

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université 08 Mai 1945 Guelma 570, 447

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
et Sciences de la Terre et de l'Univers

Département de biologie



14/342

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDE**

*En vue de l'obtention du diplôme de Master en  
Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire*

**Thème :**

***Qualité physico-chimique des sources  
d'eau à l'exutoire de la nappe  
alluviale de Guelma***

**Présenté par :**

- **GOUDJIL ARIFA**
- **MENASRIA SANA**

**DEVANT LE JURY :**

<b>Président :</b>	<b>Mr. BRAHMIA. Ali</b>	<b>M. C. B - Université de GUELMA</b>
<b>Examineur :</b>	<b>Mr. GHRIEB. Lasaad</b>	<b>M. C. B - Université de GUELMA</b>
<b>Promoteur :</b>	<b>Mme. KACHI. Nora</b>	<b>M. A. A - Université de GUELMA</b>

**Année universitaire : 2013/2014**

## **Dédicace**

*Je dédie ce modeste travail à mes chers êtres dans ma vie :*

*À mes parents, qui m'ont toujours poussé et motivé dans mes Études, pour leur amour, leur tendresse, et pour leur soutien matériel et surtout moral durant toute ma vie.*

*À mes frères KAMEL et SALIM et SALEH et mes sœur JAMILA, CHAFIA et HANAN.*

*À mon binôme et tous mes amies surtout la belle amie Wafa qui je l'aime beaucoup et AMINA et RAHMA et AMEL. Sans oublier Mr FAISSEL pour leur soutien matériel et moral.*

*À tous les étudiants de notre promo QPSA 2013/2014.*

*A tous ceux qui m'ont encouragé et qui m'ont aidé et qui ont contribué d'une façon ou d'une autre à la réalisation de ce Modest travail.*

**ARIFA**

Produced with Scantopdf

## **Dédicace**

*Je dédie ce modeste travail à mes chers êtres dans ma vie :*

*À mes parents, qui m'ont toujours poussé et motivé dans mes Études, pour leur amour, leur tendresse, et pour leur soutien matériel et surtout moral durant toute ma vie.*

*À mes frères HAMADA et REZAK et mes sœur MERIEM, SABAHE.*

*À mon binôme et tous mes amies surtout la belle amie ARIFA qui je l'aime beaucoup. Sans oublier AMINA et RAHMA et AMEL Sans oublier Mr SAMI et SIHEM notamment pour leur soutien moral.*

*À tous les étudiants a notre promo QPSA 2013/2014.*

*A tous ceux qui m'ont encouragé et qui m'ont aidé et qui ont contribué d'une façon ou d'une autre à la réalisation de ce Modest travail.*

**SANA**

Produced with Scantopdf



## *Remerciements*

*Nous remercions Allah, le bon Dieu miséricordieux de nous avoir aidé à réaliser ce travail.*

*Nous remercions profondément notre encadreur Mme **KACHI Nora** pour sa disponibilité, son suivis, son aides, ses remarques judicieuses et ses conseils précieux qu'ils nous ont prodigués avec gentillesse tout au long de notre travail.*

*Nos remerciements vont également à la commission d'examen :*

*Monsieur **BRAHMIA. Ali** d'avoir accepté d'honorer cette soutenance comme président de jury. Qu'il nous soit permis de lui exprimer nos plus hautes considérations.*

*Monsieur **GHRIEB. Lasaad** qui nous a fait l'honneur de participer à ce jury pour examiner et juger ce travail. Nous le remercions vivement*

*Nos vifs remerciements s'adressent, à monsieur **KACHI Slimane**, Maître de conférences au département de Biologie à l'Université de Guelma, pour les aides et les encouragements qu'il nous a témoignés.*

*Nous remercions également mademoiselle **ROUAIGUIA Meriem** qui nous a été d'un grand secours pendant la réalisation de ce travail*

*Nous remercions aussi toute l'équipe de laboratoire de la station de hammam Débagh.*

*Nous exprimons également tous le bonheur du monde à nos collègues de la 2<sup>ème</sup> année  
Master QPSA.*

*Enfin, nous tenons à remercier profondément toutes les personnes qui de près ou de loin, ont contribué à l'élaboration de ce présent mémoire.*



# Sommaire

## Remerciements

## Liste des abréviations

## Liste des figures

## Liste des tableaux

<i>Introduction Générale</i> .....	01
------------------------------------	----

### *Chapitre I : Description de la zone d'étude*

I.1 : Situation géographique de la wilaya de Guelma .....	03
I.2 : Limites géographiques de la zone d'étude .....	04
I.3 : Relief .....	04
I.4 : Cadre géologique.....	05
4-1 : Cadre hydrologique .....	05
4-2 : Nappe alluvionnaire de Guelma .....	06
4-2-1 : La basse terrasse (terrasse actuelle).....	06
4-2-2 : La moyenne terrasse .....	07
4-2-3 : La haute terrasse (terrasse ancienne) .....	07
I.5 : Cadre climatologique .....	07
5-1 : Température .....	08
5-1-1 : Températures moyennes mensuelles .....	08
5-1-2 : Températures moyennes interannuelles .....	09
5-2 : Précipitation .....	10
5-2-1 : Répartition des précipitations moyennes mensuelles .....	10
5-2-2 : Répartition des précipitations interannuelles .....	11
Conclusion .....	11

### *Chapitre II : Eau de source, qualité et pollution*

Introduction .....	12
II.1 : Définition des eaux souterraines .....	12
II.2 : Types d'eau souterraine .....	12
2-1 : Nappes libres .....	12

## Sommaire

2-2 : Nappes captives .....	14
II.3 : Qualité physico-chimique des eaux .....	15
3-1 : Les principaux paramètres physico-chimiques étudiés .....	16
II.4 : La pollution des eaux .....	16
4-1 : Sources et types de pollution des eaux souterraines .....	16
4-1-1 : Pollution domestique .....	17
4-1-2 : Pollution par les eaux pluviales et urbaines .....	18
4-1-3 : Pollution Industrielle .....	18
4-1-4 : Pollution agricole .....	19
Conclusion .....	19
<b>Chapitre III : Matériels et méthodes</b>	
Introduction .....	20
III.1 : Présentation des sites d'échantillonnage .....	20
III.2 : Mode de prélèvement .....	23
III.3 : Matériels utilisés .....	23
3-1 : Le matériel utilisé sur le terrain .....	23
3-1-1 : Le multi-paramètre .....	24
3-2 : Matériels de laboratoire .....	25
III.4 : Méthodologie .....	26
4-1 : Protocole de recherche .....	26
4-1-1 : Mesure in situ des paramètres physiques .....	26
4-1-1-1 : La température (T°) .....	27
4-1-1-2 : Le potentiel d'hydrogène (pH) .....	27
4-1-1-3 : La conductivité électrique (CE) .....	27
4-1-1-4 : La turbidité .....	27
4-1-2 : Mesures des paramètres chimiques .....	28
4-1-2-1 : Les chlorures .....	28
4-1-2-2 : Le taux des sels dissous (TDS) .....	29

## Sommaire

4-1-2-3 : Dosage de calcium ( $\text{Ca}^{+2}$ )	29
4-1-2-4 : Dosage de ( $\text{Mg}^{+2}$ )	31
4-1-2-5 : Résidus secs	32
4-1-2-6 : Titre alcalimétrique complet TAC et ( $\text{HCO}_3^-$ )	33
4-1-2-7 : Titre hydrotimétrique par EDTA (TH)	33
4-1-2-8 : L'azote des nitrates	34
4-1-2-9 : L'azote des nitrites	36
4-1-2-10 : Dosage de l'ammonium	37
4-1-2-11 : Les phosphates ( $\text{PO}_4^-$ )	38
Conclusion	40
<b>Chapitre IV : Résultat et discussions</b>	
Introduction	41
IV.1: Les paramètres physiques	41
1-1 : La couleur apparente	41
1-2 : La température ( $^{\circ}\text{C}$ )	41
1-3 : Le potentiel d'hydrogène (pH)	42
1-4 : La conductivité électrique (CE)	43
1-5 : La turbidité (NTU)	43
IV.2 : Paramètres chimiques	44
2-1 : Minéralisation globale d'une eau (TDS)	44
2-2 : Le Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ )	45
2-3 : Le magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ )	46
2-4 : Les Chlorures ( $\text{Cl}^-$ )	47
2-5 : Bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ )	47
2-6 : Les phosphates ( $\text{PO}_4^-$ )	48
2-7 : L'Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ )	49
2-8 : Nitrite ( $\text{NO}_2^-$ )	49
2-9 : Nitrate ( $\text{NO}_3^-$ )	50

## Sommaire

2-10 : La dureté totale (TH) .....	51
2-11 : Résidus secs .....	52
2-12 : Titre Alcalimétrique Complet (TAC) .....	52
Conclusion .....	53
<i>Conclusion générale et recommandation</i> .....	55
<b>Références bibliographiques</b>	
<b>Annexe</b>	

Produced with ScanTOPDF

### Liste des abréviations

Symbole et abréviation	Sens
%	Pourcent.
C	Concentration molaire d'EDTA.
C°	Degré Celsius.
Ca <sup>+2</sup>	Calcium.
CaCO <sub>3</sub>	Carbonatées.
CaSO <sub>4</sub>	Gypseuses.
CE	La conductivité électrique.
CL	Les Chlorures.
EDTA:	Acide éthylène diamine tétra-acétique.
Eh	Le potentiel Redox.
F°	Degré français.
Fig	Figure.
H <sup>+</sup>	Proton.
H <sub>2</sub> O	Eau.
Hab	Habitant.
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> :	Bicarbonates.
K	Potassium.
Km <sup>2</sup>	Kilomètre.
m	Mètre.
M	Masse.
Mg <sup>+2</sup>	Magnésium.
mg/l	Milligramme par litre.
ml	Millilitre.
mm	Millimètre.
N	Normalité.
NTU	Unités de turbidité néphélométrique.
NPK	Produit riches on nitrate, phosphores, potassium.
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	L'ion ammonium.
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Nitrite.
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrate.

<b>O.M.S</b>	Organisation mondiale de la sante.
<b>ONM</b>	Organisation National Météorologique.
<b>T</b>	Température.
<b>Tab</b>	Tableau.
<b>TAC</b>	Titre alcalimétrique complet.
<b>TDS</b>	Minéralisation globale d'une eau.
<b>TH</b>	La dureté totale.
<b>P</b>	Poids.
<b>pH</b>	Potentiel d'hydrogène (pH).
<b>PO<sub>4</sub><sup>-</sup></b>	Les phosphates.
<b>ppm</b>	Parties par million (mg/l).
<b>S</b>	Sources.
<b>qsp</b>	Quantité de solution préparée.
<b>V</b>	Volume.
<b>µm</b>	Micromètre.
<b>µs</b>	Micro siemens.

Produced with Scantopdf

### Liste des figures

<i>Numéro de la figure</i>	<i>Titre</i>	<i>Page</i>
(1)	Situation géographique de la zone d'étude dans le bassin versant de la Seybouse.	03
(2)	Zone d'étude de long de la route Guelma – Bouchegouf.	04
(3)	Géomorphologie de la région de Guelma.	05
(4)	Coupe hydrogéologique.	06
(5)	Température moyenne mensuelle à la Station de Guelma (1996 – 2008).	08
(6)	Température moyenne interannuelle à la station de Guelma (1996-2008).	09
(7)	Les précipitations moyennes mensuelles à la Station de Guelma (1996 – 2008).	10
(8)	Évolution des précipitations interannuelles de la station de Guelma (1996 - 2008).	11
(9)	Sources d'émergence.	13
(10)	Sources de déversement.	13
(11)	Sources débordement.	14
(12)	Source artésienne.	14
(13)	Eaux polluées d'Oued Maiz.	17
(14)	Déchets de l'usine de céramique de Guelma.	18
(15)	Cycle simplifié de propagation des polluants anthropiques dans les compartiments naturels.	19
(16)	Image de situation des 10 sources.	20
(17)	Photographie des différents points de prélèvement.	22

(18)	Matériels utilisés sur le terrain.	23
(19)	Matériels de laboratoire de Hammam Débagh.	25
(20)	Mesures in situ des paramètres physiques à l'aide du multi-paramètre.	26
(21)	Dosage des chlorures.	29
(22)	Dosage de calcium.	30
(23)	Dosage de $Mg^{+2}$ .	32
(24)	Cycle de l'Azote.	35
(25)	Dosage de nitrate.	36
(26)	Dosage de nitrite.	37
(27)	Dosage de l'ammonium.	38
(28)	Dosage de phosphate.	39
(29)	Variations de la température.	42
(30)	Variations des valeurs du potentiel d'Hydrogène.	42
(31)	Variations des valeurs de la conductivité électrique.	43
(32)	Variations de la turbidité.	44
(33)	Variations du taux des sels dissous.	44
(34)	Variations du calcium.	45
(35)	Variations du magnésium.	46
(36)	Variations du chlorure.	47
(37)	Variations des bicarbonates.	48
(38)	Variations des phosphates.	48
(39)	Variations d'ammonium.	49
(40)	Variations des nitrites.	50

(41)	Variations des nitrates.	50
(42)	Variations de la dureté totale.	51
(43)	Variations du Résidu sec.	52
(44)	Variations du titre alcalimétrique complet.	53

Produced with ScanTOPDF

Liste des tableaux

<i>Numéro du tableau</i>	<i>Titre</i>	<i>Page</i>
(1)	Coordonnées de la station météorologique de Guelma (ONM).	07
(2)	Température moyenne mensuelle de la station de Guelma (1996 - 2008).	08
(3)	Température moyenne interannuelles de la station de Guelma (1996 - 2008).	09
(4)	Grille de la qualité des eaux en turbidité – ANRH 2003.	28

Produced with ScanToPDF



*Introduction*



**INTRODUCTION**

Produced with ScanTOPDF

### Introduction

Disposer d'eau de bonne qualité améliore considérablement la santé humaine. Elle apporte à l'organisme des éléments dont il a besoin pour bien fonctionner. L'eau joue un rôle important dans tous les cycles biogéochimiques des éléments. Son importance pour l'économie ne cesse de croître, sa demande et son approvisionnement deviennent de plus en plus difficile à acquérir.

En Algérie, en raison de la croissance démographique et des périodes de sécheresses plus au moins prolongées l'eau est devenue une ressource de plus en plus précieuse car les besoins en eau sont sans cesse plus grands et sa disponibilité risque de devenir limitée avec le temps en quantité et qualité.

Les eaux souterraines proviennent essentiellement de l'infiltration des eaux de pluie, qui atteignent la nappe aquifère du bassin versant de la Seybouse. Ces eaux constituent des ressources en eau privilégiées pour l'alimentation en eau potable d'une partie de la population rurale.

La région de Guelma connaît un développement rapide accompagné d'une croissance très poussée de la population. Cet accroissement démographique et économique nécessite d'énormes quantités d'eau destinées à différents secteurs d'activité de l'homme, urbaine, industrielle et en particulier agricole.

Le périmètre irrigué de Guelma-Boumahra compte parmi les plus anciens et les plus importants du pays, et connaît actuellement une intensification agricole. À Guelma l'activité agricole est actuellement visée comme source probable de la pollution des eaux de la nappe, qui peut être généralement liée à l'utilisation des nitrates, phosphates et pesticides.

Ainsi, l'objectif de ce travail est de faire un diagnostic général sur la qualité physico-chimique des eaux de dix sources choisies à l'exutoire de la nappe alluviale de Guelma-Boumahra, de détecter les variations spatiales de certains paramètres et d'en comprendre l'origine.

La méthodologie appliquée est basée sur l'analyse comparative des teneurs des paramètres physico-chimiques des eaux étudiées aux normes OMS et Algériennes, telle : la température; le pH; la conductivité électrique ; la turbidité ; TDS ; la dureté totale; Résidus secs ; Titre Alcalimétrique Complet; les cations : calcium, magnésium, et les anions :

chlorure, les phosphates, nitrate, nitrite, et bicarbonate, afin d'évaluer leur qualité et identifié leurs sources de pollution probables.

Le présent travail se fera autour de quatre chapitres hormis d'introduction et de conclusion :

- Le premier chapitre présente une synthèse sur le contexte géologique, hydrogéologique et climatique du bassin versant de la Seybouse.
- Le second chapitre met en évidence la qualité des eaux et les risque de pollution.
- Le troisième chapitre exposera les matériels et les méthodologies du travail effectués sur terrain et au laboratoire.
- Dans le quatrième chapitre, il sera question des résultats, des discussions vis -à- vis de certains paramètres physico-chimiques et à la fin les suggestions.



*Premier chapitre*



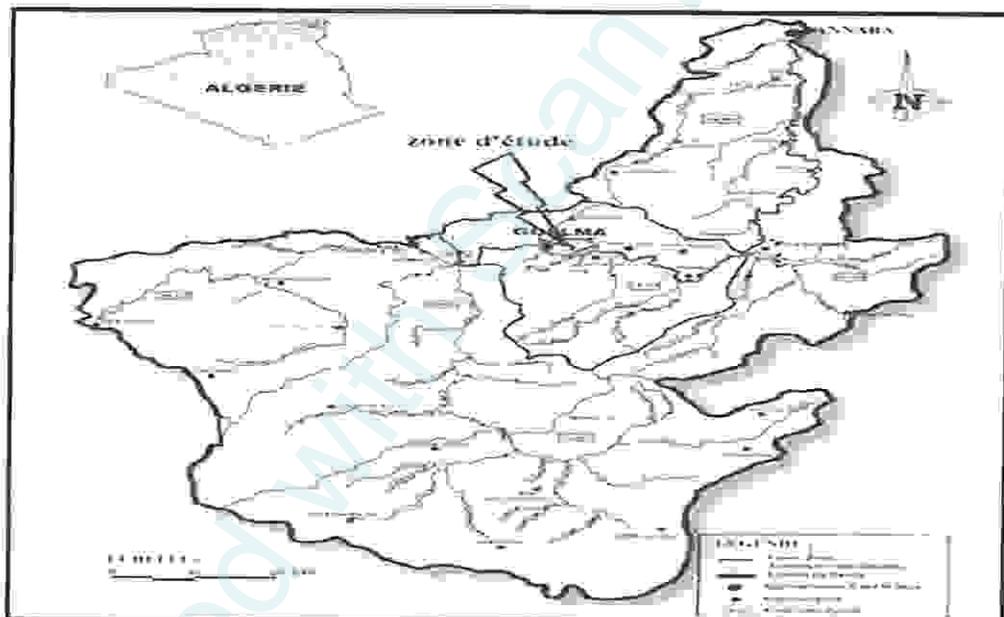
***DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE***

Produced with ScanTOPDF

### I.1. Situation géographique de la wilaya de Guelma

La wilaya de Guelma se situe dans la région extrême Est du pays. Elle occupe une position médiane entre le Nord du pays, et les hauts plateaux et le sud, elle est délimitée par :

- La wilaya d'Annaba au Nord.
- La wilaya d'El Taref au Nord-est.
- La wilaya d'Oum El Bouaghi au sud.
- La wilaya de Constantine à l'Ouest.
- La wilaya de Souk Ahras, à l'Est.



**Figure 1 : Situation géographique de la zone d'étude dans le bassin versant de la Seybouse (in Mouchara, modifié par Menasria et Goudjil).**

La wilaya de Guelma abrite une population de 469412 habitants dont 25% sont concentrés au niveau du chef-lieu de la Wilaya. La densité moyenne de cette population est de 127 hab/km<sup>2</sup>.

La région d'étude appartient au bassin de la Seybouse (la moyenne Seybouse), dans les territoires de la wilaya de Guelma. La nappe alluviale de Guelma est une partie intégrante de ce bassin versant avec une superficie de 122 Km<sup>2</sup>.

### I.2. Limites géographiques de la zone d'étude

Les sources d'eau étudiées sont situées à l'exutoire de la nappe alluviale et tout le long de la route nationale Guelma-Boucheougouf (Fig.2) et qui sont largement utilisées par la population locale et passagère.

