

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



## **Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master**

**Domaine :** Science de la Terre et de l'univers

**Filière :** Géologie

**Spécialité/Option:** Hydrogéologie et Géothermie

**Département:** Science de la Nature et de la Vie

---

**Thème : Impact des pratiques agricoles sur la qualité des ressources en eau  
du périmètre irrigué Guelma –Boumahra : Cas de la ferme pilote RICHI  
ABDELMADJID (Nord-est Algérien)**

---

**Présenté par :**

**HABOU ALLASSANE Ibrahim**

**ISSIFI SOUNO Issaka**

**Devant le jury composé de :**

**Présidente: KACHI Nora**

**MCB**

**Université de Guelma**

**Examineur: BRAHMIA Ali**

**MCB**

**Université de Guelma**

**Promoteur: GHRIEB Lassaad**

**MCA**

**Université de Guelma**

**Juin 2016**

# REMERCIEMENTS

Nous adressons nos sincères remerciements en premier lieu à Allah le maître de l'Univers qui nous a donné la force et par sa grâce nous avons pu achever ce travail.

Nous exprimons notre profonde gratitude et nos sincères estimations à Monsieur : **GHRIB Lassaad**, qui nous a fait l'honneur de diriger ce travail avec ses précieux conseils, sa disponibilité constante et son soutien permanent.

Nous tenons aussi à remercier Madame : **Kachi .Nora** d'avoir accepté de présider le jury et Monsieur : **Brahmia. Ali** en sa qualité d'examineur.

Nos reconnaissances et notre gratitude vont à l'égard de Madame **Boudjebieur Assia**, à tout le personnel de la Direction des Ressources en Eau Guelma, au personnel de la ferme pilote RICHI ABDELMAJID, et au personnel du laboratoire de la station de traitement de l'eau de Hammam Debagh.

Nos plus vifs remerciements s'adressent aussi à tout le cadre professoral : Mr Kachi.S, Mr Nouar.T, Mr. Brahmia. A Mr. Ghrieb.L Mme Kachi.N, Mme Bennacer.L et Mr Nadjai Saci.

Nous voudrions rendre un hommage particulier à la patience de Nos parents qui ne se sont guère fatigués de prier pour nous, de nous supporter, de nous soutenir tout au long de notre parcours universitaire.

Et enfin nous souhaitons une bonne chance et une bonne suite à tous nos collègues de la promotion sortante 2016 du master Hydrogéologie et Géothermie.

## RÉSUMÉ

L'eau source de vie peut devenir une source de maladie lorsque sa qualité se dégrade. En effet les ressources en eaux peuvent être altérées par les activités anthropique parmi lesquelles nous pouvons citer l'agriculture à travers l'utilisation irrationnelle des engrais chimiques et des pesticides, le rejet industrielle et le rejet domestique.

Notre travail porte sur l'impact des pratiques agricole sur la qualité des ressources en eau du périmètre irrigué Guelma –Boumahra : cas de la ferme pilote RICHI ABDELMADJID.

Pour se faire nous avons mené une étude physico- chimique qui permet d'évaluer l'impact des activités agricole sur la qualité de ressource en eau du périmètre.

D'après les résultats obtenus les teneurs des éléments de pollution dans les eaux de drainage sont faibles. Plusieurs phénomènes peuvent être responsables des faibles teneurs de ces éléments.

Les eaux de forages restent largement à l'abri de toutes pollutions d'origine agricole.

### **Mots clés :**

Périmètre irrigué, Ferme pilote RICHI ABDELMAJID, Pollution agricole, éléments azotés.

## **Abstract**

The Water, source of Life, can become a source of disease when his quality deteriorates. Indeed water resources can be altered by anthropogenic activities among which we can mention agriculture. Through irrational use of chemical fertilizers and pesticides, industrial and domestic wastewater.

Our work focuses on the impact of agricultural practices on the quality of water resources in the irrigated perimeter of Guelma –Boumahra: case the pilot farm RICHI ABDELMADJID

For this, we studies a physicochemical element that evaluates the impact of agricultural activities on water resources quality perimeter.

According to the results the levels of pollution elements are low in the drain water. Several phenomena may be responsible for low levels of these elements.

The waters of drills are largely protected to all agricultural pollution.

**Keywords :** Irrigated area, Pilot Farm RICHI ABDELMAJID, Agricultural pollution, Nitrogen elements.

## ملخص

المياه كما هو مصدر للحياة يمكن أن يصبح مصدرا للمرض و ذلك عندما تتدهور نوعيته تأثير في الواقع الموارد المائية يمكن أن تتأثر من خلال الأنشطة البشرية التي يمكن أن نذكر منها الزراعة من خلال الاستخدام غير الرشيد للأسمدة الكيماوية و المبيدات الحشرية و الصرف الصحي المنزلي والصناعي.

يرتكز عملنا على تأثير الممارسات الزراعية على نوعية الموارد المائية في الزراعة في محيط السقي قالمة- بومهرة :حالة المزرعة النموذجية ريثي عبد المجيد.

للقيام بذلك أجرينا دراسة للخواص الفيزيائية والكيميائية التي تقيم أثر الأنشطة الزراعية في نوعية الموارد المائية لمحيط السقي

وفقا للنتائج المتحصل عليها فان مستويات العناصر الملوثة في مياه الصرف منخفضة. عدة ظواهر مسؤولة عن انخفاض هذه العناصر.

تعد مياه الابار محمية الى حد كبير عن التلوث الذي مصدره النشاط الزراعي.

**كلمات مفتاحية:** محيط السقي، المزرعة النموذجية ريثي عبد المجيد، التلوث الزراعي، النيتروجين.

## Table des matières

Remerciement	
Résumé	
Table des matières	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste d'abréviations	

Introduction Générale.....	1
----------------------------	---

### Chapitre I : Généralité sur les pratiques agricoles.

1. Les engrais chimiques.....	3
1.1. Les différents types des engrais .....	3
1.2. Les effets des engrais sur l'environnement.....	3
2. Les pesticides .....	4
2.1. Effets des pesticides sur l'environnement .....	4
3. L'irrigation .....	4
3.1. Les techniques d'irrigation .....	4
3.2. Avantages de l'irrigation .....	5
3.3. Inconvénient de l'irrigation .....	6
4. Le drainage des eaux.....	6

### Chapitre II : Cadre physique et géographique de la zone d'étude.

1. Situation Géographique .....	7
2. Le périmètre d'irrigation Guelma-Boucheouf .....	8
3. Présentation de la zone d'étude .....	9
3.1. Plan d'occupation du sol campagne 2015-2016 .....	10
3.2. Mode d'irrigation dans la zone d'étude .....	10
3.3. Différents types d'engrais utilisés dans la zone d'étude .....	12
3.3.1. Les engrais solides .....	12
3.3.1.1. Les engrais azotés .....	12
3.3.1.2. Engrais Composés.....	12
3.4. Les différents types de pesticides utilisés dans le périmètre irrigué.....	13

### Chapitre III : Hydroclimatologie.

1. Introduction .....	15
2. Station de mesure.....	15
3. Type de climat .....	15
3.1. Climagramme d'Emberger.....	15
4. Les paramètres climatiques.....	16
4.1. Les précipitations .....	16
4.1.1. Précipitations moyennes mensuelles .....	16
4.2. Les températures .....	18
4.2.1. Les températures moyennes mensuelles .....	18

4.3. Diagramme pluviothermique .....	19
4.4. Le Bilan hydrique .....	20
4.4.1. Etude de l'évapotranspiration.....	20
4.4.1.1. Estimation de l'évapotranspiration potentielle : (ETP).....	20
a. Indice thermique mensuel .....	20
b. Indice thermique annuel .....	20
4.4.1.2. Estimation de l'évapotranspiration réelle: (ETR).....	21
a. Formule de L. Turc (1954).....	21
b. Formule de Thornthwaite (1948) .....	21
4.4.1.3. Calcul du ruissellement .....	22
4.4.1.4. Calcul de l'infiltration: .....	22
4.4.2. Commentaire sur le bilan hydrique.....	25
5. Etude hydrologique.....	26
5.1. Le réseau hydrographique.....	26
6. Conclusion.....	28

**Chapitre IV : Cadre géologique et hydrogéologique.**

1. Introduction .....	29
2. Géologie.....	29
2.1. Le Quaternaire .....	29
2.1.1. Le Quaternaire récent .....	29
a. Les alluvions récentes .....	29
b. Les alluvions anciennes .....	29
2.1.2. Le Quaternaire ancien .....	30
2.2. Le Post – nappe (Le Mio-Pliocène) .....	30
2.3. Le Numidien.....	30
2.4. L'unité ultra – tellienne .....	30
2.5. L'unité tellienne.....	30
2.6. Crétacé.....	30
2.7. Jurassique .....	30
2.8. Néritique .....	30
2.9. Trias.....	31
3. Stratigraphie des différentes unités structurales .....	31
4. Tectonique .....	32
5. Lithologique et intérêt hydrogéologique des formations géologiques de la zone d'étude .....	34
6. Conclusion.....	35
7. Cadre hydrogéologique.....	36
7.1. Introduction.....	36
7.2. Nappe de Guelma.....	36
7.2.1. Structure et géométrie de la nappe alluviale de Guelma .....	36
A. Les unités aquifères.....	36
A.1. La vallée actuelle (basse terrasse).....	37

A.2.La vallée ancienne (haute terrasse).....	37
A.3. Les calcaires travertineux .....	38
8. Conclusion.....	40

### Chapitre V : Matériels et méthodes.

1. Caractéristiques des points de prélèvements .....	42
2. Analyse physico-chimiques .....	42
2.1. Analyse physique.....	43
2.1.1. Les paramètres physiques .....	43
2.1.1.1. Potentiel d'Hydrogène (pH) .....	43
2.1.1.2. Température (T).....	43
2.1.1.3. Conductivité électrique (CE).....	43
2.1.1.4. Turbidité.....	43
2.1.1.5. Teneur en sel dissous (TDS) .....	43
2.2. Analyse chimique.....	44
2.2.1. Dosage du calcium :( Ca <sup>2+</sup> ) .....	44
2.2.2. Dosage du magnésium : (Mg <sup>2+</sup> ).....	44
2.2.3. Le sodium (Na <sup>+</sup> ) et potassium (K <sup>+</sup> ) .....	45
2.2.4. Chlorures : Cl <sup>-</sup> .....	47
2.2.5. Dosage des sulfates (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) .....	47
2.2.6. Détermination des phosphates.....	48
2.2.7. Titre alcalimétrique simple et complet TA, TAC et (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) .....	49
2.2.8.Le nitrate et le nitrite.....	50
2.2.8.1. Dosage de nitrates.....	50
2.2.8.2. Dosage des ions nitrites.....	50
2.2.9. Dosage de l'ammonium .....	51
2.2.10. Titre hydrotimétrique (TH) .....	52
2.2.11. Détermination du résidu sec :.....	52
2.2.12. Détermination des matières en suspension (M. E. S) .....	53

### Chapitre VI : Résultats et discussions.

1. Impact des eaux de drainage.....	55
1.1. Les paramètres physiques .....	55
1.1.1. Potentiel d'Hydrogène (pH) .....	55
1.1.2. La température (T °C) .....	55
1.1.3. Conductivité électrique (CE).....	56
1.2. Les paramètres chimiques.....	56
1.2.1. Les nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) .....	56
1.2.2. Les nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ).....	57
1.2.3. L'Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) .....	57
1.2.4. Le phosphate (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ).....	57
2. Vulnérabilité à la pollution de la nappe alluviale dans la zone d'étude .....	58
3. Qualité des eaux de forages .....	59

3.1. Paramètres physiques.....	59
3.1.1. Potentiel d'Hydrogène (pH) .....	59
3.1.2. La température.....	60
3.1.3. Conductivité électrique (CE).....	60
3.1.4. La turbidité .....	60
3.1.5. Teneur en sel dissous (TDS).....	61
3.2. Les paramètres chimiques.....	61
3.2.1. Les éléments majeurs .....	61
3.2.1.1. Le Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ).....	61
3.2.1.2. Le magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) .....	62
3.2.1.3. Le sodium ( $\text{Na}^+$ ) .....	62
3.2.1.4. Les chlorures ( $\text{Cl}^-$ ) .....	63
3.2.1.5. Les sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) .....	63
3.2.1.6. Les Bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ) .....	64
3.2.1.7. Le Titre Hydrotimétrique : TH .....	64
3.2.1.8. TA et TAC.....	65
3.2.1.9. Les résidus secs .....	65
4. Variations des éléments de pollution dans les eaux de forages .....	65
4.1. Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) .....	65
4.2. Les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) .....	66
4.3. L'Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) .....	66
4.4. Le phosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ ).....	66
5. Faciès chimique .....	66
5.1. Le Diagramme de Piper .....	66
5.1.1. Interprétation .....	67
5.2. Le diagramme de Schöeller-Berkaloff.....	67
5.2.1. Interprétation .....	68
6. Réutilisation des eaux de drainage dans l'irrigation.....	68
6.1. La conductivité.....	68
6.2. Le SAR .....	69
6.3. Taux de sodium.....	69
6.4. Diagramme de Richards.....	70
6.5. Diagramme de Wilcox .....	71
Conclusion générale.....	73



## ANNEXE 1

**Tableau 1:** Conductivité et eau d'irrigation (US SALINITY LABORATORY, (1955))

Classe	Conductivité $\mu\text{S/cm}$ à 25°C	Remarques
C1	$0 < C < 250$	- faible minéralisation de l'eau  - utilisation sur la plupart des cultures et des sols.
C2	$250 < C < 750$	- minéralisation moyenne  - utilisation sur sol modérément lessivé et plantes moyennement tolérantes au sel
C3	$750 < C < 2250$	- eau salée  - utilisation sur sol bien drainé et plantes tolérantes au sel  - contrôle de l'évolution de la salinité obligatoire
C4	$2250 < C < 5000$	- minéralisation forte  - utilisation non souhaitable en agriculture

**Tableau 2:** SAR et eau d'irrigations selon RICHARDS

SAR	Observations
< 10	Excellente
10- 18	Bonne
18-26	Médiocre
> 26	Mauvaise

**Tableau 3:** Variation du taux de sodium

$\text{Na}^+$ (%)	Observations
<20	Une eau excellente
20-40	Une eau bonne
40-60	Une eau admissible
60-80	Une eau médiocre
>80	Une eau mauvaise

**Tableau 4:** Classification des eaux par degrés d'aptitude à l'irrigation (Méthode de Richards).

Degré	Qualité	Indices croisées SAR/conductivité	Etat d'utilisation
1	excellente	C1-S1 ; C1-S2	Utilisation sans danger pour l'irrigation de la plupart des cultures sur la plupart des sols.
2	Bonne	C2-S1 ; C2-S2	Convenable aux plantes qui ont une tolérance aux sels, cependant son utilisation peut générer des problèmes pour les argiles.
3	admissible	C3-S1, C2- S3, C3-S2	La salinité doit être contrôlée, irrigation des cultures tolérables aux sels sur des sols bien drainés
4	Médiocre	C4-S1, C4-S2, C3-S3	Eau fortement minéralisée, utilisée uniquement pour des plantes très résistantes aux sels dont le sol présente une bonne perméabilité
5	Mauvaise	C3-S4, C4-S3, C4-S4	Inutilisable

**Tableau 5 :** concentration des éléments majeurs en meq/l

Nom des échantillons	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>++</sup>	Ca <sup>++</sup>
Point 1	2.95	8.32	0.35		5.73	7.83		0.12	3.62	6.59
Point 2	2.61	8.19	0.32		6.14	7.30		0.13	3.46	6.44
Point 3	2.62	8.54	0.39		5.78	7.61		0.13	3.79	6.09

**Liste des figures**

Figure 1 : Carte de situation géographique de la zone d'étude (D.P.A.T, 2008). .....	8
Figure 2 : Carte d'occupation du sol de la zone d'étude. (Ferme Richi ,2016).....	10
Figure 3 : Carte du réseau d'irrigation de la zone d'étude. (Ferme Richi ,2016).....	11
Figure 4 : Parcelle de pomme de terre irriguée par aspersion dans le périmètre de Boumahra.(Mouchara ,2009).....	11
Figure 5 : Climagramme d'EMBERGER .....	16
Figure 6 : Précipitations annuelles médianes « normales» (1965-95) (d'après étude ANRH-GTZ ,2003) In Azzedine MEBARKI (*) et Jean-Pierre LABORDE (**).....	17
Figure 7 : Histogramme des précipitations moyennes mensuelles de la station de Guelma (1985-2015).....	18
Figure 8 : Variation des températures moyennes mensuelles dans la station de Guelma durant la période (1985-2015). .....	19
Figure 9 : Diagramme pluviothermique .....	19
Figure 10 : Représentation graphique du bilan de Thornthwaite à la station de Guelma (1985/2015). .....	25
Figure 11 : Confluence des Oueds Charef et Bouhamdane donnant la Seybouse : Photos numérique. (Mouchara, 2009) .....	26
Figure 12 : Réseau hydrographique du bassin de Guelma (Ibrahim et Issaka, 2014) .....	27
Figure 13: Seuil d'irrigation de Boumahra Ahmed. (Mouchara ,2009) .....	27
Figure 14 : Carte structurale de Guelma, 1/500 000 <sup>ème</sup> (Vila, 1978),.....	32
Figure 15 : Coupe hydrogéologique N° 1 dans la plaine de Guelma. (Gaud, 1974).....	39
Figure 16 : Coupe hydrogéologique N° 2 dans la plaine de Guelma. (Gaud, 1974).....	39
Figure 17 : Coupe hydrogéologique N° 3 dans la plaine de Guelma. (Gaud, 1974).....	39
Figure 18 : Localisation des points de prélèvements des eaux de drainage .....	41
Figure 19: Localisations des points de prélèvements des eaux de forages.....	42
Figure 20 : Evolution des teneurs en nitrate dans les eaux de drainage. (Juillet 2015).....	56
Figure 21 : Evolution des teneurs en nitrite dans les eaux de drainage. (Juillet 2015) .....	57
Figure 22: Evolution des teneurs en ammonium dans les eaux de drainage. (Juillet 2015).....	57
Figure 23 : Evolution des teneurs en phosphate dans les eaux de drainage. (Juillet 2015).....	58
Figure 24 : Vulnérabilité de la nappe dans la zone d'étude. (Mouassa.2006) modifiée .....	59
Figure 25 : Evolution des teneurs en calcium dans les eaux de forages. (Janvier 2016) .....	62
Figure 26 : Evolution des teneurs en magnésium dans les eaux de forages. (Janvier 2016).....	62
Figure 27 : Evolution des teneurs en sodium dans les eaux de forages. (Janvier 2016) .....	63
Figure 28: Evolution des teneurs en chlorures dans les eaux de forages. (Janvier 2016) .....	63

## Liste des figures

---

Figure 29 : Evolution des teneurs en sulfates dans les eaux de forages. (Janvier 2016).....	64
Figure 30 : Evolution des teneurs en bicarbonates dans les eaux de forages. (Janvier 2016).....	64
Figure 31: Evolution des teneurs en nitrate dans les eaux de forages. (Janvier 2016).....	65
Figure 32 : Projection sur le diagramme de piper des analyses des eaux des forages.....	67
Figure 33: Projection sur le diagramme de Schöeller-Berkaloff des résultats des analyses des eaux des forages. ....	68
Figure 34 : Classification des eaux de drainage d'après le diagramme de Richards.....	70
Figure 35 : Classification des eaux de drainage d'après le diagramme de Wilcox. ....	71

**Liste des tableaux**

Tableau 1 : Superficies des secteurs irrigués et leurs situations (ONID Guelma ,2016).....	9
Tableau 2: Utilisation et dose d'emploi. (Ferme Richi ,2016) .....	12
Tableau 3: Utilisation et dose d'emploi. (Ferme Richi ,2016) .....	12
Tableau 4 : Dose généralement recommandée. (Ferme Richi ,2016).....	13
Tableau 5 : Utilisation et dose d'emploi. (Ferme Richi ,2016) .....	14
Tableau 6 : Caractéristiques géographiques et topographies de la station de Guelma. ....	15
Tableau 7 : Précipitations moyennes mensuelles en (mm) de la station de Guelma.....	17
Tableau 8 : Températures moyennes mensuelles en (°c) de la station de Guelma.....	18
Tableau 9 : Valeurs de l'ETR par les méthodes L. Turc et Thornthwaite.....	22
Tableau 10 : Résultat du ruissellement.....	22
Tableau 11 : Résultats de l'infiltration .....	23
Tableau 12 : Récapitulatif des résultats d'ETR, R, I.....	23
Tableau 13 : Bilan hydrique global d'après la méthode de Thornthwaite.....	24
Tableau 14 : Description géologique et hydrogéologique des formations de la région d'étude.	34
Tableau 15 : Caractéristiques des points des prélèvements.....	42
Tableau 16 : Gamme de solutions filles étalon en sodium préparer une gamme de six solutions filles. ....	46
Tableau 17 : Gamme de solutions filles étalon en potassium préparer une gamme de cinq solutions filles.....	46
Tableau 18 : Variations du pH des eaux de drainage. (Juillet 2015).....	55
Tableau 19 : Variations de la température des eaux de drainage. (Juillet 2015).....	55
Tableau 20 : Variations de la conductivité électrique des eaux de drainage. ....	56
Tableau 21 : Variations du pH des eaux de forages. (Janvier 2016) .....	59
Tableau 22 : Variations de la température des eaux de forages. (Janvier 2016) .....	60
Tableau 23 : Variations de la conductivité électrique des eaux de forages. (Janvier 2016).....	60
Tableau 24 : Variations de la turbidité des eaux de forage. (Janvier 2016) .....	61
Tableau 25 : Variations de la teneur en sel dissous des eaux de forages. (Janvier 2016) .....	61
Tableau 26 : La conductivité des eaux de drainage. (Juillet 2015) .....	69
Tableau 27: SAR des eaux de drainage. (Juillet 2015).....	69
Tableau 28 : Taux de sodium dans les eaux de drainage. (Juillet 2015) .....	70

## Liste d'abréviations

---

### Liste des abréviations

**ANRH** : Agence Nationale de Ressources Hydraulique.

**CE** : Conductivité Electrique.

**DPAT** : Direction De La Planification Et De l'Aménagement Du Territoire.

**EDTA** : Acide Éthylène Diamine Tétra acétique.

**ETP** : Evapotranspiration Potentielle.

**ETR** : Evapotranspiration Réelle.

**I** : Infiltration.

**OMS** : Organisation Mondiale de la santé.

**O<sub>2</sub>** : Oxygène dissous.

**OPI** : Office du Périmètre Irrigué.

**O.N.M** : Office Nationale de la Météorologie

**ONID** : Office Nationale d'Irrigation et du Drainage.

**P** : Précipitation

**PH** : Potentiel en Hydrogène.

**RFU** : Réserves Facilement Utilisables.

**R** : Ruissellement.

**SAR** : Sodium Absorption Ratio.

**T** : Température

**TH** : Titre Hydrotimétrique.

**TDS** : Taux de Sels Dissout.

**TA** : Titre Alcalimétrique.

**TAC** : Titre Alcalimétrique Complet.

**SAR** : Taux d'Adsorption moyen du Sodium.

*Introduction  
générale*

*Chapitre I :*  
*Généralité sur les pratiques*  
*agricoles*



# *Chapitre II :*

*Cadre physique et  
géographique de la zone  
d'étude*

*Chapitre III :*  
*Hydroclimatologie*

*Chapitre IV:*  
*Cadre géologique et*  
*hydrogéologique*

# *Chapitre V:*

## *Matériels et méthodes*

*Chapitre VI:*  
*Résultats et discussions*

*Conclusion  
générale*

# *Annexe*

# *Références bibliographiques*



# *Résumé*

### **Introduction Générale**

L'eau constitue un élément essentiel dans la vie et dans l'activité humaine. C'est une composante majeure du monde minéral et organique. Elle participe à toutes les activités quotidiennes notamment, domestiques, industrielles et agricoles ce qui la rend un élément récepteur exposé à tous les genres de pollution. Elle est aussi considérée comme un transporteur potentiel de nombreuses maladies.

L'augmentation dynamique de la production agricole avait évidemment amélioré la vie de l'homme en lui fournissant le confort et le bon rendement, mais aussi, malheureusement, a conduit en même temps à une détérioration rapide de sa première source de vie, l'eau.

