

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 الشاذلي بن جديد الطارون

Université Chadli Bendjedid d'El teref

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de biologie



## MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master Recherche

« Sol, Eau et Environnement »

### THEME :

**Contribution à l'étude de la variation spatio-temporelle de la qualité des eaux de l'oued Bounamoussa (Région d'El-Tarf, Algérie).**

Soutenu le 06 juin 2016

Par

**ABDA Ilhem.**

### Devant le jury :

Président : Dr. BOUCHAKER A., Maître de conférences -A-, Université Chadli Ben Djedid d'El Tarf.

Examineur : M. BENTOUILI M. Y., Maître assistant -A-, Université Chadli Ben Djedid d'El Tarf.

Encadreur : Dr. LABAR S., Maître de conférences -A-, Université Chadli Ben Djedid d'El Tarf.

Co-encadreur : Dr. ABDA A., Doctorat 3<sup>ième</sup> Cycle, Université 08 mai 1945 de Guelma.

**Année universitaire 2015 – 2016**

# Dédicace

*Tout en dédiant cet ouvrage, je trouve l'immense plaisir de reconnaître ce que je  
dois.*

*A mes très chers parents*

*Pour leur patience, leur amour, leur soutien et leur encouragement durant mes  
études.*

*A mes chères sœurs Sabila et Ahlem*

*A mes chères frères Mohamed et Sami*

*A ma tante Rachida et mon oncle Saïd que j'ai souhaité d'être avec moi dans  
ce jour*

*A Hasna, Mohamed et Fassine*

*A mes anges Wassim, wael et anes*

*Comme je dédis ce travail à toutes mes amies et mes camarades*

*Et à toute la promotion du master 2016*

# Remerciements

Au terme de ce travail, c'est avec émotion que je tiens à remercier tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin, ont cru en moi et qui m'ont permis d'arriver au bout de ce mémoire.

Je tiens tout d'abord à exprimer mes plus vifs remerciements à Mr LABAR S docteur à l'Université de Chadli Bendjedid, El Tarf qui fut pour moi un directeur de mémoire attentif et disponible malgré ses nombreuses charges, sa compétence, sa rigueur scientifique et sa clairvoyance m'ont beaucoup appris, j'espère avoir été digne de la confiance qu'il m'a accordée et que ce travail est finalement à la hauteur de ses espérances. Qu'il en soit, j'ai beaucoup appris à ses côtés et je suis très honoré de l'avoir eu pour encadrant.

Mes remerciements vont également pour Dr. BOUCHAKER A docteur à l'Université de Chadli Bendjedid, El Tarf vous me fait le très grand honneur de présider ce jury de mémoire. Je remercie vivement Mr Bentouili M Y qui a bien voulu examiner ce travail.

Je remercie également, toute l'équipe pédagogique de l'Université de Chadli Bendjedid, El Tarf et les intervenants professionnels responsables de la formation Sol, Eau et Environnement pour avoir assuré la partie théorique de celle-ci.

Je remercie plus particulièrement DROUCHE Yassmine et HARCHE Houda pour notre nombreuse discussion sur le travail et pour leurs aides au cours de toute la période de la réalisation de ce mémoire.

Je voudrais remercier aussi ABDA Ahlem docteur à l'Université 8 Mai 1945, Guelma et Mr GUEROUI Yassine docteur aussi à la même faculté pour son aide et ces conseils concernant le mémoire.

Je tiens à remercier l'ensemble du personnel du laboratoire de l'Université 8 Mai 1945, de Guelma et de l'Université de Chadli Bendjedid, El Tarf.

Finalement, je remercie tout les personnes qui m'ont aidé à réaliser ce travail.

## Résumé

Le principal objectif de cette étude est de déterminer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de l'oued Bounamoussa.

L'analyse de la qualité physico-chimique a porté sur 12 échantillons pendant cinq mois. Les prélèvements ont été pris le long de l'oued allant de l'amont à l'aval tenant en compte les facteurs de pollution liés aux différentes situations des effluents industriels, des rejets d'eaux usées, des déchets solides urbains et enfin les pratiques agricoles. Les résultats obtenus ont montré que l'eau de l'oued est généralement dans les normes de potabilité recommandées par l'OMS pour la majorité des paramètres à l'exception de la turbidité essentiellement au niveau de l'amont de l'oued pendant le mois de Mars. Ainsi, la présence d'une eutrophisation causée par l'augmentation du phosphore qui est expliquée par les activités anthropiques (rejets urbains, algues), du nitrite et de l'ammonium qui cause la contamination des eaux par la dissolution des engrais et l'activité agricole.

L'étude des indices de pollution organique (IPO) montre que l'eau de l'oued est caractérisée par une pollution modérée durant les mois de Janvier, Février et Mars et une forte pollution pendant les mois d'Avril et Mai.

Les résultats bactériologiques montrent que notre eau est de bonne qualité par l'absence des microorganismes toxiques dans le cours d'eau.

Finalement, nous recommandons un suivi rigoureux de la qualité des eaux de l'oued Bounamoussa et orienter en urgence tous les utilisateurs vers un traitement préalable avant tout rejet.

**Mots clés :** Oued Bounamoussa, qualité physico-chimique, IPO, qualité microbiologique.

## **Abstract**

The main objective of this study is to determine the physico-chemical and bacteriological water quality of the Bounamoussa river.

The analysis of the physico-chemical quality involved 12 samples for five months. The samples were taken along the river from upstream to downstream pollution taking into account factors related to the different situations of industrial effluents, sewage discharges, urban solids waste and finally agricultural practices. The results have shown that the river waters is generally in the drinking water standards recommended by WHO for most parameters except turbidity especially in the upstream of the river during the month of March. Thus, the presence of eutrophication caused by increased phosphorus that is explained by human activities (urban waste, algae), nitrite and ammonium causing water contamination by dissolution of fertilizer and agricultural activities.

The study of the organic pollution index (IPO) shows that the water of the river is characterized by moderate pollution during the months of January, February and March and heavy pollution during the months of April and May.

Bacteriological results have shown that our water is a good quality by the absence of the toxic microorganisms in the river.

Finally, we recommend a careful monitoring of the Bounamoussa river water quality and guide urgently all users for treatment prior to discharge.

**Key words:** Bounamoussa River, physicochemical quality, IPO, microbiological quality.

## الملخص

الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو تحديد نوعية المياه الجرثومية الفيزيائية والكيميائية من نهريوناموسة. تحليل النوعية الفيزيائية والكيميائية تم على 12 عينة لمدة خمسة أشهر. تم أخذ العينات على طول النهر من المنبع إلى المصب مع الأخذ بعين الاعتبار عوامل التلوث التي تتعلق بالأوضاع المختلفة من النفايات الصناعية السائلة، تصريف مياه الصرف الصحي والنفايات الصلبة الحضرية و أخيرا النشاط الزراعي. أظهرت النتائج أن مياه النهر بشكل عام موافقة لمعايير مياه الشرب التي أوصت بها منظمة الصحة العالمية باستثناء معيار التعكر في المنبع من النهر خلال شهر مارس. كما نشير إلى أن وجود الإختناق الناجم عن زيادة الفوسفور الذي المفعول عن طريق الأنشطة البشرية (النفايات الحضرية، والطحالب). وكذلك النتريت والامونيوم مما تسبب في تلوث المياه عن طريق حل الأسمدة و تنشيط الزراعة. تظهر دراسة مؤشر التلوث العضوي (IPO) أن مياه النهر تتميز بتلوث معتدل خلال شهري يناير وفبراير ومارس أما التدهور المعتبر فنسجله خلال شهري أبريل ومايو. أظهرت النتائج البكتريولوجية أن المياه هي من نوعية جيدة بسبب عدم وجود الكائنات الحية الدقيقة الملوثة في النهر. وأخيرا، فإننا نوصي بالمراقبة الدقيقة لنوعية المياه لنهريوناموسة وتوجيه جميع المستخدمين للمعالجة المسبقة لأي شئ قبل الصرف.

**الكلمات المفتاحية :** واد بوناموسة، الجودة الفيزيائية، IPO، الجودة الميكروبيولوجية.

## Liste des tableaux

Tableau 01 : Répartition des habitants des communes principales.....	5
Tableau 02 : Température mensuelles de la station des Salines (1976-2005).....	7
Tableau 03 : Temperature mesurée la station d’El Kala (1976-2005).....	8
Tableau 04 : Précipitation mensuelles de la station des Salines (1976-2005).....	9
Tableau 05 : Précipitation mensuelles de la station d’El Kala (1976-2005).....	9
Tableau 06 : Moyenne mensuelle de l’humidité de la station des Salines (1976-2005).....	10
Tableau 07 : Moyenne mensuelle de l’humidité de la station d’El Kala (1976-2005).....	11
Tableau 08 : Variation moyenne mensuelle du vent de la station des Salines (1976-2005)....	12
Tableau 09 : Variation moyenne mensuelle du vent de la station d’El Kala (1976-2005).....	12
Tableau 10 : La lithologie du bassin versant de la Bounamoussa .....	14
Tableau 11 : Caractéristiques morphométriques du bassin versant de la Bounamoussa.....	15
Tableau 12 : Localisation géographique des stations étudiant .....	19
Tableau 13 : Relation entre la minéralisation et la conductivité électrique .....	22
Tableau 14 : Dosage des sulfates .....	27
Tableau 15 : Dosage des nitrites .....	27
Tableau 16 : Dosage des ions d’ammonium .....	28
Tableau 17 : Dosage des ortho phosphates.....	28
Tableau 18 : Les normes de potabilité de l’eau.....	31
Tableau 19 : Grille de la qualité IPO.....	32
Tableau 20 : Localisation géographique des stations.....	33
Tableau 21 : Facies chimiques au niveau du bassin versant de l’oued Bounamoussa.....	42
Tableau 22 : Valeurs globales du pH et eh (Janvier-Mai 2016).....	43
Tableau 23 : Valeurs globales de la température (Janvier-Mai 2016).....	44
Tableau 24 : Valeurs globales de la température de l’air et de l’humidité.....	46
Tableau 25 : Valeurs globales du vent .....	46

Tableau 26 : Valeurs globales de la conductivité, salinité et TDS (Janvier-Mai 2016).....	47
Tableau 27 : Valeurs globales de la turbidité (Janvier-Mai 2016).....	50
Tableau 28 : Valeurs globales de l'oxygène dissous (Janvier-Mai 2016).....	52
Tableau 29 : Valeurs globales du calcium (Janvier-Avril 2016).....	53
Tableau 30 : Valeurs globales du magnésium (Janvier-Avril 2016).....	54
Tableau 31 : Valeurs globales du potassium (Janvier-Avril 2016).....	56
Tableau 32 : Valeurs globales du sodium (Janvier-Avril 2016).....	57
Tableau 33 : Valeurs globales du bicarbonaté (Janvier-Avril 2016).....	58
Tableau 34 : Valeurs globales du chlorure (Janvier-Avril 2016).....	60
Tableau 35 : Valeurs globales des sulfates (Janvier-Avril 2016).....	61
Tableau 36 : Valeurs globales du nitrate (Janvier-Mai 2016).....	63
Tableau 37 : Valeurs globales de nitrite (Janvier-Mai 2016).....	64
Tableau 38 : Valeurs globales d'ammonium (Janvier-Mai 2016).....	66
Tableau 39 : Valeurs globales des ortho phosphates (Janvier-Mai 2016).....	67
Tableau 40 : Valeurs globales de l'IPO (Janvier-Mai 2016 ).....	69

## Liste des figures

Figure 01 : La situation géographique de la wilaya d'El Tarf.....	4
Figure 02 : La situation géographique du bassin versant de Bounamoussa.....	5
Figure 03 : Variation des températures moyennes mensuelles de la station des Salines.....	7
Figure 04 : Variation des températures moyennes mensuelles de la station d'E Kala .....	8
Figure 05 : Variation des précipitations moyennes mensuelles de la station des Salines .....	9
Figure 06 : Variation des précipitations moyennes mensuelles de la station d'El Kala.....	10
Figure 07 : Evaluation mensuelles de l'humidité relative de la station des Salines.....	10
Figure 08 : Evaluation mensuelles de l'humidité relative de la station d'El Kala.....	11
Figure 09 : Variation moyennes mensuelles des vents à la station des Salines .....	12
Figure 10 : Variation moyennes mensuelles des vents à la station d'El Kala .....	12
Figure 11 : Bassin versant de Bounamoussa et sites de prélèvement.....	19
Figure 12 : Les sites de prélèvement des sols (Google earth 2016).....	33
Figure 13 : Opération de quartage.....	34
Figure 14 : Refus dans les différents tamis.....	35
Figure 15 : Variation temporelle du pH et eh (Janvier-Mai 2016).....	43
Figure 16 : Variation spatiale du pH et eh (Mars 2016).....	44
Figure 17 : Variation temporelle de la température (Janvier-Mai 2016).....	45
Figure 18 : Variation spatiale de la température (Mars 2016).....	45
Figure 19 : Variation temporelle de la conductivité électrique (Janvier-Mai 2016).....	47
Figure 20 : Variation spatiale de la conductivité électrique (Mars 2016).....	48
Figure 21 : Variation temporelle de la salinité (Janvier-Mai 2016).....	48
Figure 22 : Variation spatiale de la salinité (Mars 2016).....	49
Figure 23 : Variation temporelle du TDS (Janvier-Mai 2016).....	49
Figure 24 : Variation spatiale du TDS (Mars 2016).....	50
Figure 25 : Variation temporelle de la turbidité (Janvier-Mai 2016).....	51

Figure 26 : Variation spatiale de la turbidité (Mars 2016).....	51
Figure 27 : Variation temporelle de l'oxygène dissous (Janvier-Mai 2016).....	52
Figure 28 : Variation spatiale de l'oxygène dissous (Mars 2016).....	52
Figure 29 : Variation temporelle du calcium (Janvier-Avril 2016).....	53
Figure 30 : Variation spatiale du calcium (Mars 2016).....	54
Figure 31 : Variation temporelle du magnésium (Janvier-Avril 2016).....	55
Figure 32 : Variation spatiale du magnésium (Mars 2016).....	55
Figure 33 : Variation temporelle du potassium (Janvier-Avril 2016).....	56
Figure 34 : Variation spatiale du potassium (Mars 2016).....	56
Figure 35 : Variation temporelle du sodium (Janvier-Avril 2016).....	57
Figure 36 : Variation spatiale du sodium (Mars 2016).....	58
Figure 37 : Variation temporelle du bicarbonate (Janvier-Avril 2016).....	59
Figure 38 : Variation spatiale du bicarbonate (Mars 2016).....	59
Figure 39 : Variation temporelle du chlorure (Janvier-Avril 2016).....	60
Figure 40 : Variation spatiale du chlorure (Mars 2016).....	60
Figure 41 : Variation temporelle des sulfates (Janvier-Avril 2016).....	61
Figure 42 : Variation spatiale des sulfates (Mars 2016).....	62
Figure 43 : Diagramme du wilcox.....	62
Figure 44 : Variation temporelle du nitrate (Janvier-Mai 2016).....	63
Figure 45 : Variation spatiale du nitrate (Mars 2016).....	64
Figure 46 : Variation temporelle du nitrite (Janvier-Mai 2016).....	65
Figure 47 : Variation spatiale du nitrite (Mars 2016).....	65
Figure 48 : Variation temporelle d'ammonium (Janvier-Mai 2016).....	66
Figure 49 : Variation spatiale d'ammonium (Mars 2016).....	67
Figure 50 : Variation temporelle du phosphore (Janvier-Mai 2016).....	68
Figure 51 : Variation spatiale du phosphore (Mars 2016).....	68
Figure 52 : Variation temporelle du l'IPO (Janvier-Mai 2016).....	69

Figure 53 : Variation spatiale du l'IPO (Mars 2016).....69

## Liste des photos

Photo 01 : Multi paramètre.....	21
Photo 02 : Spectrophotomètre à flamme.....	26
Photo 03 : Spectrophotomètre adapté .....	28
Photo 04 : Multi testeur du sol (combtester-testeur du sol).....	36
Photo 05 : Agitateur.....	37
Photo 06 : PH-mètre de pailleasse .....	37
Photo 07 : Multi paramètre Combo.....	38
Photo 08 : Four à moufle .....	39

**Résumé****Liste des tableaux****Liste des figures**

<b>Introduction générale.....</b>	<b>01</b>
-----------------------------------	-----------

**Chapitre 1 : présentation de la zone d'étude**

Introduction.....	03
I. Cadre général.....	03
1. Situation géographique du bassin versant.....	04
2. Aperçu socio-économique .....	05
2.1.La population.....	05
2.2.Agriculture .....	05
2.3. Industrie .....	06
2.4. Tourisme .....	06
II. Aperçu climatologique.....	06
1. Station de mesure.....	06
2. Facteurs climatiques.....	07
1.2.Température .....	07
1.3.Précipitation .....	08
1.4.Humidité relative .....	10
1.5.Vent .....	11
III. Aperçu géologique .....	13
1. Le Secondaire .....	13
2. Le Tertiaire .....	13
3. Le Quaternaire .....	13
4. Couvert végétal .....	14
IV. Aperçu hydrologique et morphométrique.....	14
1. Régime d'écoulement .....	15
V. Aperçu hydrogéologique .....	16
1. La plaine d'El Asfour .....	16
2. La plaine de Ben M'hidi .....	16
Conclusion.....	17

## Chapitre 2 : Matériel et méthodes

Introduction.....	18
A. Analyses physico-chimiques et bactériologiques de l'eau.....	18
I. Echantillonnage.....	18
II. Sites et périodes de prélèvement.....	18
III. Matériel de prélèvement .....	20
IV. Méthode de prélèvement.....	20
V. Transport et conservation au laboratoire.....	20
VI. Méthode d'analyse.....	21
1. Analyses physico-chimiques.....	21
1.1. Les mesures in situ.....	21
➤ Potentiel d'hydrogène (pH).....	21
➤ Température .....	22
➤ Conductivité électrique.....	22
➤ Salinité .....	23
➤ Potentiel redox (Eh).....	23
➤ Oxygène dissous .....	23
➤ Turbidité .....	23
1.2. Analyse chimiques.....	24
➤ Dureté ou titre hydrotimétrique (TH) .....	24
➤ Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ).....	24
➤ Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ).....	25
➤ Bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ).....	25
➤ Chlorure ( $\text{Cl}^-$ ).....	26
➤ Sodium ( $\text{Na}^+$ ), Potassium ( $\text{K}^+$ ).....	26
➤ Sulfates, Nitrates, Nitrites, Ammonium et Ortho phosphates .....	27
2. Analyses bactériologiques .....	29
1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux.....	29
2. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux .....	30
VII. Méthodologie de traitement des données.....	30
1. Traitement des données par diagramme.....	31
2. Traitement des données par la méthode de l'indice de pollution organique (IPO).....	32
B. Analyses physico-chimiques des sols.....	32
I. Sites et périodes de prélèvement .....	32

II.	Echantillonnage.....	33
1.	Prélèvement de sol.....	33
2.	Préparation des échantillons.....	33
III.	Matériel et protocoles expérimentaux.....	35
1.	Les paramètres in situ.....	35
A.	L'humidité et pH du sol.....	35
B.	La température du sol.....	36
2.	Les paramètres mesurés au laboratoire.....	36
➤	Acidité du sol, température et potentiel redox.....	36
➤	La conductivité électrique, salinité et TDS.....	36
➤	Matière organique.....	38
	Conclusion.....	40

### Chapitre 3 : Résultats et discussion

	Introduction.....	41
	A. Les eaux de l'oued.....	41
	1. Facies chimique.....	41
I.	Analyses physico-chimiques.....	42
1.	Les paramètres In situ.....	43
➤	Potentiel d'hydrogène.....	44
➤	La température (T°C).....	46
➤	La température et l'humidité de l'air.....	46
➤	Le vent.....	46
➤	Conductivité électrique, salinité et les solides dissous totaux.....	47
➤	Turbidité.....	50
➤	Oxygène dissous.....	52
2.	Les paramètres de pollution naturelle.....	53
➤	Calcium (Ca <sup>+2</sup> ).....	53
➤	Magnésium (Mg <sup>2+</sup> ).....	54
➤	Potassium (K <sup>+</sup> ).....	56
➤	Sodium (Na <sup>+</sup> ).....	57
➤	Bicarbonate (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ).....	58
➤	Chlorure (Cl <sup>-</sup> ).....	59

---

➤ Sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) .....	61
3. Qualité des eaux d'irrigation.....	62
4. Les indicateurs de pollution.....	63
➤ Nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) .....	63
➤ Nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ).....	64
➤ Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ).....	66
➤ Ortho phosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ ).....	67
5. Indice de pollution organique « IPO ».....	69
6. Aspect bactériologique.....	70
B. Les sols.....	70
Conclusion .....	71
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>72</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>74</b>



# Introduction générale

L'eau est une ressource naturelle précieuse et essentielle pour de multiples usages (domestiques, industriels et agricoles). Sa qualité est un facteur influençant l'état de sante et la mortalité de l'humain et des animaux (Kazi et al. 2009). L'industrialisation, l'utilisation non rationnelle des engrais, des pesticides et le manque de sensibilisation de la population envers la protection de l'environnement conduisent autant a un déséquilibre de l'écosystème et génèrent des éléments polluants qui peuvent affecter la qualité physico-chimique et biologique des milieux aquatiques récepteurs (Mullis et al. 1997). Plusieurs cas de pollution ont déjà fait l'objet de nombreuses études et publications dans des journaux internationaux.

La pollution de l'eau d'origine agricole est généralement liée aux nitrates ou aux phosphates. Peut être aussi liée à la présence de fortes concentrations de pesticides (herbicides, insecticides et fongicides) qui sont souvent difficile à identifier et à quantifier (Carluer et al. 1996). Le dosage et la quantification des paramètres physico-chimiques de l'eau sont dès lors considérés comme des principes les plus importants dans l'identification de la nature, de la qualité et du type de l'eau pour des écosystèmes aquatiques (Abdo, 2005). Au niveau de l'Est de l'Algérie, les activités industrielles sont en expansion et leurs déchets sont rejetés directement dans les cours d'eau naturels. Ces actions affectent directement la qualité de l'eau et provoquent des modifications plus ou moins marqués sur les communautés vivantes (Belhanachi, 2003).

L'influence anthropique sur l'un des grands oueds de la wilaya d'El Tarf, oued Bounamoussa, se manifeste par des activités très diverses liées souvent aux activités des agglomérations installées presque dans tout le long de ce bassin versant (communes de Ben M'hidi, Zerizer, El Asfour) et aux activités agricoles qui sont pratiquées sur l'ensemble du bassin versant. Ainsi, l'eau de ce milieu connaît depuis plusieurs années une dégradation de ses qualités physico-chimiques et biologiques.