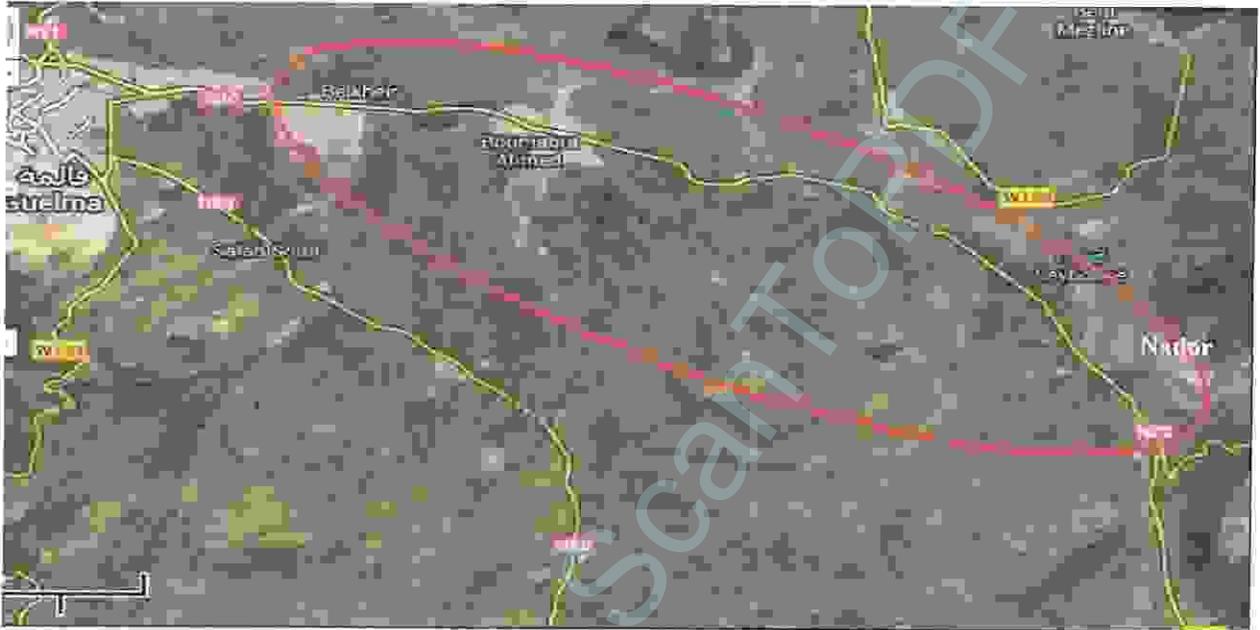


Figure 2 : Zone d'étude le long de la route Guelma –Boucheougouf. (Google Earth 2014).

### I.3. Relief

La Wilaya de Guelma est caractérisée par un relief diversifié (Fig.3) qui se décompose comme suit :

➤ **Montagnes**: 37.82 % dont les principales sont: Mahouna (Ben Djerrah) de 1411 m d'altitude ; Houara (Ain Ben Beidha) de 1292 m d'altitude ; Taya (Bouhamdane) 1208m d'altitude ; Débagh (Hammam Débagh) : 1060 m d'altitude.

➤ **Plaines et Plateaux** : 27.22 %.

➤ **Collines et Piémonts** : 26.29 %.

➤ **Autres** : 8.67 %.

Le relief montagneux prédominant entoure trois dépressions importantes: la dépression de Tamlouka au Sud, celle de Guelma au centre et la dépression de Boucheougouf au Nord –Est. (Benmarce, 2007).

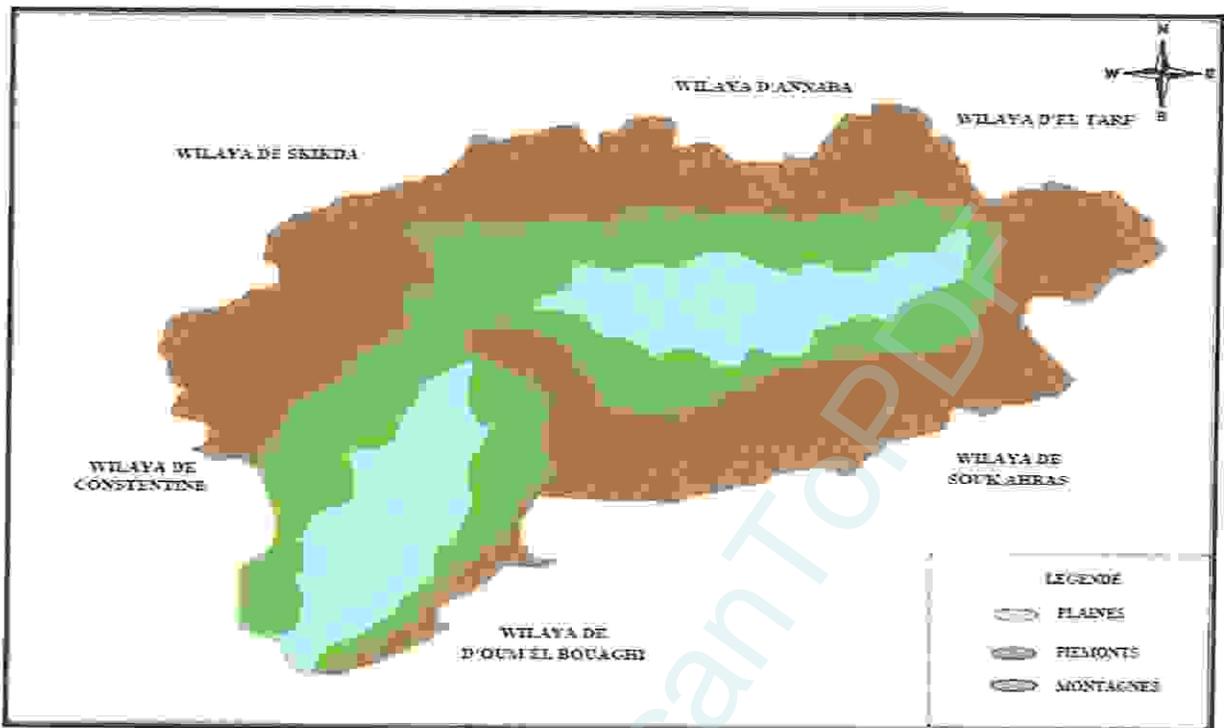


Figure 3 : Géomorphologie de la région de Guelma (Benmarce, 2007).

#### L4. Cadre géologique :

La région de Guelma est un ancien bassin d'effondrement longtemps fermé où s'est entassé un ensemble varié de sédiments allant du Quaternaire au Trias, présentant ainsi une lithologie très variée et qui comprend essentiellement les alluvions (sable, gravier, cailloutis,...), les grès, les marnes, les argiles, et les calcaires.

En effet, les mouvements tectoniques du plio-quaternaire ont joué un rôle important dans la morphogenèse de la région, qui ont donnés naissance à une dépression formant ainsi le réservoir aquifère de la vallée de Guelma, (Aouissi *et al.*, 2007).

#### 4.1. Cadre hydrologique :

L'hydrologie des eaux souterraines de Guelma constituent une part importante du patrimoine hydraulique. D'après les études géophysiques (ENAGEO, 1971, Algéo, 1997 et C.R.A.A.G, 2004, in Aouissi *et al.*, 2007), le système hydrogéologique de la région renferme les six aquifères suivants:

- Nappe alluvionnaire de Guelma (située dans la zone d'étude);
- Nappe alluvionnaire de Bouchegouf;

- Nappe des calcaires néritiques et sénoniens d'Héliopolis;
- Nappe des calcaires éocènes de Ras El Agba- Sellaoua-Announa;
- Nappe des calcaires de Bouhechena;
- Nappe des calcaires de Tamlouka.

#### 4.2. Nappe alluvionnaire de Guelma

Elle est située dans la vallée de l'Oued Seybouse en grande partie sur sa rive droite. Elle est sillonnée par l'Oued Seybouse d'Ouest en Est, depuis Medjez Amar jusqu'à Nador. (Djabri, 1996). C'est une zone d'effondrement comblée par des dépôts miocènes (argiles et marnes à gypses) et quaternaires (alluvions hétérogènes sous forme de terrasses). Ces alluvions sont perméables et sont alimentés par les eaux d'infiltrations des pluies et des apports latéraux du bassin versant de la Seybouse. Elle est constituée de trois terrasses distinctes (basse, moyenne, et haute). (Fig.4).

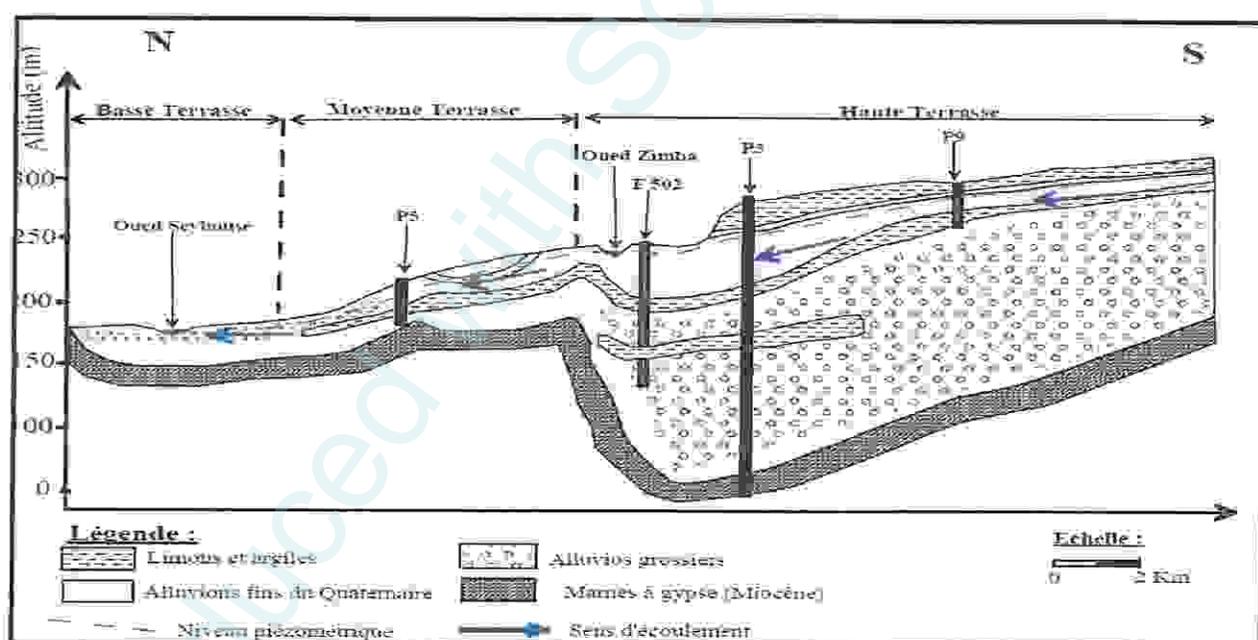


Figure 4 : Coupe hydrogéologique (d'après B. Gaud, 1974 in Mouchara N. 2009)

##### 4.2.1. La basse terrasse (terrasse actuelle)

C'est la vallée dans laquelle coule l'actuel Oued Seybouse. Elle est formée de graviers, de sable et de galets. Son épaisseur croît vers l'Est, elle est de 8 m au Nord de la ville de Guelma et atteint 16 m au Nord-Est de Boumahra, avec une altitude de 220m et 120m. Le substratum est constitué de marnes à gypses et d'argiles du Miocène dans sa partie Ouest. À l'Est, il est constitué d'argiles et de grès numidiens. (Mouassa, 2006).

#### 4.2.2. La moyenne terrasse

Elle est constituée d'un matériel détritique relativement fin en alternance avec des passées argileuses. Le substratum est toujours marneux à gypse.

Son épaisseur est plus importante que celle de la basse terrasse (40 m environ). (Mouassa, 2006).

#### 4.2.3. La haute terrasse (terrasse ancienne)

Elle est située au Sud de la moyenne terrasse et elle est formée d'alluvions grossières plio-quadernaires (galets, graviers, grès, sables et quelques passées argileuses) perméables avec une altitude varie entre 230 à 280m. La couche superficielle montre une affinité argileuse nette. Le substratum est aussi constitué de marnes à gypses et d'argiles du Miocène jusqu'à l'Oned Boussora.

### 1.5. Cadre climatologique

Le climat joue un rôle important dans le régime des cours d'eau et dans l'alimentation éventuelle des nappes souterraines. Dans les mécanismes de pollution, l'infiltration efficace et le ruissellement des eaux entraînent de manière très différente les polluants que ce soit d'origine organique ou chimique en profondeur.

Le climat de notre région d'étude est continental avec un hiver froid et pluvieux, de type humide et sub-humide et un été très chaud et sec, quelques nuages orageux rompent la monotonie du temps, accompagnés d'averses de grêle et de fortes précipitations brèves et locales, alterne souvent avec des chaleurs brûlantes qui peuvent se manifester de manière violente même en Juillet et début Août.

Les données météorologiques récoltés de la station de Guelma, sur 12 ans (1996 - 2008) dont les coordonnées sont résumées dans le Tableau.n°1, nous permettent de caractériser le climat de la zone d'étude.

Tableau 1 : Coordonnés de la station météorologique de Guelma (ONM)

Période d'observation	Longitude	Altitude (m)	Latitude
1996 - 2008	07° 28' E	227	36° 28 N

## 5.1. Température

La température joue un rôle important dans le climat. Par ce qu'elle agit sur les répartitions d'eau qui s'opèrent par le phénomène de l'évapotranspiration (Emsalem, 1986).

La température influe beaucoup sur les conditions générales de développement et de croissance des êtres vivants.

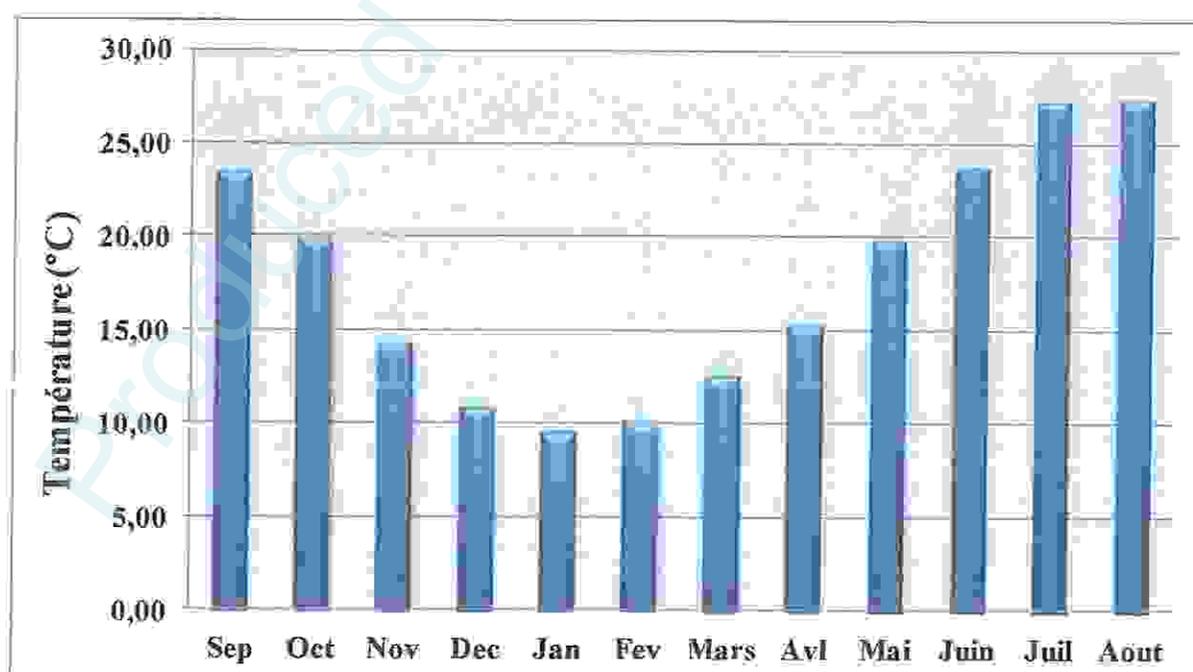
Par conséquent l'étude des températures moyennes mensuelles et annuelles est primordiale, car c'est elles qui nous permettent d'évaluer le déficit d'écoulement annuel et saisonnier.

### 5.1.1. Températures moyennes mensuelles

Dans le tableau ci-dessous, sont mentionnées les valeurs des températures moyennes mensuelles mesurées au niveau de la station de Guelma, sur une période de 12 ans.

**Tableau 2 : Température moyenne mensuelle de la station de Guelma (1996 - 2008)**

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avl	Mai	Juin	Juil	Aout	moy
T moy C°	23,43	19,93	14,30	10,83	9,56	10,11	12,53	15,24	19,80	23,81	27,27	27,45	17,85



**Figure 5 : Température moyenne mensuelle à la Station de Guelma (1996 – 2008).**

Les températures moyennes mensuelles au niveau de notre station varient entre 27.45°C (Août) et 9.56°C (Janvier). Les valeurs les plus élevées sont observées essentiellement pendant la période d'été (Juin à Septembre), avec des températures variant de 23.43°C à 27.45 °C. Par contre les températures les plus basses, de 9.56 à 12.53°C, sont observées pendant la période d'hiver (décembre à mars). Le mois le plus froid est le mois de Janvier (9.56°C), et le mois d'Août est le plus chaud avec une température de (27.45 °C).

### 5.1.2. Températures moyennes interannuelles

Tableau 3 : Température moyenne interannuelles de la station de Guelma (1996 - 2008)

Année	1996/ 97	1997/ 98	1998/ 99	1999/ 2000	2000/ 01	2001/ 02	2002/ 03	2003/ 04	2004/ 05	2005/ 06	2006/ 07	2007/ 08	Moy
T moy °C	17.21	17.74	17.66	18.23	18.13	18.06	18.53	17.63	17.48	18.13	18.00	17.47	17.85

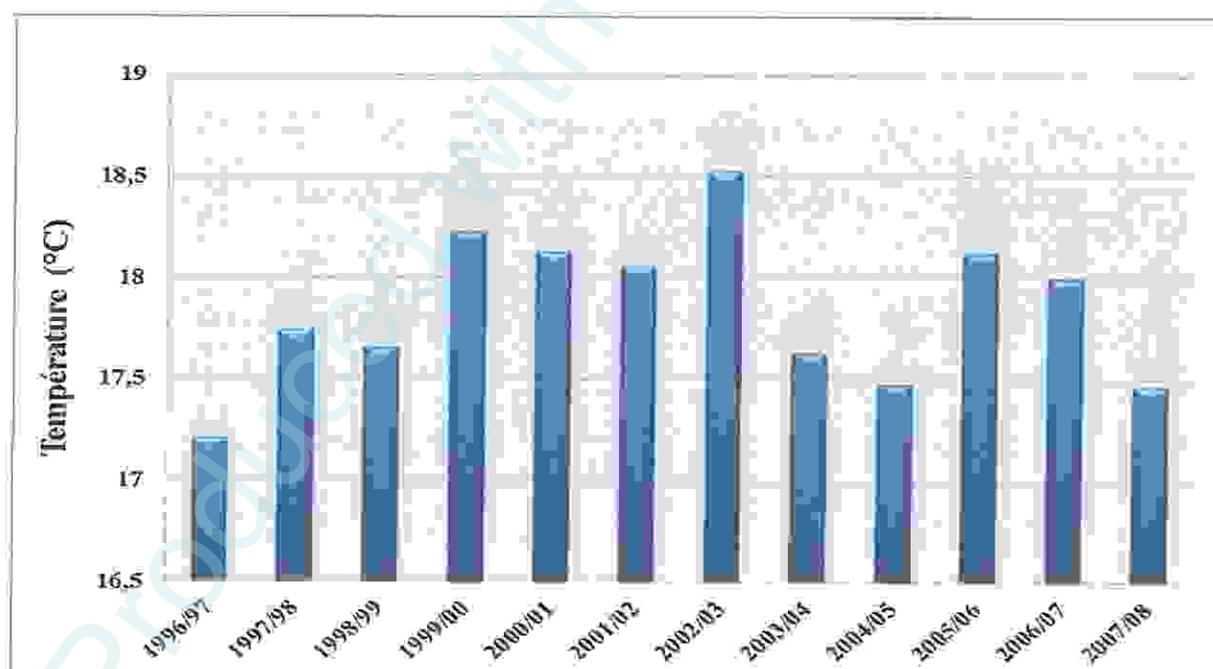


Figure 6 : Température moyenne interannuelle à la station de Guelma (1996-2008)

Les valeurs moyennes de la température interannuelle de la période 1996-2008 consignées dans le tableau ci-dessus permettent de suivre l'évolution moyenne du régime thermique au niveau de la région d'étude.

Les variations interannuelles de la température montrent que les températures moyennes interannuelles sont assez proches et varient entre 17.21°C en 1996/1997 et 18.53°C en 2002/2003 (Fig.6). Signalons que la température moyenne annuelle est de l'ordre de 17.85 °C.

## 5.2. Précipitation

La précipitation est un facteur primordial du climat, les divers types des précipitations sont le plus souvent mesurés par le pluviomètre usuel.

Elles représentent l'épaisseur de la couche d'eau qui resterait sur une surface horizontale s'il n'y avait ni écoulement, ni évaporation. (Dajoz, 2000, in Aouissi et al., 2007).

### 5.2.1. Répartition des précipitations moyennes mensuelles

La répartition mensuelle des précipitations au cours de l'année est en relation étroite avec le régime thermique. Elle influe directement sur le régime des cours d'eau ainsi que sur les fluctuations des niveaux des nappes phréatiques. Les précipitations mensuelles recueillies à la station météorologique de Guelma sur une période de 12 ans (1996 - 2008) leur répartition est illustrée par la (Fig.7).

