

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

*République Algérienne Démocratique et Populaire*

*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche SCIENTIFIQUE*

جامعة محمد الصديق بن يحيى - جيجل

*Université Mohammed Seddik Benyahia - Jijel*

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



كلية علوم الطبيعة و الحياة  
قسم: علوم الأرض و الكون

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme : **Master Académique en Géologie**

**Option : Eau et Environnement**

**Thème**

La qualité des eaux de surface de la région

de Bekkouche Lakhdar

Wilaya de SKIKDA

**Membres de Jury**

**Président : ZAHY Faouzi**

**Examineur : MAHDID Souhil**

**Encadrant : RIHIA Djamel**

**Présenté par :**

**SOUFANE Sara**

**LAREDJ Meriem**

**Année Universitaire 2016-2017**



# REMERCIEMENT

*Je remercie d'abord le Dieu qui m'éclaire mon chemin*

*En tout premier lieu, je remercie vivement mon superviseur **Ms***

***RIHIA DJAMEL** d'avoir consacré une bonne période de son*

*Précieux temps, pour sa ponctualité et sa patience durant la préparation*

*De ce papier Egalement,*

*Je remercie affectueusement le comité de jury **ZAHY FOUZI ET***

***MAHDID SOUHIL** d'avoir accepté*

*L'évaluation de la qualité de ce mémoire*

*Et a tous mes enseignants*

*Merci à notre département,*

*A notre faculté*

*MERIEM et SARA*

# *DEDICACE*

*Je dédie ce modeste travail*

*A celle qui m'a appris l'abnégation, la détermination et*

*L'esprit du sacrifice, à ma mère **Nadira**.*

*A celui qui m'a inculqué le sens du raisonnement et du savoir faire,*

*A mon père **Ammar**.*

*A celle et ceux qui ont compati ont soutenu moralement*

*A mes frères : **Sif Eddine** et **Chirif**.*

*A mes sœurs : **Iman**, **Amina** et **Wiâm**.*

*A mon fiancé : **Ismail**.*

*Et a toute ma famille.*

*A toute mes collègue : **Sara**, **Hassina**, **Kanza**, **Randa** et **wahida**.*

*A mes amies : **Razika**, **Sara** et **Alima**.*

*A tous ceux que j'aime et qui m'aime.*

***Meriem***

# DEDICACE

*Je dédie ce modeste travail*

*A celle qui m'appris l'abnégation, la détermination et*

*L'esprit du sacrifice, à ma mère **Meriem**.*

*A celui qui m'a inculqué le sens du raisonnement et du savoir faire,*

*A mon père **Ferhat**.*

*A celle et ceux qui ont compati ont soutenu moralement*

*A mes frères : **Farid** et sa femme et ses enfants, **Abdelouahab** et*

*Sa femme et ses enfants et **Riad**.*

*A mes sœurs : **Chafiaa**, **Rachida** et son marie et ses enfants, **Ghalia** et  
**Leila** et son marie,*

*Et a toute ma famille.*

*A toute mes collègue : **Meriem**, **Hassina**, **Kanza**, **Randa** et **wahida**.*

*A mes amies : **Razika**, **Meriem**, **Souad**, **Fatiha** et **Ahlem**.*

*A tous ceux que j'aime et qui m'aime.*

**SARA**

## Sommaire :

<b>Introduction générale.....</b>	<b>01</b>
<b>Chapitre 01 : présentation de la zone d'étude.</b>	
Introduction.....	02
1. Situation géographique.....	02
2. Situation de la commune de Bekkouche Lakhdar.....	02
3. La zone d'étude.....	02
<b>Chapitre 02 : Cadre géologique.</b>	
Introduction .....	04
1-Cadre géologique général.....	04
2-Géologie de la région d'étude .....	04
3-Stratigraphie et description lithologique des formations .....	04
3.1- la nappe numidienne .....	04
3.2-la nappe du flysch de type Guerrouch=flysch mauritanien .....	05
3.3-la nappe de la dorsale kabyle.....	05
3.3.1- les nappes provenant de la dorsale interne.....	06
3.3.2- les nappes provenant de la dorsale médiane.....	06
3.3.3- les nappes provenant de la dorsale externe.....	06
3.4-La nappe du flysch de Penthèvre=flysch mauritanien .....	08
3.5- la nappe du flysch à microbrèche Sénoniennes ou flysch Massylien .....	08
3.6-la nappe épi-tellienne .....	09
3.7-les formations de la plate forme néritique constantinoise .....	09
4-Etude structurale et style tectonique des unités .....	09
4.1- la nappe numidienne .....	10
4.2-la nappe du flysch de type Guerrouch .....	10
4.3-les nappes de la dorsale kabyle .....	10
4-4-La nappe de Penthèvre .....	10
4-5- La nappe du flysch Massylien ou flysch à microbrèche .....	11
4-6-La nappe épi-tellienne .....	11
4-7-Les formations du môle néritique constantinois .....	11
5- Les concentrations minéralogiques et les gisements miniers .....	12
5-1- la minéralisation au niveau du massif de Djebel Debar .....	12
5-2- La minéralisation au niveau de Djebel TAYA .....	12

5-3- Les minéralisations au niveau de la localité Kalâa Bou Diar .....	12
6-Perméabilité des formations du bassin versant de Zit-Emba dans leur environnement géologique .....	13
6-1- classe des formations à perméabilité élevée .....	14
6-1-1- les formations alluviales du cours d'eau principal et ses différentes chaâbas .....	14
6-1-2- les formations carbonatées de la plate forme néritique constantinoise .....	14
6-1-3- Les affleurements gréseux de la nappe numidienne .....	14
6-2- Classe des formations à perméabilité moyenne .....	14
6-3- Classe des formations à perméabilité faible à très faible .....	15
Conclusion .....	15
<b>Chapitre 03 : cadre hydro climatologique.</b>	
Introduction .....	16
1- Caractéristiques climatique .....	16
2- Les facteurs climatiques .....	16
2.1- Les précipitations .....	16
2.2- Les températures .....	18
3. Diagramme Ombrothermique (pluvio-thermique) .....	20
4. Bilan Hydrique .....	21
4.1- Détermination des paramètres du bilan .....	21
4.2. Interprétation du bilan de C.W.Thornthwaite .....	26
Conclusion .....	30
<b>Chapitre 04 : cadre hydro chimique.</b>	
Introduction .....	31
1-Etude de la chimie des eaux.....	31
2. Echantillonnage et points de prélèvement .....	31
3. Mode d'échantillonnage .....	32
4. Formule ionique et faciès chimique.....	33
5. Représentation graphique des analyses chimiques .....	33
5.1. Diagramme de Piper .....	33
5.2. Diagramme de SchÖeller –Berkaloff .....	33
6. Normes et qualité des eaux de la zone d'étude .....	36
6.1. Les normes .....	36
6.2. Qualité des eaux de la zone d'étude .....	37
6.2.1. Variations des Paramètres physiques.....	37

6.2.2. Les cartes de répartition des éléments chimiques.....	37
7. Aptitude des eaux à l'irrigation .....	46
7.1. Qu'est ce que le SAR ?.....	46
7.2. Le SAR et l'irrigation .....	47
7.3. Sodium et Récoltes.....	47
8. Diagramme de WILCOX .....	48
9. Indice des échanges de base.....	50
10. Les rapports caractéristiques.....	50
10.1. Le rapport $r \text{Mg}^{++} / r \text{Ca}^{++}$ .....	50
10.2. Le rapport $r \text{Cl}^- / r \text{Na}^+$ .....	51
10.3. Le rapport $r \text{Na}^+ / r \text{K}^+$ .....	51
Conclusion .....	51

### **Chapitre 05 : pollution.**

Introduction .....	52
1. L'évaluation de la teneur des métaux lourds .....	52
1.1- Le Fer (Fe) .....	52
1.2-2-Le Plomb (Pb) .....	53
1.3-Le Cadmium (Cd) .....	55
1.4- Le Zinc (Zn) .....	56
1.5- Le Cuivre (Cu) .....	58
Conclusion .....	59
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>61</b>



## Liste des figures :

Fig. N°01 : carte de situation géographique de la zone d'étude.....	03
Fig. N°02 : Schéma Structural de la région de Zit-Emba (d'après J.M.Vila 1969).....	07
Fig. N°03 : Extrait de la carte Métallogénique de la région de Skikda. Établer par EREM centre de recherche et développement département géologie et métallogénie.....	13
Fig. N°04 : les coordonnées des stations pluviométriques.....	16
Fig. N° 05 : Variation des précipitations moyennes mensuelles en (mm) de la station de Bouati Mahmoud (1970-2012).....	17
Fig. N° 06 : Variation des précipitations moyennes mensuelles en (mm) de la station de Bekkouche Lakhdar (1970-2012).....	18
Fig. N°07 : Variation des températures moyennes mensuelles de la station de Bouati Mahmoud (1970-2012).....	19
Fig. N°08 : Variation des températures moyennes mensuelles de la station de Bekkouche Lakhdar (1970-2012).....	20
Fig. N°09 : Diagramme Ombrothermique de la station de Bouati Mahmoud (1970-2012)....	21
Fig. N°10: Diagramme Ombrothermique de la station de Bekkouche Lakhdar (1970-2012)..	21
Fig. N°11 : Représentation graphique du bilan de C.W.Thornthwaite à la station de Bouati Mahmoud (1970-2012).....	28
Fig. N°12 : Représentation graphique du bilan de C.W.Thornthwaite à la station de Bekkouche Lakhdar (1970-2012).....	29
Fig. N°13: Représentation des points de prélèvements.....	32
Fig. N°14 : Représentation graphique des faciès chimiques sur le diagramme de Piper.....	34
Fig. N°15 : Représentation graphique des faciès chimiques sur le diagramme de Schöeller/Berkaloff.....	35
Fig. N°16 : Diagramme de variation de la température par rapport le Ph.....	37
Fig. N°17 : Carte de répartition du calcium ( $\text{Ca}^+$ ).....	38
Fig. N°18 : Carte de répartition de Sodium ( $\text{Na}^+$ ).....	39
Fig. N°19 : Carte de répartition de l'Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ).....	40
Fig. N°20 : Carte de répartition du Nitrite ( $\text{NO}_2$ ).....	41
Fig. N°21 : Carte de répartition du Bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ).....	42
Fig. N°22 : Carte de répartition des phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ).....	43
Fig. N°23 : Carte de répartition des chlorures ( $\text{Cl}$ ).....	44
Fig. N°24 : Carte de répartition de la dureté (TH).....	45

Fig. N°25 : L'aptitude des eaux à l'irrigation d'après le diagramme de Wilcox.....	49
Fig. N°26 : Carte de répartition du Fer (Fe).....	52
Fig. N°27 : Carte de répartition de Plomb (Pb).....	54
Fig. N°28 : Carte de répartition de Cadmium (Cd).....	55
Fig. N°29 : Carte de répartition de Zinc (Zn).....	57
Fig. N°30: Carte de répartition de Cuivre (Cu <sup>2+</sup> ).....	59

.

## Tableaux :

Tableau N° 01 : les coordonnées des stations pluviométrique.....	16
Tableau N° 02 : Précipitations moyennes en (mm) de la station de Bouati Mahmoud (1970-2012).....	17
Tableau N° 03 : Précipitations moyennes en (mm) de la station de Bekkouche Lakhdar (1970-2012).....	18
Tableau N° 04 : Températures moyennes en (°C) de la station de Bouati Mahmoud (1970-2012).....	19
Tableau N° 05 : Températures moyennes en (°C) de la station de Bekkouche Lakhdar (1970-2012).....	19
Tableau N°06 : Résultats de l'ETP obtenus par la formule de « C.W.Thornthwaite » des deux stations (1970-2012).....	23
Tableau N°07 : Résultats de l'ETR obtenus par la formule de « Turc » (1970-2012).....	23
Tableau N° 08 : Résultats de l'ETR obtenus par les différentes méthodes d'estimation à la station de Bouati Mahmoud et de Bekkouche Lakhdar (1970-2012).....	24
Tableau N° 09 : Résultats du ruissellement par la formule de « Tixeront Berkaloff » pour la station de Bouati Mahmoud et de Bekkouche Lakhdar (1970-2012).....	25
Tableau N° 10 : Estimation de l'infiltration par l'équation fondamentale du Bilan hydrique..	25
Tableau N°11 : Bilan de C.W.Thornthwaite de la station de Bouati Mahmoud (1970-2012).....	26
Tableau N° 12 : Bilan de C.W.Thornthwaite de la station de Bekkouche Lakhdar (1970-2012).....	26
Tableau N°13 : Les points de prélèvement dans la zone d'étude.....	31
Tableau N°14 : Formules ioniques et faciès chimiques.....	33
Tableau N°15: Normes de qualité des eaux potables (l'OMS en 2006).....	36
Tableau N°16 : Le risque du SAR dans l'eau d'irrigation.....	46
Tableau N°17 : Le SAR dans les eaux de la zone d'étude.....	47
Tableau N°18 : Classification des eaux par degrés d'aptitude à l'irrigation par la méthode de SAR.....	49
Tableau N°19 : Indice d'échange de base et rapports caractéristiques.....	51

INTRODUCTION

GENERALE

## **Introduction**

L'eau, source de vie, est à la base de notre alimentation, de notre hygiène, de nos modes de vie quels qu'ils soient. C'est pourquoi les questions d'assainissement prennent une place centrale dans les questions liées à la gestion de l'eau. L'eau c'est la vie, mais aussi la mort dans de nombreux cas, si celle-ci est impropre à la consommation.

Le qualificatif d'"or bleu" apposé à l'eau démontre l'importance que l'humanité accorde à cette ressource. Si personne ne met en doute le rôle vital de l'eau dans notre vie, les manières de la gérer, de l'économiser et de la distribuer varient.

La région de Skikda a toujours connu des problèmes liées à la qualité et la quantité des eaux distribuées et destinées soit à l'alimentation en eau potable ou à l'irrigation.

L'accroissement de la population, ainsi que le développement exponentielle de l'industrie, l'utilisation abusive des fertilisants et des pesticides ainsi que l'influence des gites métallifères de la région ont contribué à la détérioration de la qualité des eaux de surface de la région d'étude.

La cuvette du barrage de Zit Emba située entre deux wilayas (Skikda et Guelma). Cette situation a engendré des problèmes de coordinations et de gestion pour le contrôle et le suivi de la qualité des eaux de barrage.

Le barrage de Zit Emba est alimenté essentiellement par Oued El Hammam, qui prend sa naissance à partir des sources thermales de Hammam Ouled Ali, dans la wilaya de Guelma.

Pour cela, nous avons fait une étude pour identifier les caractéristiques physiques et chimiques des eaux d'Oued El Hammam.

Ce travail, inclut des aspects liés à la qualité des eaux de la zone d'étude, a savoir :

La géologie de la région, l'hydroclimatologie à partir des stations de surveillance de la météo, les plus proches. Ainsi l'aspect hydrochimie des eaux et en fin une partie de la pollution par les métaux lourds.

# CHAPITRE I

## PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

**1. Introduction**

La Wilaya de Skikda se situe sur la frange tellienne de l'Est d'Algérie.

Elle est limitée :

- Au Nord par la mer méditerranéenne.
- Au Sud par la Wilaya de Constantine et Guelma.
- A l'Est par la Wilaya d'Annaba.
- A l'Ouest par la Wilaya de Jijel.

**2. Situation de la commune de BEKKOUCHE LAKHADAR**

La commune de Bekkouche Lakhdar est située au Sud Est de La Wilaya de Skikda, elle est délimitée :

- Au Nord par la commune de Ben –Azzouz (wilaya de Skikda).
- Au Sud par la commune de Roknia et Bouati-Mahmoud (wilaya de Guelma).
- A l'Est par la commune de Berrahal et Eulma (la Wilaya d'Annaba).
- A l'Ouest par la commune de Ain Charchar et Es-sebt (Wilaya de Skikda).

**3. La zone d'étude :**

Oued El Hammam se situe dans la limite entre la wilaya de Skikda et Guelma (Figure N°01). Elle commence au Hammam Ouled Ali, dans la commune de Bouati Mahmoud au Nord de la wilaya de Guelma, jusqu'à la commune de Bekkouche Lakhdar au Sud de la wilaya de Skikda.



**Fig. N°01** : Carte de situation géographique de la zone d'étude.



# CHAPITRE II

## CADRE GEOLOGIQUE

**Introduction :**

A partir de la géologie on peut distinguer les différents matériaux et les structures des formations susceptibles de conduire l'eau de la précipitation. Elle permet aussi de déterminer le type d'aquifère.

**1-Cadre géologique général :**

La chaîne des Maghrébides est constituée par les segments orogéniques rifains, telliens, Nord siciliens et calabrais (Durant Delga et Aubion 1971), elle est allongée sur plus de 2000km entre le détroit de Gibraltar et les Apennins, elle se caractérise par les structures en nappes à vergence Sud dominante. Cette chaîne comprend en Algérie, Au Nord vers le Sud : **des zones internes** (Socle Kabyle et Dorsale Kabyle), une **zone Médiane** dans laquelle se sont déposés des flysch (flysch Mauritanien et Massylien) et des **zones Externes** qui correspondent aux zones Telliennes.

La zone d'étude caractérisée par un empilement de la nappe de charriages appartenant au domaine interne, médiane et externe. Ces différentes zones ont subi un déplacement du Nord vers le Sud et se trouvent aujourd'hui en position allochtone sur les formations de la **plate forme néritique constantinoise**. (BELHADJ Mohamed Zine, 2006).

**2-Géologie de la région d'étude :**

La région d'étude s'étend sur de grandes surfaces représentées sur les cartes géologiques au 1/50000 de Hammam Meskhoutine, Guelma, Penthièvre et Jemmapes. L'édifice structural des formations géologiques du bassin versant de Zit-Emba et ses environs présente un empilement des nappes de charriages appartenant aux trois domaines paléogéographiques cités précédemment. Du Nord au Sud et de haut en bas (Figure N° 02), on distingue :

- la nappe numidienne.
- la nappe du flysch de type Guerrouch=flysch mauritanien.
- la nappe de la dorsale kabyle.
- la nappe du flysch de Penthièvre=flysch mauritanien.
- la nappe du flysch à microbrèches Sénoniennes= flysch Massylien.
- la nappe épitéllienne.
- les formations de la plate forme néritique constantinoise. (BELHADJ Mohamed Zine, 2006).

**3-Stratigraphie et description lithologique des formations :****3.1- la nappe numidienne :**

La nappe numidienne affleure dans la partie Est du bassin versant de Zit-Emba. Elle forme les sommets de djebel Menchoura et les crêtes situées entre ce dernier et Nechmaya.

Elle se développe également dans la partie Sud de l'aire d'étude et constitue les affleurements de Djebel Bou Aslougé. Cette nappe est représentée par ses deux faciès classiques : les argiles de base à Tubotomaculun et les grès numidiens. Les argiles de base affleurent généralement dans de mauvaises conditions car elles sont souvent masquées par les éboulis provenant des barres gréseuses sus-jacentes. Ce sont des argiles vertes parfois brunes ou rougeâtres et d'épaisseur généralement réduite. Elles contiennent des bancs de quartzites fins, vert foncé, parfois micacés. Les grès numidiens sus-jacents sont hétérométriques bruns fauves, affleurent en bancs massifs décimétrique. Ces grès alternent parfois avec des passées pélitique de faibles épaisseurs. (BELHADJ Mohamed Zine, 2006).

### **3.2-la nappe du flysch de type Guerrouch=flysch mauritanien :**

Les formations de cette nappe affleurent à quelques kilomètres au Nord de Bouati Mahmoud et s'étendent largement au Nord Est du bassin versant de Zit-Emba ou elles forment les hauteurs des Djebel Meharem et Hadjar Munchar. Ces formations se développent également au Nord et à l'Est de Zit-Emba et constituent les affleurements de Koudiet Mazouz et Makassa. La nappe du flysch de type Guerrouch comporte des termes plus récents que le Néocomien. Au dessus de ces niveaux, il existe par endroit des intercalations polychromes verts et rouges et des niveaux quartziques verts. Sur le versant Nord Djebel Menchoura, à la limite Sud de la feuille de Penthivière, la nappe du flysch de type Guerrouch présente au dessus du Crétacé inférieur gréseux, un faciès de même nature d'âge Crétacé moyen où apparaissent de minces intercalations argilo-schisteuses à petits bancs de calcaires fins et à minces plaquettes microbréchiques, parfois silicifiées. Cette série comporte également des termes du Cénomaniens et du Turonien. Latéralement, vers l'Ouest, à la limite des feuilles au 1/50000 de Jemmapes et de Hammam Meskhoutine, de vaste affleurements gréseux de type flysch Guerrouch, sont en continuité avec la série de Djebel Menchoura. Ces affleurements montrent un Crétacé moyen où les niveaux siliceux sont bien développés sous la forme des classiques bancs micro-conglomératiques à bandes siliceuses blanches. Ces formations et celles de Djebel Menchoura se poursuivent par un Crétacé supérieur gréseux toujours très homogène quant à sa granulométrie mais parfois plus grossies qu'au Crétacé inférieur. (BELHADJ Mohamed Zine, 2006).

### **3.3-la nappe de la dorsale kabyle :**

Les formations qui constituent les nappes de la dorsale kabyle sont observables dans les environs immédiats de l'agglomération de Zit-Emba. Ces nappes proviennent de trois zones paléogéographiques différentes de la dorsale kabyle dites interne, médiane et externe. (BELHADJ Mohamed Zine, 2006).

**3.3.1-les nappes provenant de la dorsale interne :**

Ces nappes affleurent à 03 kilomètres de l'Est de l'agglomération et forment les écaillés supérieures de la Gualaâ Zit-Emba. Ces séries varient relativement peu au-dessus d'un substratum surtout phylladique supportant de témoins de paléozoïque et localement recouvert par un permo-Trais gréseux rouge. Au secondaire, on y rencontre au total : un Trias moyen supérieur calcaire-dolomitique surmontant les niveaux gréseux rouges et exceptionnellement gypseux, un Lias inférieur dolomitique et calcaire massif, un Lias moyen supérieure fait de calcaires à silex, un Jurassique moyen-supérieure et un Crétacé calcaire de faible épaisseur, parfois noduleux, réduit ou absent. Le Tertiaire est transgressif, soit dès le paléocène, soit à l'yprésien représenté par des calcaires massifs à faciès épi-néritiques. Le Lutétien supérieure Priabonien est bréchique et discordant de même que l'Oligocène gréseux et micacé qui lui fait suite. (BELHADJ Mohamed Zine, 2006).

**3.3.2- les nappes provenant de la dorsale médiane :**

La Gualaâ Zit-Emba montre, immédiatement au-dessus des séries écaillées précédentes, une série sensiblement continue du Crétacé inférieur à l'Eocène, constitué de calcaire marneux fin et de marne à microfaune pélagique. (BELHADJ Mohamed Zine, 2006).

**3.3.3- les nappes provenant de la dorsale externe :**

Ces nappes affleurent au Sud de l'agglomération de Zit-Emba, elles sont représentées par la lame de la cote 393 de Djebel Chbibek. Celles-ci se prolongent vers l'unité externe du Djebel Labiod. (Situé à l'Ouest de Zit-Emba). (BELHADJ Mohamed Zine, 2006).





**3.4-La nappe du flysch de Penthivière=flysch mauritanien :**

Cette nappe présente de vastes affleurements entre Zit-Emba et Bouati Mahmoud et se développe largement au NNE du bassin versant de Zit-Emba ou elle forme les hauteurs de Douar Eulma kricha. Le Témoin le plus méridional de la nappe de Penthivière se trouve dans la partie méridionale du bassin versant à l'extrémité orientale de Djebel Debar. La nappe du flysch de Penthivière présente des termes allant du Cénomaniens à l'Oligocène. Cénomaniens et le Turonien sont représentés par des niveaux bréchiques ou microbréchiques clairs à lentilles silicifiées, blanches, ayant l'aspect de petits bancs de silex. Ces couches alternent avec des lits de marnes schisteuses claires riches en microfaunes. Le Sénonien présente une série conglomératique plus ou moins épaisse. Le Matériel remanié, gréseux et calcaire est le même, mais sans traces de silicifications. L'Eocène inférieur vient en continuité au-dessus des assises précédentes. Il est marqué par l'apparition de bancs de calcaires microbréchiques gréseux gris. Les premiers bancs de microbrèche, en plus de débris gréseux, pylliteux, calcaires et dolomitiques, remanient, les silex, rouge et gris du Sénonien terminal. Le Paléocène inférieur et moyen sont représentés par des microbrèches calcaires fossilifères. Le Paléocène terminal est dépourvu de silex remanié mais riche en éléments organodétritiques. L'Eocène basal est caractérisé par des intercalations argileuses dépourvues d'éléments grossiers. Au sommet de la série bréchique de l'Eocène inférieur, les microbrèches deviennent bleues et s'enrichissent en éléments organodétritiques de natures diverses. La limite Yprésien –Lutétien est marquée par l'apparition des intercalations d'argiles schisteuses (rouges de lie de vin) de 10 à 20 m d'épaisseur. Le Lutétien supérieur est bien représenté par une intercalation de niveaux microbréchiques et des niveaux argilo-schisteux riche en microfaune. Le Priabonien qui fait suite en continuité au Lutétien supérieur est caractérisé par l'apparition des brèches plus grossières. Ces niveaux sont surmontés par une série épaisse de 100 à 150 m de microbrèches brunes qui alternent avec des argiles schisteuses bruns clairs. L'Oligocène est représenté une puissante formation de grés micacés à patine jaune de 450 à 500 m d'épaisseur, très riche en débris pylliteux et feldspathiques (BELHADJ Mohamed Zine, 2006).