La dégradation de la qualité des eaux est un sujet majeur de préoccupation dans le monde, le secteur agricole joue un rôle important dans la détérioration de la qualité de ressources en eau, à cause de l'utilisation intensive des engrais chimiques et des pesticides dans l'agriculture.

L'Algérie a consenti des investissements considérables en matière de mise en valeur agricole et d'aménagements hydrauliques en vue de moderniser son agriculture et assurer en conséquence son autosuffisance alimentaire. De nombreuses zones agricoles ont été en effet développées à l'échelle régionale dont la mise en valeur s'est nécessairement accompagnée par un emploi intensif des engrais azotés.

### **Objectif de l'étude**

Ce travail a pour objectif d'étudier l'impact des pratiques agricoles sur la qualité des ressources en eaux dans le périmètre irrigué Guelma –Boumahra, cas de la ferme pilote RICHY ABDELMADJID.

Pour ce faire cette étude s'articule sur les parties suivantes :

- Le premier chapitre comporte des généralités sur les pratiques agricoles.
- Le second chapitre traite le cadre physique et géographique de la zone d'étude.
- L'étude hydrogéologique et le cadre géologique sont abordés dans le troisième chapitre.
- Dans le quatrième chapitre, nous traiterons l'hydroclimatologie de la région en calculant les paramètres du bilan hydrologique.

- Le cinquième chapitre est axé sur la présentation des matériels et des méthodes d'analyses utilisées.

Le dernier chapitre comporte les résultats expérimentaux obtenus, suivis d'une discussion et interprétations, puis nous terminerons notre étude par une conclusion générale.

Dans ce chapitre nous essayons de donner des généralités sur les pratiques agricoles à savoir : les engrais chimiques utilisés dans l'agriculture, l'irrigation ; ses avantages et ses inconvénients ainsi que le drainage des eaux d'irrigation.

L'agriculture représente un secteur important pour l'économie algérienne, tant par sa contribution au titre de sa fonction première de couverture des besoins alimentaires du pays, qu'elle assure (70 % en moyenne). La production agricole est dominée par les grandes cultures, en particulier les céréales, le maraîchage, l'arboriculture, la phoeniciculture. [15]

Suite à l'accroissement démographique que connaît l'Algérie, l'usage d'engrais et de pesticide s'intensifie de plus en plus. Le ruissellement des eaux de pluie ou d'arrosage draine ces derniers et les transporte vers des cours d'eau, causant un déséquilibre du milieu récepteur.

### 1. Les engrais chimiques

Les engrais, sont des substances organiques ou minérales, souvent utilisées en mélanges, destinées à apporter aux plantes des compléments d'éléments nutritifs, de façon à améliorer leur croissance, et à augmenter le rendement et la qualité des cultures sur la plupart des variétés de plantes. L'action consistant à apporter un engrais s'appelle la fertilisation [16].

#### 1.1. Les différents types des engrais

- ❖ **Les engrais organiques** sont généralement d'origine animale ou végétale. Ils peuvent aussi être synthétisés, comme l'urée.
- ❖ **Les engrais minéraux** sont des substances d'origine minérale, produites par l'industrie chimique, ou par l'exploitation de gisements naturels de phosphate et de potasse.
- ❖ **Les engrais organo-minéraux** résultent du mélange d'engrais minéraux et d'engrais organiques. Les matières organiques azotées représentent généralement 25 à 50 % des produits finis. Les autres constituants du fertilisant, sels simples et minéraux, apportant N. P. K. sous des formes appropriées, sont dilués dans les matières organiques. [16]

#### 1.2. Les effets des engrais sur l'environnement

Les engrais organiques ou minéraux, lorsqu'ils sont appliqués en trop grande quantité par rapport aux besoins des plantes et à la capacité de rétention des sols, sont des causes majeures de la pollution de l'eau potable (liée à la toxicité des nitrates) ou de l'eutrophisation des eaux douces et marines à travers le lessivage des éléments solubles, soit vers la nappe phréatique par infiltration soit vers les cours d'eau par ruissellement.

### 2. Les pesticides

Un pesticide est une substance chimique utilisée pour lutter contre des organismes considérés comme nuisibles. C'est un terme générique qui rassemble les insecticides, les fongicides, les herbicides, les parasiticides. Ils s'attaquent respectivement aux insectes ravageurs, aux champignons, aux « mauvaises herbes » et aux vers parasites. [17]

Les agriculteurs utilisent ces produits pour, d'une part, améliorer ou maintenir les rendements en éliminant ou en réduisant aussi bien la compétition avec les mauvaises herbes que les attaques de ravageurs, et, d'autre part, améliorer ou préserver la qualité des produits agricoles.

#### 2.1. Effets des pesticides sur l'environnement

L'application des produits phytosanitaires peut présenter des risques pour les ressources en eau soit par contamination ponctuelle lors de la manipulation des produits (débordement de pulvérisation en bout de champ, mauvaise gestion des fonds de cuve, remplissage ou rinçage des pulvérisateurs) ou lors de l'entreposage (fuite), soit par contamination diffuse après l'application des produits, par ruissellement vers les eaux de surface ou par infiltration vers les eaux souterraines. Les effets des produits phytosanitaires sur les eaux sont étudiés par l'analyse de leur toxicité et de leur processus de dégradation dans l'eau ou de leur influence sur les poissons. [6]

### 3. L'irrigation

L'irrigation est l'opération consistant à apporter artificiellement de l'eau à des végétaux cultivés pour en augmenter la production et permettre leur développement normal, en cas de déficit d'eau induit par un déficit pluviométrique, un drainage excessif ou une baisse de nappe, en particulier dans les zones arides.[18]

#### 3.1. Les techniques d'irrigation

On peut distinguer plusieurs techniques d'irrigation, outre l'arrosage manuel (arrosoir, seau, etc.), réservé aux très petites surfaces :

- ❖ **Ecoulement de surface** : L'irrigation de surface, également nommée irrigation par sillons, « à la raie » ou irrigation gravitaire, utilise la gravité. L'eau est acheminée au moyen de canaux et rigoles de taille dégressive. L'arrosage lui-

même s'effectue ensuite par ruissellement, par submersion ou par infiltration dans le sous-sol proche des cultures.

- ❖ **Aspersion** : Cette technique consiste à imiter l'effet des précipitations : l'eau, acheminée sous pression par des tuyaux flexibles, est propulsée en l'air sous forme de gouttelettes, lesquelles retombent sur les cultures autour de chaque asperseur. La technique peut être déclinée en micro aspersion, semblable à la précédente mais plus localisée donc plus économe en eau.
- ❖ **Micro-irrigation ou goutte-à-goutte** : La micro-irrigation consiste à acheminer l'eau jusqu'aux racines des plantes, de manière très localisée. C'est une technique économe en eau qui permet en outre d'éviter le ruissellement. Elle peut également se faire par infiltration, au moyen de tuyaux poreux enterrés. Le goutte-à-goutte enterré est un moyen d'économiser de l'eau, mais aussi des intrants, qui sont directement acheminés à la plante.
- ❖ **Submersion** : L'irrigation par inondation ou submersion consiste, comme son nom l'indique, à recouvrir d'eau la parcelle. C'est la technique appliquée dans les rizières. [18]

### 3.2. Avantages de l'irrigation

Tant qu'on ne saura pas faire pleuvoir où et quand on veut, l'irrigation restera le seul moyen d'augmenter les rendements et de les régulariser dans bien des régions du monde. En effet, selon les espèces et variétés cultivées, selon les terres, et selon les techniques utilisées, l'irrigation peut permettre d'obtenir de deux à cinq fois plus (et même dix en zone aride) de production.

L'irrigation n'est pas uniquement un apport d'eau sur une terre cultivée en vue de compenser l'insuffisance des précipitations et de permettre le plein développement des cultures. Elle est considérée plutôt comme un ensemble d'actions de développement intégré des milieux agricole et rural qui doit se traduire non seulement par l'augmentation de la production et l'amélioration du niveau de vie de l'agriculteur, mais doit se traduire également par la préservation du milieu, notamment des terres agricoles, et par une économie de l'eau d'irrigation qui elle-même se traduit par une économie dans l'utilisation de l'énergie (électricité, fuel, etc.). [2]

L'irrigation intense permet la recharge artificielle des nappes.

### 3.3. Inconvénient de l'irrigation

L'irrigation présente deux inconvénients majeurs pour les milieux aquatiques. Elle est grande consommatrice d'eau et peut accélérer la désertification de certaines régions. L'agriculture irriguée rencontre de nos jours de nouveaux problèmes tels que le risque de salification qui peut être apprécié par la conductivité électrique (CE) et celui de l'alcalinisation des sols. Cette dernière, due aux échanges ioniques, concerne surtout le sodium, le calcium et le magnésium, entre l'eau et les argiles du sol; il est évalué par le coefficient d'absorption du sodium (SAR).

Mal conduite, elle peut être néfaste pour les sols. Lorsqu'ils sont trop secs, l'infiltration de l'eau se fait mal et si l'apport est trop important, une grande partie de l'eau stagne ou ruisselle le long des pentes. En s'évaporant, l'eau stagnante laisse en dépôt les sels qu'elle contient, favorisant une salinisation des sols qui deviennent progressivement incultes et doivent être abandonnés; c'est un phénomène que l'on observe surtout dans les régions arides et semi-arides. Quant au ruissellement de l'eau, il favorise l'érosion des sols, surtout lorsqu'ils sont secs. À l'inverse, des sols trop imbibés sont néfastes pour la plupart des végétaux dont ils asphyxient les racines. Les sols doivent donc être convenablement drainés afin de permettre à l'eau en excès de s'évacuer.

### 4. Le drainage des eaux

Le drainage représente le captage des eaux excédentaires et leur transport, généralement vers le réseau hydrographique. Dans les périmètres irrigués, ces eaux sont souvent très riches en sels et leur rejet dans le réseau hydrographique sans précautions suffisantes peut mettre en péril l'écologie aquatique à l'aval du périmètre et causer des problèmes de salinisation des aquifères. [6]

Dans ce chapitre nous présentons la situation géographique, ainsi que le cadre physique de notre zone d'étude.

### 1. Situation Géographique

La wilaya de Guelma se situe au Nord-Est de l'Algérie et constitue, du point de vue géographique, un point de rencontre, voire un carrefour entre les pôles industriels du Nord (Annaba – Skikda) et les centres d'échanges au Sud (Oum-El-Bouaghi et Tébessa), outre la proximité du territoire Tunisien à l'Est.

Sur une superficie de 3.686,84 Km<sup>2</sup> et abrite une population (Estimée à fin 2009) de 494079 Habitants dont 25 % sont concentrés au niveau du Chef-Lieu de Wilaya.

La densité moyenne de cette population est de 132 Hab. /Km<sup>2</sup>. La Wilaya de Guelma, créée en 1974, comprend 10 Dairates et 34 Communes. (Figure 1) [19]

Elle est limitrophe aux Wilayates de :

- Annaba, au Nord,
- El Taref, au Nord-est,
- Souk Ahras, à l'Est,
- Oum El-Bouaghi, au Sud,
- Constantine, à l'Ouest,
- Skikda, au Nord-ouest,



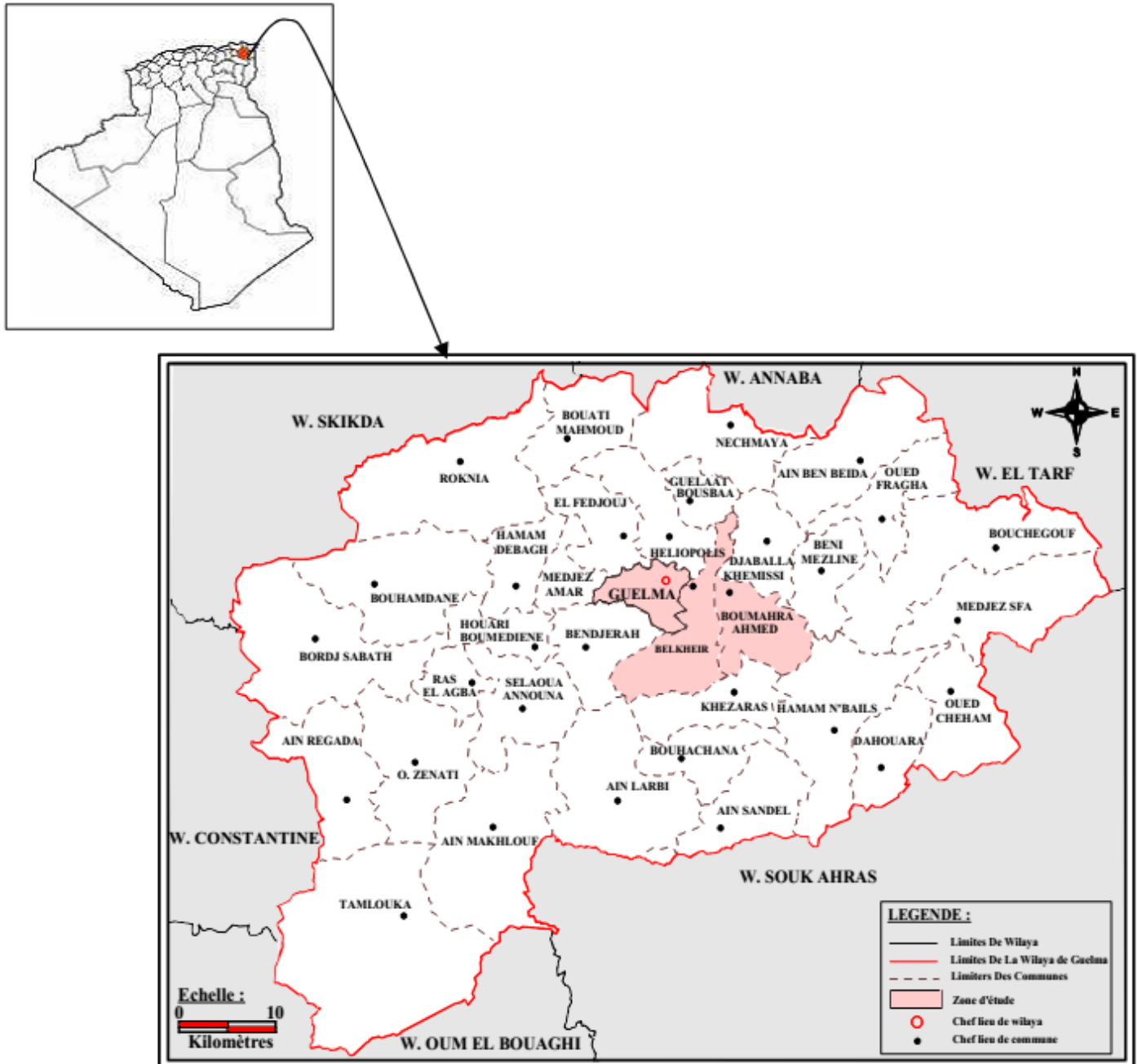


Figure 1 : Carte de situation géographique de la zone d'étude (D.P.A.T, 2008).

## 2. Le périmètre d'irrigation Guelma-Boucheougouf

Le périmètre, d'une surface initiale de 9940 ha, est organisé en secteurs; il se divise en cinq (05) secteurs allant de 605 ha (secteur Cherf) pour le plus petit secteur à 3500 ha (secteur Guelma) pour le plus grand. Ils sont autonomes sur le plan de la desserte en eau (Tableau 1). Chaque secteur dispose d'un seuil de prise, d'une station d'exhaure qui refoule l'eau à partir de l'oued vers un bassin de dessablage, et d'une station de relèvement qui refoule l'eau vers un réservoir de compensation et de là vers le réseau de distribution. [10]

**Tableau 1 :** Superficies des secteurs irrigués et leurs situations (ONID Guelma ,2016)

Secteur	SUPERFICIE (Ha)		Situation
	Equipée	Irriguée	
Guelma-Centre	3500	3255	Plaine de Guelma
Boumahra	2600	2420	
Cherf	605	565	
El-Fedjoug	2355	2190	
Bouchegouf	880	820	Plaine Bouchegouf
Total	9940	9250	

Le présent travail a été réalisé au niveau de la ferme pilote RICHI ABDELMAJID située dans le périmètre irrigué Guelma-centre .Elle s'étend sur plusieurs hectares de Guelma à Nador.

Le choix de ce site a été fait pour la raison que cette ferme se trouve dans le périmètre irrigué et occupe un bon emplacement sur plusieurs hectares et aussi parce qu'elle est gérée par une direction avec laquelle la communication était facile et souple.

### 3. Présentation de la zone d'étude

Créée le 23 novembre 1992, la ferme pilote RICHI ABDELMAJID dispose d'une superficie agricole totale de 1014 ha dont 980 ha de surface agricole utile et de 922.20 ha de surface irriguée. Elle est spécialisée en grandes cultures et cultures maraichères.

L'irrigation des cultures dans le périmètre se fait à partir des eaux de l'oued Seybouse qui est d'ailleurs la principale source d'irrigation, et aussi parfois par les eaux de l'oued Zimba, pendant l'absence de lâcher de l'eau du barrage de Hammam Debagh.

Dans la zone d'étude les agriculteurs utilisent plusieurs variétés de pesticides et des engrais pour améliorer le rendement agricole.

### 3.1. Plan d'occupation du sol campagne 2015-2016

La carte ci-dessous montre une multitude de cultures variées réparties sur la superficie de la zone d'étude.

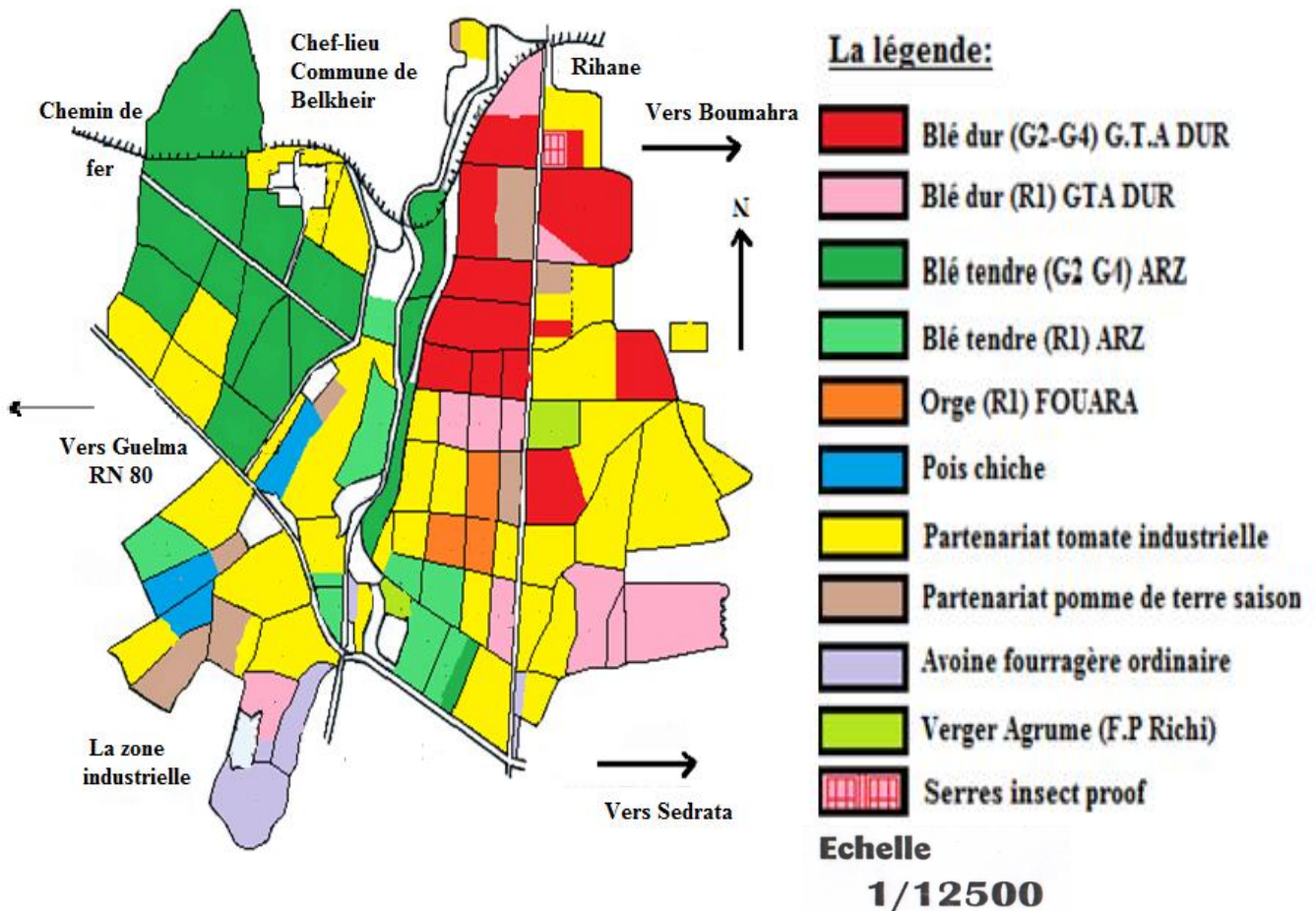


Figure 2 : Carte d'occupation du sol de la zone d'étude. (Ferme Richi ,2016)

### 3.2. Mode d'irrigation dans la zone d'étude

L'irrigation du périmètre se fait à partir du réseau d'irrigation, celui-ci est un dispositif composé d'organes permettant la répartition, la prise en charge et la distribution de l'eau à chaque exploitation agricole. La technique d'irrigation envisagée est l'irrigation par aspersion (Figure 4), son principe est un système d'arrosage qui consiste à distribuer l'eau sous forme de pluie sur le sol. [10]

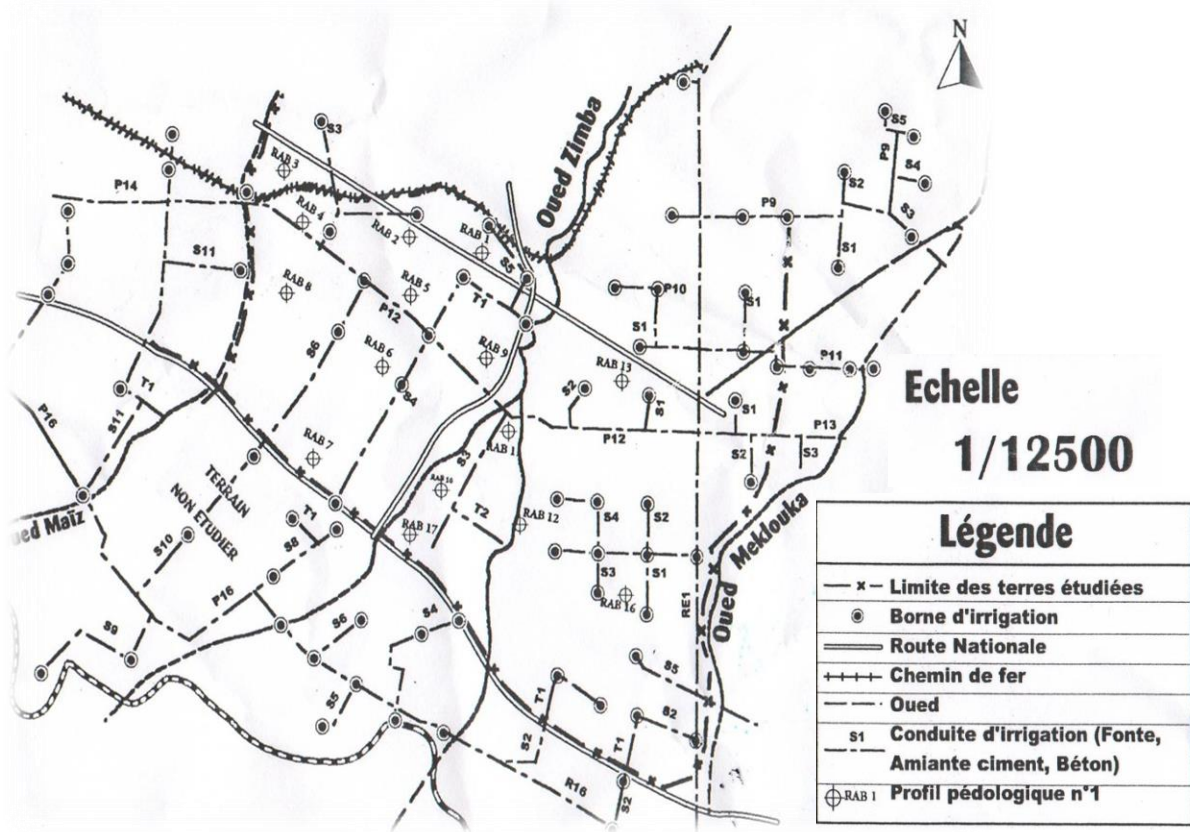


Figure 3 : Carte du réseau d'irrigation de la zone d'étude. (Ferme Richi ,2016)



Figure 4 : Parcelle de pomme de terre irriguée par aspersion dans le périmètre de Boumahra.(Mouchara ,2009)

### 3.3. Différents types d'engrais utilisés dans la zone d'étude

Dans la zone d'étude les agriculteurs utilisent plusieurs variétés d'engrais à savoir :

#### 3.3.1. Les engrais solides

##### 3.3.1.1. Les engrais azotés

###### Azofert (sulfate d'ammoniaque granulé)

**Composition :** [21 % d'azote ammoniacal (NH<sub>4</sub>), 60% d'anhydride sulfurique (SO<sub>3</sub>)].

**Tableau 2:** Utilisation et dose d'emploi. (Ferme Richi ,2016)

Culture	Dose /ha	Culture	Dose /ha
Tomate – poivron	6 à 8qx	Pomme de terre	4 à 6 qx
Agrumes	6 qx	Céréales	3 à 4 qx
Arbres fruitiers – vigne	4 qx	Olivier	6 qx
Pastèque – melon	6 à 8 qx	Oignon – ail	4 à 5 qx


###### sulfate d'ammoniaque 21% cristallisé :

**Composition :** [21% azote ammoniacal (NH<sub>4</sub>), 60 % d'anhydride sulfurique (SO<sub>3</sub>)].

**Tableau 3:** Utilisation et dose d'emploi. (Ferme Richi ,2016)

Culture	Dose /ha	Culture	Dose /ha
Tomate	8 qx	Pomme de terre	4 à 6 qx
Agrumes	6 qx	Céréales	3 à 4 qx
Arbres fruitiers – vigne	4 qx	Olivier	6 qx
Oignon – ail	4 à 5 qx	Pastèque – melon	6 à 8 qx

##### 3.3.1.2. Engrais Composés

 **Patfert :** Est un engrais NPK solide, riche en potassium, adopté aux besoins spécifiques de la pomme de terre.

**Composition :** (8% d'azote ammoniacal ,10% d'anhydride phosphorique (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) entièrement soluble dans l'eau , 30% d'oxyde de potassium ( K<sub>2</sub>O) sous forme de sulfate de potassium , 35% de SO<sub>3</sub>). [5]

 **Weatfert** : Est un engrais solide adapté à la culture des céréales

**Composition** : (8% azote ammoniacal (NH<sub>4</sub>), 36% anhydride phosphorique (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) entièrement soluble dans l'eau, 15% d'oxyde de potassium (K<sub>2</sub>O) sous forme de sulfate de potassium, 13% de SO<sub>3</sub>).