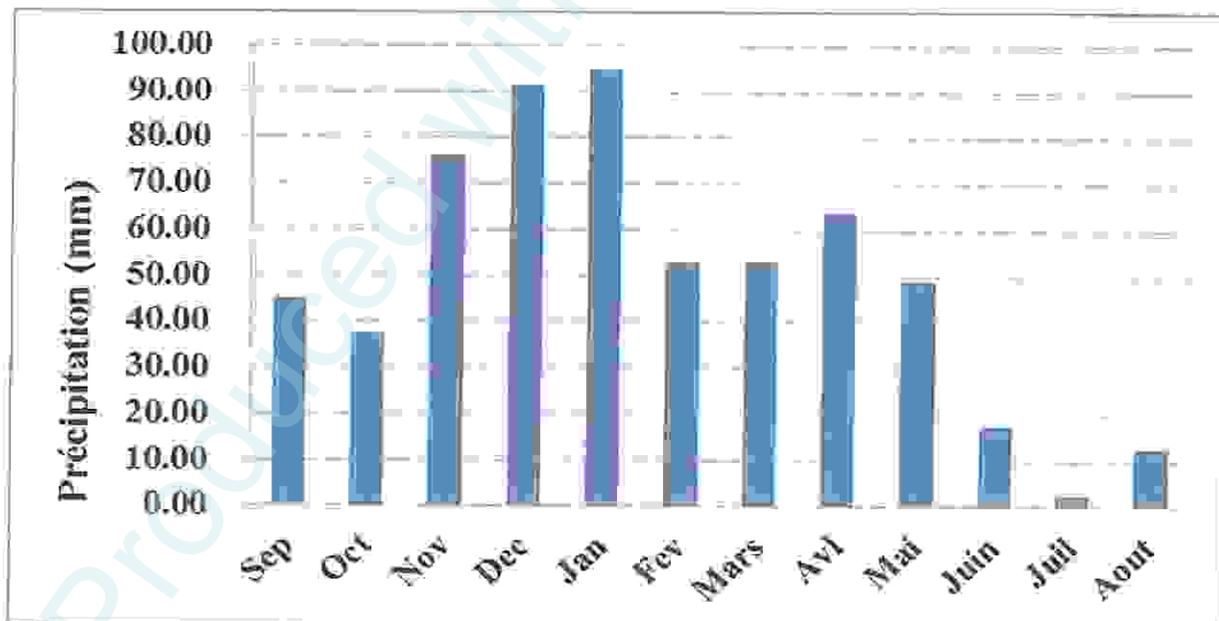
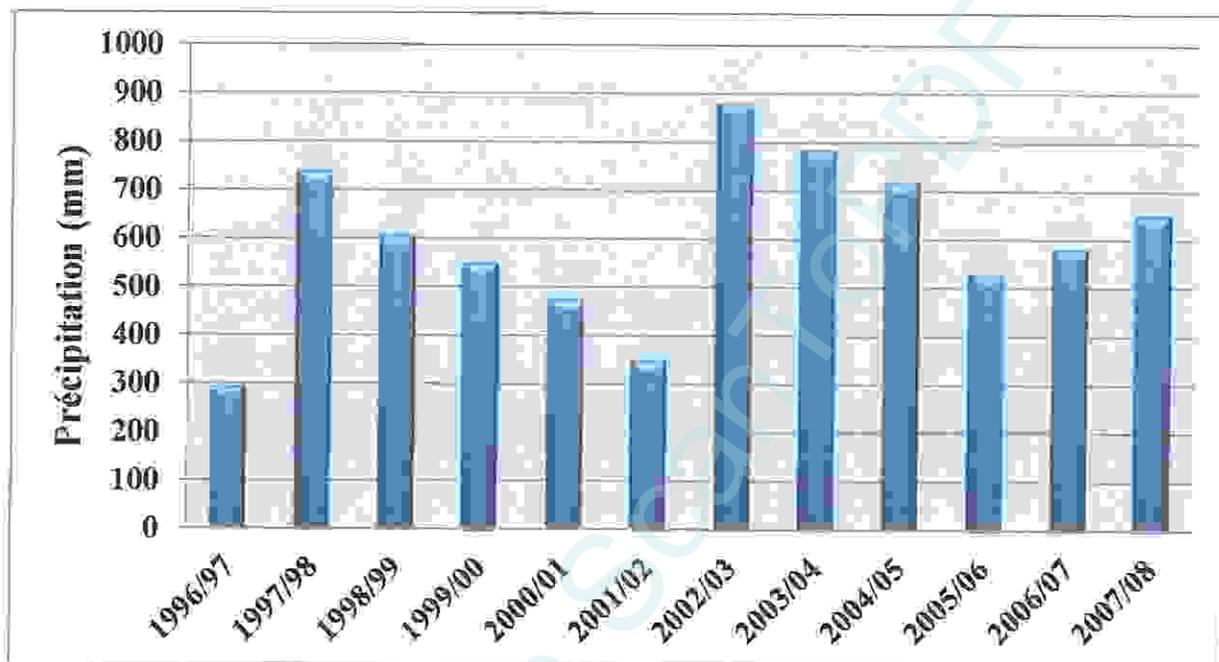


Figure 7 : Les précipitations moyennes mensuelles à la Station de Guelma (1996 - 2008).

Sur l'histogramme ci-dessus les précipitations moyennes mensuelles les plus importantes sont enregistrées pendant le mois janvier, avec 94.63 mm, ce qui produit une

recharge de la nappe, alors qu'elles atteignent à peine les 2.52 mm au mois de juillet le plus sec, ce qui produira une évaporation rapide de cette dernière.

### 5.2.2. Répartition des précipitations interannuelles



**Figure 8 : Évolution des précipitations interannuelles de la station de Guelma (1996 - 2008).**

L'analyse des valeurs moyennes, fait apparaître une inégalité dans la distribution spatiale des pluviométries interannuelles sur une période de 12 ans (1996-2008), l'année la plus arrosée avec une hauteur moyenne annuelle égale à 879 mm (2002-2003), alors que l'année la plus sèche (1996/1997) avec une hauteur moyenne annuelle égale à 291,70mm (fig.8).

### Conclusion

L'analyse de la variabilité spatiale des paramètres climatiques au cours des 12 années (1996 – 2008), a permis de situer notre région d'étude comme une région soumise à un climat méditerranéen, caractérisée par deux saisons ; un hiver doux et humide et un été chaud et sec.

Les valeurs des précipitations moyennes interannuelles avec les valeurs des températures moyennes annuelles déterminent une année la plus arrosée (2002/2003) avec une précipitation de 879.0 mm/an et une température moyenne annuelle de 18.53 °C, et l'année la plus sèche (1996/1997) avec une précipitation de 291.7 mm/an et une température moyenne annuelle de 17.21 °C.



*Deuxième chapitre*



***EAU DE SOURCE, QUALITE ET POLLUTION***

Produced with ScanTOPDF

## Introduction

Les eaux souterraines peuvent servir à l'alimentation en eau potable. Elles sont généralement de bonne qualité.

Mais il y a un réel danger de pollution et des problèmes peuvent être rencontrés lorsque cette eau doit remplir cette fonction d'alimentation.

Les forages individuels, les rejets d'hydrocarbures ou d'huiles de vidange, ou encore les engrais et les pesticides traversent les différentes couches du sol jusqu'à atteindre la nappe.

Les problèmes de pollution engendrés par les déchets liquides et solides suite au développement démographique et socio-économique du pays, ainsi que les conditions climatiques et particulièrement la sécheresse, ont des répercussions sur la qualité des ressources en eau en Algérie.

### II.1. Définition des eaux souterraines

Les eaux souterraines, ou nappes phréatiques, se localisent dans des formations appelées aquifères. Les aquifères sont formés de roche poreuse (comportant une multitude de petits trous) et perméable (qui laisse passer l'eau).

L'aquifère, également appelé réservoir, permet l'écoulement de la nappe d'eau souterraine et le captage de l'eau. La partie inférieure du réservoir doit être imperméable pour retenir l'eau et permettre la constitution d'une réserve.

### II.2. Types d'eau souterraine

Il existe deux grands types de nappes souterraines selon la perméabilité du toit de la nappe d'eau souterraine. (4)

#### 2.1. Nappes libres

Les nappes libres se situent dans un réservoir dont le toit est perméable pour permettre l'arrivée d'eau, et la base imperméable pour la retenir dans le réservoir. De ce type de nappe naissent trois types de sources :

##### ➤ Sources d'émergence

Les sources d'émergence sont issues de nappes libres et naissent au moment où la surface de la nappe d'eau souterraine rencontre la surface du sol. L'écoulement dans la nappe permet à l'eau de s'écouler à l'extérieur de l'aquifère (réservoir).

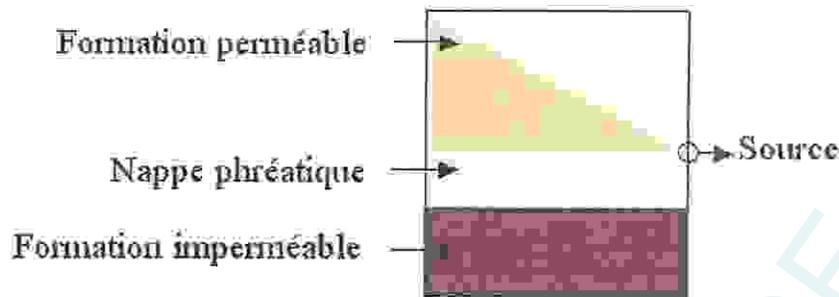


Figure 9 : Sources d'émergence.

### ➤ Sources de déversement

Les sources de déversement se produisent lorsque la base imperméable de l'aquifère rencontre la surface du sol. L'eau souterraine continue alors son écoulement sur la surface du sol.

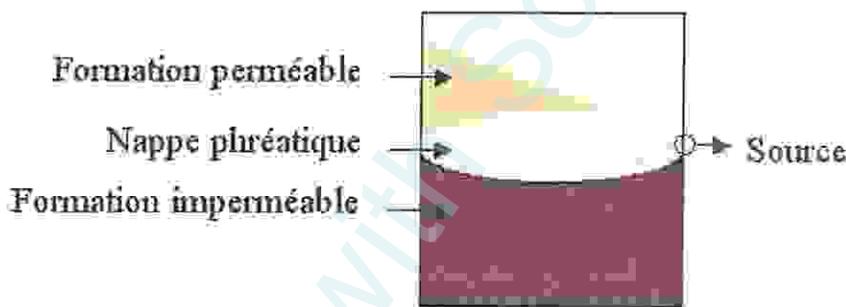


Figure 10 : Sources de déversement.

### ➤ Source de débordement

Les eaux de nappe libre, située en dessous d'une formation perméable, passent sous une formation imperméable. Au contact de ce changement de perméabilité du toit de la nappe, se crée une source par débordement. Toutes les eaux ne peuvent plus s'écouler sous la nouvelle formation géologique, il y a un trop plein et donc débordement.

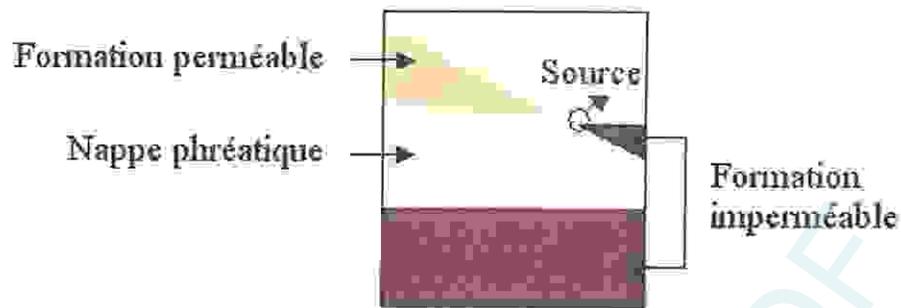


Figure 11 : Sources de débordement.

## 2.2. Nappes captives

Les nappes captives se situent dans un réservoir dont le toit et la base sont imperméables. L'eau est "emprisonnée" entre les deux formations.

Elle subit une pression égale à la colonne de terrain située au dessus. Lors d'un forage, le niveau de la nappe peut remonter au-dessus de la surface du sol et jaillir. Ce phénomène est appelé artésianisme.

Lors du forage l'eau se trouve libérée de la formation imperméable qu'elle avait au-dessus d'elle. Elle ne subit plus la pression des terrains au-dessus mais uniquement la pression atmosphérique, ce qui explique qu'elle jaillit. Des sources artésiennes peuvent naître de ce type de nappe.

### ➤ Source artésienne

Le réservoir d'eau est compris entre deux formations imperméables. L'eau subit une pression égale à la colonne de terrain située au-dessus. Elle va ressortir au niveau d'une faille ou d'une rupture dans la roche imperméable.

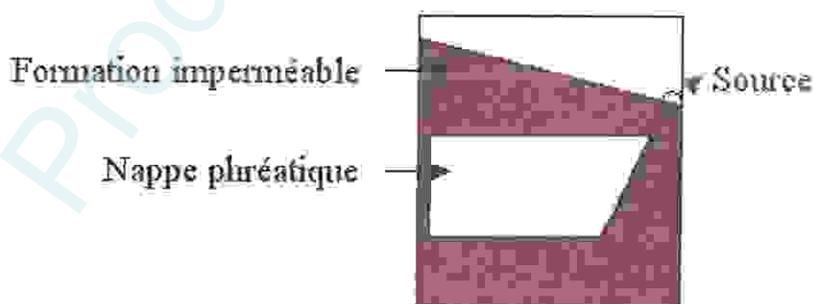


Figure 12 : Source artésienne.

### II.3. Qualité physico-chimique des eaux

Les substances présentes dans l'eau peuvent être classées selon deux modes différents:

- suivant leur nature chimique : organique ou minérale;
- suivant leur état physique : matières dissoutes, colloïdales ou en suspension.

Ces distinctions sont arbitraires dans la mesure où, d'une part une substance peut se trouver soit à l'état dissous, soit en suspension selon les conditions du milieu, et, d'autre part, l'eau est le siège de phénomènes de dégradation biologique qui peuvent transformer des substances organiques en substances minérales. (Rejsek, 2002).

- **les matières minérales:**

Ce sont essentiellement des composés ioniques, anions et cations qui proviennent de la dissolution des roches dans l'eau qui circule à leur contact

L'eau contient également des gaz dissous ayant une grande importance dans les phénomènes biologiques ainsi que chimique.

- **les matières organiques:**

Ce sont, par définition, des composés du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène et de l'azote.

Ces matières proviennent soit de l'érosion des sols, soit de la décomposition de matières animales ou végétales qui se retrouvent dans l'eau. Elles se décomposent du fait de leur instabilité chimique et par l'action des microorganismes de l'eau en formant des composés de plus en plus simples.

- **les matières dissoutes:**

Ce sont des matières dispersées de façon homogènes dans l'eau, facilement polarisées ou ionisées.

Elles obéissent à des équilibres de la dissolution qui sont fonction de la température et de la pression. Ce dernier facteur étant important pour les gaz.

- **les matières colloïdales:**

L'état colloïdal est un état intermédiaire entre l'état dissous et la suspension. Les matières colloïdales sont constituées d'éléments de petite taille chargés négativement, ce qui explique qu'ils se repoussent et se répartissent de façon dispersée et désordonnée dans la masse liquide.

- **les matières en suspension:**

Ce sont des particules solides dont la taille est supérieure à 10  $\mu\text{m}$ , dispersées dans l'eau sans être chimiquement liées avec elle.

### 3.1. Les principaux paramètres physiques-chimique étudiés

Les analyses de l'eau ont pour but de déterminer les constituants de l'eau selon leur grandeur. Ce qui mettra en évidence le type d'eau. Cette analyse pourra s'effectuer in situ et concernera les paramètres physiques : Température (T), potentiel d'hydrogène (pH), le potentiel Redox (Eh), conductivité électrique (CE) l'oxygène dissous (O<sub>2</sub>), Taux des sels dissous (TDS) et au laboratoire elle portera sur les éléments majeurs (Cations : Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> et Anions : Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), les éléments nutritifs : NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, PO<sub>4</sub><sup>-</sup>.

## II.4. La pollution des eaux

Le problème de la pollution des eaux présente sans aucun doute, un des aspects les plus inquiétants de la dégradation de milieu naturel. Cette pollution cause une diminution de cette disponibilité de ressources naturelles irremplaçables.

La pollution se définit comme la dégradation d'un milieu naturel par l'introduction d'un polluant. Cette notion de dégradation est très importante puisqu'en l'absence de conséquences négatives pour le milieu, on ne peut pas parler de pollution. Concrètement, pour une même substance, son caractère polluant sera plus ou moins élevé en fonction de ces quantités déversées dans le milieu et de la capacité de ce milieu à l'éliminer naturellement (Idrissi, 2006). En effet, un rejet ne sera par définition polluant que s'il amène une dégradation.

Les rejets de l'industrie, de l'agriculture et l'urbanisation croissante, les capacités d'autoépuration des cours d'eaux et contiennent des substances chimiques non dégradables. (Bouchelaghem, 2003).

### 4.1. Sources et types de pollution des eaux souterraines

Il existe plusieurs sortes de pollution des eaux très différentes les unes des autres par leurs origines et par leurs conséquences sur la qualité de l'eau.

Dans la plupart des cas, il s'agit de substances rejetées volontairement dans l'eau ou qui y aboutissent accidentellement à la suite d'erreurs humaines.

La plupart des contaminations des eaux souterraines est causé par l'activité humaine. La contamination humaine de ces dernières peut être liée à l'évacuation des déchets de deux manières

1- Directe : systèmes privés d'évacuation d'eaux d'égout, élimination des déchets solides, eau usagée municipale, retenue d'eau usagée, formation de saumure dû à certaines industries de pétrole, élimination des eaux usées, les déchets radioactifs.

2- Indirecte : accidents, certaines activités agricoles, exploitation, pluies acides, mauvais entretien des puits, sel de route.

#### 4.1.1. Pollution domestique

Cette pollution est la plus anciennement connue, elle provient des habitations (Fig.13). Elle est en général véhiculée par un réseau d'assainissement, qui collecte les rejets de chaque foyer où centres d'activités, vers une station de traitement des eaux usées.

Ce type de pollution se caractérise par :

- Fortes teneurs en matières organiques
- Présence de sels minéraux, dont l'azote et le phosphore.
- Présence de Germes fécaux. (Genin et *al.*, 2003, in Merzoug S. 2009).

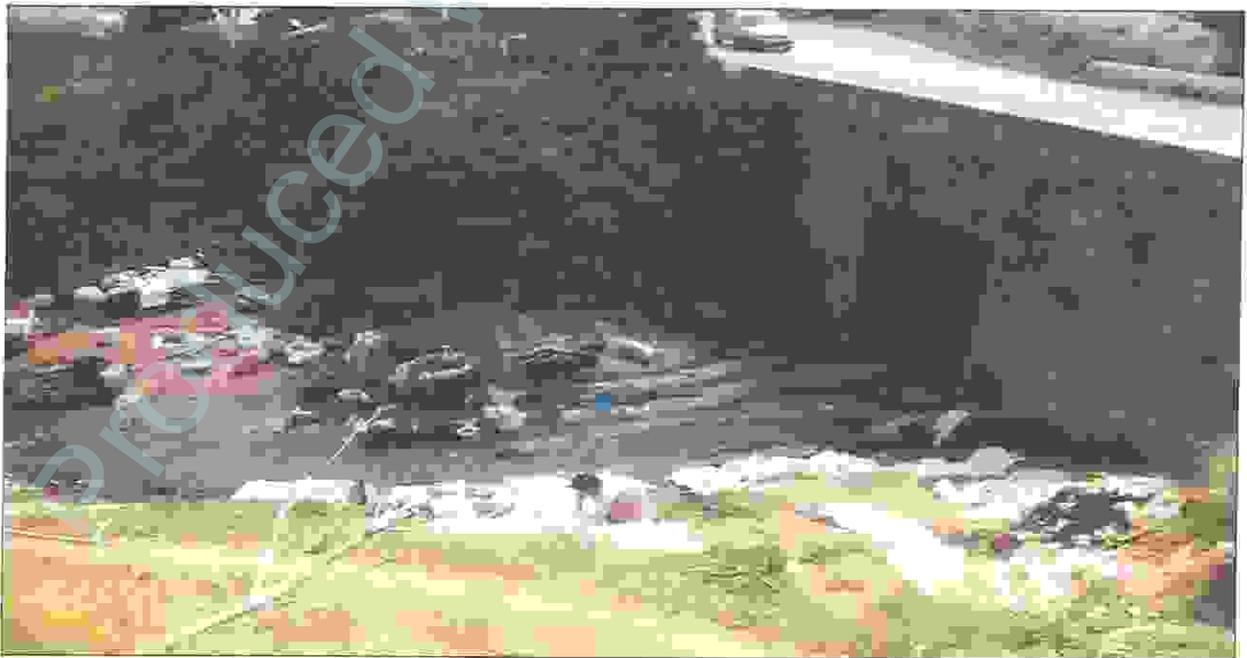


Figure 13 : Eaux polluées d'oued Maiz. (Menasria, Goudjil, 2014).

#### 4.1.2. Pollution par les eaux pluviales et urbaines

Apparu depuis qu'il existe des réseaux de collecte spécifique, avec des points de concentration des rejets ; cette pollution engendre de graves perturbations. Ces rejets sont caractérisés par :

- Une teneur importante en matières minérales en suspension (sable, graviers, poussières).
- Une concentration forte de toxines et d'hydrocarbures (lessivage des résidus solides, résidus de corrosion des équipements métalliques,...).
- L'irrégularité de ces rejets et les volumes d'eau importants qu'ils mettent en jeu rendent difficile et onéreux leur traitement. (Genin *et al.*, 2003 in Merzoug S. 2009).

#### 4.1.3. Pollution Industrielle

L'état des nappes dépend du contexte hydrogéologique et des activités de surfaces actuelles ou passées. Le sous-sol hérite de ce qui se passe en surface et par conséquent, les eaux souterraines héritent des pollutions du passé.

