

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 superficielles du sous bassin  
versant de Guenitra, wilaya de Skikda, N-E Algérien

#### Membres de Jury

Président : DEBIECHE Taha-Hocine

Examineur: Rihia Djamel

Encadrant : Zahi Faouzi

Co-encadrant : Lekoui Abdelmalek

#### Présenté par:

- Hedef Selma

- Hizir Fouzia

Année Universitaire 2017-2018

Numéro d'ordre (bibliothèque) : .....

# *Remerciements*

*En premier lieu, nous tenons tout d'abord à remercier Allah pour nous avoir donné la force et le courage pour pouvoir réaliser ce travail.*

*Au terme de ce modeste travail, nous tenons à remercier notre encadrant Monsieur Zahi Faouzi et co-encadrant Monsieur Lekoui Abdelmalek d'avoir accepté de diriger ce travail et pour leurs précieux conseils et leur encouragements durant le déroulement de ce travail.*

*Un spécial remerciement à Monsieur Drouiche Abdelmalek pour leur précieuse aide, pour leur conseil et intérêt qu'ils portés cette étude*

*Nos vifs remerciements s'adressent à tous les membres de jury qui nous avons fait l'honneur d'examiner ce travail.*

*Nous remercions également tous le corps enseignant du département des sciences de la terre qui nous ont encadrés durant toutes nos années d'études.*

*Nous remercions encore tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin dans l'élaboration de ce modeste travail.*

*Merci à tous.*

## *Dédicace*

*Au nom d'Allah, le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux  
Tout d'abord je tiens à remercier le tout puissant de m'avoir donné  
le courage et la patience pour arriver à ce stade afin de réaliser ce  
travail que je dédie :*

*A ma très chère mère Nadia, qui n'a jamais cessé de prier pour moi  
A mon très cher père Massoud, pour ses encouragements son soutien,  
surtout pour son amour et son sacrifice afin que rien n'entrave le  
déroulement de mes études.*

*A ma cher sœur : Siham et son mari Mounir et leur enfants  
A mes chers frère: Yassine et sa femme Nafila et leur enfants, Fatah  
et sa femme Fatima et leur enfants, Oussama et Adel.*

*A ma cher tante : Saliha et son mari Mahfoud*

*Je remercie beaucoup mon oncle: Hammoud Nadir pour son soutien et ses  
encouragements.*

*A toute ma grande famille : Hizir et Zeghache*

*A mon binôme Selma et toute sa famille.*

*A mes meilleurs amis : Asma, Fatima et Halima.*

*A toute la promotion des Sciences de la Terre et de  
l'Univers et surtout la spécialité Eau et Environnement  
2017/2018.*

*A tous ceux que j'ai connus, et qui reconnaitrons.*

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



# Dédicace

*Au nom d'Allah,  
le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux  
Tout d'abord je tiens à remercier le tout puissant  
de m'avoir donné le courage et la patience  
pour arriver à ce stade afin de réaliser  
ce travail que je dédie :*

*A mes parents : Hadeïf Rabia et Afer Nadira  
Je ne pourrais jamais exprimer le respect que j'ai pour vous.  
Vos prières, vos encouragements et votre soutien m'ont toujours  
été d'un grand secours. Puisse Dieu, le tout puissant vous  
préservier du mal, vous combler de santé, de bonheur et vous  
procurer une longue vie*

*A mes chères sœurs : Sawsen, Loubna,  
Manel et son mari Hakim*

*A mes grands familles : Hadeïf et Afer*

*A mes chère enseignantes : Boulfefel Malika et Siari Siham*

*A mabinôme Fouzia et toute sa famille.*

*A mes amies : Nadjiba, Marwa, Rahma,  
Djihane, Nesrine, Yasmine, Omaima, Asma,  
Halima, Fatima.*

*A toute la promotion de la spécialité : Eau et Environnement  
2017/2018.*

*Selma*

## Résumé

L'Algérie, depuis un temps, a entrepris une politique de construction de plusieurs barrages tout au long de son territoire. Le barrage de Guenitra représente l'un des exemples situés au Sud-Ouest de la wilaya de Skikda, destiné entre autres à l'alimentation en eau potable des agglomérations du chef-lieu de wilaya, toutefois les travaux intérieurs réalisés par ANRH et ABH ont relevés des problèmes relatifs aux aspects quantitatifs et qualitatifs de ce dernier.

Cette étude représente une contribution à la caractérisation hydrochimique des eaux de la retenue de barrage de Guenitra et ses affluents. Pour cela une campagne d'échantillonnage des eaux superficielles des affluents a été réalisée au mois de décembre 2017 et un suivi de six mois (du novembre 2017 jusqu'à avril 2018) sur les eaux du barrage a été effectué par ANRH de Constantine.

Les résultats d'analyse chimique montrent que les eaux du barrage de Guenitra ainsi que ses affluents sont qualifiées de bonne qualité pour l'irrigation cependant de mauvaise qualité pour l'alimentation en potable en raison de l'excès de certains éléments chimiques ( $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ).

**Mots-clés :** qualité, pollution, eau superficielle, Barrage de Guenitra, Skikda.

## الملخص

انتهجت الجزائر منذ مدة ، سياسة بناء عدة سدود في كل أرجاء الوطن من بينها سد القنيطرة الواقع في الجنوب الغربي لولاية سكيكدة، والموجه خصوصا إلى توفير مياه الشرب لمدينة سكيكدة والتجمعات السكنية المحيطة بها، ولكن الدراسات والمتابعات الميدانية التي قامت بها الوكالة الوطنية للموارد المائية ووكالة الاحواض المائية كشفت عن عدة مشاكل تتعلق بالجوانب الكمية والنوعية لهذا الأخير.

يعتبر هذا العمل مساهمة في دراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه سد القنيطرة وروافده، لهذا الغرض قمنا بأخذ عينات من المياه السطحية للروافد الرئيسية التي تصب في سد القنيطرة خلال شهر ديسمبر 2017 ومتابعة نوعية مياه السد لمدة ستة أشهر للفترة الممتدة من شهر نوفمبر 2017 إلى شهر أبريل 2018 من خلال التحاليل الكيميائية المنجزة من طرف الوكالة الوطنية للموارد المائية لولاية قسنطينة.

نتائج التحاليل الكيميائية بينت أن مياه سد القنيطرة وروافده ذات نوعية جيدة للري في حين أنها غير صالحة للشرب و ذات نوعية رديئة، و هذا راجع الى احتوائها على تراكيز عالية لعدة عناصر كيميائية نذكر منها النتريت والأمونيوم.

**الكلمات المفتاحية :** الجودة، التلوث، المياه السطحية، سد القنيطرة وسكيكدة.

## **Abstract**

Algeria, for some time, has undertaken a policy of construction of several dams throughout its territory. The Guenitra dam is an example located to the southwest part of Skikda town, devoted particularly to supply drinking water to the chief town agglomerations. However previous studies and field follow-up carried by ANRH and ABH have divulged issues related to its quantitative and qualitative aspects.

This study is a contribution to the hydrochemical characterization of the Guenitra reservoir's water and its tributaries. For this purpose, a sampling campaign of the surface water of the tributaries has carried out in December 2017 and a follow-up for six months (from November 2017 to April 2018) on the water's dam achieved by ANRH of Constantine.

The results of chemical analysis show that both Guenitra dam's water and its tributaries are qualified as good quality for irrigating but of poor quality for drinking water supply because of excess of certain chemical elements ( $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ).

**Keywords:** quality, pollution, the surface water, Guenitra Dam, Skikda.

## Table des Matières

Remerciements

Dédicace

Résumé

Abstract

ملخص

Table des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction générale .....	1
<b>I. Présentation du secteur d'étude.....</b>	<b>3</b>
I.1 Introduction.....	3
I.2 Situation géographique .....	3
I.3 Caractéristiques géomorphologiques du sous bassin versant de Guenitra.....	5
I.3.1 Réseau hydrographique .....	6
I.3.2 Relief du sous bassin versant de Guenitra.....	9
I.3.2.1 La courbe hypsométrique .....	9
I.3.2.2 Les altitudes caractéristiques .....	10
I.3.2.3 Les indices de pente du S.B.V de Guenitra .....	11
I.4 Occupation du sous bassin versant de Guenitra.....	12
I.4.1 La population.....	12
I.4.2 Site minier de Sidi Kamber .....	14
I.4.3 Le barrage de Guenitra .....	16
I.5 Cadre géologique .....	17
I.5.1 Géologie régionale .....	17
I.5.1.1 Les grands traits géologiques de la petite Kabyle .....	18
a) Le socle kabyle.....	18
b) La dorsale kabyle .....	18
c) Les séries à caractère flysch .....	19
d) Les séries telliennes.....	19
e) L'Oligo- Miocène kabyle et les Olistostromes .....	19
I.5.2 Géologie locale.....	20
I.5.2.1 Les formations métamorphiques .....	21
a) Les schistes.....	21
b) Les gneiss .....	21
I.5.2.2 Les roches magmatiques.....	21
I.5.2.3 Les formations sédimentaires .....	21
a) La chaîne calcaire ou dorsale Kabyle.....	22
b) Le flysch Mauritanien .....	22
c) L'Oligo-Miocène Kabyle (O.M.K) .....	22
d) La série numidienne .....	22
e) Le Quaternaire .....	23
I.5.2.4 Tectonique .....	23
I.6 Conclusion .....	23



<b>II. Caractéristique hydroclimatique de SBV de Guenitra</b> .....	24
II.1 Introduction .....	24
II.2 Station pluviométrique .....	24
II.3 Facteurs climatiques .....	24
II.3.1 Précipitations .....	24
II.3.1.1 Précipitations moyennes mensuelles .....	25
II.3.1.2 Précipitations moyennes saisonnières .....	25
II.3.2 Température .....	26
II.3.3 Type de climat .....	27
II.3.4 Vitesse du vent .....	28
II.4 Bilan hydrique .....	29
II.4.1 Evapotranspiration .....	29
II.4.1.1 Evapotranspiration potentielle (ETP) .....	29
II.4.1.2 Evapotranspiration réelle (ETR).....	31
II.4.1.3 Estimation de reuisselemen.....	31
II.4.1.4 Estimation de l'infiltration (I).....	32
II.5 Conclusion .....	33
<b>III. Hydrochimie</b> .....	34
III.1 Introduction .....	34
III.2 Caractérisation physico-chimique des eaux des affluents du barrage de Guenitra ...	34
III.2.1 Faciès hydrochimique .....	35
III.2.1.1 Classification selon la formule ionique.....	35
III.2.1.2 Diagramme de Stiff.....	36
III.2.2 Evolution spatiale des paramètres physico-chimiques.....	39
III.2.2.1 Potentiel Hydrogène (pH).....	39
III.2.2.2 Conductivité électrique (CE) .....	39
III.2.2.3 Les Cations.....	40
III.2.2.3.1 Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ).....	40
III.2.2.3.2 Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) .....	41
III.2.2.3.3 Sodium ( $\text{Na}^+$ ).....	42
III.2.2.3.4 Potassium ( $\text{K}^+$ ).....	42
III.2.2.4 Anions .....	43
III.2.2.4.1 Chlorures ( $\text{Cl}^-$ ) .....	43
III.2.2.4.2 Sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) .....	44
III.2.2.4.3 Bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ) .....	45
III.2.2.5 Les éléments indicateurs de la pollution urbaine .....	45
III.2.2.5.1 Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) .....	45
III.2.2.5.2 Les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ).....	46
III.2.2.5.3 Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ).....	47
III.2.2.5.4 Phosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ ).....	47
III.2.3 Qualité des eaux .....	48
III.2.3.1 Dureté ou Titre Hydrotimétrique (TH) .....	48
III.2.3.2 Aptitude des eaux de surface à l'irrigation .....	49
III.3 Evolution des paramètres physico-chimiques des eaux du barrage de Guenitra.....	51
III.3.1 Le potentiel d'hydrogène (pH).....	51
III.3.2 Résidus secs ( $\text{R}_s$ ).....	51
III.3.3 Oxygène dissous ( $\text{O}_{2d}$ ) .....	52
III.3.4 Matière organique (MO) .....	53
III.3.5 La demande biologique en oxygène ( $\text{DBO}_5$ ) .....	54

III.3.6	La demande chimique en oxygène (DCO).....	54
III.3.7	Les éléments nutritifs .....	55
III.3.7.1	L'ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) .....	55
III.3.7.2	Les nitrites (NO <sub>2</sub> ).....	56
III.3.7.3	Les nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) .....	56
III.3.7.4	Phosphates (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ) .....	57
III.4	Conclusion.....	58
<b>Conclusion générale.....</b>		<b>59</b>
<b>Références bibliographiques</b>		

*Liste des tableaux*

<b>Tableau. I-1:</b> Caractéristiques morphométriques du bassin versant de l'oued Guebli.....	3
<b>Tableau. I-2:</b> Les indes de forme de sous bassin versant de Guenitra.....	5
<b>Tableau. I-3:</b> la superficie des différents affluents de S.B.V. de Guenitra (Boukhrissa, 2015). .....	7
<b>Tableau. I-4:</b> Longueur et nombre de thalweg de S.B.V. de Guenitra .....	8
<b>Tableau. I-5:</b> Répartition spatiale de la population dans le sous bassin versant de Guenitra .	13
<b>Tableau. I-6:</b> Caractéristiques des réseaux d'assainissement dans le S.B.V de Guenitra .....	14
<b>Tableau. I-7:</b> Apports en eaux des affluents du sous bassin versant de Guenitra.....	16
<b>Tableau.II-1:</b> Coordonnées de la station pluviométrique de Guenitra (1989/1990-2003/2004). .....	24
<b>Tableau. II-2:</b> Précipitations moyennes mensuelles du sous bassin versant de Guenitra.....	25
<b>Tableau. II-3:</b> Précipitations moyennes saisonnières de la station de Guenitra (1989/1990- 2003/2004). .....	26
<b>Tableau. II-4:</b> Températures moyennes mensuelles en (°C) de la station de Guenitra (1989/1990-2003/2004).....	26
<b>Tableau. II-5:</b> Vitesse moyenne mensuelle du vent à la station de Guenitra (1989/1990- 2003/2004) .....	28
<b>Tableau. II-6:</b> Bilan hydrique selon Thornthwaite de la station de Guenitra (1989/1990- 2003/2004) .....	30
<b>Tableau. II-7:</b> les résultats ETR selon la formule de Turc du la station de Guenitra (1989/1990-2003/2004).....	32
<b>Tableau. II- 8:</b> Estimation de l'infiltration selon l'équation globale du bilan hydrologique..	32
<b>Tableau. III- 1:</b> Classification hydrochimique des eaux selon la formule ionique.....	36
<b>Tableau.III-2:</b> Classification des eaux des affluents du S.B.V de Guenitra selon la dureté (TH en °F).....	49

## *Liste des figures*

Fig. I- 1: Localisation de la zone d'étude.....	4
Fig. I- 2: Réseau hydrographique de S.B.V de Guenitra.....	7
Fig. I- 3 : La courbe hypsométrique de S.B.V.de Guenitra.....	10
Fig. I- 4: Carte des altitudes dans le S.B.V de Guenitra.....	11
Fig. I- 5: Evolution de la population dans le sous bassin versant de Guenitra.....	13
Fig. I- 6: Différents points de rejets urbains dans le sous bassin versant de Guenitra.....	14
Fig. I- 7: Les filons et les carrières exploités de Sidi Kamber .....	15
Fig. I- 8:Localisation d'Oued Essouk par rapport à la mine Sidi Kamber .....	16
Fig. I- 9:Localisation de barrage de Guenitra .....	16
Fig. I- 10: Carte géologique présente l'érogène alpin périméditerranéen(Durand-Delga, 1969) .....	17
Fig. I- 11: Carte géologique Schématique de la Kabylie de Collo (Bouillin et Kornprobst, 1974).....	18
Fig. I- 12: Carte géologique de la région d'étude (d'après J.M.Vila 1980).....	20
Fig. II- 1: Précipitations moyennes mensuelles du sous bassin versant de Guenitra.....	25
Fig. II- 2: Précipitations moyennes saisonnièresde la station de Guenitra (89/90- 03/04) .....	26
Fig. II- 3: Températures moyennes mensuelles à la station de Guenitra (89/90-03/04) .....	27
Fig. II- 4: Diagramme Ombro-thermique de la station de Guenitra (89/90-03/04) .....	28
Fig. II- 5: Vitesse moyenne mensuelle de vent à la station de Guenitra (89/90-03/04).....	28
Fig. II- 6: Représentation graphique du bilan hydrique selon la méthode de Thornthwaite ....	31
Fig. II- 7: Schéma du bilan hydrique de la station de Guenitra (89/90-03/04) .....	33
Fig. III- 1: Carte d'inventaire des points de prélèvements (Décembre 2017).....	35
Fig.III- 2: Représentation graphique des analyses chimique sur le diagramme de Stiff (Décembre 2017).....	37
Fig. III- 3 : Répartition des mesures de pH en Décembre 2017.....	39
Fig. III- 4 : Evolution de la conductivité dans les affluents du barrage de Guenitra (Décembre 2017).....	40



Fig. III- 5: Evolution du calcium dans les affluents du barrage de Guenitra (Décembre 2017) .....	41
Fig. III- 6: Evolution du magnésium dans les affluents du barrage de Guenitra (Décembre 2017).....	41
Fig. III- 7: Evolution du sodium dans les affluents du barrage de Guenitra (Décembre 2017) .....	42
Fig.III- 8 :Evolution du potassium dans les affluents du barrage de Guenitra (Décembre 2017) .....	43
Fig. III- 9: Evolution de chlorure dans les affluents de barrage du Guenitra (Décembre 2017) .....	44
Fig. III- 10: Evolution des sulfates dans les affluents du barrage de Guenitra (Décembre 2017) .....	44
Fig. III- 11: Evolution des bicarbonates dans les affluents du barrage de Guenitra (Décembre 2017).....	45
Fig. III- 12: Evolution des nitrates dans les affluents du barrage de Guenitra (Décembre 2017) .....	46
Fig. III- 13: Evolution des nitrites dans les affluents du barrage de Guenitra (Décembre 2017) .....	46
Fig. III- 14: Evolution de l'ammonium dans les affluents de barrage du Guenitra (Décembre 2017).....	47
Fig. III- 15: Evolution des phosphates dans les affluents de barrage du Guenitra (Décembre 2017).....	48
Fig. III- 16: Diagramme de Richards des eaux des affluents du S.B.V de Guenitra.....	50
Fig. III- 17: Evolution du pH des eaux du barrage de Guenitra (Nov. 2017 à Avril 2018).....	51
Fig. III- 18: Evolution de Résidus secs dans le barrage du Guenitra (Nov. 2017 à Avril 2018) .....	52
Fig. III- 19: Evolution d'oxygène dissous dans le barrage du Guenitra (Nov.2017àAvril 2018) .....	53
Fig. III- 20: Evolution de la matière organique dans le barrage de Guenitra (Nov.2017àAvril 2018).....	53
Fig. III- 21: Evolution de DBO5 dans le barrage de Guenitra (Nov. 2017 à Avril 2018) .....	54

Fig. III- 22: Evolution de DCO dans le barrage de Guenitra (Nov. 2017 à Avril 2018) .....	55
Fig. III- 23: Evolution de l'ammonium dans le barrage de Guenitra (Nov.2017 à Avril 2018) .....	55
Fig. III- 24: Evolution des nitrites dans le barrage de Guenitra (Nov.2017 à Avril 2018) .....	56
Fig. III- 25 Evolution des nitrates dans le barrage de Guenitra (Nov. 2017 à Avril 2018).....	57
Fig. III- 26 : Evolution des phosphates dans le barrage de Guenitra (Nov.2017 à Avril 2018) .....	57

***Liste des abréviations***

**°C** : Degré Celsius

**°F**: Degré français

**µs/cm**: Microsiemens par centimètre

**ABH** : Agence des Bassins Hydrographiques

**AEP** : Alimentation en Eau Potable

**ANRH** : Agence National de Ressource Hydrique

**cm** : centimètre

**Ex** : Exutoire

**Hm<sup>3</sup> /an**: Hectomètre cube par an

**Km**: Kilomètre

**m** : Mètre

**m/s** : Mètre par seconde

**méq/l**: Milliéquivalent par litre

**mg/l**: Milligramme par litre

**mm** : Millimètre

**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé

**SBV**: Sous Bassin Versant

# *Introduction générale*

---



## ***Introduction générale***

L'eau est un élément naturel indispensable à la vie, c'est une richesse nécessaire à toute activité humaine, et constitue le patrimoine d'une nation. Il s'agit d'un facteur de production déterminant dans le développement durable. Pour ces raisons l'homme a appris à maîtriser l'eau, toutefois il la rend impropre et polluée ce qui constitue une véritable menace pour la vie. En effet sa santé est altérée si l'eau dont il dispose est de mauvaise qualité ou bien si elle est polluée par des agents pathogènes. De ce fait on s'inquiète de sa qualité et de ses caractéristiques physico-chimiques.

Ces dernières années, de nombreux pays sont confrontés à de graves problèmes de détérioration de la qualité des eaux superficielles due aux rejets non contrôlés des zones urbaines et l'industrie, ainsi que l'utilisation intensive d'engrais chimiques dans l'agriculture.

En Algérie, une nouvelle politique instaurée récemment vise à protéger et à sauvegarder les ressources en eaux qu'elles ne soient contaminées. En effet, les techniques de traitement des eaux polluées sont longues, coûteuses et ne permettent pas de restaurer la potabilité des eaux.

Le barrage de Guénitra a été construit à l'exutoire du sous bassin versant sur le lit d'oued Fassa, mis en service en 1984, d'une capacité de rétention de 120 hm<sup>3</sup> avec un volume régularisable de 30 hm<sup>3</sup>/an. Il assure la couverture en eau potable et industrielle de la ville de Skikda, de son complexe industriel et ses agglomérations, ainsi que l'irrigation de 5650 ha de périmètres agricoles. Depuis sa mise en eau, plusieurs études ont été réalisées sur l'impact de la mine abandonnée de Sidi Kamber vis à vis les eaux du barrage et l'évaluation de leur qualité physico-chimique influencée par les rejets d'origine domestique. Elles ont relevé des problèmes relatifs aux aspects quantitatifs et qualitatifs de ce dernier.

L'objectif de ce travail est de contribuer à la caractérisation hydrochimique des eaux superficielles du barrage de Guenitra ainsi que ses principaux affluents à travers de l'évaluation des caractéristiques physico-chimiques des eaux influencées d'une part, par les rejets de la mine abandonnée de sidi Kamer drainée par oued Essouk et d'autre part, par les rejets urbains non épurés des communes de Beni Oulbene et Oum Toub situant en amont du barrage.

En vue d'atteindre ces objectifs, plusieurs chapitres ont été abordés, qui sont :

- Le premier chapitre est consacré à la présentation du site et la description des caractéristiques géomorphologiques et hydrographiques du bassin versant de Guenitra,

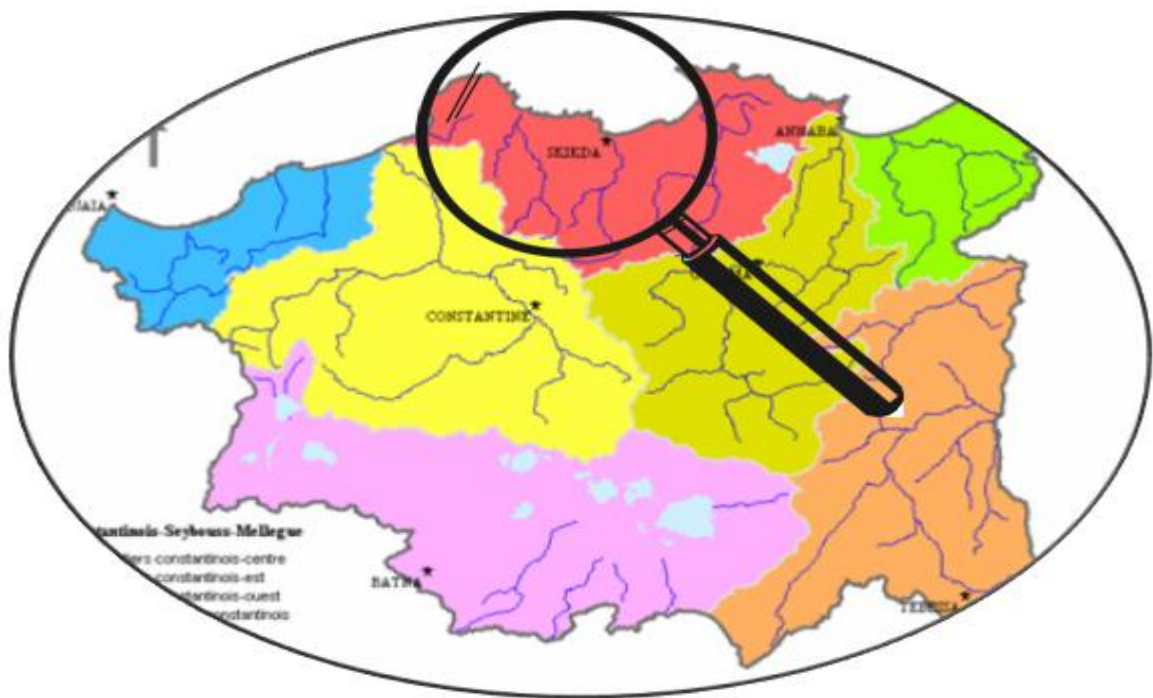
dont l'objectif est d'essayer de mettre en évidence les liens qui semblent exister entre les différentes formes géomorphologiques. Ainsi qu'un aperçu géologique par une synthèse des travaux antérieurs, qui nous a permis d'identifier la nature des différentes formations géologiques éventuellement responsables à la minéralisation des eaux dans le bassin versant.