**3.5- la nappe du flysch à microbrèches Sénoniennes ou flysch Massylien :**

La nappe du flysch à microbrèches Sénoniennes ou flysch Massylien affleure dans les environs de Bouati Mahmoud et dans la partie Sud du secteur d'étude (Nord et Nord-Ouest d'El-Fedjouj) ou elle forme une bande de terrain allongé d'Est en Ouest. Cette nappe représentée par une série relativement épaisse formée de marnes et de niveaux microbréchiques comportant un Crétacé moyen à phtanites blancs et noirs, et surmontée par un Crétacé supérieur argilo-marneux, souvent très riche en intercalations de microbrèches

brunes bioclastiques et pratiquement dépourvue d'apport gréseux (BELHADJ Mohamed Zine, 2006).

### **3.6-la nappe épitéllienne :**

La nappe épitéllienne occupe sur des surfaces relativement importantes de l'aire d'étude et se développe, essentiellement, à l'Est et Sud-ouest du bassin versant de Zit-Emba. Les formations de cette nappe sont caractérisées par l'existence de faciès vaseux sombres, souvent à « boule jaunes ». De tels faciès apparaissent dans l'Eocène lié à la série du Djebel Bou Sbaâ. Ces faciès Sombres caractérisent également l'unité du Hammam Ouled Ali. Celle-ci est coincée entre l'unité du Djebel Bou Sbaâ et les formations autochtones néritiques du Djebel Debar. Au total, l'unité épi-téllienne possède, au Sud et SW de Djebel Bou Sbaâ : un Barrémo-Aptien marno-calcaire sombre à Ammonites, un Albien schisteux noirâtre, une barre de marno-calcaire plus clair du Vraconien-Cénomaniens inférieur. Le Sénonien noir est visible dans la fenêtre du Hammam Ouled Ali et au Sud du Djebel Bou Sbaâ (BELHADJ Mohamed Zine, 2006).

### **3.7-les formations de la plate forme néritique constantinoise :**

Dans le secteur concerné par cette étude, les affleurements qui appartiennent à la plate forme néritique constantinoise sont : Djebel Debar, Djebel Garar, Djebel Taya, Hammam Ouled Ali

Et Mechta ou Douar Bou Zitoun. La série néritique puissante de près de 1000 m, ne comporte pas de terme plus récent que la Sénonien. Au dessus d'un Trias calcaire et schisto-gréseux, après un Jurassique dolomitique, le Crétacé débute par des couches calcaires et des dolomites et se poursuit jusqu'à Albien par des faciès épi-néritiques graveleux ou oolithique à foraminifères benthiques. Le Cénomaniens n'est connu qu'au Djebel Debar sous le faciès de calcaire construits à caprines. Le Turonien et le Sénonien inférieur manquent. Le Sénonien supérieur, sans discordance angulaire visible, est localement d'aspect conglomératique à sa base et remanie parfois les orbitolinidés de l'Albien sous -jacent dans des niveaux bioclastique (BELHADJ Mohamed Zine, 2006).

### **4-Etude structurale et style tectonique des unités :**

L'édifice structural de la région étudiée est caractérisé par un empilement des nappes de charriage appartenant à la dorsale kabyle, au domaine des flysch et au domaine épi-tellien. L'ensemble de ces nappes se trouve aujourd'hui en position allochtone sur les formations carbonatées de la plateforme néritique constantinoise (Djebel Debar, Djebel Garar, Djebel Taya...). Comme au Hammam Ouled Ali et au Douar Bou Zitoun, l'allochtonie des formations épi-telliennes marneuses ainsi que celle du flysch Sénonien à microbrèche et du



flysch de type Guerrouch apparait clairement. En fait, on n'a jamais toutes ces nappes sur la même verticale. Des réductions très rapides et des tailles parfois importantes et probablement d'âge varié, puisque certaines n'affectent que les calcaires massifs néritiques, morcellent les affleurements et compliquent le déchiffrement des structures géologiques de la région d'étude. Le cas le plus extrême est visible aux environs des mines de kaolin, à l'extrémité Ouest de la région étudiée, où le Numidien repose directement sur le Crétacé néritique, parfois par l'intermédiaire de brèches de friction (BELHADJ Mohamed Zine, 2006).

#### **4.1- la nappe numidienne :**

Le dispositif structural le plus fréquent qui caractérise la nappe Numidienne est complexe dans le détail : Le Numidien repose en troncature basale sur des séries elles mêmes tronquées sommitalement. Ce dispositif est réalisé chaque fois que le Numidien repose sur des niveaux compétents. C'est le cas au Djebel Menchoura (NE du bassin versant) où le Numidien plissé est tronqué basalement et repose sur un flysch de type Guerrouch plissé selon des axes différents et lui même tronqué sommitalement (BELHADJ Mohamed Zine, 2006).

#### **4.2-la nappe du flysch de type Guerrouch :**

Cette nappe a une extension relativement importante dans l'aire d'étude. Sa base, constituée d'argiles schisteuses avec quelques bancs gréseux et calcaires intercalés, est le plus souvent kaotique. Au-dessus de ces niveaux, les grés (puissants de 300 à 400 m) sont peu plissés. Entre ces deux termes existent parfois d'importantes désharmonies, allant jusqu'à la suppression des niveaux inférieurs. La nappe du flysch de type Guerrouch repose à l'Ouest de Zit-Emba sur les nappes de la nappe dorsale kabyle et à l'Est directement sur la nappe du flysch de Penthivière. La position structurale du flysch de type Guerrouch, près de Zit-Emba et dans la région de Penthivière (Ain Berda), ne peut être expliquée qu'en admettant l'existence de charriages dirigés du Sud vers le Nord (BELHADJ Mohamed Zine, 2006).

#### **4.3-les nappes de la dorsale kabyle :**

L'analyse tectonique des nappes de la dorsale kabyle qui affleurent dans les environs de Zit-Emba, montre que celles-ci ont été transportées en bloc du Nord vers le Sud et charriées sur la nappe du flysch de Penthivière, dont elles sont ainsi séparées par un grand cisaillement. Au sein de l'ensemble de ces nappes, on note des replis et des écailles mais pas de contact tectonique majeur. Le contact tectonique qui sépare les nappes de la dorsale kabyle et la nappe de Penthivière sous-jacente correspond à des failles tardives, par endroits très redressées, difficilement analysables (BELHADJ Mohamed Zine, 2006).



**4-4-La nappe de Penthivière :**

Cette nappe est surmontée indifféremment selon les lieux par nappes citées ci-dessus. Au Sud Ouest de Nechmaya, elle chevauche les formations du Campanien-Maestrichtien de la nappe épitéllienne. Le contact est aisément observable à bled Bou kour koul (la partie Est du bassin versant). La nappe de Penthivière comporte de larges synclinaux essentiellement déterminés par grandes épaisseurs de grés micacés (synclinal symétrique de la ferme Saint-Paul (NW de bassin versant) ; Synclinal couché du douar Eulma Kricha (SE de Zit-Emba)). Les zones anticlinales, plus complexes, sont le siège de laminages fréquents, parfois même elles sont extrusives (Mzaret Sl. Goulea (Nord Est du bassin versant) et percent les unités supérieure. C'est aussi à ce niveau que se sont produits des écaillages importants qui font chevaucher les termes crétacés sur les différentes couches de la série (BELHADJ Mohamed Zine, 2006).

**4-5- La nappe du flysch Massylien ou flysch à microbrèche :**

Au sud d'une ligne passant par Nechmaya et Bouati Mahmoud les nappes du flysch à micro brèches surmontent les formations épi-telliennes et ont donc été charriés du Nord vers le Sud. Au Nord de cette dernière agglomération, le flysch Massylien est surmonté par le flysch de type Guerrouch, mais à l'Est et dans la partie Sud du bassin versant de Zit-Emba, les microbrèches du flysch Massylien sont surmontées clairement par les grés de la nappe numidienne. Ce dernier schéma structural est bien observable au niveau de Djebel Ouara à l'Est du bassin versant. Les formations de ce flysch sont généralement replissées et écaillées avec celles de la nappe épitéllienne, elles apparaissent suivant un mince liseré sous les bancs de grés numidien (BELHADJ Mohamed Zine, 2006).

**4-6-La nappe épitéllienne :**

Les formations de la nappe épitéllienne du Djbel Bou Sbaâ et de Hammam Ouled Ali sont de vastes lames en série inverse. Elles ne peuvent donc pas être le seul résultat d'une tectonique d'écoulement ou de glissement purement gravitaire. Avant de se déplacer, elles ont nécessairement été tectonisées mais l'absence de phénomènes de schistosité dans ces formations indique que cette tectonique s'est faite dans un régime de contraintes relativement faibles. Entre Nechmaya et kalâa Bou Sbaâ, à l'Est du bassin versant, le Sénonien de l'unité du Djebel Bou Sbaâ se présente comme un empilement de plis kilométriques couchés vers le Sud, repris à leur tour par des plis hectométriques ou couchés en sens inverse du Sud vers le Nord. Aux alentours du Djebel Debar, c'est par les termes les plus récents que la série épitéllienne disloquée repose sur le Crétacé néritique (BELHADJ Mohamed Zine, 2006).

**4-7-Les formations du môle néritique constantinois :**

Ces formations correspondent à l'unité structurale la plus profonde de l'édifice structural de la région étudiée. Cette série débute par du Trias, dont les niveaux argilo-gréseux, les cargneules et les calcaires vermiculés sont impliqués dans les jeux des failles les plus méridionales. Le Djebel Debar, qui représente un massif important de la plateforme néritique constantinoise, correspond à un anticlinal dont le cœur est occupé par des niveaux grésopélitique rouge. La série se poursuit par une masse calcaire-dolomitique et atteint le Campanien Maestrichtien. Ce massif est caractérisé par son style en plis très lourds et faillés (BELHADJ Mohamed Zine, 2006).

**5- Les concentrations minéralogiques et les gisements miniers :**

Les prospections géologiques et minières effectuées dans la région ont permis de mettre en évidence la présence de certains gisements miniers, (Figure N°03) ; Ceux-ci sont localisés essentiellement dans la partie méridionale du bassin versant. La nature et la concentration minéralogiques de ces gisements sont variables d'une localité à une autre (BELHADJ Mohamed Zine, 2006).

**5-1- la minéralisation au niveau du massif de Djebel Debar :**

Djebel Debar est un massif carbonaté important situé dans la partie Sud du bassin versant de Zit-Emba. Il est faillé et fracturé et correspond à un anticlinal d'axe Est-Ouest. Les failles qui affectent la partie Nord-Ouest et la partie centrale de ce massif sont minéralisées. Ces concentrations minéralogiques qui existent correspondent à l'halloysite (silicate d'alumine Hydraté=Kaolinite). Cette concentration est accompagnée d'un gisement d'oxyde de fer, associée à des carbonates de zinc ( $ZnCO_3$ ) et de plomb arsenicaux et à de l'arséniate de Zinc (BELHADJ Mohamed Zine, 2006).

**5-2- La minéralisation au niveau de Djebel TAYA :**

Ce massif est situé à l'extrême Sud-ouest du bassin versant. Il appartient à l'ensemble des formations autochtones du môle néritique constantinois. C'est un massif carbonaté faillé et fracturé. Les fractures qui affectent Djebel TAYA sont minéralisées. On y trouve du Sulfure d'antimoine (stibine  $Sb_2 S_3$ ) avec des traces de cinabre ( $HgS$ ). Cette minéralisation se présente en amas lenticulaires dans les calcaires compacts ou au contact des calcaires et des marno-calcaires sénoniens décollés des assises rigides sur la périphérie du dôme (BELHADJ Mohamed Zine, 2006).

**5-3- Les minéralisations au niveau de la localité Kalâa Bou Diar :**

Les calcaires compacts à durs renferment une concentration de calamine ( $Zn_4 Si_2 O_7$ )  $OH_2$  et de barytine ( $Ba SO_4$ ).



Fig. N°03 : Extrait de la carte Métallogénique de la région de Skikda.

Légende :

- Les gisements miniers.

### 6- Perméabilité des formations du bassin versant de Zit-Emba dans leur environnement géologique :

L'étude géologique du bassin versant de Zit.-Emba a montré que le dispositif structural qui caractérise les formations correspond à un empilement de nappe de charriage. Celles-ci sont constituées de faciès d'âge et de nature variés. Les manifestations de la tectonique tangentielle (nappes de charriage) et cassante (failles et décrochements) sont bien visibles et démontrées en plusieurs endroits. La diversité lithologique de ces formations et leur aspect tectonique, ont conditionné les phénomènes de ruissellement et les capacités de

rétenion et ont donné lieu à un éventail de perméabilité varié. Il en résulte donc une dynamique variable de lessivage des roches et une diversité de la nature des éléments chimiques contenus dans les eaux de ruissellements et dans les aquifères du bassin versant de Zit-Emba. Ainsi, l'exploitation de l'ensemble des données géologiques de notre bassin versant a permis de distinguer trois classes de formations ayant des perméabilités différentes :

#### **6-1- classe des formations à perméabilité élevée :**

Cette classe représente 42% de la superficie totale du bassin versant de Zit-Emba. On distingue les formations suivantes :

##### **6-1-1- les formations alluviales du cours d'eau principal et ses différentes chaâbas :**

Ces formations correspondent à des dépôts quaternaires anciens et récents qui se développent de part et d'autre du cours d'eau principal et ses différentes chaâbas. Ce sont des dépôts alluvionnaires détritiques de granulométrie et de dimensions variables. Ils sont très faiblement ou non consolidés et leur perméabilité est élevée. Ces caractéristiques permettent la création des nappes phréatiques. Cette formation représente 13% de la superficie totale du bassin versant.

##### **6-1-2- les formations carbonatées de la plate forme néritique constantinoise :**

Ces formations se développent au niveau de Dj. Debar, Dj. Geber, Dj. Taya, Hammam Ouled Ali et Douar Bou Zitoun. Elles sont constituées d'une série carbonatée néritique épaisse, faillée et fracturée. Ces formations présentent souvent en affleurement et surtout en profondeur des formes d'érosion et de dissolution de la roche donnant lieu à des formes karstiques. Il en résulte donc une perméabilité de fissure et développement d'un réseau souterrain. De telle perméabilité favorise la présence possible d'aquifère karstique potentiel. Cette formation représente 10 % de la superficie total du bassin versant.

##### **6-1-3- Les affleurements gréseux de la nappe numidienne :**

Les formations de grés numidien occupent des surfaces relativement importantes de l'aire d'étude 19 %, se développent au niveau de Dj. Bou Aslouge, Dj. Menchoura, constituées de bancs épais faillés et fracturés, elles sont donc perméables. Ces formations laissent s'infiltrer facilement les eaux de pluie, et du fait qu'elles reposent sur les argiles de base à Tubotomaculun lorsque la série est normale, elles constituent des réservoirs d'eau non négligeable. Les grés numidiens sont des formations dont les sources contribuent à l'alimentation des différentes chaâbas et le cours d'eau principal du bassin versant de Zit-Emba. (BELHADJ Mohamed Zine, 2006).

#### **6-2- Classe des formations à perméabilité moyenne :**



Dans cette classe on regroupe les formations qui constituent les nappes de la dorsale kabyle (dorsale interne, médiane et externe) et celles qui constituent les flyschs de type Guerrouch, flysch de Penthivière et flysch Massylien. La lithologie est très variée : Grés, conglomérats, calcaires, calcaire marneux, calcaire argileux, marnes et argiles schisteuses et nouveaux microbrèches. Ces formations qui présentent une diversité lithologique avec des épaisseurs variables favorisent souvent un ruissellement diffus fort à moyen, accentué surtout par les pentes fortes dans certaines zones à relief contrasté. Les zones faillées et d'altération superficielles sont localement plus perméables. Du fait de l'hétérogénéité lithologique de ces formations, de leur comportement structural et le style de la tectonique qui les affecte, les perméabilités sont fortement différenciées et changent d'un endroit à un autre et d'une formation à une autre. Cette formation représente 41 % de la superficie totale du bassin versant. (BELHADJ Mohamed Zine, 2006).

### **6-3- Classe des formations à perméabilité faible à très faible :**

On regroupe dans cette classe les formations marneuses et argileuses de la nappe épitéllienne de Dj. Bou Sbaâ et de Hammam Ouled Ali ainsi que les argiles à Tubotomaculun de la nappe numidiennes. Ces formations présentent des épaisseurs considérables et occupent des surfaces moyennement importantes de l'aire d'étude 17 %. Ce sont des formations de faible perméabilité jouant ainsi le rôle de substratum imperméable permettant le ruissellement des eaux de surface. Il en résulte des capacités d'accumulation limitée et un écoulement direct et facile en surface. Les eaux s'écoulent donc en surface dans le fond des vallons car l'imperméabilisation des sols, aussi bien sur les glacis que dans les vallons, limite l'infiltration. (BELHADJ Mohamed Zine, 2006).

### **Conclusion :**

- Par conséquent, il ressort dans le chapitre consacré à l'étude géologique, que le secteur présent des anomalies métallo-géniques d'éléments toxiques constatés dans la partie méridionale du bassin versant.
- On s'aperçoit que la majeure partie du bassin versant est occupée par des terrains à perméabilité élevée (42 %) et moyenne perméabilité (41 %) de la superficie totale du bassin versant.
- On s'aperçoit que le bassin versant est le siège de plusieurs gîtes minéraux qui peuvent entraîner des concentrations notables en plomb, zinc, mercure, arsenic..., aussi bien dans les eaux de surface que dans les eaux souterraines.

# CHAPITRE III

## CADRE HYDROCLIMATOLOGIQUE

**Introduction :**

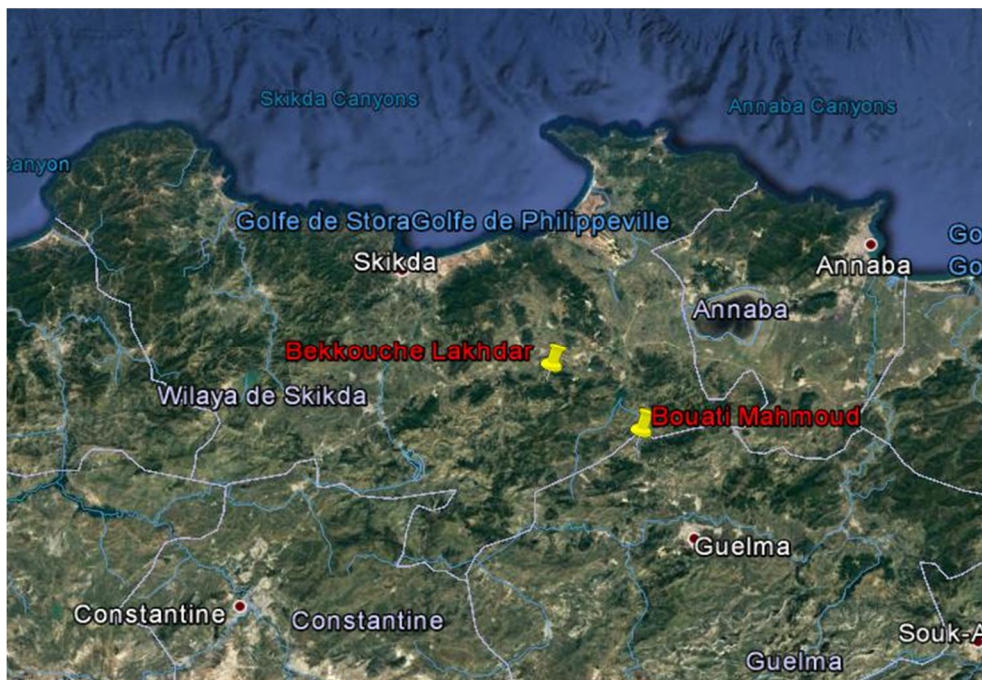
Le but de l'hydro climatologie est de déterminer les termes du bilan hydrique notamment les précipitations, l'évapotranspiration, le ruissellement et l'infiltration.

**1- Caractéristiques climatiques :**

Notre étude est basée sur les données disponibles des deux stations pluviométriques, Bouati Mahmoud et Bekkouche Lakhdar, pour une période d'observation de 1970-2012.

coordonnées	X	Y	Z	code
<b>Bekkouche Lakhdar</b>	898,999	386,205	-	31102
<b>Bouati Mahmoud</b>	914,15	375,6	150	31105

**Tableau N° 01 :** les coordonnées des stations pluviométriques.



**Fig. N°04 :** les coordonnées des stations pluviométriques.

**2- Les facteurs climatiques :****2.1- Les précipitations :**

Constituant un facteur essentiel qui caractérise le climat d'une région, les précipitations jouent un rôle prépondérant dans le comportement hydraulique du bassin. Les

mesures de celles-ci permettent d'évaluer la quantité d'eau tombée et surtout d'estimer la quantité destinées aux écoulements. (DERAI Abdelhak et LAKEHAL Abdelhafid, 2013).

### 2.1.1- Les précipitations moyennes mensuelles de 42 ans (1970-2012) :

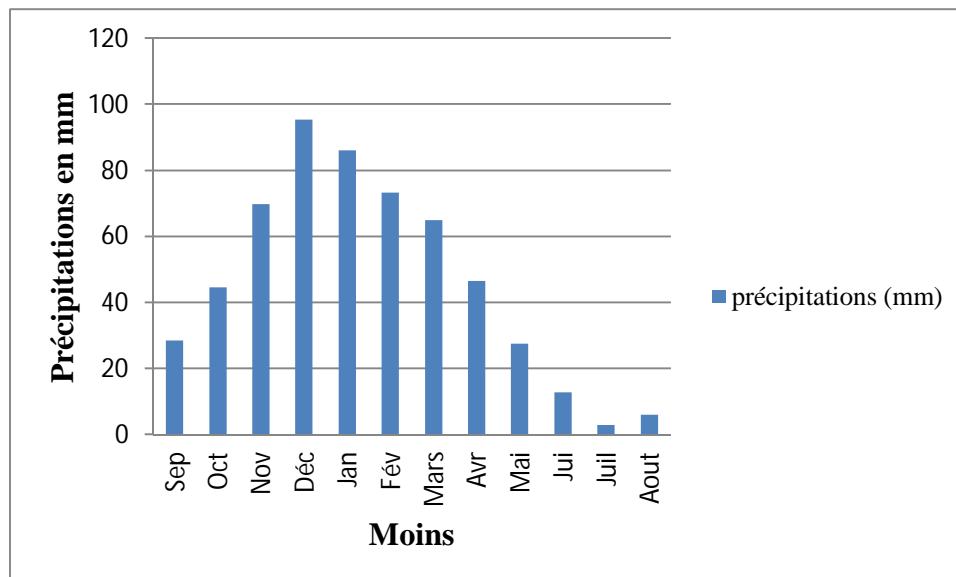
#### \*Station de Bouati Mahmoud :

Les précipitations moyennes mensuelles sont présentées dans le Tableau suivant :

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aoû	Total
Précipitation (mm)	40.41	61.34	74.66	98.01	97.14	85.55	77.25	63.33	46.85	15.67	3.82	10.04	674.1

**Tableau N° 02 :** Précipitations moyennes en (mm) de la station de Bouati Mahmoud (1970-2012).

La figure suivante représente les données des précipitations moyennes mensuelles :



**Fig. N° 05 :** Variation des précipitations moyennes mensuelles en (mm) de la station de Bouati Mahmoud (1970-2012).

Les précipitations atteignent une moyenne maximale au mois de Décembre avec une hauteur de 98.01mm et leur minimum pendant le mois de Juillet avec une moyenne de 3.82 mm.