Les polluants d'origine industrielle sont très variés selon le type d'activité (Fig.14), ils peuvent être liés à l'énergie consommée (hydrocarbures), aux matériaux transformés (minerais) et aux procédés de fabrication utilisés (solvants et autres produits toxiques). La pollution de l'eau découle de l'usage et du rejet des eaux. (1)



Figure 14 : Déchets de l'usine de céramique de Guelma. (Menasria, Goudjil, 2014).

#### 4.1.4. Pollution agricole

Les plus grandes contributions agricoles à la pollution d'eau sont par la pollution des nutriments et des sédiments. Les déchets d'élevage et les engrais contiennent l'azote et le phosphore, et également les pesticides (insecticides, fongicides....) sur des terres agricoles qui sont transportés par l'écoulement aux lacs et par eaux de ruissellement; peuvent causer des graves problèmes. Le risque de pollution varie toutefois fortement selon les pratiques et il est possible de jouer, notamment, sur la dose de traitements ou de fertilisation, le choix des espèces et des variétés, ou encore le choix du moment du traitement par rapport aux conditions climatiques, pour réduire l'impact de l'activité agricole sur l'environnement. (Wenzel & Likens, 2000, in Toumi A. 2010).



Figure 15 : Cycle simplifié de propagation des polluants anthropiques dans les compartiments naturels. (Source internet 2014).

#### Conclusion

Les eaux souterraines de la nappe alluviale du bassin versant de Guelma constituent actuellement les seules ressources fiables pour l'alimentation en eau potable d'une grande partie de la population urbaine.

La qualité naturelle des eaux souterraines peut être altérée par l'activité humaine. La détérioration de la qualité de l'eau est appréciée par mesures des paramètres physico-chimiques et bactériologiques. Dans le cas d'une détérioration jugée importante, l'eau ne sera plus considérée comme potable pour la consommation humaine. Elle pourra être telle quelle utilisée à d'autres fins (irrigation...) ou devra subir un traitement appropriée pour retrouver sa potabilité.



*Troisième chapitre*



**MATERIELS ET METHODES**

Produced with ScanTOPDF

## Introduction

Les caractéristiques physico-chimiques des eaux souterraines dépendent d'un certain nombre de facteurs tels que la composition chimique et minéralogique des terrains traversés, la structure géologique, les conditions d'écoulement, les conditions physico-chimiques locales.

D'éventuelles pollutions peuvent modifier les caractéristiques naturelles de l'eau. Nous déterminons ces caractéristiques à l'aide de mesures et d'analyses différentes. Aussi, le but principal de ces études est de connaître la potabilité et le degré de pollution de ces eaux pour déterminer leur qualité.

### III.1. Présentation des sites d'échantillonnage

La sélection des lieux de prélèvement des dix sources d'eau ont été choisies de manière que ces derniers soient à l'exutoire de la nappe alluviale de Guelma (Fig.16).

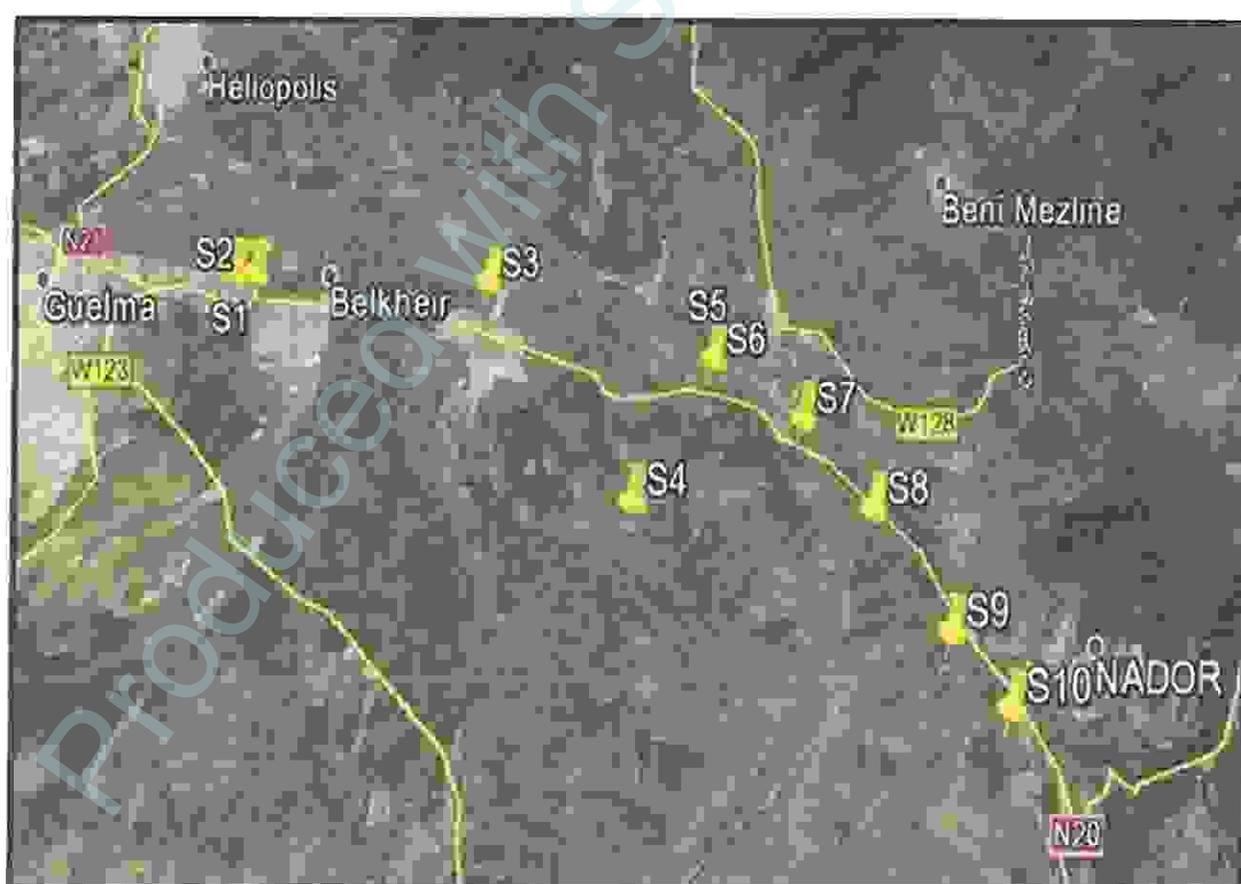


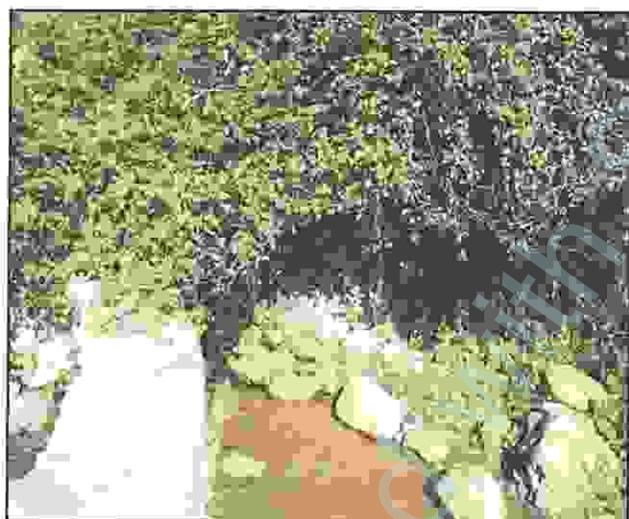
Figure 16 : Image de situation des 10 sources (Google Earth 2014).



Source S1.



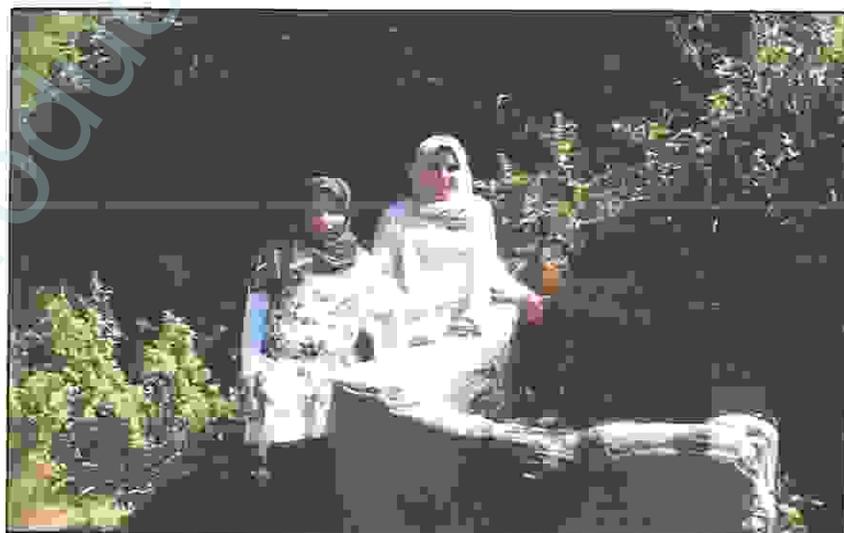
Source S2.



Source S3.



Source S4.



Source S5.



Source S6.



Source S7.



Source S8



Source S9



Source S10

Figure 17 : Photographie des différents points de prélèvement (Menasria, Goudjil 2014).

### III.2. Mode de prélèvement

Les techniques des prélèvements sont variables en fonction du but recherché et de la nature de l'eau à analyser. Dans notre cas, l'échantillonnage pour les analyses physico-chimiques, c'est effectué dans des flacons propres de type bouteille d'eau de minérale de 1 Litre ou 1.5 L.

L'eau a été recueillie directement dans le flacon (plastique). Le prélèvement de l'eau de source jaillissante doit se faire le plus près possible de l'émergence de l'eau à un endroit où l'eau n'a pas encore coulé de manière turbulente. À chaque prélèvement, les échantillons d'eau à analyser sont prélevés dans des bouteilles bien rincées avec l'échantillon, puis, étiquetés et conservés immédiatement dans une glacière portative, jusqu'à l'arrivée au laboratoire.

### III.3. Matériels utilisés

#### 3.1. Le matériel utilisé sur le terrain

- On a utilisé le matériel suivant : un multi-paramètre qui mesure le pH, la température, la conductivité, l'oxygène dissous, TDS.
- Un GPS.
- Un bidon, des bouteilles vides (plastique).
- Un appareil photo, et des étiquettes.
- Un carnet de terrain.



Figure 18 : Matériels utilisés sur le terrain. (2014)

### 3.1.1. Le multi-paramètre

La mesure des paramètres physiques a été réalisée grâce à un appareil à sonde multi-paramètres pour mesures in-situ jusqu'à 100 m de profondeur. Cet appareil possède toutes leurs électrodes regroupées sur une sonde unique à transmission numérique, il permet donc de réaliser simultanément des mesures in-situ, à de grandes distances et grandes profondeurs.

L'appareil possède un boîtier étanche à affichage simultané :

- Sonde multi paramètre : pH/ORP/EC/O2/°C ;
- Solution d'étalonnage ;
- 4 Piles rechargeables Ni-MH ( dans l'instrument) ;
- Câble d'adaptateur secteur ;
- Câble pour alimentation ;
- 5 boutons d'identification i-Button° ;
- Un logiciel compatible Windows HI 92000 ;
- Une mallette de transport.

#### ❖ Mode opératoire

Les mesures in situ sont des analyses réalisées sur place par un multi paramètre qui permet la mesure des différents paramètres fournis par la même sonde à 4 électrodes. Il faut suivre les procédures suivantes après avoir plongé directement la sonde de mesure dans le récipient d'eau échantillonnée:

- Accorder la sonde à l'instrument.
- Plonger la sonde dans l'échantillon à mesurer en évitant les chocs.
- Embrasser l'appareil.
- L'appareil éditera les différents paramètres selon la programmation effectuée.
- Appuyer sur la touche LOG pour mémoriser les données ou sur la touche MENU pour entrer en mode programmation.
- Pour certains paramètres, il est également possible de choisir l'unité de mesure en appuyant sur UNIT ou RÉOLUTION.
  - la température, il est possible de sélectionner K, °F, °C.
  - La concentration en Oxygène dissous, il est possible de sélectionner : ppm ou mg/l
  - La conductivité réelle, il est possible de sélectionner :  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et  $\text{mS}/\text{cm}$
  - Les solides dissous (exp : TDS), peuvent être exprimés soit en ppm ou mg/l.

## 3.2. Matériels de laboratoire

- Appareil à distiller par entrainement de la vapeur (distillateur) ;
- Bain marie (Fig. 19E) ;
- Balance (Fig. 19A) ;
- Bêchers ;
- Conductimètre (Fig. 19F) ;
- Dessiccateur ;
- Disques Étuve universelle (Fig. 19D) ;
- Enceinte thermostatée (étuve) ;
- Fiole jaugée 200 ml ;
- Ph mètre (Fig. 19 C) ;
- Pipetes graduées ;
- Plaque chauffante ;
- Spectrophotomètre HACH 2500 (Fig. 19G) ;
- Turbidimètre HACH 2100 NTU (Fig. 19B).

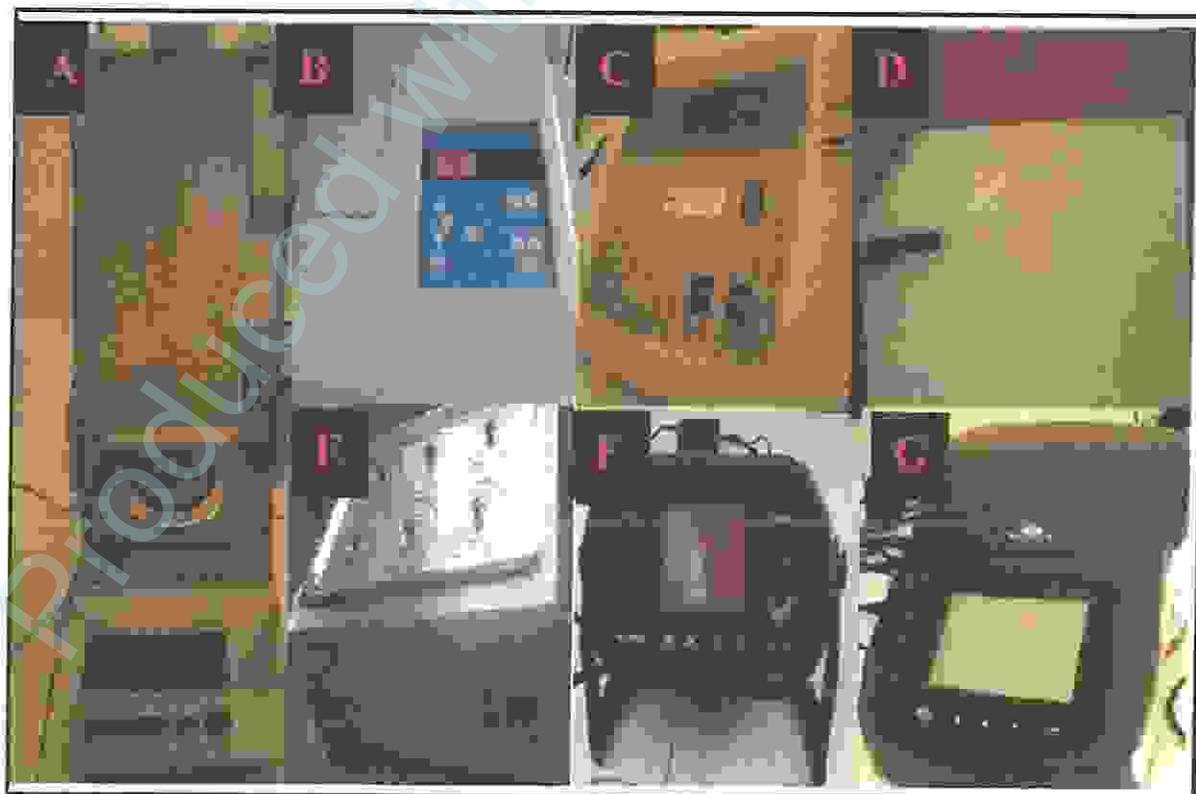


Figure 19 : Matériels de laboratoire de Hammam Debagh (2014).

### III.4. Méthodologie

#### 4.1. Protocole de recherche

Les mesures de la qualité de l'eau des sources comprennent des mesures in situ des paramètres physiques et les analyses de la majorité des paramètres chimiques, ont été réalisées dans le laboratoire de chimie de la station de traitement des eaux potables de Hammam Debagh.

##### 4.1.1. Mesure in situ des paramètres physiques

Les mesures in situ des paramètres physiques des dix sources sont des analyses réalisées directement sur place :

- Les coordonnées de chaque source dont on a pris l'échantillon d'eau sont enregistrées.
- La sonde du multi paramètre est plongée directement dans le bidon rempli d'eau échantillonnée de chaque source.
- La lecture des données est faite après stabilisation de l'appareil.

La température, le pH, la conductivité et l'oxygène dissous doivent être mesurés sur place. Ces paramètres sont très sensibles aux conditions du milieu et susceptibles de varier dans des proportions importantes s'ils ne sont pas mesurés sur le site.

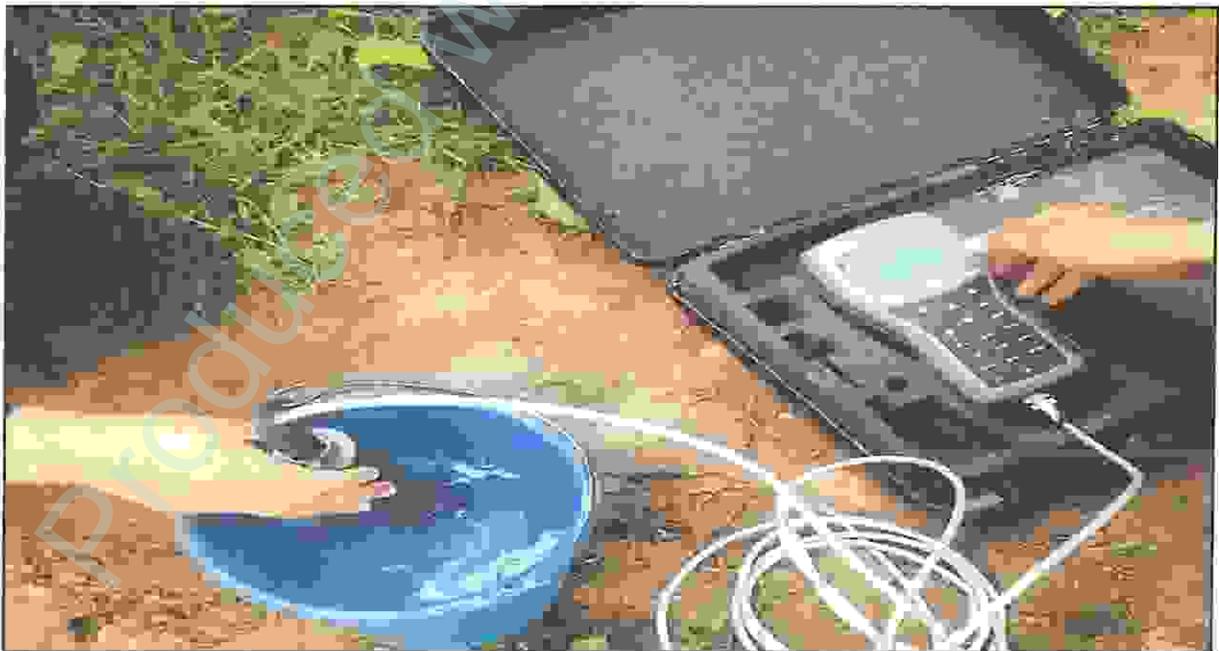


Figure 20 : Mesures in situ des paramètres physiques à l'aide d'un multi-paramètre. (2014)

#### 4.1.1.1. La température (T°)

La température de l'eau est un facteur important car elle joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique et dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels. Une température élevée entraîne un déséquilibre écologique de l'écosystème aquatique (La prolifération ou la disparition des espèces). La température de l'eau est mesurée sur le terrain à l'aide d'un multi paramètre. (Rodier, 2005).

Nous lisons directement la température qui s'est affichée sur l'écran exprimée en degré Celsius (C°).

#### 4.1.1.2. Le potentiel d'hydrogène (pH)

Le potentiel d'hydrogène (pH) est une mesure de l'activité des ions (H<sup>+</sup>) contenus dans l'eau pH = (H<sup>+</sup>). La valeur du pH dépend de l'équilibre physique et chimique de l'eau. La mesure du pH donne des renseignements importants sur la nature des eaux.

D'une façon générale, le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés, il varie habituellement entre 7,2 et 7,6 (Rodier, 1996).

#### 4.1.1.3. La conductivité électrique « CE »

La conductivité électrique est essentiellement liée à la présence des espèces ioniques en solution, elle permet une estimation de la minéralisation totale.

- si  $100 < CE < 250$   $\mu\text{S}/\text{cm}$ , eau faiblement minéralisée ;
- si  $250 < CE < 500$   $\mu\text{S}/\text{cm}$ , eau peu minéralisée ;
- si  $500 < CE < 1000$   $\mu\text{S}/\text{cm}$ , eau minéralisée ;
- si  $1000 < CE < 3000$   $\mu\text{S}/\text{cm}$ , eau fortement minéralisée.