### Utilisation et dose d'emploi

Appliquer **Weatfert** au semis à la dose de 2 qx / ha [5]

 **NPK 15 15 15** : Est un engrais solide complet riche en soufre


**Composition** : (15 % d'azote ammoniacal (NH<sub>4</sub>), 15% anhydride phosphorique (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) entièrement soluble dans l'eau, 15% d'oxyde de potassium (K<sub>2</sub>O) entièrement soluble dans l'eau, 20% de SO<sub>3</sub> entièrement soluble dans l'eau).


**Tableau 4 : Dose généralement recommandée.** (Ferme Richi ,2016)

Cultures:	Dose	Cultures:	Dose
Pomme de terre	20 qx/ha	Petits pois	7,5 qx /ha
Pastèques	20 qx /ha	Haricot	7,5 qx/ha
Melon	15 qx /ha	Poivron	14 qx /ha
Tomate	12 qx/ha	Chou-Fleur	10 qx/ha
Oignon	12 qx /ha	Artichaut	10 qx/ha

### 3.4. Les différents types de pesticides utilisés dans le périmètre irrigué


Les pesticides (qui vient du latin *cida*, tuer et de l'anglais *pest*, nuisible) sont des substances utilisées en agriculture pour lutter contre des organismes nuisibles aux cultures. Les pesticides les plus utilisés dans notre zone d'étude sont les suivants :

 **Brumby 80 EC** : Herbicide systémique de post-levée pour lutter contre les adventices graminées annuelles dans les cultures de blé dur, blé tendre contenant 80% de clodinafop-propargyl et 20 % de cloquintocet-mexyl. [5]

 **Zoom** : Herbicide sélectif du blé tendre, blé dur, de l'orge et du triticale. Il est doté d'une grande efficacité contre les mauvaises herbes dicotyledones, même les plus difficiles.

Il est composé de deux matières actives systémiques, le Triasulfuron (4.1 %) et de Dicamba (65.9%) représentant une solution complète vis-à-vis de toutes les mauvaises herbes dicotyledones.

La dose recommandée est de 120g par hectare. [5]

 **Chevalier** : Est un herbicide céréale à spectre complet issu de la recherche de Bayer CropScience. Il est un One Pass (double action), qui détruit à un seul passage les adventices graminées et dicotyledones. Ce concept de One Pass permet à nos céréaliers un gain de temps et une très nette amélioration du rendement. [5]

### Fiche d'identité

#### Composition


30g / kg Mesosulfuron méthyle

30 g / kg Iodosulfuron méthyl sodium

90 g / kg mefenpyr diéthyl

#### Dose homologuée

330 g / Ha sur les adventices graminées et dicotyledones du blé (blé dur et blé tendre)

 **Bravo 500** : Est la solution fongicide pour lutter efficacement et durablement contre les maladies foliaires (septorioses et rouilles) des blés. Elle constitue la réponse aux problèmes de dérive des triazoles vis-à-vis de la septoriose des blés. [5]

**Composition** 41% Chlorothalonil (500 g/l)

**Tableau 5** : Utilisation et dose d'emploi. (Ferme Richi, 2016)

Cultures	Blé	Orge	Pommes de terre	Tomates	Carottes	Oignons
Dose	1,5 l/ha	1,5 l/ha	3 l/ha	4,8 l/ha	3 l/ha	3 l/ha

## 1. Introduction

La partie hydroclimatologie vient pour enrichir d'avantage le contenu de ce travail.

Dans ce chapitre nous analyserons et déterminerons les différents paramètres climatiques comme les précipitations, la température et les composantes du bilan hydrique particulièrement l'infiltration, l'évapotranspiration et le ruissellement.

Dans les mécanismes de pollution, l'infiltration efficace et le ruissellement entraînent de manière très différente les polluants de toute nature dans les nappes souterraines ainsi que les eaux de surface ; aussi dans le domaine agricole l'infiltration permet l'entraînement en profondeur des fertilisants et des pesticides.

## 2. Station de mesure

Pour la région d'étude, nous disposons des données climatiques de la station de Guelma (ONM) située à Belkheir, distante de 5km de la ville de Guelma. Le tableau suivant donne les caractéristiques géographiques et topographiques de cette station.

**Tableau 6 :** Caractéristiques géographiques et topographies de la station de Guelma.

Station de Guelma	Altitude	Longitude	Latitude	Période d'observation
	227	7 ° 28 E	36° 28 N	1985 à 2015

## 3. Type de climat

### 3.1. Climagramme d'Emberger

Pour déterminer le type de climat de la zone méditerranéenne, Emberger a proposé la détermination d'un quotient pluviométrique Q (figure 5). Ce quotient dépend de la précipitation moyenne annuelle et les moyennes des températures minima et maxima, respectivement des mois les plus froids et les plus chauds.

$$Q = \frac{P}{\frac{(M + m)(M - m)}{2}} \cdot 1000$$

P : Précipitation moyenne annuelle (mm)

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud (degrés kelvin)

m : moyenne des minima du mois le plus froid (degré kelvin).

Partant de ces données, il a établi un Climagramme où chaque station intéressée figure suivant ses coordonnées avec en abscisse m (minima en °C du mois le plus froid) et en ordonnées le quotient pluviométrique Q.

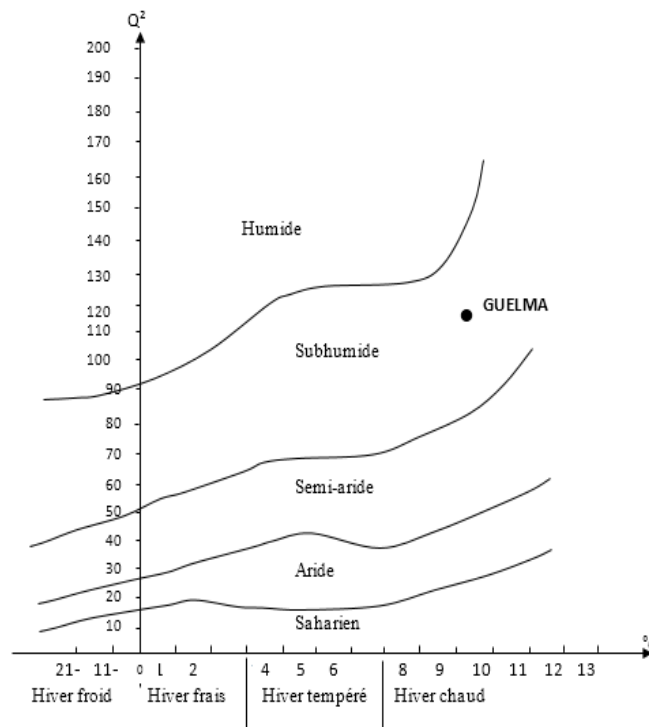


Le calcul de ce dernier dans la zone de Guelma donne la valeur suivante :

$$Q = \frac{2000 * P}{M^2 - m^2}$$

$$Q = \frac{2000 * 611.44}{300.63^2 - 282.99^2} = 118.78$$

D'après cette valeur on peut dire que la région de Guelma possède un climat subhumide.



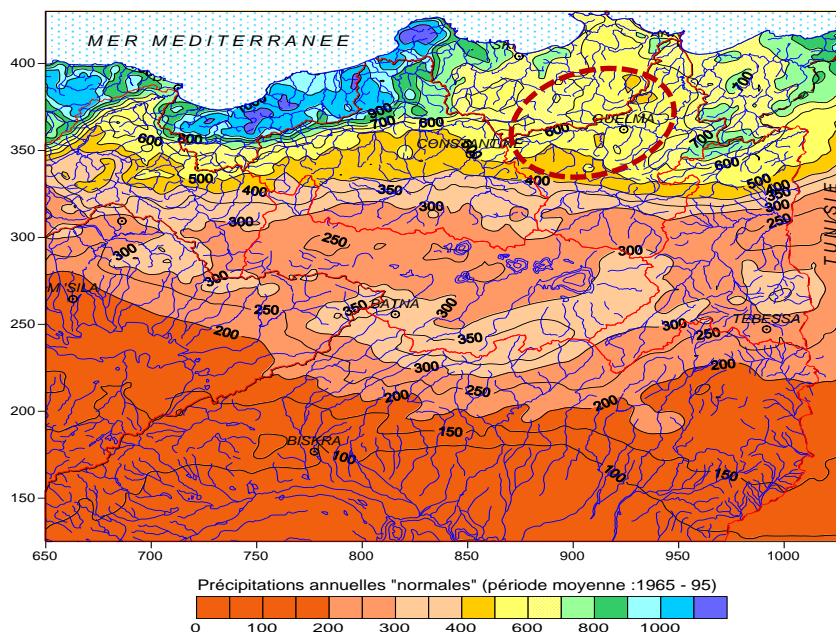
**Figure 5 : Climagramme d'EMBERGER**

#### 4. Les paramètres climatiques

Les paramètres climatiques, jouent un rôle important dans le comportement hydrologique des cours d'eaux. De ce fait il est important de connaître leurs comportements spatio temporel. Nous nous intéresserons en premier aux variations des précipitations enregistrées au niveau de la station de Guelma.

##### 4.1. Les précipitations

Pour avoir une idée sur les précipitations de la région nous nous sommes référés à la carte des précipitations de l'Est Algérien (figure 6), établie par J.P LABORDE. L'observation de cette dernière montre que la zone d'étude est caractérisée par des précipitations oscillant entre 500 et 600 mm/an.



**Figure 6 :** Précipitations annuelles médianes « normales» (1965-95) (d’après étude ANRH-GTZ ,2003) In Azzedine MEBARKI (\*) et Jean-Pierre LABORDE (\*\*)

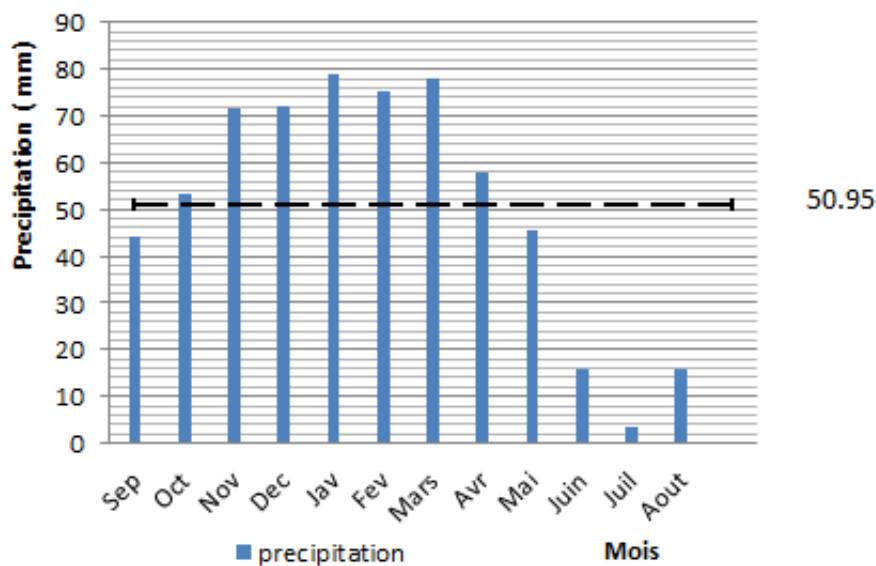
#### 4.1.1. Précipitations moyennes mensuelles

Le tableau 7 récapitule les valeurs des précipitations moyennes mensuelles enregistrées à la station de Guelma sur une période de 30 ans (1985-2015).

**Tableau 7 :** Précipitations moyennes mensuelles en (mm) de la station de Guelma (Période 1985-2015)

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jav	Fev	Mars	avril	mai	Juin	juil	Août	Total
P (mm)	44.11	53.14	71.71	72.12	79.15	75.27	78	57.66	45.31	15.70	3.54	15.68	611.44

Pour évaluer la variation des précipitations moyennes mensuelles, nous avons établi un histogramme relatif à la station de Guelma.



**Figure 7 :** Histogramme des précipitations moyennes mensuelles de la station de Guelma (1985-2015)

Les valeurs moyennes mensuelles des précipitations représentées par la figure 7, montrent une variation inter mensuelle des pluies. Cette variation traduit une forte irrégularité entre les différents mois de l'année hydrologique. A ce titre le mois de Janvier reste le plus pluvieux de l'année de l'ordre de 79.15 mm. Par opposition le mois de juillet marque les précipitations les plus faibles de l'année.

#### 4.2. Les températures

La température est le deuxième facteur dans l'étude climatique, car elle agit directement sur le phénomène d'évapotranspiration et par conséquent le déficit d'écoulement annuel et saisonnier. On dispose des données de températures moyennes mensuelles de la station de Guelma durant la période (1985-2015).

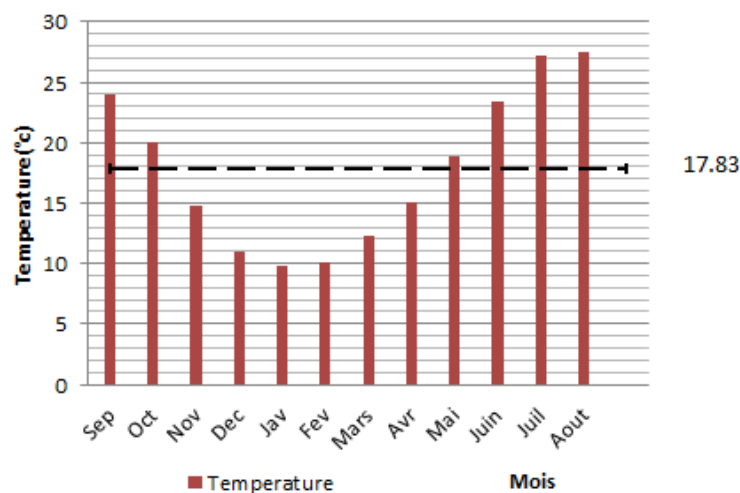
##### 4.2.1. Les températures moyennes mensuelles

Le tableau 8 ci-dessous récapitule les températures moyennes mensuelles de la station de Guelma (1985-2015).

**Tableau 8 :** Températures moyennes mensuelles en (°c) de la station de Guelma (Période 1985-2015)

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jav	Fev	Mars	avril	Mai	juin	Juil	Août	Moyenne
T (°c)	23.95	20.05	14.71	10.95	9.84	10.08	12.35	15.07	18.91	23.42	27.21	27.48	17.83

L'histogramme ci-après montre les variations des températures moyennes mensuelles de la station de Guelma.



**Figure 8 :** Variation des températures moyennes mensuelles dans la station de Guelma durant la période (1985-2015).

Dans la figure 8 on constate une variation progressive des températures au cours des mois de l'année. Le maximum des températures est enregistré au mois d'Août avec 27.48°C et le minimum au mois de Janvier de l'ordre de 9.84°C.

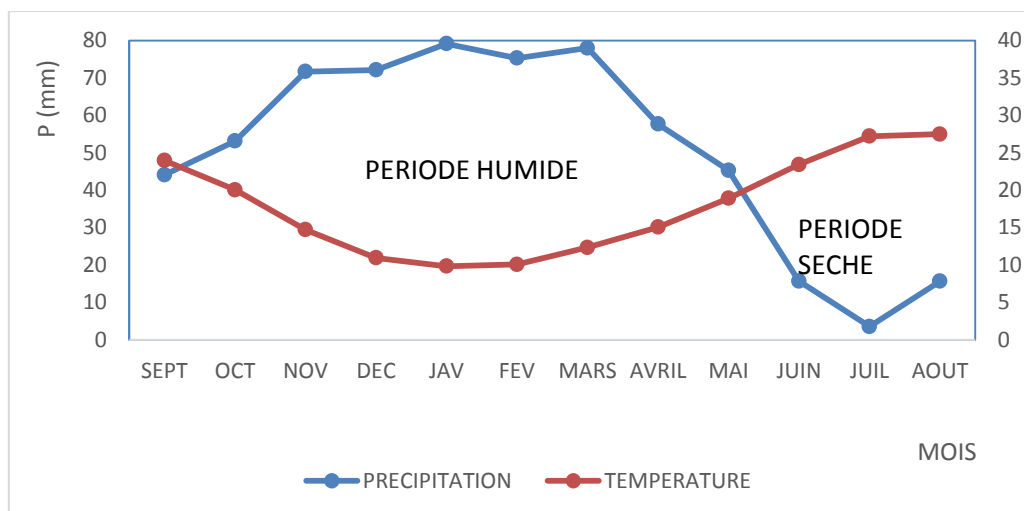
#### 4.3. Diagramme pluviothermique

Les valeurs des précipitations et des températures enregistrées au niveau de la station de Guelma sur une période de 30 années, permettent l'établissement du diagramme (figure 9).

Il s'agit de la combinaison des températures et des précipitations moyennes mensuelles. Ceci est basé sur le comportement de la végétation aux mois ayant un total de précipitation égal ou inférieur au double de la température mensuelle,

$$P \leq 2T$$

Il permet de déterminer les saisons sèches et humides, tel qu'il est mentionné ci-dessous :



**Figure 9 :** Diagramme pluviothermique

Ce diagramme (figure 9) montre la succession de deux saisons l'une sèche et l'autre humides. La première s'étale du mois de mai jusqu'au mois de Septembre et la seconde va du mois d'Octobre jusqu'au mois d'avril compris. La saison sèche dure cinq mois et la saison humide dure 7 mois.

#### 4.4. Le Bilan hydrique

Le bilan hydrique exprime le processus que suit une quantité d'eau arrivant au sol par précipitation ou neige avant de se retourner à l'atmosphère.

Le bilan hydrologique naturel peut se calculer par la formule suivante [3] :

$$P = ETR + R + I$$

ETR : l'évapotranspiration annuelle (mm).

I : infiltration.

P : précipitation.

R : ruissellement.

##### 4.4.1. Etude de l'évapotranspiration

C'est un terme important du cycle hydrique qui résulte de deux phénomènes, l'un physique (l'évaporation), l'autre biologique (la transpiration) ; l'évapotranspiration est fonction de plusieurs facteurs (l'humidité, la température, l'insolation et la couverture végétale).

##### 4.4.1.1. Estimation de l'évapotranspiration potentielle : (ETP)

###### a. Indice thermique mensuel

Cet indice est calculé à partir de la température moyenne mensuelle (t) du mois considéré

$$i = (T/5)^{1.514}$$

###### b. Indice thermique annuel

C'est la somme des indices mensuel des 12 mois de l'année.

$$I = \sum i$$

Pour l'estimation de l'ETP, on utilise la formule de Thornthwaite.

$$ETP \text{ (mm/mois)} = 16 (10T/I)^a \cdot k$$

$$a = (1.6/100) I + 0.5$$

Avec :

T : température moyenne du mois considère en  $^{\circ}\text{C}$

ETP : évapotranspiration potentielle du mois considéré en mm.

K : coefficient de correction de la latitude.

I : indice thermique annuel.

i : indice thermique mensuel.

#### 4.4.1.2. Estimation de l'évapotranspiration réelle: (ETR)

Les pertes d'eau d'un sol atteignent l'ETP si elles sont supérieures ou égales au stock d'eau de la RFU.

En cas d'insuffisance elles sont limitées à une quantité plus petite, cette limite est appelée l'évapotranspiration réelle [3]. Cette estimation se fera à partir des formules de Turc et de Thornthwaite.

##### a. Formule de L. Turc (1954)

Cette formule permet d'évaluer directement l'ETR annuelle d'un bassin à partir de la hauteur annuelle de pluie et de la température moyenne annuelle.

$$\boxed{\text{ETR} = P / (0.9 + P^2 / L^2)^{1/2} \text{ (mm/an)}}$$

-  $L = 300 + 25T + 0.05 T^3$  (facteur qui tient compte des échanges de chaleur) ;

- P : Précipitation moyenne annuelle en mm ;

- T : Température moyenne annuelle en  $^{\circ}\text{C}$ .

##### b. Formule de Thornthwaite (1948)

Pour l'établissement du bilan mensuel on utilise l'évapotranspiration potentielle et réelle moyenne par la méthode de C.W. Thornthwaite.

Ce bilan repose sur l'hypothèse suivante :

- la satisfaction de l'ETR est prioritaire sur l'écoulement.
- Le calcul de  $\Rightarrow$  l'ETR peut s'effectuer suivant deux cas :

1<sup>er</sup> cas :  $P > \text{ETP} \Rightarrow \text{ETR} = \text{ETP}$  on a alors un excédent.

2<sup>ème</sup> cas:  $P < \text{ETP} \Rightarrow \text{ETR} = P + \text{RFU}$ . [13]

Sur le tableau suivant (tableau 9) figurent les valeurs de l'ETR en (mm) et en (%) d'après les deux méthodes L. Turc et Thornthwaite d'où on remarque une différence nettement distincte.

**Tableau 9 :** Valeurs de l'ETR par les méthodes L. Turc et Thornthwaite

Méthode	ETR (mm)	ETR (%)
<b>Thornthwaite</b>	453.9	74.23
<b>Turc</b>	489.12	80

**4.4.1.3. Calcul du ruissellement**

Le ruissellement (R) peut être calculé par deux formules :

- Tixeront Berkhalof par Romantchouk (1974) pour  $P > 600$  mm

$$R = P^3 / 3 \dots\dots\dots (1)$$

- Tixeront Berkhalof., pour  $P < 600$  mm

$$R = P^3 \cdot (3/ETP)^2 \dots\dots\dots (2)$$

Avec : - **R** : Ruissellement en m ;

- **P** : Précipitation moyenne mensuelle en m ;

- **ETP** : Evapotranspiration potentielle en m.

