

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

UNIVERSITE 8 MAI 1945 GUELMA

Facultés 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 : Sciences de la Terre et de l'Univers

Filière : Sciences de la Terre

Spécialité/Option : Hydrogéologie et Géothermie

Département : Sciences de la Nature et de la Vie

THEME :

**La Qualité physico-chimique des eaux utilisée dans les industries
agro-alimentaires alimentaires (cas wilaya de Guelma)**

Présenté par : **NAILI Abir.**

MENIDJELE Yassine.

Sous la direction de : **Mm. BENACER Laila.**

Devant le jury composé de :

Président : **KACHI Slimane.**

Rapporteur : **BENACER Laila.**

Examineur : **BRAHMIA Ali.**



*À ceux qui n'ont jamais cessé de m'encourager, et me conseiller.
À ceux qui n'ont jamais été avares ni de leur temps ni de leurs connaissances
pour satisfaire mes interrogations.*

À l'esprit de mon père

À mère ; fatiha, ma grande mère, ma sœur sawsene

Mes frère yakoub et abd elghafour et mes soeurs

*Et à tous ma famille. En témoignage de l'amour et de l'affection qui me
lient.*

À tous mes professeurs

À tous mes amis...

Naili Abir



*À ceux qui n'ont jamais cessé de m'encourager, et me conseiller.
À ceux qui n'ont jamais été avares ni de leur temps ni de leurs connaissances
pour satisfaire mes interrogations.
À mère ; fatima, mes sœur fatiha et souraya
Mes frère wahid et hamza
Et à tous ma famille. En témoignage de l'amour et de l'affection qui me
lient.*

À tous mes professeurs

À tous mes amis...

Yassine Ménidjel

REMERCIEMENT

Je remercie mon DIEU pour sa Grace et sa Bonté qu'il n'a jamais cessé de rependra sur moi, je le remercie de m'avoir guidé toute ma vie et pour m'avoir permis de terminer ce mémoire.

Je remercie madame Benacer Laila pour son encadrement, ses corrections et ses conseils qui nous ont permis de réaliser ce mémoire, nous lui en somme reconnaissants.

Toute ma gratitude aux membres du jury en particulier Monsieur Kachi pour bien vouloir présider ce travail et Monsieur Brahmia pour bien vouloir examiner ce travail, nous leur en sommes reconnaissants pour cet honneur qu'ils nous ont accordé.

Mes remerciements pour le groupe de laboratoire du centre de traitements de Hammam Debeigh Guelma.

Je remercie ma mère, Mes frères et ma sœur et ma famille qui m'ont soutenu corps et amés dans mes études depuis mon enfance jusqu'à ce jour. Que DIEU la protège.

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance aux personnes qui m'ont aidé à la réalisation ce travail particulièrement à tous mes enseignants et collègues de l'université, principalement à mon binôme Menidjel Yassine.

Résumé :

L'eau est un intrant majeur dans la plupart des industries agroalimentaires qui l'utilisent à des fins diverses, que ce soit directement dans le processus de fabrication d'un produit alimentaire ou pour d'autres usages.

Les caractéristiques hydro-climatiques ainsi que la situation géographique, de notre zone d'étude nous permettant d'identifier la qualité physico-chimique des eaux destinées vers le secteur des industries agro-alimentaire.

Les résultats des analyses physico-chimiques obtenues se répartissent selon les industries agroalimentaires comme suit :

- Faciès Chlorure sodique (conserverie Zimba, Moulin Mermoura Bouchegouf, Moulin Mermoura Héliopolis).
- Faciès Bicarbonaté calcique (Groupe Benamor El Fedjoudj).
- Faciès Sulfaté calcique (CAB1 de Bouati)

Mots clés : wilaya de Guelma, physico-chimique, industrie agro-alimentaire, Faciès.

الملخص :

تعتبر المياه مدخلاً رئيسياً في معظم الصناعات الغذائية الزراعية التي تستخدمها لأغراض متنوعة، سواء كانت مباشرة في عملية صنع منتج غذائي أو لاستخدامات أخرى.

الخصائص المائية المناخية وكذلك الوضع الجغرافي لمنطقتنا الدراسية مما يسمح لنا بتحديد الجودة الفيزيائية الكيميائية للمياه الموجهة نحو قطاع الصناعات الغذائية-الزراعية.

تنقسم نتائج التحاليل الفيزيائية الكيميائية التي تم الحصول عليها وفقاً للصناعات الغذائية الزراعية على النحو التالي:

-صدف كلوريد الصوديوم (تعليب زيمبا ، مطاحن مرمورة بوغشوف ، مطاحن مرمورة هليوبوليس).

-أجسام الكالسيوم بالكبريت (مجموعة بن عمر الفوج).

-سلفات الكالسيوم بالكبريت (CAB1 بو عاتي)

الكلمات المفتاحية: ولاية قلمة، الفيزيائية، صناعة الأغذية الزراعية، الوجوه.

Summary:

Water is a major input in most agri-food industries that use it for a variety of purposes, whether directly in the process of making a food product or for other uses.

The hydro-climatic characteristics as well as the geographical situation, of our zone of study allowing us to identify the physicochemical quality of the waters destined towards the sector of the agro-alimentary industries.

The results of the physico-chemical analyzes obtained are divided according to the agro-food industries as follows:

- Facies Sodium chloride (Zimba cannery, Mermoura Bouchegouf mill, Mermoura Heliopolis mill).
- Bicarbonated calcium facies (Benamor El Fedjoudj Group).
- Sulphated calcium facies (CAB1 of Bouati)

Key words: Guelma wilaya, physicochemical, agro-food industry, facies.

LISTE DES FIGURES

Figure 01 : Répartition des précipitations moyennes mensuelles à la station de Guelma (2002-2015).....	24
Figure 02 : Précipitations moyennes interannuelle à la station de Guelma (2002-2015).....	25
Figure 03 : Répartition moyenne mensuelle interannuelle de la température à la station de Guelma (2002-2015).....	26
Figure 04 : Variation de températures interannuelles à la station de Guelma (2002-2015)...	27
Figure 05 : Diagramme Pluvio-thermique de GAUSSEN de la région de Guelma (2002-2015).....	28
Figure 6 : Position de la station de l'ONM de Guelma sur le Climagramme d'EMBERGER.....	29
Figure 07 : présent le PH mètre utilisé pour mesuré le PH de l'eau.....	42
Figure 08 : le thermomètre utilisée pour mesuré la température.....	43
Figure 09 : présent le conductivimètre utilisé pour mesuré la conductivité.....	43
Figure 10 : présent un turbidémètre.....	44
Figure 11 : analyse des échantillons aux niveaux de station d'épuration (Hammam Debegh).....	47
Figure 12 : forage F2	49
Figure 13 : réservoir d'eau du groupe Benamor.....	49
Figure 14 : forage BA2	50
Figure 15 : SP1 barrage Hammam Debegh	51
Figure 16 : Evolution de la température de l'eau dans les points d'eaux.....	52
Figure 17 : Evolution de PH de l'eau dans les points d'eaux.	53
Figure 18 : Evolution de la conductivité électrique de l'eau dans les points d'eaux	54
Figure 19 : concentration des résidus secs dans chaque industrie en mg/l	55
Figure 20 : la dureté TH dans chaque industrie en °F	55
Figure 21 : la concentration de Ca ²⁺ dans chaque industrie.....	57
Figure 22 : la concentration de Mg dans chaque industrie.....	58
Figure 23 : la concentration de Na dans chaque industrie.....	59

LISTE DES FIGURES

Figure 24 : La concentration de potassium dans chaque industrie.....	60
Figure 25 : la concentration de HCO ₃ dans chaque industrie.....	61
Figure 26 : la concentration de SO ₄ dans chaque industrie.....	62
Figure 27 : la concentration de Cl dans chaque industrie.....	63
Figure 28 : la concentration de NO ₃ dans chaque industrie.....	63
Figure 29 : la concentration de PO ₄ dans chaque industrie.....	64
Figure 30 : Représentation des faciès chimiques des eaux avec Diagramme de PIPER.	66
Figure 31 : Représentation des faciès chimiques des eaux avec Diagramme de STABLER.....	69

Liste des cartes

Carte 01 : situation de la wilaya de Guelma.....	10
Carte 02 : carte des altitudes de la wilaya de Guelma.....	12
Carte 03 : Réseau hydrographique de la wilaya de Guelma.....	21
Carte 04 : Localisation des points d'eau destinés à l'industrie agroalimentaire.....	48

Liste des tableaux

Tableau 01 : Principales différence entre les eaux souterraines et les eaux de surface.....	5
Tableau 02 : Caractéristiques géographiques de la station météorologique de Guelma.....	22
Tableau 03 : Evolution du coefficient pluviométrique (2002/2015).....	23
Tableau 04 : Répartition des précipitations moyennes mensuelles à la station de Guelma....	23
Tableau 05 : Les précipitations moyennes interannuelles à la station de Guelma (2002 – 2015).....	24
Tableau 06 : Moyennes mensuelles de la température de l’air à la station de Guelma(2002-2015).....	26
Tableau 07 : Moyenne interannuelle des températures de l’air à la station de Guelma (2002-2015)	27
Tableau 08 : Bilan hydrique selon Thornthwaite dans la station de Guelma.....	31
Tableau 09 : Les différentes composantes du bilan hydrique.....	33
Tableau 10 : Classification des eaux selon la conductivité.....	35
Tableau 11 : Classes de turbidités usuelles (NTU, néphélocimétrie turbidity unity).....	35
Tableau 12 : Relation entre dureté de l’eau et concentration équivalente en CaCO ₃	37
Tableau 13 : Balance ionique.....	56
Tableau 14 : détermination des faciès chimiques.....	68
Tableau 15 : Rapport Ca/Mg et Na/Cl.....	70
Tableau 16 : comparaison des résultats avec les normes de l’OMS (2011).....	71

LISTE DES ABREVIATIONS

- BI : Balance Ionique.
- CAB : Conserverie Alimentaire Benamor.
- DA : Déficit agricole.
- EC : Conductivité électrique.
- ETP : Evapotranspiration potentielle.
- ETR : Evapotranspiration Réelle.
- Ex : Excédent.
- i : indice thermique mensuelle.
- M : Moulin.
- NTU : l'Unité Néphélométrique de Turbidité.
- OMS : Organisation Mondiale de Santé.
- ONM : Office National de la Météorologie.
- P : Précipitation.
- Ph : Potentiel en Hydrogène.
- RFU : Réserve Facilement Utilisable.
- RS : Résidu Sec.
- T : Température.
- TH : Titre Hydrotimétrique.

SOMMAIRE

RESUMES

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES ABREVIATIONS

INTRODUCTION GENERALE Erreur ! Signet non défini.

PREMIERE PARTIE : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Introduction : Erreur ! Signet non défini.

Chapitre I : Généralité sur les eaux

I- RESSOURCES DES EAUX
..... Erreur ! Signet non défini.

1- Principales différence entre les eaux souterraines et les eaux de surface
..... **Erreur ! Signet non défini.**

2- Eau Souterrains
..... **Erreur ! Signet non défini.**

2-1- Les nappes de l'eau
..... **Erreur ! Signet non défini.**

2-2- Les différents types de nappes
..... **Erreur ! Signet non défini.**

3 - Eau de Surface
..... **Erreur ! Signet non défini.**

II- QUALITE DE L'EAU
..... Erreur ! Signet non défini.

1- Qualité organoleptique
..... **Erreur ! Signet non défini.**

III - CYCLE DE L'EAU
..... Erreur ! Signet non défini.

Chapitre II : Cadre générale

I- SITUATION GEOGRAPHIQUE Erreur ! Signet non défini.

II. LES ENSEMBLES NATURELS Erreur ! Signet non défini.

SOMMAIRE

1- L'encadrement montagneux	Erreur ! Signet non défini.
2- La vallée de la Seybouse	Erreur ! Signet non défini.
III. LE CADRE GEOLOGIQUE DE LA WILAYA DE GUELMA	Erreur ! Signet non défini.
1 - Stratigraphie :	Erreur ! Signet non défini.
1-1-Domaine des nappes.....	Erreur ! Signet non défini.
1-2-Domaine des flyschs.	Erreur ! Signet non défini.
1-3-Le Mio-Pliocène	Erreur ! Signet non défini.
1-4-Le Quaternaire	Erreur ! Signet non défini.
IV. LE CADRE HYDROGEOLOGIQUE DE LA WILAYA DE GUELMA	Erreur ! Signet non défini.
1- Aspect hydrogéologique :.....	Erreur ! Signet non défini.
1-1- Zone des plaines de Guelma et Bouchegouf (moyenne et basse Seybouse) :	Erreur ! Signet non défini.
1-2- Zones des Djebels au Nord et Nord-Ouest :	Erreur ! Signet non défini.
1-3- La zone des plaines et des collines de Tamlouka :	Erreur ! Signet non défini.
1-4- La zone des Djebels surplombant les oueds Sédrata et Héliia :	Erreur ! Signet non défini.
2- le réseau hydrographique de la wilaya de Guelma.....	Erreur ! Signet non défini.
V-CLIMATOLOGIE :.....	Erreur ! Signet non défini.
1 - La pluviométrie	Erreur ! Signet non défini.
2 - La Température	Erreur ! Signet non défini.
3 - Diagramme Pluvio-thermique de GAUSSEN.....	Erreur ! Signet non défini.
4 - Climagramme d'EMBERGER.....	Erreur ! Signet non défini.
6 - Etablissement du bilan hydrique selon la formule de Thornthwaite	Erreur ! Signet non défini.
7 - Ruissellement	Erreur ! Signet non défini.

Chapitre III : Paramètre physico chimique

I - PARAMETRE PHYSIQUE	Erreur ! Signet non défini.
1- Température	Erreur ! Signet non défini.
2- Potentiel hydrogène.....	Erreur ! Signet non défini.
3- Conductivité électrique	Erreur ! Signet non défini.
4 - Turbidité.....	Erreur ! Signet non défini.
5 - L'oxygène dissous.....	Erreur ! Signet non défini.
6 - Salinité.....	Erreur ! Signet non défini.
7 - Matière en suspension (MES)	Erreur ! Signet non défini.

SOMMAIRE

II- PARAMETRE CHIMIQUE	Erreur ! Signet non défini.
1- Chlorures (Cl ⁻).....	Erreur ! Signet non défini.
2- Dureté totale (TH)	Erreur ! Signet non défini.
3- Titre alcalimétrique (TA)	Erreur ! Signet non défini.
4- Titre alcalimétrique complet (TAC).....	Erreur ! Signet non défini.
5- Magnésium (Mg ²⁺).....	Erreur ! Signet non défini.
6- Calcium (Ca ²⁺).....	Erreur ! Signet non défini.
Conclusion.....	Erreur ! Signet non défini.

DEUXIEME PARTIE : RESULTAT ET DESCUSION

Introduction	Erreur ! Signet non défini.
--------------------	-----------------------------

Chapitre I : Matériel et méthode

MATERIELS ET METHODES DE PRELEVEMENT :.....	Erreur ! Signet non défini.
1- Matériels utilisés :	Erreur ! Signet non défini.
2 - transport des échenillions :	Erreur ! Signet non défini.
3 - Analyses physico-chimique :	Erreur ! Signet non défini.
3 -1 - Les paramètres physiques :	Erreur ! Signet non défini.
3.2 Les paramètre chimique :	Erreur ! Signet non défini.

Chapitre II : Hydrochimie

I – Présentation géographique des points d’eaux d’échantillonnage	Erreur ! Signet non défini.
--	-----------------------------

1- Forage BS2.....	Erreur ! Signet non défini.
2- Forage F2.....	Erreur ! Signet non défini.
3- Forage BA2	Erreur ! Signet non défini.
4- Puits APC	Erreur ! Signet non défini.
5- SP1 L’eau de barrage hammam Debegh	Erreur ! Signet non défini.

Les paramètres physico-chimiques	Erreur ! Signet non défini.
---	-----------------------------

1-Mesure in situ	Erreur ! Signet non défini.
1-1- Température de l’eau :	Erreur ! Signet non défini.
1-2- Potentiel hydrogène (pH)	Erreur ! Signet non défini.
1-3- Conductivité électrique (CE)	Erreur ! Signet non défini.
1-4-Résidu Sec.....	Erreur ! Signet non défini.
1-5- Dureté TH	Erreur ! Signet non défini.

III-Analyse des balances ioniques	Erreur ! Signet non défini.
--	-----------------------------

1. Contrôle de la cohérence des résultats :	Erreur ! Signet non défini.
---	------------------------------------

SOMMAIRE

2-Interpretation des anions et des cations	Erreur ! Signet non défini.
• Les cations	Erreur ! Signet non défini.
• Les anions	Erreur ! Signet non défini.
IV- Facies chimique :	Erreur ! Signet non défini.
1 - Représentation graphique des faciès hydro chimiques :	Erreur ! Signet non défini.
1-1- Classification de Piper :	Erreur ! Signet non défini.
1-2- Diagramme de STABLER :	Erreur ! Signet non défini.
V- Etude des rapports caractéristiques	Erreur ! Signet non défini.
- Comparaison des paramètres avec les normes de l’OMS	Erreur ! Signet non défini.
Conclusion.....	Erreur ! Signet non défini.
CONCLUSION GENERALE	Erreur ! Signet non défini.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXE

Introduction :

L'eau est un élément naturel d'une importance primordiale, indispensable à toute forme de vie, l'eau est une richesse nécessaire à toutes activités humaines, c'est un facteur de production déterminant dans le développement durable, elle devient de plus en plus au centre des intérêts stratégiques, il est donc nécessaire d'avoir une meilleure connaissance sur les ressources en eaux existantes ainsi que sur leur qualité. L'eau en tant que liquide est considérée comme un solvant universel, elle se congèle à 0 C° et devient vapeur au-delà de sa température d'ébullition (100 C°). La qualité des eaux dans le monde a connu ces dernières années une grande détérioration, à cause des rejets industriels non contrôlés et l'utilisation intensive des engrais chimiques en agriculture. Ces derniers produisent une modification chimique de l'eau et la rendent impropre aux usages souhaités. De nombreux travaux se sont aussi rapportés sur l'étude des différents effets des rejets industriels et urbains sur l'évolution de la qualité et la pollution des eaux. Les ressources en eau proviennent des eaux de surface et des eaux souterraines renouvelables et non renouvelables. En Algérie, l'exploitation de ces ressources est très intense avec les besoins grandissants liés à l'essor démographique et le développement accéléré des activités économiques, notamment l'agriculture en Irrigation et l'industrie. Ces dernières années, la qualité des eaux est devenue une opération majeure et obligatoire, afin de protéger l'environnement et la santé des êtres vivant ou l'exploiter pour la consommation humaine ou l'utilisation industrielle. Pour cette raison dans ce travail nous allons étudier la qualité physico-chimique des eaux utilisés dans les domaines industriels, dans la wilaya de Guelma.

La problématique de l'eau se traduit en termes de qualité et quantité des ressources renouvelable au moment où l'activité humaine se développe et se diversifie, induisant des besoins de plus en plus croissants : ceci constitue l'un des enjeux majeurs du développement durable.

Ce mémoire de Master 2 a été conçu par le Département SNV et STU de l'université de Guelma, afin d'exposer les éléments de la problématique de l'eau dans cette région : il est structuré en cinq chapitres et contient des illustrations adaptées à l'objet de l'étude afin de visualiser les résultats.

Avon de commencer de présenter notre objectif de travaille on pose une question :

***Quel-est la qualité physico-chimique des eaux utilisée dans le domaine industrielle dans la wilaya du Guelma et leur origine (eau de surface ou eau souterraine) ?**

On suite, Cette étude est répartie comme suit :

Ce manuscrit est divisé en deux parties :

- **La première partie** est consacrée pour l'étude bibliographique qui est composée de trois chapitres. Le premier chapitre est un rappelle sur l'eau d'une façon générale. Le deuxième chapitre présente un cadre générale sur la zone d'étude ***Wilaya de Guelma*** qui présent des caractéristiques générales de la région d'étude et un troisième chapitre qui va présenter quelque définitions sur les paramètres physico chimique.

- **La seconde partie** intitulé matériel et méthodes, est essentiellement consacrée à la présentation et représente la démarche pour analyser la qualité de différents échantillons d'eau.

Enfin, nous tirons une **conclusion générale** qui va rassembler notre résultat de cette étude.

Introduction :

L'eau est un composé chimique simple, liquide à température ambiante. A pression ambiante (1 atmosphère), l'eau est gazeuse au-dessus de 100 C° et solide en dessous de 0 C°. Sa formule chimique est H₂O, c'est-à-dire que chaque molécule d'eau se compose d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène. L'eau se trouve presque partout sur la terre et elle est vitale pour tous les organismes vivants connus, près de 70% de la surface de la terre est recouverte d'eau, essentiellement sous forme d'océans. Une étendue d'eau peut être un océan, une mer, un lac, un étang, une rivière, un ruisseau, un canal. La circulation de l'eau au sein des différents compartiments terrestres est décrite par son cycle biogéochimique, le cycle de l'eau.

On a mis dans cette Carte topographique, reconstituée à partir de l'assemblage, et après Nous avons traité certains aspects climatologiques (pluviométrie, Températures, Evapotranspiration) à partir des données provenant de la station de BELKHEIR relatives à la période 2002-2015.

Nous avons estimé le ruissellement et l'infiltration afin d'établir le bilan hydrique de la zone d'étude.