#### \*Station de Bekkouche Lakhdar :

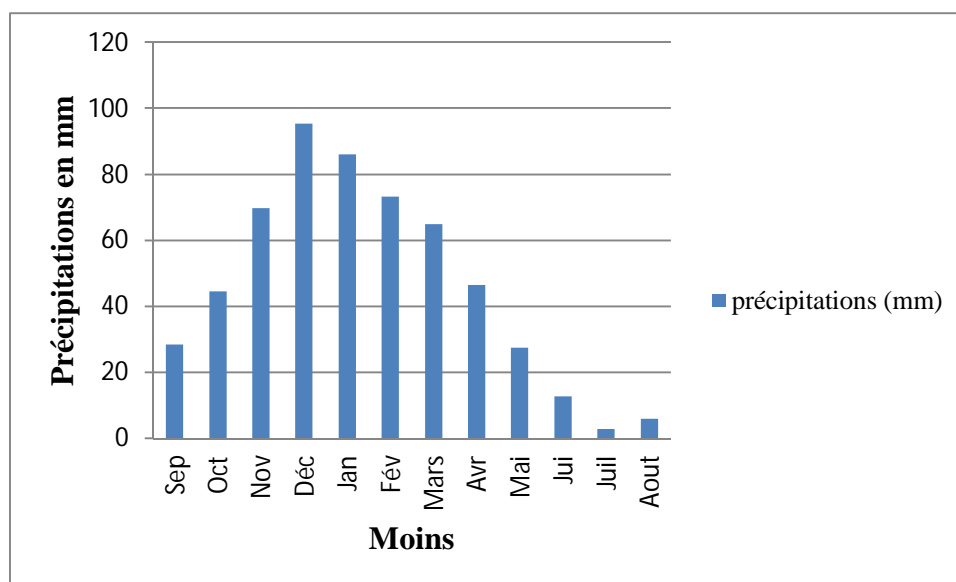
Les précipitations moyennes mensuelles sont présentées dans le Tableau suivant :



Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Août	Total
Précipitations (mm)	28.43	44.71	69.82	95.44	86.03	73.36	65	46.59	27.61	12.72	2.97	6.11	558.5

**Tableau N° 03:** Précipitations moyennes en (mm) de la station de Bekkouche Lakhdar (1970-2012).

La figure suivante représente les données des précipitations moyennes mensuelles :



**Fig. N° 06 :** Variation des précipitations moyennes mensuelles en (mm) de la station de Bekkouche Lakhdar (1970-2012).

Les précipitations atteignent leur maximum au mois de Décembre avec une hauteur de 95.44 mm et leur minimum durant le mois de Juillet avec 2.97 mm.

## 2.2-Les températures :

Les températures jouent un rôle important dans les pertes en eau par le phénomène de l'évaporation, interviennent dans le développement du rythme biologique des végétaux et facilement l'établissement du bilan hydrique. (DERAI Abdelhak et LAKEHAL Abdelhafid, 2013).

### 2.2.1-Températures moyennes mensuelles :

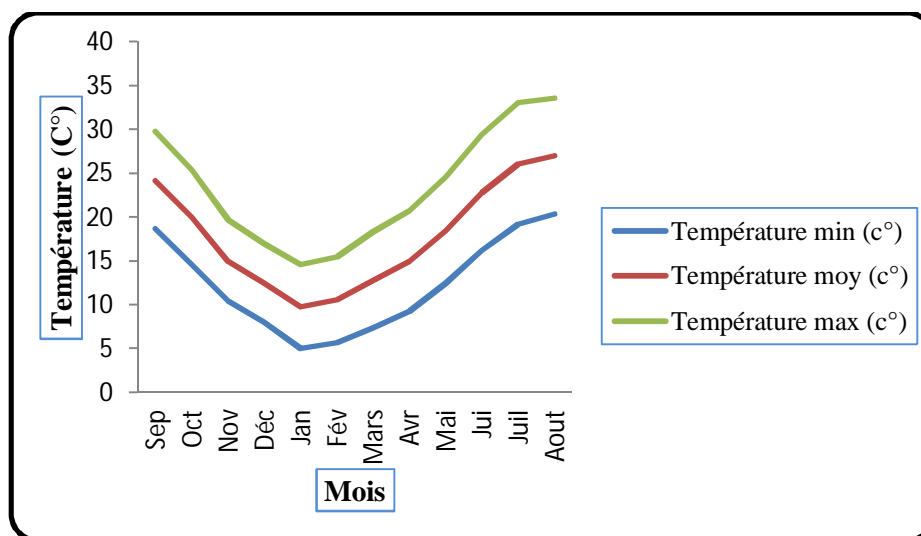
#### \*Station de Bouati Mahmoud :

Les températures moyennes mensuelles sont présentées dans le Tableau suivant :

	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Août
T min (°C)	18.7	14.6	10.4	8.0	5.0	5.7	7.4	9.3	12.5	16.2	19.2	20.4
T moy (°C)	24.2	20.0	15.0	12.5	9.8	10.6	12.8	15.0	18.5	22.8	26.1	27.0
T max (°C)	29.8	25.4	19.7	17.0	14.6	15.5	18.3	20.7	24.6	29.4	33.1	33.6

**Tableau N° 04:** Températures moyennes mensuelles en (°C) de la station de Bouati Mahmoud (1970-2012).

La figure suivante représente les données des températures moyennes mensuelles :



**Fig. N°07 :** Variation des températures moyennes mensuelles de la station de Bouati Mahmoud (1970-2012).

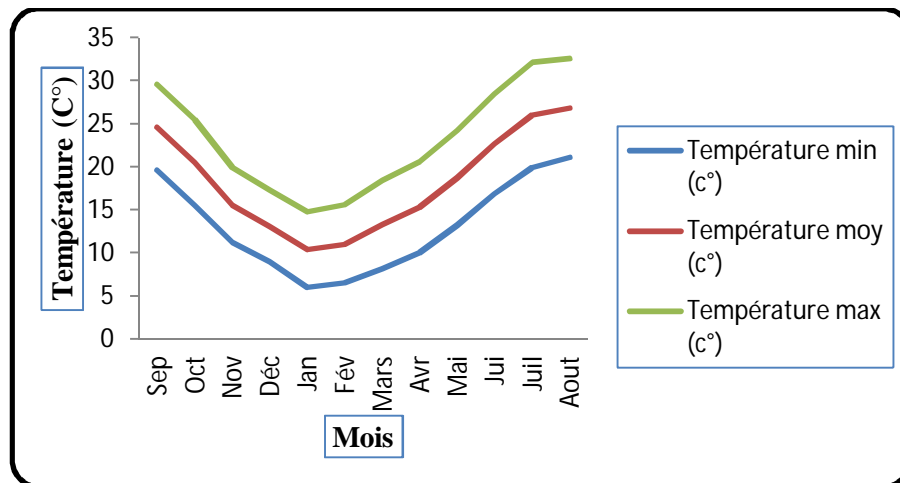
La figure N°06 montre une différence remarquable entre la basse température moyenne mensuelle au mois de Janvier de l'ordre de 9.8°C au niveau de la station de Bouati Mahmoud, et la plus haute température moyenne mensuelle au mois de Août de l'ordre de 27°C.

**\*Station de Bekkouche Lakhdar :**

	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout
T min (°C)	19.6	15.5	11.2	9.0	6.0	6.5	8.2	10.0	13.2	16.9	19.9	21.1
T moy (°C)	24.6	20.5	15.5	13.1	10.4	11.0	13.3	15.3	18.7	22.7	26.0	26.8
T max (°C)	29.6	25.5	19.9	17.3	14.8	15.6	18.4	20.6	24.2	28.5	32.1	32.6

**Tableau N° 05 :** Températures moyennes en (°C) de la station de Bekkouche Lakhdar (1970-2012).

La figure suivante représente les données des températures moyennes mensuelles :



**Fig. N°08 :** Variation des températures moyennes mensuelles de la station de Bekkouche Lakhdar (1970-2012).

La représentation graphique des températures moyennes mensuelles de la station météorologique installée au niveau de la commune de Bekkouche Lakhdar (Fig. N°08), donne une variation intéressante entre le plus bas et le plus haut degré des températures. Où la température moyenne mensuelle maximale marquée au mois d'Août (26.8°C), par contre le plus bas degré de température enregistré au cours du mois de Janvier (10.4°C).

### 3-Diagramme Ombro thermique (pluvio-thermique) :

Les deux diagrammes Ombro thermiques (Fig. N°9 et 10) montrent l'existence de deux saisons bien distinctes :

- Une Saison humide et froide qui s'étale de la moitié du mois de Septembre jusqu'au moitié de Mai.
- Une Saison sèche et chaude, elle s'étend de la moitié du mois de Mai jusqu'au moitié de Septembre.

**\*Station de Bouati Mahmoud :**

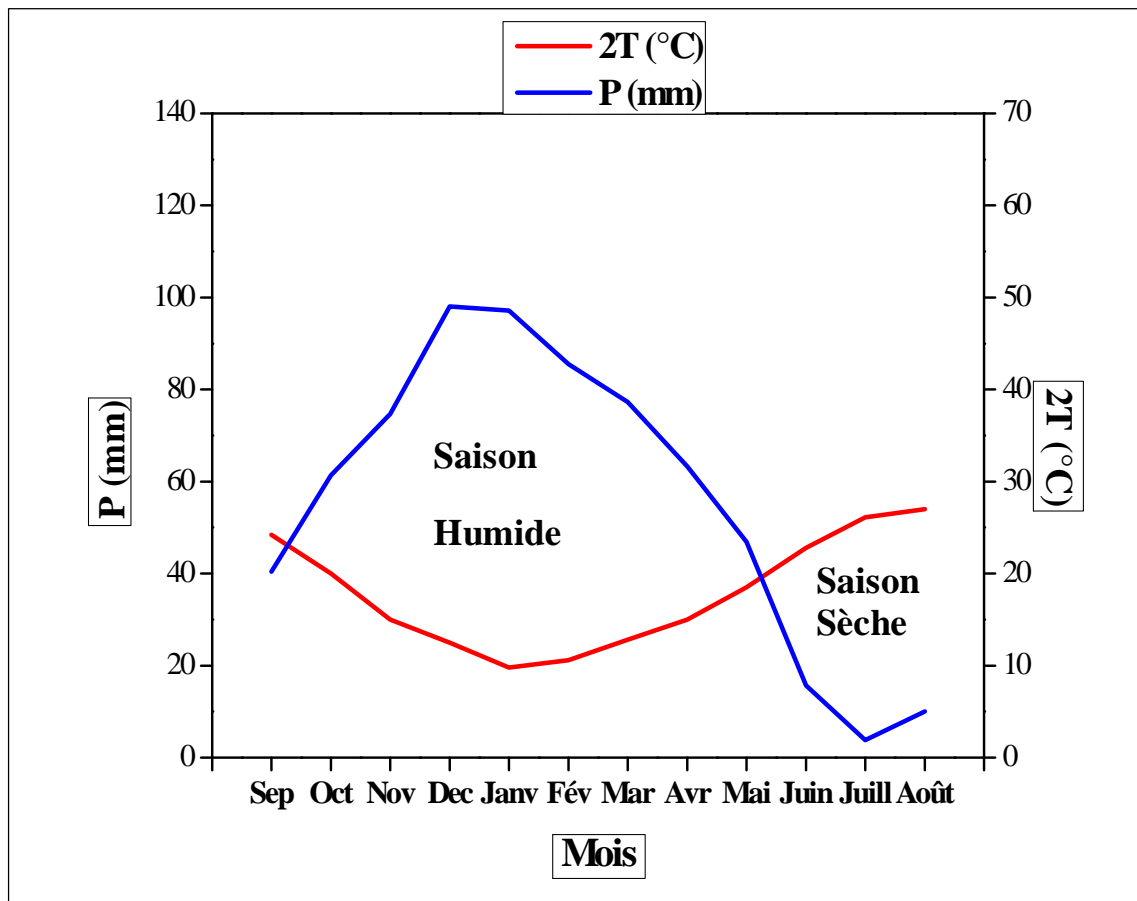


Fig. N°09 : Diagramme Ombro thermique de la station de Bouati Mahmoud (1970-2012).

\*Station de Bekkouche Lakhdar :

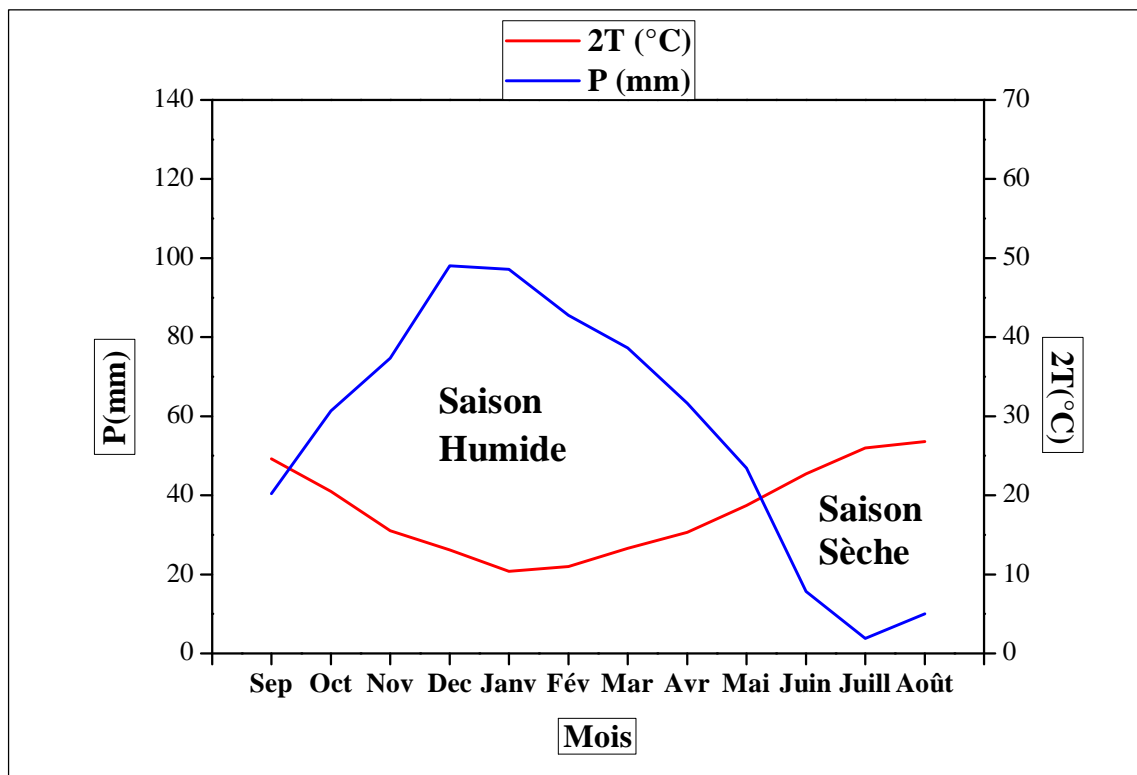


Fig. N°10 : Diagramme Ombro thermique de la station de Bekkouche Lakhdar (1970-2012).

Le type de climat, qui caractérise la région de Bouati Mahmoud et de Bekkouche Lakhdar, est un climat subtropical méditerranéen, humide et froid en hiver, chaud et sec en été.

#### 4- Bilan Hydrique :

Le bilan hydrique permet d'évaluer la répartition des précipitations entre les différents composants (pluie, ruissellement, infiltration, évapotranspiration réelle). (DERAI Abdelhak et LAKEHAL Abdelhafid, 2013).

La formule du Bilan est la suivante :

$$P = ETR + R + I$$

**P**: la précipitation moyenne annuelle en mm.

**ETR**: l'évapotranspiration réelle en mm.

**R**: le ruissellement en mm.

**I** : l'infiltration en mm.

#### 4.1- Détermination des paramètres du bilan :

##### 4.1.1- Evapotranspiration :

L'évapotranspiration est la quantité d'eau évaporée à partir du sol, des surfaces d'eau libres et celle transpirée par les végétaux. Le terme évapotranspiration englobe deux types :

##### 4.1.1.1- Evapotranspiration potentielle (ETP) :

C'est la somme des quantités d'eau qui peuvent s'évaporer et transpirer sur une surface donnée et pendant une période bien définie en considérant des apports d'eau suffisants. ETP est estimée par la formule de « C.W.Thornthwaite » proposée en 1948 et basée essentiellement sur les températures de l'air (Tableau N°04 et N°05) :

$$ETP = 16 \left( 10 \frac{t}{I} \right)^\alpha K$$

**Avec :**  $\alpha = 0.016 I + 0.5$

$$i = \left( \frac{t}{5} \right)^{1.514}$$

Où :

**ETP** : Evapotranspiration potentielle mensuelle en (mm).

**T** : Température moyenne mensuelle en (°C).

**i** : Indice thermique mensuel.

**I** : La somme des indices mensuels de l'année.

**K** : Facteur correctif intégrant la durée d'insolation et la température.

**\* Station de Bouati Mahmoud:**

		Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Total
Station de Bouati Mahmoud	i	10.9	8.2	5.3	4.0	2.8	3.1	4.2	5.3	7.2	9.9	12.2	12.8	85.9
	ETP	114.8	75.7	39.1	26.2	17.8	20.2	34.8	50.0	81.6	121.7	159.3	158.8	900.0
Station de Bekkouche Lakhdar	i	11.2	8.5	5.5	4.3	3.0	3.3	4.4	5.4	7.9	9.9	12.1	12.7	87.7
	ETP	117.3	78.1	40.7	27.8	19.2	20.9	36.4	50.7	81.8	119.3	156.9	155.5	904.7

**Tableau N°06 :** Résultats de l’ETP obtenus par la formule de « C.W.Thornthwaite » des deux stations (1970-2012).

**5.1.1.2- Evapotranspiration réelle (ETR) :**

L’ETR est la quantité d’eau évaporée effectivement par le sol, les végétaux et les surfaces d’eau libre. Pour calculer l’ETR, plusieurs formules sont utilisées :

**a) ETR selon la formule de "Turc" :**

Cette formule est basée sur les températures et les précipitations moyennes annuelles et on a :

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \left(\frac{P}{L}\right)^2}}$$

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

Avec :

**ETR :** Evapotranspiration réelle en (mm).

**P :** Précipitation moyenne annuelle en (mm).

**L :** Pouvoir évaporant, est une limite vers laquelle tend l’ETR lorsque t la température moyenne annuelle en (°C).

Les valeurs de l’évapotranspiration réelle ETR, calculées par la formule de Turc, sont inscrites dans le tableau N° 08:

<b>Facteurs</b>					
<b>Stations</b>	P (mm)	T (°C)	L	ETR (mm/an)	ETR(%)
<b>Bouati Mahmoud</b>	674.1	17.9	1034.27	585.67	49.96
<b>Bekkouche Lakhdar</b>	558.5	18.2	6783.57	586.51	50.04

**Tableau N° 07:** Résultats de l’ETR obtenus par la formule de « Turc » (1970-2012).

**b) ETR selon "C.W.Thornthwaite":**

L'estimation de l'ETR en (mm) avec cette méthode est liée au volume des précipitations.

Trois cas peuvent se présenter :

✓ **1<sup>er</sup> cas :  $P \geq ETP \Rightarrow ETR = ETP$  :**

Il y a une reconstitution des réserves du sol jusqu'à la saturation, le surplus va représenter l'écoulement superficiel.

✓ **2<sup>ème</sup> cas :  $P < ETP \Rightarrow ETR = P + RFU$  :**

Dans ce cas, la RFU (réserve facilement utilisable) va s'épuiser jusqu'à la satisfaction de l'ETP.

✓ **3<sup>ème</sup> cas :  $P > ETP$  et  $RFU = 0 \Rightarrow ETR = P$  :**

Il y a aura donc un déficit agricole (DA) représenté par la quantité d'eau qui doit être apportée pour l'irrigation. (DERAI Abdelhak et LAKEHAL Abdelhafid, 2013).

Station \ ETR (mm/an)	Selon « Turc »	Selon « C.W.Thornthwaite »
<b>Bouati Mahmoud</b>	585.67	466.3
<b>Bekkouche Lakhdar</b>	586.51	413.9

**Tableau N° 08:** Résultats de l'ETR obtenus par les différentes méthodes d'estimation à la station de Bouati Mahmoud et de Bekkouche Lakhdar (1970-2012).

Les valeurs de l'ETR dans le tableau ci-dessus sont variables selon chaque méthode d'estimation, donc l'évapotranspiration réelle moyenne est égale de 383.4 (mm/an) pour la station de Bouati Mahmoud et de 389.8 (mm/an) pour la station de Bekkouche Lakhdar.

**4.1.2- Ruissellement (R) :**

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

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

$$R = P^3 / 3$$

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

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

Avec :

R : Ruissellement en (mm).

P : Précipitation moyenne annuelle en (mm).

ETP : Evapotranspiration potentielle en (mm).

Station \ Paramètres	P (mm)	R (mm)
<b>Bouati Mahmoud</b>	674.1	102.11
<b>Bekkouche Lakhdar</b>	558.5	70.95

**Tableau N° 09:** Résultats du ruissellement par la formule de « T'ixeront Berkaloff » pour la station de Bouati Mahmoud et de Bekkouche Lakhdar (1970-2012).

#### 4.1.3- Infiltration (I) :

L'infiltration est un paramètre très important dans le bilan hydrique, est définie comme étant le mouvement de l'eau dans un sol en passant par la surface, elle dépend de plusieurs facteurs, les plus importants sont :

- ❖ La nature de sol.
- ❖ La perméabilité et la porosité.
- ❖ La couverture végétale.

Elle peut être calculée par la formule du bilan globale :

$$P = R + I + ETR$$

$$\text{Donc : } I = P - R - ETR.$$

Avec :

**R** : Ruissellement en (mm).

**P** : Précipitation moyenne annuelle en (mm).

**I** : Infiltration en (mm).

Si  $I > 0$  : les entrées sont supérieure aux sorties.

Si  $I < 0$  : les entrées sont inférieure aux sorties.

Les résultats de l'infiltration sont notés dans le Tableau N°11 suivant :

Facteurs \ Stations	P (mm)	R (mm)	ETR (mm)	I (mm)
<b>Bouati Mahmoud</b>	674.1	102.11	466.3	105.69
<b>Bekkouche Lakhdar</b>	558.79	70.95	413.9	73.65

**Tableau N°10 :** Estimation de l'infiltration par l'équation fondamentale du Bilan hydrique.



Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Total
P (mm)	40.41	61.34	74.66	98.01	97.14	85.55	77.25	63.33	46.85	15.67	3.82	10.04	674.1
T (°C)	24.2	20	15	12.5	9.8	10.6	12.8	15	18.5	22.8	26.1	27	/
K	1.03	0.97	0.86	0.81	0.87	0.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16	/
i	10.9	8.2	5.3	4.0	2.8	3.1	4.2	5.3	7.2	9.9	12.2	12.8	85.9
ETP	114.8	75.7	39.1	26.2	17.8	20.2	34.8	50.0	81.6	121.7	159.3	158.8	900.0
RFU	0	0	35.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	65.3	0	0	0	/
ETR	40.4	61.3	39.1	26.2	17.8	20.2	34.8	50.0	81.6	81.0	3.8	10.0	466.3
EXC	0	0	0	7.4	79.3	65.4	42.4	13.3	0	0	0	0	207.8
DA	74.4	14.3	0	0	0	0	0	0	0	40.7	155.5	148.8	433.7

**Tableau N° 11:** Bilan hydrique de C.W.Thornthwaite de la station de Bouati Mahmoud (1970-2012).

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Total
P (mm)	28.43	44.74	69.82	95.44	86.03	73.36	65	46.59	27.61	12.72	2.67	6.11	558.5
T (°C)	24.5	20.5	15.5	13.1	10.4	11	13.3	15.3	18.7	22.7	26	26.8	/
K	1.03	0.97	0.86	0.81	0.87	0.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16	/
i	11.2	8.5	5.5	4.3	3.0	3.3	4.4	5.4	7.4	9.9	12.1	12.7	87.7
ETP	117.3	78.1	40.7	27.8	19.2	20.9	36.4	50.7	81.8	119.3	156.9	155.5	904.7
RFU	0	0	29.2	96.8	100.0	100.0	100.0	95.8	41.7	0	0	0	/
ETR	28.4	44.7	40.7	27.8	19.2	20.9	36.4	50.7	81.8	54.4	2.7	6.1	413.9
EXC	0	0	0	0	63.6	52.4	28.6	0	0	0	0	0	144.6
DA	88.9	33.4	0	0	0	0	0	0	0	64.9	154.3	149.4	490.8

**Tableau N° 12:** Bilan hydrique de C.W.Thornthwaite de la station de Bekkouche Lakhdar (1970-2012).

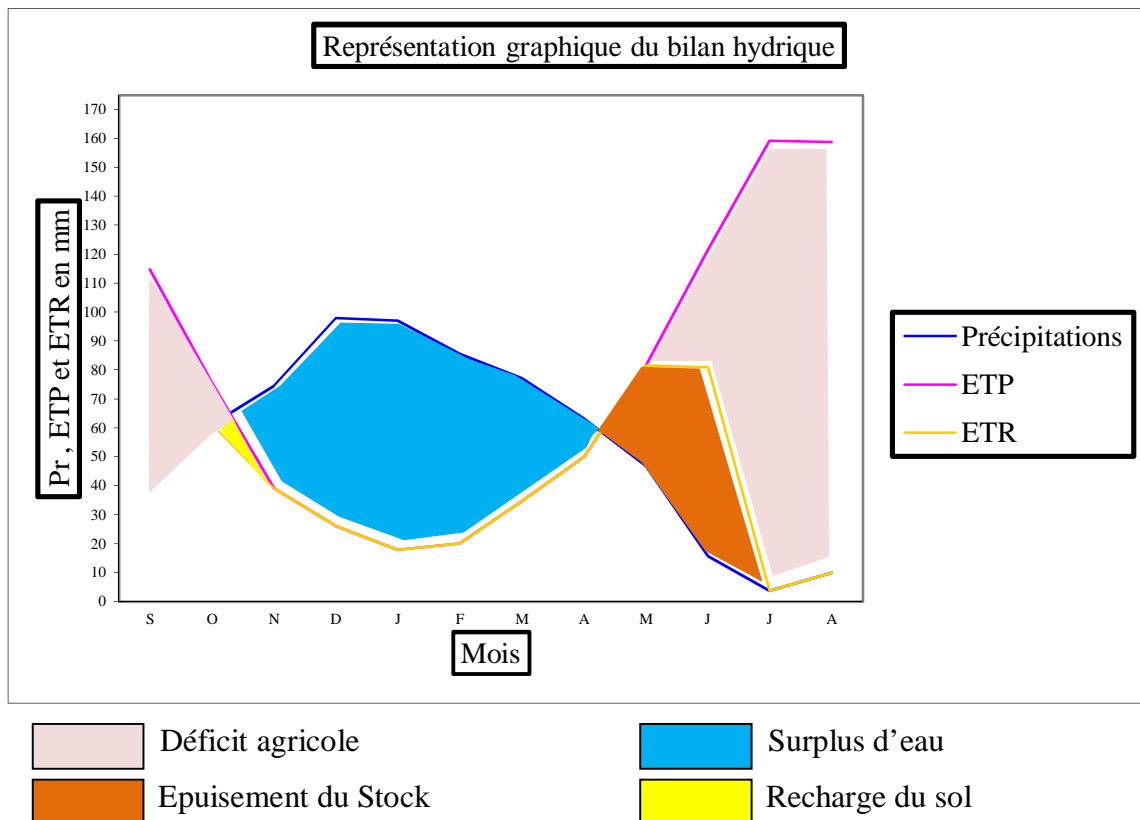
#### 4.2. Interprétation du bilan de C.W.Thornthwaite :

##### a- Station de Bouati Mahmoud

Les résultats obtenus du bilan hydrique de C.W.Thornthwaite pour la station de Bouati Mahmoud illustrés dans le tableau N°12 et la Fig. N°11, nous ont permis de tirer l'observation suivantes :

- La région d'étude reçoit des précipitations moyennes annuelles de l'ordre de 674.1 mm et une température moyenne annuelle de 17.9°C.

