

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DU 08 MAI 1945 DE GUELMA

Faculté: Sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre et de l'univers

Département d'écologie et génie de l'environnement



PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER

Domaine: Sciences de la Nature et de la Vie

Filière: Biologie

Option : Biodiversité et écologie des zones humides

Thème

*Caractérisation physico-chimique de quelques sources
d'approvisionnement en eau potable
dans le bassin versant de Guelma.*

Présenté par : Melle. HABES Malek

Melle. MAIZI Naima

Devant le jury :

Président: Mr. GHRIEB Lassaad

M.C.B (Université de Guelma)

Examineur: Mr. GUETTAF Mohamed

M.A.A (Université de Guelma)

Promoteur: Mme. KACHI Nora

M.A.A (Université de Guelma)

Année : 2012/2013

Remerciements

Au terme de ce travail je tiens à remercier tous les intervenants et toutes les personnes qui de près ou de loin, ont contribué à sa réaction, en particulier :

Tout d'abord, nous rendons Dieu tout puissant pour son amour infini et pour son projet de bonheur dans notre vie, pour tout puissant le courage qu'il nous a donné tout au long de travail sur ce modeste travail.

Comme nous tenons à remercier toute personne ayant participé à l'élaboration de ce présent mémoire.

Nous tenons à remercier vivement notre encadreur, Mme KACHI Nora pour leurs suivis, leurs aides, ses remarques judicieuses et ses conseils précieux qu'ils nous ont prodigués avec gentillesse tout au long de notre travail.

Nous remercions aussi profondément son mari monsieur KACHI Slimane, maitre de conférences A qui nous a été d'un grand secours pendant la réalisation de ce travail

Nous remercions monsieur HOHAMDI Moussa professeur à l'université de Guelma pour ces aides. Nous leurs expriment nos très vifs remerciements et nos profond respect.

Nos remerciements vont également à la commission d'examen :

Monsieur GHRIEB Lassaad d'avoir accepté d'honorer cette soutenance comme président de jury. Qu'il nos soit permis de lui exprimer nos plus haute considération.

Monsieur GUETTAF Mohamed qui a bien voulu examiner ce travail et d'être membre de jury.

Nous remercions l'ensemble du personnel de département de biologie (étudiants, Enseignants, techniciens, secrétaires).

Nous remercions aussi Mme AMRANI SELMA chef de « Laboratoire de contrôle de qualité et de conformité ».

Nos collègues de fin de cycle, qui nous ont donné leurs encouragements toute la durée de réalisation de ce travail.

Nos familles, qui durant nos études, nous ont toujours donné la possibilité de faire ce que nous voulions et qui ont toujours cru en nous.

Toutes les personnes qui nous ont aidé et soutenu de près ou de loin tout le long de ce travail.

Dédicace

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

À mes parents et ma grand-mère ZOHRA, 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 AYOUB et ABD ELRAHMEN et mes sœurs MARWA, MERIEM et NADA pour leur effort avec moi.

À tout ma famille, surtout ma belle tante HASSINA pour ces aides, FATIMA, ABIDA ET SAMIRA, la petites WISSAL et BOUCHRA et les petits AYMEN et MOUHAMED.

À mon cher DOUDOU qui je souhaiterai une longue vie plein de joie, bonheur. Ce lui qui m'ont encouragé qui a été compréhensif et toujours à mes coté dans la tristesse et la joie et pour leur soutien moral.

À mon binôme et ma copine et ma puce MAYA.

À tout mes amies surtout la belle amie AFEF, MANEL, WARDA, MADIHA et LA MOUFIDE, sans oublier mon amour AMEL qui je l'aime beaucoup.

À tous les étudiants de notre promo d'écologie 2012/2013.

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.

^-^ Naima ^-^

Dédicace :

Je dédie ce travail à mes très chers êtres au monde :

A maman, a papa, qui ont été toujours là pour moi par leur amour, tendresse, encouragement, et leur soutien (moral et finance) durant toute ma vie.

A ma sœur Chahinez et mon frère Nazim.

A toute ma grande famille.

A Macina qui était toujours compréhensif et prêt à m'aider à tout moment.

A mes potes : Narjes, Sana, Booba, Sarra, Bouthaina, Amal,

La Mouf, Moun

Au groupe d'écologie, promotion 2012-2013.

A ma binôme, ma sœur, et ma copine Naima que je vais jamais oublier sa reconnaissance.

Malèk

Sommaire

-Liste des abréviations

- Liste des figures

- List des tableaux

Introduction générale1

Chapitre 1 : Aperçu générale sur la zones d'étude

Introduction	3
1. Cadre géographique.....	3
2. Cadre géologique	5
3. Cadre hydrologique	6
3.1. Nappe alluvionnaire de Guelma	6
3.1.1. La basse terrasse (terrasse actuelle).....	6
3.1.2. La moyenne terrasse	6
3.1.3. La haute terrasse (terrasse ancienne).....	7
4. Cadre biotique.....	8
4.1. La faune.....	8
4.2. La flore.....	8
5. Cadre climatologique.....	8
5.1. Température.....	9
5.1.1. Températures moyennes mensuelles.....	9
5.1.2. Températures moyennes annuelles.....	10
5.2. Précipitation.....	11
5.2.1. Répartition des précipitations moyennes mensuelles.....	11
5.2.2. Répartition des précipitations annuelles.....	12
Conclusion.....	13

Chapitre 2 : Eau, qualité et pollution.

Introduction.....	14
1. Les différents types de l'eau.....	15
1.1. Les eaux de pluie.....	15

1.1.1. Les eaux de surfaces.....	15
1.1.2. Les eaux souterraines.....	15
2. Qualité et détérioration des eaux souterraines.....	15
2.1. Paramètres de qualité.....	16
2.1.1 Principaux paramètres de potabilité.....	16
3. La pollution des eaux souterraines	17
3.1. Sources de pollution des eaux souterraines.....	17
3.1.1. Contamination des eaux souterraines.....	17
3.1.2. Origine de pollution.....	18
3.1.2.1. Les phénomènes naturels.....	18
3.1.2.2. La pollution domestique.....	18
3.1.2.3. La pollution urbaine.....	18
3.1.2.4. La pollution d'origine agricole.....	19
3.1.2.5. La pollution industrielle.....	20
3.1.3. Les différentes formes des polluants.....	20
3.1.3.1. La pollution chimique.	20
3.1.3.2. La pollution physique.....	20
3.1.3.3. La pollution biologique.....	21
4. Interaction entre eau souterraine et zone humide.....	21
Conclusion.....	23

Chapitre 3 : Matériel et méthodes.

1. Présentation des sites d'échantillonnages.....	24
2. Mesure des paramètres physiques.....	27
2.1. Matériel utilisé.....	27
2.2. Mode opératoire.....	28
2.2.1. Mesures in-situ des paramètres physiques.....	29
2.2.1.1. La température.....	29
2.2.1.2. La conductivité électrique.....	30
2.2.1.3. Le potentiel d'hydrogène.....	30
2.2.1.4. L'oxygène dissous.....	31

2.2.1.5. Minéralisation globale d'une eau.....	31
3. Mesure des paramètres chimiques.....	31
3.1. Le calcium (Ca^{2+}).....	32
3.2. Le magnésium (Mg^{2+}).....	33
3.3. Le chlorure (Cl^-).....	33
3.4. Le sulfate (SO_4^-).....	34
3.5. Les bicarbonates (HCO_3^-).....	35
3.6. Les nitrates (NO_3^-).....	35
3.7. Les nitrites (NO_2^-).....	36
3.8. L'ion ammonium (NH_4^+).....	37
3.9. Dureté de l'eau (TH).....	37

Chapitre 4 : résultats et discussions.

Introduction.....	39
1. Analyses physico-chimiques.....	39
2.1. Analyses des paramètres mesurables sur terrain.....	39
2.1.1. La température de l'eau(T°).....	39
2.1.2. Le potentiel d'hydrogène (pH).....	40
2.1.3. L'oxygène dissous(O_2).....	41
2.1.4. Taux de sels minéraux(T.D.S).....	41
2.1.5. La conductivité électrique(CE).....	42
2.2. Analyses des paramètres mesurables au laboratoire.....	43
2.2.1. Les composés azotés.....	43
2.2.1.1. L'ammonium (NH_4^+).....	43
2.2.1.2. Les nitrates (NO_3^-).....	44
2.2.1.3. Les nitrites (NO_2^-).....	45
2.2.2. Le magnésium (Mg^{2+}).....	45
2.2.3. Le calcium (Ca^{2+}).....	46
2.2.4. La dureté de l'eau (TH).....	47
2.2.5. Les chlorures (Cl^-).....	47
2.2.6. Les bicarbonates (HCO_3^-).....	48

2.2.7. Les sulfates (SO_4^{2-}):.....	49
Conclusion.....	50
Conclusion générale et recommandation.....	51
-Résumé	
-Abstract	
-ملخص	
-Références bibliographique	
-Web graphie	

Liste d'abréviations

Abréviation	Sens
%	Pourcent
°	Degré
°C	Degré Celsius
K°	Degré Kelvin
°F	Degré français
cm	Centimètre
EDTA	Acide Ethylène Diamine Tétracétique
pH	Potentiel d'hydrogène
Km ²	Kilomètre carré
Km ³	Kilomètre cube
Hm ²	Hectomètre carré
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
L	Litre
mg	Milligramme
HAB	Habitant
Ca ²⁺	Calcium
µs/cm	Micro siemens par centimètre
an	Année
TH	Dureté totale
O ₂	Oxygène
nm	Nano mètre
mm/an	Millimètre par an
ONM	Organisation National Météorologique
DHW	Direction hydraulique de la wilaya de Guelma
CO ₂	Dioxyde de carbone
NH ₄ ⁺	L'ion ammonium
NO ₂ ⁻	Nitrite
NO ₃ ⁻	Nitrate
HCO ₃ ⁻	Bicarbonates
LOG	Logarithme
TDS	Taux des sels dissous
CE	Conductivité électrique
CL ⁻	Chlorure
SO ₄ ²⁻	Sulfates
TAC	Alcalinité totale
ppm	Partie par million
Mg ²⁺	Magnésium
OD	L'oxygène dissous
S	Source

Liste des figures

N° de figure	Titre	Page
1	Situation géographique de la zone d'étude.	3
2	Géomorphologie de la région de Guelma (Benmarce, 2007).	4
3	Carte géologique de la région de Guelma. Extraite de la carte de géologie de Guelma (Vila, 1980).	5
4	Coupe hydrogéologique de la nappe alluviale de Guelma (Gaud, 1974 in Benmarce, 2007).	7
5	Evolution des températures moyennes mensuelles à la Station de Guelma (1996 – 2008).	10
6	Evolution des températures moyennes annuelles à la Station de Guelma (1996 – 2008).	11
7	Les précipitations moyennes mensuelles à la Station De Guelma (1996 – 2008).	12
8	Évolution des précipitations annuelles à la station de Guelma (1996 - 2008).	13
9	Image de situation des sources (source Google Earth).	24
10	Source d'RMAL.	25
11	Source d'Ain souda.	25
12	Source de ROSFA.	25
13	Source de Metouia.	26
14	Source de Sept sources.	26
15	Source de Redjaibia.	26
16	Source d'Ain guetich.	26
17	Source d'Ain chikh.	26
18	Le matériel utilisé	27
19	Cycle de l'Azote (D'après Debièche ; 2002).	36
20	Variation spatiale de la température de l'eau.	40
21	Variation spatiale du potentiel hydrogène (pH).	41
22	Variation spatiale de l'oxygène dissous.	41
23	Variation spatiale du Taux des sels dissous.	42
24	Variation spatiale de la conductivité électrique.	43

25	Variation spatiale des composés azotés (nitrates, nitrites et ammonium).	44
26	Variation spatiale du magnésium.	45
27	Variation spatiale du calcium.	46
38	Variation spatiale de la dureté.	47
29	Variation spatiale des chlorures.	48
30	Variation spatiale des bicarbonates.	49
31	Variation spatiale des sulfates.	50

Liste des tableaux

N° de tableau	Titre	Page
1	Coordonnées de la station météorologique de Guelma (ONM).	9
2	Température moyenne mensuelle à la station de Guelma (1996 – 2008).	9
3	Température moyenne annuelles à la station de Guelma (1996-2008).	10
4	Précipitation moyenne mensuelle à la station de Guelma (1996 - 2008).	12
5	Précipitations annuelles à la station de Guelma (1996 - 2008).	12
6	Altitudes des sources étudiées.	24
7	les paramètres physiques mesurés sur terrain.	29
8	les paramètres chimiques mesurés au laboratoire.	32

Introduction
générale

Introduction :

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 ville de Guelma est alimentée principalement par les eaux du barrage de Hammam Debagh et des eaux souterraines de la nappe alluviale de Guelma. La dégradation de la qualité des eaux d'alimentation en eau potable en particulier celle fournis par le barrage durant ces dernières années a poussé une grande partie de la population à s'en provisionner à partir des sources.

Le présent travail s'intéresse à l'étude de la qualité physico-chimique des eaux de consommation des sources les plus sollicités par la population afin d'évaluer leur qualité et identifié leurs sources de pollution probables et de prendre de plus en plus conscience de l'importance de préserver leur qualité d'approvisionnement en eau potable.

Des échantillons d'eau ont été prélevés au niveau de huit sources choisies ;cinq en amont et trois en aval de la zone d'étude dont l'objectif de mettre en évidence plusieurs paramètres qui entrent en jeu dans la détermination de la qualité de cette eau telle la température ; Le pH ; La conductivité ; la salinité ; l'oxygène dissous ; Dureté ou Titre Hydrotimétrique (TH) ; les cations : calcium, magnésium, sodium et potassium et les anions : chlorure, sulfate, nitrate, nitrite, et bicarbonate.

Le présent travail comporte quatre chapitres hormis d'une introduction et d'une 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 potables et les risques de pollution.
- Le troisième chapitre présente le protocole de recherche sur terrain et au laboratoire.
- Le quatrième chapitre analyse l'état de qualité des eaux de sources vis -à- vis de certains paramètres physico-chimiques.

Chapitre 1 :
Aperçus général sur la zone
d'étude.

Introduction :

Guelma se situe au cœur d'une grande région agricole à 290 m d'altitude, entourée de montagnes (Maouna, Dbegh, Houara) ce qui lui donne le nom de ville assiette, sa région bénéficie d'une grande fertilité grâce notamment à la Seybouse et d'un grand barrage qui assure un vaste périmètre d'irrigation.

1. Cadre géographique :

La wilaya de Guelma est située au Nord-est de l'Algérie, reliant le littoral des Wilaya de Annaba, EI Tarf et Skikda, aux régions intérieures telles que les Wilaya de Constantine, Oum EI Bouagui et Souk Ahras. Elle appartient au bassin de la Seybouse et se situe au cœur d'une grande région agricole à 290 m d'altitude.

Elle couvre une superficie de l'ordre de 122 Km² avec environ 80 km de longueur d'Ouest en Est. Sur cette superficie abrite une population de 494079 Habitants dont 25 % sont concentrés au niveau du Chef-lieu de Wilaya. (Estimée fin 2009) La densité moyenne de cette population est de 132 Hab. /Km²

Sur la carte d'état-major de Guelma n°5, 6 (1/25000) se situe le chef-lieu de Guelma aux coordonnées Lambert suivantes :

X = 358 et 362

Y = 4034 et 4037

Z = 227 m (Altitude moyenne). (Fig.n°1).

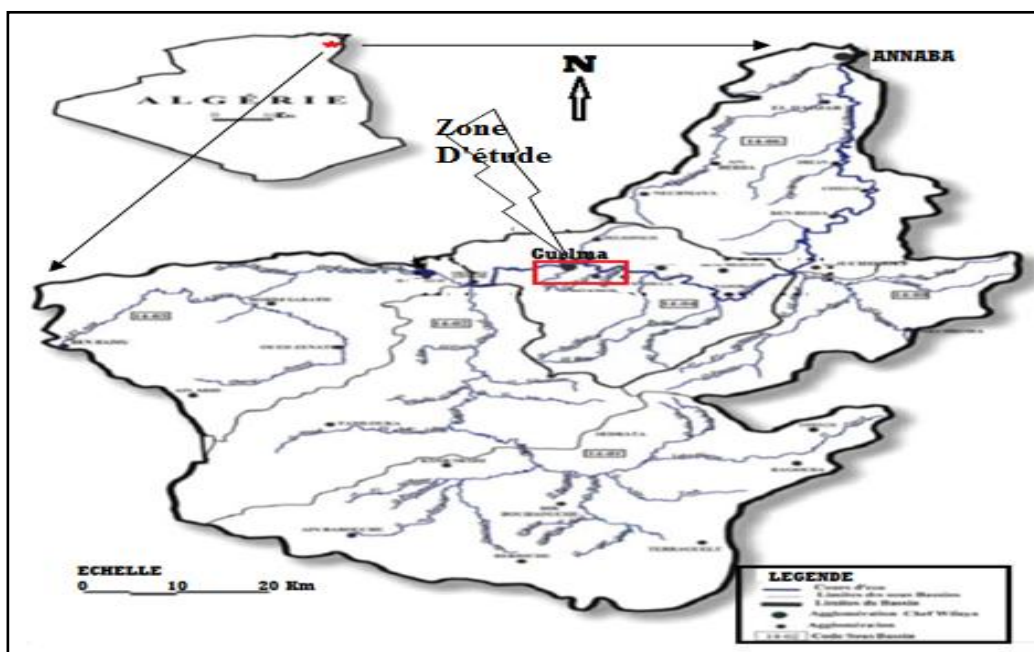


Fig. n°1: Situation géographique de la zone d'étude

La géographie de la Wilaya est caractérisée par un relief diversifié (Fig. n°2) qui se décompose comme suit :

- **Montagnes:** 37,82 % dont les principales sont: Mahouna (Ben Djerrah) de 1.411 M d'Altitude ; Houara (Ain Ben Beidha) de 1.292 M d'Altitude ; Taya Bouhamdane) 1.208 M d'Altitude ; D'bagh (Hammam Debagh) : 1.060 M 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 Bouchegouf au Nord –Est (Fig.n°2). (Benmarce, 2007).