I- RESSOURCES DES EAUX

Les réserves disponibles en eau naturelle sont constitués d'eaux souterraines (nappe souterraines) des eaux terrestres (barrage, lacs, rivière), des eaux de surface, et en eaux de mer.

1- Principales différence entre les eaux souterraines et les eaux de surface

Les eaux de surface sont plus chargées de matières en suspension que les eaux souterraines, ainsi que de matières colloïdales, plancton animal et végétal. Les eaux souterraines sont souvent considérées comme des eaux naturellement pure ce qui est une erreur, car souvent elles contiennent du fer, manganèse, ammoniacque et matières organiques sans parler de la teneur excessive en fluor et nitrates voir le (Tableau. N°1).

Tableau 1 : Principales différences entre les eaux souterraines et les eaux de surface

caractéristique	Eau de surface	Eau de souterraines
température	Varié suivant les saisons	Relativement constante
Turbidité, MES	Varié parfois élevée	Faible ou nul
Couleur	Liée surtout aux MES sauf dans les eaux très douces et acide	Liée surtout aux matières en solution (acides humique)
Minéralisé globale	Varié en fonction des terrains, des précipitations	Sensiblement constante en générale nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région
Fe ²⁺ et Mn ²⁺	Généralement absent, sauf en profondeur des pièces d'eaux en état d'eutrophisation	Généralement présente
CO ₂ agressif	Généralement absent	Souvent présent en grand quantité
O ₂ dissous	La plus souvent au voisinage de la saturation.	Absent la plupart du temps
H ₂ S	Généralement présente	Souvent présent
NH ₄ ⁺	Présent seulement dans les eaux polluées	Présent fréquemment sans être un indice systématique de pollution bactérienne
Nitrate, Nitrite, Silice	Peu abondant en générale	Teneur souvent élevée
Micropolluant minéraux et organique	Présent dans les eaux de pays développées, mais susceptible de disparaître rapidement après suppression des sources	Généralement absents mais une pollution accidentelle subsiste beaucoup plus longtemps
Éléments vivants	Bactérie (dont certains pathogènes) virus, plancton (animale et végétale)	Faible bactérie fréquents

2- Eau Souterrains

Les eaux qui ne sont ni ré-évaporées, ni retournées à la mer par ruissellement, s'infiltrent dans le sol et le sous-sol et s'y accumulent pour constituer les eaux souterraines. La pénétration et la rétention des eaux dans le sol dépendent des caractéristiques des terrains en cause et notamment de leur structure qui peut permettre la formation de réservoirs aquifères appelés nappes. Les principales différences entre les eaux de surface et celles souterraines.

2-1- Les nappes de l'eau

Le mot « aquifère » ou encore « nappe » désigne simplement une couche de sol contenant de l'eau. C'est un gisement d'eau souterraine utilisable comme source d'eau (Kettab, 1992 ; Arjen, 2010).

Les nappes d'eau souterraine ne sont ni des lacs ni des cours d'eau souterrains. Les nappes d'eau souterraine sont de l'eau contenue dans les pores ou les fissures des roches saturées par les eaux de pluie qui se sont infiltrées (AEAG, 2012).

2-2- Les différents types de nappes

La porosité et la structure du sol déterminent le type de nappe et le mode de circulation souterraine.

- **La nappe phréatique**

Les nappes phréatiques sont celles qui se reposent sur la première couche imperméable, non loin de niveau du sol. Elles sont toujours libres et souvent contaminées. Ces nappes revêtent une importance énorme pour l'approvisionnement en eau, car elles constituent les plus grandes réserves d'eau potable dans la plupart des régions du monde.

Une nappe phréatique affleure parfois à la surface du sol sous la forme de source ou bien peut être captée au moyen de puits (Mourey et Vernoux, 2000 ; Bouziani, 2000 ; Arjen, 2010).

- **La nappe alluviale**

Elle contenue dans les grands épandages de sables, graviers et galets des fleuves et des rivières, la nappe alluviale est le lieu privilégié des échanges avec les cours d'eau et les zones humides. Ce type de nappe peut être réalimenté par les crues et restituer à l'inverse de l'eau dans les cours d'eau en période de sécheresse.

Ces nappes fournissent 60% des eaux souterraines captées en France, en particulier grâce à leur facilité d'accès et leur bonne productivité (OFEFP, 2003).

- **La nappe karstique**

La nappe karstique se rencontre dans les formations calcaires. Les eaux en dissolvant le calcaire à la faveur des fissures préexistantes constituent des vides dans lesquels peuvent s'écouler les eaux acides. Ces vides peuvent atteindre de grandes dimensions (gouffres, cavernes). Dans ces conduits les eaux peuvent cheminer rapidement et constituer des cours d'eau souterrains.

En générale, les sources présentent des débits souvent variables dans le temps (leur valeur varie parfois de 1 à 100 au cours de l'année) (Mourey et Vernoux, 2000).

3 - Eau de Surface

Les principales sources d'eau potable sont les eaux de surface. Ces eaux s'avèrent souvent impropres à la consommation en raison de la pollution générée par nos activités urbaines, industrielles et agricoles. En effet, la qualité des eaux de surface varie selon les régions et les périodes de l'année. La nature et l'intensité des activités ne permettent pas toujours au cours d'eau de diluer ou de neutraliser la pollution à un niveau acceptable, si bien que l'eau ne peut pas être utilisée pour la consommation. L'emplacement des prises d'eau par rapport aux sources de pollution est aussi déterminant pour la qualité de l'eau. Il convient ainsi de situer la prise d'eau en amont d'une source importante de pollution et de protéger cette prise d'eau en interdisant l'émission de contaminants aux alentours dans une zone d'une étendue respectable.

La qualité des eaux de surface varie fortement suivant leurs origines. Selon le cas elles sont naturellement riches en matières en suspension et en matières organiques naturelles, acides peu minéralisées,...elles sont également vulnérables aux pollutions. De ce fait, les eaux de surface nécessitent des installations de traitement conséquentes comprenant généralement des opérations de chloration, coagulation, floculation, décantation/flottation, filtration, minéralisation. L'eau de surface peut aussi être filtrée sur de charbon actif. L'ozonisation est aussi une technique utilisée pour éliminer les micropolluants, les germes, les mauvais goûts, les couleurs et les odeurs.

II- QUALITE DE L'EAU

1- Qualité organoleptique

Les facteurs organoleptiques (couleur, saveur, gout et odeur) constituent souvent les facteurs d'alerte pour une pollution sans présenter à coup sûr un risque pour la santé.

* Couleur

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité.

* Odeur

Toute odeur est un signe de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition. L'odeur peut être définie comme :

- L'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles.
- La qualité de cette sensation particulière est provoquée par chacune de ces substances.

* Goût et saveur

- Le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lors de la boisson est dans la bouche.
- La saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs.

III - CYCLE DE L'EAU

La connaissance de l'origine de l'eau, de son cycle, de sa dynamique dans la nature et sa répartition dans l'espace et dans le temps est une donnée fondamentale. L'eau fait partie d'un cycle naturel en perpétuel mouvement entre la terre et l'atmosphère.

L'eau s'évapore constamment au-dessus des océans, des lacs et des forêts, elle est condensée sous forme de nuages et ensuite transportée dans le ciel par vents. Dans le ciel, les nuages se condensent sous forme de vapeur d'eau autour des particules de poussières, puis tombent en précipitations sous forme de pluie ou de neige, sous l'action de phénomènes météorologiques complexes où interviennent surtout les vents et les différences de températures.

L'eau qui ruisselle pénètre dans le sol où elle s'infiltré et va remplir les nappes souterraines. Elle traverse des couches de plus en plus profondes du sol et va abandonner dans son cheminement la quasi-totalité des impuretés dont elle s'était chargée (Bouziani, 2000). Les eaux souterraines circulent elles aussi, une partie se jetant directement dans la mer et le reste venant alimenter les rivières à leur source ou par le biais d'un affluent.

Enfin, l'eau peut revenir directement à sa phase liquide dans l'atmosphère par la transpiration des végétaux qui éliminent ainsi une partie de l'eau contenue dans le sol et Conservent une partie de l'eau de pluie dans leur feuillage.

II. LES ENSEMBLES NATURELS

La lecture des cartes topographiques de Guelma, Gounod, Mondovi, Hammam Meskhoutine, (1/50 000) nous permet de constater que le relief se divise en deux grandes unités :

1- L'encadrement montagneux

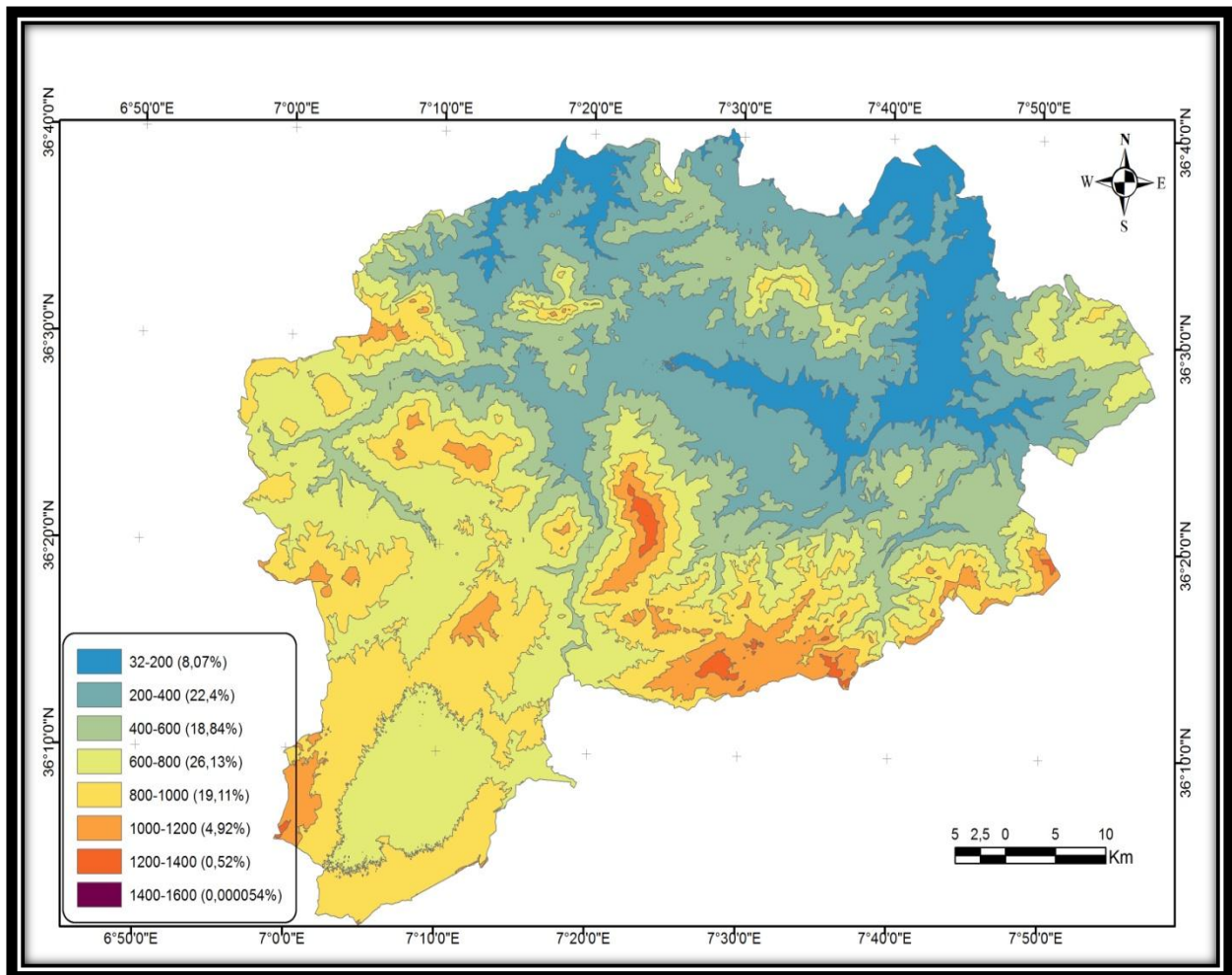
La géographie de la wilaya se caractérise par un relief diversifié dont on retient essentiellement une importante couverture forestière et le passage de la Seybouse. Ce relief se décompose comme suit : (Carte.N° 2)

- **Montagnes** : elles constituent **37,87%** dont les principales sont :

- Djebel Mahouna : 1411 m d'altitude -commune de Bendjerrah
- Le Djebel Ras El Alia : 1317m d'altitude -commune de Bendjerrah
- Djebel Houara : 1292 m d'altitude -commune de Djeballah /Ain Ben Beida
- Djebel Taya : 1208 m d'altitude - commune de Bouhamdane
- Djebel Debagh : 1060 m d'altitude - commune de Hammam Debagh
- Djebel Nador : 737 m - commune de Béni Mezline

- **Collines et Piémonts** : qui constituent **26,29%** de la superficie totale, plus autres types de relief constituant **8,67%**.

Carte 2 : carte des altitudes de la wilaya de Guelma



2- La vallée de la Seybouse

La vallée creusée par la Seybouse offre des pentes généralement peu accentuées pour les versants exposés au sud. Son fond plat présente une faible pente longitudinale et transversale. Elle est surmontée d'un ensemble de terrasses alluviales, emboîtées les unes aux autres qui s'étalent le long de l'oued. Nous avons :

--La basse terrasse

--La moyenne terrasse

--La haute terrasse

III. LE CADRE GEOLOGIQUE DE LA WILAYA DE GUELMA

L'analyse du territoire de la wilaya fait ressortir quatre ensembles ou régions à savoir :

Région de Guelma :

La région de Guelma englobe toute la partie médiane du Nord vers le Sud du territoire de la wilaya. Elle est organisée en auréole tout autour de la plaine centrale constituée de terrasses alluviales qui s'étalent le long de l'oued (la vallée de la Seybouse). C'est la région la plus étendue du territoire de la wilaya. Elle se caractérise aussi par une importante couverture forestière au Nord et à l'Est. Par contre, la partie Sud souffre de dégradations répétées d'où une absence de couverture forestière fournie en dépit du caractère montagneux de cette sous-région, et d'où une grande vulnérabilité à l'érosion.

Région de Bouchegouf :

Elle se caractérise par un relief fortement montagneux (près de **75%**). Cette région est traversée par l'oued Seybouse dont les berges constituent les prolongements de la plaine de Guelma. Ses montagnes sont couvertes de massifs forestiers, notamment les forêts de Beni Salah et de Aïn Ben Beïda (une partie de Haouara à l'Ouest). Son paysage se caractérise par de longs versants réguliers à pentes moyennes et quelques hautes surfaces à pentes plus faibles, outre quelques plaines moins importantes que celle de Guelma.

Région d'Oued Zénati :

La région d'Oued Zénati chevauche un relief montagneux plus ou moins disséqué. Le paysage dominant est de loin celui des hautes surfaces montagnardes et les longs versants dispersés dans un ensemble de montagnes dont la couverture forestière est moins importante que celle de la région de Guelma. Les sols qui s'y localisent sont en grande partie des sols bruns calcaires parfois profonds.

Région de Tamlouka :

La région de Tamlouka fait partie de la région des hautes plaines dont l'altitude moyenne est supérieure à **800** mètres avec cependant des pentes faibles. La partie Sud de la wilaya est occupée par un vaste paysage de hautes plaines traversées par l'Oued M'gaisba, caractérisée par des bas-fonds et des glacis alluviaux. Au Nord, des paysages de glacis assez étendus se raccordent à la plaine.

1 - Stratigraphie :

La région de Guelma est caractérisée par des formations géologiques appartenant aux différents domaines paléogéographiques.

On rencontre des terrains allant du Primaire jusqu'au Quaternaire.

* Trias

C'est la formation géologique la plus ancienne datée dans la région. Elle affleure uniquement à l'extrémité de Nador sous trois faciès :

- Trias inférieur: constitué d'argile d'aspect schisteux affleurant au Nord du massif de Nador.
- Trias moyen: formé de calcaires lités à cassures, contenant quelques bancs de calcaires vermiculés.
- Trias supérieur: se rencontre à l'Est de Djebel Debagh, caractérisé par des alternances de marne et de schiste de faibles épaisseurs.

* Néritique

Il est caractérisé par un faciès Jurassique-Crétacé plus au moins karstifié. Il apparaît aussi sous forme de fenêtre au Djebel Mahouna, Djebel Debagh, Nador et plus à l'Ouest au Djebel Taya.

* Jurassique.

Les terrains du Jurassique sont représentés par des dolomies noires avec des schistes calcaireux de faibles épaisseurs dans la région de Djebel Debagh.

*Crétacé

- Le Crétacé inférieur est représenté par des calcaires massifs ou lissés et de dolomie à Algues d'âge Aptien. On le rencontre à Hammam Bredâa et Djebel Debagh.
- Le Crétacé moyen est représenté par des calcaires massifs ou lithiques et calcaranites.
- Le Crétacé Supérieur est caractérisé par des niveaux calcaireux dolomitiques riches en Orbitolines et des débris à Rudiste datant du Cénomaniens-Vraconiens et d'épaisseur limitée.

1-1-Domaine des nappes.

- La nappe Numidienne.

Elle forme les hauteurs des reliefs gréseux de part et d'autre de la Seybouse, on la retrouve :

- Au Nord-Est et au Sud-est (Djebel Bouzitoun),
- Au centre et à l'Est (les massifs boisés de Houara et Béni Mezline).

Généralement, la nappe numidienne est marquée par la présence de deux faciès essentiels : les grès et les argiles.

- Nappe ultra tellienne.

Représentée par un faciès dominant de marne et de marno-calcaires avec des barres de micrites à macrofaune, on distingue:

- Sénonien: représenté par une alternance de marnes claires beiges et marno-calcaires en petits bancs riches en rosalines.
- Cénomaniens: formé à la base par des marno-calcaires beiges, et des niveaux de schistes pélitiques gris au sommet.
- Turonien: est formé par des petits niveaux marneux ou marno-calcaires riches en rosalines.
- Albo-Cénomaniens: représenté par des calcaires à grandes dalles de micrites à radiolaires.
- Barrémo-Aptien: caractérisé par des marnes claires à altération grise ou bleue avec des petites intercalations de marnes noires.

- Nappe Tellienne.

Cette unité correspond au domaine tellien externe, constitué par des nappes allochtones de matériels épais et profond d'âge Crétacé – Paléogène, ces unités chevauchent l'autochtone et apparaissent en fenêtres. On distingue de haut en bas :

* Unité tellienne à nummulites

On distingue:

- Paléogène à marnes noires;
- Eocène à calcaires massifs à Nummulites;
- Lutétien inférieur à marnes à débris d'huîtres.

*** Unité tellienne à globigérines**

On distingue:

- Paléogène formé de marne;
- Eocène à calcaire en banc à Lumachelles;
- Lutétien inférieur à marnes noires à débris d'huîtres.

1-2-Domaine des flyschs.

Ce sont des dépôts de Mer profonde d'âge allant du Crétacé inférieur jusqu'à l'Oligocène.

On distingue :

- Les flyschs de Penthivière.

Ils sont formés au Sud-est de Djebel Debagh par une série sensiblement continue depuis le Cénomaniens jusqu'à l'Oligocène, on y rencontre :

- Flysch grés –micacé à patine jaunâtre d'âge Oligocène.
- Flysch à micro brèches rousses formés par des argiles à micro brèches assez fine du Priabonien à l'Oligocène.
- Flysch conglomératique à Nummulites d'âge Lutétien.

- Les flyschs de Guerouche

Ce flysch affleure au Sud de la pointé orientale de Djebel Debagh et à l'Ouest de la forêt de Béni Mezzeline. On distingue :

- Le grès du Crétacé inférieur : C'est une série essentiellement gréseuse à mince intercalation argilo-schisteuses grises ou brunâtres.
- Le complexe de base à calcaires fins : C'est une série argilo-gréseuse avec de nombreuses intercalations de biomicrites claires, elle affleure au Sud de la pointe orientale de Djebel Debagh.

1-3-Le Mio-Pliocène

Les argiles à gypse grise probablement d'âge Massylien renfermant des intercalations marno-calcaires et de gypse en couches minces ou en masses litées.

Les argiles rouges à conglomérats roulés rouges également témoignent de l'activité d'une phase d'érosion intense en milieu rubéfiant.

La mollasse de Guelma bien développée au Sud est une épaisse série de grès jaunâtre friable rarement grossier avec des intercalations d'argiles marneuses grises ou jaune parfois gypseuses.

1-4-Le Quaternaire

Il occupe le centre du sous bassin, il est représenté par :

◆ Le Quaternaire ancien

Il s'agit de tufs et calcaire lacustre, le calcaire tuffacé de couleur grise ou blanc-rosée cet ensemble affleure au Sud de Guelma aux environs de Ben Djarrah et aux alentours du village d'Héliopolis.

◆ Le Quaternaire actuel

Il est représenté par les alluvions du lit de l'Oued Seybouse:

• Les alluvions anciennes

La Seybouse a déposé des quantités énormes de matériaux détritiques formant le remplissage du bassin d'effondrement et possédant une grande importance du point de vue hydrogéologique.

Il existe trois terrasses principales :

• La basse terrasse

Ces alluvions dominant le lit actuel de la Seybouse environ 15 m, il s'agit de sable, limons et cailloux roulés bruns claires ou grisâtres formant des terres facilement cultivables destinées aux cultures maraîchères et aux agrumes.

