

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة 8 ماي 1945 قالمة

Université 8 Mai 1945 Guelma

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

Département : Sciences de la Nature et de la Vie



## Mémoire en Vue de l'Obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Terre et de l'Univers

Filière : Géologie

Spécialité : Hydrogéologie

---

### Thème :

*Disponibilité et gestion de l'alimentation en eau potable de  
la ville de Guelma au nord-est algérien*

---

Présenté par :

**Kouadri Nidhal**

**Amirouche Lotfi**

Soutenu le : 21 / 06 / 2022

Devant le jury composé de :

- |               |                             |                             |
|---------------|-----------------------------|-----------------------------|
| ❖ Président : | <b>Brahmia Ali (MCA)</b>    | <b>Université de Guelma</b> |
| ❖ Examineur : | <b>Nouar Tahar (Pr)</b>     | <b>Université de Guelma</b> |
| ❖ Encadreur : | <b>Bennacer Laila (MCA)</b> | <b>Université de Guelma</b> |

❖ Année Universitaire 2021 / 2022

## ***Remerciements***

Je tiens à remercier en premier lieu le Bon Dieu tout puissant de m'avoir guidé durant toutes ces années et de m'avoir permis de réaliser ce travail en me donnant la force, la patience et la volonté.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Mme **Bennacer Laila**, ma directrice de recherche qui a suivi et dirigé ce travail, ses précieux commentaires, et ses conseils pertinents m'ont grandement aidé tout au long des différentes étapes de la rédaction de ce mémoire. Je la remercie pour sa patience, pour la disponibilité constante, afin de mener à terme ce mémoire. Merci encore.

Je tiens également à remercier Monsieur **Brahmia Ali**, à l'université de Guelma, de m'avoir fait l'honneur de présider le jury.

J'adresse mes remerciements aussi à Mr **Nouar Tahar** à l'université de Guelma, d'avoir acceptés avec amabilité d'être membres examinateurs de ma mémoire.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Mme **Boubguira Selwa** pour tous les efforts, vraiment merci beaucoup

Nous remercions également tous ceux qui nous ont aidé et nous facilité l'accès aux données...

## *Dédicace*

Louange à Dieu, grâce auquel les bonnes œuvres sont faites, Louange à Dieu qui m'a aidé à terminer mon parcours académique avec succès et que je conclus aujourd'hui avec ce travail que je dédie :

A vous chère maman, je suis très reconnaissant pour le soutien que vous m'avez apporté tout au long de ma vie et pas seulement dans mes études, je prie Dieu de vous offrir une longue vie et une bonne santé

A vous mon cher père et mes frères Islem et Hassan

A mon neveu Zizou

A tous ma famille

A tous mes sympathiques amies

A tous mes collègues

A tous ceux que j'aime

A tous ceux qui m'aiment

Merci de m'avoir soutenu tout au long de ce travail, merci pour votre confiance en mes capacités et votre fierté.

**Nidhal kouadri**

## *Dédicace*

Je dédie ce travail a

A mes chers Parents, à ma chère petite Sœur aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour dont ils ne cessent de me combler. Que dieu leur procure bonne santé et longue vie.

A celui que j'aime beaucoup et qui m'a soutenu jusqu'à ses derniers jours ma grande mère et mon grand-père... je ne t'oublierai jamais.

A toute ma famille, mes amis, à tous mes collègues, et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis Merci.

Amirouche Lotfi.

## Sommaire

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

### Chapitre I: les caractéristique naturels

I. Situation Géographique .....	3
II. Les ensembles naturels .....	4
II.1. l'encadrement montagneux .....	4
II.2. la vallée de Seybouse .....	5
III. Le cadre géologique de la wilaya de Guelma .....	6
III.1. Stratigraphie .....	6
IV. Le cadre hydrogéologique de la wilaya de Guelma .....	11
IV.1. Aspect hydrogéologique .....	11
IV.2. Réseau hydrographique .....	13

### Chapitre II: LES ASPECTS CLIMATOLOGIQUES

I. Analyse des paramètres climatiques .....	11
II. Calcul des paramètres du bilan hydrologique .....	22
II.1. Etude de l'évapotranspiration .....	23
II.2. Interprétation du bilan .....	27

### Chapitre III : LE WEAP UN MODELE DE MODELISATION DES

#### RESSOURCES EN EAU

I- L'approche de WEAP .....	33
II- Introduction et traitement des données .....	36
II-1-Présentation de la ville de Guelma.....	36
II-2-Répartition de la population de la ville de Guelma par secteur .....	37
III- Présentation des sites .....	41
III-1- Les sites de ressources d'eau .....	41

III-2- Les sites de demandes en eau .....	41
VI- Résultats et discussions .....	41
V – Demande en global mensuelle .....	45
IV- Demande non satisfaite .....	45

## **Chapitre IV : LES USAGERS ET LA DISPONIBILITE**

### **DE L’EAU POTABLE**

I : Enquêtes par questionnaire et Entretiens avec les usagers d’eau de la ville de Guelma....	48
II- Résultats et discussion .....	48
II.1. La dotation en eau potable .....	48
II-2- La quantité d’eau consommée par jour.....	49
II-3- Le nettoyage des maisons par semaine .....	50
II- 4-la qualité d’eau utilisée pour AEP.....	51
II- 5- la signification de ressources d’eau pour les usagers .....	51
II- 6- gestion des ressources d’après les consommateurs .....	52
II- 7- causes de la détérioration de la qualité de l’eau .....	53
II- 8- les activités qui dégradant la qualité de l’eau .....	53
II- 9- les menaces qui présent sur l’eau .....	54
II- 10- la possibilité de concilier entre la protection des ressources en eau et leur exploitation rationnelle .....	55
II- 11- participation dans la gestion des ressources en eau .....	55

## Chapitre V : l'étude hydro chimique

I- Méthodologie .....	57
I-1 :Echantillonnages des points d'eau .....	57
I-2 Facies chimique .....	59
I-3 :La formule ionique .....	59
1 :Diagramme de piper .....	60
2 :Diagramme de Schöeller-Berkalof .....	61
3 :Diagramme de Stabler .....	62
4 : Diagramme de stiff .....	63
5 ; Diagramme de wilcox .....	64
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>67</b>

**Résumé :**

En appliquant le logiciel WEAP (Water évaluation and planning), il s'agit de développer un modèle de gestion des ressources en eau et de son utilisation, d'évaluer la proportion de l'équilibre ressources-besoins et d'analyser la situation future de l'eau selon différents scénarios. Cette approche permet d'identifier les sites les plus vulnérables aux pressions climatiques et anthropiques. L'estimation des besoins en eau potable dans la région de la ville de Guelma a montré que ces besoins augmentent avec le temps et se produisent lorsque l'offre n'est pas en mesure de couvrir la demande de manière appropriée dans quelques secteurs.

La démarche entreprise s'appuie sur des entretiens et enquêtes par questionnaires auprès des usagers des ressources en eaux dans les secteurs de la ville de Guelma. Ces enquêtes montrent que ces dégradations sont dues principalement au chevauchement des prérogatives entre les acteurs de l'eau, manque de coordination, différents statuts, évolution des responsabilités [par exemple la réorganisation des services de l'Etat], peu de lisibilité et de clarté sur leurs rôles, divergences d'intérêts entre acteurs. De plus notre travail montre que l'approche gestion sera fonctionnelle que si le cadre de gestion s'inscrit dans une démarche globale de gestion concertée dont nous portons notre appui, et que tous les acteurs [gestionnaires et usagers] ont leur mot à dire.

**Mots clés :**

Ville de Guelma, Ressources en eau, demande en eau, gestion, WEAP, scénario

**Abstract :**

By applying the WEAP (Water evaluation and planning) software, it is a question of developing a water resource management model and its use, of assessing the proportion of the balance between resources and needs and of analysing the future situation of water according to different scenarios. This approach makes it possible to identify the sites most vulnerable to climatic and anthropogenic pressures. The estimation of drinking water needs in the Guelma area has shown that these needs increase over time and occur when supply is not able to adequately cover demand in a few areas.

The approach is based on interviews and questionnaire surveys of water users in the areas of the city of Guelma. These surveys show that these degradation are mainly due to overlapping prerogatives between water actors, lack of coordination, different status, evolution of responsibilities [for example the reorganization of State services], lack of clarity and clarity about their roles, differences of interest between actors. In addition, our work shows that the management approach will be functional only if the management framework is part of a comprehensive, collaborative management approach that we support, and that all stakeholders [managers and users] have their say.

**Keywords :**

City of Guelma, Water resources, water demand, management, WEAP (Water Evaluation And Planning System), scenario.

## ملخص :

ومن خلال تطبيق برمجيات تقييم وتخطيط المياه، يتمثل الهدف في وضع نموذج لإدارة الموارد المائية واستخدامها، وتقييم نسبة التوازن بين الموارد والاحتياجات، وتحليل الحالة المستقبلية للمياه وفقا لسيناريوهات مختلفة. ويتيح هذا النهج تحديد المواقع الأكثر عرضة للضغوط المناخية والإنسانية. وقد أظهر تقدير الاحتياجات من مياه الشرب في منطقة قالمة أن هذه الاحتياجات تزداد بمرور الوقت وتحدث عندما لا يكون العرض قادرا على تغطية الطلب بشكل كاف في مناطق قليلة

ويستند هذا النهج إلى مقابلات واستبيانات استقصائية لمستخدمي المياه في مناطق مدينة قالمة. وتبين هذه الدراسات الاستقصائية أن هذا التدهور يرجع أساسا إلى تداخل الصلاحيات بين الجهات الفاعلة في مجال المياه، والافتقار إلى التنسيق، واختلاف الوضع، وتطور المسؤوليات [مثل إعادة تنظيم خدمات الدولة]، وعدم الوضوح والوضوح بشأن أدوارها، والاختلافات في الاهتمام بين الجهات الفاعلة. بالإضافة إلى ذلك، يُظهر عملنا أن نهج الإدارة لن يعمل إلا إذا كان إطار الإدارة جزءًا من نهج إداري شامل وتعاوني ندعمه، وأن جميع أصحاب المصلحة [المديرين والمستخدمين] لهم كلمتهم

## الكلمات المفتاحية :

مدينة قالمة، الموارد المائية، الطلب على المياه، الإدارة، نظام تقييم و تخطيط المياه, سيناريو

## Liste de figure

Figure 1 situation de la wilaya de Guelma .....	- 3 -
Figure 2 carte des altitudes de la wilaya de Guelma	5
Figure 3 La nappe Numidienne .....	- 8 -
Figure 4 Réseau hydrographique de la wilaya de Guelma .....	- 14 -
Figure 5 Précipitations moyennes annuelles en (mm) station de Guelma (1985 à 2016)..	- 17 -
Figure 6 Courbe du coefficient pluviométrique dans la station de Guelma .....	- 18 -
Figure 7 Variation des températures moyennes mensuelles dans la station de Guelma ....	- 19 -
Figure 8 Diagramme Pluvio-thermique de GAUSSEN de la région de Guelma (1985-2016).-	20 -
Figure 9 Position de la station de l'ONM de Guelma sur le Climagramme d'EMBERGER ...	- 22 -
Figure 10 Représentation graphique du bilan hydrique à la station de Guelma (1986 à 2016).-	28 -
Figure 11 Organigramme de la création des scénarios .....	- 36 -
Figure 12 Situation géographique de la ville de Guelma .....	- 37 -
Figure 13 carte des secteurs DE la ville de Guelma .....	- 38 -
Figure 14 population de la ville de Guelma par secteurs .....	38
Figure 15 Répartition des eaux d'AEP par nature de ressource dans la ville de Guelma	Répartition des
eaux d'AEP par nature de ressource dans la ville de Guelma .....	- 40 -
Figure 16 schéma finale du model WEAP .....	41
Figure 17 Evolution de la demande en eau - Référence scenario .....	- 43 -
Figure 18 Evolution de la demande en eau - Scénario 01- .....	- 44 -
Figure 19 Evolution de la demande en eau - Scénario 02- .....	- 44 -
Figure 20 Evolution de la demande en eau mensuelle pour tous les scénarios .....	- 45 -
Figure 21 Evolution de la demande non satisfaite, Scénario de référence .....	- 46 -
Figure 22 Evolution de la demande non satisfaite, Scénario 01 .....	- 46 -
Figure 23 Evolution de la demande non satisfaite, Scénario 02 .....	- 47 -
Figure 24 dotation en eau potable par secteur .....	- 49 -
Figure 25 Quantite d'eau consommee par jour .....	50
Figure 26 le nombre de fois que vous nettoyer la maison par semaine .....	- 50 -
Figure 27 la qualite d'eau utilisee pour AEP .....	- 51 -
Figure 28 la signification des ressources d'eau .....	- 52 -
Figure 29 gestion des ressources d'apres les consommateurs .....	- 52 -
Figure 30 causes de la deterioration de la qualité de l'eau .....	- 53 -
Figure 31 les activités qui dégradant la qualité de l'eau .....	- 54 -
Figure 32 les menaces qui present sur l'eau .....	- 54 -
Figure 33 la possibilité de concilier entre protection et la consommation d'eau .....	- 55 -
Figure 34 participation dans la gestion des ressources en eau .....	- 55 -
Figure 35 Carte des forages et puit .....	58
Figure 36 Classification des eaux de l'AEP de la ville de Guelma sur le diagramme de Piper .	61
Figure 37 Classification des eaux de l'AEP de la ville de Guelma sur le diagramme de Schoeller- Berkaloff .....	62
Figure 38 Classification des eaux de l'AEP de la ville de Guelma sur le diagramme de Stabler	Erreur !
<b>Signet non défini.</b>	

Figure 39 Classification des eaux de l’AEP de la ville de Guelma sur le diagramme de Stiff **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 40 Classification des eaux de l’AEP de la ville de Guelma sur le diagramme de Wilcox65

## Liste des Tableau

Tableau 1 Caractéristiques géographiques de la station météorologique de Guelma .....	- 15 -
Tableau 2 Précipitation moyennes mensuelles en (mm) ; station de Guelma (1985-2016).-	16 -
Tableau 3 Distribution saisonnières des précipitations (1986-2016) Station de Guelma <b>Erreur ! Signet non défini.</b>	16
Tableau 4 Résultat de calcul de l'ETR selon la méthode de Turc de la station de Guelma (1985/2016). .....	- 24 -
Tableau 5 Résultat de calcul de l'ETR selon la méthode de Coutagne de la station de Guelma (1985/2016). .....	- 25 -
Tableau 6 Bilan hydrique selon la méthode de C.W.Thornthwaite pour la station de Guelma (1985/1986-2017/2018). .....	- 27 -
Tableau 7 . Ruissellement selon Tixeront Berkallof .....	- 29 -
Tableau 8 Les paramètres du bilan global à la station de Hammam Debagh (1985/2016).-	30 -
Tableau 9 Evolution de la population par secteur (ville de Guelma) .....	39
Tableau 10 TABLEAU DE LA DISTRIBUTION D’EAU PAR SECTEUR .....	- 39 -
Tableau 11 Les points de prélèvements sont désignés comme suit .....	- 58 -
Tableau 12 Classification des eaux d’AEP de la ville de Guelma d’après la formule ionique. .	60
Tableau 13 Classification des eaux en fonction de la dureté .....	66

# **INTRODUCTION GENERALE**

# **INTRODUCTION GENERALE**

---

## **INTRODUCTION GENERALE**

L'eau est une source de la vie et de développement, comptée parmi les richesses naturelles les plus précieuses avec une importance considérable pour le développement sociale et économique du pays. L'accroissement de la demande en matière d'eau alors que les ressources sont limitées, et parfois non renouvelables, et la parution des nouveaux modes de vie et des nouvelles industries ont abouti à la consommation excessive de l'eau.

La gestion efficace et durable des eaux est une opération complexe, qui nécessite une nouvelle approche permettant l'amélioration de la situation hydrique des pays et par la même réaliser le développement durable qui prend en compte les politiques et les conventions adoptées à l'échelle internationale. Toute approche ne peut réussir sans prendre en considération les intérêts de tous les acteurs et les besoins d'un état en matière de la gestion efficace des ressources en eau.

La politique algérienne de gestion de l'eau est centrée de plus sur la mobilisation de nouvelles ressources que sur la recherche d'une utilisation rationnelle des ressources déjà disponibles. Les associations d'usagers, et d'une façon générale la société civile, sont encore peu organisées et la consultation de leurs représentants des usagers demeure quasi-inexistante en Algérie (Plan Bleu, 2010). Nous nous sommes proposé, dans cette introduction, de présenter d'abord notre contexte d'étude, qui nous a conduit par la suite à poser notre problématique de recherche.

### **Problématique**

La question de la gestion de l'eau dans le bassin de Guelma et sa disponibilité pour l'AEP est une question très importante. Pour la traiter nous avons adopté l'approche WEAP (Water Evaluation and Planning System), qui se base sur l'analyse du bilan hydrique et tient compte de variables explicatives de natures diverses, tels que les précipitations, eaux de surface, eaux souterraines, installations de traitement, demande en eau, etc.

--Quels sont les potentialités hydriques que recèle le bassin de Guelma et vise à la confrontation entre les ressources qui existent actuellement dans le bassin et les demandes actuelles et leurs tendances futures ?

## INTRODUCTION GENERALE

---

-- A l'aide du modèle WEAP et selon un scénario de référence, qui est basé sur la pression de la population et sur les ressources en eau, Est-ce que la ville de Guelma va subir dans les années à venir une éventuelle pénurie ?

### **Méthodologie**

Pour aborder ces questions, nous avons adopté la méthodologie suivante :

Nous avons organisé notre travail en deux parties différentes : la première partie est composée de deux chapitres.

**Le premier chapitre** : dans ce chapitre nous évoquerons les spécificités de milieu naturel de notre région, à travers la présentation du cadre physique et d'une étude de reconnaissance des caractéristiques géographiques, géomorphologiques, géologiques et hydrogéologiques.

**Le deuxième chapitre** : Nous avons traité certains aspects climatologiques (pluviométrie, Températures, Evapotranspiration) à partir des données provenant de la station de BELKHEIR relatives à la période 1985-2016. Nous avons estimé le ruissellement et l'infiltration afin d'établir le bilan hydrique de la zone d'étude.

La deuxième partie présentera les principaux résultats de terrain de cette recherche à travers une étude empirique, Cette partie est composée de trois chapitres.

**Le troisième chapitre** : Nous avons basé sur l'essai de la gestion intégrée des ressources en eau et l'utilisation du modèle WEAP.

**Le quatrième chapitre** sera consacré à l'examen de la disponibilité de l'alimentation en eau potable de la ville de Guelma. Cet examen touchera les résultats de l'enquête du terrain obtenu

**Notre cinquième chapitre** est consacré à l'étude hydro-chimique afin d'effectuer un suivi qualitatif des différents éléments chimiques des eaux de L'AEP de la ville de Guelma.

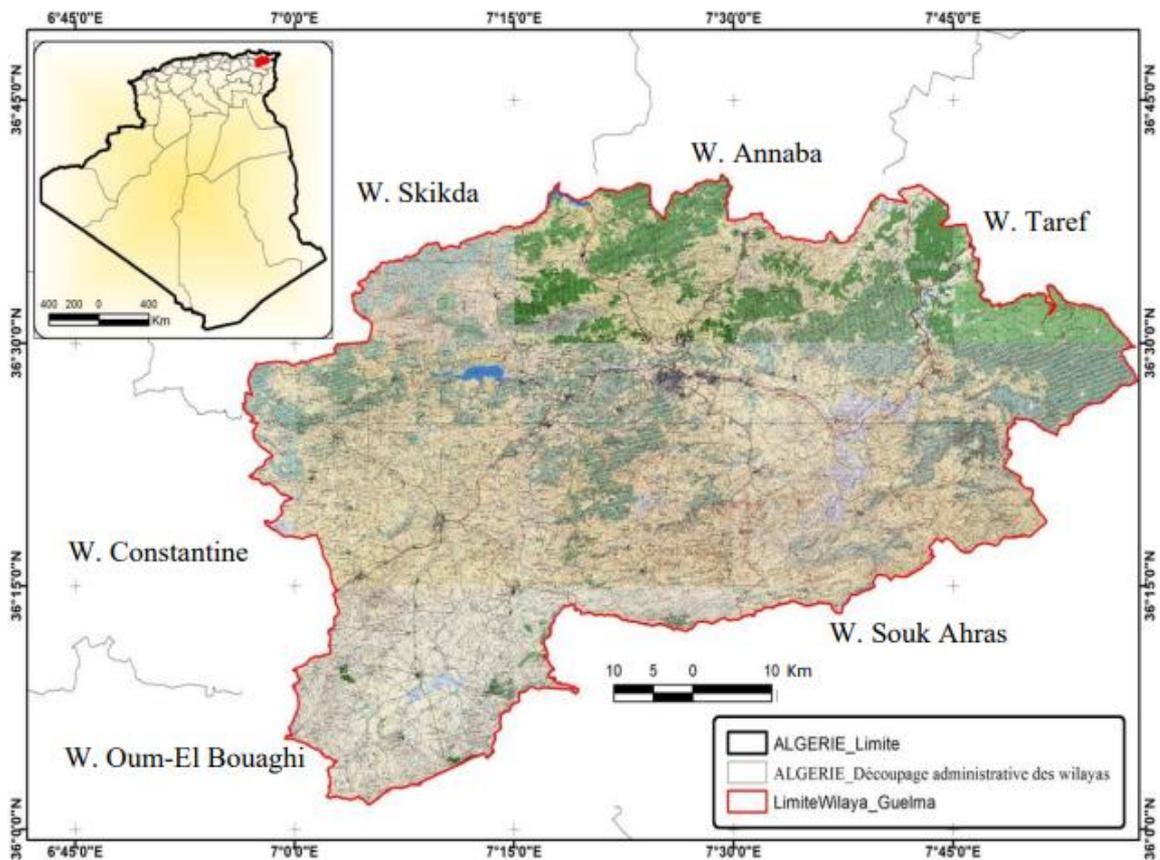
En conclusion générale, nous reviendrons sur les résultats obtenus dans le cadre de cette recherche

CHAPITRE I  
LES  
CARACTERISTIQUES  
NATURELS

## I- SITUATION GEOGRAPHIQUE

La wilaya de Guelma à 60 km environ de la mer méditerranée. Elle est limitée au nord par la wilaya d'Annaba, au nord-est par la wilaya d'El Tarf, au sud-est par la wilaya de Souk Ahras et Oum-El Bouaghi, à l'ouest par la wilaya de Constantine et au nord-ouest par la wilaya de Skikda (carte.1).

