour les eaux de surface

**Tableau 22:** Variation de la température des points de prélèvement

	F5BIS	SB2	F3	Sekkala	B3	Réservoir 2000m3	Réservoir 2500m3	Mezdaout Ammar	Bouzidi Nabil
Température	16.8	17	16.7	16.7	16.4	17	14.7	12	10.8
Norme OMS : 25°C									

**Figure 18 :** Valeurs des températures des pinots de prélèvement



La Température mesurée sur les eaux de forages varie entre 15.7 c° et 17 c °. Celles des eaux de robinet oscillent entre 10.8 c° et 17 c°.et dans les deux cas ne dépasse pas les normes de potabilité fixées selon l'OMS par 25°C.

**b-La conductivité électrique :**

Elle traduit une aptitude de l'eau à laisser passer le courant électrique ; c'est une mesure rapide de la teneur globale en électrolytes d'une solution ; c'est un outil nécessaire à l'estimation de la minéralisation. La minéralisation globale (g/l), est approximativement égale au produit de la conductivité électrique à 25°C par un coefficient compris entre 0.55 et 0.75 pour la majorité des eaux souterraines **(Freeze et Cherry, 1979).**

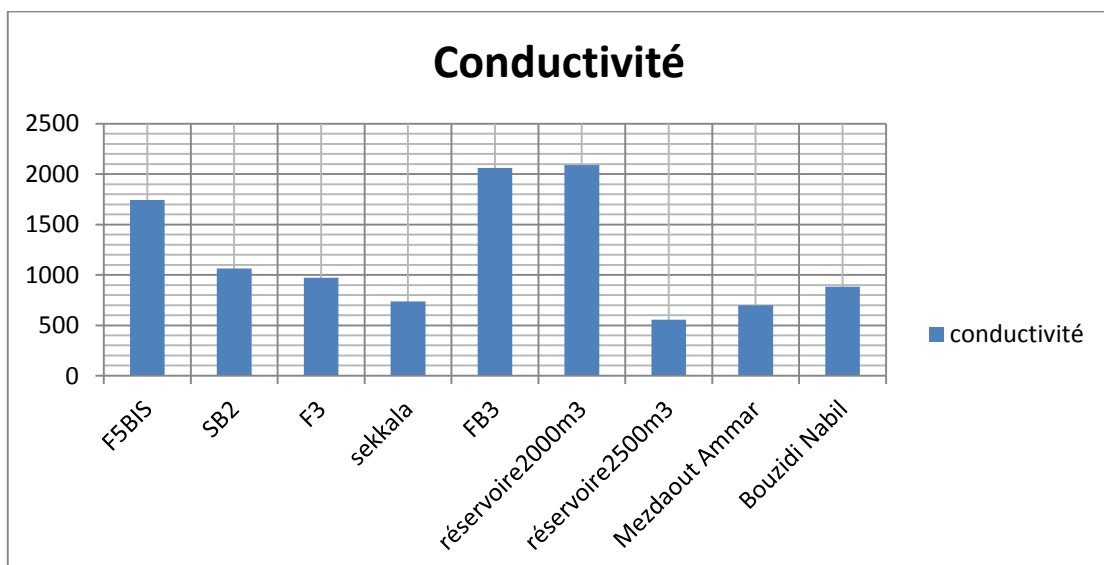
La conductivité d'un liquide dépend largement de la température. Cette dernière sera relevée très exactement au cours de la mesure. En dehors de 25 °C.

**(Jean Rodier analyses de l'eau 9ème édition).**

**Tableau 23 :** Les valeurs de la conductivité

	F5BIS	SB2	F3	Sekkala	B3	Réservoir 2000 m3	Réservoir 2500m3	Mezdaout Ammar	Bouzidi Nabil
conductivité	1744	1065	972	736	2060	2090	557	700	883
OMS 2500 µS/Cm									

**Figure 19 :** Les valeurs de la conductivité

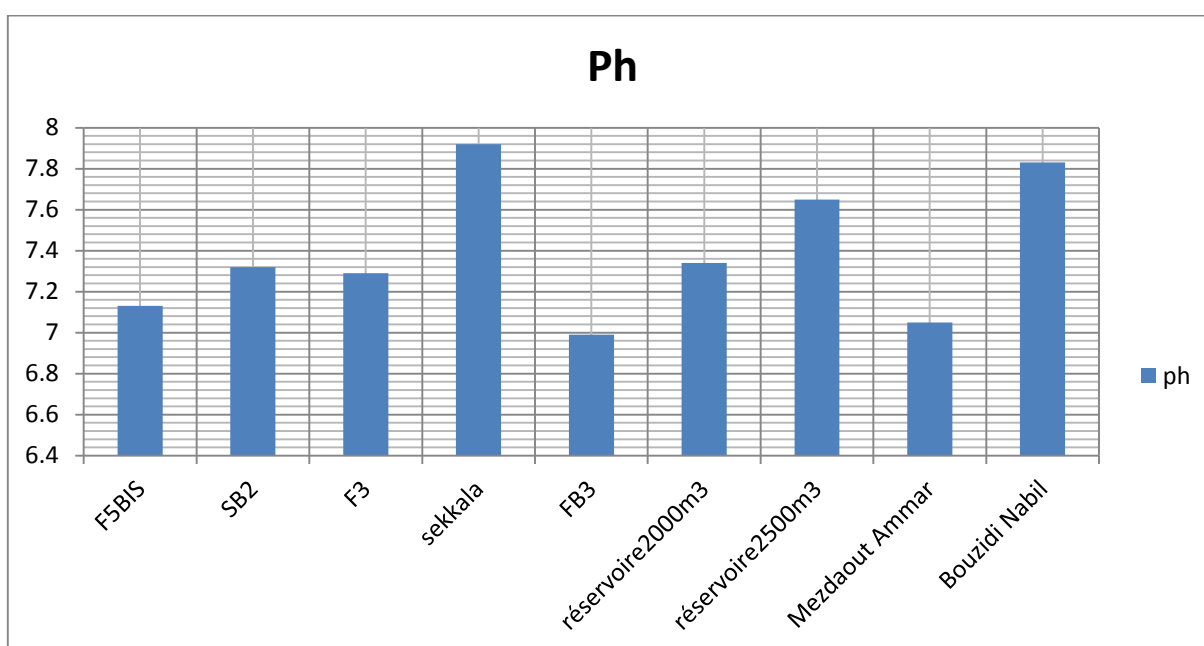


**c- Le pH :**

Il s'agit d'un paramètre capital pour le calcul des équilibres thermodynamiques, il joue un rôle primordial à la fois, dans les propriétés physico-chimiques (acidité, agressivité), dans les processus biologiques et dans l'efficacité des traitements des eaux, le pH doit être mesuré le plus souvent et de préférence in- situ. Dans notre cas les pH mesurés variaient entre 6.99 et 7.83 présentant des eau neutres soit celles des forages ou de robinet et ne dépasse les normes (6,5- 8,5).

**Tableau 24:** Les valeurs de PH des points de prélèvement

	F5bis	SB2	F3	SEKKELA	B3	Réservoir 2000m3	Réservoir 2500m3	Mezdaout Ammar	Bouzidi Nabil
PH	7.13	7.32	7.29	7.92	6.99	7.34	7.65	7.05	7.83
Norme OMS : 6,5- 8,5									

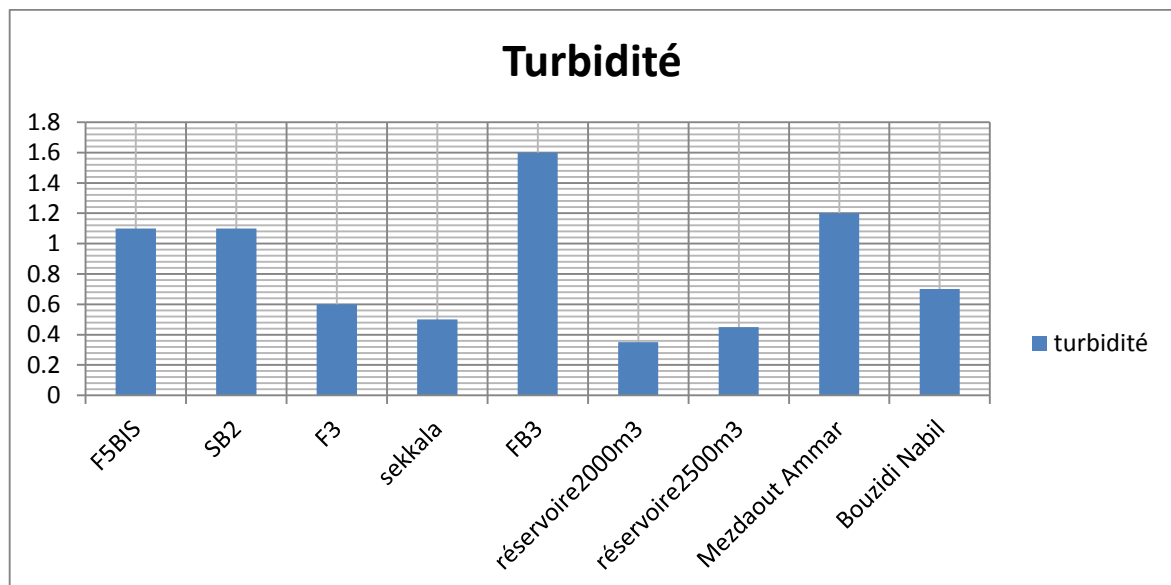
**Figure 20 :** les valeurs de PH de points de prélèvement

**d-La turbidité :**

La turbidité d'une eau est due à la présence des particules en suspension, notamment colloïdales : argiles, limons, grains de silice, matières organiques, etc. L'appréciation de l'abondance de ces particules mesure son degré de turbidité. Celui-ci sera d'autant plus faible que le traitement de l'eau aura été plus efficace. La turbidité peut être évaluée par un certain nombre de méthodes qui sont pratiquées suivant les nécessités sur le terrain ou au laboratoire.

**Tableau 25 :** Les valeurs de turbidité des points de prélèvement

	F5BIS	SB2	F3	Sekkala	B3	Réservoir 2000m3	Réservoir 2500m3	Mezdaout Ammar	Bouzidi Nabil
Turbidité	1.1	1.1	0.6	0.5	1.60	0.35	0.45	1.2	0.7
Norme OMS : 5 NTU									

**Figure 21 :** Les valeurs de turbidité des points de prélèvement

La turbidité mesurée des échantillons prélevés varie entre 0.35 NTU et 1.60 NTU à des taux très faibles selon les normes.

Suivant les paramètres physiques (pH, conductivité, Température et turbidité) les eaux prélevées au près des forages ou aux localités de la ville de Khenchela (eau de robinet) présentent un caractère potable suivant les normes fixées par l'OMS.

## IV-2-4- Les éléments chimiques :

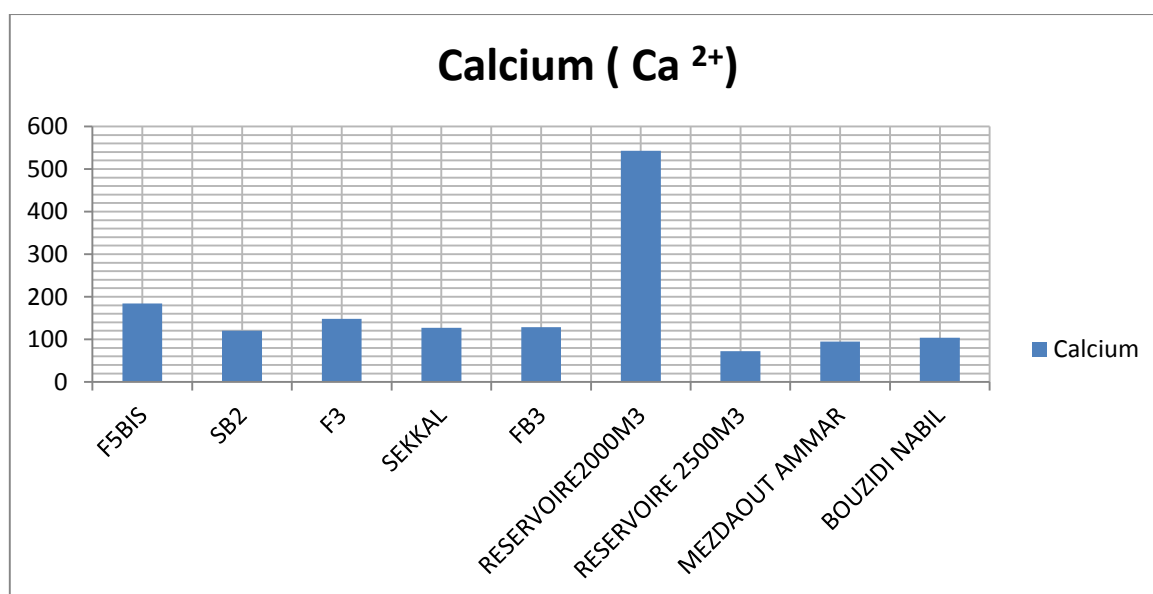
## IV-2-4-1-les cations :

A : Le calcium ( $\text{Ca}^{++}$ ) :Tableau 26 : Valeur de ( $\text{Ca}^{2+}$ ) calcium des points de prélèvements

	F5Bis	SB2	F3	Sekkala	FB3	Réservoir 2000m3	Réservoir 2500m3	Mezdaout Ammar	Bouzidi Nabil
Calcium (mg/l)	184	120	148	127	129	543	72	95	104
Normes OMS: <b>200 mg/l</b>									

Le calcium est un élément alcalinoterreux, il se trouve dans les eaux thermo-minérales circulant en milieu calcaire et aussi en particulier dans les roches calcaires sous forme de Carbonate. Le calcium peut provenir également des formations gypsifères ( $\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$ ), qui sont facilement solubles. La teneur du calcium dans les eaux qui alimentent la ville de Khenchela varie entre 72 mg/l et 184 mg/l.