Dans cette étude, nous allons essayer de répondre à certaines questions :

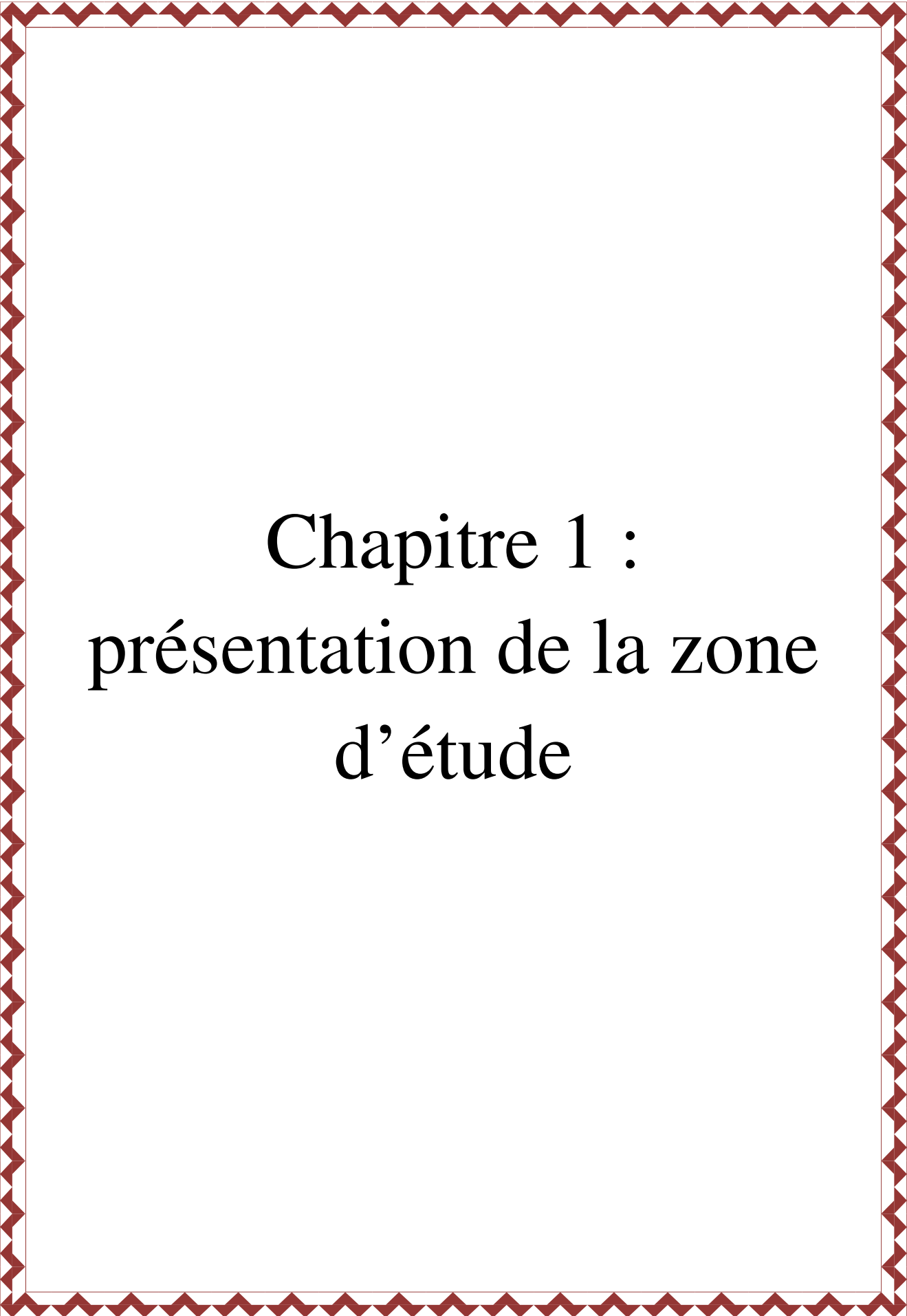
- Quel est l'état actuel de la qualité chimique des eaux superficielles ?
- Quels sont les différents polluants chimiques existant dans l'eau ainsi que leurs origines ?
- Quels sont les différents microorganismes existant dans l'eau ?

Pour répondre à ces questions, un suivi mensuel de la chimie des eaux à été réalisé pendant cinq mois de l'année actuel (2016) et un suivi pendant un mois pour la chimie des

sols. Plusieurs outils (physico-chimiques, microbiologiques et statistiques) ont été utilisées afin d'interpréter les données.

L'objectif de cette étude est d'évaluer le degré de pollution qui affecte l'eau de l'oued Bounamoussa, déterminer les causes possibles de cette pollution et leurs influences sur l'évolution des paramètres physico-chimiques et microbiologiques. Pour cela nous avons abordé la problématique de la manière suivante :

- Présentation de la région d'étude (chapitre 01).
- Matériel et méthodes (chapitre 02).
- Analyse et discussion des résultats (chapitre 03).

A decorative border with a repeating red zigzag pattern surrounds the text.

# Chapitre 1 :

## présentation de la zone d'étude

## **Introduction :**

Dans ce chapitre nous présenterons notre région d'étude en ce qui concerne la situation géographique, la géologie, l'hydrologie, la climatologie et enfin l'hydrogéologie.

### **I. Cadre général :**

La wilaya d'El Tarf est située à l'extrême Nord-Est du pays, elle est réputée pour sa nature généreuse, ses zones humides et son environnement, et elle mérite bien son appellation de "wilaya verte» (ANDI 2013). La wilaya d'El Tarf est occupée par une population de 401968 habitants (RGPH 2008).

La figure 01 montre que cette wilaya s'étend sur une superficie de 3339 km<sup>2</sup> (ANDI 2013). Elle est située entre la latitude 36°75'00'' et la longitude 8°16'66'' à l'extrême nord-est de l'Algérie à la frontière tunisienne. Elle est limitée :

- Au nord, par la mer Méditerranée
- A l'est, par la frontière Algéro-Tunisienne
- Au sud, par la wilaya de Souk-Ahras
- Au sud-est, par la wilaya de Guelma
- A l'ouest par la wilaya d'Annaba



**Figure 01** : La situation géographique de la wilaya d'El Tarf (DPAT 2014)

### 1. Situation géographique du bassin versant :

Le bassin versant de Bounamoussa objet de notre région d'étude est situé à l'extrême Nord-Est algérien d'une superficie de 1158 km<sup>2</sup> (ANDI 2013). Ce bassin est présent par des longitudes allant de 7°55' à 8°60' Est et des altitudes de 36°31' à 36°45' Nord. Ainsi, il est limité :

- Au Nord par la mer méditerranée
- A l'Est par le sous bassin du kebir-Est
- A l'Ouest par le bassin de la Seybouse (Annaba)
- Au Sud par la Tunisie et la wilaya de Souk-Ahras



**Figure 02** : La situation géographique du bassin versant Bounamoussa (In Drici, 2015)

## 2. Aperçu socio-économique :

### 2.1. La population :

Le bassin versant de Bounamoussa est occupé par 150139 habitants en 2013 selon la direction du DPAT d'El Tarf. Ainsi le tableau suivant illustre la répartition de cette population par commune, le calcul a été effectué à partir du dernier recensement général de population et d'habitat « RGPH » de l'année 2008.

**Tableau 01** : Répartition des Habitants des Communes Principales (DPAT, 2014) :

Communes	Population (RGPH 2008)	Population (DPAT 2013)	Taux de croissance 1998/2008 % (RGPH 2009)
Ben M'hidi	33262	35977	1.59
Besbes	46341	48086	0.75
Asfour	11447	11871	0.74
Zerizer	11064	11572	0.91
Bouhadjar	20215	22439	2.12
Oued zitoune	5881	6179	1.01
Hammam.b.salah	5235	5423	0.72
Cheffia	8195	8592	0.96

### 2.2. Agriculture :

La wilaya d'El Tarf par sa vocation agricole, son savoir faire et des conditions pédoclimatiques est un important pôle agricole dans l'Est algérien.

La plaine de Bounamoussa est caractérisée par des cultures maraichères, industrielles et abricotes ainsi que l'élevage bovin. Pour l'irrigation d'agriculture l'eau distribué est de 40hm<sup>3</sup>/an (Labar, 2003). La région se trouve a proximité de la mer méditerranée compte tenu de cette situation, la pêche constitue une activité prédominante.

### **2.3. Industrie :**

Pour l'industrie le volume d'eau distribuée depuis le barrage Cheffia est de 20 Hm<sup>3</sup>/an pour la zone industrielle d'El Hadjar, elle occupe dans la région une place importante, il ya l'industrie lourde (SIDER, ESPAT, SNM et SNVI) industrie pétrochimique (ASMIADAL) et industrie agro-alimentaire, notamment pour la valorisation des produits, notamment la tomate et autres miniers, sidérurgiques...etc.

### **2.4. Tourisme :**

Le potentiel touristique apparait à travers de nombreux sites riches et variés : un littoral de 90 km de long, pour la wilaya d'El Tarf et 40km de long pour le bassin versant Bounamoussa, divers sites de zones humides (lacs, étangs, marais, deltas, oueds, barrages, source...), des forets immenses qui couvrent 58% du territoire de la wilaya d'El Tarf.

La population urbaine est agglomérée dans la région d'étude est de 305566 Habitant en 2013 répartie dans 15 communes, cette population est fortement concentrée dans les agglomérations les plus importantes (Chef lieu de wilaya, Besbes, Chefia, Asfour, Zerizer, Drean, Ben M'hidi...) (Labar, 2003).

## **II. Aperçu climatologique :**

Le climat est un facteur abiotique important dans l'étude de la typologie et la fonction d'un milieu. La région d'El Tarf est caractérisée par un climat méditerranéen avec un hiver doux de type humide.

Un été très chaud et sec relativement court durant les mois de Juin, Juillet et Août. Dans l'établissement du bilan hydrique, les précipitations sont les éléments les plus importantes parce qu'elles reflètent la circulation des eaux superficielles et souterraines. De plus, toute étude climatologique nécessite une analyse bien détaillée des précipitations, car la pluie est un facteur qui conditionne l'écoulement saisonnier et par conséquent, le régime des cours d'eaux ainsi que celui des nappes.

### **1. Station de mesure :**

Les caractéristiques climatiques (températures, précipitation, humidité...etc.) de la zone d'étude sont obtenues à partir de deux stations (station d'El kala et des salines), sont sous forme de moyennes mensuelles des hauteurs précipitations pour une période de 30ans

(1976-2005), et des moyennes mensuelles et des températures pour la même période. Ces données permettent d'estimer la répartition dans le temps et dans l'espace, ainsi que la quantité d'eau infiltrée et évaporée (Bahroun, 2006).

## 2. Facteurs climatiques :

### 2.1. Température :

La température est l'un des facteurs les plus importants dans l'étude climatique, car elle agit directement sur le phénomène d'évapotranspiration et par conséquent le déficit d'écoulement annuel et saisonnier (Emsalem, 1986). Elle dépend de l'obscureté, de l'altitude, de l'exposition, de la présence d'une grande masse d'eau (l'influence des mers et des lacs sur la régulation des températures), du sol, des formations végétales en place (les végétaux amortissant et les variations de températures).

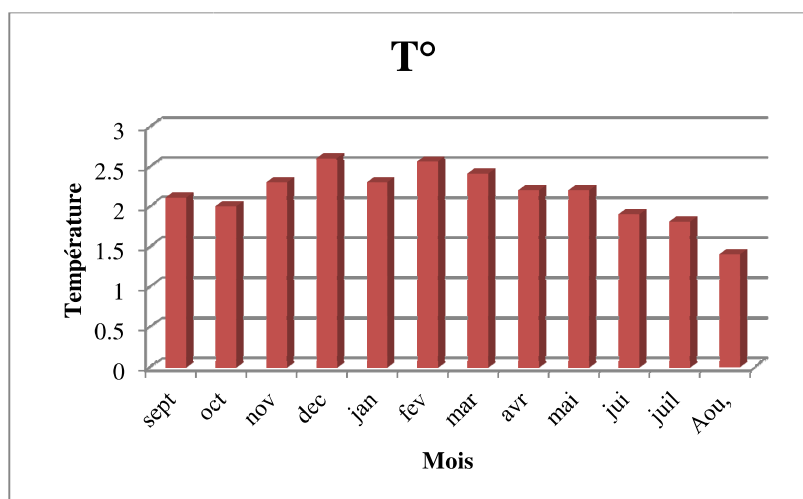
#### A. Station des salines :

Les données des températures disponibles sont des valeurs moyennes mensuelles mesurées au niveau de la station des salines à Annaba sur une période de 30 ans (1976-2005). Ces valeurs sont consignées dans le tableau 02 et leur répartition est illustrée sur la figure 03.

**Tableau 02** : Température moyennes mensuelles de la station des salines (Bahroun, 2006)

Mois	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Juil.	Aou.	Moye
T(C)	23.4	19.9	15.4	12.6	11.2	11.6	12.7	15	18.3	22	24.8	25.6	17.76

Les températures sont variables d'une saison à l'autre avec des amplitudes parfois très importantes, les moyennes des semestres froids (Nov-Avr) et chauds (Mai-Oct), sont respectivement 13.13 et 22.37 °C (Tab. 2).



**Figure 03** : Variation des températures moyennes mensuelles durant la période (1976-2006)

D'après la figure 03 les plus faibles valeurs sont mesurées aux mois de Janvier et Février tandis que les plus fortes caractérisent les mois de Juillet et Aout.

La figure 03 montre que la température moyenne mensuelle la plus élevée est celle du mois d'Aout 25.63 °C alors que la température la plus basse est celle du mois de Janvier 11.25°C.

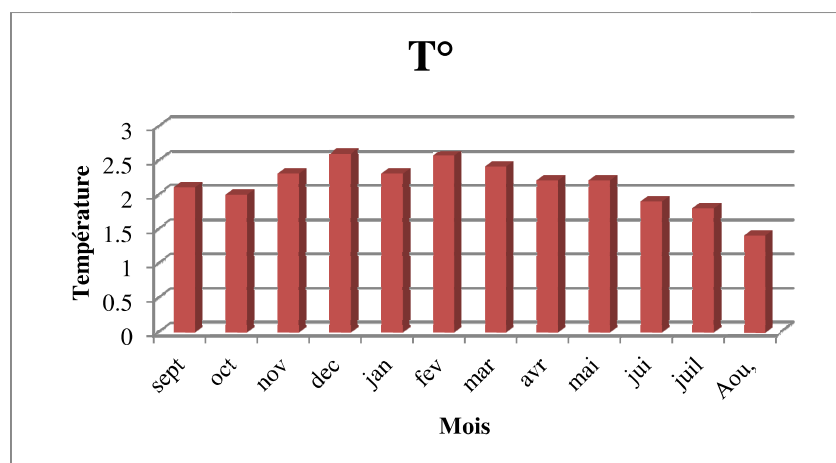
### B. Station d'El Kala :

Les données des températures disponibles sont des valeurs moyennes mensuelles mesurées au niveau de la station d'El Kala sur une période de 30 ans. Ces valeurs sont consignées dans le tableau 03 et leur répartition est illustrée sur la figure 04.

**Tableau 03** : Température moyennes mensuelles de la station d'El Kala (Bahroun, 2006)

Mois	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Juil.	Aou.	Moye
T(C)	23.7	20	16.5	13.5	12.7	12.5	13.8	15.4	18.5	21.9	25	25.5	18.24

Les températures sont variables d'une saison à l'autre avec des amplitudes parfois très importantes, les moyennes des semestres froids (Nov-Avr) et chauds (Mai-Oct), sont respectivement 14.08 et 22.48 °C (Tabl. 3).



**Figure 04** : Variation des températures moyennes mensuelles durant la période (1976-2006)

D'après la figure 04 les plus faibles valeurs sont mesurées aux mois de Janvier et Février tandis que les plus fortes caractérisent les mois de Juillet et Aout.

La figure 04 montre aussi que la température moyenne mensuelle la plus élevée est celle du mois d'Aout 25.54 °C alors que la température la plus basse est celle du mois de Février 12.53°C.

### 2.2. Précipitation :

Dans l'établissement du bilan hydrique, les précipitations sont les éléments les plus importantes parce qu'elles reflètent la circulation des eaux de surface et souterraines. De plus,

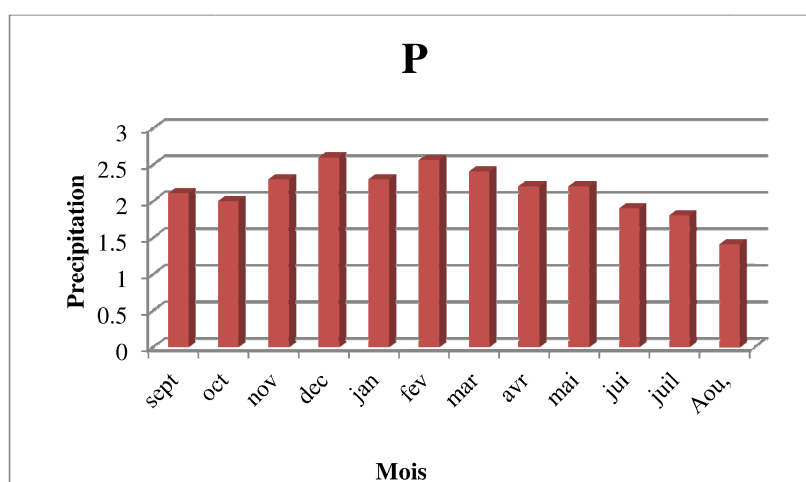
toute étude climatologique nécessite une analyse bien détaillée des précipitations car la pluie est un facteur qui conditionne l'écoulement saisonnier et par conséquent, le régime des cours d'eaux.

#### A. Station des Salines :

Les précipitations mensuelles recueillies à la station météorologique des salines à Annaba sur une période de 30 ans (1976-2005) sont récapitulées dans le tableau 04, leur répartition est illustrée par la figure 05.

**Tableau 04** : Précipitations moyennes mensuelles de la station des salines (Bahroun, 2006)

Mois	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Juil.	Aou.	Ann.
P(mm)	36.5	64.1	100.8	113	104.6	76.8	61.4	63.9	38.4	13.8	3.07	9.9	686.7



**Figure 05** : Variations des précipitations moyennes mensuelles (1976-2006)

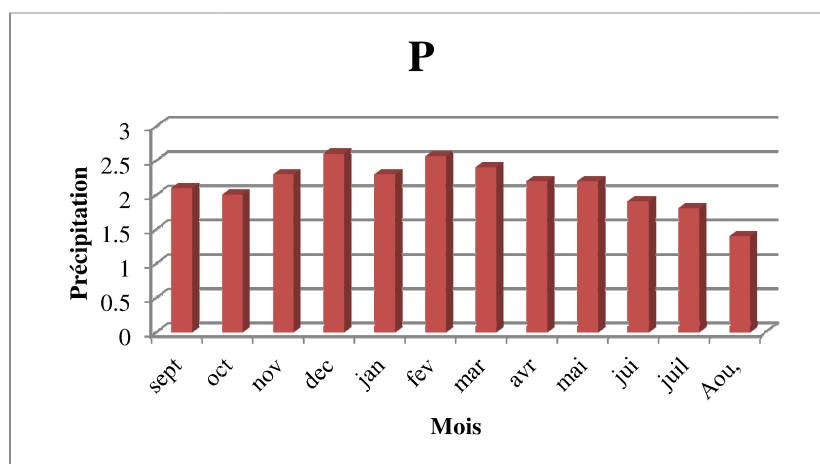
La plus forte valeur des précipitations est marquée au mois de Décembre avec 113 mm, tandis que la plus faible caractérise le mois de Juillet avec 3.07 mm.

#### B. Station d'El Kala :

Les précipitations mensuelles recueillies à la station météorologique des salines à Annaba sur une période de 30 ans (1976-2005) sont récapitulées dans le tableau 05, leur répartition est illustrée par la figure 06.

**Tableau 05** : Précipitations moyennes mensuelles de la station d'El Kala (Bahroun, 2006)

Mois	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Juil.	Aou.	Ann.
P(mm)	42.7	91.6	126.1	117.9	110.8	91.9	70.1	63.2	40.08	11.3	3.24	11.4	780



**Figure 06 :** Variations des précipitations moyennes mensuelles (1976-2006)

La plus forte valeur des précipitations est marquée au mois de Décembre avec 117.9 mm, tandis que la plus faible caractérise le mois de Juillet avec 3.24 mm.

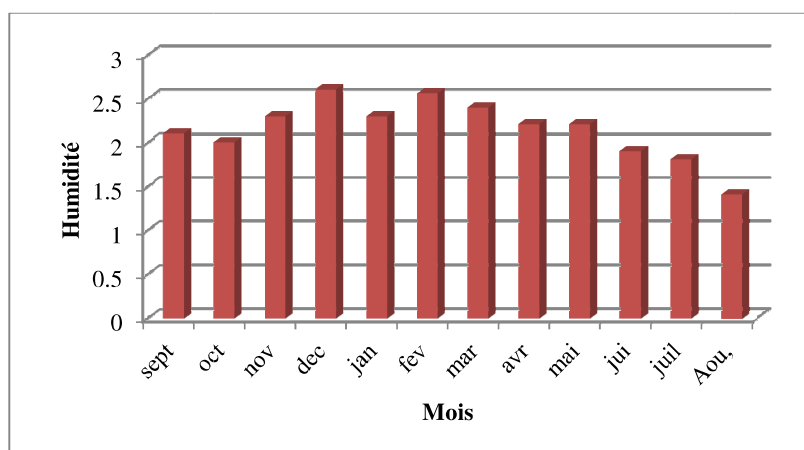
### 2.3. Humidité relative :

L'humidité semble évoluer en sens inverse de la température et subir l'influence du vent. En effet, plus les températures sont élevées et plus les vents deviennent forts, plus les humidités relatives diminuent de façon marquée (Gaussen et Bagnouls, 1953).

#### A. Station des salines :

**Tableau 06 :** Moyenne mensuelle de l'humidité à la station des salines (1976-2006)  
(Bahroun, 2006)

Mois	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Juil.	Aou.	Moye
H(%)	72.3	74.5	76.5	77.1	78.4	74.2	75.4	74.6	74.9	72.9	70.07	72.3	74.47



**Figure 07 :** Evaluation mensuelles de l'humidité relative de la station des salines (1976-2006)

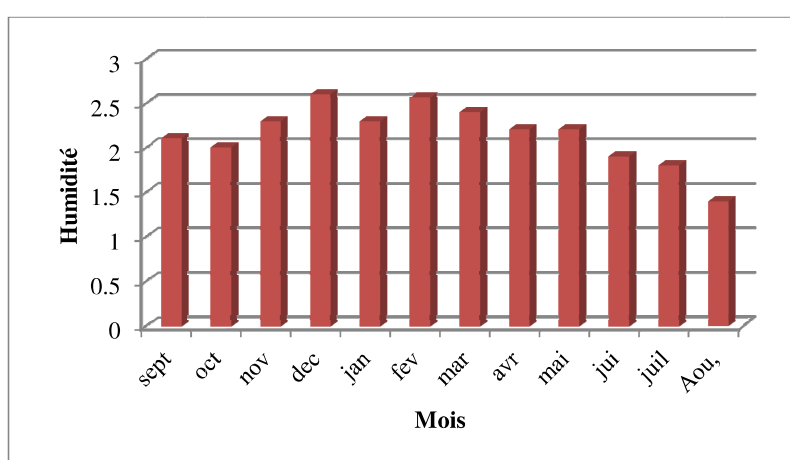
L'humidité relative moyenne mensuelle est schématisée sur la figure 07, d'après cette figure on remarque que le mois le plus humide est celui de Janvier avec une humidité de 78.43%, par contre le moins humide est celui de Juillet avec une valeur de 70.07 %.

### B. Station d'El Kala :

**Tableau 07** : Moyenne mensuelle de l'humidité à la station d'El Kala (1976-2006)

(Bahroun, 2006)

Mois	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Juil.	Aou.	Moye
H(%)	65.5	62.8	63.9	67.1	66.4	66.7	67.2	63.7	65.6	65.3	62.5	64.1	65.06



**Figure 08** : Evaluation mensuelles de l'humidité relative de la station d'El Kala (1976-2006)

L'humidité relative moyenne mensuelle est schématisée sur la figure 08, d'après cette figure on remarque que le mois le plus humide est celui de Mars avec une humidité de 67.20%, par contre le mois humide est celui d'Octobre avec une valeur de 62.80 %.

### 2.4. Vent :

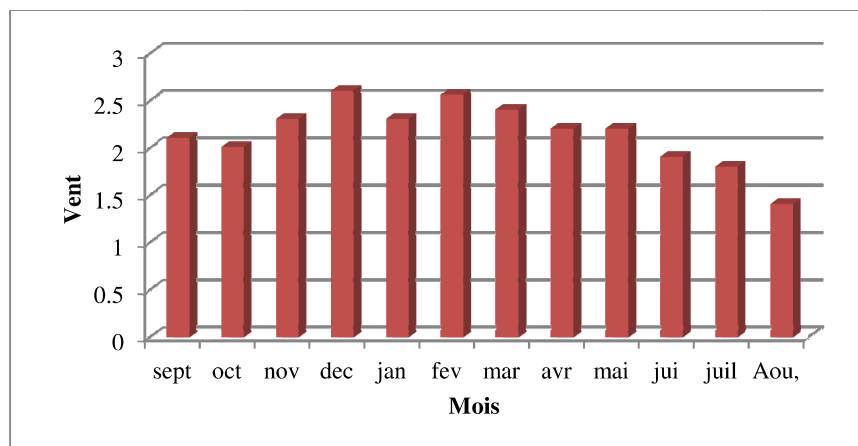
Le vent constitue dans certains biotopes un facteur écologique limitant sous l'influence des vents violents la végétation est limitée dans son développement, le vent a tout d'abord une action indirecte :

- En abaissant ou en augmentant la température.
- En augmentant la vitesse d'évaporation, il a donc un pouvoir desséchant.