- **La moyenne terrasse**

De 3 à 50 m d'altitude, caractérisé par des sables, limons, galets et des blocs roulés dans une patine à couleur ocre avec un agencement. Elle est représentée surtout dans la partie sud de la vallée.

- **La haute terrasse**

D'environ 100 m d'altitude relative. C'est une formation d'âge Saletien présentant un énorme épandage en pente douce vers le Sud. Lithologiquement, elle est constituée par des gros galets de Numidien de type Râna et conglomérats. Le Djebel Zemzomma présente un exemple typique, il atteint 100 m d'épaisseur.

- ◆ **Les alluvions actuelles (récentes)**

Elles forment la majeure partie de la vallée principale actuelle de l'Oued Seybouse. Ce sont des cailloutis, galets, graviers et calcaires parfois à ciment marneux.

IV. LE CADRE HYDROGEOLOGIQUE DE LA WILAYA DE GUELMA

1- Aspect hydrogéologique :

L'étude géologique à l'échelle régionale permet de comprendre la disposition exacte de notre zone d'étude dans l'ensemble géologique régional et de dévoiler sa structure et sa lithologie au sein de ce vaste ensemble géologique.

Notre zone d'étude fait partie de la chaîne alpine d'Afrique du Nord ou chaîne des Maghrébides qui y fait partie elle-même de l'orogénèse alpine périméditerranéen, d'âge Tertiaire. Cette chaîne des Maghrébides est constituée de domaines paléogéographiques différents.

La géologie de la région est caractérisée par des formations allant du Trias jusqu'au Quaternaire, présentant ainsi une lithologie très variée qui comprend essentiellement : les alluvions (sable, gravier,...), le grès, les marnes, les argiles, et les calcaires.

Du point de vue hydrogéologique, c'est une zone d'effondrement comblé par des dépôts alluvionnaires très perméables qui contiennent une nappe importante alimentée par les eaux d'infiltrations et par les apports latéraux du bassin versant de la Seybouse.

Le territoire de la wilaya de Guelma comporte globalement quatre zones (sous bassins versants) hydrogéologiques distincts :

1-1- Zone des plaines de Guelma et Bouchegouf (moyenne et basse Seybouse) :

Les nappes captives du champ de Guelma s'étendent sur près de 40 Km le long de la vallée de la Seybouse et sont alimentées par les infiltrations et les ruissellements qui déversent dans l'Oued Seybouse. Elles constituent les plus importantes nappes de la wilaya. Au niveau de la nappe de Bouchegouf, les alluvions paraissent perméables que ceux de la plaine de Guelma. Elle peut contenir une nappe alluviale importante.

1-2- Zones des Djebels au Nord et Nord-Ouest :

Elle s'étend sur toute la partie Nord de la région du territoire de la wilaya. Elle regroupe toute la partie de l'Oued Zénati et la partie Nord de la région de Guelma. En dehors de la plaine, une grande partie de cette région est constituée d'argiles rouges numidiennes sur lesquelles reposent des grès peu perméables. Cette zone connaît une faible perméabilité en dépit d'une pluviométrie relativement importante.

Cependant, sur les calcaires crétacés inférieurs des Djebels Débagh et Taya, l'infiltration est probablement importante dans l'ensemble et malgré une importante pluviométrie, notamment dans sa partie Nord, la région a des potentialités en eaux souterraines assez faibles.

1-3- La zone des plaines et des collines de Tamlouka :

Il est à remarquer pour cette région que les structures synclinales du crétacé supérieur peuvent contenir des nappes actives par des infiltrations sur les calcaires qui n'ont pas une bonne perméabilité quand ils sont profonds. Des nappes phréatiques s'établissent dans les formations quaternaires reposant sur des argiles miocènes. Elles sont drainées par les différents affluents D'Oued Charef, mais une partie de leurs eaux s'évapore dans les régions marécageuses.

1-4- La zone des Djebels surplombant les oueds Sédrata et Héliá :

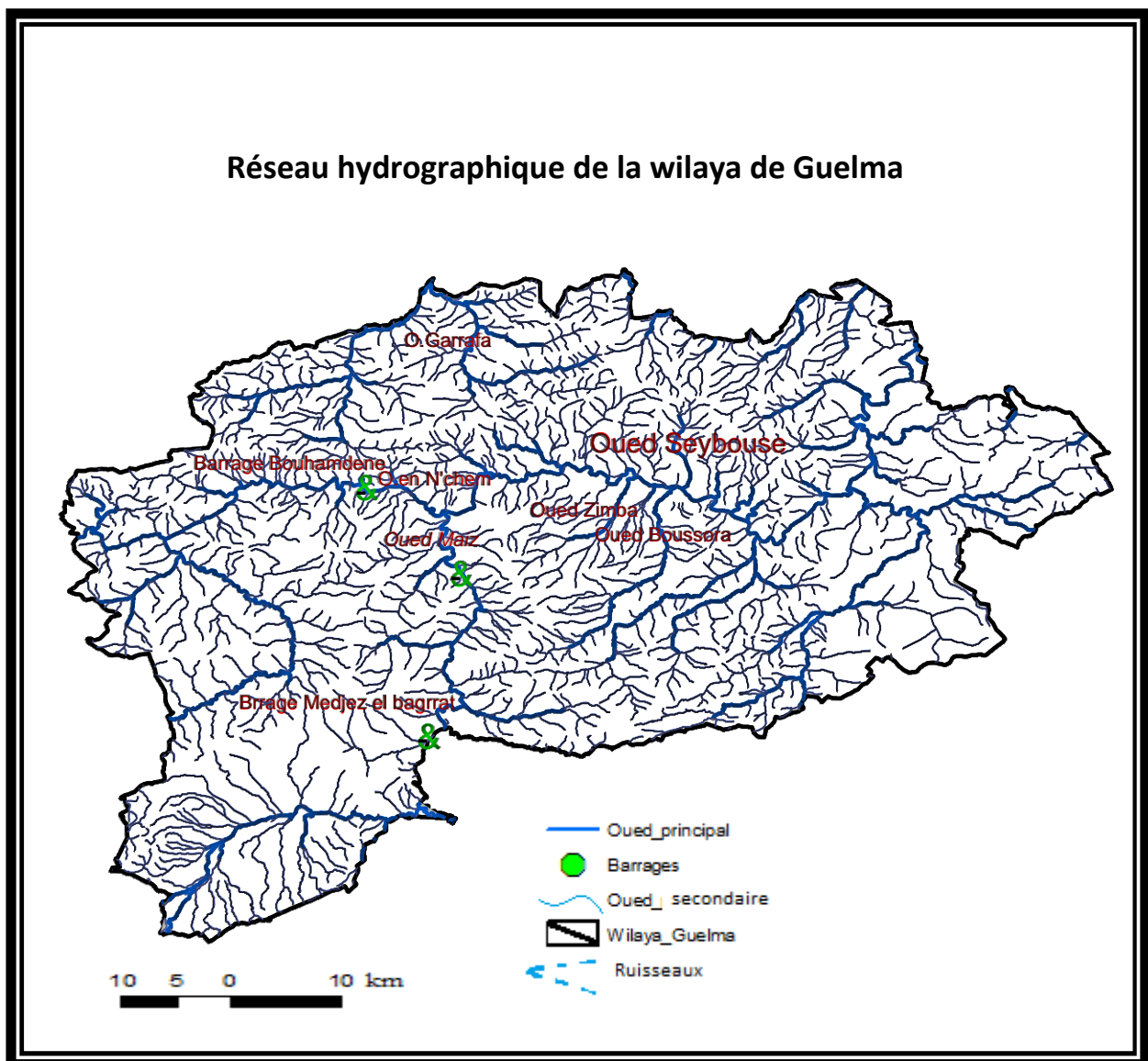
Cette région s'étend sur les parties Nord de la région de Tamlouka et Sud de la région de Guelma et Bouchegouf. Sa partie Sud est certainement la mieux fournie en eau. Elle se caractérise par la présence des hautes dalles calcaires du crétacé supérieur qui sont perchées sur des marnes. Des sources assez importantes jalonnent à leur contact. Sur l'autre partie de la zone (la plus étendue), les dalles calcaires sont plus redressées et fractionnées et des sources parfois relativement importantes jaillissent des calcaires en contact des marnes.

2- le réseau hydrographique de la wilaya de Guelma

Le réseau hydrographique est constitué par de nombreux oueds dont le plus important est l'oued Seybouse qui est le deuxième du pays par son apport. Il résulte de la confluence, située au niveau de Medjez Amar, de deux oueds qui sont le Charef qui prend sa source au sud de la wilaya avec un apport estimé à 107 Mm³/an et le Bouhamdane qui prend sa source à l'ouest de la wilaya avec un apport de 96 Mm³/an. Par la suite, il traverse le vaste bassin de Guelma sur toute sa longueur selon une direction nettement ouest-est. Oued Mellah provenant du Sud-est, ce court d'eau enregistre un apport total de 151 millions m³/an.

Oued Charef : Prend sa source au Sud de la wilaya et son apport est estimé à 107 millions m³/an.(Carte. N°3)

Carte 3 : Réseau hydrographique de la wilaya de Guelma



V-CLIMATOLOGIE :

Toute étude hydrogéologique passe principalement par un traitement détaillé des mesures hydro climatique permettant d'établir le bilan hydrique et par conséquent de comprendre les mécanismes d'alimentation et de circulation des eaux de surface et souterraines.

✚ Analyse des paramètres climatiques :

Dans le cadre de cette étude, 14 années hydrologiques ont été choisies (2002- 2015), pour pouvoir utiliser le maximum des données plus récentes afin d'interpréter les paramètres

climatiques mesurés au niveau de la station météorologique de Guelma (ONM) située à Belkheir.(Tableau. N°2)

Tableau 2 : Caractéristiques géographiques de la station météorologique de Guelma

Station	Coordonnées		Altitude (m)
	Longitude	latitude	
Guelma	07°28'E	36°28'N	227

1 - La pluviométrie

Les précipitations constituent une composante essentielle du cycle de l'eau. Elles permettent le renouvellement total ou partiel des nappes par le biais des infiltrations et elles conditionnent l'écoulement saisonnier et le régime des cours d'eaux.

En général, quatre aspects sont discutés; il s'agit du coefficient pluviométrique et des répartitions saisonnières, mensuelles et annuelles.

▪ *Coefficient pluviométrique (CP)*

Le coefficient pluviométrique correspond à l'évolution interannuelle des précipitations et permet de différencier les années excédentaires et les années déficitaires.

Si :

➤ **CP > 1 ⇒ on a une année excédentaire.**

➤ **CP < 1 ⇒ on a une année déficitaire.**

Le coefficient pluviométrique est donné par la formule suivante :

$$CP = P / \wp$$

Avec :

P : Pluviométrie de l'année considérée

⌀: Pluviométrie moyenne pour la période d'étude, qui est donnée par l'équation :

$$\wp = \frac{1}{N} \sum P_i \rightarrow \wp = 640,61 \text{ mm, Où : } i = 1, \text{ et } N = 14$$

Tableau 3: Evolution du coefficient pluviométrique (2002/2015)

Année	P (mm)	CP	Type de l'année
2002	503,8	0,786	Déficitaire
2003	938,5	1,465	Excédentaire
2004	804 ,8	1,256	Excédentaire
2005	541,0	0,844	Déficitaire
2006	478,3	0,746	Déficitaire
2007	723,0	1,128	Excédentaire
2008	381 ,8	0,595	Déficitaire
2009	890,3	1,389	Excédentaire
2010	614,1	0,958	Déficitaire
2011	711,0	1,109	Excédentaire
2012	571,0	0,891	Déficitaire
2013	630,6	0,984	Déficitaire
2014	511,7	0,798	Déficitaire
2015	668,6	1,043	Excédentaire

Le tableau montre une évolution alternative entre année déficitaire et excédentaire avec un maximum et un minimum de l'ordre de 928.5 mm (2003) et 381.8 mm (2008) respectivement et une limite de 640.6 mm qui différencier les années déficitaires ($P < 640.6$ mm) des années excédentaires ($P > 640.6$ mm).

▪ *Répartition moyennes mensuelles des précipitations*

Le (Tableau.N°4) et la (Figure.N°1) récapitule la répartition des moyennes mensuelles des relevés pluviométriques à la station de Guelma sur la période de 14 ans.

Tableau 4: Répartition des précipitations moyennes mensuelles à la station de Guelma

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
P moy. (mm)	43.4	51.6	71.6	86.1	90.8	78.8	81.9	60.3	39.3	16.6	3.7	16.7

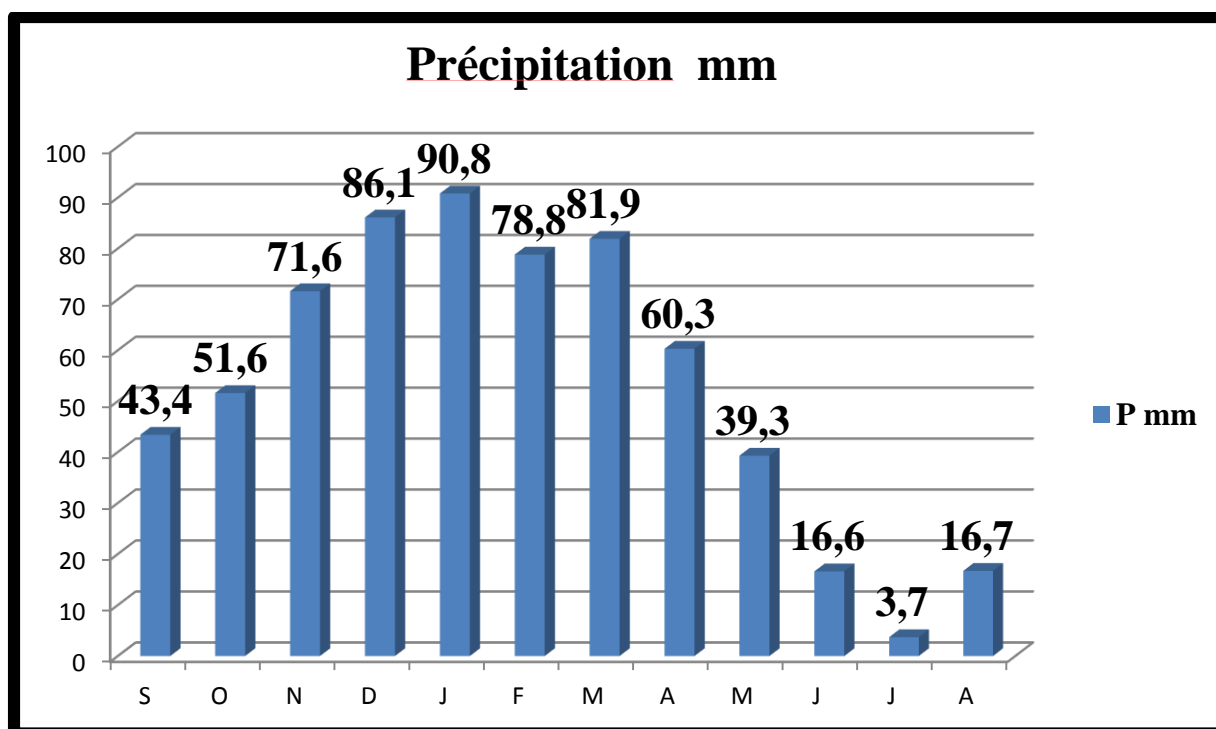


Figure 1 : Répartition des précipitations moyennes mensuelles à la station de Guelma (2002-2015).

Nous observons une grande irrégularité des précipitations moyennes mensuelles avec un maximum de l'ordre de 90.8 mm enregistré pendant le mois de janvier, un minimum de l'ordre de 3.65 mm enregistré pendant le mois de juillet, et une précipitation moyenne annuelle de 53.4 mm.

▪ *Répartition moyennes interannuelles des pluies*

Sur un cycle de 14 ans (2002-2015), les précipitations observées à la station de Guelma, montrent une grande variabilité d'une année à une autre. Ainsi, l'année la plus arrosée est celle de (2003) avec 938.5 mm/an et l'année la plus sèche est telle de (2008) avec 381.8 mm/an.(Tableau. N°5)et(Figure. N°2)

Tableau 5 : Les précipitations moyennes interannuelles à la station de Guelma (2002 – 2015)

Années	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
P(mm)	503.8	938.5	804.8	541	478.3	723	381.8	890.3	614.1	711	571	630.6	511.7	668.6

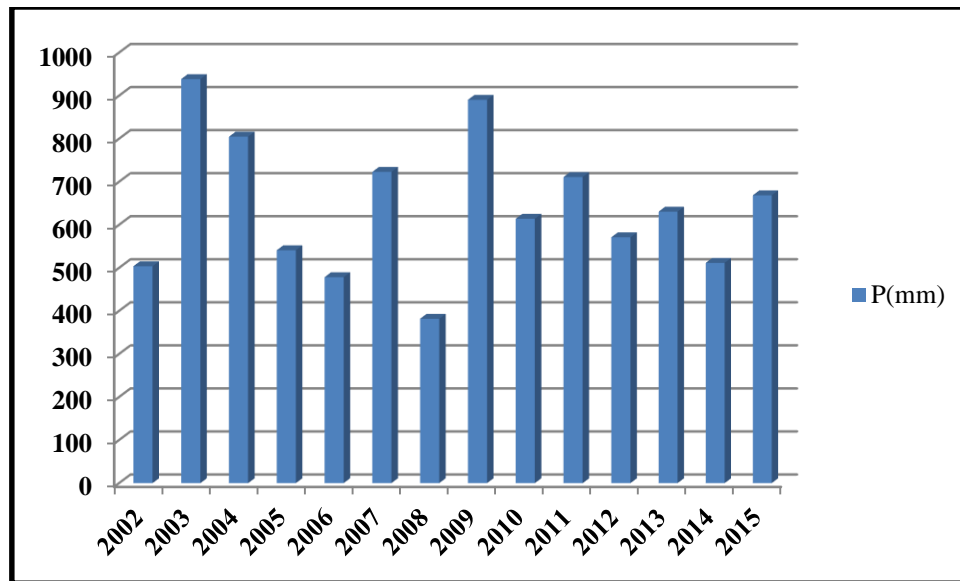


Figure 2: Précipitations moyennes interannuelle à la station de Guelma (2002-2015)

L'analyse des données pluviométriques enregistrées à la station météorologique de Guelma sur la période allant de 2002 jusqu'au 2015 permet de dire que :

- La pluviométrie moyenne interannuelle est de l'ordre de 640.6 mm et elle est très variable à l'échelle interannuelle.
- Le mois de janvier est le mois le plus arrosé avec une moyenne de 90.8 mm.
- Le mois le moins pluvieux est le mois de juillet avec une moyenne de 3.65 mm.
- La saison hivernale est la plus pluvieuse avec un pourcentage de 40 % de pluie annuelle (une moyenne de 85.2 mm/mois).
- L'été est le plus sec avec un pourcentage de 6% de la pluie interannuelle (une moyenne de 12.27 mm/mois), le reste du pourcentage des pluies interannuelles est répartie entre le Printemps et l'Automne.

2 - La Température

La température est un facteur régissant le phénomène d'évapotranspiration et donc le déficit d'écoulement annuel et saisonnier. Les données collectées sont analysées dans les paragraphes qui suivent :

- *Répartition des températures moyennes mensuelles annuelles*

- La période qui s'étale du mois de novembre au mois d'avril correspond à la période froide avec un minimum durant le mois de janvier de (9.65 °C) alors que - la période chaude commence à partir du mois de mai et s'étale jusqu'au mois de septembre avec un maximum pendant le mois de juillet (27.45°C).(Tableau. N°6)

- La moyenne annuelle est de l'ordre de 17.9 °C.

Le tableau 7 récapitule les températures moyennes mensuelles interannuelles, qui ont été reportées également dans la (Figure. N° 3) .

Tableau 6 : Moyennes mensuelles de la température de l'air à la station de Guelma (2002-2015)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
T moy. (°C)	23.64	20.18	14.7	10.84	9.65	9.9	12.44	15.53	19.21	24.01	27.45	27.3

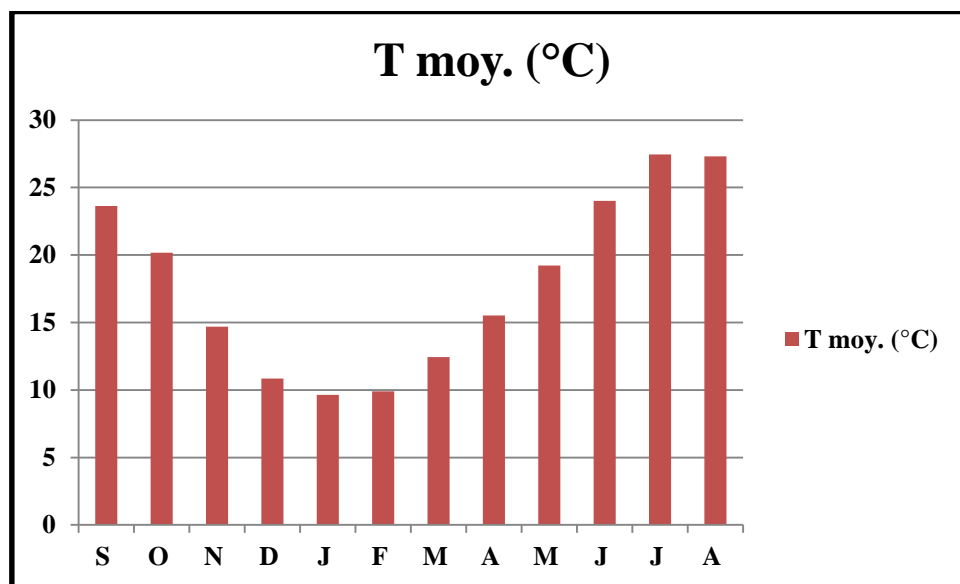


Figure 3 : Répartition moyenne mensuelle annuelle de la température à la station de Guelma (2002-2015).