- L'évapotranspiration potentielle (ETP) atteint son maximum aux mois de Juillet 159.3 mm et son minimum au mois de Janvier 17.8 mm, l'ETP total est de l'ordre de 900.0 mm.
- L'évapotranspiration réelle (ETR) total est de 466.3 mm.
- Lorsque la réserve facilement utilisable (RFU) est pleine, il y a un surplus d'eau accompagné d'un ruissellement et quand elle a tendance à diminuer au point qu'elle sera carrément vide, il y aura un épuisement du stock et par conséquent un déficit agricole s'étalant de début du mois de Juin jusqu'au la fin du mois d'Octobre avec un total d'ordre de 433.7mm.
- La reconstitution de la RFU commence au mois de Novembre et atteint son maximum (saturation : 100mm) au mois de Décembre et reste ainsi jusqu'au mois d'Avril puis elle commence à s'épuiser au mois de Mai pour se vider complètement au mois de Juin.
- L'écoulement débute après le remplissage de la RFU (100mm), au mois de décembre et se termine à la fin de mois d'Avril avec un maximum au mois de janvier 79.3mm et un minimum au mois de décembre de l'ordre de 7.4mm.
- L'excédent annuel est égal à 207.8 mm.
- Le coefficient d'infiltration calculé représente 105.69 mm.



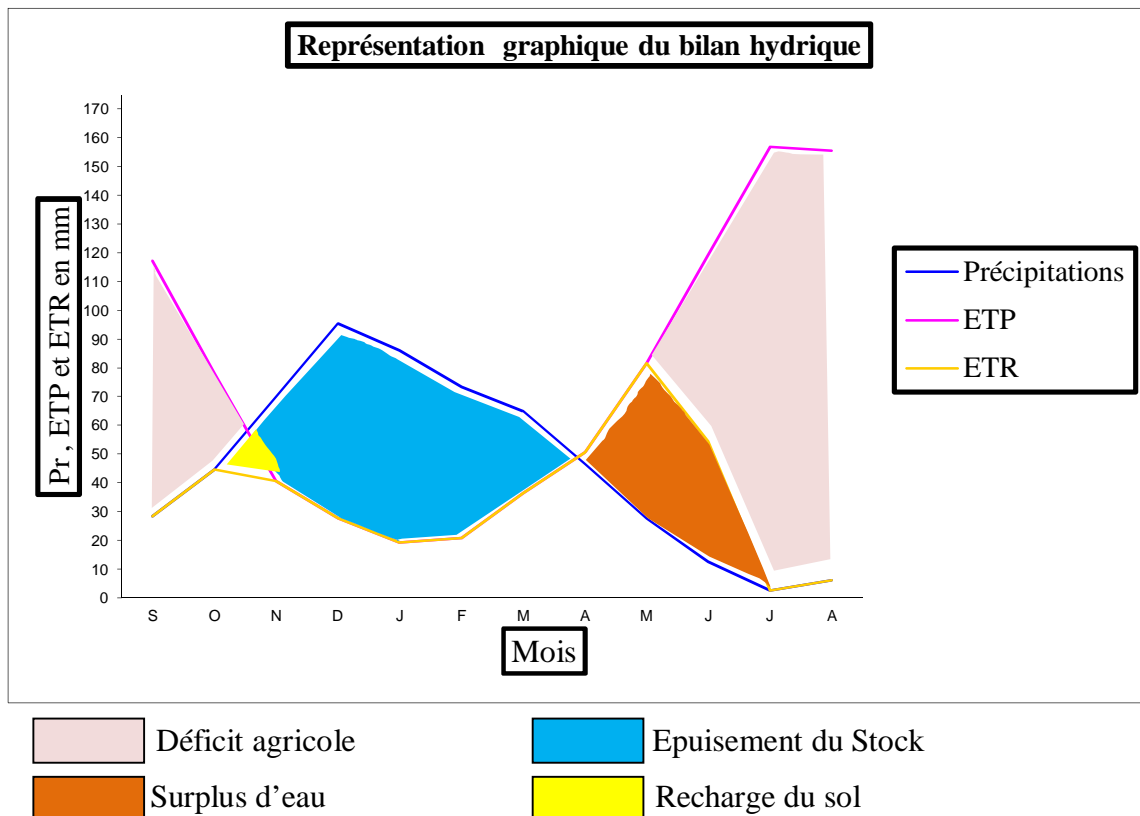
**Fig. N°11:** Représentation graphique du bilan de C.W. Thornthwaite à la Station de Bouati Mahmoud (1970-2012).

#### b- station de Bekkouche Lakhdar

Les résultats obtenus du bilan hydrique de C.W.Thornthwaite pour la station de Bekkouche Lakhdar illustrés dans le tableau N°13 et la Fig. N°12, nous ont permis de tirer l'observation suivantes :

- La région d'étude reçoit des précipitations moyennes annuelles de l'ordre de 558.5 mm et une température moyenne annuelle de 18.2 °C.
- L'évapotranspiration potentielle (ETP) atteint son maximum au mois de juillet (156.9 mm) et son minimum aux mois de janvier (19.2 mm), l'ETP total est de l'ordre de 904.7 mm.
- L'évapotranspiration réelle (ETR) total est de 413.9 mm.
- Lorsque le réserve facilement utilisable (RFU) est pleine, il y a un surplus d'eau accompagné d'un ruissellement et quand elle a tendance à diminuer au point qu'elle sera carrément vide, il y aura un épuisement du stock et par conséquent un déficit agricole s'étalant du mois de Juin jusqu'au mois d'Octobre avec une moyenne annuelle de 490.8 mm.

- La reconstitution de la RFU atteint son maximum (saturation : 100 mm) au mois de janvier et reste ainsi jusqu'au mois de mars puis elle commence à s'épuiser pour se vider complètement au mois de Juin.
- L'écoulement débute après le remplissage de la RFU (100 mm), au début de Janvier et se termine à la fin du mois de Mars avec un maximum au mois de Janvier 63.6 mm et un minimum au mois de Mars de l'ordre de 28.6 mm.
- L'excédent annuel est égal à 144.6 mm.
- Le coefficient d'infiltration calculé représente 73.65 mm.



**Fig. N°12:** Représentation graphique du bilan de C.W. Thornthwaite à la Station de Bekkouche Lakhdar (1970-2012).

### Conclusion :

L'ensemble des données climatiques et les représentations graphiques, ainsi que les différents résultats obtenus, ont permis d'attribuer à la région du Bouati Mahmoud et de Bekkouche Lakhdar un climat subtropical méditerranéen caractérisé par deux saisons principales :

- Saisons humide et froide : S'étalant de la moitié de Septembre jusqu'au mois de Mai.

- Saisons chaude et Sèche : allant de la moitié du mois de Mai jusqu'au moitié de Septembre.

L'analyse du bilan hydrique fait ressortir les observations suivantes :

\* station de Bouati Mahmoud :

- les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 674.1mm.
- le déficit agricole est de 433.7 mm.
- la somme des écoulements calculée dans la région représente 207.8 mm.
- le coefficient d'infiltration calculée représente 105.69 mm.

\*station de Bekkouche Lakhdar :

- les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 558.5 mm.
- le déficit agricole est de 490.8 mm.
- la somme des écoulements calculée dans la région représente 144.6 mm.
- le coefficient d'infiltration calculée représente 73.65 mm.

# CHAPITRE IV

## CADRE HYDROCHIMIE

**Introduction :**

L'étude de la chimie (composition chimique) de l'eau, permet de déterminer la qualité des eaux des surfaces. Elle nous permet également de sortir avec une explication concernant la relation géologie-chimie des eaux.

L'interprétation des résultats d'analyse chimique a pour but de déterminer les différents faciès chimiques des différentes analyses et d'effectuer des comparaisons spatiotemporelles des différents paramètres de potabilité des eaux des surfaces.

**1. Etude de la chimie des eaux :**

Parmi les paramètres physico-chimiques généralement étudiés on a mesuré :

- ❖ Les paramètres physiques représentant : la température, PH.
- ❖ Les paramètres chimiques ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ).
- ❖ Les métaux lourds : le fer ( $\text{Fe}^{++}$ ), cadmium ( $\text{Cd}^{++}$ ), cuivre ( $\text{Cu}^{++}$ ), plomb ( $\text{Pb}^{++}$ ) et zinc ( $\text{Zn}^{++}$ ).

**2. Echantillonnage et points de prélèvement :**

Les prélèvements les eaux de surface ont concerné quatre (04) points de prélèvement dans la zone d'étude, sur le long d'Oued El hammam.

La désignation des points de prélèvement figurent dans le tableau13, ainsi que la figure N°13.

N°	Nom	X	Y
1	avant barrage	914.75	380.5
2	Ben Ammor	915	377.5
3	Bouati Mahmoud	914.25	375.5
4	EL Hammam	918.5	373.5

**Tableau N°13 : Les points de prélèvement.**

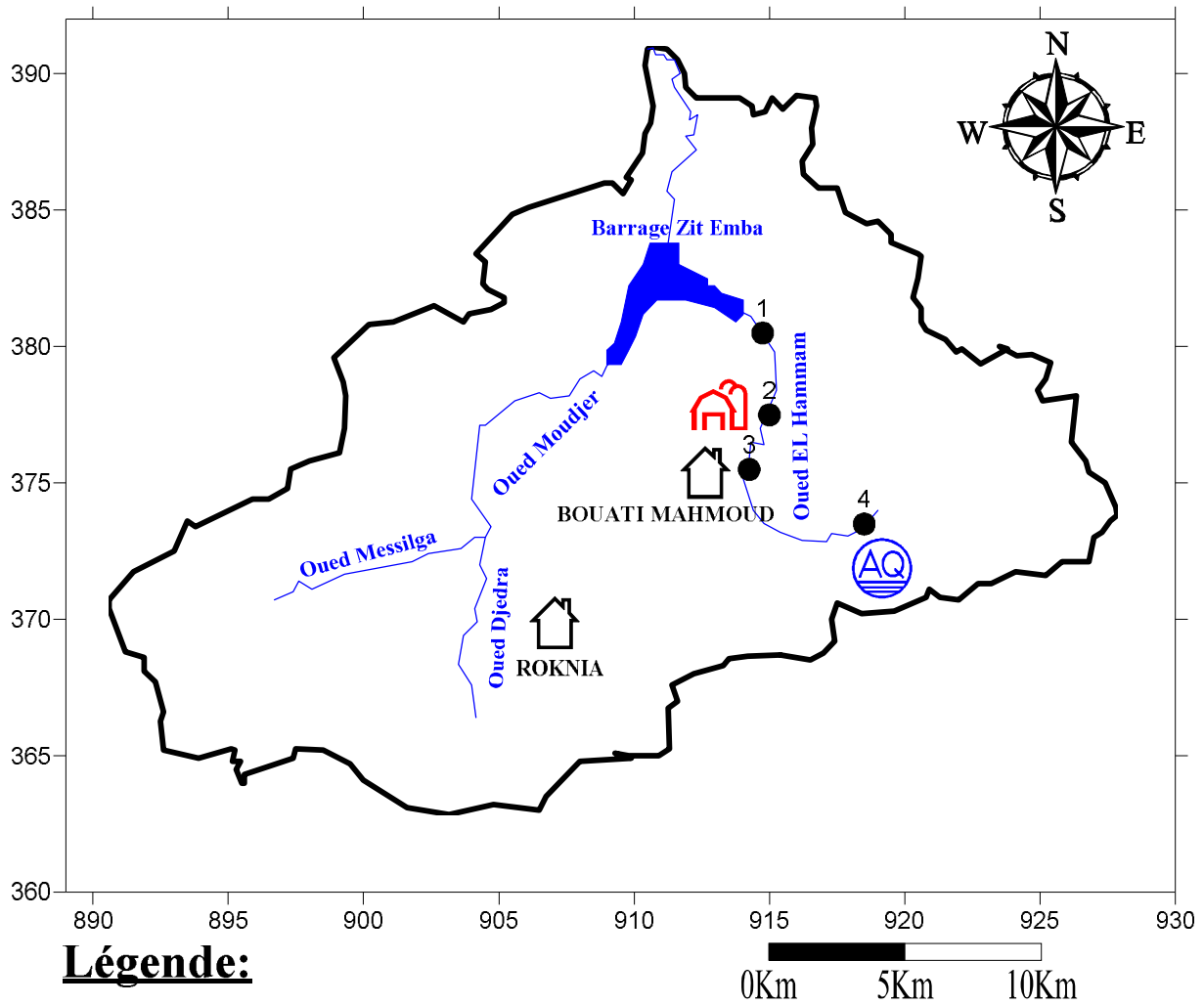


Fig. N°13 : Carte d’inventaire des points de prélèvements

**3. Mode d’échantillonnage :**

On a utilisé des flacons en plastiques neufs qu’on a rincés trois fois avec l’eau à analyser pour que ces derniers présentent les caractéristiques de ces eaux, ensuite on les a rempli jusqu’à débordement, pour éviter toute réaction chimique de l’eau avec l’air, après les avoir bouchés sous l’eau, chacun des flacons à été étiqueté et numéroté soigneusement pour nous renseigner sur la date, l’endroit et le numéro d’échantillonnage. (d’après RIHIA Djamel 2012)



#### 4. Formule ionique et faciès chimique

La formule ionique est obtenue en classant de gauche à droite par ordre décroissant les quantités en réaction en pourcent (%) du groupe des anions puis celui des cations.

La vérification des analyses chimique a été faite par la balance ionique, qui a été satisfaisante pour les quatre (04) analyses.

L'erreur maximale adaptée pour les analyses à été de 06 % (remarquant que pour l'erreur de la balance ionique, on peut aller jusqu'à 10 %).

Les formules ioniques (Tableau 14) nous donnent :

N°	Désignation	Formule ionique	Faciès chimique
1	avant barrage	$rCl^- rHCO_3^- rSO_4^{--} rNO_3^- rCa^{++} r(Na^+ +K^+) rMg^{++}$	Chloruré calcique
2	Bouati	$rCl^- rHCO_3^- rSO_4^{--} rNO_3^- rCa^{++} r(Na^+ +K^+) rMg^{++}$	Chloruré calcique
3	Ben Ammor	$rCl^- rHCO_3^- rSO_4^{--} rNO_3^- rCa^{++} r(Na^+ +K^+) rMg^{++}$	Chloruré calcique
4	EL Hammam	$rCl^- rHCO_3^- rSO_4^{--} rNO_3^- rCa^{++} r(Na^+ +K^+) rMg^{++}$	Chloruré calcique

**Tableau 14:** Formules ioniques et faciès chimiques.

Le faciès chimique de tous les points de prélèvements de notre zone d'étude est Chloruré calcique, représentant 100 % des points de prélèvements.

#### 5. Représentation graphique des analyses chimiques :

Pour bien visualiser les résultats d'analyses chimiques effectuées sur les eaux de l'Oued El Hammam, on a trouvé utile de faire la représentation graphique selon Piper, Schöeller-Berkaloff.

##### 5.1. Diagramme de Piper :

Le diagramme est bien adapté pour l'étude comparative d'un nombre important d'échantillons. En plus le diagramme met en évidence l'évolution et le changement du faciès chimique.

Néanmoins il présente un risque d'erreur qui réside dans la comparaison des échantillons, du fait que la représentation des analyses sur ce diagramme est faite en pourcent (%).

D'après la représentation graphique des résultats d'analyses selon diagramme de Piper (Fig. N°14) on remarquant que tous les analyses sont de même faciès chloruré calcique, ce dernier représente 100 % des analyses.

##### 5.2. Diagramme de Schöeller –Berkaloff :

Ce diagramme est bien adapté à la comparaison d'échantillons de faciès identiques mais différents par leur degré de dilution.

Le diagramme de Schöeller/Berkaloff ne peut contenir plus de 10 analyses ; haut de là (10 analyses) la représentation doit être confuse.

Les figures (Fig. N°15), montrent que les 04 analyses sont de même faciès chimique qu'est chloruré calcique.

L'axe vertical exprime les concentrations des éléments chimiques en mg/l.

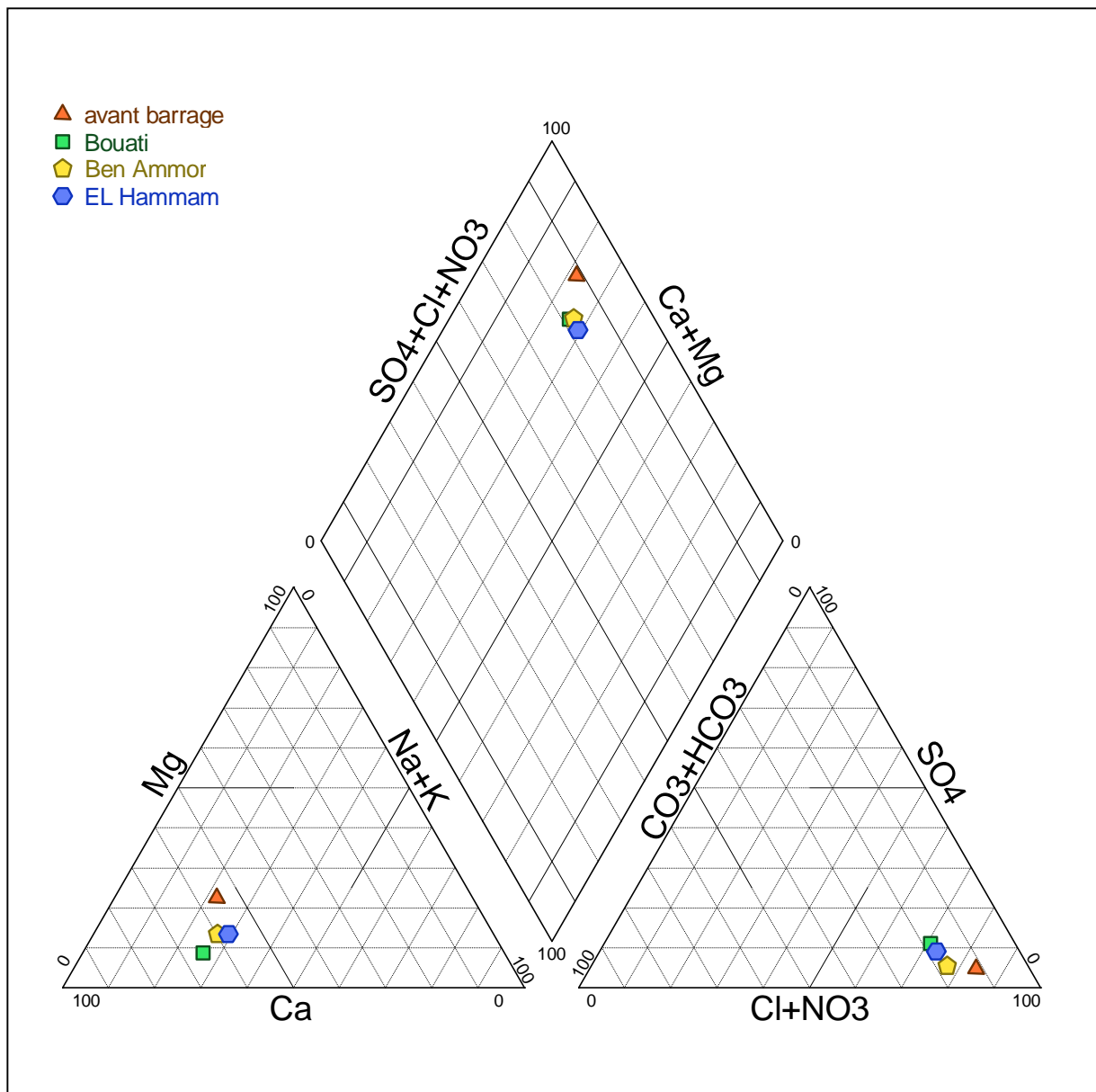


Fig. N°14 : Représentation graphique des faciès chimiques sur le diagramme de Piper.

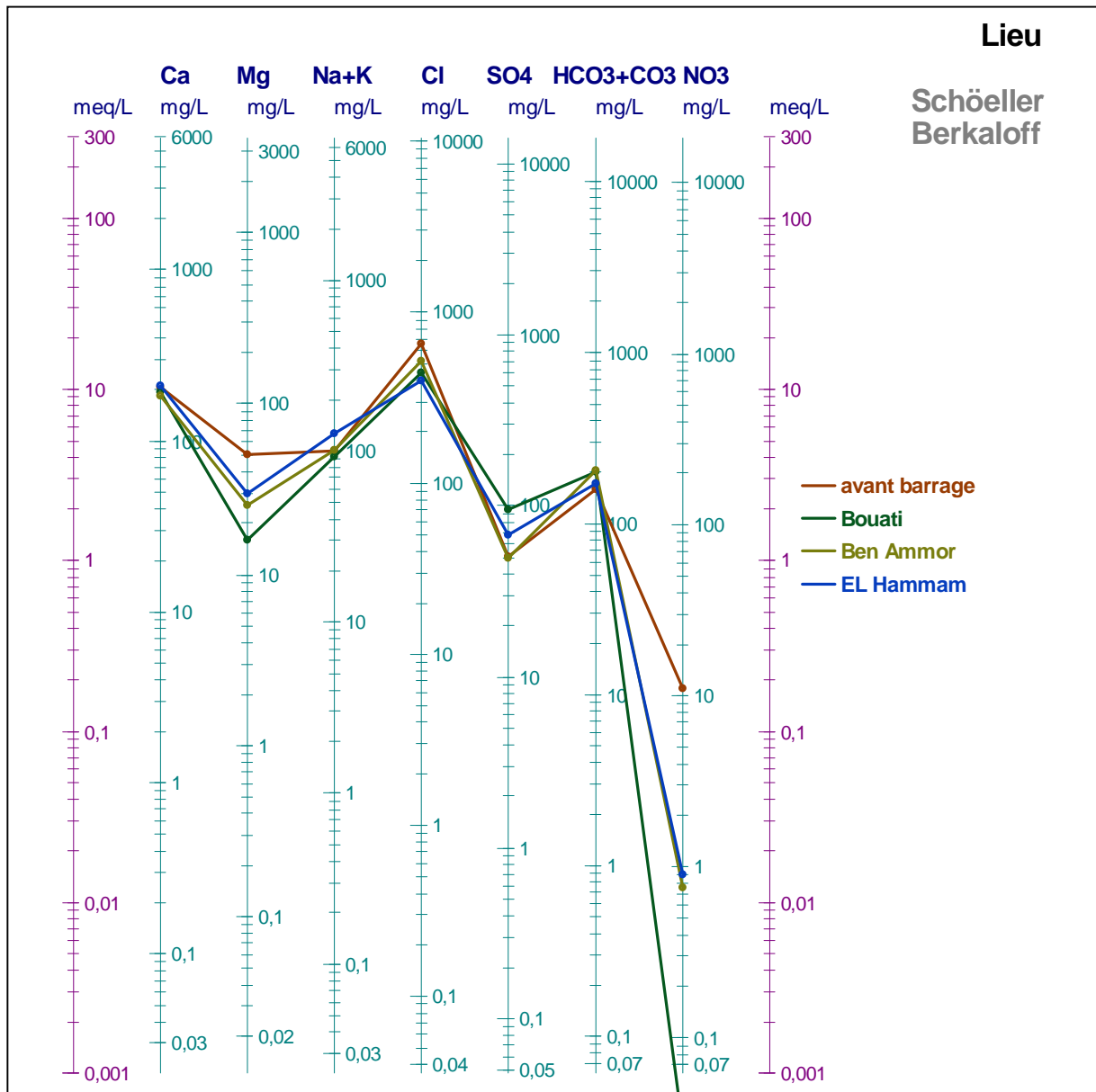


Fig. N°15 : Représentation graphique des faciès chimiques sur le diagramme de Schöeller/Berkaloff.