L'analyse de la vitesse du vent a été effectuée en utilisant toutes les données encodées manuellement pour la période disponible de 30 ans (1976-2006), des observations synoptiques archivées à la station des salines et d'El Kala.

**A. Station des salines :****Tableau 08 :** Variation moyenne mensuelle du vent à la station des salines (1976-2006)  
(Bahroun, 2006)

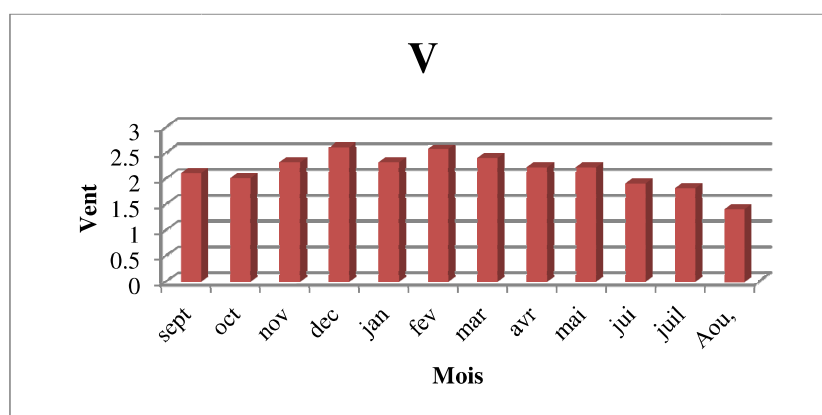
Mois	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Juil.	Aou.	Moye
V(m/s)	3.01	2.84	3.07	3.40	3.30	3.28	3.25	3.20	2.98	3.04	3.17	3.10	3.1

**Figure 09 :** variation moyennes mensuelles des vents à la station des salines (1976-2006)

La vitesse moyenne annuelle est de 3.10 Km/s, la vitesse maximale est enregistrée en mois de Décembre 3.40Km/s et la vitesse minimale est notée en mois d'Octobre 2.84Km/s.

**B. Station d'El kala :****Tableau 09 :** Variation moyennes mensuelles du vent à la station d'El Kala (1976-2006)  
(Bahroun, 2006)

Mois	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Juil.	Aou.	Moye
V(m/s)	2.10	2.00	2.30	2.60	2.30	2.56	2.40	2.20	2.20	1.90	1.80	1.40	2.10

**Figure 10 :** Variation moyennes mensuelles des vents a la station d'El Kala (1976-2006)

La vitesse moyenne annuelle est de 2.10 Km/s, la vitesse maximale est enregistrée en mois de Décembre 2.60 Km/s et la vitesse minimale est notée en mois d'Aout 1.40 Km/s.

### **III. Aperçu géologique :**

La géologie d'un bassin versant intervient dans la détermination des flux et courants d'eau de surface ou souterraine. Elle intervient dans la dynamique de l'eau et le rapport avec son environnement. La nature de la roche joue un double rôle : Son influence se fait sentir, d'une part, sur le régime du cours d'eau, et d'autre part, sur l'érosion et le transport solide. La lithologie de notre zone d'étude présente les variétés suivantes :

#### **1. Le Secondaire :**

Représenté par des marnes, marno-calcaires et des schistes légèrement argileux avec des intercalations de calcaire, le secondaire affleure ainsi à l'Est du sous bassin versant au niveau des monts Bousouaqui (Tunisie), Cheffia et enfin Cap Rosa par le crétacé supérieur.

#### **2. Le Tertiaire :**

Selon Labar, 2003, il est défini par des formations grés-argileuses Numidiennes couvrants d'Ouest en Est particulièrement tous les secteurs de montagnes jusqu'à El Kala. On distingue :

- L'Éocène inférieur : Il affleure en une série transgressive de calcaire massif à faciès épineurien.
- L'Éocène supérieur : Il est caractérisé par des formations argileuses du Numidien de couleur rouge ou grise. Parfois sur la base verte à brunâtre d'où le nom des flyschs type Numidien limitant les alluvions des oueds avec des intercalations des bancs gréseux.
- l'Oligocène : Occupant 4,4 % de superficie (Tourki,2010), il est représenté par des argiles surmontées par des grés Numidiens avec des intercalations des petits bancs de grés quartzeux qui se définissent sur tout les reliefs des collines du flanc sud de la plaine d'El-Tarf et limitent les alluvions des oueds (Labar, 2003).

#### **3. Le Quaternaire :**

Il se définit par des alluvions qui affleurent en éboulis de pente résultant des phénomènes successifs d'érosion, d'altération , de transports et de dépôts des éboulis du grés Numidien ou des limons , sables sur les rives des oueds, les estuaires et les lacs (Labar, 2003).

Il est défini par :

- Le Quaternaire ancien
- Le Quaternaire moyen
- Le Quaternaire récent
- Le Quaternaire actuel

**Tableau 10 : La lithologie du bassin versant de la Bounamoussa in Drici**

Type de lithologie	Surface (Km <sup>2</sup> )	Surface (%)
Formations superficielles (alluvions limoneuses)	46.74	6.86
Formations triasiques	18.35	2.69
Alternance marnes et de calcaires	18.40	2.70
Calcaires, calcaires marneux	24	3.52
Conglomérats, sables, argiles	29.67	4.35
Grés et argiles	514.16	75.46

#### 4. Couvert végétal :

Il joue un rôle très important dans l'estimation des réserves en eau, vue leur influence mécanique directe sur l'écoulement et sur le facteur climatique. Dans la composition floristique de la région, on distingue deux types de peuplement :

- Un Peuplement naturel : représente essentiellement par une série de chêne liège qui occupe la majorité de la surface du bassin versant et s'étale presque sur toute la région. Une série d'OLE lentisque, qui est une végétation définie comme étant des petits arbustes caractérisés principalement par des oliviers naturels « non-greffe ».
- Un peuplement artificiel : forme par l'Eucalyptus, le Pin maritime (espèce résineuse de croissance relativement rapide utilisée pour l'industrie) et l'Arboretum.

#### IV. Aperçu hydrologique et morphométrique :

La région d'étude est alimentée au Sud par le barrage Chaffia et à l'est par l'oued El Kebir-Est.

L'oued Bounamoussa coule avec un débit de 4.45 m<sup>3</sup>. Il prend sa naissance à la hauteur de la ville de Bouhadjar par la confluence d'oued El Kebir et oued Bouhadjar. Il présente au départ de son parcours une pente régulière jusqu'à l'entrée de Cheffia où il a été construit un barrage, puis à l'entrée de la plaine d'El Asfour, l'oued Bounamoussa change d'allure et traverse le massif Numidien avec une pente moyennement élevée. Ainsi, il reçoit sur sa rive gauche oued Soudon puis oued Guerriah jusqu'à sa confluence avec El Kébir-Est

ou il présente une pente très basse décrivant un grand nombre de méandre avec les alluvions qu'il a déposé. Dans sa partie aval, Bounamoussa se répand dans le vaste marais de M' Khada, car à l'handicap de la pente très faible s'ajoute la formation d'une barre sableuse au débouche de l'exécutoire de la Mafragh, barre liée au phénomène de la houle (Labar, 2003).

**Tableau 11** : Caractéristiques morphométriques du bassin versant de la Bounamoussa (Labar 2003) :

Paramètres	symbole	unité	Bounamoussa
Superficie	A	Km <sup>2</sup>	1158
périmètre	P	Km	194
Coefficient de compacité	Kc	-	1.60
Altitude Moyenne	Hmoy	M	425
Altitude médiane	H <sub>50%</sub>	M	435
Altitude de fréquence 5%	H <sub>5 %</sub>	M	980
Altitude de fréquence 95%	H <sub>95 %</sub>	M	65
Dénivelé simple	D	M	915
Longueur de rectangle équivalent	L	Km	83.04
Largeur de rectangle équivalent	l	Km	13.95
Indice de pente de ROCH	Ip	%	36.95
Indice de pente Globale	Ig	m/Km	11.02
Dénivelé spécifique	Ds	M	375
Classe de relief	/	/	Fort

## 1. Régime d'écoulement :

### 1.1 Analyse des débits moyens annuels :

Il existe plusieurs lois comme la loi de Gauss qui représente les paramètres de tendance centrale de dispersion et de variation et aussi l'examen de l'alignement des points. L'intervalle de confiance à 95% sur la moyenne, aussi l'estimation des débits décennales secs et humides, pour une période sec le débit moyen de la durée de retour de 10 ans devient moins de 1/6<sup>ème</sup> du module moyen annuel. Alors que pour une période décennale humide le débit moyen s'approche du double du module moyen annuel. Ainsi l'oued Bounamoussa est défini par un coefficient d'irrégularité inter annuel décennal de 11.4.

### **1.2 Analyse des débits moyens mensuels :**

Il y a deux périodes bien distinctes :

- Une période des hautes eaux qui débute en Novembre et s'achève en Avril, elle représente environ 82 % de l'écoulement.
- Une période des basses eaux qui débute en Mai et s'achève en Octobre, elle représente environ 18% de l'écoulement.

## **V. Aperçu hydrogéologique :**

L'étude hydrogéologique de la région d'étude est très importante pour identifier le système d'écoulement souterrain. Les dépôts alluviaux d'Oued Bounamoussa depuis le village d'El Asfour en passant par Ben-M'hidi juste à l'embouchure de la Maffragh présentent une importante épaisseur de galets, graviers, sables et limons (Meziri, 2000).

La couche de surface composée de limons, silt, argiles et sables ; le siège de toutes les cultures de la région.

### **1. La plaine d'El Asfour :**

La région d'El Asfour est caractérisée par un bassin de fond plat correspond à une plaine alluviale. Les coupes hydrogéologiques ont été réalisées par différentes directions. Du point de vue structural, lithologique et hydrodynamique, le système aquifère de la région d'El-Asfour peut-être présenté de la façon suivante :

#### **1.1. La Nappe superficielle :**

Cette nappe est continue dans les cailloutis. Entre cette nappe superficielle alluviale et celle des graviers se forme un horizon sablo-argileux semi-perméable (Remita, 2005). L'alimentation de cette nappe s'effectue par la bordure Nord-Est, cette limite est supposée étanche. L'alimentation et le drainage de la nappe sont en étroite liaison avec l'oued Bounamoussa (Remita 2005).

#### **1.2. La Nappe captive :**

La nappe captive des sables argileux continue dans les graviers son épaisseur varie de 15 et 20 mètre. Elle est en relation directe avec la sureté, repose sur un substratum argileux imperméable par endroits et limoneux par des autres (Remita 2005).

### **2. La plaine de Ben M'hidi :**

Le plaine de ben M'hidi est constituée par différentes formations alluviales : des haute, moyenne et basse terrasse d'oued Bounamoussa. Cette forme " plate" se développe de la mer au Nord jusqu'au village d'El Asfour au sud. La petite plaine de Zrizer, forme l'extrémité Sud de la grande plaine de Ben M'hidi, située au pied des versants Numidiens des monts de

Cheffia. Les petites plaines de Zerizer et Besbes, forment l'extrémité Sud de la grande plaine de Ben M'hidi, situées au pied des versants Numidiens des monts de Cheffia. L'altitude est relativement supérieure à celle de Ben M'hidi (Remita, 2005).

### **Conclusion :**

On conclure que le bassin versant de Bounamoussa est caractérisé par :

La prédominance de deux grands ensembles morpho structuraux :

- La nappe Numidienne.
- Les formations récentes (quaternaires).

Un climat méditerranéen de deux périodes :

- Une période chaude et sèche.
- Une période froide et humide.

La région d'étude est alimentée par deux principaux oueds ; à l'Est barrage Cheffia et oued El Kebir et au Nord oued Mafragh.

Du point de vue hydrogéologique, il est évident que les lieux aquifères se localisent dans les formations récentes. Ainsi, deux nappes sont présentes ; une superficielle et une captive.

Cependant, du point de vue environnemental le bassin de la Bounamoussa est soumis à plusieurs facteurs de pollution à savoir ceux de type urbain, agricole et modérément industriel.

A decorative border with a repeating red zigzag pattern surrounds the text.

# Chapitre 2 :

## Matériels & méthodes

**Introduction :**

La composition chimique d'une eau est indispensable pour la détermination de sa qualité et du domaine de son utilisation. Au cours des dernières décennies, suite au développement de l'urbanisation, les activités industrielles et agricoles, les eaux des bassins de la plupart des cours d'eau et aquifères du monde y compris ceux de l'Algérie ont vu leur qualité se dégrader.

Dans ce chapitre nous présenterons notre stratégie de travail, nos choix des sites, matériel et méthodes utilisés dans le but de déterminer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de l'oued de Bounamoussa et la qualité physico-chimiques des sols du même oued.

**A. Analyses physico-chimiques et bactériologiques de l'eau :****I. Echantillonnage :**

L'étape d'échantillonnage influence directement sur la qualité des résultats analytiques obtenus. Des précautions élémentaires doivent être prises pour obtenir un échantillon représentatif. Afin de minimiser les risques associés à la contamination de l'échantillon par le préleveur, il faut s'assurer de la qualité du prélèvement, de la conservation et du transport adéquat des échantillons.

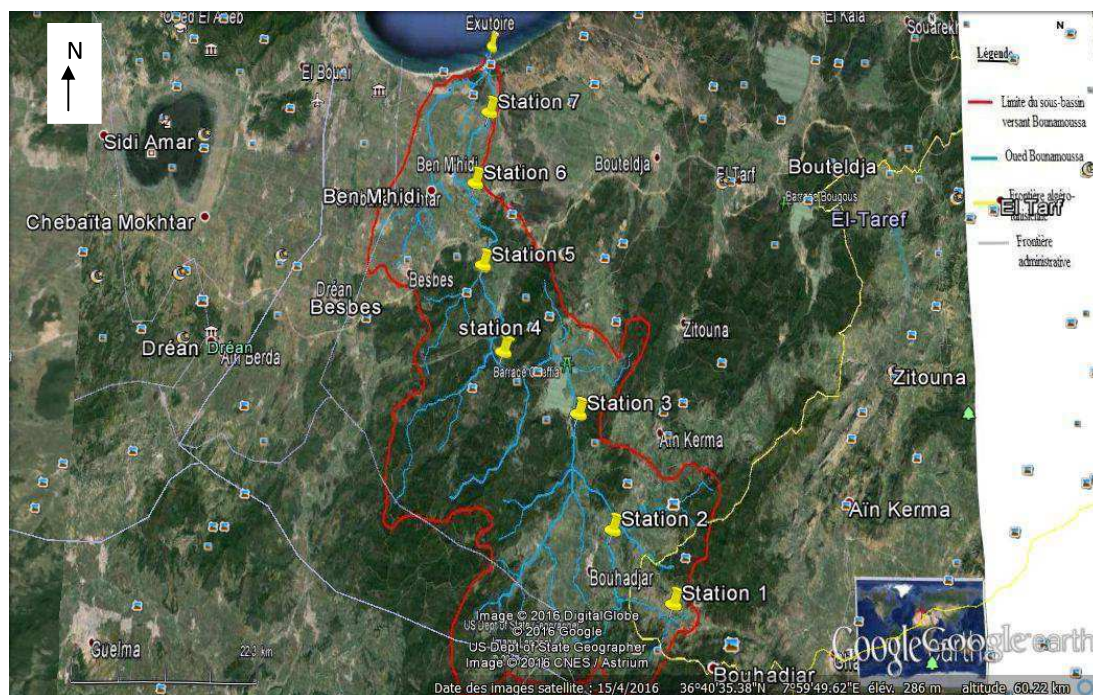
**II. Sites et périodes de prélèvement :**

Tenant compte des diverses activités recensées dans la zone d'étude (eaux usées, domestiques, agricoles), sept stations (S1 à S7) ont été choisies tout le long de l'Oued Bounamoussa (Fig.11) et (Tab. 12).

Elles ont été retenues suite à leurs accessibilités et elles reflètent l'état réel de l'eau de surface de l'Oued Bounamoussa.

**Tableau 12** : Localisation géographique des stations étudiées

Stations	Latitude (X)	Longitude (Y)	Altitude (Z)
S1	36°31.484'N	8°04.298'E	528
S2	36°34.151'N	8°01.877'E	398
S3	36°38.725'N	8°00.327'E	286
S4	36°40.137'N	7°57.208'E	362
S5	36°43.134'N	7°56.261'E	249
S6	36°46.762'N	7°56.296'E	19
S7	36°48.399'N	7°56.378'E	1



Echelle : 0 5 10

**Figure 11** : Bassin versant de Bounamoussa et sites de prélèvement

Pour réaliser notre travail, nous avons effectuée un suivi mensuel sur une période de 5 mois entre Janvier et Mai 2016. Les analyses ont été portées sur dix-neuf paramètres physico-chimiques : la Température, le pH, la conductivité électrique, l'oxygène dissout, la turbidité,

la salinité, la dureté totale (TH), le calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), le magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), le sodium ( $\text{Na}^+$ ), le potassium ( $\text{K}^+$ ), les chlorures (Cl), les nitrates ( $\text{NO}_2^-$ ), les nitrites ( $\text{NO}_3^-$ )...etc. suivants des méthodes standardisées (Rodier 2009). Pour les paramètres microbiologiques, le prélèvement a été réalisé pendant le mois d'Avril seulement.

Les mesures ont été effectuées au laboratoire de Génie Civil et Hydraulique de l'Université 8 Mai 1945, Guelma tandis que les autres analyses ont été effectuées au niveau du laboratoire d'hygiène ESPS d'El Kala.

### **III. Matériel de prélèvement :**

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté. Il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physicochimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension, etc.) (Rodier et al. 2005).

Le matériel de prélèvement doit faire l'objet d'une attention particulière. Les échantillons d'eau ont été prélevés à l'aide des bouteilles en plastique, préalablement rincées avec l'eau de la station.

Pour les analyses microbiologiques, les flacons utilisés doivent assurer une fois bouchés, une protection totale contre toute contamination. Il est conseillé d'utiliser des flacons en verre de 250, 500, 1000 ml. Avant l'usage, les flacons doivent être soigneusement lavés, puis rincés à l'eau distillée, car il ne doit rester aucune trace d'un éventuel détergent ou antiseptique. Les flacons en verre seront stérilisés par la chaleur, soit à l'autoclave à  $120^\circ\text{C}$  pendant 1 heure, soit au four Pasteur à  $180^\circ\text{C}$  pendant 1 h 30 (Larpent, 1997).

### **IV. Méthode de prélèvement :**

Pour les analyses physico-chimiques, nous avons utilisé des bouteilles en plastique d'une contenance de 1.5 litre pour prélever nos échantillons des 7 stations, nous avons utilisé un seau de 10 litres auquel est attachée à une corde de 3 m, nous débouchons les flacons au moment de prélèvement de l'échantillon d'eau qui est effectuée manuellement dans l'oued, une fois remplis les flacons sont fermés et étiquetés puis conservés dans une glacière.

Pour les analyses bactériologiques, nous avons prélevés les échantillons dans des flacons stériles (passés à l'autoclave).

### **V. Transport et conservation au laboratoire:**

Tout flacon d'échantillonnage doit être clairement identifié et être accompagné d'informations suffisantes concernant l'échantillon. Les prélèvements seront transportés dans

des glaciers dont la température doit être comprise entre 4 à 6 °C. Même dans telles conditions, l'analyse bactériologique doit débiter dans un délai maximal de 8 heures, après le recueil de l'échantillon (Rejsek, 2002).

## VI. Méthode d'analyse :

### 1. Analyses physico-chimiques :

#### 1.1. Les mesures in situ :

Certains paramètres physico-chimiques ont été mesurés directement sur site au niveau de chaque point de prélèvement. Ces paramètres sont :

#### ➤ Potentiel d'hydrogène (pH) :

Le pH ou le potentiel d'hydrogène est le logarithme décimal de l'inverse de sa concentration en ions d'hydrogène ( $H_3O^+$ ), il est inférieur ou supérieur à sept suivant que l'eau est acide ou basique. Le pH n'a pas de signification hygiénique mais il présente une notion très importante pour la détermination de l'agressivité de l'eau.

Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés. Habituellement il varie entre 7,2 et 7,6 (Bremond et Vuichard 1973). Cependant, dans certains cas, il peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. Des pH faibles augmentent le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique. Des pH élevés augmentent les concentrations d'ammoniac, toxique pour les poissons (DE Villers et al. 2005).

Nous avons mesuré le pH par le multi paramètre, du type : (Horriba Water quality) qui donne directement la valeur du pH de l'échantillon sur site.



**Photo 01** : multi-paramètre

➤ **Température :**

La température a une grande importance dans l'étude et la surveillance des eaux naturelles (les eaux souterraine et superficielles). La température des eaux de surfaces varie selon plusieurs facteurs, saisonniers et autres.

L'élévation de la température s'accompagne d'une diminution de la densité, d'une réduction de la viscosité, d'une augmentation de la tension de vapeur saturante à la surface et d'une diminution de la solubilité des gaz, en plus cette augmentation de la température favorise l'autoépuration, et accroît la vitesse de sédimentation (Loup, 1974)

La mesure de la température est effectuée sur le terrain à l'aide du multi paramètre (Horriba Water quality) portatif. Nous lisons directement la température exprimée en degré Celsius (C°).

➤ **Conductivité électrique :**

La conductivité est liée à la présence d'ions en solution. Elle dépend de la nature des ions dissous et leurs concentrations (DE Villers et al. 2005).

Selon Rejsek (2002), la température et la viscosité influent également sur la conductivité car la mobilité des ions augmente avec l'augmentation de la température et diminue avec celle de la viscosité.

La conductivité des eaux s'exprime en micro siemens par centimètre ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) (Detay, 1993). Le tableau au dessous présente la relation entre la conductivité électrique et la minéralisation globale.

**Tableau 13 :** Relation entre la minéralisation et la conductivité électrique (Rodier et al, 1984)

<b>Conductivité électrique</b>	<b>Taux de minéralisation</b>
CE < 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$	minéralisation très faible
100 < C.E < 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$	minéralisation faible
200 < C.E < 333 $\mu\text{S}/\text{cm}$	minéralisation moyenne
333 < C.E < 666 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisation moyenne accentuée
666 < C.E < 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisation importante
C.E > 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisation élevée

La mesure est effectuée sur le terrain par un multi paramètre (Horriba Water quality) portatif adéquat, que nous plongeons l'électrode de l'appareil dans l'eau à analyser.

➤ **Salinité :**

Dans la plupart des rivières, le risque d'une salinité excessive due à la présence de chlorure de sodium n'existe pas, mais lorsque l'eau est fréquemment réutilisée, et en particulier lorsque l'irrigation est pratiquée à grande échelle, il y a un réel danger que la salinité soit trop forte et l'eau pourrait devenir impropre à l'irrigation. La mesure est effectuée in site par le même multi paramètre.

➤ **Potentiel redox (Eh):**

Dans les systèmes aqueux, le potentiel redox affecte les états d'oxydation des éléments (H, C, N, O, S, Fe...). Dans une eau bien oxygénée, les conditions d'oxydation dominant.

Quand la concentration d'oxygène diminue, le milieu devient plus réducteur; ce qui se traduit par une réduction du potentiel redox (DE Villers et al, 2005). La mesure est réalisée in site par un multi paramètre (Horriba Water quality) portatif.