- *Répartition des températures moyennes interannuelles (2002-2015)*

Le (Tableau. N°7) et la (Figure.N°4) présentent la variation de la température moyenne interannuelle sur une période de 14 ans (2002-2015).

On remarque bien l'irrégularité de ce paramètre : les années les plus chaudes sont 2003 et 2014 avec une température moyenne égale 18.5°C, tandis que les années les plus froides sont les années 2004, 2005 et 2007, avec une moyenne de température égale à 17.5°C .

Tableau 7 : Moyenne interannuelle des températures de l'air à la station de Guelma (2002-2015)

Années	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
T(C°)	18.2	18.5	17.5	17.5	18.4	17.5	17.7	18	17.9	17.8	17.9	17.7	18.5	18.1

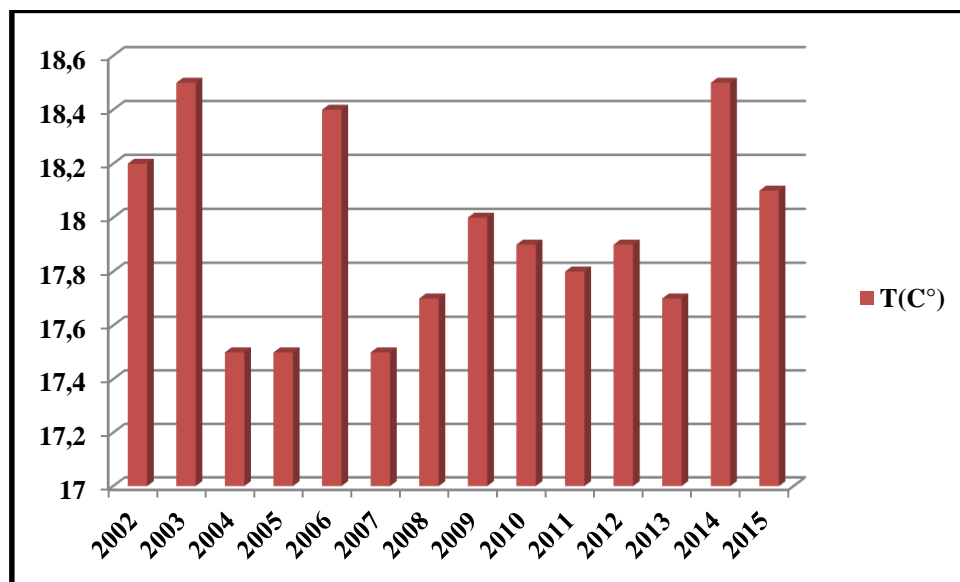


Figure 4 : Variation de températures interannuelles à la station de Guelma (2002-2015)

3 - Diagramme Pluvio-thermique de GAUSSEN

Le diagramme pluvio-thermique de GAUSSEN est la combinaison des températures et des précipitations mensuelles moyennes.

Le diagramme pluvio-thermique illustré dans la (Figure.N°5) fait ressortir deux saisons :

- Une saison sèche qui s'étend entre le mois de Juin jusqu'au mois de Septembre.
- Une saison humide qui dure six mois donc du mois d'Octobre jusqu'au mois de Mai.

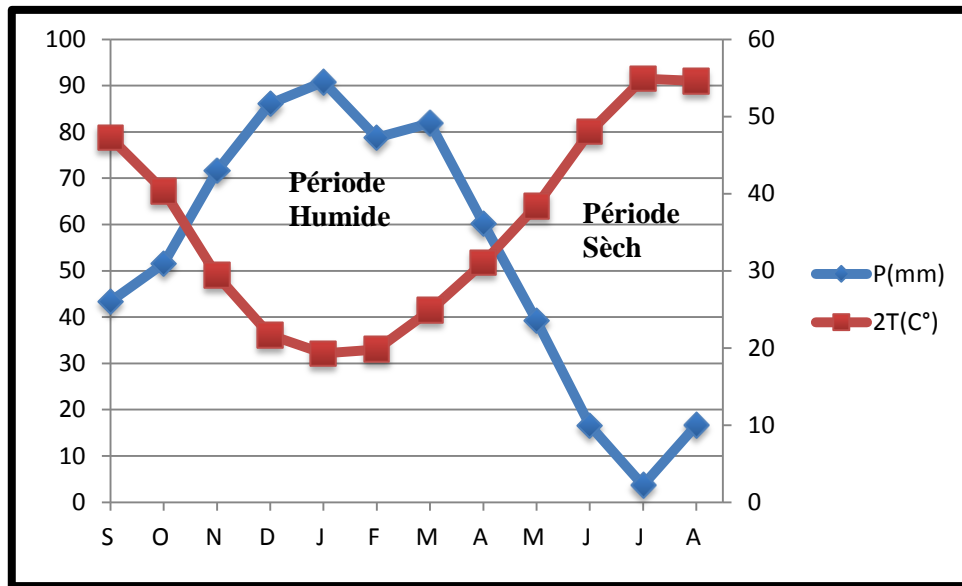


Figure 5 : Diagramme Pluvio-thermique de GAUSSEN de la région de Guelma (2002-2015).

4 - Climagramme d'EMBERGER

Le Climagramme d'EMBERGER permet de déterminer l'étage bioclimatique d'une station donnée. Il est déterminé à partir de la formule:

$$Q2 = 2000P / M2 - m,$$

dont

- ✓ P: précipitation annuelle (mm)
- ✓ M: la température maximale du mois le plus chaud en °C
- ✓ m: la température minimale du mois le plus froid en °C

En appliquant la formule suivante élaborée par STEWART pour l'Algérie et le Maroc, soit:

$$Q2 = 3.43P / (M-m) \text{ (STEWART, 1968).}$$

Avec:

- ✓ Q2 : Quotient pluviométrique d'Emberger.
- ✓ P: Précipitation moyenne annuelle (mm).
- ✓ M: Moyenne des températures maximales du mois le plus chaud en (°C).
- ✓ m: Moyenne des températures minimales du mois le plus froid en (°C).

Pour notre cas :

$P = 640.6 \text{ mm}$

$M = 27.46 \text{ }^\circ\text{C}$.

$m = 9.65 \text{ }^\circ\text{C}$.

$$\text{Donc : } Q2 = 3,43 * 640.6 / (27.46 - 9.65) = 123.37$$

La température minimale enregistrée pendant le mois de janvier au cours des 14 ans dans cette station est $9.65 \text{ }^\circ\text{C}$, donc, la position de la station de Guelma sur le Climagramme se situe aux coordonnées suivantes ($9.65 ; 123.37$).

Selon le Climagramme d'Emberger, le climat auquel appartient la zone d'étude est de type Subhumide (Figure. N°6)

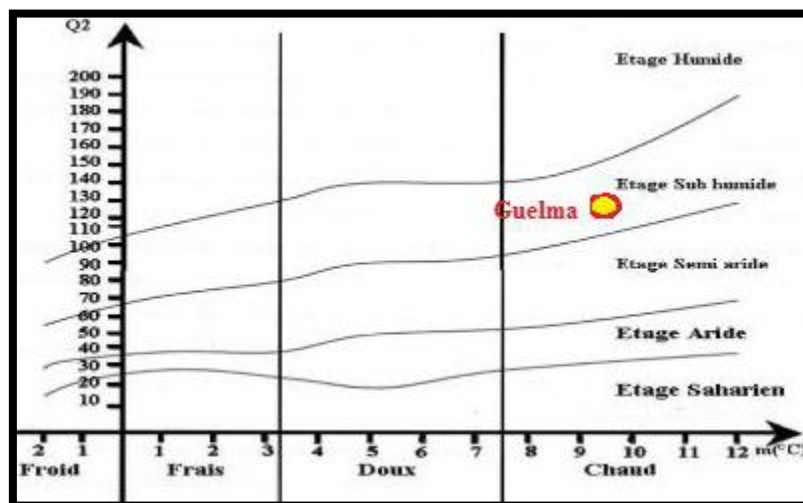


Figure 6 : Position de la station de l'ONM de Guelma sur le Climagramme d'EMBERGER.

5 - Calcul des paramètres du bilan hydrologique

L'établissement du bilan hydrique d'une région consiste à évaluer la répartition des précipitations reçues sur une surface, entre les différentes composantes suivantes :

Evapotranspiration réelle (ETR), Ruissellement (R) et l'infiltration dans le sous-sol.

L'équation du bilan hydrique s'exprime par la relation : $P = ETR + R + I$

Avec :

P : précipitation moyenne annuelle en (mm),

R : ruissellement en (mm),

I : infiltration moyenne en (mm),

ETR : évapotranspiration réelle

En conséquence, en plus des précipitations et de l'écoulement qui sont mesurés aux stations climatologiques et hydrométriques, l'établissement du bilan hydrique nécessite aussi la connaissance du paramètre " évaporation", dont l'approche est plus complexe. Quant au dernier membre de l'équation, l'infiltration efficace, difficile à estimer directement, il est déduit après la détermination des 3 autres.

Les précipitations et l'écoulement étant connus, nous donnons, ci- dessous, une approche de l'évapotranspiration potentielle et réelle, par méthodes empiriques.

a) L'évapotranspiration

L'évapotranspiration potentielle (ETP) est la quantité d'eau pouvant être restituée à l'atmosphère par transpiration des êtres vivants et évaporation du sol et des surfaces d'eaux libres, si celui-ci contient en permanence la quantité d'eau suffisante, alors que l'évapotranspiration réelle (ETR) correspond à la quantité d'eau effectivement transpirée et évaporée.

- L'évapotranspiration potentielle (ETP)

On utilise la méthode de C.W Thornthwaite pour le calcul de l'évapotranspiration potentielle (ETP), Selon cette méthode, l'estimation de l'ETP s'effectue à l'aide d'une formule empirique permettant de calculer le pouvoir évaporant (en mm) pour chaque mois.

Avec :

- ETP : évapotranspiration potentielle annuelle en mm,
- T : température moyenne mensuelle en °C,
- I : somme des indices thermiques mensuels i ; $i = (T/5)^{1.514}$
- K : facteur de correction mensuel, fonction de la durée de la journée,
- a : exposant climatique : $a = 0.016 I + 0.5$.

Les résultats sont résumés dans les tableaux ci-dessous (bilan hydrique) tableau 8.

- L'évapotranspiration réelle (ETR) (Thornthwaite)

Pour le calcul de l'évapotranspiration réelle, on utilise la méthode de C.W.Thornthwaite, où

On distingue deux principaux cas :

✓ Si $P - ETP > 0$; c.-à-d. : $P > ETP$, dans ce cas $ETR = ETP$.

✓ Si $P - ETP < 0$; c.-à-d. : $P < ETP$, ce cas est encore subdivisé en deux cas :

- Si $P + RFU > ETP$ $ETR = ETP$

- Si $P + RFU < ETP$ $ETR = P + RFU$.

Les résultats des calculs sont résumés dans les tableaux ci-dessous (bilan hydrique) (Tableau.N°8).

b) Estimation de la réserve facilement utilisable (RFU)

Elle présente la quantité d'eau emmagasinée dans le sol, son degré de saturation dépend de plusieurs facteurs :

- La nature, la composition lithologique et l'épaisseur de la couche superficielle ;
- La profondeur du niveau piézométrique de la nappe aquifère ;
- Le climat de la région ;
- Le type de la couverture végétale.

Dans notre cas, on prend une valeur de la RFU égale à 100 mm.

6 - Etablissement du bilan hydrique selon la formule de Thornthwaite

□ Le bilan hydrique établi par la méthode de Thornthwaite pour la station de Guelma a montré que l'ETP atteint son maximum au mois de Juillet (174,6 mm) et son minimum au mois de Janvier (17 mm).

□ La constitution de la RFU débute au mois de novembre et s'étale jusqu'au mois de Mai.

□ Le bilan hydrique pour une période de 14 ans de la wilaya de Guelma notre zone d'étude, les valeurs obtenues de l'évapotranspiration potentielle et réelle, le déficit agricole et l'excédent sont représentés dans le (Tableau.N°8)

Tableau 8: Bilan hydrique selon Thornthwaite dans la station de Guelma

	Tp	IT	CL	ETP	Pr	RFU=100	ETR	Def	Exc
Sep	23.64	10.5	1.03	109.3	43.4	0.0	43.4	65.9	0.0
Oct	20.18	8.3	0.97	76.3	51.64	0.0	51.6	24.7	0.0
Nov	14.7	5.1	0.86	37.2	71.55	34.4	37.2	0.0	0.0
Dec	10.84	3.2	0.81	19.7	86.1	100.0	19.7	0.0	0.8
Jan	9.65	2.7	0.87	17.0	90.8	100.0	17.0	0.0	73.8
Fev	9.9	2.8	0.85	17.4	78.75	100.0	17.4	0.0	61.4
Mar	12.44	4.0	1.03	32.5	81.9	100.0	32.5	0.0	49.4
Avr	15.53	5.6	1.10	52.8	60.25	100.0	52.8	0.0	7.5
Mai	19.21	7.7	1.21	86.8	39.33	52.6	86.8	0.0	0.0
Juin	24.01	10.8	1.22	133.3	16.57	0.0	69.2	64.1	0.0
Juill	27.45	13.2	1.24	174.6	3.56	0.0	3.6	171.0	0.0
Aout	27.3	13.1	1.16	161.6	16.7	0.0	16.7	144.9	0.0
Annuel	17.9	86.8		918.5	640.6		447.8	470.6	192.8

P : Précipitation moyenne mensuelle (mm)

T : Température moyenne mensuelle (°C)

i : indice thermique mensuelle

ETP : Evapotranspiration potentielle (mm)

ETR : Evapotranspiration réelle (mm)

RFU : Réserve facilement utilisable (mm)

Ex : Excédent (mm)

DA : Déficit agricole (mm)

* Interprétation du Bilan hydrique

Le bilan d'eau établi par la formule de Thornthwaite montre que l'ETP atteint son maximum au mois de juillet (174.6 mm) et son minimum au mois de janvier (17 mm).

La reconstitution de la RFU s'effectue au mois de novembre (34.4 mm) et atteint son maximum (100 mm) à partir du mois de décembre jusqu'au mois d'avril, à partir du quel on assiste à un épuisement du stock.

L'excédent égal à (192.8 mm/an) représentant 30.1% des précipitations annuelles alors que l'ETR est de l'ordre de 447.8 mm représentant 70% des précipitations annuelles.

Le déficit agricole DA débute au mois de juin, et se poursuit jusqu'au mois d'octobre.

7 - Ruissellement

On entend par ruissellement, l'écoulement par gravité à la surface du sol, suivant la pente du terrain et dans le réseau hydrographique des eaux météoriques. Une infime partie de cette eau sera soumise à l'infiltration qui alimentera les nappes souterraines.

Pour matérialiser la valeur du ruissellement nous allons appliquer la méthode approchée de Tixeront-Berkaloff, qui s'écrit,

Si $P < 600$ mm/an : $R = P^3 \div 3 (ETP)^2$

Si $P > 600$ mm/an : $R = P^3 \div 3$,

Avec :

R : Ruissellement (mm)

P : Précipitations moyennes annuelles (mm).

ETP : Evapotranspiration potentielle (mm/an). (Selon Thornthwaite).

Station de Guelma :

$P = 640.6$ mm $\Rightarrow R = (640.6)^3 \div 3 = (103.87)^3$ mm soit 16.2 % des précipitations.

➤ Infiltration

D'après le bilan global :

La formule générale du bilan hydrique donne l'égalité des apports et des pertes évaluées sur les grandes périodes.

On a le bilan global :

$$P = R + I + ETR \rightleftharpoons I = P - R - ETR$$

Avec :

P : Précipitation moyennes mensuelles (mm/an)

R : Ruissellement (mm/an)

I : Infiltration (mm/an)

Si $I > 0$: Les entrée sont supérieures aux sorties.

Si $I < 0$: Les entrée sont inférieures aux sorties.

Station de Guelma :

$P = 640.6$ mm, $ETR = 447.8$ mm, $R = 103.87$ mm $I = 88.93$ mm soit 13.88 % des précipitations.

Tableau 9 : Les différentes composantes du bilan hydrique

Paramètres	P (mm/an)	R (mm/an)	I (mm/an)	ETR (mm/an)	ETP (mm/an)	Déficit (mm/an)
Station de Guelma	640.6	103.87	88.93	447.8	918.5	470.6
	100 %	16.2 %	13.9 %	69.9%	/	/

I - PARAMETRE PHYSIQUE

1- Température

C'est un facteur important pour l'activité biologique, il influence la solubilité de l'oxygène du milieu récepteur, donc son pouvoir auto épurateur. La température de l'eau dépend d'une série de facteurs :

- Situation géographique, la saison
- La profondeur (la température des profondeurs est généralement plus faible qu'en surface)
- La couleur de l'eau (une eau sombre absorbe plus fortement la chaleur)
- Le volume de l'eau (plus le volume est élevé moins importantes sont les fluctuations de température).

2- Potentiel hydrogène

Le pH de l'eau mesure la concentration des protons H^+ contenus dans l'eau. Il résume la stabilité de l'équilibre établi entre les différentes formes de l'acidité carbonique, et il est lié au système tampon développé par les carbonates et les bicarbonates.

3- Conductivité électrique

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau. Ce paramètre doit impérativement être mesuré sur le terrain. L'unité de mesure de la conductivité est siemens/cm (s/cm): $1S /m = 104\mu S/cm = 103 S/m$. La minéralisation de l'eau (teneur globale en espèces minérales) peut entraîner selon les cas, un gout salé (variable selon la nature des sels présents), une concentration de la corrosion, et les dépôts dans les tuyauteries (entartrage).

Tableaux 10 : Classification des eaux selon la conductivité.

Type d'eaux	Conductivité ($\mu\text{S}/\text{Cm}$)	Résistivité ($\Omega. \text{m}$)
Eau pure	< 23	> 30000
Eau douce peu minéralisée	100 à 200	5000 à 10000
Eau de minéralisation moyenne	250 à 500	2000 à 40000
Eau très minéralisée	1000 à 2500	400 à 1000

4 - Turbidité

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. La turbidité de l'eau a pour origine la présence de matières en suspension (argile, limons, pluviométriques dans les eaux superficielles et dans certaines eaux souterraines (nappes peu profondes). La turbidité se mesure sur le terrain à l'aide d'un turbidimètre. Et sont exprimées en unités et correspondent à une mesure optique de passage de lumière. D'autres unités comparables sont employées, l'unité néphéométrique de turbidité ou NTU.

Tableaux 11 : Classes de turbidités usuelles (NTU, néphéométric turbidity unity).

NTU<5	Eau claire
5<NTU<30	Eau légèrement trouble
NTU>50	Eau trouble

5 - L'oxygène dissous

L'oxygène est l'un des paramètres particulièrement utile pour l'eau et constitue un excellent indicateur de sa qualité. C'est un des paramètres les plus sensibles à la pollution. Sa valeur nous renseigne sur le degré de pollution et par conséquent sur le degré de l'autoépuration d'un cours d'eau.

6 - Salinité

C'est la masse de sels (composés ioniques) dissous dans 1L d'eau. Elle s'exprime en g par Kg d'eau. Un composé ionique ou solide ionique cristallin est constitué de cations (ions chargés positivement) et d'anions (ions chargés négativement) régulièrement disposés dans l'espace. Globalement, un cristal ionique est électriquement neutre. Chaque solide ionique cristallin possède une formule statistique qui indique la nature et la proportion des ions présents sans en mentionner.

7 - Matière en suspension (MES)

Les matières en suspension contenues dans les eaux résiduaires constituent un paramètre important qui marque généralement le degré de pollution. Ce sont des matières qui ne sont ni colloïdales, ni solubilisés et elles-peuvent être organique ou minérales. La présence des matières en suspension, diminue la concentration en oxygène dissous, ce qui rend les activités des micro-organismes faibles et par conséquent la diminution du phénomène d'autoépuration.

8 - Résidu Sec (RS)

Le résidu Sec donne une information sur la teneur en substances dissoutes non volatiles (le taux des éléments minéraux). Suivant le domaine d'origine de l'eau cette teneur peut varier de moins de 100 mg/l (eaux provenant de massifs cristallins) à plus de 1000 mg/l.

II- PARAMETRE CHIMIQUE

1- Chlorures (Cl⁻)

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl). Ils sont souvent utilisés comme un indice de pollution. Ils ont une influence sur la faune et la flore aquatique ainsi que sur la croissance des végétaux.

2- Dureté totale (TH)

La dureté de l'eau est due à la présence de calcium et dans une moindre mesure, de magnésium. On l'exprime généralement en quantité équivalente de carbonate de calcium.