Les précipitations enregistrées dans la région d'étude dépassent 600 mm la formule utilisée est celle de Tixeront (1).

**Tableau 10 :** Résultat du ruissellement

Périodes	P (m)	ETP (m)	R (m)	R (%)
1985 /2015	0.611	0.912	0.076	12.43

**4.4.1.4. Calcul de l'infiltration:**

D'après le bilan hydrologique l'infiltration efficace peut être calculée comme suit:

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

Alors:

$I = P - R - ETR$
-------------------

**Tableau 11** : Résultats de l'infiltration

Périodes	Infiltration (mm)	Infiltration (%)
1985 /2015	81.5	13.33

**Tableau 12** : Récapitulatif des résultats d'ETR, R, I

Périodes	Pr (mm)	ETR (mm)	% ETR	R (mm)	R %	I (mm)	% I
1985/2015	611.4	453.9	74.23	76	12.43	81.5	13.33

En examinant les résultats (Tableau 11 et 12) on distingue que :

La lame d'eau précipitée d'environ 611.4 mm, plus de 74% est évapotranspirée (453.9 mm), pour le volume infiltré aboutissant aux nappes souterraines, il est de 81.5mm (13.33 %), qui varie fortement avec la nature des terrains. Le ruissellement est moins important que l'infiltration 76 mm (12.43) qui est du à la présence des faibles pentes dans le terrain traversé ainsi que la nature du terrain.

Le tableau suivant montre le bilan hydrique à la station de Guelma pour une période de 30 ans.



**Tableau 13** : Bilan hydrique global d'après la méthode de Thornthwaite  
(Station de Guelma sur une période de 30 ans 1985/2015)

Mois	T <sup>0</sup> C	I	K	P	ETP	BH	RFU	ETR	Def	Exc
Sep	24	10.7	1.03	44.1	112.4	-68.3	0,0	44.1	68.3	0,0
Oct	20.1	8.2	0.97	53.1	75.8	-22.6	0,0	53.1	22.6	0,0
Nov	14.7	5.1	0.86	71.7	37.5	34.2	34.2	37.5	0,0	0,0
Dec	11	3.3	0.81	72.1	20.3	51.8	86	20.3	0,0	0,0
Jan	9.8	2.8	0.87	79.22	17.8	61.3	100	17.8	0,0	47.3
Fev	10.1	2.9	0.85	75.3	18.2	57	100	18.2	0,0	57
Mar	12.4	3.9	1,03	78	32.4	45.6	100	32.4	0,0	45.6
Avr	15.1	5.3	1,10	57.7	50.2	7.4	100	50.2	0,0	7.4
Mai	18.9	7.5	1,21	45.3	84.7	-39.4	60.6	84.7	0.0	0,0
Jui	23.4	10.4	1,22	15.7	127.6	-111.9	0,0	76.3	51.3	0,0
Jul	27.2	13	1,24	3.5	172	-168.5	0,0	3.5	168.5	0,0
Aou	27.5	13.2	1,16	15.7	163.9	-148.3	0,0	15.7	148.3	0,0
<b>Tot</b>	<b>17.8</b>	<b>86.3</b>		<b>611.4</b>	<b>912.9</b>	<b>-301.5</b>		<b>453.9</b>	<b>459</b>	<b>157.5</b>

- T : température mensuelle en (°C)
- Pr : précipitation mensuelle en (mm)
- i.: indice thermique
- RFU : réserve facilement utilisable en (mm)
- k : coefficient de latitude
- ETR : évapotranspiration réelle en (mm)
- ETP : évapotranspiration potentielle en (mm)
- Def : déficit agricole en (mm)
- BH: Bilan Hydrique
- EXC : excédent en (mm)

Formules de vérification:

$$P = \sum ETR + \sum EX \quad \text{A.N: } P = 453.9 + 157.5 = 611.4$$

$$ETP = \sum ETR + \sum DA \quad \text{A.N: } ETP = 453.9 + 459 = 912.9$$

#### 4.4.2. Commentaire sur le bilan hydrique

Le bilan hydrique nous a permis d'évaluer la part de chaque paramètre hydrologique. D'après l'établissement de du bilan on a pu tirer ces quelques conclusions :

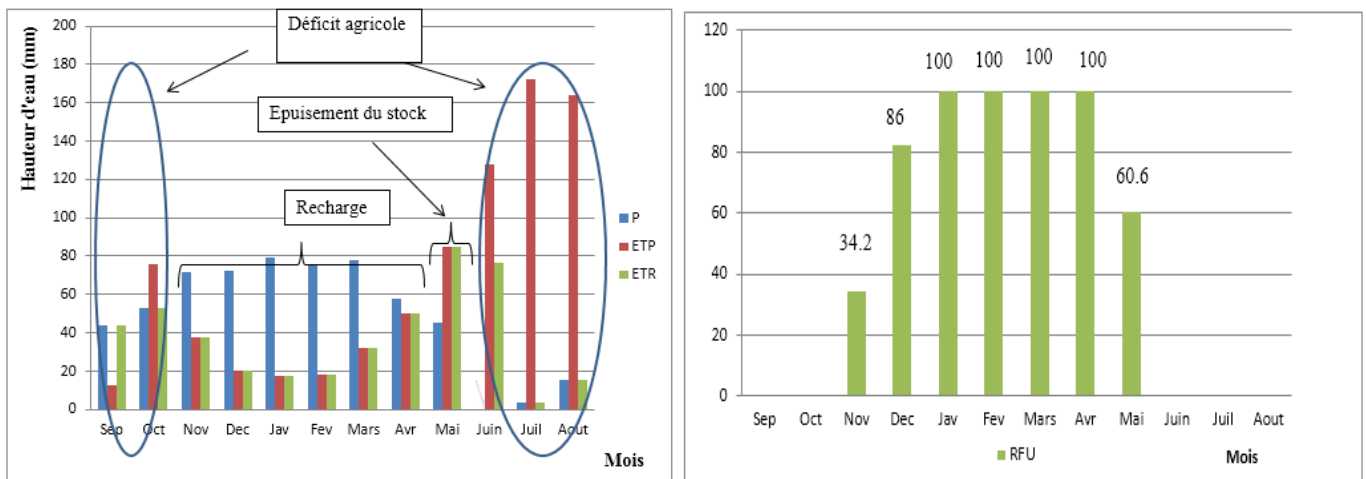
-Le déficit agricole se remarque à partir du mois de juin et se poursuit jusqu'à octobre, période pendant laquelle la RFU est épuisée (tableau 13).

La figure ci-dessous (figure 10) illustre les résultats du tableau (13) sur 30 ans (1985/2015), sur le bilan de Thornthwaite, qui nous permet une lecture simple des différents éléments du bilan.

-Les hauteurs de précipitation atteignent leur maximum au mois de janvier (79.2 mm) où l'ETP atteint en janvier un minimum (17.8 mm).

-L'ETP atteint son maximum au mois de juillet (172 mm) où les précipitations atteignent un minimum (3.4 mm).

Pendant le mois de novembre le stock se reconstitue ou la RFU atteint son maximum (100 mm) au mois de janvier puis demeure jusqu'au mois d'avril ensuite diminue jusqu'à l'épuisement total au mois de juin.



**Figure 10 :** Représentation graphique du bilan de Thornthwaite à la station de Guelma (1985/2015).

## 5. Etude hydrologique

L'étude hydrologique, qui constitue un complément de l'étude climatique, elle renseigne sur les écoulements au niveau des Oueds et de leur intensité. Au niveau de la zone amont l'Oued Seybouse résulte de la confluence du Charef et du Bouhamdane.

Cette partie se penche sur l'étude du fonctionnement du réseau hydrographique et le comportement du système d'écoulement au sein du bassin de la région d'étude.



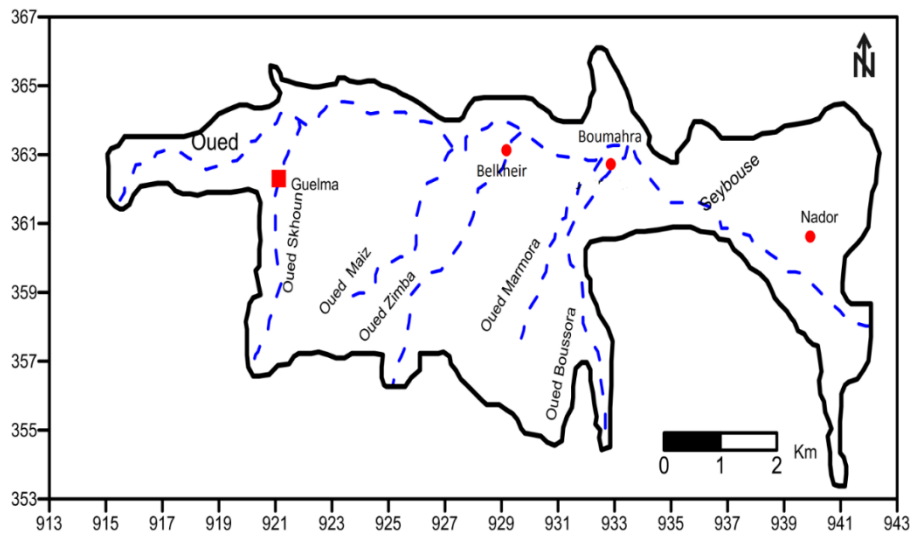
**Figure 11** : Confluence des Oueds Charef et Bouhamdane donnant la Seybouse : Photos numérique. (Mouchara, 2009)

### 5.1. Le réseau hydrographique

Il est constitué principalement du cours d'eau principal l'Oued Seybouse (57,15 km) et ses majeurs affluents dont l'écoulement général est d'Ouest en Est pour l'oued Bouhamdane et du Sud vers le Nord pour l'oued Cherf, l'oued Maiz, l'oued Zimba, l'oued Boussora, l'oued H'lia et l'oued Mellah.

L'oued Bouhamdane et l'oued Cherf drainent respectivement des sous bassins de 1105km<sup>2</sup> et 2845km<sup>2</sup> à la station de Medjez Amar, point de confluence et naissance de l'Oued Seybouse.

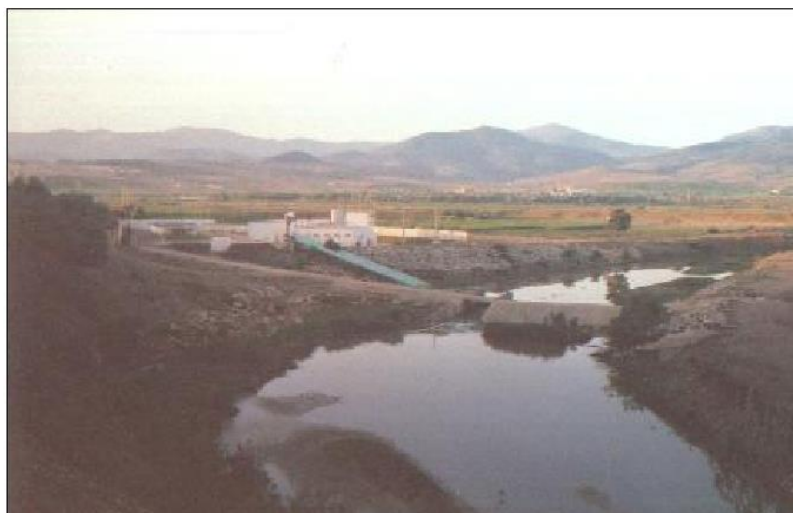
Le réseau hydrographique emprunte surtout les axes des principaux plissements dans les couches marneuses facilement érodables. D'autres affluents suivent le sens des failles affectant les formations mio-pliocènes.



**Figure 12 :** Réseau hydrographique du bassin de Guelma (Ibrahim et Issaka, 2014)

Les eaux des cours d'eau sont captées à travers les installations hydraulique réalisées dans chaque secteurs (Charef, El fedjoudj, Guelma, Boumahra et Bouchegouf) qui assurent une irrigation moderne de ses terres agricoles.

L'eau d'irrigation du périmètre est acheminée aux différents secteurs par l'oued Seybouse. Le barrage de Hammam Debagh réalisé à 20 km à l'amont du périmètre fournit l'eau d'irrigation à la demande de l'Office du Périmètre Irrigué (OPI) actuellement l'Office Nationale d'Irrigation et de Drainage (ONID). La desserte en eau retenue consiste en des lâchers de barrage suivant les besoins en eau d'irrigation dans les périmètres. [10]



**Figure 13:** Seuil d'irrigation de Boumahra Ahmed. (Mouchara ,2009)

## **6. Conclusion**

L'étude climatologique de la région de Guelma permet de distinguer que le climat est typiquement subhumide de type continental (hiver froid et été chaud). La température moyenne annuelle qui y règne est de 17.83 °C.

Les précipitations moyennes annuelles, sur une période de 30 ans (1985-2015), sont estimées à 611.4 mm. L'évapotranspiration réelle est estimée à 453.9 mm soit 74.23 % des précipitations. Le ruissellement ne bénéficie que de 12.43 % des précipitations ce qui représente 76 mm.

L'infiltration ne laisse percoler que 81.5 mm, qui ne représente que 13.33 % des précipitations.

Le réseau hydrographique est très dense. Il est constitué principalement de l'oued Seybouse et ses affluents majeurs qui constituent les principales sources d'eau d'irrigation de la zone d'étude.

## **1. Introduction**

La région de Guelma fait partie de l'ensemble géologique du Tell d'Algérie Nord orientale. Cet ensemble qui s'étend de la région de Constantine à la frontière Algéro-Tunisienne a une longueur d'environ 200 km. Sa structure complexe est due essentiellement à des mouvements tectoniques tertiaires, surtout miocènes. La région d'étude est caractérisée par des formations géologiques apparentes. [11]

## **2. Géologie**

La géologie de la région de Guelma est caractérisée par des formations allant du Quaternaire au Trias, présentant ainsi une lithologie très variée. La description lithologique est la suivante :

### **2.1. Le Quaternaire**

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

#### **2.1.1. Le Quaternaire récent**

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

##### **a. Les alluvions 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. [1]

##### **b. 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.

### **2.1.2. 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

### **2.2. Le Post – nappe (Le Mio-Pliocène)**

Il est représenté au niveau du bassin de Guelma par des marnes à gypse, argiles et conglomérats rouges. Il est considéré comme une formation post – nappe, où on y voit succéder deux cycles:

- La molasse de Guelma visible sur la route Guelma-Bensmih, composé de grès jaunes friables, intercalés avec des formations argilo – marneuses grises ou jaunes parfois gypseuses.
- Le second cycle formé par une succession d'argiles de conglomérats rouges, argiles grises à gypses et à soufre et des calcaires lacustres. [11]

### **2.3. Le Numidien**

Il forme principalement les reliefs de la région Mahouana, Houara et réapparaît en lambeaux aux environs de Bensmih. [11]

### **2.4. L'unité ultra – tellienne**

Le faciès dominant est celui des marnes et marno-calcaires avec des barres de micrites à microfaunes variées. [10]

### **2.5. L'unité tellienne**

Elle appartient au domaine externe de la chaîne des Maghrébides dans le Nord – Est Algérien. Cette unité correspond au domaine Tellien externe qui est constitué de formations paléogènes.

### **2.6. Crétacé**

- **Le Crétacé Supérieur** est caractérisé par des niveaux calcaires dolomitiques riches en Orbitolines et des débris à Rudiste datant du Cénomaniens-Vraconien et d'épaisseur limitée
- **Le Crétacé moyen** est représenté par des calcaires massifs ou lithiques et calcaranites.
- **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. [1]

### **2.7. Jurassique**

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

### **2.8. Néritique**

Caractérisé par un faciès jurassique crétacé plus ou moins karstifié. Il est surmonté par plusieurs nappes de charriages et impliqué dans les grands accidents. Il apparaît aussi sous forme de fenêtre à Djebel Mahouna, Djebel Debagh, Nador et plus à l'Ouest à Djebel Taya. [11]

### 2.9. Trias

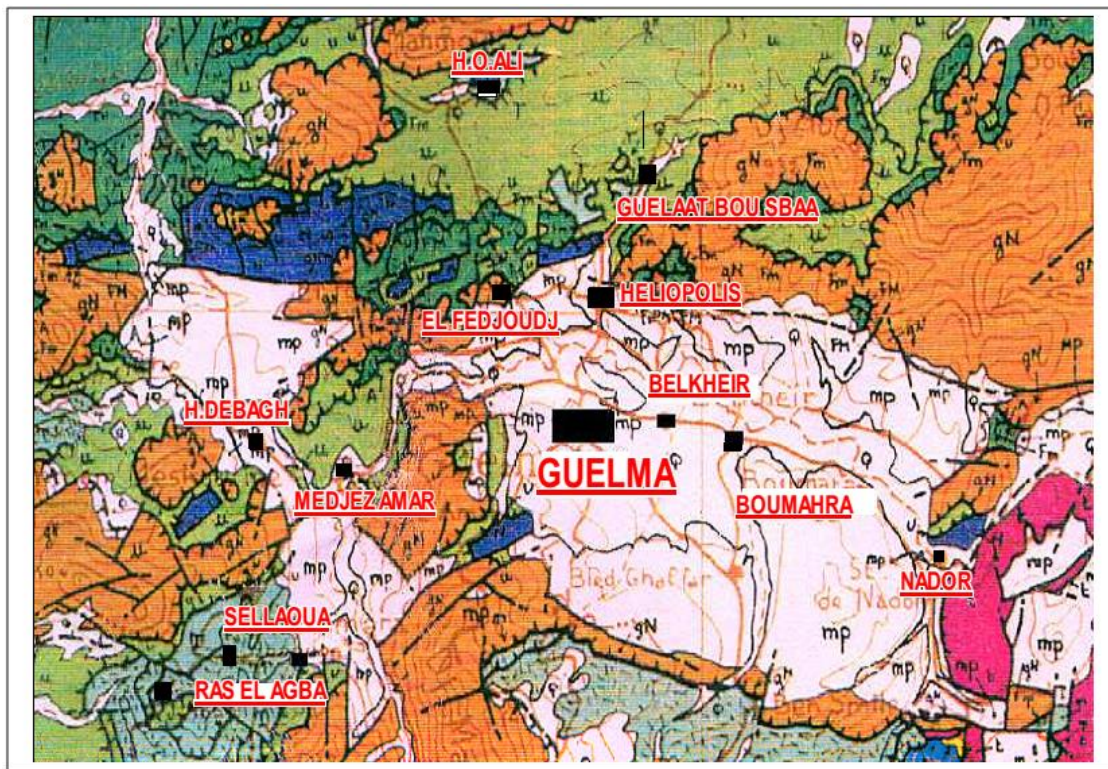
C'est la formation géologique la plus ancienne datée dans la région. Elle affleure uniquement à l'extrémité de Nador sous trois faciès :

- **Trias supérieur:** Se rencontre à l'Est de Dj. Debagh, caractérisé par des alternances de marne et de schiste de faibles épaisseurs.
- **Trias moyen:** Formé de calcaires lités à cassures, contenant quelques bancs de calcaires vermiculés (calcaires à fucoides).
- **Trias inférieur:** Constitué d'argile d'aspect schisteux affleurant au Nord du massif de Nador. [1]

### 3. Stratigraphie des différentes unités structurales

D'après (Vila, 1978), on distingue de haut en bas : le quaternaire, le mio-pliocène, la nappe numidienne, les nappes des flyschs, la nappe ultra-tellienne, la nappe tellienne et la nappe néritique constantinoise. (figure 14)





Légende :



Figure 14 : Carte structurale de Guelma, 1/500 000<sup>ème</sup> (Vila, 1978).

#### 4. Tectonique

L'histoire géologique et les principales phases tectoniques de la région se résument ainsi:

La mer peu profonde au Trias, s'approfondit considérablement au Lias qui prend un caractère bathyal. Le Dogger et le Malm n'affleurent pas soit parce qu'ils ont été érodés soit parce qu'ils sont masqués par les amas gypso – salins du Trias.

Par contre au Crétacé et exactement à son début nous retrouvons une mer peu profonde qui s'approfondit au Barrémien pour former un géosynclinal. Elle s'étend en transgression vers le Sud tout en diminuant de profondeur et atteindre son extension maximum au Sénonien.

Au Damien, une régression générale se produit et l'Eocène inférieur et moyen est masqué par une mer peu profonde avec des seuils et hauts fonds. Le Crétacé et l'Eocène sont en continuité stratigraphique.

A la fin de l'Eocène moyen se produisent des mouvements de compressions internes, refoulant les plis en direction du Sud, les transformant en plis déversés, épilés ou même en écailles imbriquées.

La direction générale du plissement Est – Ouest ou plus généralement Sud – Ouest, Nord – Est. A la même période les plissements de direction Nord – Sud déjà ébranché au Primaire et au Secondaire se mettent à rejouer donnant lieu à des plis posthumes de direction Nord – Sud moins accentués que les autres.

Sur cette région plissé et déjà érodée revient une mer peu profonde d'où émergent quelques îlots du Crétacé et de l'Eocène et où se dépose le flysch numidien.

Une phase orogénique à la fin de l'Oligocène plissera cette dernière formation et la charriera sur les précédentes.

Le Miocène moyen et supérieur, représentés par des sédiments lagunaires, lacustres et fluvio – continentaux, se sont déposées dans la dépression de Guelma, à la suite des mouvements orogéniques.

Le Miocène supérieur, formé de marnes sulfato – gypseuses surmonté d'une assise de limons rouges gréseuse et de conglomérats, repose en transgression vers le Nord, par rapport au Miocène, sur le Crétacé et le flysch gréseux.

A la suite des mouvements orogéniques post miocènes, se sont déposés les travertins pliocènes de Guelma qui reposent en discordance sur les différentes assises redressées de la série miocène lacustre.

Les plissements les plus énergétiques paraissent orientés suivant la direction Est – Ouest ou parfois légèrement infléchis Sud – Ouest, Nord – Est, toute fois un pli sensiblement dirigé Nord – Sud semble avoir recoupé les plis précédents, il est jalonné par des affleurements de deux bondements anticlinaux du Barrémien.

Ensuite se produit une série de remblaiement et creusement de la vallée et du bassin de Guelma en relation avec les variations du niveau de l'Oued et de la mer. [9]

### 5. Lithologique et intérêt hydrogéologique des formations géologiques de la zone d'étude

Le tableau ci-dessous récapitule la description géologique et hydrogéologique des formations de la zone d'étude

**Tableau 14** : Description géologique et hydrogéologique des formations de la région d'étude.  
(Mouassa, 2007)

Ere	Système	Lithologie	Epaisseur (m)	Intérêt hydrogéologique	
				Perméabilité	type de nappe
Quaternaire	récent	-Alluvions actuelles : galets, calcaires, limons, travertins  -Alluvions anciennes :  *Basse terrasse : sables, cailloutis, limons.  *Moyenne terrasse : sables, cailloutis, galets, limons, conglomérats.  *Haute terrasse : galets, conglomérats, limons. Sables	15  30 - 50  100	Perméables	- nappe de la basse terrasse  - nappe de la moyenne terrasse  - nappe de la haute terrasse
	Ancien	tufs calcaires	-	Perméable	
Tertiaire	Mio- Pliocène	argile à gypse	-	Imperméable	Substratum
	Pliocène	Travertins	-	Perméable	nappe des travertins

## **6. Conclusion**

La géologie de la région d'étude est caractérisée par des formations allant du Trias jusqu'au Quaternaire, présentant ainsi une lithologie très variée qui comprend essentiellement de dépôts détritiques (sable, les argiles , gravier,...) ; des formations allochtone (le grès) ; et des dépôts marins ( les marnes, , flyschs et les calcaires).

Le bassin de Guelma correspond à un fossé d'effondrement comblé par des sédiments alluvionnaires d'âge Mio-plio-quaternaire, formant le réservoir aquifère de la vallée de Guelma. Ce remplissage constitue l'ancienne et actuelle terrasse de la vallée de la Seybouse.