➤ **Oxygène dissous :**

L'oxygène présent dans les eaux est le résultat des échanges entre l'atmosphère et la surface de l'eau ainsi que de l'activité photosynthétique du phytoplancton (Alzieu, 1989). La concentration en oxygène dissous varie de manière journalière et saisonnière car elle dépend de nombreux facteurs; tels que la pression partielle en oxygène de l'atmosphère, la température de l'eau, la salinité, la pénétration de la lumière, l'agitation de l'eau et la disponibilité en nutriments (Rodier, 1996). Cette concentration dépend également de la vitesse d'appauvrissement du milieu en oxygène par l'activité des organismes aquatiques et les processus d'oxydation et de décomposition de la matière organique présente dans l'eau (Thierrin et al. 2001). La détermination de l'oxygène dissous (O<sub>2</sub>) est réalisée au terrain à l'aide d'un multi paramètre portatif. La concentration en oxygène dissous dans l'eau est communément exprimée en milligramme par litre (mg/l) ou en pourcentage de saturation (Laurentides, 2009).

➤ **Turbidité :**

La turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoutes. Elle causée, dans les eaux par la présence de matière en suspension fine, comme l'argile, les limons, les grains de silice. Une faible part de la turbidité peut due à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale (Rejsek, 2002). La mesure est effectuée avec le même multi paramètre.

### 1.2. Analyse chimiques :

Il est à noter qu'on a pratiqué des dilutions sur tous les échantillons prélevés avant chaque mesure et elles sont prises en considération lors des calculs des concentrations de tous les éléments chimiques.

#### ➤ Dureté ou titre hydrotimétrique (TH) :

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques à l'exception de ceux des métaux alcalins et de l'ion hydrogène. Dans la plupart des cas la dureté est surtout due aux ions calcium et magnésium (Rodier, 2009).

#### ➤ Mode opératoire :

Elle est obtenue par la méthode complexométrique par titrage à l'EDTA en présence d'un indicateur coloré (noir ériochrome T à 0,5 %) et dans un milieu tamponné pH = 10. Introduire 50 ml d'eau à analyser dans une fiole conique de 250 ml, ajouter 4 ml de solution tampon de chlorure d'ammonium et trois gouttes de solution de noir ériochrome T. La solution se colore en rouge foncé ou violet, le pH doit être de 10. En maintenant une agitation, verser la solution d'EDTA rapidement au début puis goutte à goutte lorsque la solution commence à virer au bleu. Vérifier que la coloration ne change plus par l'addition d'une goutte supplémentaire d'EDTA.

La concentration totale en calcium et magnésium, exprimée en milliéquivalents par litre, est donnée par l'expression

$$1\ 000 \times \frac{c \times v1}{v2}$$

Où :

$c$  = Concentration en milliéquivalents par litre de la solution d'EDTA ;

$v1$  = Volume titré en ml de la solution d'EDTA ;

$v2$  = Volume d'échantillon.

#### ➤ Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) :

Le calcium est dosé par complexométrie par titrage à l'EDTA en présence d'un indicateur colorée (Murexide) et une solution d'hydroxyde de sodium 2 N (Rodier, 2009).

➤ **Mode opératoire :**

Dans une fiole conique de 250 ml, introduire successivement :

- 50 ml d'eau à analyser ;
- 2 ml de la solution d'hydroxyde de sodium ;
- 0,2 g indicateur (Murexide).

Ajouter la quantité de solution d'EDTA nécessaire pour avoir un virage au bleu. Soit  $V$  le volume versé et  $f$  le rapport entre le titre ainsi mesuré de la solution d'EDTA et le titre théorique (0,01 M). La teneur en calcium est égale à :

$$\text{Ca (mg/l)} = \frac{V \times f \times 0,4008 \times 1000}{50}$$

➤ **Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ):**

La différence entre la dureté totale et la dureté calcique donne directement la dureté magnésienne de l'eau analysée (Rodier, 2009).

➤ **Bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ):**

Le dosage des bicarbonates est réalisé par titrimétrie, on a fait agir une solution de concentration connue d'acide sulfurique  $\text{H}_2\text{SO}_4$  sur un volume précis d'échantillons (100 ml) en présence de l'orange de méthyle comme indicateur ; la réaction qui se produit est due à la neutralisation des ions de bicarbonate par les ions  $\text{H}^+$  de l'acide sulfurique (Rodier, 2009).

➤ **Mode opératoire**

- Détermination du TA (titre alcalimétrique): prélever 100 ml d'eau à analyser dans une fiole conique. Ajouter 1 à 2 gouttes de solution alcoolique de phénol phtaléine. Une coloration rose doit alors se développer. Dans le cas contraire le TA est nul, verser ensuite doucement l'acide chlorhydrique ou sulfurique 0,02 N dans la fiole à l'aide d'une burette, en agitant constamment, et ceci jusqu'à décoloration complète de la solution.
- Détermination du TAC (titre alcalimétrique complet): utiliser l'échantillon traité précédemment ou le prélèvement primitif s'il n'y a pas eu de coloration. Ajouter 2 gouttes de solution de rouge de méthyle et titrer de nouveau avec le même acide jusqu'à disparition de la coloration bleu verdâtre et apparition de la couleur rose.

$\frac{V}{5}$  : exprime le titre alcalimétrique complet (TAC) en milliéquivalents par litre.

$$[\text{HCO}_3^-] = \text{TAC} \times 61 \text{ en mg/l}$$

➤ **Chlorure (Cl<sup>-</sup>) :**

Les chlorures sont déterminés par volumétrie selon la méthode de Mohr, en faisant précipiter le chlorure d'argent par réaction des ions chlorures avec les nitrates d'argent et en présence d'une solution de chromate de potassium  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  à 10 % comme un indicateur (Rodier, 2009).

➤ **Mode opératoire :**

Introduire 100 ml d'eau à analyser (préalablement filtrée si nécessaire). Ajouter 2 à 3 gouttes d'acide nitrique pur puis une pincée de carbonate de chaux et 3 gouttes de solution de chromate de potassium à 10 %. Verser alors au moyen d'une burette la solution de nitrate d'argent jusqu'à apparition d'une teinte rougeâtre, qui doit persister 1 à 3 minutes.

Pour une prise d'essai de 100 ml :

$$V \times 10 \times 3,55 \text{ donne la teneur en chlorures, exprimée en mg/l.}$$

➤ **Sodium (Na<sup>+</sup>), Potassium (K<sup>+</sup>) :**

Les teneurs de sodium et potassium sont déterminées par spectrophotométrie d'émission de flamme JENWEY-PEP7.

Cette méthode consiste à exciter l'atome à l'aide de la flamme (source d'énergie) afin que l'électron de valence atteigne le niveau d'énergie supérieur. Une fois la longueur d'onde sélectionnée, l'élément peut être analysé.



**Photo 02 :** spectrophotomètre a flamme

➤ **Sulfates, Nitrates, Nitrites, Ammonium et Ortho phosphates :**

Les sulfates et les nutriments : nitrates, nitrites, ammonium et ortho phosphate sont déterminés par une méthode colorimétrique à l'aide d'un coffret test spectroquant, la lecture est faite à l'aide d'un spectrophotomètre adapté. Les modes opératoires sont illustrés dans les tableaux suivants :

**Tableau 14 :** Dosage des Sulfates.

<b>Echantillon préparé</b> (15 - 40 °C)	2,5 ml	Pipeter dans un tube à essai.
<b>Réactif SO<sub>4</sub>-1</b>	2 gouttes	Ajouter et mélanger.
<b>Réactif SO<sub>4</sub>-2</b>	1 micro-cuillère	Ajouter boucher le tube et mélanger.
Chauffer le tube pendant 5 minutes à 40 °C au bain-marie (temps de réaction A) en agitant de temps en temps.		
<b>Réactif SO<sub>4</sub>-3</b>	2,5 ml	Ajouter à la pipette, boucher le tube et mélanger.
Filtrer le contenu du tube par un filtre rond dans un second tube à essai avec bouchon fileté : filtrat.		
<b>Réactif SO<sub>4</sub>-4</b>	4 gouttes	Ajouter au filtrat, boucher le tube et mélanger.
Chauffer le tube pendant 7 minutes à 40 °C au bain-marie (temps de réaction B) en agitant de temps en temps.		
Introduire l'échantillon dans une cuve de 10 mm et mesurer dans le photomètre.		

**Tableau 15 :** Dosage des Nitrites.

<b>Echantillon préparé</b> (15 - 25 °C)	5,0 ml	Pipeter dans un tube à essai.
<b>Réactif NO<sub>2</sub>-1</b>	1 micro-cuillère	Ajouter et agiter vigoureusement jusqu'à dissolution totale du réactif.
Laisser reposer 10 minutes (temps de réaction), puis introduire l'échantillon dans la cuve et mesurer dans le photomètre.		

**Tableau 16** : Dosage des ions d'Ammonium.

<b>Echantillon préparé</b> (20 - 30 °C)	5,0 ml	Pipeter dans un tube à essai.
<b>Réactif NH<sub>4</sub>-1</b> (20 - 30 °C)	0,60 ml	Ajouter à la pipette et mélanger.
<b>Réactif NH<sub>4</sub>-2</b>	1 micro-cuillère	Ajouter et agiter vigoureusement jusqu'à dissolution totale du réactif.
Laisser reposer 5 minutes (temps de réaction A).		
<b>Réactif NH<sub>4</sub>-3</b>	4 gouttes	Ajouter et mélanger.
Laisser reposer 5 minutes (temps de réaction B), puis introduire l'échantillon dans la cuve et mesurer dans le photomètre.		

**Tableau 17** : Dosage des Ortho phosphates.

<b>Echantillon préparé</b> (10 - 35 °C)	5,0 ml	Pipeter dans un tube à essai.
<b>Réactif PO<sub>4</sub>-1</b>	5 gouttes	Ajouter et mélanger.
<b>Réactif PO<sub>4</sub>-2</b>	1 micro-cuillère	Ajouter et agiter vigoureusement jusqu'à dissolution totale du réactif.
Laisser reposer 5 minutes (temps de réaction), puis introduire l'échantillon dans la cuve et mesurer dans le photomètre.		

**Photo 03** : spectrophotomètre adapté

## 2. Analyses bactériologiques :

L'analyse bactériologique a pour but de mettre en évidence la présence des germes, basés sur la recherche et la numération de celles-ci dans les échantillons à analyser par la méthode de filtration sur une membrane de cellulose à 0,45µm. Ceci permet aux colonies de se développer préférentiellement au cours d'une incubation de 18 à 24 heures, et sous un aspect suffisamment caractéristique pour autoriser un diagnostic présomptif. Celui-ci peut d'ailleurs être confirmé par des repiquages judicieux. (Abda, 2015).

Il faut signaler qu'un examen bactériologique ne peut être interpréter que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé dans un récipient stérile, selon un mode opératoire précis évitant toutes les contaminations accidentelles, correctement transporté au laboratoire et analysé sans délai ou après une courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes (Rodier et al., 1996).

### 2.1 Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux :

Le terme de « coliformes » ne correspond pas à une définition microbiologique stricte. Sous ce terme est regroupé un certain nombre d'espèces bactériennes appartenant en fait à la famille des *Enterobacteriaceae* et qui partagent certaines caractéristiques biochimiques (Mouly et al. 2008).

#### ➤ Test présomptif

Ce test conduit à un dénombrement présomptif des coliformes totaux et des coliformes fécaux et ceci sur une boîte de gélose lactosée au TTC Tergitol. La boîte a été incubée durant 24 heures à 37 °C. Après ce temps d'incubation, il peut apparaître des colonies rouges (ou roses) et jaunes (ou orangées). Les colonies jaunes correspondantes aux coliformes fécaux ont été repiquées sur des milieux de confirmation.

#### ➤ Test confirmatif

Le test de confirmation est basé sur la recherche de coliformes fécaux parmi lesquels : *E. coli*.

Les coliformes fécaux ont les mêmes propriétés de fermentation que les coliformes totaux mais pousseront à 44°C sur le milieu TSI ; L'existence de pousse bactérienne, la production d'acide sur la pente et dans le culot, et la production de gaz et d'H<sub>2</sub>S, correspondent à une réaction positive pour la présence d'*E. Coli* présumés.

### 2.2 Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux :

Anciennement la législation parlait de « SF ». Sous cette dénomination générale, il faut entendre l'ensemble des streptocoques possédant la substance (acide teichoïque) antigénique caractéristique du groupe D. Ces streptocoques du groupe D sont généralement pris globalement en compte comme des témoins de pollution fécale, car tous ont un habitat fécal.

#### ➤ Test présomptif

La recherche a été faite de la même manière que les coliformes selon la méthode de filtration sur membrane, mais cette fois la membrane a été placée sur une boîte de milieu de Slanetz et Bartley.

Après 24 heures d'incubation, les streptocoques fécaux ont été apparait sous forme de petites colonies rouges, violettes ou roses visibles sur la boîte.

## VII. Méthodologie de traitement des données :

Lors du traitement des données et afin de bien caractériser les différentes pollutions des eaux du oued Bounamoussa, plusieurs logiciels ont été utilisés où plusieurs représentations des données ont été réalisées à savoir :

- l'une statistique avec Excel et Staistica, présentant les valeurs maximales, moyennes, minimales et les écarts types.

- l'autre montre l'évolution des paramètres dans le temps et dans l'espace (excel) afin de caractériser et d'expliquer les effets de pollution naturelle et anthropique.

- Une autre concerne la projection des paramètres physicochimiques sous le logiciel « Diagramme » pour caractériser la qualité d'irrigation (Diagramme wilcox).

Ainsi, ces données sont présentées sous forme de tableaux et figures où les différentes concentrations sont reportées en comparaison avec les normes des eaux potables (1).

**Tableau 18** : Les normes de potabilité de l'eau

Paramètre	Normes mg/l
T	25 (1)
CE	400 (1)
PH	6.5 < PH < 9.5 (1)
Eh	/
O2 dissout. (mg/l)	3-5 (Rodier 1996)
Ca	100 (1)
Mg	50 (1)
Na	150 (1)
Cl	200 (1)
K+	12 (1)
HCO3	/
SO4	250 (1)
NO3	50 (1)
NO2	0.1 (1)
NH4	0.5 (1)
PO4	6.7 (1)
Turbidité –NTU- (Nephelometric Turbidity Unit)	< 5 : Eau clair. 5 < NTU < 30 : Eau légèrement trouble. > 50 : Eau trouble.

(1) Normes de potabilité OMS : WHO, (2006). Guidelines for Drinking Water Quality, 3rd ed., vol. 1(2006) 515p, Recommendations 1sAddendum, Geneva, Switzerland *in* Labar (2009).

### 1. Traitement des données par diagramme

Les résultats des analyses chimiques des sels exprimés sous la forme ionique, peuvent être portés sur des diagrammes qui permettent de comparer les eaux entre elles, et de les classer en familles chimiques (Hani Bourbia, 2011), c'est un logiciel d'hydrochimie en distribution libre facilitant l'exploitation d'analyse d'eau (Vayana Dominique, 2009) qui

permet de représenter le faciès chimique d'un ensemble d'échantillons d'eau et la qualité des eaux des affluent en vus d'usage agricole en vue d'un usage agricole .Les représentations les plus utilisées sont :

- Le diagramme en losange ou diagramme de Piper ;
- Le diagramme semi-logarithmique Schoëller-Berkaloff ;
- Le diagramme de Riverside ;
- Le diagramme de wilcox.

## 2. Traitement des données par la méthode de l'indice de pollution organique (IPO)

Le suivie d'analyse dans les différents points a fait l'objet d'un traitement de données par l'établissement d'une carte de pollution organique des eaux naturelles de la région d'étude qui nous renseigne sur l'influence des rejets et la qualité des eaux par le biais d'un indice de pollution organique ; ce dernier se calcule selon la méthode de Leclercq et Maquet (1987) (LECLERCQ Louis, 2001) dont le principe est de répartir les valeurs des éléments polluants en 05 classes, puis de déterminer à partir de ses propres mesures, le numéro de classe correspondant pour chaque paramètre pour en faire la moyenne des numéros de classe. La classification des paramètres pollués se fait selon cinq classes de qualité correspondant aux couleurs standards (Tableau 19).

IPO= moyenne des numéros des classes des 04 paramètres :

**Tableau 19** : Grille de la qualité (IPO)

N° Classes	DBO <sub>5</sub> (MgO <sub>2</sub> /l)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (Mg N/l)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (Mg N/l)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (µgP/l)	IPO	Pollution organique
5	> 2	< 0.1	5	15	5.0 - 4.6	Nulle
4	2 - 5	0.1 – 0.9	6 – 10	16 – 75	4.5 – 4.0	Faible
3	5.1 – 10	0.91 – 2.4	11 – 50	76 – 250	3.9 – 3.0	Modérée
2	10.1 – 15	2.5 – 6	51 – 150	251 – 900	2.9 – 2.0	Forte
1	> 15	> 6	> 150	> 900	1.9 – 1.0	Très forte

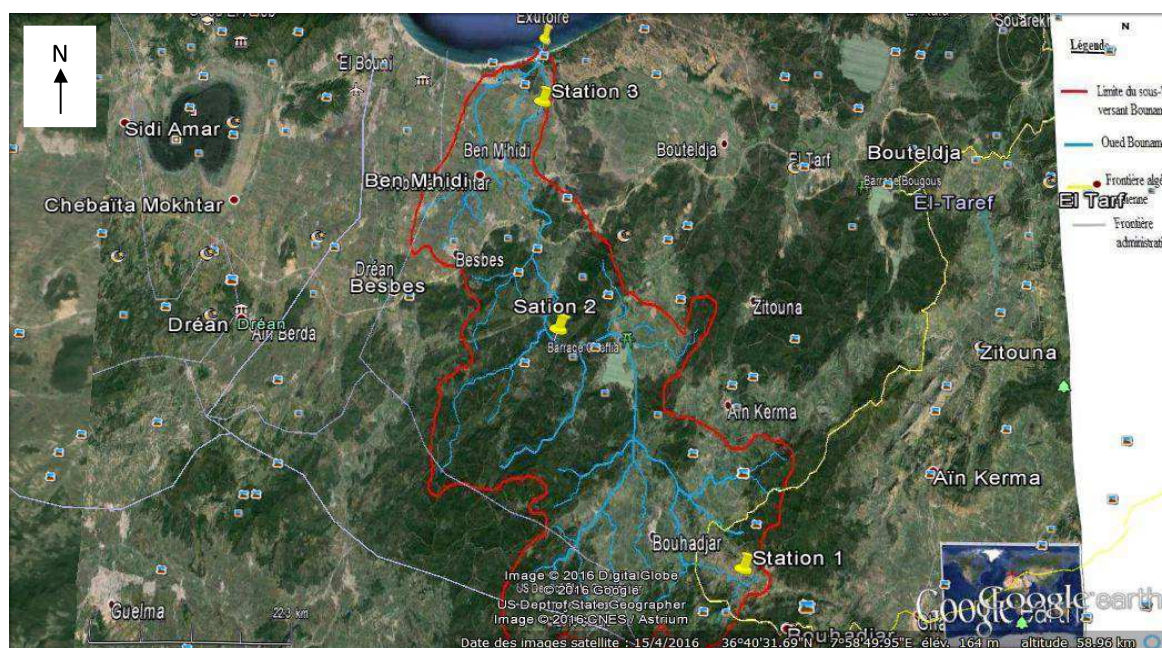
## B. Analyses physico-chimiques des sols :

### I. Sites et périodes de prélèvement :

Tenant compte des diverses activités recensées dans la zone d'étude, trois stations (S1, S2 et S3) ont été choisies tout le long de l'oued (Fig. 12) et (Tab. 20).

**Tableau 20** : Localisation géographique des stations

Stations	Latitude (X)	Longitude (Y)	Altitude (Z)
S1	36°31.484'N	8°04.298'E	528
S2	36°40.137'N	7°57.208'E	362
S3	36°48.399'N	7°56.378'E	1

**Figure 12** : Les sites de prélèvement des sols (Google earth 2016)

## II. Echantillonnage :

### 1. Prélèvement de sol :

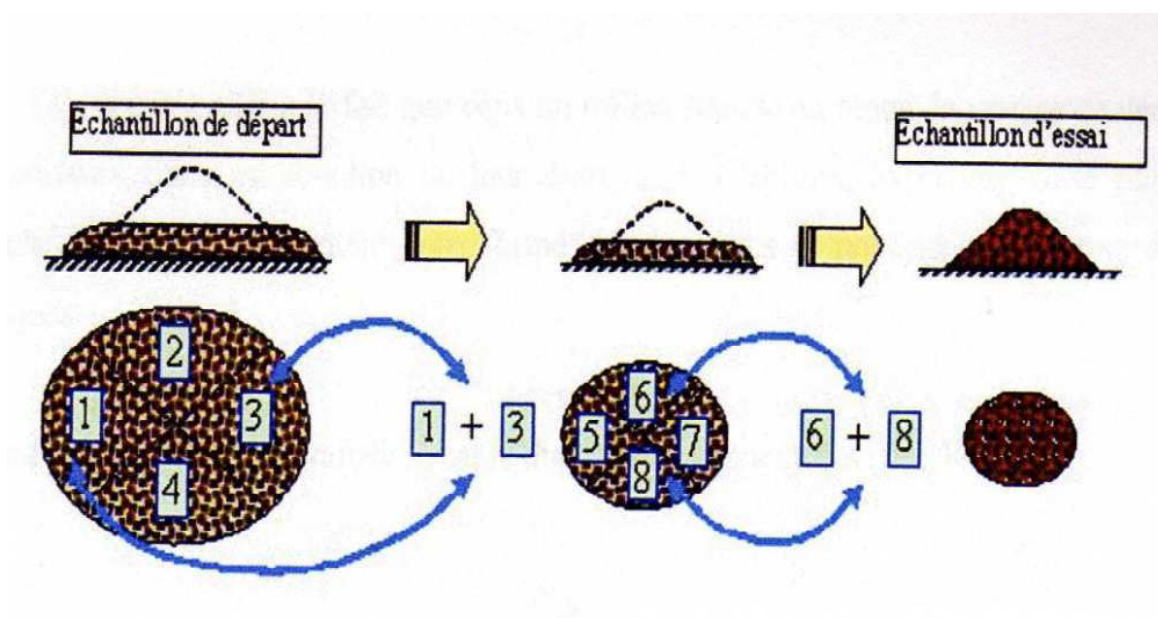
La zone de prélèvement est identifiée et limitée, elle est ensuite divisée en 5 à 6 prélèvement /ha pour les champs choisis. Chaque unité de prélèvement est de 200 à 300 g de terre. La détermination des unités a été faite en diagonale (Benadda L et al, 2001).

### 2. Préparation des échantillons :

L'objectif de la préparation de l'échantillon avant analyse est d'obtenir un échantillon représentatif dans lequel la concentration en polluants est aussi proche que celle présente dans

le sol. C'est souvent l'étape la plus longue et celle qui génère le plus de sources d'erreur dans la chaîne analytique. Elle comprend :

- A. **Le séchage** : à une température compatible avec les caractéristiques des composants recherchés. Pour les métaux, le séchage des échantillons de sol est le plus souvent réalisé à l'air libre, puis à l'étuve à une température inférieure à 40°C.
- B. **Le quartage** : L'échantillon est divisé en quatre parties égales dont on ne retient que la moitié en réunissant deux quart opposés. Cette sélection est homogénéisée et un nouveau quartage est effectué, l'opération pouvant se répéter trois ou quatre fois. On obtient ainsi un échantillon représentatif du matériau initial (Fig. 13).



**Figure 13** : Opération de quartage

- C. **Le tamisage** : Pour éventuellement éliminer les gros fragments solides qui ne sont habituellement pas considérés comme faisant partie du sol. La fraction conservée pour analyser est généralement celle inférieure à 2 mm (NF X31-101).

Le tamisage par voie sèche pour les sols dont les particules sont supérieures à 80µm et par sédimentation pour les particules inférieures ou égales à 80 µm qui se font en utilisant une série de tamis (Fig. 14).