Figure 22 : Représentation graphique des valeurs de calcium des points de prélèvements

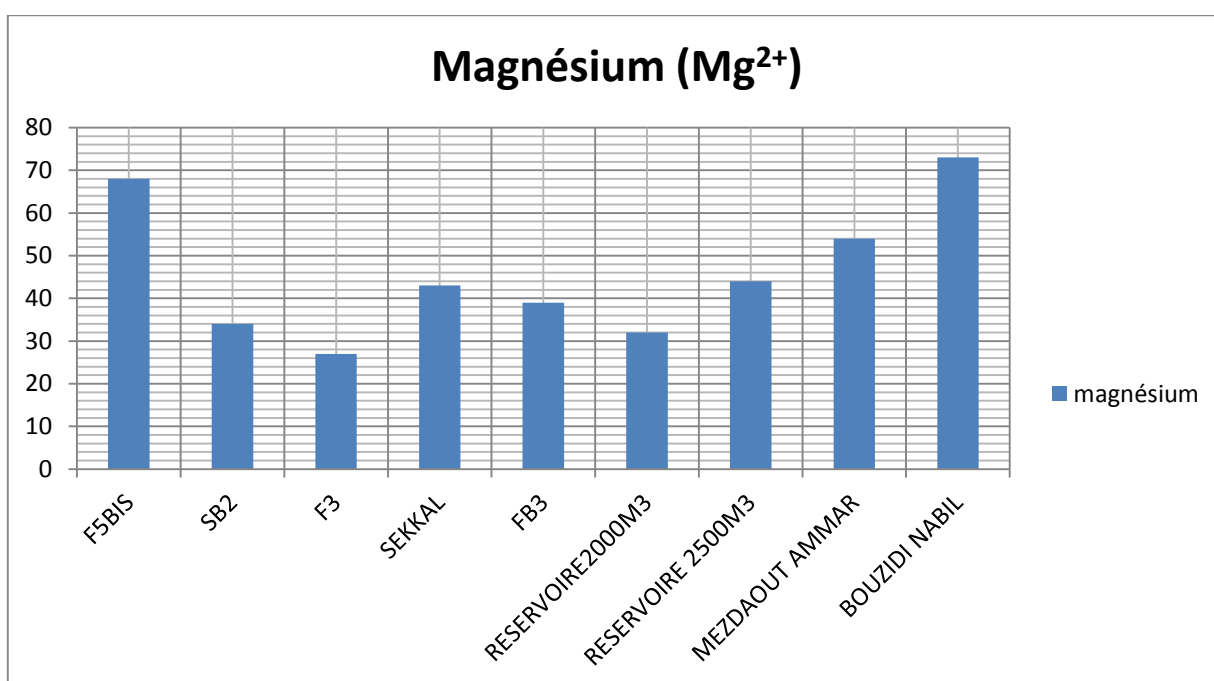


**B. Magnésium ( $Mg^{2+}$ )****Tableau 27:** Valeur de (Mg) Magnésium des points de prélèvements

	F5Bis	SB2	F3	Sekkala	FB3	Réservoir 2000m3	Réservoir 2500m3	Mezdaout Ammar	Bouzidi Nabil
Magnésium	68	34	27	43	39	32	44	54	73
Normes OMS : <b>150 mg/l</b>									

C'est un élément qui accompagne souvent le calcium, et provient de la dissolution des dolomies, des calcaires dolomitiques et des minéraux ferromagnésiens.

Les valeurs limites enregistré dans les forages avant traitement est de 68 mg/l de forage F5Bis champ captant Remila et de 73 mg/l dans l'eau de consommation après traitement de Bouzidi Nabil route Batna .

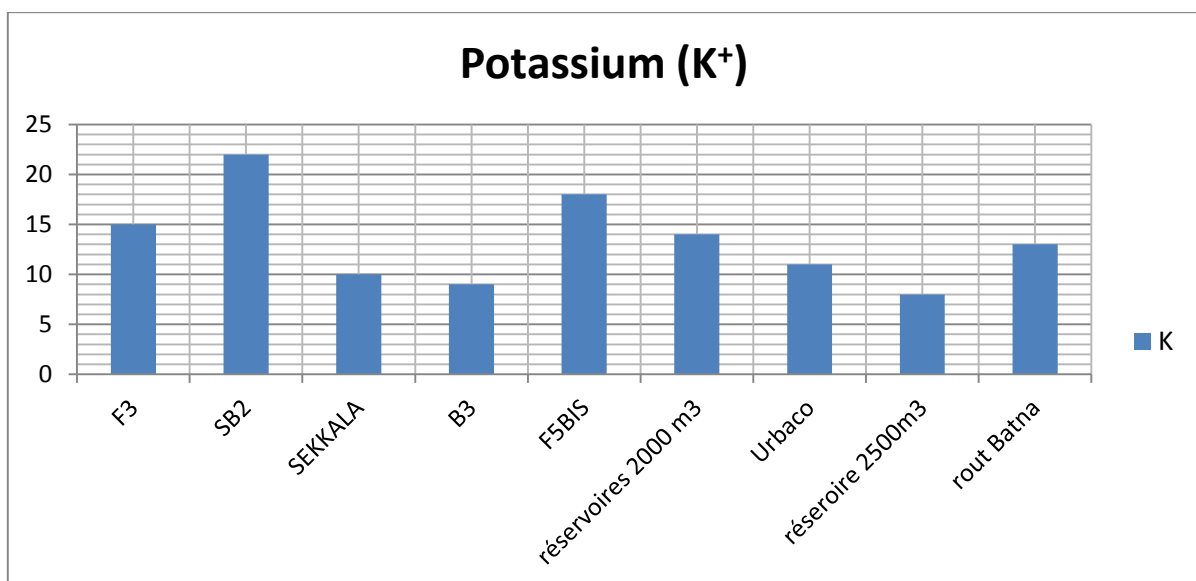
**Figure 23:** Représentation graphique des valeurs de magnésium des points de prélèvements

**C : Potassium (K<sup>+</sup>)**

C'est un élément alcalin, très réactif avec l'eau, on le retrouve dans les roches ignées et dans la nature sous forme de chlorure double dans nombreux minerais. Il se trouve aussi dans la végétation sous forme de carbonate. Les teneurs du potassium varient entre 08 mg/l et 22 mg/l dans les mesures effectuées pour l'ensemble des échantillons.

**Tableau 28:** Valeur de (K<sup>+</sup>) Potassium des points de prélèvements

	F5Bis	SB2	F3	Sekkala	FB3	Réservoir 2000m3	Réservoir 2500m3	Mezdaout Ammar	Bouzidi Nabil
Potassium	18	22	15	10	09	14	08	11	13
Normes OMS : < 20 mg/l									

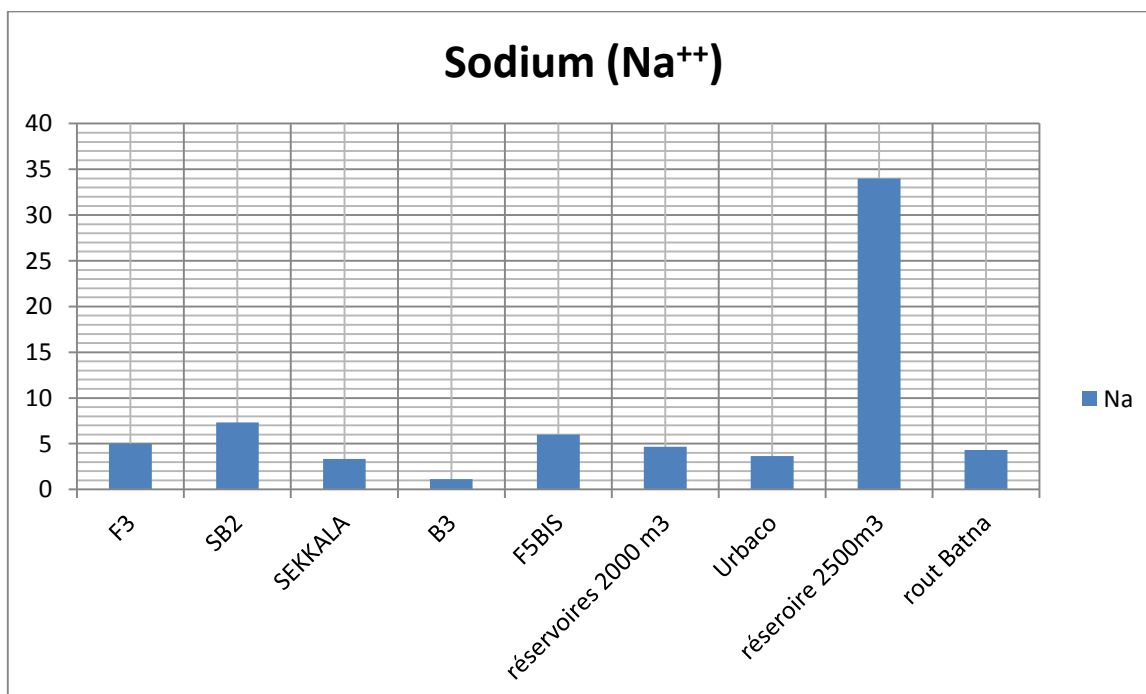
**Figure 24:** Représentation graphique des valeurs de Potassium des points de prélèvements

**D : Sodium ( $\text{Na}^{++}$ ):**

C'est un élément qui existe dans la totalité des eaux car la solubilité de ses sels est très élevée. En agriculture, le composé du sodium le plus important est le chlorure de sodium. Le sodium constitue un élément de maintien de la perméabilité du sol. Les concentrations enregistrées au cours des prélèvements varient entre 16 et 181 mg/l

**Tableau 29:** valeur de ( $\text{Na}^{++}$ ) Sodium des points de prélèvements

	F5Bis	SB2	F3	Sekkala	FB3	Réservoir 2000m3	Réservoir 2500m3	Mezdaout Ammar	Bouzidi Nabil
Sodium	61	40	49	42	16	181	34	32	35
Normes OMS : < 200 mg/l									

**Figure 25:** Représentation graphique des valeurs de Sodium des points de prélèvements

## IV-2-4-2- Les anions :

a- Les chlorures (Cl<sup>-</sup>) :

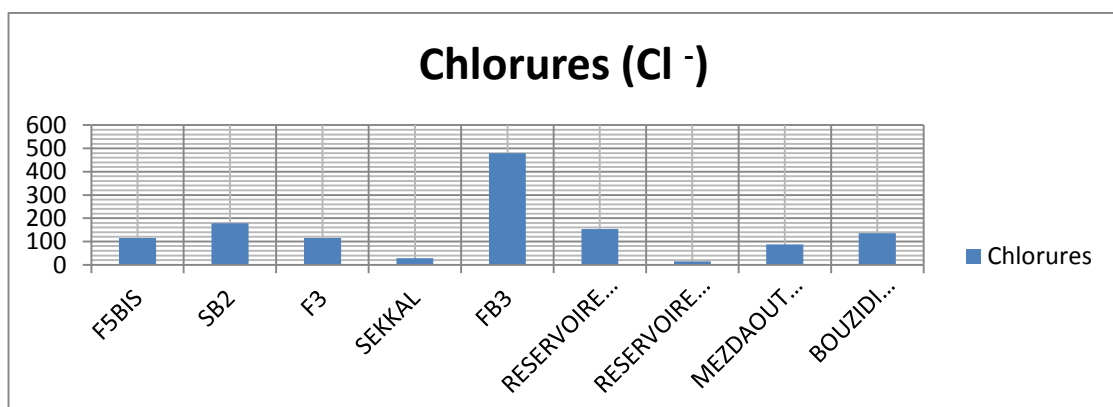
Tableau 30 : Valeur des chlorures des points de prélèvements

	F5Bis	SB2	F3	Sekkala	FB3	Réservoir 2000m3	Réservoir 2500m3	Mezdaout Ammar	Bouzidi Nabil
Chlorures	115	178	115	29	480	154	15	88	136
Norme OMS : <b>50 mg/l</b>									

Les chlorures peuvent avoir plusieurs origines et sont liés principalement à la dissolution des terrains salifères. La dissolution de ces sels étant très faciles d'où leurs présences en fortes concentrations dans les eaux ayant traversées les formations argilo - sableuses ou argileuses. Ainsi, ils peuvent provenir également d'action humaine à partir du soulage des routes, ou par contamination par les eaux usées. Les chlorures donnent un goût désagréable et posent le problème de la corrosion dans les canalisations et les réservoirs à partir de 500 mg/l (norme de l'O.M.S). Dans notre cas Les teneurs varient entre 29 mg/l et 480 mg/l avant traitement et de 15 mg/l et 450 mg/l dans les eaux de consommation ainsi celles de robinet au niveau des quartiers Urbaco (Mazdaouet Aammam) et Route de Batna (Bouzidi Nabil)

On remarque que toutes les concentrations des chlorures pour toutes les forages et les eaux de consommation sont inférieures aux normes. De l'OMS .

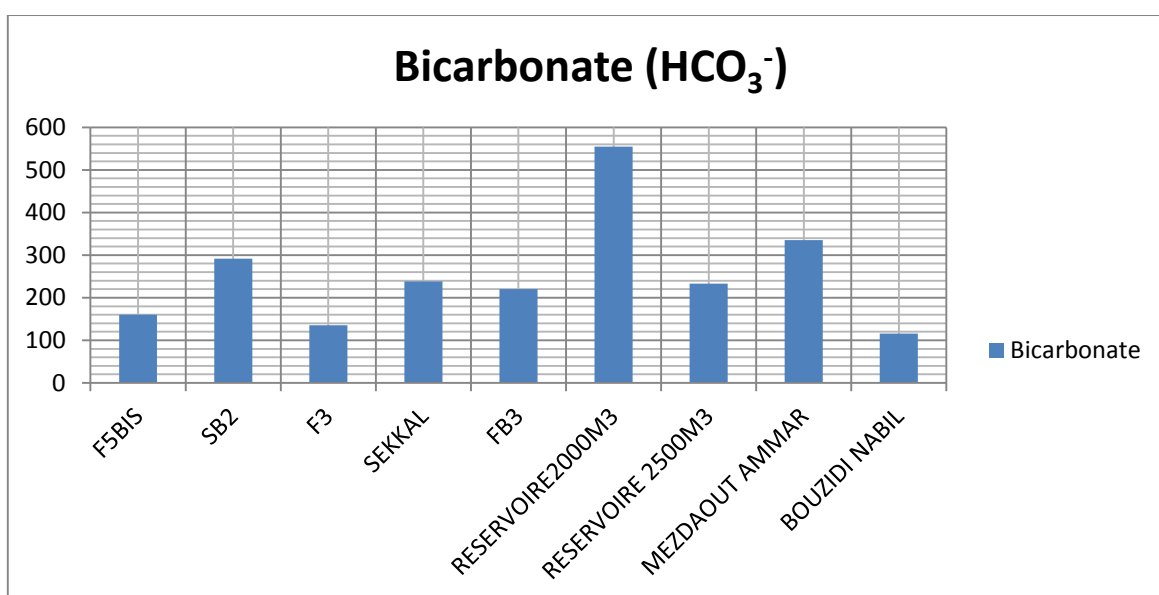
Figure 26 : Représentation graphique des chlorures



**b- Bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ):****Tableau 31** : Valeur des bicarbonates des points de prélèvements