## **7. Cadre hydrogéologique**

### **7.1.Introduction**

L'étude hydrogéologique d'un bassin est nécessaire pour la détermination des différents aquifères existants et pour une meilleure connaissance des différentes formations qui les constituent.

L'essai d'identification des aquifères et la détermination de leurs caractéristiques hydrogéologiques, permet de reconnaître les potentialités en eau souterraine de la région.

Dans le système hydrogéologique de la plaine de Guelma, l'Oued Seybouse coule entre deux seuils imperméables : les marnes du Crétacé à l'Ouest et les marnes du Trias à l'Est (au niveau du Nador).

Il s'agit d'une zone d'effondrement remplie par des dépôts du Miocène (argile et marnes à gypse) et Quaternaire (alluvions hétérogènes sous forme de terrasses). Ces alluvions souvent très perméables et surtout très épaisses contiennent une nappe importante alimentée par les infiltrations des eaux de pluies et par les apports latéraux du bassin versant de la Seybouse.

### **7.2.Nappe de Guelma**

Elle se présente sous forme de cuvette qui s'étend depuis Medjez Amar au Nord-Ouest à Nador au Sud-Est sur près de 50 Km<sup>2</sup>. Elle est constituée essentiellement par un remplissage de matériaux alluvionnaires et détritiques de la haute terrasse.

L'orientation, Nord-Ouest Sud-Est, de ces formations correspond à l'écoulement de l'ancien lit de l'oued Seybouse.

Il convient de noter que les meilleures zones aquifères apparaissent comme centrées entre Guelma et l'oued Boussorra ce qui témoigne de l'intense activité de certains affluents de la Seybouse (Oued Maïz, Oued Zimba et Oued Bousorra) qui ont formé de véritables cônes de déjection à leur débouché. Le substratum des formations alluvionnaires est constitué essentiellement par des marnes gypseuses d'âge Miocène. [10

#### **7.2.1. Structure et géométrie de la nappe alluviale de Guelma**

##### **A. Les unités aquifères**

Trois unités différentes par leur lithologie et leur stratigraphie constituent la nappe alluviale de Guelma :

- L'unité de la vallée actuelle de l'oued Seybouse, avec une altitude de 220m et 120m (Ouest, Est), appelée « basse terrasse ».

- L'unité de la vallée ancienne qui domine la première unité par une altitude variant entre 230m à 280m, et s'étend vers le Sud entre la ville de Guelma et le village de Boumahra. Cette unité forme la haute terrasse.

La liaison entre ces deux unités se fait par un talus interrompu par les petits oueds.

- L'unité des travertins ou la plaine des calcaires travertineux, constituée sur la bordure Sud-ouest de la haute terrasse, avec une altitude de 250m.

### **A.1. La vallée actuelle (basse terrasse)**

Elle est formée par des graviers, des sables et de galets (figure 15 et 16). Son substratum est constitué de l'extrémité Ouest jusqu'à Boumahra par des argiles et des marnes à gypse. De Boumahra jusqu'à Sidi Smir, le substratum est constitué par des argiles et des limons pliocènes, de cet endroit jusqu'à l'extrémité Est, on trouve des argiles et des grès numidiens.

A Boumahra, on trouve des poudingues pliocènes qui se rattachent aux affleurements du Djebel Zemzouma, également qu'entre Mechtet Djorf El Ahmar et Mechtet Regrig, des poudingues pliocènes se rattachent aux affleurements de Khala El Arbi.

L'épaisseur de cette nappe croît vers l'Est, elle est de 8m au Nord de la ville de Guelma et atteint 16m au Nord-Est de Boumahra.

La nappe de la basse terrasse est constituée de matériaux déposés dans le lit majeur du cours d'eau. Ce sont essentiellement des alluvions grossières d'une épaisseur moyenne de l'ordre de 10m reposant sur un substratum marneux à gypse (figure 15).

La coupe hydrogéologique (figure 15), localisée à l'Ouest de la ville de Belkheir, d'orientation Nord-Sud montre la liaison entre la basse terrasse et la nappe de la haute terrasse se fait par la moyenne terrasse, qui est constituée d'un matériel détritique relativement fin en alternance avec des passages argileux. Le substratum est toujours marneux à gypse. On remarque que l'épaisseur est plus importante (40m environ).

Les alluvions des basses terrasses sont essentiellement des cailloutis, sable tant dis que la moyenne terrasse est formée de sables fins, avec intercalation de niveaux argileux. (figure 15)

### **A.2. La vallée ancienne (haute terrasse)**

Elle est formée par un remplissage plio-quadernaire. Le matériel pliocène est constitué par des galets, de grès, quartzites, gravier et des sables (figures 15; 16 ; 17). La couche superficielle montre une affinité argileuse nette (figure 15), tandis que les alluvions du

quaternaires sont plus grossières et moins colmatés que celles du pliocène. Le substratum se compose essentiellement de formations miocènes à l'exception de la bordure Est, qui est constituée par des argiles numidiennes.

Toutes les formations du miocène sont imperméables, sauf pour les grès et les molasses qui sont légèrement perméables. L'épaisseur moyenne de cette nappe est de l'ordre de 100m.

La coupe hydrogéologique (figure 15) montre que les hautes terrasses sont de loin les plus intéressantes du point de vue épaisseur. Il s'agit d'un remplissage alluvionnaire qui dépasse 90m, formé essentiellement de sables, de graviers et de cailloutis avec de petites intercalations argileuses. La forme du substratum marneux témoigne de l'ancien trajet de la Seybouse, qui était plus au sud que son parcours actuel.

La succession du matériau pliocène en profondeur, lentille d'argile et des alluvions quaternaires fins, en couverture se poursuit d'Est en Ouest, jusqu'aux travertins, ce qui confirme la continuité du faciès dans toute la plaine. On s'aperçoit que la lentille d'argile est plus importante dans le côté Est, et plus faible au centre. (figure 16)

La topographie du substratum, fait différencier l'épaisseur de la couche des alluvions, cette dernière atteint le maximum au niveau du forage BA5, avec 110m en total, en négligeant la mince lentille d'argile. [14]

Plus au Sud, la nappe de la haute terrasse devient captive où une couche argileuse d'environ 8m d'épaisseur surmonte les alluvions. Le substratum est toujours miocène et présente un sous bassement au centre de la plaine (c'est l'ancien lit probable de la Seybouse) (figure 17).

### **A.3. Les calcaires travertineux**

Les calcaires travertineux du pliocène, situés au sud-Est de Guelma peuvent eux aussi constituer un aquifère, mais ils sont profondément drainés par les petits oueds.

Les calcaires travertineux Pliocène sont en contact direct avec les alluvions des hautes terrasses, dans la partie Sud. D'après les données du piézomètre 03, il s'agit là de faciès variables : tufs vacuolaires ou spongieux, calcaires blancs crayeux fissurés avec de nombreuses recristallisations de calcite. (Figure15 et 16)

D'après la figure 17 les calcaires travertineux sont absents et reculent au Sud de la plaine vers les monts de la Mahouna.

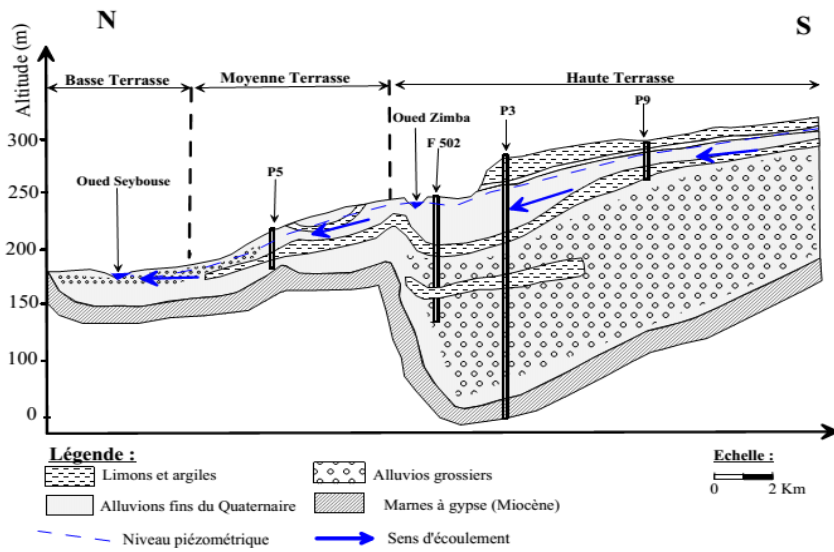


Figure 15 : Coupe hydrogéologique N° 1 dans la plaine de Guelma. (Gaud, 1974)

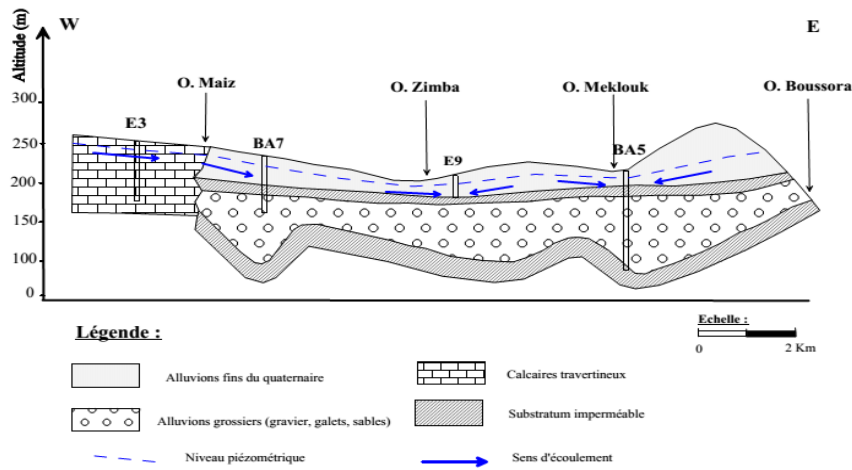


Figure 16 : Coupe hydrogéologique N° 2 dans la plaine de Guelma. (Gaud, 1974)

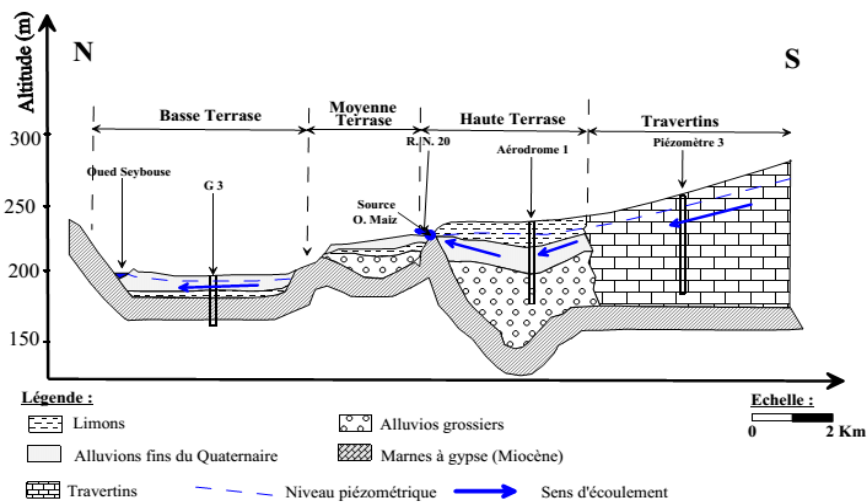


Figure 17 : Coupe hydrogéologique N° 3 dans la plaine de Guelma. (Gaud, 1974)



## **8. Conclusion**

Du point de vue hydrogéologique, le bassin de Guelma zone d'effondrement comblé par des dépôts alluvionnaire très perméable qui contiennent une nappe importante alimenté par les eaux d'infiltrations et par les apports latéraux du bassin versant de la Seybouse.

La nappe de Guelma est constituée des trois unités différentes par leurs stratigraphies et leur lithologie à savoir :

- L'unité de la vallée actuelle de l'oued Seybouse (basse terrasses) ;
- L'unité de la vallée ancienne haute terrasse),
- L'unité des travertins, constituée sur la bordure Sud-est de la haute terrasse.

Pour réaliser le présent travail, plusieurs méthodes ont été utilisées in situ et dans le laboratoire. De ce fait nous décrivons dans ce chapitre ces méthodes d'analyse, le matériel utilisé et les différents protocoles d'analyse.

Dans un but de bien visualiser l'impact des pratiques agricole sur la qualité des eaux, nous avons divisé cette étude en deux parties essentielles, l'une concerne les eaux de forages et l'autre les eaux de drainage. Dans la première nous disposons de données des analyses des eaux de forages localisés dans le périmètre irrigué Guelma-Boumahra du mois de janvier 2016 à savoir : forage BK1, AB3, Ex Sogedia, BK2, BA2, BA4 et Guelma G5 (figure 19). Ces derniers sont bien répartis dans la ferme RICHI ABDELMAJID ; zone de notre étude. Pour les eaux de drainage nous avons choisis trois points bien répartis sur le terrain (figure 18), où les analyses ont été réalisées par l'office national de l'irrigation et de drainage Guelma pendant le mois de juillet 2015.

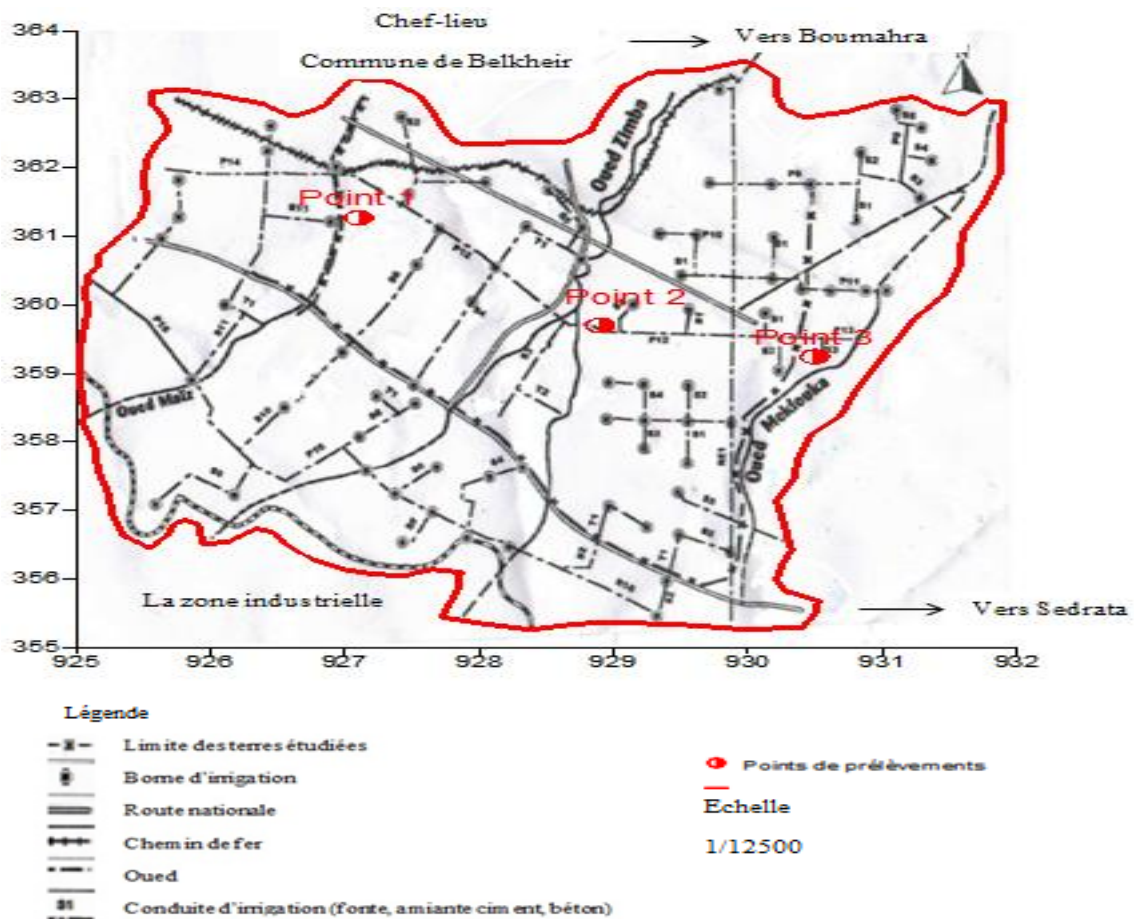
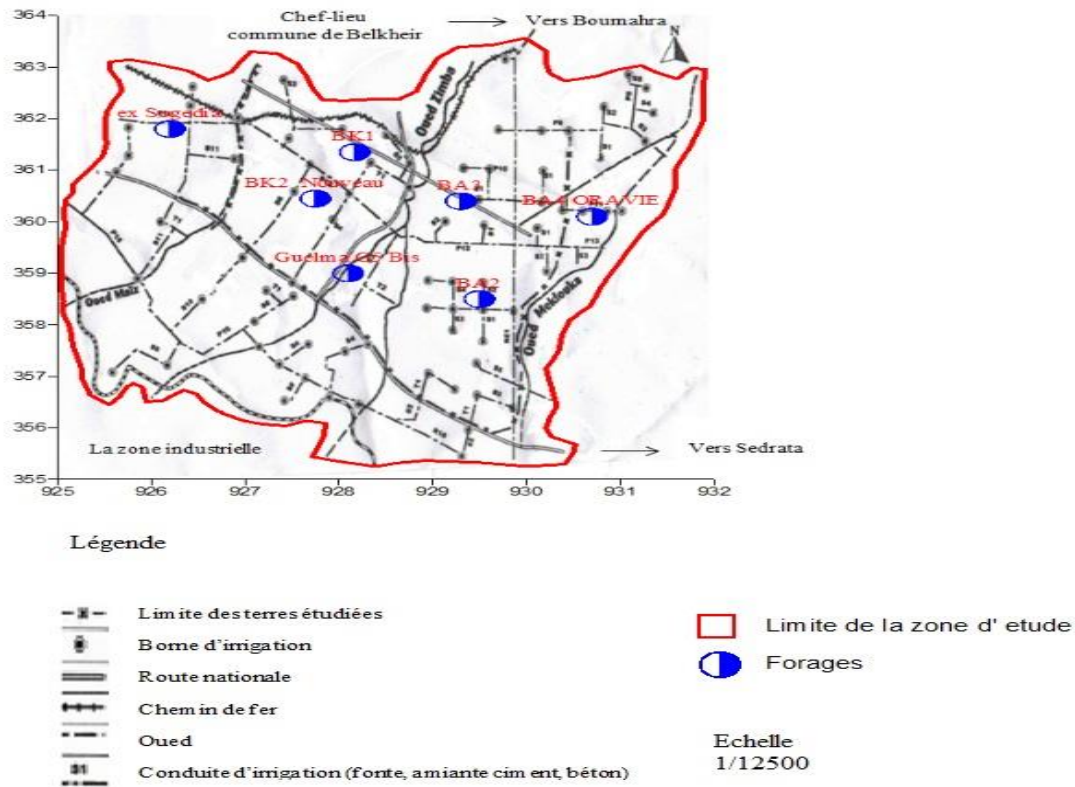


Figure 18 : Localisation des points de prélèvements des eaux de drainage.



**Figure 19:** Localisations des points de prélèvements des eaux de forages.

### 1. Caractéristiques des points de prélèvements

Le tableau ci-dessous récapitule les caractéristiques des points de prélèvements des eaux de drainage et de forages:

**Tableau 15 :** Caractéristiques des points des prélèvements

	Points de prélèvements	X	Y	Profondeur (m)	Débit (m <sup>3</sup> /s)
Eaux de drainage	Point 1	927.10	361.26	-	-
	Point 2	928.87	359.67	-	-
	Point 3	930.49	359.24	-	-
Eaux de forages	Forage BK2	927.75	367.45	140	18
	Forage AB3	929.3	360.4	100	18
	Forage Guelma G5	928.1	359	140	7
	Forage BK1	928.17	361.35	90	28
	Forage BA4	930.7	360.1	80	25
	Forage Ex Sogedia	926.2	361.8	48	15
	Forage BA2	929.5	358.5	100	15

## **2. Analyse physico-chimiques**

De nombreuses réactions (chimiques, physiques ou biologiques) peuvent se produire au sein d'un échantillon destiné à l'analyse, modifiant sensiblement les concentrations de certains éléments. Pour cela, les paramètres physiques sont mesurés in situ Par contre les éléments chimiques sont analysés au laboratoire.

### **2.1. Analyse physique**

#### **2.1.1. Les paramètres physiques**

##### **2.1.1.1. Potentiel d'Hydrogène (pH)**

Le pH d'une eau représente son acidité ou son alcalinité ; à un pH égale 7 une eau est dite neutre, à un pH inférieur à 7 une eau dite acide et à un pH supérieur à 7, elle est dite basique. C'est cependant l'un des paramètres parmi les plus importants de la qualité de l'eau. Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés. [20]

##### **2.1.1.2. Température (T)**

La température joue un rôle important dans l'augmentation de l'activité chimique, bactérienne et de l'évaporation des eaux. Elle varie en fonction de la température extérieure (l'air), des saisons, de la nature géologique et de la profondeur du niveau d'eau par rapport à la surface du sol. [12]

##### **2.1.1.3. Conductivité électrique (CE)**

La mesure de la conductivité permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau et d'en suivre l'évolution. D'une façon générale, la conductivité s'élève progressivement de l'amont vers l'aval des cours d'eau. [8]

##### **2.1.1.4 Turbidité**

La turbidité est liée à la présence de particules organiques diverses, d'argile, de colloïdes, de plancton. Elle peut être favorisée par la pluviométrie. [8]

##### **2.1.1.5. Teneur en sel dissous (TDS)**

La minéralisation est fonction de la géologie des terrains traversés. D'une façon générale, elle est plus élevée dans les eaux souterraines que dans les eaux superficielles. [8]

## 2.2. Analyse chimique

### 2.2.1. Dosage du calcium : ( $\text{Ca}^{2+}$ )

Le calcium est le cinquième élément le plus abondant dans la nature. Il s'introduit dans le système d'eau douce sous l'action de la météorisation des roches, particulièrement celle des roches calcaires, et par entraînement à partir du sol dans les eaux d'infiltration, par lixiviation et par ruissellement. [21]

#### Méthode titrimétrique à l'EDTA

##### Réactifs :

- Indicateur coloré : murexide
- Solution d'EDTA (N/50)
- Solution d'hydroxyde de sodium à 2N

##### Mode opératoire :

- Prendre 50 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer au col large.
- Ajouter 2 ml de la solution d'hydroxyde de sodium à 2N et une pincée d'indicateur (murexide). Bien mélanger le tout.
- Titrer avec la solution d'EDTA (N/50), en versant lentement.

Le virage est atteint lorsque la couleur devient nettement violette.

##### Expression des résultats :

$$[\text{Ca}^{2+}] = V_{(\text{EDTA})} \times 8.01$$

### 2.2.2. Dosage du magnésium : ( $\text{Mg}^{2+}$ )

Le magnésium se place au huitième rang parmi les éléments naturels les plus abondants. Il constitue 2,5 pour cent de la croûte terrestre et forme généralement des minéraux comme la giobertite ("magnésite"), la dolomie, l'olivine, la serpentine, le talc et l'amiante. Toutes les eaux naturelles en contiennent et il contribue largement à leur dureté. Les principales sources du magnésium contenu dans les eaux sont les minéraux ferromagnésiens des roches ignées et les carbonates de magnésium des roches sédimentaires. [22]

##### Réactifs utilisé

- Solution d'EDTA (N/50)
- Noir Eriochrome T
- $\text{NH}_4\text{OH}$  a pH =10

### Mode opératoire

- Introduire 50 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer au col large
- Ajouter 2 ml de  $\text{NH}_4\text{OH}$  à pH =10 et une pincée de Noir Eriochrome T
- Titre par EDTA (N/50) jusqu'au virage de couleur bleu ( $V_2$ )

### Expression des résultats

$$[\text{Mg}^{2+}] = (V_2 - V_1) \times F \times 4.8$$

$V_2$  : volume titré de calcium et de magnésium

$V_1$  : volume titré de calcium

### 2.2.3. Le sodium ( $\text{Na}^+$ ) et potassium ( $\text{K}^+$ )

C'est un des éléments des bases alcalines et alcalino-terreuses jouant un rôle dans le maintien de la perméabilité des sols. L'origine du sodium dans l'eau est liée principalement à la dissolution des formations salifères et à l'effet de la salinité marine. [23]

#### Principe

La photométrie de flamme permet le dosage des cations alcalins  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$ .

