

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة 8 ماي 1945 قالمة
Université 8 Mai 1945 Guelma
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la terre et de l'Univers



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine: Science de la Nature et de la Vie

Spécialité/Option: Biodiversité Et Environnement

Département: Ecologie et Génie de l'environnement

Thème

CARACTÉRISATION PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX DU BASSIN
VERSANT MAHOUNA (GUELMA)

Présenté par : - Doubabi Salah eddine

- Rahli Noureddine

Devant la commission composé de :

Président: KACHI .S.....P.R.....univ Guelma

Promoteur: BENCHERIF .HM.C.B.....univ Guelma

Examineur: ATHAMNIA .A.....M.C.Buniv Guelma

Juin 2018

Sommaire :

Introduction

➤ *Chapitre 1 : Généralité Sur l'eau*

Introduction	01
1.1 .Le cycle de l'eau.....	01
-Evapotranspiration.....	01
-précipitations.....	01
-Ruissellement.....	02
-Infiltration.....	02
1.2. Etat et répartition de l'eau dans le monde.....	02
1.2.1.Les ressources hydriques.....	03
-Les sources d'approvisionnement en eau	04
-Les eaux de pluies.....	04
-Les eaux de surface.....	04
-Les eaux souterraines.....	05
1. 3. Situation actuelle des ressources en eau en Algérie.....	05
-L'eau de surface.....	07
-Les eaux souterraines.....	07
1.4. Utilisation des eaux.....	07
1.4.1. Usage agricole.....	08
1.4.2. Usage domestique	09
1.4.3. Usage Industriel.....	09
1.4.4. Usage municipal.....	09
1.5. La composition minérale de l'eau.....	09
1.6. Propriétés physiques de l'eau et leur signification sur le plan écologique.....	10




➤ *Chapitre 2 : Matériel et Méthodes*

2.1. Présentation de la zone d'étude	11
2.1.1.Situation géographique.....	11
2.1.2. Limites administrative.....	11
2.1.3. Relief.....	12
2.1.4. Réseau hydrographique.....	13
2.1.5 . Cadre biotique.....	13

-La faune	14
-La flore.....	14
2.1.6. Etude climatologique.....	14
-Précipitation.....	14
-Température	15
-Synthèse climatique.....	16
2.2. Présentation du site d'étude Présentation du site d'étude.....	18
2.3. Méthodes d'échantillonnage	19
2.3.1. Date et points de prélèvement	19
2.3.2. Méthodes de prélèvement	20
2.3.3. Méthodes d'analyses.....	21
2.3.3.1 Examens préliminaires	21
-Filtration	21
-Détermination des matières en suspension (MSE)	21
-Détermination du résidu sec	21
2.3.3.2. Mesures physico-chimiques	22
-pH (mesure électrométrique).....	22
-La conductivité électrique.....	22
2.3.3.3. Mesures chimiques	23
-Dosages des anions	23
-Dosages des cations	23

➤ **Chapitre 3 : Résultats et discussion**

3. Résultats et Discussion.....	24
3.1. Résultats des analyses physicochimiques de l'eau.....	24
3.1.1. Mesure du pH	24
3.1.2. Mesure de la conductivité électrique.....	24
3.1.3. Mesure des matières en suspension.....	25
3.1.4. Mesure de l'extrait sec plus la matière organique fine.....	26
3.1.5. Mesure des chlorures (Cl ⁻).....	27
3.1.6. Mesure des Sulfates (SO ₄ ²⁻).....	28
3.1.7. Mesure des carbonates (CO ₃ ⁻).....	28
3.1.8. Mesure Bicarbonates (HCO ₃ ⁻).....	29
3.1.9. Mesure du magnésium (Mg ⁺⁺).....	29

3.1.10. Mesure du Calcium (Ca ⁺⁺).....	30
- Discussion.....	31
 Conclusion	
 Résumé	
 Références bibliographiques	

Liste des figures :

<i>Numéro des figures</i>	<i>Liste des figures</i>	<i>Numéro des pages</i>
Figure n° 01	Schéma général du cycle de l'eau.	02
Figure n° 02	Situation géographique de la zone d'étude.	12
Figure n° 03	Géomorphologie de la région de Guelma	13
Figure n° 04	Réseau hydrographique de la wilaya de Guelma	15
Figure n° 05	Diagramme pluviothermique de la ville de Guelma (1990 - 2014).	19
Figure n° 06	Situation de la ville de Guelma dans le climagramme d'Emberger (1990-2014)	20
Figure n° 07	Situation géographique du mont de la Mahouna (Guelma, Nord-Est de l'Algérie).	21
Figure n° 08	Distribution des stations de prélèvement d'eau	22
Figure n° 09	Variation du pH selon les stations étudiées.	25
Figure n° 10	Variation de la conductivité électrique selon les stations étudiées.	26
Figure n° 11	Variation quantitative des matières en suspension selon les stations étudiées.	27
Figure n° 12	Variation quantitative des résidus secs selon les stations étudiées.	28
Figure n° 13	Variation de la concentration en ions chlorures selon les stations étudiées	28
Figure n° 14	Variation de la concentration en ions sulfates selon les stations étudiées.	29
Figure n° 15	Variation de la concentration en ions bicarbonates selon les stations étudiées.	30
Figure n° 16	Variation de la concentration en ions magnésium selon les stations étudiées.	31
Figure n° 17	Variation de la concentration en ions calcium selon les stations étudiées.	31

Liste des tableaux :

Numéro des Tableaux	Liste des Tableaux	Numéro des pages
Tableau n° 01	Volume et pourcentage d'eau terrestre sous forme liquide, solide et gazeuse.	03
Tableau n° 02	Ressources hydriques en Algérie	06
Tableau n° 03	besoins en eau des diverses cultures pendant la période de croissance.	09
Tableau n° 04	composition minérale de l'eau	10
Tableau n° 05	Propriétés physiques de l'eau et leur signification sur le plan écologique	11
Tableau n° 06	Répartition des précipitations moyennes mensuelles (Station météorologique de Guelma, (1990 à 2014).	17
Tableau n° 07	Températures moyennes mensuelles la région de Guelma (1990 - 2014).	17
Tableau n° 08	les coordonnées GPS des stations	21
Tableau n° 09	Résultats des mesures du pH des sites étudiés	25
Tableau n° 10	la Résultats des mesures de conductivité électrique	26
Tableau n° 11	Résultats des mesures des MES g /l).	27
Tableau n° 12	Résultats des mesures de l'extrait secs (g /l).	27
Tableau n° 13	Résultats des mesures de la concentration des chlorures (mg /l).	28
Tableau n° 14	Résultats des mesures des ions sulfates (mg /l).	29
Tableau n° 15	Résultats des mesures des ions carbonates (mg /l).	30
Tableau n° 16	mesures des ions bicarbonates (mg /l).	30
Tableau n° 17	Résultats des mesures des ions magnésium (mg /l).	30
Tableau n° 18	Résultats des mesures des ions calcium (mg /l).	31

Remerciement

Tout d'abord, louange à « Allah » qui nous 'a guidé sur le droit chemin tout au long du travail et nous 'a inspiré les bons pas et les justes réflexes. Sans sa miséricorde, ce travail n'aurait pas abouti ;

Nous tenons à remercier sincèrement le président de jury **Mr – KACHI** pour la confiance et l'attention ainsi que son orientation munie de conseils et suggestion au cours de ce travail malgré ses occupations ;

Nous remercions aussi à **Mr – BENSLAMA. M** pour l'intérêt qu'elle porte à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par ses propositions ;

Nous tenons à grandement remercier l'examineur **Dr – ATHAMNIA** pour la confiance et l'attention ainsi que son orientation munie de conseils et suggestion au cours de ce travail malgré ses occupations ;

Nous tenons à remercier notre encadreur **Mme – BEN CHERIF . H** pour l'orientation, la confiance, la patience qui a constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené au bon port. Qu'elle trouve dans ce travail un hommage vivant à sa haute personnalité ;

Nous adressons également nos remerciements à tous nos enseignants, qui nous ont donné les bases de la science ;

Enfin, nous remercions tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin à réaliser ce mémoire.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à tous qui me sont chère,
A la lumière de ma vie chère papa (**DOUBABI Mouhamed**)
qui a fait de moi ce que je suis aujourd'hui, que dieu le
protège ;
A la mémoire de ma mère (**Fahima REHAIMET**) que dieu
protège son âme ;
A ma chère sœur ; **Lina**
A mon chère frère ; **Hani Rached**
A ma chère amie Proche ; **Kenza**
A mon chère ami ; **Chems eddine (Zinou)**
A mes collègues ; **Noureddine Rahli , Ammar Hanneche ,**
Rida makhloufi , Ammar allem ...
A tous mes enseignants qui ont contribué à ma formation.

Salah

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à tous qui me sont chère,
A la lumière de ma vie chère papa (Laid Rahli) qui a fait de
moi ce que je suis aujourd'hui, que dieu le protège
A la mémoire de ma mère que dieu protège son âme
A mes chères sœurs : Jamaa
A mes neveux : Roumaissa , Saif , Nour
A mes chères amies : Naim , Hichem , najm eddine , Ammar
A mes collègues : Salah DOUBABI , Ammar ALLEM ,
Ammar HANNECHE , Rida MAKHLOUFI
A tous mes enseignants qui ont contribué à ma formation.

Noureddine

INTRODUCTION

Introduction

Le Nord Est Algérien est caractérisée par une grande diversité écosystémique dotée d'une richesse biologique inestimable. Cette hétérogénéité écosystémique se reflète dans la grande diversité géomorphologique (vallées, plaines, marécages, lacs, dunes, collines etc.), édaphique (sols argileux, sableux, halomorphes et calcaire) et climatique (l'imbrication de divers étages bioclimatiques de la végétation, de l'humide, le subhumide et le semi aride **(Benslama, 2001)**).

Le Nord Est Algérien renferme l'une des plus belles forêts d'Afrique du nord grâce à sa position géographique et par sa diversité tant biotique qu'abiotique.

Cette zone est située au Nord Est Algérien où règne un Climat de régime méditerranéen caractérisé par un gradient de température qui augmente du Nord au sud, précipitations moyennes annuelles qui évolue dans le sens opposé de la température

L'effet des facteurs climatiques sur une roche mère sédimentaire a favorisé la formation des différents types du sol.

Sous nos climats, l'apport d'eau au sol se fait sous forme de pluie, neige, rosée et brouillard. Toute l'eau des précipitations n'atteint pas le sol: une part est évaporée directement pendant et après la pluie; les gouttes peuvent être interceptées en partie par le feuillage. L'eau qui atteint le sol ruisselle, s'infiltré et ré humecte le sol.

Dans le but de connaître les caractéristiques des eaux du bassin versant de Mahouna (Guelma) , nous avons tenté de caractériser des prélèvement d'eau provenant de plusieurs milieux :

- Le milieu forestier et le milieu agricole en passant par une situation intermédiaire

La démarche que nous avons adoptée consiste en une caractérisation physico-chimique des eaux.

Les résultats sont présentés dans un document articulé en trois chapitres, dont le premier chapitre donne des informations sur l'eau , le deuxième concerne la zone d'étude, le troisième traite les résultats et enfin nous terminons par une conclusion.

Introduction

L'eau est un élément essentiel, indispensable à la vie des êtres vivants et surtout à celle de l'Homme. Elle est certainement la substance qui nous est la plus familière. La terre est une "planète bleue" qui, vue de l'espace, apparaît couverte par les océans et par les neiges. Même la biosphère, dont nous faisons partie, est composée principalement de l'eau, puisqu'elle représente 70% de la masse totale des organismes vivants **(Teixeira, 2006)**.

L'eau n'est pas seulement une source d'oxygène et d'hydrogène mais elle est le constituant le plus abondant des êtres : l'homme en contient 60% de son poids, un végétal jusqu'à 95%, les graminées des prairies en contiennent 79% **(Duvignaud, 1980)**.

Source et milieu de vie, solvant de lavage et de transport de minéraux, régulateur thermique, l'eau possède des propriétés remarquables et essentielles à tous les êtres vivants et au maintien des propriétés environnementales de la planète. **(Ngo et Regent, 2004)**.

1.1 .Le cycle de l'eau

La quantité totale d'eau existante dans le monde est de l'ordre de grandeur de 1350 millions de Km³, dont plus de 97% constituent la masse des océans. Toute eau vient des océans et y retrouve tôt ou tard, par un cycle hydrologique continu **(Duvignaud, 1980)**.

Le cycle de l'eau est la suite des procès autorisant le passage de l'eau d'un état à l'autre et d'un endroit à l'autre **(Touchart, 2003)**. Ce cycle naturel en perpétuel mouvement, impliquant toutes les composantes de la synthèse climatique globale, l'atmosphère, les océans, les terres immergées et la biosphère continentale **(Drissi, 2008)**.