	F5Bis	SB2	F3	Sekkala	FB3	Réservoir 2000m3	Réservoir 2500m3	Mezdaout Ammar	Bouzidi Nabil
Bicarbonate	160	292	135	238	220	555	233	335.5	116
Normes OMS :/									

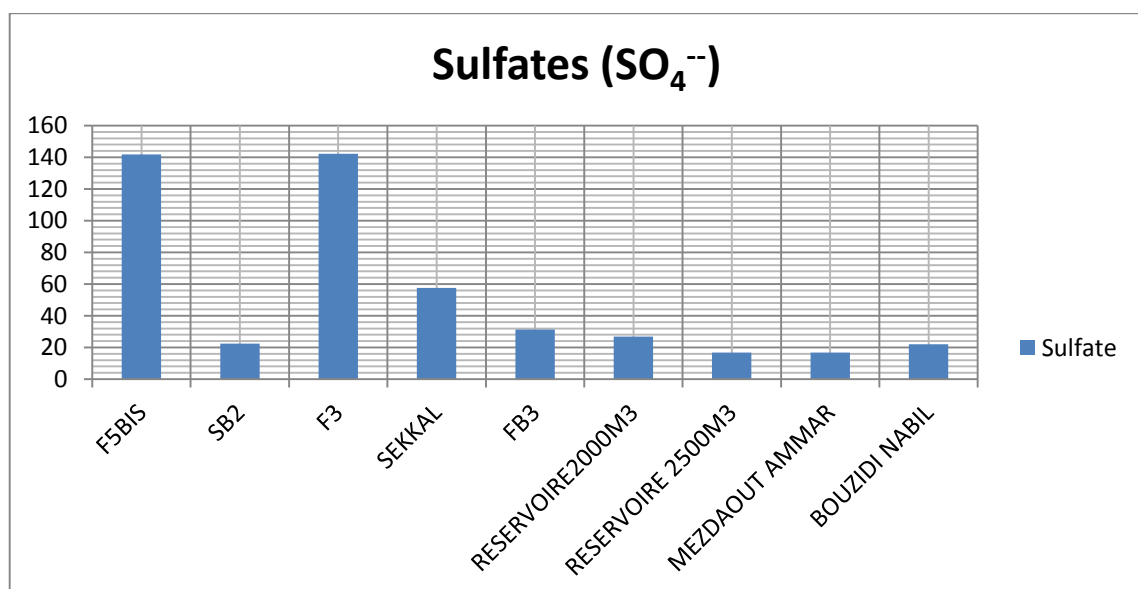
Les bicarbonates se trouvent dans les eaux naturelles, leurs présences dans l'eau est dû à la dissolution des formations carbonatées tel que les calcaires et les dolomies. Les concentrations enregistrées au cours des prélèvements sont enregistré dans le tableau n °=31

**Figure 27** : Représentation graphique des valeurs de bicarbonates des points de prélèvements

**C : Sulfates (SO<sub>4</sub><sup>-</sup>):****Tableau 32 :** Valeur de sulfates des points de prélèvements

	F5Bis	SB2	F3	Sekkala	FB3	Réservoir 2000m3	Réservoir 2500m3	Mezdaout Ammar	Bouzidi Nabil
Sulfates	141.864	22.319	142.23	57.596	31.34	26.866	16.672	16.672	22.026
Normes OMS : <b>400 mg/l</b>									

Ils sont présents dans les eaux naturelles à des teneurs très variables et Ils peuvent provenir de La dissolution du gypse. Ce dernier peut être triasique, comme il peut être associé à des formations plus récentes comme les argiles du Mio-Plio-Quaternaire. Ils dépendent aussi des rejets industriels. Les résultats des analyses chimiques, donnent des valeurs qui varient entre 16.672 mg/l et 142.230 mg/l selon les normes OMS .

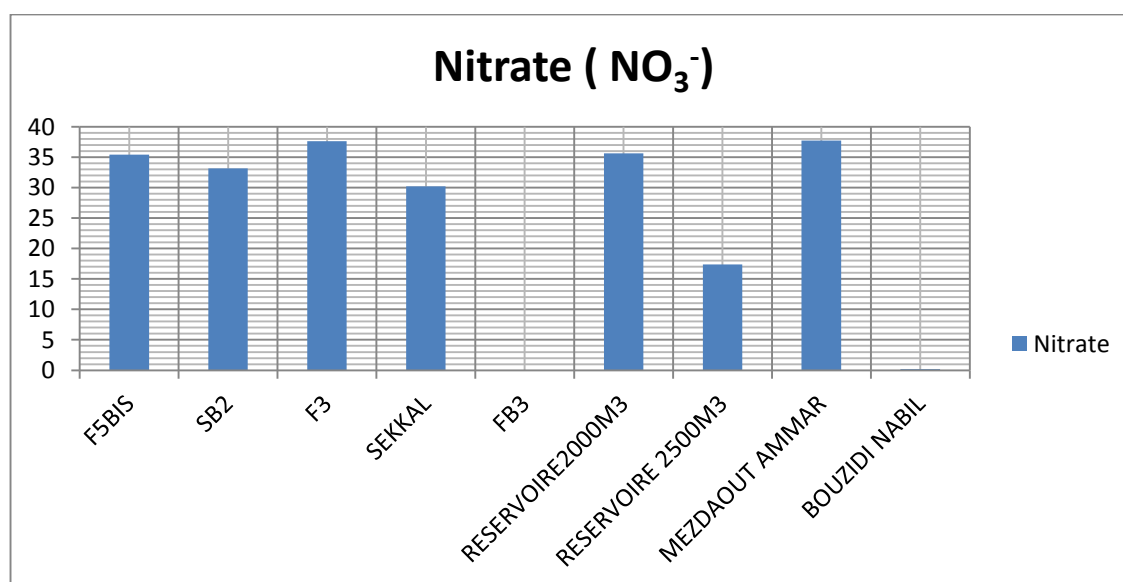
**Figure 28 :** représentation graphique des valeurs des sulfates des points de prélèvements

**D. Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )****Tableau 33** : Valeur des nitrates des points de prélèvements

	F5Bis	SB2	F3	Sekkala	FB3	Réservoir 2000m3	Réservoir 2500m3	Mezdaout Ammar	Bouzidi Nabil
Nitrates	35.44	33.167	37.655	30.221	0	35.65	17.374	37.735	0.182
Normes OMS : <b>50 mg/l</b>									

Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) font partie du cycle de l'azote. La variation de la concentration des teneurs en nitrates dans l'espace est liée à l'activité agricole qui se développe en surface, à la nature lithologique du toit de l'aquifère, à la profondeur du niveau piézométrique et aux conditions d'oxydoréductions

Les résultats obtenus montrent que la zone étudiée est caractérisée par des teneurs en nitrates inférieures à la norme admissible

**Figure 29** : Représentation graphique des valeurs de nitrate des points de prélèvements

**IV -2-5- Analyse en Composantes Principales (A.C.P)****IV -2-5-1-Analyse en Composantes Principales (A.C.P) Avant traitement:**

Une étude statistique par l'analyse en composantes principales (A.C.P) a été effectuée sur un tableau de 9 variables ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  et  $c^{25^\circ\text{C}}$ ) et de 05 observations. Les données concernent les eaux forages d'alimentation en eau potable de la ville de Khenchela. Cette analyse a été poussée jusqu'à 3 facteurs et 80% de la variance ont pu être exprimés.

**a- Analyse des plans factoriels :**

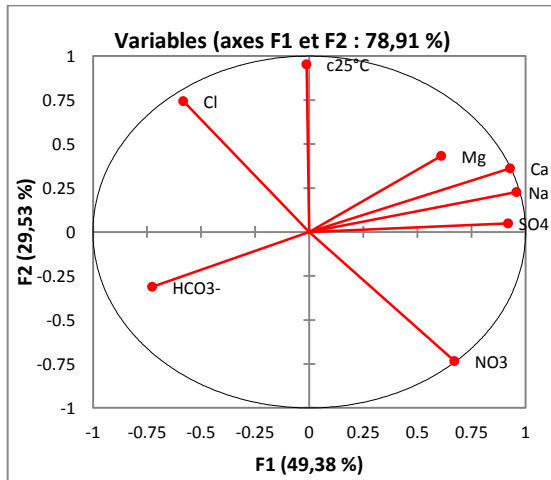
L'analyse du plan factoriel 1-2 montre que plus de **78 %** de la variance totale sont exprimés. L'analyse dans ce plan est donc acceptable, Le facteur **1** représente **49,37 %** de la variance et il est déterminé par les éléments chimiques  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , et  $\text{HCO}_3^-$  représente alors un facteur de minéralisation.

Le facteur **2** représente **30 %** de la variance et il est déterminé par la Conductivité électrique,  $c^{25^\circ\text{C}}$ ,  $\text{Cl}^-$  et  $\text{NO}_3^-$ . C'est donc le facteur de pollution.

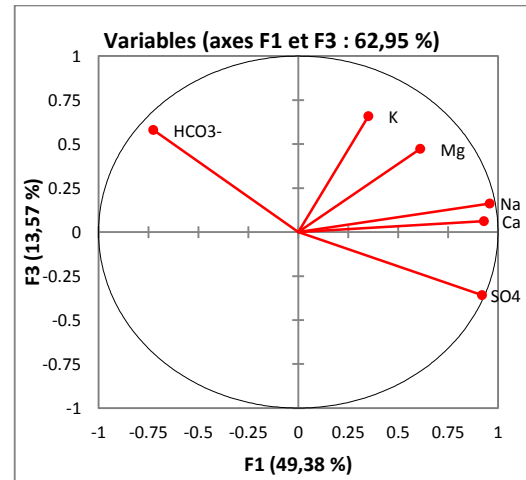
**Tableau 34 : Corrélation facteurs -variables**

	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>
<b>c25°C</b>	0,000	<b>0,909</b>	0,062
<b>Ca</b>	<b>0,864</b>	0,131	0,004
<b>Mg</b>	<b>0,373</b>	0,187	0,223
<b>Na</b>	<b>0,920</b>	0,051	0,026
<b>K</b>	0,123	0,187	<b>0,434</b>
<b>HCO3-</b>	<b>0,527</b>	0,097	0,337
<b>Cl</b>	0,338	<b>0,554</b>	0,002
<b>SO4</b>	<b>0,846</b>	0,002	0,128
<b>NO3</b>	0,452	<b>0,538</b>	0,005

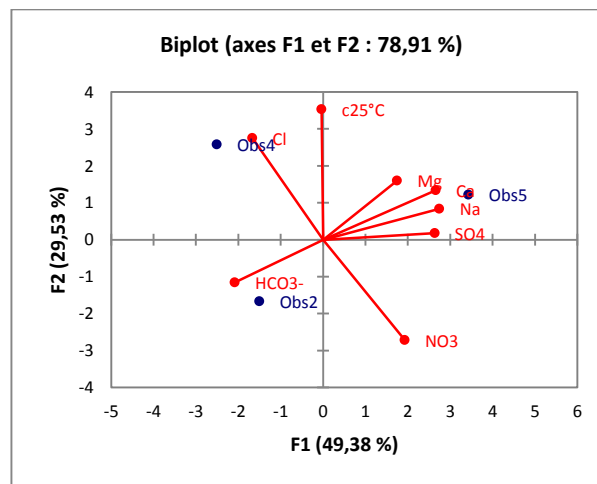
**Figure 30 : Projection des Variables sur le plan factoriel 1-2**



**Figure 31 : Projection des variables sur le plan factoriel 1-3**



**Figure 32 : Projection des Observations sur le plan factoriel 1-2**



**b- Matrice de Corrélation**

Une corrélation positive significative a été observée entre ( $\text{Na}^+ - \text{Ca}^{2+} \text{Mg}^{2+}, \text{SO}_4^{2-}$ ), ( $\text{SO}_4^{2-} - \text{Ca}^+$ ) ( $\text{Mg}^{2+} - \text{Ca}^{2+}$ ) et ( $^{\circ}\text{C}25 - \text{Cl}$ ) Ces liaisons témoignent de l'influence évaporitique et / ou salifère sur le chimisme de l'eau est alors la minéralisation des eaux de forages de la région.

Une corrélation négative significative a été observée entre ( $\text{NO}_3^-; ^{\circ}\text{C}25, \text{Cl}$ ), ( $\text{HCO}_3^-, \text{SO}_4^{2-}, \text{Ca}^{2+}, \text{Na}^+$ ), emprunte des eaux polluées matérialisées par  $\text{NO}_3, \text{Cl}$  et  $\text{Na}^+$  et les eaux riches en carbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ). Cas des forges de Baggaga et Bghai

**Tableau 35** : Corrélation entre les éléments chimiques.

Variables	c25°C	Ca	Mg	Na	K	HCO3-	Cl	SO4	NO3
c25°C	<b>1</b>								
Ca	0,353	<b>1</b>							
Mg	0,443	<b><u>0,744</u></b>	<b>1</b>						
Na	0,236	<b><u>0,983</u></b>	<b><u>0,785</u></b>	<b>1</b>					
K	-0,167	0,221	0,103	0,318	<b>1</b>				
HCO3-	-0,178	<b><u>-0,756</u></b>	-0,212	<b><u>-0,663</u></b>	0,163	<b>1</b>			
Cl	<b><u>0,784</u></b>	-0,261	-0,161	-0,398	-0,330	0,155	<b>1</b>		
SO4	-0,028	<b><u>0,854</u></b>	0,343	<b><u>0,827</u></b>	0,144	<b><u>-0,921</u></b>	-0,467	<b>1</b>	
NO3	<b><u>-0,678</u></b>	0,365	0,097	0,487	<b><u>0,635</u></b>	-0,230	<b><u>-0,912</u></b>	0,567	<b>1</b>

#### IV -2-5-2- Analyse en Composantes Principales (A.C.P) Après traitement:

L'étude statistique par l'analyse en composantes principales (A.C.P) sur les eaux prélevées des réservoirs et quelques localités de la ville de Khenchela effectuée à son tour sur un tableau de 9 variables ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  et  $c^{25^\circ\text{C}}$ ) et 05 observations poussée ainsi sur 3 facteurs et 80% de la variance alors a été exprimée.

L'analyse du plan factoriel 1-2 montre que plus de **80%** de la variance totale sont exprimés.

L'analyse dans ce plan est donc acceptable

##### a- Analyse des plans factoriels

Le facteur **1** représente **50,456%** de la variance et il est déterminé par les éléments chimiques  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , et  $\text{HCO}_3^-$  et  $\text{NO}_3^-$  représente alors un facteur de minéralisation néanmoins pollué du faite que les eaux sont mélangées dès leurs arrivés aux réservoirs alimentant la ville,

Le facteur **2** représente **28,67%** de la variance et il est déterminé par la Conductivité électrique,  $c^{25^\circ\text{C}}$  et  $\text{Mg}^{2+}$ . C'est donc un facteur de pollution et/ou de contamination.