**Figure14** : Refus dans les différents tamis

### **III. Matériel et protocoles expérimentaux :**

L'ensemble des expériences de laboratoire a été réalisé à température ambiante :  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ . Les solutions ont été préparées avec de l'eau bi distillée. Les réactifs utilisés sont de qualité analytique compatible avec l'analyse des métaux traces. L'ensemble du matériel (verrerie, flacons en polyéthylène...) est systématiquement décontaminé au moyen d'acide nitrique à 10 % pendant 48 h puis rincé à l'eau bi distillée, afin d'éviter toute contamination. De plus, pour chaque expérimentation, l'ajout de blancs (réactifs sans échantillon de sol) a été systématique afin de vérifier l'absence de contamination.

Les échantillons des sols ont été prélevés à une profondeur de 30 cm. Pour chaque opération, trois répétitions ont été mises en œuvre pour chacun des sols (Benadda L, 2001).

#### **1. Les paramètres in situ :**

##### **A. L'humidité et pH du sol:**

L'humidité et le pH du sol sont mesurés à l'aide d'un multi testeur du sol (combitester-testeur de sol 3en 1), permet de déterminer rapidement l'humidité et le pH du sol



**Photo 04** : Multi testeur du sol (combitester-testeur de sol 3en 1)

Le principe de cet appareil est de piquer les deux sondes dans le sol pour obtenir de façon fiable et rapide le suivi du pH et de l'humidité.

### **B. La température du sol :**

La température du sol est mesurée à l'aide d'un thermomètre à sonde. Le principe de cet appareil consiste à faire piquer la sonde de la température dans le sol pour obtenir un résultat fiable et rapide de suivi de température du sol.

### **2. Les paramètres mesurés au laboratoire :**

#### ➤ **Acidité du sol, température et potentiel redox:**

Le pH fait partie d'une des plus importantes caractéristiques physico-chimiques de sol, car la spéciation, et donc la mobilité et la biodisponibilité des éléments traces métallique sont liées à sa valeur. Le pH est défini par la relation :

$$\text{pH} = -\log a_{\text{H}^+}$$

pH eau : La mesure du pH eau est effectuée selon les normes AFNOR .

#### ➤ **Principe :**

La mesure du pH s'effectue sur une suspension de terre fine

Le pH eau mesure l'acidité réelle et prend en compte les ions  $\text{H}_3\text{O}^+$  libres dans la solution du sol.

➤ **Mode opératoire :**

10 g de sol sont mis en suspension dans 25ml d'eau distillée, agités pendant 1 heure sur une plaque d'agitation de type orbital, puis laissés au repos pendant 2 heures. Le pH est ensuite mesuré au laboratoire à l'aide d'un pH-mètre de paillasse (AFNOR).



**Photo 05** : Agitateur



**photo 06** : pH-mètre

➤ **La conductivité électrique, salinité et TDS:**

La conductivité est la mesure de la capacité d'une eau à conduire un courant électrique. La conductivité varie en fonction de la température. Elle est liée à la concentration et à la nature des substances dissoutes. En général, les sels minéraux sont de bons conducteurs par opposition à la matière organique qui conduit peu. [1]

➤ **Principe :**

Les mesures de la conductivité, TDS et la salinité s'effectuent par l'utilisation d'un multi paramètre. La conductivité s'exprime en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , la salinité et TDS en  $\text{mg}/\text{l}$ .

➤ **appareillage :**

1. multi paramètre
2. Étuve à une température de  $104\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$
3. Agitateur mécanique (environ 280 oscillations par minute).
4. Balances analytiques.
5. Tamis avec des ouvertures de 2 mm.

➤ protocole d'analyse :

• **Préparation de l'échantillon :**

- Homogénéiser l'échantillon avec une spatule afin d'avoir un échantillon représentatif. Les roches ou matériaux autres que le sol ou les sédiments doivent être enlevés.

- Sécher l'échantillon à 104 °C pendant au moins 18 heures. Briser les agrégats de l'échantillon afin qu'il passe au travers d'un tamis de 2 mm.

- Dans un bécher, peser 50 g d'échantillon et ajouter 100 ml d'eau déminéralisé.

- Agiter pendant 30 minutes à la température ambiante avec un agitateur mécanique (environ 280 oscillations/minute)

- Laisser décanter le solide et mesurer la conductivité, la salinité et TDS sur la portion liquide du multi paramètre Combo de marque Hanna (photo 05).



**Photo07** : multi paramètre Combo

➤ Matière organique :

La matière organique est déterminée par la méthode de perte au feu (incinération). [2]

➤ **principe :**

La perte au feu permet de mesurer directement la matière organique dans le sol. On place les échantillons pendant une nuit (16 heures) dans un four à moufle à 375 °C. La perte de poids, après calcination, nous donne la matière organique.

➤ **Appareillage :**

1. Four à moufle
2. Etuve
3. Creuset porcelaine de 30 ml

➤ protocole d'analyse:

- Préparation de l'échantillon :

L'échantillon de sol doit être broyé et tamisé à 2 mm pour cette méthode.

➤ **Dosage :**

- Sécher l'échantillon de sol pendant une nuit (16 heures) à 150 °C.
- Nettoyer les creusets en les chauffant au rouge, puis laisser refroidir au dessiccateur pendant 10 minutes.
- Prendre le poids du creuset vide. Ajouter 10 g de sol séché. Noter le poids final.
- Calciner le sol au four à moufle à 375°C pendant 16 heures.
- Laisser refroidir dans un dessiccateur et peser le creuset contenant les cendres.

➤ **calcul et expression des résultats :**

Les résultats de l'échantillon sont calculés à partir de l'une ou l'autre des équations suivantes :

$$\% \text{ M.O.} = [\text{poids sol sec (g)} - \text{poids sol incinéré (g)} / \text{poids sol sec (g)}] * 100$$



**Photo 07 :** four a moufle

**Conclusion :**

Finalemment, ce chapitre nous a démontré l'efficacité des matériels, des technique de l'échantillonnage des mesures in situ qui ont représentés leur efficacité de donné un diagnostique préalable (T°, pH, TDS, ..... NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>,.....Ca, Mg.....) sur l'état de l'environnement, ce qui a facilité le travail du laboratoire, ainsi l'importance d'évaluer efficacement les paramètres de pollution physico chimique et bactériologique.



# Chapitre 3

## Résultats & discussion

**Introduction :**

Ce chapitre présente une analyse et discussion des résultats des travaux de terrain et de laboratoire afin de caractériser les différentes pollutions des eaux et des sols d'oued Bounamoussa. Ainsi, l'étude a été menée à travers la méthodologie suivante :

**A. Les eaux de l'oued :****1. Facies chimique :**

Le tableau ci-dessous (Tab. 21) montre les principaux facies chimiques des eaux de l'oued Bounamoussa.

Ainsi, les eaux de l'oued sont globalement Bicarbonaté-Sodique et secondairement Sulfaté-Sodique.

**Tableau 21** : facies chimique au niveau du bassin versant de l'oued Bounamoussa

Stations	Formule ionique	Facies chimique
S1	$r Na^+ > r Ca^{+2} > r Mg^{+2}$ $r HCO_3^- > r Cl^- > r SO_4^-$	Bicarbonaté-Sodique
S2	$r Na^+ > r Ca^{+2} > r Mg^{+2}$ $r SO_4^- > r Cl^- > r HCO_3^-$	Sulfaté-Sodique
S3	$r Na^+ > r Ca^{+2} > r Mg^{+2}$ $r Cl^- > r SO_4^- > r HCO_3^-$	Chloruré-Sodique
S4	$r Na^+ > r Ca^{+2} > r Mg^{+2}$ $r SO_4^- > r Cl^- > r HCO_3^-$	Sulfaté-Sodique
S5	$r Na^+ > r Ca^{+2} > r Mg^{+2}$ $r SO_4^- > r HCO_3^- > r Cl^-$	Sulfaté-Sodique
S6	$r Na^+ > r Ca^{+2} > r Mg^{+2}$ $r Cl^- > r HCO_3^- > r SO_4^-$	Chloruré-Sodique
S7	$r Na^+ > r Ca^{+2} > r Mg^{+2}$ $r HCO_3^- > r SO_4^- > r Cl^-$	Bicarbonaté-Sodique
S8	$r Na^+ > r Ca^{+2} > r Mg^{+2}$ $r HCO_3^- > r SO_4^- > r Cl^-$	Bicarbonaté-Sodique
S9	$r Na^+ > r Ca^{+2} > r Mg^{+2}$ $r HCO_3^- > r SO_4^- > r Cl^-$	Bicarbonaté-Sodique
S10	$r Na^+ > r Ca^{+2} > r Mg^{+2}$ $r SO_4^- > r HCO_3^- > r Cl^-$	Sulfaté-Sodique
S11	$r Na^+ > r Ca^{+2} > r Mg^{+2}$ $r HCO_3^- > r Cl^- > r SO_4^-$	Bicarbonaté-Sodique
S12	$r Na^+ > r Ca^{+2} > r Mg^{+2}$ $r HCO_3^- > r SO_4^- > r Cl^-$	Bicarbonaté-Sodique

### I. Analyses physico-chimiques :

La qualité physico-chimique de l'eau est évaluée au regard de différents types des paramètres. Ces derniers sont caractérisés par des groupes qui sont:

- Paramètres in situ.
- Paramètres de pollution naturelle.
- Indicateurs de pollution (physico-chimique et bactériologique).

Les analyses physico-chimiques des eaux de l'oued Bounamoussa pendant les mois (Janvier-Mai 2016), ont montré une grande variation des concentrations des éléments chimiques.

### 1. Les paramètres In situ :

#### ➤ Potentiel d'hydrogène :

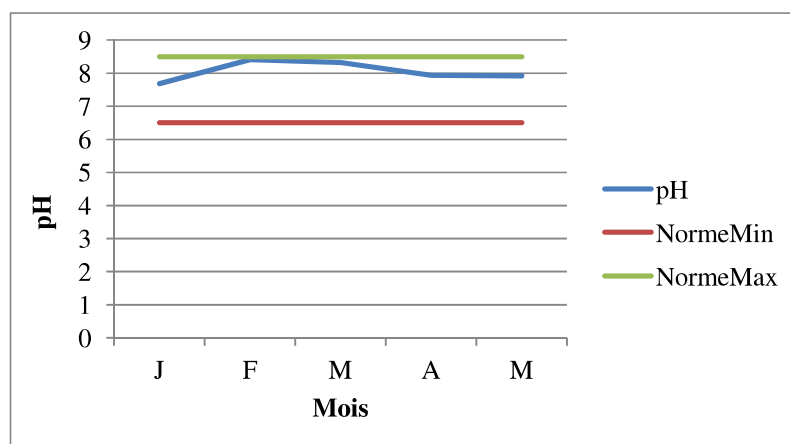
Le pH permet de déterminer l'acidité ou l'alcalinité d'une eau et il conditionne l'équilibre physico-chimique. Les résultats montrent une moyenne de 8.05 et un pH varie de 7.68 à 8.41, ce dernier se trouve dans les normes de potabilité.

**Tableau 22** : valeurs globales du pH et Eh (Janvier-Mai 2016)

Paramètre	Min	Max	Moye	E. Type	Norme
pH	7.68	8.41	8.05	0.30	6.5-8.5
Eh	153	266	198.8	50.91	/

Alors que le potentiel d'oxydo réduction « Eh » varie de 153 à 266 avec une moyenne de 198.8 et un écart type de 50.91(Tab.22).

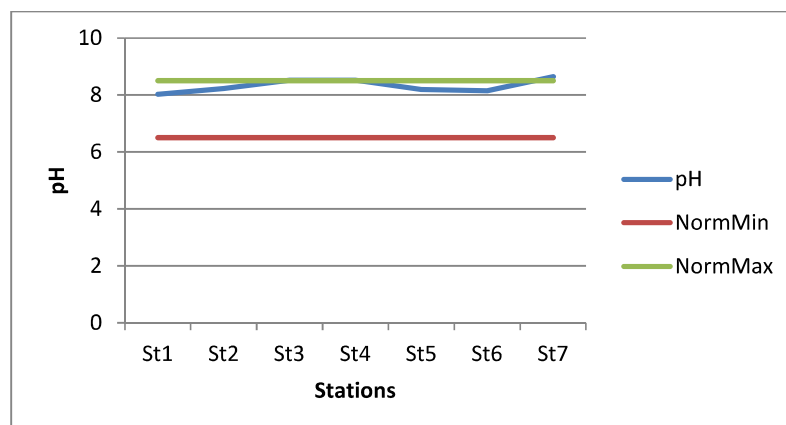
La figure 15 montre que la variation dans le temps du potentiel d'hydrogène est définie par des valeurs élevées dans le mois d'Avril et faibles dans le mois de Février.



**Figure 15** : Variation temporelle du pH (Janvier- Mai 2016)

Toutefois, la figure 16 montre que la variation dans l'espace du potentiel d'hydrogène est définie par des valeurs faibles à l'amont de l'oued Bounamoussa et élevées à l'aval de

l'oued alors qu'au milieu les valeurs sont moyennement élevées qui dépassent toujours la valeur guide de l'OMS.



**Figure 16 :** variation spatiale du pH (Mars 2016)

La figure 16 donne un aperçu sur les variations du pH au niveau des points mesurés.

Ainsi, nous remarquons une augmentation du potentiel d'hydrogène du mois de Janvier vers le mois de Février, puis une diminution du mois de Février vers le mois d'Avril et presque une stabilisation jusqu'au mois de Mai (Fig. 15). Les valeurs de pH sont dans les normes de l'OMS donc l'eau est physiquement équilibrée et préalablement ne favorise aucune pollution. Egalement, nous remarquons en direction d'amont en aval une augmentation du potentiel d'hydrogène de la station « S1 » vers la station « S3 », puis une stabilisation de la station « S3 » à « S4 » ensuite une diminution du « S4 » jusqu'à la station « S6 » et enfin une augmentation de la station « S6 » vers la station « S7 ».

#### ➤ La température (T°C):

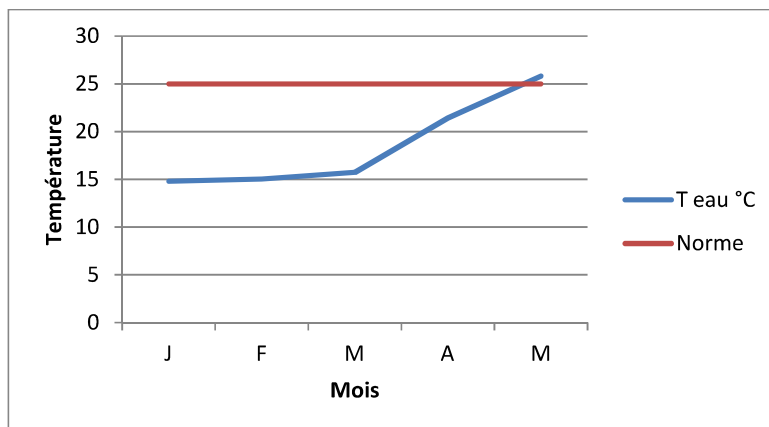
La température de l'eau est un paramètre très important, elle joue un rôle dans l'augmentation des activités chimiques, bactériennes et de l'évaporation de l'eau.

Elle varie de 14.8 à 25.8 °C comme valeur maximale avec une moyenne de 18°C et un écart type de 4.91 (Tab. 23).

**Tableau 23 :** Valeur globales de la température (Janvier-Mai 2016)

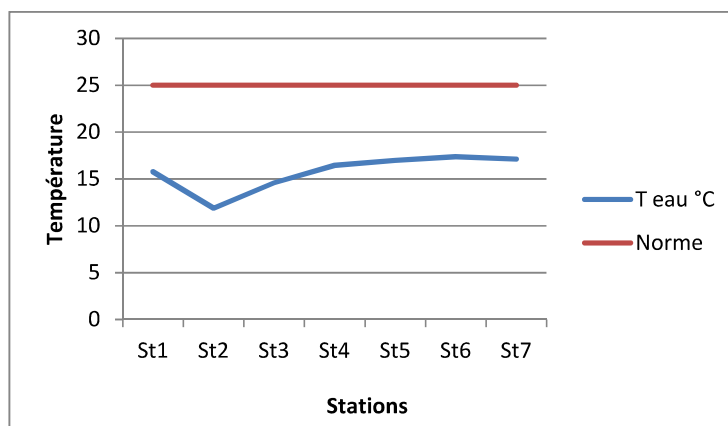
Paramètre	Min	Max	Moye	E. Type	Norme
T°C	14.8	25.8	18	4.91	25

La figure 17 montre que la variation dans le temps de la température est définie par des valeurs élevées dans le mois de Mai et de faibles valeurs dans le mois de Janvier.



**Figure 17** : variation temporelle de la température (Janvier-Mai 2016)

Toutefois, la figure 18 montre que la variation dans l'espace de la température est définie par des valeurs élevées à l'amont et à l'aval de l'oued Bounamoussa alors qu'au milieu les valeurs sont moyennement faibles.



**Figure 18** : variation spatiale de la température (Mars 2016)

Ainsi, nous remarquons une stabilisation de la température du mois de Janvier vers le mois de Mars, puis une augmentation du mois de Mars vers le mois de Mai (Fig. 17).

Egalement, nous remarquons une diminution du « S1 » à « S2 », une augmentation à la « S2 » jusqu'à « S7 ». La plupart des échantillons analysés sont dans les normes de potabilités excepte le mois de Mai où la température dépasse 25 °C.

➤ **La température et l'humidité de l'air :**

La température de l'air varie de 23.36 à 37 °C présentant une moyenne de 26°C écart type de 5.67 (Tab. 24)

**Tableau 24** : valeurs globales de la température et humidité

paramètre	Janvier-Mai 2016				Janvier-Mai (1976-2005)			
	Min	Max	Moye	E. type	Min	Max	Moye	E. type
T°C	23.36	37	26	5.67	11.2	18.3	13	2.93
Humidité%	26	50	38	9.87	74.2	78.4	75	1.67

L'humidité de l'air varie de 26 à 50 % présentant une moyenne de 38 % et écart type de 9.87. (Tab. 24)

La température de l'air des stations des salines a Annaba pendant les mois Janvier vers Mais (1976-2005) montre une grande différence dans la moyenne qui est de 13°C. Cette dernière est définie par une faible valeur par rapport à notre moyenne 26.98. L'humidité de l'air de la station des salines de Janvier jusqu'à Mai (1946-2005) est de valeur moyenne de 75% qui est très élevée par rapport à la moyenne de 38% dans les mois de Janvier –Mai 2016.

➤ **Le vent :**

Le vent varie de 4.5 à 4.84 km/h dans les deux mois de Mars et Mai avec une moyenne de 4 km/h et un écart type de 0.24 (Tab. 25)

**Tableau 25** : valeurs globales de vent (Mars-Mai 2016)

paramètre	Mars-Mai 2016				Mars-Mai (1976-2005)			
	Min	Max	Moye	E. type	Min	Max	Moye	E. type
V (km/h)	4.5	4.84	4	0.24	2.98	3.25	3	0.19

Le vent de la station des salines pendant les deux mois (Mars-Janvier 1976-2005) varie de 2.98 à 3.25 km/h avec une moyenne de 3 km/h et un écart type de 0.19.

Egalement la moyenne de notre site d'étude est plus que la moyenne de la station des salines pendant les 30ans (1976-2005).

➤ **Conductivité électrique, salinité et les solides dissous totaux :**

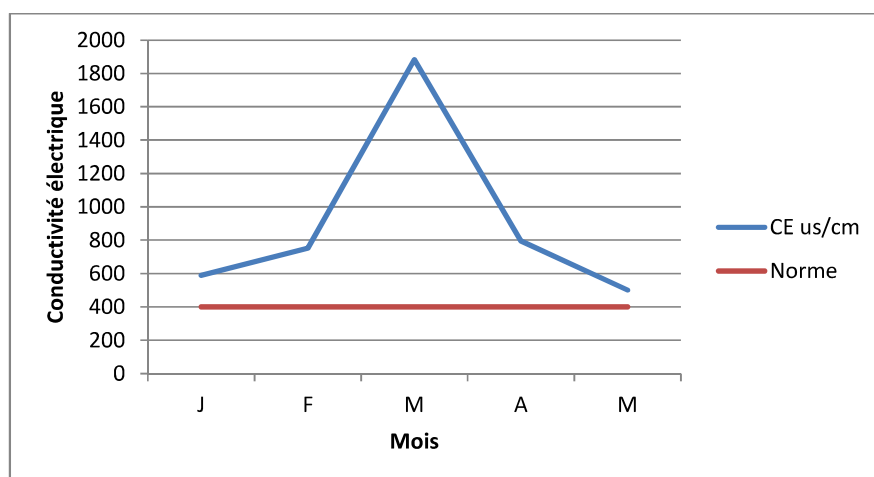
La conductivité est un paramètre important dans la mesure où elle reflète la minéralisation globale de l'eau. Elle varie de 501 à 795  $\mu\text{s}/\text{cm}$  comme valeur maximale avec une moyenne de 683  $\mu\text{s}/\text{cm}$  et un écart type de 130.84. Les valeurs de la salinité varient entre 0.2 et 0.4 g/l comme une valeur maximale avec une moyenne de 0.28 g/l et un écart type de 0.08 (Tab. 26).

**Tableau 26 :** valeurs globales de la conductivité, salinité et TDS (Janvier-Mai 2016)

paramètres	Min	Max	Moye	E. Type	Norme
CE ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	501	795	683	130.84	400
Salinité (g/l)	0.2	0.4	0.28	0.08	/
TDS (g/l)	321	508	451	76.46	/

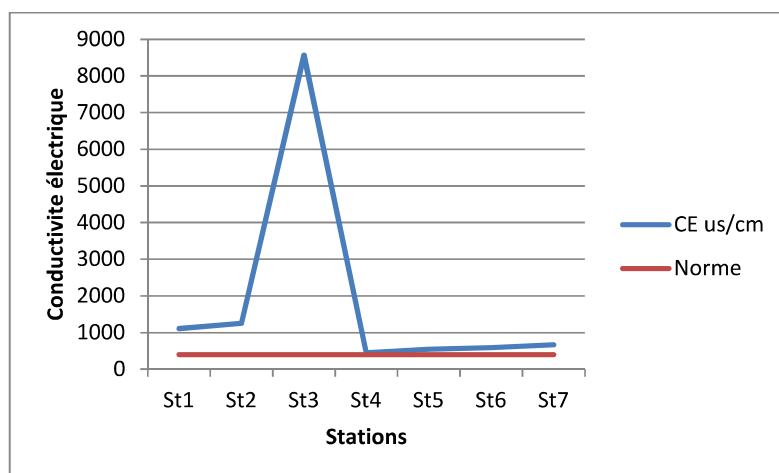
La TDS varie de 321 à 508 g/l comme valeur maximale avec une moyenne de 451 g/l et un écart type de 76.46 (Tab. 26).

La figure 19 montre que le temps du la conductivité électrique est définie par des valeurs élevées dans le mois d'Avril et faibles dans le mois de Mai.



**Figure 19 :** variation temporelle de la conductivité électrique (Janvier-Mai 2016)

Toutefois, la figure 20 montre que la variation dans l'espace de la conductivité électrique est définie par des valeurs élevées à l'amont de l'oued et faibles à l'aval de l'oued alors qu'au milieu les valeurs sont moyennement élevées qui dépassent la valeur guide de l'OMS dans toute les mois qu'indique que notre eau est relativement minéralisée.