L'eau sous ses différents états physiques (gazeux, liquide, solide) suit un vaste cycle dans la nature **(Figure1)**.

✓ **Evapotranspiration**

C'est la somme des pertes par transformation de l'eau en vapeur **(Boeglin, 2006)**. Sous l'action du soleil, l'eau de mers, des lacs et des rivières s'évaporent. Les végétaux transpirent et rejettent eux aussi de la vapeur d'eau **(Drissi, 2008)**.

✓ **Précipitations**

La vapeur d'eau atmosphérique se condense en nuages qui engendrent des précipitations sous forme de pluies, de neige ou de grêles. Les précipitations qui constituent l'origine de presque toutes nos réserves en eau douce, sont variables d'une région à l'autre suivant le climat et le relief qui sont des facteurs essentiels **(Boeglin, 2006)**.

✓ **Ruissellement**

Parvenue sur le sol, une partie des précipitations s'écoule à la surface vers le réseau hydrographique et les étendues d'eau libre (lacs, mers), c'est le ruissellement de surface (**Boeglin, 2006**).

✓ **Infiltration**

Une partie des précipitations pénètre dans le sol et le sous-sol (**Boeglin, 2006**). L'infiltration joue un rôle essentiel dans les écosystèmes terrestres puisqu'elle permet la réhydratation des sols. Elle assure aussi l'alimentation des nappes phréatiques et des rivières souterraines (**Geny et al, 1992**).

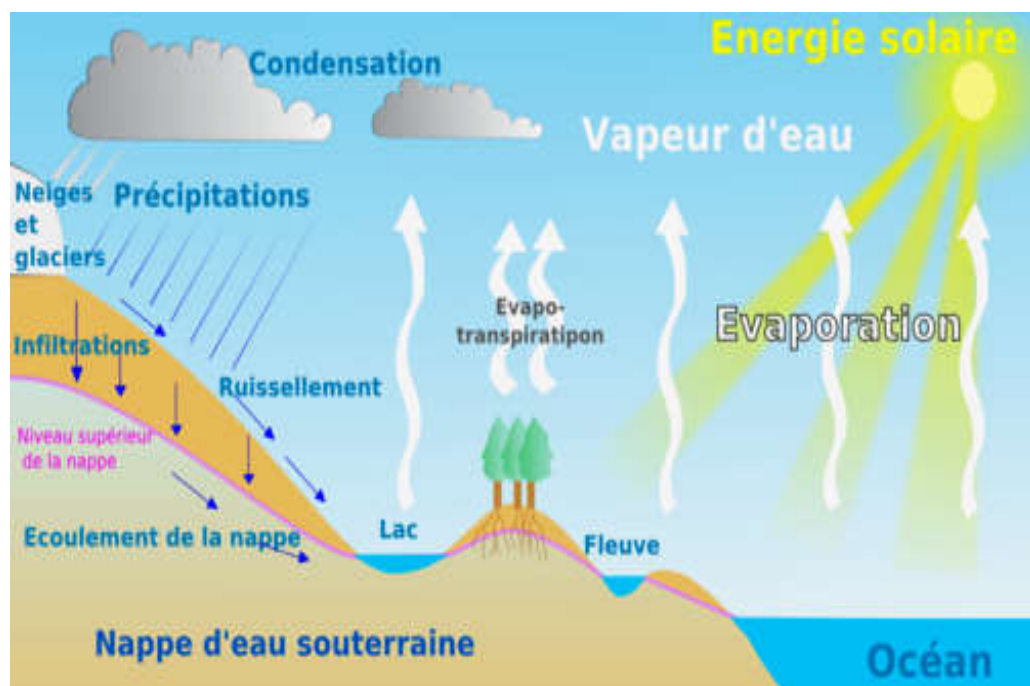


Figure 1 : Schéma général du cycle de l'eau.

1.2. Etat et répartition de l'eau dans le monde

L'eau constitue une ressource très mal répartie à l'échelle de la planète, ces inégalités dépendent évidemment du climat, notamment des précipitations et des écoulements qu'elles engendrent, (**Tableau 1**) on peut ajouter également un déséquilibre lié au développement des populations humaines et de leurs activités (**Rouyrre, 2003**). Ainsi 9 pays partagent 60% des ressources renouvelables d'eau douce dans monde : le Brésil, la Russie, les Etats Unies, le Canada, la Chine, l'Indonésie, l'Inde, la Colombie et le Pérou, tandis que certains ne disposent que de ressources extrêmement faibles (**UNESCO 1996 in Tamrabet I. 2011**).

Tableau 1 : Volume et pourcentage d'eau terrestre sous forme liquide, solide et gazeuse.

	Volume (Km3)	(%)
Océans	1 348 000 000	97,39
Icebergs, glaciers	27 820 000	2,01
Nappe, humidité du sol	8 062 000	0,58
Lacs, rivières	225 000	0,02
atmosphère	13 000	0,001
Total	1 384 120 000	100,00
Eau douce	36 020 000	2,60

L'eau recouvre près de 70 % de la surface de la terre (dont 97 % est salée), essentiellement sous forme d'océans, mais aussi trouvée dans toutes sortes d'étendues d'eau, telles que les mers, les lacs, et les cours d'eau comme les fleuves, les rivières, les torrents, les canaux ou les étangs. La majorité de l'eau sur terre est de l'eau de mer.

L'eau est également présente dans l'atmosphère en phase liquide et vapeur. Elle existe aussi sous forme d'eaux souterraines et aquifères (**Anonyme 2**).

L'eau est indispensable pour la survie et pour le développement de la société moderne. Son importance dans l'économie humaine ne cesse de croître et l'approvisionnement en eau douce devient ainsi de plus en plus difficile, tant en raison de l'accroissement de la population et de son niveau de vie, que du développement accéléré des techniques industrielles modernes, sous la pression des besoins considérables de la civilisation moderne (**Rodier, 1984**).

Les eaux douces et océaniques sont devenues un réceptacle de pollutions multiples – chimiques, organiques, radioactive, microbiologique – et d'origines variées: urbaines, industrielles, agricole (**Koller, 2004**).

Nous ne trouvons pas l'eau qui répond aux paramètres qualitatifs exigés pour l'eau potable, (**Kettab, 1981**). On est passé de l'emploi des eaux de sources et de nappes, à une utilisation de plus en plus poussée des eaux de surface. Parallèlement des recherches des eaux souterraines se sont développées, les méthodes de recyclage, et maintenant on se préoccupe de plus en plus de dessalement de l'eau de mer. Simultanément, les causes de pollution se sont étendues ; celle-ci est devenue plus massive, plus variée, plus insidieuse, ce qui a fait écrire que « le temps des rivières est finis, celui des égouts commence » (**Rodier, 1975**).

1.2.1. Les ressources hydriques

L'hydrosphère est l'enveloppe aqueuse de la terre, autrement dit la partie de l'enveloppe qui est avant tout constituée d'eau : les océans, les lacs, les cours d'eau, les nappes phréatiques, la

glace polaire et les glaciers. Les 3 % de l'hydrosphère se trouvent sur les continents sous forme de glace, de neiges, des lacs, de fleuves ou de nappes phréatiques et plus de 95 % de l'eau se trouve dans les océans (**Bliefert et Parraud, 2001**).

❖ Les sources d'approvisionnement en eau

L'eau est également un problème crucial ce qui explique qu'historiquement beaucoup de villes ont été construites au bord d'une rivière. Il faut environ 1 litre d'eau par personne et par jour pour survivre mais, dans les pays développés, on utilise des volumes bien plus considérables pour aller jusqu'à plusieurs mètres cubes par habitant et par jour si on additionne tous les usages individuels, industriels et agricoles de l'eau (**Ngo et regent, 2004**).

❖ Les eaux de pluies

Les eaux de pluies peuvent être collectées à partir des toitures des maisons dans des récipients ou dans des impluviums. A l'origine ces eaux sont pures sur le plan microbiologique, mais sur le plan chimique, il leur manque souvent certains éléments indispensables à la santé comme le sodium, le magnésium, le manganèse, le fer et l'iode (**Coulibaly, 2005**).

❖ Les eaux de surface

Les eaux de surface se répartissent en eaux circulantes ou stockées à la surface des continents (**Boeglin, 2006**). Elles se forment à partir, soit de l'émergence de nappes profondes en source, soit du rassemblement des eaux de ruissellement (**Cardot, 1999**).

- Ces eaux se rassemblent en cours d'eau caractérisés par une surface de contact eau - atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation appréciable (**Boeglin, 2006**).
- Elles peuvent se trouver stockées en réserves naturelles (étangs, lacs) ou artificielles (retenues, barrages) caractérisées par une surface d'échange eau atmosphère quasiment immobiles, une profondeur qui peut être importante et un temps de séjour souvent élevé (**Boeglin, 2006**).

La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par l'eau durant son parcours dans l'ensemble des bassins versants (**Monod, 1989; Boeglin, 2006; Habila, 2008**). Elles sont généralement riches en gaz dissous (**Cardot, 1999**).

Ce qui caractérise les eaux superficielles sont :

⊗ Les variations saisonnières et à un degré moindre, journalières des paramètres physiques : température, turbidité et coloration. Les concentrations en matières solides finement dispersées ou à l'état colloïdal peuvent être importantes.

✎ Le développement plus ou moins important du phytoplancton (algues), de zooplancton et dans certaines conditions d'une vie aquatique intense.

✎ La présence fréquente de matières organiques d'origine naturelle provenant de la décomposition des organismes végétaux ou animaux après leur mort.

✎ La fragilité de la ressource, très vulnérable à la pollution urbaine, industrielle et agricole, on y rencontre par suit très souvent une micropollution minérale ou organique pouvant avoir un caractère toxique ainsi que des substances azotées et phosphatées à l'origine des phénomènes d'eutrophisation (**Boeglin, 2006**).

Elles sont généralement des eaux de moins bonne qualité microbiologique et chimique, elles sont contaminées et doivent être correctement traitées avant tout usage domestique (**Drissi, 2008**).

❖ Les eaux souterraines

Ce sont les eaux qui ne sont ni ré évaporées, ni retournées à la mer par ruissellement s'infiltrant dans le sol et dans le sous-sol et s'y accumulées (**Boeglin, 2006**). Les eaux souterraines représentent 60% des eaux continentales, leur écoulement est estimé à 12000 milliards de m³/an, soit 30% du débit des fleuves. Leur renouvellement total est de 5000 ans en moyenne et de 300 ans pour les nappes superficielles les plus vives (**Roux, 1990**).

Elles représentent une part importante du cycle de l'eau et participent de ce fait aux équilibres naturels. Elles constituent également une formidable ressource renouvelable, exploitée pour l'approvisionnement en eau potable, l'usage industriel ou agricole (**Bensaoula et al, 2007**).

1.3. Situation actuelle des ressources en eau en Algérie

En Algérie, les ressources en eau douce sont rares et vulnérables et la disponibilité en eau potable par habitant est en décroissance inquiétante (**Tamrabet et al., 2002**). Les ressources en eau existantes sont menacées par une pollution du fait de concentration des rejets d'eaux urbaines et industrielles dans les milieux récepteurs. Elles sont limitées et inégalement réparties, une pluviométrie totalise un volume annuel de 12,4 milliards de m³, essentiellement réservée à l'Algérie du Nord, les eaux de surface sont en outre inégalement réparties au niveau du Nord de l'Algérie, car elles diminuent de l'Ouest en Est et ne sont par ailleurs que très partiellement mobilisables (**Mat,2000**).

Pour une population de 35 millions d'habitants, les ressources renouvelables en eau sont de 550 m³/an/habitant (**Medkour, 2002**), cette moyenne est très faible comparée à la moyenne des pays du Moyen Orient et de l'Afrique du Nord qui est de 1 250 m³ ou à la moyenne mondiale

qui est de 7 500 m³ (**Faruqui, 2003**). Le seuil de la rareté de l'eau est de 1000 m³/an/habitant, de ce fait, l'Algérie est un pays où l'eau est rare .

Dans ces conditions déficitaires en ressources en eau, le secteur de l'agriculture est le plus gros demandeur en eau .

Il est noté qu'en 2006, 900 000 ha soit 10.5% de la SAU sont irrigués, (**Tableau 2**) et 78% de cette superficie l'est avec des eaux souterraines et 13% avec des eaux superficielles (**Baghdali,2007**).

Tableau 2 : Ressources hydriques en Algérie.

	Eaux mobilisables (%)	Eaux mobilisées (%)
Eau de surface	5,7	1,8
Eau souterraine	6,5	2,1
Total	12,2	3,9

(**Baghdali,2007**).