Tableaux 12 : Relation entre dureté de l'eau et concentration équivalente en CaCO_3

Dureté de l'eau	Concentration en mg/l
Eau douce	0 à 60
Eau moyennement douce	60 à 120
Eau dure	120 à 180
Eau très dure	plus de 180

Une dureté supérieure 200 mg/L peut provoquer l'entartrage CaCO_3 (excès calcaire) du système de distribution et entraîner une consommation excessive de savon avec formation d'écume.

La concentration du calcium dans l'eau de consommation n'est pas généralement élevée par rapport au besoin journalier (2 g/j).

3- Titre alcalimétrique (TA)

La teneur en hydroxyde (OH^-), est la moitié de la teneur en carbonate CO_3^{2-} et un tiers environ des phosphates présents.

4- Titre alcalimétrique complet (TAC)

Il correspond à la teneur en ions OH^- , CO_3^{2-} et HCO_3^- pour des pH inférieur, à 8.3, la teneur en ions OH^- et CO_3^{2-} est négligeable ($\text{TA}=0$), dans ce cas la mesure de TAC correspondant au dosage des bicarbonates seuls.

5- Magnésium (Mg^{2+})

Le magnésium est plus abondant après le calcium par rapport au sodium et au potassium. Le Magnésium peut avoir deux gains : Les calcaires dolomitiques qui libèrent le magnésium par dissolution, en présence du gaz carbonique. La dissolution du $MgSO_4$ des terrains gypseux du Trias situés au Sud.

6- Calcium (Ca^{2+})

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaire sous forme de carbonates. Est un composant majeur de la dureté totale de l'eau, le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables. Il existe surtout à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, chlorure etc. les eaux de bonne qualité renferment de 250 à 350 mg/l les eaux qui dépassent les 500 mg/l présente de sérieux inconvénient pour les usages domestique et pour l'alimentation des chaudières.

Conclusion :

La géologie de la zone d'étude est caractérisé par des formations allant du trias jusqu'au quaternaire, présente ainsi une lithologie très variée qui comprend essentiellement les alluvions, les marnes, les argiles, les flychs et les calcaires.

La wilaya de Guelma, notre zone d'étude est caractérisé par un climat de type Sub-humide, caractérisé par deux saisons distinctes : l'une humide et l'autre sèche.

La température moyenne est de 17,9 °C alors que la moyenne interannuelle des précipitations est de l'ordre de 640,6 mm dont 69,9% sont perdus par évapotranspiration. Le reste des précipitations est partagé presque à part égale entre le ruissellement (16,2 %) qui va rejoindre principalement les Oueds et l'infiltration (13,88%) qui va recharger les nappes souterraines.

Introduction :

Dans le but de procéder à une analyse physico-chimique des eaux des zones situées à la wilaya de Guelma, nous avons procédé à un prélèvement des échantillons de ces eaux dans le respect strict suivant les techniques d'échantillonnage.

Notre étude est fondée sur l'échantillonnage de trois forages, un sel puits et l'eau de barrage qui passe par un traitement.

En effet notre approche est l'étude physico chimique de chaque point et le comparer avec les normes de OMS. Cinq points d'eau ont été suivis à un pas de temps plus ou moins régulier pendant 30 jours, soit le mois d'avril.

Nous ferons une étude physico-chimique de ses eaux en vue de déterminer leur qualité après l'échantillonnage et l'analyse des éléments majeurs au laboratoire afin d'apporter des recommandations quant à l'utilisation de cette ressource.

◆ Matériels et méthodes de prélèvement :

Le matériel de prélèvement doit faire l'objet d'une attention particulière pour la physico-chimique, on utilise des flacons en plastiques d'une contenance d'un litre.

Pour l'analyse physico-chimique, il faut laisser couler le temps nécessaire à l'obtention d'une eau de qualité permanente. L'eau doit être prélevée dans des bouteilles particulièrement propres et rincées plusieurs fois avec l'eau à examiner. Il faut remplir les flacons jusqu' au bord et fermer sans agiter l'eau au contact de l'air. Les prélèvements doivent être scellés et munis d'une étiquette : La date, l'heure et point de prélèvement.

1- Matériels utilisés :

- Flacon de 1 l
- flacon plastique
- Béchers de 100 ml
- Béchers de 50 ml
- Erlenmeyers
- Burette de 10 ml ou 25 ml
- Cuvette de 10 ml ou 25 ml
- Pipette de 2 ml
- Ciseaux et poires
- Plaque chauffante
- Calotte et puisette
- Eprouvette de 50 ml
- Agitateur magnétique
- Barreau magnétique
- Baguette et papier hygiénique

2 - transport des échantillons :

Pour optimiser un meilleur résultat sur les analyses :

- Le délai entre le prélèvement et l'analyse au laboratoire doit être la plus court possible ;
- Les échantillons doivent être transportés dans un glacière à une température de 6°C

3 - Analyses physico-chimique :

3-1 - Les paramètres physiques :

➤ Mesure in situ :

On a trois paramètres physique (ph, température, conductivité électrique) ont été mesuré in situ, immédiatement après le prélèvement de le échantillon à l'aide de thermomètre, PH mètre, conductivimètre

a- Le pH

Pour cette détermination, nous utilisons une méthode électro métrique avec électrode combinée selon la norme AFNOR. Cette méthode consiste à plonger dans l'échantillon, une électrode spécifique. (Figure. N°7)



Figure 7 : présent le PH mètre utilisé pour mesuré le PH de l'eau.

b- Température :

La détermination de la température est faite au laboratoire à l'aide d'un thermomètre incorporé à l'oxymètre étalonné avant chaque manipulation. On lit directement la température exprimée en degré Celsius (°C).(Figure. N°8)



Figure 8 : le thermomètre utilisée pour mesuré la température

c- La conductivité

La détermination de la conductivité se fait par la mesure de la résistance électrique de la solution. Un voltage est appliqué entre deux électrodes plongées dans l'échantillon, et la chute du voltage due à la résistance de la solution est utilisée pour calculer la conductivité par centimètre.(Figure.N°9)



Figure 9 : présent le conductivimètre utilisé pour mesuré la conductivité

d – Turbidité

Méthode néphélométrie, le faisceau lumineux traverse horizontalement la cuvette contenant l'échantillon, une partie de cette lumière est diffusée par effet Tyndall grâce aux particules en suspension.

Le photomultiplicateur d'électron situé à un angle de 90° par rapport au faisceau lumineux capte les photons diffusés et transforme cette énergie lumineuse en signal électrique dont le potentiel est fonction de la turbidité. (Figure. N°10)



Figure 10 : présent un turbidémètre

3.2 Les paramètre chimique :

➤ Analyses au laboratoire

On procède à une analyse complète de tous les éléments majeurs (Ca^+ , Mg^{2+} , N^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^- , HCO_3^- , PO_4^-) ainsi que le titre alcalimétrique complet TAC et le titre hydrotimétrique TH.

a- Dosages du calcium Ca

Le dosage est fait avec le ph élevé (entre 12 et 13), le magnésium est précipité sous forme d'hydroxyde et n'intervient pas. Par ailleurs, l'indicateur choisi ne se combine qu'avec le calcium.

b - Dosage du magnésium Mg :

Titration molaire des ions calcium et magnésium avec une solution de sel disodique de l'acide éthylènediaminetétracique.

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

c - Dosage de sodium et potassium (Na^+ et K^+)

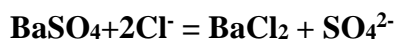
La photométrie de flamme permet le dosage des cations alcalins Li, Na, K.

Le photomètre de flamme est constitué de trois éléments : le brûleur, le monochromateur et d'une cellule photoélectrique ; d'un amplificateur et d'un afficheur.

d- Détermination des sulfates SO₄⁻

L'objet de la présente est de décrire la détermination des sulfates par spectroscopie.

Les ions sulfates sont précipités et dosés à l'état de sulfate de baryum suivant la réaction :



e -TAC

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

f - Dosage des nitrates (NO₃⁻)

En présence de salicylate de sodium 0.5 % (renouvellement toutes les 24 heures)

- Solution d'hydroxyde de sodium 30 % ; 30 g de NaOH DANS 100ml d'eau distillée.
- H₂SO₄ concentré.
- Tartrate double de sodium et de potassium.
- Hydroxyde de sodium 400 g.
- Tartrate double de sodium et potassium 60g.
- Eau distillée.

Laisser refroidir avant de compléter à 1000 ml.

Cette solution doit être conservée dans un flacon de polyéthylène.

- Solution mère d'azote d'origine nitrique à 1000 mg/l.
- Nitrate de potassium anhydre 0.722 g.
- Eau distillée 1000 ml.
- chloroforme 1 ml.
- Solution fille d'azote d'origine nitrique à 5 mg/l.

g- Dosage des ions nitrites

Les ions nitrites réagissent en milieux acide ($\text{pH} = 1.9$) avec la sulfamilade en formant sel de diazonium qui forme avec le N- (1-naphtyl) - ethylènediamine – dichlorohydraté un colorant azoïque rouge.

h- Dosage Chlorures

Le chlore présent dans l'échantillon sous forme d'acide hypochloreux et/ou d'ion hypochlorite réagit immédiatement avec le DPD [N, N -diethyl-p- phénylène - diamine] en même temps que le chlore présent dans l'échantillon pour former une coloration rouge proportionnelle à la concentration du chlore .

Note : si la solution vire temporairement au jaune après addition du réactif, ou provoque l'affichage HORS – GAMME, diluer un nouvel échantillon et recommencer l'essai. Une légère perte de chlore peut se produire lors, de la dilution. Multiplier le résultat par le facteur de dilution approprié.

i- Dureté totale :

L'indicateur utilisé est la colmagite qui forme une coloration bleue-violette en solution fortement alcaline et vire au rouge en présence de calcium et de magnésium libre. L'analyse du calcium et du magnésium est effectuée en complexant le calcium avec l'EDTA pour détruire la coloration due à ces deux éléments (calcium, magnésium). En mesurant la coloration rouge dans ces différents états, les concentrations du calcium et du magnésium sont obtenues.

j- La Couleur :

Elle est exprimée en couleur « apparente » ou en couleur « vraie » en suspension. En filtrant ou en centrifugeant l'échantillon on détermine la couleur vraie.

k- Alcalinité

La détermination de l'alcalinité est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré.

Note : Le titre alcalimétrique (TA) mesure la teneur de l'eau en alcalins libres et en carbonates alcalins caustiques.

Le titre alcalimétrique complet (TAC) correspond à la teneur de l'eau en alcalins libres, carbonates et bicarbonates.

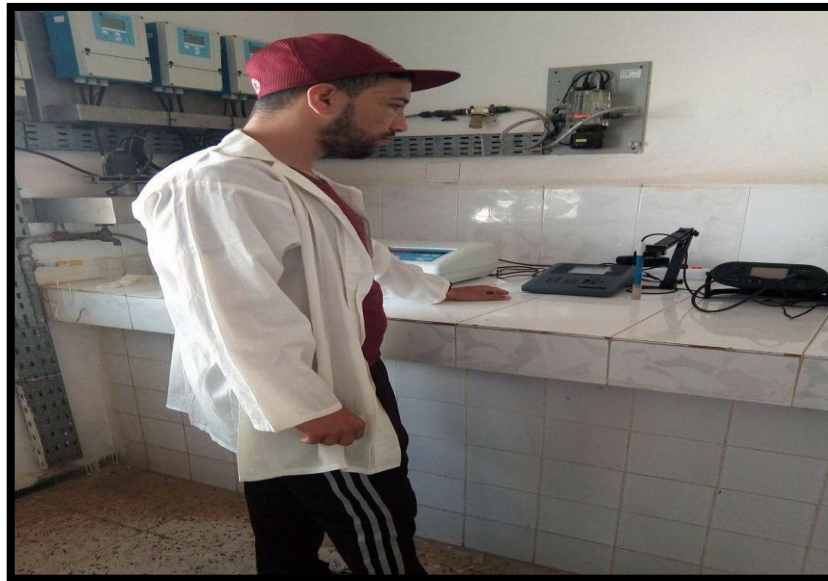
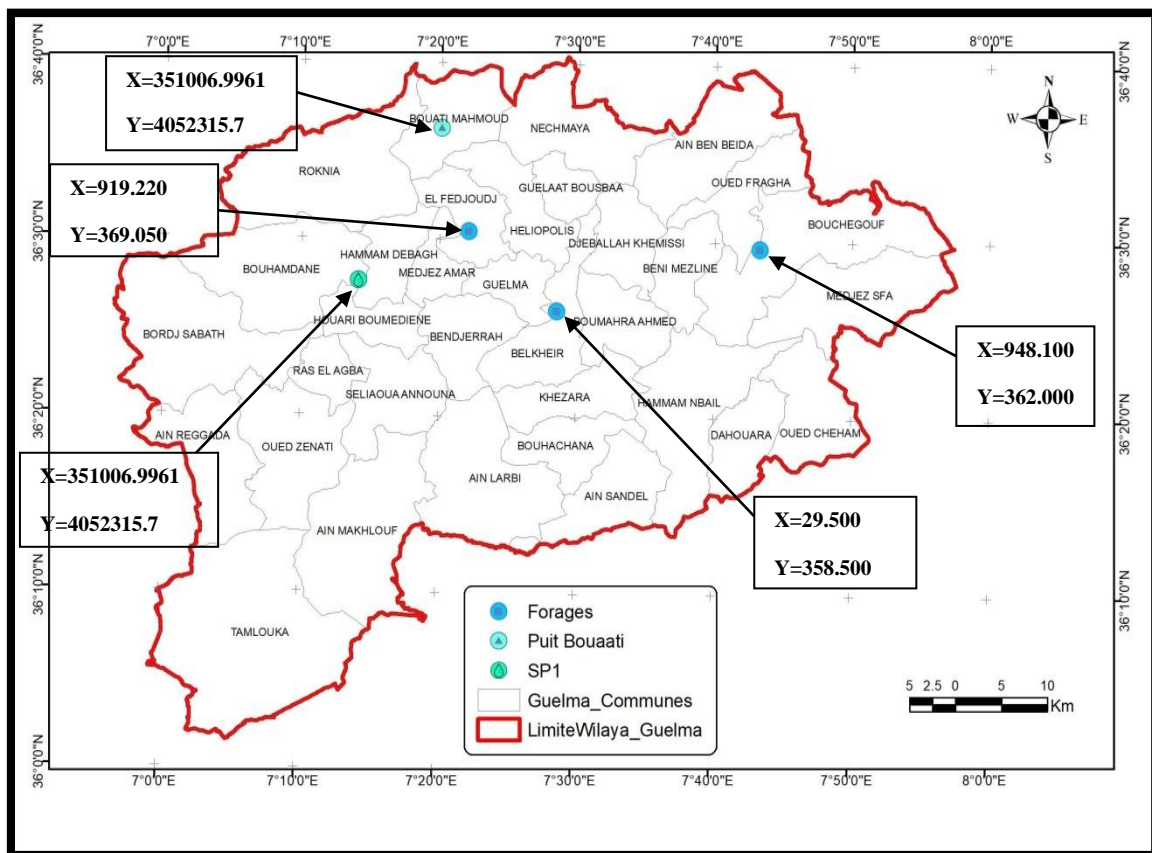


Figure 11 : analyse des échantillons aux niveaux de station d'épuration (Hammam Debegh)

I – Présentation géographique des points d’eau d’échantillonnage

Le premier objectif de l'échantillonnage est d'obtenir des prélèvements représentatifs de l'élément que l'on désire analyser (l'eau). Le prélèvement des échantillons pour l'analyse physico-chimiques d'eaux destinées à l'alimentation (eau de puits, de forage...), est d'une grande importance puisque les résultats reflètent directement les caractéristiques chimiques de ces eaux prélevées.

Carte 4 : Localisation des points d'eau destinés à l'industrie agroalimentaire



Notre échantillon est constitué de Cinq points d’eau, cette eau est destiné à la fabrication des aliments agroalimentaires, ce dernier se répartit comme suit :

1- Forage BS2

Ce forage alimente le moulin de Mermoura, qui se situe à la commune de Bouchegouf, sa profondeur est de 100 m avec un débit d'exploitation de 20L/s.

2- Forage F2

Ce forage alimente les industries du groupe Benamor (conserverie de tomate CAB2, le moulin et les pâtes alimentaires), ce situé à commue d’Fedjoudj, sa profondeur est de 226 m avec un débit d’exploitation de 23L/s (Figures N°12 et 13).



Figure 12 : forage F2 (Source : NAILI .A & MENIDJEL .Y 2018)



Figure 13 : réservoir d’eau du groupe Benamor (Source : NAILI .A & MENIDJEL .Y 2018)

3- Forage BA2

Ce forage alimente la conserverie Zimba, qui se situe à la commune de Belkheir, sa profondeur est de 100m avec un débit d'exploitation de 7 L/s. (Figure. N°14)



Figure 14 : forage BA2 (Source : NAILI .A & MENIDJEL .Y 2018)

4- Puits APC

Ce puits alimente la conserverie CAB1 Benamor, qui se situe à la commune de Bouaati

5- SP1 L'eau de barrage hammam Debegh

Il alimente le moulin d'Héliopolis (Figure. N°15)



Figure 15: SP1 barrage Hammam Debeh (Source: NAILI .A & MENIDJEL .Y 2018)

II- Les paramètres physico-chimiques

1-Mesure in situ

Les résultats des paramètres mesurés in situ sont regroupés dans le tableau N° (T° de l'eau, pH, CE), et illustrés par les figures à, qui représentent la variation et l'évolution spatiale de chaque paramètre.

1-1- Température de l'eau :

La température joue un rôle primordial dans la solubilité des sels et des gaz et par conséquent sur la conductivité électrolytique. L'examen du tableau permet de constater que les valeurs des températures de l'eau varient de manière variable, elle est au minimum 12.2°C au niveau de SP1 qui alimente l'industrie de moulin Mermoura de Heliopolis et elle est au max 20.2°C au niveau de puits APC qui alimentent l'industrie de CAB 1 (Figure. N°16)

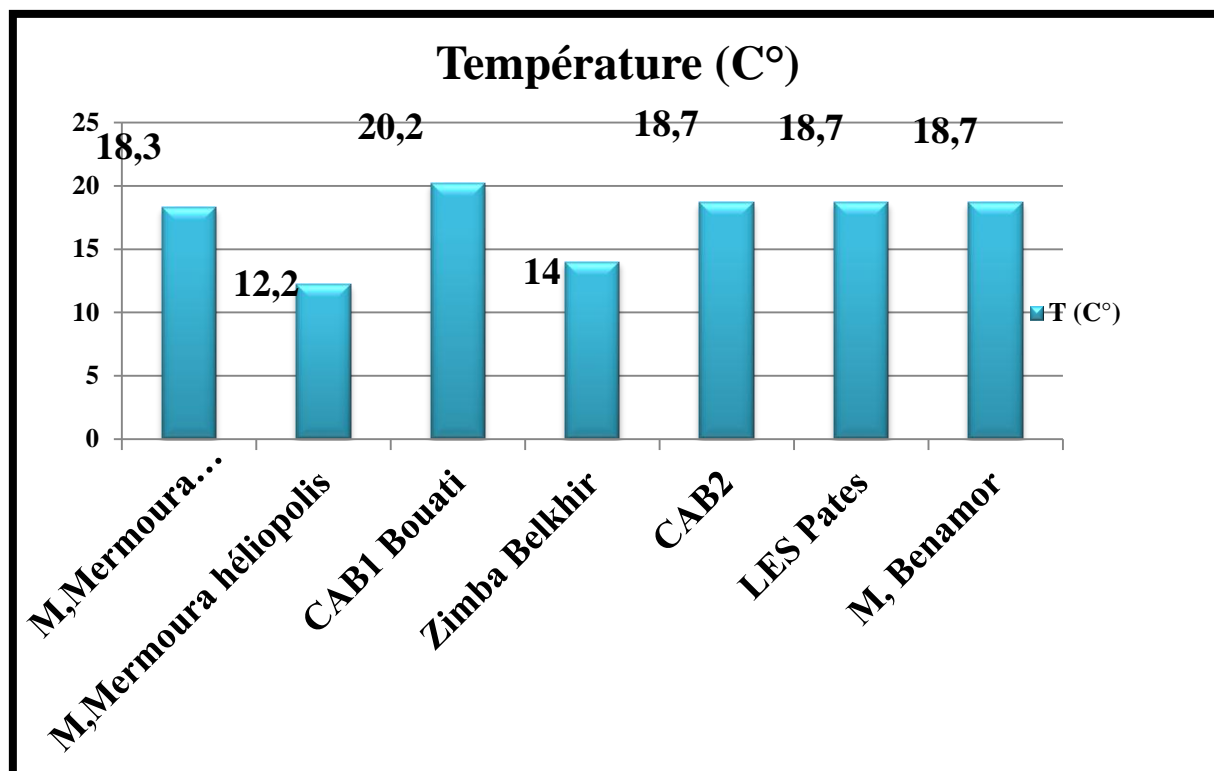


Figure 16 : Evolution de la température de l'eau dans les points d'eaux.

1-2- Potentiel hydrogène (pH)

Le pH de l'eau résume la stabilité de l'équilibre établi entre les différentes formes de l'acide carbonique. Il est lié au système tampon développé par les carbonates et les bicarbonates. Il dépend de la diffusion du gaz carbonique à partir de l'atmosphère, du bilan des métabolismes respiratoires et photosynthétiques (Hutchinson, 1987) ainsi que de l'origine des eaux, la nature géologique du milieu traversé, les rejets des eaux usées, etc. (Dussart, 1992).