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

**Le brûleur** : Il fournit une flamme dans laquelle on pulvérise la solution à analyser.

**Le monochromateur** : permet de sélectionner la longueur d'onde caractéristique de l'élément à doser, il est composé de filtres.

**Le récepteur photoélectrique** : Il est composé d'une cellule photoélectrique qui transforme le flux lumineux en intensité électrique. La lecture est obtenue sous forme digitale.

Pour une même température de flamme, l'intensité de la radiation émise est proportionnelle à la concentration de l'élément à doser si celle-ci est faible.

#### Mode opératoire

##### Préparation des solutions étalons

##### Solution mère

Préparer 100 ml d'une solution mère renfermant 0,500 g/l de sodium et 1,500 g/l de potassium en prélevant les masses ci-dessous :

**NaCl** pur pour analyses : 0,127 g

**KCl** pur pour analyses : 0,286 g

**Eau distillée q.s.p.** 100 ml

Vérifier que les masses prélevées pour préparer la solution mère correspondent aux concentrations indiquées.

**Tableau 16 :** Gamme de solutions filles étalon en sodium préparer une gamme de six solutions filles.

Solution mère en ml	1	2	3	4	5	6
Eau distillée	q. s. p. 100 ml					
Concentration massique en mg de potassium par litre	5	10	15	20	25	30

Vérifier que sur la troisième solution que la concentration indiquée est correcte avec le protocole proposé.

**Tableau 17 :** Gamme de solutions filles étalon en potassium préparer une gamme de cinq solutions filles.

Solution mère en ml	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
Eau distillée	q. s. p. 100 ml				
Concentration massique en mg de potassium par litre	1.5	3	4.5	6	7.5

Vérifier que sur la cinquième solution que la concentration indiquée est correcte avec le protocole proposé.

### **Etalonnage du photomètre de flamme et mesure réglages préliminaires**

Le flux lumineux reçu par la cellule contient la somme de deux flux :

L'un provient de l'émission de l'élément à doser,

L'autre provient de la flamme elle-même.

Cette dernière émission est le **fond de flamme**. Ce fond de flamme peut être compensé à l'aide de boutons qui permettent de ramener la valeur de l'indication à zéro lorsque l'échantillon est constitué d'eau distillée.

Le photomètre étant branché et réglé sur la position Na (ou K), pulvériser de l'eau distillée et faire le réglage du zéro (Afficher 0 à l'aide du bouton « Blank »).

### **Mesures**

Placer le filtre sur Na ou K selon le dosage.

Faire passer la solution étalon fille la plus concentrée et afficher 100 à l'aide des deux potentiomètres « sensitivity fine et coarse ».

Faire passer ensuite les autres solutions étalons filles, noter l'indication correspondante à

chaque solution.

Faire passer la solution à doser (eau minérale diluée si nécessaire), noter la graduation.

Entre chaque mesure, rincer le dispositif de pulvérisation à l'eau distillée.

### Résultats

Tracer les courbes d'étalonnage, sur papier millimétré, pour le sodium et le potassium (indication de l'afficheur en ordonnées, concentrations en abscisses).

Déterminer, à l'aide des courbes d'étalonnages les concentrations massiques en sodium et potassium de l'eau minérale. Vérifier avec l'indication de la bouteille.

#### 2.2.4. Chlorures : Cl<sup>-</sup>

Les chlorures sont largement répandus dans la nature, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl); ils représentent environ 0,05 % de la lithosphère. Ce sont les océans qui contiennent de loin la plus grande quantité de chlorures dans l'environnement. [24]

#### Méthode volumétrique

##### Réactifs :

- solution de chromate de potassium a 10%.
- solution de nitrate d'argent N/10

##### Mode opératoire :

Introduire 25 ml d'eau à analyser, dans un erlenmeyer au col large .Ajouter 02 à 03 gouttes de solution de chromate de potassium a 10%.

Verser au moyen d'une burette la solution de nitrate d'argent jusqu'à apparition d'une teinte rougeâtre, qui doit persister 1 à 3 mn.

Soit V le nombre de millilitres de nitrate d'argent N/10 utilisés.

#### Expression des résultats

Teneur de chlorure (mg/l)=  $V_{\text{titre}} \times 142$

#### 2.2.5. Dosage des sulfates (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)

Les sulfates (SO<sub>4</sub>) peuvent être trouvés dans presque toutes les eaux naturelles. L'origine de la plupart des composés sulfatés est l'oxydation des minerais de sulfites, la présence de schistes, ou de déchets industriels. Le sulfate est un des éléments majeurs des composés dissouts dans l'eau de pluie. [25]

#### Méthode Allemande : M. K. E. R. N

##### Réactifs

- Solution mère de sulfate a 1 g/l à partir de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- solution stabilisante



- solution de chlorure de baryum

**Mode opératoire :**

Prendre 20 ml d'eau à analyser puis compléter à 100 ml d'eau distillée.

Ajouter 5 ml de la solution stabilisante.

Ajouter 2 ml de chlorure de baryum.

Agiter énergétiquement pendant une minute.

Passer au spectrophotomètre à  $\lambda = 420$  nm.

**Expressions des résultats :**

$\text{Mg/l SO}_4^{2-} = \text{la valeur lue sur le spectro-} \times \text{la dilution}$

**2.2.6. Détermination des phosphates**

Les phosphates sont des composés phosphorés. Dans la nature, le phosphore (P) est généralement présent sous forme de molécules de phosphates. Le phosphore est naturellement présent dans certaines roches (ignées ou sédimentaires). Le lessivage de celles-ci par les processus naturels d'érosion conduit à sa solubilisation dans les milieux aquatiques. [4]

**Réactifs :**

**- Réactif mélange :**

A - 13 g d'heptamolybdate d'ammonium .....qsp 100 ml d'eau distillée.

B - 0.35 g de tartrate d'antimoine .....qsp 100 ml d'eau distillée

C - 150 ml d'acide sulfurique concentré .....qsp 300 ml d'eau distillée

- mélange (A+C) + B = 500 ml (stable pendant deux mois)
- Acide ascorbique
- Solution mere d'orthophosphate à 50 mg/l  $\text{PO}_4^{3-}$  :

**Mode opératoire :**

Prendre 40 ml d'eau à analyser, ajouter 1 ml d'acide ascorbique puis 2 ml du réactif - mélange.

Attendre 10 mn.

L'apparition de la coloration bleue indique la présence des phosphates.

Longueur d'onde  $\lambda$  à 700 ou 880 nm.

**Expression des résultats :**

Le résultat est donné directement en mg/l.

### 2.2.7. Titre alcalimétrique simple et complet TA, TAC et (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

Le titre alcalimétrique (TA) d'une eau permet de connaître sa concentration en carbonates (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) et en bases fortes, autrement dit son alcalinité. [26]

TA et TAC permettent de connaître les concentrations en bicarbonates, carbonates et éventuellement en hydroxydes (bases fortes) contenues dans l'eau, d'autre façon l'alcalinité d'une eau correspond à la présence des bicarbonates, carbonates et hydroxydes. [27]

#### Réactifs :

- Acide chlorhydrique ou sulfurique N/50.
- Solution de phénolphtaléine dans l'alcool à 0.5%.
- Solution de méthylorange à 0.5%.
- Eau permutée exempte d'anhydrique carbonique libre (par ébullition de 15mn).

#### Mode opératoire :

##### TA :

- 100 ml d'eau à analyser.
- 02 à 03 gouttes de phénolphtaléine.

Si une coloration rose apparaît titre avec l'acide sulfurique N/50 jusqu'à la disparition de couleur. Si la couleur n'apparaît pas TA= 0 (PH < 8.3 donc TA=0).

#### Expression des résultats :

$$\text{TA (°F)} = V_{\text{titre}}$$

##### TAC :

- 100 ml d'eau à analyser.
- 02 à 03 gouttes de de méthylorange à 0.5%.
- Titre par l'acide sulfurique N/50 jusqu' au virage rouge orange.

#### Expression des résultats :

$$\text{TAC (°F)} = V_{\text{titre}} - 0.5$$

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

##### Détermination de (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

$$(\text{HCO}_3^-) \text{ mg/l} = V_A \times N_A \times M \text{ HCO}_3^- \times 1000 / \text{PE}$$

$$(\text{HCO}_3^-) \text{ mg/l} = V_A \times (N/50) \times 61 \times 1000 / 100$$

V<sub>A</sub> : Volume d'acide versé dans le titrage de TAC.

N<sub>A</sub> : Normalité d'acide versé.

M HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> : Masse molaire de bicarbonates (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>).

P.E : Prise d'essai

**Expression des résultats :**

$$[\text{HCO}_3^-] \text{ mg/l} = V \times 12.2$$

**2.2.8. Le nitrate et le nitrite**

Le nitrate et le nitrite sont très répandus dans l'environnement. Ils sont produits de manière naturelle par l'oxydation de l'azote par les microorganismes. L'activité humaine, y compris l'agriculture, le traitement des eaux usées ainsi que les rejets issus des procédés industriels et des véhicules motorisés, constitue la source la plus importante de ces substances. Le nitrate et le nitrite peuvent aussi être générés par un processus de nitrification dans l'eau de source ou dans les réseaux de distribution. [28]

**2.2.8.1. Dosage de nitrates**

**Méthode au salicylate de sodium.**

**Réactifs :**

- Solution de salicylate de sodium à 0.5% (renouveler toutes les 24h).
- Solution d'hydroxyde de sodium 30%.
- H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentré.
- Tartrate double de sodium et de potassium.
- Solution mère d'azote d'origine nitrique à 1000 mg / l

**Mode opératoire :**

- Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser.
- Ajouter 02 à 03 gouttes de NaOH à 30%
- Ajouter 1 ml de salicylate de sodium
- Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75 - 88°C (ne pas surcharger ni surchauffer très longtemps) laisser refroidir.
- Reprendre le résidu avec 2 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> laissé reposer pendant 10mn.
- Ajouter 15 ml d'eau distillée
- Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium.

**Expression des résultats :**

Le résultat est donné directement en mg/l à une longueur d'onde de 415 nm.

**2.2.8.2. Dosage des ions nitrites**

**Méthodes spectrométrique**

**Réactifs :**

- **Solution de nettoyage**

Solution d'acide chlorhydrique (à d = 1.12 g = 25 %)

- **Solution du réactif**

20 g de sulfamide (  $C_6H_8N_2S$  ) a dissoudre dans un mélange de 50 ml d'acide phosphorique (  $d = 1.71 \text{ g / ml} = 85 \% \text{ en masse}$  ) et 250 ml d'eau distillée . dans cette solution dissoudre 1 g de N-(1-naphtyl) - ethylenediamine –dichlorohydraté (  $C_{12}H_{16}Cl_2N_2$  ).

Compléter avec de l'eau distillée dans une fiole jauge a un volume de 500 ml, cette solution est stable pendant un mois si elle est gardée a l'obscurité (bouteille en verre marron bien fermée) et 4 °C au frigo.

**Mode opératoire :**

Prendre 50 ml d'eau à analyser.

Ajouter 1 ml du réactif mixte et attendre 10 mn pour faire la lecture spectrophotomètre.

L'apparition de la coloration rose indique la présence des  $NO_2$ . Effectuer la lecture à 543 nm.

**Expression des résultats :**

Le résultat est donné directement en mg/l.

**2.2.9. Dosage de l'ammonium**

L'ion ammonium,  $NH_4^+$ , est la forme réduite de l'azote. Il provient principalement de la décomposition des protéines naturelles contenues dans le phytoplancton et les micro-organismes. Il peut être aussi issu de l'apport d'effluents urbains épurés, de rejets industriels ou agricoles. L'ion ammonium ne présente pas un caractère nocif pour la santé, mais sa présence, en particulier dans les eaux de surface, peut être considéré comme un indicateur de pollution. [29]

**Méthode spectrométrique manuelle**

**Réactifs :**

Eau exempte d'ammonium

- **Réactif coloré (réactif I) :**

Peser 13g +ou - 1g de salicylate de sodium, 13g + ou - 1g de citrate trisadique dihydraté et 0.097g de sodium nitropentacyanoferrate(III) dihydraté à dissoudre dans 100 ml d'eau distillée .Conserver dans un récipient en verre brun .Cette solution est stable pendant deux semaines.

- **Dichloroisocyanurate de sodium (réactif II)**

Prendre 3.2g d'hydroxyde de sodium dans 50 ml d'eau distillée, + 0.2 g + ou - 0.002g de dichoroisocyanurate dihydraté. Dissoudre dans 100 ml d'eau distillée.

Conserver dans un récipient en verre brun.

### **Mode opératoire**

Prendre 40 ml d'échantillon d'eau à analyser dans une fiole de 50 ml, ajouter 4 ml du (réactif I) ; puis ajouter 4 ml de la solution de réactif II, compléter la fiole jusqu'à la jauge avec de l'eau distillée.

Attendre 1h30mn.

L'apparition de la couleur vert indique la présence de l'ammonium.

Effectuer la lecture à 655 nm.

### **Expression des résultats :**

Le résultat est donné directement en mg/l

#### **2.2.10. Titre hydrotimétrique (TH)**

Le degré hydrotimétrique est un indicateur de la minéralisation de l'eau. Il correspond à la somme des concentrations en cations métalliques à l'exception des métaux alcalins et de l'ion hydrogène. Il est surtout proportionnel à la concentration en calcium et magnésium auxquels s'ajoutent quelquefois les concentrations en fer, aluminium, manganèse et strontium. Le degré hydrotimétrique s'exprime en degré français (°F). [30]

### **Réactifs :**

- Indicateur Noir d'Eriochrome T
- Solution d'E.D.T.A (0.2N)
- Ammoniaque 34%

### **Mode opératoire :**

- Prélever 10 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 9 ml de solution tampon (pH=9.5 – 10) et quelques graines d'indicateur coloré.
- Verser la solution d'E.D.T.A (0.2N) jusqu' au virage du rouge vieux au bleu.

Soit V le volume de la solution d'E.D.T.A (0.2N) versé.

### **Expression des résultats :**

$$TH (°F) = V_{E.D.T.A} \times 10$$

#### **2.2.11. Détermination du résidu sec**

La détermination du résidu sur l'eau non filtré permet d'évaluer la teneur en matière dissoute et en suspension d'une eau, c'est le résidu total. Si l'eau est filtrée préalablement à la mesure, le résidu correspond alors aux matières dissoutes.

**Matériels :**

- capsule en porcelaine
- balance analytique
- étuve réglable

**Mode opératoire :**

- Tarer une capsule préalablement lavée, rincée à l'eau distillée et desséchée.
- Prélever 100 ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée et déverser la dans la capsule.
- Porter cette dernière à l'étuve à 105°C pendant 24 heures.
- Laisser refroidir pendant 15 mn au dessiccateur.
- Peser immédiatement et rapidement.

**Expression des résultats :**

Les résultats sont donnés en mg/l

$$R.S \text{ (mg/l)} = (pp - pv) \times 5 \times 1000$$

R.S = résidu sec

pp = poids plein de la capsule

Pv = poids vide de la capsule

**2.2.12. Détermination des matières en suspension (M. E. S)**

Les particules minérales ou organiques sont présentes dans les eaux naturelles ou polluées. Les MES comprennent les matières décantables et les colloïdes, mais pas les matières dissoutes. Elles comportent souvent dans les cours d'eau des particules de nature argilo-humique provenant de l'érosion des sols, mais également bien d'autres constituants, en particulier d'origine organique. Elles représentent la cause essentielle de la turbidité de l'eau.

[7]

**Matériels spéciaux :**

- Dispositif de filtration sous vide ou sous pression (rampe).
- Membranes de filtration.

**Mode opératoire :**

- Mettre les membranes filtrantes dans une étuve à 105 °C pendant 20 mn.
- Laisser refroidir dans le dessiccateur.
- Ensuite les peser soit P<sub>1</sub> : poids des membranes avant filtration.
- Placer les membranes dans la rampe à filtration et faire passer 200 ml d'eau à analyser à travers.
- Rendre les membranes à l'étuve (105 °C) afin de les sécher pendant 20 mn.

- Les laisser refroidir au dessiccateur puis les peser une 2<sup>ème</sup> fois soit P<sub>2</sub> : poids des membranes après filtration.

**Expression des résultats :**

$$\text{M.E.S (mg / l)} = (P_2 - P_1) \times 5 \times 1000$$

M.E.S = matières en suspension

Dans ce chapitre nous essayons de discuter les résultats obtenus des analyses physico-chimiques des eaux de drainage issues de l'irrigation et de forages.

### 1. Impact des eaux de drainage

Après irrigation des terres agricoles dans la zone d'étude, le surplus d'eau se dirige vers les drains autour de ces terres en lessivant bien sûr les engrais chimiques étalés sur les cultures.

Les résultats obtenus après mesure des paramètres physiques et analyse de ceux chimiques sont discutés et interprétés dans ce chapitre.

#### 1.1. Les paramètres physiques

Cette première partie concerne les eaux de drainage issues de l'irrigation dans le périmètre, zone d'étude.

##### 1.1.1. Potentiel d'Hydrogène (pH)

Les valeurs de pH mesurés sont résumées dans le tableau ci-après.

**Tableau 18** : Variations du pH des eaux de drainage. (Juillet 2015)

Points de prélèvement	Point 1	Point 2	Point 3
pH	7.89	7.47	7.41

Le pH mesuré des eaux de drainage varie entre 7.41 et 7.89 ; ces valeurs sont proches de la neutralité.

##### 1.1.2. La température (T °C)

La température de l'eau dépend des échanges thermiques avec l'air ambiant et du rayonnement solaire. La température influence des paramètres comme (l'oxygénation, la conductivité, la solubilité de différentes substances). Les valeurs de la température observées sont résumées dans le tableau ci-après.

**Tableau 19** : Variations de la température des eaux de drainage. (Juillet 2015)

Points de prélèvement	Point 1	Point 2	Point 3
Température	21.1	21.7	23.7

La température des eaux de prélèvement dans les drains mesurée varie de 21 à 23°C. Dans l'ensemble ces valeurs sont en relation avec la température atmosphérique de la journée de prélèvement.



### 1.1.3. Conductivité électrique (CE)

La conductivité dépend à la fois de la quantité d'ions présents dans le milieu et à la présence des espèces ioniques en solution. En mesurant la conductivité, nous essayons d'avoir une estimation de la quantité de sels dissous. Les valeurs de la conductivité traduisent l'état des milieux. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 20** : Variations de la conductivité électrique des eaux de drainage.  
(Juillet 2015)

Points de prélèvement	Point 1	Point 2	Point 3
CE	1740	1760	1700

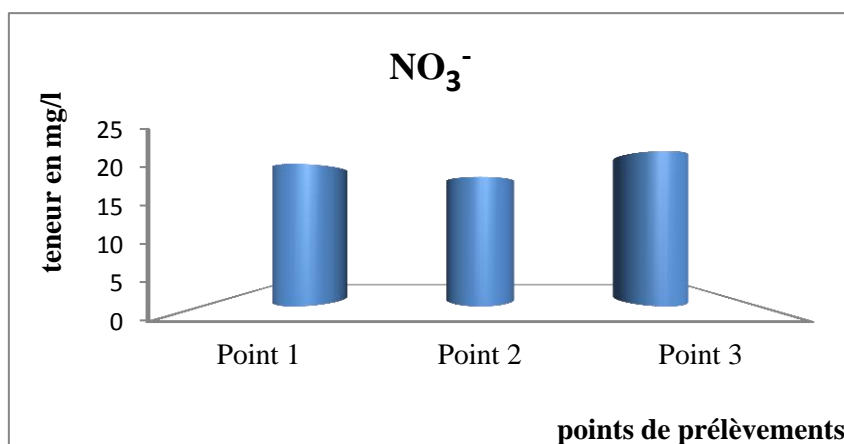
Toutes les eaux prélevées sur les trois points d'échantillonnage ont une conductivité électrique élevée allant de 1700 à 1760  $\mu\text{s}/\text{cm}$ . Ces concentrations montrent que ces eaux sont moyennement salées.

## 1.2. Les paramètres chimiques

### 1.2.1. Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

Les nitrates représentent la forme la plus oxygénée de l'azote, c'est une forme très soluble. Son existence dans les eaux est liée à l'utilisation intensive des engrais chimiques. La teneur maximale est observée au niveau du point 3 (24 mg/l) et la teneur minimale est enregistrée au niveau du point 2 (20 mg/l). (Figure 20)

Les faibles teneurs en nitrates s'expliquent par l'excès d'irrigation sans bénéfice pour la végétation qui occasionne un passage plus rapide de l'eau en dessous de la zone des racines, augmentant ainsi les risques d'entraînement des nitrates dans le sous-sol.

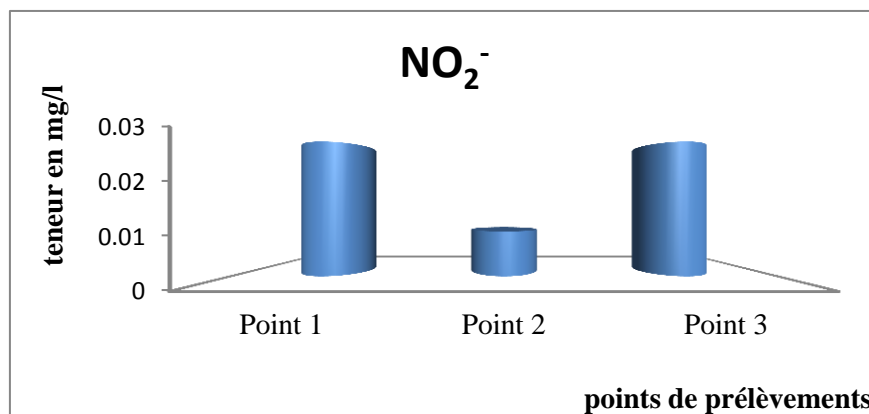


**Figure 20** : Evolution des teneurs en nitrate dans les eaux de drainage. (Juillet 2015)

### 1.2.2. Les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )

Ils représentent une forme moins oxygénée et moins stable représentant ainsi la forme du passage entre les nitrates et l'ammonium. Il s'agit d'un élément toxique.

Les teneurs en nitrites sont presque nulles. Elles varient de 0.01 à 0.03 mg/l.

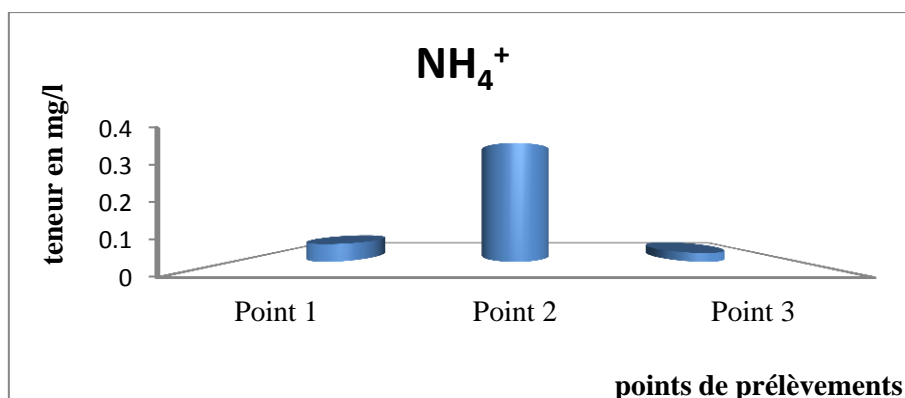


**Figure 21** : Evolution des teneurs en nitrite dans les eaux de drainage. (Juillet 2015)

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

Il est la forme d'azote la plus toxique. Sa présence dans l'eau est liée à la réduction des formes azotées (nitrates et nitrites) en conditions réduites.

Les concentrations en ammonium sont en trace dans tous les points. Les teneurs obtenues ne dépassent guère les 0.3 mg/l. Ceci s'explique probablement par le fait que le temps rapide d'irrigation et de drainage avec les quantités d'eau importantes ont entravé le processus de fixation d'azote.