A la suite des sécheresses graves et prolongées, les ressources en eau ont fortement diminuées ces vingt dernières années. Il y a des pénuries d'eau chronique et saisonnières aiguës dans la plupart

des pays d'Afrique. La demande en eau augmente rapidement du fait de l'accroissement de la population, de l'urbanisation, de l'industrialisation et des besoins pour l'irrigation (**Bahmed et al, 2004**).

En Algérie, l'eau revêt un caractère stratégique du fait de sa rareté et d'un cycle naturellement perturbé et déséquilibré.

Qu'il s'agisse de l'eau souterraine ou de l'eau de surface, les ressources sont limitées et, compte tenu des problèmes démographiques et de l'occupation de l'espace (**Boudjadja et al, 2003**).

Les ressources en eau disponibles en Algérie sont évaluées à 19300 millions de m³ par an, dont 12400 millions de m³ constituent l'eau de surface et 6900 millions de m³ l'eau souterraine. Selon les normes mondiales (le seuil de rareté de l'eau se situant à 1000 m³/an/habitant), l'Algérie est un pays qui souffre de la rareté de l'eau. L'irrigation agricole est le principal secteur consommateur d'eau, suivi par les secteurs municipaux puis industriels (**Boudjadja et al, 2003**).

En termes de ressources mobilisables, l'Algérie dispose d'un plafond annuel de 11,5 milliards de m³ qui se répartissent comme suit :

- Mobilisation des eaux de surface (barrages) : 4,7 milliards de m³.

- Exploitation des nappes souterraines : 1,8 milliards de m³ (pour le nord de l'Algérie) et 5 milliards de m³ (pour le sud de l'Algérie), soit un total de 11,5 milliards de M³ (**Bahmed et al, 2004**).

❖ L'eau de surface

Les eaux de surface sont assez variables du fait des périodes de sécheresse tant chroniques qu'occasionnelles et ont des incidences différentielles sur les différents bassins d'eau.

La moyenne de l'eau de surface est évaluée à 12400 millions de m³ pour la période allant de 1910 à 1993. Les ressources en eau de surface sont mal réparties dans l'espace. On estime qu'environ 95% des ressources en eau de surface se trouvent au Nord tandis que seulement 5% des ressources sont au Sud (**Boudjadja et al, 2003**).

En plus de la faible quantité d'eau reçue par nos barrages à cause de la sécheresse qui a touché le pays depuis une vingtaine d'année, cette quantité se trouve menacée par trois problèmes hydrauliques majeurs qui sont l'évaporation intense, l'envasement accéléré et les fuites d'eau surtout à travers les appuis (**Toumi et Remini, 2002**).

❖ Les eaux souterraines

Les eaux souterraines représentent généralement une excellente source d'approvisionnement en eau potable (**Rouleau et Rasmussen, 2006**). L'altération de l'environnement naturel, notamment le milieu aquifère est devenu progressivement une préoccupation mondiale. En Algérie la principale source de satisfaction de la demande en eau est l'eau souterraine, du fait de son exploitation relativement facile (**Abdelbaki et Boukli, 2007**).

Les 6900 millions de m³ des ressources estimées en eau souterraine (dont 4900 millions de m³ exploitable à partir de nappes faiblement renouvelables) sont divisées entre le Nord et le Sud. Contrairement à l'eau de surface, la plus grande partie des eaux souterraines est concentrée au Sud. On rapporte que 73% environ (5000 millions de m³) du total des ressources disponibles en eau souterraine se trouve au Sud, alors que 27% (1900 millions de m³) seulement se trouvent au Nord du pays (**Abdelbaki et Boukli, 2007**).

1.4. Utilisation des eaux

On peut diviser l'utilisation de l'eau en 2 catégories: utilisation non consommatrice de l'eau, qui laisse l'eau sur place comme par exemple : la pêche, les habitats fauniques, la production d'énergie hydro-électrique et les loisirs (baignade)... Mais dans d'autres, elle est consommée et ne peut donc être retournée (prélèvements qui retirent l'eau de son milieu naturel), comme l'alimentation en eau potable et c'est le cas notamment de l'irrigation, des

utilisations ménagères et municipales, la production d'énergie et des activités de transformation (**Anonyme 1**).

1.4.1. Usage agricole

Les agriculteurs se fient le plus souvent aux sources naturelles locales, plus qu'aux systèmes publics de distribution, (**Masschelein, 1996**). La majeure partie des prélèvements mondiaux est destinée à l'irrigation celle-ci est une pratique très ancienne connue depuis l'Antiquité. Aujourd'hui dans le monde environ 15% des terres arables sont irriguées et cette proportion est beaucoup plus élevée dans certains pays comme le Pakistan (plus de $\frac{3}{4}$) et l'Égypte (**Rouyrre, 2003**). L'irrigation aura pour effet de relever le niveau de production des terres et d'atténuer ou d'éliminer les aléas inhérents aux variations du climat et dans une certaine mesure aux autres particularités naturelles. L'inconvénient de l'eau d'irrigation est son incapacité à servir à d'autres usages (**Faby, 1997 ; Rouyrre, 2003**). Les plantes se servent de l'eau pour développer leurs tissus à l'aide du processus de la photosynthèse et pour régulariser leur température, elles agissent à la manière des pompes tirant l'eau du sol et l'acheminant vers les feuilles, (**Tableau 3**) d'où elle s'évapore dans l'atmosphère, ainsi les variations de la quantité de l'eau du sol qu'utilisent les plantes se déterminent selon le type de la plante, la quantité de l'eau dans le sol pouvant être absorbée, ainsi que la quantité de l'eau que l'atmosphère peut tirer des plantes et du sol (**Anonyme 1**).

Tableau 3 : besoins en eau des diverses cultures pendant la période de croissance.

Culture	Utilisation moyenne d'eau (mm ³)	Période de croissance (jour)
Luzernes	635	155
Graminées	610	150
Betteraves sucrières	559	155
Pomme de terre	508	140
Avoine	406	95
Orge	406	90
Pin	381	100
Maïs cultivé	381	120
Tomate	356	105
Pois de conserverie	330	80
Blé de printemps	457	100

(**Anonyme 1**)

1.4.2. Usage domestique

L'utilisation domestique de l'eau recouvre principalement la consommation d'eau potable, les bains, la cuisine, les usages sanitaires et le jardinage, cette consommation représente 8 à 10 % de la consommation totale sur la planète (Ngo, 2008 ; Guerree Et Gomella, 1978).

1.4.3. Usage Industriel

Généralement les industries transformatrices sont les plus consommatrices en eau (Guerree Et Gomella, 1978). La plus grande part de l'eau qui est utilisée par l'industrie est épuisée dans les réserves naturelles (rivières) et 80 à 90% de celle-ci sert comme eau de refroidissement qui est, elle-même, restituée à 90% au milieu. Les besoins spécifiques de l'industrie sont énumérés dans la littérature ; 6 à 10 m³ par tonne d'acier, 0,3 m³ par tonne de pétrole raffiné, 40 à 80 m³ par tonne de papier... Et dans l'industrie chimique ; 450 m³ par tonne d'acide acétique et 900 m³ par tonne de sulfate d'ammonium. L'importance relative des besoins industrielles par rapport à la consommation domestique est largement dépendante des conditions régionales. Aux abords des agglomérations développées, la consommation industrielle se situe entre 10 à 50% du total, les zones portuaires emploient souvent plus d'eau brute industrielle (Masschelein, 1996).

1.4.4. Usage municipal

En distribution urbaine, l'utilisation de l'eau est quantifiée entre 5 et 55% du total de la consommation, aux fins du nettoyage des rues, des fontaines publiques, de l'arrosage des parcs de l'extinction des incendies et en certains lieux publics ou qui appartiennent à l'état, de l'usage non facturé de l'eau (Masschelein, 1996)... ces usages sous entendent la construction d'un réseau de distribution qui double au moins en partie le réseau d'eau potable (Anonyme 1).

1.5. La composition minérale de l'eau.

Les principaux ions présents peuvent être classés selon leur fréquence décroissante , (Tableau 4) cependant PO₄⁻, NH₄⁺ et NO₃⁻, ne sont pas souvent présents et peuvent alors être l'indice d'une pollution (Berne, 1991).

Tableau 4 : composition minérale de l'eau.

Cations		Anions	
	Masse atomique		Masse atomique
Calcium Ca ²⁺	40	Hydrogénocarbonate Hco ³⁻	61
Magnesium Mg ²⁺	24	Chlorure Cl ⁻	35,5
Sodium Na ⁺	23	Sulfate So ₄ ⁻	96
Ammonium NH ₄ ⁺	18	Nitrate No ₃ ⁻	62
Potassium K ⁺	39	Fluorure F ⁻	19
Fer ferreux Fe ²⁺	56	Phosphate Po ₄ ⁻	95

(Berne, 1991)

1.6. Propriétés physiques de l'eau et leur signification sur le plan écologique.

L'eau présente différentes propriétés physiques, qui jouent un rôle important sur le plan écologique. (Tableau 5)

Tableau 5: Propriétés physiques de l'eau et leur signification sur le plan écologique.

Propriétés écologiques	Comparaison avec les autres liquides	Signification physique pour la biosphère
Capacité calorifique	La plus élevée de tous les liquides	Volant thermique face aux températures extrêmes
Point de fusion et d'ébullition	Elevé	Possibilité d'être à l'état liquide à la surface de la terre
Tension superficielle	Elevé	Favorise la formation d'aérosols dans les nuages, de condensation et de précipitation
Densité	Max. à 4°C	Stratification dans les océans
Absorption lumineuse	Forte en particulier dans l'UV et l'IR	Effet de serre et important sur le plan biologique
Propriétés de solvant	Structure dipolaire favorisant la dissolution des sels et des molécules polaires	Transport aisé de substances dissoutes dans la biomasse et les cycles biochimiques

(Berne, 1991)

Chapitre 2:

Matériels et méthodes

2.1. Présentation de la zone d'étude

2.1.1. Situation géographique

La région de Guelma est située au Nord - Est de L'Algérie à 60 Kilomètres au sud de la Méditerranée et à 279 mètres par rapport au niveau de la mer (**Figure 2**).

Elle regroupe une population estimée à 506 007 habitants dont 25 % sont concentrés au niveau du chef-Lieu de wilaya avec une densité de 135 habitants par km² (**URBACO, 2012**) et s'étend sur une superficie de 3 686,84 km².

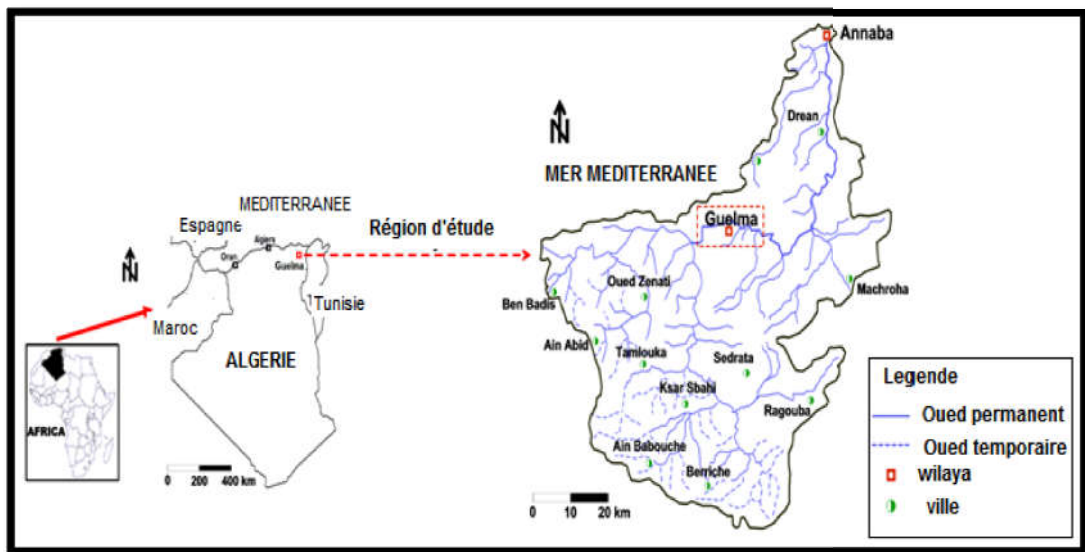


Figure 2 : Situation géographique de la zone d'étude. (URBACO, 2012)

2.1.2. Limites administratives

La wilaya de Guelma constitue un axe stratégique de part sa situation géographique.