La conductivité dépend également de la température de l'eau, elle est plus importante lorsque la température augmente. Les résultats obtenus sont exprimés en micro siemens par centimètre ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). (Sayad, 2008).

#### 4.1.1.4. La turbidité

La turbidité désigne la teneur d'une eau en particules suspendues qui la troublent. Elle est causée par des matières en suspension composées d'argile, de limon, de particules organiques, de plancton et de divers autres organismes microscopiques.

La turbidité de l'eau ne présente pas en soi un risque sanitaire direct, mais elle a pour inconvénient d'offrir une protection aux micro-organismes au cœur des particules. Elle peut aussi être à l'origine d'une odeur ou d'une saveur désagréable et d'une modification de la couleur de l'eau de consommation. C'est un paramètre important dans le contrôle de la qualité des eaux, elle se mesure au laboratoire à l'aide d'un turbidimètre, l'unité usuelle de la turbidité est la NTU (Rodier, 1984.)

**Tableau 4 : Grille de la qualité des eaux en turbidité – ANRH 2003**

NTU < 5	Eau claire
5 < NTU < 30	Eau légèrement trouble
NTU > 50	Eau trouble
NTU	La plupart des eaux de surface en Afrique atteignent ce niveau de turbidité

#### 4.1.2. Mesures des paramètres chimiques

##### 4.1.2.1. Les chlorure

Les chlorures sont répandues dans la nature, on les trouve sous forme de Na Cl, KCl ou Ca Cl<sub>2</sub>. (Sayad, 2008).

- **Principe de dosage:**

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

- **Réactifs :**

-Solution de chromate de potassium à 10%

-Solution de nitrate d'argent N/10.

- **Mode opératoire :**

Introduire 25ml d'eau à analyser dans un erlemmeyer au col large, ajouter 2 à 3 gouttes de solution de chromate de potassium à 10%, verser au moyen d'une burette la solution de nitrate d'argent jusqu'à l'apparition d'une teinte rougeâtre qui doit persister 1 à 3minutes (Fig.21).

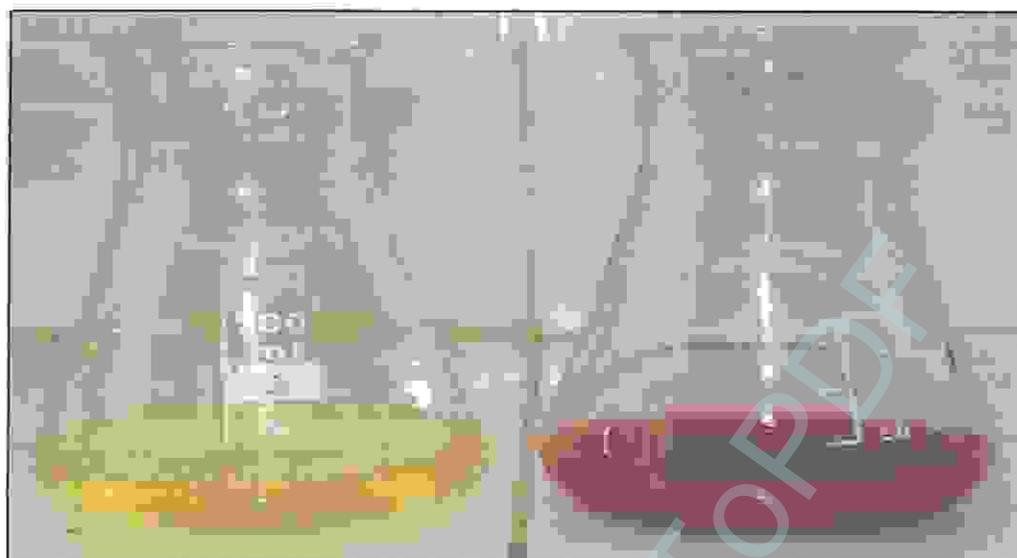


Figure 21. Dosage des chlorures. ( Menasria,Goudjil :2014)

- Expression des résultats

$$\text{Teneur (mg/l)} = V \text{ titre} * 142$$

#### 4.1.2.2. Le taux des sels dissous (TDS)

La quantité des sels minéraux dissous influence la conductivité, la mesure qui permet de déterminer la quantité totale de sels minéraux dissous dans l'eau qu'est appelée le TDS.

La mesure de la TDS se fait dans le laboratoire à l'aide d'un conductimètre en mettant une quantité de l'eau à analyser dans une cuve stérile et la introduire dans cet appareil. (Rodier, 1996).

#### 4.1.2.3. Dosage de calcium ( $\text{Ca}^{+2}$ )

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches sous forme des carbonates, composant majeurs de la dureté de l'eau et qui est généralement l'élément dominant des eaux potables.

Sa teneur est liée directement à la nature géologique des terrains traversés. Il existe surtout à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, de chlorures, etc... (Rodier, 1996).

La présence des ions de calcium dans l'eau est liée principalement à deux origines naturelles, soit la dissolution de formations gypseuses  $\text{CaSO}_4$  et la dissolution des formations carbonatées  $\text{CaCO}_3$ .

**• Principe**

Le principe est identique à celui de la méthode complexométrique décrite pour la dureté totale.

Comme le dosage se fait à un pH élevé, le magnésium est précipité sous forme d'hydroxyde et n'intervient pas. Par ailleurs, l'indicateur choisi ne se combine qu'avec le calcium.

**• Réactif :**

-Indicateur coloré : Murexide

-Solution d'EDTA (N/50)

-Solution d'hydroxyde de sodium à 2N

**• Mode opératoire :**

-Introduire 50ml d'eau à analyser dans un erlemmeyer au col large.

-Ajouter 2 ml de solution d'hydroxyde et quelques grains d'indicateur coloré.

-Verser la solution d'EDTA jusqu'au virage du rose au violet. (Fig.22).



Figure.22 : Dosage de calcium. ( Menasria,Goudjil :2014)

- **Expression des résultats**

$$(\text{Ca}^{2+})(\text{Mg/L}) = V_1 \times F \times 8, F = 0,98$$

#### 4.1.2.4. Dosage du Magnésium ( $\text{Mg}^{+2}$ )

Le magnésium est l'un des éléments le plus répandu dans la nature; il constitue environ 2,1% de l'écorce terrestre.

La plus part de ses sels sont très solubles dans l'eau (Rodier, 1996). Ses origines sont comparables à celle du calcium, car il provient de la dissolution des formations carbonatées à fortes teneurs en magnésium (Magnésite et dolomites). (Debieche, 2002).

Il est classé comme élément significatif de la dureté de l'eau.

- **Principe :**

Titration molaire des ions calcium et magnésium avec une solution de sel disodique de l'acide éthylènediaminetétraacétique (EDTA) à pH10.

Le noir érichrome T, qui donne une couleur rouge foncé ou violette en présence des ions calcium et magnésium, est utilisé comme indicateur.

- **Réactifs :**

-Solution d'EDTA (N/50)

-Noir d'eriochrome T

- $\text{NH}_4\text{OH}$  à PH=10

- **Mode opératoire :**

Introduire 50ml d'eau à analyser dans un erlemmeyer au col large, ajouter 02ml de  $\text{NH}_4\text{OH}$  à PH=10 et une pincée de noir d'eriochrome T, titrer par l'EDTA (N/50) jusqu'au virage de la couleur bleu (Fig.23). (Hakmi, 2002).

- **Expression des résultats :** La détermination du mg/l de Magnésium est donnée par la formule suivante:

$$\text{D'où: } (\text{Mg}^{2+})(\text{Mg/L}) = V_2 - V_1 \times F \times 4, 8$$

$V_2$  : Volume titrée de calcium et de magnésium.     $V_1$  : Volume titrée de calcium.



Figure 23. Dosage de Magnésium. (Menasria, Goudjil : 2014)

#### 4.1.2.5. Résidus secs

La détermination du résidu sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau, c'est le résidu total. (Rodier, 2009)

- **Principe :** Le résidu sec correspond au poids de la totalité des matières dissoutes par litre d'eau. Une certaine quantité d'eau bien mélangée est évaporisée dans une capsule tarée de résidu desséché et ensuite pesé.
- **Mode opératoire :**
  - Peser un bécher vide préalablement séché.
  - Prélever 200ml d'eau à analyser.
  - Porter à l'étuve à 105°C pendant 24 heures.
  - Laisser refroidir pendant ¼ heures au dessiccateur.
  - Peser immédiatement et rapidement. (Rodier, 1996; Amino, 1983).
- **Expression des résultats :**

$$RS (Mg/L) = (PP - PV) \times 5 \times 1000$$

PP: le poids plein de la capsule,      PV: le poids vide de la capsule.

#### 4.1.2.6. Titre alcalimétrique complet (TAC) et $(\text{HCO}_3^-)$

- **Principe :**

Ces déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur colore.

- **Réactifs :**

-acide chlorhydrique ou sulfurique N/50.

-solution de phénolphtaléine dans l'alcool à 0,5%.

-solution de méthylorange à 0,5%.

-eau permutée exempte d'anhydride carbonique libre (par ébullition de 15min.)

- **\*TAC :**

Traduisent l'alcalinité d'une eau. La connaissance de ces valeurs est essentielle pour l'étude de l'agressivité d'une eau puisqu'elle dépend de l'équilibre calco-carbonique. (Rodier 2009).

-100ml d'eau à analyser.

-02a 03 gouttes de méthylorange à 0,5%.

-titrer par l'acide sulfurique N/50 jusqu'au virage rouge orange.

- **Expression des résultats :**  $\text{TAC}(\text{of}) = V \text{ titre} \cdot 0.5$

0.5 : le volume nécessaire pour le virage de couleur de l'indicateur.

- **\*détermination  $\text{HCO}_3^-$  :**

La présence des bicarbonates dans l'eau est due à la dissolution des formations carbonatées (cipolin, calcaire) par des eaux chargées en gaz carbonique. La concentration des bicarbonates est calculée selon la relation suivante :

$$[\text{HCO}_3^-] = \text{TAC} (F^\circ) \times 12,2 \text{ (Rodier, 1996). TAC: Alcalinité totale } | F^\circ = 10 \text{ mg/l}$$

#### 4.2.1.7. Titre hydrotimétrique par EDTA (TH)

La dureté d'une eau est due principalement à la présence des sels de calcium et de magnésium sous forme de bicarbonates, des sulfates et de chlorures. (Rodier, 2009).

- **Principe :**

Les alcalino-terreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe du type chélate par le sel disodique de l'acide éthylène-diaminetetracétique à  $\text{pH} = 10$ . La disparition des dernières traces d'éléments libres a dosé est décelée par le virage d'un indicateur spécifique.

En milieu convenablement tamponné pour empêcher la précipitation du magnésium, la méthode permet de doser la somme des ions calcium et magnésium. (Rodier, 2009)

- **Réactifs :**

-indicateur noir l'eriochrome T.

-solution d'EDTA (0,2N).

-solution tampon : ammoniacale 34%.

- **Mode opératoire :**

Prélever 100 ml d'eau à analyser. Ajouter 2ml de solution tampon ( $\text{pH} = 9,5-10$ ) et quelques grains d'indicateur coloré. Verser la solution d'EDTA jusqu'au virage du rouge vers le bleu.

Soit  $v$  le volume de solution d'EDTA versé.

- **Expression des résultats :**  $\text{THF}^\circ = V \text{ titre} * 10$

#### 4.1.2.8. Les nitrates:

Ils jouent un rôle important comme engrais, car ils constituent le principal aliment azoté des plantes, dont ils favorisent la croissance. Toutes les eaux naturelles contiennent normalement des nitrates à des doses variant selon les saisons. Les ions nitrates se forment naturellement dans le cycle de l'azote. Les concentrations de nitrates d'origine naturelle dans les eaux de surface sont généralement de quelques milligrammes par litre.

Pour le dosage des nitrates la méthode proposée est spectrophotométrie. (3)

- **Principe :**

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

- **Réactifs :**

- Solution de salicylate de sodium à 0.5 % (renouveler toutes les 24 h).
- 0,5g de salicylate de sodium dans 100 ml d'eau distillée.
- Solution d'hydroxyde de sodium 30 %.
- 30g de NaOH dans 100 ml d'eau distillée.
- H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentré.
- Tartrate double de sodium et de potassium.
- Hydroxyde de sodium Na OH 400 g.
- Tartrate de sodium et de potassium 60 g.
- Eau distillée qsp 1000 ml.

- **Mode opératoire :**

- Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser.
- Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30 %.
- Ajouter 1 ml de salicylate de sodium.
- Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75 - 88° C.
- Reprendre le résidu avec 2 ml. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> laisser reposer 10 mn.
- Ajouter 15 ml d'eau distillée.
- Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium.

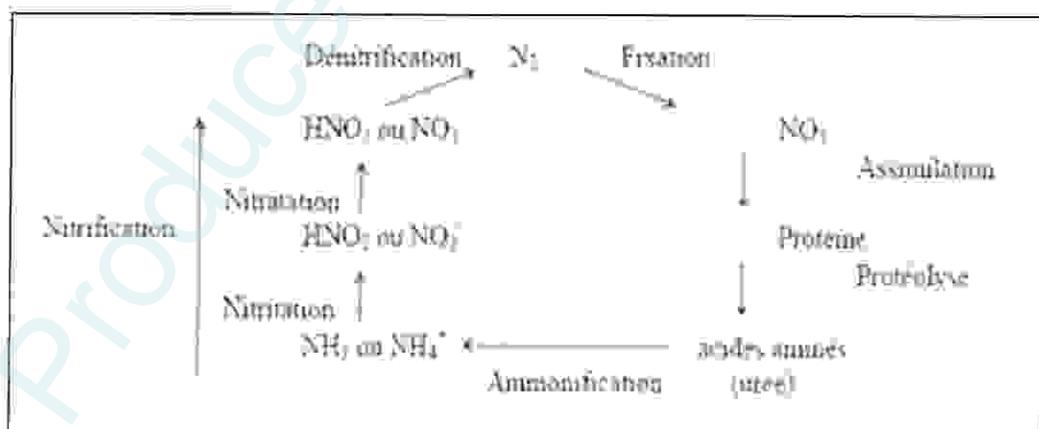


Figure 24 : Cycle de l'Azote (D'après Debièche ; 2002)



Figure 25 : Dosage de nitrate. (Menasria, Goudjil2014)

- **Expression des résultats :**

La valeur lue \* 4.43 en mg/l a une longueur d'onde de 415 nm.

#### 4.1.2.9. L'azote des nitrites:

Les nitrites sont des composés azotés solubles dans l'eau qui se forment lorsque la dégradation microbologique des nutriments (résidus de nourriture) est incomplète.

Leur présence peut aussi être due à un apport d'eaux chargées en nitrites ou d'eaux pluviales (surtout après les orages). Lorsque l'écosystème est intact, l'analyse de l'eau ne doit détecter aucun nitrite. Même à très faible concentration (0,2 mg/l), les nitrites peuvent avoir des incidences extrêmement négatives sur un bassin et intoxiquer tous les poissons qu'il contient. Cette toxicité est due principalement à ce qu'en se fixant dans le sang, les nitrites empêchent le transport de l'oxygène. (Amino, 1983).

- **Principe**

Les ions nitrites réagissent en milieu acide (PH=1,9) avec la sulfamilade en formant sel de di-azonium (diazotation) qui forme avec le N-(1-naphtyl)-éthylènediamine-dichlorohydraté un colorant azoïque rouge.

- **Réactif:**

Réactif1 : solution de sulfanilamide.

Réactif 2 : solution de N-naphtyl-ethylenediamine.

- **Mode opératoire :**

Prendre 50 ml d'eau à analyser

- Ajouter 1 ml du réactif mixte.

- Attendre 10mn.

- L'apparition de la coloration rose indique la présence des  $\text{NO}_2^-$ .

Effectuer la lecture à 543 nm.

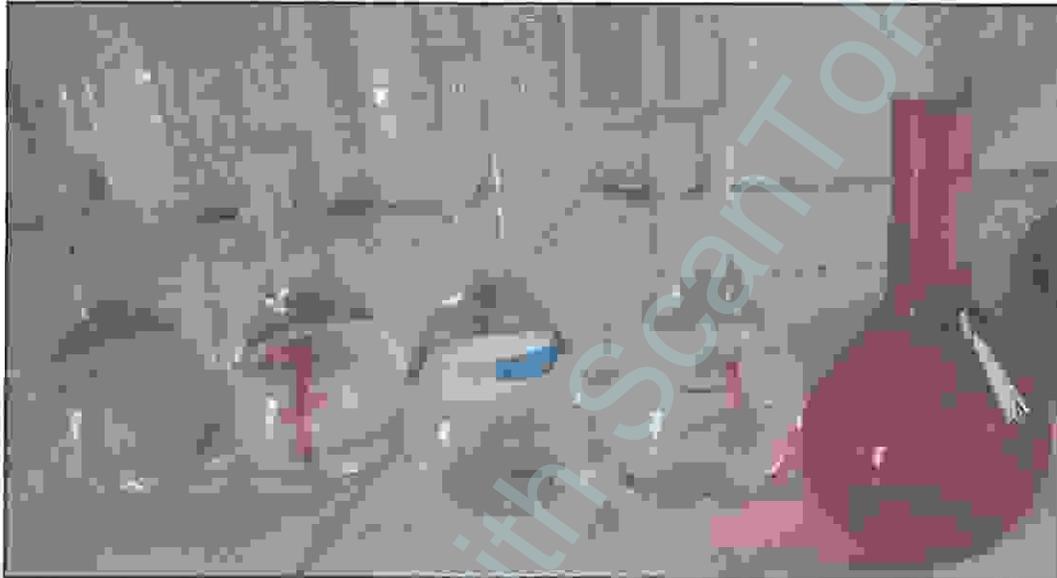


Figure 26 : Dosage de nitrite. ( Menasria, Goudjil ;2014)

- **Expression des résultats :**

La valeur lue en mg/l a une longueur d'onde de 543nm.

#### 4.1.2.10. Dosage de l'ammonium

Le choix de la méthode est déterminé par la concentration en ions ammonium qui est très variable et la plus part d'ions interférents tels que chlorures, fer, amine, matière organiques, etc. (Rodier, 2009).

- **Principe**

Mesure spectrométrique à environ 655nm du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium. (Rodier, 2009).

- Réactifs

Réactif I : Solution chlorée.

Réactif 2. Solution de nitroprussiate de sodium et de phénol.

- Mode opératoire :

- Prendre 40 ml d'eau à analyser.

- Ajouter 4 ml du réactif I.

- Ajouter 4 ml du réactif II et ajuster à 50 ml avec H<sub>2</sub>O distillée et attendre 1h. 30.

\* L'apparition de la coloration verdâtre indique la présence de : NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.

Effectuer la lecture à 635 nm.



Figure 27 : Dosage de l'ammonium. (Menasrie, Goudjil ; 2014)

#### 4.1.2.11. Les phosphates (PO<sub>4</sub><sup>-</sup>)

Le Phosphore provient essentiellement des rejets domestiques, de l'apport atmosphérique, des déjections animales, des pertes de sol en substances nutritives. Le phosphore se retrouve dans les eaux de surface et dans les sédiments sous plusieurs formes, organique (phospholipides, phosphoprotéines) et ou minérales (phosphates PO<sub>4</sub><sup>-</sup>). (Rodier, 2009).

**• Principe**

Formation en milieu acide d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium.

Réduction par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu qui présente deux valeurs maximales d'absorption (l'une vers 700 nm, l'autre plus importante à 880 nm).

**• Réactifs**

- Réactif- mélange
- Acide ascorbique

**• Mode opératoire**

- Prendre 40 ml d'eau à analyser
- 1 ml d'acide ascorbique
- Ajouter 2 ml du réactif-mélange
- attendre 10 mn.
- L'apparition de la coloration bleue indique la présence des  $\text{PO}_4^{3-}$ .
- Longueur d'onde  $\lambda$  à 700 ou 880 nm.

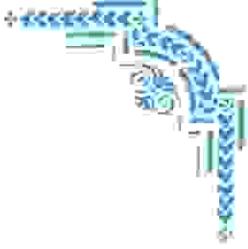


Figure 28 : Dosage de phosphate. (Menasria, Goudjil :2014)

**Conclusion**

Les analyses de la qualité de l'eau des sources étudiées comprennent des mesures in situ des paramètres physiques : la température; le pH; la conductivité électrique ; la turbidité, taux des sels dissous (TDS), les résultats obtenues ont été affichés sur place grâce à un multi paramètre.

Les paramètres chimiques : éléments majeurs (Cations :  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , et Anions :  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ), les éléments nutritifs ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^-$ ), leur analyses ont été réalisés au laboratoire de chimie de la station de traitement des eaux potables de Hammam Dèbagh, à l'aide des différents appareils (Fig n°18), dans le but d'évaluer leur degré de potabilité.



*Quatrième chapitre*



**RESULTAT ET DISCUSSIONS**

Produced with ScanTOPDF

## Introduction

Selon la répartition et l'accessibilité des points d'eau à l'exutoire de la nappe alluviale sur la route Guelma – Bouchegouf, une série d'échantillonnage a été réalisée au niveau de 10 sources afin d'analyser et d'identifier les faciès chimiques des eaux, leur origine, leur qualité et leur degré de potabilité pour l'alimentation en eau potable.