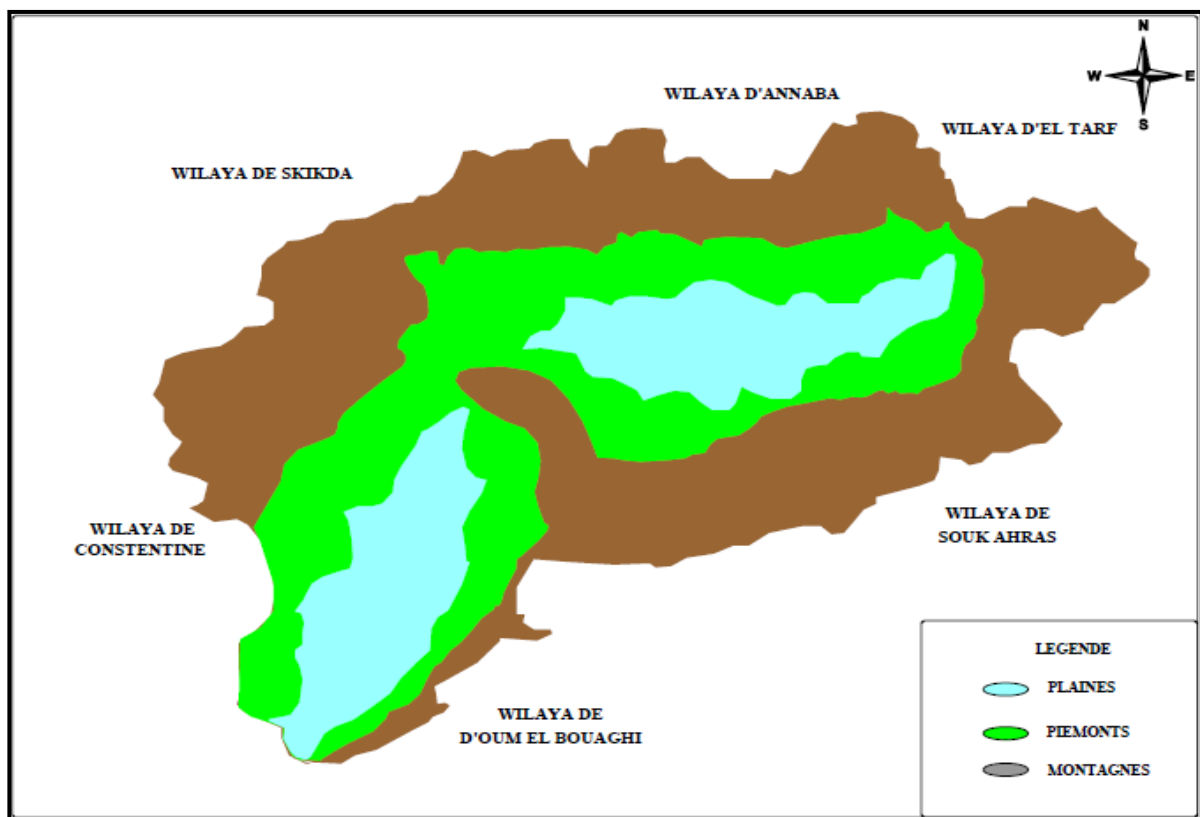


Fig. n°2 : Géomorphologie de la région de Guelma (Benmarce, 2007)

2. Cadre géologique :

La géologie de la région de Guelma est caractérisée par des formations géologiques appartenant aux différents âges allant du Quaternaire au Trias, présentant ainsi une lithologie très variée qui comprend essentiellement: les alluvions (sable, gravier, cailloutis,...), les grès, les marnes, les argiles, les flyschs et les calcaires. La dépression qui forme le réservoir Aquifère de la vallée de Guelma est remplie par les alluvions d'âge Plio-quaternaire. Ce remplissage constitue l'ancienne et l'actuelle terrasse de la vallée de la Seybouse. (Fig.n°3). (Khadri, 2004, Brahmia et Kirratti, 2006, in Aouissi.A, 2010).

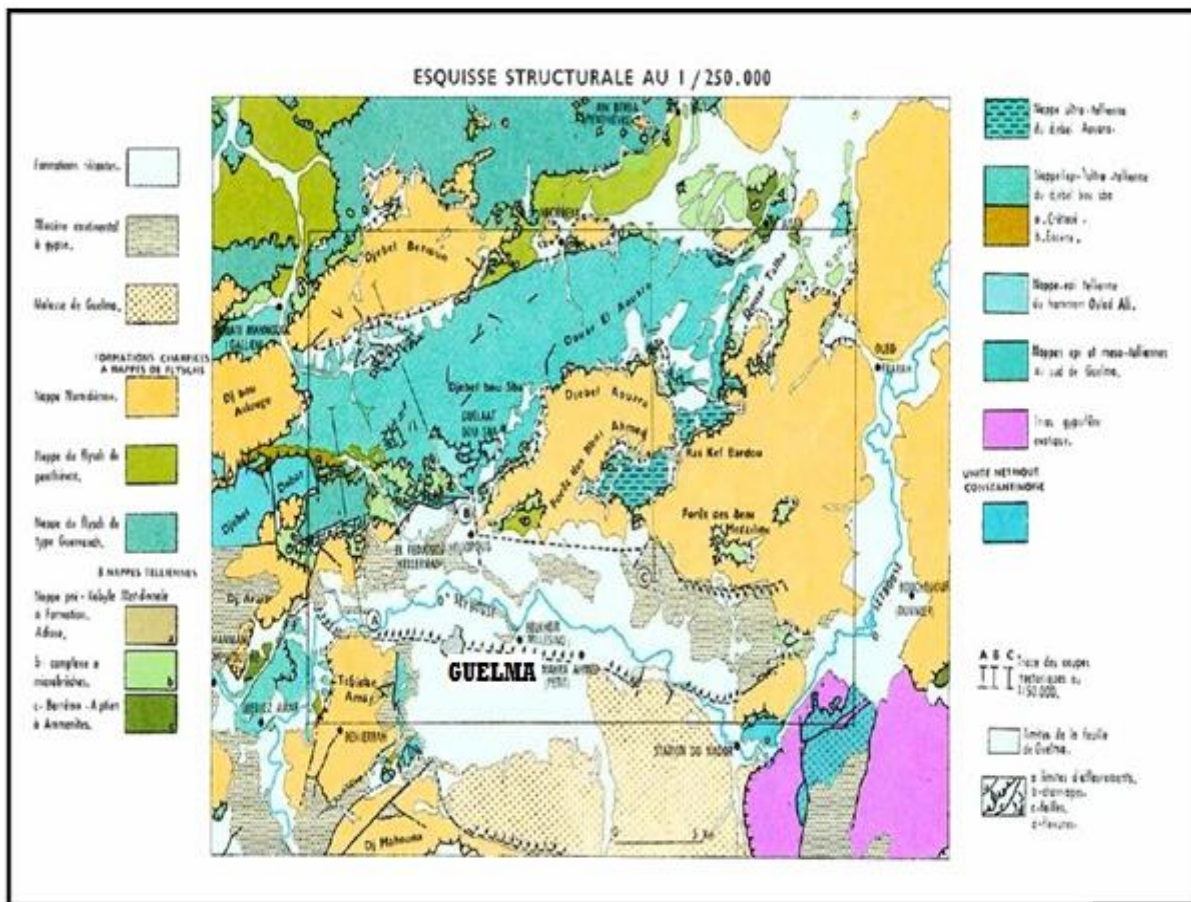


Fig. n°3 : Carte géologique de la région de Guelma. Extraite de la carte de géologie de Guelma (Vila, 1980).

3. Cadre hydrologique :

Les eaux souterraines constituent une part importante du patrimoine hydraulique de la région de Guelma. D'après les études géophysiques (ENAGEO, 1971, Algéo, 1997 et C.R.A.A.G, 2004, in Amina.A, 2010), 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.

3.1. 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, in Amina.A, 2010). 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.n°4).

3.1.1. 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 croit 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).

3.1.2. 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).

3.1.3. La haute terrasse (terrasse ancienne):

Elle est située au Sud de la moyenne terrasse et elle est formée d'alluvions grossières plio-quaternaires (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'Oued Boussora.

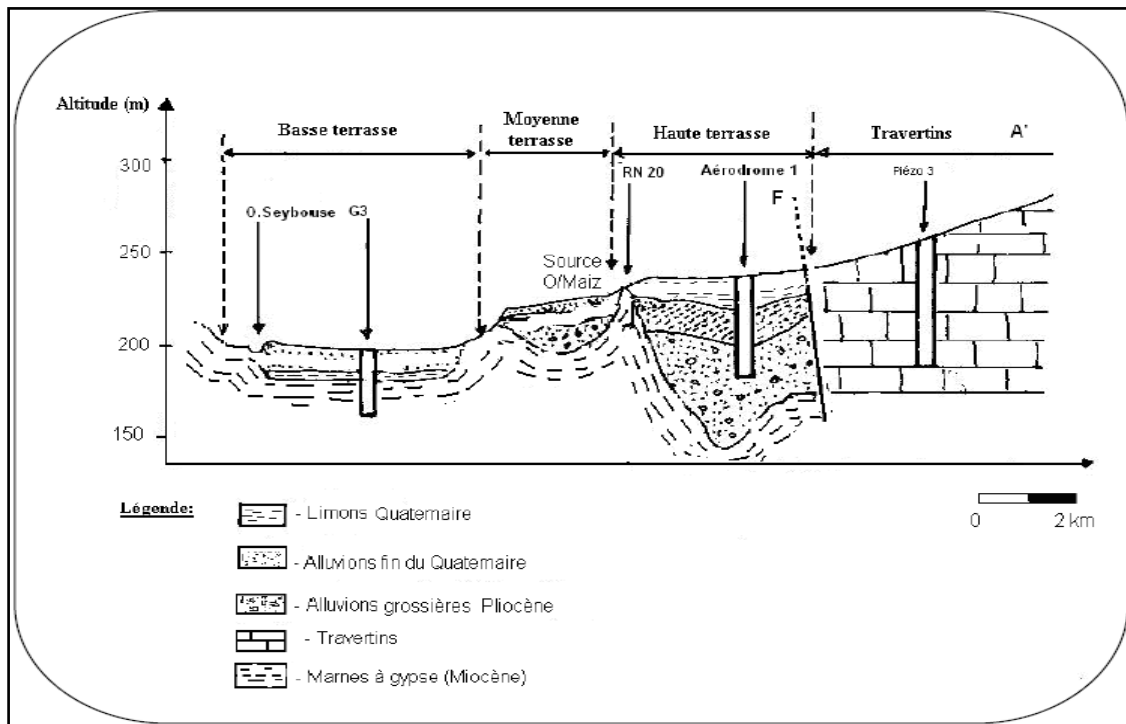


Fig. n°4 : Coupe hydrogéologique de la nappe alluviale de Guelma (Gaud, 1974 in Benmarce, 2007).

La plus grande quantité en eau de la nappe est exploitée par le biais de forages de différentes profondeurs, de puits, et de captage de sources.

Les forages :

D'après le bilan actuel de la D.H.W de Guelma, on a dénombré près de 23 forages répartis à travers la plaine, mobilisant annuellement un volume total de 12. 8 Hm³/an. Ils sont essentiellement destinés à l'alimentation en eau potable et aussi pour l'industrie et l'agricole.

Les puits :

À travers la superficie de la zone d'étude, il existe un nombre considérable de puits, près de 32 captent les surfaces de la nappe superficielles, dont le rôle est limité uniquement à satisfaire les besoins domestiques et l'irrigation de quelques surfaces agricoles, les débits

d'exploitations sont peu significatifs. Ces puits mobilisent annuellement un volume de 0.37 Hm³/an. (D.H.W.G, 2008, in Aouissi.A, 2010).

Les sources :

Près de 19 sources, dont la plus part sont captées. Le débit de ces sources généralement varie entre 0,1 à 3 l/s Ces sources mobilisent annuellement un volume de 0.57 Hm³/an. (D.H.W.G, 2008, in Aouissi.A, 2010).

4. Cadre biotique :

La région de Guelma recèle des écosystèmes différents (Forêt, Oueds, couvert végétal,...), on y trouve une biodiversité significative.

4.1. La faune : La faune dans cette région est très diversifiée, parmi les espèces existantes, on peut citer:

- **Les mammifères :** Loups, Sanglier, Chacal, Renard, Lièvre, Lapin, Gerboise, Cerf de Barbarie qui est une espèce protégée.

- **Les oiseaux :** Perdix gambara, Caille des blés, la Tourterelle, Chardonneret (espèce protégée), Moineau, Hibou, Palombe, la Cigogne blanche, le Héron garde-bœufs, le Héron cendré,....

- **Les reptiles :** Tortue, Lézard, Couleuvre.

4.2. La flore : La couverture végétale est représentée par une dominance de peuplements forestiers qui occupent une superficie de 107.704 hectares avec un pourcentage de 28 % de la superficie de la wilaya. Cette étendue de végétation abrite des espèces floristiques représentées essentiellement par : le Chêne liège, le Chêne vert, l'Eucalyptus, le Cyprès, le Pin d'Alep, le Pin Maritime, le Bruyère, l'Arbousier, le Lentisque, le Filaire, le Myrte, le Genet, le Calicotum, et le Ronce. (DPAT, 2008, in Aouissi.A, 2010).

5. Cadre climatologique :

Les facteurs climatiques jouent un rôle déterminant dans le régime des cours d'eau, et dans l'alimentation éventuelle des nappes souterraines, notamment les précipitations qui constituent le facteur essentiel intervenant par leurs répartitions annuelles et mensuelles et journalières.

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.

La région de Guelma est caractérisée par un climat 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. (Tab.n°1).

Tab. n°1 : Coordonnées 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 est l'un des facteurs les plus importants du climat. Elle agit sur les répartitions d'eau qui s'opèrent par le phénomène de l'évapotranspiration. (Emsalem.R, 1986, in Aouissi.A, 2010). La température influe beaucoup sur les conditions générales de développement et de croissance des êtres vivants.

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 :

Les données des températures disponibles sont des valeurs moyennes mensuelles mesurées au niveau de la station de Guelma, sur une période de 12 ans. Ces valeurs sont consignées dans le tableau (Tab.n°2), leur répartition est illustrée sur la figure (Fig.n°5).

Tab. n°2 : Température moyenne mensuelle à la station de Guelma (1996 - 2008)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Out	moy
Tmoy (°C)	3.43	9.93	4.30	0.83	0.56	0.11	2.53	5.24	9.80	3.81	7.27	7.45	7.85

Les températures moyennes mensuelles les plus élevées sont observées essentiellement pendant la période d'été (Juin-Septembre) avec des températures variant de 23,81 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) avec un minimum pendant le mois de janvier. Les mois les plus froid sont les mois de Décembre (10.83°C), Janvier (9,56°C) et Février (10.11); le mois d'Août est le plus chaud avec une température de (27,45 ° C).