- Le deuxième est consacré à l'étude hydroclimatologique, qui est effectuée à pour objectif de mieux connaître l'évolution des caractéristiques climatiques dans le temps, et d'estimer le régime hydrologique des principaux cours d'eau du bassin versant.
- Le troisième chapitre a été consacré à une caractérisation hydrochimique des eaux superficielles permettant de voir l'origine des faciès chimiques et des éléments indicateurs de pollution, à savoir les éléments majeurs et les nutriments. Il a permis aussi la détermination des apports des principaux affluents, et a révélé la dégradation de la qualité des eaux destinées à l'irrigation et à l'alimentation en eau potable.

Enfin, notre travail se termine par une conclusion générale avec quelques recommandations.

# *Chapitre I*

## Présentation de la zone d'étude



## I. Présentation du secteur d'étude

### I.1 Introduction

La qualité des eaux superficielles dans un bassin versant donné est fonction de l'environnement physico-géographique caractérisant la région. A ce propos ce chapitre a été consacré à la présentation de notre secteur d'étude. Il a été dédié afin d'offrir un aperçu général sur le sous bassin versant de Guenitra, ceci dans le but de comprendre le fonctionnement hydrochimique des différents cours d'eau ainsi que les eaux du barrage de Guenitra. On se contente, en l'occurrence, à la géologie du sous bassin, à la climatologie, et à l'hydrogéochimie.

### I.2 Situation géographique

Le bassin versant de l'Oued Guebli, est situé au Nord-Ouest de la Wilaya de Skikda appartient au bassin Côtier Constantinois Centre (0307), Ce bassin s'étend entre 6°23' et 6°47' de longitude Est et entre 36°35' et 36°58' de latitude Nord. Il couvre une superficie de 993 Km<sup>2</sup> et drainé par l'Oued Guebli et ses affluents. Oued Guebli résulte de la jonction de deux Oueds (*fig. I-1*) : l'Oued Fessa qui prend naissance au Sud-Ouest de la chaîne numidique de Sidi Dris, principal cours d'eau alimentant le barrage de Guenitra et l'Oued Khanga prenant naissance au Sud -Est de Djebel Bit Eddjazia et Dj. Ayata (Mecibah, 2008).

Le bassin versant d'Oued Guebli se subdivise en six (6) sous bassins qui sont :

- S.B.V. de l'oued Alassane.
- S.B.V. de l'Oued Beni- Zid.
- S.B.V de l'Oued Bourekane
- S.B.V. de l'Oued Guenitra.
- S.B.V. de l'Oued Guebli amont
- S.B.V. de l'Oued Guebli aval.

Le tableau suivant (*tab. I-1*) récapitule les principales caractéristiques du bassin versant d'Oued Guebli:

**Tableau I-1: Caractéristiques morphométriques du bassin versant de l'oued Guebli.**

Paramètre	Valeur	Paramètre	Valeur	Paramètre	Valeur
Superficie (km <sup>2</sup> )	993.3	Altitude moyenne (m)	320.89	Longueur du rectangle équivalent (Km)	45.20
Périmètre (km)	163.3	Altitude médiane (m)	380.5		
Dénivelé spécifique (m)	329.34	Densité de drainage (Km/ Km <sup>2</sup> )	4.15	Largeur du rectangle équivalent (Km)	24.6
Vitesse d'écoulement (m/s)	0.97	Indice de pente globale	10.45	Temps de concentration (h)	13.88



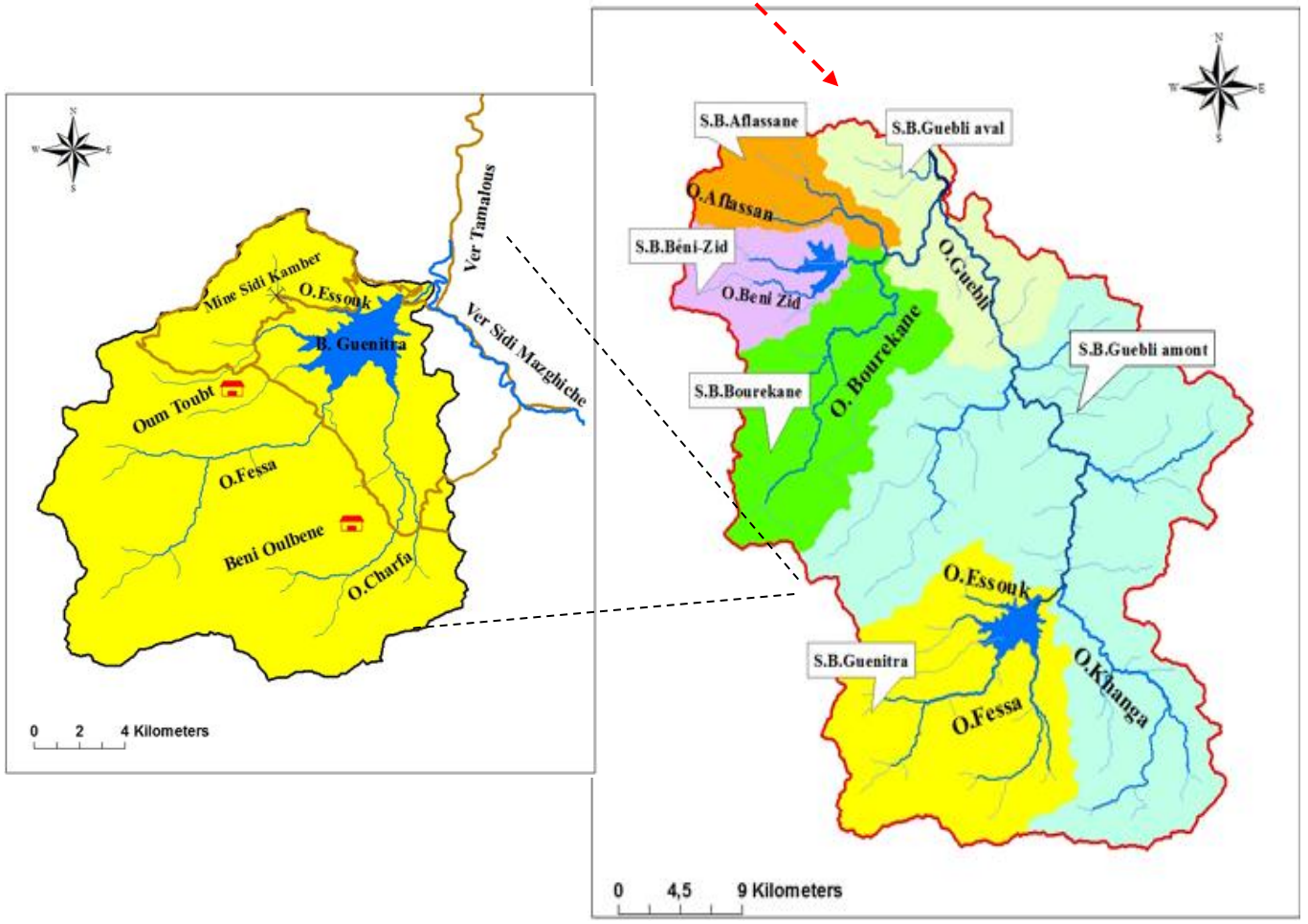


Fig. I-1: Localisation de la zone d'étude.

Le sous bassin de Guenitra occupe la partie Sud-Ouest du bassin versant d'Oued Guebli. Il est situé à une trentaine de kilomètre au Sud-Ouest de la wilaya de Skikda, avec une superficie d'environ 202 km<sup>2</sup> et une altitude maximum de 1364 m. Il est caractérisé par un réseau hydrographique important avec une densité de drainage (4.04 km/km<sup>2</sup>). Dont l'Oued Fessa, le principal cours d'eau alimentant le barrage ainsi ses différents affluents à savoir ;

- Oued Charfa qui longe au pied d'un relief escarpé la limite Est du sous bassin versant.
- Oued Mégramène et Oued Mellouh, entre lesquels est situé le village d'Oum Toub.
- Oued Essouk, parcourant la zone minière de Sidi Kamber dont la pente est la plus élevée.

Le couvert végétal est faible dans l'ensemble, les arbres sont constitués principalement d'oliviers dans la partie Sud du sous bassin et de quelques arbres fruitiers au niveau du village d'OumToub (Mecibah, 2008).

### ***1.3 Caractéristiques géomorphologiques du sous bassin versant de Guenitra***

- Le périmètre (P) : Le périmètre du sous bassin de Guenitra est de l'ordre de 62.2 Km.
- La superficie (S) : La superficie d'un bassin versant est la plus importante des caractéristiques de bassin versant, la superficie planimétrie de notre sous bassin versant est de l'ordre de 202.6 km<sup>2</sup>.
- Forme du sous bassin versant : La superficie et la forme d'un bassin versant sont des facteurs influençant les débits écoulés. Les indices admis par tous les hydrogéologues sont : l'indice de compacité (K<sub>C</sub>) de *Gravelus de Luchischeva (1950)*, le facteur de forme (R<sub>F</sub>) de *Horton (1932)*, et le rapport de circulation (R<sub>C</sub>) de *Miller (1953)*.

Les indices de forme du sous bassin versant du Guenitra sont figurés dans le tableau suivant (tab. I-2).

**Tableau I-2 : Les indices de forme de sous bassin versant de Guenitra.**

Paramètre	Signe	Formule	Valeur	
Indice de compacité	K <sub>C</sub>	$K_C = 0.28 P / S^{1/2}$	1.22	Avec : K <sub>C</sub> : l'indice de Gravelus P : périmètre (km) S : superficie (km <sup>2</sup> ) L <sub>B.V</sub> : longueur du bassin
Facteur de forme	R <sub>F</sub>	$R_F = S / L_B^2$	0.55	
Rapport de circulation	R <sub>C</sub>	$R_C = 4 \pi S / P^2$	0.65	

On remarque que notre sous bassins à un indice de compacité supérieur à 1.12, ce qui montre leur forme allongée.

Le facteur de Horton ( $R_F$ ) égale à 0.79 pour un cercle, 1 pour un carré dont l'exutoire se situe au milieu d'un côté. Ou 0.5 si l'exutoire se situe au niveau de l'angle défini par deux cotés (longueur et largeur du bassin), C'est le cas de notre sous bassin.

Le rapport de circularité de Miller ( $R_C$ ) est égal à 1 pour un cercle et décrit au fur et à mesure que l'élongation du bassin est importante.

- Longueur et largeur moyenne : C'est une transformation purement géométrique ; la longueur du bassin versant mesurée à partir de l'exutoire jusqu'à la ligne de partage des eaux la plus proche de la source du plus long thalweg le long d'une ligne droite, et la largeur c'est la médiatrice de la droite représentative de la longueur du bassin versant.

Le bassin versant de Guenitra à une longueur d'ordre de 19.15 km et une largeur de 16.10 km. Les dimensions du rectangle équivalent ( $L_e$ ) : Cette notion introduite par *L. Roche en 1963*, permet la comparaison des bassins versant entre eux, quant à l'influence de leurs caractéristiques physiques sur l'écoulement global. Quand l'indice de compacité est supérieur à 1.12, les dimensions du rectangle équivalent sont obtenues à l'aide des relations suivantes :

$$L_e = \frac{Kc\sqrt{S}}{1.12} \times \left[ 1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{Kc}\right)^2} \right]$$

$$l = \frac{Kc\sqrt{S}}{1.12} \times \left[ 1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{Kc}\right)^2} \right]$$

Avec :

**L**: Largeur du rectangle équivalent (Km).      **K<sub>c</sub>**: Indice de compacité de Gravelus.

**L<sub>e</sub>**: Longueur du rectangle équivalent (Km).      **S** : Superficie en (Km<sup>2</sup>).

Donc les dimensions du rectangle équivalent du bassin versant de Guenitra sont de l'ordre de :

$$L_e = 21.25 \text{ Km} \quad \text{et} \quad l = 8.93 \text{ Km}$$

### I.3.1 Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique se définit comme l'ensemble des cours d'eau naturels ou artificiels, permanents ou temporaires, qui participent à l'écoulement de toutes les eaux de ruissellement et converge vers un seul point de vidange du bassin versant (exutoire) donc le réseau hydrographique est sans doute une des caractéristiques les plus importantes du bassin.

Le sous bassin versant de Guenitra (*fig. I-2*) occupe une surface de 202.6 km<sup>2</sup> et reçoit une lame d'eau de l'ordre de 729.25 mm, leur réseau hydrographique est important (4.04 km/km<sup>2</sup>)

caractérisé par l'Oued Fessa, principal cours d'eau alimentant le barrage et ses différents affluents et qui apportent des débits importants pendant les périodes pluvieuses (hiver).

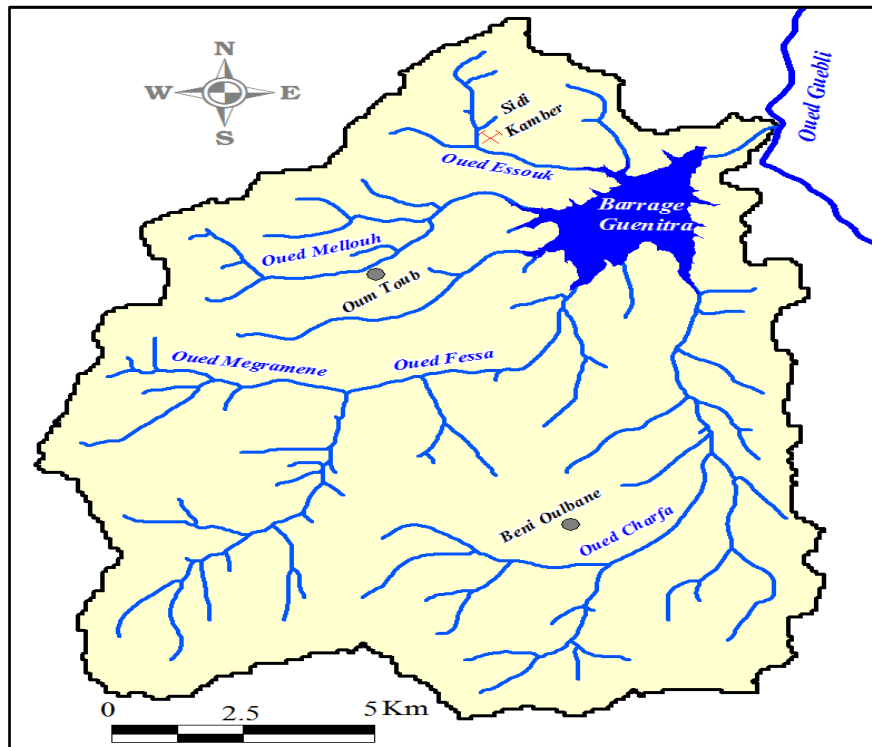


Fig. I-2: Réseau hydrographique de S.B.V de Guenitra.

Le tableau suivant (tab. I-3) donne la superficie des différents affluents de S.B.V. de Guenitra

Tableau I-3 : la superficie de S.B.V des différents affluents de S.B.V. de Guenitra (Boukhrissa, 2015).

Sous bassin versant	Superficie (Km <sup>2</sup> )
Oued Fessa	77.48
Oued Charfa	70.33
Oued Megramène	21.95
Oued Mellouh	11.65
Oued Essouk	12.49

- Longueur et nombre des thalwegs : La mesure des longueurs des thalwegs contribue aux différents calculs des paramètres morphométriques tels que les rapports de longueur et de confluence, la densité de drainage et le temps de concentration, la détermination des rapports de confluence et de longueur nécessite une classification du chevelu hydrographique, d'après la méthode de Straher (Mecibah, 2008). Les caractéristiques du chevelu hydrographique du S.B.V de Guenitra calculés figurent dans le tableau suivant (tab. I-4).



Tableau I-4 : Longueur et nombre de thalweg de S.B.V. de Guenitra.

Ordre	Nombre(N <sub>x</sub> )	Longueur L <sub>x</sub> (Km)
1	2001	450.70
2	610	160.60
3	103	109.7
4	21	49.70
5	6	24.10
6	2	23.40
7	1	1.6
	2744	819.8

La longueur des talwegs principaux de sous bassin versant de Guenitra curvimètres d'ordre de 15.25 km.

- Rapport de longueur et rapport de confluence : Le rapport de longueur (R<sub>L</sub>) est le rapport de longueur des thalwegs d'ordre 1 à celle des drains d'ordre 2 :

$$R_L = L_1 / L_2 \Rightarrow R_L = 2.80$$

Où ; L<sub>1</sub> et L<sub>2</sub> est, respectivement, les longueurs moyennes des thalwegs d'ordre 1 et 2.

Le rapport de confluence donne une idée sur l'érosion par ravinement et sur l'hétérogénéité lithologique du bassin versant. La progression géométrique des rapports de confluence partiels R<sub>C</sub> s'obtient en divisant le nombre des thalwegs d'ordre 1 par celui d'ordre 2, soit :

$$R_C = N_1 / N_2 \Rightarrow R_C = 3.28$$

Où ; N<sub>1</sub> et N<sub>2</sub> sont, respectivement, le nombre des thalwegs d'ordre 1 et 2 constituant le bassin.

- Densité de drainage (D<sub>d</sub>) : La densité de drainage peut donner un aperçu sur la nature lithologique des terrains traversés par ces cours d'eau du bassin versant de Guenitra et permet de comparer l'écoulement superficiel au niveau des sous bassins. Elle donnée par la relation suivante :  $D_d = \sum L_x / S$

Avec ; **D<sub>d</sub>**: densité du drainage en Km/Km<sup>2</sup> . **S** : surface du bassin versant en Km<sup>2</sup>

$\sum L_x$  : longueur totale du réseau hydrographique Km.

Elle réunit en somme les densités de drainage temporaire (D<sub>dt</sub>) et permanent (D<sub>Dp</sub>).

La densité de drainage de S.B.V de Guenitra est de l'ordre de 4.04 Km/Km<sup>2</sup>, donc ce bassin révèle un type de drainage Orthogonal, se caractérise par un réseau hydrographique dense, hiérarchisé aux affluents courts et nombreux (*Mecibah, 2008*).

- Le temps de concentration (T<sub>c</sub>) : C'est le temps mis par la première goutte de pluie tombée sur le point le plus éloigné du bassin pour atteindre l'exutoire. Ce paramètre ; exprimé dans ce cas en heures ; peut être estimé par la formule de *Giandotti* :

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L_p}{0.8\sqrt{H_{moy} - H_{min}}}$$

$T_c$  : temps de concentration.

$L_p$  : longueur du talweg principal en (km).

$S$  : surface du B.V (km<sup>2</sup>).

$H_{moy}$  : altitude moyenne du bassin versant en (m).

$H_{min}$  : altitude minimale à l'exutoire en (m)

Le temps de concentration de sous bassin versant de Guenitra, calculé par la formule de Giandotti est d'ordre de 5.16 heures

- La vitesse d'écoulement de l'eau ( $V_C$ ) : Elle donnée par l'expression suivante :

$$V_C = L / T_C$$

Avec :

$V_C$  : Vitesse d'écoulement de l'eau en m/s.

$T_C$  : Temps de concentration en seconde.

$L$  : Longueur du talweg principal en m.

La vitesse d'écoulement de l'eau dans le sous bassin versant de Guenitra est d'ordre de **0.82 m/s**.

### I.3.2 Relief du sous bassin versant de Guenitra

Les variations d'altitudes à l'intérieur d'un bassin versant ainsi que son altitude moyenne sont des données essentielles à l'étude de la température, des précipitations et de la morphologie du bassin. En outre, la pente, le relief se détermine par les caractéristiques suivantes :

#### I.3.2.1 La courbe hypsométrique

L'analyse hypsométrique est très utile pour l'étude du relief. Elle permet de comprendre la relation entre les paramètres climatiques (précipitations, écoulement de surface et bilan d'eau) et l'altitude du bassin. Il devient donc impératif d'étudier la répartition de la superficie du bassin par classe d'altitude. Les fréquences altimétriques du sous bassin versant de Guenitra dans la figure ci-après (fig. I-3).

Les courbes hypsométriques demeurent un outil pratique pour comparer plusieurs bassins entre eux ou les diverses sections d'un seul bassin. Elles peuvent en outre servir à la détermination de la pluie moyenne sur un bassin versant et donnent des indications quant au comportement hydrologique et hydraulique du bassin et de son système de drainage.

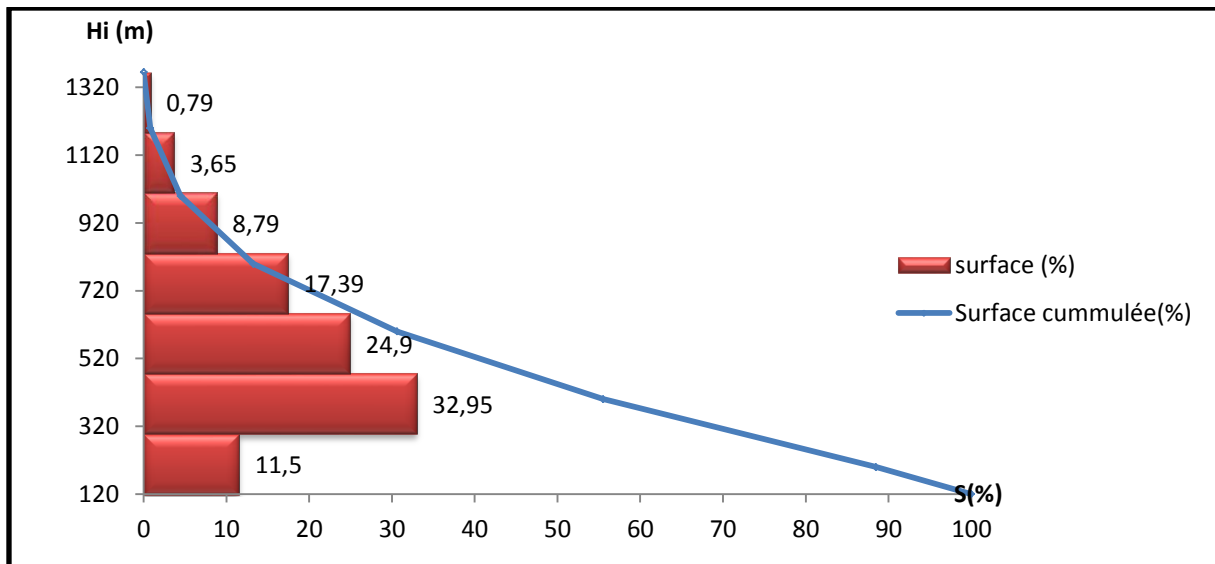


Fig. I-3 : La courbe hypsométrique de S.B.V. de Guenitra.

### I.3.2.2 Les altitudes caractéristiques

- L'altitude moyenne ( $H_{moy}$ ): La valeur de l'altitude moyenne du bassin et des sous bassins peut être calculée par la formule suivant :

$$H_{moy} = \sum H_i S_i / S_T$$

$H_i$  : cote moyenne (m).  $H_{moy}$ : altitude moyenne (m).  $S_T$ : surface du bassin ( $Km^2$ ).

$S_i$ : surface partielle, comprise entre deux courbes de niveau ( $Km^2$ ).

L'altitude moyenne dans le S.B.V de Guenitra ( $H_{moy}$ ) calculée par la formule précédente est de l'ordre de 492.54 m.

- L'altitude médiane ( $H_{med}$ ): Les courbes hypsométriques, permetts de déterminer les valeurs de l'altitude médiane ou l'altitude de fréquence 1/2 ; il s'agit de la valeur de l'altitude qui divise l'aire du bassin de façon à ce que 50 % de la superficie du bassin est donnée par la valeur de la cote Correspondant à une fréquence de 50 %. L'altitude médiane de S.B.V de Guenitra est de l'ordre de 530.28 m (fig. I-4).

L'altitude médiane est supérieure à l'altitude moyenne, ce qui montre une asymétrie des altitudes à l'échelle du sous bassins versant.