Sur le plan administratif la wilaya de Guelma est issue du découpage administratif de 1974. Elle compte, après le découpage de 1984, 34 communes réparties sur 10 daïras. Sa population de l'ordre de 482.430 habitants en 2008 pour une superficie de 3686 km<sup>2</sup> soit une densité de 130 hts/km<sup>2</sup>. Elle est répartie différemment sur le territoire.



**Figure 1** situation de la wilaya de Guelma

Source : doctorat Bennacer.L : Industries agroalimentaires Cas du bassin de Guelma (2018)

## 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 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%**.

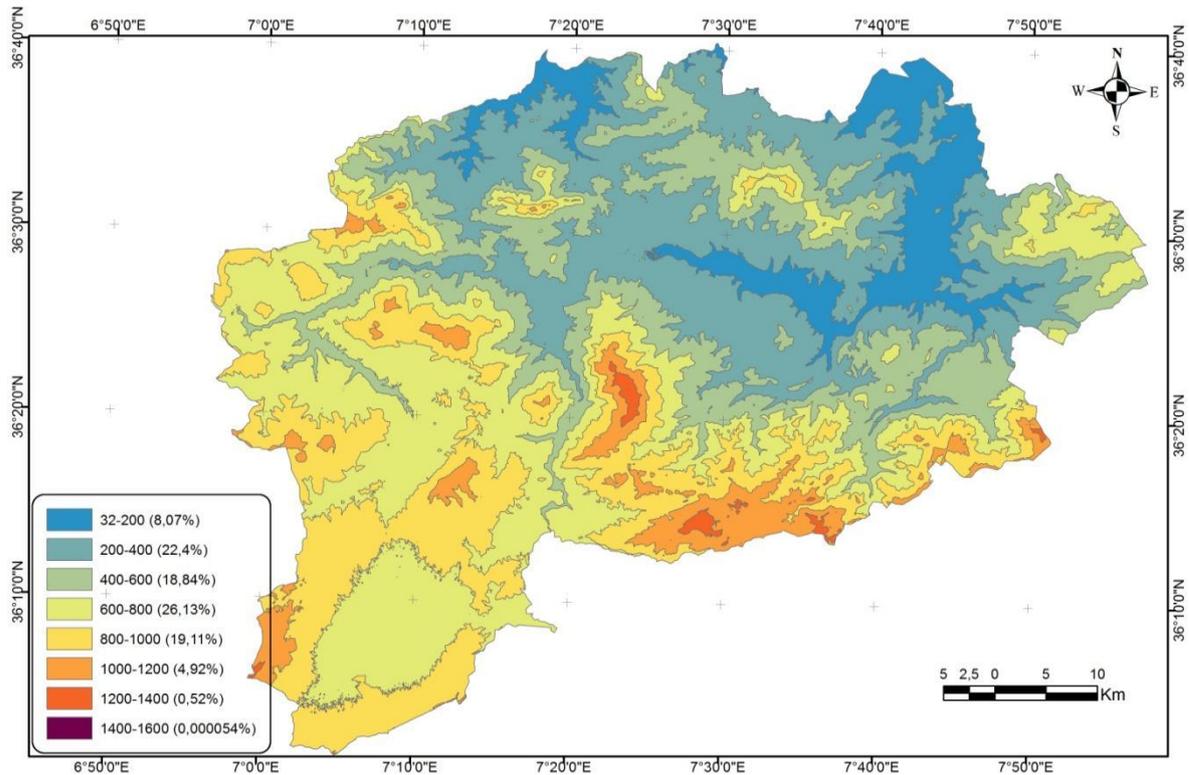


Figure 2 carte des altitudes de la wilaya de Guelma

Source : doctorat Bennacer.L : Industries agroalimentaires Cas du bassin de Guelma (2018)

## 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

D'une manière générale, les roches de la ville de Guelma sont d'âge quaternaire sauf la partie Ouest qui possède des affleurements d'âge secondaire (Crétacé) et tertiaire (Eocène et Miocène), alors que le reste de la ville est occupé par les terrains quaternaires (Fig.06).

Donc on peut dire que Guelma repose en discordance sur les différentes assises redressées de la série miocène lacustre. Ces travertins se présentent sous forme de calcaires tantôt gris, tantôt blanc-roses, occupant aux environs de la ville une surface assez étendue. On y rencontre des intercalations marneuses, des lits de cailloux et des conglomérants. Vers le bord Sud du bassin, ces travertins passent à des calcaires compacts parfois marmoréens.

### 1- Stratigraphie :

Nombreux sont les géologues qui ont étudié la géologie de l'Algérie. Vu l'importance de cette étude pour l'identification des structures superficielles et profondes des formations géologiques et leur lithologie, on s'est inspiré des travaux de Joleaud, 1936; Flandrin, 1955; Hilly, 1962 et J.M.Vila, 1980 sur la chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins Algéro-Tunisiens.

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.

## CHAPITRE I : LES CARACTERISTIQUES NATURELS

---

### \* 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-Vraconien et d'épaisseur limitée.

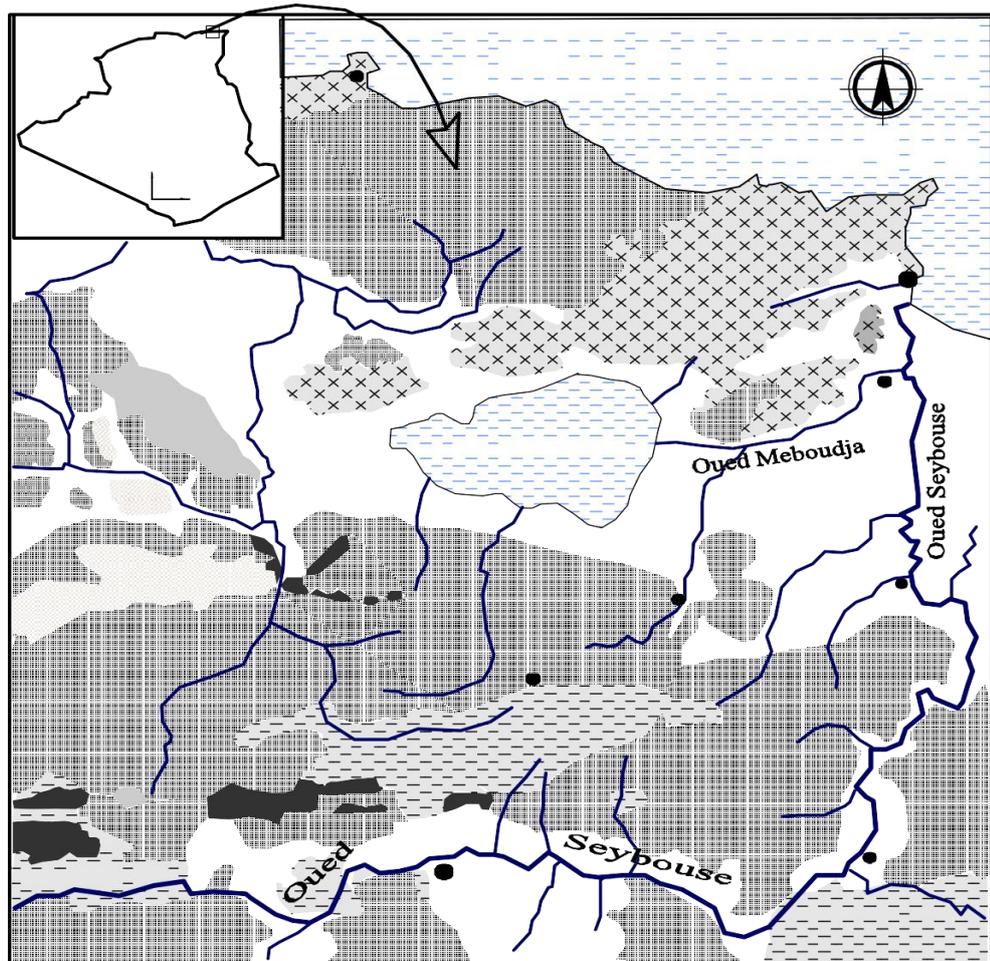
### *\* Domaine des nappes.*

#### **1- 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.



**Figure 2** La nappe Numidienne

Source : Djabri et al; 2003

**Légende:**

-  Socle métamorphique de l'Edough
-  Formation pré-kabyle
-  Formation dorsale
-  Divers flyschs
-  Nappe tellienne
-  Formation du Crétacé néritique
-  Formation mio-plioquaternaire

0 **0-6 Km**

## CHAPITRE I : LES CARACTERISTIQUES NATURELS

---

### ***\*Domaine des flyschs.***

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

On distingue :

#### **1- Les flyschs de Penthièvre.**

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 grésos-micacés à patine jaunâtre d'âge Oligocène.
- Flysch à micro brèches rousses formés par des argiles à micro brèches assez fines du Priabonien à l'Oligocène.
- Flysch conglomératique à Nummulites d'âge Lutétien.

#### **2- Les flyschs de Guerouche**

Ce flysch affleure au Sud de la pointe 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 biomicrocrites claires, elle affleure au Sud de la pointe orientale de Djebel Debagh.

### **\*Nappe ultra tellienne.**

Représentée par un faciès dominant de marne et de marno-calcaires avec des barres de microcrites 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 microcrites à radiolaires.
  - Barrémo-Aptien : caractérisé par des marnes claires à altération grise ou bleue
- Avec des petites intercalations de marnes noires.

## CHAPITRE I : LES CARACTERISTIQUES NATURELS

---

### \* **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 :

#### **1- Unité tellienne à nummulites**

On distingue :

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

#### **2- 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.

### \* ***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.

### \* ***Le Quaternaire***

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

#### **1- 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.

#### **2- Le Quaternaire actuel**

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

### 2-1- 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 dominent 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.

### 2-2- 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

## CHAPITRE I : LES CARACTERISTIQUES NATURELS

---

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 moins perméables que ceux de la plaine de Guelma. Elle peut contenir une nappe alluviale moins 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.

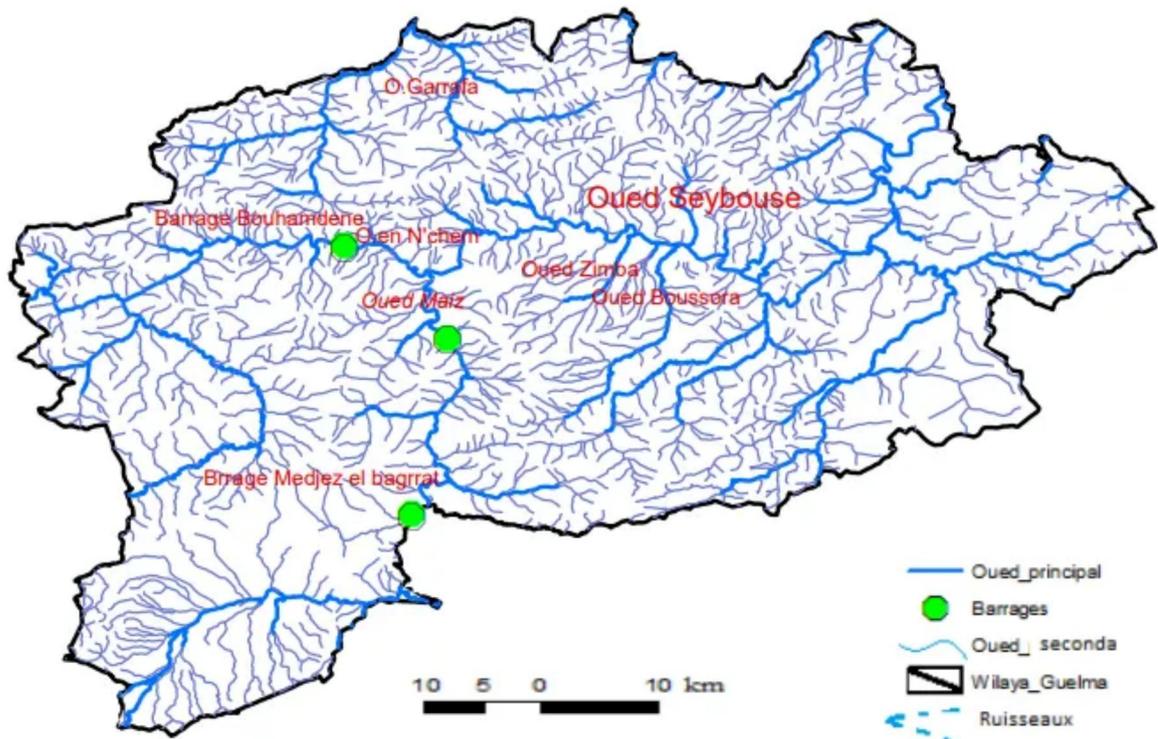
### **1-4- La zone des Djebels surplombant les oueds Sédrata et Héliia :**

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 importante jaillissent des calcaires en contact des marnes.

## **2- Réseau hydrographique**

La principale particularité des cours d'eau de cette région consiste dans l'irrégularité de leur débit, caractère commun de la plupart des oueds algériens. Le seul cours d'eau important, est l'oued Seybouse, formé, peu avant son entrée dans la commune de Guelma (Fig.07), de l'oued Cherf et de l'oued Bou Hamdan. Il franchit alors un défilé assez étroit et pénètre dans le vaste bassin de Guelma qu'il traverse de toute sa longueur en direction nettement Ouest-Est. Le réseau hydrographique est constitué d'une multitude de petits cours d'eaux de pluies ; la direction de l'écoulement superficiel est du Sud au Nord en général. L'Oued Seybouse naît dans les hautes plaines semi-arides, sur le revers méridional de l'atlas tellien. D'une manière générale, le régime des Oueds est fonction de la pluviométrie, de la pente et de la géologie.

## Réseau hydrographique de la wilaya de Guelma



Source : élaborer à partir des cartes topographique 1/50 000 de Guelma, Gounod, Mondovi

Hammam Meskhoutine.

Figure 3 Réseau hydrographique de la wilaya de Guelma

## CONCLUSION :

Dans cette partie nous avons défini les données nécessaires concernant notre région (ville de Guelma) du point de vue, géographie, topographie, géologie, hydrogéologie ainsi que les ressources en eaux. Ces données nous serviront pour entamer notre étude du projet.

**CHAPITRE II**  
**LES ASPECTS**  
**CLIMATOLOGIQUES**

### Introduction

La connaissance du climat est devenue primordiale au cours de ces dernières années car les changements climatiques enregistrés ont bouleversés l'ordre établi jusqu'à présent, l'étude climatique permet d'apprendre la disponibilité et la circulation des eaux souterraines et superficielles et la détermination des termes du bilan hydrique dans la région d'étude par la connaissance des précipitations (P), des températures (T), de l'évapotranspiration (ETP), de l'infiltration (I) et du ruissellement (R).

Pour cela on a choisi les paramètres climatiques mesurés au niveau de la station de Guelma sur une période de 31 ans.

### I- Analyse des paramètres climatiques :

Dans le cadre de cette étude, 31 années hydrologiques ont été choisies (1985- 2016), 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, choisie comme station de référence.

<b>cordonnée</b>	<b>Altitude (m)</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Période</b>
<b>Station</b>				<b>d'observation</b>
<b>Guelma</b>	<b>227</b>	<b>07°28'E</b>	<b>36°28'N</b>	<b>1985-2016</b>

**Tableau 1** Caractéristiques géographiques de la station météorologique de Guelma

#### • 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.

#### 1-1-1-Précipitation moyenne mensuelle :

Les précipitations moyennes mensuelles permettent d'évaluer les mois arrosés et les mois secs et donner un aperçu sur les variations mensuelles et pluriannuelles des précipitations avec le calcul de la moyenne arithmétique des hauteurs des pluies du mois considéré sur un nombre d'année.

Les précipitations moyennes mensuelles durant la période de 31 ans (1985-2016) sont illustrées dans le tableau ci-dessous :

## CHAPITRE II : LES ASPECTS CLIMATOLOGIQUES

**Tableau 2 : Précipitation moyennes mensuelles en (mm) ; station de Guelma (1985-2016).**

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total
P (mm)	35.6	43.82	65.1	92.14	90.7	70.58	67.17	59.03	42.82	15.97	4.5	11.9	599,33

- Le maximum de la moyenne mensuelle des précipitations est observé durant le mois de Décembre (92.14 mm).
- Le minimum est observé durant le mois de juillet (4.5mm).

### 1-1-2-Les précipitations moyennes saisonnières :

Les précipitations sont réparties suivant les saisons agricoles Automne regroupe les mois de septembre, Octobre, Novembre) ; Hiver regroupe les mois (Décembre, Janvier, Février) ; Printemps regroupe les mois (Mars, Avril, Mai) ; Eté (Juin, Juillet, Août).

Saison Station	Automne (Sep, Octet Nov)		Hiver (Déc, Jan et Fév)		Printemps (Mar, Avr et Mai)		Eté (jun, jui Et Aou)		Année (mm)
	P(mm)	%	P (mm)	%	P (mm)	%	P(mm)	%	
H.debagh	144.52	24.11	253.42	42.28	169.2	28.23	32.37	5.40	599.33

**Tableau 3 : Distribution saisonnières des précipitations (1986-2016) Station de Guelma**

La saison hivernale est la plus pluvieuse avec un total de 253.42 soit 42.28 % des pluies annuelles ; par contre la saison estivale est la plus sèche avec un total de 32.37mm soit 5.4 % des pluies annuelles ; le reste est réparti entre l'automne et le printemps avec des totaux et pourcentages respectivement (144.52mm, 24.11%) et (169.02, 28.02%) du total annuel.

### 1-1-3-Précipitations moyennes annuelles

L'évolution de la pluviométrie annuelle permet de noter une variabilité assez importante d'une année à une autre ou dite de précipitation interannuelle. La variabilité moyenne annuelle des précipitations mesurées dépend de l'année pluviométrique qui correspond à une année hydrologique allant du mois de septembre jusqu'au mois d'Aout au cours d'un cycle hydrologique climatique.

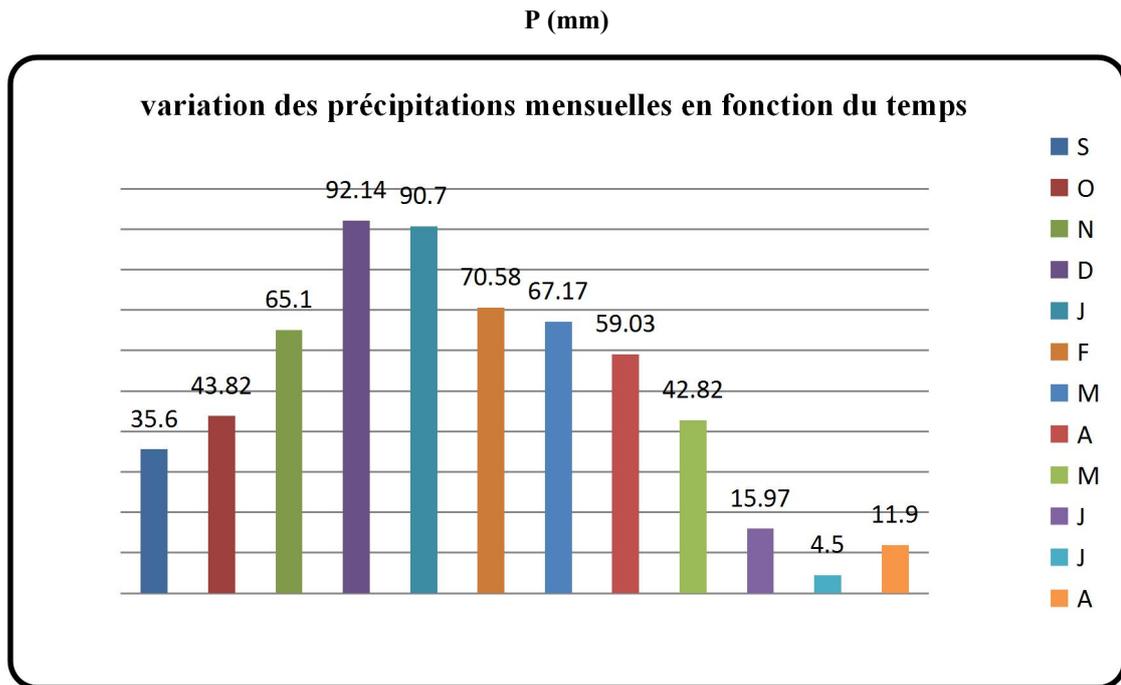


Figure 4 : Précipitations moyennes annuelles en (mm) station de Guelma (1985 à 2016).

L'étude des précipitations moyennes annuelles durant la période 1985/2016 au niveau de station de Guelma, montre une disproportion conséquente des mesures qui permettent d'utiliser les termes abondance de pluie pour l'année 1986/1987, avec une totale des précipitations annuelle de 871.1 mm par contre l'année 1996/1997 marquée comme l'année le plus sèche au cours du période étudier avec un totale de 251.4 mm.