**Tableau 36** : Corrélation facteurs -variables

	F1	F2	F3
c25°C	0,091	<b>0,790</b>	0,096
Ca	<b>0,602</b>	0,386	0,012
Mg	0,201	<b>0,309</b>	0,259
Na	<b>0,974</b>	0,010	0,014
K	0,214	0,117	<b>0,415</b>
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	<b>0,360</b>	0,312	0,291
Cl	<b>0,608</b>	0,285	0,007
SO <sub>4</sub>	<b>0,746</b>	0,123	0,108
NO <sub>3</sub>	<b>0,744</b>	0,248	0,002

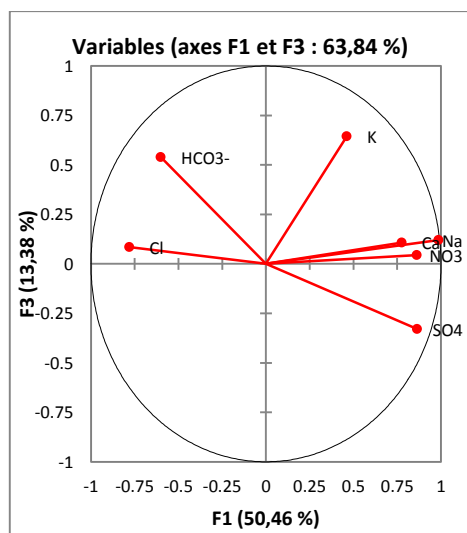
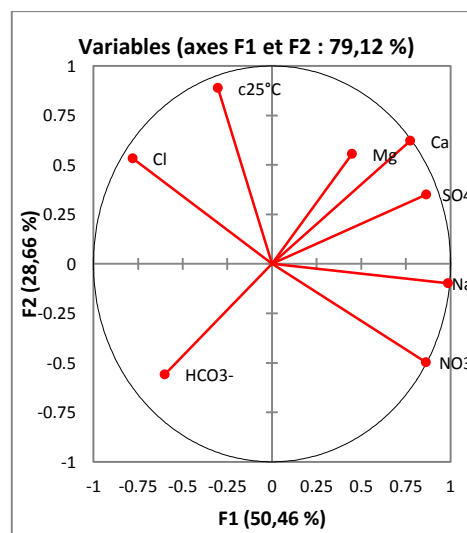
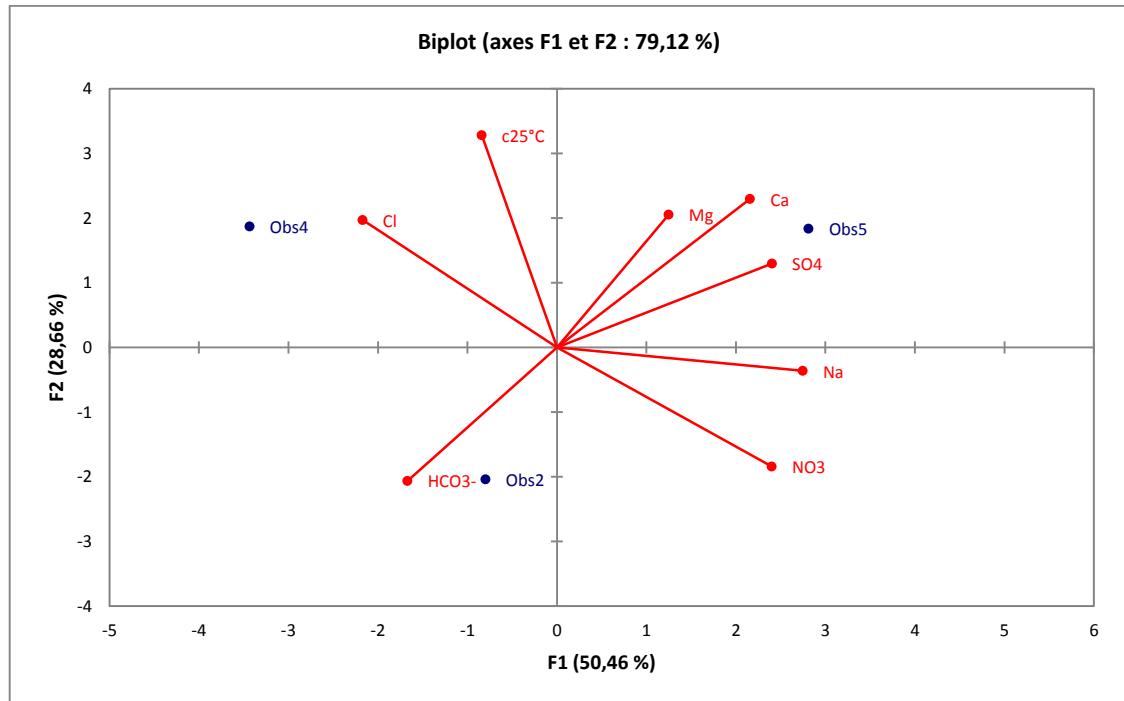
**Figure 33** : Projection des variables sur le plan sur le factoriel 1-2**Figure 34** : Projection des variables sur le plan factoriel 1-3

Figure 35 : Projection des observations sur le plan factoriel 1-2



### b- Matrice de Corrélation

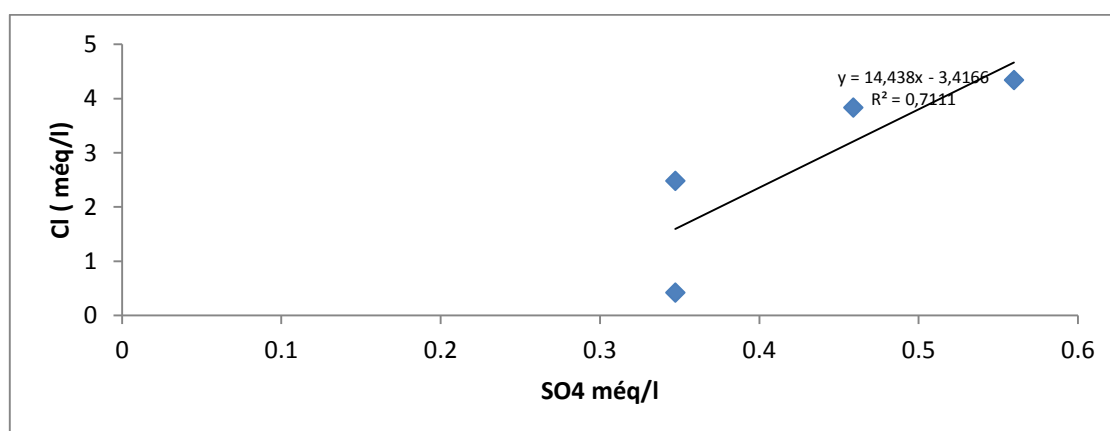
Une corrélation positive significative a été observée entre ( $\text{Ca}^{2+} - \text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ), ( $\text{Na}^+ - \text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) et ( $c^{25^\circ\text{C}} - \text{Cl}^-$ ). Ces liaisons témoignent l'influence évaporitique sur le chimisme de l'eau est alors la minéralisation (Eau de robinet représenté par la localité maison Bouzidi) et la contamination des eaux notamment ceux de réservoir 2500m<sup>3</sup>

Une corrélation négative significative a été observée entre ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $c^{25^\circ\text{C}}$ ), ( $\text{Cl}^- - \text{Na}^+$ ), ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ), emprunte des eaux polluées matérialisées par  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$  et  $\text{Na}^+$  (réservoir 2500m<sup>3</sup>) et les eaux riches en carbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ). Cas des eaux de robinet représentées par la localité Mazdaouet.

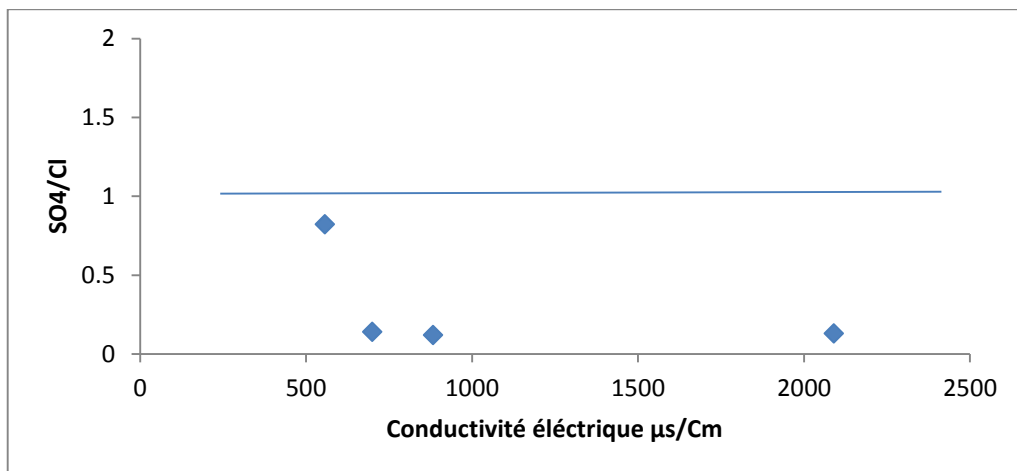
Tableau 37 : Corrélation entre les éléments chimiques.

Variables	c25°C	Ca	Mg	Na	K	HCO3-	Cl	SO4	NO3
c25°C	<b>1</b>								
Ca	0,353	<b>1</b>							
Mg	0,443	<b>0,744</b>	<b>1</b>						
Na	0,355	<b>0,717</b>	0,470	<b>1</b>					
K	0,167	0,221	0,103	0,546	<b>1</b>				
HCO3-	0,178	<b>0,756</b>	0,212	0,464	0,163	<b>1</b>			
Cl	<b>0,784</b>	0,261	0,161	<b>0,826</b>	0,330	0,155	<b>1</b>		
SO4	0,028	<b>0,854</b>	0,343	<b>0,772</b>	0,144	<b>-0,921</b>	0,467	<b>1</b>	
NO3	<b>0,678</b>	0,365	0,097	<b>0,903</b>	0,635	-0,230	<b>0,912</b>	0,567	<b>1</b>

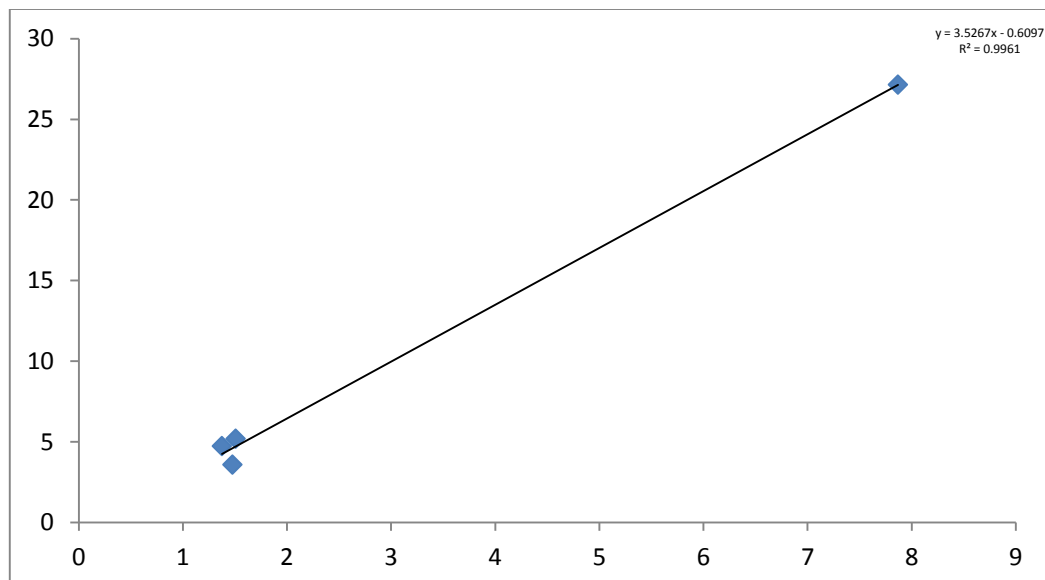
## IV -2-6-Rapports caractéristiques des eaux de robinet de la ville de Khenchela

a - Le Couple SO<sub>4</sub>-Cl<sup>-</sup>Figure 36 = Représentation graphique du couple SO<sub>4</sub>-Cl<sup>-</sup>

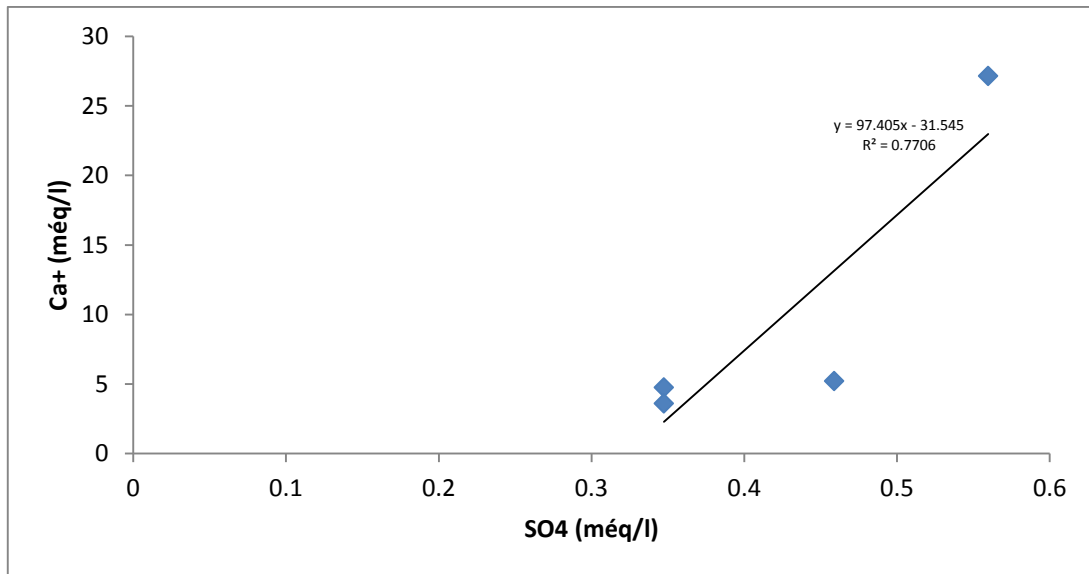
Tenant compte de la dominance des faciès chloruré et sulfaté, il est important de vérifier la relation entre ces deux éléments. Le graphe montre une dispersion des points indiquant une évolution proportionnelle des deux éléments ayant donc une origine salifère commune.