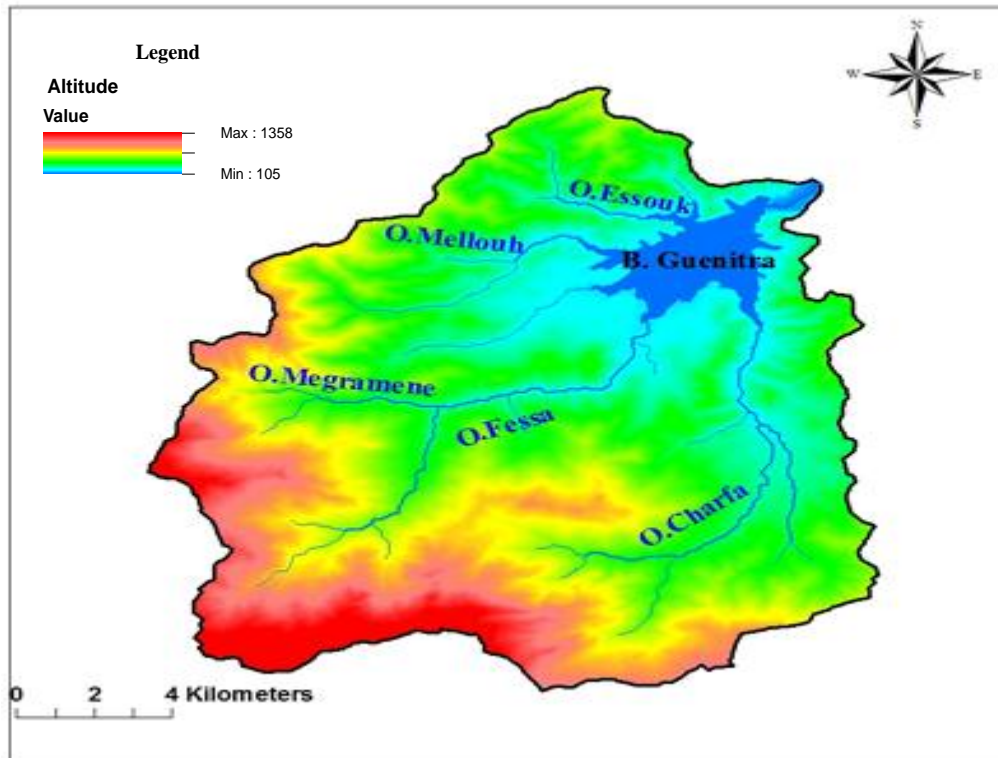


Fig. I-4 : Carte des altitudes dans le S.B.V de Guenitra.

### I.3.2.3 Les indices de pente du S.B.V de Guenitra

- La dénivelée simple (D) : Sur la courbe hypsométrique tracée, on prend la distance verticale en (m), qui sépare les altitudes ayant 5 % et 95 % de la surface totale du bassin et des sous bassins, la dénivelée simple est donc égale à :

$$D = H_{5\%} - H_{95\%}.$$

La dénivelée simple de sous bassin versant de Guenitra calculé est de l'ordre de 870 m.

- L'indice de pente globale ( $I_g$ ) : L'indice de pente globale est déterminé, à partir de la courbe hypsométrique en éliminant les valeurs extrêmes, de manière à ne garder que 90 % de l'aire du bassin versant. Cet indice est calculé à l'aide de la formule suivante :

$$I_g = D / L$$

Avec ; **D** : dénivelée simple (m).

**L** : longueur du rectangle équivalent (km).

L'indice de pente globale de sous bassin versant de Guenitra calculé est de : 40.94 m/Km.

- L'indice de pente de Roche  $I_p$  : L'indice de pente de Roche est calculé par la formule suivante :

$$I_p = \frac{\sqrt{I_g}}{0.8}$$

L'indice de pente de Roche de sous bassin versant de Guenitra calculé est : 7.15 m/Km.

- La dénivelée spécifique ( $D_S$ ): L'indice  $I_g$  déçoit pour un même bassin, lorsque la surface augmente, il est donc difficile de comparer des bassins de taille différente, d'où la nécessité de l'introduction du paramètre ( $D_S$ ).

$$D_S = I_g \sqrt{S} = D \sqrt{\frac{l}{L}}$$

Avec ;  $I_g$  : indice de pente globale.

$S$  : surface en  $\text{Km}^2$ .

Le dénivelé spécifique de sous bassin versant de Guenitra est de 582.73 m, il est supérieur à 500 m donc le sous bassin présente un type de relief très fort.

#### **I.4 Occupation du sous bassin versant de Guenitra**

L'occupation des terres dans le sous bassin versant de Guenitra est une variable fondamentale pour la compréhension de l'environnement et ces écosystèmes. Parmi ces variables figurent : la végétation, la population et l'existence des zones urbaines et industrielles qui ont des impacts directs sur la nature chimique des eaux à travers les rejets qui s'écoulent directement dans les cours d'eau.

##### **I.4.1 La population**

L'évaluation des besoins en eau potable et le volume des eaux usées, son évolution ainsi que la dynamique du milieu relève en grande partie de la répartition de la population, de leur organisation et de leurs activités (*Mecibah, 2017*). Le sous bassin versant de Guenitra est caractérisé par une répartition irrégulière des habitations, celles-ci sont liées aux conditions de vie, condensées et localisées au niveau de deux grandes villes (Oum Toub et Beni Oulbène) et dispersées sous forme de Mechtats dans les régions rurales (*fig. I-5*).

En 1998 le nombre des habitants de la commune d'Oum Toub compte 31089 habitants, ce nombre avait connu une croissance jusqu'à l'année 2007 et faisait 37915 habitants. La population se concentre dans la ville d'Oum Toub et les agglomérations voisines comme : Mechtat Agouf, Ouled Slimen, Sidi Kamber et Diar Leftat où les conditions de vie sont favorables.

Le nombre des habitants de la commune de Beni Oulbène en 1998 compte 21034 habitants, ce nombre avait connu une croissance jusqu'à l'année 2007 et faisait 25651 habitants (*Mecibah, 2008*).

Tableau I-5 : Répartition spatiale de la population dans le sous bassin versant de Guenitra.

Commune	Catégorie de population	Population 1998	Population 2007
Oum Toub	Chef- lieu	15431	18819
	Agglomérations S	2651	3233
	Population éparsé	13007	15863
Beni Oulbène	Chef- lieu	12399	15121
	Agglomérations S	844	1029
	Population éparsé	7791	9501

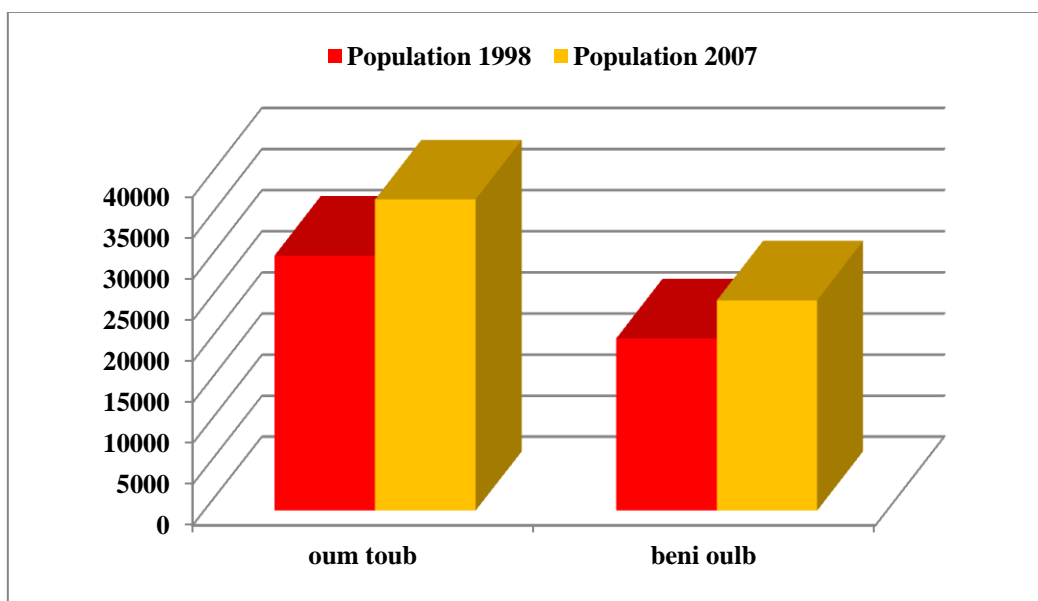


Fig. I-5: Evolution de la population dans le sous bassin versant de Guenitra.

La croissance démographique dans le S.B.V de Guenitra est concédérarai comme source de la pollution à cause de déficit de l'assainissement des eaux domestiques, et en particulier de l'assainissement collectif. A l'instar du réseau d'alimentation en eau potable, celui-ci ne couvre que les agglomérations des chefs-lieux et quelque agglomération secondaire. Pour le reste du S.B.V de Guenitra les rejets des eaux usées se font par des fosses septiques.

Sur les deux agglomérations (Oum Toub et Beni Oulbène) le réseau d'assainissement est de type unitaire avec une longueur d'ordre de 36780 mètre linéaire, où les eaux usées se déversent directement au niveau de cinq points de rejets (fig. I-6) sans épuration avec un volume de 1.555 (hm<sup>3</sup>/an) (tab. I-6).



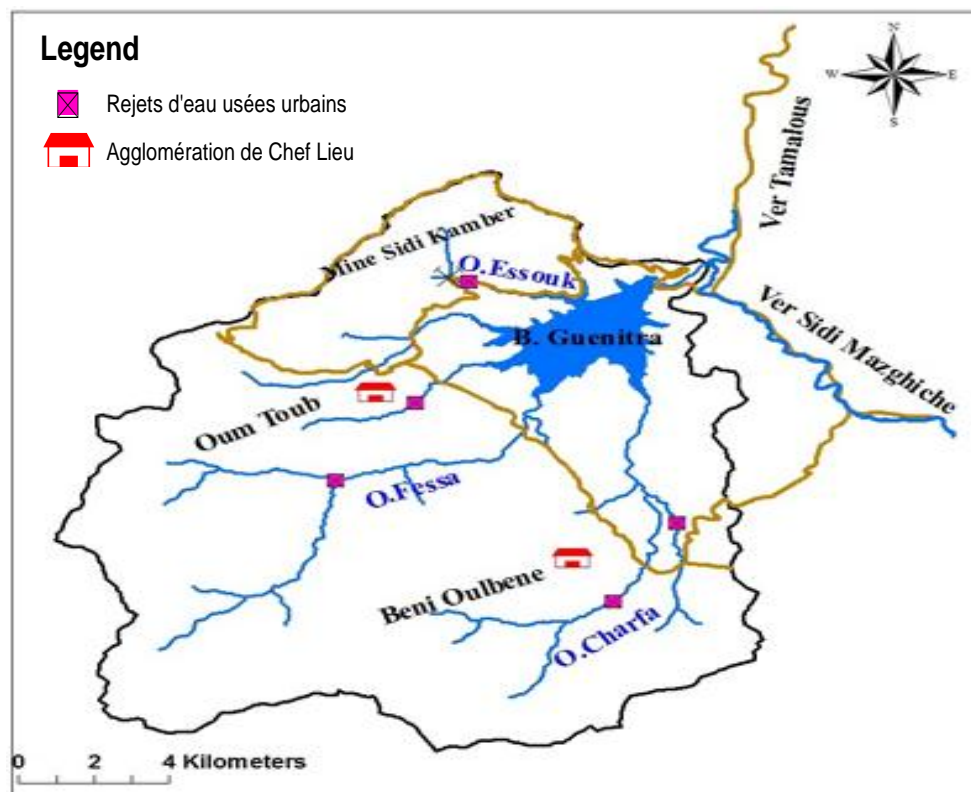


Fig. I-6: Différents points de rejets urbains dans le sous bassin versant de Guenitra.

Tableau I-6 : Caractéristiques des réseaux d'assainissement dans le S.B.V de Guenitra.

Commune	Agglomération Pop > 1000 ha	Longueur du réseau (ml)	Volume eaux usées (hm <sup>3</sup> /an)	Milieu récepteur
OumToub	Chef-Lieu	21080	0.855	Oued + Chaabat
	Chaaba	2100	0.210	Chaabat
	Sidi Kambar	1400	0.130	Chaabat
Beni Oulbène	Chef-Lieu	10000	0.330	Oued
	Boulahjar	2200	0.030	Oued

#### I.4.2 Site minier de Sidi Kamber

Le sous bassin versant de Guenitra est contienne une mine qu'est la mine de Sidi Kamber, elle occupe une superficie d'environ 57 Km<sup>2</sup> et composée par des gisements d'une série de filons à minéralisation sulfurée (fig. I-7), les grandes parties minéralogiques de leur composition sont : la galène (PbS), la sphalérite (ZnS) et la barytine. Elle possède une longue histoire minière qui commence à l'époque Numide. En 1879 le gisement a été de nouveau découvert. Les travaux d'exploitation moderne ont débuté en 1890 aux filons Dar el Hanout, avec une production très faible. C'est à partir de 1913, que son exploitation est devenue régulière. L'exploitation du gisement de Plomb et Zinc est arrêtée en 1976, depuis, la barytine est exploitée à ciel ouvert jusqu'à 1984, date de fermeture définitive de la mine (Haciane, 2016).

Les déchets miniers de la mine abandonnée de Sidi Kamber sont situés à proximité d'Oued Essouk, depuis l'arrêt de la mine ces déchets contiennent souvent des quantités de barytine considérable qui peuvent être récupérable ou ré-exploitable qui sont laissés à l'air libre (Le volume des verses des déchets miniers est d'environ 63 000 m<sup>3</sup>). En période d'hiver la pluie forme des ruissèlements qui traversent les déchets et se versent dans l'Oued chargés par les métaux c'est qu'on appelle : le Drainage Minier Acide (DMA).

L'Oued Essouk qu'a une longueur de 4 km (*fig. I-8*), il draine une superficie de 12.49 km<sup>2</sup> avec un débit de l'ordre de moins de 1 l/s au période d'étiage et 5 l/s au période de crue présente un danger majeur sur la contamination de barrage de Guenitra, vue les grandes quantités des éléments traces métalliques.



*Fig. I-7: Les filons et les carrières exploités de Sidi Kamber.*



*Fig. I-8: Localisation d'Oued Essouk par rapport à la mine Sidi Kamber.*

### I.4.3 Le barrage de Guenitra

Le barrage de Guenitra fut le premier qui a été construit au niveau du bassin versant de l'Oued Guebli, il occupe à la partie aval de sous bassin versant de Guenitra sur le lit d'Oued Fessa (fig. I-9), dans un point de cote 110 m. Les travaux de construction du barrage de Guenitra ont porté sur une décennie à partir de l'année 1974 pour être achevés en 1984 (date de fermeture définitive de la mine) avec une capacité totale de 120 hm<sup>3</sup> et un volume régularisable de 30 hm<sup>3</sup>/an. Les différents Oueds qui alimentent le barrage de Guenitra sont : Oued Fessa (Kebir), Oued Charfa, Oued Magramen, Oued Malouh et Oued Essouk. Cette dernière est parcourant la zone minière de Sidi Kamber et dont la pente est plus élevée (Boukhrissa, 2015).

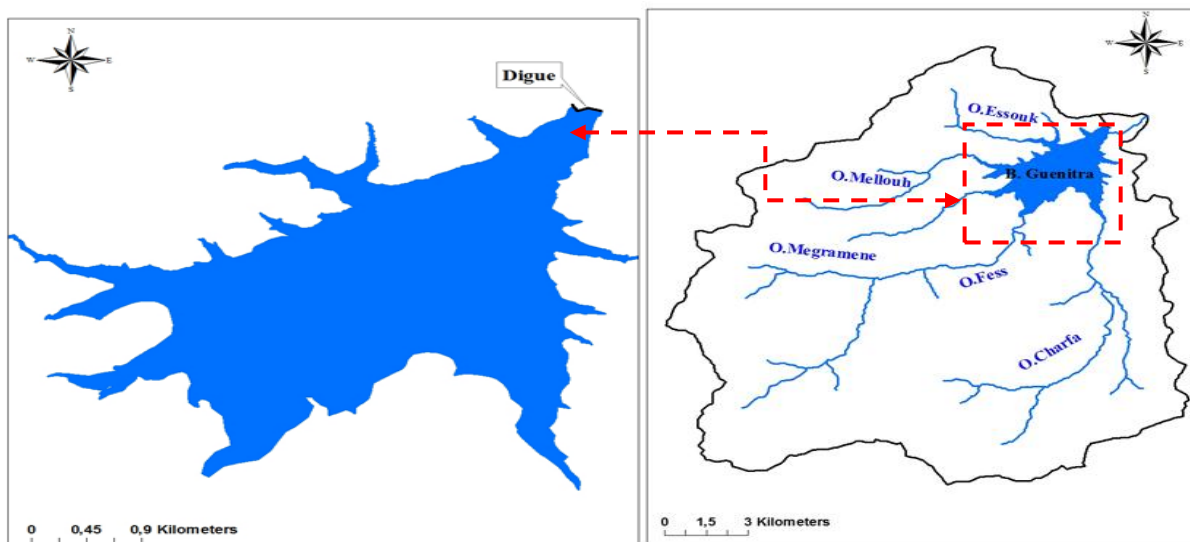


Fig. I-9 : Localisation de barrage de Guenitra.

Le volume total de l'apport moyen de l'ensemble des oueds au barrage est estimé à 55 hm<sup>3</sup>/an. Le tableau suivant donne le pourcentage estimé de l'apport en eau de chaque oued dans l'apport totale au barrage de Guenitra (cette estimation est calculée sur la base des superficies de chaque sous bassin).

Le barrage de Guenitra "El Baraka" a un double objectif : il assure l'alimentation en eau potable de la ville de Skikda (37000 m<sup>3</sup>), des agglomérations environnantes et de la zone industrielle (16000 m<sup>3</sup>), de même, il est destiné à assurer l'irrigation des périmètres d'Emdjez-Edechich et la vallée du Saf-Saf d'une superficie de 5650 hectares (tab.I.7).

Tableau I-7 : Apports en eaux des affluents du sous bassin versant de Guenitra.

Sous bassin	Superficie (km <sup>2</sup> )	Apport (%)
Oued Fessa	76.94	38.1
Oued Charfa	70.33	34.8
Oued Magramen	21.95	10.9
Oued Malouh	11.65	5.8
Oued Essouk	12.49	6.2
Autres	8.62	4.2

## I.5 Cadre géologique

### I.5.1 Géologie régionale

La chaîne alpine de l'Afrique du Nord communément connu « la chaîne des Maghrébides » fait partie de l'orogénèse alpine périméditerranéenne (Durand-Delga, 1969) d'âge Tertiaire qui s'étend de l'Ouest à l'Est sur 2000 km, depuis l'Espagne du Sud à l'arc calabro-sicilien. Cette chaîne est caractérisée par une structure complexe, en allant du nord au sud, on distingue trois grands ensembles structuraux qui sont : le domaine interne, le Domaine médians et le domaine externe (fig. I-10).

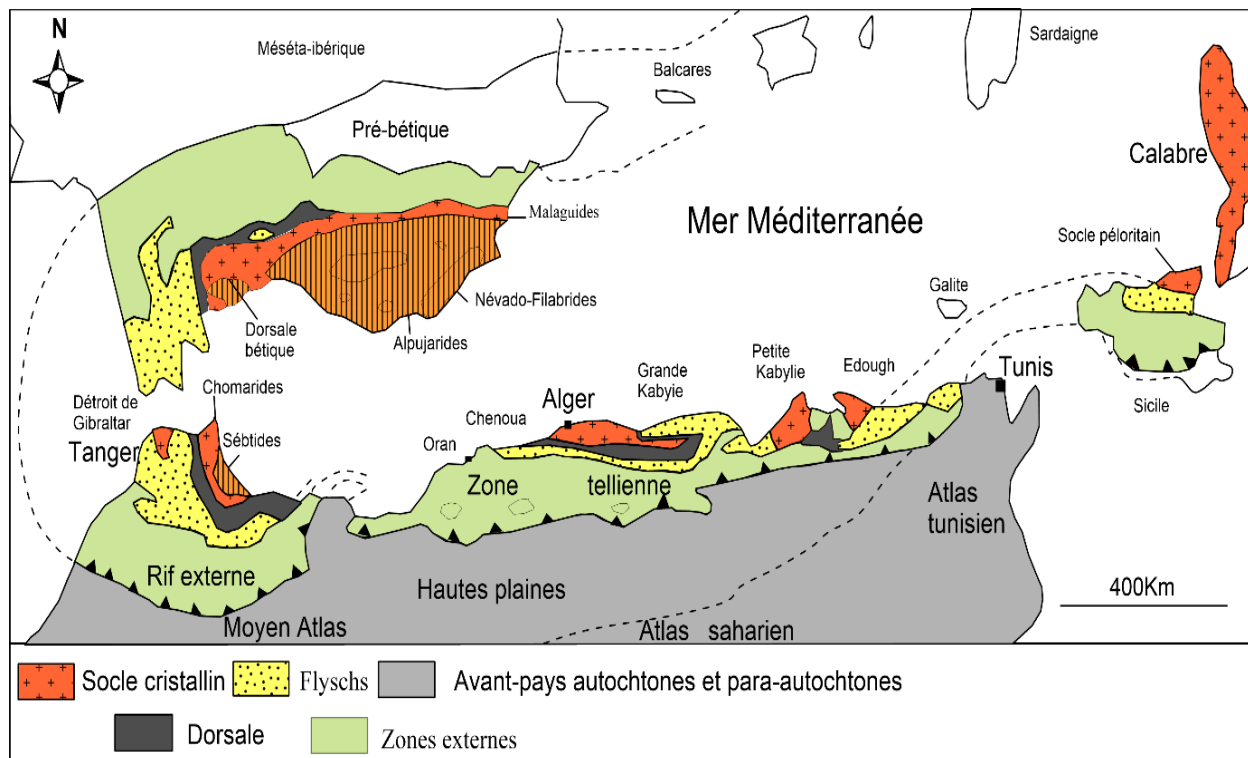


Fig. I-10 : Carte géologique présente l'érogène alpin périméditerranéen (Durand-Delga, 1969).



### I.5.1.1 Les grands traits géologiques de la petite Kabyle

Le massif de la Petite Kabylie est situé en position septentrionale du domaine interne de la chaîne tellienne. Il s'étend le long du littoral méditerranéen sur plus de 150 km entre la région de Jijel à l'Ouest et le massif de Filfila (Skikda) à l'Est, avec une extension N-S de 50 km. Ce massif constitue l'affleurement le plus important des terrains cristallophylliens de la côte Algérienne (fig. I-11).

Le massif de la Petite Kabylie est constitué par un édifice d'unités allochtones appartenant au domaine interne, aux nappes des flyches et au domaine externe. Ces différentes unités dont l'organisation est très complexe, sont parfois traversées par des venues de roches magmatiques d'âge miocène.

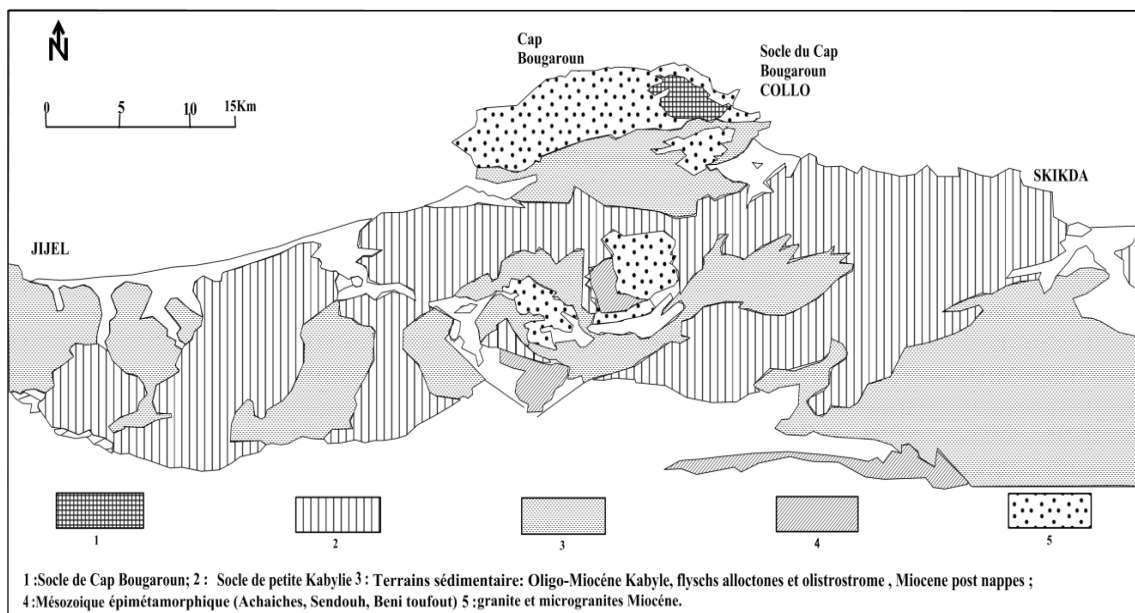


Fig. I-11 : Carte géologique Schématique de la Kabylie de Collo (Bouillin et Kornprobst, 1974).

#### a) Le socle kabyle

Le Socle kabyle affleure surtout à l'Ouest de Skikda dans la Kabylie de Collo. Il est composé des roches métamorphiques et ultra métamorphiques ayant subi une mylonitisation et une fusion sous l'action des granitoïdes hercynien et de ses satellites (Mahjoub, 1991).

#### b) La dorsale kabyle

Au Sud-Ouest de la petite Kabylie, on note une formation spécifique appelée dorsale kabyle (chaîne calcaire). Elle est caractérisée par un style tectonique en écailles. Du nord vers le Sud, on distingue plusieurs séries réparties dans trois (03) zones (Vila, 1980) ; La dorsale interne, la dorsale médiane et la dorsale externe.