**1-1-4-Le coefficient pluviométrique :**

Le coefficient pluviométrique exprime la variabilité interannuelle des précipitations qui est en relation proportionnelle avec la pluviométrie. Il est calculé par le rapport de la pluviométrie de l'année considérée sur la pluviométrie moyenne de la période étudiée à une station donnée, ce coefficient permet de distinguer une année excédentaire d'une autre déficitaire.

## CHAPITRE II : LES ASPECTS CLIMATOLOGIQUES

---

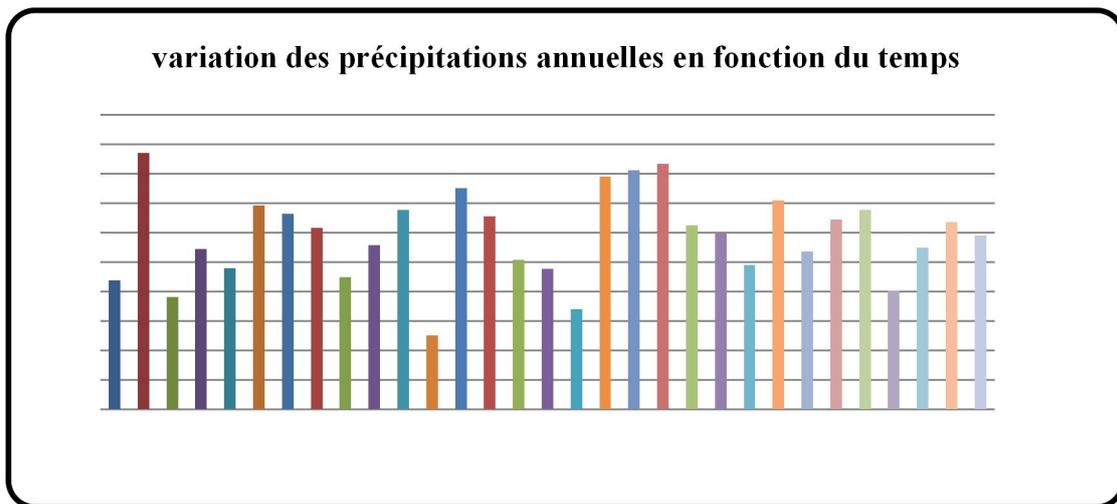
Avec :

CP : coefficient pluviométrique.

P : pluviométrie de l'année considérée.

P<sub>moy</sub> : pluviométrie moyenne pour la période d'étude (mm).

- Une année excédentaire (AE). Si : CP>1.
- Une année déficitaire (AD). Si : CP<1.
- Une année moyenne (AM). Si : CP=1.



**Figure 5 : Courbe du coefficient pluviométrique dans la station de Guelma**

D'après les résultats obtenus et l'observation de courbe du coefficient pluviométrique, on distingue qu'il y a une alternance de périodes, souvent, triennales excédentaires (AE) et déficitaires (AD).

### 1-2-La température

Est un facteur indispensable influant sur la végétation, la condition de l'évapotranspiration et le déficit d'écoulement qui rentre dans l'estimation du bilan hydrique et l'origine de bon fonctionnement du cycle de l'eau.

#### 1-2-1-Températures moyennes mensuelles

C'est la température moyenne du même mois pour une période d'observation (1985-2016),

elle se calcule par la formule suivante :

$$T_{moy} = \frac{\sum T_i}{n}$$

## CHAPITRE II : LES ASPECTS CLIMATOLOGIQUES

---

Avec :

$T_{\text{moy}}$  : Température moyenne mensuelle en °C.

$T_i$  : Température mensuelle en °C.

n : nombre des années d'observation (1985-2016).

La température varie en fonction de l'altitude, la distance du littoral et de la topographie. Les moyennes sont calculées sur une période de 31 ans (1985-2016). La figure ci-dessus montre que le maximum de température moyenne mensuelle marqué durant le mois d'Aout implique qu'il est le mois le plus chaud dans l'année avec une moyenne mensuelle de 27.96 °C par contre le mois le plus froid durant la période est le mois de janvier avec 10.27 °C.

D'après l'Histogramme obtenu on peut classée trois périodes :

- Période chaude au cours des mois de juin, juillet, Aout et Septembre.
- Période de température moyenne au cours des mois d'Octobre, Novembre, Avril et Mai.
- Période froide au cours des mois de décembre, Janvier, Février et Mars.

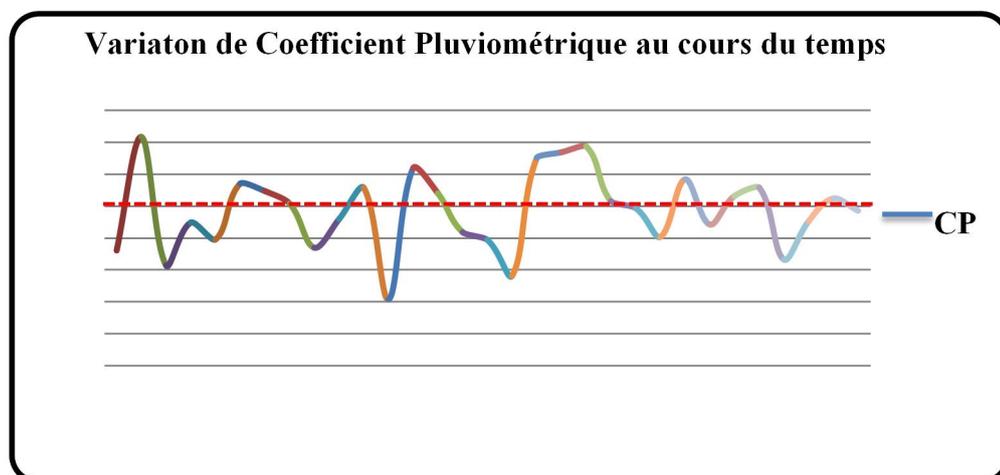


Figure 6 : Variation des températures moyennes mensuelles dans la station de Guelma

### 1-2-2-Indice climatiques

#### 1-2-2-1Diagramme Pluvio-thermique de GAUSSEN (P=2T)

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

## CHAPITRE II : LES ASPECTS CLIMATOLOGIQUES

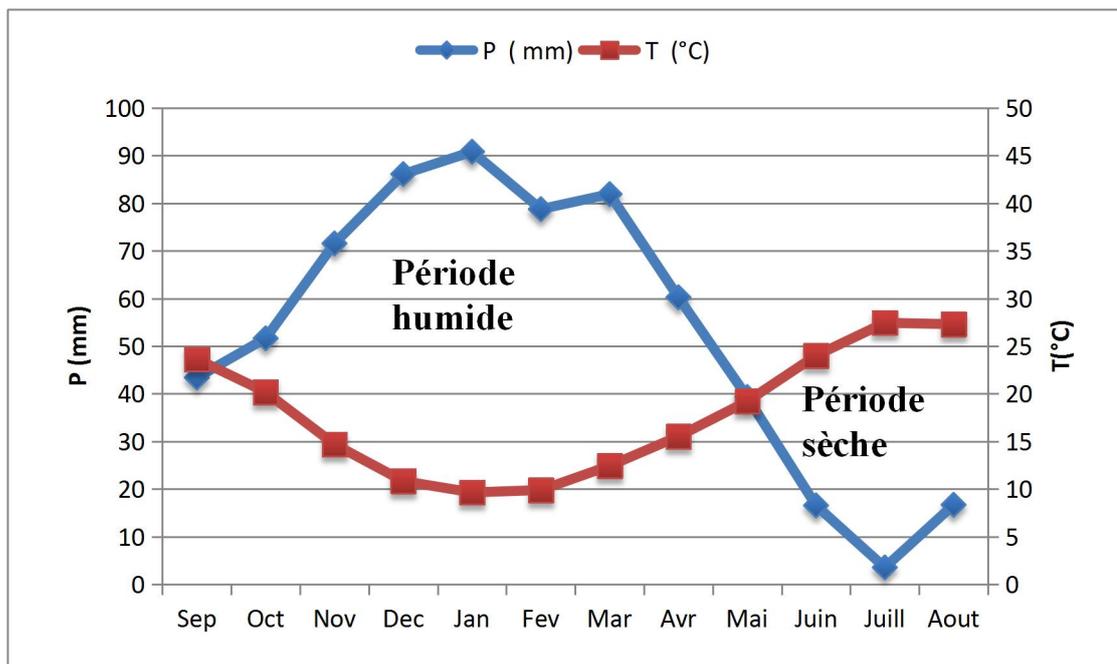
---

Le diagramme pluvieux-thermique illustré dans la Fig.08 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.

L'analyse des deux paramètres climatiques température et précipitation permet de tracer la courbe ombro thermique qui montre l'existence de deux saisons bien distinctes :

- Une saison humide avec une baisse température, plus longue qui dure environ sept mois et s'étale du mois de d'Octobre jusqu'au mois d'Avril. Caractérisée par des moyennes des précipitations plus élevées (Décembre 92.14 mm).
- Une saison sèche et chaude qui s'étale du mois Mai jusqu'au mois de Septembre, Cette saison n'excède pas cinq mois, elle est marquée par l'augmentation de température (Aout 27.96 °C) et la diminution de précipitation (Juillet 4.5mm).



**Figure 7 : Diagramme Pluvio-thermique de GAUSSEN de la région de Guelma (1985-2016).**

### 1-2-3-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 :

## CHAPITRE II : LES ASPECTS CLIMATOLOGIQUES

---

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

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 :

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

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 :**

$$P = 640.6 \text{ mm}$$

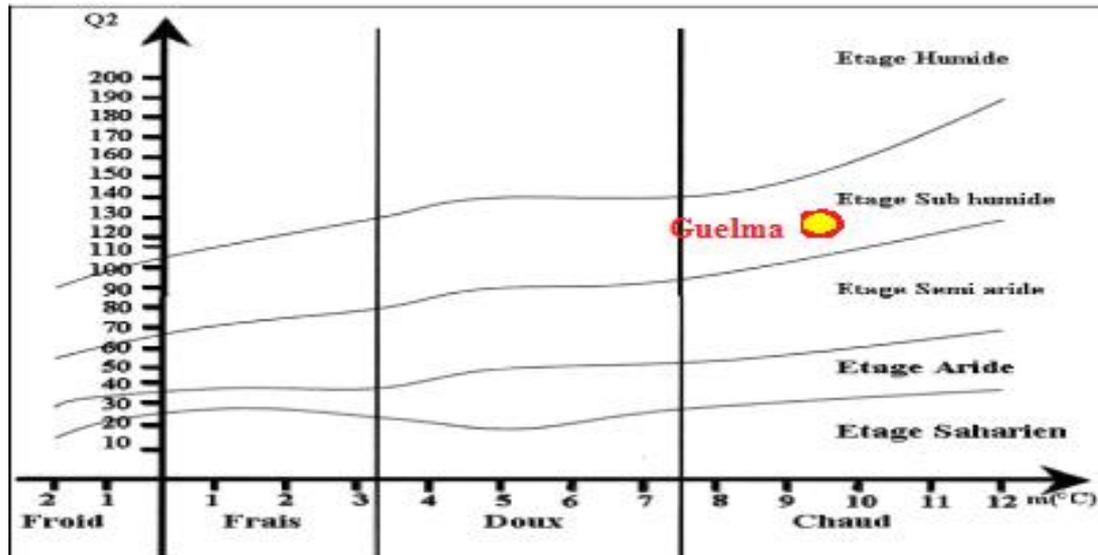
$$M = 27.46 \text{ °C.}$$

$$m = 9.65 \text{ °C.}$$

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

La température minimale enregistrée pendant le mois de janvier au cours des 14 ans dans cette station est 9.65 °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 (**Fig.09**).



**Figure 8** Position de la station de l'ONM de Guelma sur le Climagramme d'EMBERGER

### II- Calcul des paramètres du bilan hydrologique

Le bilan d'eau global correspondant à une équation d'équilibre entre les apports et les pertes qui influent directement sur la variation des réserves. Il est établi pour un lieu et une période donnés par comparaison entre les apports et les pertes en eau dans ce lieu et pour cette période. Les apports d'eau sont effectués essentiellement par les précipitations et les pertes sont dues à la combinaison de l'évaporation et la transpiration des plantes. Pour cela, on va se baser sur les données de la station de Guelma qui possède respectivement des séries d'observation homogènes et continues de 31 ans (1985-2016).

On estime le bilan hydrologique par la formule suivante (Castany 1982) :

Avec :

P : précipitation en (mm).

ETR : Evapotranspiration annuelle en (mm).

R : Ruissellement en (mm).

I : Infiltration en (mm).

### 1-Etude de l'évapotranspiration

L'évaporation constitue l'élément le plus important du bilan hydrologique après les précipitations, car il intéresse le bilan hydrologique et ainsi les réserves souterraines. Représenté par une quantité d'eau est restituée à l'atmosphère sous forme de vapeur, l'évapotranspiration englobe l'ensemble deux (02) phénomènes :

- l'évaporation : c'est un phénomène physique de la transformation d'eau en vapeur d'eau, à partir d'une surface d'eau libre et de sol.
- la transpiration: c'est un phénomène biologique lié à la couverture végétale, à son stade développement et sa nature.

On distingue:

- l'évapotranspiration potentielle (ETP).
- l'évapotranspiration réelle (ETR).

#### 1-1-L'évapotranspiration potentielle (ETP)

C'est la quantité maximale d'eau susceptible d'être évaporée sous un couvert végétal continu bien alimenté en eau. Elle comprend donc l'évaporation du sol et la transpiration de la végétation d'une région donnée pendant le temps considéré.

Plusieurs formules ont été proposées pour calcul de l'ETP, nous avons choisi la formule de Thornthwate:

Avec:

ETP: L'évapotranspiration potentielle du mois considéré en mm.

T: température moyenne du mois considéré en °C.

K: coefficient d'ajustement mensuel.

I: indice thermique annuel.

i: indice thermique mensuel.

a : l'exposition climatique.

## CHAPITRE II : LES ASPECTS CLIMATOLOGIQUES

---

### 1-2-L'évapotranspiration réelle (ETR):

L'évapotranspiration réel s'identifie au déficit d'écoulement, intègre dans l'ensemble de la région, les évaporations physiques et physiologiques, elle mêmes influencées par les caractéristique topographiques, géologiques et la couverture végétale de celui-ci. Elle peut se calculer à partir de nombreuses formule qui induisent l'utilisation de deux paramètres climatiques à savoir : la pluviométrie et température.

Plusieurs formules sont établies pour le calcul du déficit d'écoulement annuel moyen en fonction des caractéristiques météorologiques, parmi ces formules, nous avons :

- **Formule de Turc**

$$ETR = P / (0.9 + P^2 / L^2)^{1/2}$$

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

Avec:

ETR: l'évapotranspiration réelle en mm/an.

P: Précipitation moyenne annuelle en mm.

T: Température moyenne annuelle en °C.

L: pouvoir évaporant.

Paramètre	P (mm/an)	T (°C)	L	ETR (mm/an)
Station				
Station de Guelma	599.33	18.26	1060.62	542.80

**Tableau 4** Résultat de calcul de l'ETR selon la méthode de Turc de la station de Guelma (1985/2016).

### 1-2-2-Formule de Coutagne: ETR= P-λP<sup>2</sup>

Cette formule n'est valable que si la quantité des précipitations en (m) répond à la condition suivante :

$$1/8\lambda < P \text{ (m)} < 1/2\lambda \quad \text{pour} \quad \lambda = 1/(0.8 + 0.14t)$$

A.N:

$$\Lambda = 0.30 \quad 1/8 * 0.30 < P < 1/2 * 0.30 \quad 0.42 < 0.599(m) < 1.67$$

## CHAPITRE II : LES ASPECTS CLIMATOLOGIQUES

---

Ce qui nous amène à dire que la condition est vérifiée puisque la précipitation annuelle dans la région d'étude est de 599.33 mm/an.

Avec:

ETR: l'évapotranspiration réelle en mm/an.

P: Précipitation moyenne annuelle en mm.

T:Température moyenne annuelle en °C.

$\lambda$  : coefficient régional.

Ces valeurs permettent de déterminer les valeurs de l'ETR pour les trois stations pour lesquelles on mit le tableau ci-dessous.

**Tableau 5 : Résultat de calcul de l'ETR selon la méthode de Coutagne de la station de Guelma (1985/2016).**

Paramètre Station	P (m/an)	T (°C)	$\lambda$	ETR (mm/an)
Station de Guelma	0.59933	18.24	0.3	491.57

L'établissement du bilan de Thornthwaite repose sur les hypothèses Suivantes :

- La satisfaction de ETP e la priorité sur l'écoulement.
- Le remplissage de la RFU ainsi la priorité sur l'écoulement.

Le calcul de l'ETR peut s'effectuer suivant les deux cas ci-dessous

- 1<sup>ère</sup> cas  $P > ETP$  ( $ETP > 0$ ).

Dans ce cas, l'ETR est égale à l'ETP ( $ETR = ETP$ ). La quantité d'eau qui reste ( $P - ETR$ ) est entièrement utilisée pour construire RFU jusqu'à concurrence de 100 mm, si elle dépasse cette valeur il y aura un excès qui va partir soit sous forme d'infiltration efficace vers la nappe, soit sous forme de ruissellement ; la période sera dite excédentaire.

- 2<sup>ème</sup> cas  $P < ETP$  ( $P - ETP < 0$ ).

Dans ce cas l'évapotranspiration réelle (ETR) sera égale à P ( $ETR = P$ ): quantité d'eau réellement évaporée, absence d'écoulement ; la période sera dite déficitaire.

Ce dernier cas est subdivisé en deux (02) cas :

## CHAPITRE II : LES ASPECTS CLIMATOLOGIQUES

---

- $P+RFU > ETP$  alors  $ETR=ETP$
- $P+RFU < ETP$  alors  $ETR=P+RFU$

Si la RFU est nulle ( $RFU=0$ ), représente le déficit agricole qu'il représente Sensiblement la quantité d'eau qu'il faudrait apporter aux cultures (par l'irrigation) pour Qu'elles ne souffrent pas la sécheresse. Il est donné par l'expression :

- $DA = ETP - ETR$

BH : Le bilan hydrique est, selon la Thomthwaite, l'expression de la différence entre

Les précipitations et l'évapotranspiration potentielle ( $BH=P-ETP$ ) d'un bassin ou d'un sol donnée pendant une période déterminée.

EXC: L excédant est la quantité d'eau pouvant s'écouler lorsque l ETP et la RFU Sont satisfaites. Il correspond au surplus d'eau destinée à l'alimentation de L'infiltration et du ruissellement de surface.

CH : Le coefficient mensuel d'humidités du sol est le rapport du bilan hydrique à

L'ETP. Il peut être positif si le bilan hydrique l'est ; il est négatif dans le cas contraire

RFU ; Reserve facilement utilisable représente la quantité d'eau stockée dans le sol et peut être reprise par l'évaporation par l'intermédiaire des plantes. Le  $RFU = 100\text{mm}$  pour la station de H.Debagh ; il a été choisie selon In nature de sol de la région d'étude ; peut être estimée (Hallaire) par la relation :

- $RFU = C-f / (H*D) + 30$

Avec : RFU : Réserve en eau du sol en (mm).

C : Capacité an champ.

f : Capacité nu point du flétrissement.

H : Profondeur du sol en (mm).

D : Densité apparente,  $D = 01$ .

Les valeurs de C-f données par Hallaire selon In nature du sol sont:

- $C-f = 5\%$  pour le sol sableux.

## CHAPITRE II : LES ASPECTS CLIMATOLOGIQUES

- C-f=10% à 15% pour un sol limoneux.
- C-f=20% pour un sol argilo-sableux

Période	T(°C)	i	K	ETP (mm)	P (mm)	BH (mm)	CH	VR (mm)	RFU (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
S	24.13	10.8	1.03	112.2	35.6	-76.6	-0.7	00	00	35.6	76.6	0.0
O	20.29	8.3	0.97	75.7	43.82	-31.9	-0.4	00	00	43.8	31.9	0.0
N	14.93	5.2	0.86	37.2	65.1	27.9	0.8	27.9	27.9	37.2	0.0	0.0
D	11.19	3.4	0.81	20.1	92.14	72.1	3.6	52.1	80	20.1	0.0	20
J	10.27	3	0.87	18.3	90.7	72.4	4	0.0	80	18.3	0.0	72.4
F	10.76	3.2	0.85	19.5	70.58	51	2.6	0.0	80	19.5	0.0	51
M	12.82	4.2	1.03	33.2	67.17	34	1	0.0	80	33.2	0.0	34
A	16.07	5.9	1.10	54.8	59.03	4.3	0.1	0.0	80	54.8	0.0	4.3
M	19.43	7.8	0.98	70.6	142.82	72.2	1	0.0	80	70.6	0.0	72.2
J	23.98	10.7	0.99	107.	15.97	-91	-0.9	-80	00	96	11	0.0
J	27.3	13.1	1.00	138.7	4.5	-134.2	-1	0.0	00	4.5	134.2	0.0
A	27.96	13.5	1.01	146.6	11.9	-134.7	-0.9	0.0	00	11.9	134.7	0.0
Année	18.3	89.1		883.8	699.3	-134.4				445.4	388.3	253.9

**Tableau 6 : Bilan hydrique selon la méthode de C.W.Thornthwaite pour la station de Guelma (1985/1986- 2017/2018).**

### • **Interprétation du bilan :**

Le bilan hydrologique établi mensuellement selon la méthode de C.W. THORNTHWAITE a l'avantage d'estimer pour chaque mois : l'évapotranspiration réelle (ETR), la réserve facilement utilisable (RFU), le déficit agricole (Da) et l'excédent (Ex). Qui nous aident à comprendre le fonctionnement des systèmes hydrauliques.