**b-Le Couple SO<sub>4</sub>/Cl<sup>-</sup> Conductivité :****Figure 37** = Représentation graphique du couple SO<sub>4</sub>/Cl<sup>-</sup> Conductivité .

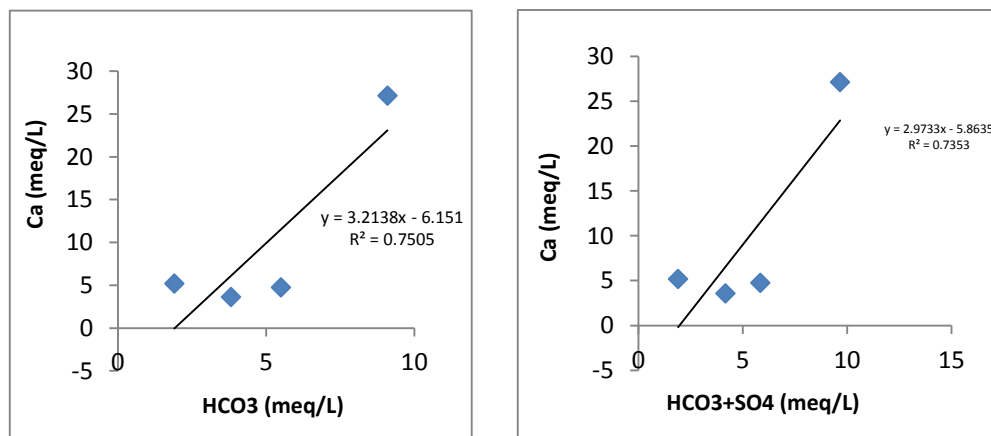
Ce rapport permet de déterminer la manière selon laquelle évolue la solution des ions évaporitiques en fonction de la conductivité électrique. D'une autre manière d'influence de ces ions sur la conductivité électrique de l'eau. On peut noter que la conductivité est influencée par les chlorures plus que les sulfates; où tous les points analysés présentent un rapport inférieur à 1, indiquant la dominance des ions des chlorures par rapport aux ions sulfatés.

**c-Le couple Ca<sup>+</sup>-Na<sup>+</sup> :****Figure 37** = Représentation graphique du couple Ca<sup>+</sup>-Na<sup>+</sup>

Le graphe met en évidence une évolution simultanée du calcium et du sodium suite à la dissolution des évaporites.

**d-Le Couple  $\text{Ca}^+$  -  $\text{SO}_4^{2-}$  :****Figure 38** = Représentation graphique du couple  $\text{Ca}^+$  -  $\text{SO}_4^{2-}$ 

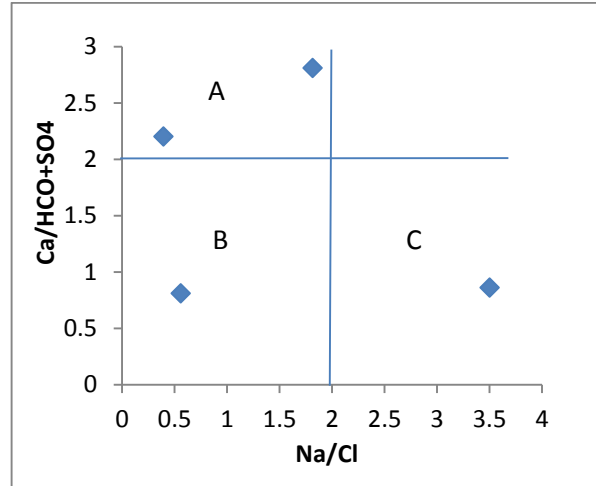
L'examen de cette relation montre une évolution proportionnelle des sulfates et du calcium. Cette relation traduit la dissolution d'un sulfate de calcium d'origine évaporitique. Cette relation confirme l'existence du faciès sulfaté calcique.

**IV -2-6-1- Origine de Calcium :****Figure 39** : L'évolution du calcium en fonction des bicarbonates.

La figure montre l'évolution du calcium en fonction des bicarbonates. Les points se positionnant proportionnellement sur la droite de pente 1 indiquent l'origine carbonatée des ions du calcium. Cependant, le point 01(Réservoir 2000m<sup>3</sup>) montre un excès du calcium suite à la dissolution du gypse.

**a- Diagramme  $Ca^{2+}/HCO_3^-+SO_4^{2-}$  \_  $Na^+/Cl^-$ :**

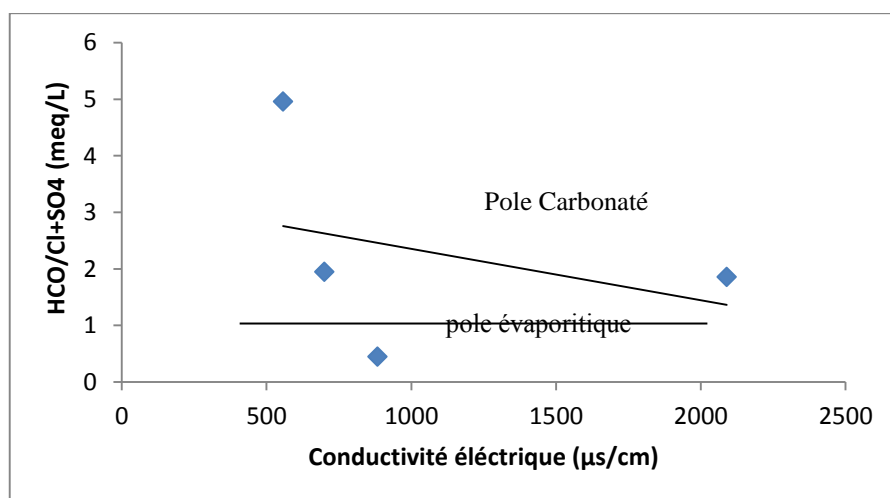
**Figure 40** = Diagramme  $Ca^{2+}/HCO_3^-+SO_4^{2-}$  \_  $Na^+/Cl^-$



Le rapport de tous les points d'eau sur le diagramme montre que seul le points d'eau prélevé au niveau de réservoir 2500m<sup>3</sup> a subit un échange de base, les 2 points (réservoir 2000m<sup>3</sup> et la localité Bouzidi Nabil) présentent un excès en Ca<sup>2+</sup> par rapport aux ions HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> et SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Alors que le déficit en Na<sup>+</sup> et en Ca<sup>2+</sup>, est présent au niveau des eaux de robinet de Mzdaouet Cité Urbaco . L'excès en Na<sup>+</sup> qui s'accompagne par un déficit en Ca<sup>2+</sup> et Cl<sup>-</sup> témoigne la responsabilité de l'échange de base dans l'augmentation des teneurs en Na<sup>+</sup>

**b- Rapport  $HCO_3^-/Cl^-+SO_4^{2-}$  :**

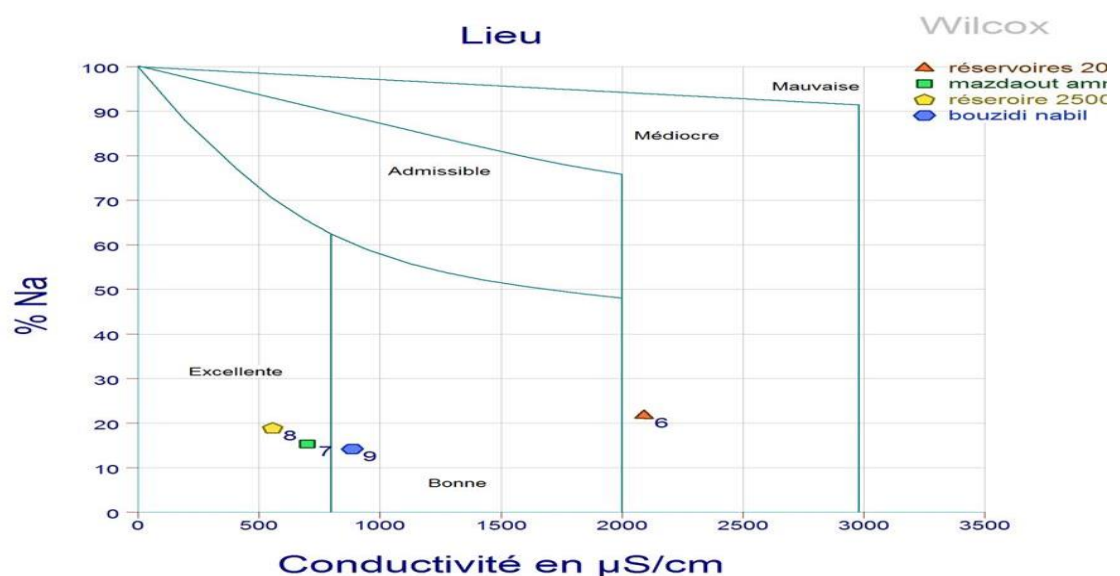
**Figure 41** : Représentation graphique du rapport  $HCO_3^-/Cl^-+SO_4^{2-}$



La représentation graphique des points d'eau sur ce diagramme montre une diminution du rapport en fonction de la conductivité électrique; Deux pôles sont observés. L'un carbonaté est caractérisé par une dominance des ions carbonatés ( $\mu < 1000 \mu\text{S}/\text{cm}$ ) représenté par les eaux des réservoirs  $2000\text{m}^3$ , et  $2500\text{m}^3$  où les eaux de plusiers forages se mélangent pour l'alimentation de la ville en eau potable . Et l'autre représente le pôle évaporitique représenté par les eaux de robinet de Mazdaouet cité urbaco et Bouzidi cité affirme une dominance des ions sulfatés et chlorurés. Ce pôle apparaît pour les conductivités électriques supérieures à  $500\mu\text{S}/\text{cm}$ .

#### IV -2-6-2- Diagramme de Wilcox après traitement :

Figure 42 : Représentation graphique Wilcox des eaux après traitement



On assiste a

- Des eaux d'excellente qualité au niveau de réservoir  $2500\text{m}^3$  qui alimenté en eau a partir le champ captant Sekkala ; ainsi que les eaux au niveau de la cité Urbaco présentées par maison Mazdaouet Ammar.
- A des eaux de bonne qualité au niveau de la cité Route de Batna alimentée par les eaux de forages de champ captant Remila .
- A des eaux de qualité médiocre à mauvaise présentées par le réservoir  $2000\text{m}^3$  alimentant les quartiers (Boudjelbana – Cité Marir – Cité Annour – Camp Belge).

**IV-2-7- classification des eaux :**

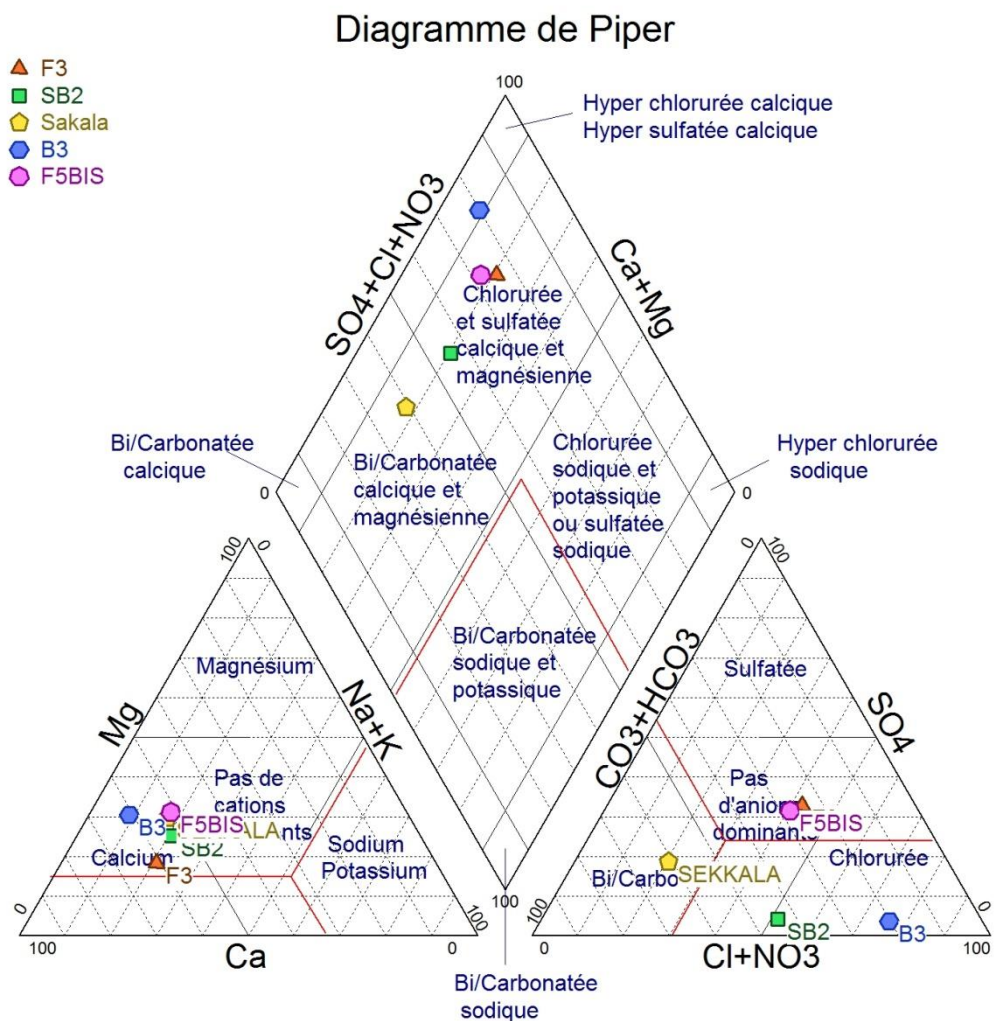
Pour représenter graphiquement les résultats des analyses d'eau, nous nous sommes limité uniquement au diagramme de SCHOELLER-BERKALLOF et PIPER que nous avons le plus employé pour mettre en relief le faciès hydrochimique des eaux de la région.

**IV-2-7-1- classification de piper :**

**a-Avant traitement (les eaux de forages) :**

La représentation graphique des résultats des analyse chimiques sur le diagramme de Piper montre une évolution du faciès chimique depuis des eaux Bi/Carbonatée calcique et magnésienne vers un faciès Chlorurée et sulfatée calcique magnésienne.