Le pH des eaux utilisées dans l'industrie est faiblement alcalin. Il oscille entre 7.82 et 6.93, la valeur la plus élevée est relevée au niveau de forage BS2 qui alimente le moulin de Mermoura (Bouchegouf), et la plus faible est enregistrée au niveau de puits APC qui alimentent CAB 1 (Figure. N°17)

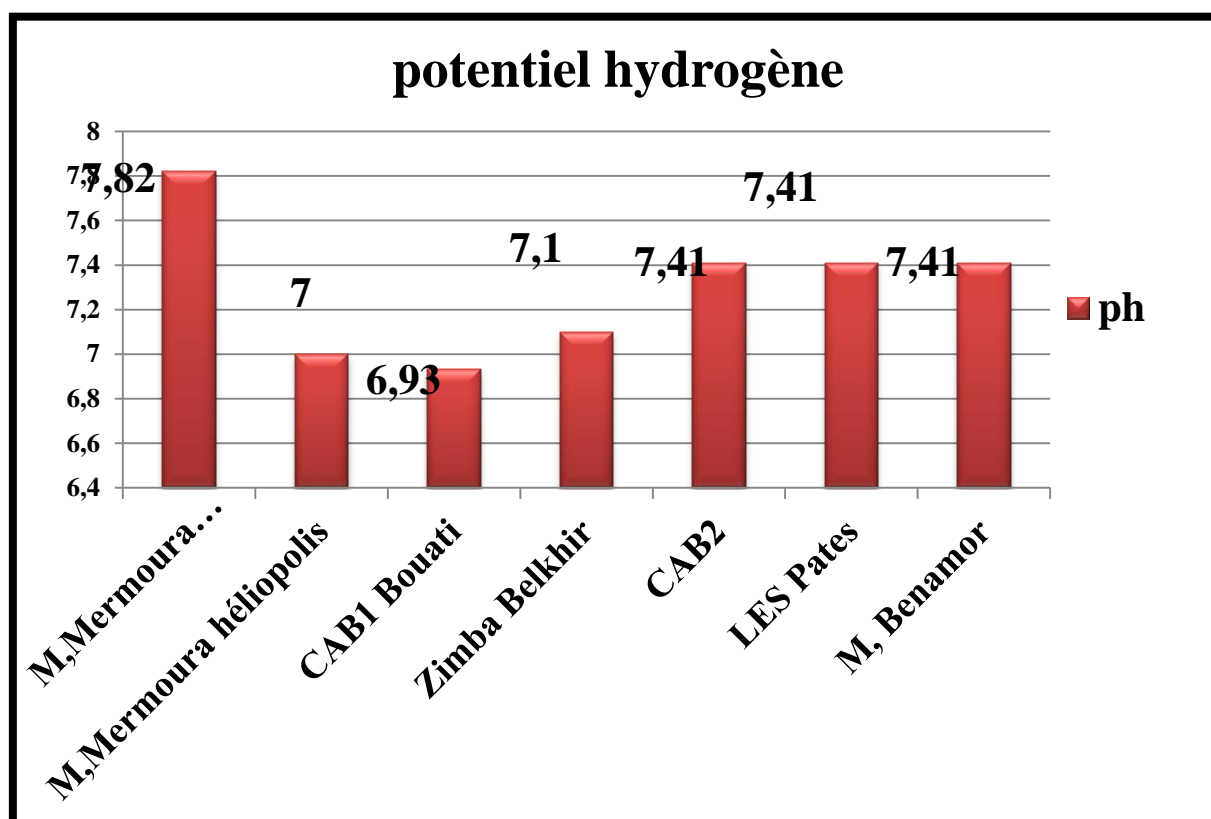


Figure 17 : Evolution de PH de l'eau dans les points d'eaux.

1-3- Conductivité électrique (CE)

La mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau (Rodier et al, 2005).

Elle renseigne sur le degré de minéralisation globale des eaux superficielles. Des températures élevées agissent sur la conductivité électrique par action sur la mobilité des sels (Dussart, 1966In. El Morhit, 2009). Les eaux naturelles servent comme solvant d'un nombre considérable de solutés, qui en solutions aqueuses sont soit complètement associés en ions ou partiellement ionisés. Une conductivité élevée traduit soit des pH normaux, soit le plus souvent une salinité élevée (Bremond et Perrodon, 1979).

La conductivité électrique des eaux utilisée par les industries est à l'intervalle de 591-1805 $\mu\text{S}/\text{cm}$, le plus élevé 1805 $\mu\text{S}/\text{m}$ est enregistré au niveau de forage BS2 qui alimente le moulin Mermoura de Bouchegouf et le plus faible 591 $\mu\text{S}/\text{cm}$ est enregistré au niveau de forage F2 qui alimente le complexe industriel de BENAMOR (EL-Fedjoudj) (Figure. N°18)

Le Moulin de Mermoura Bouchegouf est dépassé les normes de l'OMS.

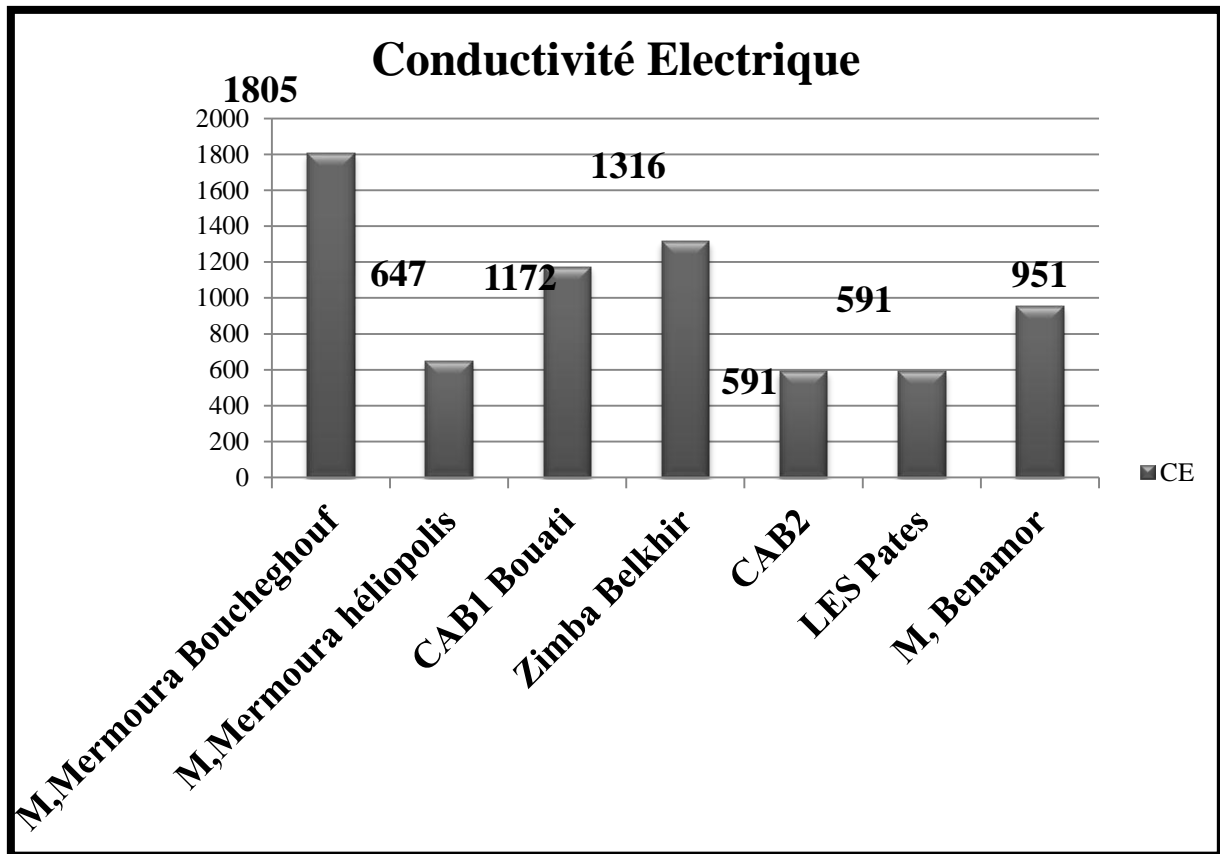


Figure 18 : Evolution de la conductivité électrique de l'eau dans les points d'eaux.

1-4- Résidu Sec

Une certaine quantité d'eau bien mélangée est évaporée dans une capsule tarée. Le Résidu desséché est ensuite pesé. L'estimation du Résidu Sec a été faite par l'expression suivante :

$$RS = (P_p - P_v) \cdot 10 \cdot 1000$$

RS = Résidu Sec en mg/l

P_v = poids vide de la capsule

P_p = poids plein de la capsule

L'examen de la (Figure. N°19) montre que les eaux de forage BS2 destinés vers, le moulin Mermoura de Boucheghouf, sont très riche par les résidus secs 1346mg/l, en effet la plus faible quantité est enregistré au niveau de forage F2, qui alimente les industries du groupe Benamor avec 432 mg/l.

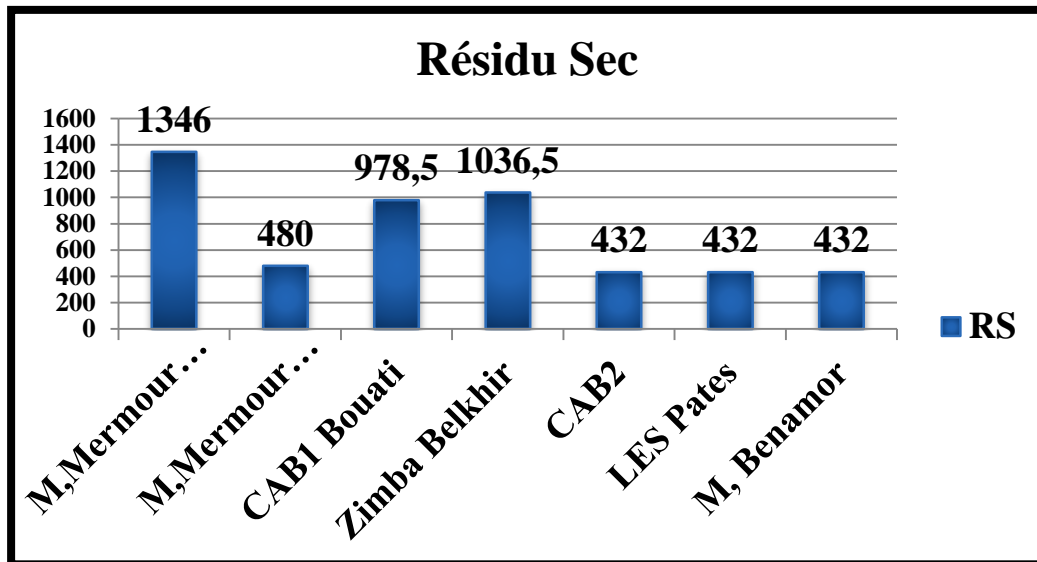


Figure 19 : concentration des résidus secs dans chaque industrie en mg/l

1-5- Dureté TH

D'après Swoyer et Macarty 1969, le plus part des eaux ce sont des eaux dure et très dure 30 à 40°F. La dureté la plus élevé 59.2 °F enregistré au niveau de puits APC destinés vers CAB1 Benamor et plus faible dureté 27.2 °F enregistré au SP1 correspond à l'industrie de Mermoura de Héliopolis (Figure. N°20) Tableau dans l'annexe.

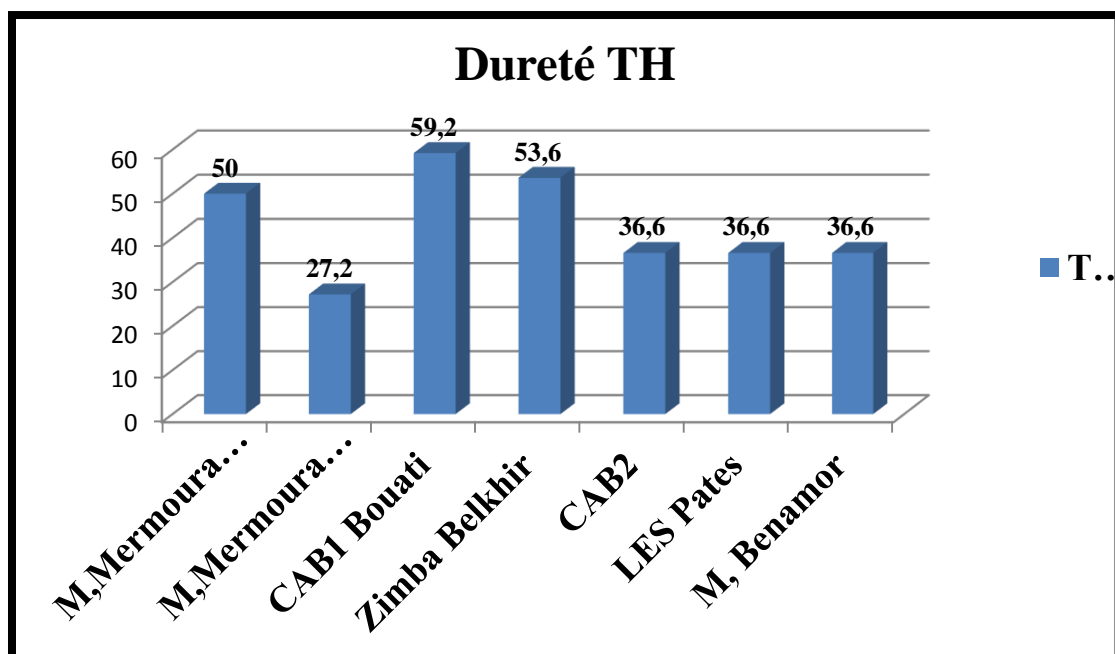


Figure 20 : la dureté TH dans chaque industrie en °F

III-Analyse des balances ioniques

1. Contrôle de la cohérence des résultats :

La fiabilité des analyses chimiques est contrôlée à l'aide de la balance ionique (BI) .

Elle est exprimée sous forme d'un écart relatif par la formule suivante :

$$BI = \left[\frac{\sum r(\text{cations}) - \sum r(\text{anions})}{\sum r(\text{cations}) + \sum r(\text{anions})} \right] \times 100$$

Toutes les valeurs des cations et anions en **meq/l**.

Nous constatons que les valeurs de Balance ionique sont inférieures ou égales à 10 % (Tableau. N°13) ce qui traduit la bonne rentabilité des analyses (Sawyer et MaCarthy, 1969).

Tableau 13 : Balance ionique

Les points d'eau	Le type de point	BI%	Les Industries
BS2	Forage	5% l'analyse est acceptable	Moulin .Mermoura Bouhegouf
F2	Forage	9% l'analyse est médiocre	CAB2+Moulin Benamor +Conserverie Benamor
BA2	Forage	7% l'analyse est médiocre	Conserverie. Zimba
Puits APC	Puits	10% l'analyse set médiocre	Conserverie Benamor CAB1
SP1	Eau de barrage	1% l'analyse est excellente	Moulin. Mermoura Héliopolis

D'une manière générale, les résultats des analyses chimiques sont considérés :

- ✓ Si BI < 1% : Fiabilité des résultats d'analyses excellente.
- ✓ Si BI < 5% : Fiabilité des résultats d'analyses acceptable.
- ✓ Si BI < 10% : Fiabilité des résultats d'analyses médiocre.
- ✓ Si BI > 10% : Douteuse ou bien mauvaise fiabilité des résultats d'analyses.

2-Interpretation des anions et des cations

- Les cations

- Le calcium (Ca^{2+})

Le calcium est un élément de la dureté. Il existe surtout à l'état de bicarbonates et en quantités moindres sous forme de sulfates, chlorures, etc...(Rodier et *al.* 2005). La teneur en calcium des biotopes terrestres ou limniques présente une importance écologique majeure (Ramade, 2002). C'est un constituant cationique le plus dominant des eaux superficielles, il se présente généralement sous forme de bicarbonate, $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, soluble (Brémond et Vuichard, 1973).

La concentration de calcium varie entre 61.67 à 196.24 mg/l avec une moyenne 96.92 mg/l.

Toutes les eaux destinées aux industries agroalimentaires dépassent les normes de l'OMS sauf l'eau qui alimente le moulin Mermoura de Héliopolis.

La plus grande valeur 196.24 mg/l provient de puits APC qui alimente la Conserverie Benamor CAB1 et la petite valeur 61.67 mg/l de la station de traitement de Hammam Debegh qui alimente le moulin Mermoura Héliopolis (Figure. N°21)

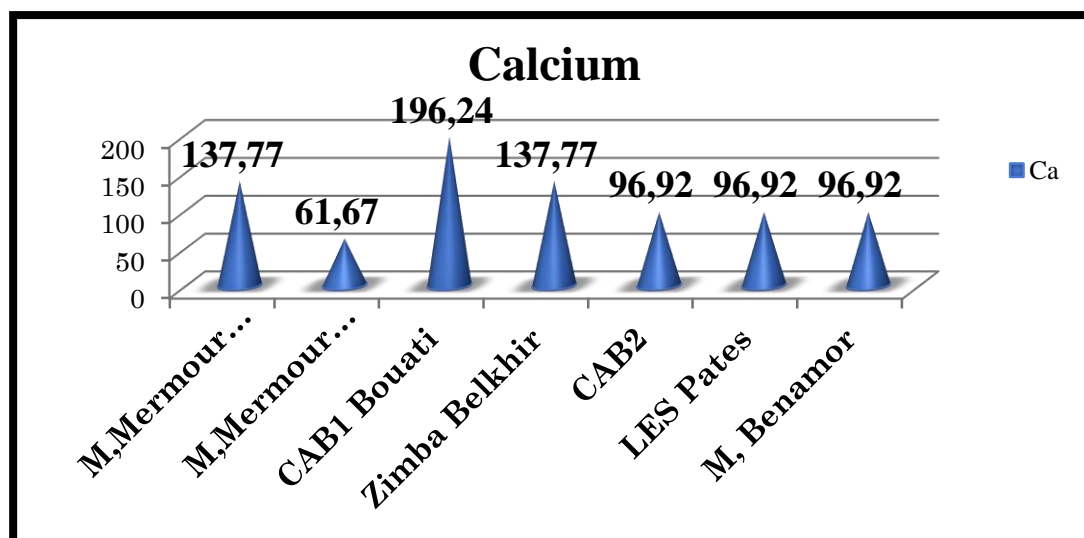


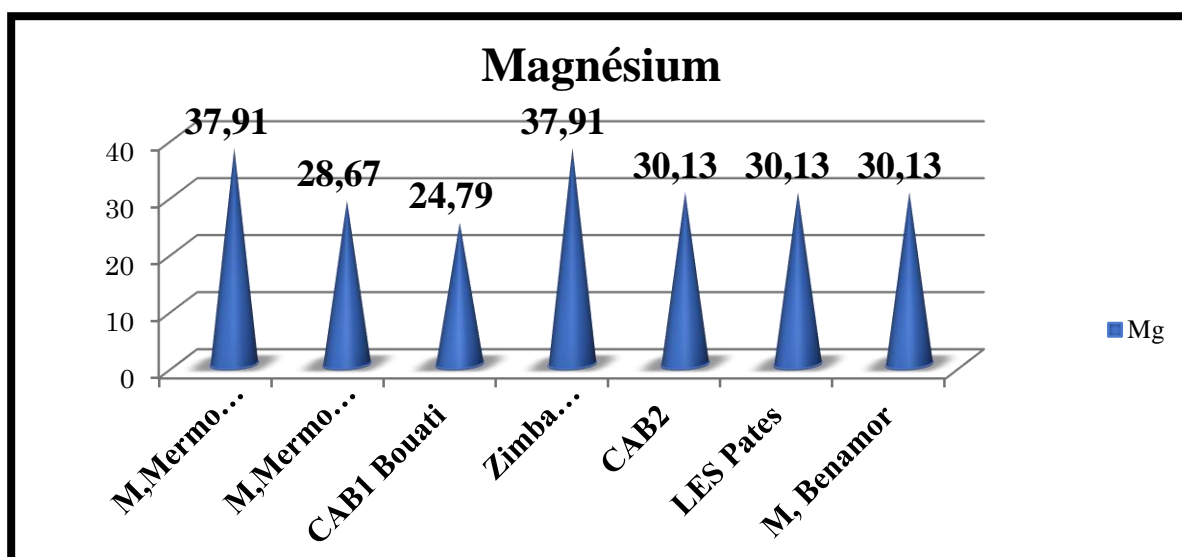
Figure 21 : la concentration de Ca^{2+} dans chaque industrie.

– **Le magnésium (Mg^+)**

Le magnésium est un constituant de nombreux minéraux et roches, en particulier la dolomie (carbonate double de calcium et de magnésium). Il provient également de la dissolution d'autres roches dans les eaux continentales (basalte, magnésites, argiles, etc.). Les eaux magnésiques se forment lorsqu'elles circulent sur des substrats dont les roches sont riches en cet élément (Ramade, 2002).

La concentration de magnésium varie entre 37.91 à 24.79 mg/l avec une moyenne 28.67 mg/l.