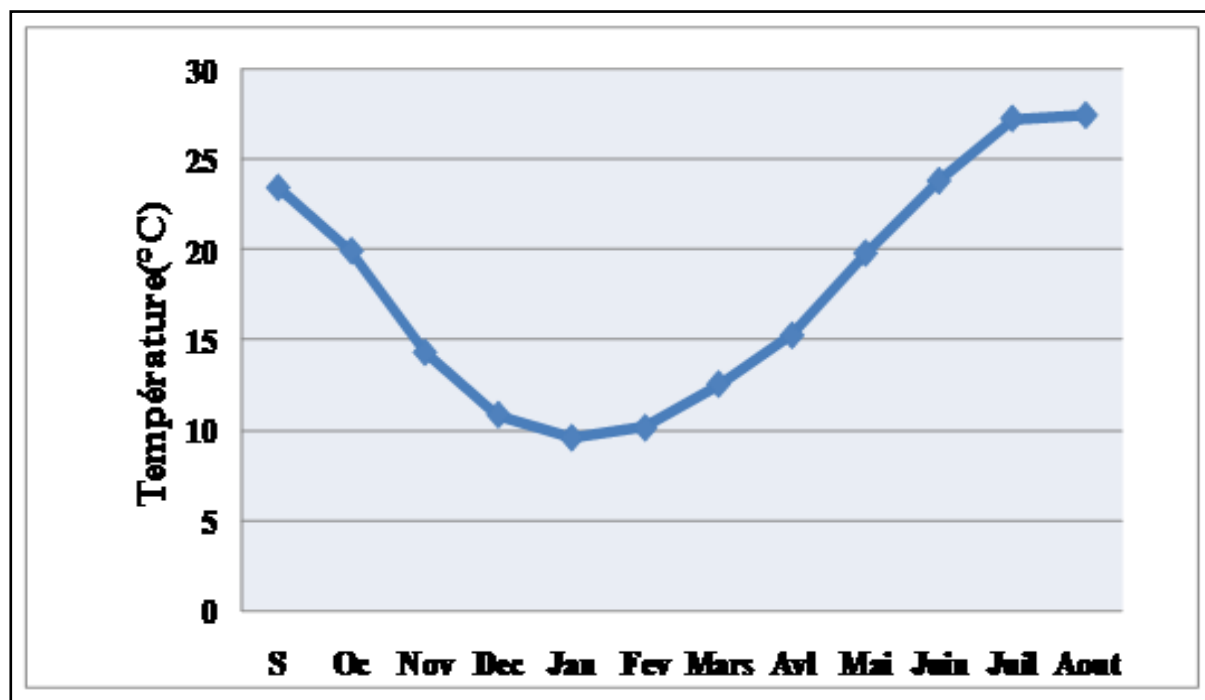


Fig. n°5 : Évolution des températures moyennes mensuelles (A la station de Guelma de 1996 – 2008)

5.1.2. Températures moyennes annuelles :

Tab. n°3 : Température moyenne annuelles à 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
Tmoy	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

Les histogrammes représentant la variation moyenne annuelle de la température, sur une période de 12 ans (1996 - 2008), montrent que les températures moyennes annuelles sont assez proches et varient entre 17.21 °C en 1996/1997 et 18.53°C en 2002/2003 (Fig.n°6).

Signalons que la température moyenne inter-annuelle est de l'ordre de 17,85 °C. (Tab.n°3).

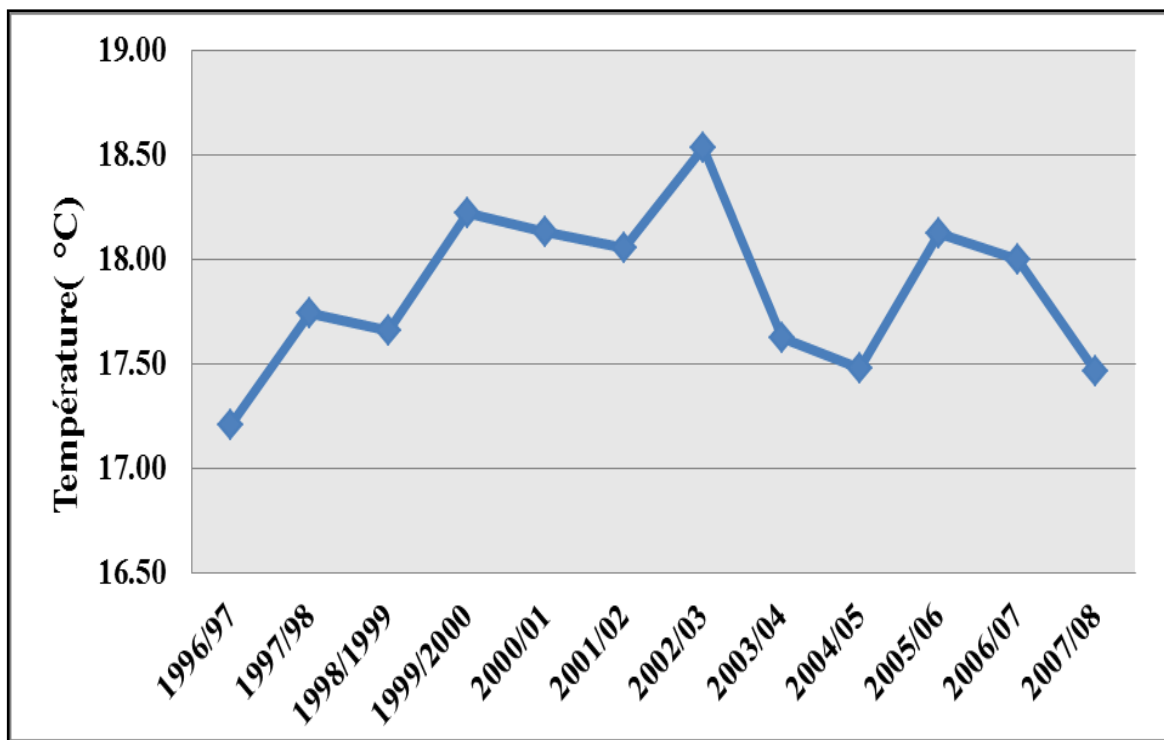


Fig. n°6 : Evolution des températures moyennes annuelles à la station de Guelma de 1996 – 2008).

5.2. Précipitation :

Avec la température, les précipitations représentent les facteurs les plus importants du climat. (Faurie *et al*, 1983, in Aouissi.A, 2010). Le terme de précipitation désigne tout type d'eau qui tombe du ciel, sous forme liquide ou solide. Cela inclut la pluie, la neige, la grêle, etc. Ces divers types de 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.A, 2010).

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) sont récapitulées dans le Tableau n°4, leur répartition est illustrée par la (Fig. n°7).

Tab. n°4 : Précipitation moyenne mensuelle à la station de Guelma (1996 - 2008)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Out	Moy
Pmoy (mm)	44.91	37.33	76.08	91.48	94.63	52.73	53.10	63.53	48.63	17.25	2.52	12.38	44.91

Sur le tableau (Tab.n°4), la valeur maximale est observée au mois de janvier le plus pluvieux, avec 94.63 mm, ce qui produit une recharge de la nappe, alors que le mois de juillet est le plus sec, avec 2.52 mm, ce qui produira une évaporation rapide de cette dernière. (Fig.n°7).

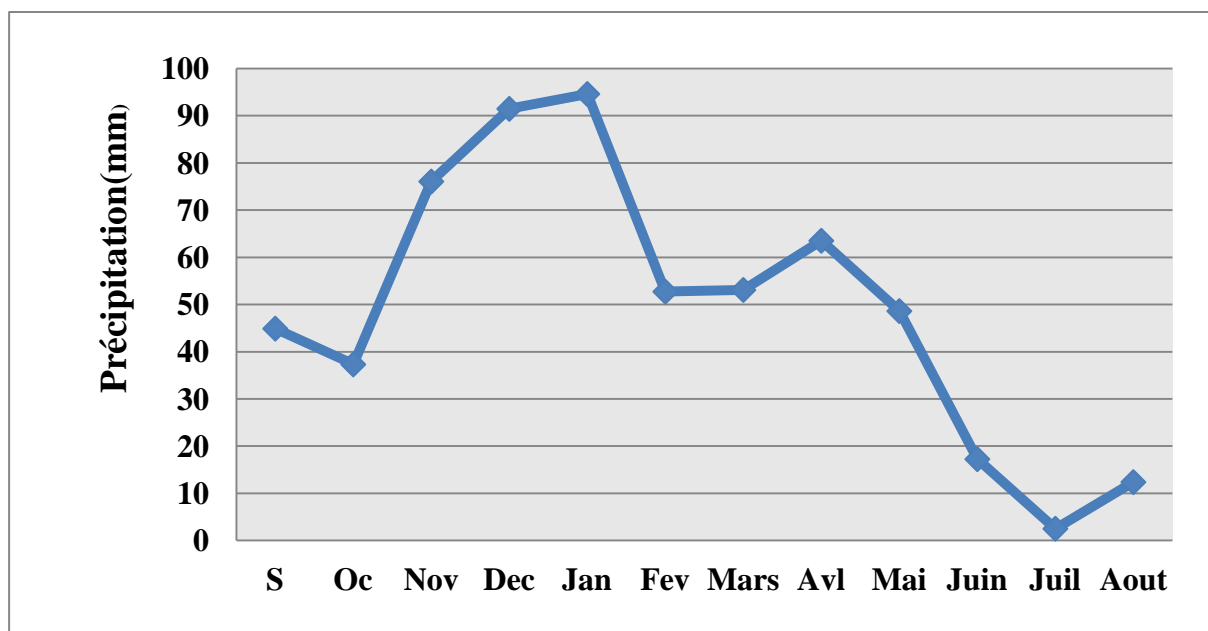


Fig. n°7 : Les précipitations moyennes mensuelles à la Station de Guelma (1996 – 2008)

5.2.2. Répartition des précipitations annuelles :

Tab. n°5 : Précipitations annuelles à 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
P(mm)	291.7	736.6	603.9	547.3	472.2	346.2	879.0	781.9	719.2	525.8	580.7	650.0

L'analyse de la courbe des variations inter-annuelles des précipitations, sur une période de 12 ans (1996 - 2008), (Tab.n°5), montre une grande différence entre les deux

années les plus arrosées (1997-1998 et 2002-2003) avec respectivement 736.6 mm/an et 879 mm/an alors que les deux années les plus sèches (1996/1997 et 2001/2002) avec respectivement 291.70 mm/an et 346.2 mm/an. (Fig.n°8).

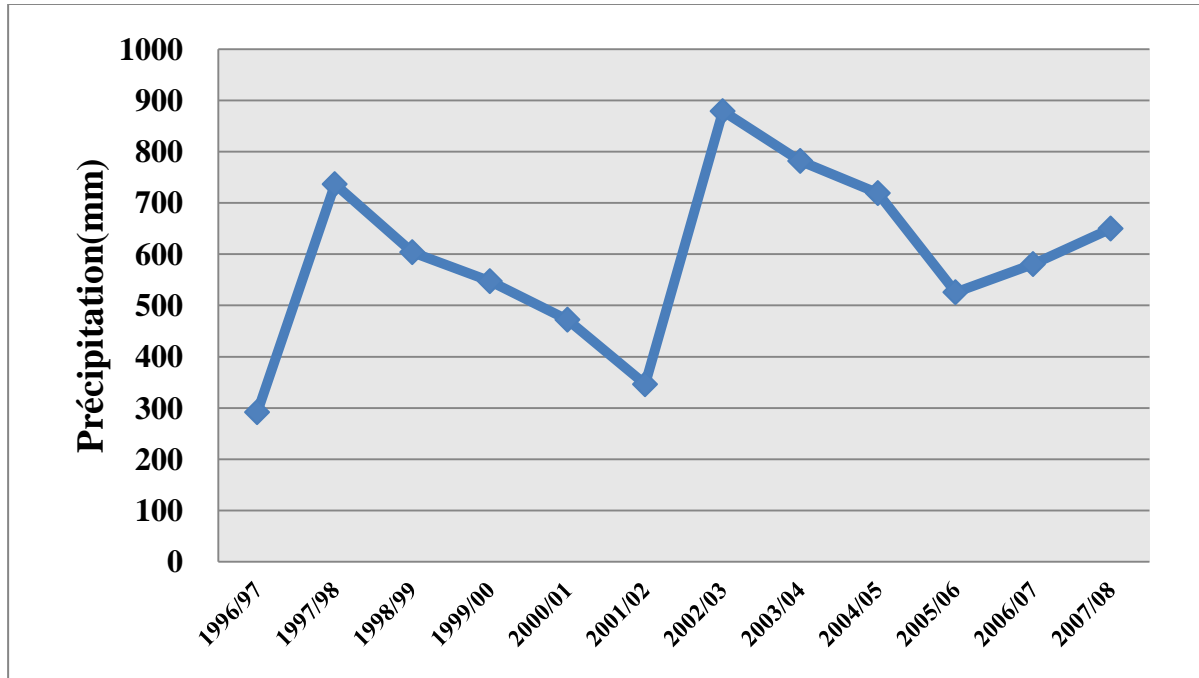


Fig. n°8 : Évolution des précipitations annuelles à la station de Guelma (1996 - 2008)

Conclusion :

Suivant l'interprétation de données météorologiques récoltées de la station de Guelma, sur 12 années (1996 – 2008), La région d'étude est soumise à un climat Méditerranéen, caractérisé par deux saisons ; un hiver doux et humide et un été chaud et sec.

Les valeurs des précipitations moyennes annuelles 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.

Chapitre 2 :
Eau, qualité et pollution

Introduction :

Aucune vie n'est possible sans cette commodité première qui est l'eau. Aucune communauté humaine ne peut se développer sans un approvisionnement en eau douce suffisant un plan quantitatif et qualitatif.

- L'eau car elle est source de vie, est fragile ;
- car elle est source de prospérité, est convoitée ;
- car elle semble inépuisable, l'est est gaspillée ;
- car elle semble inaltérable l'eau est polluée. (Grégoir C, 2002, in El afri.A, 2009)

Aujourd'hui on note que notre environnement est menacé par une pollution incite en premier classe par le développement économique et industrielle qu'a réalisé l'homme jusqu'à présent et qui ne cesse de croître de mieux en mieux à fin de répondre à ses exigences. Néanmoins, ce développement spectaculaire s'est fait au détriment principalement de l'eau, et par conséquent de l'homme dont la santé se trouve sérieusement affecté par ce désastre. (Djilani, 2006, in El afri.A, 2009).

L'évacuation non contrôlé de ces rejets par manque de stations d'épuration au part des stations non opérationnelles, aboutit à la pollution des eaux de surfaces et des eaux souterraines, véritables danger pour la faune et la flore.

L'organisation mondiale de la santé (OMS) considère que 80% des maladies qui, affectent la pollution mondiale sont directement véhiculées par l'eau : 400 millions des personnes sont atteintes en permanence de gastro-entérites, 160 millions de paludismes et 30 millions d'onchocercose (Desjardins, 1997, in El afri.A, 2009)

Il est important de mettre la notion de pollution sur brillance pour mieux comprendre sa conséquence écologique, on peut définir la pollution par deux références variées :

- Pour un écologiste, il s'agit de la dégradation d'un milieu eau par l'introduction d'un agent altérage par les activités de l'homme. Cet agent, facteur ou substance (physique, chimique ou biologique) cause à partir d'une certaines concentration ou intensité, une altération des qualités naturelles et perturbe les conditions de vie de la flore et de la faune aquatiques de ce milieu eau. (Zilliox, 2000 ; CNRX, 2009, in El afri.A, 2009).

- Pour un utilisateur, l'eau est polluée lorsque sa qualité est impropre ou dangereuse et ne correspond plus aux exigences de certains usages (domestiques, agricoles, industriels...etc) (CHE, 1993, in El afri.A, 2009).

1. les différents types de l'eau

1.1. Les eaux de pluies :

À l'origine ces eaux sont pures sur le plan microbiologique, mais sur le plan chimique, il leur manque souvent certain élément indispensable à la santé comme le sodium, magnésium, manganèse, fer, iode. (Coulibaly, 2005, in Chibani.S, 2009).

1.1.1. Les eaux de surface :

Composées d'eaux de mer, de marigot, de fleuve, de rivière, ces eaux couvrent la terre. La terre « planète bleu » dont sa présence en eau est de : 97.5% eau salé et océans, 2.5% eau douce (AMH, journée mondiale de l'eau 2003).enflés par les eaux de ruissellement, elles reçoivent tous sortes de déchets contenant des germes nuisibles pour la santé. (Coulibaly, 2005, in Chibani.S, 2009).

1.1.2. Les eaux souterraines :

Formées par les eaux d'infiltrations, les eaux souterraines sont exemptes de pollution, cependant elles peuvent, d'une part être contaminées par la technique de puisage, la proximité des latrines ou d'autres sources de pollution, le manque de protection, d'autre part elles peuvent être chargées par les éléments ; eaux saumâtres, (Na Cl) eau dure (Ca⁺⁺) ; eau ferrugineuse (Fe⁺⁺). (Coulibaly, 2005, in Chibani.S, 2009).

2. Qualité et détérioration des eaux souterraines :

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.(1).. Elle pourra être telle quelle utilisée à d'autres fins (irrigation...) ou devra subir un traitement appropriée pour retrouver sa potabilité. L'eau des nappes n'est donc pas à l'abri de la pollution et l'autoépuration naturelle n'est pas complète dans toutes les nappes et vis-à-vis de certaines substances. (2).

2.1. Paramètres de qualité :**2.1.1. Principaux paramètres de potabilité**

La qualité d'une eau souterraine est caractérisée par un certain nombre de paramètres physiques et chimiques, déterminant à leur tour des caractères organoleptiques seuls immédiatement perceptibles pour l'utilisateur.

Les paramètres pris en compte sont:

- la dureté de l'eau correspondant à sa minéralisation en calcium et magnésium
- le pH qui dépend de la teneur en ions H⁺;
- la teneur en gaz dissous issus de l'atmosphère (O₂ et CO₂);
- la teneur en substances minérales dissoutes généralement sous forme ionique: anions (bicarbonates, chlorures, sulfates, nitrates, fluorures) et cations (calcium, magnésium, sodium, potassium, fer, manganèse, ammonium);
- la turbidité, produite par des matières en suspension (argiles) dans les aquifères karstiques.

à ces paramètres physico-chimiques s'ajoutent des paramètres microbiologiques souvent déterminants dans les aquifères calcaires.

Une teneur trop élevée d'un ou plusieurs composants chimiques cause des désagréments au consommateur (saveur, risques sanitaires) et aux canalisations (corrosion, entartrage...) L'eau est alors jugée impropre à la consommation (et à sa distribution) à moins de subir au préalable un traitement approprié (cas des eaux chargées en nitrates).