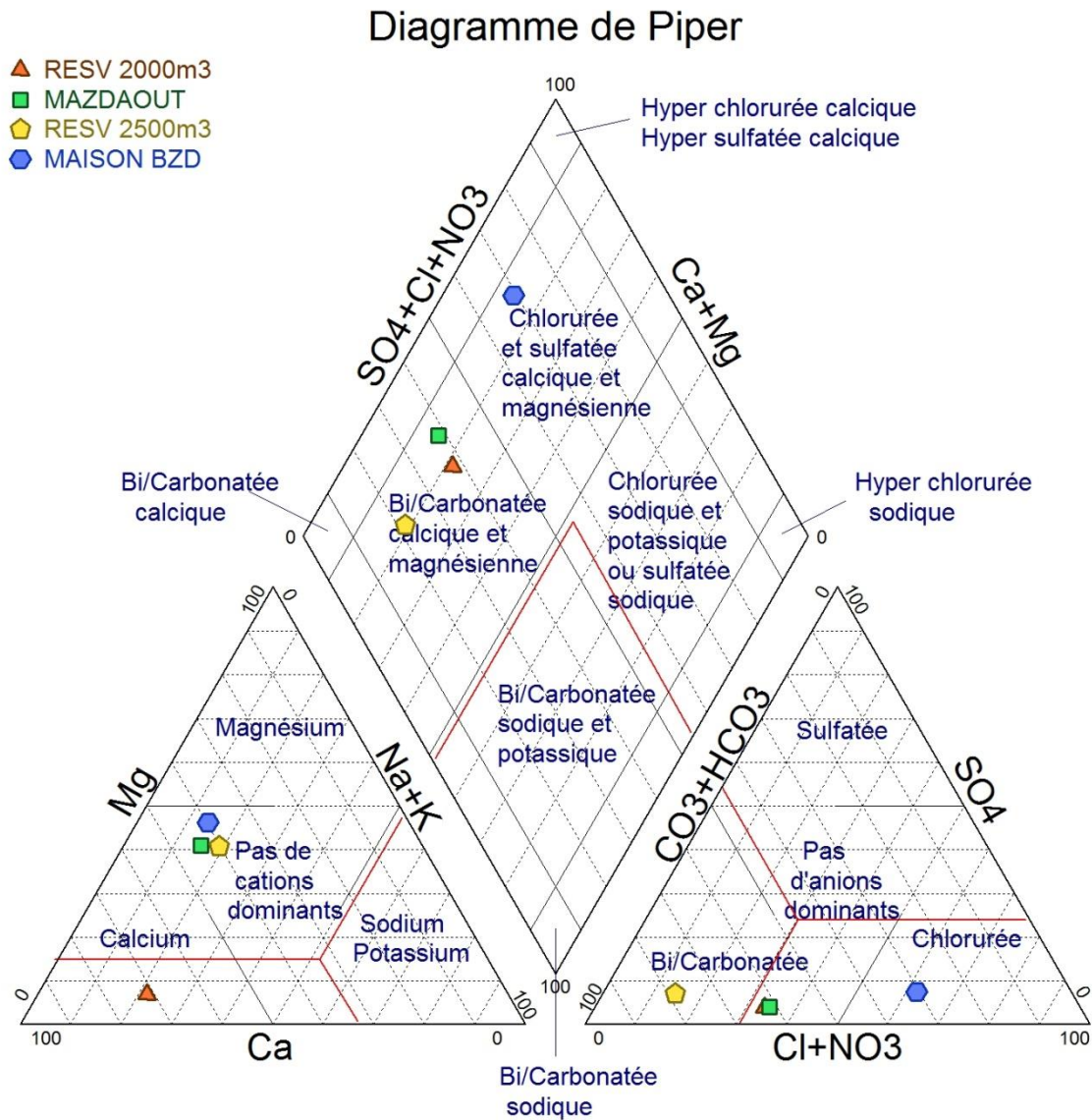
**Figure 43 :** Diagramme de Piper des eaux de forage



**b-Après traitement (les eaux de consommation et de robinet) :**

Le faciès chimique des eaux de consommation après traitement n'a pas présenté d'un vrai changement dont lequel les eaux de robinet ont un faciès chimique Bi/carbonatée calcique et magnésienne vers un faciès chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne.

**Figure 44** : Diagramme de Piper des eaux de consommation et de Robinet

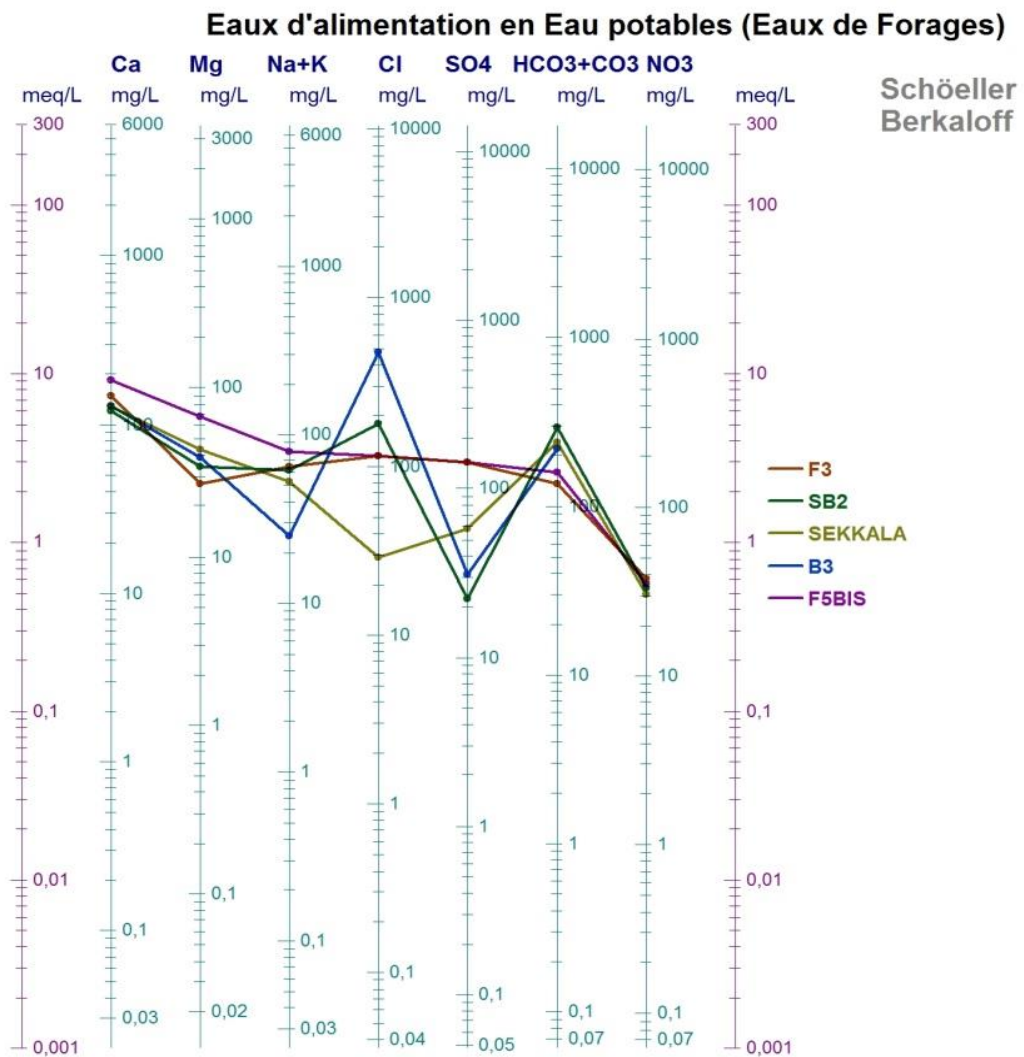


IV-2-7-2-- classification de Scholler-Berkalof :

a-Avant traitement :

Quand on observe les représentations de diagramme semi loge Scholler –Berkaloff on remarque une similitude dans l’allure de déferentes courbes avec un maximum pour les anions Cl et pour HCO3 + CO3 cela ne montre qu’il s’agit d’un seul faciès chimique Chlorurée et sulfatée calcique magnésienne.

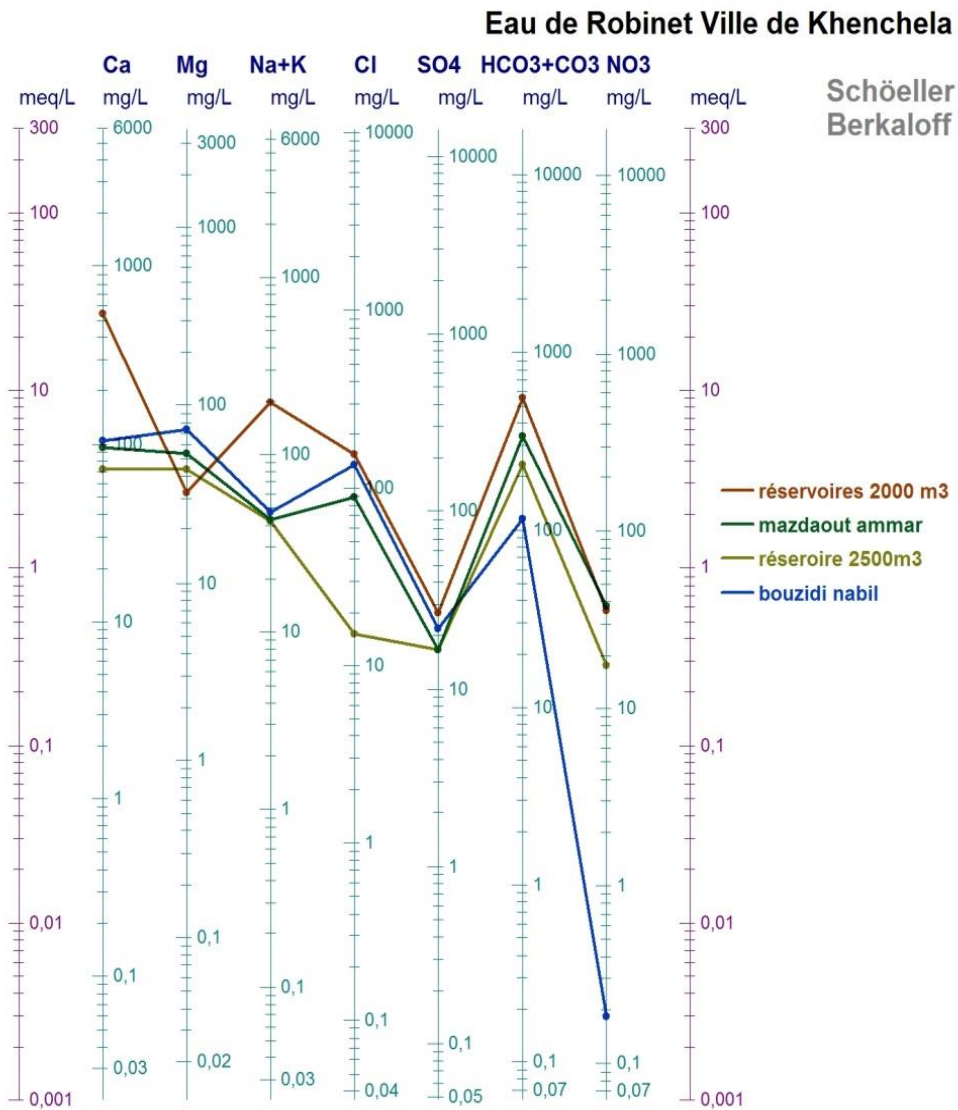
Figure 45: Diagramme de Scholler-Berkaloff des eaux de forage



**b- Après traitement :**

Sur cette représentation graphique de Schoeller- Berkaloff on remarque que les eaux de consommation après traitement ont un faciès chimique de nature chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne.

**Figure 46:** Diagramme de Scholler-Berkaloff des eaux de consommation



**Conclusion :**

L'étude hydro chimique des eaux, montre à travers les 9 échantillons prélevés, un seul faciès chimique en rapport avec la géologie des aquifères.

D'après les résultats des deux méthodes de classification chimique des eaux, on remarque que : Les eaux qui alimente la ville de kenchela présentent des températures variant de 10.8 °C à 17°C, une conductivité entre 557 et 2090  $\mu\text{mho/cm}$ .

Comme résultats des analyses physico chimique de l'eau de robinet de la ville de Khenchela avant et après traitement on a trouvé que c'est une eau de bonne qualité qu'on peut la consommer pour multiple usages. Sauf que les eaux de réservoirs 2000 m<sup>3</sup> sont de qualité médiocre à mauvaise.