Elle est limitrophe des wilayas suivantes :

- La wilaya d'Annaba, au Nord : Avec son port et son aéroport, ainsi qu'une zone industrielle assez importante, distante de quelques 60km.
- La wilaya de Skikda, au Nord - Ouest : Avec son port et son complexe pétrochimique, est à moins de 80km.
- La wilaya de Constantine, à l'Ouest : Son aéroport, ses potentialités de capitale de l'Est du pays sont à 100km.
- La wilaya d'Oum-El-Bouaghi, au Sud: Porte des hauts plateaux, est à 100km.
- La wilaya de Souk-Ahras, à l'Est : Région frontalière à la Tunisie, est à 78km.
- La wilaya d'El-Tarf, au Nord - Est: wilaya agricole et touristique, port de

pêche, frontalière à la Tunisie, est à 115km. (URBACO, 2012)

2.1.3. Relief

La géographie de la wilaya se caractérise par un relief diversifié (**Figure 3**) dont on retient essentiellement une importante couverture forestière et le passage de la Seybouse qui constitue le principal cours d'eau. Les mouvements tectoniques du Plio-Quaternaire ont joué un rôle important dans la morphogenèse de la région. (Benmarce,2007).

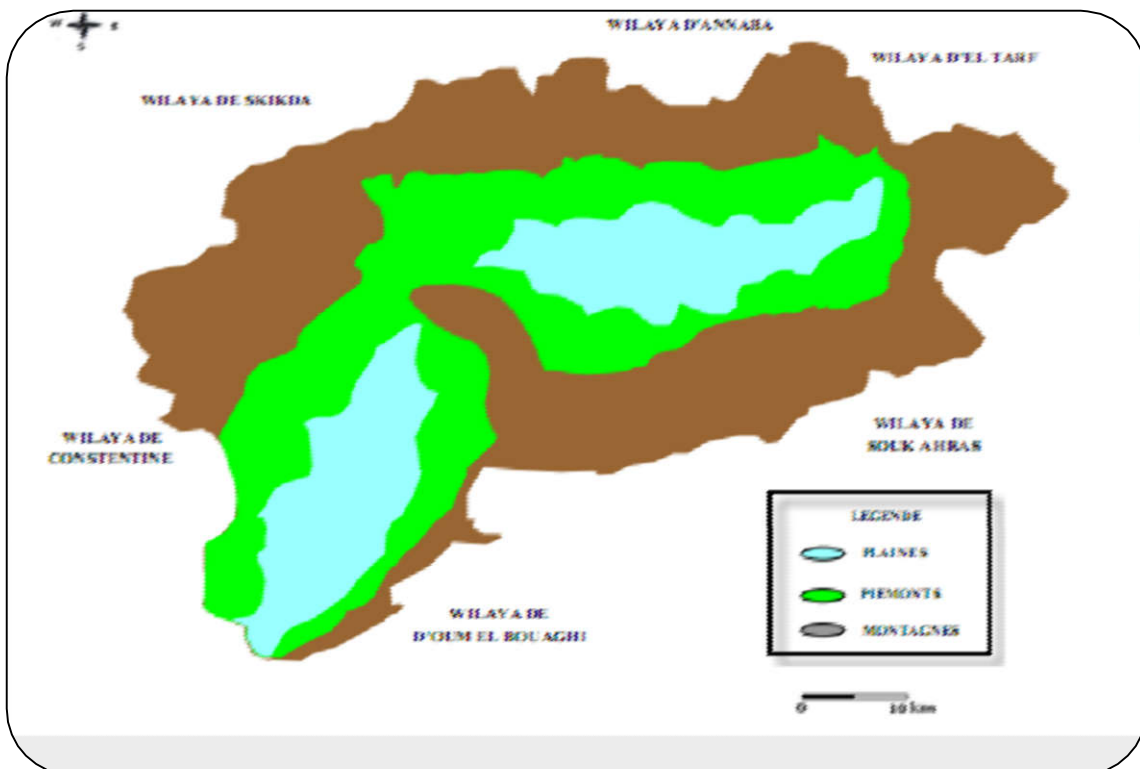


Figure 3 : Géomorphologie de la région de Guelma.(Benmarce,2007).

Ce relief est composé de :

- ❖ Montagnes : 37,82 % dont les principales sont:
 - Mahouna (Ben Djerrah) : 1 411 m d'altitude;
 - Houara (Ain Ben Beidha) : 1 292 m d'altitude;
 - Taya (Bouhamdane) : 1 208 m d'altitude;
 - D'bagh (Hammam Debagh) : 1 060 m d'altitude.
- ❖ Plaines et Plateaux : 27,22%

- ❖ Collines et Piémonts : 26,29%
- ❖ Autres : 8,67%

2.1.4. Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique est très dense (**Figure 4**). Il est composé de trois Oueds majeurs qui sont :

- L'Oued Bouhamdane, qui draine la partie Ouest du territoire, dont l'écoulement général est d'Ouest en Est.
- L'Oued Cherf, qui draine la partie Sud du territoire, dont l'écoulement général est du Sud vers le Nord.
- L'Oued Seybouse, qui draine la partie Nord et Est du territoire, autrement dit presque la totalité de la wilaya de Guelma, avec une superficie de 6 471 km², pour rencontrer la mer Méditerranée à l'Est de la ville d'Annaba. (**Benmarce,2007**).

Ces oueds, qui drainent les eaux pluviales vers la mer, sont alimentés par un important chevelu hydrographique composé de petits oueds et de quelques affluents importants. Notamment, en ce qui concerne l'Oued Seybouse (57,15 km), ses principaux affluents sont d'amont en aval : l'Oued Bouhamdane (45,37 km), l'Oued Cherf (36,46 km), l'Oued Boussora, l'Oued Mellah, l'Oued Halia et l'Oued Cheham.(**figure 4**)

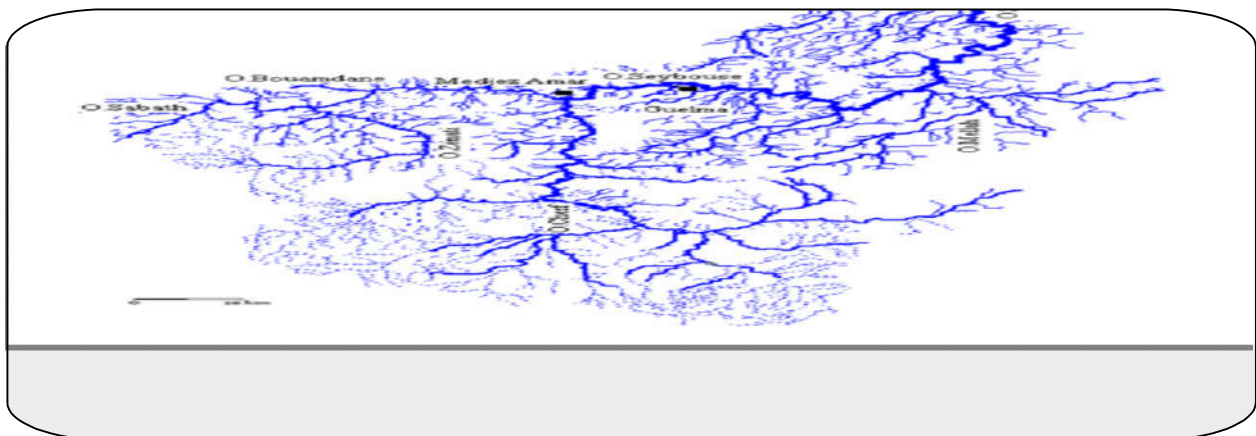


Figure 04 : Réseau hydrographique de la wilaya de Guelma.(Benmarce, 2007).

2.1.5. Cadre biotique

La région de Guelma recèle des écosystèmes différents (Forêt, Oueds, couvert végétal,...), on y trouve une biodiversité significative. (**URBACO, 2012**).

2.1.5.1. La faune

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

- **Les mammifères** : le Sanglier, le Chacal, le Renard, le Lièvre, le Lapin, le Gerboise, le Cerf de Barbarie qui est une espèce protégée dans la réserve nationale de Béni Salah.
- **Les oiseaux** : Les rapaces
- **Les reptiles** : la Tortue, le Lézards et la Couleuvre (**URBACO, 2012**).

2.1.5.2. La flore

La écouverte forestière de la wilaya de Guelma est constituée principalement par le chêne liège *Quercus suber* et le chêne vert *Quercus ilex* avec une superficie de 17 680,5 ha soit 54%, suivie par le pin d'Alep *Pinus halepensis* avec une surface de 5 715,5 ha soit 18%, l'Eucalyptus avec une superficie de 3530 ha soit 11%. Les superficies des autres essences, sont assez significatives (chêne zen 2201 ha, pin maritime *Pinus pinaster* pin pignon *Pin parasol* 1638 ha, cyprès 1019 ha, et liège privé 804,55 ha) (**URBACO, 2012**).

2.1.6. Etude climatologique

Les facteurs climatiques jouent un rôle déterminant dans le régime des cours d'eau, et dans l'alimentation éventuelle des nappes souterraines (**Soltner, 1999**).

L'Algérie fait partie de « l'aire isoclimatique méditerranéenne », puisque son climat est partout caractérisé par l'existence d'une période de sécheresse axée sur la période chaude et imposant à la végétation en place un stress hydrique de durée variable. D'après la récente classification de Rivas-Martinez (2005), l'Algérie fait partie intégrante du « macroclimat méditerranéen ».

2.1.6.1. Précipitations

Les précipitations désignent tout type d'eau qui tombe de ciel, sous forme liquide ou solide. Elle représente un facteur climatique très important qui conditionne l'écoulement saisonnier et par conséquent le régime des cours d'eau (**Dajoz, 2000**).

Les pluies qui tombent en Algérie sont orographiques et torrentielles. Elles varient selon l'altitude.

Divers facteurs contribuent à déterminer les zones de précipitations en Algérie, en particulier l'orientation des chaînes de montagnes et la direction des vents

dominants porteurs d'humidité. Sur tout le littoral et le Tell, la direction des vents, pendant la saison pluvieuse, est franchement Nord - Ouest Avec une fréquence moyenne de 50 fois par an, ce sont les vents du Nord - Ouest qui apportent les précipitations hivernales .

En plus de l'orientation des versants, la pluviosité varie en Algérie sous l'influence de plusieurs paramètres géographiques, altitude, latitude, longitude et distance à la mer :

- La quantité de pluie augmente avec l'altitude. Elle est plus abondante sur les reliefs qu'en plaine ; mais, elle est plus élevée sur les versants bien orientés face aux vents pluvieux du Nord - Ouest, que sur les autres.
- La pluviométrie est plus importante sur le littoral, que dans les régions situées plus au sud.
- A cette décroissance des pluies du Nord au Sud se superpose une décroissance de l'Est à l'Ouest (selon la longitude) ; cette caractéristique étant particulière à l'Algérie (Meddour, 2010).(Tableau 6)

Tableau 6 : Répartition des précipitations moyennes mensuelles (Station météorologique de Guelma, (1990 à 2014).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Août	Sep	Oct	Nov	Dec
P (mm)	82,7	69,84	63,82	54,84	49,49	17,75	4,67	11,74	39,02	41,04	66,88	88,71

2.1.6.2. 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.

Les données des températures moyennes mensuelles mesurées au niveau de la station de Guelma (1990 - 2014), sont consignées dans le tableau 7.(Meddour, 2010).

Tableau 7 : Températures moyennes mensuelles la région de Guelma (1990 - 2014).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Août	Sep	Oct	Nov	Dec
T (°C)	9,04	9,95	13,26	16,44	21,01	25,87	29,54	29,56	25,1	20,44	14,35	10,14

Les températures moyennes mensuelles les plus élevées sont observées pendant la période allant de juin à octobre, avec des températures variant de 20 à 27,51°C. Par contre les températures les plus basses (9 à 12,47°C) sont observées pendant la période hivernale (décembre à mars) avec un minimum enregistré pendant le mois de janvier 9,76°C.

2.1.6.3. Synthèse climatique

L'établissement d'une synthèse des facteurs climatiques à savoir la pluviométrie et la température fait appel à l'étude des deux paramètres suivants :

- **Diagramme ombrothermique de Bagnoulet Gausсен**

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен nous permet de mettre en évidence la période sèche et humide de notre zone d'étude (**Bagnouls et Gausсен, 1957**).

Un mois est biologiquement sec lorsque le rapport précipitation (P) sur température (T) est inférieur à 2 ($P/T < 2$). Sur la base de l'équation $P = 2T$, nous avons réalisé le diagramme ombrothermique de la région de Guelma.

Selon Bagnouls et Gausсен, une période sèche est due aux croisements des courbes de température et des précipitations. Cette relation permet d'établir un histogramme pluviométrique sur lequel les températures sont portées à une échelle double des précipitations.

L'analyse du diagramme (**Figure 05**) montre que la période sèche est d'environ 05 mois. Elle s'étend du mois de juin jusqu'à le mois d'octobre, tandis que la période humide s'étend du mois de novembre jusqu'au mois de mai.

La détermination de cette période est d'une grande importance pour la connaissance de la période déficitaire en eau.