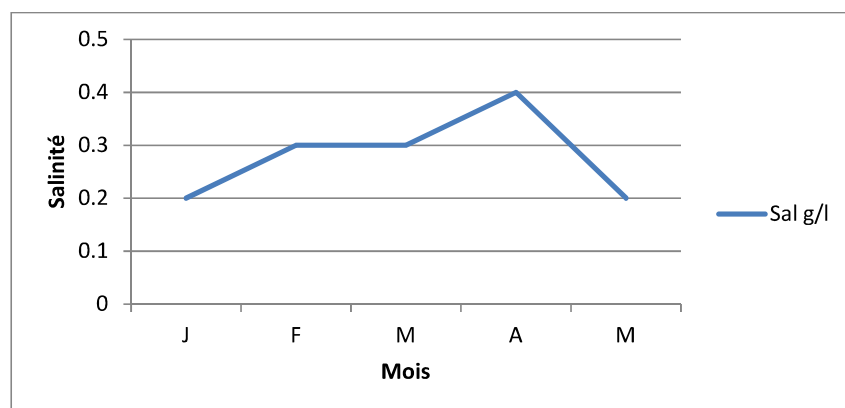


**Figure 20** : variation spatiale de la conductivité électrique (Mars 2016)

La figure 20 donne un aperçu sur les variations de la conductivité électrique au niveau des points mesurés.

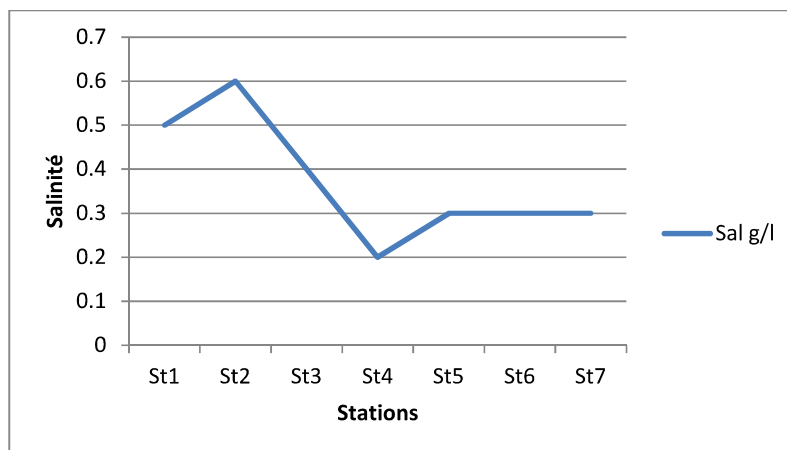
Ainsi, nous remarquons une augmentation de Janvier à Février et continue d'augmenter jusqu'au mois de Mars par effet d'évaporation puis une diminution brusque dans le mois d'Avril jusqu'au mois de Mai et ceci est dû à l'effet de dilution encouragé par les précipitations ou par les eaux d'irrigation (Fig. 19). Egalement, nous remarquons en direction amont-aval une augmentation du « S1 » à « S2 » et continue d'augmenter vers la « S3 » (valeur plus élevée) puis elle diminue vers « S4 » ensuite une nouvelle faible augmentation jusqu'à la « S7 ».

Pour la salinité, la figure 21 montre que la variation dans le temps de la salinité est défini par des valeurs élevées dans le mois d'Avril et faibles dans les mois de Janvier et Mai.



**Figure 21** : variation temporelle de la salinité (Janvier-Mai 2016)

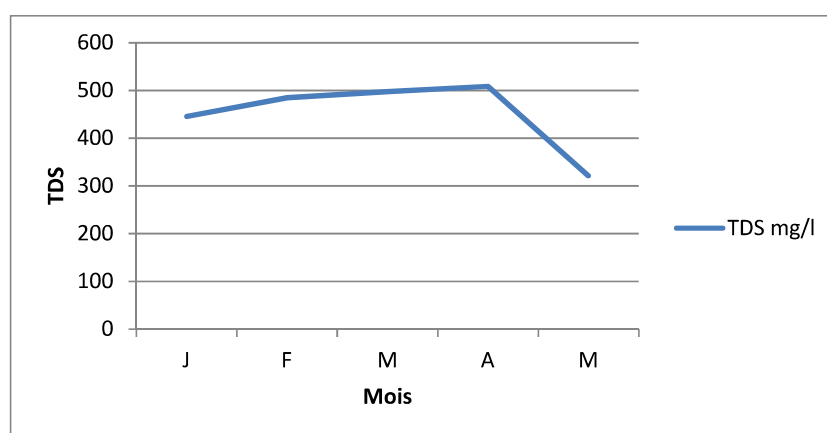
Toutefois, la figure 22 montre que la variation dans l'espace de la salinité est définie par des valeurs élevées à l'amont de l'oued et faibles à l'aval de l'oued alors qu'au milieu les valeurs sont moyennement élevées.



**Figure 22** : variation spatiale de la salinité (Mars 2016)

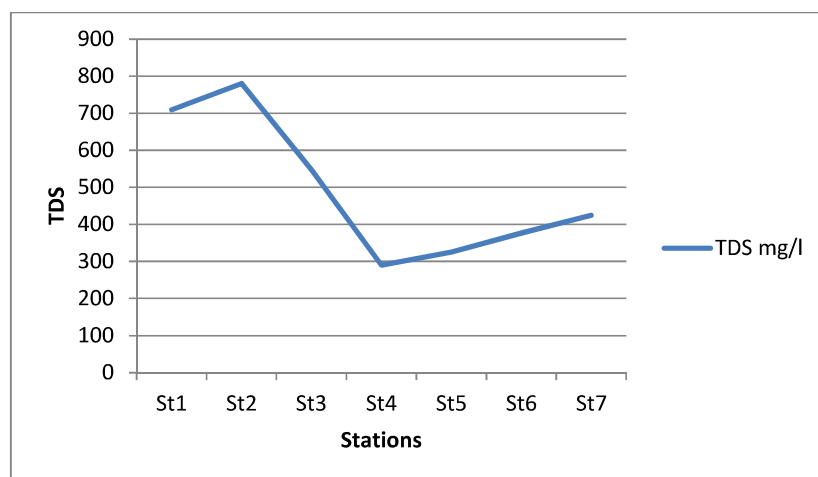
Ainsi, nous remarquons une augmentation de la salinité du mois de Janvier vers le mois de Février puis une stabilisation de le mois de Février a le mois de Mars, ensuite une augmentation de mois de Mars vers le mois d'Avril par l'effet d'évaporation enfin une diminution par l'effet de dilution dans le mois d'Avril jusqu'à le mois de Mai (Fig. 21). Egalement, nous remarquons une irrigation dans les 5 stations « S1 a S5 » puis une stabilisation de la « S5 » jusqu'à « S7 ».

Ainsi, la figure 23 montre que la variation dans le temps de la TDS est défini par des valeurs élevées dans le mois d'Avril et faibles dans le mois de Mai.



**Figure 23** : variation temporelle de la TDS (Janvier-Mai 2016)

Toutefois, la figure 24 montre que la variation dans l'espace de la TDS est défini par des valeurs élevées à l'amont de l'oued et faibles à l'aval de l'oued alors qu'au milieu es valeurs sont moyennement élevées.



**Figure 24** : variation spatiale de TDS (Mars 2016)

Ainsi, nous remarquons une augmentation de mois de Janvier jusqu'à le mois d'Avril par l'effet de l'évaporation puis une diminution du mois d'Avril au mois de Mai par l'effet de dilution (Fig. 23). Egalement, nous remarquons une irrégularité dans les 4 stations « S1 à S4 » puis une augmentation de la station « S4 » jusqu'à la station « S7 ».

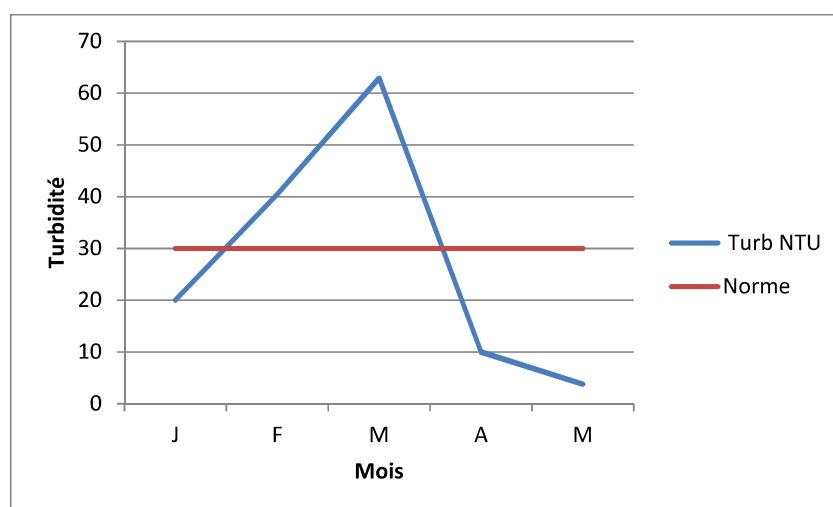
#### ➤ **Turbidité :**

La turbidité varie de 3.8 à 62.9 NTU comme une valeur maximale avec une moyenne de 26 NTU et un écart type de 24.53 (Tab. 27).

**Tableau 27** : valeurs globales de la turbidité (Janvier-Mai 2016)

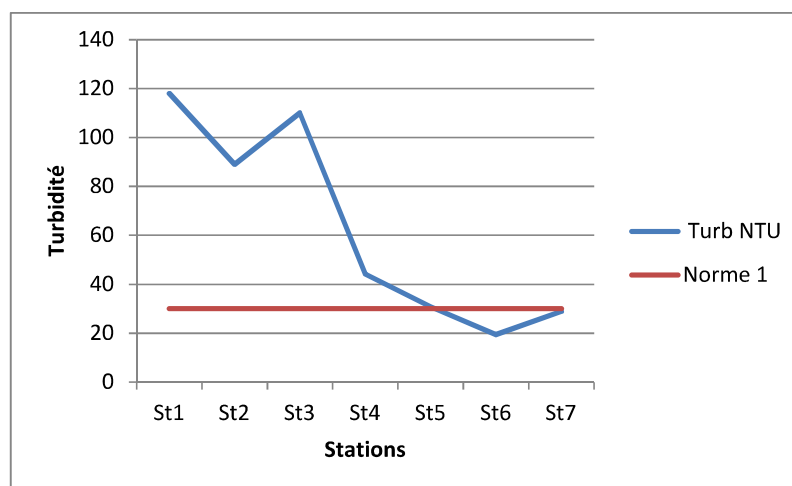
Paramètre	Min	Max	Moye	E. Type	Norme
Turbidité(NTU)	3.8	62.9	26	24.53	30

La figure 25 montre que la variation dans le temps de la turbidité est définie par des valeurs élevées dans le mois de Mars et faibles dans le mois de Mai.



**Figure 25** : variation temporelle de la turbidité (Janvier-Mai 2016)

Toutefois, la figure 26 montre que la variation dans l'espace de la turbidité est défini par des valeurs élevées à l'amont de l'oued et faibles à l'aval alors qu'au milieu les valeurs sont moyennement élevées.



**Figure 26** : variation spatiale de la turbidité (Mars 2016)

Ainsi ; nous remarquons une augmentation du mois de Janvier jusqu'au mois de Mars puis une diminution du mois de Mars jusqu'au mois de Mai. Egalement, l'eau des 7 stations est relativement trouble se que favorise l'activité bactérienne à l'exception du « S6 ».

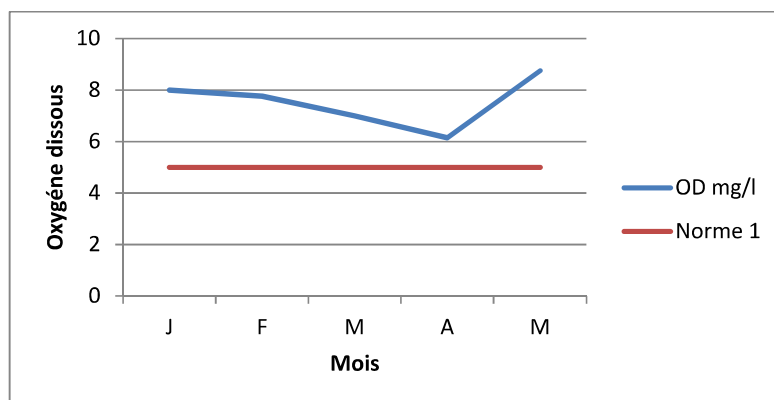
➤ **Oxygène dissous :**

L'oxygène dissous varie de 7 à 8.75 mg/l comme une valeur maximale avec une moyenne de 7 mg/l et un écart type de 0.99 (Tab. 28).

**Tableau 28 :** valeurs globale de l'oxygène dissous (Janvier-Mai 2016)

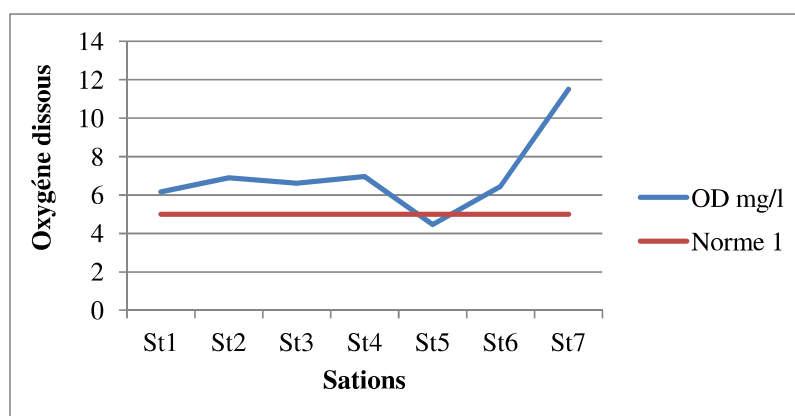
Paramètre	Min	Max	Moye	E. Type	Norme
OD (mg/l)	7	8.75	7	0.99	5

La figure 27 montre que dans le temps l'oxygène dissous est défini par des valeurs élevées dans le mois de Mai et faibles dans le moi de Mars.



**Figure 27 :** variation temporelle de l'oxygène dissous (Janvier –Mars 2016)

Toutefois, la figure 28 montre que la variation dans l'espace de l'oxygène dissous est défini par des valeurs faibles à l'amont de l'oued et élevées à l'aval alors qu'au milieu les valeurs sont moyennement faibles.



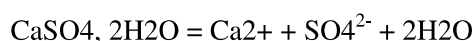
**Figure 28 :** variation spatiale de l'oxygène dissous (Mars 2016)

Ainsi, nous remarquons une diminution du mois de Janvier jusqu'à le mois d'Avril par l'effet de dilution puis une augmentation du mois d'Avril au mois de Mai. Les valeurs de l'oxygène dissous dépassent la norme étant la valeur minimale indiquée par Rodier pour la vie aquatique (Fig. 27). Egalement, nous remarquons que l'eau des sept stations est assez suffisante pour la vie aquatique à l'exception de la cinquième station qui est au dessous de la valeur guide (norme).

## 2. Les paramètres de pollution naturelle :

### ➤ Calcium ( $\text{Ca}^{+2}$ ) :

Les ions  $\text{Ca}^{2+}$  dans l'eau peuvent provenir soit de la dissolution des formations carbonatées soit la dissolution des formations gypseuses soit des deux en même temps.

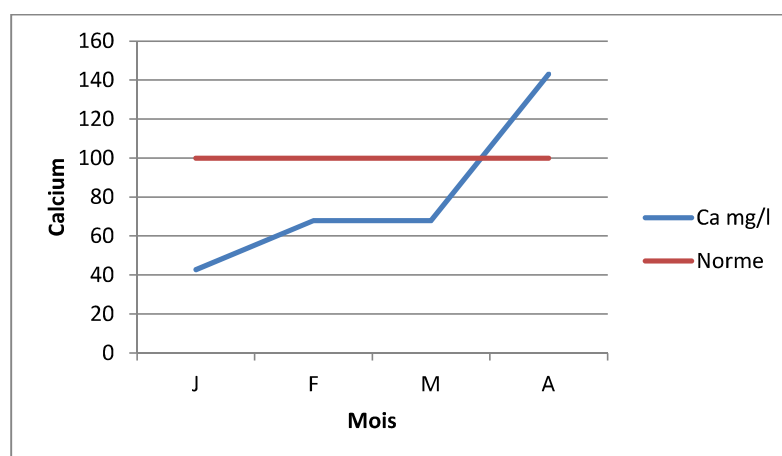


Le calcium varie de 12.7 à 143 mg/l comme une valeur maximale avec une moyenne de 80 mg/l et un écart type de 43.38 (Tab. 29).

**Tableau 29** : valeurs globales de Calcium (Janvier-Avril 2016)

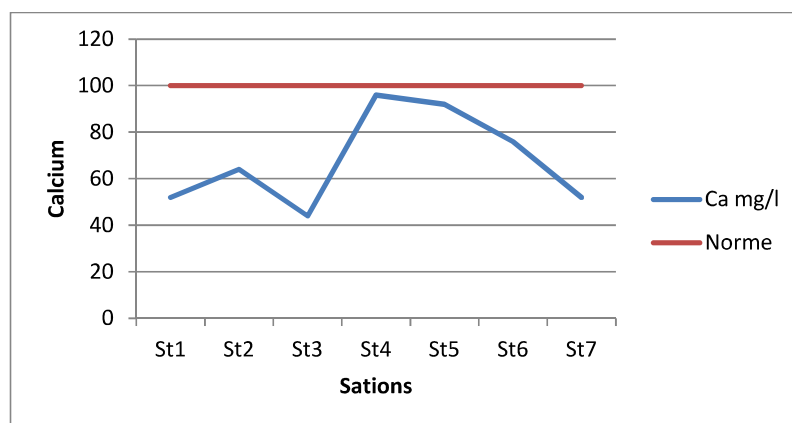
Paramètre	Min	Max	Moye	E. Type	Norme
$\text{Ca}^{2+}$ (mg/l)	42.7	143	80	43.38	100

La figure 29 montre que la variation dans le temps du calcium est défini par des valeurs élevées dans le mois d'Avril et faibles dans le mois de Janvier.



**Figure 29** : variation temporelle de calcium (Janvier – Avril 016)

Toutefois, la figure 30 montre que la variation dans l'espace du calcium est définie par des valeurs faibles à l'amont et l'aval de l'oued Bounamoussa alors qu'au milieu les valeurs sont moyennement élevées.

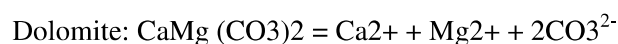
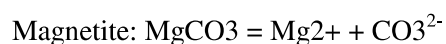


**Figure 30** : variation spatiale de calcium (Mars 2016)

Ainsi, nous remarquons une augmentation du mois de Janvier au mois de Février puis une stabilisation pendant les mois de Février et de Mars ensuit, une augmentation de mois de Mars au mois d'avril .seulement les valeurs de mois d'Avril qui dépassent la norme de potabilité indique par l'OMS qui indique l'influence des formations calcaires (Fig. 29). Egalement, nous remarquons une irrégularité du « S1 » jusqu'à la « S7 ».

#### ➤ Magnésium ( $Mg^{2+}$ ) :

Cet élément accompagne souvent le calcium dans la nature, il provient de la dissolution des formations carbonatées à fortes teneurs en magnésium (magnésite et dolomite).

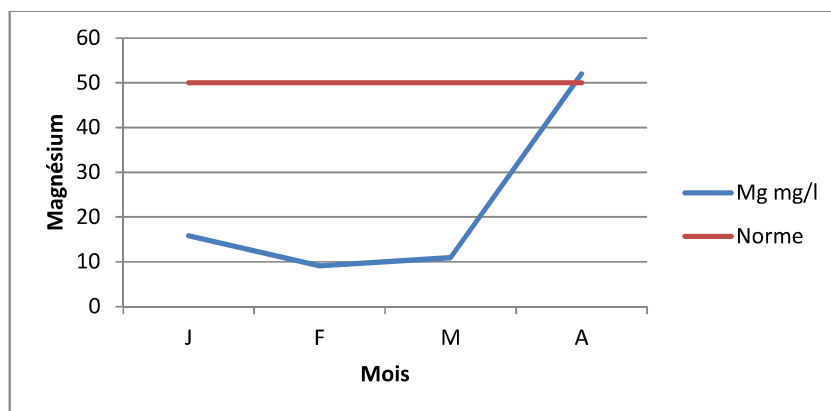


Il varie de 9.11 à 52 mg/l comme une valeur maximale avec une moyenne de 21 mg/l et un écart type de 20.22 (Tab. 30).

**Tableau 30** : valeur globales de Magnésium (Janvier-Avril 2016)

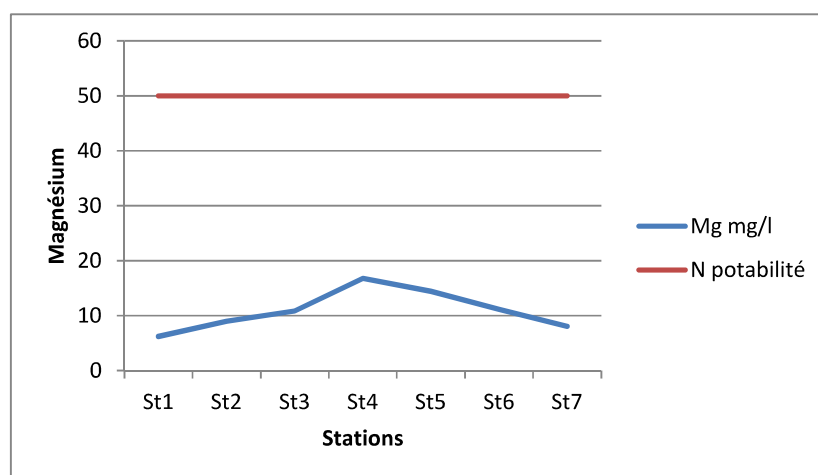
paramètre	Min	Max	Moye	E. Type	Norme
$Mg^{2+}$ (mg/l)	9.11	52	21	20.22	50

La figure 31 montre que la variation dans le temps du magnésium est défini par des valeurs élevées dans le mois d'Avril et faibles dans le mois de Février.



**Figure 31** : variation temporelle de magnésium (Janvier-Avril 2016)

Toutefois, la figure 32 montre que la variation dans l'espace du magnésium est définie par des valeurs faibles à l'amont et l'aval de l'oued alors qu'au milieu les valeurs sont moyennement élevées.



**Figure 32** : variation spatiale de magnésium (Mars 2016)

Ainsi, nous remarquons une diminution du mois de Janvier à Février puis une faible augmentation au mois de Mars et continue d'augmenter jusqu'à le mois d'Avril ou il dépasse les normes de potabilité de l'OMS seulement dans le mois d'Avril les autres sont dans la norme (Fig. 31). Egalement, nous remarquons une augmentation du « S1 » à la « S3 » et continu d'augmenter jusqu'à la « S4 » qui termine par une diminution à la « S7 ».

➤ **Potassium ( $K^+$ ) :**

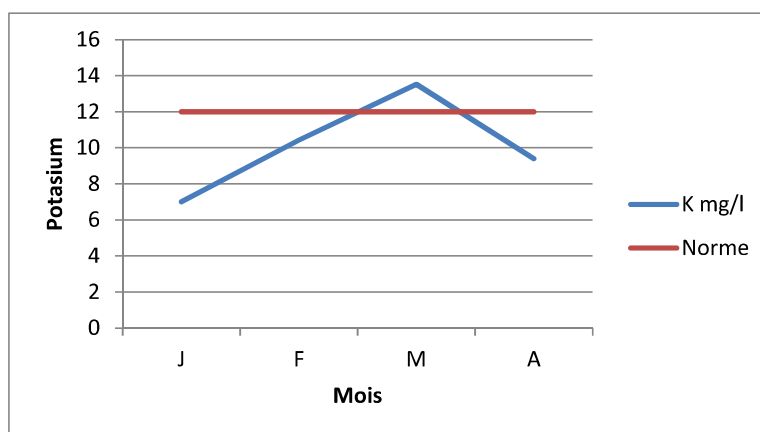
Le potassium peut provenir soit de l'altération des formations silicatées (gneiss, schiste), soit des argiles potassiques et de la dissolution des engrais chimiques (NPK).

Il varie de 7 à 13.52 mg/l comme une valeur maximale avec une moyenne de 10 mg/l et un écart type de 2.7 (Tab. 31).