Les plus grandes valeurs 37.91 mg/l proviennent de deux forages BS2 et BA2 qui alimente le moulin Mermoura de Bouchegouf et la conserverie Zimba et la petite valeur 24.79 mg/l provienne de puits APC qui alimente la Conserverie Benamor CAB (Figure. N°22).

**Figure 22 : la concentration de Mg dans chaque industrie.**

– **Le sodium (Na^+)**

Le sodium est l'un des constituants majeurs de l'écorce terrestre (2.83 %). Il existe dans la totalité des eaux car sa solubilité est très élevée (Brémondet Vuichard, 1973).

La concentration de sodium varie entre 445 à 65 mg/l avec une moyenne 130 mg/l.

A par les eaux qui alimente les industries Zimba et CAB1 qui dépassent les normes de l'OMS tous les autres industries sont accepté les normes de l'OMS.

La plus grande valeur 445 mg/l provient de forage BA2 qui alimente la Conserverie Zimba et la petite valeur 65 mg/l provienne de forage F2 qui alimente Conserverie CAB2, les pâtes et le moulin Benamor (Figure. N°23)

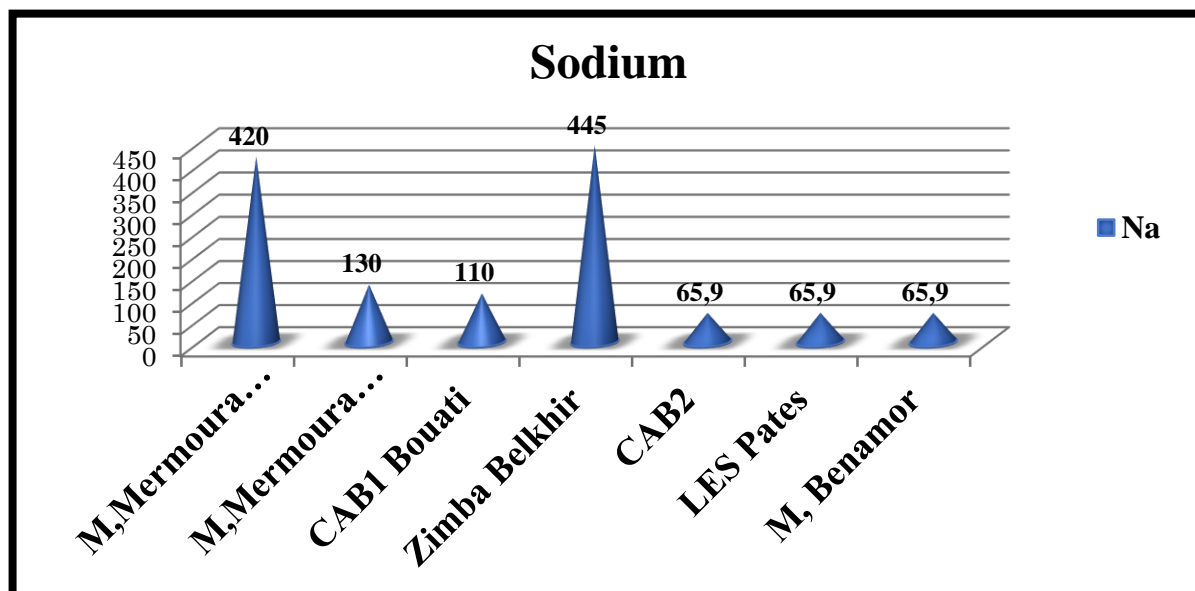


Figure 23 : la concentration de Na dans chaque industrie.

– Le potassium (K^+)

Selon Brémond et Vuichard (1973), le potassium est un élément normal des eaux, où sa concentration est largement inférieure à celle du sodium, bien que leurs abondances relatives terrestres soient comparables (sodium 2.83 % - potassium 2.59 %).

Les concentrations de potassium de varient entre 14 à 7 mg/l avec une moyenne 10 mg/l.

La plus gronde valeur 14 mg/l provient du puits APC qui alimenter Conserverie Benamor CAB1 et la petite valeur 7 mg/l provient de la station de traitement de Hammam Debegh qui alimenter moulin Mermoura héliopolice (Figure. N°24)

Sauf les eaux qui aliment CAB1 est conserverie Zimba sont dépassent les normes.

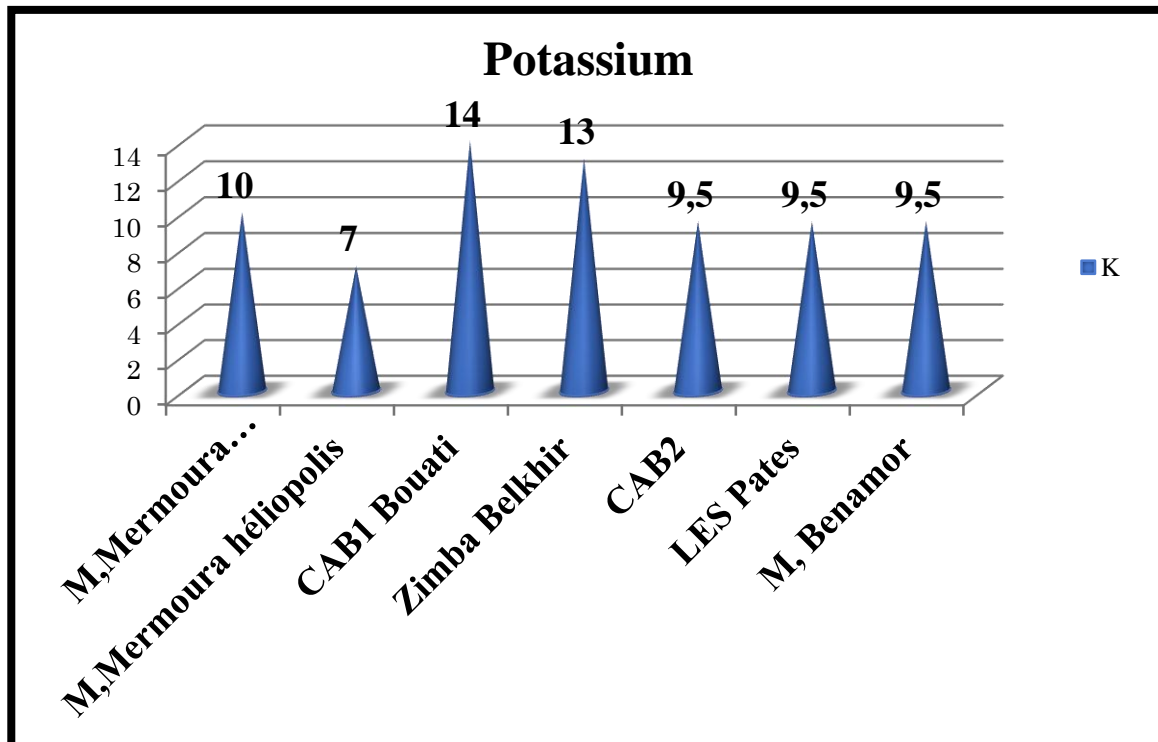
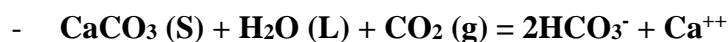


Figure 24 : La concentration de potassium dans chaque industrie.

- Les anions
 - Les 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 somme des équations de dissolution est donnée comme suit :



Les concentrations Les bicarbonates de varient entre 360 à 180 mg/l avec une moyenne 281 mg/l.

La plus grande valeur 360 mg/l provient de forage F2 qui alimenter Conserverie CAB2, les pâtes et le moulin Benamor est la plus faible teneur 180 mg/l provient de la station de traitement de Hammam de Debegeh qui alimenter le Moulin Mermoura Héliopolis (Figure. N°25)

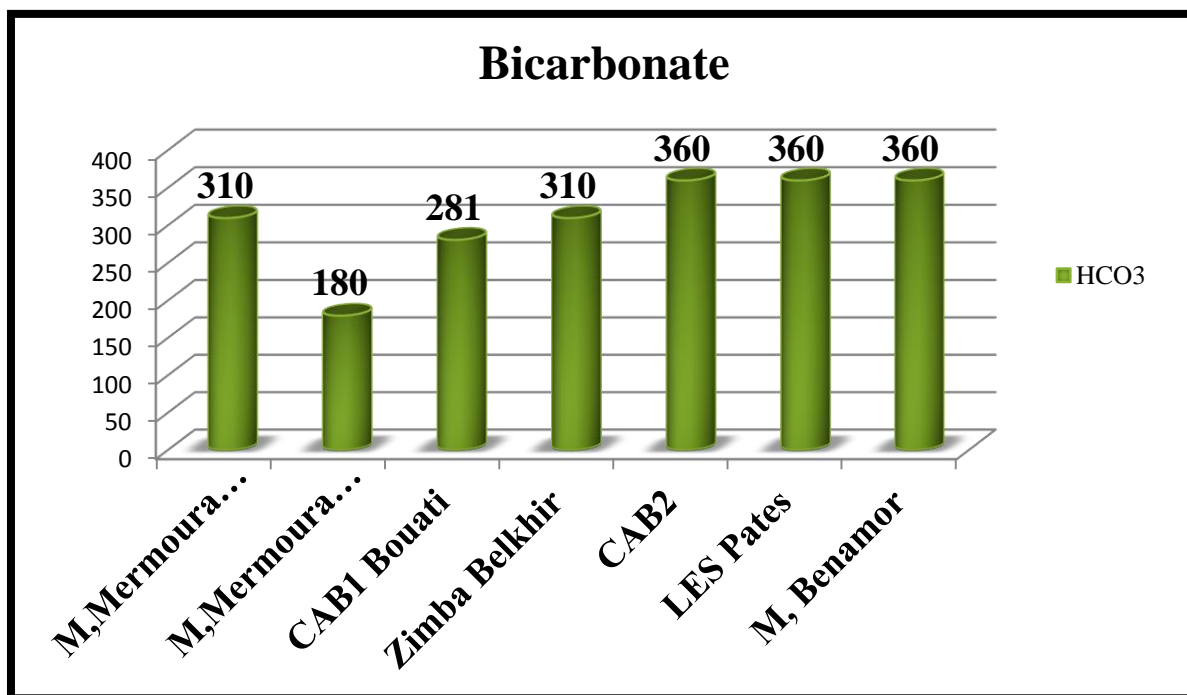


Figure 25 : la concentration de HCO₃ dans chaque industrie.

– Les sulfates (SO₄²⁻)

Les sulfates, composés naturels des eaux, sont liés aux cations majeurs : calcium, potassium et sodium (Brémond et Vuichard, 1973).

Les concentrations Les sulfates de varient entre 290 à 49.5 mg/l avec une moyenne 180 mg/l.

Les eaux qui alimentent les industries CAB1, Zimba et Moulin Mermoura Bouchegouf sont dépassent les normes de l'OMS.

La plus grande valeur 290 mg/l a été enregistrée dans le puits APC qui alimenter Conserverie Benamor CAB1 et la petite valeur 49.5 mg/l provient le forage F2 qui alimenter Conserverie CAB2, les pâtes et le moulin Benamor (Figure. N°26)

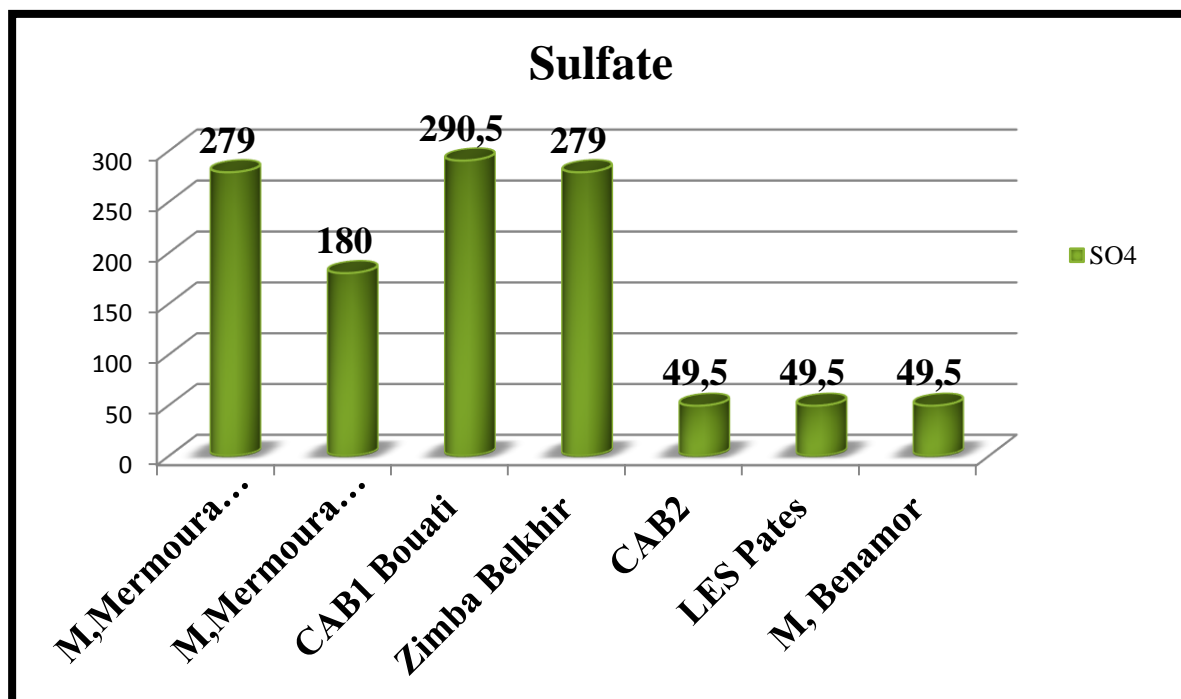


Figure 26 : la concentration de SO4 dans chaque industrie.

– Les chlorures (Cl⁻)

Les chlorures existent dans toutes les eaux à des concentrations très variables (Brémond et Vuichard, 1973).

Les concentrations Les chlorures de varient entre 525.4 à 60 mg/l avec une moyenne 113.6 mg/l.

Les eaux qui dépassent les normes OMS sont les eaux destinées au Moulin Mermoura Bouchegouf et la conserverie Zimba.

Les plus grandes valeurs 525.4 mg/l provient de deux forages BS2 et BA2 qui alimentent le moulin Mermoura de Bouchegouf et la conserverie Zimba et la petite valeur 60 mg/l provient du forage F2 qui alimente le groupe Benamor EL Fedjoudj (Figure. N°27)

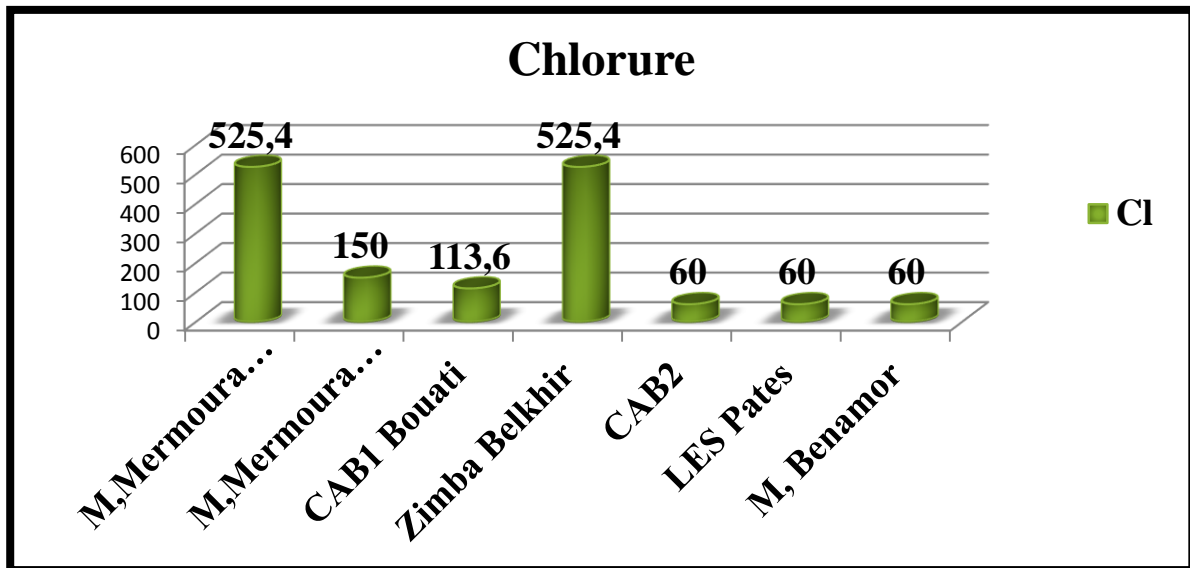


Figure 27 : la concentration de Cl dans chaque industrie.

– Les nitrates (NO_3^-)

Les concentrations des nitrates varient entre 13,15 à 0,43 mg/l avec une moyenne de 2,87 mg/l.

Les plus grandes valeurs de 13,15 mg/l proviennent de deux forages BS2 et BA2 qui alimentent le moulin Mermoura de Bouchegouf et la conserverie Zimba et la petite valeur de 0,43 mg/l provient du forage F2 qui alimente la Conserverie CAB2, les pâtes et le moulin Benamor (Figure. N°28)

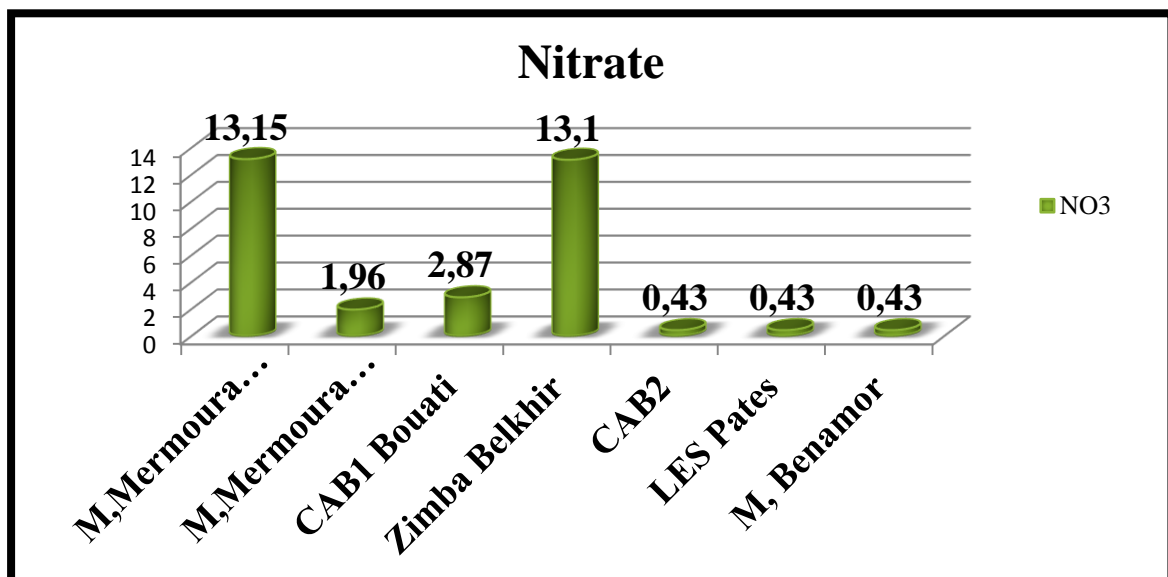


Figure 28 : la concentration de NO3 dans chaque industrie.

– Les Orthophosphates (PO_4^-)

Les concentrations Les Orthophosphates de varient entre 0.39à 0.00 mg/l avec une moyenne 0.16 mg/l.

La plus grande valeur 0.03 mg/l provient de forage F2 qui alimenter Conserverie CAB2, les pâtes et le moulin Benamor et les plus faible valeurs 0.00 mg/l proviennent de deux forages BS2 et BA2 qui alimentent le moulin Mermoura de Bouchegouf, la conserverie Zimba et la station de traitement de Hammam de Debegh qui alimente à son tour le Moulin Mermoura héliopolis (Figure. N°29)

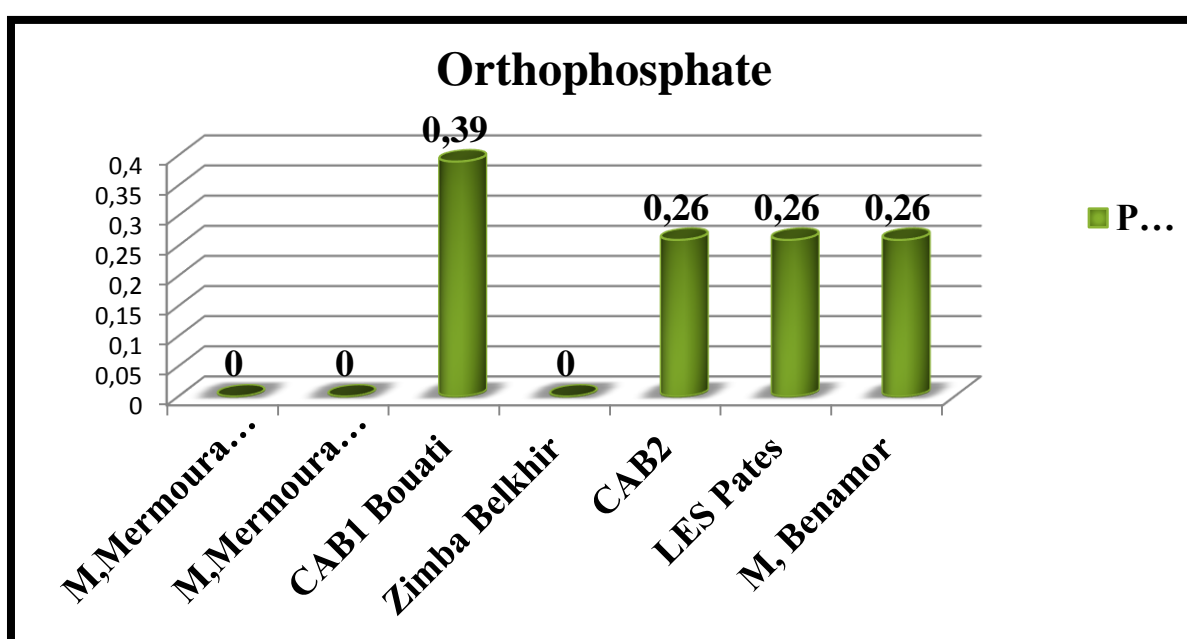


Figure 29 : la concentration de PO_4 dans chaque industrie.