**c) Les séries à caractère flysch**

En Algérie les séries à caractère flysch constituent des terrains allochtones d'âge Crétacé à Eocène ; on distingue trois types de flysch : le flysch Mauritanien, le flysch Massylien et le flysch Numidien

**d) Les séries telliennes**

Ces séries elles sont caractérisées par des faciès marno-calcaire du Néocomien ; les divers faciès telliens peuvent être résumés comme suit :

- Des marno-calcaires du néocomien au lutétien.
- Des calcaires fins et de minces bancs de radiolarites du Malm.
- Des marno-calcaires à ammonites du Néocomien Barrémien.
- Des marnes à niveaux conglomératiques du Sénonien.

**e) L'Oligo- Miocène kabyle et les Olistostromes****❖ Oligo- Miocène Kabyle (OMK)**

C'est une formation détritique qui comporte trois termes lithologiques qui sont de bas en haut :

- Un terme de base à brèches et conglomérats à galets du socle d'âge Oligo-Miocène supérieur et Paléozoïque.
- Un terme médian constitué par des pélites micacées à débris de socle et des lentilles conglomératiques.
- Un terme supérieur pélitique et siliceux à radiolaires et diatomites d'âge probablement Aquitanien.

**❖ Les Olistostromes**

Les Olistostromes sont des formations d'âge Aquitanien-Burdigalienne inférieur (*Bouillin, 1979*). Elles sont d'origine tectono-sédimentaire composées par des débris de flyschs mauritanien et massylien avec des paquets du nummulitique 2 et des formations telliennes et reposent sur l'Oligo-Miocène Kabyle.

**❖ Magmatisme**

L'étude systématique du magmatisme néogène est entreprise conjointement vers 1965 dans toute la structure alpine périméditerranéenne sur la base des premiers résultats obtenus dans le domaine andin, qui représente l'exemple type d'une marge active. L'étude statistique et comparative des données géochimiques, typologiques et géochronologiques récentes sur les

différents massifs a mis en évidence des variations locales et/ou générales considérées aujourd'hui comme significatives des mouvements relatifs des plaques impliquées dans le cadre méditerranéen.

Au sein des bassins « post-nappes » littoraux, s'est mis en place un magmatisme calco – alcalin et alcalin d'âge miocène et quaternaire. Ces roches magmatiques sont présentes dans les zones côtières à l'Ouest d'Oran, dans l'algérois (régions de Cherchell, Dellys et Thénia), autour de la baie de Bejaia, dans le massif de Collo, et entre Skikda et Annaba (*modifiée d'après Rosen baum et al. 2002*).

### I.5.2 Géologie locale

La zone d'étude a fait l'objet de plusieurs études dont la plus détaillée se rattache à *Mahdjoub, (1991)*, néanmoins pour une bonne visualisation cartographique des différents faciès de cette zone, nous sommes basées sur la carte (1/500 000 *d'après Villa, 1980*). Le terrain d'étude est composé de roches cristallines (socle Kabyle) dont l'âge est estimé du Protérozoïque au Paléozoïque inférieur et sa couverture mésozoïque (chaîne calcaire), des flyschs mauritaniens et en moindre mesure les unités telliennes et les séries numidiennes (*fig. I-12*).

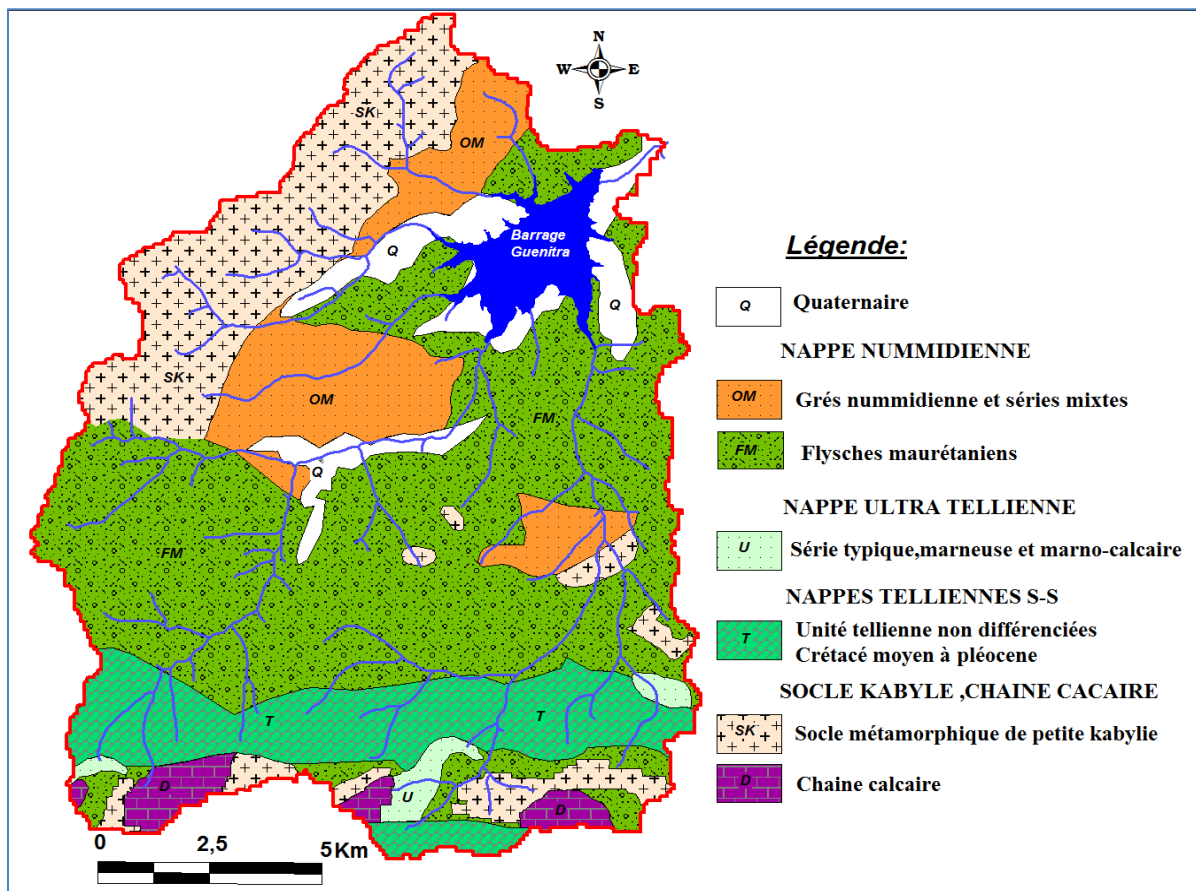


Fig. I-12 : Carte géologique de la région d'étude (d'après J.M.Vila 1980).



### **I.5.2.1 Les formations métamorphiques**

Les formations du socle kabyle dans le sous bassin de Guenitra affleurent bien dans la partie Nord-Ouest, bien qu'il apparaisse dans le reste de la zone sous forme de fenêtres tectoniques. Elles sont représentées essentiellement par des gneiss et différents types de schistes, en voici ci-dessous une description sommaire de chaque faciès :

#### **a) Les schistes**

Les schistes sont massifs de teinte variable allant du gris graphite presque noir au vert clair, aux plaquettes souvent ondulées, sont très répandus dans le territoire de la mine de Sidi Kamber. Ces schistes sont accompagnés souvent par des filons de quartz, on y distingue deux types, schistes à biotite et schistes à chlorite.

#### **❖ Micaschistes**

Dans la région de Sidi Kamber les micaschistes sont essentiellement des schistes graphitieux noirs et brillants, se débitant en feuillets fins riches en biotite, souvent plissés et tordus.

#### **❖ Les chloritoschistes**

Les chloritoschistes sont moins répandus, de couleur noire à verdâtre, riche en fines aiguilles et lamelles de chlorite.

#### **b) Les gneiss**

Les gneises sont caractérisés par des grains moyens et/ou grossiers (du mm au cm), à foliation souvent nette caractérisée par des lits clairs (blancs, gris, rosés) de quartz et de feldspaths, ces derniers nombreux et visibles à l'œil nu. Ils appartiennent dans notre zone d'étude en deux types (le Gneiss Oeillé clair et Gneiss sombre).

### **I.5.2.2 Les roches magmatiques**

Les faciès éruptifs sont moins répandus par rapport aux autres formations. Ils sont représentés essentiellement par les microgranites. Ces derniers sont de couleur claire riche en feldspath et sont intrudés dans le socle sous forme de dykes.

### **I.5.2.3 Les formations sédimentaires**

Les formations sédimentaires sont dominées par les flyschs mauritaniens qui occupent la majeure partie du sous bassin. Vers l'amont de ce dernier sont distribuées les formations carbonatées représentées par les unités telliennes et la dorsale calcaire. La nappe numidienne

est localisée dans les parties sommitales en position de couverture tantôt sur le socle cristallophyllien tantôt sur les flyschs mauritaniens.

#### **a) La chaîne calcaire ou dorsale Kabyle**

Comme son nom l'indique, la dorsale Kabyle est constituée essentiellement de formations carbonatées dont la datation s'étend du Lias inférieur au Lutétien. L'étude de la chaîne calcaire du tell oriental algérien a été menée par Raoult (1974) et Vila (1980). Dans notre zone d'étude, elle se localise dans la partie sud sous forme de lambeaux d'environ 2 Km d'extension. Le faciès et l'épaisseur des calcaires différents d'un point à l'autre, ceux-ci jouent un rôle important du point de vue géomorphologique et hydrogéologique. L'évolution Karstique est donc différente (*Boulegghlem, 2015*).

#### **b) Le flysch Mauritanien**

L'âge Mauritanien a été proposé pour une série qui va du Malme au Lutétien supérieur et présentant partout des dépôts du nummulitique I à l'inverse du flysch Massylien (*Boulegghlem, 2015*). Les flyschs mauritaniens sont omni présents dans le sous bassin de Guenitra. Au centre l'extension de la nappe est très considérable, vers l'amont elle devient peu réduite.

#### **c) L'Oligo-Miocène Kabyle (O.M.K)**

Le terme O.M.K désigne l'ensemble des formations détritiques discordant sur le socle Kabyle et datées à leur base de l'Oligocène terminal et/ou Aquitanien inférieur (*Raoult, 1974*). Dans les argiles de l'O.M. K se rencontrent des blocs qui sont des éléments de toutes tailles et constituent des nappes de flysch. Il caractérise la zone Nord et Nord-Ouest de sous bassin.

#### **d) La série numidienne**

La série numidienne est d'âge Oligocène-Miocène inférieur, elle est développée sur les flancs Nord, elle est composée des argiles dites sous-numidiennes, vari colore et fréquemment à Tubotomaculum ; des grès numidiens grossiers et parfois à dragées de quartz ; des argiles supra-numidiennes à horizons siliceux. Dans la région où il n'y a pas de tectonique, tangentielle d'âge Miocène moyen ou supérieur, la série numidienne surmonte toujours les autres nappes et n'est impliquée dans aucune des contacts anormaux les séparant comme le cas de notre zone d'étude (*Boulegghlem, 2015*).

## e) Le Quaternaire

Le Quaternaire est composé d'alluvion de toutes sorte : limon, sable, argile-sableuse, cailloutis, arènes et en moindre importance des travertins et des tufs calcaires (*Boulegghlem, 2015*). Le quaternaire occupe surtout la partie avale à altitudes faibles (aux alentours du barrage).

### I.5.2.4 Tectonique

La région d'étude l'empreinte d'une tectonique souple et d'une tectonique cassante.

- *La tectonique souple* : Particulièrement exprimée dans les schistes (les schistes chloriteux et les schistes sériciteux) par de nombreux micro plissements à échelle microscopique et métrique.

Les gneiss et les micaschistes sont plissés formant une succession d'anticlinaux et de synclinaux dans la partie Nord et Nord-Ouest de la région.

- *La tectonique cassante* : La région a été très tectonisée, elle est traversée par de nombreuses failles appartenant à deux systèmes principaux : NNE-SSO ; E-O. Les failles ont un pendage de l'ordre de 10° à 80° vers le sud en générale.

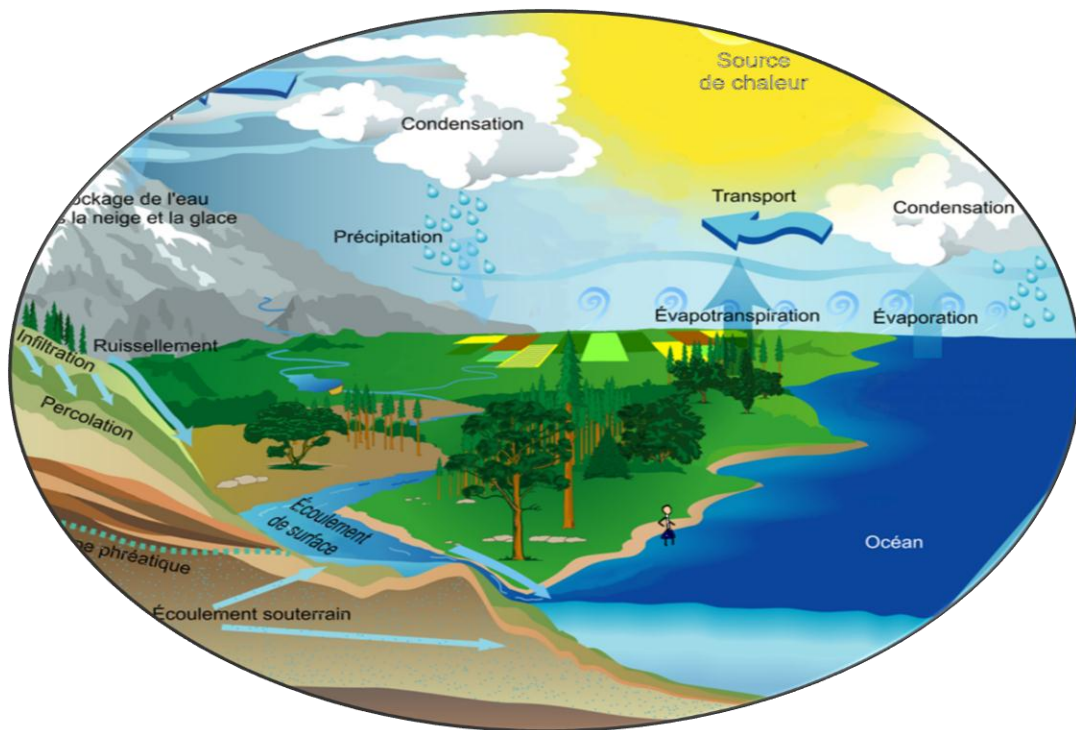
## I.6 Conclusion

L'analyse morpho-métrique nous a permis d'évaluer un certain nombre de paramètres très importants qui doivent être étroitement liés à la nature lithologique des terrains et la topographie du bassin. Le sous bassin versant d'Oued Guenitra l'un des sous bassins d'Oued Guebli, il s'étend sur une superficie de l'ordre de 202.6 km<sup>2</sup> est caractérisé par une forme allongée avec un temps de concentration d'ordre de 5,16 heures. La densité de drainage est de 4.04 km/km<sup>2</sup>, ce qui entraîne un ruissellement rapide des eaux surtout que le bassin est caractérisé par un relief très fort ( $D_s > 500$ ) et par la présence des formations imperméables surtout dans la partie amont du bassin versant.

Les études géologiques montrent que notre bassin versant est composé des roches cristallines (socle Kabyle) dont l'âge est estimé du Protérozoïque au Paléozoïque inférieur et sa couverture mésozoïque (chaîne calcaire), des flyschs mauritaniens et en moindre mesure les unités telliennes et les séries numidiennes.

# Chapitre II

## Caractéristiques hydroclimatiques du S.B.V de Guenitra



## II. Caractéristique hydroclimatique du SBV de Guenitra

### II.1 Introduction

Le climat correspond à l'ensemble des conditions qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère en un lieu ou une région donnée. L'étude hydro-climatologique est importante, elle repose sur l'interprétation des données des paramètres climatiques mesurés durant une période bien définie, permettant ainsi d'estimer les différentes composantes du bilan hydrique qui influent d'une façon directe et à long terme sur la quantité de l'eau. Parmi les paramètres climatiques étudiés, la pluviométrie demeure la plus importante ainsi que la température de l'air et d'autres facteurs secondaires tels que l'humidité, le vent et l'évaporation...etc. (Khellaf, 2015).

### II.2 Station pluviométrique

Le sous bassin versant de Guenitra est équipé par une station pluviométrique au niveau du barrage (Station de Guenitra). On a utilisé une série de données pour une période d'observation s'étalant sur 15 ans (1989/1990-2003/2004). Les coordonnées de la station sont représentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau. II. 1 : Coordonnées de la station pluviométrique de Guenitra.

Station	Code	X	Y	Altitude	Période d'observation
Guenitra	030724	851.49 km	386.59 km	169 m	1989/90-2003/04

### II.3 Facteurs climatiques

#### II.3.1 Précipitations

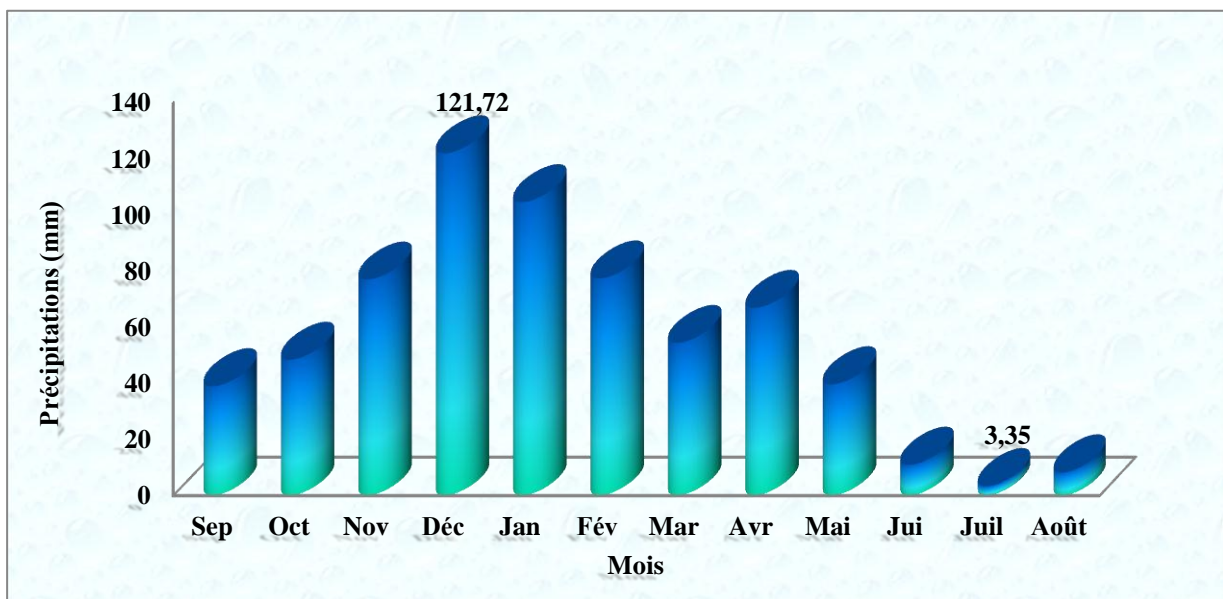
La pluviométrie demeure le paramètre le plus important pour l'établissement du bilan hydrique, en fait, elle intervient par la hauteur totale annuelle et par la répartition mensuelle et saisonnière (Bendjazia, 2015). L'étude de la pluviométrie aura pour but d'évaluer la lame d'eau tombée sur l'ensemble du bassin versant et son influence sur l'alimentation des oueds ainsi que son rôle dans le comportement hydrodynamique et hydrochimique des eaux (Drouiche, 2014).

### II.3.1.1 Précipitations moyennes mensuelles

À partir des données pluviométriques observées à la station de Guenitra (89/90,03/04) énumérées dans le tableau 2, on a déterminé la moyenne des hauteurs de pluies mensuelles concernant cette station (*fig.II-1*).

**Tableau.II-2 : Précipitations moyennes mensuelles du sous bassin versant de Guenitra.**

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Août	Année
P (mm)	38.83	48.22	76.85	121.72	104.42	77.23	54.25	66.70	39.52	10.97	3.35	8.21	650.27



*Fig.II-1 : Précipitations moyennes mensuelles du sous bassin versant de Guenitra.*

D'après l'histogramme précédent (*fig.II-1*), on remarque que le maximum des précipitations moyennes mensuelles est enregistré au mois de Décembre avec 121.72 mm, alors que le minimum est enregistré en Juillet, ce dernier est considéré comme le mois le plus sec de l'année avec 3.35 mm.

### II.3.1.2 Précipitations moyennes saisonnières

La subdivision des pluies de l'année pour chaque saison est faite suivant les quatre saisons agricoles :

- ❖ L'automne : (Septembre, Octobre, Novembre).
- ❖ L'hiver : (Décembre, Janvier, Février).
- ❖ Le printemps : (Mars, Avril, Mai).
- ❖ L'été : (Juin, Juillet, Août).

Tableau.II. 3 : Précipitations moyennes saisonnières de la station de Guenitra (1989/1990-2003/2004).

P <sub>Moy</sub> Saisonnière		Automne	Hiver	Printemps	Été	Année
Station Guenitra	(mm)	163.90	303.37	160.47	22.53	650.27
	%	25.20	46.65	24.68	3.47	100

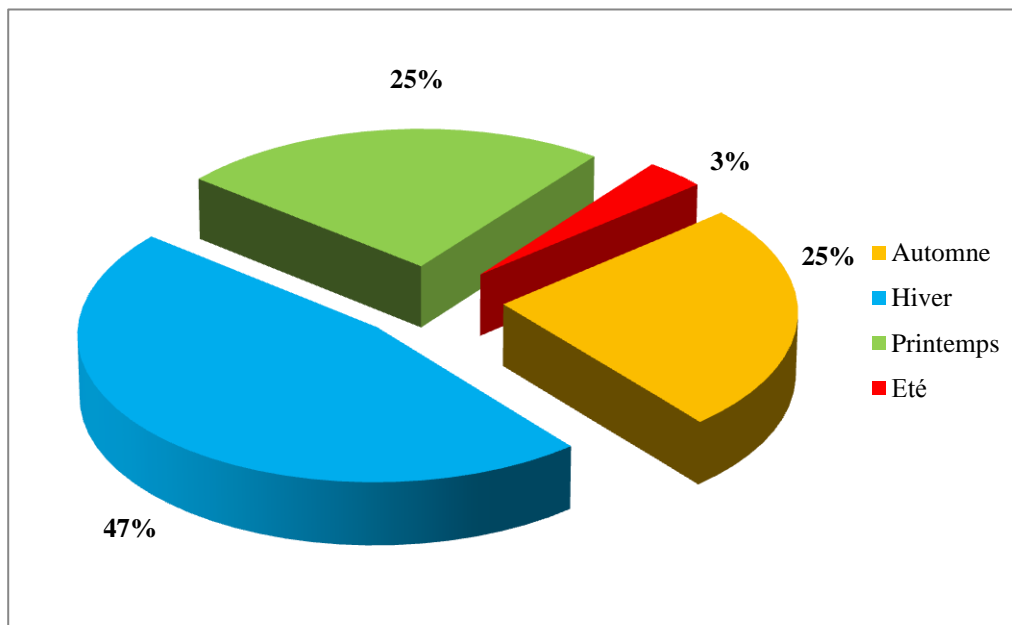


Fig.II- 2: Précipitations moyennes saisonnières de la station de Guenitra (89/90- 03/04).

L'examen des résultats du tableau 3 et de la figure II-2 montre que la saison hivernale est la plus pluvieuse, au total, il tombe 303.37 mm soit 46.65 % des pluies. Les précipitations moyennes sont de l'ordre de 160.47 mm soit 24.68 % et d'ordre de 163.9 mm soit 25.2 % respectivement au printemps et l'automne, alors que la saison estivale est la plus sèche, avec un total de l'ordre 22.53 mm soit 3.47 %.

### II.3.2 Température

Les facteurs thermiques agissent directement en interaction avec d'autres, comme les facteurs météorologiques (précipitations, ensoleillement, vent,...etc.) et biogéographiques, sur l'évaporation et par conséquent sur le déficit d'écoulement annuel et saisonnier (Affoun 2006). Les données de la température fournies par la station météorologique de Guenitra est couvre une série de 15 ans (1989/1990-2003/2004).

Tableau.II-4 : Températures moyennes mensuelles en (°C) de la station de Guenitra (89/90-03/04).