**6. Normes et qualité des eaux de la zone d'étude :****6.1. Les normes :**

Dans le but de faire une approche qualitative des résultats des analyses chimiques effectuées, on a procédé à des normes de classification (OMS 2006) pour chacun des paramètres représentés dans les différentes cartes ci-après (Tableau 15).

Paramètres		Normes
Calcium	(Ca <sup>++</sup> )	100 mg/l
Magnésium	(Mg <sup>++</sup> )	50 mg/l
Bicarbonate	(HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	250 mg/l
Sodium	(Na <sup>+</sup> )	200 mg/l
Chlorures	(Cl)	250 mg/l
Sulfates	(SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> )	500 mg/l
Nitrate	(NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	50 mg/l
Phosphate	(PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	2 mg/l
Nitrite	(NO <sub>2</sub> )	3 mg/l
Ammonium	(NH <sub>4</sub> )	0.2 mg/l
Fer	(Fe)	0.5 mg/l
Plomb	(Pb)	0.01 mg/l
Cadmium	(Cd)	0.003 mg/l
Cuivre	(Cu)	2 mg/l
Zinc	(Zn)	3 mg/l
Dureté globale	(TH)	200 mg/l
PH		6.5 - 9.5

**Tableau N°15:** Normes de qualité des eaux potables (l'OMS en 2006).

6.2. Qualité des eaux de la zone d'étude :

6.2.1. Variations des Paramètres physiques :

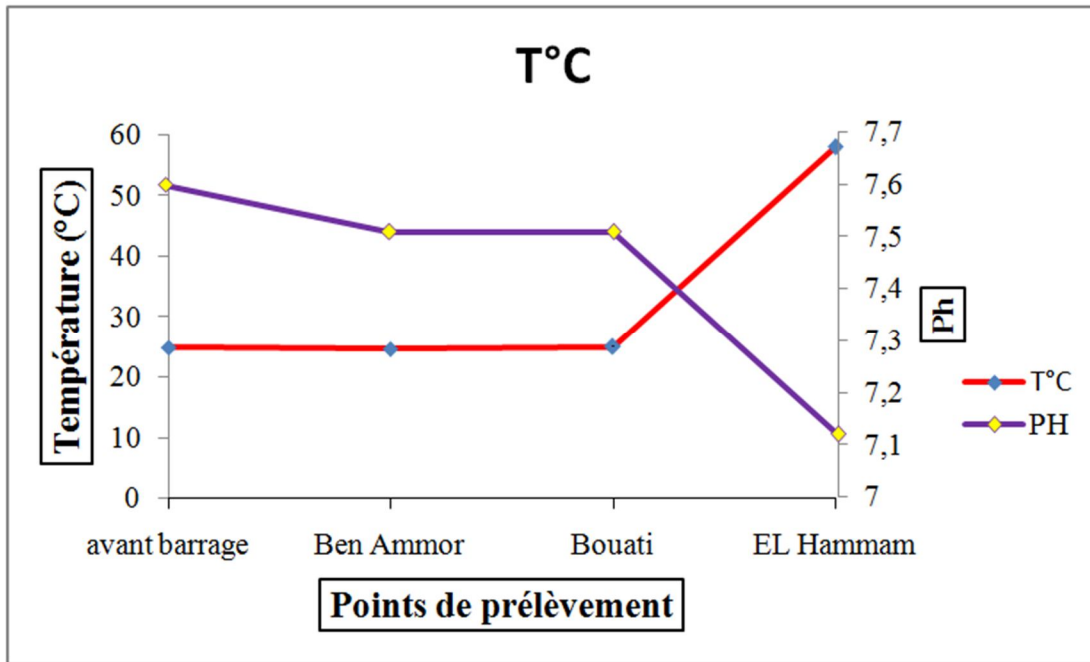


Fig. N°16 : Diagramme de variation du PH par rapport la température.

Les mesures de la température des eaux de Oued El Hammam ont révélées des valeurs fortes au Sud par rapport au Nord de la zone d'étude (d'El Hammam vers barrage Zit Emba), elles sont comprises entre 58°C au El Hammam et 24.7°C à Ben Ammor.

Par contre les valeurs du PH varient proportionnellement inverse à la température, elles sont varier entre 7.12 au Sud et 7.6 au Nord.

Les degrés de la température élevée augmentent la vitesse des réactions chimiques se qui favorise l'acidité des solutions, se qui nous avons dans notre cas d'El hammam.

6.2.2. Les cartes de répartition des éléments chimiques:

1- Carte du Calcium :

Sa présence résulte principalement de l'infiltration des eaux météoriques à travers des formations carbonatées. La dissolution qui s'en suit est favorisée par le gaz carbonique provenant de l'atmosphère et du sol.



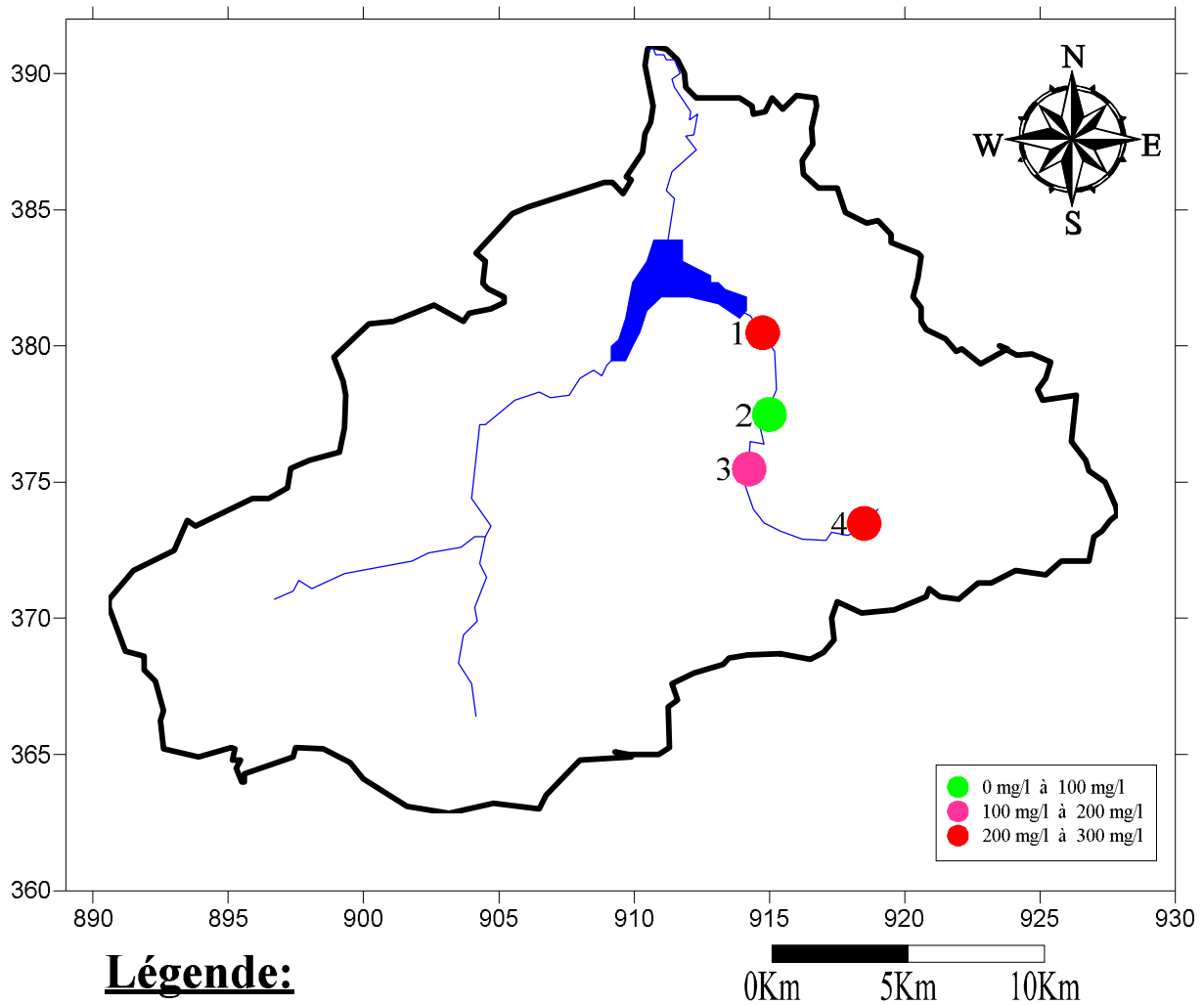


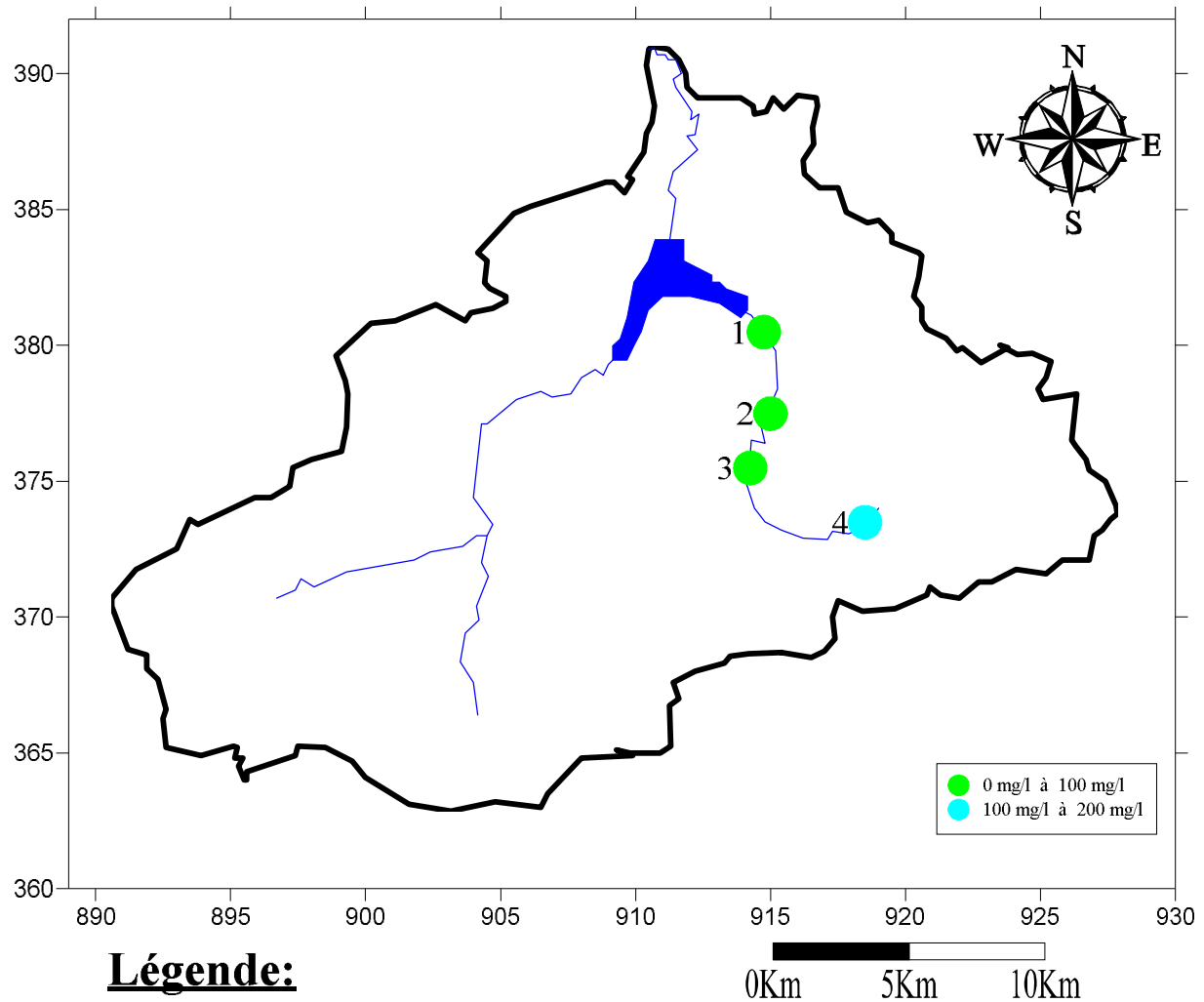
Fig. N°17 : Carte de répartition du calcium (Ca<sup>+</sup>).

Les normes du calcium conseillées par l’OMS est de 100 mg/l. les valeurs de concentration du calcium inférieur au seuil de l’OMS enregistrer au niveau de l’usine de conservation de Ben Ammor. Les teneures moyennement élevées marquées au niveau du village de Bouati Mahmoud, elle est de l’ordre de 192.38 mg/l.

Par contre les teneures les plus élevées sont enregistrer à El Hammam et à la rentrée du Barrage Zit Emba, sont respectivement, 206.81 mg/l et 210.02 mg/l.

**2- Carte de Sodium :**

Pour des raisons de qualité esthétique ou organoleptique, l'objectif fixé pour la concentration du sodium dans l'eau potable a été fixé à  $\leq 200$  mg/l .on considère ordinairement le goût de l'eau potable comme désagréable lorsque la concentration du sodium dépasse ce niveau. Le sodium n'est pas considéré comme toxique : un adulte en adsorbe jusqu'à 5 g/jour.



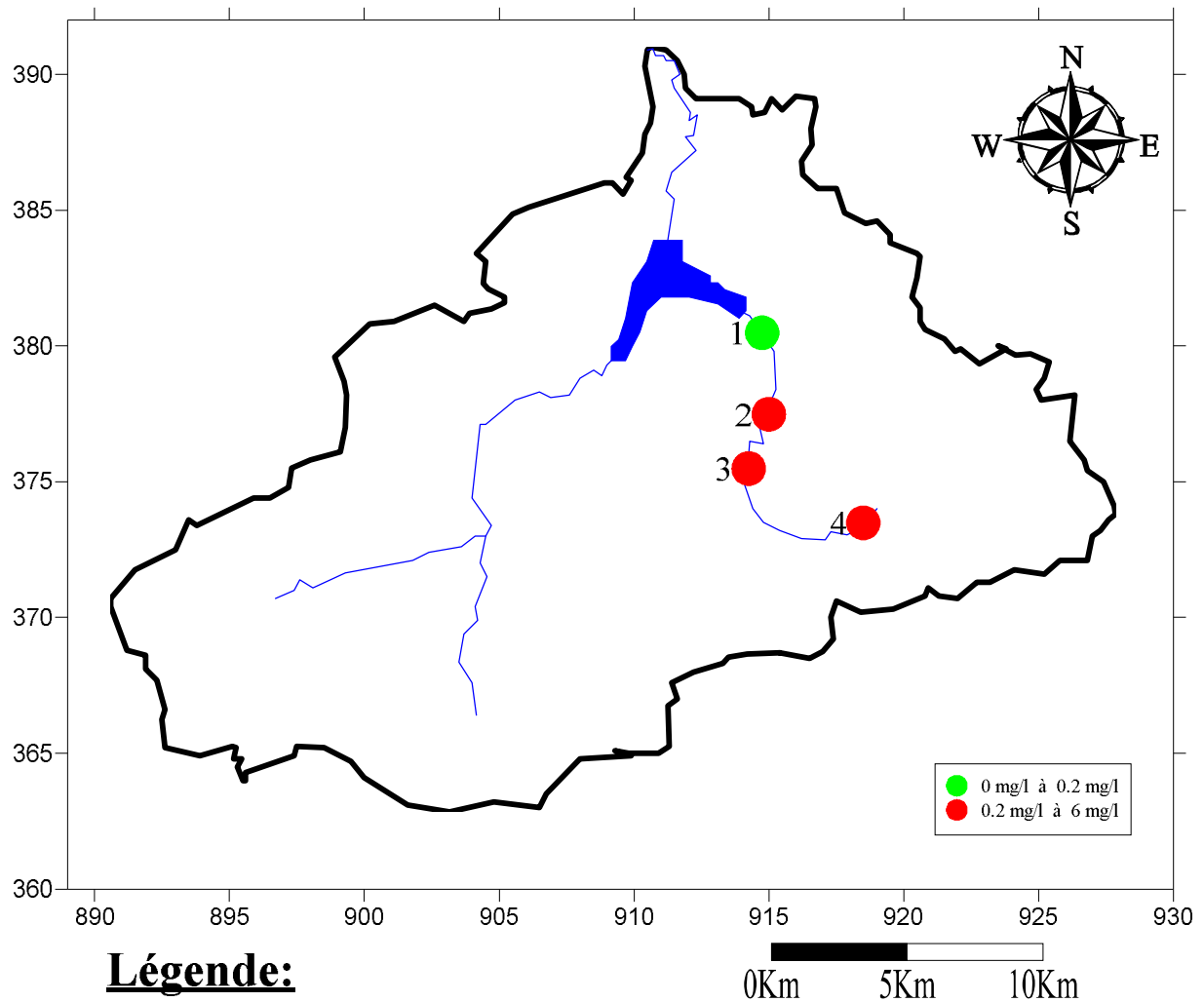
**Fig. N°18:** Carte de répartition de Sodium ( $\text{Na}^+$ ).

Les teneurs en Sodium des points d'eaux de l'Oued El Hammam sont dues essentiellement de la nature lithologique des terrains traversées (roches métamorphiques et argiles). Elles ne dépassent pas le seuil de 200 mg/l dans tous les points de prélèvements.

**\*Effets du sodium sur l'environnement :**

Ce produit chimique n'est pas mobile dans sa forme solide dans l'environnement, bien qu'il absorbe l'humidité très facilement. Une fois sous forme liquide, l'hydroxyde de sodium pénètre rapidement dans le sol sous forme de lixiviation, souillant probablement des sources d'eau.

**3- Carte de l'Ammonium :**



**Fig. N°19:** Carte de répartition de l'Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>).

Les concentrations des ions de L'Ammonium présent dans les eaux d'Oued El Hammam avec des différentes valeurs. Les faibles teneurs se limitent dans le point N°01(Avant barrage) avec une concentration de 0.14 mg/l. Les autres points (N°02 ,03et 04)

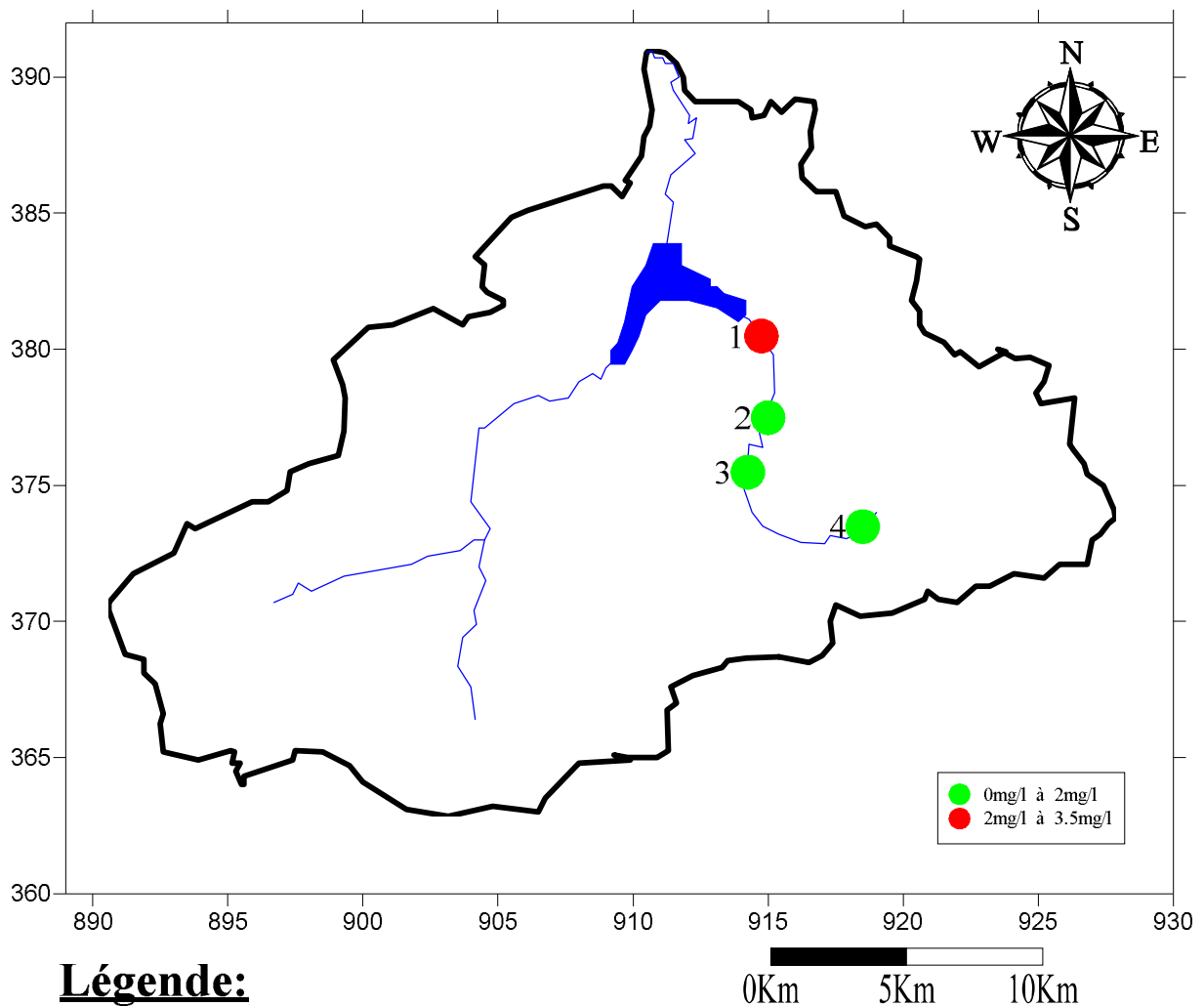


(Ben Ammor, Bouati et El Hammam) caractérisées par des valeurs excessives dépassent les limites de l’OMS de loin (0.2 mg/l). Elles sont de 5.86 mg/l à El Hammam, 4.25 mg/l à Bouati et 5.17 mg/l à usine Ben Ammor.




L’origine probable de l’ammonium divisé en deux parties :

- Azote géologique trouvé dans certaines eaux thermales, provenant alors de roches sédimentaires et du manteau. Le cycle de l'azote passe par le substratum rocheux là où de l'azote était présent dans la matière organique sédimentée. (Cas d’El Hammam)
- Lessivage de terrains. (Cas du point N°02 (Ben Ammor).