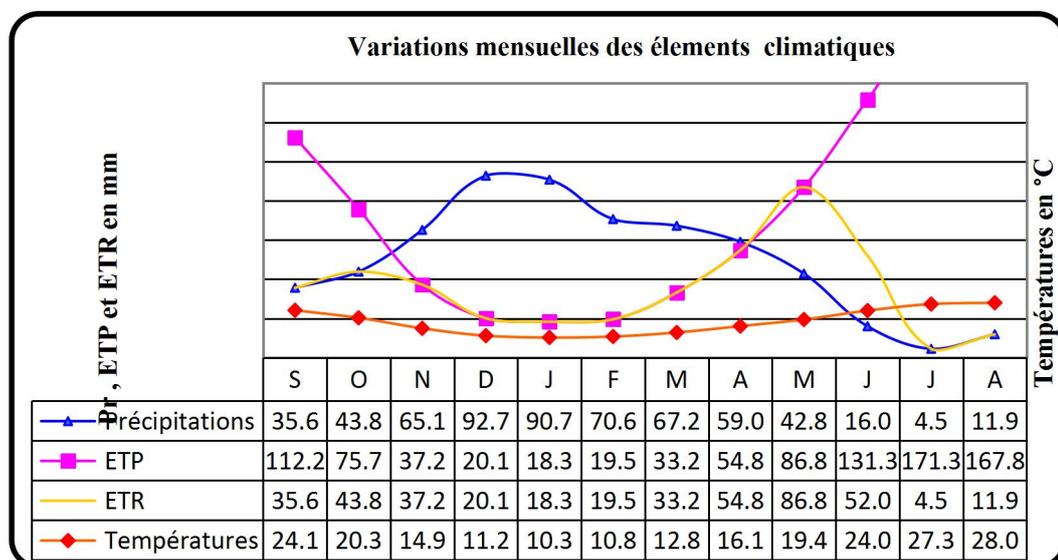
D'après le tableau xx, on constate qu'à partir du mois de Juin jusqu'au mois d'Octobre, la réserve en eau du sol est nulle ce qui se traduit par un déficit agricole, durant cette période,

## CHAPITRE II : LES ASPECTS CLIMATOLOGIQUES

La RFU atteint sa valeur maximale (80 mm) dans les mois de Janvier, Février Mars, Avril et Mai (reconstitution du stock). permet un ruissellement annuel de 153.54 mm. Les valeurs trouvées du déficit agricole correspondent à une estimation sur les besoins en eau d'irrigation des cultures.

L'observation des différentes courbes de la figure. , permet de faire les constatations suivantes :

Le surplus d'wu commence du mois d'Octobre jusqu' au mois de Mai, c'est une période dans laquelle l'ETR est inférieure aux précipitations. Cette diminution de l'ETR est causée par les faibles températures observe es dans cette période. A partir Avril et jusqu'au Juin, l'ETR est supérieure aux précipitations, c'est la période d'épuisement (in stock, corresponde à l'augmentation de l'ETR par rapport aux précipitations. Cette augmentation est causée par l'élévation de la température. A partir de Juillet et jusqu'à l'Octobre, l'ETR est égale aux précipitations, c'est une période dans laquelle les températures sont élevées et les précipitations sont faibles. Cette période est donc marquée par un déficit agricole.



**Figure 9** : Représentation graphique du bilan hydrique à la station de Guelma (1985 à 2016).

## CHAPITRE II : LES ASPECTS CLIMATOLOGIQUES

---

### 2-1-Estimation de la lame d'eau écoule (Le ruissellement):

Le ruissellement correspondant à la part des précipitations qui s'écoule directement sur le sol lors des précipitations. Il peut donc être connu d'une façon générale par analyse de l'hydrogramme d'un cours d'eau où à l'aide des méthodes empiriques qui donnent une valeur approchée. Parmi les méthodes empiriques on peut citer celle de Tixeront et Berkaloff modifier par Romatchouk (1974).

Pour  $P < 600$  mm.

$$R = P^3 / 3ETP^2$$

Avec:

R: Ruissellement en (mm/an).

P: Précipitation moyenne annuelle en (mm/an).

ETP: Evapotranspiration potentielle en (mm/an).

Paramètre	P (mm/an)	ETP (mm/an)	R (mm/an)
Station			
Guelma	599.33	833.8	103.21

Tableau 7 : Ruissellement selon TixerontBerkaloff

### 2-2-Estimation de la lame d'eau infiltrée (L'infiltration):

L'infiltration désigne le mouvement de l'eau pénétrant dans les couches Superficielles du sol et du sous-sol, sous l'action de la gravité et effets de la pression. La lame d'eau infiltrée est souvent déduite à partir la formule suivante:

$$P = ETR + R + I_e$$

$$I_e = P - (R + ETR)$$

Avec:

P: Précipitation moyenne annuelle (mm/an).

ETR: Evapotranspiration réelle en (mm/an).

I<sub>e</sub>: Infiltration en (mm/an) d'eau.

## CHAPITRE II : LES ASPECTS CLIMATOLOGIQUES

---

- Si  $I_e < 0$  Les entrées sont inférieures aux sorties.
- Si  $I_e > 0$  Les entrées sont supérieures aux sorties

station	P (mm/an)	ETR (mm/an)	R (mm/an)	$I_e$ (mm/an)
Guelma	599.33	445.4	103.21	50.72
Pourcentage	100%	74.32%	17.22%	8.46%

**Tableau 8 : Les paramètres du bilan global à la station de Beilkhir (1985/2016).**

D'après le tableau au-dessus l'ensemble de la lame d'eau ruisselée et infiltrée est égal à 153.93 mm/an, il représente 25.68 % des précipitations moyennes annuelles tombées sur la région de Guelma, ce qui est extrêmement moyenne.

### Conclusion

La synthèse des données climatiques nous permet de distinguer que la région d'étude est soumise à un climat méditerranéen, le régime climatique est tranché en deux saisons : une saison fraîche, humide et pluvieuse où les précipitations sont relativement élevées avec des basses températures, l'autre chaude, sèche et moins pluvieuse où les précipitations sont inférieures à la moyenne mensuelle de l'année avec des températures relativement élevées. L'examen des précipitations et des températures de la station pluviométrique de Guelma a donné des résultats spécifiques avec :

- Une précipitation moyenne annuelle de l'ordre de 599.33 mm.
- Une température moyenne annuelle de l'ordre de 18.26 °C.

A l'échelle annuelle et mensuelle, la variation des précipitations en fonction des apports et de volume d'eau de la retenue, reflète un phénomène de transfert retardé de la pluie.

La formule de THORNTHWAITE pour l'ETP est mieux adaptée que celle de TURC dans la station de Guelma (climat subhumide).

La valeur de l'ETR calculée par la méthode de THORNTHWAITE est la plus proche de la réalité.

Un déficit agricole correspondant à 388.3 mm. Notons que le bilan hydrologique est déficitaire mais il est excédentaire du mois de Novembre jusqu'au mois d'Avril, et l'alimentation se fait latéralement soit par les bassins voisins, soit par drainage.

## CHAPITRE II : LES ASPECTS CLIMATOLOGIQUES

---

Le ruissellement et l'infiltration totalisent environ 25.68 % des précipitations (soit 153.93 mm).

# **PARTIE II**

**LA MODELISATION DANS LA  
GESTION**

**DES RESSOURCES EN EAU  
DANS LA VILLE DE GUELMA :  
ETUDE EMPIRIQUE**

## **PARTIE II :**

---

### **Introduction**

Après avoir pris connaissance des spécificités de milieu naturel de la wilaya de Guelma et après avoir dressé un tableau assez large sur des caractéristiques géographiques, géomorphologiques, géologiques, hydrogéologiques et les aspects climatologiques. ; Nous poursuivons notre étude en examinant le cas concret de la ville de Guelma relevant la confrontation entre les ressources actuelles et les demandes qui existent et leurs tendances futures. Cette analyse empirique aura pour but d'identifier les différents scénarios, qui sont basé sur la pression de la population et sur les ressources en eau qui y participent en mettant en exergue l'examen de la disponibilité de l'alimentation en eau potable de la ville de Guelma. Cette partie s'articule autour des chapitres suivants :

- **Le troisième chapitre :** Le WEAP un modèle de modélisation des ressources en eau
- **Le quatrième chapitre :** la disponibilité de l'alimentation en eau potable de la ville de Guelma.
- **Le cinquième chapitre :** l'étude hydro-chimique afin d'effectuer un suivi qualitatif des différents éléments chimiques des eaux de L'AEP de la ville de Guelma.

En conclusion générale, nous reviendrons sur les résultats obtenus dans le cadre de cette recherche

# CHAPITRE III

LE WEAP UN MODELE DE  
MODELISATION  
DES RESSOURCES EN EAU

## **CHAPITRE III : LE WEAP UN MODELE DE MODELISATION DES RESSOURCES EN EAU**

---

### **Introduction**

Une des principales raisons de modéliser les ressources en eau est de cerner les processus en jeu pour une gestion durable et d'avoir une image spatiale sur l'état de différents variables explicatives en rapport avec la ressource sur une étendue importante. WEAP (Water Evaluation And Planning System) est développé par « Stockholm Environment Institute's Boston Center at the Tellus Institute, USA ». C'est un outil de planification des ressources en eau ; il permet d'évaluer une gamme complète d'options de développement de l'eau et de gestion, et tient compte des multiples utilisations concurrentes de l'eau. WEAP permet également d'établir des liens dynamiques vers d'autres modèles et des logiciels tels que MODFLOW , un programme informatique qui résout numériquement l'équation d'écoulement des eaux souterraines en trois dimensions pour un milieu poreux en utilisant la méthode des différences finies .

### **I- L'approche de WEAP**

Opérant avec les principes de base de la balance d'eau, WEAP est applicable aux systèmes municipaux et agricoles, à des zones de planification uniques ou pour des systèmes complexes de rivières à limites étendues. De plus, WEAP peut traiter une large gamme de questions ; analyses sectorielles de la demande, préservation de l'eau, droit à l'eau et priorités d'allocation, simulation des eaux souterraines et de surface, gestion des retenues, production d'énergie hydraulique, suivi des pollutions, exigences des écosystèmes, mesures de vulnérabilité et les analyses de bénéfice - coût des projets. L'analyste représente le système en terme de ses diverses sources de fourniture d'eau (rivières, cours d'eau, eau souterraine, barrages et stations de dessalement) ; les retraits, les transferts et les possibilités de traitement des eaux usées ; les exigences des écosystèmes ; les demandes en eau et la génération de pollution.

#### **I-1-La modélisation par WEAP**

Les applications de WEAP incluent généralement plusieurs étapes. La définition de l'étude qui identifie la période de simulation, les limites spatiales, les composantes du système et la configuration du problème. L'État Actuel, qui peut être considéré comme une étape de calage dans l'élaboration d'une application, fournit une vue instantanée de la demande en eau actuelle, de la charge de pollution, des ressources et des fournitures pour le système. Les hypothèses de base doivent être construites dans cet État Actuel pour représenter les politiques, les coûts et

## **CHAPITRE III : LE WEAP UN MODELE DE MODELISATION DES RESSOURCES EN EAU**

---

les facteurs qui affectent la demande, la pollution, la fourniture et l'hydrologie. Les Scénarios sont construits sur la base de l'État Actuel. Ils permettent d'explorer les impacts d'hypothèses alternatives ou des politiques sur la disponibilité et l'usage de l'eau dans le futur. Finalement les scénarios sont évalués à l'égard de la suffisance de l'eau, des coûts et des bénéfices, de la compatibilité avec les objectifs environnementaux et à l'égard de la sensibilité à l'incertitude dans l'estimation des variables clefs (User Guide for WEAP21, 2008). Dans le cadre de la réalisation de cette étude et dans le but d'arriver aux objectifs tracés, nous avons adopté un processus méthodologique fondé sur les étapes suivantes :

### **I-1-1-La définition de l'étude**

Qui identifie la période de simulation, les limites spatiales, les composantes du système et la configuration du problème.

Durant notre étude, nous allons essayer de traiter la problématique de l'évolution de la demande en eau, l'estimation des rejets des eaux usées, où la population est en constante augmentation par conséquent plus de construction de logements, cela signifie plus de consommation d'eau, d'où l'augmentation des eaux domestiques usées rejetées dans les Oueds. Ce rejet d'eaux usées dans l'Oued peut crier de nombreux problèmes environnementaux et écologiques, nous mentionnons parmi eux :

- ✓ La pollution des oueds, la pollution des nappes phréatiques.
- ✓ La pollution des vergers limitrophes à l'oued où on constate de visu la mort d'arbres fruits.
- ✓ La dégradation de l'environnement.

### **I-1-2-L'état Actuel**

Qui peut être considéré comme une étape de calage dans l'élaboration d'une application, fourni une vue instantanée de la demande en eau actuelle, de la charge de pollution, des ressources et des fournitures pour le système.

C'est l'année de référence qui sert comme année de base du modèle et tout le système d'information (les données de la demande et de la distribution de l'eau) est introduit dans l'état actuel. L'année 2008 c'est l'année de référence et ses données construits le compte d'état actuel « Current Account », pour cette étude, et à partir duquel les scénarios sont construits. Les Scénarios explorent les changements possibles du système dans les années futures, après l'année de l'état actuel.

### **I-1-3-Les Scénarios**

## **CHAPITRE III : LE WEAP UN MODELE DE MODELISATION DES RESSOURCES EN EAU**

---

Sont construits sur la base de l'Etat Actuel. Ils permettent d'explorer les impacts d'hypothèses alternatives ou des politiques sur la disponibilité et l'usage de l'eau dans le futur.

### **I-1-3-1- Evaluation des Scénarios**

À l'égard de la suffisance de l'eau, des coûts et des bénéfices, de la compatibilité avec les objectifs environnementaux et à l'égard de la sensibilité à l'incertitude dans l'estimation des variables clefs. Dans WEAP, le scénario typique est composé de trois étapes une année de compte courant choisie comme année de référence du modèle dont on ajoute les données ou une période, un scénario de référence établi à partir du compte courant et sert pour simuler l'évolution, probable du système sans interposition, des autres scénario pour évaluer les effets des changements socio-économiques, changements climatiques probables pour l'année ou projet futur.

Un scénario de référence est établi à partir des Comptes actuels pour simuler la même évolution du système sans intervention. Finalement, des scénarios « Quoi si » peuvent être créés pour changer le scénario « Référence » et évaluer les effets des changements des politiques et/ou des technologies. Dans notre cas, les hypothèses principales sont :

- ✓ Taux d'accroissement de la population par une régression selon les données des recensements anciens
- ✓ Dotation de 90 l/j/habitant, selon une enquête réalisée.

Il faut noter que WEAP possède une fonction qui permet de calculer automatiquement le nombre de population future. Le logiciel modélise automatiquement les besoins en eau futur en fonction des utilisateurs. Les scénarios sont élaborés par l'introduction d'expressions mathématiques sous formes d'hypothèses clés traduisant les différents cas de figures à examiner (Fig.11 ).

Les dotations journalières introduites pour les autres Scénario sont celles utilisées par les institutions officielles des services hydrauliques de la wilaya (120 l/j/hab), et les dotations théoriques selon les institutions mondiales (180 l/j/hab). Le taux d'accroissement est de l'ordre de 2,3 % selon les services de la wilaya de Guelma.

## CHAPITRE III : LE WEAP UN MODELE DE MODELISATION DES RESSOURCES EN EAU

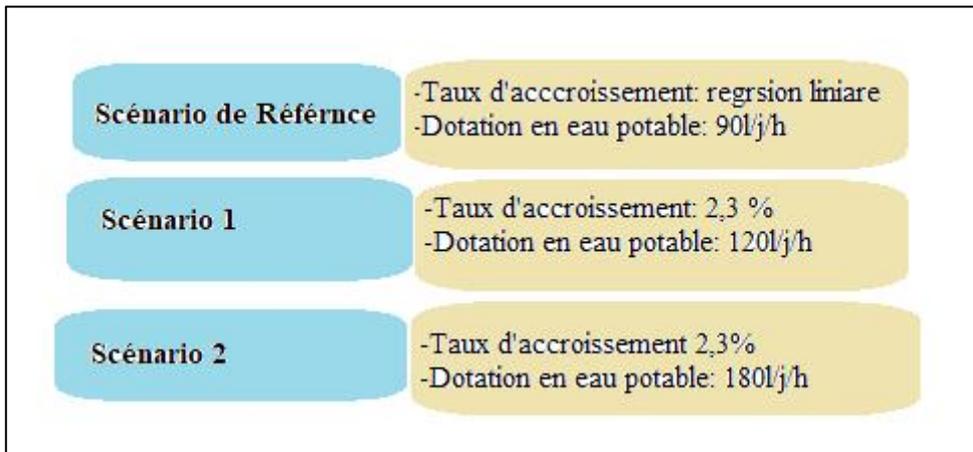


Figure 10 Organigramme de la création des scénarios

### II- Introduction et traitement des données

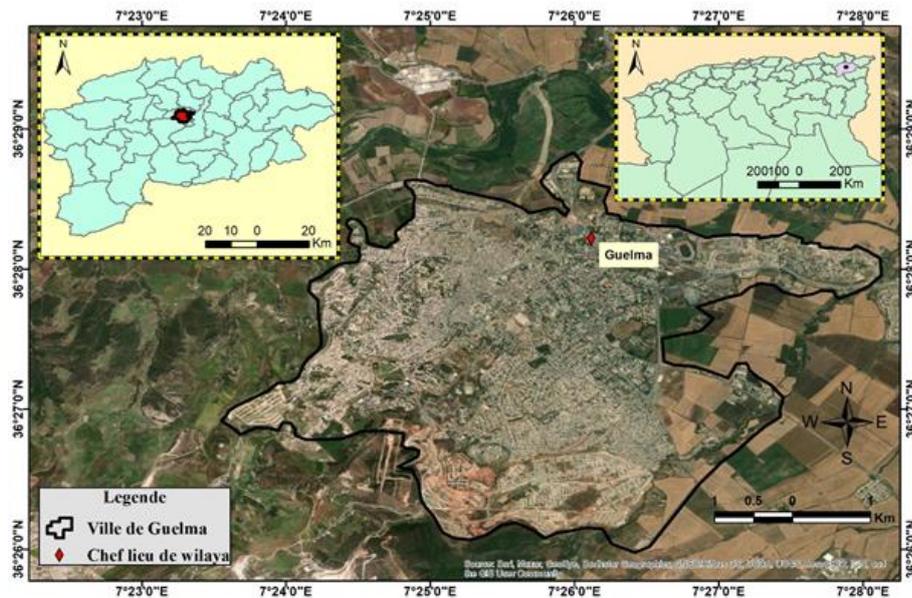
Le modèle WEAP est un outil permettant de planifier la gestion intégrée des besoins en eau, la gestion intégrée des ressources en eau nécessite certaine connaissance aussi parfaite que possible sur : La réserve et la ressource en eau, Les sites de l'offre ou captage et les sites de demandes. On introduit les données des sites de demande (population et consommation) et les sites de l'offre : eau de surface (barrages) et eaux souterraines exploitées (forages, puits) et on saisit les données nécessaires pour chaque utilisateur.

#### II-1-Présentation de la ville de Guelma

La ville de Guelma est le chef-lieu de la wilaya. Elle est Située au Nord -Est de l'Algérie, à 60 Kilomètres au Sud de la mer méditerranée, à 100 km à l'Est de Constantine et à quelque 537 kilomètres de la capitale. Ses coordonnées géographiques sont de 36°27'43" Nord et de 7°25'33" Est (carte n°1). Elle se situe au cœur d'une grande région agricole à 290 m d'altitude, et s'étend sur une superficie de 44 ,74 Km<sup>2</sup> entre les berges de l'Oued Seybouse au nord et le mont de la Mahouna au sud. Entourée de montagnes (Maouna, Dbegh, Houara), on lui donne le nom de « ville assiette»<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Bennacer.L al : Qualification de l'offre de transport

## CHAPITRE III : LE WEAP UN MODELE DE MODELISATION DES RESSOURCES EN EAU



**Figure 11 : Situation géographique de la ville de Guelma**

Source : bennacer.L 2021

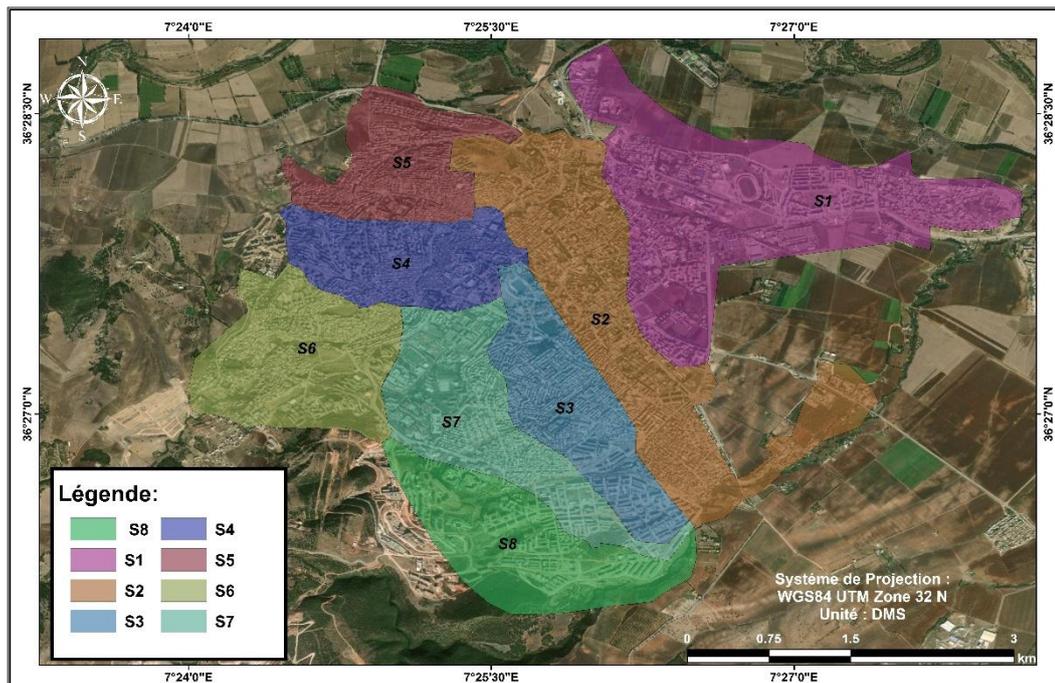
### II-2-Répartition de la population de la ville de Guelma par secteur

La ville de Guelma d'après le dernier recensement fait en 2008 a connu une croissance démographique élevée avec une population de 154716 Habitants et une densité moyenne de 3438 hab. /km<sup>2</sup>, le taux d'accroissement démographique est de 2,3%<sup>2</sup> cette population est divisée en huit secteur urbain.