### Conclusion générale :

Cette étude nous a amené à conclure les résultats suivants :

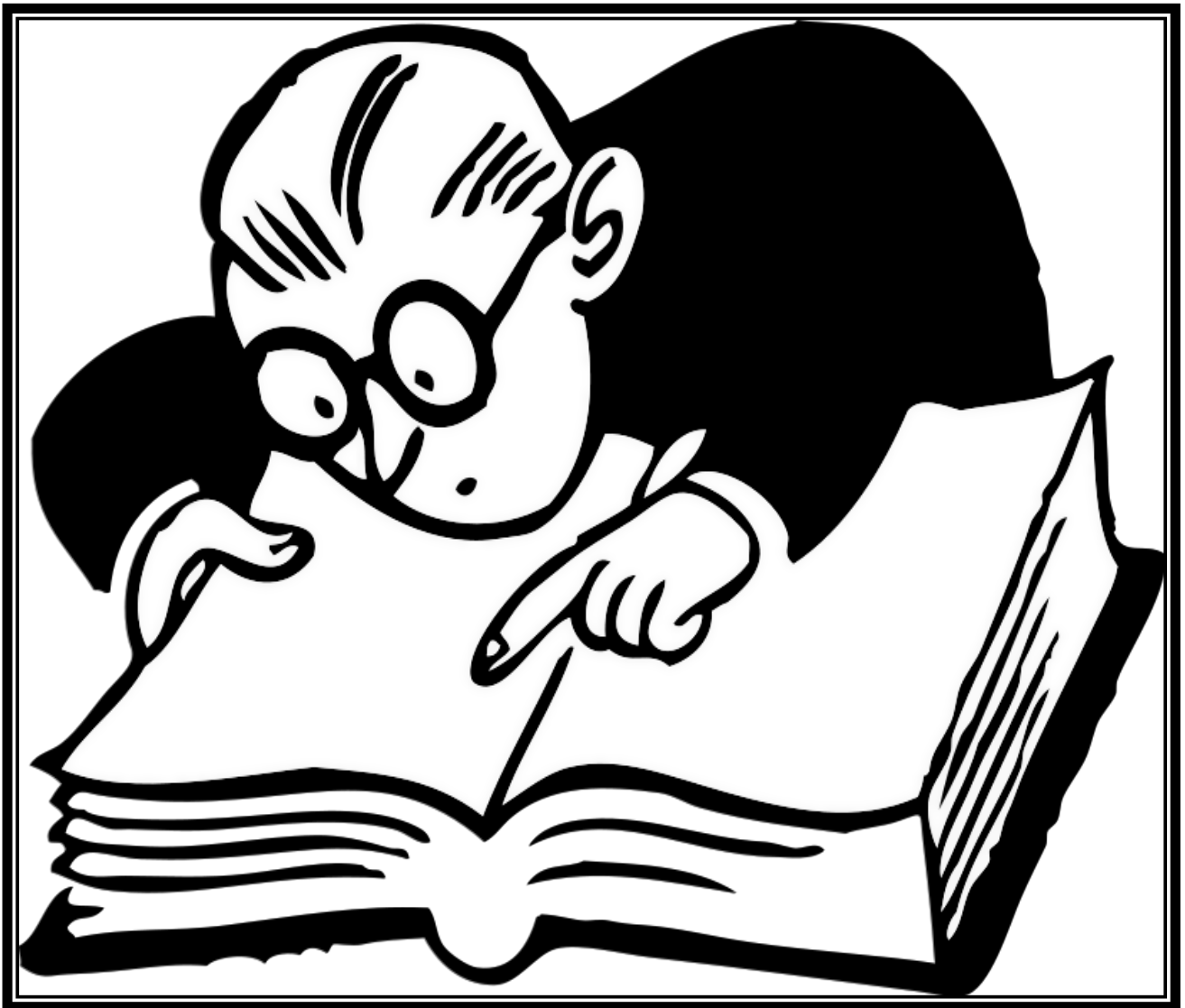
La wilaya de Khenchela dans sa structure géologique. Appartient au massif des Aurès. Avec une stratigraphie qui s'étale du Trias jusqu'au Quaternaire, sa partie nord ce sont les hauts plateaux la partie sud c'est la plate forme saharienne, ou on observe une diversité de formations géologiques, qui donne naissance à trois systèmes aquifères deux sont profonds et une nappe superficielle.

La zone de Khenchela comporte trois nappes aquifères. La nappe du Quaternaire la plus important et plus exploitée par les forages avec une épaisseur varie de 5 à 30m. La nappe du Crétacé qui vient en seconde position marquée par des formations semi-perméables avec l'épaisseur dépasse 250m.

Pour cette région nous constatons un allongement de la période sèche qui s'étale de Mai jusqu'à Aout, elle coïncide avec la période la plus chaude (été), et une période humide plus longue qui commence d'octobre et se prolonge jusqu'à le mois de Mai Elle est caractérisée par un hiver froid où la température minimum du mois le plus froid est de 1.8° C en janvier. Le bilan hydrique de la zone d'étude montre les caractéristiques suivantes : une évapotranspiration réelle représentant 375.5mm et 504.8mm des précipitations.

L'étude hydro chimique de la région qui est basé sur l'analyse et l'interprétation des échantillons avant traitement des forages qui alimente la ville de khenchela en eau potable et des échantillons après traitement des eaux de consommation de l'eau de robinets montre la prédominance des éléments chimiques : Ca . HCO<sub>3</sub><sup>+</sup> CO<sub>3</sub> et Cl<sup>-</sup>. Permettent de distinguer deux (02) faciès chimique Bi/Carbonatée calcique et magnésienne et un faciès Chlorurée et sulfatée calcique magnésienne.

# Référence bibliographique



- ADE 2014** : Algérienne des eaux Rapport final laboratoire d'ADE unité khenchela  
(exploitation + laboratoire)
- ADE 2015**: Laboratoire (Algérienne des eaux) – Khenchela – ( exploitation + laboratoire )
- ADE 2016**: (Algérienne des eaux) unité Khenchela ( exploitation + laboratoire )
- ALIABBOU SARAH. Benmlouka Mama 2014** : mémoire De fin d'Etudes pour l'Obtention du Diplôme MASTER II ; caractéristique physico-chimiques des eaux embouteillées Algérienne et vérification d'étiquetage.
- ANGM 2010** : Agence nationale de la géologie et du contrôle minier
- Azzoug R. 1998** : Contribution à l'évaluation d'une éventuelle pollution par les nitrates dans les eaux de sources (Aïn-Abid Sellaoua-Announa). Mém ; Ing, Ecologie. Université. Constantine. 63 p.
- Bakalowicz, 1979** : Contribution de la géochimie des eaux à la connaissance de l'aquifère karstique et de la karstification. Thèse Doctorat Es. Sciences.
- Dajoz, 1982** : Précis d'écologie. Ed. Bordas, Paris, 495p.
- Dajoz, 1985** : Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris 505p
- D.H.W.** : Année 2008. Direction de l'hydraulique
- DPAT 2014**: Direction de la programmation et le suivi du budget annuaire statistique khenchela)
- DPAT 2015** : Annuaire statistique Khenchela, Direction de la programmation et le suivi du budget annuaire statistique.
- E.E.C, (2003)** Etude d'actualisation du schéma directeur de la gestion des déchets urbains de la ville de khenchela.60p .
- Emberger L. 1955** : une classification biogéographique des climats. Trav. Inst. Bot. Montpellier, 7 : 3-43
- François Renard 2002** : Master professionnel- DESS cours d'hydrogéologie octobre 2002

**Freeze R.A. and Cherry , J.A (1979)** : Groundwater. prentice-hall Englewood cliffs , NJ .pp604

**Gilles Balloy et All, 2012** : Qualité des eaux de robinet.

**Houha B 1996** : Quantité et qualité des eaux souterraines de la région de Khenchela, thèse de magister. Univ Badji Mokhtar Annaba. 113p

**Houha B 2007** : Etude du fonctionnement hydrogéochimique et salin d'un bassin semi-aride. Remila-khenchela, thèse de doctorat d'état. Université Badji Mokhtar Annaba. 165p

**Hamed Bouafia 2015** : .Mémoire magister Hydrodynamique souterraine et transfert des réservoirs profonds (couplage architecture stratigraphique vulnérabilité et risque de pollution) dans la région de Khenchela . 2015 université Annaba

**Jean Rodier Bernard LEGUBE, Nicole MERLET et coll.** : L'analyse de l'eau 9ème édition entièrement mise à jour 1579 pages

**Jacques BAUDRY, et JOUIN, Agnès, dir** : (2003) De la haie aux bocages. Organisation, dynamique et gestion. 435 p.

**OMS 2004** : Organisation Mondiale de la Santé Guidelines for drinking-water quality. Vol.1. Recommandations. Organisation mondiale de la santé 3rd Ed. World Health Organization. Geneva

**Ramade, 1984** : éléments d'écologie : écologie fondamentale, édit, Dunod, paris, 397p

**Rapport sur la surveillance de la qualité de l'eau potable en Algérie, 2008**

**R. Guiraud 1973** : évolution post-triasique de l'avant pays de la chaîne alpine en Algérie d'après l'étude du bassin du Hodna et de régions voisines. Thèse SCI. Univ. Nice, 270p

**R. Laffitte, 1939** : étude géologique des Aurès. Bull. Serv. Carte géol. Algérie, 484 p. 2ème série. N° 15. Alger. (1939). Pp. 175-451.

**SEQ** : Eaux Souterraines Système d'évaluation de la qualité des eaux souterraines Rapport de présentation Version 0.1 - Août 2003 75 pages

**SMK** : Station météorologique d'ElHamma Wilaya de khenchela .

**Vila J.M., 1977** : Carte géologique de l'Algérie au 1/50 000. Feuille de kenchela. N°203, Sonatrach.

**Bon d'analyses**

Nature et lieu du prélèvement : forage F3 CHAMP REMILA )

Prélèvement date : 07/02/2016

Heure : 11h

Motif d'analyse : APC +AB

Date de libération :

Par : Laboratoire Khenchela

Secteur : khenchela

Paramètres physico-chimique	Résultats	Unité	Normes	Paramètres Bactériologiques	Résultats	Unité	Normes
Ph	7.29	/	6.5 -- 9.0	Coliformes Totaux	Absence	100/ml	10
conductivité	972	Us/cm	2800				
Turbidité	0.60	NTU	5				
Température	16.7	C°	25°				
Paramètres de pollution	Résultats	Unités	Normes NA	Coliformes fécaux	Absence	100/ml	00
				Streptocoques fécaux	Absence	100/ml	00
				Matière Organique	/	mg/l	3
Nitrite	00	mg/l	0.2	Minéralisation Globale	Résultats	Unité	Normes
Nitrate	37.655	mg/l	50				
phosphate	00	mg/l	/				
Minéralisation Globale	Résultats	Unité	Normes	Minéralisation Globale	Résultats	Unité	Normes
Calcium	148	mg/l	200	Bicarbonates	135	mg/l	/
Magnésium	27	mg/l	150	Titre alcalin(TAC)	11.1	F°	/
Dureté totale	50	F°	50	Titre alcalin(TA)	00	mg/l	/
chlorures	115	mg/l	500	Sulfate	142.230	mg/l	400
				Fer	00	mg/l	/

**Observation :**

Chef de laboratoire



Baghail Bouage

**Bon d'analyses**

Nature et lieu du prélèvement : station SB2

Prélèvement date : 25/02/2016

Heure : 11h

Motif d'analyse : APC +AB

Date de libération :

Par : Laboratoire Khenchela

Secteur : khenchela

Paramètres physico-chimique	Résultats	Unité	Normes	Paramètres Bactériologiques	Résultats	Unité	Normes	
Ph	7.32	/	6.5 -- 9.0	Coliformes Totaux	Absence	100/ml	10	
conductivité	1065	Us/cm	2800		Coliformes fécaux	Absence	100/ml	00
Turbidité	1.10	NTU	5			Streptocoques fécaux	Absence	100/ml
Température	17	C°	25°	Matière Organique	9.33		mg/l	3
<b>Paramètres de pollution</b>	<b>Résultats</b>	<b>Unités</b>	<b>Normes NA</b>					
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> Ammonium	0.018	mg/l	0.5					
Nitrite	00	mg/l	0.2	Minéralisation Globale	Résultats	Unité	Normes	
No <sub>3</sub> <sup>-</sup> Nitrate	33.167	mg/l	50					
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> phosphate	00	mg/l	/					
Ca	<b>120</b>	mg/l	200	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Bicarbonates	292	mg/l	/	
Mg Magnésium	34	mg/l	150	Titre alcalin(TAC)	23.9	F°	/	
Dureté totale	<b>44</b>	F°	50	Titre alcalin(TA)	00	mg/l	/	
Cl <sup>-</sup> chlorures	178	mg/l	500	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> Sulfate	22.319	mg/l	400	
				Fe Fer	0	mg/l	/	

**Observation :**

Chef de laboratoire



**Bon d'analyses**

Nature et lieu du prélèvement : forage sekkala  
 Prélèvement date : 29/02/2016  
 Heure : 11h  
 Motif d'analyse : APC +AB

Date de libération :  
 Par : Laboratoire Khenchela  
 Secteur : khenchela

Paramètres physico-chimique	Résultats	Unité	Normes	Paramètres Bactériologiques	Résultats	Unité	Normes	
Ph	7.62	/	6.5 -- 9.0	Coliformes Totaux	Absence	100/ml	10	
conductivité	736	Us/cm	2800					
Turbidité	0.50	NTU	5					
Température	15.7	C°	25°					
Paramètres de pollution	Résultats	Unités	Normes NA	Coliformes fécaux	Absence	100/ml	00	
	Ammonium	00	mg/1	0.5	Streptocoques fécaux	Absence	100/ml	00
	Nitrite	00	mg/1	0.2	Matière Organique	/	mg/1	3
	Nitrate	30.221	mg/1	50				
	phosphate	00	mg/1	/				
Minéralisation Globale	Résultats	Unité	Normes	Minéralisation Globale	Résultats	Unité	Normes	
Calcium	127	mg/1	200	Bicarbonates	238	mg/1	/	
Magnésium	43	mg/1	150	Titre alcalin(TAC)	19.5	F°	/	
Dureté totale	49	F°	50	Titre alcalin(TA)	00	mg/1	/	
chlorures	29	mg/1	500	Sulfate	57.596	mg/1	400	
				Fer	00	mg/1	/	

**Observation :**



**Bon d'analyses**

Nature et lieu du prélèvement : forage begaga B3 (CHAMP begaga )

Prélèvement date : 03/02/2016

Heure : 11h

Motif d'analyse : APC +AB

Date de libération :

Par : Laboratoire Khenchela

Secteur : khenchela

Paramètres physico-chimique	Résultats	Unité	Normes	Paramètres Bactériologiques	Résultats	Unité	Normes	
Ph	6.99	/	6.5 -- 9.0	Coliformes Totaux	Absence	100/ml	10	
conductivité	2060	Us/cm	2800					
Turbidité	1.60	NTU	5					
Température	16.4	C°	25°					
Paramètres de pollution	Résultats	Unités	Normes NA	Coliformes fécaux	Absence	100/ml	00	
	Ammonium	00	mg/l	0.5	Streptocoques fécaux	Absence	100/ml	00
	Nitrite	00	mg/l	0.2	Matière Organique	/	mg/l	3
	Nitrate	00	mg/l	50				
	phosphate	0.164	mg/l	/				
Minéralisation Globale	Résultats	Unité	Normes	Minéralisation Globale	Résultats	Unité	Normes	
Calcium	129	mg/l	200	Bicarbonates	220	mg/l	/	
Magnésium	39	mg/l	150	Titre alcalin(TAC)	18	F°	/	
Dureté totale	48	F°	50	Titre alcalin(TA)	00	mg/l	/	
chlorures	480	mg/l	500	Sulfate	31.340	mg/l	400	
				Fer	00	mg/l	/	

**Observation :**

Chef de laboratoire



**Bon d'analyses**

Nature et lieu du prélèvement : forage F5 BIS (champ remila )

Prélèvement date : 07/02/2016

Heure : 11h

Motif d'analyse : APC +AB

Date de libération :