**4- Carte des Nitrites :**



**Légende:**

-  Oued
-  Limite du bassin versant
-  Barrage

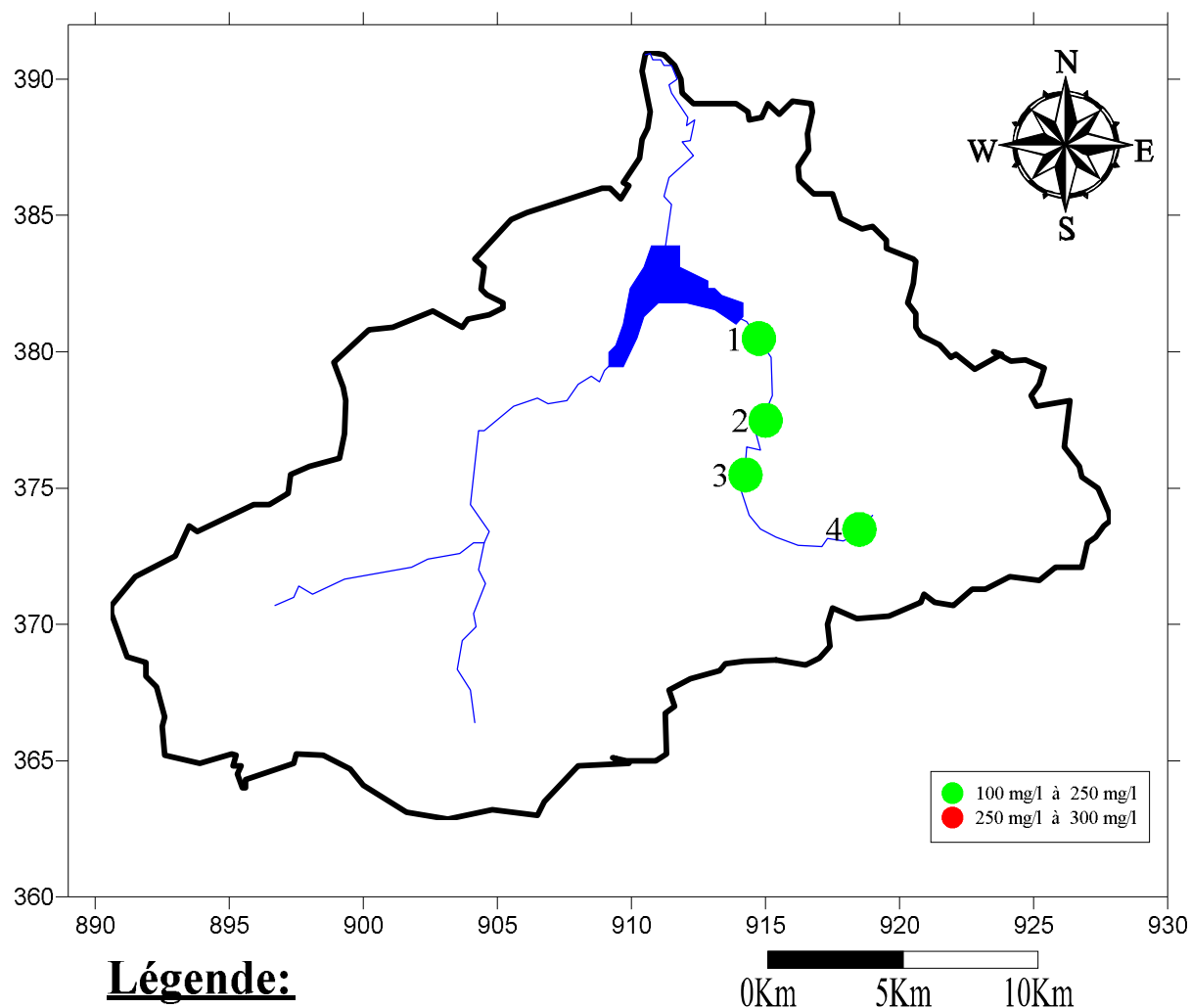
**Fig. N°20 : Carte de répartition du Nitrite (NO<sub>2</sub>).**

Les concentrations du Nitrites se trouvent inférieures aux normes de l’OMS, dans toute les points de prélèvement ; sauf le point N°01, où la teneur dépasse le seuil de 3 mg/l, elle est de l’ordre de 3.15 mg/l.

Les fertilisants agricoles, le fumier, les rejets domestiques d’eaux usées et la décomposition d’organismes végétaux et animaux figurent parmi les sources les plus importantes de nitrites.

**5- Carte des Bicarbonates :**

Les bicarbonates proviennent essentiellement de la dissolution des formations carbonatées.



**Fig. N°21 :** Carte de répartition du Bicarbonates (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>).

Les teneurs sont comprises entre 158.6 mg/l avant barrage et El Hammam, et 204.96 mg/l au niveau de Ben Ammor. En général les concentrations des Bicarbonates ne dépassent pas la norme (250 mg/l). Les teneurs des bicarbonates dans les eaux de la zone d'étude proviennent de la dissolution des terrains carbonatés encaissants.

**6- Carte des Phosphates :**

Les phosphates présents dans les eaux usées proviennent en grande partie de l'activité agricole (engrais pour enrichir les fruits et légumes en source de phosphore), des eaux usées domestiques (lessives et produits détergents phosphatés) et de l'activité industrielle.

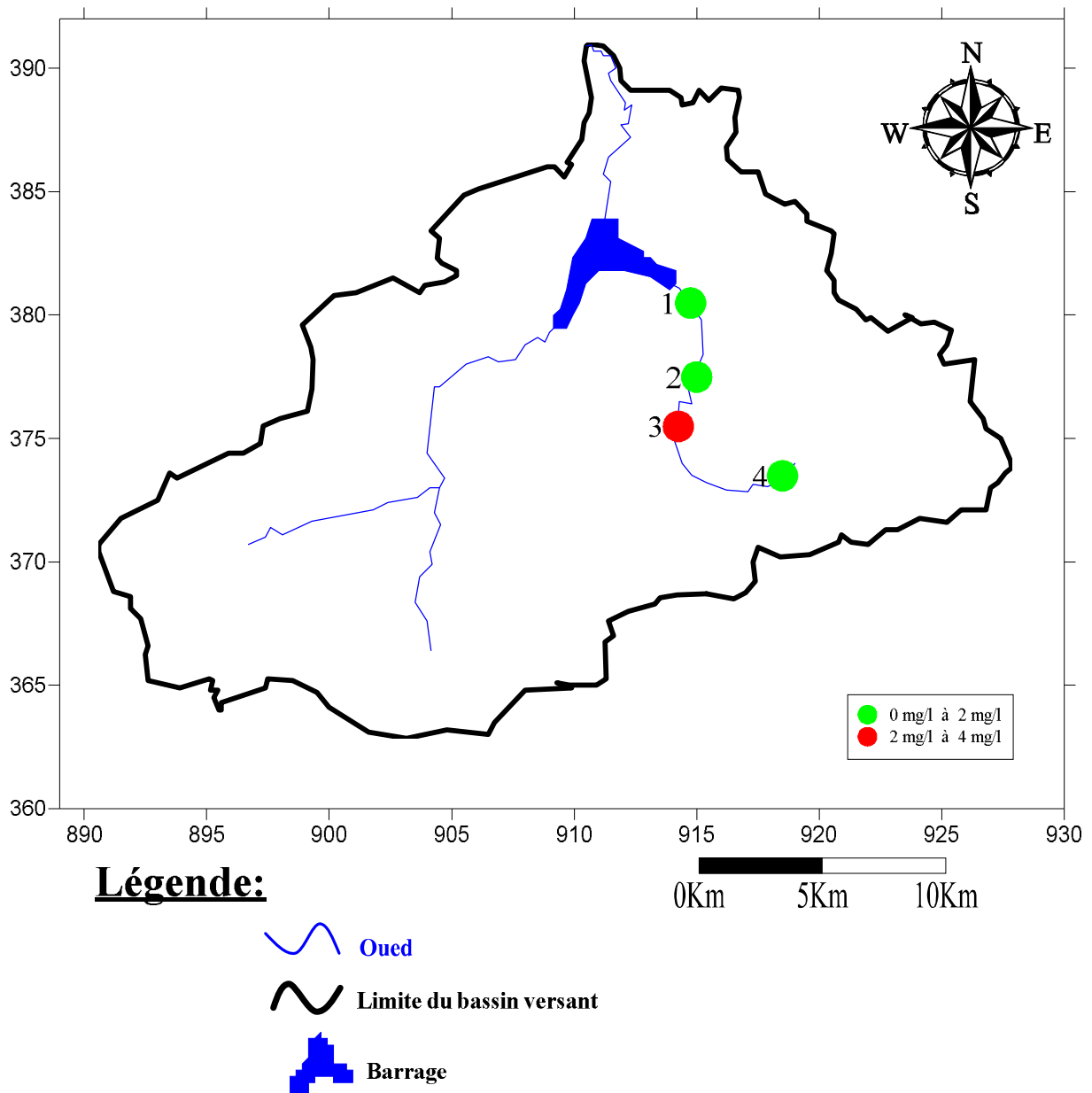


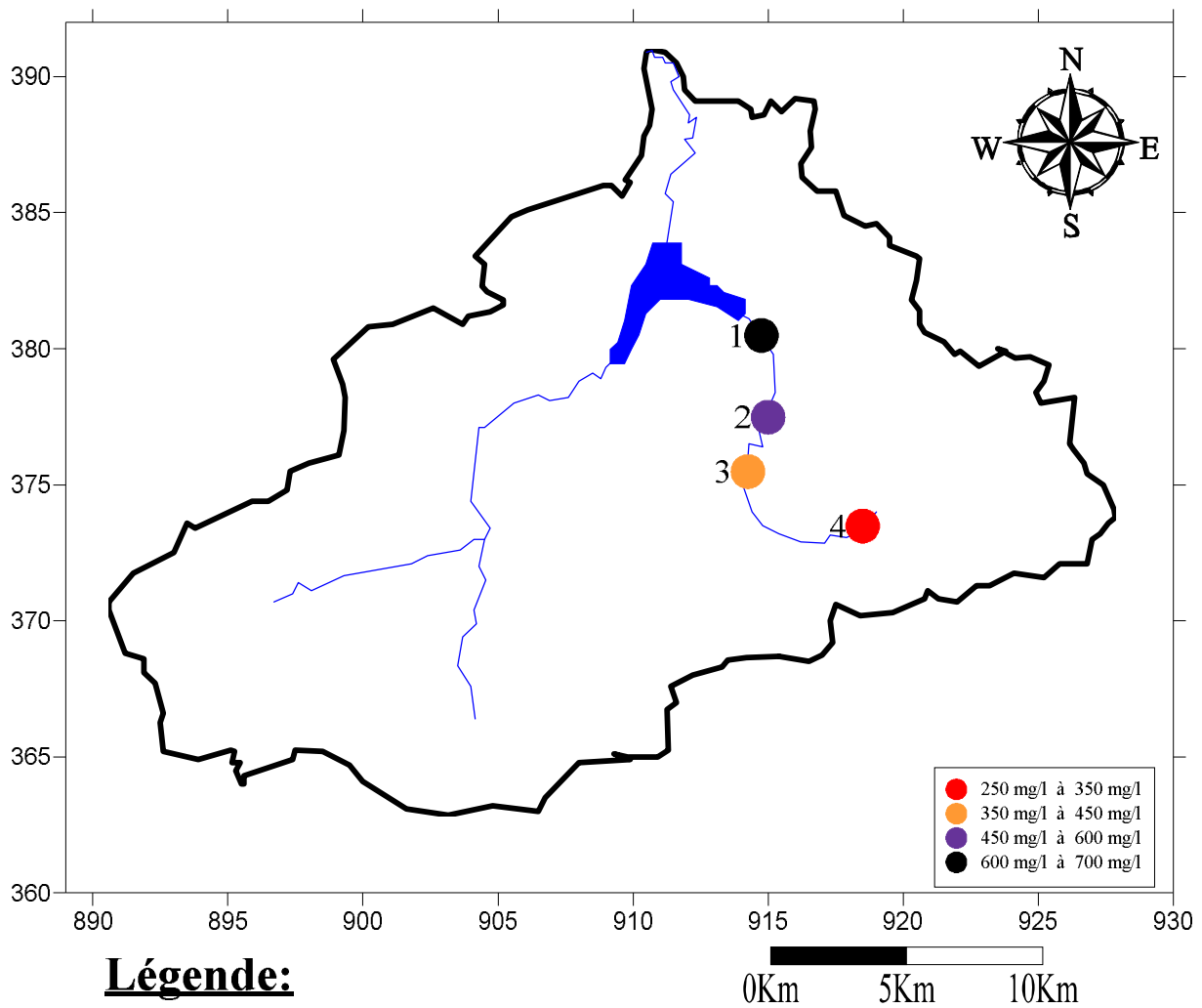
Fig. N°22 : Carte de répartition des phosphates (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>).

Les eaux d'Oued El Hammam caractérisées par des teneurs faibles en phosphate généralement, elles ne dépassent pas le seuil de l'OMS (2 mg/l). Mais un cas exceptionnel le point de village de Bouati Mahmoud où la concentration est supérieur de la limite de potabilité (2.64 mg/l).

Cette pollution est d'origine domestique (eaux usées) de l'agglomération de Bouati Mahmoud, et agricole par l'activité d'agricole (engrais).

**7- Carte des chlorures :**

L'OMS fixé la norme acceptable pour les chlorures à  $\leq 250$  mg/l. À des concentrations supérieures, le chlorure donne un mauvais goût à l'eau et aux boissons préparées à partir de l'eau et risque par ailleurs de provoquer la corrosion du réseau de distribution.



**Légende:**  
  
 Oued  
 Limite du bassin versant  
 Barrage

**Fig. N°23 : Carte de répartition des chlorures (Cl).**

On constate a partir de la carte de répartition du chlorures, que les teneurs s’est cumulent de l’amont d’Oued El hammam vers l’aval. Elles sont comprises entre 337.25 mg/l au niveau d’El Hammam et 656.75 mg/l au niveau de la rentrée du barrage.

Les chlorures proviennent essentiellement de la dissolution des sels naturels par lessivage des terrains salifères (ruissellement, irrigation) et de rejets des eaux usées, domestiques (El Hammam, village de Bouati Mahmoud) et industrielles (huilerie de Bouati et usine de conservation de Ben Ammor).

**8- Dureté totale :** Elle traduit la somme des teneurs en calcium et magnésium. Exprimée en degré français (°F), elle est calculée par la formule suivante :

$$DHT (°F) = (r Ca^{++} + r Mg^{++}) \times 5$$

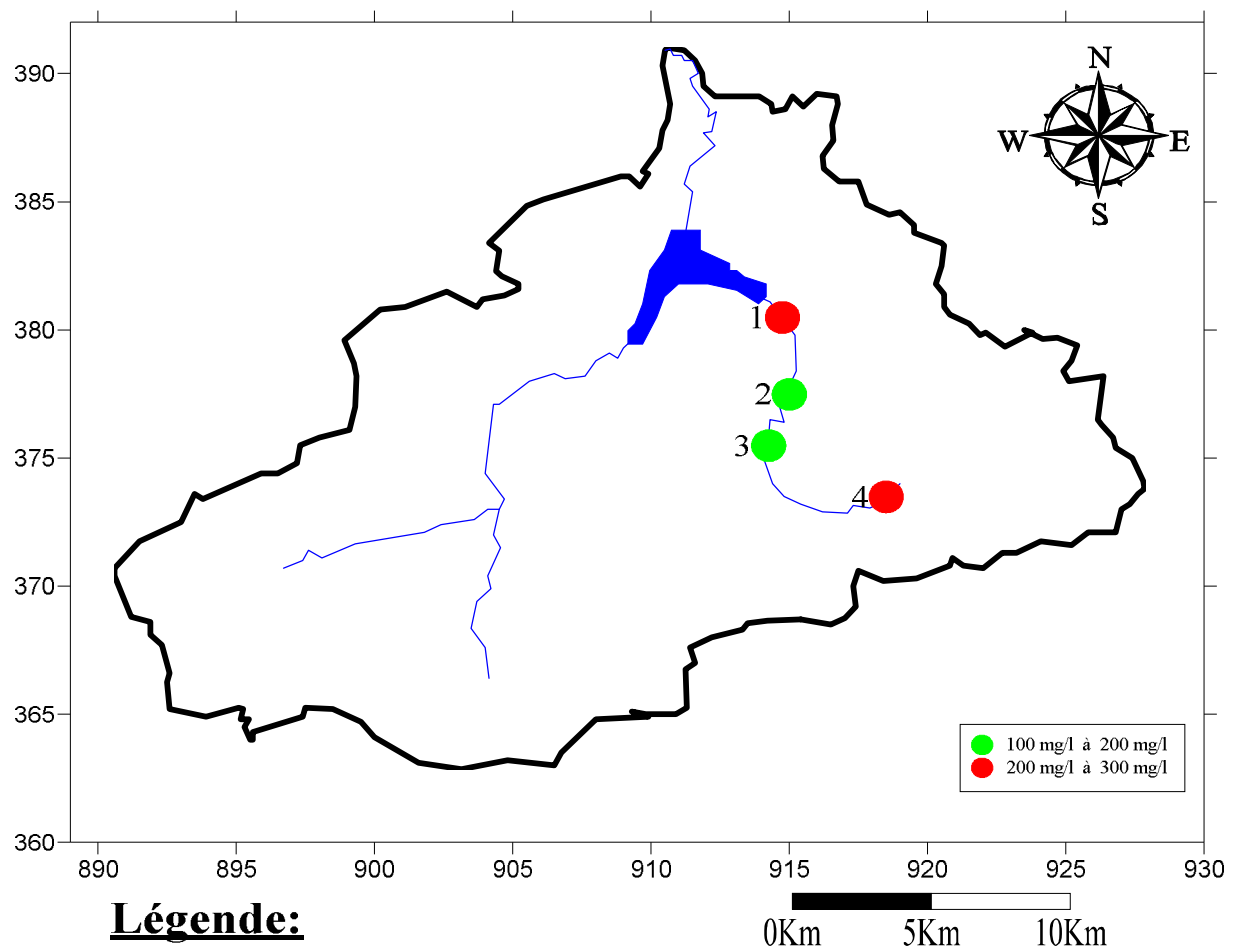


Fig. N°24: Carte de répartition de la dureté (TH).

La carte de la dureté des eaux de la zone d’étude (fig. N°24), montre que, les eaux dures résident au niveau d’El Hammam Ouled Ali et à la rentrée du barrage de Zit Emba. Les points

de prélèvement entre les deux premiers marqués comme des eaux légères, à cause peut être de la dilution par les eaux usées déversées dans l'Oued.

**7. Aptitude des eaux à l'irrigation :**

La région de Skikda est à vocation agricole ce qui nous oblige à s'intéresser à l'utilisation des eaux pour l'irrigation, pour cela nous utilisons le diagramme de WILCOX.

**7.1. Qu'est ce que le SAR ?**

L'index utilisé est le rapport d'adsorption du sodium (SAR) qui exprime l'activité relative des ions de sodium dans les réactions d'échange dans les sols. Cet indice mesure la concentration relative du sodium par rapport au calcium et magnésium.

Le SAR est défini par l'équation suivante : (d'après RIHIA Djamel 2012)

$$SAR = [Na] / \sqrt{[Mg + Ca] / 2}$$

SAR: sodium absorption ratio.

Na: Sodium (mg/l).

Ca: Calcium (mg/l).

Mg: Magnesium (mg/l).

<b>Le risque du SAR dans l'eau d'irrigation</b>		
	<b>SAR</b>	<b>Notes</b>
<b>Nul</b>	< 3.0	Pas de restriction sur l'utilisation d'eau
<b>Léger à modéré</b>	3.0 – 9.0	Entre 3 et 6, une attention particulière doit être portée sur les récoltes sensibles. Entre 6 et 8 du gypse doit être utilisé. Récoltes non sensibles. Des échantillons de sol doivent être prélevés et examinés tout les 1 ou 2 jours pour déterminer s'il y a une augmentation des teneurs en Sodium.
<b>Elevé</b>	> 9.0	Domage sévère.

**Tableau 16 :** Le risque du SAR dans l'eau d'irrigation.

N°	Désignation	SAR
01	avant barrage	7.61
02	Bouati	7.86
03	Ben Ammor	8.54
04	EL Hammam	10.49

**Tableau 17** : Le SAR dans les eaux de la zone d'étude.

Les concentrations relatives du sodium par rapport du calcium et magnésium, dans les eaux de la zone d'étude varient de point à l'autre. Le risque du SAR dans les eaux d'irrigation au niveau d'El Hammam est élevé, il peut faire des dommages sévères aux plantes irriguées. La classe du risque Léger à modéré du SAR (tableau 17) renferme les eaux des points N°01,02 pour un risque léger, et le point N°03 pour le risque modéré. Pour le risque léger, le gypse doit être utilisé pour les récoltes non sensibles. Cependant, le risque modéré, des échantillons de sol doivent être prélevés et examinés tout les 1 ou 2 jours pour déterminer s'il y a une augmentation des teneurs en Sodium. Autrement dit, irrigation contrôlée.

### 7.2. Le SAR et l'irrigation :

Une grande quantité d'ions sodium dans l'eau affecte la perméabilité des sols et pose des problèmes d'infiltration. Ceci est dû au fait que le sodium présent dans le sol en forme échangeable remplace les calciums et les magnésiums adsorbés sur les argiles de sol et cause la dispersion des particules dans le sol (si le calcium et le magnésium sont les cations prédominants adsorbés sur le complexe d'échange du sol, le sol tend à être facilement cultivé et a une structure perméable et granulaire).

Cette dispersion a comme conséquence l'altération des agrégats des sols. Le sol devient alors dur et compact (lorsqu'il est sec) réduisant ainsi les vitesses d'infiltration de l'eau et d'air, affectant ainsi sa structure.

Ce problème est également relié avec plusieurs facteurs tels que le taux de salinité et le type de sol. Par exemple les sols sableux ne subiront pas de dommage si facilement en comparaison aux plus lourds quand ils sont irrigués avec de l'eau à haut SAR. (D'après RIHIA Djamel 2012).

### 7.3. Sodium et Récoltes

Les hautes teneurs en sodium deviennent un problème lorsque la vitesse d'infiltration est réduite à un tel taux que la récolte n'a pas assez d'eau disponible ou lorsque la conductivité hydraulique du profil de sol est trop basse pour fournir un drainage adéquat.

D'autres problèmes, pour les récoltes, provoqués par un excès de Na, sont la formation de lit de croûte de graines, une saturation temporaire à la surface du sol, un pH

élevé et une possibilité accru de présence de maladies, des herbes, d'érosion des sols, de manque d'oxygène et de disponibilité nutritive insatisfaisante.

L'eau recyclée peut être une source d'excès en Na dans le sol par rapport à d'autres cations (Ca, K, magnésium) et donc elle devrait être convenablement contrôlée. (D'après RIHIA Djamel 2012)

**8. Diagramme de WILCOX**

Les valeurs du SAR sont reportées en combinaison avec la conductivité électrique de l'eau, elle permet une estimation de la minéralisation des eaux, ce dernier est exprimer en  $\mu\text{s/cm}$  (tableau 18) et (figure N°25).

Degrés	Qualité	Classe	Etat d'utilisation
1 <sup>ere</sup>	Excellente	C <sub>1</sub> -S <sub>1</sub>	Eau utilisation sans danger pour l'irrigation de plus part des sols.
2 <sup>eme</sup>	Bonne	C <sub>2</sub> -S <sub>1</sub> C <sub>2</sub> -S <sub>2</sub>	En général, eau pouvant être utilisée sans contrôle particulier pour l'irrigation de plantes moyennement tolérant aux sels sur sol.
3 <sup>eme</sup>	Admissible	C <sub>3</sub> -S <sub>1</sub> C <sub>3</sub> -S <sub>2</sub> C <sub>3</sub> -S <sub>3</sub>	En général, eau convenant à l'irrigation des cultures tolérantes au sel. Sur des sols bien drainés, l'évolution de la salinité doit cependant être contrôlée.
4 <sup>eme</sup>	Médiocre	C <sub>4</sub> -S <sub>1</sub> C <sub>4</sub> -S <sub>2</sub> C <sub>4</sub> -S <sub>3</sub>	En général, eau fortement minéralisée peuvent convenir à l'irrigation de certaines espèces bien tolérantes au sel sur des sols bien drainés et lessivés.



5 <sup>eme</sup>	Mauvaise	C <sub>4</sub> -S <sub>1</sub> C <sub>4</sub> -S <sub>2</sub>  C <sub>3</sub> -S <sub>3</sub>	Eau non convenant pas à l'irrigation, mais peuvent être utilisée sous certaines conditions, sols très perméable, bonne lessivage.
------------------	----------	--	---

Tableau 18 : Classification des eaux par degrés d'aptitude à l'irrigation par la méthode de SAR.

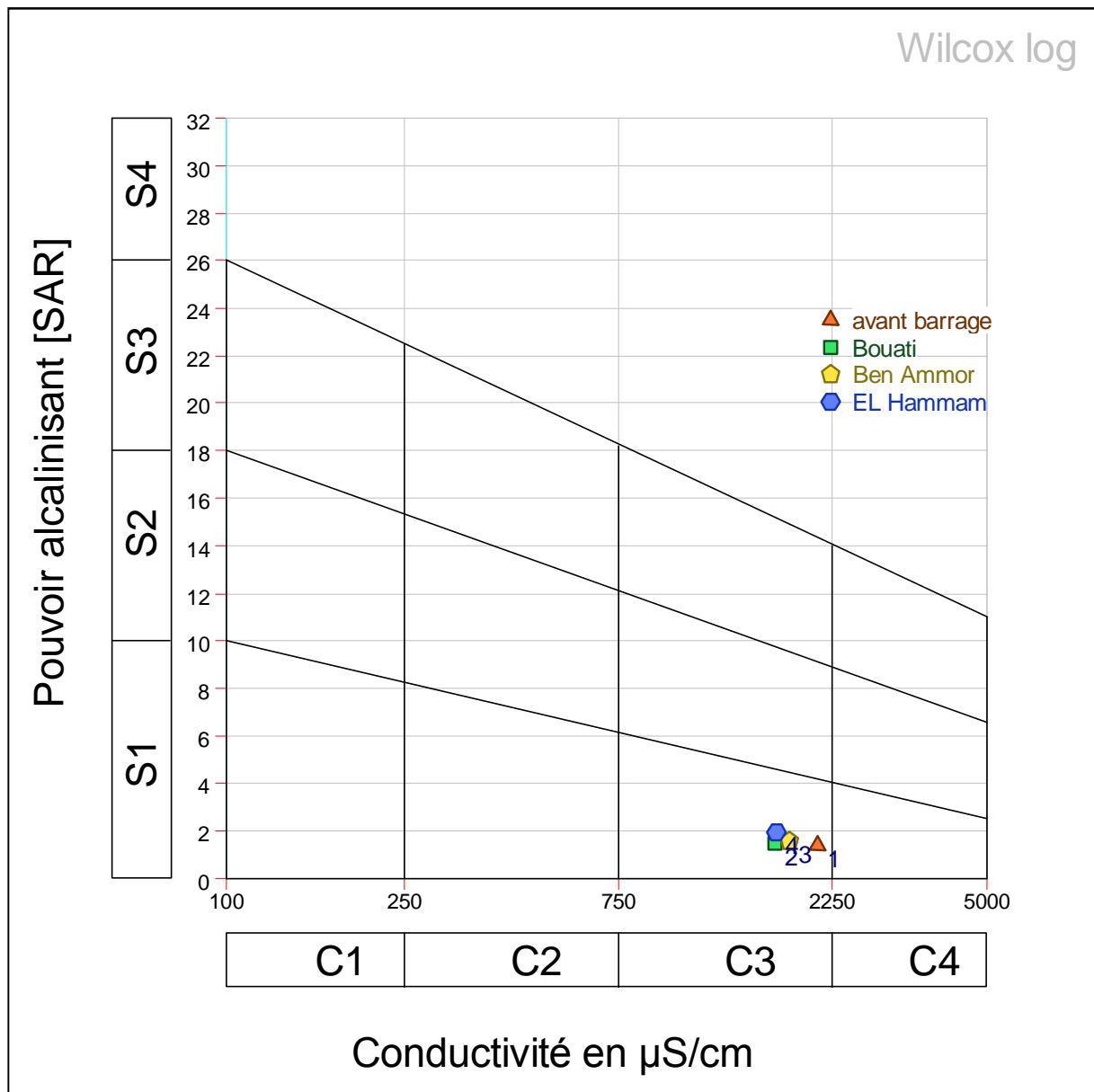


Fig. N° 25: L'aptitude des eaux à l'irrigation d'après le diagramme de Wilcox.