Ce chapitre comprend les résultats et interprétations des données d'analyses physico-chimiques des eaux des sources qui sont présentés sous forme d'histogrammes exprimant les différentes variations de tous les paramètres étudiés.

### IV.1. Les paramètres physiques

#### 1.1. La couleur apparente

Quand l'eau a une teinte particulière, c'est souvent dû à la présence de matière organique en décomposition ou d'éléments inorganiques. On trouve deux types de couleur: la couleur vraie et la couleur apparente. Pour établir si un échantillon a une couleur vraie ou apparente, il suffit de le filtrer: les particules affectant la couleur vraie seront retenues.

Concernant la couleur de l'eau de toutes nos sources étudiées, on a constaté qu'elle est claire durant la période d'échantillonnage et d'analyse. C'est pourquoi les populations pensent qu'elles sont potables.

#### 1.2. La température (C°)

Les températures de toutes les eaux des sources étudiées présentent des variations spatiales similaires dans l'ensemble, dont le maximum oscille dans l'intervalle de 14.2 à 15.2C° au niveau de (S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>, S<sub>8</sub>, S<sub>10</sub>), et le minimum oscille dans l'intervalle de 12.8 à 13.1C° au niveau de (S<sub>4</sub>, S<sub>5</sub>, S<sub>6</sub>, S<sub>7</sub>, S<sub>9</sub>) (Fig.29).

Suivant ces valeurs on peut dire que les eaux des toutes les sources sont de bonne qualité.

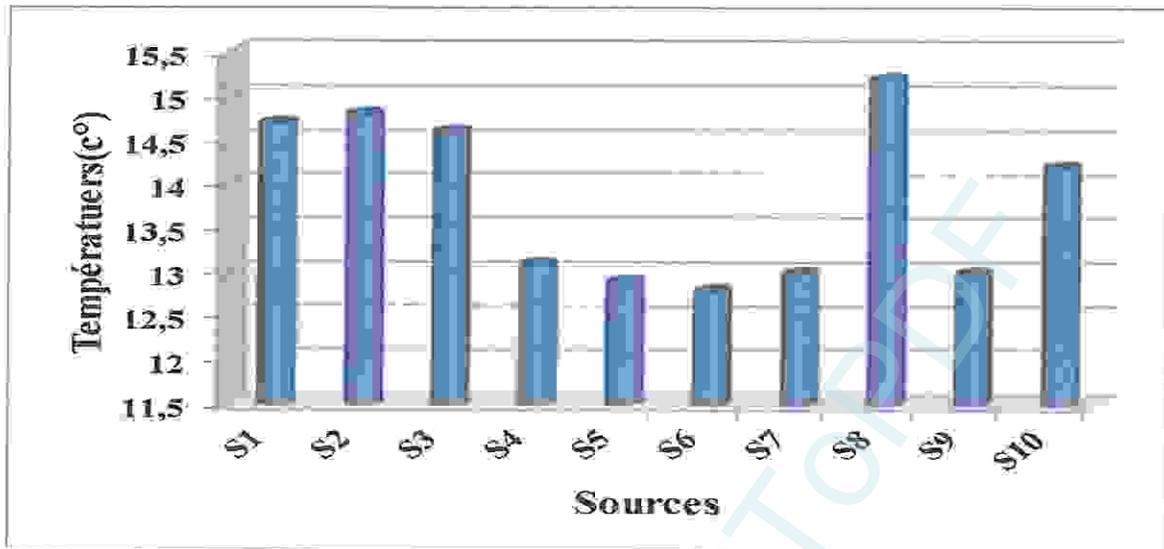


Figure 29 : Variations de la température.

### 1.3. Le potentiel d'hydrogène pH

Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversée. Il donne une indication sur l'acidité ou l'alcalinité d'une eau.

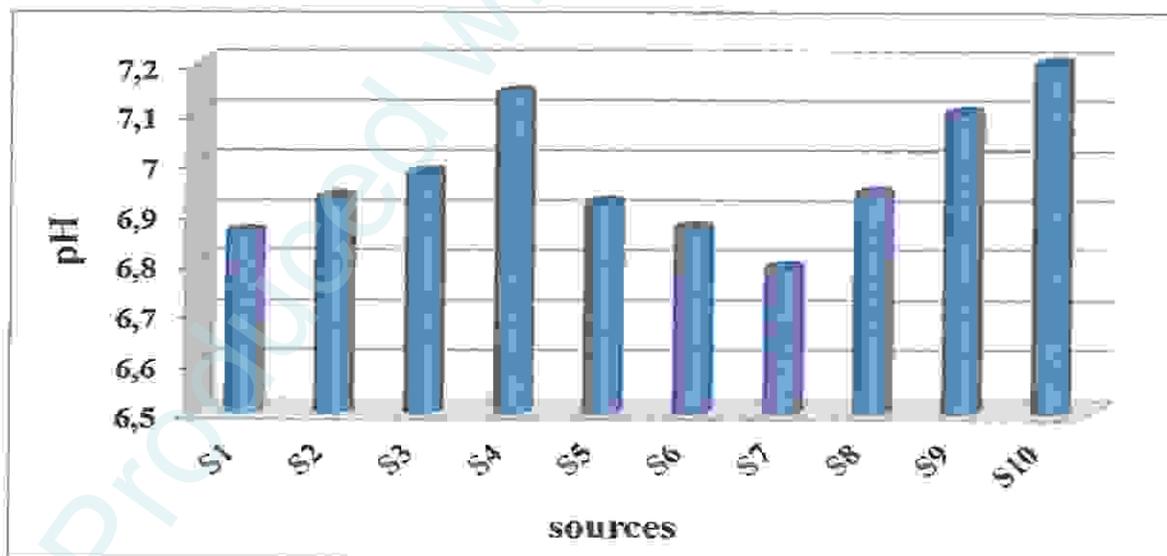


Figure 30 : Variations des valeurs du potentiel d'Hydrogène.

Les valeurs de pH obtenues varient respectivement de 6,79 (S<sub>7</sub>) à 7,2 (S<sub>10</sub>), on peut dire donc que les eaux des sources (S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>, S<sub>5</sub>, S<sub>6</sub>, S<sub>7</sub>, et S<sub>8</sub>) avec un pH de 6,79 à 6,98 sont

légèrement acides. Alors que pour les autres sources ( $S_4$ ,  $S_9$ ,  $S_{10}$ ), les valeurs de pH mesuré sont proches de la neutralité (de 7.1 à 7.2).(Fig.30).

On général toutes les eaux de ces sources sont de qualité acceptable selon les normes d'OMS et algériennes (6.5 à 8.5).

#### 1.4. La conductivité électrique CE

La conductivité électrique permet d'avoir une idée sur la salinité de l'eau. Le graphe ci-dessous, illustre les valeurs de la conductivité de nos sources, nous observons une différence significative entre les quatre sources ( $S_3$ ,  $S_5$ ,  $S_6$ ,  $S_7$ ) de 1584 à 1950  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , et les autre sources dont les valeurs oscillent de 1021 à 1242  $\mu\text{s}/\text{cm}$  (Fig.31).

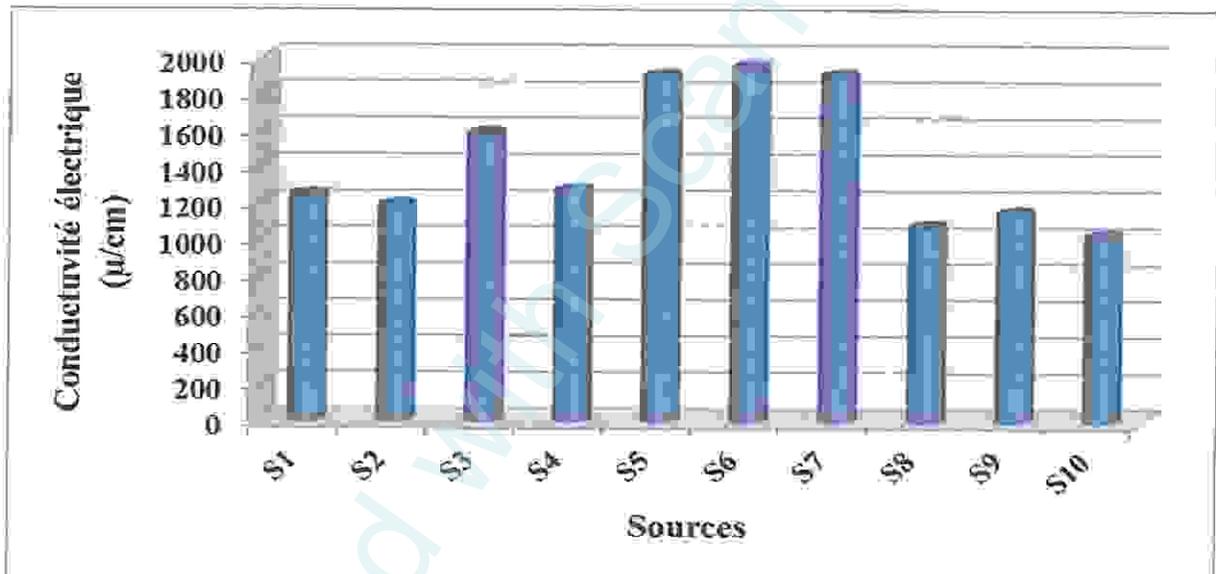


Figure 31 : Variations des valeurs de la conductivité électrique.

Toutes les valeurs de la conductivité mesurées dans les quatre sources citées ci-dessus indiquent une minéralisation totale dépassant les normes de l'O.M.S (soit 1500  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ), mais inférieure aux normes algériennes (2800  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ).

#### 1.5. La turbidité (NTU)

La turbidité est produite par des matières en suspension, Elle mesure la résistance qu'elle oppose par l'eau au passage de la lumière, c'est à dire mesure de l'absorption de la lumière par l'eau.

Les valeurs de la turbidité sont inférieure à 1 NTU dans les 9 sources à l'exception dans la  $S_6$  la valeur est plus élevée avec 8.74 NTU (Fig.32).

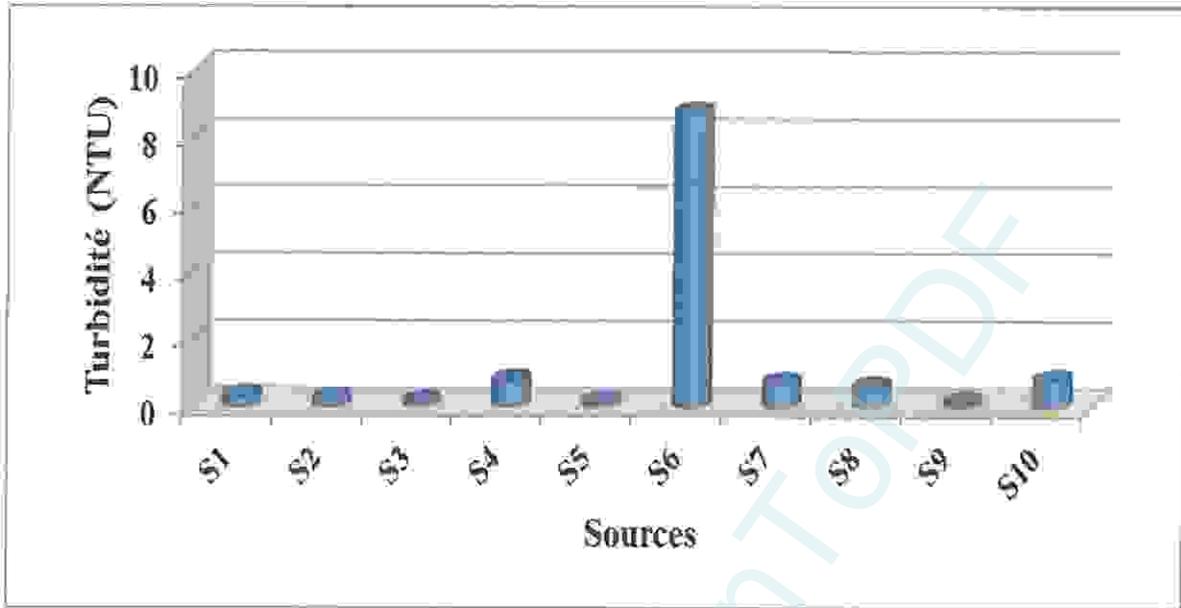


Figure 32 : Variations de la turbidité.

Selon les normes, l'eau de la majorité des sources est claire à l'exception de celle de la source (S<sub>6</sub>) supérieur à 5 NTU est considérée comme légèrement trouble, vu que c'est une source non captée elle est au contact avec les eaux de surfaces.

**IV.2. Paramètres chimiques**

**2.1. Minéralisation globale d'une eau TDS**

Taux des sels dissous (TDS) décrivent les sels inorganiques présents en solution dans l'eau (NaCl, MgCl<sub>2</sub>,...). L'augmentation de la salinité reflète une augmentation en ions sodium (Na<sup>+</sup>), magnésium (Mg<sup>2+</sup>), chlorure (Cl<sup>-</sup>),... après dissociation des sels.

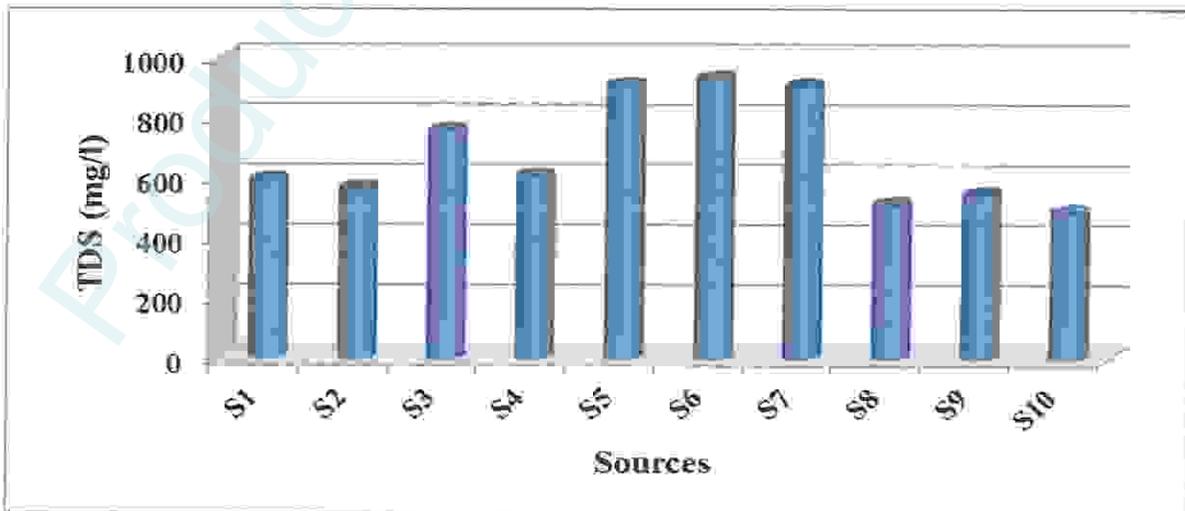


Figure 33 : Variations du taux des sels dissous.

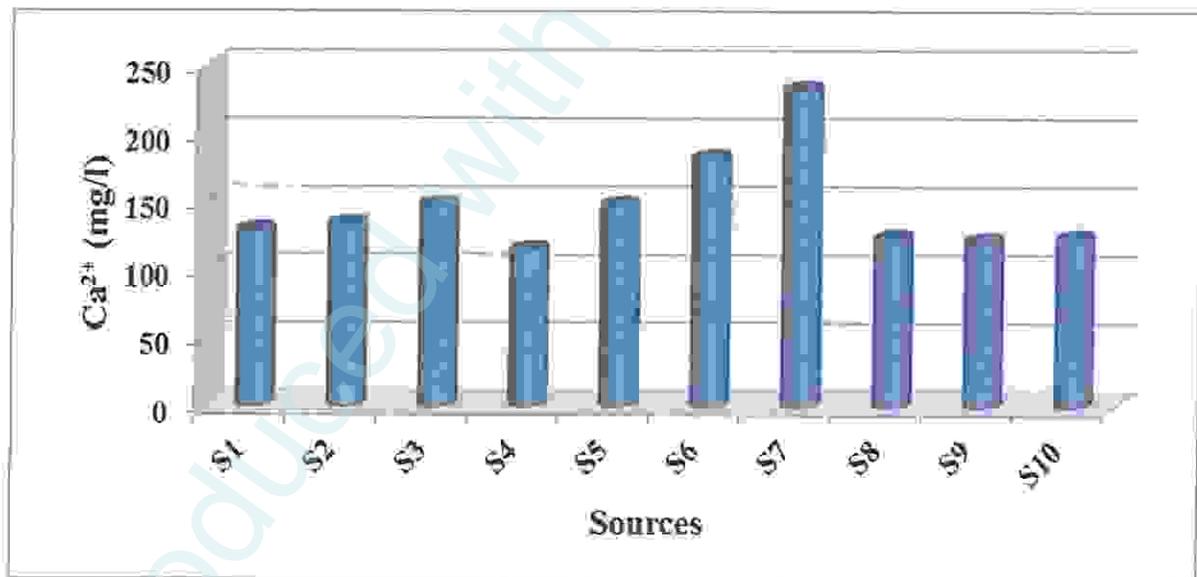
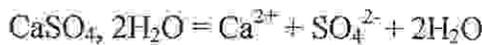
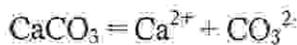
Les valeurs de TDS de l'eau de nos sources étudiées fluctuent entre 488 et 931 mg/l. Selon le graphique ci-dessus ces dernières sont plus élevées au niveau de (S5, S6, S7) respectivement de 907 à 931 mg/l, et légèrement élevées au niveau des autres sources de 488 à 758 mg/l (Fig.33).

Étant donné que toutes les valeurs de TDS sont inférieures à la valeur limite 1000 mg/l (OMS en 2006), donc les eaux des sources sont moyennement minéralisées en sels dissous.

Nous constatons que la minéralisation correspond à la totalité des sels dissous contenus dans l'eau est véhiculé par les valeurs de la conductivité des échantillons prélevés. (Fig.n°31).

**2.2. Le Calcium (Ca<sup>2+</sup>)**

La présence des ions Ca<sup>2+</sup> dans l'eau est liée principalement à deux origines naturelles : Soit la dissolution des formations carbonatées (CaCO<sub>3</sub>), soit la dissolution des formations gypseuses (CaSO<sub>4</sub>) :



**Figure 34 : Variations du calcium.**

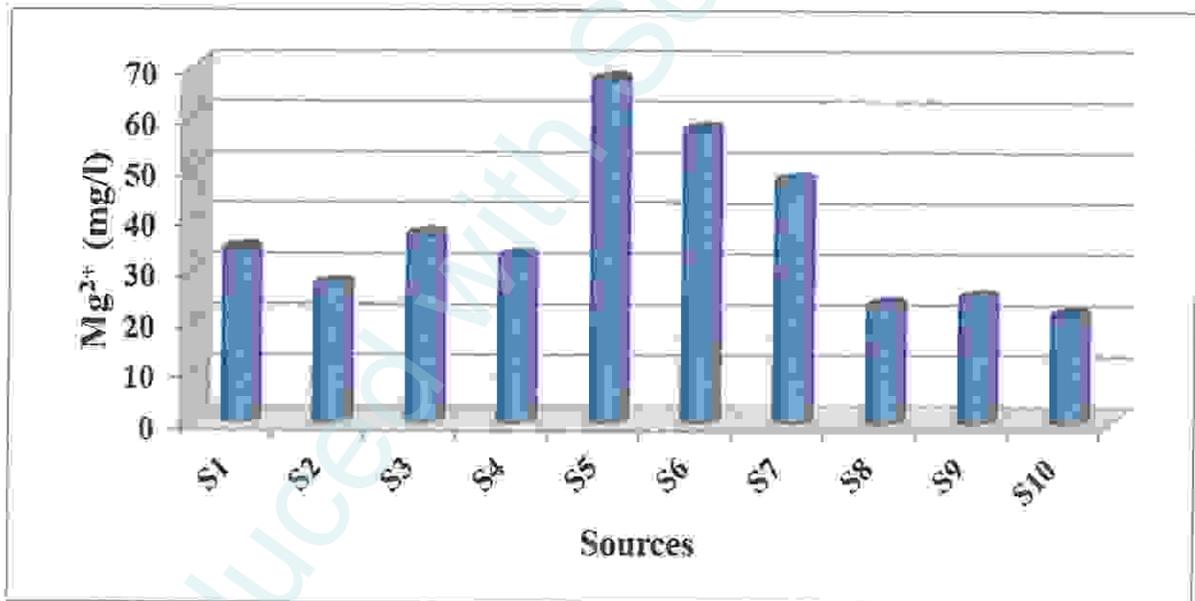
La Figure ci-dessus nous montre que les concentrations de Ca<sup>2+</sup>, oscillent en général entre 115.24 et 232.84 mg/l, On remarque que les teneurs croissent principalement au niveau des deux sources S<sub>6</sub> et S<sub>7</sub> (182.67 et 232.84 mg/l).