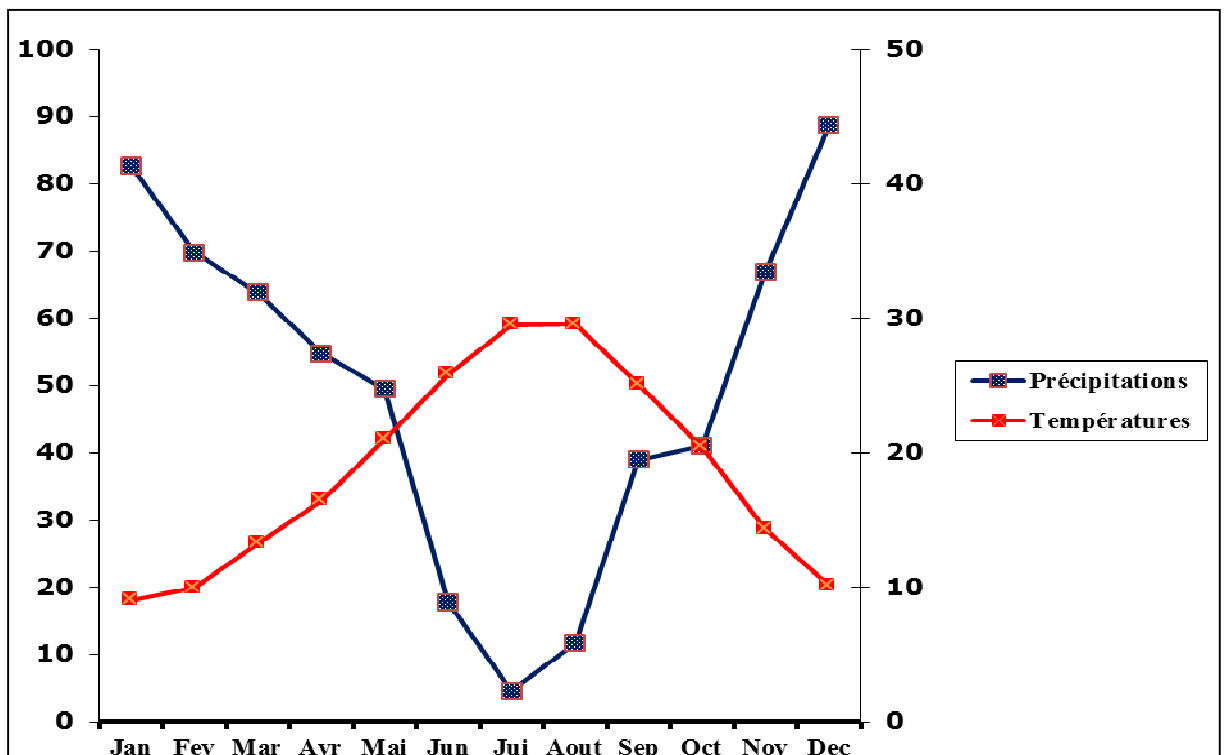


Figure 05 : Diagramme pluviothermique de la ville de Guelma (1990 - 2014).

- **Climagramme d'Emberger :**

Pour caractériser un bioclimat, Emberger (1952), a établi un quotient représenté par le rapport entre les précipitations moyennes annuelles et les températures moyennes. L'expression de ce quotient est la suivante :

$$Q_2 = 2000 * P / M^2 - m^2$$

- $M = 36,34^{\circ}\text{C} = 309,34 \text{ K}$: Moyenne des maxima du mois le plus chaud;
- $m = 4,62^{\circ}\text{C} = 277,62 \text{ K}$: Moyenne des minima du mois le plus froid.

Pour la région de Guelma, le Q_2 ; calculé est de 65,10. En rapportant les valeurs de Q_2 et de m sur le climagramme d'Emberger nous trouvons que notre région est sous l'influence d'un climat semi-aride à hiver tempéré (Figure 06).

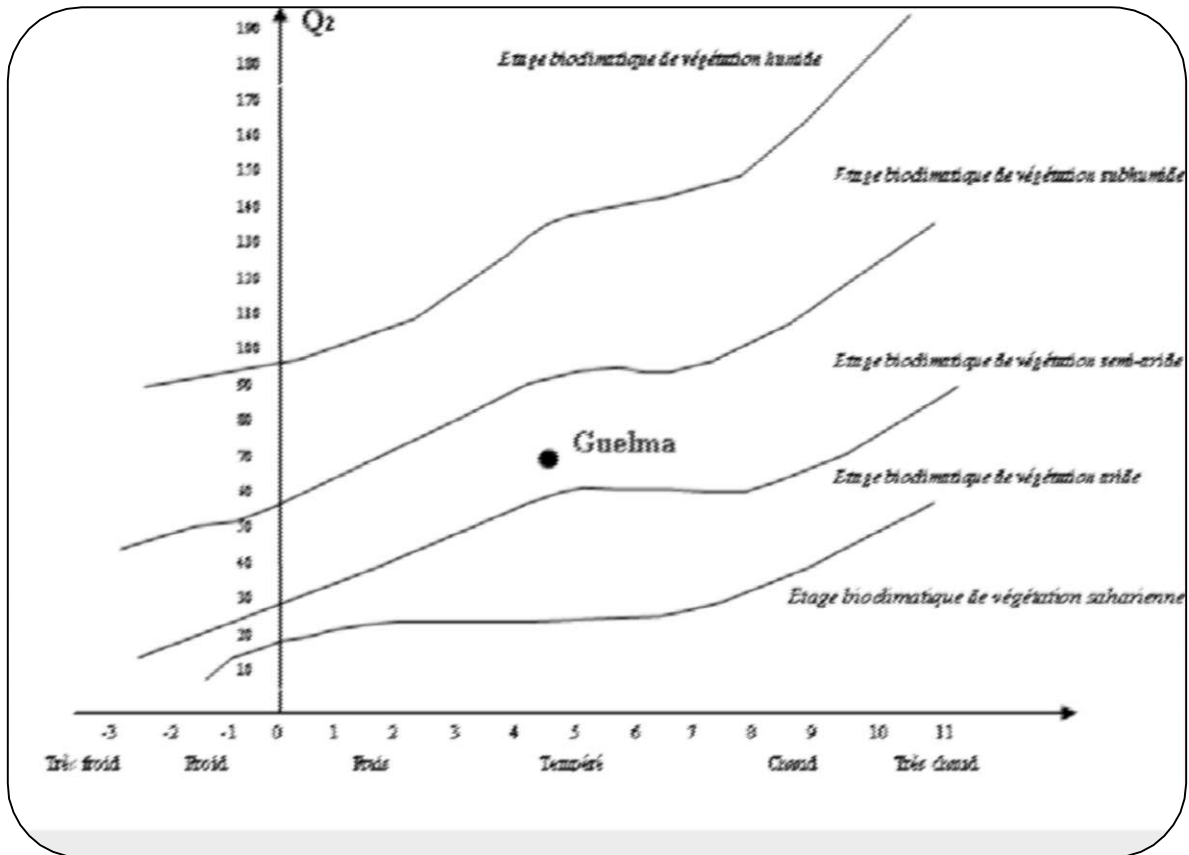


Figure 06: Situation de la ville de Guelma dans le climagramme d'Emberger (1990-2014

2.2. Présentation du site d'étude

La montagne de Mahouna ou "Djebel" Mahouna ($36^{\circ} 22' 03''$ Nord, $7^{\circ} 23' 30''$ Est) est un massif forestier situé au sud de la ville de Guelma (Nord-est de l'Algérie).

Il fait partie des chaînes montagneuses de l'Atlas Tellien (**Figure 7**). L'étude hypsographique a montré que la montagne de la Mahouna fait partie des catégories de montagnes de classe T. S'étalant sur une superficie de 1035 Ha avec une altitude de 1411m par rapport au niveau de la Méditerranée, elle est à vocation récréative (**Zouaidia 2006**).

Le climat qui domine cette région est de type semi- aride à hiver pluvieux et très froid. Les monts de la Mahouna sont couverts de neige durant toute la période hivernale (de décembre à mars).

La végétation qui couvre ce massif est dominée par le chêne-liège *Quercus suber* qui occupe 20 % des terres suivi par le chêne Zéen *Quercus canariensis*.

Au niveau du secteur sud-ouest de cette montagne, près des hauts plateaux du Constantinois, nous rencontrons des pinèdes au Pin d'Alep *Pinus halepensis* et le chêne vert

Quercus ilex. De plus, d'autres espèces végétales colonisent la Mahouna : le Laurier rose *Nerium oleander* (Apocynacées), le Pistachier *Pistacia lentiscus* (Anacardiaceae), l'olivier sauvage ou oléâtre *Olea europea sylvestris* (Oleaceae), la Lavande *Lavandula angustifolia* (Lamiaceae), l'Asphodèle *Asphodelus albus* (Liliaceae) et l'Arbousier commun *Arbutus unedo* (Ericaceae). (Zouaidia 2006).

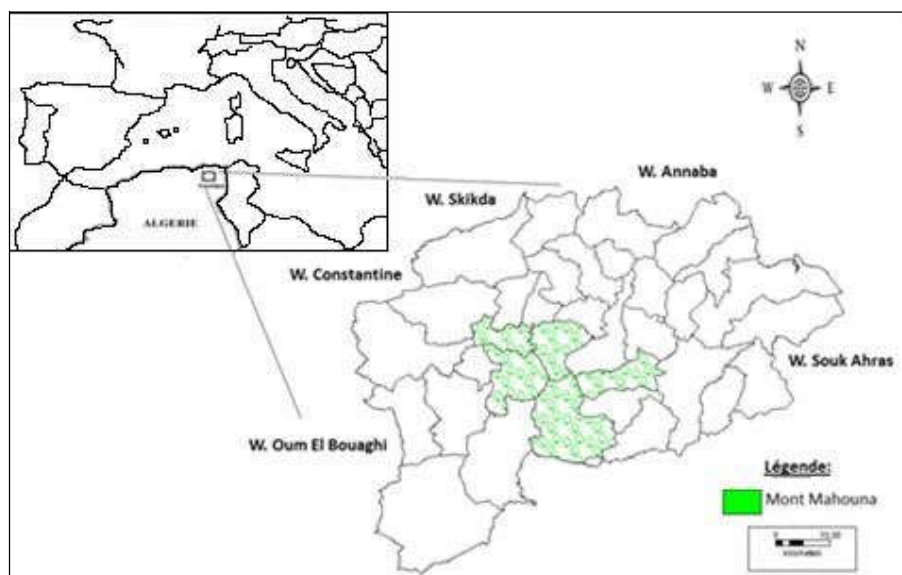


Figure 7. Situation géographique du mont de la Mahouna (Guelma, Nord-Est de l'Algérie).

2. 3. Méthodes d'échantillonnage

2.3.1. Date et points de prélèvement

Les échantillons de sols et d'eau ont été prélevés durant le mois de Mars de l'année 2018.

(Figure 8) (Tableaux 8)

Tableaux 8 : les coordonnées GPS des stations

Station	Latitude N	Longitude E	Altitude (m)
Station N° 1	36°23'13''	7°22'35''	1015
Station N° 2	36°24'16''	7°23'74''	895
Station N° 3	36°25'13''	7°22'78''	614



Figure 8 : Distribution des stations de prélèvement d'eau

2.3.2. Méthodes de prélèvement

Les prélèvements ont été faits manuellement dans des bouteilles qui ont été rincées plusieurs fois avec de l'eau à prélever puis remplis jusqu'au bord. Le bouchon sera placé de telle façon qu'il n'y ait aucune bulle d'air et qu'il ne soit pas éjecté au cours du transport (Rodier, 1978).



- **Choix du contenant**

Les échantillons d'eau ont été prélevés dans des contenants en matière plastique pour trois raisons majeures :

- ✓ la facilité qu'ils présentent pour le transport.
- ✓ -leur résistance par rapport au contenant en verre.

✓ -la disponibilité (flacons de récupération).

- **Conservation des échantillons**

Entre les prélèvements et analyses les échantillons ont été conservés à basse température (4°), la congélation à été également utilisée et ce à fin d'éviter les transformations chimiques, physiques ou biologiques qui peuvent avoir lieu .

3.3.3. Méthodes d'analyses

3.3.3.1 Examens préliminaires

- ✓ **Filtration**

La filtration doit avoir lieu avant tout dosage et dès l'arrivée de l'échantillon au laboratoire car elle conditionne souvent la validité des résultats en diminuant les risques d'évolution des eaux (**Rodier, 1978**)..

Les échantillons prélevés ont été filtrés sur papier filtre dont le diamètre des pores est de 0.45 μ m .



- ✓ **b- Détermination des matières en suspension (MSE)**

Méthode par filtration : l'eau est filtrée et le poids de matière retenu par le filtre est déterminé par pesée différentielle (**Rodier, 1978**).