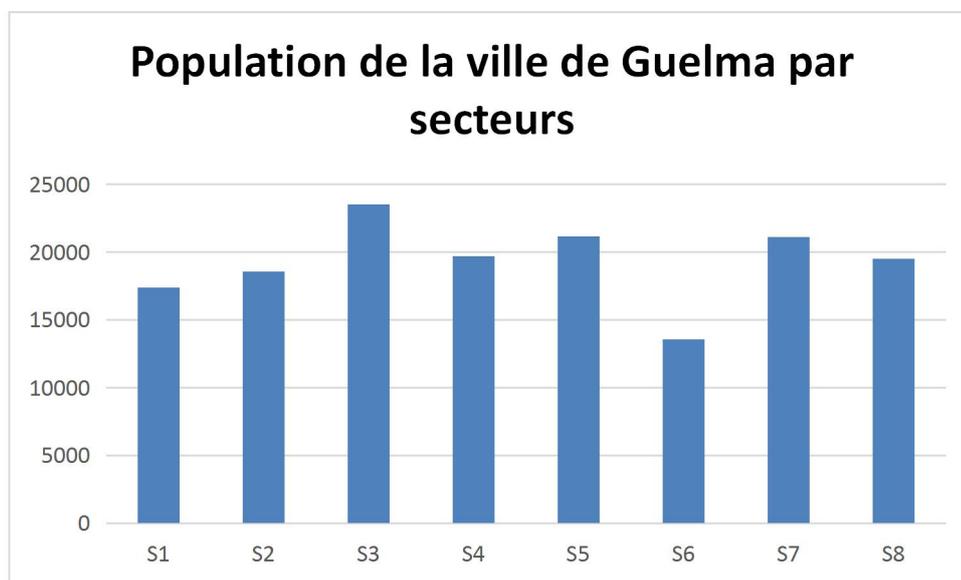
---

<sup>2</sup> : DPAT de Guelma

# CHAPITRE III : LE WEAP UN MODELE DE MODELISATION DES RESSOURCES EN EAU



**Figure 12** carte des secteurs DE la ville de Guelma



**Figure 13** population de la ville de Guelma par secteurs

## CHAPITRE III : LE WEAP UN MODELE DE MODELISATION DES RESSOURCES EN EAU

---

### II-2-1- Estimation de la population future par secteur

On fait une estimation de la population future en utilisant le taux d'accroissement annuel moyen, et en appliquant la formule suivante :

$$P_F = P_0 (1+a)^n$$

Avec :

$P_F$  : Population Future

$P_0$  : Population recensée référence

$$n = PF - P_0 = 2030 - 2008 = 22\text{ans}$$

$$n = PF - P_0 \text{ 2050} - 2008 = 42 \text{ ans}$$

$a$  = Taux de croisement %

L'application de la formule d'estimation de la population future, expliquée ci-dessus (Tab.09), nous conduit vers les résultats présentés dans le tableau suivant.

Secteur	Nombre de population		
	2008	2030	2050
S1	17372	44298.60	104058.28
S2	18590	47404.50	111354.10
S3	23544	60037.20	141028.56
S4	19714	50270.70	118086.86
S5	21158	53952.90	126736.42
S6	13566	34593.30	81260.34
S7	21236	54151.80	127203.64
S8	19536	49816.80	117020.64
<b>Total</b>	<b>154716</b>	<b>394 525.50</b>	<b>799 545.2</b>

Tableau 9 : Evolution de la population par secteur (ville de Guelma)

### II-2-2- L'Alimentation en Eau Potable

La demande en eau potable est définie comme la somme des volumes à mobiliser pour satisfaire les différents besoins en eau potable. La ville de Guelma est alimentée en eau potable essentiellement à partir de barrage de Bouhamdene .

## CHAPITRE III : LE WEAP UN MODELE DE MODELISATION DES RESSOURCES EN EAU

---

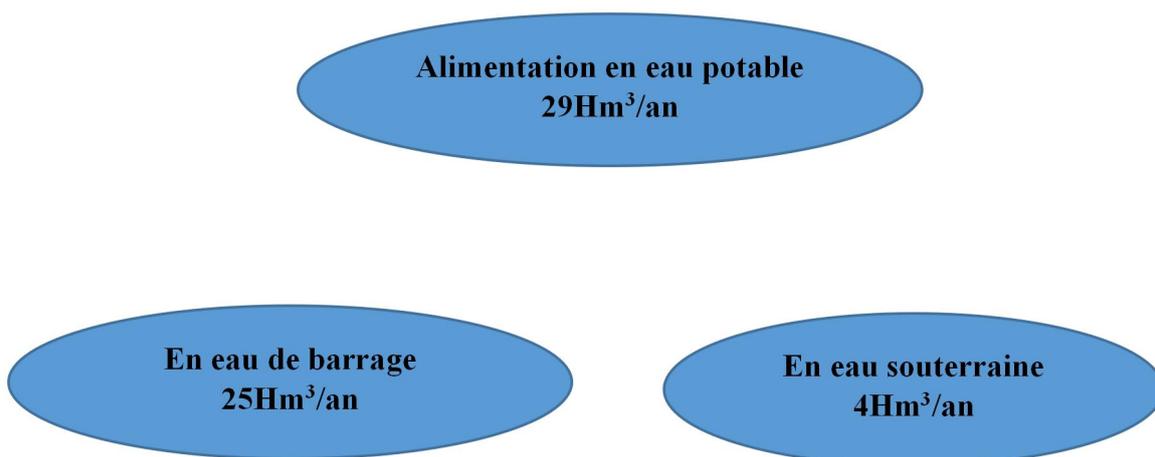
Les secteurs	L'alimentation de chaque secteur
Secteur 1	Barrage (R1)+ puit ecaluptus
Secteur 2	R5 + R7 + station de pompage oued maiz
Secteur 3	R5 + R4
Secteur 4	R6 + R2
Secteur 5	station de pompage bouzaoui (SP3)
Secteur 6	R6
Secteur 7	R5 + R1500 ben achour
Secteur 8	Réservoir djebel halouf 03

**Tableau 10 :TABLEAU DE LA DISTIBUTION D'EAU PAR SECTEUR**

### II-2-3-Répartition des eayx d'AEP par la nature de ressource dans la ville de Guelma

La demande en eau potable est définie comme la somme des volumes à mobiliser pour satisfaire les différents besoins en eau potable tout en prenant en compte les pertes en réseaux des infrastructures d'hydraulique. Les besoins « eau potable » correspondent

- Les besoins domestiques qui couvrent la consommation des particuliers,
- Les besoins « autres usages » qui couvrent les consommations liées à l'administration, les commerces et l'artisanat et petites industries.



**Figure 14 Répartition des eaux d'AEP par nature de ressource dans la ville de Guelma**

# CHAPITRE III : LE WEAP UN MODELE DE MODELISATION DES RESSOURCES EN EAU

## III-Présentation des sites

### III-1- Les sites de ressources d'eau

- Tracer le réseau hydrographique dès l'Oued Bouhamdane et Oued Seybouse
- Le site des eaux superficielles par le Barrage de Bouhamdane,
- Le site des eaux souterraines, l'ensemble des forages et puits.

### III-2- Les sites de demandes en eau

Un site de demande est mieux défini comme un ensemble d'utilisateurs d'eau qui partagent un système de distribution physique, qui se trouvent tous dans une région définie ou qui partagent un point d'approvisionnement de prélèvement important

- La ville de Guelma qui est divisé en huit secteurs. (8 secteurs)
- Le niveau d'activité annuelle qui détermine la demande tel que le nombre d'usagers de l'eau pour des motifs domestiques ou le niveau de consommation d'eau par unité d'activités.

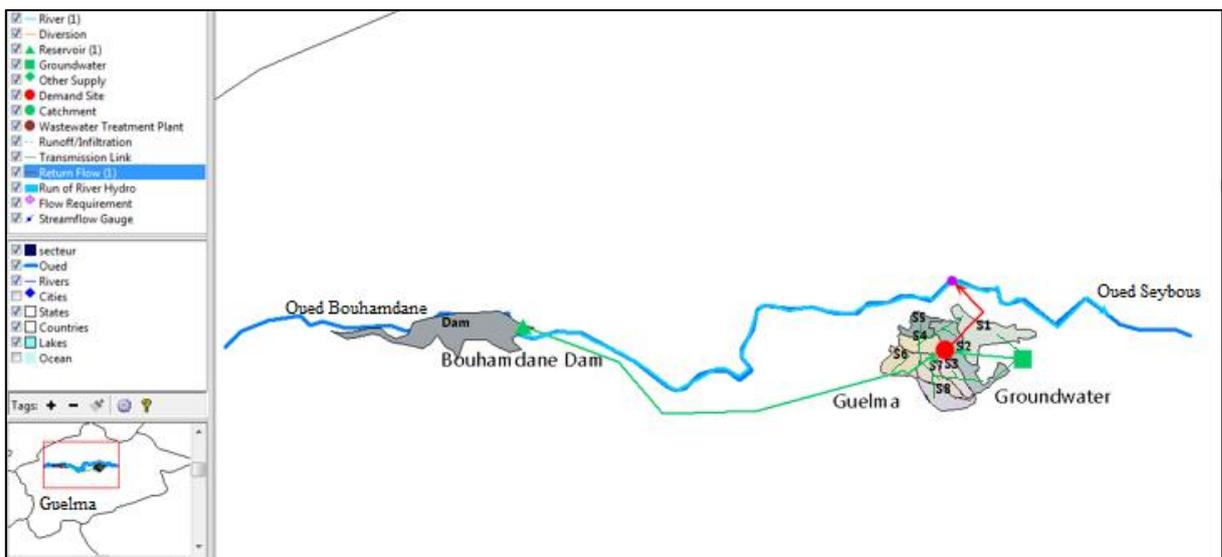


Figure 15 schéma finale du model WEAP

source : Auteur 2022

## VI- Résultats et discussions

Les résultats se présentent sous forme de graphiques ou de tableaux. On aura les résultats de l'année de référence (2008) et des scénarios proposés.

Pour mieux comprendre la confrontation entre l'offre et la demande en eau dans la ville de Guelma, nous allons faire une projection sur l'évolution de la population et les besoins en eau

## **CHAPITRE III : LE WEAP UN MODELE DE MODELISATION DES RESSOURCES EN EAU**

---

potable dans le futur. En schématisent cette évolution par 03 scénarios détail dans les schémas ci-dessous.

### **VI-1- Demande en eau**

Les sites de demande sont représentés par le nombre d'habitant actuel, calculé par le logiciel WEAP en utilisant le nombre de population et le taux d'accroissement l'année de base 2008.

#### **VI-1-1-Demande annuelle**

La demande en eau d'un site de demande (DS) : est calculée comme la somme des demandes pour toutes les branches inférieures du site de demande. Une branche de niveau inférieur est celle qui n'a pas de branches en dessous.

Le niveau d'activité total pour une branche de niveau inférieur est le produit des niveaux d'activité dans toutes les branches de la branche inférieure jusqu'à la branche du site de demande.

#### **VI-1-2- Demande mensuelle**

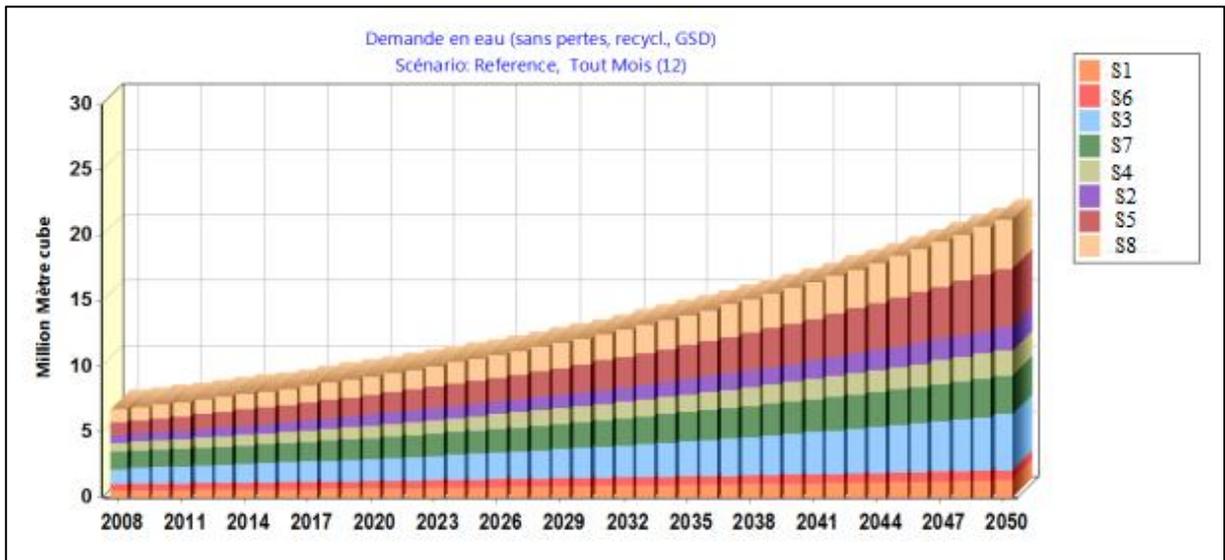
La demande pour un mois (m) est égale à la fraction de ce mois (spécifiée sous forme de données)

#### **VI-2-Scénario de référence**

Face à la croissance de la population des agglomérations, la demande en eau potable pour le scénario de référence augmente régulièrement entre 2008 et 2050, elle a augmenté de 6 millions de m<sup>3</sup> en 2008, pour atteindre en 2030 environ de 13 millions de m<sup>3</sup> et elle s'élèvera au total en 2050 à environ 21 millions de m<sup>3</sup>.

Le graphique ci-dessous (Fig.17) montre que les secteurs S8, S5, S3 sont les plus consommateurs en eau domestique ceci se traduit par le nombre de la population élevé et le mode de vie dans ces secteurs.

## CHAPITRE III : LE WEAP UN MODELE DE MODELISATION DES RESSOURCES EN EAU



**Figure 16 : Evolution de la demande en eau - Référence scenario**

### VI-3-Scénario 01

Le scénario 01 : montre le scénario avec une croissance de population de 2.3 % et une dotation de 120/l/jour, avec l'analyse visuelle on constate une augmentation significative dans la demande en eau potable entre 2008 et 2050, elle a augmenté de 13 millions de m<sup>3</sup> en 2008, pour atteindre en 2030 environ de 20 millions de m<sup>3</sup> et elle s'élèvera au total en 2050 à environ 31 millions de m<sup>3</sup>.

Le graphique ci-dessous (Fig.18) montre aussi que les secteurs S3, S7, S5, S8 sont les plus consommateurs en eau domestique alors que l'on retrouve que le reste des zones sont les moins consommatrices. Et on constate une augmentation significative de la demande en eau potable par rapport au scénario de référence.

# CHAPITRE III : LE WEAP UN MODELE DE MODELISATION DES RESSOURCES EN EAU

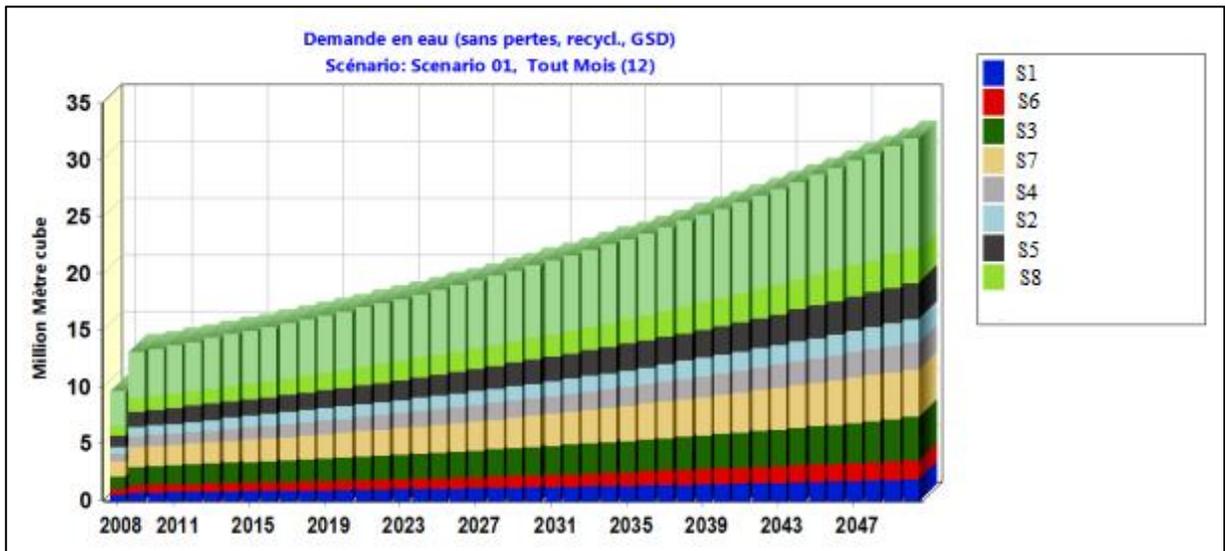


Figure 17 : Evolution de la demande en eau - Scénario 01-

## VI-4-Scénario 02

Ce scénario montre le scénario avec une croissance de population de 2.3% et une dotation de 180l/jour, avec l'analyse visuelle on constate une augmentation aussi significative dans la demande en eau potable entre 2008 et 2050, elle a augmenté de 20 millions de m<sup>3</sup> en 2008, pour atteindre en 2030 environ de 30 millions de m<sup>3</sup> et elle s'élèvera au total en 2050 à environ 47 millions de m<sup>3</sup>.

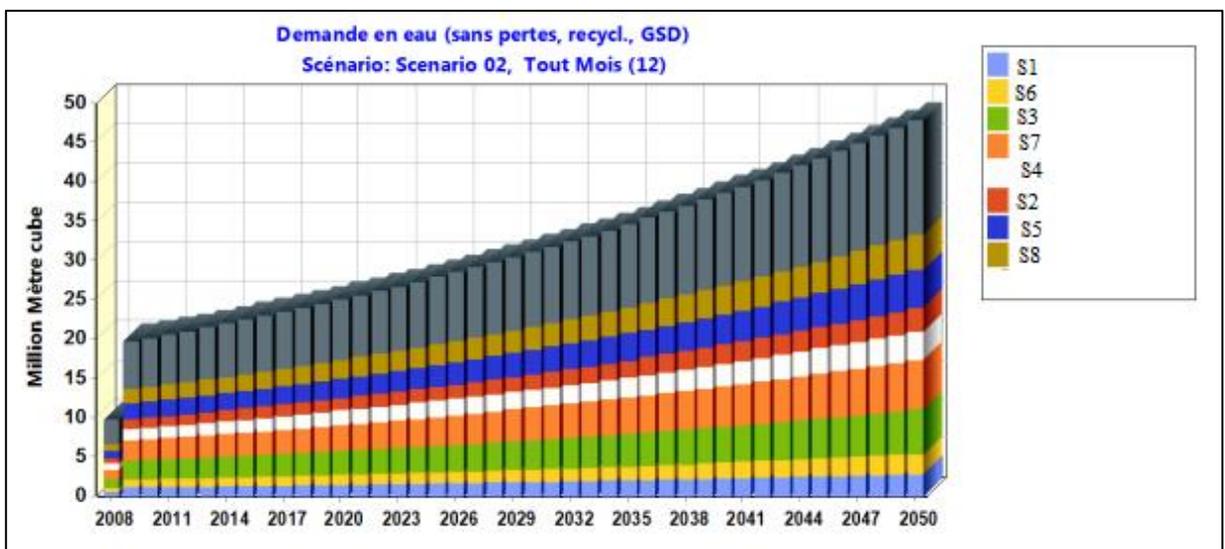


Figure 18 : Evolution de la demande en eau - Scénario 02-

## CHAPITRE III : LE WEAP UN MODELE DE MODELISATION DES RESSOURCES EN EAU

### V- Demande en eau global mensuelle

La demande en eau globale mensuelle augmente au même rythme de 2008 à 2050 pour tous les scénarios où la demande est plus élevée durant la période du mois de mai jusqu'au mois de septembre, cette augmentation est due à l'utilisation intensive pendant la période de l'été. Diminution des ressources par l'effet du changement climatique et l'augmentation de la dotation.

Les résultats obtenus montrent que la demande en eau du mois de janvier 2009 varié entre 13Million m<sup>3</sup> pour le scénario de référence et 13.5Millionm<sup>3</sup> pour le scenario 01(Fig.20), cette demande accentuera durant toute la période et atteindre 14Million m<sup>3</sup> pour le scénario 02.