Ainsi selon les normes d’OMS (100 mg/l), les eaux des sources étudiées présentent des teneurs élevées en calcium (Fig.34). Dans la source S<sub>7</sub> cette teneur dépasse même les normes de potabilité Algériennes (200 mg/l).

Ces concentrations élevées peuvent être expliquées principalement par la dissolution des formations carbonatées (CaCO<sub>3</sub>) ainsi que les formations gypseuses (CaSO<sub>4</sub>) situées en amont.

**2.3. Le magnésium (Mg<sup>2+</sup>)**

D’après les résultats des analyses .Les teneurs du magnésium dans les eaux des sources varient entre (21.16 et 67.26 mg/l), les valeurs obtenues montrent des variations de concentration faibles au niveaux des sources (S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>, S<sub>4</sub>, S<sub>7</sub>, S<sub>8</sub>, S<sub>9</sub>,et S<sub>10</sub>), qui oscillent de 21.16 à 47.51 mg/l, par contre les concentrations élevées observées au niveau des deux sources S<sub>5</sub> et S<sub>6</sub> dépassent la norme d’OMS (50 mg/l) (Fig. 35).



**Figure 35 : Variations du magnésium.**

Ce qui laisse dire que l’eau de ces dernières sources sont plus chargées en ion Mg<sup>2+</sup>, dont l’origine peut être lié à la dissolution du magnésium des formations carbonatées tel que les dolomies.

#### 2.4. Les Chlorures (Cl<sup>-</sup>)

L'ion chlorure possède des caractéristiques différentes de celles des autres éléments, il n'est pas adsorbé par les formations géologiques, ne se combine pas facilement avec les éléments chimiques et reste très mobile. Il constitue un bon indicateur de la pollution.

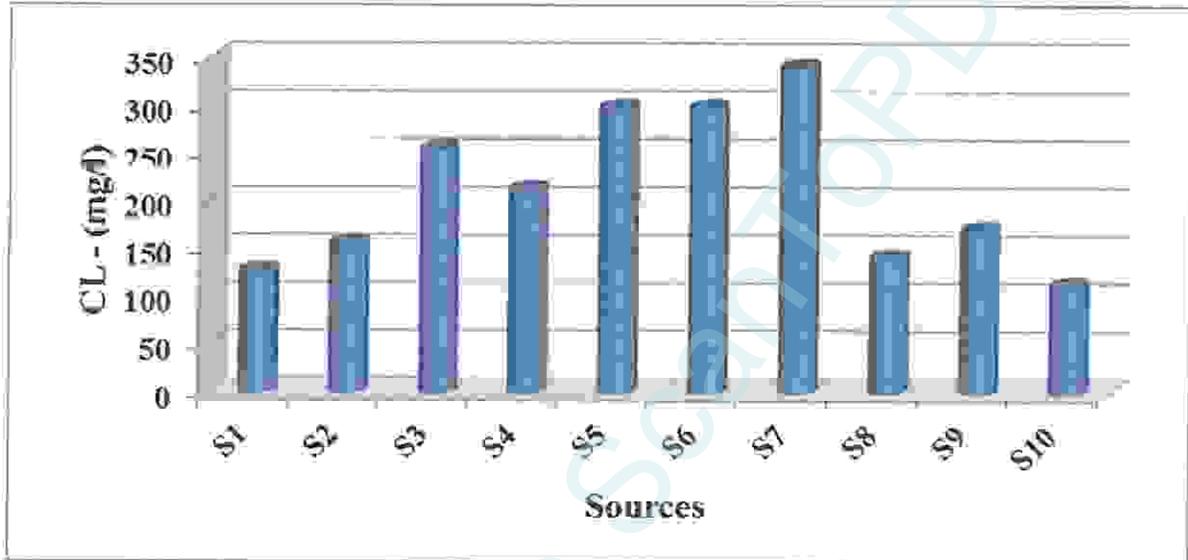


Figure 36 : Variations du chlorure.

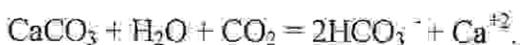
Sur la base des résultats des analyses effectuées pour les échantillons des eaux, les teneurs en chlorures sont de l'ordre de 113.6 à 340.8 mg/l (Fig.36). Les valeurs les plus élevées sont observées au niveau des sources S<sub>3</sub>, S<sub>5</sub> et S<sub>6</sub> avec un maximum en source S<sub>7</sub>.

Ces teneurs enregistrées, montrent des valeurs qui dépassent la norme de potabilité de l'OMS fixée à 250 mg/l, mais acceptables suivant les normes algériennes (500 mg/l).

Ce dépassement des teneurs en chlorures dans ces sources par rapport aux autres eaux peuvent être liées à la nature des terrains traversés (les argiles gypsifères) ou d'origine anthropique, par l'utilisation des engrais agricoles (KCl principalement),

#### 2.5. Bicarbonates (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

La présence des bicarbonates dans l'eau est due à la dissolution des formations carbonatées (cipolin, calcaire) par des eaux chargées en gaz carbonique, selon la réaction suivante :



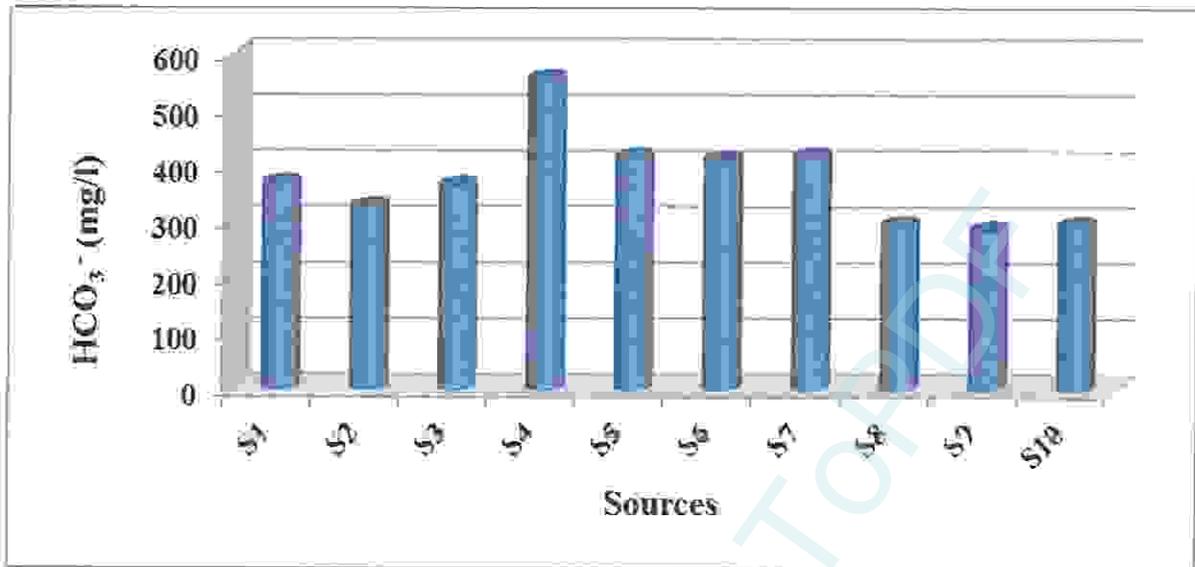


Figure 37 : Variations des bicarbonates.

Selon le graphique, les teneurs varient d'une valeur minimale de 295.24 mg/l au point S<sub>9</sub>, et une maximale de 556.2 mg/l au point S<sub>4</sub> (Fig.37).

Toutes ces fortes valeurs dépassent les normes d'OMS (250 mg/l), ce qui rend les eaux de toutes ces sources très chargée en bicarbonates.

## 2.6. Les phosphates (PO<sub>4</sub>)

L'accroissement des flux des phosphates dans les eaux serait lié aux rejets urbains ou à la dissolution des engrais chimiques (NPK).

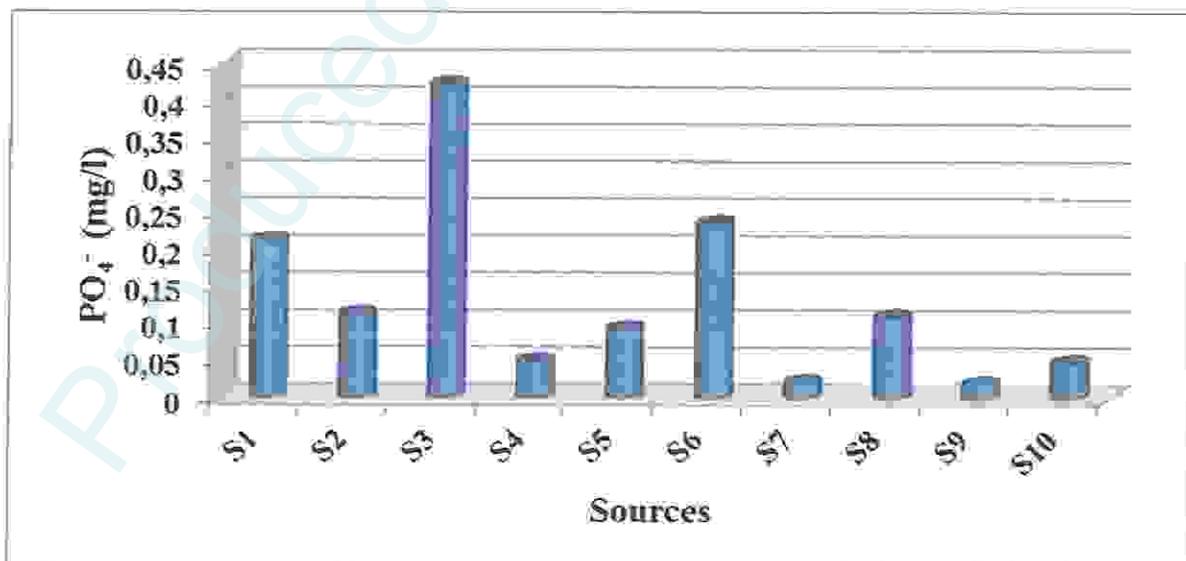


Figure 38 : Variations des phosphates.

Le dosage des  $\text{PO}_4^-$  dans toutes les sources oscille de 0.02 à 0.423 mg/l au niveau de  $S_9$  et  $S_3$  (Fig.38). Ces faibles valeurs restent inférieures aux normes admises par l'OMS et Algériennes (0.5 mg/l).

### 2.7. L'Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ )

L'azote est un nutriment essentiel à l'activité biologique dans l'eau. L'ion ammonium correspond à la forme réduite de l'azote, sa concentration élevée dans les eaux présente un indicateur de pollution soit d'origine domestique, industrielle ou agricole.

Selon les résultats d'analyses obtenus et qui sont représentés sur le graphique ci-dessous, les teneurs d'ammonium des eaux de sources sont nulles au niveau de  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$ ,  $S_8$ ,  $S_9$ , et oscillent de 0.01 à 0.082 dans les autres sources qui émergent au voisinage des terrains agricoles (Fig.39).

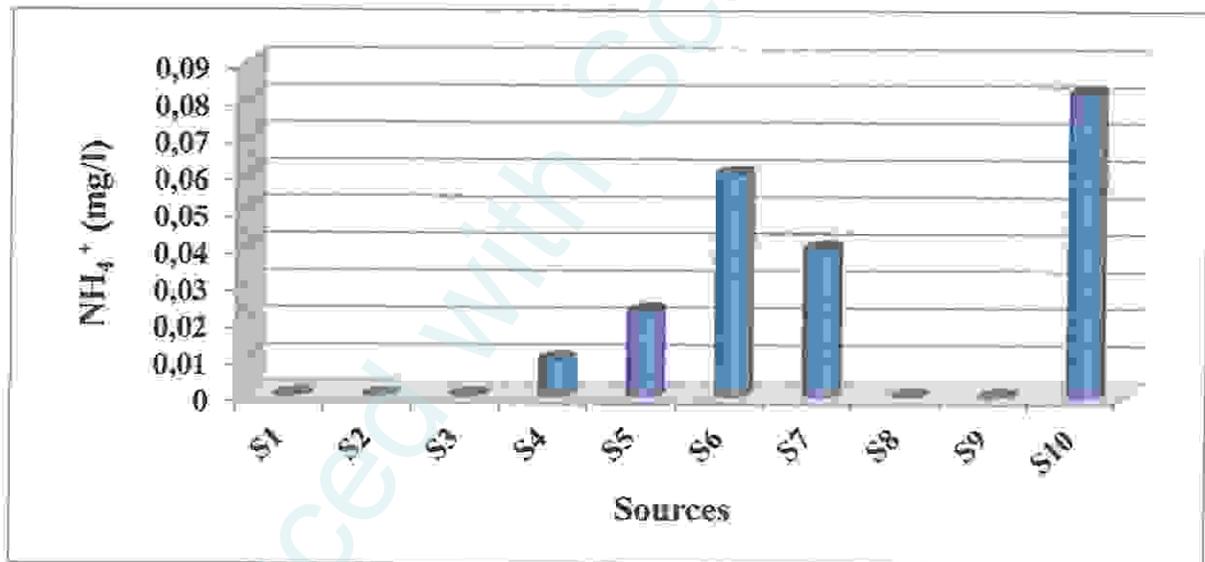


Figure 39 : Variations d'ammonium.

Donc les teneurs d'ammonium des eaux des sources ne dépassent pas les normes de potabilité recommandés par l'OMS, et Algériennes qui sont fixées à 0.50 mg/l.

### 2.8. Nitrite ( $\text{NO}_2^-$ )

Le nitrite est le premier résultat de la dégradation des organismes végétaux et animaux en milieu aqueux. Les nitrites constituent le stade intermédiaire entre les ions ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) et les nitrates.

Les teneurs en Nitrites observées sur la graphique (Fig.40), sont nulles pour la majorité des eaux des sources (8 sources), à l'exception des deux sources S<sub>6</sub> et S<sub>10</sub> dont les valeurs varient de 0.01 à 0.13 mg/l, ces teneurs peuvent être dues aux activités agricoles. Cependant, la valeur de nitrite en source S<sub>10</sub> (0.13mg/l) dépasse légèrement les normes d'OMS et Algériennes (0.1 mg/l).

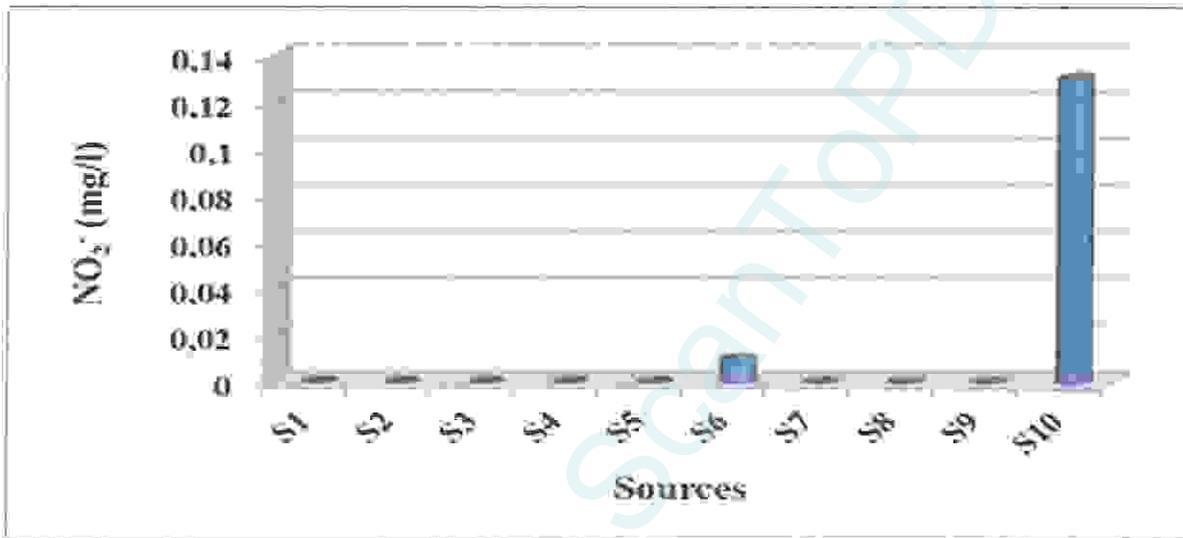


Figure 40 : Variations des nitrites.

### 2.9. Nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

Les nitrates constituent la forme azotée la plus dominante dans les cours d'eau et dans les nappes d'eau souterraine. Les nitrates sont présents dans les rejets d'eaux usées et dans les engrais utilisés en agriculture.

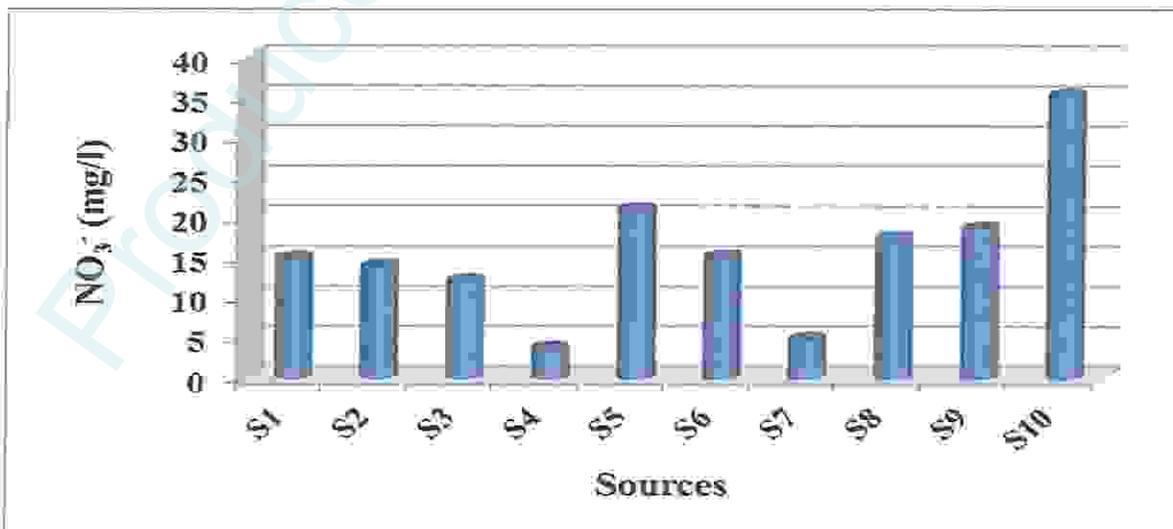


Figure 41 : Variations des nitrates.

L'histogramme des teneurs en nitrates (Fig.41) montre une variation bien marquée de ces teneurs qui oscillent entre 3.76 mg/l (S<sub>4</sub>) et 35.35 mg/l (S<sub>10</sub>), mais qui restent inférieures à la valeur admissible par les normes d'OMS et Algériennes (50 mg/l).

De ce fait, la majorité des eaux étudiées ne sont pas assujetties à un risque de pollution par les nitrates à l'exception de la source (S<sub>10</sub>), où l'excès peut être expliqué par l'utilisation des engrais riches en nitrate dans le périmètre irrigué de Guelma.

**2.10. La dureté totale (TH)**

La dureté totale de l'eau, correspond essentiellement à la présence des sels de calcium et de magnésium dans l'eau. Elle résulte principalement du contact des eaux souterraines avec les formations rocheuses (calcaires ou dolomitiques).

La dureté est mesurée par le titre hydrotimétrique exprimé en milligrammes par litre (mg/l) ou en degré français (°F). 1 °F correspond à 10 mg de carbonate de Calcium dans 1 litre d'eau.

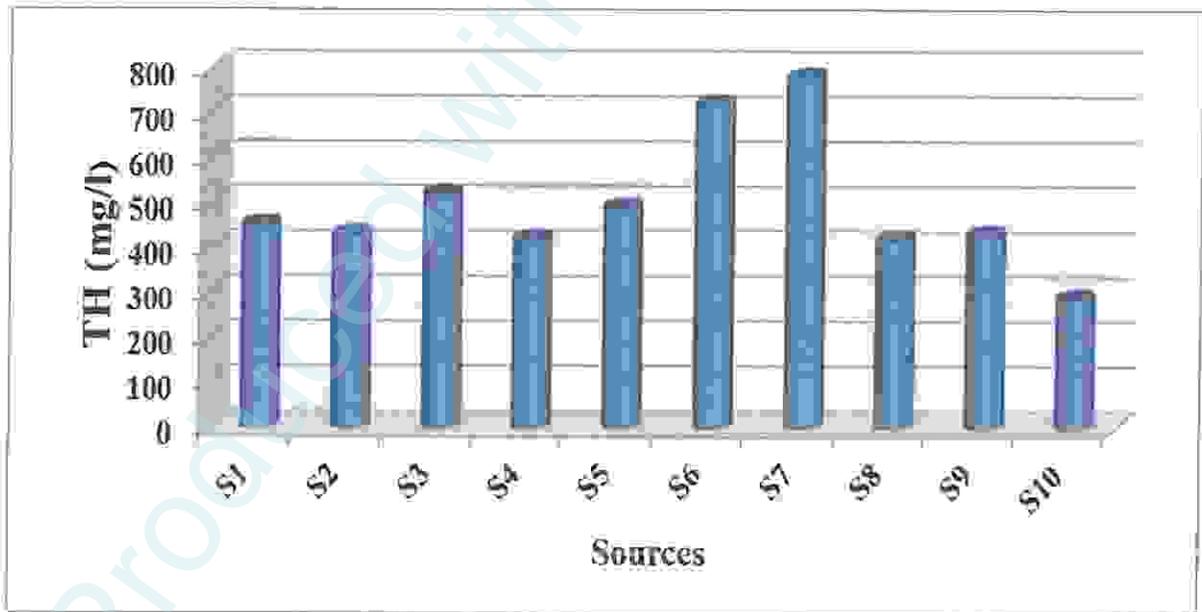


Figure 42 : Variations de la dureté totale.