- ✓ **Détermination du résidu sec**

Une certaine quantité d'eau est évaporée dans capsule tarée. Le résidu desséché est ensuite pesé (**Rodier, 1978**).



3.3.3.2. Mesures physico-chimiques

✓ pH (mesure électrométrique)

Le pH indique la concentration en ions H^+ présents dans l'eau (Rodier, 1978).

. Pour mesurer le pH, nous avons utilisé un pH-mètre étalonné.



✓ La conductivité électrique

La conductivité électrique d'une eau est liée à la présence des ions et augmente avec la température et la concentration en sels dissous .

Elle est mesurée par un conductimètre étalonné.



3.3.3.3. Mesures chimiques

Les eaux naturelles contiennent toujours des sels minéraux, et une grande part de l'analyse chimique d'une eau consiste à doser les anions et les cations les plus abondants et qui forment ces sels minéraux. (Rodier, 1978).

✓ Dosages des anions

- **Les carbonates (CO_3^{2-}) et les bicarbonates (HCO_3^-)** : les carbonates alcalins, facilement solubles à l'eau ne se trouvent que dans les sols salés à alcalis. Les carbonates alcalino-terreux, solubles dans l'eau chargée en gaz carbonique constituent l'essentiel des sols calcimagnésiques .
- **Les chlorures (Cl)** : le chlore est dosé par la méthode de MOHR (argentométrie) : on précipite le chlore par des nitrates d'argent titré en présence de chromate. L'apparition du précipité rouge de chrome d'argent indique la fin de la réaction.
- **Les sulfates (SO_4^{2-})** : le dosage des sulfates se fait par gravimétrie après précipitation à l'état de sulfate de baryum .
- **Les composés phosphorés** : (les ortho-phosphates) : le phosphore peut exister dans les eaux en solution ou en suspension, à l'état minéral et organique, et sous la forme de différents composés .

✓ Dosages des cations

- **Le calcium (Ca^{++}) et le magnésium (Mg^{+2})** : par titrimétrie.

Chapitre 3 :

Résultats et discussion

3. Résultats et Discussion

Les résultats de mesures des différents paramètres sont présentés ci-dessous. Leur présentation graphique pour chacun des paramètres permet de mieux montrer les éventuelles variations et peuvent faciliter les interprétations.

3.1. Résultats des analyses physicochimiques de l'eau

Sur les trois échantillons d'eau prélevés dans la station de Mahouna, nous avons obtenu les résultats suivants :

3.1.1. Mesure du pH

Les valeurs recueillies par le pH-mètre sont mentionnées dans le tableau 9 et la figure 9.

Tableau 9 : Résultats des mesures du pH des sites étudiés.

N° : de station	Ain Safra	Ben rabaan	Ben Djarrah
pH	6.75	6.96	6.95

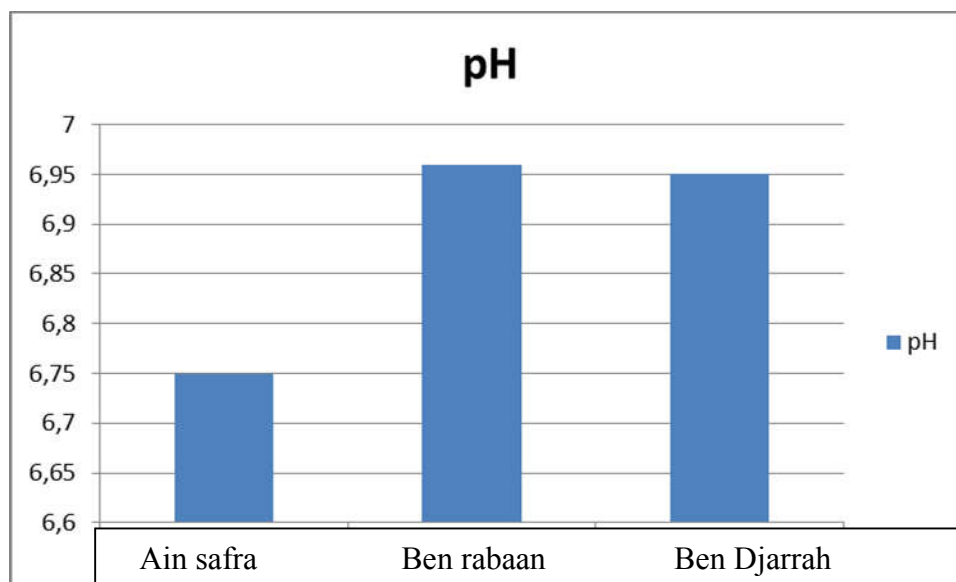


Figure 9 : Variation du pH selon les stations étudiées.

La lecture des résultats montre que l'eau de la région est neutre quelque soit le site de prélèvement ce qui prouve l'existence d'un lien hydrologique dans ce bassin versant.

3.1.2. Mesure de la conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Les résultats des mesures effectuées sont reportés dans Le tableau 10 et la figure 10.

Tableau 10: la Résultats des mesures de conductivité électrique.

N° Station	Ain safra	Ben rabaan	Ben Djarrah
C E ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	418	293	495

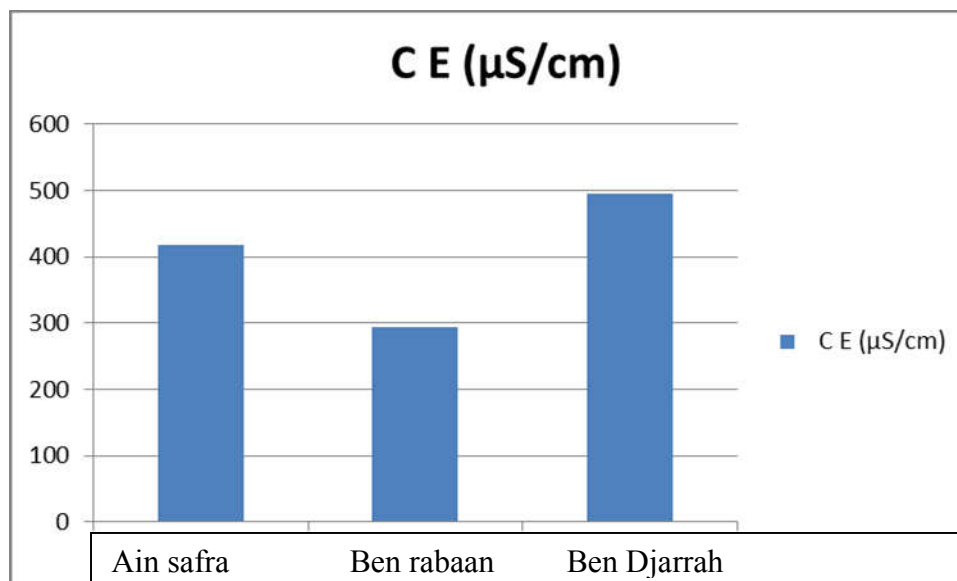


Figure 10 : Variation de la conductivité électrique selon les stations étudiées.

La mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer rapidement la minéralisation globale de l'eau (**Rodier, 1978**). Sa mesure donne une estimation de la qualité de sels ionisables dissous (la salinité).

La conductivité est également fonction de la température de l'eau, elle est plus importante lorsque la température augmente

L'effet de la matrice sol (enrichissement en éléments minéraux est visible) au niveau des échantillons 1 et 3 alors que l'échantillon 2 provenant du bassin de décantation de la source présente la plus faible valeur, cela est dû probablement à la décantation de sels suite à l'immobilisation des eaux

3.1.3. Mesure des matières en suspension (mg/l)

Les quantités de matières en suspension obtenues par cette analyse sont indiquées dans le tableau 11 et la figure 11.

Tableau 11: Résultats des mesures des MES g /l).

N° Station	Ain safra	Ben rabaan	Ben Djarrah
MES (mg/l)	2.999	1.10	1.56

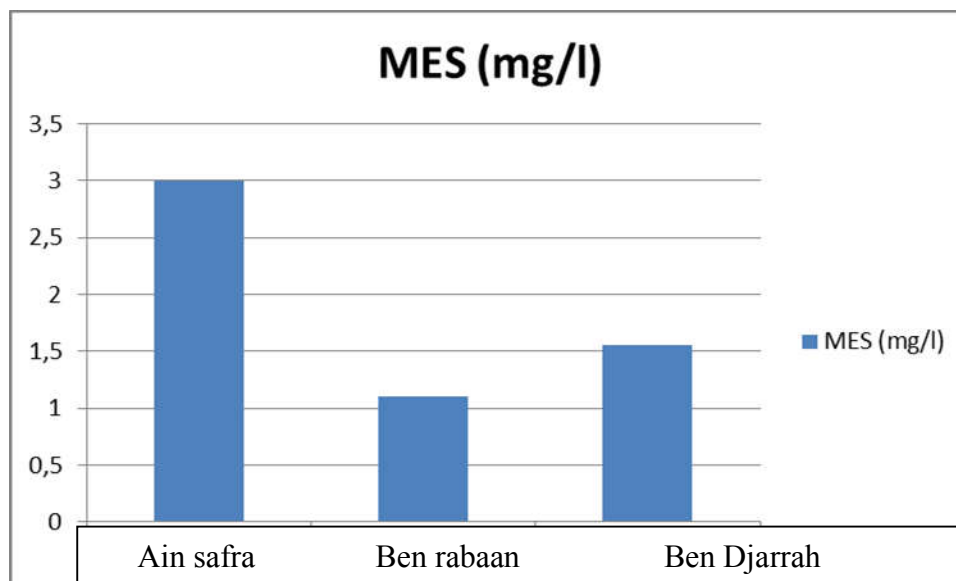


Figure 11 : Variation quantitative des matières en suspension selon les stations étudiées.

La teneur, l'origine et la composition minérale des matières en suspension dans les eaux sont très variables selon les cours d'eau.

Les matières en suspension sont définies comme étant l'ensemble de la matière non soluble qui reste en suspension ou se dépose dans le cours d'eau en absence de facteurs de turbulence.

Les trois stations se différencient selon leur origine ; la station 1 présente la plus forte valeur car c'est eau courante qui transport beaucoup d'éléments en suspension. Par contre la station 2 enregistre la plus faible valeur car l'eau est stockée dans un bassin.

La station 3 qui représente une retenue collinaire ou l'eau bouge peu enregistre une valeur moyenne.

3.1.4. Mesure de l'extrait sec plus la matière organique fine(g/l)

Les quantités de l'extrait sec présent dans l'eau des sites étudiés sont mentionnées dans Le **tableau 12** et la **figure 12**.

Tableau 12: Résultats des mesures de l'extrait secs (g /l).

N° Station	Ain safra	Ben rabaan	Ben Djarah
L'extrait secs (g/l)	14.075	5.67	5.835

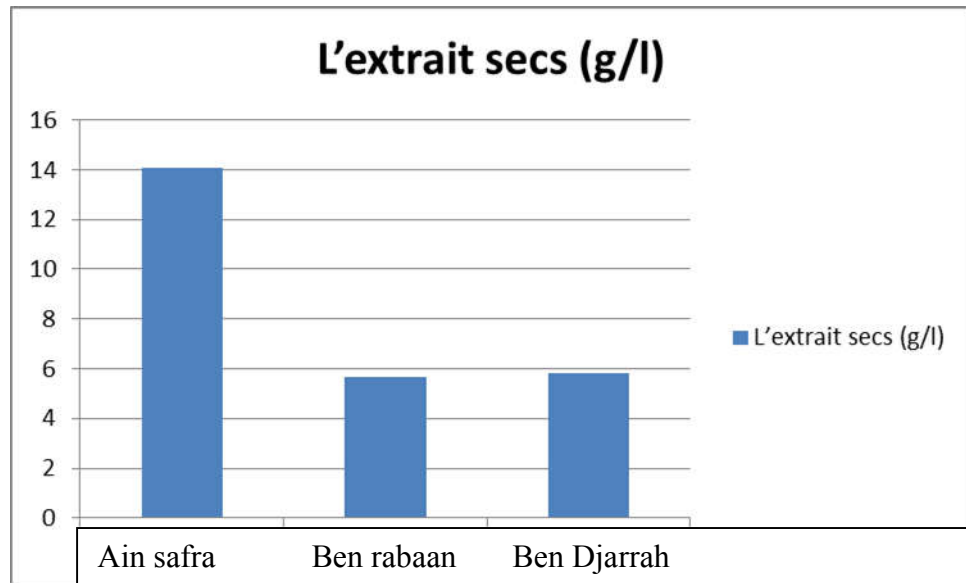


Figure 12 : Variation quantitative des résidus secs selon les stations étudiées.

Ce résultat montre que la charge en sel est plus importante dans les eaux courante et faible quand le mouvement de cette dernière est entravé.

3.1.5. Mesure des chlorures (Cl)

Les valeurs de mesure de ce paramètre sont consignées dans le tableau 13 et la figure13

Tableau 13 : Résultats des mesures de la concentration des chlorures (mg /l).