Par : Laboratoire Khenchela

Secteur : khenchela

Paramètres physico-chimique	Résultats	Unité	Normes	Paramètres Bactériologiques	Résultats	Unité	Normes	
Ph	7.13	/	6.5 -- 9.0	Coliformes Totaux	Absence	100/ml	10	
conductivité	1744	Us/cm	2800					
Turbidité	1.10	NTU	5					
Température	16.8	C°	25°					
Paramètres de pollution	Résultats	Unités	Normes NA	Coliformes fécaux	Absence	100/ml	00	
	Ammonium	0.022	mg/l	0.5	Streptocoques fécaux	Absence	100/ml	00
	Nitrite	00	mg/l	0.2	Matière Organique	/	mg/l	3
	Nitrate	35.440	mg/l	50				
	phosphate	00	mg/l	/				
Minéralisation Globale	Résultats	Unité	Normes	Minéralisation Globale	Résultats	Unité	Normes	
Calcium	184	mg/l	200	Bicarbonates	160	mg/l	/	
Magnésium	68	mg/l	150	Titre alcalin(TAC)	13.1	F°	/	
Dureté totale	74	F°	50	Titre alcalin(TA)	00	mg/l	/	
chlorures	115	mg/l	500	Sulfate	141.864	mg/l	400	
				Fer	00	mg/l	/	

**Observation :**

Chef de laboratoire

الجزائرية للمياه  
المختبر  
وحدة خنشلة

إدارة المختبر لبيزو كينشلية  
أحمد بن صالح

**Bon d'analyses**

Nature et lieu du prélèvement : réservoir 2000 m3

Prélèvement date : 03/02/2016

Heure : 11h

Motif d'analyse : APC +AB

Date de libération :

Par : Laboratoire Khenchela

Secteur : khenchela

Paramètres physico-chimique	Résultats	Unité	Normes	Paramètres Bactériologiques	Résultats	Unité	Normes
Ph	7.34	/	6.5 -- 9.0	<b>Coliformes Totaux</b>	Absence	100/ml	10
conductivité	2090	Us/cm	2800				
Turbidité	0.35	NTU	5				
Température	17	C°	25°				
<b>Paramètres de pollution</b>	<b>Résultats</b>	<b>Unités</b>	<b>Normes NA</b>	<b>Coliformes fécaux</b>	Absence	100/ml	00
Ammonium	0.014	mg/l	0.5	<b>Streptocoques fécaux</b>	Absence	100/ml	00
Nitrite	00	mg/l	0.2	<b>Matière Organique</b>	/	mg/l	3
Nitrate	35.65	mg/l	50				
phosphate	00	mg/l	/				
<b>Minéralisation Globale</b>	<b>Résultats</b>	<b>Unité</b>	<b>Normes</b>	<b>Minéralisation Globale</b>	<b>Résultats</b>	<b>Unité</b>	<b>Normes</b>
Calcium	<b>543</b>	mg/l	200	Bicarbonates	555	mg/l	/
Magnésium	32	mg/l	150	Titre alcalin(TAC)	45.5	F°	/
Dureté totale	<b>146</b>	F°	50	Titre alcalin(TA)	00	mg/l	/
chlorures	154	mg/l	500	Sulfate	26.866	mg/l	400
				Fer	/	mg/l	/

**Observation :****Chef de laboratoire**



**Bon d'analyses**

Nature et lieu du prélèvement : réservoir 2500 m<sup>3</sup>  
 Prélèvement date : 29/02/2016  
 Heure : 11h  
 Motif d'analyse : APC +AB

Date de libération :  
 Par : Laboratoire Khenchela  
 Secteur : khenchela

Paramètres physico-chimique	Résultats	Unité	Normes	Paramètres Bactériologiques	Résultats	Unité	Normes
Ph	7.65	/	6.5 -- 9.0	Coliformes Totaux	Absence	100/ml	10
conductivité	557	Us/cm	2800				
Turbidité	0.45	NTU	5				
Température	14.7	C°	25°	Coliformes fécaux	Absence	100/ml	00
Ammonium	0.011	mg/l	0.5	Streptocoques fécaux	Absence	100/ml	00
Nitrite	0.002	mg/l	0.2	Matière Organique	/	mg/l	3
Nitrate	17.374	mg/l	50				
phosphate	00	mg/l	/				
Paramètres de pollution	Résultats	Unités	Normes NA	Minéralisation Globale	Résultats	Unité	Normes
Calcium	72	mg/l	200	Bicarbonates	233	mg/l	/
Magnésium	44	mg/l	150	Titre alcalin(TAC)	19.1	F°	/
Dureté totale	36	F°	50	Titre alcalin(TA)	00	mg/l	/
chlorures	15	mg/l	500	Sulfate	16.672	mg/l	400
				Fer	/	mg/l	/

**Observation :**

الجورال كهنشلا  
 المختبر  
 وحدة خنشة  
 ب أمسال

**Bon d'analyses**

Nature et lieu du prélèvement : bouzidi nabil (route de batna )

Prélèvement date : 01/03/2016

Heure : 11h

Motif d'analyse : APC +AB

Date de libération :

Par : Laboratoire Khenchela

Secteur : khenchela

Paramètres physico-chimique	Résultats	Unité	Normes	Paramètres Bactériologiques	Résultats	Unité	Normes
Ph	7.83	/	6.5 -- 9.0	Coliformes Totaux	Absence	100/ml	10
conductivité	883	Us/cm	2800				
Turbidité	0.70	NTU	5				
Température	10.8	C°	25°				
Paramètres de pollution	Résultats	Unités	Normes NA	Coliformes fécaux	Absence	100/ml	00
				Streptocoques fécaux	Absence	100/ml	00
				Matière Organique	/	mg/l	3
				Ammonium	0.0174	mg/l	0.5
				Nitrite	00	mg/l	0.2
Nitrate	0.182	mg/l	50	Minéralisation Globale	Résultats	Unité	Normes
phosphate	00	mg/l	/				
Minéralisation Globale				Minéralisation Globale			
Calcium	104	mg/l	200	Bicarbonates	116	mg/l	/
Magnésium	73	mg/l	150	Titre alcalin(TAC)	9.5	F°	/
Dureté totale	56	F°	50	Titre alcalin(TA)	00	mg/l	/
chlorures	136	mg/l	500	Sulfate	22.026	mg/l	400
				Fer	/	mg/l	/

**Observation :**

Chef de laboratoire

الجزائر الجمهورية الديمقراطية الشعبية  
 وزارة الصحة  
 وخدمات صحة الإنسان  
 قسنطينة  
 قسنطينة

18 Rabie Ethani 1432  
23 mars 2011

JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 18

7

## ANNEXE

## PARAMETRES DE QUALITE DE L'EAU DE CONSOMMATION HUMAINE

Tableau 1 : PARAMETRES AVEC VALEURS LIMITES

GRUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS LIMITES
Paramètres chimiques	Aluminium	mg/l	0,2
	Ammonium	mg/l	0,5
	Baryum	mg/l	0,7
	Bore	mg/l	1
	Fer total	mg/l	0,3
	Fluorures	mg/l	1,5
	Manganèse	µg/l	50
	Nitrates	mg/l	50
	Nitrites	mg/l	0,2
	Oxydabilité	mg/l O <sub>2</sub>	5
	Phosphore	mg/l	5
	Acrylamide	µg/l	0,5
	Antimoine	µg/l	20
	Argent	µg/l	100
	Arsenic	µg/l	10
	Cadmium	µg/l	3
	Chrome total	µg/l	50
	Cuivre	mg/l	2
	Cyanure	µg/l	70
	Mercuré	µg/l	6
Nickel	µg/l	70	
Plomb	µg/l	10	
Sélénium	µg/l	10	
Zinc	mg/l	5	

## ANNEXE (suite)

GROUPÉ DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS LIMITES
Paramètres chimiques	Hydrocarbures polycycliques aromatiques (H.P.A) totaux	µg/l	0,2
	fluoranthène, benzo (3,4) fluoranthène, benzo (1,12) fluoranthène, benzo (3,4) pyrène, benzo (1,12) pérylène, indéno (1,2,3-cd) pyrène.		
	benzo (3,4) pyrène	µg/l	0,01
	Hydrocarbures dissous ou émulsionnés extraits au CCl <sub>4</sub>	µg/l	10
	Phénols	µg/l	0,5
	Benzène	µg/l	10
	Toluène	µg/l	700
	Ethylbenzène	µg/l	300
	Xylènes	µg/l	500
	Styrène	µg/l	100
	Agents de surface réagissant au bleu de méthylène	mg/l	0,2
	Epychlorehydrine	µg/l	0,4
	Microcystine LR	µg/l	0,1
	Pesticides par substance individualisée - Insecticides organochlorés persistants, organophosphorés et carbamates, les herbicides, les fongicides, les P.C.B. et P.C.T	µg/l	0,1
	à l'exception de aldrine et dieldrine		0,03
	Pesticides (Totaux)	µg/l	0,5
	Bromates	µg/l	10
	Chlore	mg/l	5
Chlorite	mg/l	0,07	
Trihalométhanes (THM) (Total) Chloroforme, Bromoforme, Dibromochlorométhane, Bromodichlorométhane	µg/l	100	

18 Rabie Ethani 1432  
23 mars 2011

JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 18

9

## ANNEXE (suite)

GRUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS LIMITES
Paramètres chimiques (suite)	Chlorure de vinyle	µg/l	0,3
	1,2 - Dichloroéthane	µg/l	30
	1,2 - Dichlorobenzène	µg/l	1000
	1,4 - Dichlorobenzène	µg/l	300
	Trichloroéthylène	µg/l	20
	Tetrachloroéthylène	µg/l	40
Radionucléides	Particules alpha	Picocurie/l	15
	Particules bêta	Millirems/an	4
	Tritium	Bequerel/l	100
	Uranium	µg/l	15
	Dose totale indicative (DTI)	(mSv/an)	0,1
Paramètres microbiologiques	Escherichia Coli	n/100ml	0
	Entérocoques	n/100ml	0
	Bactéries sulfitoréductrices y compris les spores	n/20ml	0

Tableau 2 : PARAMETRES AVEC VALEURS INDICATIVES

GRUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS INDICATIVES
Paramètres organoleptiques	Couleur	mg/l Platine	15
	Turbidité	NTU	5
	Odeur à 12°C	Taux dilution	4
	Saveur à 25°C	Taux dilution	4
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	Alcalinité	mg/l en CaCO <sub>3</sub>	500
	Calcium	mg/l en CaCO <sub>3</sub>	200
	Chlorures	mg/l	500
	Concentration en ions hydrogène	Unité pH	≥ 6,5 et ≤ 9
	Conductivité à 20°C	µS/cm	2800
	Dureté	mg/l en CaCO <sub>3</sub>	200
	Potassium	mg/l	12
	Résidu sec	mg/l	1500
	Sodium	mg/l	200
	Sulfates	mg/l	400
Température	°C	25	









### Résumé

La région de khenchela est connue par son climat variable aride et semi aride .La connaissance de ses réserves d'eaux est obligatoire car ils sont la source principale pour satisfaire ses besoin en eaux (potable, agricole, industriel) .Ces réserves sont généralement stocké dans les nappes aquifères souterraine.

L'étude géologique et stratigraphique nous a amené a délimité trois types des nappes aquifères, l'aquifères quaternaire, miocène et crétaé. qui sont généralement répartie au nord de la région

la commune de khenchela est composé de huit secteurs qui sont alimentés a partir de quatre sources d'alimentation en eau potable qui sont les forages de Remila ,Sekkala ,Begaga,et Baghai

L'étude hydrodynamique et hydrogéologique nous a permis de situer les niveaux perméables susceptibles de constituer des nappes profonds et de estimer les réserves prévues et d'avoir une idée sur les capacités peut être exploitées ainsi que le comportement des eaux relatives a la géométrie de ces aquifères.

L'analyse des eaux de la région de khenchela permettant de révelée les facies chimiques prédominant a ces eaux qui sont différent d'une région a une autre et d'une nappe a une autre. et l'interprétation de ces analyses nous conduit de savoir l'origine de ces eaux les principaux facteurs les infectées.

La protection de ces nappes contre la pollution faudra une surveillance permanente de ses eaux.

**Mots clés :** réservoir, nappes souterraine, forage, hydrogéologique, hydrochimie.

### **Abstract :**

The region of khenchela is known by its variable climate arid and semi arid. The knowledge of its water reserves is required because they are the main source to meet its needs in water (drinking, agricultural, industrial). These reserves are usually stored in underground aquifers.

The geological survey has led to us has defined three types of aquifers, the aquifers Quaternary, miocene and cretace. qui are generally distributed North region

the municipality of khenchela is composed of eight sectors which are fed from four sources of drinking water that are drilling Rajagopal, Sekkal, Barboza, and Baghai

Hydrodynamics and hydrogeological study allowed us to locate permeable levels constitute deep tablecloths and estimate the reservations set out and have an idea about the capacity can be exploited as well as the behaviour of relating water has the geometry of these aquifers.

The analysis of the waters of the region of khenchela to revealed chemical facies are predominant these waters which are different from one region to another and a tablecloth to another. and interpretation of these analyses led us to know the origin of these waters the main factors the infected.

These groundwater pollution protection will require permanent monitoring of its waters.

### **Key words:**

reservoir, aquifers, hydrodynamic, hydrogeological, hydrochimic .

### ملخص :

منطقة خنشلة المعروفة بالمناخ المتغير و المناطق القاحلة وشبه القاحلة. المنطقة معروفة باحتياطها من المياه لأنها المصدر الرئيسي للوفاء باحتياجاتها في المياه (مياه الشرب والزراعية والصناعية). وعادة ما يتم تخزين هذه الاحتياطيات في المياه الجوفية

المسح الجيولوجي قد أدى تحديد ثلاثة أنواع من طبقات المياه الجوفية، وطبقات المياه الجوفية الرباعي (كواترنار) ، ميوسيني و كريستاسي وهي موزعة عموماً في المنطقة الشمالية .

بلدية خنشلة تتألف من ثمانية قطاعات تتغذى من أربعة مصادر لمياه الشرب وهي: قطاع السقالة -قطاع بقاقة-قطاع بغاي وقطاع الرميلة.

تشكل الهيدروناميكا والدراسة الهيدروجيولوجية التي سمحت لنا بتحديد مستويات نفاذية مفاشر المياه الجوفية العميقة وتقدير التحفظات المنصوص عليها، وتكوين فكرة عن قدرات يمكن استغلالها عن السلوكيات المتعلقة بالمياه و هندسة طبقات المياه الجوفية.

تحليل مياه منطقة خنشلة لكشف السحنة الكيميائية الغالبة هذه المياه التي تختلف من منطقة إلى أخرى ومن مفرش إلى آخر. وتفسير هذه التحاليل أدت بنا إلى معرفة منشأ هذه المياه والعوامل الرئيسية لتلوث هذه المياه .

مما يستدعي حماية المياه الجوفية من التلوث و الرصد الدائم لمياهها.

### كلمات مفتاحية :

. الاحتياطيات، والمياه الجوفية ، الهيدروجيولوجية ،الهيدرو كيميائية والحفر