La figure ci-dessus, nous expose des valeurs de dureté des échantillons analysés qui présentent une grande variation de 290 mg/l (S<sub>10</sub>) à 780 mg/l (S<sub>7</sub>) (Fig.42).

Les eaux de toutes les sources présentent des valeurs qui dépassent les normes d’OMS (200 mg/l), mais selon les normes Algériennes (500 mg/l), un excès de dureté est bien observé au niveau des sources S<sub>3</sub>, S<sub>6</sub> et S<sub>7</sub> qui serait lié à la nature lithologique de la formation géologique.

**2.11. Résidus secs**

Pour savoir si une eau est peu ou fortement minéralisée, il faut regarder son résidu sec. Cet indicateur exprime le taux de minéraux recueillis après évaporation d’1L d’eau soumis à 180 °C.

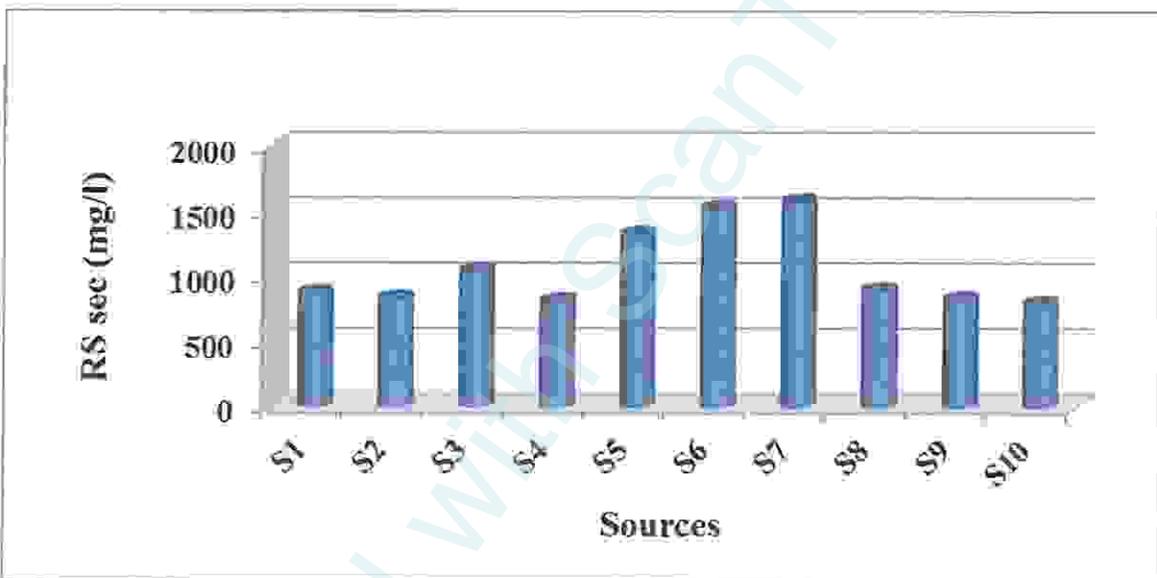


Figure 43 : Variations des résidus secs.

Le taux de minéraux recueillis dans les eaux des sources oscille dans l’intervalle de 794.5 mg/l (S<sub>10</sub>) à 1577.5 mg/l (S<sub>7</sub>) (Fig.43). Donc la valeur du Résidu sec au niveau des deux sources S<sub>6</sub> et S<sub>7</sub>, dépasse légèrement les normes d’OMS (1500 mg/l), mais toujours inférieure aux normes Algériennes (2000 mg/l), ces eaux sont dites alors riches en minéraux.

**2.12. Titre Alcalimétrique Complet (TAC)**

Le titre alcalimétrique complet (TAC) correspond à la teneur en hydroxydes libres, carbonates et bicarbonates. Le TAC s’exprime en degrés français (°F) :

$$TAC = [OH^-] + [HCO_3^-] + [CO_3^{2-}]$$

Le titre alcalimétrique complet (TAC) dans les échantillons d'eaux analysées, se situait dans l'intervalle de 21°F (S<sub>4</sub>) à 34.3°F (S<sub>7</sub>), les valeurs élevées sont observées dans les eaux des sources S<sub>5</sub>, S<sub>6</sub> et S<sub>7</sub>, ce qui traduit par des concentrations aussi élevées des ions bicarbonate (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) (Fig.44).

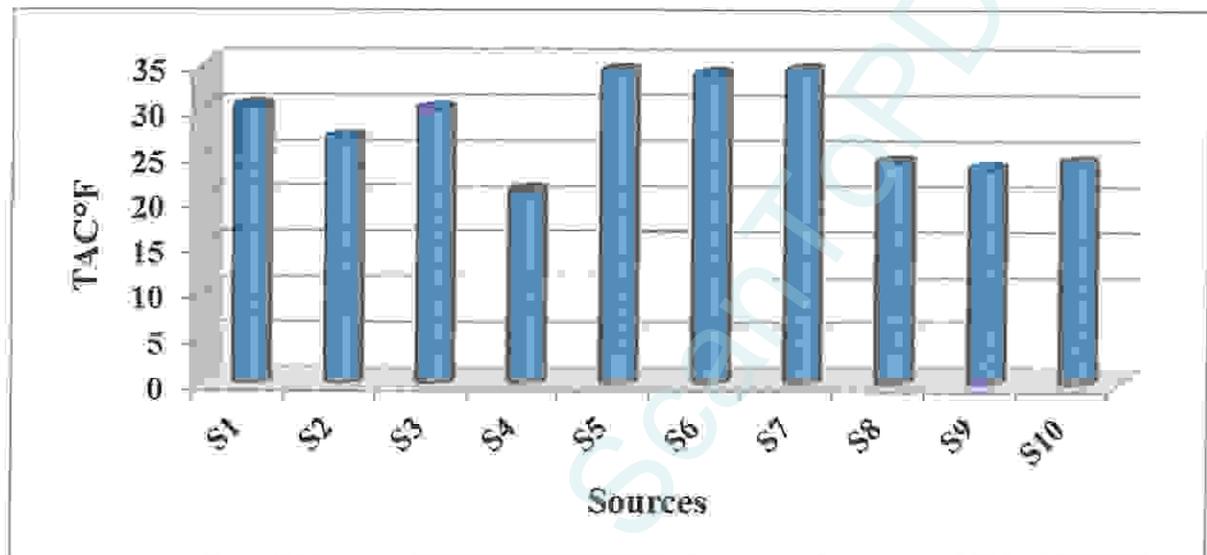


Figure 44 : Variations du titre alcalimétrique complet.

Selon les normes d'OMS (10°F), toutes les eaux des sources présentent un Titre Alcalimétrique Complet élevé, mais par rapport aux normes Algériennes de l'eau potable, fixée à 40°F (ADE, 2006), toutes ces sources ne dépassent pas cette valeur recommandée.

#### Conclusion:

L'interprétation des analyses d'un certain nombre de facteurs physico-chimiques, de pollution, de minéralisation globale des eaux utilisées comme source d'eau potable par la population rurale dans la région de Guelma a pour but d'identifier le degré de potabilité de ces dernières.

À travers les résultats obtenus, on remarque que certains paramètres physiques analysés tels que la conductivité électrique et la turbidité marquent un dépassement des valeurs, aux normes recommandées par l'OMS.

En effet les analyses des paramètres chimiques, indiquent une différence dans la concentration (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, TH, Cl<sup>-</sup>, Rs et TAC) entre les différents points d'eau liée

principalement à la géologie des terrains traversés, dans la majorité dépasse les normes d'OMS (2006). A l'exception des ( $\text{NO}_2^-$ ) les paramètres de pollution d'origine agricole ou urbaine à savoir ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ), affichent des concentrations inférieures aux normes recommandées.

De ce fait les analyses attestent que la concentration de la quasi-totalité des paramètres au niveau de la plupart des sources étudiées ne répond pas aux normes d'OMS mais elle oscille d'une source à l'autre.

Par contre, la majorité des sources sont qualifiée de qualité acceptable selon les normes Algérienne.

Produced with ScanTOPDF



*Conclusion et recommandation*



**CONCLUSION ET RECOMMANDATION**

Produced with ScantOPDF

### **Conclusion générale et recommandations**

La zone étudiée est caractérisée par des formations géologiques appartenant aux différents âges allant du quaternaire au trias, les formations alluvionnaires Mio-pliocène et quaternaire constituent la roche réservoir de la nappe aquifère de Guelma. Le climat de la région est de type méditerranéen, chaud et sec l'été et doux l'hiver.

La présente étude s'est inscrite dans une problématique générale qui porte sur l'évaluation de la qualité des eaux sources utilisées pour l'alimentation de la population rurale passagères.

Une analyse des principaux résultats physico-chimiques obtenus dans le cadre de notre travail, vis-à-vis de la conformité des paramètres aux concentrations de référence (normes d'OMS).

Un excès enregistré dans les valeurs de :

- Conductivité électrique dans certaines sources liée principalement à la minéralisation de ces eaux.
- Turbidité en (S<sub>6</sub>), c'est une source non captée elle est au contact avec les eaux de surface.
- Magnésium, Bicarbonates, Calcium, Dureté Totale, Résidu sec et Titre Alcalimétrique Complet, dont l'origine est due soit à la dissolution des formations carbonatées (calcaires, dolomies), soit à la dissolution des formations gypseuses à fortes teneurs en calcium.
- Chlorures des eaux peuvent être liés à la nature des terrains traversés (les argiles gypsifères) ou d'origine anthropique, par l'utilisation des engrais agricoles (KCL principalement).

En conséquence, toutes les sources sont qualifiées comme non potables selon les normes d'OMS, par contre la quasi-totalité des sources sont potables selon les normes Algériennes.

Les variations observées des Nitrates, et Ammonium et l'excès en nitrites au niveau de quelques sources par rapport au reste, laissent penser que ces dernières ne sont pas à l'abri d'une pollution d'origine agricole dans le futur vu que ces substances fertilisantes peuvent, à moyen et à long terme, entraîner de risque pour la santé.

Donc il est important de faire:

- Des analyses plus fréquentes de ces paramètres, en plus d'une augmentation du nombre des paramètres nécessitant un contrôle (métaux lourds et paramètres bactériologiques), des eaux des sources les plus sollicitées par la population est indispensable.
- Une protection de nos ressources en eau par l'utilisation rationnelle des engrais chimiques et des pesticides agricoles dans les sols, afin de limiter l'infiltration des éléments chimiques vers la nappe.
- Une réalisation du traitement préalable des rejets des eaux usées domestiques et industrielles.

Produced with ScanTopDF



*Bibliographie*



**RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

Produced with ScanTOPDF

## Références bibliographique

---

- 📖 **Amino A., et Chauss Pied M., (1983).** *Manuel des analyses chimiques en milieu marin.* C.N.E.X.O.FRANCE. 395p.
- 📖 **Aouissi A., Fouzari A., et Meziane N., (2007).** *Qualité bactériologique de l'eau d'Oued Seybouse.* Mémoire d'ingénieur. Faculté des sciences et de l'ingénierie, Département de biologie, Université 8 mai 1945 Guelma. 57p.
- 📖 **Benmarce .K. (2007).** *Caractéristiques Physico-chimiques Et Isotopiques Des Eaux Souterraines Dans La Région De Guelma (NE algérien).* Thèse de Magister, Université Badji Mokhtar, Annaba, 126 p.
- 📖 **Bensedira G., Chirouf F., (2013).** *Situation actuelle des eaux de surfaces et souterraine dans le périmètre irrigué Guelma-boumahra.* Mémoire de master, Faculté SNV et TU, Département de biologie, Université 8 mai 1945 Guelma.48p.
- 📖 **Bouchelaghem.S. (2003).** *Composition et effet des poussières rejetées par les aciéries électrique du complexe EL Hadjar (Annaba) sur les végétaux. Impact sur le métabolisme respiratoire.* Mémoire de magistère, dept Biochimie. Université d'Annaba 70p.
- 📖 **Debieche T-H. (2002).** *Evolution De La Qualité Des Eaux (Salinité, Azote et métaux lourds) Sous L'effet De La Pollution Saline, Agricole Et Industrielle. Application à la Basse Plaine De La Seybouse Nord-Est Algérien.* Thèse de Doctorat, Université de Constantine. 235p.
- 📖 **Djabri L. (1996).** *Mécanismes de la pollution et vulnérabilité des eaux de la Seybouse. originés géologiques, industrielles, agricoles et urbaines.* Thèse de Doctorat, Faculté des sciences de la terre, Département de géologie, Université Badji Mokhtar, Annaba. 261 p.
- 📖 **Emsalem R. (1986).** *Climatologie Générale.* Edition. LP.EN.A.G. Tome 1. 198 p.
- 📖 **Habes. M., Maizi. N., (2013).** *Caractérisation physico-chimique de quelques sources d'approvisionnement en eau potable dans le bassin versant de Guelma.* Mémoire de

## Références bibliographique

---

- Master, Faculté SNV et UT, Département d'écologie et génie de l'environnement  
Université 8 mai 1945 Guelma. 55p
- 📖 **Hakmi A., (2002).** *Traitement des eaux " analyse de l'eau de source bousfer ORAN*. Mémoire de magister. Université des sciences et de la technologie Oran. 71p.
- 📖 **Idrissi L. (2006).** *Etudes et développement de nouvelles méthodes électrochimiques pour la détermination des ions ortho phosphates, nitrate, nitrite et ammonium*. Thèse de doctorat. Faculté des sciences, Département de chimie, Université de rabat, Maroc. 146p.
- 📖 **Merzoug S. (2009).** *Etude de la qualité microbiologique et physico-chimique de l'eau de l'écosystème lacustre Garaet Hadj-Taher (Benazzouz, wilaya de Skikda)*. Mémoire d'ingénieur. Faculté des sciences et de l'ingénierie. Département de biologie, Université 8 mai 1945 Guelma. 114p.
- 📖 **Mouassa S. 2007.** *Impacts des lâchées de barrage hammam debagh sur la qualité des eaux de la vallée de la seybouse dans sa partie amont (Nord-Est algérien)*. Mémoire de Magister, IST, Univ. Annaba. 123p.
- 📖 **Mouchara N.2009.** *Impact des lâchées de barrage hammam debagh sur la qualité des eaux de la vallée de la Seybouse dans sa partie amont (Nord-Est algérien)*. Mémoire de magister, IST, Univ. Annaba. 123p.
- 📖 **Sayad L., (2008).** *Qualité physico-chimique et bactériologie des eaux de l'écosystème lacustre Lac des Oiseaux (wilaya de Taraf)*. Mémoire de Magister. Université Badji Mokhtar Annaba. 125p.
- 📖 **Rejsek F. (2002).** *Analyse des eaux ; aspects règlementaires et techniques*. Edition Scerán. Paris. 360p.
- 📖 **Rodier J. (2009).** *L'analyse de l'eau*. 9<sup>ème</sup> édition. Dounod. 1525p.
- 📖 **Rodier J. (2005).** *L'analyse de L'eau ; Eaux Naturelles, Eaux Résiduelles, Eaux De Mer*. 8<sup>ème</sup> édition. Dunod. 1383 p.

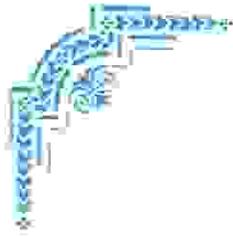
## Références bibliographique

---

- 📖 **Rodier J. (1996).** *L'analyse de l'eau ; Eaux Naturelles, Eaux Résiduelles, Eaux de Mer.* 8<sup>ième</sup> édition. Dunod. 1383p.
- 📖 **Rodier .J (1984).** *L'analyse de l'eau :* Ed. Dounod.1099 p.
- 📖 **Toumi A. (2010).** *Contribution à l'étude écologie de l'hirondelle de fenêtre (delichon urbica) dans le Nord-est de l'Algérie.* Mémoire de magister. Université d'EL-TARF.128 p.

### Références électroniques

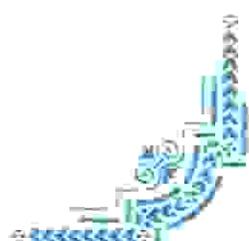
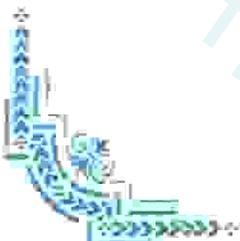
- (1) **Anonyme, (2007).** Les sources de pollution des nappes d'eau souterraines.  
<http://www.istidama.nat.tn/Francais/P-T-sources-pollu-nappe-inter1.htm> (consulté le 04/2014).
- (2) **Groupe technologiques de santé. (2009).** Les nitrates.  
<http://www.laease.com/nitrate.html> (consulté le 03/2014).
- (3) **Kassou N. (2009).** Plan du cours géodynamique externe S2, partie II Les eau souterraines. [http://www.onema.fr/IMG/pdf/8\\_Fiche\\_eaux\\_souterraines\\_web.pdf](http://www.onema.fr/IMG/pdf/8_Fiche_eaux_souterraines_web.pdf) (consulté le 03/2014).



*Annexe*



**ANNEXE**



Produced with ScantOPDF

Annexe : Classification des sources selon les normes d'OMS de potabilité de l'eau

Paramètre	Unité	Val min	Val max	Norme d'OMS	Norme Algérienne	Sources (Val > N)
La température (C°)	C°	12.8	15.2	25	/	Pas de source
Le potentiel d'hydrogène pH		6.79	7.2	6.5 à 8.5	6.5-8.5	Pas de source
La conductivité électrique CE	µs/cm	1021	1950	1500	2800	S <sub>3</sub> , S <sub>5</sub> , S <sub>6</sub> , S <sub>7</sub>
La turbidité (NTU)	NTU	0.13	8.71	05	05	S <sub>6</sub>
Minéralisation globale d'une eau TDS	mg/l	488	931	1000	/	Pas de source
Le Calcium (Ca <sup>2+</sup> )	mg/l	115.24	232.84	100	200	Toutes
Le magnésium (Mg <sup>2+</sup> )	mg/l	21.16	67.26	50	150	S <sub>5</sub> , S <sub>6</sub>
Les Chlorures (Cl <sup>-</sup> )	mg/l	113.6	340.8	250	500	S <sub>3</sub> , S <sub>5</sub> , S <sub>6</sub> , S <sub>7</sub>
Bicarbonates (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	295.24	556.2	250	/	Toutes
Les phosphates (PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	0.022	0.423	0.5	0.5	Pas de source
L'Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	mg/l	0.00	0.082	0.5	0.5	Pas de source
Nitrite (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	0.00	0.13	0,1	0,1	S <sub>10</sub>
Nitrate (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	3.76	35.35	50	50	Pas de source
La dureté totale (TH)	mg/l	290	780	200	500	Toutes
Résidus secs	mg/l	794.5	1577.5	1500	2000	S <sub>6</sub> , S <sub>7</sub>
Titre Alcalimétrique Complet (TAC)	°F	21	34.3	10	40	Toutes

Val : Valeur; N : Norme OMS ; S : Source.

## Résumé

La région d'étude est caractérisée par l'émergence de plusieurs sources d'eau dans la plupart sont situées à l'exutoire de la nappe alluviale de Guelma, ce qui donne à la population rurale la possibilité de s'en provisionner. La qualité de cette eau est la préoccupation première de notre travail dans l'objectif d'évaluer leur degré de potabilité vis-à-vis des paramètres physico-chimiques.

Selon les normes de l'OMS, toutes les sources sont qualifiées comme non potables, par contre la quasi-totalité sont potables selon les normes Algériennes.

**Mots clés :** Eau des sources, qualité physico-chimique, nappe alluviale, Guelma.

## Abstract

The study area is characterized by the emergence of several water sources, most of them are located at the outlet of the alluvial aquifer of Guelma, which gives rural people the opportunity to get provisioned. The quality of this water is the primary concern of our work with the aim to assess their degree of potability with respect to the physicochemical parameters.

According to WHO standards, all springs are classified as non-potable; on the other hand most of them are considered good quality according to the Algerian standards.

**Keywords:** Water springs, physicochemical, quality, alluvial aquifer, Guelma

## ملخص

تتميز المنطقة المدروسة بوجود العديد من ينابيع المياه والتي تقع عند مخرج المياه الجوفية لحوض قالمة، هذا يعطي سكان المنطقة الفرصة بالتزود بالمياه. نوعية هذه المياه هو المصدر الرئيسي لعملنا هذا بهدف تقييم مدى الذي صلاحيتها للشرب حسب معايير الفيزيائية والكيميائية.

وفقا لمعايير منظمة الصحة العالمية، تصنف جميع الينابيع على أنها غير صالحة للشرب، أما معظمها صالح للشرب وفقا للمعايير الجزائرية.

الكلمات الرئيسية: مياه الينابيع، الفيزيوكيميائية، مياه جوفية، قالمة