D'autre part, une teneur élevée d'un élément chimique peut être l'indice d'une pollution par d'autres substances toxiques: les résidus de pesticides accompagnent généralement la migration des nitrates d'origine agricole à la nappe (atrazine, simazine employées en particulier comme désherbants des cultures de maïs).

Les paramètres qui déclassent une nappe pour l'eau potable ou impliquent un traitement correcteur pour sa potabilisation sont dans la pratique: la dureté, le pH, la teneur en sulfates, la pollution turbidité, la teneur en Fe, Mn. (2).

3. La pollution des eaux souterraines :

La pollution est une modification défavorable du milieu naturelle (dégradation ou altération de l'environnement) qui apparait en totalité ou en partie comme un sous-produit de l'action humaine, au travers les effets indirects ou directs altérants les critères de réparation des flux de l'énergie, des niveaux de radiation, de la constitution physicochimique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivants.

Ces modifications peuvent affecter l'homme directement ou indirectement ou à travers les ressources agricoles, en eau et en produit biologique. Elles peuvent aussi l'affecter en altérant les objets physiques qu'il possède. (3).

3.1. Sources de pollution des eaux souterraines

L'infiltration d'eau de mer associée à la surexploitation des couches aquifères ou à la lixiviation naturelle est des sources normales de pollution des eaux souterraines. La plupart des contaminations des eaux souterraines est causé par l'activité humaine. La contamination humaine des eaux souterraines 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, retenu 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. (3).

3.1.1. Contamination des eaux souterraines

Les eaux souterraines sont, dans la plupart des cas, de meilleure qualité que les eaux de surface car elles sont moins directement exposées aux pollutions. Cependant, si les pollutions sont en général plus discrètes, elles peuvent persister beaucoup plus longtemps et il est très difficile de remédier à la contamination. Étant donné que les eaux souterraines sont souvent utilisées pour l'alimentation en eau potable, leur protection vis-à-vis des pollutions est un enjeu majeur.(3).

La qualité de la nappe phréatique se dégrade lorsqu'elle reçoit de l'eau contaminée qui s'infiltré dans le sol et qui n'est pas suffisamment filtrée ou qui n'a subi aucune épuration naturelle. Une fois que le réservoir aquifère est contaminé, tous les puits qu'il alimente risquent d'être pollués. La contamination d'un puits peut menacer la santé humaine et entraîner d'importants frais de nettoyage. (4).

3.1.2. Origine de pollution :

l'activité humaine, qu'elle soit urbaine (usages domestique, commerce, entretien des rues), agricole (utilisation d'engrais et de pesticides) ou industrielle (chimie, papeterie, industrie agroalimentaire,etc), produit de grandes quantité de substances polluant de toute nature qui sont à l'origine de différents types de pollutions (CNRS ,2009, in El afri.A, 2009).

3.1.2.1. Les phénomènes naturels :

Certains phénomènes naturels peuvent être aussi à l'origine de la pollution des eaux et sont identique en relation avec les éruptions volcaniques, des épanchements sous-marins, d'une thermo minérales (Faurie et al 1998, in Chibani.S, 2009).

3.1.2.2. La pollution domestique :

Les rejets directs des eaux usées domestiques dans le milieu naturel perturbent l'équilibre aquatique en transformant les rivières en égouts à ciel ouvert (Chellé 2005, in Chibani.S, 2009). Elle est caractérisée par :

- La présence de germes fécaux ;
- Des sels minéraux ;
- Des détergents ;

Des fortes teneurs en matière organique (Faurie et al 1998, in Chibani.S, 2009).

3.1.2.3. La pollution urbaine :

Ce sont essentiellement les eaux pluviales, les résidus de traitement de la pollution, ainsi que les résidus de traitement des ordures ménagères. Elle est caractérisée par :

- Une teneur importante de matière minérale en suspension ;
- La présence de nombreux détritiques solides ;

- Des fortes concentrations en toxique et hydrocarbures, résidus d'échappements des véhicules, résidus de corrosion des équipements métalliques (Génin et al 2003, in Chibani.S, 2009).

3.1.2.4. La pollution d'origine agricole :

La production agricole utilise des fertilisants pour renouveler les nutriments des sols et des produits phytosanitaires pour défendre les cultures contre les plantes sauvages concurrentes, les parasites et les maladies.

Ces produits, même utilisés de manière raisonnée, sont entraînés par les eaux de ruissellement et d'infiltration jusqu'aux rivières ou aux nappes d'eau souterraines avec pour conséquence :

- l'eutrophisation des rivières pour l'azote et le phosphore,
- la réduction de la richesse biologique des cours d'eau (disparition des espèces sensibles),
- la pollution des captages d'eau potables les rendant impropre à la consommation humaine ou nécessitant la mise en place de traitement coûteux.

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, la date d'épandage, 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.(5).

L'agriculture et l'aquaculture sont responsables des rejets de nombreux polluants dans les eaux de surfaces et souterraines. Ces contaminant comprenant à la fois des sédiment provenant de l'érosion des terres agricoles, des rejets de la matière organique, les engrais chimiques, des pesticides, des bactéries provenant des fumiers et purins d'animaux d'élevage et des métaux (Génin et al 2003, in Chibani.S, 2009).

Ces produits sont rarement rejetés directement dans les eaux de surface, mais leur épandage en excès pour des raisons d'agriculture intensive entraîne leur lessivage par les eaux de pluies et une pollution diffuse des cours d'eaux souterraines (Habla, 2008, in Chibani.S, 2009).

3.1.2.5. La pollution industrielle :

Les polluants d'origine industrielle sont très variés selon le type d'activité: substances organiques banales, produits organiques de synthèse, hydrocarbures, sels minéraux, métaux lourds...Les pollutions sont exceptionnelles (incident dans un processus) mais encore trop souvent chroniques (fuite de réservoirs, de canalisations...) Un cas particulier est celui des exploitations minières. L'extraction des granulats en plaine alluviale met en contact l'eau de la nappe avec les polluants éventuels. (2).

3.1.3. Les différentes formes de polluants :

L'eau, qu'elle soit douce, salée, de l'eau de pluie, de l'eau souterraine ou de l'eau superficielle, peut être souillée par des matières qui peuvent la rendre nocive. Selon l'origine des déchets (industriels, agricoles, urbains...), qui est majoritairement anthropique, les pollutions peuvent donc être de nature chimique, physique ou encore biologique. (2).

3.1.3.1. La pollution chimique:

Différents polluants: Exemples et Origine:

- Les pesticides (produits phytosanitaires), tel que les insecticides, herbicides et fongicides utilisés en agriculture.
- Les hydrocarbures - pétrole, gaz naturel, en industrie
- Les métaux lourds - plomb, mercure, arsenic, cyanure : agricole (plomb dans engrais), naturelle (pluies acides) et industrielle.
- Les détergents - phosphates d'origine domestique (lessives) et industrielle
- Les engrais - nitrates d'origine agricole
- Les solvants - Hydrocarbures aromatiques : industrie, domestique et agricole
- Les colorants - chrome : industrie (peintures)

3.1.3.2. La pollution physique

- Elle provient essentiellement des centrales thermiques et nucléaires et des usines utilisant l'eau comme liquide de refroidissement. L'eau prélevée dans le milieu naturel va être rejetée par ces structures à une température plus élevée. La pollution thermique qui est liée à

l'utilisation de l'eau comme liquide de refroidissement par les industriels, apparaît souvent mineur. Mais il s'accroît, du fait de l'augmentation des besoins de l'industrie. Dernièrement, on peut aussi constater une pollution de l'eau par des matières en suspension provenant des mines ou des cimenteries qui peuvent alors modifier la turbidité de l'eau, c'est-à-dire réduire la transparence de celle-ci.

3.1.3.3. La pollution biologique:

Elle est liée au surdéveloppement de micro-organismes (bactéries, virus...) ou de végétaux micro ou macroscopiques (champignons) qui provoquent un déséquilibre du milieu environnant.

Elle est la conséquence d'une action humaine: enrichissement en nitrates d'un milieu (rejets organiques), développement de virus/bactéries, modification de la température d'un milieu (rejet d'eau chaude), introduction d'espèces invasives, concentration d'élevages intensifs (excédent de déjections animales), etc...

La pollution microbiologique résulte des déchets organiques, en particulier les excréments qui contiennent des germes pathogènes (virus, bactéries ou parasites) véhiculés par l'eau. Ces germes peuvent provoquer des maladies graves qui ont été jadis responsables d'épidémies dramatiques dans nos pays. (Choléra, poliomyélite, helminthes). Aujourd'hui, cette pollution des eaux a fortement diminué dans les pays industrialisés grâce à la mise en service de stations d'épuration qui assurent le nettoyage des eaux usées avant leur rejet dans la nature. (6).

4. Interaction entre eaux souterraines et zone humide :

Les zones humides sont des « terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire, elles sont la principale source d'eau douce renouvelable pour répondre aux besoins essentiels de l'Homme.

La délimitation précise des zones humides sur le terrain s'effectue donc à partir de critères pédologiques (présence de sols caractéristiques) ou de la présence de certaines espèces végétales ou d'habitats spécifiques

Les zones humides assurent de multiples fonctions(7) :

- La régulation du volume des eaux et des écoulements : elles ralentissent les ruissellements et accumulent l'eau en période pluvieuse avant de la restituer aux ruisseaux

en période sèche (soutien d'étiage). Par leurs effets cumulés, elles limitent l'impact des inondations

- Un filtre naturel : elles améliorent la qualité de l'eau grâce à la rétention et à l'assimilation de nombreuses substances ;
- Un réservoir de biodiversité : elles abritent une faune et une flore caractéristiques et de nombreuses espèces rares ou menacées qui en dépendent (plantes remarquables, insectes, oiseaux...);
- Des paysages remarquables : les mares, les étangs, les marais... constituent souvent un patrimoine lié au travail des hommes.

L'approvisionnement des eaux souterraines peut se faire par l'infiltration des eaux de précipitation ou grâce aux zones humides situées au-dessus par infiltration de l'eau dans le sous-sol perméable. D'une certaine manière, chaque zone humide entretient avec les eaux souterraines et les eaux de surface, des interactions qui lui sont propres.

Il existe des liens étroits entre eau souterraine et eau de surface. Bon nombre de zones humides (par exemple les sources, lacs, rivières marais...) sont alimentées, en grande partie ou en totalité, par les eaux souterraines et en sont donc dépendantes.

L'utilisation excessive de l'eau de surface entraîne la disparition des zones humides et la diminution de la recharge des nappes phréatiques. L'effet combiné de ce phénomène et de la surexploitation des eaux souterraines accélère à son tour l'assèchement des nappes phréatiques souterraines.

Dans le bassin versant de Guelma, l'émergence des eaux souterraines à travers les sources contribue à maintenir les zones humides surtout en période d'étiage par alimentation en eau des affluents de l'oued Seybouse.

Conclusion :

L'eau est un composé essentiel à la vie, a une grande importance pour l'Homme Source de vie et objet de culte depuis les origines de l'Homme.

Mais malheureusement est l'élément le plus vulnérable à la contamination néanmoins par les activités humaines (industrie, agriculture, ...etc) .C'est pourquoi plusieurs masses d'eau superficielles ou souterraines ont été classés à doute vis-à-vis de certains paramètres physico-chimiques et microbiologiques.

Une gamme très large de produits chimiques est considérée comme des polluants de l'eau. Chaque groupe de polluant à sa façon propre de pénétrer dans l'environnement et de présenter des risques spécifiques qui sont connus de tout le monde du fait de leurs effets sur la santé.

Et depuis ce concept, on a fait des analyses physico-chimiques pour voir le degré de potabilité de ces eaux des sources.

Chapitre 3 :
Matériel et méthode

1. Présentation des sites d'échantillonnage :

La sélection des lieux de prélèvement des huit sources d'eau ont été choisies de manière à avoir une image d'ensemble de la région d'étude position amont/aval (Fig. n°9).



Fig. n°9 : Image de situation des sources (source Google Earth)

Les sources dont on a pris les échantillons d'eau sont localisées dans la région de Guelma, dont cinq sont dans la partie amont et trois dans la partie aval (Tab.n°6).

Tab. n°6: Altitudes des sources étudiées

SOURCES	CODE	ALTITUDE (m)
E'Rmel	S1 en amont	693
Ain cheikh	S2 en amont	662.8
Ain Metouia	S3 en amont	1014
Les sept sources	S4 en amont	919
Ain Souda	S5 en amont	1060
Rosfa	S6 en aval	160
Rédjaibia	S7 en aval	194
Ain Guetich.	S8 en a val	207



Fig.10: Source de R'mel



Fig.11: Source d'Ain Souda



Fig.12: Source de Rosfa

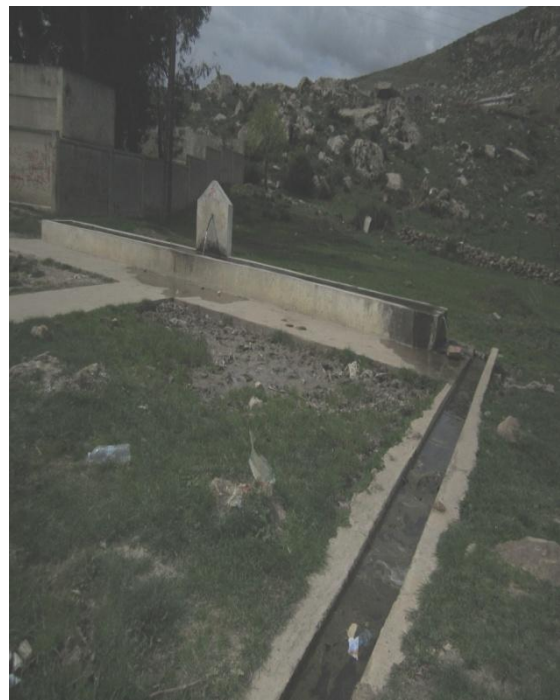


Fig.13 : Source de Metouia



Fig.14: les Sept sources



Fig.15: Source de Redjaibia



Fig.16: source d'Ain Guetich



Fig.17: source d'Ain cheikh

2. Mesure des paramètres physiques:

2.1. Matériel utilisé :

- On a utilisé le matériel suivant :
- Un multi-paramètre ;
- Un GPS, un bidon ;
- Des bouteilles vides ;
- Un appareil photo ;
- Un carnet de terrain ;
- Des étiquettes. (Fig. n°18).



Fig. n°18: le matériel utilisé sur le terrain.

La mesure des paramètres physiques a été réalisé grâce à un appareil à sonde multi-paramètres pour mesures in-situ. Cet appareil possède toutes leurs électrodes regroupées sur une sonde unique à transmission numérique, qui permet de réaliser simultanément des mesures in-situ.

L'appareil possède un boîtier étanche à affichage simultané. (Hanna. I, 2008) :

- 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.

2.2. 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(8). Il faut suivre les procédures suivantes après avoir plongé directement la sonde de mesure dans le récipient d'eau échantillonnée:

Raccorder la sonde à l'instrument.

- Immerger la sonde dans l'échantillon à mesurer en évitant les chocs.
- Allumer l'instrument.
- L'instrument affichera 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 sélectionner l'unité de mesure en appuyant sur UNIT ou RÉOLUTION. (Hanna. I, 2008.)

- Pour la température, il est possible de sélectionner K, °F, °C.
- Pour la concentration en Oxygène dissous, il est possible de sélectionner : ppm ou mg/l
- Pour la conductivité réelle, il est possible de sélectionner : $\mu\text{S}/\text{cm}$ et mS/cm
- pour solides dissous (exp TDS), peuvent être exprimés soit en ppm ou mg/l.

Les mesures de la qualité de l'eau de sources comprennent les mesures in situ et les mesures au laboratoire.

2.2.1. Mesures in situ des paramètres physiques:

Les analyses physiques sont effectuées sur le terrain directement;

- On a pris les coordonnées GPS de chaque source dont on a pris l'échantillon d'eau (la mètre dans une bouteille vide pour les analyses chimiques).
- On a mis l'électrode de multi paramètre dans le bidon dont il y a l'échantillon de l'eau de source et ainsi de suite pour les autres sources.

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. (Tab.n°7).

Tab. n°7. Les paramètres physiques mesurés sur terrain

PARAMÈTRES	MÉTHODE
Température (T°C)	multi paramètre
Potentiel hydrogène (pH)	multi paramètre
Oxygène dissous (ODmg/l)	multi paramètre
Conductivité électrique (CE $\mu\text{s}/\text{cm}$)	multi paramètre
TDS (mg/l)	multi paramètre

2.2.1.1. La température :

La température de l'eau est un paramètre de confort des usagers. Elle a une influence directe sur le comportement de différentes substances contenues dans l'eau et à une grande influence sur l'activité biologique. La température de l'eau n'a pas d'incidence directe sur la santé humaine (Roux, 1987, in Aouissi.A, 2010). En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la

conductivité électrique et dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels. (Rodier, 2005, in Aouissi.A, 2010).

La mesure de la température s'effectuant sur le terrain en utilisant un multi paramètre. Nous lisons directement la température qui s'est affichée sur l'écran exprimée en degré Celsius (C°).

2.2.1.2. La conductivité électrique (CE) :

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés d'électrons. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau. (Saadali, 2007, in Aouissi.A, 2010).