N° Station	Ain safra	Ben rabaan	Ben Djarrah
chlorures (Cl)	0.1	0.3	0.2

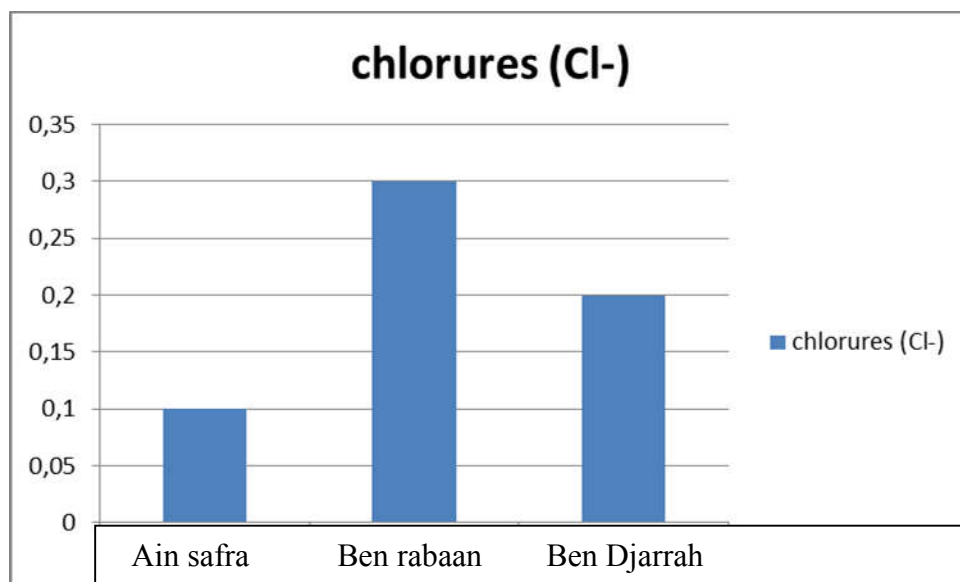


Figure 13: Variation de la concentration en ions chlorures selon les stations étudiées

Les eaux sont dépourvues de chlorure

3.1.6. Mesure des Sulfates (SO_4^{2-})

Les résultats des mesures qu'on a effectuées sont indiqués dans le **tableau 14** et la **figure 14**.

Tableau 14: Résultats des mesures des ions sulfates (mg /l).

N° Station	Ain safra	Ben rabaan	Ben Djarrah
sulfates (mg /l)	0.032	0.031	0.063

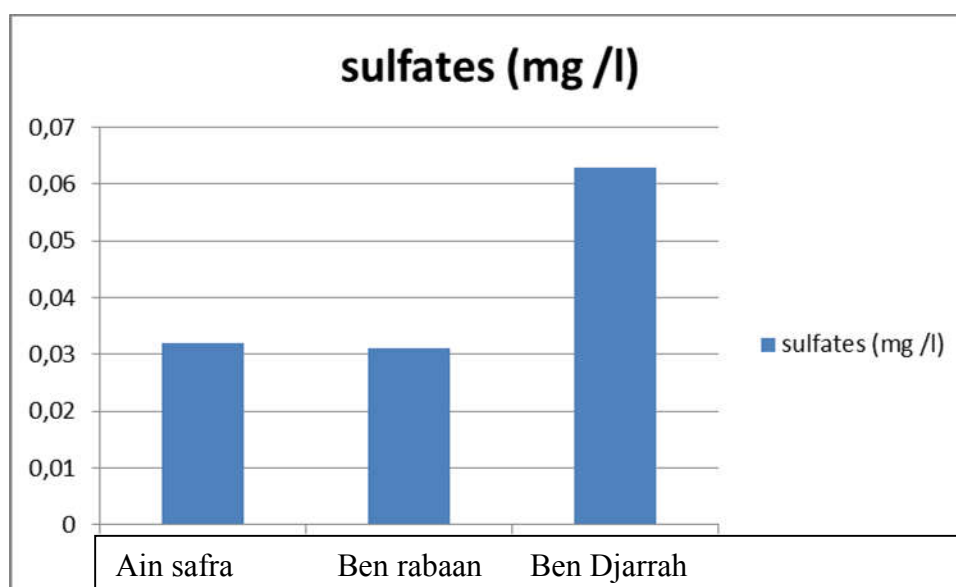


Figure 14 : Variation de la concentration en ions sulfates selon les stations étudiées.

La concentration en ions sulfate des eaux naturelles est très variable. Elle doit être liée aux éléments alcalins et alcalinoterreux de la minéralisation. Les eaux de la région sont dépourvues de sulfates

En ce qui concerne l'écotoxicité éventuelle des sulfates, les chercheurs Nisbet et Verneaux qualifient de « normales » les eaux présentant une concentration en sulfates inférieure ou égale à 20 mg/l et de « particulières, plus ou moins séléniteuses ou polluées » les eaux de concentration comprise entre 20 et 120 m/l (**Rodier, 1978**).

3.1.7. Mesure des carbonates (CO_3^{2-}).

Les résultats des mesures qu'on a effectuées sont indiqués dans le **tableau 15** et la **figure 15**.

Tableau 15: Résultats des mesures des ions carbonates (mg /l).

N° Station	Ain safra	Ben rabaan	Ben Djarrah
carbonates (mg /l)	00	00	00

Les résultats montrent l'absence des carbonates dans les stations

3.1.8. Mesure Bicarbonates (HCO_3^-).

Les résultats des mesures qu'on a effectuées sont indiqués dans le **tableau 16** et la **figure 16**.

Tableau 16 : mesures des ions bicarbonates (mg /l).

N° Station	Ain safra	Ben rabaan	Ben Djarrah
Bicarbonates (mg /l)	6.3	1.2	3.1

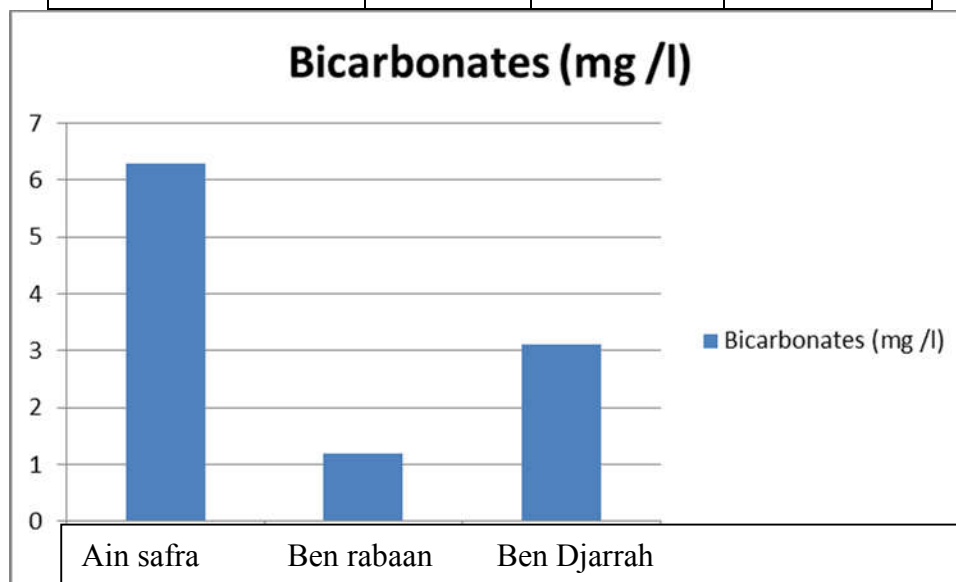


Figure 16 : Variation de la concentration en ions bicarbonates selon les stations étudiées.

La présence de bicarbonates est en relation avec l'activité biologique

3.1.9. Mesure du magnésium (Mg^{++})

Les résultats des mesures qu'on a effectuées sont indiqués dans le **tableau 17** et la **figure 17**.

Tableau 17 : Résultats des mesures des ions magnésium (mg /l).

N° Station	Ain safra	Ben rabaan	Ben Djarrah
magnésium (Mg^{++})	7.6	3.8	6

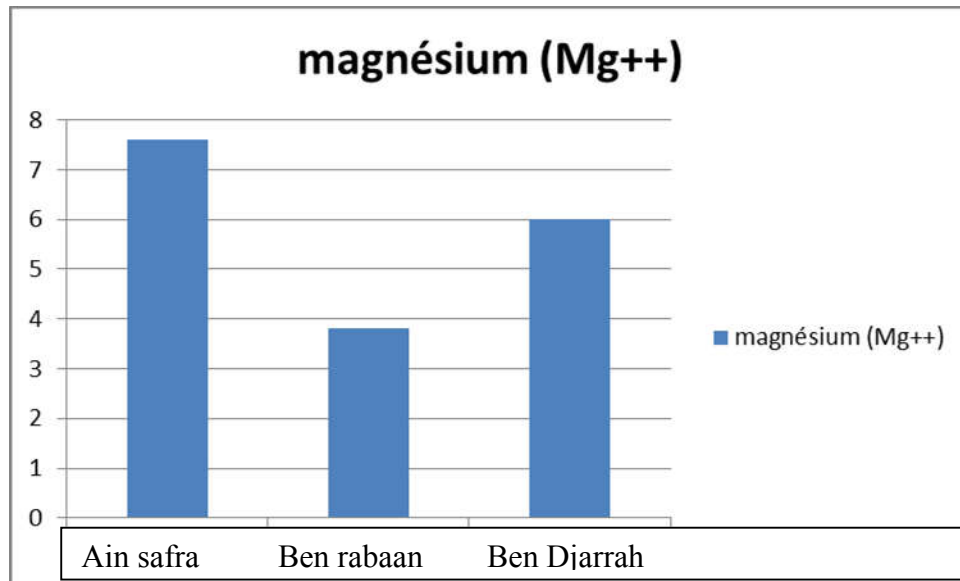


Figure 17 : Variation de la concentration en ions magnésium selon les stations étudiées.

3.1.10. Mesure du Calcium (Ca^{++})

Les résultats obtenus du calcium sont mentionnés dans le tableau 18 et la figure 18.

Tableau n°18: Résultats des mesures des ions calcium (mg /l).

N° Station	Ain safra	Ben rabaan	Ben Djarrah
calcium (mg /l)	4,9	1,9	39

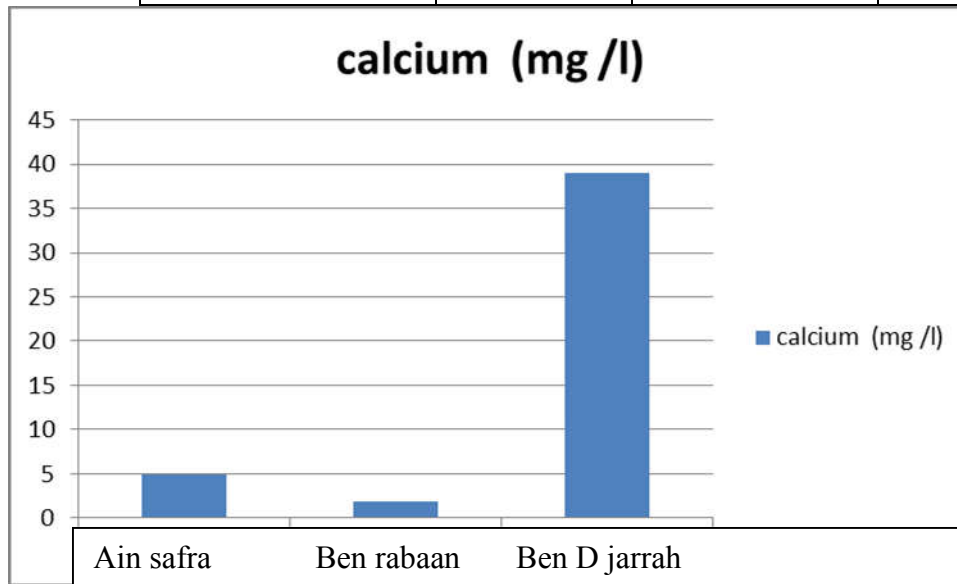


Figure 18 : Variation de la concentration en ions calcium selon les stations étudiées.

L'évaluation des actions particulièrement le Ca^{++} le Mg^{++} montre que notre eau est moyennement pauvre en minéraux avec dominance du magnésium sur le calcium. Les valeurs enregistrés dans la troisième station (retenu collinaire) montre que ce calcium provient des engrais

chimiques utilisé en agriculture. Tandis que nous n'avons pas pu réaliser les mesures du K^+ et Du Na^+ par manque de moyens.