La demande en eau pour le scénario 02 montre une augmentation remarquable à partir du février 2029 (16.2 Millionm<sup>3</sup>) cette évolution continuera et atteint 17.8Millionm<sup>3</sup>en octobre 2047 et dépassera les valeurs du scénario 01 et du scénario de référence.

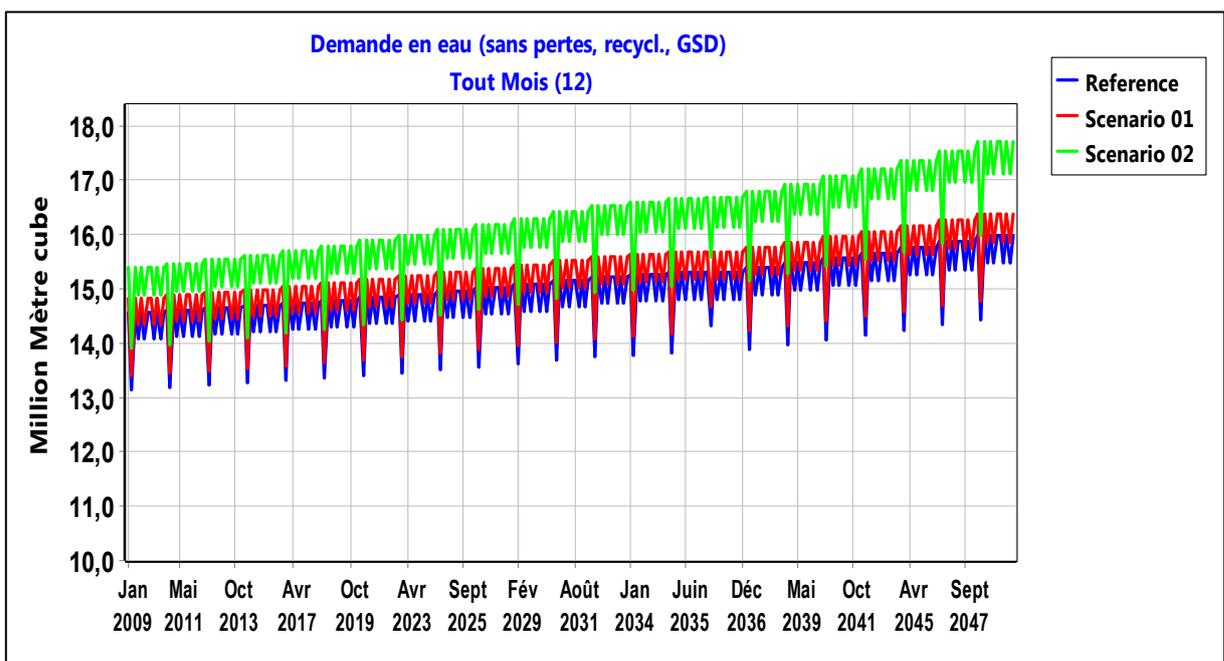


Figure 19 : Evolution de la demande en eau mensuelle pour tous les scénarios

### IV- Demande non satisfaite

On remarque que la demande en eau est non satisfaite pour les trois scénarios et augmente de scénario à l'autre :

## CHAPITRE III : LE WEAP UN MODELE DE MODELISATION DES RESSOURCES EN EAU

Les résultats de la demande non satisfaite montrent le déficit en eau potable pour tous les Scénarios ; pour le scénario de référence, la demande est non satisfaite à partir de 2015 dans les S4, S2 avec des valeurs importantes de l'ordre de 4 Millions m<sup>3</sup> en 2040 et 5 millions m<sup>3</sup> en 2050

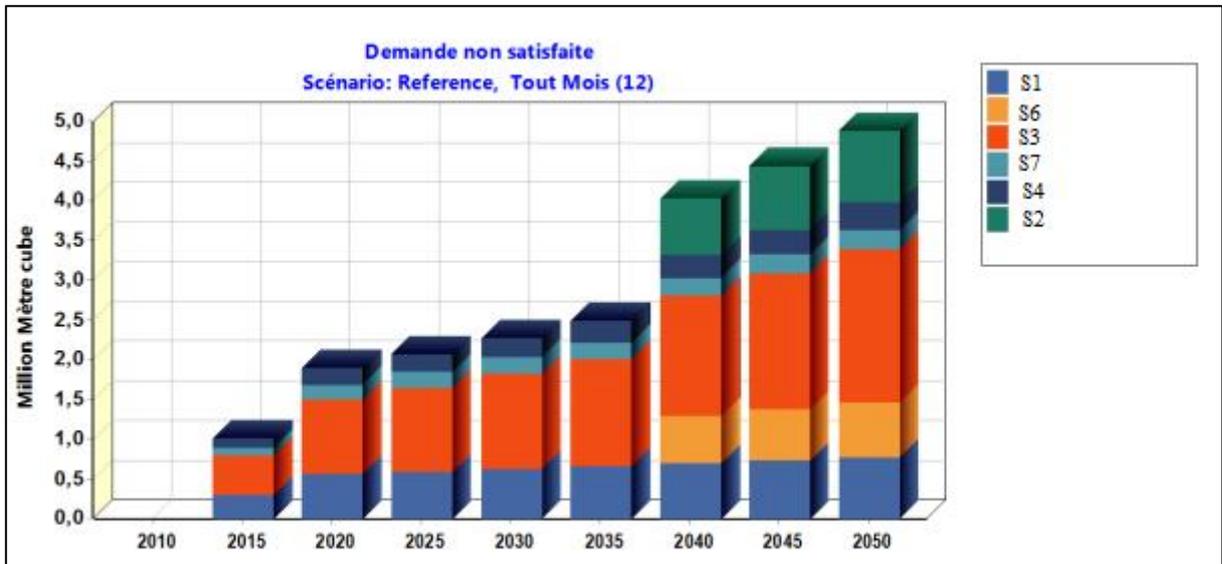


Figure 20 : Evolution de la demande non satisfaite, Scénario de référence

La demande non satisfaite (DNS) en eau potable est importante pour le scénario 1 par rapport au scénario de référence (Fig...), ceci pour les secteurs S2, S6 durant toute la période de simulation.

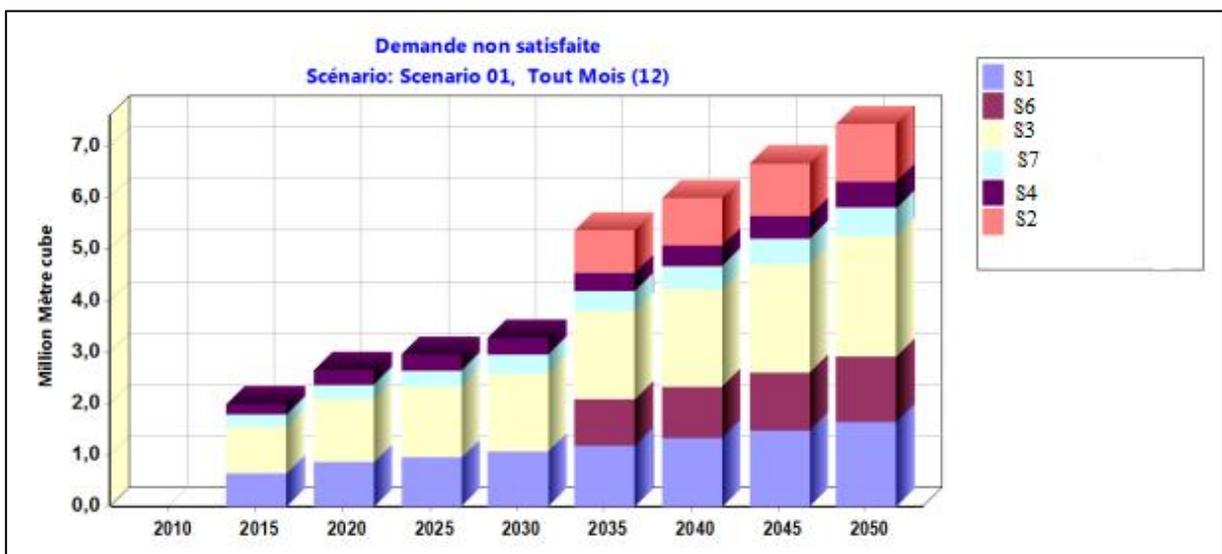
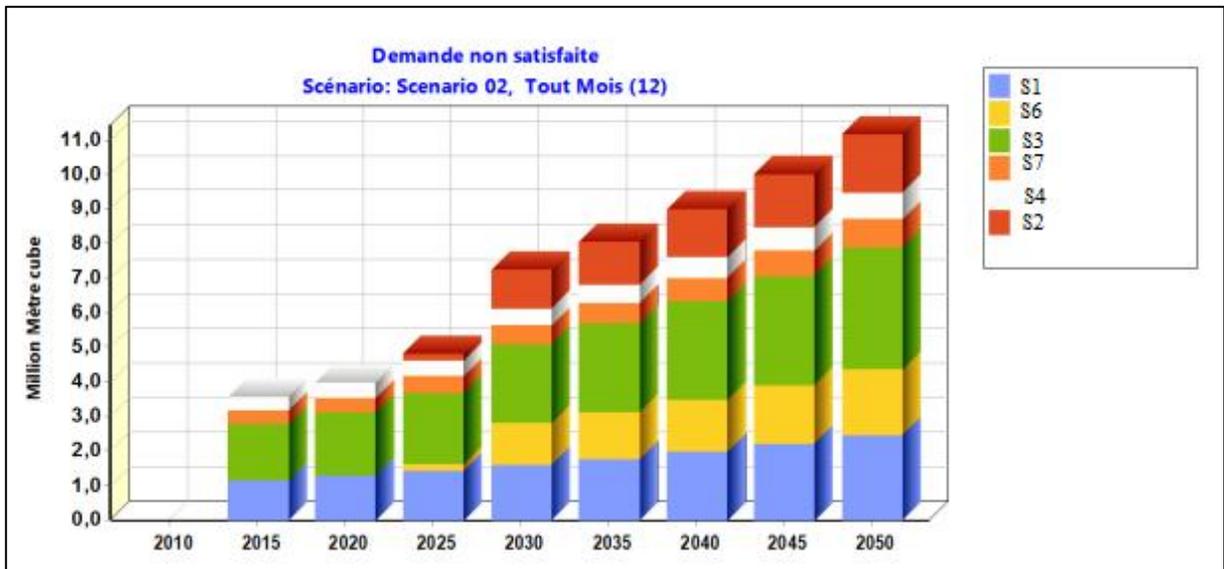


Figure 21 : Evolution de la demande non satisfaite, Scénario 01

## CHAPITRE III : LE WEAP UN MODELE DE MODELISATION DES RESSOURCES EN EAU

La figure ci-dessous (Fig.22) montre que la demande est non satisfaite à partir de 2015 dans les secteurs S2, S4 et les secteurs S6, S2, S7 vont subir aussi d'une crise de manque d'eau à partir de l'année 2030.



**Figure 22 : Evolution de la demande non satisfaite, Scénario 02**

### Conclusion

Après l'évaluation et l'interprétation des résultats nous avons conclu qu'à mesure que la population augmente, la demande en eau potable augmente aussi. Donc l'objectif de la gestion intégrée des ressources en eau est de réaliser une utilisation durable de l'eau dans la ville de Guelma. Pour arriver à cela, avec des ressources qui sont vraiment limitées, il est considéré que la récupération et la maintenance de l'équilibre de la demande et l'offre en eau, des approches des deux côtés de l'offre (ressource en eau) et la demande (utilisateurs de l'eau) sont nécessaires à appliquer pour développer la condition actuelle de l'équilibre de l'eau. Pour gérer et réduire la quantité de l'utilisation de l'eau, tous les utilisateurs de l'eau dans tous les secteurs doivent faire un grand effort dans l'économie d'eau. La lutte contre l'utilisation inefficace et la réduction de la quantité d'eau perdue par évaporation contribueront à améliorer l'équilibre de l'eau.

# CHAPITRE VI

LES USAGERS ET LA DISPONIBILITE  
DE L'EAU POTABLE

## CHAPITRE VI : LES USAGES ET LA DISPONIBILITE DE L'EAU POTABLE

---

### Introduction

En Algérie comme ailleurs dans le monde, et particulièrement dans les pays à faibles ressources hydriques, la gestion de l'eau et de l'environnement fait l'objet d'une remise en question globale. L'UNESCO dans son rapport mondial de 2003, concernant la mise en valeur des ressources en eau, mentionne : « La crise de l'eau est essentiellement une crise de gouvernance. Les causes incluent l'absence d'institutions adaptées aux problèmes de l'eau, la fragmentation des structures institutionnelles [une approche de gestion par secteur et des structures de décision qui font double emploi ou qui s'opposent], des intérêts divergents en amont et en aval en ce qui concerne les droits des riverains et l'accès à l'eau, ainsi que les incertitudes concernant l'application des lois et règlement. »

### I- Enquêtes par questionnaire et Entretien avec les usagers d'eau de la ville de Guelma

La méthodologie employée dans le cadre de cette recherche action répond dans un premier temps sur la mise en œuvre d'enquêtes qualitatives par entretiens et questionnaires menées auprès des usagers de l'eau de la ville de Guelma. L'objectif est pour une analyse approfondie de la ville de Guelma et de cerner le contexte actuel, déterminer les relations existant entre les usagers de l'eau et les ressources.

Ce type du questionnaire [Annexe n°01] pour avoir une base de données, plusieurs sorties ont été effectuées au niveau des différents secteurs de la ville de Guelma. Nous avons choisi un nombre maximal de 10 personnes par secteur, d'âges et de niveaux différents sont questionnées. 80 enquêtes ont été menées au cours du mois de mai 2022. Les enquêtés sont généralement choisis de manière aléatoire. On questionne directement les habitants rencontrés au cours de nos déplacements sur terrain.

### II- Résultats et discussion

Après avoir présenté la méthodologie de notre recherche qui nous permet de répondre à nos questions de recherche sur la mise en œuvre de la gestion concertée autour de la ville de Guelma, l'objectif est d'exposer les principaux résultats recueillis sur le terrain. Ces résultats nous ont permis d'avoir fait une caractérisation des usagers du secteur de la ville de Guelma dans le processus disponibilité et gestion afin de mieux comprendre les modalités de mise en œuvre et la façon dont les dispositifs de régulation prennent part à la gestion au niveau local.

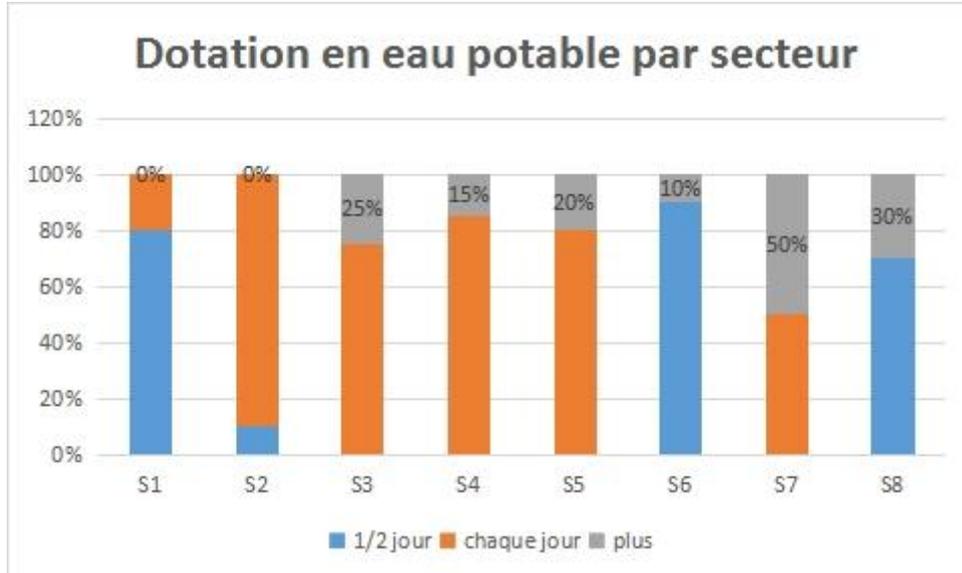
Les huit secteurs de la ville de Guelma sont caractérisés par un nombre de populations important.

#### II-1- La dotation en eau potable

La dotation en eau potable est estimée à partir de l'évaluation des besoins en eau potable d'une agglomération selon son importance. Le débit unitaire est souvent normalisé sur la base de critères socio-économiques.

## CHAPITRE VI : LES USAGES ET LA DISPONIBILITE DE L'EAU POTABLE

D'après la Fig.24 la dotation en eau potable est différente d'un secteur a un autre, les secteurs (S5,S4,S3,S2) présentent une dotation de chaque jour en eau potable avec un pourcentage entre 75% et 90% . On peut dire qu'il ya une couverture importante de ses secteurs par contre les secteurs (S7, S8) se sont les secteurs les plus touché par les punérés



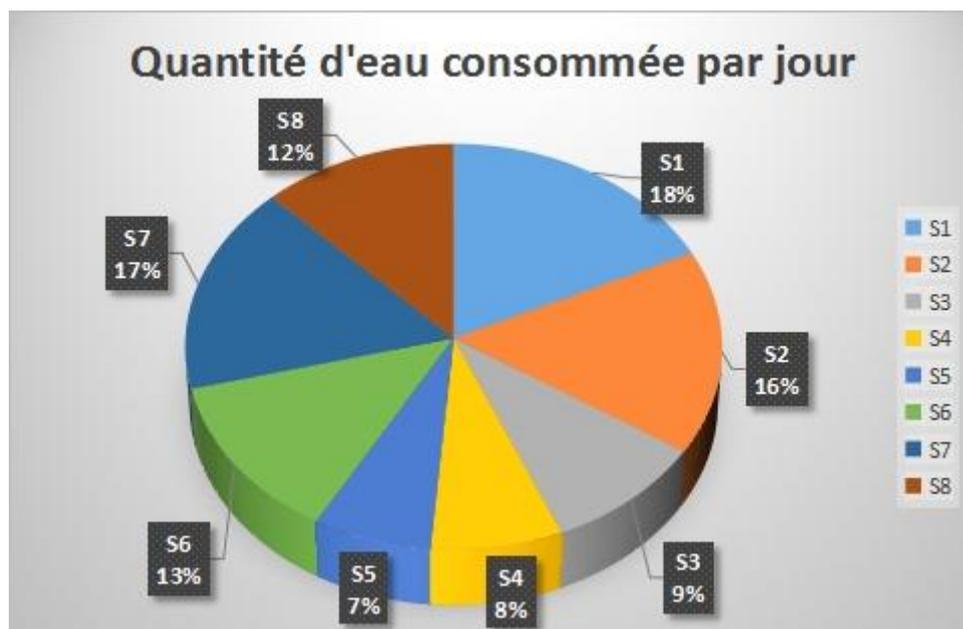
**Figure 23** dotation en eau potable par secteur

Source : traitement des enquêtes sur terrain

### II-2- La quantité d'eau consommée par jour

En ce qui concerne la quantité d'eau consommée et d'après la (Fig .25) les usagers consomment 2954 l/j se répartie comme suit

Le secteur (S1) consomme 530l/j soit 18% de la consommation totale c'est le secteur le plus consommateurs, suivi par le (S2) avec un pourcentage de 16%,



**Figure 24 : Quantité d'eau consommée par jour**

Source : traitement des enquêtes sur terrain

### II-3- Le nettoyage des maisons par semaine

D'après la (Fig.26) on observe que la plupart des usagers nettoient leurs maisons entre 3 et 5 fois par semaine, le secteur 7 occupe la plus grande place avec un pourcentage de 16% et les secteurs 5 et 6 sont les moins consommateurs de l'eau potable avec 9%. En peut dire qu'une grande quantité d'eau potable est destiné pour le nettoyage des maisons.

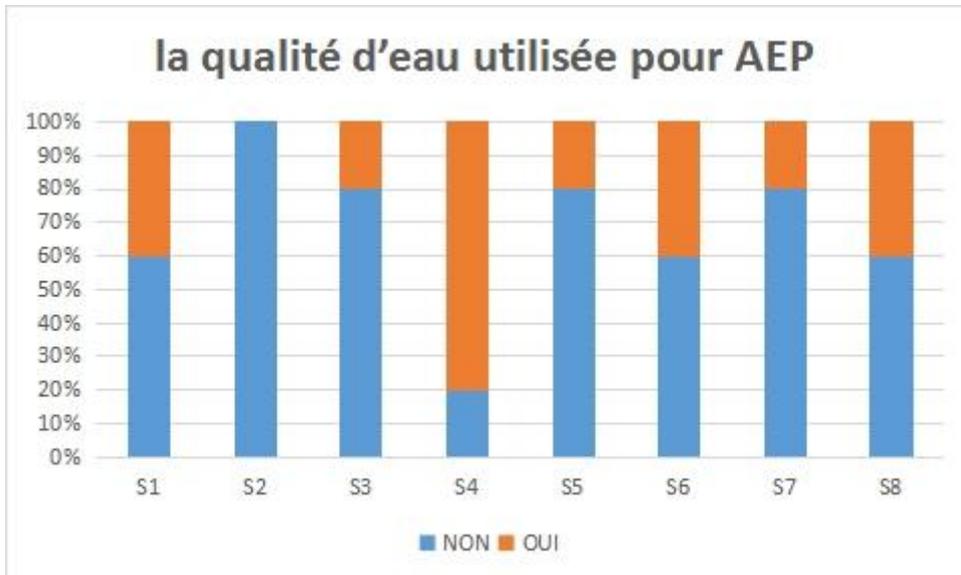


**Figure 25 : le nombre de fois que vous nettoyer la maison par semaine**

Source : traitement des enquêtes sur terrain

### II- 4-la qualité d'eau utilisée pour AEP

D'après la (Fig.27) on a constaté que la plupart des usages interrogé non pas une idée sur la qualité des eaux utiliser, tel que le secteur 2 avec un pourcentage de (100%).