La conductivité est également en fonction de la température de l'eau: elle est plus importante lorsque la température augmente (Mayet, 1994, in Aouissi.A, 2010). Elle s'exprime en micro siemens par centimètre (Detay, 1993, in Aouissi.A, 2010).

La qualité de l'eau en fonction de la conductivité est définie de la manière suivante :

- Conductivité de 50 à 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ eau de qualité excellente ;
- Conductivité de 400 à 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ eau de bonne qualité ;
- Conductivité de 750 à 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ eau de qualité médiocre mais eau utilisable ;
- Conductivité >de 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ eau à minéralisation excessive.

2.2.1.3. Le potentiel d'hydrogène (pH) :

Le pH mesure la concentration en ions H^+ . Il traduit ainsi la balance entre l'acidité ou d'alcalinité sur une échelle de pH qui s'étend de 0 à 14 avec 7 étant neutre.

Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau. (Castany et Margot, 1977, in Aouissi.A, 2010).Il joue aussi un rôle primordial dans les processus biologiques qui exigent des limites très étroites de pH (Zeddouri, 2003, in Aouissi.A, 2010).Sans oublier que la mesure du pH donne des renseignements importants sur la nature des eaux (Detay, 1993, in Aouissi.A, 2010).

D'une façon générale, le pH des eaux naturelles est lié à la nature de terrains traversés, il varie habituellement entre 7,2 et 7,6. (Rodier, 1996, in Aouissi.A, 2010).

2.2.1.4. Oxygène dissous (O₂):

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il conditionne la vie des microorganismes aquatiques et généralement le fonctionnement de cet écosystème. Il est un facteur écologique essentiel indispensable pour la respiration des organismes vivants aérobies (Chocat, 1997, in Chibani.S, 2009). La diminution de sa teneur génère un milieu favorable à la fermentation et aux dégagements d'odeurs. Sa solubilité est en fonction de la température, la pression partielle dans l'atmosphère et de la salinité (Rodier, 1994, in Aouissi.A, 2010). La mesure de l'oxygène dissous (mg/l ou en % saturation) est importante car elle permet de fournir des informations concernant la dégradation de substances organiques (réactions biochimiques), la provenance de l'eau, la mobilisation potentielle de certains métaux, etc. (Thierrin *et al*, 2001, in Aouissi.A, 2010).

La détermination de l'oxygène dissous (O₂) est réalisée in situ à l'aide d'un multi paramètre.

2.2.1.5. Minéralisation globale d'une eau (T.D.S) :

La minéralisation est fonction de la géologie des terrains traversés. D'une façon générale, elle est plus élevée dans les eaux souterraines que dans les eaux superficielles.

Une eau, dont la minéralisation est inférieure à 600 mg/l, est généralement considérée comme bonne; au-delà de 1200 mg/l et elle devient sauf accoutumance assez désagréable (Rodier, 1996, in Aouissi.A, 2010).

3. Mesures des paramètres chimiques :

Les analyses chimique ont été effectués au niveau d'un laboratoire privé « Laboratoire de contrôle de qualité et de conformité » de Mme CHATAB née AMRANI Selma. (Tab.n°8).

Tab. n°8 : Les paramètres chimiques mesurés au laboratoire

PARAMETRES CHIMIQUES	Unité	METHODES
Nitrates	mg/l	Par spectrophotométrie d'absorption moléculaire au salicylate de sodium
Nitrites	mg/l	Titrimétique
Magnésium	mg/l	Titrimétique
Calcium	mg/l	Titrimétique à l'EDTA
Chlorure	mg/l	De Mohr
TH	mg/l	Titrimétique à l'EDTA
HCO ₃	mg/l	Titrimétique
Ammonium	mg/l	De Nessier. Methode par spectrophotométrie d'absorption moléculaire
Sulfate	mg/l	/

3.1. Le Calcium (Ca²⁺) :

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, in Aouissi.A, 2010).

La présence des ions de calcium dans l'eau est liée principalement à deux origines naturelles, soit la dissolution de formations gypseuses CaSO₄ et la dissolution des formations carbonatées CaCO₃.

Les eaux potables, de bonne qualité, renferment de 100 à 140 mg/l de calcium soit 150 à 200mg/l en CaO ou 250 à 350 mg/l en CaCO₃. (Rodier, 1996, in Aouissi.A, 2010).

- **Méthodes titrimétrie à L'EDTA :**

A l'aide d'une pipette introduire 50ml d'eau à analyser dans une fiole conique de 250ml. Ajouter 3 ml de la solution d'hydroxyde de sodium et 2 à 3 gouttes de la solution bleu

d'ériochrome. La solution doit se colorer en rouge foncé ou violet. Titrer immédiatement avec l'EDTA jusqu'au virage du violet au bleu.

Expression des résultats :

La concentration de calcium, en mg /l est donnée par la formule suivante :

$$C_{Ca^{2+}} = V_{EDTA} \times N \times 20/E \times 1000.$$

N = 1/50. E= volume en ml de la prise d'essai.

3.2. Le Magnésium (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, in Aouissi.A, 2010). 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, in Aouissi.A, 2010).

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

- **Méthode par calcul :**

Le magnésium est estimé par la différence entre la dureté et le calcium exprimés en $CaCO_3$ mg /l. (Rodier, 2005, in Aouissi.A, 2010).

$$[TH] = [Mg^{2+}] + [Ca^{2+}]$$

$$[Mg^{2+}] = [TH] - [Ca^{2+}].$$

3.3. Les chlorures (Cl^-):

Le chlorure est un sel mobile, non toxique, très répandu dans la nature sous forme de sels de sodium (NaCl), de potassium (KCl), et de calcium ($CaCl_2$).

La présence de chlorures dans les eaux naturelles peut être attribuée à la nature des terrains traversés, à la pénétration de l'eau de mer dans les régions côtières, à la pollution provenant des rejets urbains et industriels. Chacune de ces sources de pollution peut contaminer localement les eaux souterraines et les eaux superficielles. (Chaoui, 2007, in Aouissi.A, 2010).

Un surdosage en chlorures dans l'eau, peut être à l'origine d'une saveur désagréable surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium. Au-delà d'une concentration de 200 mg/l de chlorure, des risques peuvent s'apercevoir sur le plan sanitaire (Bouziani, 2000, in Aouissi.A, 2010).

Principe :

Les ions chlorures sont précipités à l'état des chlorures d'argent par une solution titré de nitrates d'argent (AgNO_3).

La fin de réaction est indiquée par le chromate de potassium (K_2CrO_4) qui, en présence d'un excès d'ions argent, forme un précipité rouge.

Ce dosage doit être réalisé dans un milieu neutre, le chromate d'argent étant soluble à pH acide alors qu'en milieu alcalin entraîne la formation d'un précipité noir d'oxyde d'argent (Rejsek, 2002, in Aouissi.A, 2010).

Réactifs :

Acide nitrique pur ; Carbonate de calcium pur; Solution de chromate de potassium (10%); Solution de nitrate d'argent (0,1N).

- **Mode opératoire :**

On introduit dans un Arlène Meyer 50 ml d'eau à analyser préalablement filtrée, on ajoute 2 à 3 gouttes d'acide nitrique, une pincée de carbonate de calcium 0,2 gr de carbonate de calcium et 3 gouttes de chromate de potassium à 10%. On verse alors au moyen d'une burette la solution de nitrate d'argent jusqu'à l'apparition d'un précipité de teinte rougeâtre ; cette couleur doit persister.

Soit V le nombre de millilitres de nitrates d'argent 0,1 N utilisés pour le titrage

3.4. Les sulfates (SO_4^{2-}) :

La concentration en ions de sulfates des eaux naturelles est très variable. Dans les terrains ne contenant pas une proportion importante de sulfates minéraux, elle peut atteindre 30 à 50 mg/l, mais ce chiffre peut être largement dépassé et peut atteindre jusqu'à 300 mg/l dans les zones contenant du gypse ou lorsque le temps de contact avec la roche est très élevé.

- **Méthode néphélométrique :**

Principe :

Les sulfates sont précipités en milieu chlorhydrique à l'état de sulfate de baryum. Le précipité ainsi stabilisé à l'aide d'une solution de "Tween 20" ou de polyvinyl-pyrrolidone. Les suspensions homogènes sont mesurées au spectromètre.

Mode opératoire :

Introduire 39 ml d'eau à analyser dans un tube à essai, ajouter 1 ml d'acide chlorhydrique au 1/10 et 5 ml de la solution de chlorure de baryum. Agiter énergiquement et laisser reposer 15 minutes. Agiter de nouveau et faire les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 650 nm.

Expression des résultats :

Pour une prise d'essai de 39 ml, la courbe donne directement la teneur de sulfates exprimée en milligramme de SO_4^{2-} par litre d'eau.

3.5. Bicarbonates (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 :

$[\text{HCO}_3^-] = \text{TAC (F}^\circ) \times 12,2$ (Rodier, 1996, in Aouissi.A, 2010). TAC: Alcalinité totale $1 \text{ F}^\circ = 10 \text{ mg/l}$

3.6. Les nitrates (NO_3^-) :

Les nitrates, NO_3^- , sont des ions minéraux nutritifs solubles dans l'eau, qui sont directement assimilables par les plantes. Ils sont ajoutés au sol soit directement par les agriculteurs soit indirectement par le fumier ou le purin. A cause de leur bonne solubilité dans l'eau, les nitrates sont facilement éliminés du sol en direction de la nappe phréatique, en particulier quand le sol est en jachère, par exemple en hiver (Bliefert *et al*, 2001, in Aouissi.A, 2010). Ils sont généralement l'indice d'une pollution.

Dosage des nitrates :

Méthode spectrophotométrique à l'acide sulfosalicylique (norme ISO 7890-3 et NF T90-045) :

Principe :

En présence de Salicylate de Sodium, les nitrates donnent du paranitrosalicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique

- **Mode opératoire :**

Introduire 10 ml d'eau à analyser dans une capsule de 60 ml. Alcaliniser faiblement avec la solution d'Hydroxyde de sodium, ajouter 1 ml de solution de Salicylate de sodium. Evaporer à sec dans une étuve portée à 75-80°C. Laisser refroidir. Reprendre le résidu par 2 ml d'acide Sulfurique concentré. Attendre 10 minutes, ajouter 15 ml d'eau bi distillée puis 15 ml de la solution d'Hydroxyde de sodium et de Tartrate double de sodium et de potassium qui développe la couleur jaune. Effectuer la lecture au spectromètre à la longueur d'onde de 420nm.

Expression des résultats :

Pour une prise d'essai de 10 ml, la courbe donne directement la teneur en nitrate (NO_3^-) exprimée en mg/l d'eau.

3.7. Les nitrites (NO_2^-) :

Les nitrites constituent une étape importante dans la métabolisation des composés azotés. Ils s'insèrent dans le cycle de l'azote entre l'ammoniaque et les nitrates. Leur présence est due, soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniaque, soit à la réduction des nitrates. Ils ne représentent qu'un stade intermédiaire et sont facilement oxydés en nitrates, leur présence dans les eaux naturelles est faible. Une eau contenant des nitrites est à considérer comme suspecte car cette présence est souvent liée à une détérioration de qualité microbiologique (Rejesk, 2002, in Aouissi.A, 2010). (Fig.21).

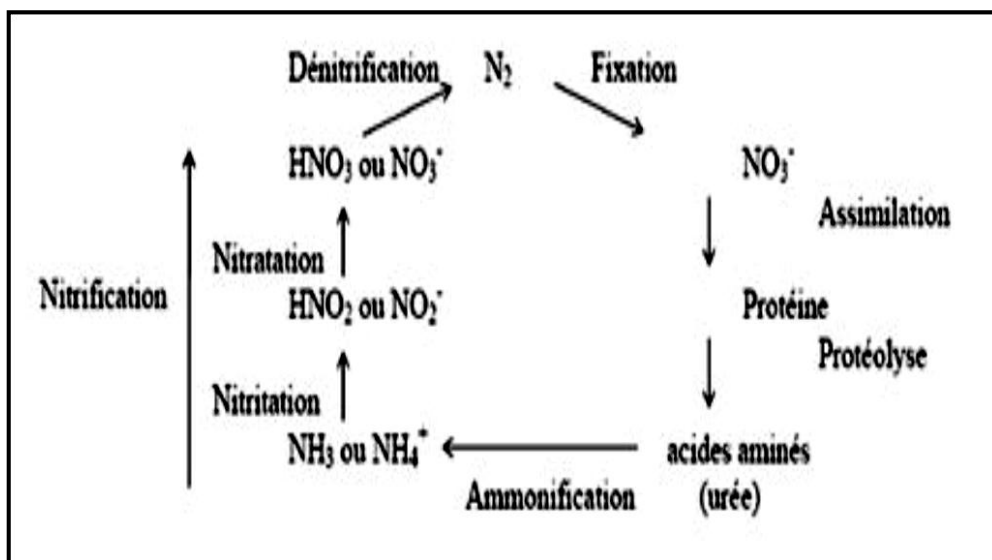


Fig.19: Cycle de l'Azote (D'après Debièche ,2002)

Dosage de nitrite :

Prendre 50 ml d'eau à analyser, ajouter 1 ml de solution de Sulfanilamide (réactif I) et mélanger. Laisser reposer 2 à 8 min, puis ajouter 1 ml de la solution N- Naphtyl-Ethylène-Diamine (Réactif II) et mélanger à nouveau. Attendre 10 min et effectuer les mesures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 543 nm en cuve de 10 cm. (Aminot *et al*, 1982, in Aouissi.A, 2010).

3.8. L'ion ammonium (NH_4^+) :

L'ion ammonium représente la forme ionisée de l'azote ammoniacal, sa présence dans les eaux profondes résulte le plus souvent de la décomposition anaérobie de matières organiques azotées. On les trouve souvent à des teneurs variant entre 0,1 à 0,2 mg/l. (Detay, 1993, in Aouissi.A, 2010).

Dosage de l'ion ammonium :**• Mode opératoire :**

Prendre 50 ml d'eau à analyser directement dans le flacon à réaction, ajouter 3 ml du réactif I (solution de Phénol-Nitroprussiate), boucher et agiter pour bien homogénéiser, puis ajouter 1,5 ml du réactif II (solution alcaline d'hypochlorite), boucher et agiter à nouveau. Placer immédiatement à l'abri de la lumière pendant 6 à 8 h à températures ambiantes. Mesurer l'absorbance à 630 nm. (Aminot *et al*, 1982, in Aouissi.A, 2010).

3.9. Dureté de l'eau:

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

C'est donc la concentration en ions alcalino-terreux, que l'on mesure globalement par le titre hydrotimétrique TH (Detay, 1993, in Aouissi.A, 2010). La dureté s'exprime souvent en degré français (F°) selon le classement suivant:

0 à 7°F : eau très douce ; 0 à 14°F : eau douce ; 14 à 20°F : eau moyennement dure ; 20 à 30°F : eau assez dure ; 30 à 50°F : eau dure ; 50°F et plus : eau très dure.

En pratique la dureté totale est défini par : $[\text{TH}] = [\text{Mg}^{2+}] + [\text{Ca}^{2+}]$

Méthode titrimétrie à l'EDTA :**Principe :**

Les alcalinoterreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe du type chélate par le sel di sodique de l'acide éthylène diamine tétracétique à pH 10. La disparition des dernières traces d'éléments libres à doser est décelée par le virage d'un indicateur spécifique, le noir ériochrome. En milieu convenablement tamponné pour empêcher la précipitation du Mg^{2+} , la méthode permet de doser la somme des ions calcium et magnésium. (Rodier, 1996, 2005, in Aouissi.A, 2010).

• Mode opératoire :

Introduire 50 ml d'eau à analyser dans une fiole conique de 250 ml, ajouter 4 ml de solution tampon pH 10 et 3 gouttes d'indicateur au noir ériochrome T. La solution doit se colorer en rouge foncé ou violet, le pH doit être de 10 en maintenant une agitation, verser la solution d'EDTA rapidement au début puis goutte à goutte jusqu'au virage du violet au bleu. Noter le volume versé VEDTA.

Expression des résultats :

La concentration totale en calcium et magnésium, exprimée en mmole/L est donnée par l'expression suivante : $100 \times CEDTA \times VEDTA / E$. E = volume en ml de la prise d'essai.

Chapitre 4 :
Résultats et discussion

Introduction:

Les eaux souterraines représentent une ressource extrêmement importante pour l’approvisionnement en eau potable de la population rurale vu qu’elles sont souvent de bonne qualité et peuvent être consommées directement sans nécessiter de traitements spécifiques. Comme l’eau est un solvant capable de dissoudre des substances métalliques et chimiques et d’autres produits, donc elle peut être facilement contaminé en entrant en contact avec certains produits dans les zones périphériques des périmètres irrigués et des centres industriels, les rejets des eaux usées et des déchets solides en pleine nature, sans traitement ou aménagement préalables.

Ce travail fait le point des connaissances sur la qualité physico-chimique des eaux souterraines de huit sources dont trois sont en aval sur le territoire agricole du périmètre irrigué.

1 Analyses physico-chimiques

L’appréciation de la qualité des eaux potables issues des sources se base sur la mesure des paramètres physico-chimiques. L’ensemble des résultats obtenus de ces éléments sont représentés graphiquement et interprétés pour évaluer le degré de potabilité de ces dernières.