Discussion

La caractérisation physico chimique des eaux qui alimentent le versant Nord Est du massif de Mahouna Guelma a montré le lien étroit entre les conditions climatiques (alternance de période sèche (forte concentration des eaux) et période humide (bonne dilution)), la nature du substrat (Grès et Argile de Numidie souvent pauvre en éléments minéraux et un couvert végétal dense et diversifié qui assure un apport permanent en matière organique dont le **Turnover** rapide est la seule source d'éléments nutritif pour ce couvert végétale.

La région est soumise à une activité agricole qui peut modifier la composition chimique de la nappe phréatique

L'eau étudiée provient de trois stations 'station 1 eau de surface, station 2 eau de source et station3 eau de retenue collinaire. Ces eaux traversent les couches de grès et d'argile sans toute en restant pauvre en élément minéraux, mais dans le sol cette eau devient une solution et se charge en en éléments minéraux provenant de la décomposition ou de la solubilisation des composés organique provenant de la litière végétale d'une part et des pratiques culturales et surtout les apports en engrais qui mérite d'être bien contrôlé afin de préserver les eaux de surface et souterraine

Les eaux de cette région sont pauvres en éléments minéraux (oligotrophes) cette situation résulte d'une faible action de solubilisation des eaux suite à une bonne couverture du sol par le couvert végétale

Conclusion

Conclusion

La caractérisation physico-chimique des eaux le long du bassin versant de Mahouna-Guelma a révélé que les eaux sont pauvres en éléments minéraux. Elle reflète la nature du substrat traversé (Grès et Argile de Numidie). La pauvreté en base se traduit par une forte acidité de ces eaux.

Le chimisme de ces eaux change en fonction de l'origine et de l'état ainsi que sa position. Les eaux traverse ou circule sur ou dans le sol, solubilise des sels minéraux et transporte des éléments fin, donc ces caractéristiques se modifient en fonction de la charge existante soit en surface ou dans le sol.

Les eaux du bassin versant de Mahouna se caractérisent par un pH neutre, pauvre en ions et renferme plus de magnésium que de calcium.

Les propriétés chimiques de ces eaux peuvent contenir des éléments provenant des intrants agricoles (Engrais, pesticides etc...).

Ce travail a permis de mettre en évidence une différence entre les eaux de surface, les eaux de la retenus et les eaux de la source, cette différence est probablement lié à l'activité agricole pratiqué ce qui révèle un risque potentiel de pollution des sols et de la nappe par une mauvaise conduite de fertilisation, d'où l'intérêt de la mise en place d'un programme de surveillance par des analyses fréquente de ces eaux.

Résumé :

Dans le but de connaître la nature et la qualité des eaux du bassin versant de Mahouna-Guelma, nous avons effectué un échantillon le long d'un transect altitudinale ou trois échantillons d'eau ont été récoltés.

Le prélèvement a touché des eaux de surface des eaux de profondeur et des eaux retenues la caractérisation physico-chimique a montré que la réaction est neutre dans les trois types d'eaux. Les matières en suspension et le résidu sec varient selon l'état de l'eau.

Les analyses chimiques montrent que ces eaux sont pauvres en chlore, en sulfate et en carbonate, les cation sont dominé par le magnésium sur le calcium.

Ces eaux traversent un milieu agricole ou l'utilisant des fertilisant est fréquente d'où l'intérêt de généraliser ce genre d'analyse afin d'éviter toute contamination de la nappe phréatique de la région.

Mots clés : Eau, sol, chimisme, Bassin versant, Mahouna

المخلص :

من اجل معرفة طبيعة و جودة مياه حوض ماونة-قالمة أجرينا عينة على طول مسار ترتيبي حيث تم من خلاله جمع ثلاث عينات من المياه.

و قد اخذت العينات على مستوى المياه السطحية ، المياه العميقة و الماء المحتجز حيث اظهرت المعايير الفيزيوكيميائي إن التفاعل يكون معتدل في أنواع المياه الثلاثة .

تتباين المواد الصلبة العالقة و المخلفات الجافة تبعا لحالة الماء كما تظهر التحاليل الكيميائية ايضا إن هذه المياه تركيز الكلور، الكبريت و الكربونات ضعيف جدا بها و هيمنة المغنسيوم على الكالسيوم .

تمر هذه المياه على الاراضي زراعية بكثرة و بالتالي يستحسن متابعة هذا النوع من التحاليل من اجل تجنب تلوث المياه الجوفية في المنطقة.

الكلمات المفتاحية : الماء . الارض . حوض الماء . ماونة .

Abstract :

In order to know the nature and quality of the waters of the mahouna-Guelma watershed we carried out a sample along an altitudinal transect where three waters samples were collected.

The sampling has affected surface water of the deep water and the water retained the physicochemical characterization has shown that the reaction is neutral in the three types of waters. The suspended solids and the dry residue vary according to the state of the water.

Chemical analyzes show that these waters are poor in chlorine, sulfate and carbonate the cation is dominated by magnesium on calcium.

These waters pass through an agricultural environment where fertilizer is frequently used, hence the interest of generalizing this type of analysis in order to avoid contamination of the water table of the region.

Key words : water ,ground , watershed, mahouna.

➤ REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abdelbaki-C. BoukliHacène-F. (2007). Etude Du Phénomène De Dégradation Des Eaux Souterraines Du Groupement Urbain De Tlemcen ; Revue Des Energies Renouvelables Vol. 10 N°2 (2007) 257 – 263.

Anonyme 1 : Université De Saskatchewan, (1984).Centre Du Développement De L'irrigation

Anonyme2 : [Www.Wikipedia.Com](http://www.Wikipedia.Com).

Bahmed-L. Djebabra-M. Abibsi-A. (2004). Démarche D'intégration Du Concept Qualité – Sécurité - Environnement Aux Systèmes D'alimentation En Eau Potable. Larhyss Journal, N° 03. 115-128.

Baghdali-L. (2007). La Réutilisation Des Eaux Usées Epurées Pour L'irrigation En Algérie Exposé A Rabat, 9-12 Juillet 2007.

Benmarce-K. (2007).Caractéristiques Physico-chimiques Et Isotopiques Des Eaux Souterraines Dans La Région De Guelma (NE algérien). Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar, Annaba.

Bensaoula-F. Adjim-M. Bensalah-M. (2007). L'importance Des Eaux Karstiques Dans L'approvisionnement En Eau De La Population De Tlemcen. Larhyss Journal, N° 06, Pp. 57-64.

Benslama- M. (2001). Etude pollen analytique de quelques marais tourbeux de l'Algérie NordOrientale : « cas du lac Noir, de NechaaRighia, et du marais d'El-Ghoura ». XVII^{ème} symposium de l'Association des Palynologues de Langue française Arles 24-26/09/2001.

Berne-F. ; Cordonnier-J. (1991). Traitement Des Eaux, Epuration Des Eaux Résiduaire De Raffinage, Conditionnement Des Eaux De Réfrigération, Ed Technip, Paris, France.

Bliefert-C. Perraud R. (2001). Chimie De L'environnement : Air, Eau, Sol, Déchets. 1^{ère} Edition. De Boeck & Larciensa, Bruxelles. 477 P.

Boeglin-J.C. (2006). Contrôle Des Eaux Douces Et De Consommation Humaine. Dans: Techniques De L'ingénieur W1: Technologie Des Eaux. Techniques De L'ingénieur. Chap.P4 210, Pp : 1-24.

Boeglin-J.C. (2006). Propriétés Des Eaux Naturelles. Dans : Techniques De L'ingénieur W1 : Technologie Des Eaux. Techniques De L'ingénieur. Chap.G1 110, Pp: 1-8.

Boudjadja-A. Messahel M. Et Pauc K. (2003). Les Ressources Hydriques En Algérie Du Nord. Revue Des Sciences De L'eau, 16/3. 285-304.

Cardot-C. (1999). Les Traitements Des Eaux (Procédés Physicochimiques; Cours Et Problèmes Résolus), Ellipses. 247p.

Coulibaly-K. (2005). Etude De La Qualité Physico-Chimique Et Bactériologique De L'eau Des Puits De Certains Quartiers Du District De Bamako. Thèse De Doctorat. Université De Bamako, 55 P.

Dajoz-R. (2000). Précis d'écologie: Cours Et Exercices Résolus. 7^{ème} édition. Paris: Dunod

Drissi-S. (2008). Qualité Ds Eaux De Quelques Sources Dans La Région De Souk-Ahras. Mémoire De Magister. Centre Universitaire De Souk Ahras. 69 P.

Duvigneaud-P. (1980). La Synthèse Ecologique, 2^{ème} édition, Doin Editeurs, Paris. 380 P.

- Faby-J.A. (1997).** Utilisation Des Eaux Usées Epurées En Irrigation, Edit Fnad.
- Faruqui- N. (2003).** La Gestion De L'eau Selon L'islam. Éditions Karthala, Paris, P144.
- Gény-P. Waechter-P. Et Yatchinovsky A. (1992).** Environnement Et Développement Rural: Guide De La Gestion Des Ressources Naturelles, Editions Frison-Roche (Ministère De La Coopération Et Du Développement, Agence De Coopération Culturelle Et Technique). 418 P.
- Guerree-H. Gomella-C. (1978).** Les Eaux Usées Dans Les Agglomérations Urbaines Ou Rurales : La Collecte. Edition Eyrolles, Paris.
- Habila-S. (2008).** Etude De L'impact Du Barrage Beni Haroun Sur L'environnement : Effets Eco-Toxicologique. Mémoire De Magister. Université De Jijel., 176 P.
- Kettab-A. (1981).** Traitement Des Eaux Potables. Edition Opu. Algérie.
- Kettab-A. (1992).** Traitement Des Eaux : Les Eaux Potables ; Office Des Publications Universitaires, Ben Aknoun, Alger.
- Koller-E. (2004).** Traitement Des Pollutions Industrielles ; Eau, Air, Déchets, Sols, Boues, Edition Dunod, Par
- Masschelein-W.J. (1996).** Processus Unitaire Du Traitement De L'eau Potable, Edition Cebedoc, Sprl Liège.
- Mat :** Ministère De L'aménagement Du Territoire, (2000). Rapport Sur L'état Et L'avenir De L'environnement, Algérie.
- Medkour-M. (2002).** Réutilisation Des Eaux Usées Epurées. Forum De La Gestion De La Demande En Eau : Réutilisation Des Eaux Usées. Rabat, 26 Et 27 Mars 2002. 11 P.
- Meddour-R. (2010).** Bioclimatologie, phytogéographie et phytosociologie en Algérie. Thèse doctorat, Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou.
- Monod-J. (1989).** Mémento Technique De L'eau. 9^{ème} Edition. T1. Dégrémont. France. 591 Pages.
- Mre :** Ministère Des Ressources En Eau, (2001). Les Ressources En Eau D'algerie. Rapport De Synthèse. Alger, Algérie. 73 P.
- Ngo-C. ; Regent-A. (2008).** Déchets, Effluents Et Pollution Impact Sur L'environnement, 2^{ème} Edition.
- Ngô-C. Et Regent-A. (2004).** Déchets Et Pollution, Impact Sur L'environnement Et La Santé. Dunod, Paris. 134p.
- Soltner-D. (1999).** Les Bases De La Production Végétale. Edition. Sciences & Techniques Agricoles, Tome 2.
- Rodier-J. (1984).** L'analyse De L'eau; Eaux Naturelles, Eaux Résiduaire, Eaux De Mer. 7^{ème} Edition. Bordas, Paris. 1334 P.
- Rouleau-A. Rasmussen-H. (2006).** Introduction Dans La Détermination D'aires D'alimentation Et De Protection De Captages D'eau Souterraine.
- Roux-J. C. (1990).** Les Secrets De La Terre : L'eau Source De Vie. Eéditions De Brgm, Orléans Et La Compagnie Du Lierne, Paris. 64 P.
-

Rouyrre-C. (2003). Guide De L'eau,

Tamrabet-L. (2011). Contribution A L'étude De Valorisation Des Eaux Usées En Maraichage. Thèse De Doctorat, Option Hydraulique. Université Hadj Lakhdar – Batna.

Teixeira-J. (2006). Les Mystères De L'eau. Dans : Techniques De L'ingénieur W1 : Technologie Des Eaux. Techniques De L'ingénieur. Chap. Re 53, Pp : 1-8.

Touchart-L. (2003). Hydrologie : Mers, Fleuves Et Lacs. Armand Colin. Vuf. 190 P.

Toumi-A. Remini-B. (2004). Barrage De Foug El Gherza Face Au Problème De Fuites D'eau, Larhyss Journal, N° 03. 25-38

URBACO. (2012). Plan d'aménagement du territoire de la wilaya de Guelma, Direction de programmation et de suivi budgétaire de la wilaya de Guelma. 187p.

Zouaidia-H. (2006). Bilan des incendies de forêt dans l'Est algérien, cas de Mila, Constantine, Guelma et Souk Ahras. Thèse de Magister. University of Constantin, 12-15