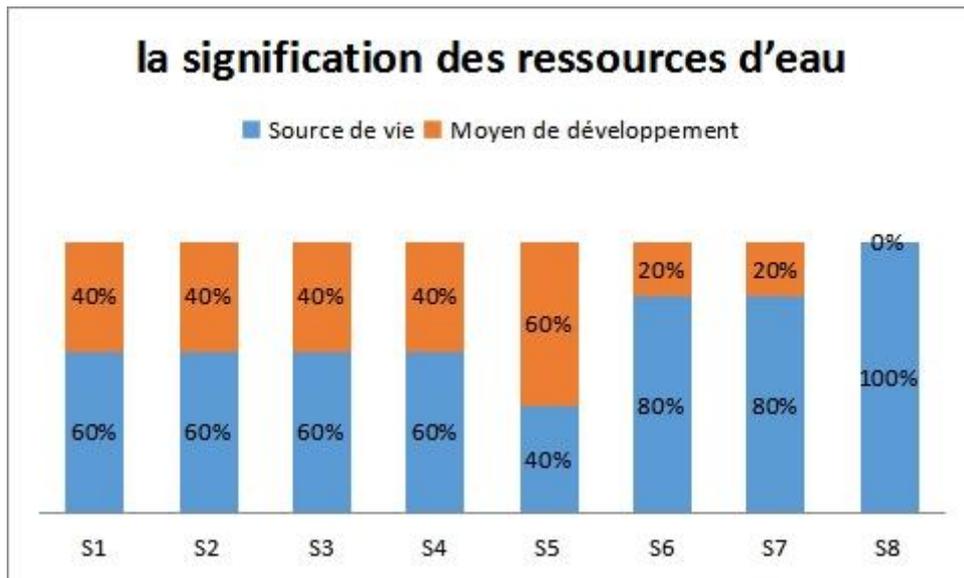


**Figure 26 : la qualité d'eau utilisée pour AEP**

Source : traitement des enquêtes sur terrain

### II- 5- la signification de ressources d'eau pour les usagers :

D'après la (Fig.28) on observe que la plupart des usagers pensent que l'eau est une source de vie, surtout le secteur 8 avec un pourcentage de 100%. Les usagers du secteur 6 pensent avec 40% que l'eau est un moyen de développement.

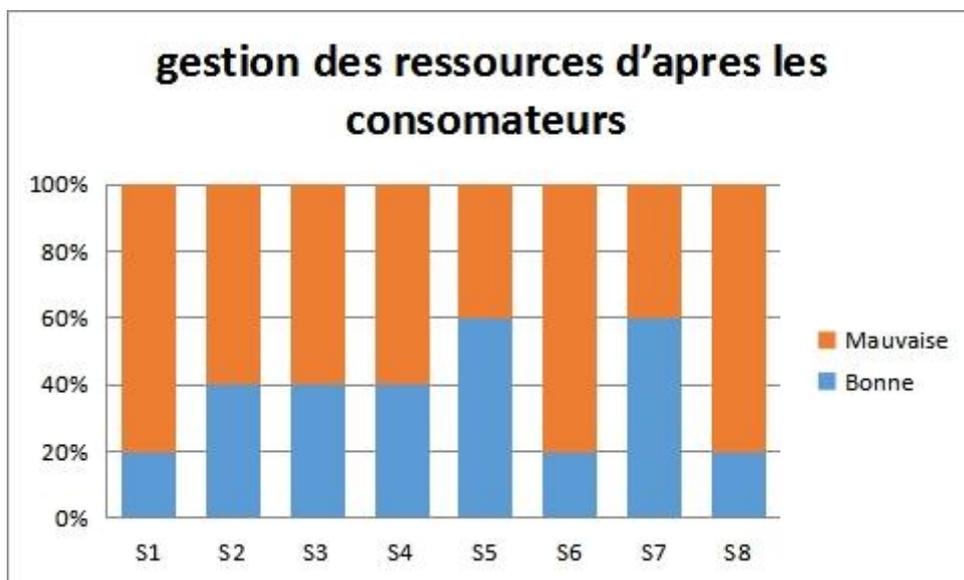


**Figure 27 : la signification des ressources d'eau**

Source : traitement des enquêtes sur terrain

**II- 6- gestion des ressources d'après les consommateurs :**

D'après la (Fig.29) on peut dire que la plupart des usagers interrogé disent que la qualité d'eau est mauvaise surtout les interrogé des secteurs 1 et 6



**Figure 28 : gestion des ressources d'après les consommateurs**

Source : traitement des enquêtes sur terrain

### II- 7- causes de la détérioration de la qualité de l'eau :

D'après la (Fig.30) on a constaté que la plupart des usages interrogés disent que les principales causes de la détérioration de la qualité d'eau sont les activités de l'homme sauf quelques usagers des secteurs (S5, S7, S8) qui disent que la cause la détérioration de la qualité de l'eau est l'effet naturel.

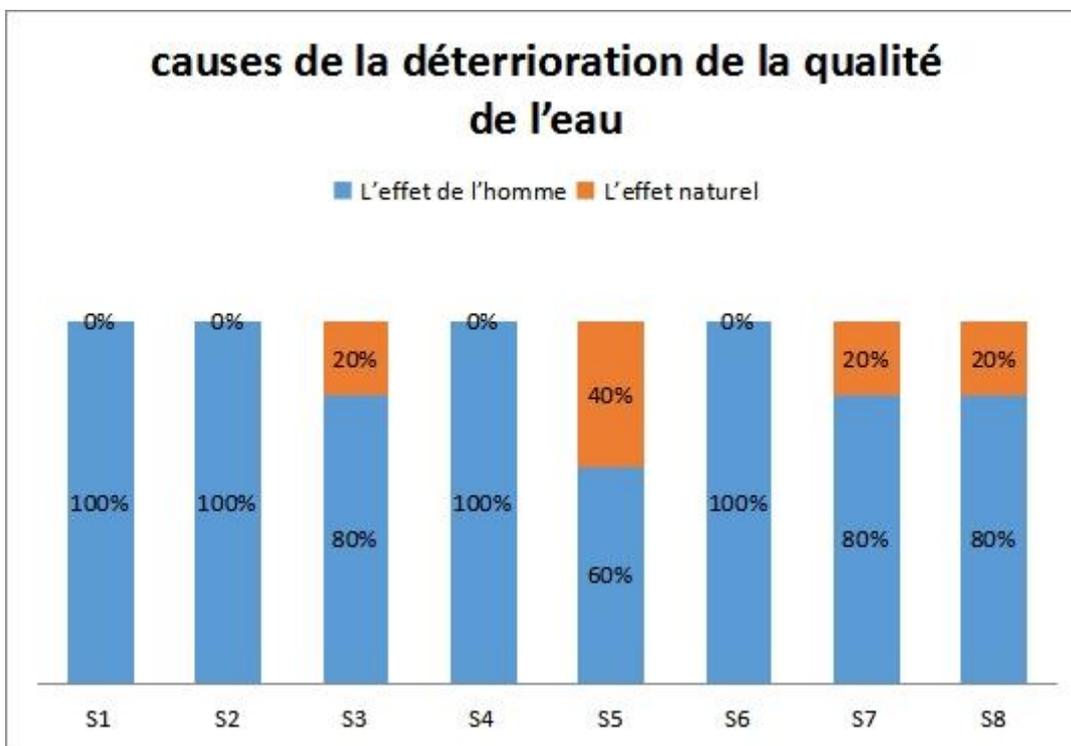
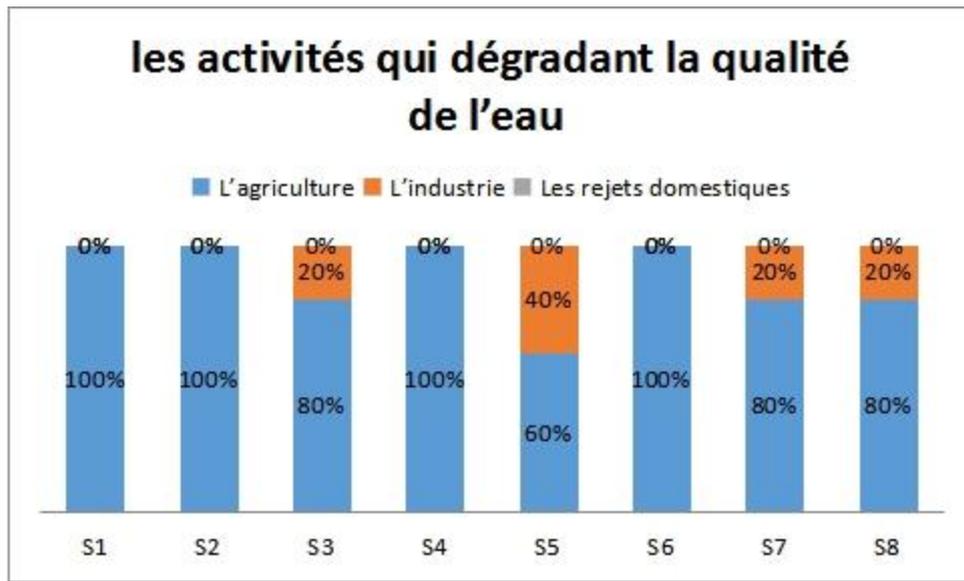


Figure 29 : causes de la détérioration de la qualité de l'eau

Source : traitement des enquêtes sur terrain

### II- 8- les activités qui dégradent la qualité de l'eau

D'après la (Fig.31) on observe qu'entre 60% et 100% des usagers pensent que l'agriculture est l'activité la plus dégradante de la qualité des eaux d'AEP, alors que les usagers des secteurs (S3, S5, S7, S8) pensent que l'industrie aussi joue un rôle important dans la détérioration de la qualité des eaux.

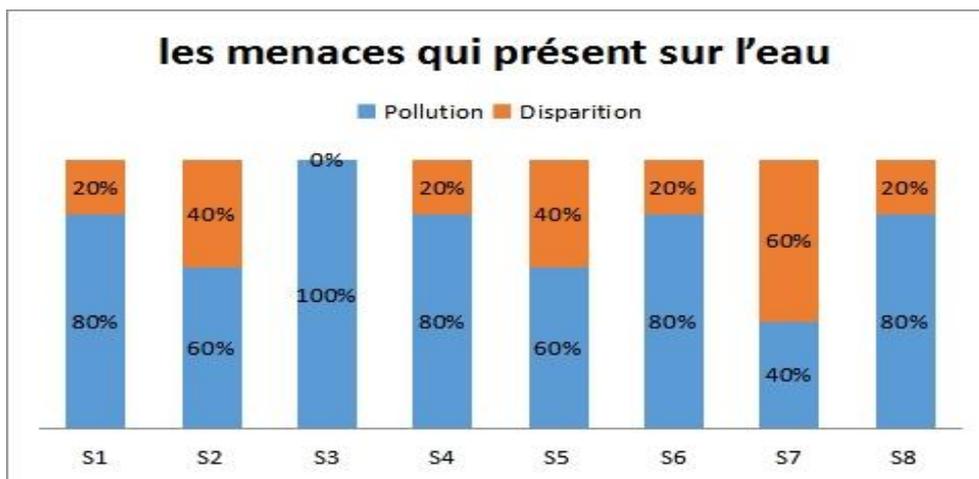


**Figure 30** : les activités qui dégradent la qualité de l'eau

Source : traitement des enquêtes sur terrain

**II- 9- les menaces qui présent sur l'eau**

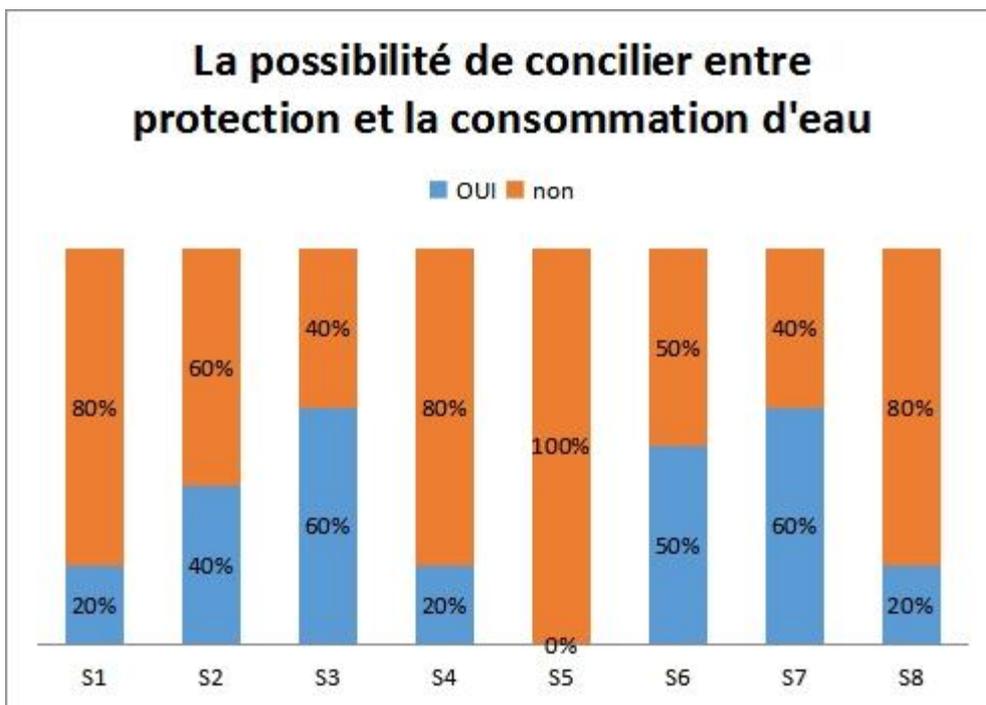
D'après la (Fig.32) on trouve que la plupart des usages interrogé disent que la pollution occupe la première place des menaces qui présent sur l'eau, avec des pourcentages qui atteint jusqu'au 100% surtout les secteurs (S3, S4, S1, S6, S8). D'autre part les usagers des secteurs (S2, S5, S8) pensent que la disparition aussi pause un problème de menace.



**Figure 31** : les menaces qui present sur l'eau

Source : traitement des enquêtes sur terrain

### II- 10- la possibilité de concilier entre la protection des ressources en eau et leur exploitation rationnelle :

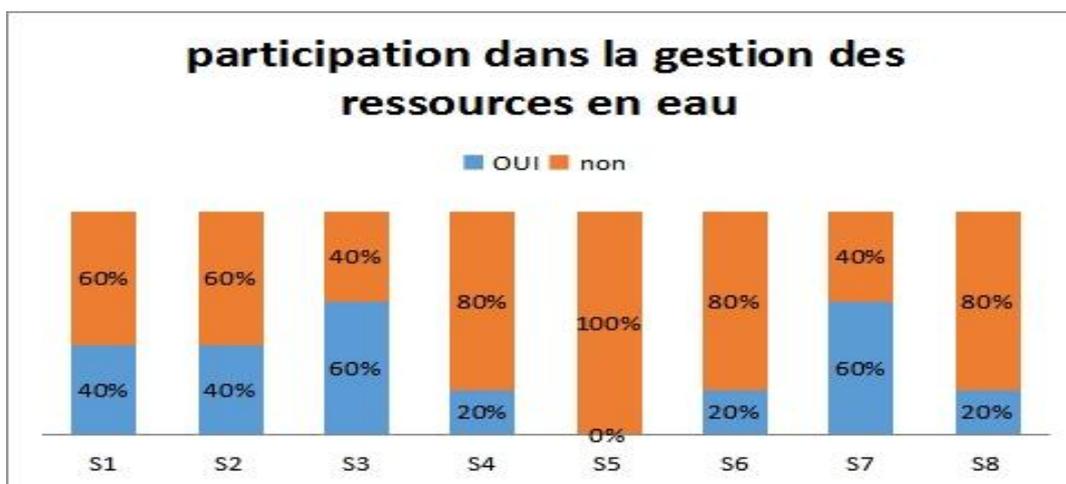


**Figure 32 : la possibilité de concilier entre protection et la consommation d'eau**

Source : traitement des enquêtes sur terrain

D'après la (Fig.33) on a constaté que la plupart des usages interrogé disent qu'il y a pas une possibilité de concilier entre la protection et la consommation d'eau, les usagers du secteur 5 occupent la première place avec 100% , tandis ce que les usagers des secteurs (S7, S6, S2) trouvent qu'il ya une possibilité de concilier.

### II- 11- participation dans la gestion des ressources en eau



**Figure 33 : participation dans la gestion des ressources en eau**

Source : traitement des enquêtes sur terrain

## CHAPITRE VI : LES USAGES ET LA DISPONIBILITE DE L'EAU POTABLE

---

D'après la (Fig.34) on a constaté que la plupart des usages interrogé ne s'intéressent par de la participation dans la gestion des ressources en eaux, par contre les usagers des secteurs (S3, S7, S1, S2) pensent que leurs participation peut changer plusieurs choses dans la gestion des ressources en eaux

### **Conclusion**

La gestion des ressources naturelles et notamment de la ressource en eau potable au sein de la ville de Guelma, avec une enquête par questionnaire visait à compléter le recensement des démarches disponibilité liées aux sources naturelles et plus précisément liées à l'eau en intervient une plus grande diversité des usagers dans les secteurs de la ville de Guelma.

En effet, cette gestion participative nécessite la prise en compte, par des décideurs informés, de l'ensemble des usages et ressources de la région. Il faut à présent revoir en profondeur et d'une façon radicale les approches qui permettront de satisfaire à la fois les besoins des populations et les besoins des écosystèmes qui supportent la vie même de ces populations.

# CHAPITRE V

L'ETUDE HYDRO-CHIMIQUE

# CHAPITRE V : L'ETUDE HYDRO-CHIMIQUE

---

## Introduction

La composition chimique de l'eau joue un rôle important pour la détermination de sa qualité, et son attribution pour l'alimentation en eau potable, irrigation, industrie (Debieche. 2002). La chimie des eaux (eaux de surface, nappe superficielle et nappe des graviers) est souvent influencée par l'effet de la dissolution des formations géologiques, les rejets industriels et l'activité agricole, (Kherici .1993), (Djabri .1996), (Lauhi .1996), (Zenati .1999).

L'évaluation, la quantification de la pollution ou Les principales manifestations de la pollution des eaux de surface sont de nature chimique ou biologique et peuvent être pathogènes pour l'homme (Haddou 2010). Cette pollution n'est pas figée mais elle suit le sens des écoulements des eaux provoquant ainsi le déplacement des polluants d'une zone à une autre, ce qui nécessite une bonne connaissance de la région à étudier.

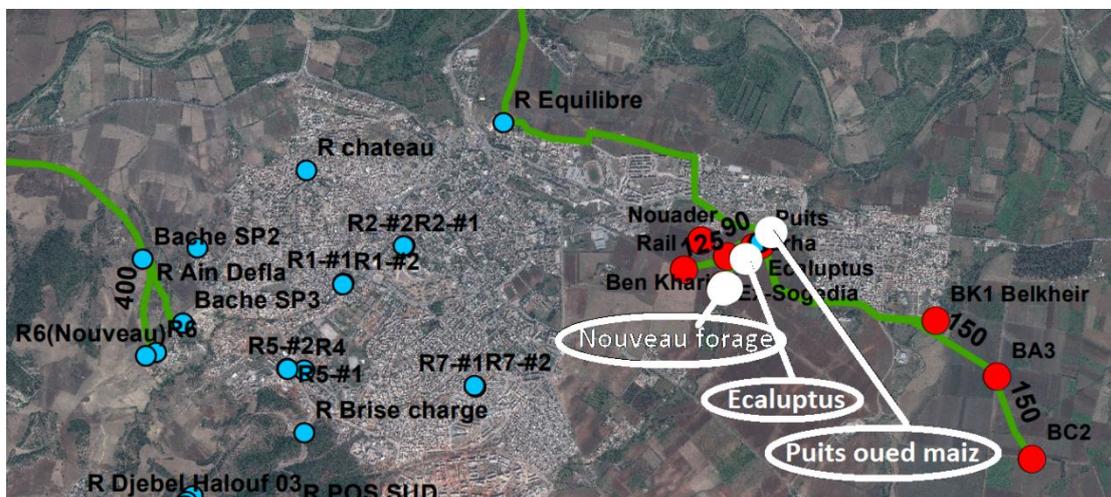
Le bassin de Guelma a connu une urbanisation rapide et un développement industriel marqué. Par conséquent, ce développement socio-économique s'accompagne d'une augmentation des débits des rejets des eaux usées, et du degré de pollution des eaux de surfaces et souterraines.

L'étude du chimisme des eaux, consiste à donner un aperçu sur la qualité des eaux de la région destinée à l'AEP.

## I- Méthodologie

### I-1-Echantillonnages des points d'eau

A cet effet, les points d'échantillonnages largement réparties sur la surface d'eau du barrage de Bouhamdane et 3 forages ont été choisis de telle sorte qu'elles soient la source souterraine d'alimentation de la ville de Guelma.



**Figure 34 : Carte des forages et puits**

### I-1-1-Mesures in situ

Les paramètres physico-chimiques (le potentiel d'hydrogène, T°, et la conductivité électrique) ont été mesurés in situ, immédiatement après le prélèvement de l'échantillon à l'aide d'une valise multi-paramètres de terrain WTW. Multi 340i / SET. Un étalonnage préalable est effectué avant chaque campagne de mesure.