En générale, l’interprétation des résultats des paramètres retenus pour analyse se fait de façon relative, en les comparants entre eux et avec les normes d’OMS.

1.1. Analyses des paramètres mesurables sur terrain:**1.1.1. La température de l'eau:**

La température de l’eau est un facteur important dans l’environnement aquatique du fait qu’elle régit la presque totalité des réactions physiques, chimiques et biologiques (Chapman et al, 1996, in Derwich *et al*, 2010). Mais toute variation brusque de ce paramètre entraine une perturbation dans l’équilibre de l’écosystème aquatique.

Dans la région d’étude, les résultats obtenus (Fig.n°20), montrent que la température présente des variations entre les sources d’amont (S1, S2, S3, S4) et les sources d’aval (S6, S7, S8). Le graphique montre un minimum de température 13.83°C (source S5) et un maximum de 19.17°C (source S8).

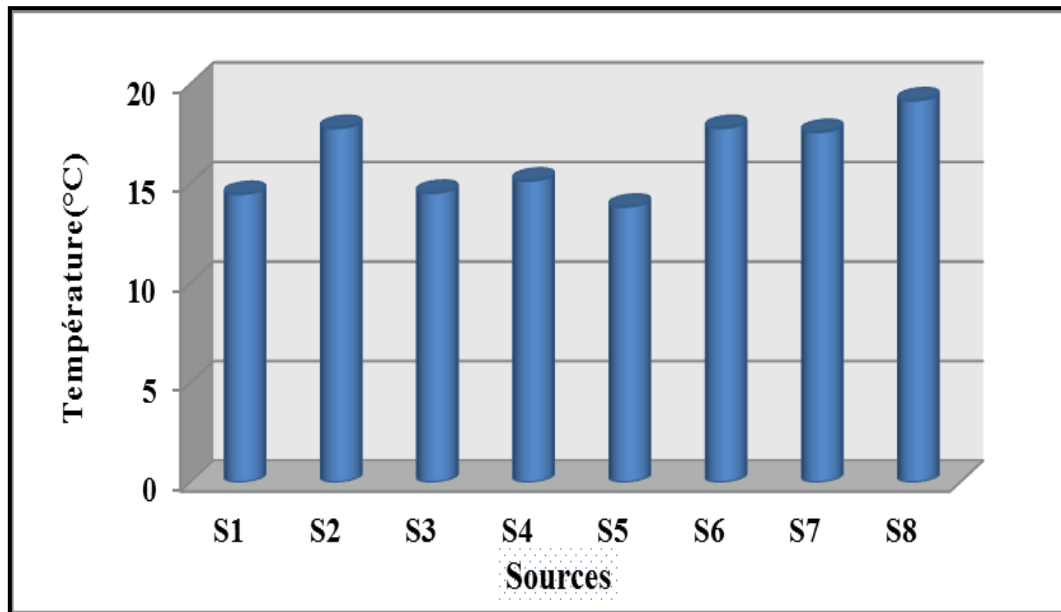


Fig. n°20. Variation spatiale de la température de l'eau.

1.1.2. Le pH :

Le pH d'une eau est une indication de sa tendance à être acide ou alcaline. Ce paramètre mesure la concentration des protons H^+ contenus dans l'eau. L'échelle des pH s'étend en pratique de 0 (très acide) à 14 (très alcalin). Les valeurs du pH se situent entre 6 et 8,5 dans les eaux naturelles (Chapman et al. 1996, in Ghazali.D *et al*, 2012), il diminue en présence des teneurs élevées en matière organique et il augmente en période d'été, lorsque l'évaporation est importante (Meybeck et al. 1996, in Derwich *et al*, 2010).

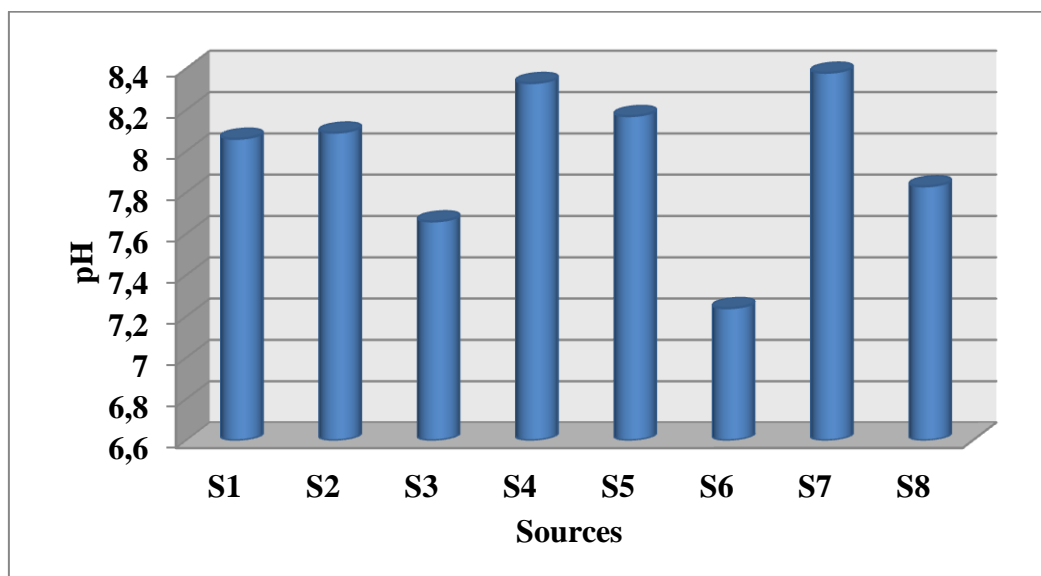


Fig. n°21: Variation spatiale du potentiel hydrogène (pH).

Les valeurs du pH des eaux des sources (Fig.n°21) ne montrent pas de variations notables, avec un minimum de 7,24 au niveau de la source S6 et un maximum de 8,38 en S7.

1.1.3. L'oxygène dissous (OD)

La solubilité de l'oxygène dans l'eau est liée à plusieurs facteurs, en particulier : la température car plus l'eau s'échauffe, moins l'oxygène y est soluble, de la pression atmosphérique et de la salinité donc elle varie de manière journalière et saisonnière. L'oxygène dissous mesure la concentration du dioxygène dissous dans l'eau et il est exprimé en mg/l ou en pourcentage de saturation.

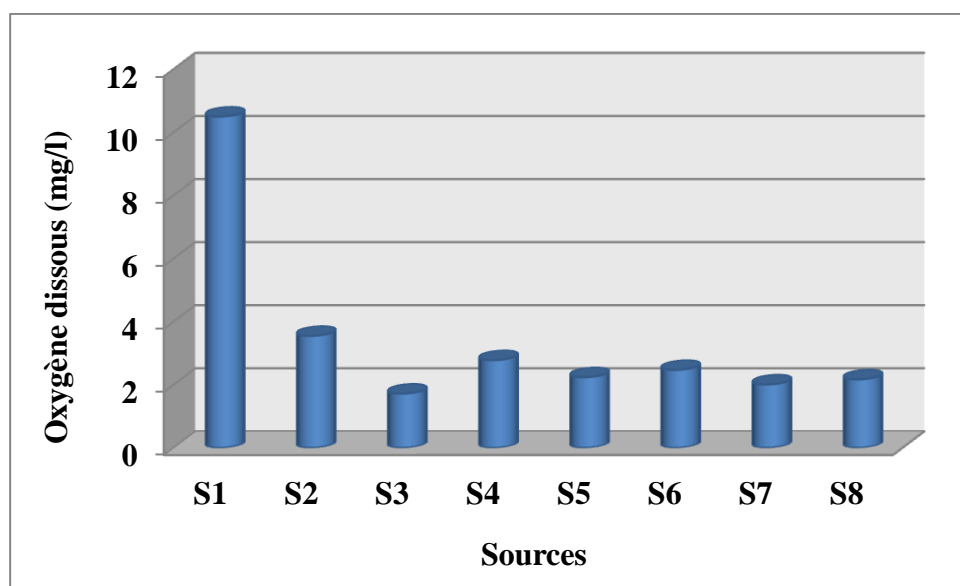


Fig. n°22: Variation spatiale de l'oxygène dissous.

Selon le graphique (Fig.n°22), les concentrations obtenues ne présentent pas de variation notable entre les 7 sources (S2, S3, S4, S5, S6, S7 et S8) à l'exception des eaux de la source (S1) se montrent bien oxygénées.

1.1.4. Taux des sels dissous (TDS)

Taux des sels dissous (TDS) décrivent les sels inorganiques présents en solution dans l'eau qui sont le chlorure de sodium (NaCl), chlorure de magnésium ($MgCl_2$), etc. L'augmentation de la salinité reflète une augmentation en ions sodium (Na^+), magnésium (Mg^{2+}), chlorure (Cl^-),... après dissociation des sels.

Le TDS mesuré au niveau des huit points d'échantillonnages, révèle des valeurs qui répondent aux exigences de qualité pour les eaux potable destinées à la consommation restant inférieur à la valeur limite 1000 mg/l (OMS en 2006).

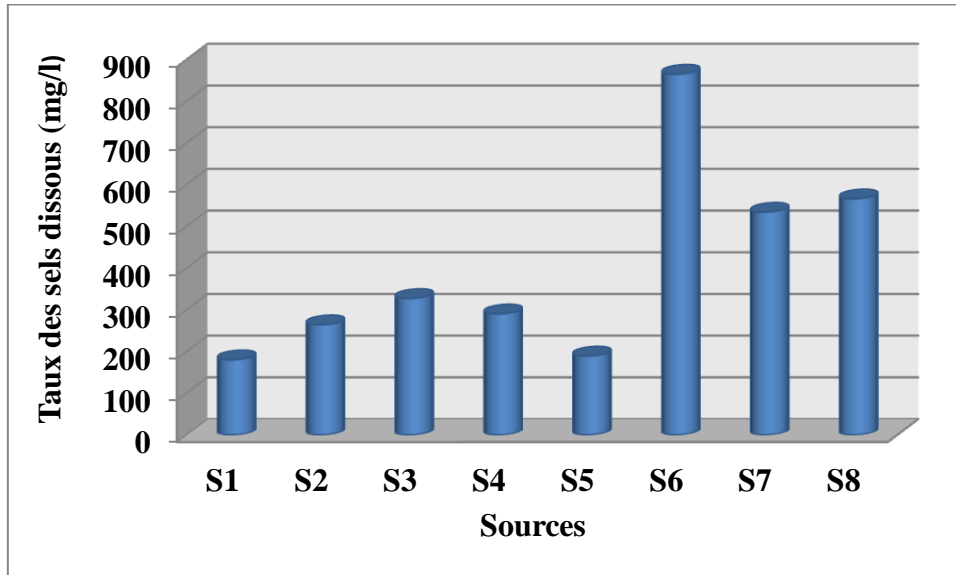


Fig. n°23 : Variation spatiale du Taux des sels dissous

Selon le graphique (Fig.n°23), les eaux des sept sources ont été évaluées de bonne et excellente qualité à l'exception de la source S6 considérée comme une eau de qualité passable. Le taux important du TDS en aval dans le périmètre irrigué (S6, S7, S8) par rapport à l'amont (S1, S2, S3, S4, S5) peut être due à l'utilisation des engrais riches en sel minéraux.

1.1.5. La conductivité électrique (EC)

La conductivité électrique (EC) mesure la capacité de l'eau à conduire le courant électrique. Elle permet d'évaluer la quantité de sels dissous dans l'eau (calcium, magnésium, sodium, potassium) elle s'exprime en $\mu\text{S}/\text{cm}$ ou mS/cm (Siemens par cm). Ce paramètre doit impérativement être mesuré sur le terrain.

Selon les d'OMS qui fixent une valeur limitée de conductivité de $2500\mu\text{S}/\text{cm}$ pour les seaux souterraines.

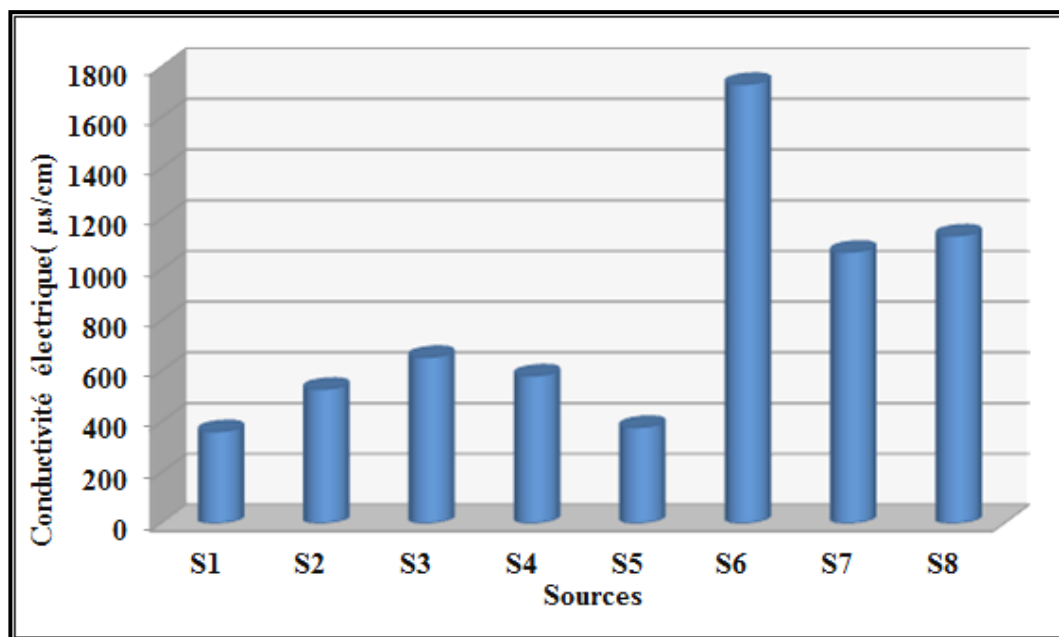


Fig. n°24 : Variation spatiale de la conductivité électrique.

La conductivité des eaux de toutes les sources étudiées (Fig.n°24) varie entre 362 µS/cm en amont (S1) et 1732 µS/cm s'observe en aval (S6). Cependant, les importantes valeurs de la conductivité ont été révélées dans les eaux de sources d'aval qui sont plus minéralisées que les sources d'amont. Ainsi, on conclut que ces fortes minéralisations se manifestent au niveau des sources là où l'activité agricole est plus intense dans le périmètre irrigué Guelma-Boumahra.

1.2. Analyses des paramètres mesurables au laboratoire :

1.2.1. Les composés azotés:

L'azote est l'un des éléments chimiques les plus abondants sur terre. Il se présente sous deux formes : l'azote organique (protéines, acides aminés,...) et l'azote minéral (azote moléculaire, ammonium, nitrites, nitrates, ...).

1.2.1.1. L'ammonium (NH₄⁺) :

Constitue le produit de la réduction finale des substances organiques azotées et de la matière inorganique dans les eaux et les sols. Il provient également de l'excrétion des organismes vivants et de la réduction et la biodégradation des déchets, sans négliger les apports d'origine domestique, industrielle et agricole. Cet élément existe en faible proportion de 0.0146 mg/l en S4 à 0.095 en S5 mais toujours inférieure à 0,1 mg/l selon les normes de l'OMS.

Ces teneurs, très faibles à nulles, laissent prédire que cet élément ne constitue pas un risque de pollution pour les eaux de sources étudiées.

1.2.1.2. Les nitrates (NO_3^-) :

L'azote et les composés de l'azote, comme le nitrate, sont présents à l'état naturel dans l'air, le sol, l'eau et les plantes. Les nitrates dans les eaux souterraines sont, en général, très faibles (typiquement moins de 10 mg/l (NO_3^-), leurs concentrations augmentent avec l'activité humaine, comme par exemple les engrais utilisés en agriculture, fumier animal, d'eaux usées domestiques et industrielles des précipitations ou de formations géologiques renfermant des composés azotés solubles.

En trop grande quantité, les nitrates empêchent le sang de transporter l'oxygène vers les tissus humains.

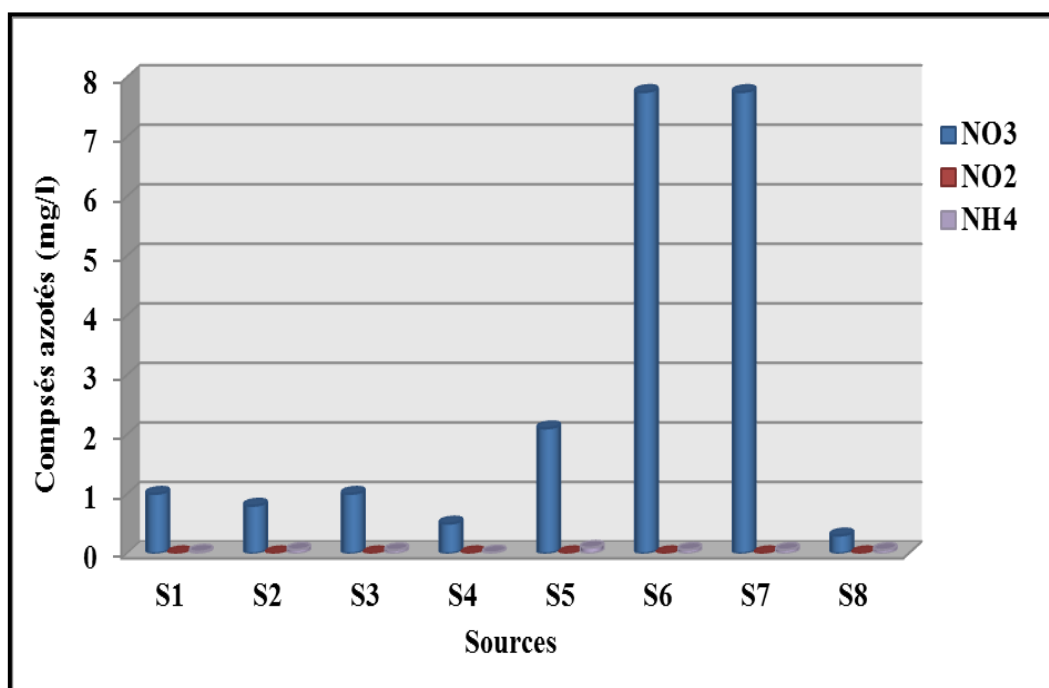


Fig. n°25 : Variation spatiale des composés azotés (nitrates, nitrites et ammonium).