**Tableau 31** : valeurs globales de potassium (Janvier-Avril 2016)

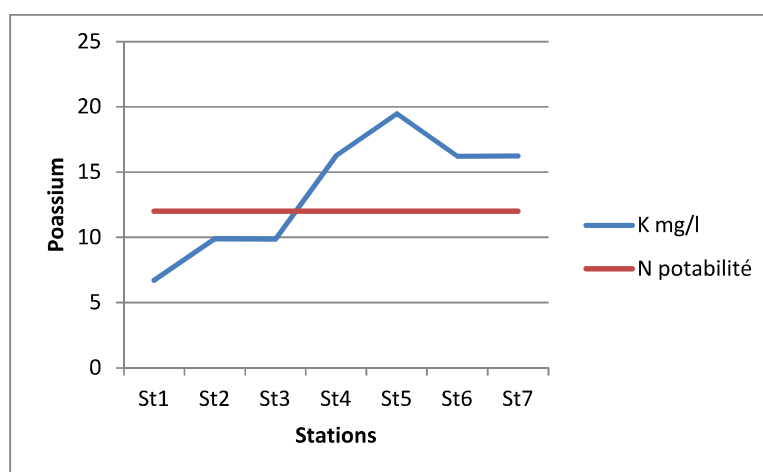
Paramètre	Min	Max	Moye	E. Type	Norme
$K^+$ (mg/l)	7	13.52	10	2.7	12

La figure 33 montre que la variation dans le temps du potassium est défini par des valeurs élevées dans le mois de Mars et faibles dans le mois de Janvier.



**Figure 33** : variation temporelle de potassium (Janvier-Avril 2016)

Toutefois, la figure 34 montre que la variation dans l'espace du potassium est définie par des valeurs faibles à l'amont de l'oued et élevées à l'aval du même oued alors qu'au milieu les valeurs sont moyennement élevées.



**Figure 34** : variation spatiale de potassium (Mars 2016)

Ainsi, nous remarquons une augmentation du mois de Janvier jusqu'à le mois de Mars puis une diminution du mois de Mars vers le mois d'Avril. Dans le mois de Mars la valeur du potassium dépasse la norme de potabilité de l'OMS (Fig. 33).

Egalement, nous remarquons une irrégularité dans les sept stations du mois de Mars.

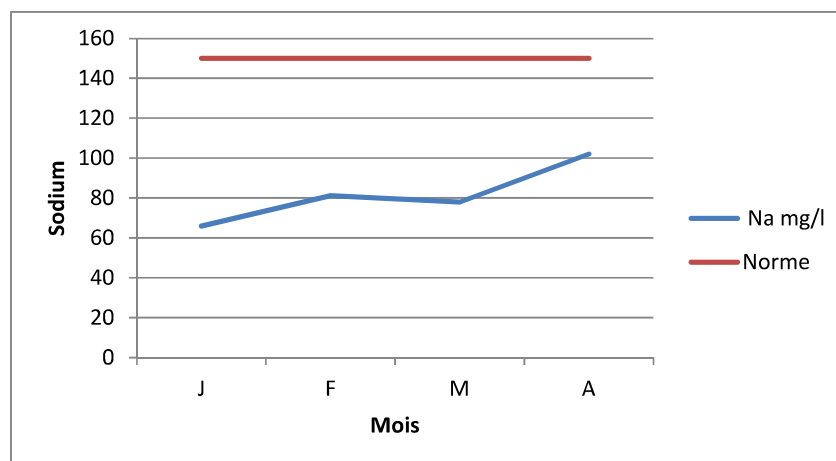
➤ **Sodium ( $\text{Na}^+$ ) :**

Le sodium varie de 66 à 102 mg/l comme une valeur maximale avec une moyenne de 81 mg/l et un écart type de 14.97 (Tab. 32).

**Tableau 32** : valeurs globales de sodium (Janvier-Avril 2016)

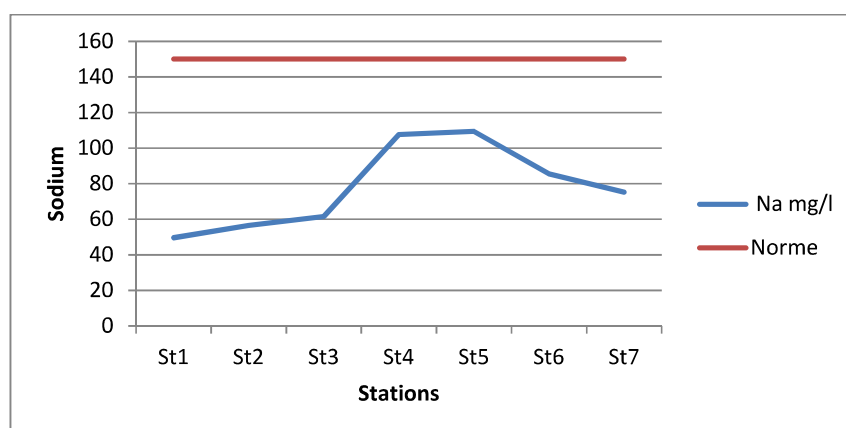
Paramètre	Min	Max	Moye	E. Type	Norme
$\text{Na}^+$ (mg/l)	66	102	81	14.97	150

La figure 35 montre que la variation dans le temps du sodium est défini par des valeurs élevées dans le mois d'Avril et faibles dans le mois de Janvier.



**Figure 35** : variation temporelle de sodium (Janvier-Avril 2016)

Toutefois, la figure 36 montre que la variation dans l'espace du sodium est définie par des valeurs faibles à l'amont de l'oued et élevées à l'aval du même oued alors qu'au milieu les valeurs sont moyennement élevées.



**Figure 36** : variation spatiale de sodium (Mars 2016)

Ainsi, nous remarquons une augmentation du mois de Janvier au mois du Février puis une stabilisation jusqu'à le mois d'Avril ou les valeurs ne dépassent pas la norme de potabilité de l'OMS (Fig. 35). Egalement, nous remarquons une augmentation de « S1 » à « S3 » et continue d'augmenter jusqu'à « S4 » puis une stabilisation jusqu'à « S5 » ensuite une diminution à « S6 » et continue de diminuer jusqu'à « S7 ».

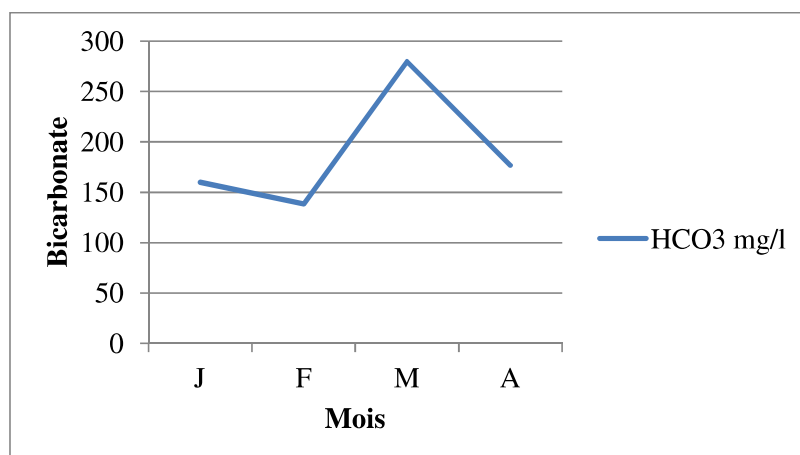
➤ **Bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ) :**

La présence des bicarbonates dans l'eau est due à la dissolution des formations carbonatées. Les bicarbonates varient de 160 à 279.7 mg/l comme une valeur maximale avec une moyenne de 188 mg/l et un écart type de 62.69 (Tab. 33)

**Tableau 33** : valeurs globales des bicarbonates (Janvier-Avril 2016)

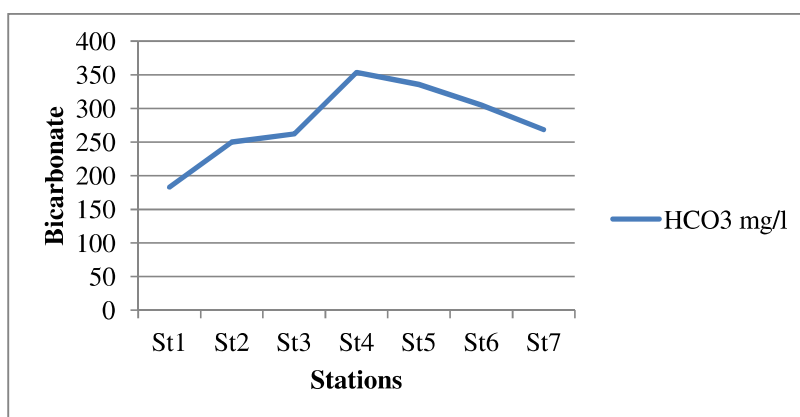
Paramètre	Min	Max	Moye	E. Type	Norme
$\text{HCO}_3^-$ (mg/l)	160	279.7	188	62.69	/

La figure 37 montre que la variation dans le temps des bicarbonates est définie par les valeurs élevées dans le mois de Mars et faibles dans le mois de Janvier.



**Figure 37** : variation temporelle de bicarbonate (Janvier-Avril 2016)

Toutefois, la figure 38 montre que la variation dans l'espace du bicarbonate est définie par des valeurs faibles à l'amont de l'oued et élevées l'aval de l'oued alors qu'au milieu les valeurs sont moyennement élevées.



**Figure 38** : variation spatiale des bicarbonates (Mars 2016)

Ainsi, nous remarquons une irrégularité au cours de la période d'étude (Fig. 37). Egalement, nous remarquons une augmentation continue du « S1 » jusqu'à « S4 » puis une diminution continue aussi du « S4 » à « S7 ».

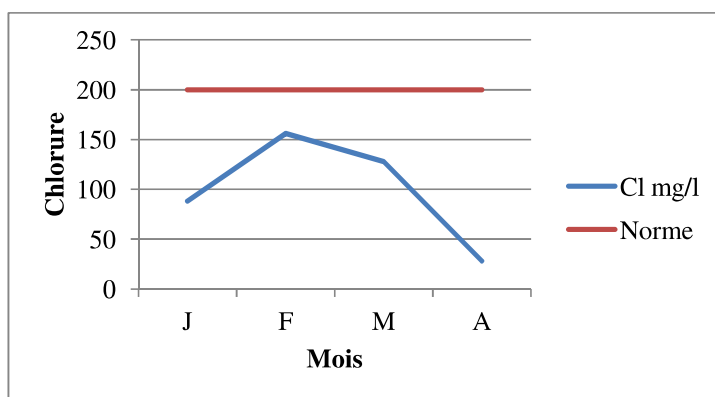
➤ **Chlorure (Cl<sup>-</sup>) :**

Les chlorures varient de 28 à 156.2 mg/l comme une valeur maximale avec une moyenne de 100 mg/l et un écart type de 2.70 (Tab. 34).

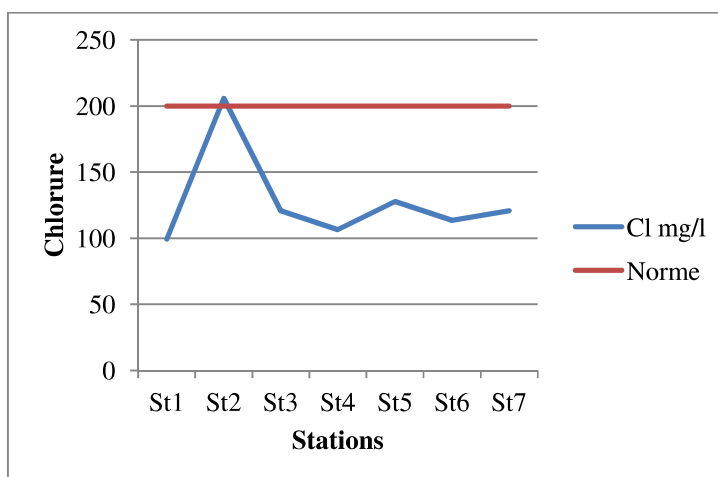
**Tableau 34** : valeurs globales de chlorure (Janvier-Avril 2016)

Paramètre	Min	Max	Moye	E. Type	Norme
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	28	156.2	100	2.70	200

La figure 39 montre que la variation dans le temps du chlorure est définie par des valeurs élevées dans le mois de Février et Faibles dans le mois d'Avril.

**Figure 39** : variation temporelle de chlorure (Janvier-Avril 2016)

Toutefois, la figure 40 montre que la variation dans l'espace des chlorures est définie par des valeurs élevées à l'amont et à l'aval de l'oued alors qu'au milieu les valeurs sont moyennement élevées.

**Figure 40** : variation spatiale des chlorures (Mars 2016)

Ainsi, nous remarquons une augmentation du mois Janvier à Février puis une diminution du mois de Février à le mois du Mars et continue de diminuer jusqu'à le mois

d'Avril (Fig. 39). Les valeurs sont à la norme valide de la potabilité de l'OMS. Egalement, nous remarquons une irrégularité au cours des 7 stations.

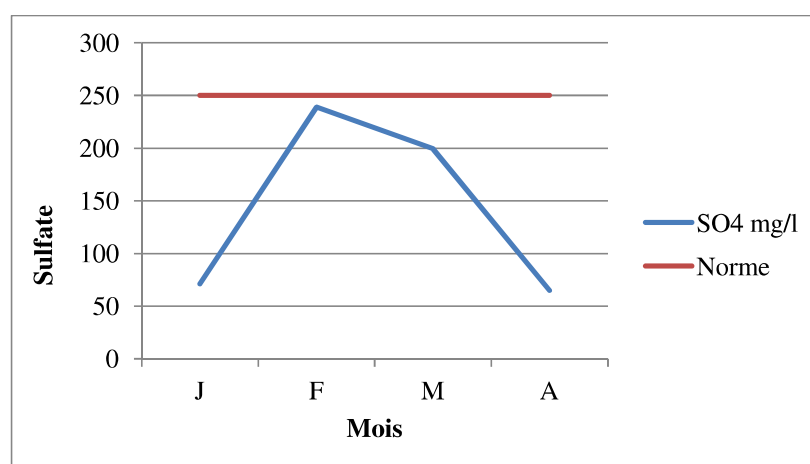
➤ **Sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) :**

Les sulfates varient de 65 à 239 mg/l comme une valeur maximale avec une moyenne de 143 mg/l et un écart type de 88.8 (Tab. 35).

**Tableau 35** : valeurs globales de sulfate (janvier-Avril 2016)

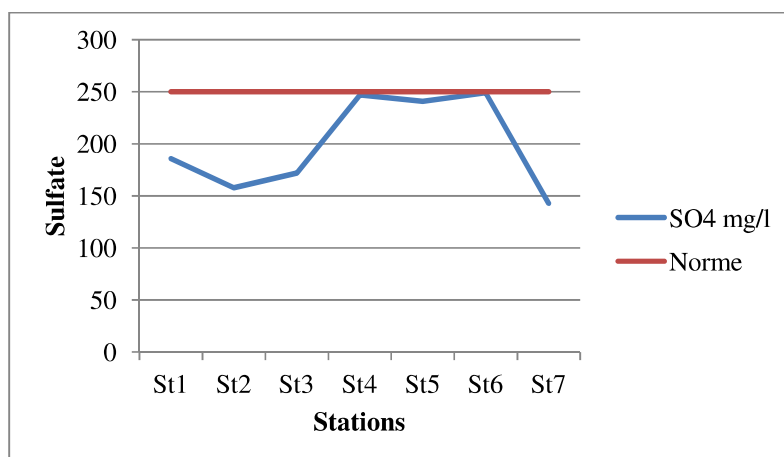
Paramètre	Min	Max	Moye	E. Type	Norme
$\text{SO}_4^{2-}$ (mg/l)	65	239	143	88.8	250

La figure 41 montre que la variation dans le temps de sulfate est définie par des valeurs élevées dans le mois de Février et faibles dans le mois d'Avril.



**Figure 41** : variation temporelle de sulfate (Janvier-Avril 2016)

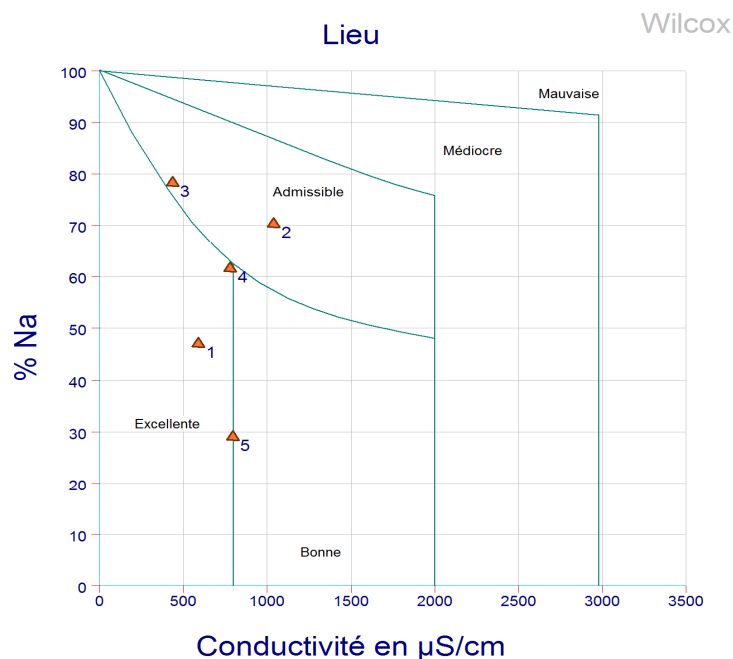
Toutefois, la figure 42 montre que la variation dans l'espace du sulfate est définie par des valeurs élevées à l'amont et faibles à l'aval de l'oued alors qu'au milieu sont moyennement élevées.



**Figure 42** : variation spatiale de sulfate (Mars 2016)

Ainsi, nous remarquons une augmentation de mois de Janvier à Février puis une diminution à le mois de Mars et continue de diminue jusqu'à le mois d'Avril, sont des valeurs qui ne dépassent pas la norme de potabilité de l'OMS (Fig. 41). Egalement, nous remarquons une irrégularité des valeurs dans les sept stations.

**3. Qualité des eaux d'irrigation :**



**Figure 43** : diagramme de wilcox

D'après le diagramme de wilcox les eaux de l'oued Bounamoussa sont primordialement relativement de bonne qualité et admissible pour l'irrigation.

#### 4. Les indicateurs de pollution :

##### ➤ Nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) :

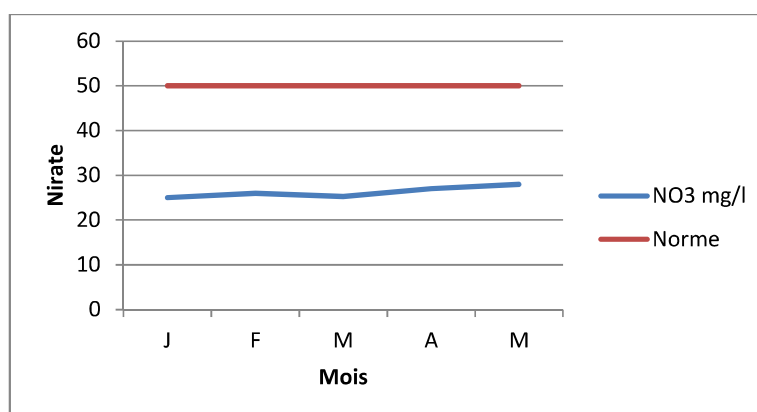
Les nitrates constituent la forme oxydée finale de l'azote. Leur présence dans l'eau atteste d'une bonne récupération en cas de pollution organique.

Nitrate varie de 25 à 28 mg/l comme une valeur maximale avec une moyenne de 26mg/l et un écart type de 1.25 (Tab. 36).

**Tableau 36** : valeurs globales de nitrate (Janvier-Mai 2016)

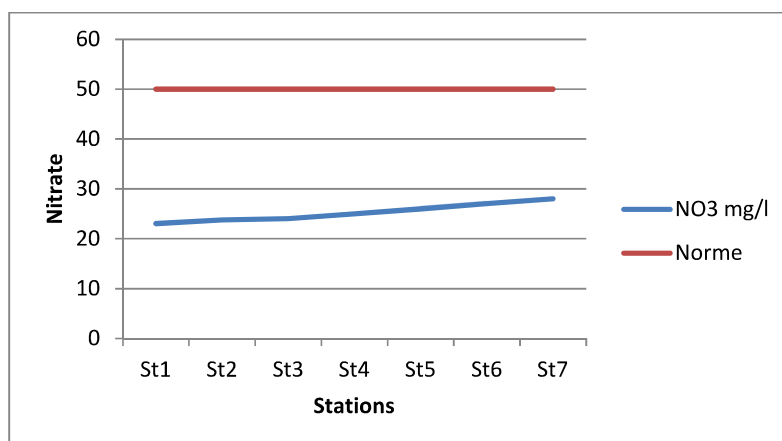
Paramètre	Min	Max	Moye	E. Type	Norme
$\text{NO}_3^-$	25	28	26	1.25	50

La figure 44 montre que la variation dans le temps des nitrates est définie par des valeurs élevées dans le mois de Mai e des faibles valeurs dans le mois de Février.



**Figure 44** : variation temporelle de nitrate (Janvier-Avril 2016)

Toutefois, la figure 45 montre que la variation dans l'espace du nitrate est définie par des valeurs faibles à l'amont et élevées à l'aval de l'oued alors qu'au milieu les valeurs sont moyennement faibles.



**Figure 45** : variation spatiale de nitrate (Mars 2016)

Ainsi, nous remarquons une augmentation pendant les 5 mois, les valeurs ne dépassent pas la norme de potabilité qui signifie que notre eau n'est pas eutrophiée c'est-à-dire que l'eutrophisation est nulle (Fig. 44). Également, nous remarquons une augmentation continue dans les sept stations.

➤ **Nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ) :**

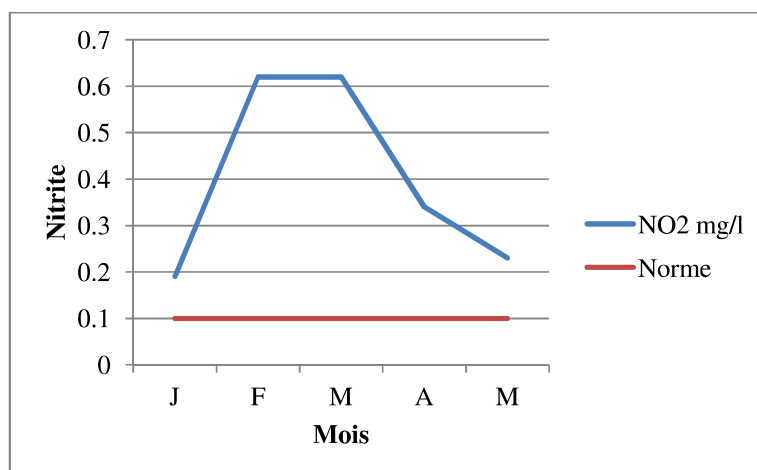
Ils représentent la forme de passage entre les nitrates et l'ammonium. Il s'agit d'une forme toxique, moins oxygénée et moins stable.

Nitrite varie de 0.19 à 0.62 mg/l comme une valeur maximale avec une moyenne de 0.4 mg/l et un écart type de 0.20 (Tab. 37).

**Tableau 37** : valeurs globales des nitrites (Janvier-Mai 2016)

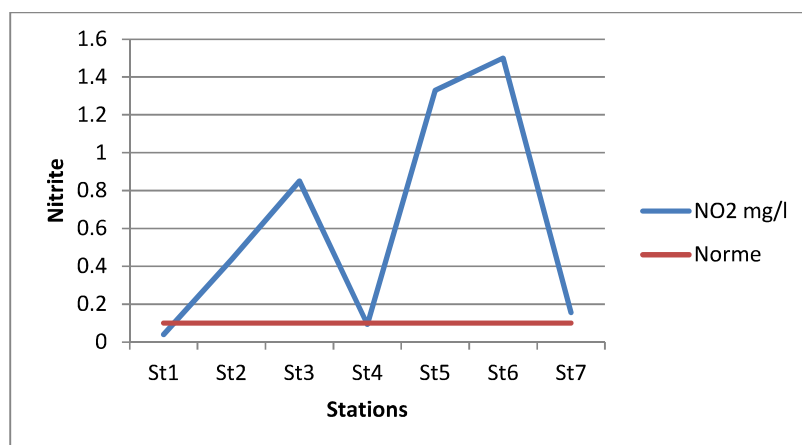
Paramètre	Min	Max	Moye	E. Type	Norme
$\text{NO}_2^-$ (mg/l)	0.19	0.62	0.4	0.2	0.1

La figure 46 montre que la variation dans le temps du nitrite est définie par des valeurs élevées dans les mois de Février et Mars et des faibles valeurs dans le mois de Janvier.