L'observation du diagramme de WILCOX (Fig. N°25), fait partir les classes du (Tableau 19) Les eaux de la zone d'étude appartiennent à la classe des eaux admissibles pour l'irrigation (C<sub>3</sub>-S<sub>1</sub>). En général, ce sont des eaux convenant à l'irrigation des cultures tolérantes au sel, sur des sols bien drainés, l'évolution de la salinité doit cependant être contrôlée.

### 9. Indice des échanges de base

Au cours de leur trajet souterrain, les eaux entrent en contact avec différentes substances qui ont la propriété d'échanger leurs ions contre ceux contenus dans l'eau.

Les substances susceptibles d'échanger les bases sont nombreuses dans les roches, pour ne pas préjuger leur nature, Schöeller les appelle « permutolites ». Les eaux renferment Na<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup> et K<sup>+</sup> comme principaux cations, on aura donc les échanges de base.

Schöeller appelle l'**i.e.b**, le rapport entre les ions échangés et les ions de même nature primitivement existants.

Si nous admettons que dans l'eau primitive, il y avait autant de r Cl<sup>-</sup> que de r (Na<sup>+</sup> + K<sup>+</sup>). Lorsqu'il y a échange de Na<sup>+</sup> et de K<sup>+</sup> de l'eau contre les alcalinoterreux des permutolites, on aura pour les l'échange des alcalines la formule :

$$\mathbf{i. e. b} = \frac{\mathbf{r Cl^{-}} - \mathbf{r (Na^{+} + K^{+})}}{\mathbf{r Cl^{-}}}$$

Cet indice donne des informations concernant l'origine des eaux à savoir :

- Si l'**i.e.b** < 0, l'eau est d'origine cristalline.
- Si l'**i.e.b** > 0, l'eau est d'origine sédimentaire. (D'après RIHIA Djamel 2012)

Les résultats d'analyses des eaux des surfaces de la zone d'étude montrent que l'**i.e.b** est supérieur à zéro dans la majorité ceci étant du à la nature lithologique sédimentaire des terrains. (Tableau 20).

### 10. Les rapports caractéristiques :

Le rapport caractéristique est le rapport de certains éléments chimiques exprimés en milliéquivalent par litre (méq/l). (Tableau 20).

L'étude des variations de ces rapports donne de précieuses indications sur L'alimentation des nappes ; la circulation des eaux souterraines ainsi que le contact de l'eau Souterraine avec les roches.

#### 10.1. Le rapport $\mathbf{r Mg^{++} / r Ca^{++}}$

Les valeurs de ce rapport est inférieur à 1 dans tous les points de prélèvements, ce qui explique la dominance du Calcium par rapport le Magnésium. Les valeurs varient entre 0.136 et 0.405 au niveau des points N° 2 et N°1 (Ben Ammor, Avants le barrage).

### 10.2. Le rapport $r\text{Cl}^-/r\text{Na}^+$

Ce rapport est supérieur à 1 dans tous les points de prélèvements. Les valeurs de ce rapport varient respectivement entre 2.257 et 4.929 au niveau des points N°4 et N°1 (El Hammam, Avant barrage).

La dominance des Chlorures (rapport supérieur à 1), dans les de prélèvements de la zone d'étude, peut être expliquée par les rejets urbains et industriels.

### 10.3. Le rapport $r\text{Na}^+/r\text{K}^+$

Ce rapport confirme la dominance du Sodium du rapport précédant, il est supérieur à 1 de loin. Les valeurs varient entre 10.100 et 16.030 au niveau des points N°2 et N°4 (Ben Ammor, El Hammam).

N°	i.e.b	$r\text{Mg}^{++}/r\text{Ca}^{++}$	$r\text{Cl}^-/r\text{Na}^+$	$r\text{Na}^+/r\text{K}^+$
1	0.74	0.405	4.929	10.650
2	0.76	0.136	3.588	10.100
3	0.74	0.226	3.849	10.800
4	0.67	0.236	2.257	16.030

**Tableau 19 :** Indice d'échange de base et rapports caractéristiques.

### Conclusion :

L'étude et l'interprétation des données chimiques d'Oued El Hammam ont permis d'identifier les faciès chimiques des eaux, qui montrent un faciès chimique dominant, c'est le chloruré sodique, représentant 100 % des eaux de l'Oued.

Les eaux de la zone d'étude sont caractérisées par l'augmentation des teneurs des éléments chimiques à savoir : les Chlorures, Calcium, le Sodium, Phosphates, Nitrites et Ammonium. Les valeurs excessives des éléments chimiques dépassant les normes sont localisées au niveau du El Hammam, usine Ben Ammor et sur tous la rentée du barrage (avant barrage).

Les eaux d'Oued El Hammam sont admissibles à l'irrigation, selon le diagramme de WILCOX. Elles sont appartiennent à la classe  $C_3-S_1$ .

On a constaté sur terrain que les eaux de la zone d'étude ont une odeur fertile, une viscosité remarquable. Cette dégradation de la qualité des eaux de la zone d'étude est due à des activités agricoles, industrielles et des rejets urbains non contrôlés.

# CHAPITRE V

# POLLUTION

**Introduction :**

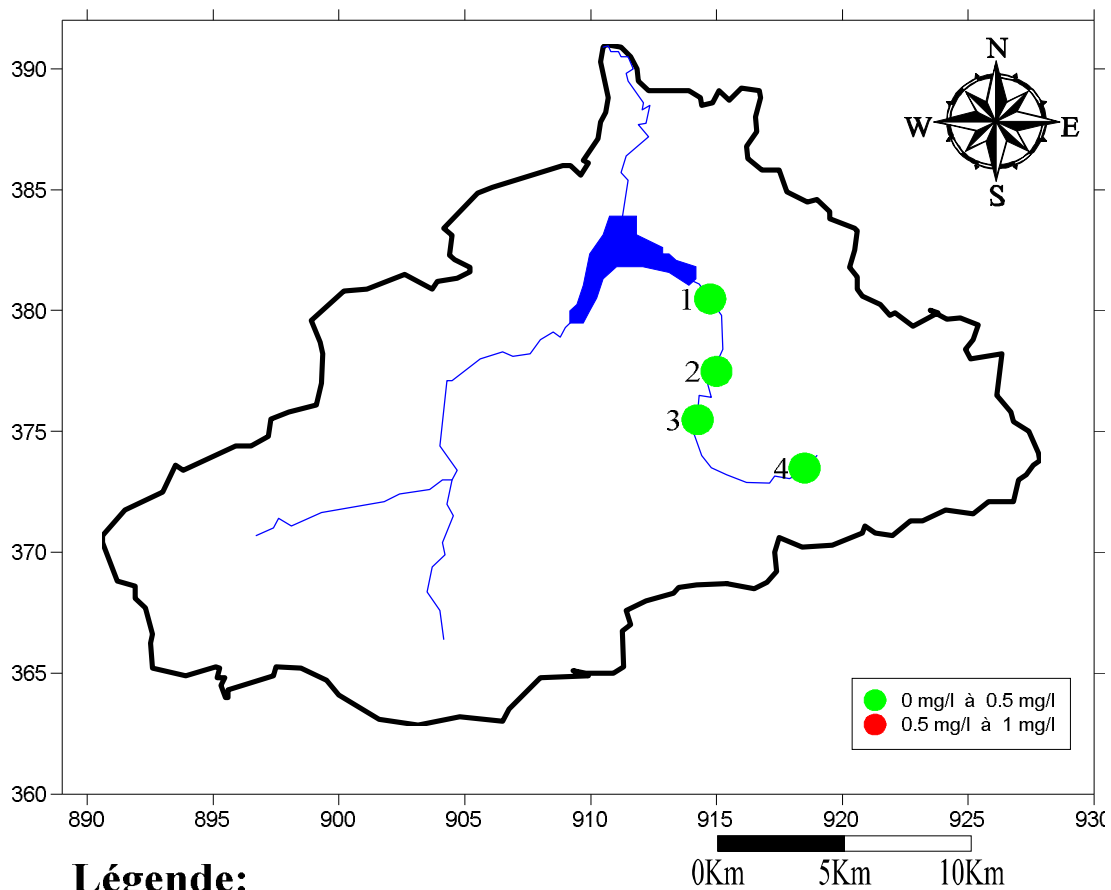
La pollution des eaux est un risque permanent de limitation de la ressource en eau dans un proche avenir. Vu l'accroissement de la demande en eau, des normes et des grilles de la qualité sont fixées par le réseau de surveillance de la qualité des eaux.

La connaissance de la composition chimique d'une eau joue un rôle très important dans la détermination de sa qualité, c'est-à-dire la possibilité de son utilisation pour l'alimentation en eau potable (AEP) ou à d'autre usage tels que l'irrigation, l'industrie...etc.

**1-L'évaluation de la teneur des métaux lourds :**

**1.1- Le Fer (Fe) :**

Le fer est un métal lourd classé parmi les substances indésirables, il influe négativement sur la potabilité de l'eau. La concentration limite du fer dans les eaux potables ne doit pas dépasser 0.5 mg/l (normes de l'OMS en 2006). On peut considérer le Fer comme un micropolluant métallique, ayant des effets néfastes sur l'être humain.



**Fig. N°26 : Carte de répartition du Fer (Fe).**

Les teneurs du fer dans la zone d'étude ne dépassent pas les normes limitées par l'OMS (Fig. N°26). Elles varient entre 0.09 mg/l au point de prélèvement N°04 qui désigne El Hammam et 0.16 mg/l comme maximal au point N°03 qui représente le village de Bouati Mahmoud.

Le Fer est le métal le plus largement utilisé par l'industrie métallurgique (fonte, aciers,...).

✓ **Impact sur la santé humaine**

L'ingestion d'une forte dose d'un sel de Fer peut produire une intense altération des muqueuses digestives se traduisant par des douleurs abdominales, de vomissement et une diarrhée souvent sanglante. Les intoxications sévères peuvent entraîner des complications hémorragiques, des brûlures chimiques du tube digestif pouvant conduire à la mort.

**1.2-Le Plomb (Pb) :**

Le plomb est un métal très pesant et très abondant sur la croûte terrestre, il peut être présent sous forme de carbonate (cérosites), de phosphate (pyrophosphate), mais surtout de sulfure (galène). La solubilité du plomb dans l'eau potable est régie par la cinétique des réactions et des facteurs liés aux conditions d'équilibre du système. L'OMS met en évidence un seuil de 0.01 mg/l pour le Plomb.

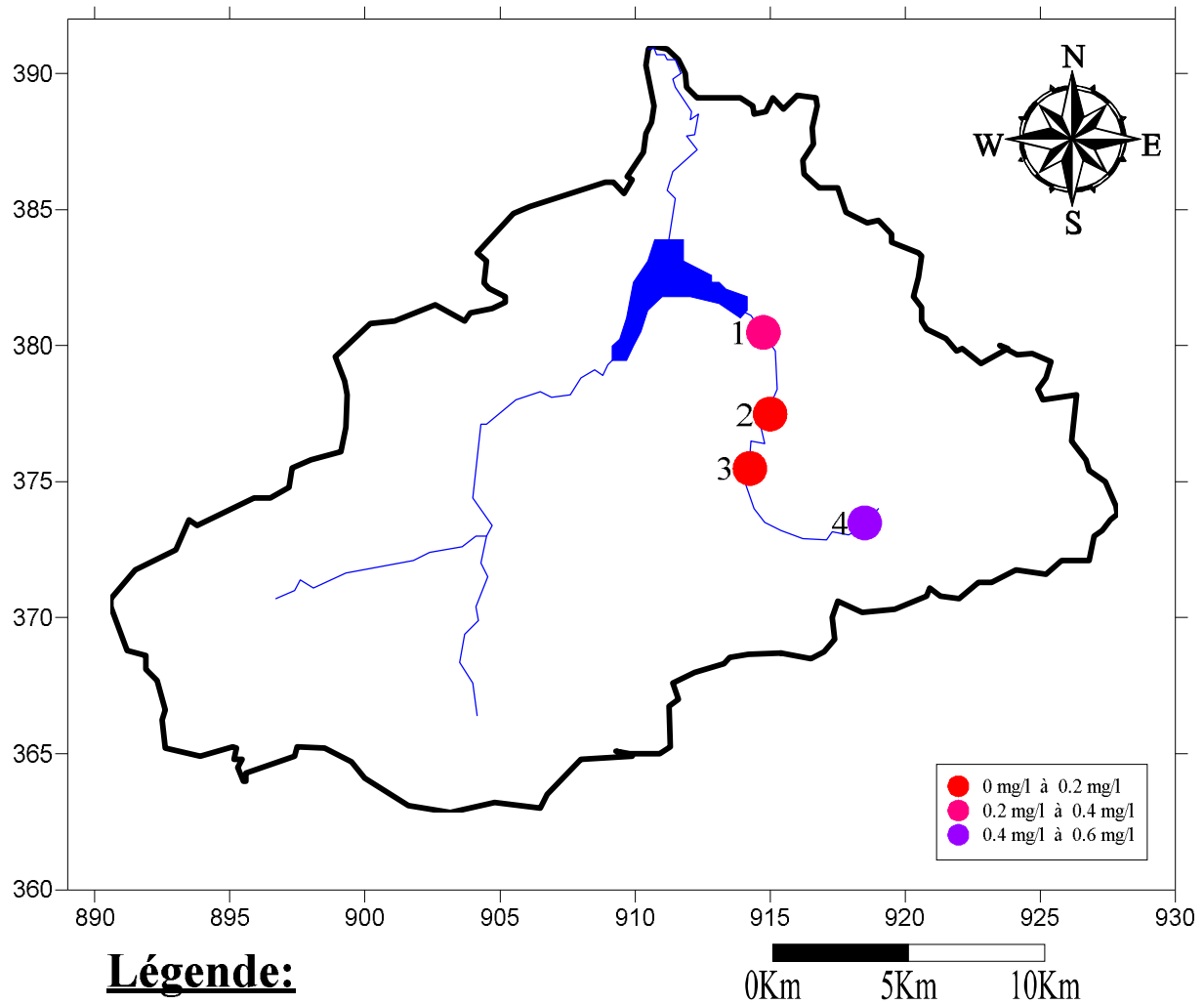


Fig. N°27 : Carte de répartition du Plomb (Pb).

Les teneurs du Plomb dans les eaux de la zone d'étude (Fig. N°27) sont dépassé de loin le seuil de l'OMS (0.01 mg/l). Les eaux de notre zone d'étude sont très chargées par le Plomb, la teneur minimale enregistrée à Ben Ammor (0,0686 mg/l), or la valeur maximale enregistrée à El Hammam (0,4254 mg/l). Ce qui explique que le plomb provient aux poches minéralisées résident dans le cheminement d' El Hammam par la dissolution.

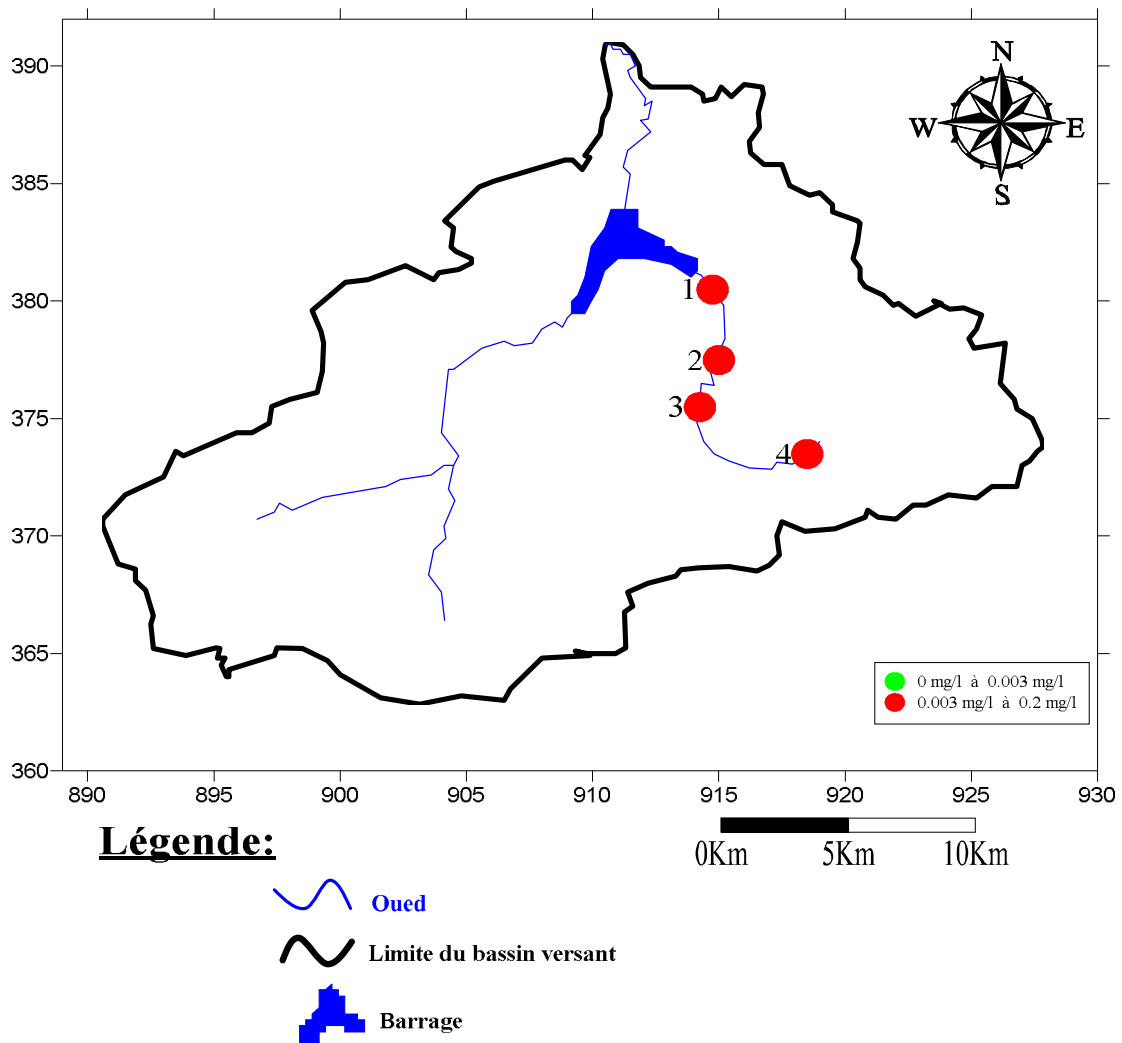
✓ **Impact sur la santé humaine :**

Quelle que soit la forme dont le plomb est introduit dans le corps, il reste très toxique. Ses effets se font généralement sentir après une période d'accumulation du métal dans l'organisme.

Les enfants sont particulièrement exposés à l’intoxication, même pour des concentrations minimales : le plomb peut retarder le développement moteur, altérer la mémoire et provoquer des problèmes d’audition et des troubles de l’équilibre. L’empoisonnement par le Plomb se manifeste par l’anémie, la faiblesse, la constipation, la colique et la paralysie, en particulier des poignets et des chevilles. (RIHIA Djamel 2012).

**1.3-Le Cadmium (Cd) :**

Le cadmium rejeté dans l’atmosphère provient de sources naturelles et anthropiques. Le cadmium présent dans la croûte terrestre peut être dispersé dans l’air par entraînement de particules provenant du sol et par les éruptions volcaniques. Les émissions anthropiques du cadmium sont dues à l’utilisation de combustibles minéraux solides, à la combustion du fioul lourd, à l’incinération des déchets ainsi qu’à la combustion de la biomasse. La production de zinc est aussi une industrie émettrice du cadmium.



**Fig. N°28:** Carte de répartition de Cadmium (Cd).

Les concentrations du Cadmium des eaux de la zone d’étude représentées dans la figure N°28, montre que tous les points de prélèvements contiennent des teneurs excessives,



dépassent les normes mentionnées dans le bulletin de l'OMS publié en 2006, elles varient entre 0,0857 mg/l à Ben Ammor et 0,1032mg/l à la rentrée du Barrage.

Le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) a classé le cadmium parmi le groupe 1 : « l'agent (ou le mélange) est cancérigène pour l'homme » (1993). En effet, différentes études réalisées en milieu professionnel, et correspondant à des expositions par inhalation, ont montré une augmentation significative de la mortalité par cancer pulmonaire.

A partir du classement de CIRC on note la mortalité des eaux d'Oud El hammam, qui est le principal alimentant du Barrage de Zit Emba.

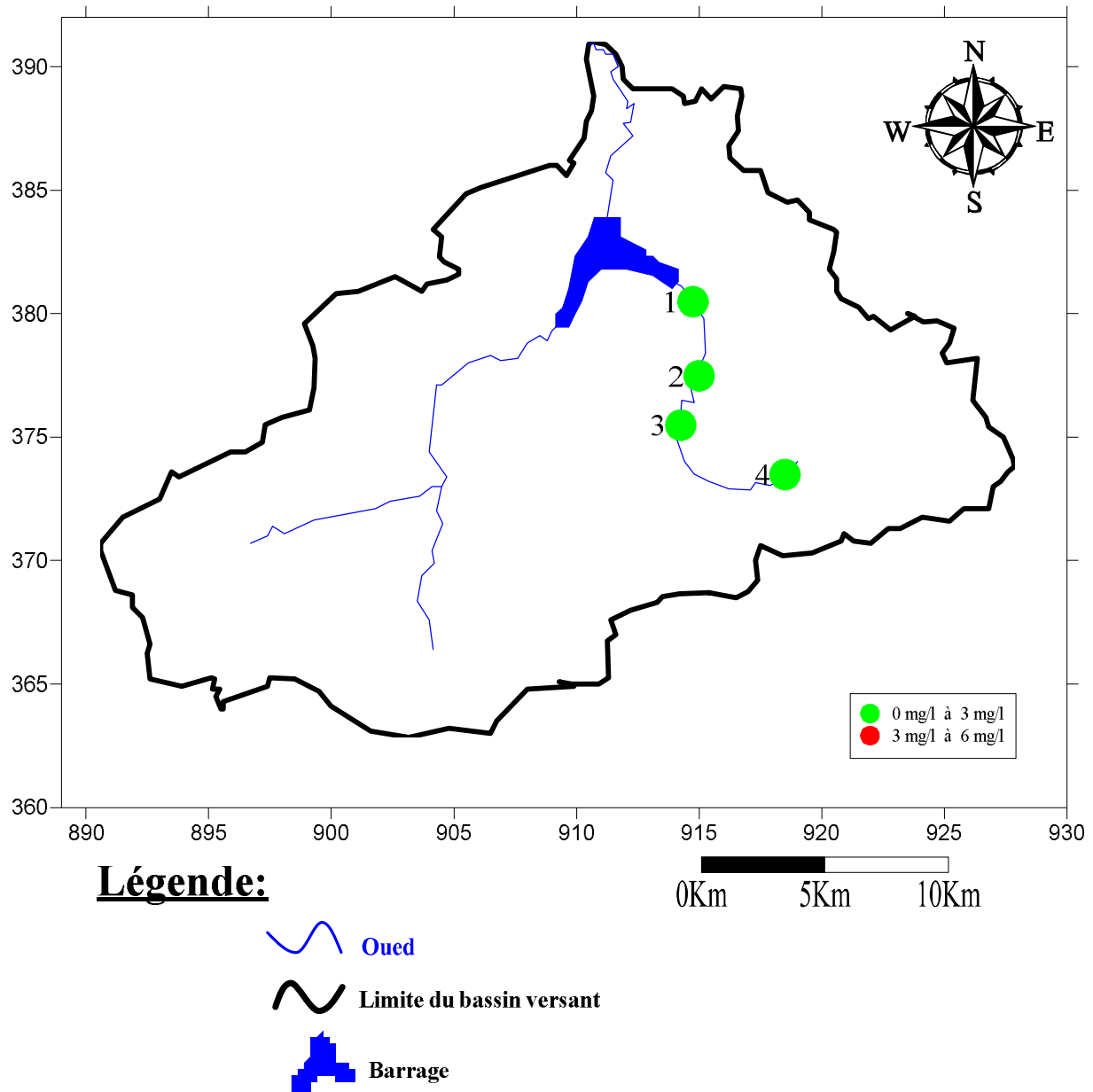
✓ **Impact sur la santé humaine :**

L'exposition chronique au cadmium peut conduire à des maladies d'obstruction des poumons, à des maladies rénales et des os fragiles, ainsi qu'à des retards de croissance, de l'ostéoporose et des maladies cardio-vasculaires. (D'après RIHIA Djamel 2012).