Au niveau des huit sources, les teneurs en nitrates varient de 0.3 mg/l à 7.75 mg/l (Fig.n°25). Ces valeurs restent inférieures au taux normal en nitrates fixé à 50 mg/l selon l'OMS, mais la présence plus au moins importante des nitrates dans les deux sources d'aval (S6 et S7) pourrait être due à la pratique agricole qui consiste à appliquer des engrais ou pesticides dans le périmètre irrigué.

1.2.1.3. Les nitrites (NO_2^-) :

La concentration en nitrite dans les eaux analysées est nulle.

1.2.2. Le magnésium (Mg^{2+}):

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

Le graphe (Fig.n°26), montre que la plupart des points d'eau des sources présentent des valeurs importantes allant jusqu'à 600 mg/l enregistrés au point S6, avec une teneur minimale du Mg^{2+} enregistrée dans le point S5 avec 162.91 mg/l.

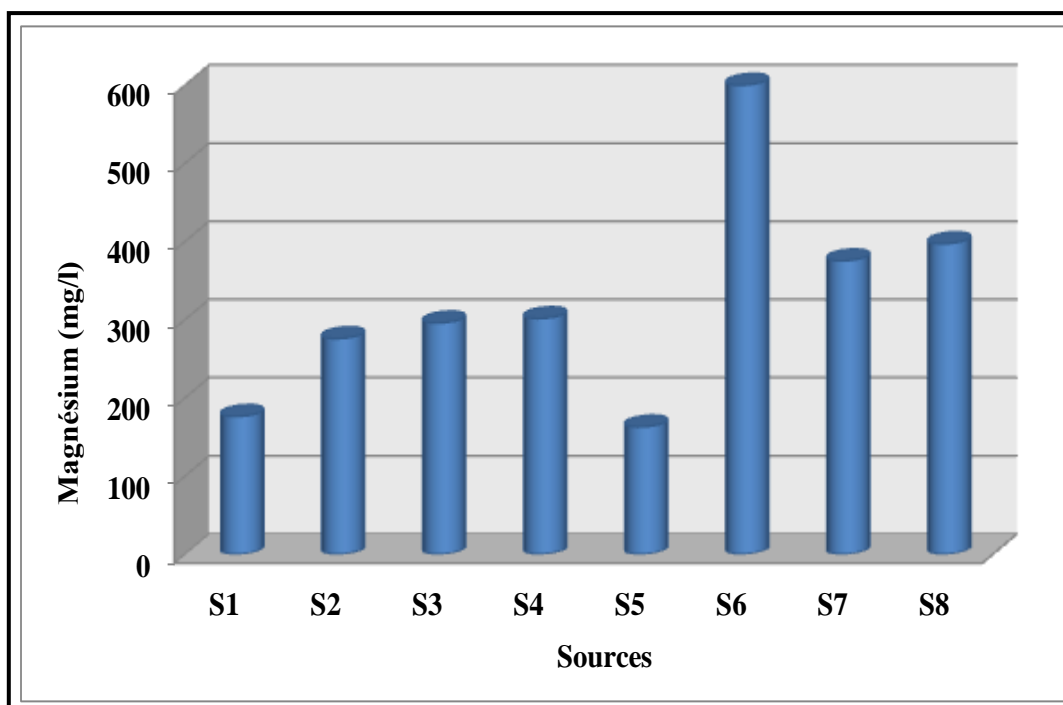


Fig. n°26 : Variation spatiale du magnésium.

Selon les normes de potabilité, la valeur maximale ne doit pas dépasser 150 mg/l pour une eau potable à la consommation. La concentration anormale du Mg dans toutes les sources peut être influencée par la dissolution des formations dolomitiques.

1.2.3. Le calcium (Ca^{2+}) :

Le calcium, ce paramètre varie comme le Magnésium et sa concentration dans l'eau dépend du substratum géologique traversé, soit de la dissolution des formations carbonatées (CaCO_3), ou la dissolution des formations gypseuses (CaSO_4) qui sont facilement solubles.

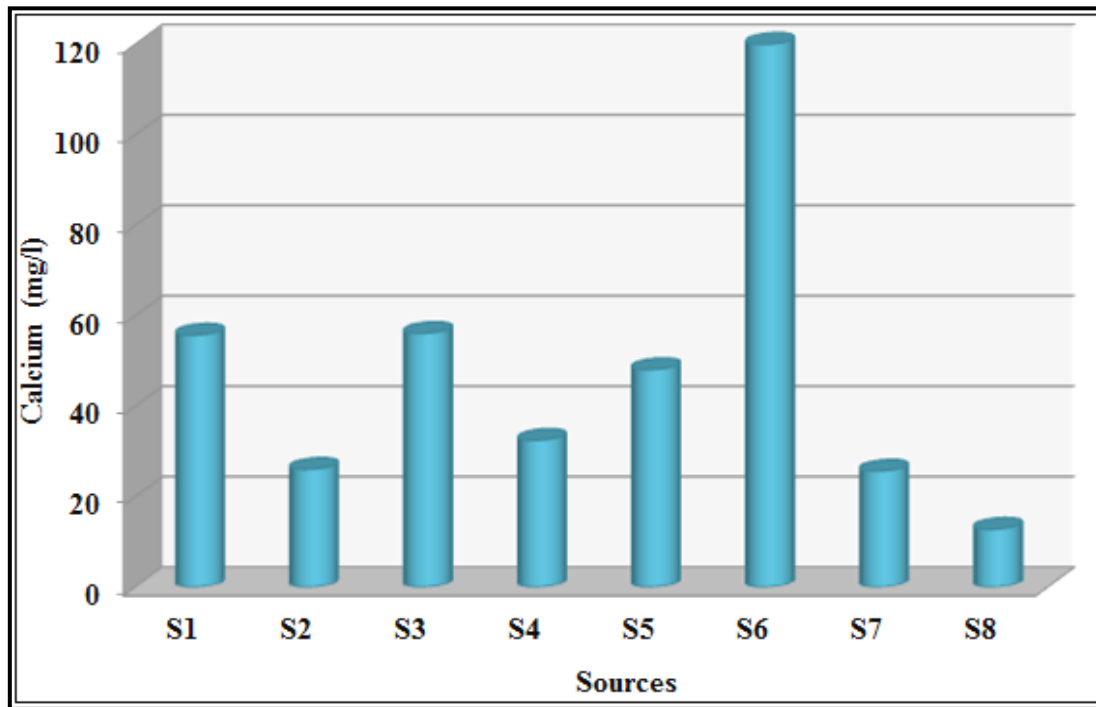


Fig. n°27 : Variation spatiale du calcium.

Sur la base des résultats des analyses effectuées (Fig.n°27), On remarque que les teneurs en calcium sont très variables, elles varient d'une valeur minimale de 12.8 mg/l en S8 à une valeur maximale de 120 mg/l au niveau de la source S6.

D'après les normes Algériennes de potabilité pour le calcium fixée à 200 mg/l, les eaux de toutes les sources étudiées ne dépassent pas cette valeur. Cependant l'excès de calcium en aval en S6, peut être expliqué par la dissolution du gypse au niveau des marnes gypsifère du Miocènes formant le substratum de la nappe alluviale de la plaine de Guelma.

1.2.4. La dureté totale (TH) :

La dureté totale de l'eau, abrégée en TH en français, représente la teneur de la minéralisation de l'eau en ions calcium et magnésium. 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.

Dans les eaux analysées, le taux de la dureté le plus faible est enregistré pour les eaux de la source S5 de 21.1 mg/l en amont et le taux le plus élevé est enregistré pour les eaux de la source S6 de 72 mg/l en aval. L'écart de TH observé entre l'amont et l'aval peut être d'origine naturelle par la dissolution des formations gypseuses au niveau des marnes ou par la fertilisation du sol du périmètre irriguée en utilisant les engrais. Mais selon les normes Algériennes de l'eau potable, le TH est fixé à 50 °F (ADE, 2006), les valeurs obtenues de toutes les eaux des sources restent toujours dans les normes de potabilité. (Fig.n°28).

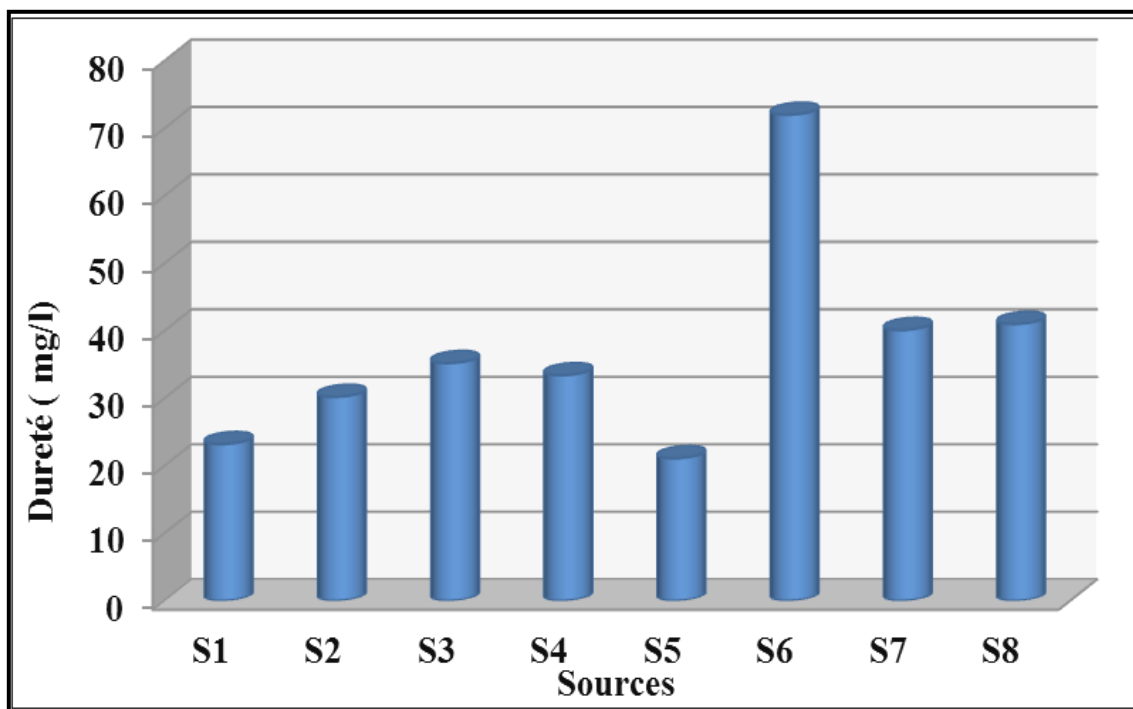


Fig. n°28 : Variation spatiale de la dureté.

1.2.5. Les chlorures (Cl⁻) :

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 naturelle ou anthropique.

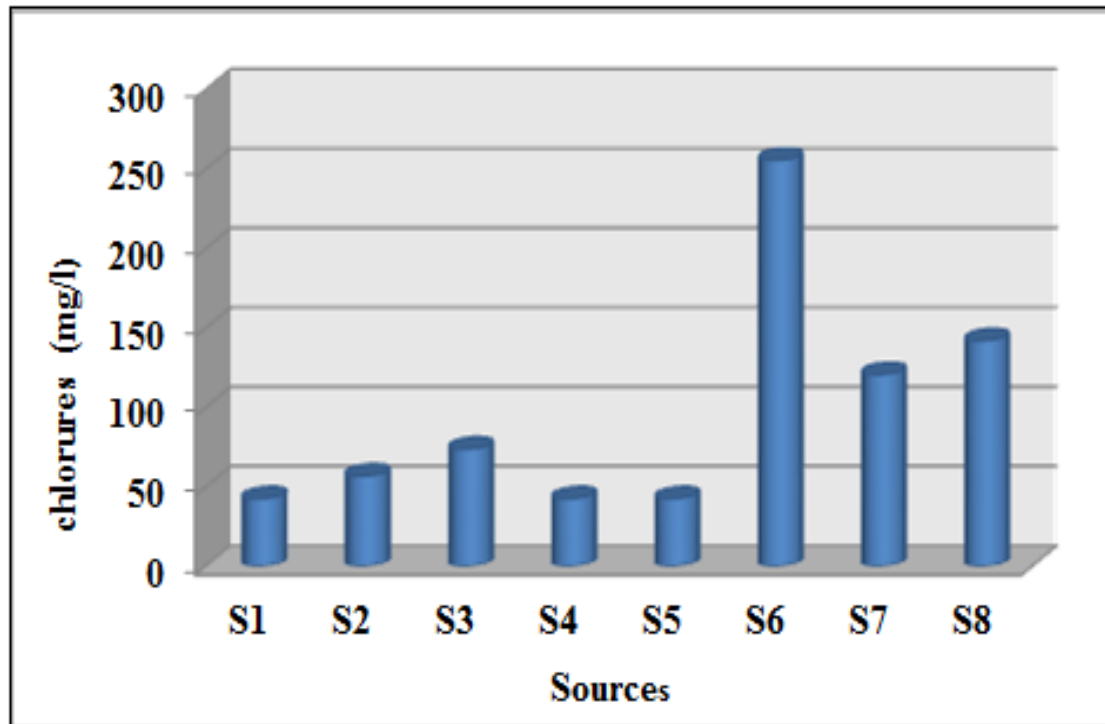


Fig. n°29 : Variation spatiale des chlorures.

Les teneurs enregistrées dans la plupart des eaux de sources analysées, montrent des valeurs inférieures à la norme de potabilité de l'OMS fixée à 250 mg/l, à l'exception de la source S6 située dans le périmètre irrigué où on signale un taux de chlorure de 255.6 mg/l qui dépasse un peu la norme, cela peut être lié à l'utilisation des engrais tels que les chlorures de potassium. (Fig.n°29).

1.2.6. Le bicarbonate (HCO_3^-):

Des teneurs élevées en bicarbonates peuvent être mises en relation avec des phénomènes d'échange ionique qui est en grande partie lié aux zones d'alimentation, là où l'infiltration à travers une couche argileuse peut se produire (les dépôts argileux possèdent la plus grande capacité d'échange ionique). La concentration en HCO_3^- augmente également dans l'eau d'infiltration par dissolution du calcaire. Ce phénomène se produit jusqu'à ce que la limite de solubilité du CaCO_3 soit atteinte.

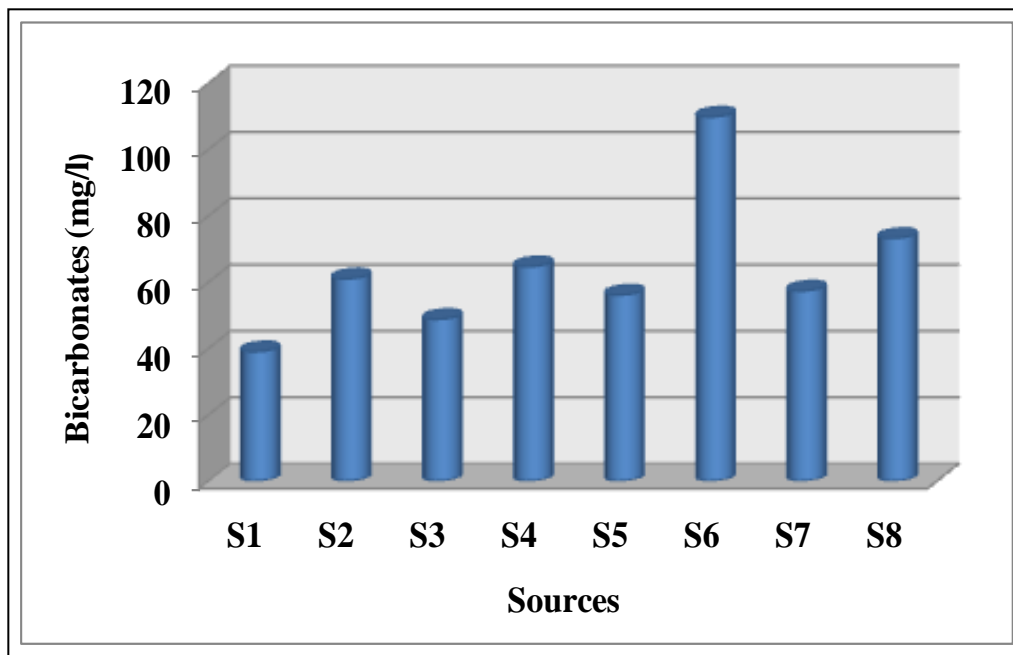


Fig. n°30: Variation spatiale des bicarbonates.