IV- Facies chimique :

1 - Représentation graphique des faciès hydro chimiques :

Dans le but de bien identifier les faciès hydro chimiques et d'avoir une indication sur l'aspect qualitatif des eaux utilisée dans l'ensemble des industries agro-alimentaire de la zone d'étude (wilaya de Guelma), une classification des eaux a été réalisée en faisant recours au diagramme de PIPER et STABLER. La réalisation de ces diagrammes a été faite par le logiciel Diagramme, conçu par Roland Simler (Laboratoire d'hydrogéologie, Université d'Avignon, 2004).

1-1- Classification de Piper :

La représentation des analyses chimiques sur le diagramme de Piper permet de différencier les familles d'eaux. L'examen des représentations graphiques obtenues, permet de déduire les interprétations suivantes :

- ❖ Dans le triangle des cations, le calcium et le sodium sont dominants par rapport au magnésium.
- ❖ Dans le triangle des anions, ce sont les chlorures et les hydrogénocarbonates et les sulfates qui sont les plus abondants.

Ainsi, dans le diagramme losangique, l'évolution chimique est alors marquée par un positionnement au centre du premier petit losange, Le diagramme, fait alors ressortir un faciès chimique : Chlorurées sulfatées calciques et magnésiennes, Ce faciès indique une dissolution rapide probablement liée à des formations riches en sels et en gypse (Figure. N°30)

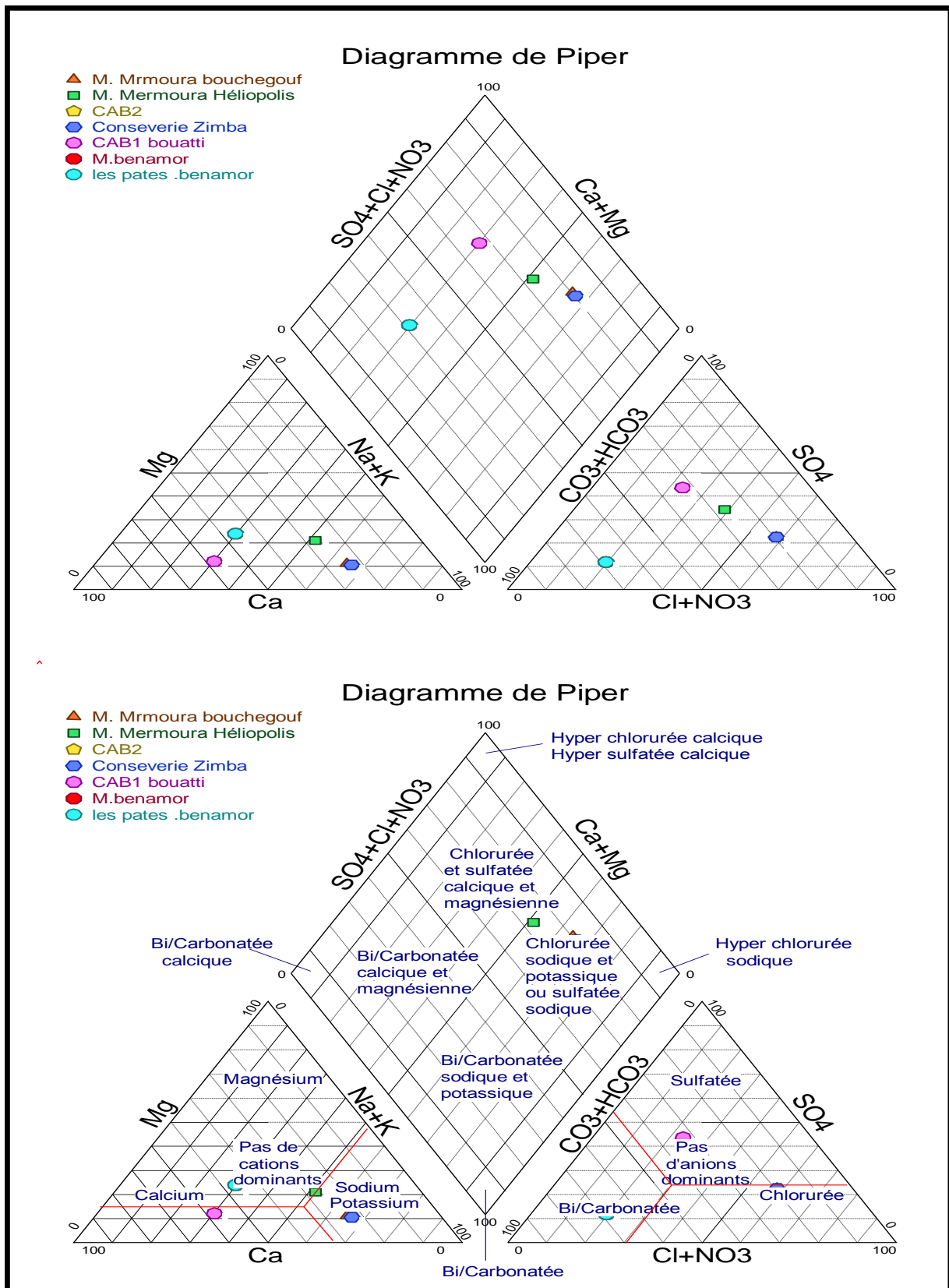


Figure 30 : Représentation des faciès chimiques des eaux avec Diagramme de PIPER.

1-2- Diagramme de STABLER :

La formule caractéristique selon " STABLER " consiste à calculer le pourcentage de chaque ion par rapport à la concentration totale. La formule est la suivante :

$$r \% = (100 / c) * r$$

Avec **r** : la quantité en réaction de l'ion considéré en (**méq/l**) ;

c : la concentration totale ;

Les anions et les cations sont classés séparément par ordre décroissant, les résultats obtenus permettent de distinguer les faciès qui figurent dans le **tableau** et la **figure**.

L'examen de ce tableau montre que les eaux de la campagne de prélèvement (Avril 2018) sont des eaux **chlorurées sodique** et **Bicarbonaté calcique** à l'exception de l'échantillon (**CAB1**) qu'est de faciès **sulfaté calcique** (Tableau. N°14) et (Figure. N°31)

Tableau 14 : détermination des faciès chimiques

Nom de Station	Formules caractéristiques		Faciès chimiques
	r % Anions	r % Cations	
M. Mermoura Boucheouf	$\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^- > \text{NO}_3^-$	$\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$	Chloruré sodique
M. Mermoura Héliopolis	$\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^-$	$\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$	Chloruré sodique
CAB1	$\text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^- > \text{Cl}^-$	$\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$	Sulfaté calcique
conserverie. Zimba	$\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^- > \text{NO}_3^-$	$\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$	Chloruré sodique
CAB2	$\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$	$\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$	Bicarbonaté calcique
M .Benamor	$\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$	$\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$	Bicarbonaté calcique
Les pates Benamor	$\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$	$\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$	Bicarbonaté calcique

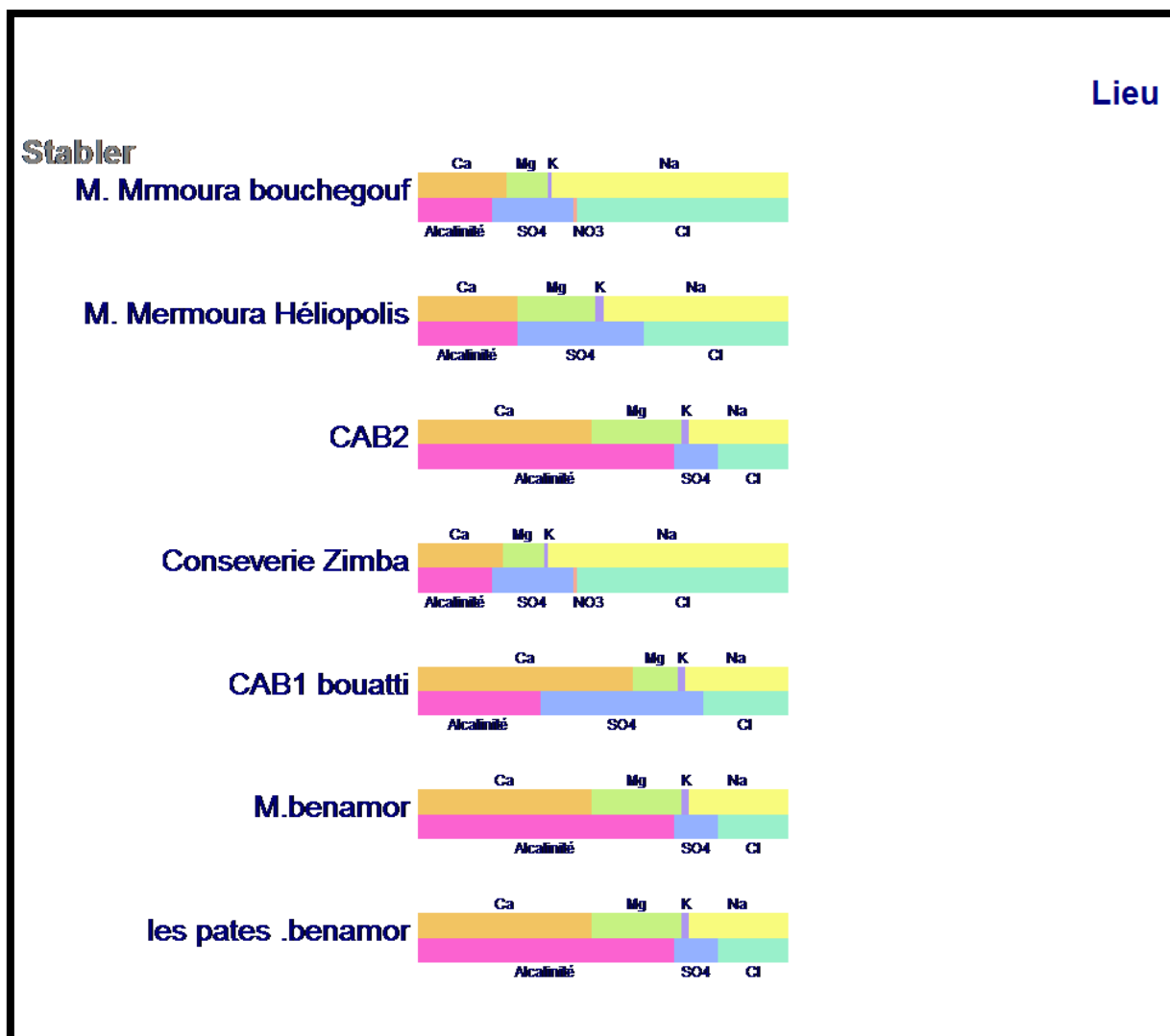


Figure 31 : Représentation des faciès chimiques des eaux avec Diagramme de STABLER.

V- ETUDE DES RAPPORTS CARACTERISTIQUES

Dans l'ordre de déterminer la salinisation, les rapports Ca/Mg et Na/Cl ont été calculés.

Les résultats sont regroupés dans le tableau ci-dessous (Tableau. N°15)

Tableau 15 : Rapport Ca/Mg et Na/Cl

Les points d'eau	Ca/Mg	Na/Cl	Les industries
BS2	3.67	0.79	Moulin .Mermoura Bouchegouf
SP1	2.15	0.86	Moulin. Mermoura Héliopolis
Puits APC	7.91	0.96	Conserverie Benamor CAB1
BA2	3.63	0.84	Conserverie. Zimba
F2	3.21	1.09	CAB2+MoulinBenamor+Conserverie Benamor

Tous les échantillons ont un rapport Ca/Mg supérieur à l'unité indiquant une exposition de carbonate dans notre zone d'étude.

Les valeurs de rapport Na/Cl qui sont inférieures à 1 indiquent que les eaux sont fraîches. Les valeurs de Na/Cl qui sont supérieures à 1 signifient que l'origine du sodium et du chlore provient de la dissolution du sédiment ou bien à la remontée de sel ou par évaporation.

- Comparaison des paramètres avec les normes de l'OMS

Les résultats de nos analyses sont comparés avec les normes de l'OMS (2011)(Tableau.N°16)

Tableau 16 : comparaison des résultats avec les normes de l'OMS (2011)

Désignation	Minimum Industries	Maximum industries	C mini et maxi OMS	Observation
Ph	6.93	7.82	6.5 -8.5	Néant
CE ($\mu\text{S/cm}$)	591	1805	500 -1400	Toute l'eau qui alimente les industries agroalimentaires accepte les normes sauf le point d'eau qui alimente le moulin Mermoura de Bouchegouf
TDS	311	947	1500	Néant
Na+	65.9	445	200	Sauf cinq industries agroalimentaires qui accepté les normes sauf les points d'eau x APC et BA2 qui alimentent conserveries CAB1 et Zimba
K+	7	14	12	Sauf les points d'eaux APC et BA2 qui alimentent CAB1 et conserverie Zimba donnent un mauvais gout
Ca ²⁺	61.67	196.24	75- non spécifier	Toutes les eaux non potables sauf le point d'eau SP1 qui alimente le moulin Mermoura heliopolis
Mg ²⁺	24.79	37.91	150	Néant
Cl-	60	525.4	250	Moulin Mermoura de Bouchegouf (BS2) et conserverie Zimba(BA2) ses eaux salées
NO ₃ -	0.43	13.15	50	Néant
SO ₄ ²⁻	49.5	290.5	250	Zimba BA2 et M. Mermoura Bouchegouf BS2 et CAB1 puit APC sont des eaux qui dépassent les normes
HCO ₃ -	180	360	600	Néant

Conclusion :

L'hydrochimie a porté sur les aspects qualitatifs des eaux des industries agroalimentaires à travers les 5 échantillons prélevés.

On a commencé par la balance ionique qui sert à examiner nos résultats d'analyse qui est fiable par une marge inférieure à 10%.

La classification des eaux selon Piper montre un faciès globale de type Chlorurée sodique, Bicarbonaté calcique et Sulfaté calcique.

Cette dominance de faciès est liée à la nature géologique de la zone d'étude, puisque l'interaction entre l'eau et la roche provoque une dissolution.

La classification des eaux selon Stabler nous a permis de constater trois faciès :

- Chlorure sodique (conserverie Zimba BA2, Moulin Mermoura Bouchegouf BS2, Moulin Mermoura Héliopolis SP1).
- Bicarbonaté calcique (Groupe Benamor El Fedjoudj F2).
- Sulfaté calcique (CAB1 de Bouati puits APC).

Les eaux utilisées dans les industries agroalimentaires par fois elle est sur chargé par quelque élément chimique et plus dure.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale :

La wilaya de Guelma est Située dans le nord – est Algérien, elle fait partie de l'ensemble géologique du tell Algérien Nord orientale. Est une zone montagneuse dont l'altitude moyenne 1208 m et constituée d'un réseau hydrographique formé par la Seybouse.

L'analyse des données climatiques de la station métrologique de Belkheir a montré que la région d'étude possède un climat de type sub-humide, caractérisé par deux saisons l'une saison humide s'étend du mois de Novembre jusqu'au mois Avril et d'une saison sèche qui va du mois de Mai jusqu'au mois d'Octobre.

Elle reçoit une moyenne annuelle de pluie de 640.6 mm sous une température moyenne de l'ordre de 17.9°C, dont 69,9% est perdue par évapotranspiration, le reste des précipitations est partagé presque à part égale entre le ruissellement (16.2 %) qui va rejoindre principalement les Oueds et l'infiltration (13.88%) qui va recharger les nappes souterraine. L'interprétation du bilan hydrique selon la méthode de C.W. Thornthwaite montre qu'à partir du mois de Novembre, les précipitations sont importantes entraînant ainsi une prédominance sur l'évapotranspiration permettant la recharge en eau.

Le bilan est dans son ensemble est déficitaire, mais il est excédentaire du mois de décembre jusqu'à avril d'où la nécessité d'une irrigation en été.

La géologie de la wilaya de Guelma est caractérisée par des formations allant du trias jusqu'au quaternaire, au centre, elle comblé par les alluvions déposées par la Seybouse, et qui forment trois niveaux : haute, moyenne, et basse terrasse.

A travers l'étude hydro-chimique de notre région d'étude, nous avons peut mettre en évidence trois types d'eau :

Faciès chimique Chlorure sodique ($\text{Cl}^- \text{-Na}^+$) pour les points d'eaux suivants BA2, BS2, SP1.

Faciès chimique Bicarbonaté calcique ($\text{HCO}_3^- \text{-Ca}^{2+}$) pour le point d'eau F2.

Faciès chimique Sulfaté calcique ($\text{SO}_4^{2-} \text{-Ca}^{2+}$) pour le point d'eau de puits APC. Ces facies sont liés à la nature géologique de terrains.

Pour les industries agro-alimentaires, la représentation des analyses des eaux de la zone d'étude sur les diagrammes de Piper et Stabler permette-nous à conclure que la qualité des eaux utilisées en industrie agro-alimentaire est façon générale médiocre, Alor que les eaux de différents points d'eaux sont très dures et sursaturées en certains éléments d'après les

CONCLUSION GÉNÉRALE

normes de l'OMS. On peut dire que la dureté sa répercute avec le temps sur la matériels industriels de chaque unité de transformation

ANNEXE

Tableau : Paramètre statiques.

Industries	Moulin, Mermoura Boucheougouf	Moulin, Mermoura héliopolice	CAB1 Bouati	Zimba Belkheir	CAB2	LES Pates	Moulin, Benamor
Ca	137,77	61,67	196,24	137,77	96,92	96,92	96,92
Mg	37,91	28,67	24,79	37,91	30,13	30,13	30,13
K	10	7	14	13	9,5	9,5	9,5
Na	420	130	110	445	65,9	65,9	65,9
Cl	525,4	150	113,6	525,4	60	60	60
HCO3	310	180	281	310	360	360	360
SO4	279	180	290,5	279	49,5	49,5	49,5
PO4	0	0	0,39	0	0,26	0,26	0,26
NH4	0	0	0,01	0	0,03	0,03	0,03
NO3	13,15	1,96	2,87	13,1	0,43	0,43	0,43
NO2	0	0	0	0	0	0	0
TAC	25,4	9,8	23	19,2	30	30	30
TH	50	27,2	59,2	53,6	36,6	36,6	36,6
TDS	947	345	613	672	311	311	311
Sal	0,8	0,1	0,5	0,5	0,1	0,1	0,1
ph	7,82	7,03	6,93	7,1	7,41	7,41	7,41
T (C°)	18,3	12,2	20,2	14	18,7	18,7	18,7

ANNEXE

Tableau : classification du TH d'après Swoyer et Macarty 1969.

0 à 7	Très Eau douce
7 à 15	Eau dure
15 à 30	Plutôt dure
30 à 40	dure
40	Très dure

Références bibliographiques

Bibliographie

- **Abouamer.L.** étende des propriétés physico-chimiques et bactériologique de l'eau du
- AEAG 2012
- **AFNOR, (1997)** Qualité de l'eau, Tome1 :
- **Arjen2010** Connaissances des méthodes de captage des eaux souterraines :
- **Bouziati M., (2000).** L'eau de la pénurie aux maladies, Edition ibn
- Fondation PRACTICA, Oostende
- **Hameb .M.Guettache. A., Bouamer L., (2012).** Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage DJORF-TORBA (Bechar), Mémoire d'Ingénieur, D'état en Biologie, Contrôle de qualité et d'Analyse, faculté des sciences et technologies. Département des sciences, Université de Bechar, 134p.
- **Kettab-1992,**
- khaldoun Tixeront- Berkaloff

Manuel sur l'hydrogéologie appliquée, l'équipement et le développement des forages,

- **Mourey et Vernoux 2000**
- **Nassem et al (2003).**
- **OMS** Mondiale de la santé, Organisation. Plan stratégique à moyen terme 2008-2013 Genève.
- **Piper A (1944)** Agraphie procedure in geochemical interpretation of mater analysis. Trans. Am. Geophys Union 25: pp. (914-928)

Références bibliographiques

- **Rodier (1996):** L'analyse de l'eau; eaux naturelle ,eaux résiduelles ,eaux de mer 8eme édition Dunod Paris France, 1383p.
- **Sawyer, GN and McMarty; DL.1967.**chemistry of sanitary engineers, 2-nd end. McGraw Hill, New York mp518

Souterraines aux forages manuels, Un manuel d'instruction pour les équipes de forage

Terminologie, échantillonnage et évaluation des méthodes, 3ème édition, Paris, France, 656p.