**1.4- Le Zinc (Zn) :**

Le zinc est un élément du groupe 12 et de la période 4. En pratique cependant, il est très souvent assimilé aux métaux de transition dans les manuels et de très nombreux ouvrages. Il fait partie du « groupe du zinc », ou groupe IIB (tableau périodique). La configuration électronique du zinc est  $[Ar] 3d^{10} 4s^2$ . Zinc et cadmium sont des métaux électropositifs assez semblables. Pour les chimistes, le groupe du zinc se distingue nettement des alcalino-terreux, avec des métaux insolubles dans l'eau, ayant des points de fusion et d'ébullition assez bas, de faibles rayons ioniques, et ayant tendance à former des complexes.

Dans le milieu naturel, le zinc est environ 600 fois plus abondantes que le cadmium, environ 1 500 fois plus abondant que le mercure.



**Fig. N°29:** Carte de répartition de Zinc (Zn).

Les teneurs du Zinc dans tous les points de prélèvements ne dépassent pas le seuil de 3 mg/l signalée par l’OMS en 2006. Elles ne représentent aucun danger sur la santé humaine.

Les teneurs de Zinc varient entre 0,2236 mg/l à Ben Ammor et 0,4382mg/l au village de Bouati Mahmoud.

✓ **Impact sur la santé humaine :**

Le zinc est une substance très commune qui est présente naturellement. Beaucoup d'aliments contiennent du zinc. L'eau potable contient aussi une certaine quantité de zinc, qui peut être plus élevée lorsque l'eau est stockée dans des réservoirs en métal. Le niveau de zinc dans l'eau peut atteindre des niveaux qui peuvent causer des problèmes de santé à cause des

rejets industriels et des lieux de déchets toxiques.

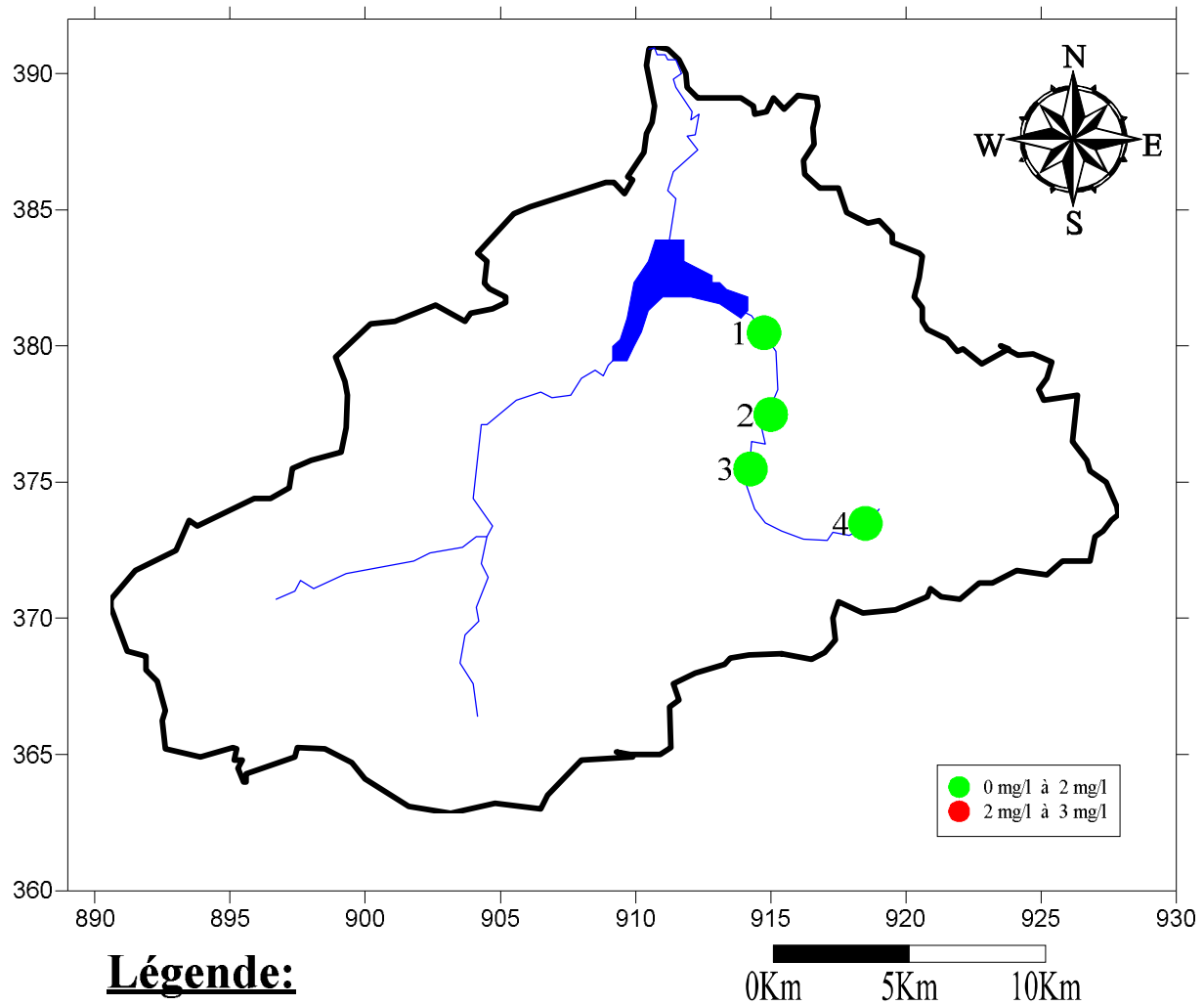
Le zinc est un élément qui est essentiel pour la santé de l'homme. Lorsqu'on absorbe trop peu de zinc on peut alors avoir une perte de l'appétit, une diminution des sensations de goût et d'odeur, les blessures cicatrisent lentement et on peut avoir des plaies. Les carences en zinc peuvent aussi provoquer des problèmes lors des naissances.

Bien que l'homme puisse proportionnellement gérer des quantités importantes de zinc, trop de zinc peut tout de même provoquer des problèmes de santé importants, comme des crampes d'estomac; des irritations de la peau, des vomissements, des nausées, de l'anémie. De très hauts niveaux de zinc peu endommager le pancréas et perturber le métabolisme des protéines et provoquer de l'artériole. Une exposition intensive au chlorure de zinc peut provoquer des désordres respiratoires.

Le zinc peut être un danger pour les enfants à naître et les nouveau-nés. Quand la mère a absorbé des concentrations importantes de zinc, les enfants peuvent y être exposés par le sang ou la consommation de lait. (<http://www.lenntech.fr/francais/data-perio/zn.htm>).

### **1.5- Le Cuivre (Cu<sup>++</sup>) :**

Le cuivre est un oligo-élément essentiel à la vie pour tous les organismes vivants, mais avec des rations assez étudiées. L'OMS limite les concentrations pour les eaux potables par un seuil de 2 mg/l en 2006. Au de là, sera toxique pour l'homme.



**Fig. N°30 :** Carte de répartition de Cuivre ( $\text{Cu}^{2+}$ ).

Les concentrations de cuivre dans les eaux de zone d'étude, et sur tous les points de prélèvement, sont inférieures de la limite de l'OMS (2 mg/l). Elles sont variées entre 0,0141 mg/l et 0,062 mg/l.

✓ **Impact sur la santé humaine :**

Le cuivre est une substance très commune qui est naturellement présente dans l'environnement et se diffuse dans l'environnement par des phénomènes naturels.

On peut trouver du cuivre dans beaucoup de type d'aliments, dans l'eau et dans l'air. A cause de cela on absorbe des quantités importantes de cuivre chaque jour en mangeant, buvant et respirant. L'absorption de cuivre est nécessaire, car le cuivre est un élément qui est essentiel pour la santé. Bien que l'homme puisse gérer des concentrations proportionnellement

importantes de cuivre, des quantités excessives peuvent causer des problèmes de santé importants.

La plupart des composés du cuivre se déposent et se lient aux sédiments de l'eau ou aux particules du sol. Les composés solubles du cuivre forment la plus grande menace pour la santé humaine. En général, les composés solubles du cuivre se retrouvent dans l'environnement après y avoir été rejeté lors de son application dans l'agriculture.

En effet, le cuivre peut se retrouver dans l'eau potable par la corrosion des tuyaux.

Une exposition au cuivre à long terme peut provoquer une irritation au nez, à la bouche et aux yeux et, peut provoquer des maux de tête, des maux d'estomac, des vertiges, des vomissements et des diarrhées. Les prises intentionnelles de fortes doses de cuivre peuvent provoquer des dommages aux reins et au foie et même la mort. On n'a pas encore déterminé si le cuivre était cancérigène. (<http://www.lenntech.fr/periodique/elements/cu.htm>).

### **Conclusion :**

La zone d'étude « Bekkouche Lakhdar », les eaux d'Oued El Hammam qui est le principal affluent qui alimente le barrage de Zit Emba sont affectées par plusieurs types de pollution :

- Pollution urbaine : Par les rejets de Hammam Ouled Ali et l'agglomération de Bouati Mahmoud.
- Pollution industrielle : Par les déversements de l'usine de la conservation de Ben Ammor et aussi une Huilerie installée à Bouati Mahmoud.
- Pollution agricole : Par les pesticides des champs de culture sur les rives d'Oued El Hammam (blé, tomate.....).
- Pollution naturelle : gites métallifères existes dans la région.

Par conséquent, la présence des éléments toxiques s'est importante. On y trouve :

Le Plomb : ses teneurs sont importantes dans tous les points de prélèvements qui dépassent la norme de 0.01 mg/l (OMS 2006).

Le Cadmium : ses teneurs sont importantes dans tous les points de prélèvements qui dépassent la norme de 0.003 mg/l (OMS 2006).

Les eaux de la zone d'étude est chargées par les éléments de pollution le plomb et le cadmium par des concentrations assez élevées. Autrement-dit, les eaux d'Oued El Hammam sont très polluées, elles représentent un très grand danger sur la santé humaine à partir de l'eau buvable.

CONCLUSION

GENERALE

## Conclusion général :

Le barrage de Zit Emba à une position géostratégique très importante dans l'alimentation en eau potable de la ville de SKIKDA ainsi que la daïra d'Azzaba car c'est le principal ressource dont disposent ces populations actuellement.

L'ensemble des données climatiques ainsi que les résultats obtenus permettent d'attribuer à la région étudiée un climat de type méditerranéen caractérisé par deux périodes distinctes :

- Une période pluvieuse, humide et froide en hiver.
- Une période chaude et sèche en été.

L'analyse du bilan hydrique de fait ressortir les remarques suivantes :

- Les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 674.1 mm à la station de Bouati Mahmoud. Et de 558.5 mm à la station de Bekkouche Lakhdar.
- Le déficit agricole s'étalant de début du mois de Juin jusqu'à la fin du mois d'Octobre avec un total d'ordre de 433.7 mm à la station de Bouati Mahmoud. Et de 490.8 mm à la station de Bekkouche Lakhdar.
- La reconstitution de la RFU atteint son maximum au mois de Janvier et reste ainsi jusqu'au mois de Mars puis elle commence à s'épuiser pour se vider complètement au mois de Juin, dans la station de Bekkouche Lakhdar, et au mois de Décembre et reste ainsi jusqu'au mois d'Avril puis elle commence à s'épuiser au mois de Mai pour se vider complètement au mois de Juin, à la station de Bouati Mahmoud.

L'interprétation des représentations graphiques des faciès chimiques obtenus a montré un seul faciès : le Chloruré Calcique.

Les eaux de la zone d'étude sont caractérisées par l'augmentation des teneurs des éléments chimiques à savoir : les Chlorures, Calcium, le Sodium, Phosphates, Nitrites et Ammonium. Les valeurs excessives des éléments chimiques dépassant les normes sont localisées au niveau du El Hammam, usine Ben Ammor et sur tous la rive du barrage (avant barrage).

Les eaux d'Oued El Hammam sont admissibles à l'irrigation, selon le diagramme de WILCOX. Elles sont appartenent à la classe C<sub>3</sub>-S<sub>1</sub>.

Les eaux de la zone d'étude ont une mauvaise qualité.

Le barrage de Zit Emba, alimente en eaux potables la population de Skikda et Azzaba. Les eaux de ce barrage sont confrontées à un sérieux problème de pollution.

La région amont du barrage contribue à de diverses pollutions (urbaine, agricole, industrielle, naturelles et eaux thermales). La gestion du suivi et la qualité des eaux du barrage

de Zit Emba doit être revue, du moment que ce barrage se trouve dans deux wilayas, celle de Guelma et celle de Skikda.

Nous recommandons qu'un suivi rigoureux sur l'évolution de la teneur en polluants métalliques (Pb et Cd) soit fait par les services responsables de la qualité des eaux du barrage.

Le dosage des polluants métalliques, doit être fait sérieusement au niveau des stations de traitement de ces eaux, avant la distribution.



## **Bibliographie :**

- BELHADJ Mohamed Zine, 2006. « Etude de la pollution du barrage de Zit Emba, Bekkouche Lakhdar » Mémoire de magister, université de Batna. PP.04-16.
- DERAÏ Abdelhak et LAKEHAL Abdelhafid, 2013. « Qualité des eaux du barrage de Zit Emba (Bekkouche Lakhdar) wilaya de Skikda » En vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Géologie, Université Badji Mokhtar- Annaba. PP.15-29, P58 et PP.66-71.
- RIHIA Djamel, 2012. « Impacts environnementaux et sanitaires relatifs aux sites pollués urbains et industriels dans la région de Skikda (cas des eaux souterraines) ». Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar-Annaba-PP. 43-74.
- RIHIA DJAMEL & RADJI HAKIM, 2006. « Qualité et potabilité des eaux de la région d'Azzaba- constat de la pollution mercurielle après l'arrêt de l'usine de mercure » Mémoire d'ingénieur d'état en géologie, option hydrogéologie, université d'Annaba. PP. 20-30.
- Fiche technique du barrage Zit Emba (ANBT).
- Notice explicative (Barrage Zit Emba). (2000).

\*Directeur des travaux : A. Vnoukov.

\* Ingénieur en chef du projet : A. Kovalev.

## **Agences visitées :**

- \*ANRH Constantine.
- \*DHW Skikda
- \*APC Bekkouche Lakhdar.
- \*Direction du Barrage Zit Emba.
  - EPEDEMIAS de Skikda.
  - EPEDEMIAS d'Azzaba.

## **Les cartes :**

### **Cartes topographiques** Echelle 1/50 000 :

- AZZABA N°32
- PENTHIEVRE N°33
- HAMMAM MESKHOUTINE N°53
- GUELMA N°54

### **Carte géologique** Echelle 1/50 000 :

\*JEMMAPES N°32

## **Logiciels utilisés:**

- Surfer 10.
- Origine Pro 8.
- Diagramme 6.48

**Site web consulte :**

<http://www.lenntech.fr/applications/potable/normes/normes-oms-eau-potable.htm>.

<http://www.airbreizh.asso.fr/polluants/les-metaux-lourds/>.

<http://www.canalvie.com/sante-beaute/sante/prevention-et-maladies/les-metaux-lourds-et-votre-sante-1.973082>.

<http://copperalliance.fr/le-cuivre>.

<http://www.lenntech.fr/periodique/elements/cu.htm>.

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Zinc>.

<http://www.lenntech.fr/francais/data-perio/zn.htm>.

- [www.Skikda-gov.dz](http://www.Skikda-gov.dz)

- [www.Wikipédia.mht](http://www.Wikipédia.mht).

- Google maps.

- Google earth.

# ANNEXE

## **Annexe :**

### **Mode opératoire des éléments chimiques :**

#### ❖ **Détermination du calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) et de la Dureté :**

##### Mode opératoire :

(V<sub>1</sub>)  $\text{Ca}^{2+}$  : -prendre 25 ml d'eau à analyser.

-Ajouter 1 ml de la solution NaOH à 2N.

-Ajouter une pincée de l'indicateur de Murexide.

-Et titrer avec la solution EDTA 0.01 mol/l jusqu'au virage (**violet**).

(V<sub>2</sub>)  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  (Dureté) : -prendre 25 ml d'eau à analyser.

-Ajouter 2 ml de la solution tampon PH10.

-Ajouter 2 gouttes de l'indicateur de noir eriochrome (NET).

- Et titrer avec la solution EDTA 0.01 mol/l jusqu'au virage (**bleu**).

#### ❖ **Détermination des chlores ( $\text{Cl}^-$ )**

##### Mode opératoire :

- prendre 20 ml d'eau à analyser.

- Ajouter 0.2 ml de la solution d'indicateur de chromate de potassium ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ) à 100 g/l (coloration jaunâtre).

- titrer avec la solution nitrate d'argent ( $\text{AgNO}_3$ ) à 0.02 N jusqu'à **coloration rougeâtre**.

#### ❖ **Détermination du Fer méthode à l'orthophénanthroline**

##### Mode opératoire :

- Prendre 25 ml d'eau à analyser.

- Ajouter 0.5 ml de la solution de chlorhydrate d'hydroxylamine.

- Ajouter 1 ml de la solution tampon acétate.

- Ajouter 1 ml de la solution de phénantroline -1,10.

- Conserver à l'obscurité pendant 15 min.

- Passer au spectrophotomètre à  $\lambda=510 \text{ nm}$ .

#### ❖ **Détermination de l'azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ )**

##### Mode opératoire :

- prendre 05 ml d'eau à analyser.

- Ajouter 0.5 ml du réactif I (réactif coloré).

- Ajouter 0.5 ml du réactif II (solution dichloroisocyanurate).

- Attendre au moins 60 min.

\*L'apparition de la coloration **verdâtre** indique la présence de :  $\text{NH}_4^+$

Effectuer la lecture à une longueur d'onde de **655 nm**.

### Expression des résultats :

Le résultat est donné directement en mg/l.

#### ❖ Détermination de sulfates (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)

##### Mode opératoire :

- prendre 20 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 1 ml de la solution stabilisante.
- Agiter énergiquement pendant 1 mn.
- Ajouter 0.4 ml de la solution de chlorure de baryum à 0.01N.
- Agiter énergiquement pendant 1 mn.
- Passer au spectrophotomètre à  $\lambda=420 \text{ nm}$ .

##### Expression des résultats :

Le résultat est donné directement en mg/l.

#### ❖ Dosage des nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)

##### Mode opératoire :

- prendre 20 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 0.4 ml du réactif mixte.
- Attendre 20 mn.

\*L'apparition de la coloration **rose** indique la présence des NO<sub>2</sub><sup>-</sup>.

Effectuer la lecture à une longueur d'onde de **540 nm**.

##### Expression des résultats :

Le résultat est donné directement en mg/l.

#### ❖ Détermination des phosphates (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>)

##### Mode opératoire :

- Ajouter 20 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 0.5 ml de la solution acide ascorbique de 100 g/l.
- Ajouter 1ml du réactif mélange (solution molybdate acide).
- Compléter le volume à 25 ml par l'eau distillé (ajouter 3.5 ml).
- Attendre 10 à 30 min pour le développement de la couleur **bleu**.
- Effectuer la lecture à une longueur d'onde de **880 nm**.

##### Expression des résultats :

Le résultat est donné directement en mg/l et  $\text{PO}_4^{3-} = P \cdot 3.06$

#### ❖ Dosage des nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) (Méthode au salicylate de sodium).

##### Mode opératoire :

- Prendre 05 ml de l'échantillon à analyser.

- Ajouter 2 gouttes de la solution NaOH à 30 %.
- Ajouter 0.5 ml de la solution de salicylate de sodium 0.5 % (préparer cette solution chaque jour au moment de l'emploi).
- Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75-80°C.

(Ne pas surcharger ni surchauffer très longtemps), laisser refroidir.

- Reprendre le résidu avec 1 ml d'acide sulfurique concentré (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)

Et laisser reposer 10 min.

- Ajouter 7.5 ml d'eau distillée.

- Ajouter 7.5 ml de solution tartrate double de sodium et de potassium.

Effectuer la lecture à une longueur d'onde de **415 nanomètre (nm)**.

**Expression des résultats :**

Le résultat est donné directement en mg/l.

## Résumé :

La présente étude permet d'identifier la qualité des eaux de surface de la région de Bekkouche Lakhdar wilaya de Skikda. A ce but, notre étude traite les aspects géologiques, hydro climatologique, hydro chimique et la pollution des eaux de la région.

La région de Bekkouche Lakhdar caractérisée par un climat subtropical méditerranéen, humide et froid en hiver et chaud et sec en été. Les eaux de Oued El Hammam qu'est l'essentiel affluent alimentant le barrage de Zit Emba, elles sont affectées par plusieurs types de pollutions (pollution urbain, agricole et industriel). Les eaux d'Oued El Hammam contiennent des teneurs énormes des chlorures, par rapport au seuil limite de l'OMS.

Les eaux de la zone d'étude sont chargées par les éléments de pollution qui sont le Plomb et le Cadmium par des concentrations très élevées par rapport aux normes de l'OMS, elles représentent un grand risque sur la santé humaine à partir de l'eau potable, Les eaux d'Oued El Hammam ont une mauvaise qualité pour la consommation humaine. Ainsi, l'utilisation des eaux à l'irrigation possible mais avec contrôle.

**Mots clés : Oued El Hammam, Barrage Zit Emba, Qualité, Pollution, Norme.**

## الملخص :

هدفنا الرئيسي من الدراسة هو معرفة نوعية المياه السطحية لمنطقة بكوش لخضر ولاية سكيكدة و لهذا الغرض دراستنا تتناول الجوانب التالية : جيولوجيا المنطقة، المناخ السائد، كيمياء المياه، تلوث المياه في المنطقة. حيث بينت الدراسة أن منطقة بكوش لخضر تتميز بمناخ شبه استوائي متعلق بالبحر الأبيض المتوسط ، رطب وبارد شتاءا و حار وجاف صيفا. يعتبر واد الحمام الممون الأساسي لسد زيت العنبة بالمياه هذه الأخيرة خاضعة لأنواع متعددة من التلوث (التلوث الحضري و الزراعي و الصناعي). هذه المياه تحتوي على تركيز عالي لشوارد الكلور مقارنة بالحدود المنصوح بها من طرف المنظمة العالمية للصحة. مياه واد الحمام مشبعة بعنصري الرصاص والكاديوم بتراكيز مرتفعة، مما يشكل خطر كبير على صحة الإنسان ، إن مياه واد الحمام ذات نوعية جد رديئة بالنسبة للاستهلاك البشري، أما بالنسبة لري المنتجات الزراعية فهي لا تشكل خطر كبير لكن استعمالها يجب أن يكون تحت مراقبة دورية صارمة.

**الكلمات المفتاح: واد الحمام، سد زيت العنبة، نوعية، التلوث، الحدود.**

## Abstract:

The present study allowed of identified the quality waters surfaces the region Bekkouche Lakhdar wilaya of Skikda who our essential objective .In this purpose our study handles the geologic, hydroclimatological, hydrochemical aspects and the water pollution of the region. The region of Bekkouche Lakhdar characterized by a Mediterranean, wet subtropical climate and a cold in winter and Hot and dry in summer .Oued El Hammam's waters is the main part stream which feeds the dam of Zit Emba are affected by several types of pollutions (pollution urban, agricultural and industrial).

Oued El Hammam's waters contain enormous contents of chlorides, compared with the limit threshold of the WHO.

Waters of the zone of study are charged by the éléments of pollution which are the Lead (Pb) and the Cadmium (Cd) by very high concentrations with regard to the standards of the WHO.

They represent a big risk for the human health from the drinking water.

Oued El Hammam's waters have a bad quality for the human consumption. So, the use of waters in the possible irrigation but with control.

**Key Words : Oued El Hammam, Dam of Zit Emba, Quality, Pollution, Standards.**