**Figure 46** : variation temporelle de nitrite (Janvier-Mai 2016)

Toutefois, la figure 47 montre que la variation dans l'espace du nitrite est définie par des valeurs faibles à l'amont et à l'aval de l'oued alors qu'au milieu les valeurs sont moyennement élevées.



**Figure 47** : variation spatiale de nitrite (Mars 2016)

Ainsi, nous remarquons une augmentation du mois de Janvier à Février puis une stabilisation du mois de Février à le mois de Mars ensuite, une diminution du mois de Mars à le mois d'Avril et continue du diminue jusqu'à le mois de Mai. Les valeurs dépassent la norme de potabilité de l'OMS ce qui signifie la forte pollution des eaux par les nitrites (Fig. 46), ces concentrations reflètent la présence d'une source de contamination au voisinage tel que l'agriculture. Egalement, nous remarquons une augmentation dans les sept stations.

➤ **Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) :**

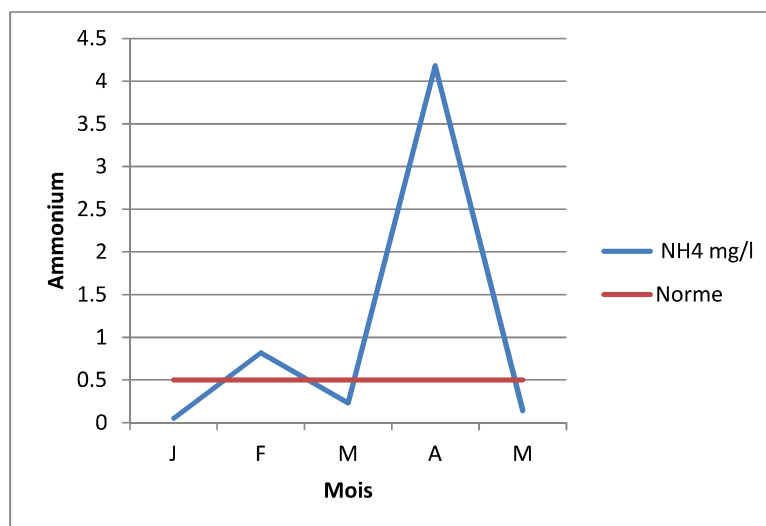
Il est considéré comme la forme d'azote la plus toxique, sa présence dans les eaux profondes résulte le plus souvent de la décomposition anaérobie de matières organiques azotées (Detay, 1993).

L'ammonium varie de 0.05 à 4.18 mg/l comme une valeur maximale avec une moyenne de 1 mg/l et un écart type de 1.75 (Tab. 38).

**Tableau 38** : valeurs globales de l'ammonium (Janvier-Mai 2016)

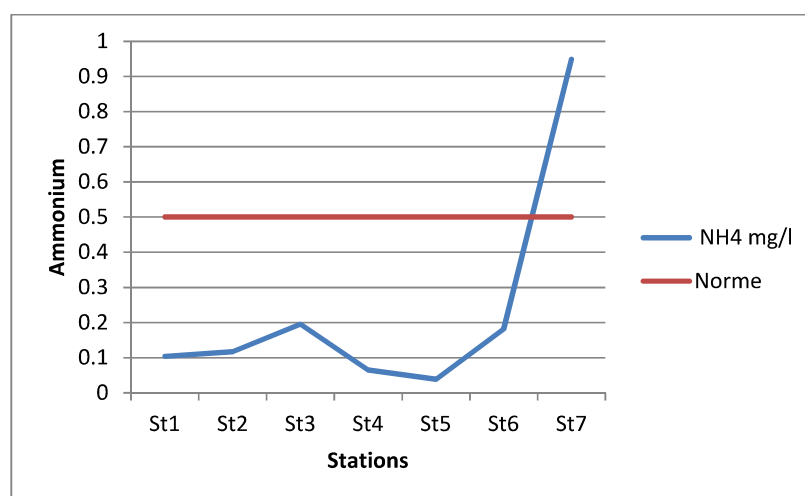
Paramètre	Min	Max	Moye	E. Type	Norme
$\text{NH}_4^+$ (mg/l)	0.05	4.18	1	1.75	0.25

La figure 48 montre que la variation dans le temps de l'ammonium est définie par des valeurs faibles à l'amont de l'oued et élevées à l'aval alors qu'au milieu les valeurs sont moyennement faibles.



**Figure 48** : variation temporelle de l'ammonium (Janvier-Mai 2016)

Toutefois, la figure 49 montre que la variation dans l'espace de l'ammonium est définie par des valeurs faibles à l'amont et élevées à l'aval de le même oued alors qu'au milieu les valeurs sont moyennement faibles.



**Figure 49** : variation spatiale de l'ammonium (Mars 2016)

Ainsi, nous remarquons une irrégularité pendant les 5 mois de prélèvement, leurs valeurs dépassent les normes de potabilité de l'OMS qui signifie une forte pollution de l'eau de l'oued objet d'étude (Fig. 48). L'origine de cette pollution est liée soit au rejet domestique soit par la réduction des formes azotées. Egalement, nous remarquons une irrégularité des valeurs qui ne dépasse pas la norme à l'exception de la « S7 ».

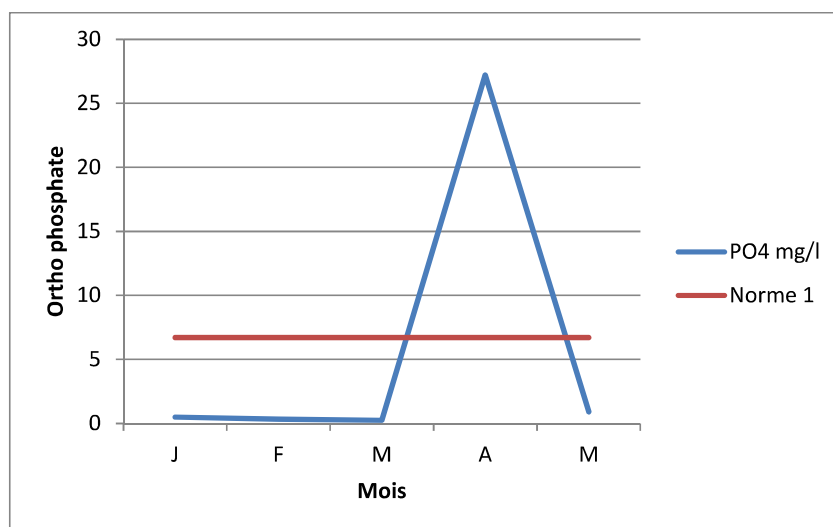
➤ **Ortho phosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) :**

Le phosphore est un élément assez rare mais indispensable à tous les êtres vivants. Il est assimilable par les êtres vivants sous forme oxydée ou sous forme organique dans la nature. Il varie de 0,24 à 27,2 mg/l comme une valeur maximale avec une moyenne de 5 mg/l et un écart type de 11,94 (Tab. 38).

**Tableau 39** : valeurs globales du phosphore (Janvier-Mai 2016)

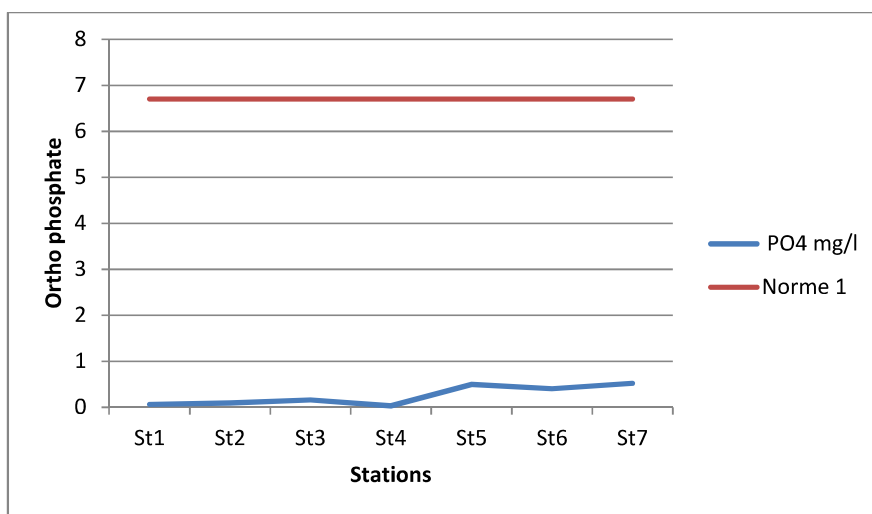
Paramètre	Min	Max	Moye	E. Type	Norme
$\text{PO}_4^{3-}$ (mg/l)	0,24	27,2	5	11,94	2,7

La figure 50 montre que la variation dans le temps du phosphore est définie par des valeurs faibles à l'amont de l'oued et élevées à l'aval de l'oued alors qu'au milieu les valeurs sont faibles.



**Figure 50** : variation temporelle du Phosphore (Janvier-Avril 2016)

Toutefois, la figure 51 montre que la variation dans l'espace du phosphore est définie par des valeurs faibles à l'amont de l'oued et élevées à l'aval de l'oued alors qu'au milieu les valeurs sont moyennement faibles.



**Figure 51** : variation spatiale du phosphore (Mars 2016)

Ainsi, nous remarquons une stabilisation dans le mois de Janvier jusqu'à le mois de Mars puis une augmentation du mois de Mars au mois d'avril puis une diminution du mois d'Avril à le mois de Mai, les valeurs ne dépassent pas la norme de potabilité de l'OMS à l'exception du mois d'Avril qui explique l'eutrophisation de l'eau liée aux rejets urbains ou à

la dissolution des engrais (Fig. 50). Egalement, nous remarquons une irrégularité dans le même mois qui ne dépasse pas la norme de potabilité.

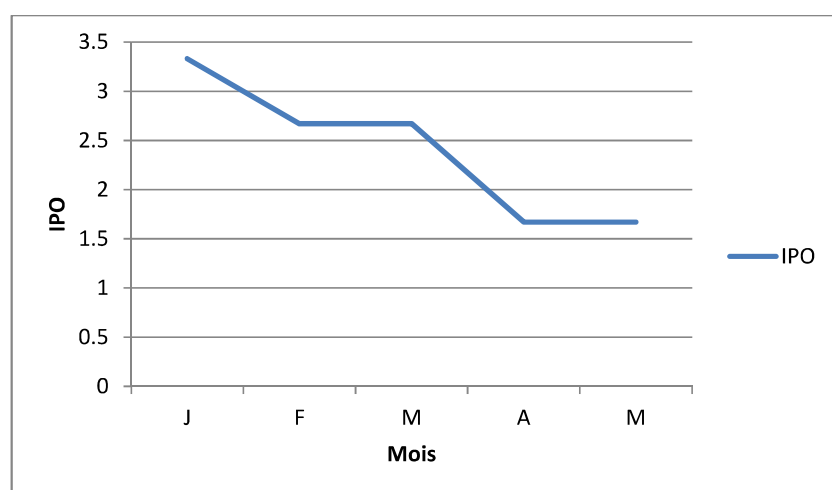
### 5. Indice de pollution organique « IPO » :

L'IPO varie de 1.67 à 3.33 comme une valeur maximale avec une moyenne de 2 et un écart type de 0.72 (Tab. 39).

**Tableau 40** : valeurs globales de l'IPO

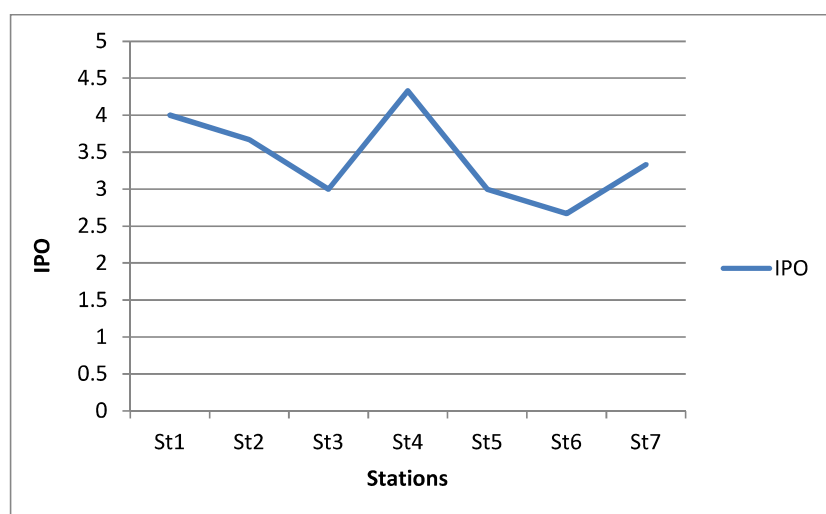
Paramètre	Min	Max	Moye	E. Type	Norme
IPO	1.67	3.33	2	0.72	/

La figure 52 montre que la variation dans le temps de l'IPO est définie par des valeurs élevées dans le mois de Janvier ce qu'explique une pollution modérée et de faibles valeurs dans les mois d'Avril et Mai se qui explique une forte pollution organique.



**Figure 52** : variation temporelle de l'IPO (Janvier-Mai 2016)

Toutefois, la figure 53 montre que la variation dans l'espace de l'IPO est définie par des valeurs élevées à l'amont de l'oued et de faibles valeurs à l'aval du même oued alors qu'au milieu les valeurs sont moyennement élevées.



**Figure 53** : variation spatiale de l'IPO (Mars 2016)

Ainsi, nous remarquons une irrégularité pendant les cinq mois d'étude (Fig. 52) et dans les sept stations (Fig. 53).

#### **6. Aspect bactériologique :**

Pour les analyses bactériologiques, les résultats de dénombrements des germes totaux (GT) et fécaux (GF) et les streptocoques fécaux (SF) sont caractérisés par une absence totale des microorganismes se qui signifie la bonne qualité bactériologique de l'eau de l'oued Bounamoussa.

#### **B. Les sols :**

Les sols de la région se caractérisent par un pH variant de 4.46 et 5.22 comme une valeur maximale avec une moyenne de 4.86. La conductivité électrique varie de 240 à 1150 et une moyenne de 630 se qui reflète une salinité de 0.1 à 0.5 avec une moyenne de 0.26 g/l.

Toutefois, la matière organique du sol est définie par des valeurs qui varient de 0 à 30% comme une valeur maximale avec une moyenne de 16 %.

**Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons démontré les résultats et la discussion de nos analyses effectuées. L'eau du l'oued Bounamoussa est caractérisée essentiellement par un faciès de type Bicarbonaté-Sodique, secondairement Sulfaté-Sodique.

Les paramètres physico-chimiques de l'eau de l'oued sont en générale dans les normes de potabilité recommandée par l'OMS, excepte de la turbidité qui dépasse les normes car les eaux de surface sont à l'origine moyennement turbides.

Les paramètres chimiques de l'eau de l'oued Bounamoussa démontrent l'existence d'une pollution chimique d'après les valeurs obtenues qui dépassent les normes de potabilité recommandée par l'OMS, comme celles de potassium, nitrite, ammonium et phosphore.

Pour l'étude bactériologique de l'eau de l'oued est de bonne qualité.



# Conclusion générale

Cette étude a été menée dans le but de déterminer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de l'oued Bounamoussa.

Le bassin versant de la Bounamoussa est situé à l'extrême Nord Est Algérien de superficie 1158 km<sup>2</sup>, il prend sa naissance à la hauteur de la ville de Bouhadjar par la confluence d'oued El Kebir et oued Bouhadjar.

Du point de vue climatique, il s'agit d'un bassin à un climat méditerranéen, caractérisé par deux saisons distinctes, l'une sèche et chaude et l'autre froide et humide.

Du point de vue géologique, la Bounamoussa est caractérisée par des formations allant du Tertiaire jusqu'au Quaternaire, présentant ainsi une lithologie très variée qui comprend essentiellement : les grès, les alluvions limoneuses, les marnes et les calcaires.

Le suivi spatio-temporel de plusieurs paramètres physico-chimiques des eaux de l'oued Bounamoussa nous a fourni l'image d'une pollution organique favorisée essentiellement par les nitrates, nitrites, ammonium et phosphates. Pour les paramètres physiques (*in situ*) : pH, température, conductivité électrique, salinité, TDS, oxygène dissous, les concentrations sont dans les normes à l'exception de la turbidité où les valeurs sont assez élevées pendant le mois de Mars dans la station « S1 » située en amont de l'oued, la station « S6 » située près d'une importante activité humaine (activité agricole), les taux élevés de nitrites et d'ammonium affectant ainsi une pollution azotée intense, les taux du phosphore sont assez élevés pendant le mois d'Avril à l'aval de l'oued qui caractérise une eutrophisation liée aux rejets urbains, la multiplication des algues et à l'accroissement de la charge organique. Alors que les nitrates sont dans les normes. D'une manière générale, les teneurs des éléments de pollution organique au niveau de ce cours d'eau évoluent de façon graduelle de l'amont vers l'aval.

Le suivi des indices de pollution organique (IPO) pendant les mois de prélèvement montrent que les premiers mois (Janvier, Février, Mars) la pollution organique est modérée et les faibles valeurs pendant les mois d'Avril et Mai montrent une forte pollution causée par l'augmentation de nitrite, ammonium et phosphore. Également, l'augmentation de ces paramètres favorise une multiplication anarchique des algues et un accroissement de la charge organique des eaux de l'oued.

Du point de vue microbiologique, les résultats que nous avons obtenus au niveau des eaux de l'oued Bounamoussa nous exposent une absence totale des microorganismes ce qui signifie relativement la bonne qualité bactériologique des eaux de l'oued objet d'étude.

Ces eaux peuvent être donc utilisées en irrigation tel qu'il est pratiqué actuellement.



# Références bibliographiques

- Abda A, 2015.**Traitement des eaux de surface et les risques génotoxiques des sous-produits et chloration : thèse de doctorat p48. Université de 8 Mai 1945- Guelma.
- Abdo M.H., 2005.** Physico-chemical characteristics of Abu Za'baal pond. Egypt. Egypt. J. Aquatic Research 31(2), 1-15.
- Alzieu C., 1989.** L'eau : milieu de culture. In *Aquaculture. 2ème. Ed. Tec et Doc*, Tome 1 : p 16- 43
- A.N.D.I. (2013).** Agence Nationale de Développement de l'Investissement : Rapport interne, Monographie de la wilaya d'El Tarf ,19p.
- AFNOR.** Qualité des Sols. Recueil de Normes Françaises. (1994).
- Bahroun, 2006.** impact des eaux usées urbaines et industrielles sur les eaux naurelles dans la region d'El Tarf, p 30-33.
- Belhanachi A., 2003.** Etude hydrologique et hydro chimique dans les bassins versants du Nord-Est Algérien "Bassin de la Seybouse, Kébir Est, Kébir Ouest et Saf Saf". Mémoire de Magister, Université d'Annaba.
- Bermond R., et Vuichaard R., 1973.** Les paramètres de la qualité des eaux. Documentation Française, Paris.
- Bernard D., 1966.** Limnologie - Etude des eaux continentales, Gauthier-Villars, Paris
- Bremond R., et Vuichard R., 1973.** Paramètres de la qualité des eaux, OSPEPE, Paris
- Chapman D., et Kimstach V., 1996.** Selection of water quality variables. Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring, Chapman edition, 2nd ed. E & FN Spon, London, pp: 59-126.
- DE Villers J., Squilbin M., Yourassowsky C., 2005.** Qualité physicochimique et chimique des eaux de surface. Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement.
- Detay M., 1993.** Le Forage D'eau ; Réalisation, Entretien Et Réhabilitation. *Masson*. 379p.
- Drici, 2015.** Approche de modelisation de la gestion des ressources en eaux pour un developement durable, application dans le bassin de la Bounamoussa, p 16, 21-23.
- D.P.A.T. (2008).** Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire : Rapport interne, monographie de la wilaya d'El Tarf. 36p.

- Emsalem R., 1986.** Climatologie Générale. Edition. *I.P.E.N.A.G.* Tome 1. 198p.
- Hani BOURBIA, (2011).** Faisabilité de l'implantation de bassins d'alimentation d'un aquifère.cas du massif dunaire de bouteldja». (Extrême Nord-Est Algérien), diplôme de Magister .Université Badji Mokhtar-Annaba.
- Gausse H., et Bagnouls F., 1953.** Saison sèche et indice xérothermique, Université de Toulouse, Faculté des Sciences.
- Kazi T. G., Arain M.B., Jamali M.K., Jalbani N., Afridi H.I., Sarfraz R.A., Baig J.A. et Shah, A.Q., 2009.** Assessment of water quality of polluted lake using multivariate statistical techniques: A case study. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 72, 301-309.
- Labar S. (2003),** Contribution à l'identification des aires inondables et qualité physico-chimiques des eaux stagnantes temporaires dans la vallée de la Mafragh « Extrême Nord Est Algérien » mémoire de magister, université Badji Mokhtar Annaba, 104p.
- Larpent J. P., 1997.** Microbiologie alimentaire: Technique de laboratoire. Ed. Technique et documentation-Lavoisier, Paris, 1073 p.
- Laurentides C.R.E., 2009.** L'oxygène dissous p.4
- Loup J., 1974.** Les eaux terrestres, Masson et Cie, Paris.
- Leclercq Louis (2001);** Intérêt et limites des méthodes d'estimation de la qualité de l'eau ; Station scientifique des Hautes-Fagnes.
- NF X 31-101.** Qualité des Sols. Préparation d'un échantillon de sol pour l'analyse physicochimique. Séchage, émottage et tamisage. (1992).
- Rejsek F., 2002.** Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques. Série Sciences et technique de l'environnement. 360p
- Rodier J., 1996.** L'analyse De L'eau ; Eaux Naturelles, Eaux Résiduelles, Eaux De Mer. 8ème édition. Dunod. 1383 p.
- Rodier J., Beuffr H., Bournaud M., Broutin J.P., Geoffray Ch., Kovacsik G., Laport J., Pattee E., Plissier M., Rodi L. et Vial J., 1984.** L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 7e édition. Ed. Dunod : 5 pp.
- Rodier J., Bazin C., Broutin J. P., Chambon P., Champsaur H., et Rodi L., 2005.** L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. Ed. Dunod, Paris, 1384 p.

**Thierrin J., Steffen P., Cornaz S., Vualaz F-D., Balderer W., Looser M., Zpbrit J. et Zumstein J. 2001.** Guide Pratique De L'échantillonnage Des Eaux Souterraines. *Société Suisse D'Hydrogéologie*. 57p.

**TOURKI MAHMOUD .2009.**-Etude de l'érosion et du transport solide dans le bassin versant de l'Oued Kébir Est Nord-Est Algérien. Université badji Mokhtar annaba.108p

**O.M.S. (2011).** Organisation Mondiale de la Santé : Guidelines for drinking waterquality, 4th end. World Health Organization, Geneva.

**Jean Rodier Bernard LEGUBE. (2009). Nicole MERLET et col.** L'Analyse de l'eau 9eédition Entièrement mise à jour ; Dunod, Paris. 1511 et 1600P.

**Vayana dominique, (2009).** Etudes de données physico-chimiques des eaux du secteur Nord du Piton des Neiges Ile de La Réunion ; master géosphère, Office de l'eau – Réunion.

**Sites web :**

[1]. (<http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/methodes/pdf/MA115Cond11.pdf>)

[2]. (<http://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/bs35531>)