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Août
T (°C)	24.33	19.96	14.92	11.57	10.28	11.29	12.91	14.55	19.20	24.00	26.80	27.64



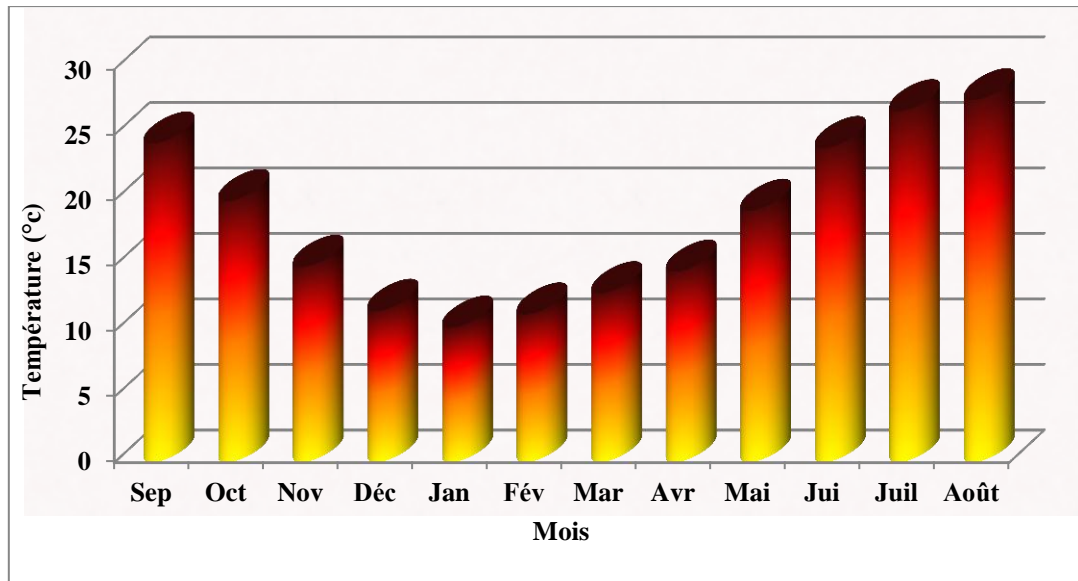


Fig.II-3 : Températures moyennes mensuelles à la station de Guenitra (89/90-03/04) .

Le maximum de la température est atteint au mois d’Août avec une valeur de 27.64 °C (fig.II-3) Le minimum est observé au mois de Janvier (10.28 °C). Donc le mois d’Aout est le mois plus chaud alors que le mois de Janvier est le plus froid.

### II.3.3 Type de climat

Le régime climatique d'une région est déterminé à partir de deux facteurs climatiques : les précipitations et les températures. *Bagnouls et Gaussen (1953 et 1957)* ont proposé une classification climatique basée sur la définition du « mois sec », pour lequel la relation  $P \leq 2T$  est vérifiée et sur la durée de la saison sèche. Cette méthode permet d'établir des diagrammes pluviométriques sur lesquels les températures sont portées à une échelle double de celle des précipitations (*Dahmani, 2010*).

Les valeurs des précipitations et de températures enregistrées successivement au niveau de la station de Guenitra sur une période de 15 ans permettent l'établissement d'un diagramme (fig.II.4), ce dernier montre la succession de deux saisons l'une sèche et l'autre humide. La première s'étale du mois de Mai jusqu'au mois de Septembre, alors que la seconde allant du mois d'Octobre jusqu'au mois d'Avril.

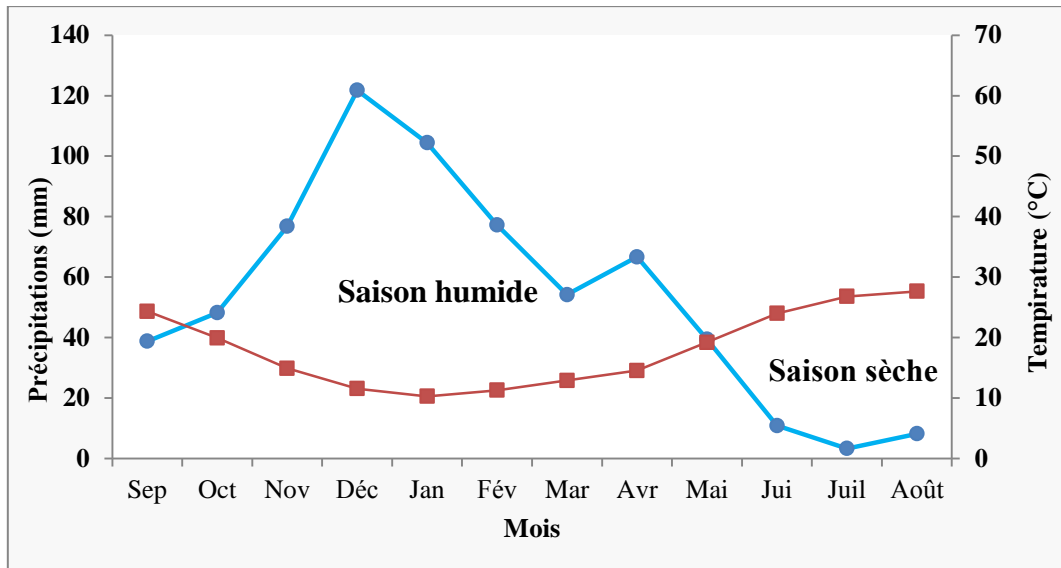


Fig.II-4: Diagramme Ombro-thermique de la station de Guenitra (89/90-03/04).

### II.3.4 Vitesse du vent

Le vent est l'un des éléments les plus déterminants des régimes pluvieux, de l'évaporation et par conséquent du climat (Diafallah, 2008). Les résultats obtenus (fig.II-5) montrent que les vents atteignent leurs vitesses moyennes maximales en hiver au mois de janvier (1.35 m/s), tandis qu'en été leurs vitesses s'atténuent, pour atteindre le minimum au mois d'Août (0.82 m/s).

Tableau. II-5 : Vitesse moyenne mensuelle du vent à la station de Guenitra (89/90-03/04).

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Août	Année
V (m/s)	0.92	0.84	1.29	0.94	1.35	0.95	0.94	1.08	0.84	0.82	1.02	0.95	0.99

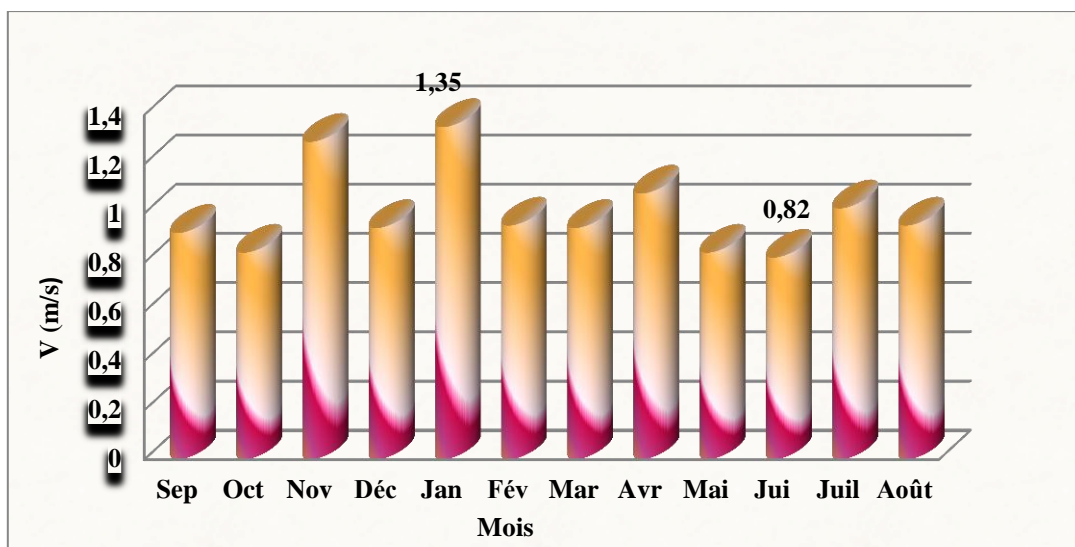


Fig.II-5 : Vitesse moyenne mensuelle de vent à la station de Guenitra (89/90-03/04).

## II.4 Bilan hydrique

La connaissance du bilan hydrique, nous permettra d'évaluer la répartition des précipitations entre les différentes composantes du bilan hydrique tel que l'écoulement, l'infiltration et l'évaporation. L'estimation de ces trois paramètres est un outil de base pour l'analyse de la ressource eau à différentes échelles temporelles et spatiales (Affoun, 2006).

Le bilan est établi selon la formule suivante :  $P = ETR + R + I$

Avec : P : la précipitation moyenne annuelle en mm.

ETR : l'évapotranspiration réelle en mm.

R : le ruissellement en mm.

### II.4.1 Evapotranspiration

L'évapotranspiration constitue l'élément le plus important du bilan hydrologique après les précipitations. Elle résulte de la combinaison de deux phénomènes ; d'évaporation (processus physique) et la transpiration (phénomène biologique), on distingue ;

- Evapotranspiration potentielle (ETP).
- Evapotranspiration réelle (ETR).

#### II.4.1.1 Evapotranspiration potentielle (ETP)

L'évapotranspiration potentielle (ETP) est la quantité d'eau pouvant être restituée à l'atmosphère par transpiration des êtres vivants et évaporation du sol et des surfaces d'eaux libres, si celui-ci contient en permanence la quantité d'eau suffisante, alors que l'évapotranspiration réelle (ETR) correspond à la quantité d'eau effectivement transpirée et évaporée (Bendjazia, 2015). La formule utilisée pour le calcul de l'évapotranspiration potentielle (ETP), établie par Thornthwaite est la suivante :

$$ETP = 16 \left( 10 \frac{T}{I} \right)^a .k$$

$$i = \left( \frac{T}{5} \right)^{1.5} \text{ Et } I = \sum_1^{12} i$$

$$a = 0.016 .I + 0.5 \text{ et } ETPc = ETP.K$$

Avec : T : température moyenne mensuelle.

ETP : évapotranspiration potentielle non corrigée en mm. I : indice annuel de chaleur.

ETPc: évapotranspiration potentielle corrigée en mm. i : indice thermique mensuel.

K : facteur de correction mensuel dont les valeurs sous nos climats tempérés.

**- Bilan hydrologique de Thornthwaite** : C'est la méthode la plus utilisée pour les climats sub-humides et semi-arides, elle permet de quantifier ou d'évaluer la répartition des précipitations entre les différentes composantes du bilan hydrique (l'écoulement, l'infiltration et l'évapotranspiration). Et permet également de cerner plus précisément la notion de sécheresse. L'estimation de l'évapotranspiration réelle établie par la méthode de Thornthwaite est liée au volume de précipitations, trois cas peuvent se présenter :

- **1<sup>ère</sup> cas** :  $P \geq ETP \Rightarrow ETR = ETP$  : Il y a reconstitution des réserves du sol jusqu'à saturation (un sol saturé, quand il aura absorbé une lame d'eau équivalente à une précipitation de 100 mm), le surplus, représentera l'écoulement superficiel.
- **2<sup>ème</sup> cas** :  $P < ETP \Rightarrow ETR = P + RFU$  : Dans ce cas, on puisera dans les réserves du sol jusqu'à satisfaction de l'ETP.
- **3<sup>ème</sup> cas** :  $P < ETP$  et  $RFU = 0 \Rightarrow ETR = P$  : Dans ce cas on aura un déficit qui représente la quantité d'eau apportée pour l'irrigation (déficit agricole).

Le tableau ci-après met en évidence les résultats du bilan hydrique selon Thornthwaite pour la station de Guenitra (89/90-03/04) :

**Tableau.II-6: Bilan hydrique selon Thornthwaite de la station de Guenitra (89/90-03/04).**

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Année
<b>P (mm)</b>	38.83	48.22	76.85	121.72	104.42	77.23	54.25	66.70	39.52	10.97	3.35	8.21	650.27
<b>T (°C)</b>	24.33	19.96	14.92	11.57	10.28	11.29	12.91	14.55	19.20	24.00	26.80	27.64	/
<b>K</b>	1.05	0.91	0.75	0.70	0.73	0.78	1.02	1.15	1.32	1.33	1.33	1.24	/
<b>I</b>	10.73	7.97	5.15	3.52	2.94	3.39	4.14	4.96	7.52	10.51	12.40	12.99	86.22
<b>ETP (mm)</b>	118.05	70.52	33.63	19.46	16.25	20.71	34.85	49.19	95.10	145.75	179.34	177.19	960.04
<b>ETR (mm)</b>	38.83	48.22	33.63	19.46	16.25	20.71	34.85	49.19	95.10	55.39	3.35	8.21	423.19
<b>RFU (mm)</b>	0	0	43.22	100	100	100	100	100	44.42	0	0	0	/
<b>EX (mm)</b>	0	0	0	45.48	88.17	56.52	19.40	17.51	0	0	0	0	227.08
<b>Da (mm)</b>	79.22	22.30	0	0	0	0	0	0	0	90.56	175.99	168.8	537.05

Le bilan d'eau établi par la formule de Thornthwaite (*tab. II-6*) montre à travers que les précipitations deviennent supérieures à l'ETP au mois de Novembre jusqu'au mois d'Avril. L'évapotranspiration potentielle (ETP) moyenne annuelle 960.04 mm. Le maximum mensuel, observé au mois de Juillet, avec 179.34 mm. Le minimum s'observe durant la période hivernale (Décembre et Janvier : 19.46 à 16.25 mm). L'évapotranspiration réelle (ETR) moyenne annuelle 423.19 mm. Les réserves du sol (RFU) atteignent leur maximum (100 mm) à partir du mois de Décembre jusqu'à avril, puis, les réserves commencent à être épuisées et deviennent nulles au mois de Juin (réserve à sec). Le ruissellement commence à apparaître au

mois de Décembre, Ce surplus d'eau (Ex) contribue d'une part, à la réalimentation des nappes superficielles et les différentes dépressions, et d'autre part au ruissellement des différents cours d'eau (fig.II.6). Le déficit agricole annuel (Da) est d'ordre de 537.05 mm. Grossièrement, ce déficit s'étale du mois de Juin au mois de Septembre ou d'Octobre. Le maximum s'observe le plus souvent aux mois de Juillet et Août (de 175.99 à 168.98 mm).

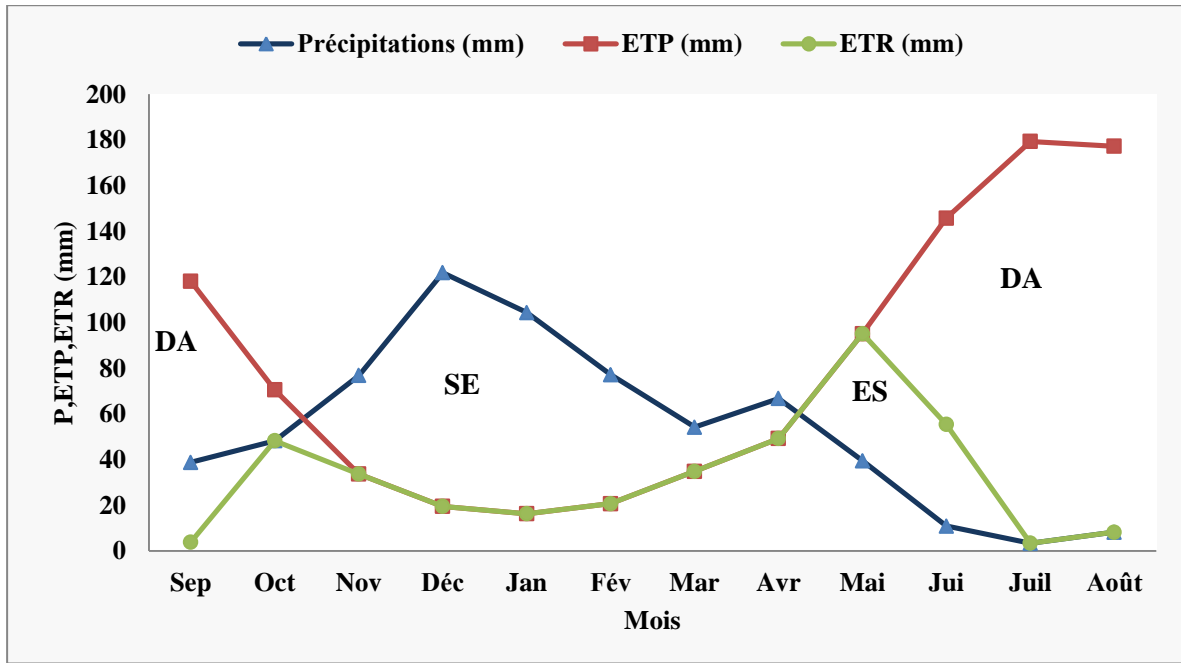


Fig.II. 6 : Représentation graphique du bilan hydrique selon la méthode de Thornthwaite.

#### II.4.1.2 Evapotranspiration réelle (ETR)

C'est la somme des processus de l'évaporation et la transpiration de l'eau sur une surface donnée et pendant une période définie, les paramètres agissant sur ce processus sont la température de l'air, la température de l'eau, le degré d'humidité du sol, le rayonnement solaire, le vent et la pression atmosphérique (Ben Rabah, 2006). Pour le calcul de l'évapotranspiration réelle, on utilise la formule suivante :

Formule de TURC : Cette formule tienne compte de la durée de l'insolation et applicable à tous les types de climat, la formule est la suivante :

$$ETR = P / \sqrt{0.9 + (P^2 / L^3)}$$

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

Avec:

P : précipitations moyennes annuelles (mm).

L : pouvoir évaporant de l'atmosphère.

T : température moyenne annuelle (°C).

Les calculs de l'ETR sont rapportés dans le tableau ci-après :

**Tableau.II.7 : les résultats ETR selon la formule de Turc du la station de Guenitra (89/90-03/04).**

Paramètres	P (mm)	T (°C)	L	ETR (mm)	ETR (%)
Valeur	650.27	18.12	1050.47	574.04	88.27

D'après la comparaison entre les résultats de l'ETR obtenus par les deux méthodes (Turc et Thornthwaite), on observe que la méthode de Turc donne une valeur de l'ETR d'ordre de 574.04 mm, elle est supérieure à celle calculée par la méthode de Thornthwaite (423.19 mm). Donc, il est clair que la formule de C.V. Thornthwaite convient aux régions humides tempérées contrairement à celle de Turc qui présente un caractère universel.

#### II.4.1.3 Estimation de ruissellement (R)

L'évaluation du ruissellement est impérative pour estimer l'importance de l'érosion mécanique et chimique qui affecte la surface du sol, il est calculé selon deux formules :

➤ Formule de Tixeront-Berkaloff :  $R = P^3 / 3 * ETP^2$  , si :  $P < 600 \text{ mm}$

➤ Formule de Tixeront-Berkaloff modifiée par Romantchouk :  $R = P^3 / 3$ , si :  $P > 600 \text{ mm}$

Avec : **P** : Précipitations moyennes annuelles (mm).

**ETP** : Evapotranspiration potentielle annuelle (mm). **R** : Ruissellement (mm).

L'évaluation du ruissellement dans le bassin de Guenitra par cette méthode donne une valeur d'ordre de 91.66 mm.

#### II.4.1.4 Estimation de l'infiltration (I)

Ce paramètre est très important du point de vue hydrogéologique, est définie comme étant le mouvement de l'eau dans un sol en passant par la surface. On estime l'infiltration par l'utilisation de l'équation globale du bilan hydrologique (Mecibah, 2008).

$$P = ETR + R + I \quad \Rightarrow \quad I = P - R - ETR$$

Avec : **I** : Infiltration (mm), **ETR**: Evapotranspiration réelle (mm) (selon Thornthwaite).

**P** : Précipitations annuelles (mm). **R** : Ruissellement annuelle (mm)

Les résultats sont représentés dans le tableau suivant (tab.II.8).

**Tableau.II. 8 : Estimation de l'infiltration selon l'équation globale du bilan hydrologique.**

Station	P (mm)	ETR (mm)	Re (mm)	I (mm)
Guenitra (89/90-03/04)	650.27	423.19	91.66	135.42

On remarque que la quantité annuelle d'eau infiltrée dans le bassin est d'ordre de 135.42 mm soit 20.83 % de quantité précipitée, alors que le ruissellement représente seulement 14.09 % de précipitations.

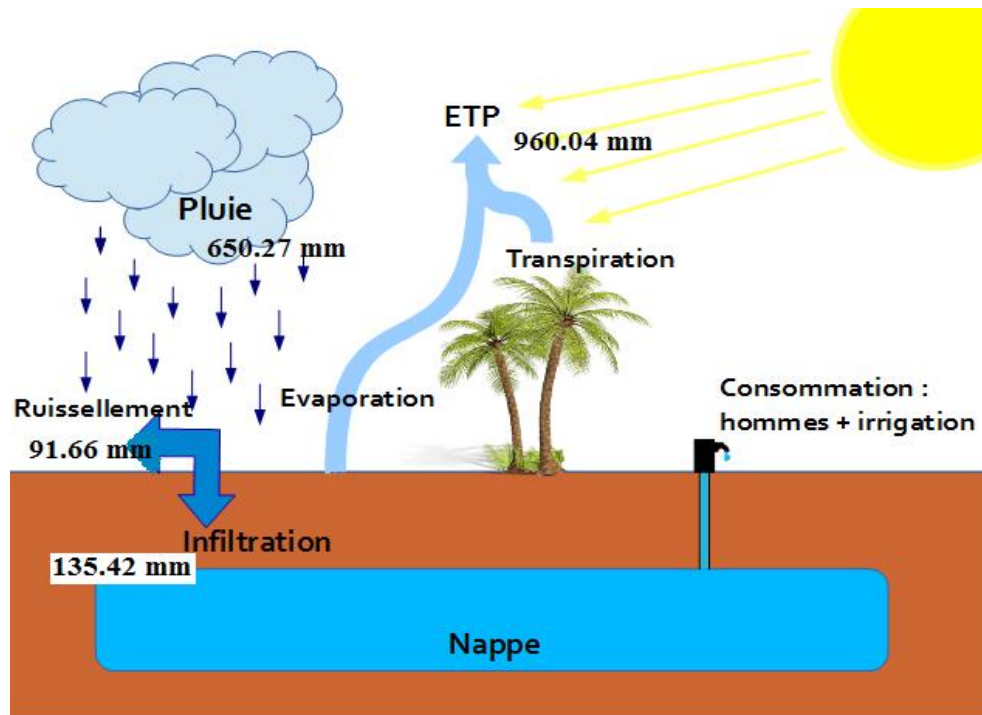


Fig.II. 7 : Schéma du bilan hydrique de la station de Guenitra (89/90-03/04).

## II.5 Conclusion

La synthèse des données climatiques nous a permis de distinguer que la région d'étude est soumise à un climat Méditerranéen, elle est caractérisée par deux saisons distinctes, l'une pluvieuse humide à précipitations élevées et des températures basses, et l'autre sèche moins pluvieuse avec des températures relativement élevées (Handouzi, 2011).

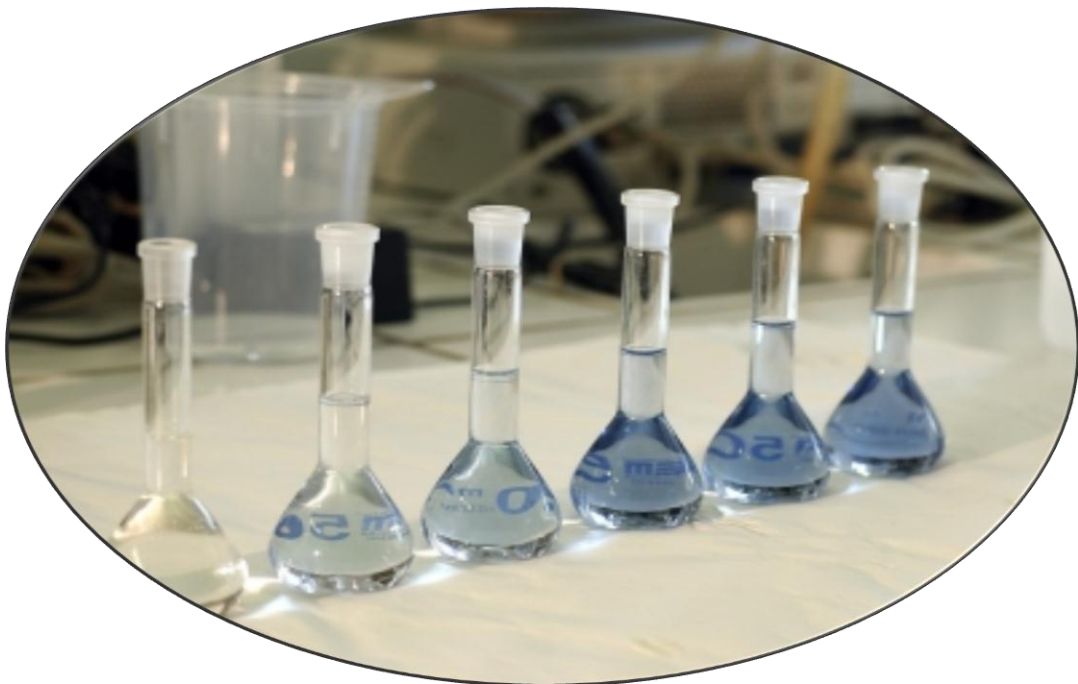
La température moyenne mensuelle varie entre 10.28 °C au mois de Janvier et 27.64 °C au mois d'Août, elle est assez régulière. Par contre, la moyenne mensuelle des précipitations varie entre 3.3 mm au mois de Juillet et 121.8 mm au mois de Décembre. L'évapotranspiration potentielle est d'ordre de 960.04 mm. La reconstitution du stock se fait à partir du mois de Novembre et l'écoulement se manifeste à partir de Décembre et se poursuit jusqu'au mois d'Avril. Durant cette période, la quantité coulée est égale à 227.08 mm. Alors que, la deuxième période est estivale, s'étale du mois de Mai à Octobre où l'ETP est nettement supérieure aux précipitations.