### Analyse des éléments chimiques

Les méthodes d'analyses pratiquées sont celles préconisées par les normes (Rodier. 2009)

- ✓ Les analyses chimiques ont été effectuées sur les principaux éléments responsables à la minéralisation des eaux, appelés couramment les éléments majeurs ; les cations (calcium, magnésium, sodium et potassium) et les anions (chlorures, sulfates et bicarbonates).
- ✓ Les analyses des éléments des pollutions : nitrites, nitrates, phosphates

**Tableau 11 : Les points de prélèvements sont désignés comme suit**

Points	Coordonnées géographiques	Localisation
P1	X=6°55' a 7° 15' Y=35°70' a 36° 70'	Barrage Bouhamdane
P2	X=36°23'58'' Y=40°36'40.4''	Puits Oued Maiz
P3	X=36°22'63'' Y=40°36'35.6''	Eucalyptus Oued Maiz
P4	X=36°20'47'' Y=40°36'29.8''	Nouveau F Oued Maiz

### I-1-2-Méthodes d'analyses

L'analyse des eaux étudiées et le suivi des composés détectables ont été réalisés à l'aide des techniques suivantes :

Les paramètres enregistrés in situ, sont : le pH (potentiel d'hydrogène), la conductivité électrique, l'oxygène dissous. L'appareil de mesure est un multi-paramètre 340I-/SET WTW (Wissenschaftlich–Technische- Werkstätten Gmbh & Co.KG. Il est doté d'une sonde de Sen

## CHAPITRE V : L'ETUDE HYDRO-CHIMIQUE

Tix 41-mesure de pH et de température, d'une sonde à Oxygène dissous Cellox 325, d'une cellule de conductivité standard Tetra Con 325.

Aux laboratoires, les différents dosages volumétriques et colorimétriques ont été effectués selon Jean Rodier, Aminot et Keronel préconisés par les normes ISO, AFNOR et RODIER.

Les paramètres organiques tels-que les nitrites, nitrates, l'ammonium et les phosphates, ont été mesurés à l'aide d'un spectrophotomètre UV/VIS 6705 JENWAY ; à des longueurs d'onde respectivement de 543 nm, 630 nm et 880 nm pour les nitrites, ammonium et phosphates, les résultats obtenus sont en mg/l.

### I-2-Faciès chimiques

L'interprétation des résultats des analyses a pour but de déterminer les faciès chimiques et d'effectuer une comparaison temporelle et mettre en évidence les différents éléments, leurs genèses, et leurs origines. Parmi les méthodes graphiques les plus utilisées, celle de SCHOELLER –BERKALOFF, PIPER, STABLER, STIF, WILCOX.

### I-3-La formule ionique :

Cette formule a pour but de classer par ordre décroissant les quantités en réaction en (mg/l) des groupes des anions et des cations. Cette formule permet de classer les eaux de même origine par famille. Le tableau donne les faciès chimiques de chaque analyse :

Echenillions	Formule ionique	Faciès chimique
Barrage .B	$r\%SO_4^{-2} > r\%Cl^- > r\%HCO_3^-$ $r\%Ca^{+2} > r\%Mg^{+2} > r\%Na^+ > r\%K^+$	Sulfaté calcique
Puits O. Maiz	$r\%SO_4^{-2} > r\%Cl^- > r\%HCO_3^-$ $r\%Ca^{+2} > r\%Mg^{+2} > r\%Na^+ > r\%K^+$	Sulfatécalcique
Eucalyptus O Maiz	$r\%SO_4^{-2} > r\%Cl^- > r\%HCO_3^-$ $r\%Ca^{+2} > r\%Mg^{+2} > r\%Na^+ > r\%K^+$	Sulfaté calcique
Nouveau F Oued Maiz	$r\%HCO_3^- > r\%SO_4^{-2} > r\%Cl^-$ $r\%Ca^{+2} > r\%Mg^{+2} > r\%Na^+ > r\%K^+$	Bicarbonaté calcique

Tableau 12 : Classification des eaux d'AEP de la ville de Guelma d'après la formule ionique.

### 1- Diagramme de piper

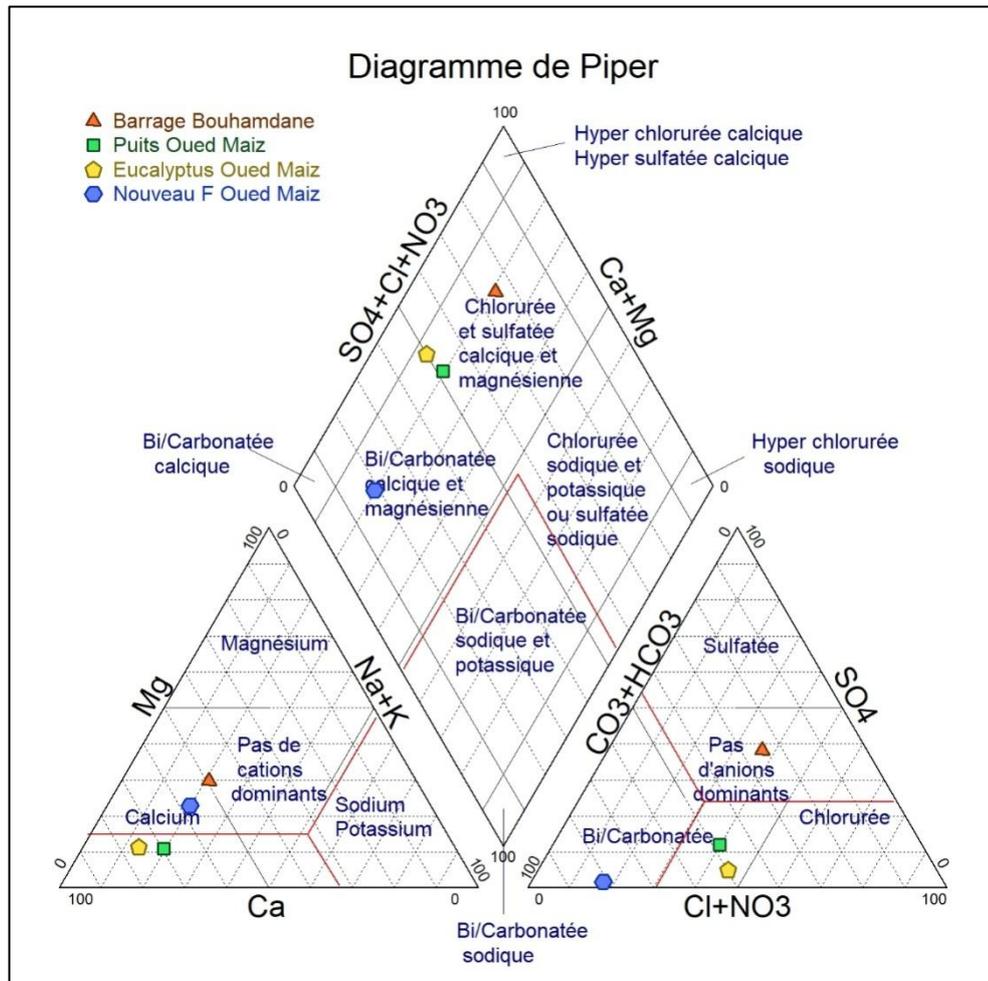
Le Diagramme de Piper est l'une des représentations les plus classiques pour faire ressortir les relations chimiques entre l'eau en termes plus précis et comparer les compositions chimiques des eaux naturelles. Il permet une représentation des cations et anions sur deux triangles spécifiques dont les côtés témoignent des teneurs relatives de chacun des ions majeurs par rapport au total des ions. La position relative d'un résultat analytique sur chacun de ces triangles permet de préciser en premier lieu la dominance cationique et anionique.

A ces deux triangles, est associé un losange sur lequel est reportée l'intersection des deux lignes issues des points identifiés sur chaque triangle. Ce point d'intersection représente l'analyse globale de l'échantillon. Cette position permet de préciser le faciès de l'eau naturelle concernée. Le diagramme de Piper permet également :

- D'illustrer l'évolution chimique d'une eau dans un aquifère ainsi que les mélanges d'eaux minéralisations différentes,
- D'avoir une idée sur la lithologie à partir des analyses chimiques,
- D'avoir une relation entre le chimisme de l'eau et la nature lithologique de l'encaissant,
- La projection de plusieurs échantillons en même temps :
  - Pour suivre leurs évolutions dans le temps et dans l'espace, Pour les comparer,
  - Pour avoir une idée sur la notion de mélange, de suivre les propriétés physico-chimiques au cours de leur évolution spatio-temporelle.

La représentation des données des analyses chimiques des eaux d'AEP sur le diagramme de Piper (Figure) ont montré l'existence des familles des faciès chimiques suivants :

- Barrage Hammam Debagh, Puits Oued Maiz et Eucalyptus Oued Maiz : Chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne,
- Nouveau F Oued Maiz : Bicarbonaté calcique et magnésienne.



**Figure 35** : Classification des eaux de l'AEP de la ville de Guelma sur le diagramme de Piper

## 2- Diagramme de Schöeller-Berkaloff

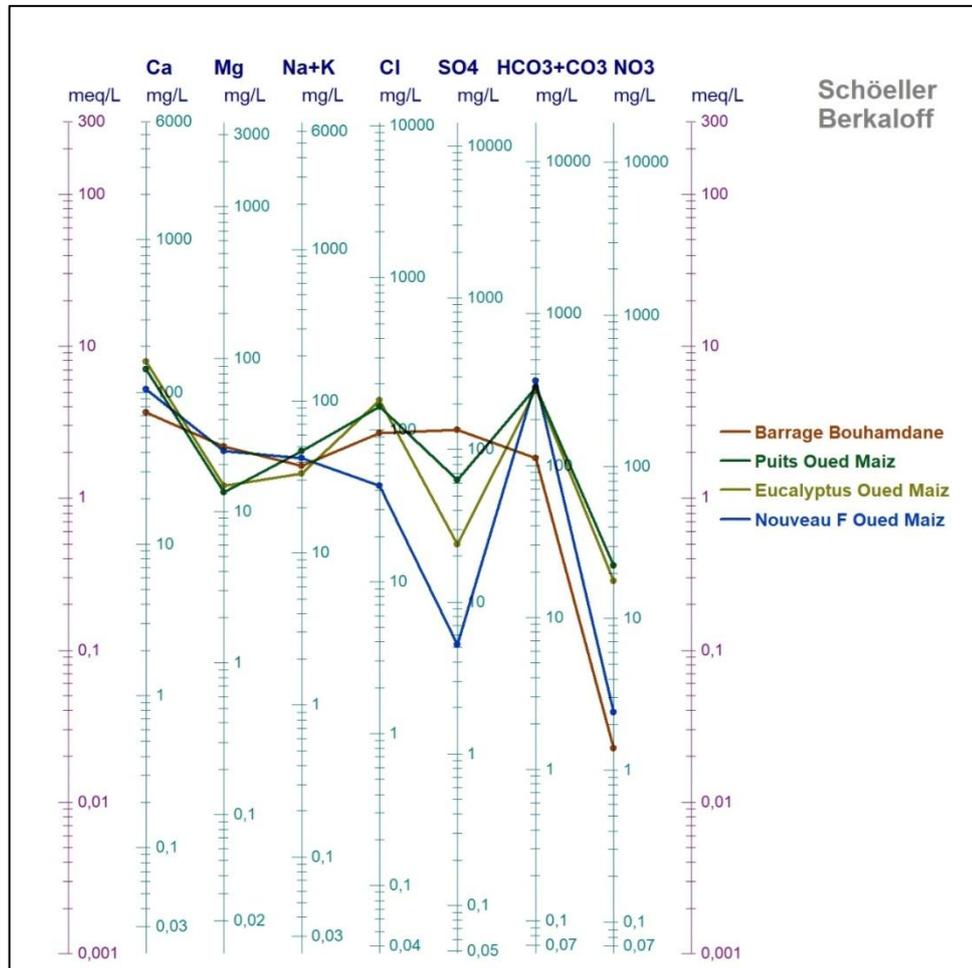
Le diagramme de Schöeller-Berkaloff est une représentation graphique semi-logarithmique sur laquelle les différents ions sont représentés sur l'axe des abscisses et la teneur réelle en mg/l sur l'axe des ordonnées. Les points obtenus sont reliés par des droites.

L'allure du graphique permet de visualiser le faciès des eaux analysées. Cette représentation permet aussi la détermination du faciès d'une eau. En effet, le diagramme de Schöeller- Berkaloff indique pour chaque eau analysée la teneur moyenne (mg/l) en éléments majeurs de ces eaux, de comparer des éléments en traces et d'établir les faibles variations entre les éléments chimiques. Les deux représentations Piper et Schöeller-Berkaloff ont été utilisées car elles sont complémentaires. Le diagramme de SCHOELLER-BERKALOFF montre la même allure des courbes ce qui permet de dire que les eaux ont la même minéralisation. Les teneurs des différents éléments chimiques majeurs sont très rapprochées.

## CHAPITRE V : L'ETUDE HYDRO-CHIMIQUE

Le report des résultats d'analyses sur le diagramme de Schöller-Berkaloff(Fig.), et on a révélé l'existence des faciès suivants :

- Sulfatécalcique
- Bicarbonatécalcique



**Figure 36** Classification des eaux de l'AEP de la ville de Guelma sur le diagramme de Schoeller-Berkaloff

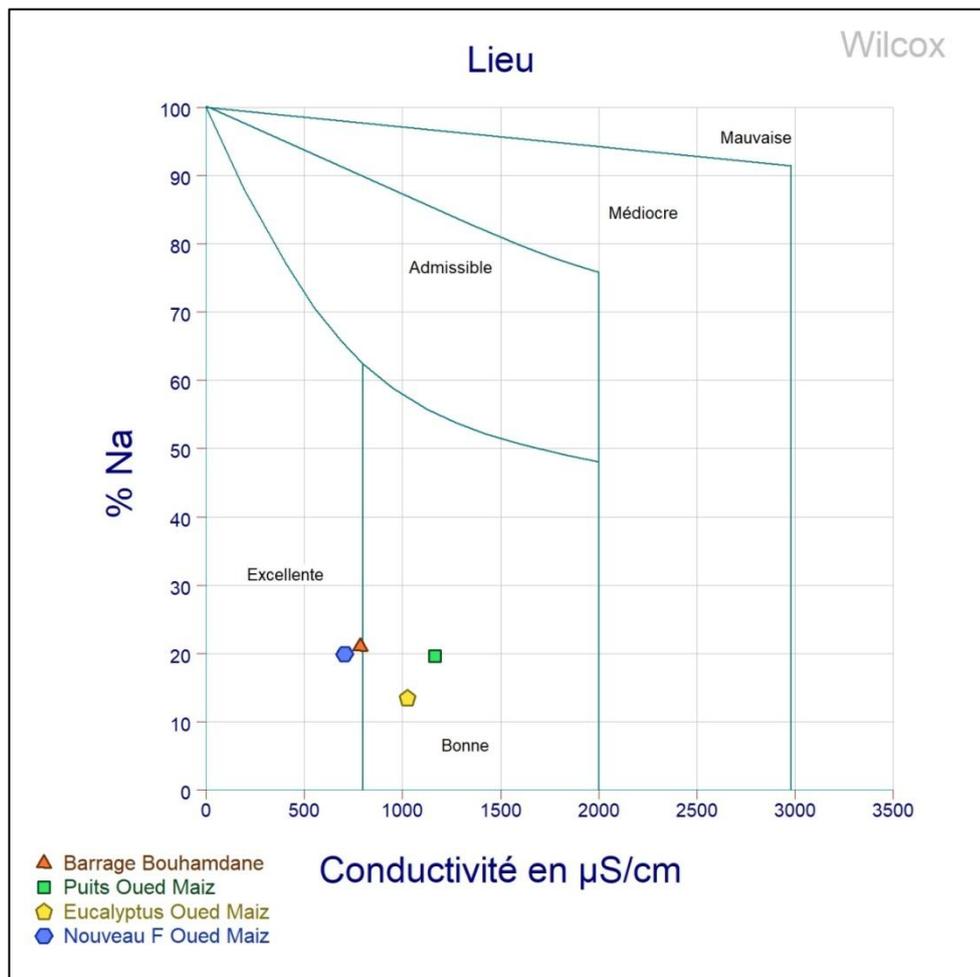
### 3- Diagramme de Wilcox

Le diagramme de WILCOX (1948) est une représentation graphique du pourcentage du sodium (% Na) en fonction de la conductivité électrique, permettant de déterminer le risque de salinité des eaux. La classification définit cinq classes d'eau : excellente, bonne, admissible, médiocre et mauvaise (Figure).

La conductivité électrique [CE] permet d'évaluer rapidement la minéralisation globale de l'eau, un excès peut provoquer des inconvénients [altération gustative, laxative] et des maladies [maladies rénales].

#### D'après la méthode de WILCOX :

On constate donc que les eaux de l'AEP de la ville de Guelma présentent des bonnes qualités.



**Figure 37** Classification des eaux de l'AEP de la ville de Guelma sur le diagramme de Wilcox

## CHAPITRE V : L'ETUDE HYDRO-CHIMIQUE

### Dureté des eaux

La dureté totale (TH: Titre Hydrométrique) est exprimée en degrés français selon la formule suivante :  $TH \text{ en } ^\circ F = 5 (Ca^{2+} + Mg^{2+})$  Avec  $Ca^{2+}$  et  $Mg^{2+}$  en milliéquivalent par litre. Selon la dureté des eaux des échantillons des points d'eau, on obtient dans le tableau la classification des eaux en fonction de la dureté :

Barrage Bouhamdane :  $^\circ F = 5(72,88/20 + 26,57/12) = 5(3,64 + 2,21) = 29,25$

Puits Oued Maiz :  $^\circ F = 5(141,98/20 + 13,36/12) = 5(7,09+1,11) = 41$

Eucalyptus Oued Maiz :  $^\circ F = 5(100,39/20 + 14,58/12) = 5(5,01+1,2) = 31,05$

Nouveau F Oued Maiz :  $^\circ F = 5(40,32/20 + 10,73/12) = 5(6,69+0,89) = 14,5$

Classes de dureté(°f)	0 a 7	7 a 15	15 a 25	25 a 32	32 a 42	42 et +
Catégories d'eau	<b>Très douce</b>	<b>Douce</b>	<b>Moyennement dure</b>	<b>Assez dure</b>	<b>Dure</b>	<b>Très dure</b>
Source			Nouveau F Oued Maiz	-Barrage Bouhamdane -Eucalyptus Oued Maiz	Puits O Maiz	

**Tableau 13 Classification des eaux en fonction de la dureté**

### Conclusion

L'interprétation des diagrammes a montré que les eaux de l'AEP de la ville de Guelma sont caractérisées par une dominance des chlorures, sulfates, du calcium et du magnésium avec parfois des bicarbonates qui semble être liée à la nature géologique.

**CONCLUSION GENERAL**

# CONCLUSION GENERALE

Ce travail s'est donné pour objectif l'étude de la gestion des ressources en eau dans la ville de Guelma (nord-est de l'Algérie) et sa disponibilité pour l'AEP.

Notre mémoire présente dans un premier temps une synthèse bibliographique (avec des généralités sur la région d'étude après avoir étudié les caractéristiques géographiques, géomorphologiques, géologiques, hydrogéologiques et les aspects climatologiques . après on a commencé à cree une base de donnée pour connaitre les quantité d'eau (les eaux souterraines et de surface) dans le bassin de Guelma après on a traité ses donnée a l'aide d'un logiciel spécialisé WEAP (Water Evaluation and Planning System) en décrivant tous d'abord la méthodologie suivie puis les principaux résultats ;

- La définition de l'étude
- L'état Actuel : donne une vue instantanée de la demande en eau actuelle ;
- Les Scénarios : Ils permettent d'explorer les impacts d'hypothèses alternatives ou des politiques sur la disponibilité et l'usage de l'eau dans le futur.

## BIBLIOGRPHI

1. Agence national des recssources hydrauliques quantité d'eau ditrubue.
2. Bennacer.L al 2018: Qualification de l'offre de transport
3. Barage hammam debagh 2022 L'Alimentation en Eau Potable.
4. Castany 1967. Traité Pratique des eaux souterraines. (2éme éditioin), Edition Dunod Paris.
5. Castany G. 1982. Principes et méthodes de l'hydrogéologie. Dunod edit. Paris, 334p.
6. DPAT de Guelma2022.le nombre de population dans la ville de guelma.
7. Debieche, T. 2002. Evolution de la qualité des eaux (Salinité, Azote et Métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle (application à la basse de la plaine Seybouse –Nord –Est Algérien). Thès de doctorat . Université de Franche-Comté , France, 199 p.
8. Djabri L. 1996. Mécanisme de pollution et vulnérabilité des eaux de la Seybouse : Origine géologique, industrielles, agricoles et urbaines, thèse de doctorat d'état, Université d'Annaba, 259p.
9. Haddou M. 2010. Dégradation de dérivés de l'acide benzoïque par les procédés d'oxydation avancée en phase homogène et hétérogène: procédés Fenton, photo-Fenton et photocatalyse. Université de Toulouse, Université Toulouse III-Paul Sabatier.
10. Kherici N. 1993. Vulnérabilité à la pollution chimique des eaux souterraines d'un système de nappes superposées en milieu industriel et agricole (Annaba-La Mafragh) Nord-Est Algérien, Thèse de doctorat d'état, Université d'Annaba, 170p.
11. Rodier, J. 2009. L'Analyse de l'eau 9eme Edition Dunod, Paris.
12. Wilcox L.V. 1948. The quality of water for agricultural use. US Dept Agriculture Tech. Bull. 1962, Washington DC. 8 Pages.
13. Zenati,N.E.1999.Relation nappe-lac, confirmation par l'hydrochim8e,Cas de la nappe superficielle de la Plaine ouest d'el Hadjar lac Fetzara ,nord -est Algerien, memoire magister, universite d'annaba .148P