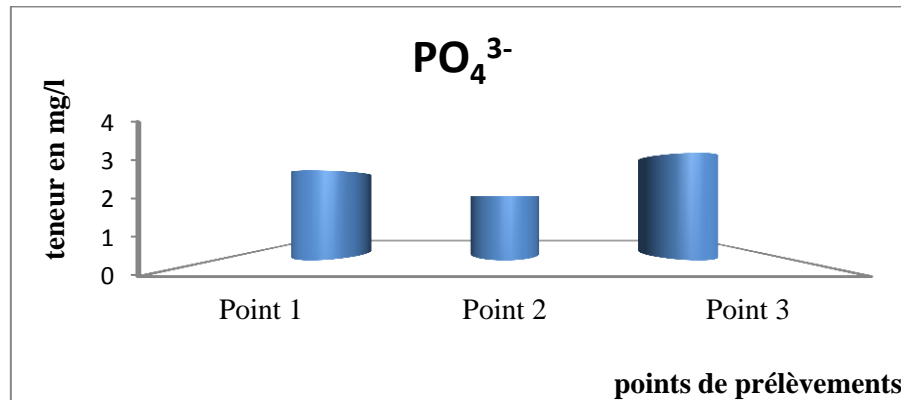


**Figure 22**: Evolution des teneurs en ammonium dans les eaux de drainage. (Juillet 2015)

### 1.2.4. Le phosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

L'origine de l'existence des phosphates dans les eaux serait liée à la dissolution des engrais chimiques (NPK).

Dans les eaux de drainage de la zone d'étude les concentrations sont faibles, elles varient entre 2.09 et 3.5 mg/l. On peut expliquer cela par le phénomène de piégeage des engrais chimique dans les sédiments des terres agricoles.



**Figure 23** : Evolution des teneurs en phosphate dans les eaux de drainage. (Juillet 2015)

On notera à la fin de cette partie de l'impact des pratiques agricoles sur les eaux de drainage que plusieurs phénomènes sont responsables des faibles teneurs de ces éléments à savoir : L'excès d'irrigation, la volatilisation de gaz ammoniacal dans l'air, la dénitrification, et le piégeage des éléments par les sédiments.

## 2. Vulnérabilité à la pollution de la nappe alluviale dans la zone d'étude

Avant d'entamer l'étude des eaux souterraines par les forages on a préféré donner un état global de la vulnérabilité à la pollution dans la zone d'étude.

La vulnérabilité d'une nappe traduit la facilité avec laquelle elle peut être atteinte par une pollution provenant de la surface du sol.

Dans le cas d'irrigation avec des eaux polluées, ce sont généralement les eaux souterraines de la nappe superficielle, qui sont les plus exposées à la pollution et peuvent être polluées en premier. De ce fait, il devient nécessaire de connaître les zones les plus vulnérables pour prévenir les gestionnaires concernés.

Une étude de vulnérabilité de la nappe alluviale de Guelma réalisée par Mouassa. S (2006) (par la méthode GOD) montre des zones de vulnérabilité différente.

Après superposition de la carte de vulnérabilité de la nappe alluviale de Guelma établie par Mouassa.S (2006) et la carte de notre zone d'étude on a pu faire ressortir les différents types de vulnérabilité dans le périmètre de la ferme pilote RICHI ABDELMADJID. (Figure 24)

Dans l'ensemble du terrain d'étude, la vulnérabilité à la pollution reste faible à modérée sauf pour la région Nord-ouest du la zone près du forage EX Sogédia où la vulnérabilité à la pollution est de type modérée à forte.

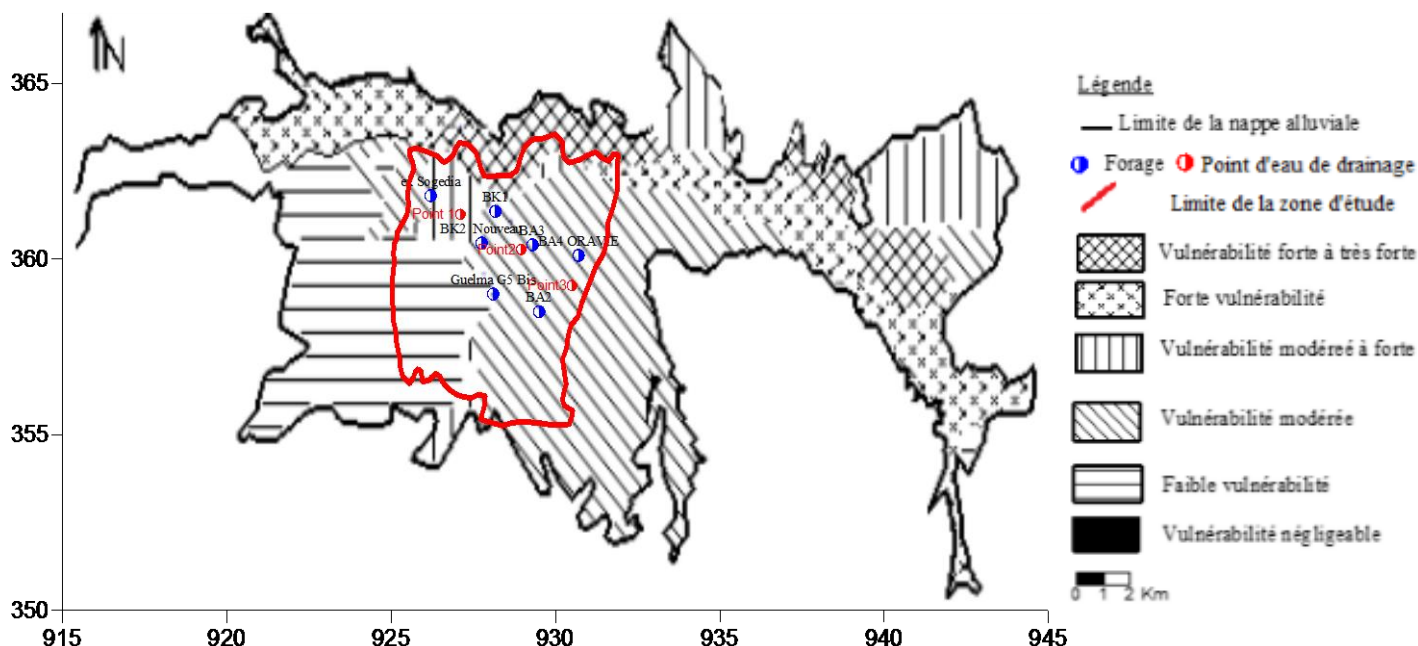


Figure 24 : Vulnérabilité de la nappe dans la zone d'étude. (Mouassa.2006) modifiée

### 3. Qualité des eaux de forages

Dans cette deuxième partie nous essayons d'interpréter les résultats d'analyse des eaux de forages dans la zone d'étude.

#### 3.1. Paramètres physiques

Il s'agit des paramètres mesurés sur site, pouvant donner les premières indications sur la qualité des eaux.

##### 3.1.1. Potentiel d'Hydrogène (pH)

Les valeurs de pH mesurés sont résumées dans le tableau ci-après.

Tableau 21 : Variations du pH des eaux de forages. (Janvier 2016)

	Forages						
	BA3	Ex sogedia	Guelma G5	BK1	BK2	BA2	BA4
Janvier 2016	7.78	7.55	7.7	7.65	7.6	7.61	7.59
Norme OMS (2011)	6.5 à 8.5						

Le pH des eaux de forages mesurés présentent des valeurs variant entre 7.55 et 7.78 ; ces valeurs ne dépassent pas la norme de l’OMS requises (6.5 à 9.2).Ceci montre que les valeurs varient peu et sont proches de la neutralité.

### 3.1.2. La température

Les valeurs de la température sont résumées dans le tableau ci-après

**Tableau 22** : Variations de la température des eaux de forages. (Janvier 2016)

	Forages						
	BA3	Ex sogedia	Guelma G5	BK1	BK2	BA2	BA4
<b>Janvier 2016</b>	10.8	10.2	12.1	12.2	10.8	10.6	12.1
<b>Norme OMS (2011)</b>	25°C						

Toutes les eaux des forages possèdent des températures conformes aux normes de l’OMS.

### 3.1.3. Conductivité électrique (CE)

Les valeurs de la conductivité traduisent l’état des milieux. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau suivant.

**Tableau 23** : Variations de la conductivité électrique des eaux de forages. (Janvier 2016)

	Forages						
	BA3	Ex sogedia	Guelma G5	BK1	BK2	BA2	BA4
<b>Janvier 2016</b>	1105	1213	1456	1227	1402	1440	1400
<b>Norme OMS (2011)</b>	1400 µs/cm						

Les eaux des forages Guelma G5, BK2 et BA2 sont à la limite de la norme de potabilité des eaux fixée par l’OMS.

### 3.1.4. La turbidité

C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence des matières en suspension (MES) fines, comme les argiles, les grains de silice et les micro-organismes.

Les valeurs des turbidités mesurées sont récapitulées dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 24** : Variations de la turbidité des eaux de forage. (Janvier 2016)

	Forages						
	BA3	Ex sogedia	Guelma G5	BK1	BK2	BA2	BA4
<b>Janvier 2016</b>	0.86	0.22	0.35	0.14	0.23	0.27	0.25
<b>Norme OMS (2011)</b>	5 NTU						

Les résultats des turbidités indiquent que ces eaux ne sont pas troubles avec des valeurs comprises entre 0.14 et 0.86 en dessous de la norme maximale fixée par l’OMS.

### 3.1.5. Teneur en sel dissous (TDS)

Il dépend directement des sels actifs (Ca, Mg et Na) associés aux Sulfates et aux chlorures abondants dans les résidus secs.

**Tableau 25** : Variations de la teneur en sel dissous des eaux de forages. (Janvier 2016)

	Forages						
	BA3	Ex sogedia	Guelma G5	BK1	BK2	BA2	BA4
<b>Janvier 2016</b>	520	567	683	598	660	675	660
<b>Norme OMS (2011)</b>	1500 mg/l						

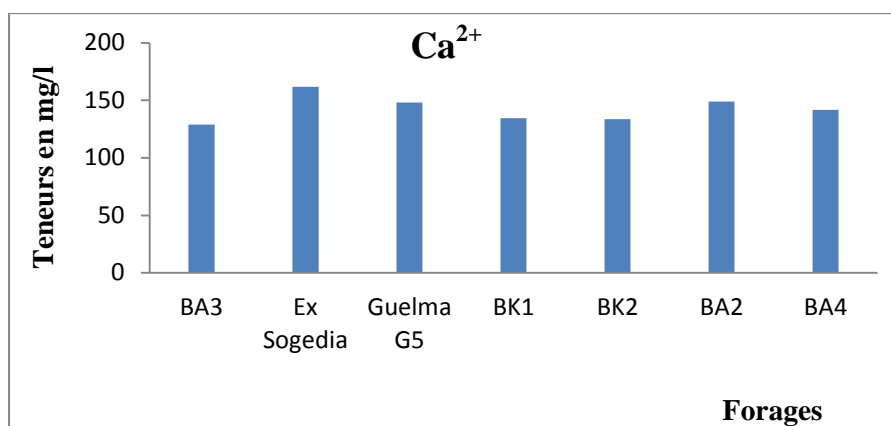
Ces eaux présentent des teneurs en sels dissous variant de 520 à 675 mg/l. Ces valeurs traduisent une faible minéralisation et qui sont en dessous de la limite tolérée par l’OMS qui est de 1500 mg/l.

## 3.2. Les paramètres chimiques

### 3.2.1. Les éléments majeurs

#### 3.2.1.1. Le Calcium ( $Ca^{2+}$ )

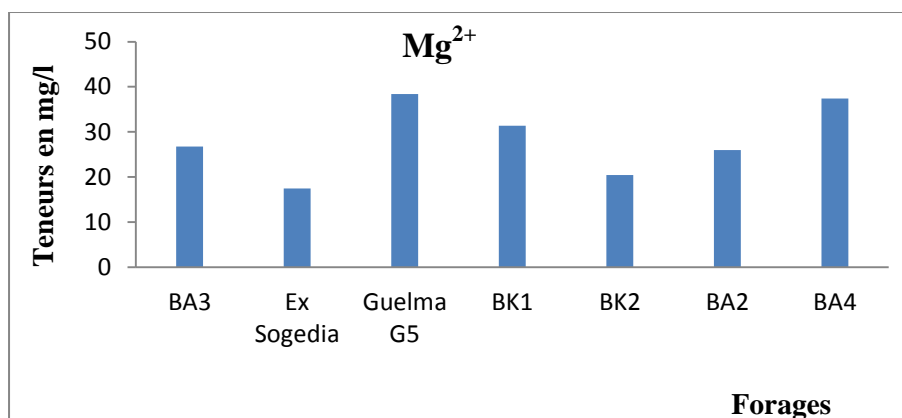
Les eaux des forages présentent des teneurs en calcium variant de 128.96 à 161.8 mg/l. Ces valeurs sont conformes aux normes de potabilité des eaux fixées par l’OMS (2011) qui est de l’ordre de 200 mg/l. La provenance probable du calcium dans les eaux de forages est la dissolution des formations carbonatées. (Figure 25)



**Figure 25** : Evolution des teneurs en calcium dans les eaux de forages. (Janvier 2016)

### 3.2.1.2. Le magnésium ( $Mg^{2+}$ )

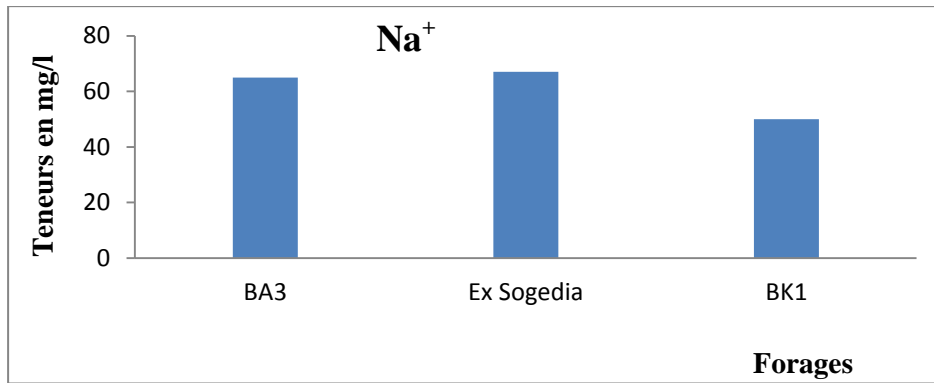
Les teneurs en magnésium des eaux de forage oscillent entre 17.49 et 37.42 mg/l. Ces eaux sont conformes aux normes de l’OMS (2011) qui est de 150 mg/l. Les ions magnésium proviennent, comme les ions calcium, de la dissolution des ions carbonatés riche en magnésium. (Figure 26)



**Figure 26** : Evolution des teneurs en magnésium dans les eaux de forages. (Janvier 2016)

### 3.2.1.3. Le sodium ( $Na^+$ )

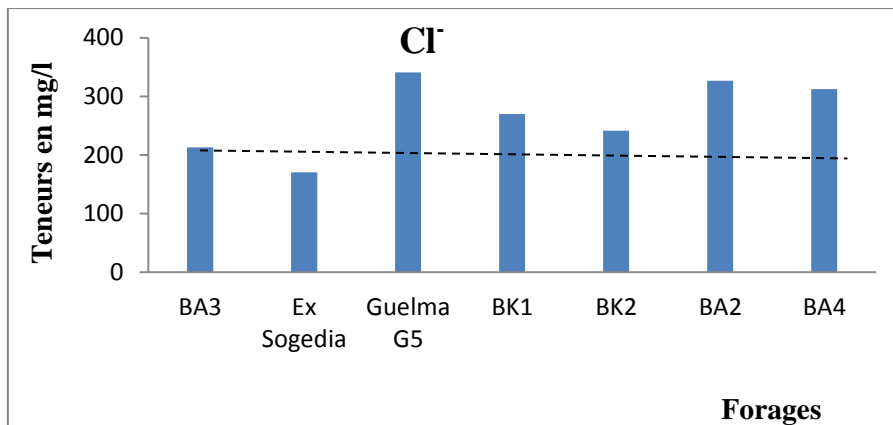
Par manque de données disponible en sodium pour quelques forages, on essaye de suivre la variation du sodium au niveau de trois (3) forages (les forages Ex Sogedia, BK1 et BA3). Dans ces eaux de forages les teneurs en sodium varient entre 65 et 100 mg/l ; celles-ci sont en dessous de la concentration maximale fixées par l’OMS (2011) qui est de 200 mg/l. (Figure 27)



**Figure 27** : Evolution des teneurs en sodium dans les eaux de forages. (Janvier 2016)

#### 3.2.1.4. Les chlorures (Cl<sup>-</sup>)

Les valeurs des concentrations de chlorure varient entre 170.4 et 340.8 mg/l. La plupart des eaux de forages présentent des teneurs supérieures à la norme de potabilité des eaux (200 mg/l) fixées par l'OMS (2011) à l'exception de celle du forage Ex Sogedia qui est de 170.4 mg/l. Ces teneurs élevées des chlorures dans les eaux des forages ont pour origine probable la dissolution des formations argilo - marneuses grises ou jaunes parfois gypseuses du Mio-Plio-Quaternaire qui couvrent la zone d'étude. (figure 28)

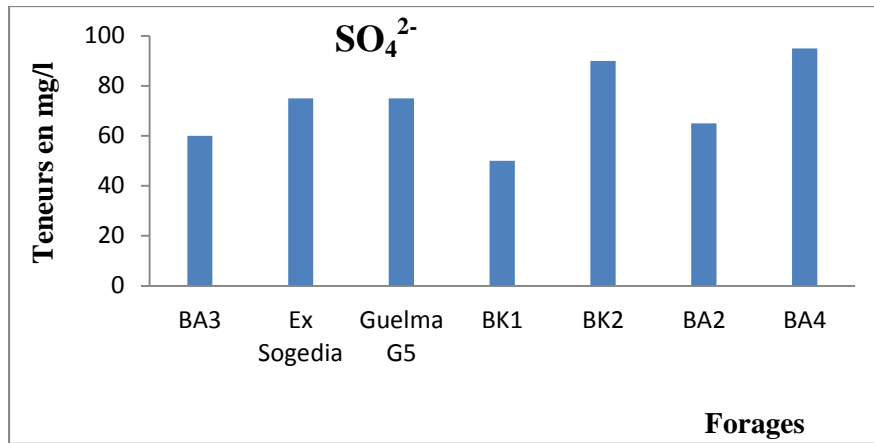


**Figure 28**: Evolution des teneurs en chlorures dans les eaux de forages. (Janvier 2016)

#### 3.2.1.5. Les sulfates (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)

Les sulfates présents à des faibles concentrations dans les eaux de forages, ces teneurs sont en dessous de la concentration maximale (200 mg/l) jugée par l'OMS (2011). La valeur maximale est de 95 mg/l obtenue au niveau du forage BA4 et la valeur minimale est de 50 mg/l obtenue au niveau du forage BK 1. (Figure 29)

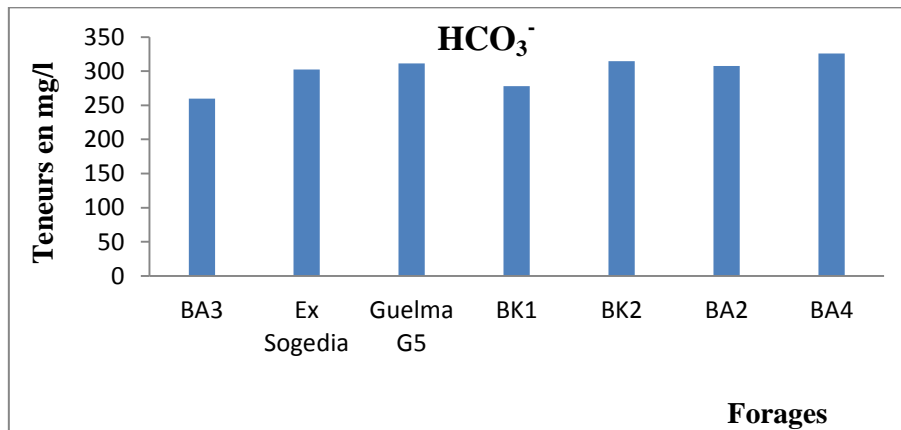




**Figure 29** : Evolution des teneurs en sulfates dans les eaux de forages. (Janvier 2016)

### 3.2.1.6. Les Bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ )

Les teneurs varient légèrement, avec une valeur minimale de 259.8 mg/l au niveau du forage BA3 et un maximal de 325.74 mg/l au niveau du forage BA4. ces valeurs restent en dessous de la norme de potabilité des eaux fixées par l’OMS (2011) qui est de l’ordre de 600 mg/l. (Figure 30)



**Figure 30** : Evolution des teneurs en bicarbonates dans les eaux de forages. (Janvier 2016)

### 3.2.1.7. Le Titre Hydrotimétrique (TH)

D’après nos résultats on constate que les valeurs du TH sont comprises entre 418 et 528 mg/l. Ces résultats permettent de déduire que les eaux de ces forages contiennent une quantité remarquable de TH avec des valeurs dépassant largement celle fixées par l’OMS (2011) qui est de 300 mg/l. Ces eaux sont très dures. Cette dureté est due par la concentration en ions alcalino-terreux (essentiellement  $\text{Mg}^{2+}$  et  $\text{Ca}^{2+}$ ).

### 3.2.1.8.TA et TAC

Le TA est nul pour une eau dont le pH est inférieur ou égale à 8.3. Le TAC correspond à l'alcalinité totale au pH de 4.5.

D'après les résultats des analyses, le taux d'alcalinité complet (TAC) des eaux de forages varient entre 213 et 258 mg/l ; le TA est égal à zéro (0) dans toutes les eaux de forages.

### 3.2.1.9.Les résidus secs

La détermination des résidus secs permet d'estimer la teneur en matière dissoute et en suspension d'une eau. Pour des raisons de saveur, l'OMS recommande une valeur limite de 1000 mg/l pour les eaux destinées à la consommation humaine.

Après analyses, les eaux de forage de BA2 (1023.5 mg/l), BA4 (1034 mg/l) et Guelma G5 (1144.5 mg/l) sont juste à la limite du seuil fixé par l'OMS (2011).

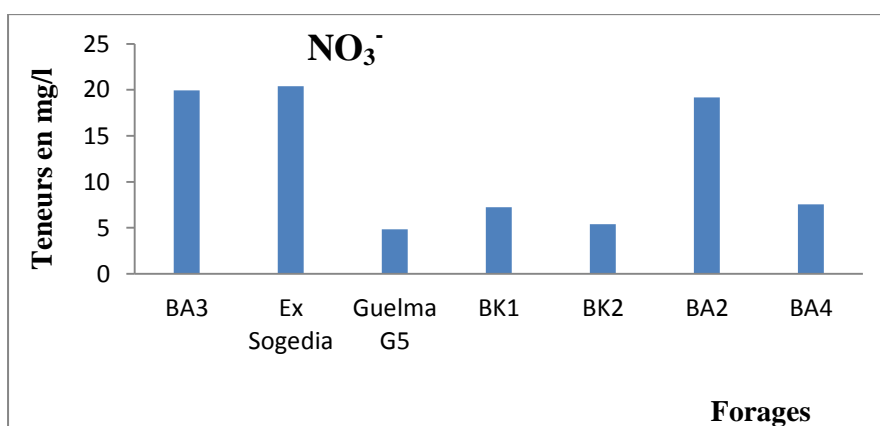
## 4. Variations des éléments de pollution dans les eaux souterraines

Dans cette partie nous essayons de voir l'impact des activités agricole sur les eaux souterraines captées par les forages dans la zone d'étude et ceci par les dosages de nitrates, nitrites, ammonium, phosphate.

### 4.1.Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

La teneur maximale est observée au niveau du forage Ex Sogedia (20.4 mg/l) et la teneur minimale est enregistrée au niveau du forage Guelma G5 (4.83 mg/l). (Figure 31)

Toutes les eaux des forages sont conformes à la norme de l'OMS (2011) avec des teneurs en nitrates en dessous de 50 mg/l.



**Figure 31:** Evolution des teneurs en nitrate dans les eaux de forages. (Janvier 2016)

#### **4.2. Les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )**

Les teneurs en nitrites sont nuls dans toutes les eaux de forages analysées sauf au niveau du forage BK2 dont la valeur est de 0.02 mg/l. Cette valeur reste largement inférieure à la norme de l'OMS (2011) qui préconise une valeur maximale de 3 mg/l

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

Toutes les eaux de forages de la zone d'étude montrent une absence totale de teneur en ammonium.