Le stock commence à être épuisé puis se vide complètement au mois de Juillet accompagné d'un déficit agricole, qui atteint son maximum à ce mois, ce qui signifie que l'irrigation doit commencer, et devient indispensable aux mois de Juillet, Août, Septembre et Octobre.



# *Chapitre III*

## **Hydrochimie**



### III. Hydrochimie

#### III.1 Introduction

Afin d'aboutir à une vision aussi claire que possible sur la qualité des eaux superficielles du sous bassin versant de Guenitra, il est important d'étudier le comportement de certains éléments chimiques influencés soit par une contamination par la mine abandonnée de Sidi Kamber qui est drainé par oued Essouk, ce dernier déverse directement dans le barrage de Guenitra, soit à une pollution urbaine par les eaux usées de deux communes de Oum Toub et Beni Oulbane sans oublier que l'eau possède un patrimoine géochimique d'origine naturelle qui évolue en fonction de la nature géologique des terrains traversés (Belhadj, 2017).

Pour cet objectif, une étude hydrochimique portant sur l'interprétation des analyses physico-chimiques qui ont été effectuées sur 13 échantillons d'eau de surface prélevés le long d'oued Essouk et les différents affluents du sous bassin de Guenitra en Décembre 2017 (fig. III-1), ainsi qu'un suivi mensuel d'analyses chimiques des eaux du barrage de Guenitra durant six campagnes (Novembre 2017 - Avril 2018) réalisées par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques de Constantine (ANRH). Ces analyses comportent des paramètres physiques (potentiel hydrogène (pH), conductivité électrique (CE) et l'oxygène dissous ( $O_2d$ ) qui ont été mesurés *in-situ* à l'aide d'une valise multi-paramètres et des paramètres chimiques qui ont été analysés au laboratoire en se référant aux méthodes d'analyse chimique décrites par Rodier, 2009 :  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $HCO_3^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $NH_4^+$ ,  $PO_4^{2-}$ ,  $DBO_5$ ,  $DCO$ , la matière organique (MO) et le résidu sec (Rs).

#### III.2 Caractérisation physico-chimique des eaux des affluents du barrage de Guenitra

Dans cette partie on a essayé d'interpréter les résultats d'analyses chimiques effectuées sur les eaux des principaux affluents du sous bassin versant de Guenitra à savoir ; Oued Fessa qui prend naissance au Sud-Ouest de la chaîne numidique de Sidi Dris, principal cours d'eau alimentant le barrage de Guenitra, Oued Charfa qui longe au pied d'un relief escarpé l'Oued Mégramène et Oued Mellouh, entre lesquels est situé le village d'Oum Toub, et l'oued Essouk, parcourant la zone minière de Sidi Kamber.

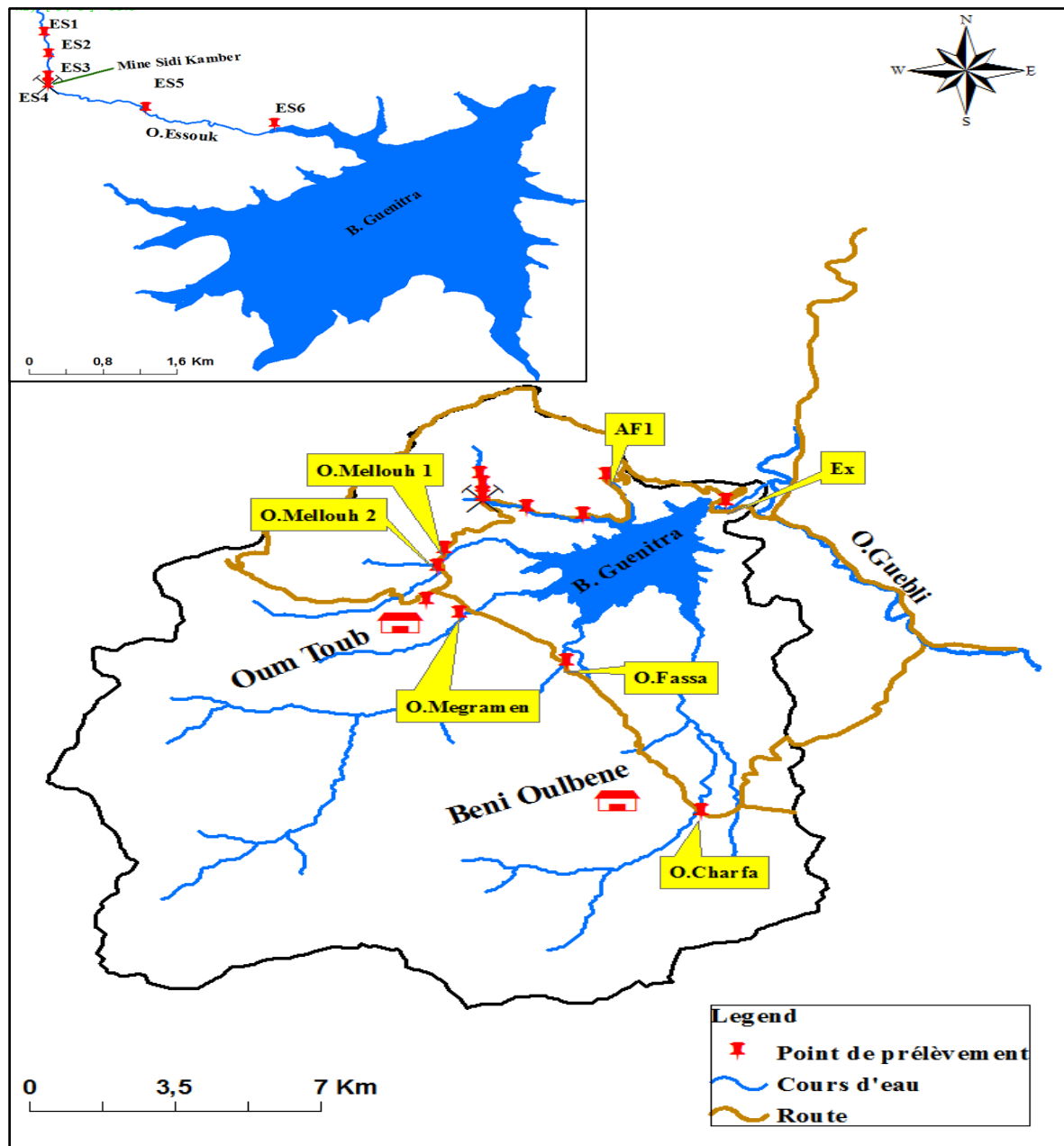


Fig.III-1 : Carte d'inventaire des points de prélèvements (Décembre 2017).

### III.2.1 Faciès hydrochimique

Plusieurs méthodes de classification des eaux ont été définies et sont conditionnées par deux critères qui sont ; la composition chimique des eaux et leurs origines. Dans notre étude, on a eu recours à la formule ionique pour le calcul des quantités en réaction et la classification des ions et au diagramme de Stiff pour la représentation graphique des résultats.

#### III.2.1.1 Classification selon la formule ionique

Cette formule a pour but de classer par ordre décroissant les quantités en réaction (en méq/l) des groupes anions et cations et permet de définir les caractéristiques physico-chimiques des

eaux et de les classer selon la même origine (*in Zahi, 2014*), elle consiste à calculer le pourcentage de chaque ion (r %) par rapport à la somme des autres ions (C) ;

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

Avec : c : concentration de l'ion considéré en méq/l. C : somme des ions en méq/l.

Les résultats obtenus sont récapitulés dans le tableau suivant (*tab. III-1*). Il montre l'existence de trois (03) familles de faciès : chloruré sodique, chloruré magnésique et chloruré calcique (61.54%), sulfaté magnésique (15.38%), bicarbonaté calcique et bicarbonaté magnésique et (23.07%).

**Tableau III- 1 : Classification hydrochimique des eaux selon la formule ionique.**

Echantillon	La formule ionique	Faciès		%
ES6 aval	$r\%Cl > r\%HCO_3^- > r\%SO_4^{2-} > r\%NO_3^-$ $r\%Na^+ > r\%Mg^{2+} > r\%Ca^{2+} > r\%K^+$	Faciès Chloruré	Sodique	61.54
ES5				
O.Megr				
ES4	$r\%Cl > r\%SO_4^{2-} > r\%HCO_3^- > r\%NO_3^-$ $r\%Mg^{2+} > r\%Na^+ > r\%Ca^{2+} > r\%K^+$		Magnésique	
AF1				
Ex				
O.Mel1	$r\%Cl > r\%HCO_3^- > r\%SO_4^{2-} > r\%NO_3^-$ $r\%Mg^{2+} > r\%Na^+ > r\%Ca^{2+} > r\%K^+$	Faciès Sulfaté	Magnésique	15.38
ES3				
ES2				
ES1 amont	$r\%HCO_3^- > r\%Cl > r\%SO_4^{2-} > r\%NO_3^-$ $r\%Ca^{2+} > r\%Mg^{2+} > r\%Na^+ > r\%K^+$	Faciès bicarbonaté	Calcique	23.07
O.Charfa				
O.Fassa				
O.Mel2	$r\%HCO_3^- > r\%Cl > r\%SO_4^{2-} > r\%NO_3^-$ $r\%Mg^{2+} > r\%Na^+ > r\%Ca^{2+} > r\%K^+$	Faciès bicarbonaté	Magnésique	23.07

### III.2.1.2 Diagramme de Stiff

Le diagramme de Stiff (*fig. III- 2*) est un graphique individuel qui permette rapidement de caractériser la chimie d'une eau suivant la concentration en certains éléments majeurs. Il présente trois axes horizontaux gradués exprimant les concentrations en méq/l et un axe vertical à l'origine, dont les cations sont représentés à gauche ( $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{+2}$  et  $Mg^{+2}$ ) et les anions à droite ( $Cl^-$ ,  $HCO_3^-$  et  $SO_4^{2-}$ ).

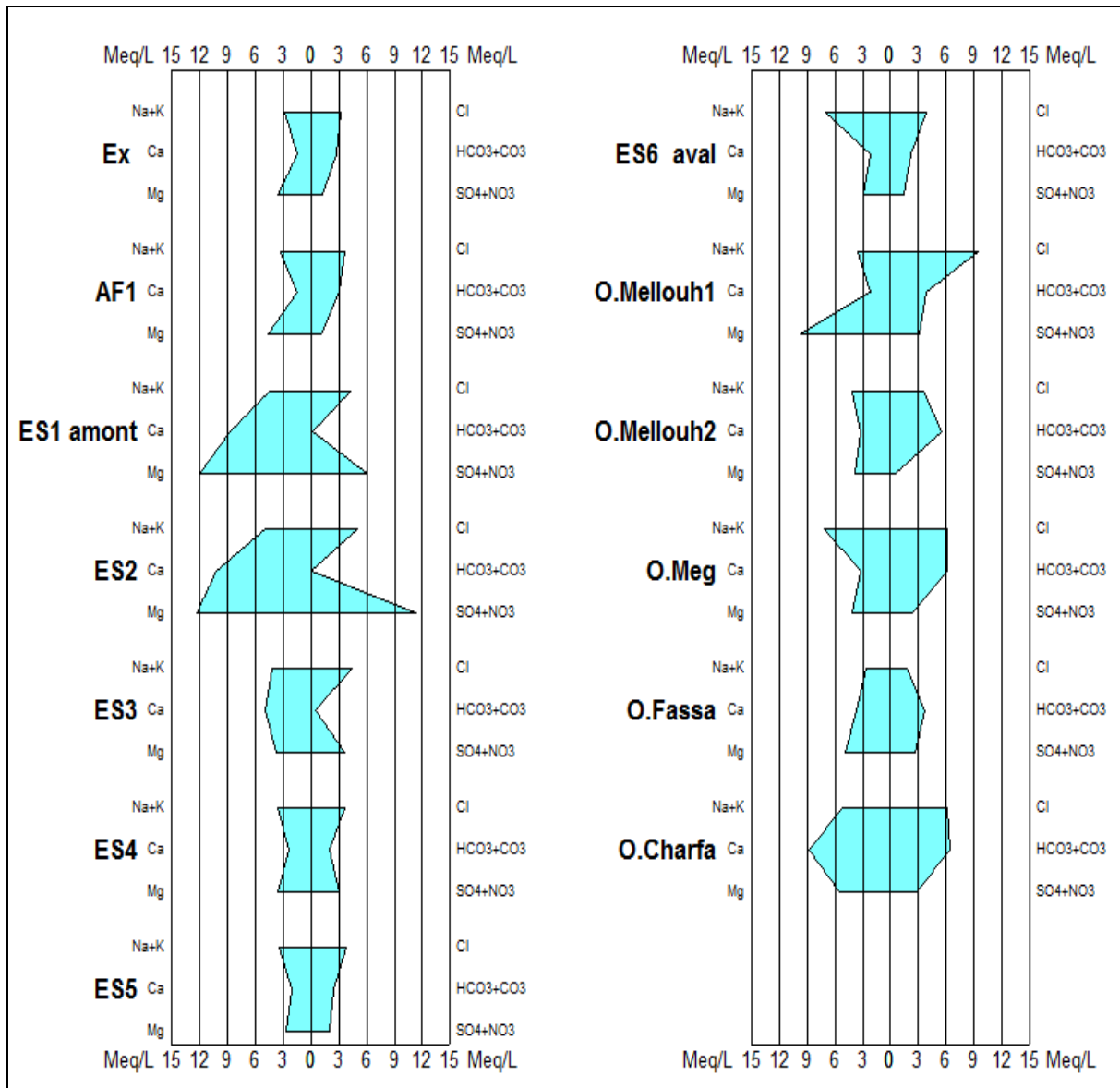


Fig.III-2: Représentation graphique des analyses chimique sur le diagramme de Stiff (Décembre 2017)

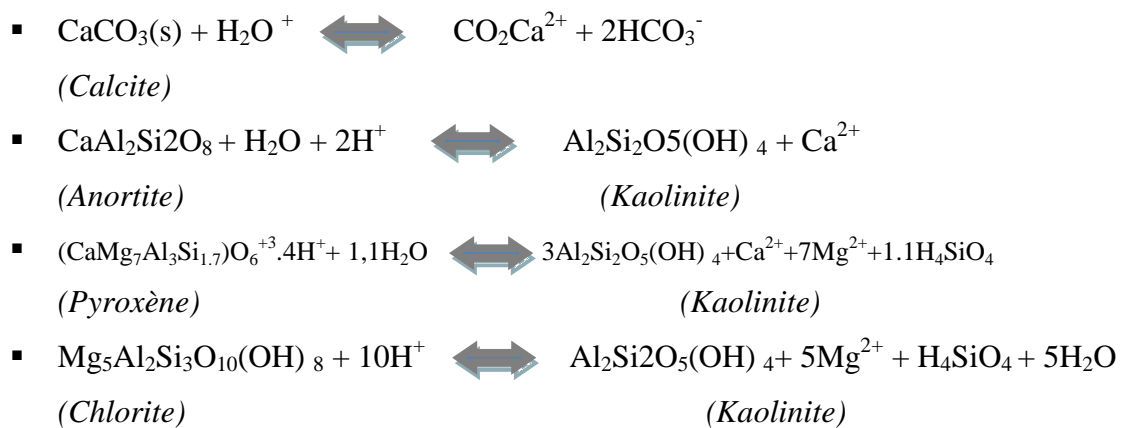
D’après le tableau III-1 et la figure III-2, on peut déterminer le faciès chimique de chaque analyse. Les eaux analysées ont été classé en trois (03) faciès chimiques :

- Un faciès est de type *sulfaté magnésique*, avec la prédominance des chlorures par rapport aux bicarbonates et le sodium par rapport le calcium. Ce faciès est observé surtout en amont d’oued Essouk (ES1 et ES2).Il dû à la dissolution des formations gypseuses et dolomitiques et aussi l’altération de la biotite selon les formules suivantes (Zahi ,2014) :

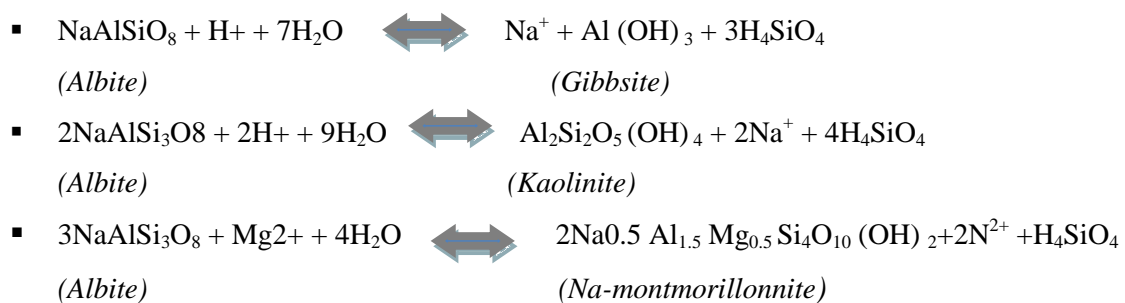




Le faciès *sulfaté magnésique* se change complètement et devient *chloruré calcique* et magnésique pour les eaux d'oued Essouk au niveau de la mine de Sidi Kamber (ES3 et ES4). Les deux éléments (calcium et magnésium) interviennent dans plusieurs processus géochimiques tels que la dissolution et les précipitations secondaires des carbonates (calcite), l'échange cationique avec les minéraux argileux (exemple : chlorite), comme il montre les formules suivantes :



A l'aval d'oued Essouk (ES5 et ES6) le faciès est devenu *chloruré sodique*. En plus il est caractérisé par la prédominance des bicarbonates sur les sulfates et le magnésium sur le calcium. L'apparition de ce faciès liée probablement à l'altération de l'albite le long d'oued Essouk selon les formules suivantes (Zahi, 2014) :



• Concernant les eaux des autres affluents, on distingue trois types de faciès l'un *chloruré sodique* caractérise les eaux d'oued Megramene. Le deuxième est de type *chloruré magnésique* au niveau de l'affluent 1, Exutoire du barrage et oued Mellouh 1. Le troisième faciès est de type *bicarbonaté Calcique et magnésique* caractérise les eaux issues des bordures Sud du bassin (oued Mellouh 2, oued Fassa et oued Charfa) et reflète l'influence des apports des massifs carbonatés environnants.

### III.2.2 Evolution spatiale des paramètres physico-chimiques

#### III.2.2.1 Potentiel Hydrogène (pH)

Le pH de l'eau est défini selon la concentration des ions  $H^+$  contenus dans la solution, il exprime l'alcalinité ou l'acidité du milieu. Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques entre l'eau, le gaz carbonique dissous, les carbonates et les bicarbonates qui constituent des solutions tamponnées conférant à la vie aquatique un développement favorable (Djouadi, 2015).

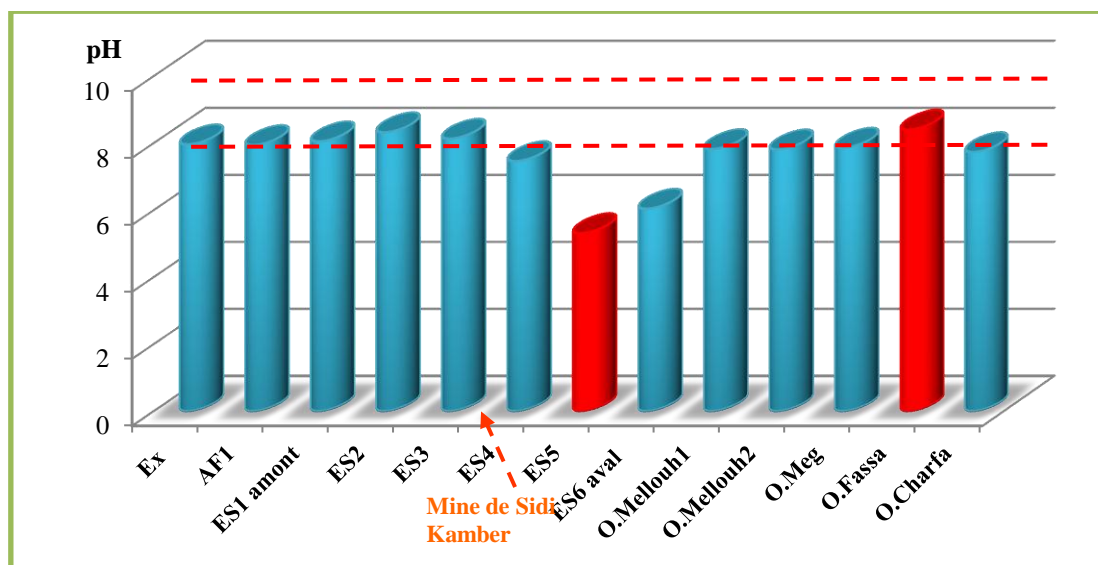


Fig.III-3: Répartition des mesures de pH en Décembre 2017.

L'histogramme du pH (fig.III-3) montrent que le pH de la plupart des affluents oscille entre 7.45 et 8.5, il traduit un milieu légèrement neutre à alcalin, cette alcalinité liée à la présence des carbonates. Par contre, on remarque un pH inférieur à 6.5 dans la partie aval d'oued Essouk d'ordre de 5.3 et 6.03 successivement pour les points ES5 et ES6. Cette acidité est causée par l'effet de drainage minier acide (DMA) de la mine de Sidi Kamber (oxydation de la pyrite).

#### III.2.2.2 Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique est un excellent indicateur de la minéralisation qui reflète la concentration de l'ensemble des minéraux dissous. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité des sels dissous dans l'eau et par la suite donner une idée sur la minéralisation totale d'une eau (Hidaoui, 2015).



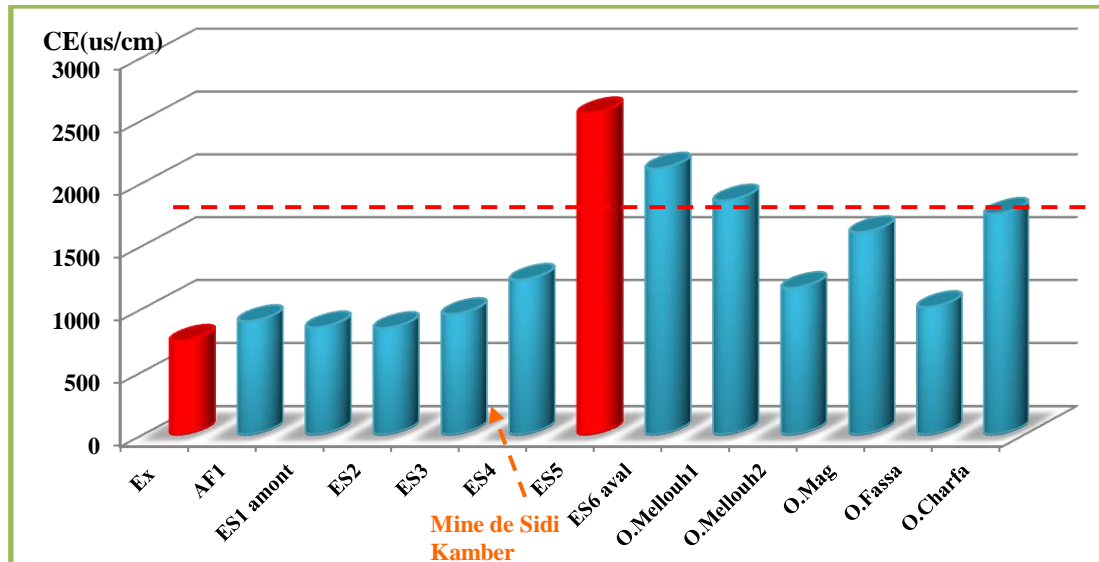


Fig.III. 4: Evolution de la conductivité dans les affluents du barrage de Guenitra (Décembre 2017).

La conductivité électrique est comprise entre 740 et 2550  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , dont les valeurs dépassant la norme de potabilité l'OMS (1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) sont enregistrées à la partie aval d'oued Essouk (ES5 et ES6) successivement avec des valeurs de 2550  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et 2110  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (fig.III-5), ce qui correspond à une forte salinité due à la dissolution des déchets de la mine de Sidi Kamber qui est riche en sulfate de fer. Par contre les autres affluents notamment oued Mellouh2, oued Charfa et oued Megramene sont moins minéralisés et un peu influencés par les rejets urbains de la commune de Oum Toub et Beni Oulbena.

### III.2.2.3 Cations

#### III.2.2.3.1 Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ )

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature (Djouadi, 2015), leur présence dans l'eau est liée principalement à deux origines naturelles soit la dissolution des formations carbonatées ( $\text{CaCO}_3$ ), soit la dissolution des formations gypseuses ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) (Hidaoui, 2015). Il est considéré comme un composant majeur de la dureté de l'eau.

D'après la figure III-5, les teneurs en calcium varient entre 33.06 mg/l comme valeur minimale enregistrée à l'exutoire du S.B.V de Guenitra (Ex et Afluent1) et 208.41 mg/l comme valeur maximale qui dépasse la norme de potabilité OMS (200 mg/l) enregistrée à l'aval d'oued Essouk (ES5). Cette dernière due essentiellement du lessivage des marnes et des calcaires du socle métamorphique de la partie Nord-Ouest du sous bassin versant.