Les valeurs d'analyse obtenues (Fig.n°30) varient d'une valeur minimale de 39.04 mg/l au point S1 et un maximal de 109.8 mg/l au point S6 .La présence de cet élément dans les eaux de sources est liée à la dissolution des formations calcaires existant dans la zone d'étude.

1.2.6. Le sulfates (SO_4^{2-}):

Dans la nature, les sulfates sont présents dans de nombreux minéraux. Les teneurs en sulfates dans les eaux souterraines dépendent de la composition minéralogique du sous-sol. Le sulfate, très soluble, est présent également dans le gypse que l'on retrouve dans les marnes. D'autre part, les sources de contamination anthropique peuvent être liées à des sels fertilisants utilisés en agriculture.

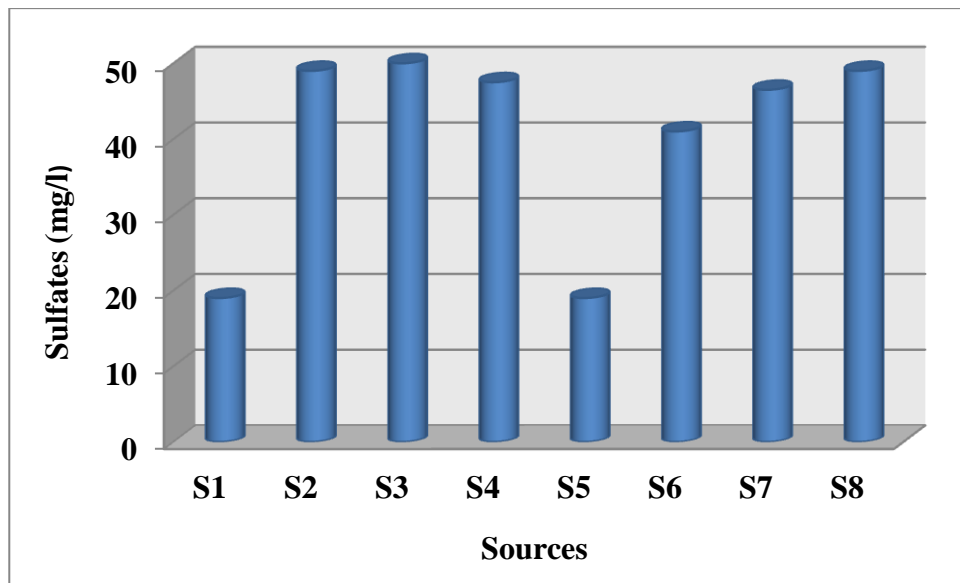


Fig. n°31: Variation spatiale des sulfates.

Les sulfates présents à des faibles concentrations dans les eaux de sources, avec une valeur minimale est de 19 mg/l (S1 et S5), et une maximale est de 50 mg/l (S3). Les valeurs de cet élément sont en dessous des normes (250 mg/l), sont liées soit à la dissolution des formations gypseuses ou aux rejets industriels et agricoles. (Fig.n°31).

Conclusion :

L'étude des eaux de ces sources a pour objet de déterminer le degré de potabilité des eaux sources. Selon les analyses des paramètres physico-chimiques, toutes les sources affichent des concentrations inférieures aux normes recommandées par l'OMS, à l'exception du paramètre magnésium où les valeurs varient entre 162.91 mg/l et 600 mg/l, dépassant ainsi la norme admise de 150 mg/l.

Il apparaît donc que l'eau des sources étudiées sont qualifiées impropre à la consommation vis-à-vis du magnésium.

*Conclusion
générale
et recommandation*

Conclusion générale et recommandations:

L'objectif de cette étude s'est fixé à analyser les paramètres physico-chimiques des eaux des sources utilisées comme source d'eau d'approvisionnement en eau potable pour les populations rurales en vue d'évaluer leurs potabilité d'utilisation pour la consommation

➤ La région 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 méditerranéen, caractérisé par deux saisons distinctes, l'une pluvieuse humide avec des températures basses et l'autre sèche moins pluvieuse avec des températures relativement élevées.

➤ L'ensemble des paramètres physico-chimiques pris en compte sont compatibles avec les normes de l'OMS, sauf pour le magnésium où la teneur est extrêmement élevée pour l'ensemble des sources, dont l'origine est due à la dissolution des formations carbonatées à fortes teneurs en magnésium (dolomite).

➤ L'augmentation progressive des nitrates et ammonium de l'amont vers l'aval du bassin de Guelma, peut être expliquée par l'utilisation intensive des engrais chimiques dans le périmètre irrigué Guelma-Boumahra.

➤ Il est important de signaler que la qualité des eaux des zones humides dépend étroitement de la qualité des eaux souterraines, de surfaces et des sources.

➤ Au terme de ce travail, nous pouvons conclure que l'excès en magnésium dans les eaux des sources étudiées les rend impropre à la consommation et peut avoir des effets nocifs sur l'organisme

➤ Il est absolument nécessaire de suggérer:

- Un contrôle régulier de la qualité des eaux de sources les plus sollicités par la population est indispensable.

- Une utilisation raisonnable des engrais dans le périmètre irrigué Guelma-Boumahra afin de protéger nos ressources en eau.

Résumé :

Ce travail a pour objectif d'étudier la qualité physico-chimique des eaux de quelques sources approvisionnement en eau potable les plus sollicités par la population rurale dans le bassin versant de Guelma afin d'évaluer leur qualité et leur potabilité.

Le prélèvement des échantillons d'eau a été fait au niveau de Huit sources dont cinq situées en amont et trois en aval de la région d'étude.

Des paramètres physico-chimiques (T° , pH, CE, O_2 , TDS) ont été mesurés in situ grâce à un multiparamètre, et NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , TH, Mg^{+2} , Ca^{+2} ; SO_4^{2-} , HCO_3^- , Cl^- au laboratoire de contrôle de qualité et de conformité (Mme CHETTAB .S Guelma).

Les résultats des analyses obtenus des eaux de nos sources affichent des concentrations inférieures aux normes recommandées par l'OMS, à l'exception du paramètre magnésium dont la teneur a considérablement dépassé les normes. Ce qui rend les eaux de ces sources impropre à la consommation vis-à-vis du magnésium.

Mots clés : Qualité physico-chimique, source, potable, bassin versant, impropre, Guelma.

Abstract:

This work has for objective to study the physic-chemical quality of waters of some sources which are more requested by the rural population in the watershed Guelma to assess their quality and their drinkability.

The collection of the water samples was done at the level of eight sources among which five placed upstream and three downstream of the study area.

Physic-chemical parameters (T° , pH, IT, O₂, TDS), were in situ measurements thanks to multi-parameter, and NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , TH, Mg^{+2} , Ca^{+2} ; SO_4^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , in the laboratory of quality of control and conformity.(Ms.CHETTAB.S Guelma).

The results of analyses obtained from our water sources post concentrations lower than the standards recommended by the WHO, with the exception of magnesium parameter whose content significantly exceeded the standards. What makes waters of these sources unfit for the consumption towards the magnesium.

Keywords: Quality physic-chemical, source, drinking water, watershed, Guelma.

ملخص:

هذا العمل يهدف إلى دراسة النوعية الفيزيائية والكيميائية لمياه بعض المنابع التي تزود بالمياه الصالحة للشرب الأكثر استعمالاً من طرف سكان الريف في مصب حوض قالمة لتقييم نوعيته ومدى صلاحيته للشرب.

أخذ عينة الماء تم على مستوى ثمانية منابع بحيث انه قد أخذت خمسة عينات من المرتفعات و ثلاثة عينات من المنخفضات.

العوامل الفيزيائية والكيميائية ((T°, pH, CE, O₂, TDS)) تم قياسها مباشرة في الموقع عن طرق جهاز متعدد العوامل (multi-paramètre,) و (NO₃⁻, NH₄⁺, TH, Mg⁺², Ca⁺² SO₄²⁻, HCO₃⁻, Cl⁻).

تم قياسها في مخبر مراقبة النوعية والامتثال (السيدة شطاب.س. قالمة).

نتائج تحاليل مياه منابعنا المتحصل عليها بينت انخفاض في التركيز بالنسبة للمقاييس الموصى بها من طرف منظمة الصحة العالمية، باستثناء عامل المغنيزيوم حيث محتواه يفوق المقاييس بشكل كبير.

وهذا ما يبين أن مياه المنابع المدروسة غير مؤهلة للاستهلاك نظراً للمغنيزيوم.

كلمات البحث:

النوعية الفيزيائية الكيميائية، منبع، صالح للشرب، مصب الحوض، غير مؤهل.

Références bibliographiques

- **AOUISSi.A, (2010) :** *Microbiologie et physico-chimie de l'eau des puits et des sources de la région de Guelma (Nord-Est de l'Algérie)*. Mémoire de Magister en Hydro-écologie, Université de Guelma.120p.
- **BELGHITI Moulay Lafdil, Abdelkader CHAHLAOUI et Driss BENGOUMI. (2013) :** *Caractéristiques physico-chimique des eaux de certains puits utilisés comme sources d'eau potable en milieu rural dans la région de Mekenes (Maroc)*.13p
- **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
- **BENTOUATLN, BOUZIDIA, (2011):** *Etude de la qualité des eaux souterraines de la Wilaya de Sétif*, Université Annaba, Université Sétif.9p.
- CHIBANLS, (2008) :** *Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux de surface et souterraine de la région de Ain Makhlouf (wilaya de Guelma)*.Mémoire de magister en Hydro-écologie. Université de Guelma.97p.
- **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.
- **DERWICH.E., BENAABIDATE.L., ZIAN.A., SADKIO., BELGHITYD, (2010):** *Caractérisation physico-chimique des eaux de la nappe alluviale du haut Sebou en aval de sa confluence avec Oued Fes.*,Larhyss journal, ISSN 1112-3680,n°08, Juin 2010, pp.101-112.
- **El AFRI.A. (2009) :** *contribution à l'étude de la pollution des eaux du bassin de Seybouse : Cas des rejets industriels de l'unité du marbre et des Carrelages. (Suivi de la qualité physicochimique et bactériologique)*. Mémoire de Magister en Hydro-écologie, Université de Guelma.102p.
- **GHAZALID. , ZAID.A. (2012) :** *Caractérisation physico-chimique des eaux de la source Ain Salama_Jerri (Région de Mekness)*. Science Lib Editions Mersenne : Volume 4, N ° 120106 ISSN 2111-4706.
- **HANNA.I. (2008) :** *Mode d'emploi ; Multi paramètres. 13 paramètres, édition 4*.55p.

- **MOUSSA. S. (2006).** *Impact Du Périmètre D'irrigation Sur La Qualité Des Eaux Souterraines De La Nappe Alluviale De Guelma Et Sur Les Sols.* Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar. Annaba. 120p.

- **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 en Hydrogéologie ; IST, Université de Annaba.123p.

- **VILA J-M. (1980).** *La Chaîne Alpine d'Algérie Orientale Et Des Confins Algéro-Tunisiens.* Thèse de Doctorat. Paris. 665 p.

Web graphie

- (1)- http://fr.wikipedia.org/wiki/Eau_souterraine. **(Page consultée le 9/05/2013).**
- (2)- <http://www.u-picardie.fr/beauchamp/cours.qge/du-8.htm> . **(Page consultée le 9/05/2013).**
- (3)-http://wikhydro.developpement-durable.gouv.fr/index.php/Pollution_eaux_souterraines.
(Page consultée le 9/05/2013).
- (4)-<http://www.omafra.gov.on.ca/french/engineer/facts/07-036.htm>. **(Page consultée le 9/05/2013).**
- (5)- [http://net-education.cr-lorraine.fr /jahia/Jahia/cache/offonce/pid/2723;Jsessionid=77E988489508121C53E6DDE556DC9D78](http://net-education.cr-lorraine.fr/jahia/Jahia/cache/offonce/pid/2723;Jsessionid=77E988489508121C53E6DDE556DC9D78). **(Page consultée le 9/05/2013).**
- (6)-<http://btsesf-belorme.forumactif.com/t11-expose-pollution-de-l-eau>. **(Page consultée le 9/05/2013).**
- (7)-<http://smbrc.com/pdf/ExpoZH.pdf>. Les Zones Humides un patrimoine essentiel .11p **(Page consultée le 17/05/2013).**
- (8)-<http://www.laboandco.com/catalogsearch/result/index/?p=1&q=Hanna>.**(Page consultée le 15/05/2013).**

Résumé :

Ce travail a pour objectif d'étudier la qualité physico-chimique des eaux de quelques sources approvisionnement en eau potable les plus sollicitées par la population rurale dans le bassin versant de Guelma afin d'évaluer leur qualité et leur potabilité.

Le prélèvement des échantillons d'eau a été fait au niveau de Huit sources dont cinq situées en amont et trois en aval de la région d'étude.

Des paramètres physico-chimiques (T° , pH, CE, O_2 , TDS) ont été mesurés in situ grâce à un multi-paramètre, et NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , TH, Mg^{+2} , Ca^{+2} ; SO_4^{2-} , HCO_3^- , Cl^- au laboratoire de contrôle de qualité et de conformité (Mme CHETTAB .S Guelma).

Les résultats des analyses obtenus des eaux de nos sources affichent des concentrations inférieures aux normes recommandées par l'OMS, à l'exception du paramètre magnésium dont la teneur a considérablement dépassé les normes. Ce qui rend les eaux de ces sources impropres à la consommation vis-à-vis du magnésium.

Mots clés : Qualité physico-chimique, source, potable, bassin versant, impropre, Guelma.

Abstract:

This work has for objective to study the physico-chemical quality of waters of some sources which are more requested by the rural population in the watershed Guelma to assess their quality and their drinkability.

The collection of the water samples was done at the level of eight sources among which five placed upstream and three downstream of the study area.

Physico-chemical parameters (T° , pH, IT, O_2 , TDS), were in situ measurements thanks to multi-parameter, and NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , TH, Mg^{+2} , Ca^{+2} ; SO_4^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , in the laboratory of quality of control and conformity.(Ms.CHETTAB.S Guelma).

The results of analyses obtained from our water sources post concentrations lower than the standards recommended by the WHO, with the exception of magnesium parameter whose content significantly exceeded the standards. What makes waters of these sources unfit for the consumption towards the magnesium.

Keywords: Quality physico-chemical, source, drinking water, watershed, unfit, Guelma.

ملخص:

هذا العمل يهدف إلى دراسة النوعية الفيزيائية والكيميائية لمياه بعض المنابع التي تزود بالمياه الصالحة للشرب الأكثر استعمالاً من طرف سكان الريف في مصب حوض قالة لتقييم نوعيته ومدى صلاحيته للشرب.

أخذ عينة الماء تم على مستوى ثمانية منابع بحيث انه قد أخذت خمسة عينات من المرتفعات و ثلاثة عينات من المنخفضات.

العوامل الفيزيائية والكيميائية (T° , pH, CE, O_2 , TDS) تم قياسها مباشرة في الموقع عن طريق جهاز متعدد العوامل (multi-paramètre) و (NO_3^- , NH_4^+ , TH, Mg^{+2} , Ca^{+2} , SO_4^{2-} , HCO_3^- , Cl^-).

تم قياسها في مخبر مراقبة النوعية والامتثال (السيدة شطاب.س. قالة).

نتائج تحاليل مياه منابعا المتحصل عليها بينت انخفاض في التركيز بالنسبة للمقاييس الموصى بها من طرف منظمة الصحة العالمية، باستثناء عامل المغنيزيوم حيث محتواه يفوق المقاييس بشكل كبير.

وهذا ما يبين أن مياه المنابع المدروسة غير مؤهلة للاستهلاك نظراً للمغنيزيوم.

كلمات البحث: لنوعية الفيزيائية الكيميائية، منبع، صالح للشرب، مصب الحوض، غير مؤهل.

Annexe

Annexe :

Tab : Normes des paramètres physico-chimiques des eaux souterraines

Paramètres	Unités	Valeur min	Valeur max	Normes OMS (2006)
pH		7,24	8,38	de 6.5 à 9.5
Oxygène dissous (OD)	mg/l	1.72	10.5	>7
Taux des sels dissous (TDS)	mg/l	181	866	< 1000
Conductivité électrique à 20°(EC)	µS/cm	362	1732	< 2500
Ammonium NH ₄ ⁺	mg/l	0.0146	0.095	0.5
Nitrates (NO ₃ ⁻)	mg/l	0.3	7.75	50
Nitrites (NO ₂ ⁻)	mg/l	00	00	0.1
Magnésium (Mg ₂ ⁺)	mg/l	162.91	600	Max 50
Calcium (Ca ₂ ⁺)	mg/l	12.8	120	<200
Dureté totale(TH)	°F (1°F - 10 mg/l CaCO ₃)	21.15 (mg/l) = 2.115°F	72 (mg/l) = 7.2°F	< 50
Chlorures (Cl ⁻)	mg/l	42.6	255.6	250
Bicarbonate (HCO ₃ ⁻)	mg/l	39.04	109.8	250
Sulfates (SO ₄ ²⁻):	mg/l	19	50	250