#### **4.4. Le phosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ )**

Dans les eaux souterraines captées par les forages de la zone d'étude les valeurs sont faibles, elles varient entre 0 à 0.23 mg/l.

A la fin de cette partie nous confirmons, d'après les résultats obtenus, que les eaux de forages sont largement à l'abri de toutes pollutions d'origine agricole.

### **5. Faciès chimique**

Les faciès chimiques sont couramment utilisés en hydrogéologie pour la description de la composition des eaux naturelles. La nécessité d'une comparaison aisée voire une classification des eaux naturelles nécessite l'utilisation des représentations graphiques. Dans notre étude, deux représentations graphiques sont utilisées : le diagramme semi-logarithmique de Schöeller-Berkaloff et le diagramme de Piper.

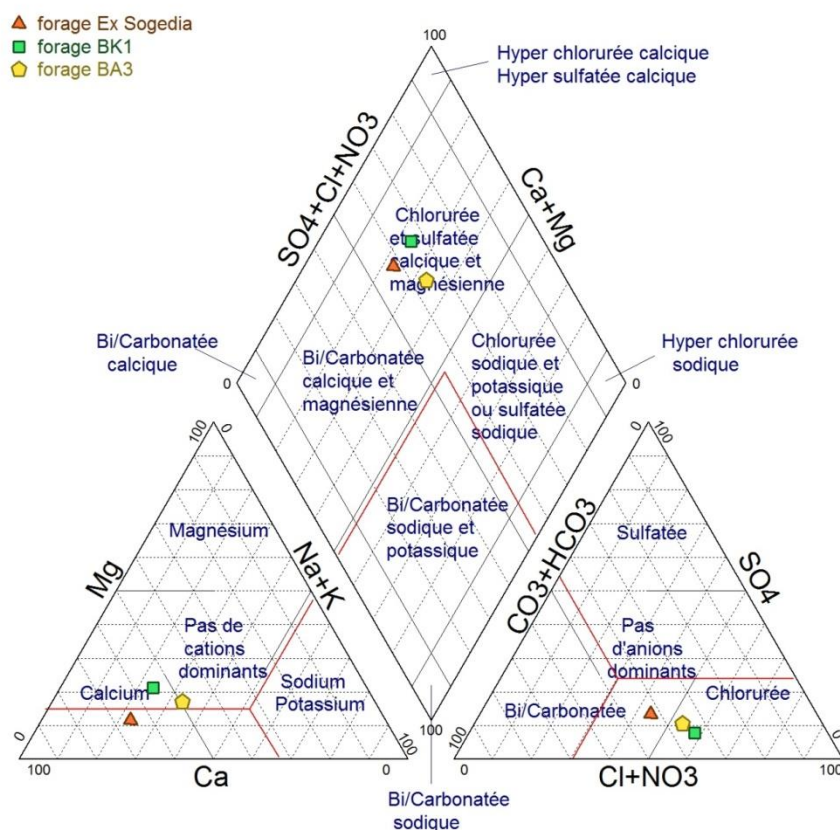
Par manque de données disponible des éléments majeurs de certains forages nous essayerons de représenter le faciès chimique dans uniquement trois (3) forages à savoir : le forage Ex Sogedia, le forage BK1 et le forage BA3.

#### **5.1. Le Diagramme de Piper**

Le Diagramme de Piper est l'une des représentations les plus classiques pour comparer les compositions chimiques des eaux naturelles.. Les unités de mesure utilisées dans le diagramme Piper sont les % de méq/l.

L'interprétation de piper se fait sur un grand losange compose de quatre petits losanges :

- Partie 1 : faciès bicarbonaté calcique
- Partie 2 : faciès bicarbonaté sodique
- Partie 3 : faciès chloruré sodique
- Partie 4 : faciès chloruré calcique ou chloruré sulfaté calco-magnésienne



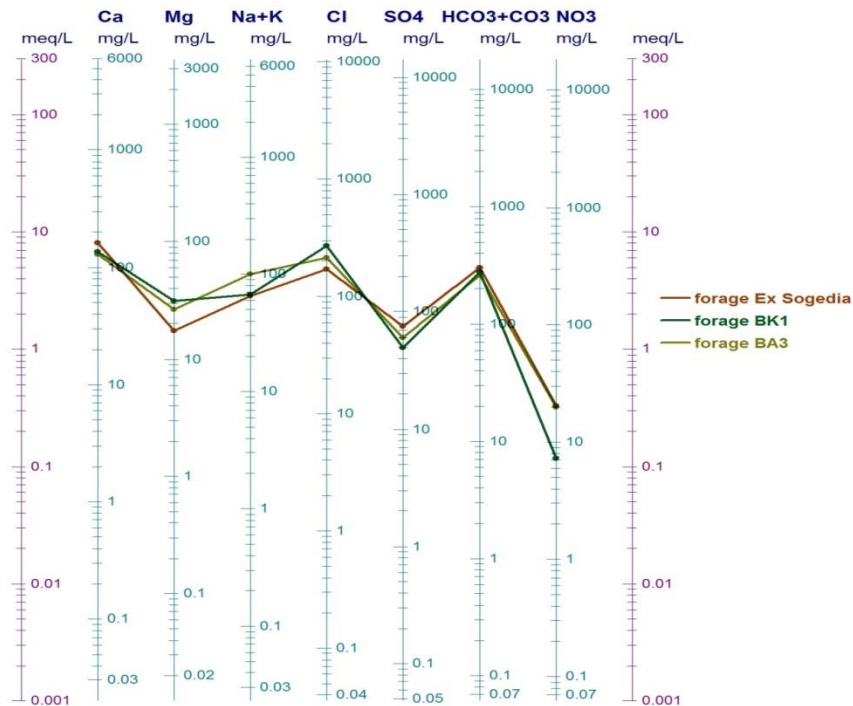
**Figure 32 :** Projection sur le diagramme de piper des analyses des eaux des forages.

### 5.1.1. Interprétation

D'après ce diagramme de piper ci-dessus nous pouvons dire que toutes les eaux des forages sont de faciès chloruré et sulfaté calco-magnésienne. Ce faciès est lié au contexte géologique des terrains de la région

### 5.2. Le 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. 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.



**Figure 33:** Projection sur le diagramme de Schöeller-Berkaloff des résultats des analyses des eaux des forages.

### 5.2.1. Interprétation

Le diagramme de Schöeller-Berkaloff montre également que ces eaux ont des faciès chloruré calcique. Le cation dominant est le calcium et l'anion dominant est le chlorure.

## 6. Réutilisation des eaux de drainage dans l'irrigation

Les eaux de drainage issues de l'irrigation présentent des quantités importantes. Toutes ces eaux sont drainées directement vers les oueds. Dans cette partie nous essayons de voir la possibilité de réutiliser ces eaux une autre fois dans l'irrigation. A cet effet elles doivent répondre à certains critères de qualité pour minimiser les risques de salinisation des terrains. Trois méthodes simplifiées permettent d'estimer leur aptitude à l'irrigation, en fonction du type de sol.

### 6.1. La conductivité

Les sels dissous conditionnent la pression osmotique qui peut lorsqu'elle est trop élevée rendre l'absorption de l'eau du sol par les plantes. Par conséquent, elle va entraîner une baisse de rendements des cultures.

La tolérance des cultures à la salinité varie en fonction de l'espèce et du stade végétatif. (Annexe 1, tableau 1)

Les conductivités des eaux de drainage sont représentées dans le tableau 26

**Tableau 26** : La conductivité des eaux de drainage. (Juillet 2015)

Points de prélèvement	Conductivité $\mu\text{S/cm}$ à 25°C	Remarques
Point 1	1740	- eau salée
Point 2	1760	- utilisation sur sol bien drainé et plantes tolérantes au sel
Point 3	1700	- contrôle de l'évolution de la salinité obligatoire

On constate que toutes les eaux de drainage sont plus ou moins minéralisées avec une conductivité comprise entre 1700-1760  $\mu\text{S/cm}$ . Leur utilisation pour l'irrigation nécessite un contrôle de l'évolution de la salinité.

### 6.2. Le SAR

Le risque de baisse de perméabilité est évalué par le coefficient d'absorption du sodium SAR (Sodium Absorption Ratio) défini par la formule de RICHARDS (1954) :

$$\text{SAR} = \frac{\text{Na} + \text{K}}{\sqrt{\frac{\text{Ca} + \text{Mg}}{2}}} \text{ m\acute{e}q/l}$$

Avec (Ca, Mg, Na, K en m $\acute{e}$ q/l) (Annexe 1, tableau 2 et 5)

Les SAR des eaux de drainage sont calculés et repartis dans le tableau suivant :

**Tableau 27**: SAR des eaux de drainage. (Juillet 2015)

Points de prélèvement	SAR	Observations
Point 1	3.33	Excellente
Point 2	3.51	Excellente
Point 3	3.48	Excellente

Le pouvoir d'absorptions du sodium des eaux de drainage est inférieur à 10 (< 10). Par conséquent toutes ces eaux de drainage sont excellentes pour l'irrigation.

### 6.3. Taux de sodium

Un excès de sodium par rapport aux alcalino-terreux (Ca, Mg, ...) dans le complexe adsorbant provoque la défloculation des argiles, une destruction du sol qui se traduit par une réduction de la perméabilité et de la porosité des couches superficielles du sol. L'eau d'irrigation stagne alors à la surface du sol et ne parvient plus jusqu'aux racines (Annexe 1, tableau 3). Il est exprimé en pourcentage (%) et donné par la formule suivante :

$$Na^+(\%) = \frac{Na+k}{Ca+Mg+Na+k} * 100$$

Les valeurs du taux de sodium dans les eaux de drainage sont dans le tableau suivant.

**Tableau 28** : Taux de sodium dans les eaux de drainage. (Juillet 2015)

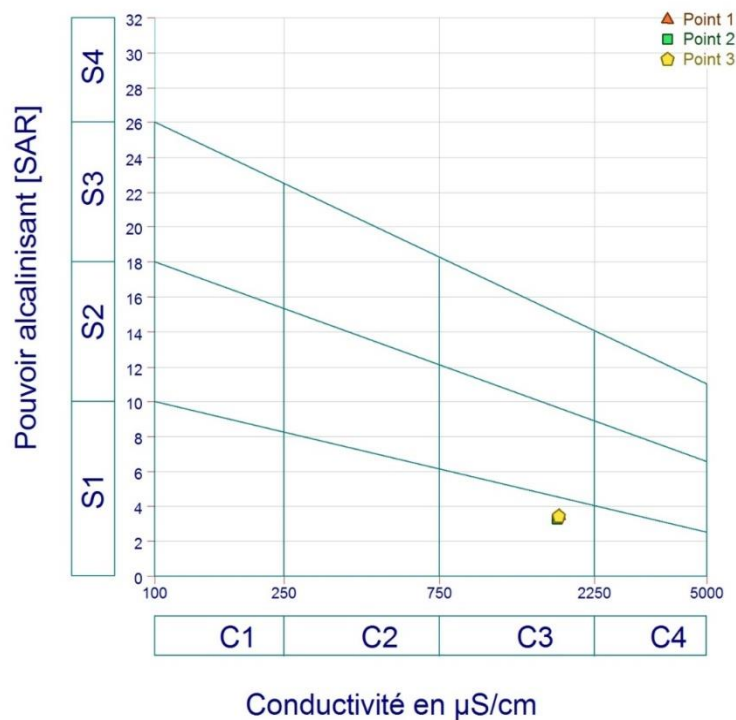
Points de prélèvement	Na <sup>+</sup> (%)	Observations
Point 1	42.77	Une eau admissible
Point 2	43.64	
Point 3	43.92	

Les valeurs du taux de sodium sont comprises entre 42.77 et 43.92%. Cela traduit que toutes ces eaux sont de qualités admissibles. Ces eaux peuvent donc être utilisées pour l'irrigation sans risque.

#### 6.4. Diagramme de Richards

Richard (1954) à élaborer une classification, en se basant sur les deux paramètres à savoir (le SAR calculé et la conductivité électrique). Les points expérimentaux sont reportés dans le diagramme, et l'indice combine Cn-Sn est obtenu. (Annexe 1, tableau 4)

La figure 34 montre la répartition des eaux de drainage dans le diagramme de Richards.

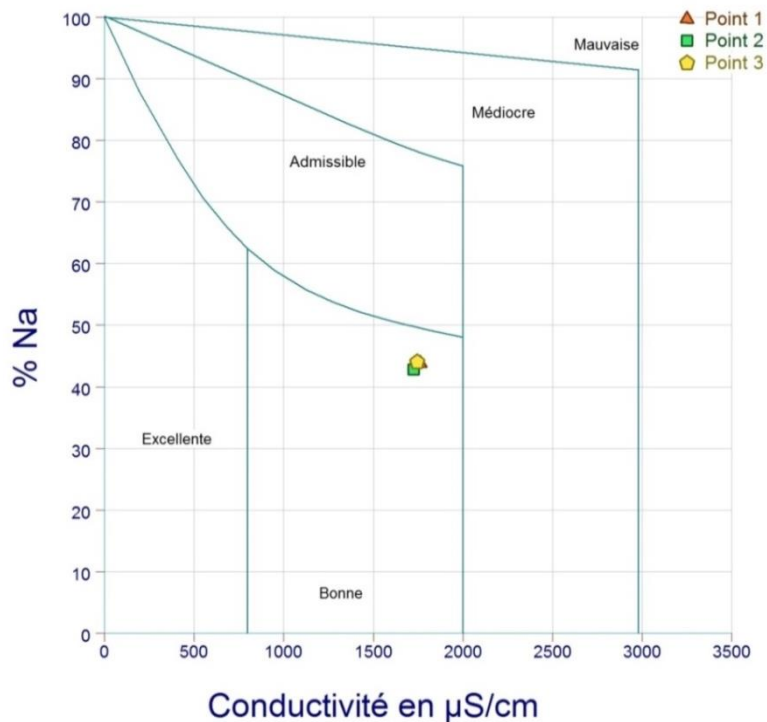


**Figure 34** : Classification des eaux de drainage d'après le diagramme de Richards.

Toutes les eaux appartiennent à la classe C3S1, elles sont admissibles. L'utilisation de ces eaux pour l'irrigation doit être contrôlée pour le risque de la salinité.

### 6.5. Diagramme de Wilcox

La classification de Wilcox est fondée sur la combinaison de la teneur en sodium dans l'eau et la conductivité électrique, généralement connue en %. Cette classification définit cinq classes : excellente, bonne, admissible, médiocre et mauvaise.



**Figure 35** : Classification des eaux de drainage d'après le diagramme de Wilcox.

Selon la classification de Wilcox, les eaux de drainage sont de qualité bonne.

Après vérification de la qualité des eaux de drainage nous pouvons dire que celles-ci peuvent être réutilisées pour l'irrigation à des cultures tolérante au sel. Les teneurs en nitrates mettent en valeur les eaux de drainage et augmentent le bénéfice nutritionnel pour les cultures, il est donc nécessaire d'en tenir compte lors du calcul des besoins fertilisants des cultures.

Au terme de cette partie, après étude des paramètres physico-chimiques des eaux de forages et de drainage nous pouvons dire que les eaux de drainage présentent des teneurs faibles en éléments azotés. Celles-ci peuvent être dues par plusieurs phénomènes physiques et biologiques.

Du point de vue réutilisation des eaux de drainage pour irriguer d'avantage nécessite un contrôle de l'évolution de la salinité et aussi de diminuer la dose des fertilisants.



L'analyse des eaux de forage montre que la nappe profonde est bien protégée contre toutes sortes de pollution provenant des activités agricole.

## Conclusion générale

---

### Conclusion générale

Le présent travail a été réalisé dans la région de Guelma au niveau du périmètre irrigué Guelma-Boumahra et plus précisément dans la ferme pilote RICHI ABDELMADJID. Il s'est donné pour objectif d'étudier l'impact des pratiques agricoles sur la qualité des ressources en eau de la région.

La zone d'étude a une superficie de 1014 hectares dont cinquante pourcent de cette superficie est occupée par des cultures céréalières.

Les résultats obtenus dans le cadre de cette étude, ont abouti aux conclusions suivantes :

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, cailloutis,...), les grès, les marnes, les argiles, et les calcaires.

La dépression qui forme le réservoir aquifère de la vallée de Guelma est remplie par les alluvions Plio-Quaternaires. La moyenne Seybouse possède une réserve d'eau souterraine importante: La nappe alluviale de la plaine de Guelma est d'âge Quaternaire.

Du point de vue climatique, il s'agit d'un bassin à un climat subhumide, caractérisé par deux saisons : Une période pluvieuse humide et l'autre sèche. Elle reçoit une moyenne annuelle de pluie de 611.4 mm sous une température moyenne de l'ordre de 17.83°C.

L'interprétation du bilan hydrique selon la méthode de C.W.Thornthwaite montre qu'à partir du mois de novembre, les précipitations sont importantes entraînant ainsi une prédominance sur l'évapotranspiration permettant la recharge en eau. A partir du mois de juin apparaît le déficit agricole, d'où la nécessité d'une irrigation en été.

Le périmètre irrigué de la willaya de Guelma, est constitué de six secteurs autonomes sur le plan d'aménagement et de desserte en eau. Cette dernière consiste en des lâchées suivant les besoins du périmètre à partir du barrage de Hammam Debagh dans l'oued Seybouse. Cette eau est récupérée au niveau des seuils, qui sont des ouvrages spéciaux, interceptant l'oued Seybouse et refoulent ses eaux vers des ouvrages de régulation et de stockage, distribuée au niveau du réseau de borne d'irrigation

Les analyses chimiques des eaux de drainage dans la zone d'étude montrent des teneurs faibles des éléments de pollution tels que Nitrites, Nitrates, Ammoniums, Phosphate. Plusieurs phénomènes peuvent être responsables des faibles teneurs de ces éléments à savoir : L'excès d'irrigation, la volatilisation de gaz ammoniacal dans l'air, la dénitrification, et le piégeage des éléments par les sédiments.

## **Conclusion générale**

---

D'après les teneurs obtenues des éléments de pollution dans les eaux de forage on peut dire que ces derniers sont conformes aux normes de l'OMS, mettant ainsi la nappe profonde à l'abri de toutes pollutions d'origine agricole.

En définitive nous pouvons dire que les pratiques agricoles ne contribuent pas à la dégradation de la qualité de ressources en eau dans la zone d'étude au moins pour l'instant. De ce fait, il est important de suivre l'évolution des pratiques agricoles sur la qualité des ressources en eau en poussant les recherches et de multiplier les analyses.

### Références bibliographiques

- [1] **Bechiri N, (2011)**. Evolution du chimisme des eaux de surface et Souterraines dans le bassin versant de la Seybouse (Nord-est Algérien). Mémoire de Magister. Université de BADJI MOUKHTAR Annaba. Option: Qualité des eaux et impact sur l'homme et l'environnement 100p.
- [2] **BOUAROUDJ Sara** ; Evaluation de la qualité des eaux d'irrigation, 2012.
- [3] **Castany G., 1982**, "Principes et méthodes de l'hydrogéologie", Ed. Dunod, Paris, France. 238p.
- [4] **Damien BANAS et Jean-Christophe LATA** Université Paris-Sud ; Laboratoire d'Ecologie, Systématique et Evolution ; UMR 8079 - CNRS/ENGREF/Univ. Paris-Sud ; Bât 362 ; F-91405 Orsay Cedex France
- [5] **Ferme pilote Richi Abdelmadjid ,2016**
- [6] **H. Keddal & J. Yao n'dri** impacts de l'intensification agricole sur la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines, 2008
- [7] **Hamada Saouda et al, 2012** étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de forage du périmètre irrigué Guelma-Boumahra mémoire de Master. Université 08 mai 1945 Guelma 100p.
- [8] : **Jean Rodier, Bernard LEGUBE, Nicole MERLET et coll**, L'analyse de l'eau 9<sup>e</sup> édition, DUNOD.
- [9] **Mouassa S. (2007)** : Impact du périmètre d'irrigation sur la qualité des eaux souterraines de la nappe alluviale de Guelma et sur les sols. Mémoire de Magister, IST, Univ. Annaba. 158p
- [10] **Mouchara NABIL (2009)**. Impacts des lâchées de barrage hammam debagh sur la qualité des eaux de la vallée de la seybouse dans sa partie amont (nord-est algérien). Mémoire de magister. Université de BADJI MOUKHTAR Annaba.124p.
- [11] **Nouar T, 2007**. Impacts de la pollution sur les eaux superficielles et souterraines de la région de Guelma. Thèse de Doctorat, Université de Annaba, Algérie ,178 p.
- [12] **Rodier J. (1996)** : L'analyse de l'eau ; eaux naturelles, eaux résiduelles, eaux de mer. 8<sup>ème</sup> édition Dunod Paris France, 1383p.
- [13] **Thornthwaite, C.W (1948)** An approach towards a rational classification of climate. Geographical review 38, 55-596[2]
- [14] **Zeddouri A. (2003)** : Contribution à l'étude hydrogéologique et hydrochimique de la plaine alluviale de Guelma. Mémoire de Magister en Hydrogéologie, IST, université d'Annaba, 107p.

### Sites Web

- [15] <http://www.fao.org/ag/agp/agpc/doc/counprof/PDF%20files/Algeria-French.pdf>
- [16] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Engrais>
- [17] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Pesticide>
- [18] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Irrigation> consulte le 01/05/2016
- [19] : [dcwguelma.gov.dz](http://dcwguelma.gov.dz) ,2011 [En ligne]. [Consulté le 20 février 2016]. Disponible sur :

## Références bibliographiques

---

<http://www.dcwguelma.gov.dz/fr/index.php/10-menu-principal/44-situation-geographique>

[20] <http://canadiensensante.gc.ca/publications/healthy-living-vie-saine/water-pH-eau/index-fra.php>

[21] <http://canadiensensante.gc.ca/publications/healthy-living-vie-saine/water-calcium-eau/index-fra.php>

[22] <http://canadiensensante.gc.ca/publications/healthy-living-vie-saine/water-magnesium-eau/index-fra.php>

[23] <http://canadiensensante.gc.ca/publications/healthy-living-vie-saine/water-sodium-eau/index-fra.php>

[24] [http://canadiensensante.gc.ca/publications/healthy-living-vie-saine/water-chloride-chlorure-eau/index-fra.php?\\_ga=1.151196537.1775961506.1462920140](http://canadiensensante.gc.ca/publications/healthy-living-vie-saine/water-chloride-chlorure-eau/index-fra.php?_ga=1.151196537.1775961506.1462920140)

[25] <http://www.lenntech.fr/sulfates.htm>

[26] Définition \_ Titre alcalimétrique - Titre alcalimétrique complet.html

[27] [http://www.memoireonline.com/02/09/1994/m\\_traitement-des-eaux-quot-traitement-de-de-leau-de-source-bousfer-ORAN1.html](http://www.memoireonline.com/02/09/1994/m_traitement-des-eaux-quot-traitement-de-de-leau-de-source-bousfer-ORAN1.html)

[28] [http://canadiensensante.gc.ca/publications/healthy-living-vie-saine/water-nitrate-nitrite-eau/index-fra.php?\\_ga=1.83530326.1775961506.1462920140](http://canadiensensante.gc.ca/publications/healthy-living-vie-saine/water-nitrate-nitrite-eau/index-fra.php?_ga=1.83530326.1775961506.1462920140)

[29] [https://www.google.dz/search?sclient=psy-ab&q=ammonium+dans+1%27eau&oq=ammonium+dans+1%27eau&gs\\_l=serp.3...531551.539511.0.540274.21.21.0.0.0.816.816.6-1.1.0....0...1c.1.64.psy-ab..20.1.810...35i39j0i131.KwuRjxS-ybk&pbx=1](https://www.google.dz/search?sclient=psy-ab&q=ammonium+dans+1%27eau&oq=ammonium+dans+1%27eau&gs_l=serp.3...531551.539511.0.540274.21.21.0.0.0.816.816.6-1.1.0....0...1c.1.64.psy-ab..20.1.810...35i39j0i131.KwuRjxS-ybk&pbx=1)

[30] Degré hydrotimétrique ou titre hydrotimétrique ou dureté.html