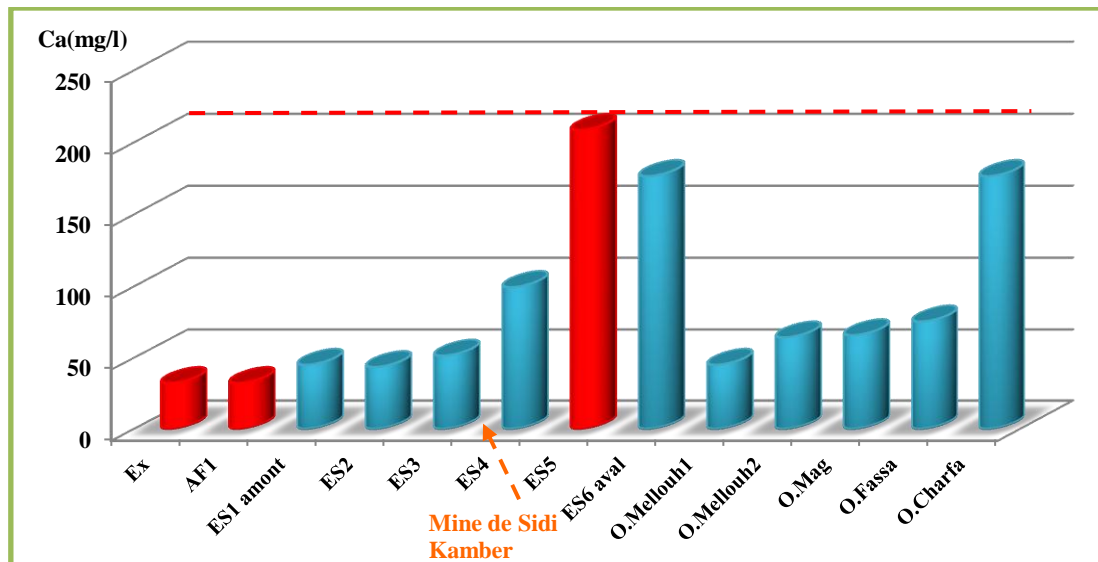


Fig.III-6: Evolution du Calcium dans les affluents du barrage de Guenitra (Décembre 2017).

### III.2.2.3.2 Magnésium ( $Mg^{2+}$ )

C'est un élément qui accompagne souvent le calcium, il provient de la dissolution des dolomies, des calcaires dolomitiques et des minéraux ferromagnésiens (magnésite et dolomite). La variation des concentrations du magnésium est presque similaire à celle du calcium (Gaagai, 2009). La dureté manganésienne de l'eau représente ordinairement le tiers de la dureté totale (Sari, 2014).

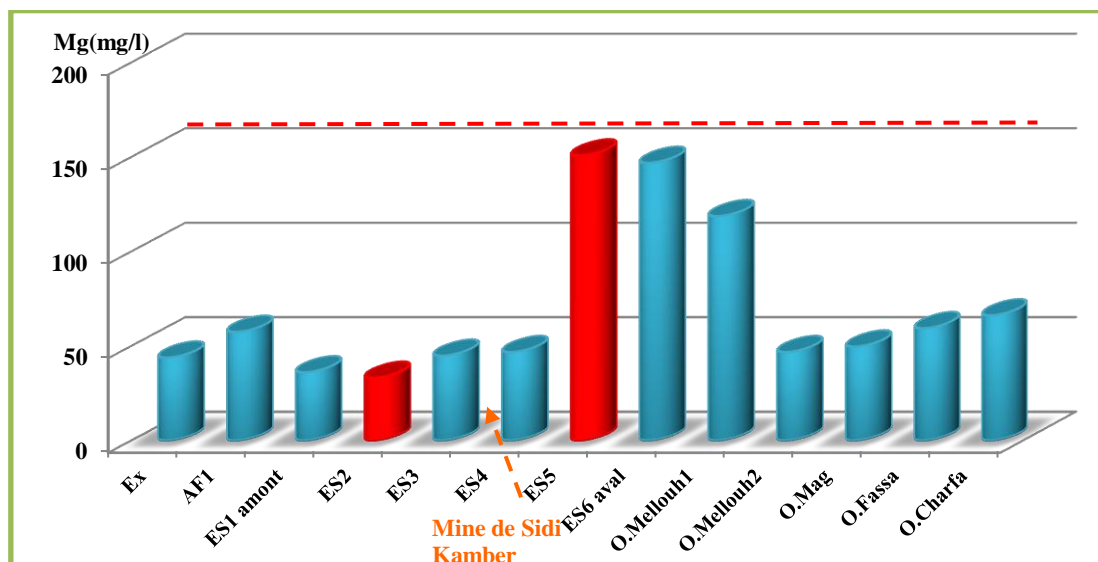


Fig.III-7 : Evolution du magnésium dans les affluents du barrage de Guenitra (Décembre 2017).

L'histogramme ci-dessus (fig.III-6) montre que l'évolution des teneurs en magnésium est presque analogue à celle du calcium. Elles varient entre 33.05mg/l et 150.69mg/l, dont la teneur minimale est enregistrée en amont d'Oued Essouk (ES2), alors que la valeur la plus élevée qui dépasse la norme de potabilité OMS (150 mg/l) est enregistrée à l'aval d'Oued

Essouk(ES5). Cette augmentation des concentrations en magnésium en aval d'Oued Essouk où l'importante acidité est confirmée par l'altération de minéraux plus résistants dans les grès des phyllosilicates, qui sont la principale source en  $Mg^{2+}$  des eaux de surface, devenu dominant dans les eaux affectées par les rejets de la mine abandonnée de Sidi Kamber.

### III.2.2.3.3 Sodium ( $Na^+$ )

Le sodium est un élément dont les concentrations dans l'eau varient d'une région à l'autre. L'origine du sodium dans les eaux est liée principalement au lessivage des dépôts évaporitiques et ceci par des phénomènes d'évaporation et les échanges de base (*Djouadi, 2015*). Les eaux très riches en sodium deviennent saumâtres, prennent un goût désagréable et ne peuvent pas être consommées (*Sari, 2014*).

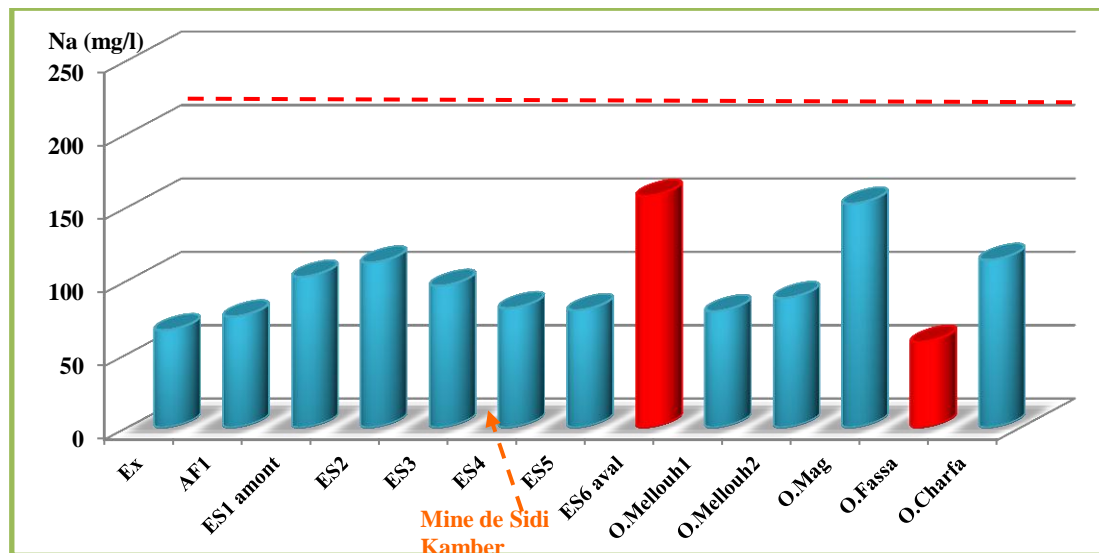


Fig.III-8: Evolution du sodium dans les affluents du barrage de Guenitra (Décembre 2017).

Le graphique précédent (*fig.III-7*) montre que tous les teneurs en sodium sont inférieures aux normes de potabilité fixées par l'OMS (200 mg/l) avec une valeur minimale de (58.1 mg/l) enregistrée au niveau d'Oued Fassa qui draine beaucoup plus les formations carbonatées. Par contre la valeur maximale est observée à Oued Megramene avec 152.3 mg/l. Ces concentrations dues essentiellement à la dissolution des formations d'Oligo-Miocène Kabyle(OMK) situées au centre du sous bassin versant.

### III.2.2.3.4 Potassium ( $K^+$ )

Le potassium ( $K^+$ ) est assez abondant sur la terre, mais peu fréquent dans les eaux. En effet, il est facilement adsorbé et recombéné dans les sols, sur les argiles notamment. Les sources principales de potassium sont les roches cristallines, mais dans des minéraux moins altérables que ceux qui contiennent du sodium, les évaporites (sylvinite), les argiles potassiques et de la

dissolution des engrais chimiques(NPK) (Zahi, 2014). La présence de cet élément peut être également liée au déversement des eaux usées domestiques (Boukhrissa, 2015).

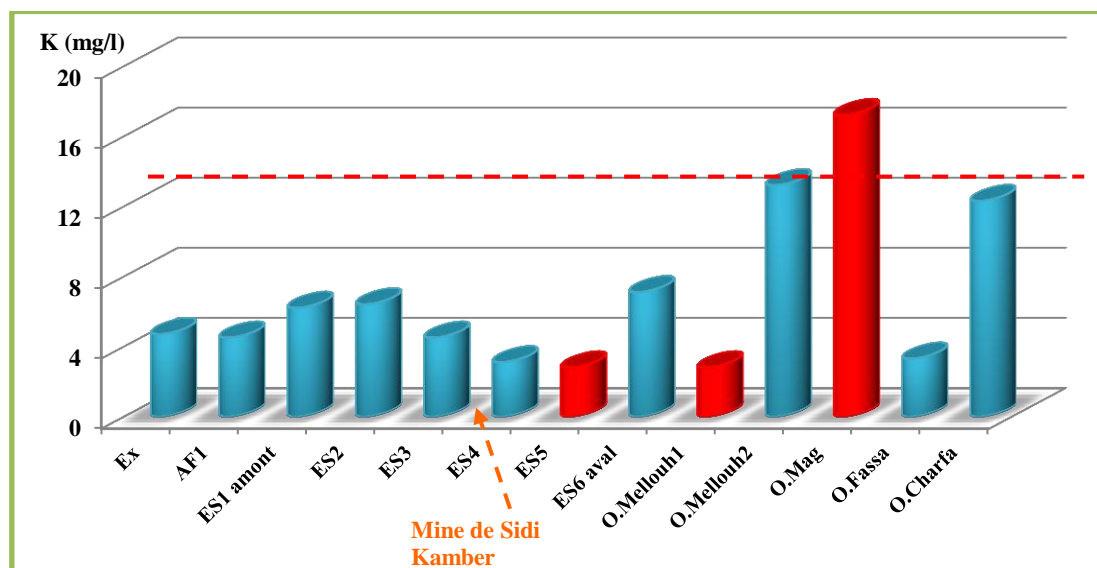


Fig.III-9: Evolution du Potassium dans les affluents du barrage de Guenitra (Décembre 2017).

L'histogramme du potassium (fig.III-8) montre que les teneurs en potassium de la plupart des affluents sont inférieures aux normes de potabilité fixées par l'OMS (<12 mg/l), elles varient entre 2.8 et 17.2 mg/l. Les faibles valeurs observées à Oued Mellouh 1 et en aval d'oued Essouk(ES5), alors que la valeur maximale est atteinte à l'Oued Megramene. La présence du potassium dans les eaux est liée beaucoup plus aux formations argileuses riches en potassium et aux rejets des eaux usées domestiques de la commune d'OumToub et Beni Oulbane.

### III.2.2.4 Anions

#### III.2.2.4.1 Chlorures (Cl<sup>-</sup>)

Les chlorures peuvent avoir une origine multiple, soit l'intrusion des eaux marines, ou la contamination par des eaux usées, soit la dissolution des sels par lessivage des terrains salifères. La dissolution de ces sels étant très facile d'où leur présence en fortes concentrations dans les eaux ayant traversées les formations argilo-sableuses ou argileuses (Zahi, 2014).

D'après la figure III-9, les teneurs des chlorures oscillants entre 67.45 mg/l (Oued Fassa) et 337.25 mg/l (Oued Mellouh1). On remarque que presque toutes les eaux superficielles du S.B.V de Guenitra ont des teneurs inférieures à la norme de l'OMS (250 mg/l) à l'exception d'Oued Mellouh1 au Nord-Ouest du sous bassin versant (avec 337.25 mg/l), cette valeur est due principalement aux rejets urbains de la commune d'OumToub.

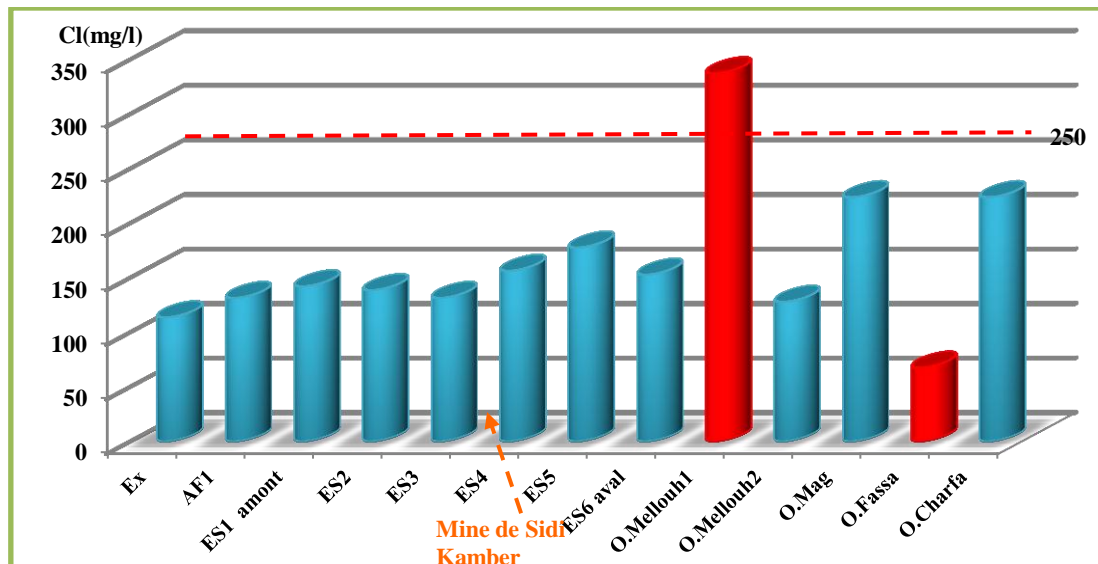


Fig.III-10: Evolution de chlorure dans les affluents de barrage de Guenitra (Décembre 2017).

#### III.2.2.4.2 Sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ )

Les origines des sulfates dans les eaux sont variées, Elles sont liées à l'eau de pluie (évaporation d'eau de mer) et à la mise en solution des roches sédimentaires évaporitiques, notamment les formations gypseuses, selon la relation :  $\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$ .

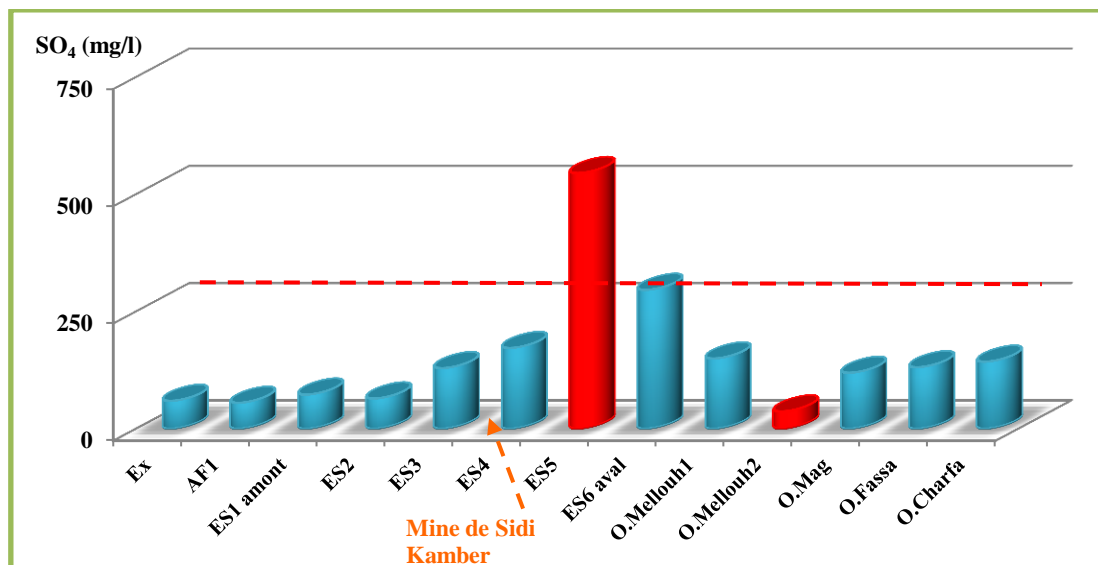


Fig.III-11: Evolution des sulfates dans les affluents du barrage de Guenitra (Décembre 2017).

L'examen du graphique des sulfates (fig.III-10) montre que la totalité des points d'eau ont des concentrations très faibles en  $\text{SO}_4^{2-}$ , inférieures à la limite de potabilité fixé par l'OMS (250 mg/l). On remarque aussi une augmentation des concentrations en ions sulfaté s'accompagnée d'une diminution du Ph de l'amont vers l'aval d'Oued Essouk avec des pics de 544.9 mg/l et 295.8 mg/l respectivement pour les points ES5 et ES6. Ces fortes valeurs confirment l'influence des effluents miniers acides de la mine de sidi Kamber.

### III.2.2.4.3 Bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ )

Les bicarbonates résultent de l'équilibre physico-chimique entre la roche, l'eau et le gaz carbonique. Leur origine principale est la dissolution des roches carbonatées et gypsifères selon l'équation suivante :  $\text{XCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{X}^{2+} + 2\text{HCO}_3^-$

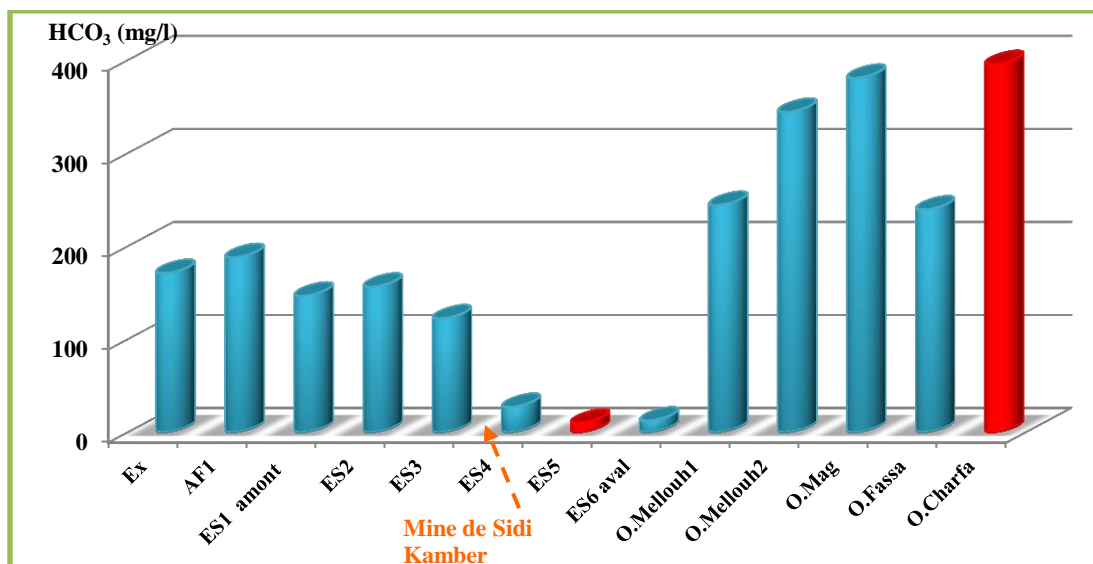


Fig.III-12: Evolution des bicarbonates dans les affluents du barrage de Guenitra (Décembre 2017).

D'après l'histogramme précédent (fig.III-11), les fortes teneurs en bicarbonates atteignant 395.28 mg/l sont enregistrées dans la partie Sud du sous bassin versant notamment à Oued Mellouh, Oued Megramène, Oued Charfa et Oued Fassa montrant ainsi l'effet des apports qui se font par la dissolution des formations carbonatées. Contrairement aux sulfates, on remarque une diminution des teneurs en bicarbonates de l'amont vers l'aval d'oued Essouk arrivant jusqu'à 9.76 mg/l en ES5 comme valeur minimale. Ceci probablement liée à la rétention des éléments traces métalliques issus de la mine abandonnée par les carbonates.

### III.2.2.5 Les éléments indicateurs de la pollution urbaine

#### III.2.2.5.1 Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

Les nitrates représentent la forme la plus oxygénée de l'azote, c'est une forme très soluble. Sa présence dans les eaux de surface est liée au contact direct avec les eaux des rejets urbains (Djemai, 2013). L'examen du graphique suivant (fig.III-12), montre que les teneurs en nitrates ne dépassent pas la norme admissible par OMS (50 mg/l) pour tous les points d'échantillonnages, les valeurs oscillent entre une teneur minimale de 0.56 mg/l enregistrée à Oued Megramene et une valeur maximale de 34.98 mg/l observée à la partie amont d'oued Essouk (ES2).

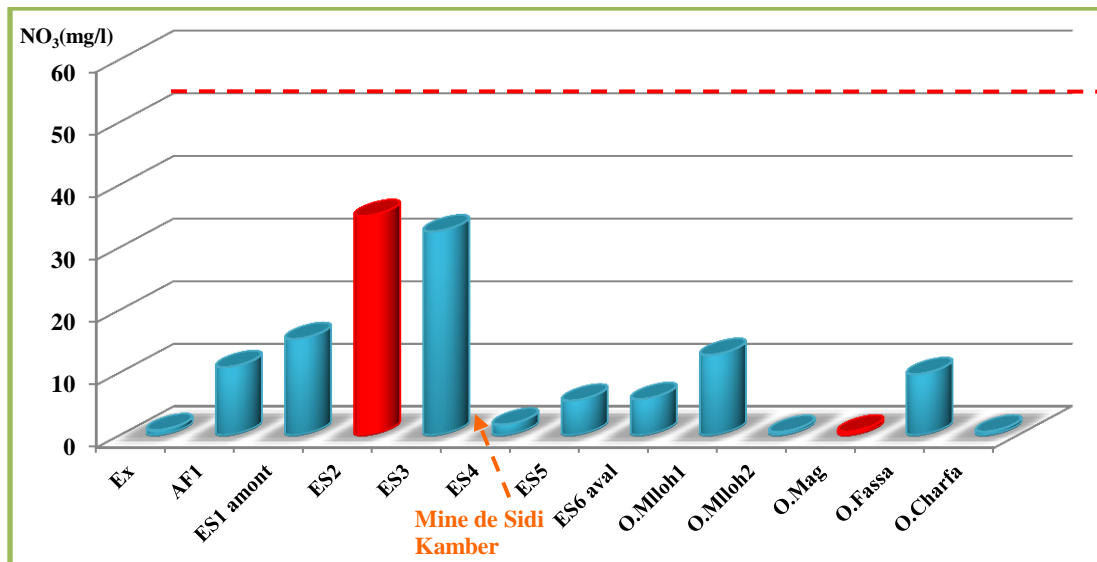


Fig.III-13: Evolution des nitrates dans les affluents du barrage de Guenitra (Décembre 2017).

### III.2.2.5.2 Les nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)

Les nitrites représentent une forme moins oxygénée et moins stable, elle représente la forme du passage entre les nitrates et l’ammonium, c’est une forme toxique (Djemai, 2013).

L’histogramme des nitrites (fig.III-13) montre que les concentrations sont variables d’une zone à l’autre. Les fortes concentrations en nitrate qui sont supérieures à la norme de OMS (0.1 mg/l) sont enregistrées à la partie aval d’Oued Essouk (ES6), Oued Charfa, Oued Megramene et Oued Mellouh 2. Au niveau de cette dernière on enregistre une valeur maximale d’ordre de 1.343 mg/l. Ces concentrations peuvent être expliquées par contaminations des eaux par les rejets des eaux usées de la commune de Beni Oulbane et Oum Toub.

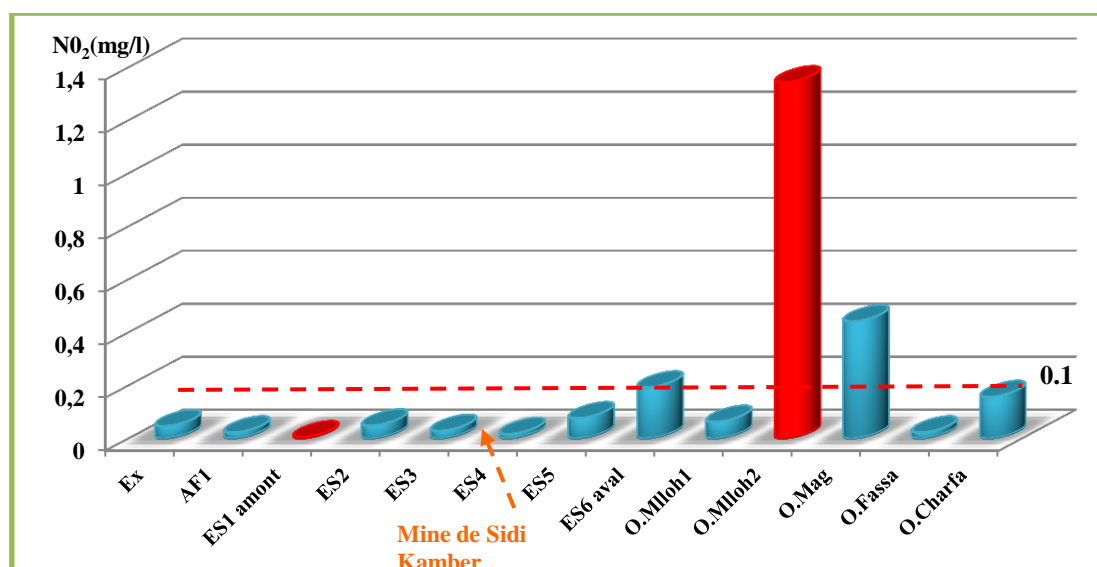


Fig.III-14: Evolution des nitrites dans les affluents du barrage de Guenitra (Décembre 2017).



### III.2.2.5.3 Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)

Radical monovalent agissant comme un métal alcalin dans les sels ammoniacaux ; c'est la forme d'azote la plus toxique (Boukhrissa, 2015).

L'histogramme d'ammonium (fig.III-14), montre que les fortes concentrations enregistrées à Oued Mellouh2, Oued Megramene et en aval d'Oued Essouk (ES5), cet échantillon (ES5) se caractérise par un pH acide (5.3) et une teneur maximale en ammonium atteignant 0.582 mg/l qui dépasse la norme fixée par l'OMS (0.5 mg/l).

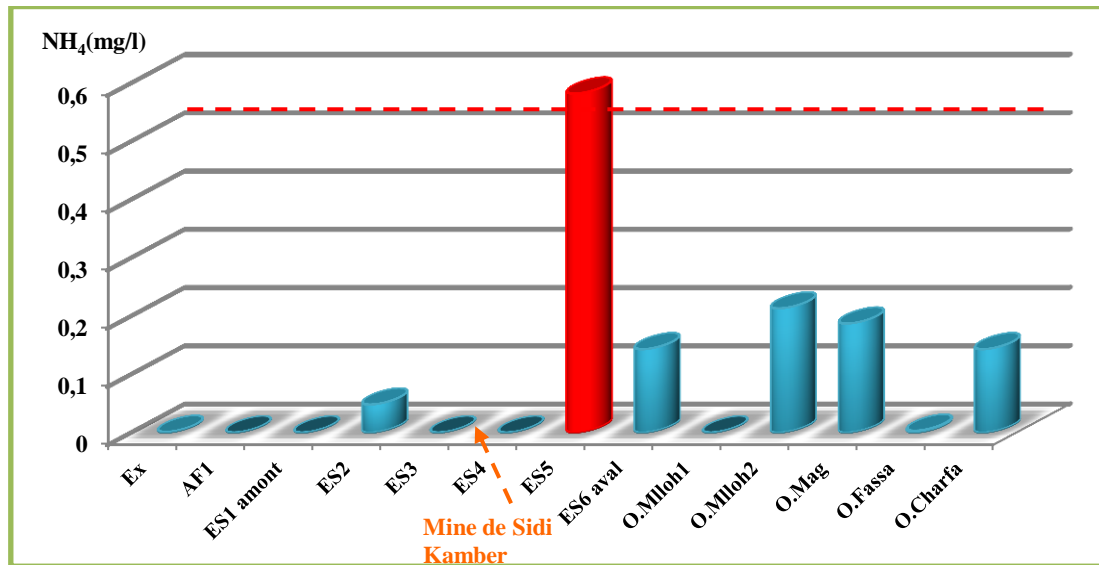
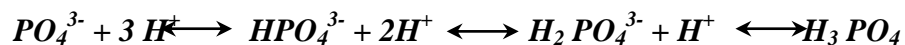


Fig.III-15: Evolution de l'ammonium dans les affluents de barrage de Guenitra (Décembre 2017).

### III.2.2.5.4 Phosphate (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>)

Les phosphates sont généralement responsables de l'accélération du phénomène d'eutrophisation dans les lacs ou les rivières. S'ils dépassent les normes, ceux-ci sont considérés comme indice de contamination fécale entraînant une prolifération des germes, goût et coloration (Sari, 2014). Les réactions chimiques entre les différentes formes de phosphate sont données par :



Le graphique suivant (fig.III-15) montre que tous les points d'échantillonnages ayant des concentrations inférieures à la norme fixée par l'OMS (0.5 mg/l) avec des teneurs plus faibles à nulles, traduisant ainsi des eaux de très bonne qualité, à l'exception d'Oued Megramene où la teneur en phosphates atteignant 1.96 mg/l, elle est liée probablement à l'effet des rejets urbains de la commune de OumToub.

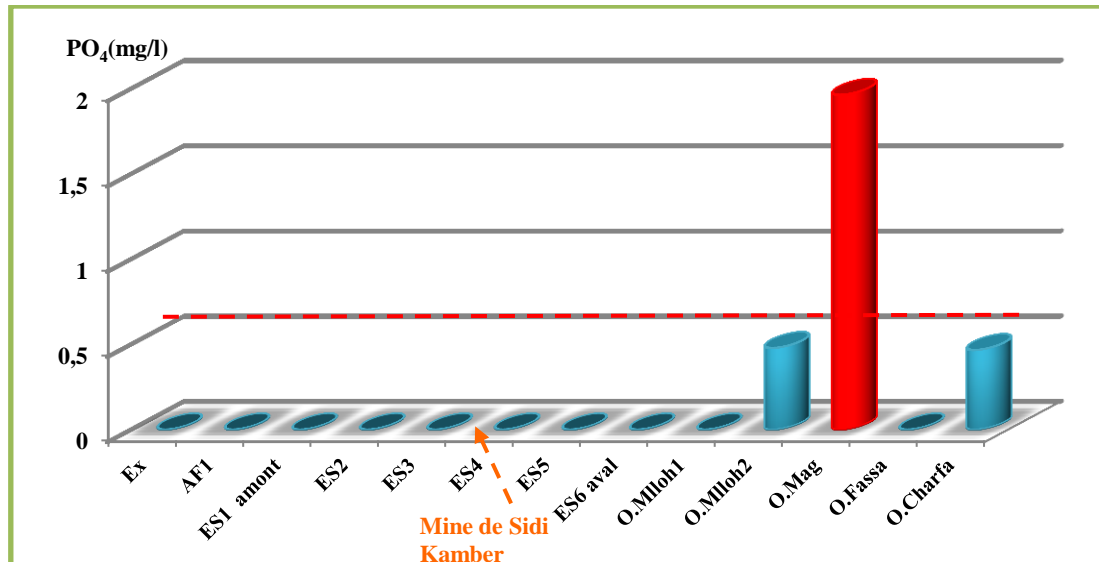


Fig.III-16: Evolution des phosphates dans les affluents de barrage de Guenitra (Décembre 2017).

### III.2.3 Qualité des eaux

La qualité naturelle des eaux peut être altérée d'une part par l'activité humaine et d'autre part par les conditions naturelles (climatiques et géologiques). La détérioration de la qualité de l'eau est appréciée par la mesure des paramètres physico-chimiques et bactériologiques. Dans le cas d'une détérioration jugée importante, l'eau ne sera plus considérée comme potable pour la consommation humaine, elle pourra être utilisée à d'autres fins (irrigation, industrie, etc...) ou devra subir un traitement approprié pour retrouver sa potabilité (Zahi, 2014).

#### III.2.3.1 Dureté ou Titre Hydrotimétrique (TH)

La qualité d'une eau est caractérisée par sa dureté ou le titre hydrotimétrique (TH), qu'est directement liée à la nature des terrains traversés. Elle est mesurée par rapport aux teneurs en carbonate de calcium et de magnésium. Ils proviennent des roches calcaires ou dolomitiques et la présence du CO<sub>2</sub> favorise cette dissolution. Le titre hydrotimétrique est donné par la formule suivante :

$$TH = (r Ca^{+2} + r Mg^{+2}) * 5 \text{ (°F)}$$

Avec : r Ca : quantité en réaction du calcium exprimée en méq/l.

r Mg : quantité en réaction du magnésium exprimée en méq/l.

Tableau III- 2 : Classification des eaux des affluents du S.B.V de Guenitra selon la dureté (TH en °F).

TH en °F	0 - 7	7 - 22	22 - 32	32 - 54	>54
Classes des eaux	Douce	Modérément douce	Assez douce	Dure	Très dure
Nbre d'échantillons	0	0	5	4	4
Pourcentage %	0	0	38 %	31 %	31%

Le tableau III-2 montre que des valeurs fortes correspondent à des eaux dures à très dure (TH > 32°F), c'est le cas de la majorité des eaux superficielles du sous bassin versant de Guenitra, notamment en amont d'oued Essouk et les affluents issus de la partie sud du sous bassin versant (Oued Fassa, Oued Charfa, Oued Megramene). Le reste des affluents (38% des échantillons) sont caractérisés par des eaux assez douces ou la dureté ne dépasse pas les 32 °F.

### III.2.3.2 Aptitude des eaux de surface à l'irrigation

Les sels minéraux contenus dans l'eau en quantités ont des effets néfastes sur le sol et les plantes. Ils peuvent perturber le développement des plantes, agissent sur le processus osmotique, en causant des réactions métaboliques, ils causent également des changements dans la structure du sol (sur sa perméabilité et son aération), affectant directement le développement de la plante. Parmi ces sels, on peut citer le cas des sulfates et du sodium, qui avec de fortes teneurs influent sur la structure physique du sol et sur le développement de la plante (Aliat, 2016). Afin d'estimer l'influence de ces eaux sur le sol et sur certaines cultures pratiquées dans la région, nous allons essayer d'évaluer leur aptitude à l'irrigation. Pour cela, nous utilisons la méthode du SAR (Diagramme de Richards) afin de distinguer les différentes classes de l'eau.

Ce diagramme est essentiellement utilisé pour évaluer le risque de salinisation des sols. Il utilise pour cela la conductivité électrique (CE) ou la charge totale dissoute, toutes deux relatives à la salinité de l'eau et l'indice d'adsorption du sodium (SAR) aussi appelé « pouvoir alcalisant », qui est une mesure du risque de la sodisation du sol du fait de l'irrigation. Le diagramme est découpé en quatre classes de salinité (axe des abscisses) et quatre classes de risques de sodisation (axe des ordonnées). Le SAR est donné par la formule ci-dessous, il est utilisé en combinaison avec la conductivité électrique de l'eau (Zahi, 2014)

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}}, \text{ où tous les éléments sont exprimés en méq/l.}$$

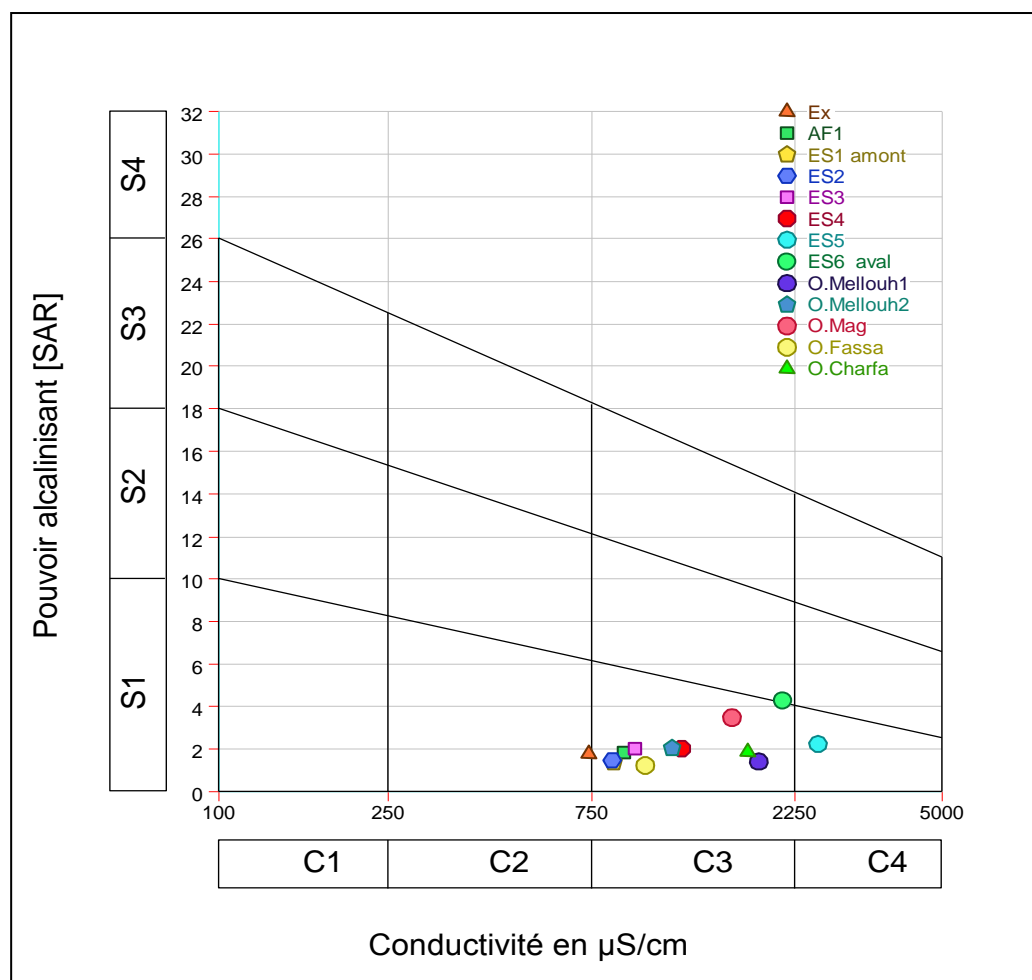


Fig.II- 17: Diagramme de Richards des eaux des affluents du S.B.V de Guenitra.

Pour notre campagne de Décembre 2017 et selon le diagramme de richards (fig.III-16) on constate que les eaux des affluents du sous bassin versant de Guenitra présentent une qualité admissible à médiocre, chaque classe présente ses propres caractéristiques.

- **Admissible (C3S1- C3S2):** Eau convenant à l'irrigation des cultures tolérantes aux sels sur des sols bien drainés. L'évolution de la salinité doit être cependant contrôlée. Cette classe représente la majorité des affluents du sous bassin versant.
- **Médiocre (C4S1) :** Eau fortement minéralisée pouvant convenir à l'irrigation de certaines espèces bien tolérantes aux sels et sur des sols bien drainés et lessivés. Cette classe caractérise les eaux de la partie aval d'oued Essouk (ES5).

### III.3 Evolution des paramètres physico-chimiques des eaux du barrage de Guenitra

Cette partie a envisagé de faire une évaluation de la qualité des eaux du barrage de Guenitra sur la base du suivi des paramètres physico-chimiques en relation avec l'évolution du volume d'eau stocké dans le barrage durant une période de six mois (du Novembre 2017 jusqu'au Mois d'Avril 2018), les données ont été recueillies auprès de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH).

#### III.3.1 Le potentiel d'hydrogène (pH)

L'histogramme du pH (*fig.III-17*) montre que les valeurs du pH des eaux du barrage sont légèrement variées, elles sont légèrement alcalines. Le pH est varié entre 7.25 au mois de janvier 2018 et 7.78 au mois d'avril 2018(*fig.III-17*). Ces valeurs se trouvent dans l'intervalle de la norme de potabilité d'après OMS ( $6.50 < \text{pH} < 8.50$ ).

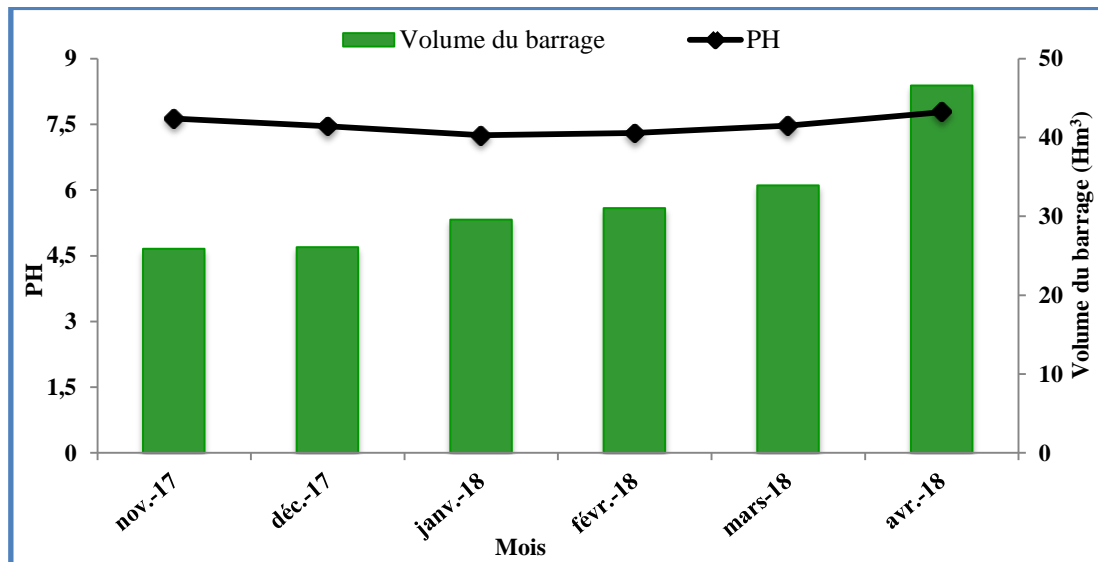


Fig.III-18: Evolution du pH des eaux du barrage de Guenitra (Nov. 2017 à Avril 2018).

#### III.3.2 Résidus secs (R<sub>S</sub>)

Le résidu sec représente la minéralisation totale de l'eau, c'est-à-dire la totalité des sels dissous et les matières organiques contenus dans l'eau (*Djouadi, 2015*). La matière et la masse de ce résidu dépendent de la température d'assèchement puisque, selon leur stabilité et volatilité, certaines substances risquent d'être décomposées et volatilisées (*Boukhrissa, 2015*). D'après l'histogramme ci-dessous(*fig.III-18*) toutes les valeurs sont inférieures à la norme de potabilité d'après l'OMS (1500 mg/l). Le taux des résidus secs le plus élevé est 466 mg/l, enregistré au mois Mars et le taux le plus faible 420 mg/l noté au mois de d'avril 2018 où le volume du barrage atteint leur maximum durant ce mois avec 46.585 hm<sup>3</sup>.

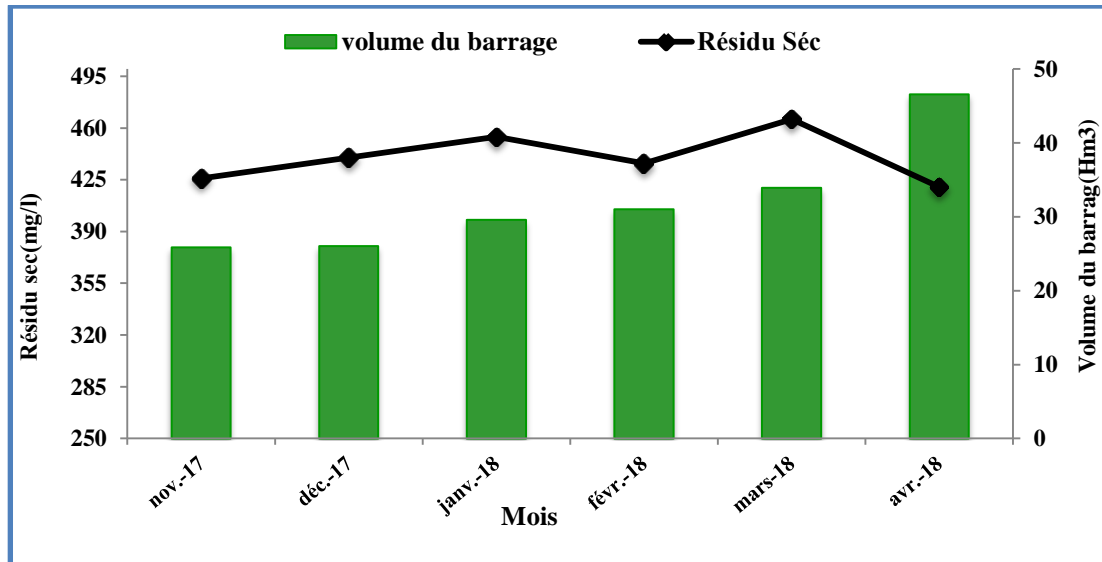


Fig.III-19: Evolution de Résidus secs dans le barrage du Guénitra (Nov. 2017 à Avril 2018).

### III.3.3 Oxygène dissous ( $O_{2d}$ )

L'oxygène dissous dans l'eau est un élément fondamental qui intervient dans la majorité des processus biologiques ; végétaux et animaux l'utilisent pour la respiration. L'oxygène participe également aux dégradations biochimiques et chimiques (Djemai, 2013). C'est l'un des paramètres les plus sensibles à la pollution. La concentration en oxygène dissous est liée aux facteurs physiques, chimiques et biologiques (Hammadi et Harendi, 2015).

L'évolution d'oxygène dissous est très variable et irrégulière d'un mois à l'autre, il varie entre une valeur minimale de 71.43% au mois de février 2018 et une valeur maximale de 87.5% enregistrée en Avril 2018 (fig.III-19), ces valeurs sont en général au-dessus des normes de potabilité selon OMS (70% à 90%). Ceci peut être expliqué par l'évolution du volume du barrage ainsi que l'exposition aux courants d'air et le mouvement de brassage de l'eau qui entraînent un enrichissement en oxygène, puisque l'origine de l'oxygène dans les milieux naturels est liée à l'activité photosynthétique des végétaux aquatiques et sa dissolution à partir de l'oxygène atmosphérique.

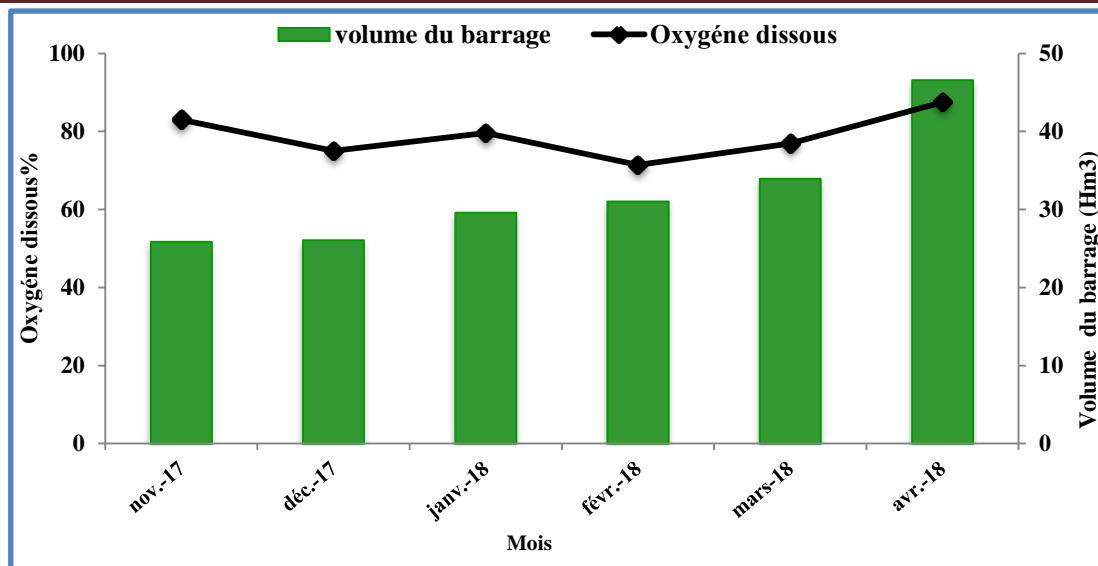


Fig.III-20: Evolution d'Oxygène dissous dans le barrage du Guenitra (Nov.2017àAvril 2018).

### III.3.4 Matière organique(MO)

La matière organique provient essentiellement de la décomposition de la matière végétales, animaux et micro-organismes, ou la matière résultant de leur décomposition par des processus chimiques et biochimiques(Boussen, 2010). Il est classé selon sa taille et son état physique en carbone organique particulaire (COP), colloïdal (COC) et Dissous(COD)(Chaguer, 2013). Le graphique ci-dessous (fig.III-20) montre que certaine stabilité des teneurs en matière organique proches du 7 mg/l durant les premiers cinq mois, par contre on remarque une diminution des teneurs en avril 2018 atteignant 4.3 mg/l, elle est liée aux apports d'eau durant ce mois qui contribuent à la dilution de la charge organique menant des eaux usées des communes riveraines, ceci confirmé par l'augmentation du volume du barrage qui atteint 46.58 Hm<sup>3</sup>(fig.III-20).

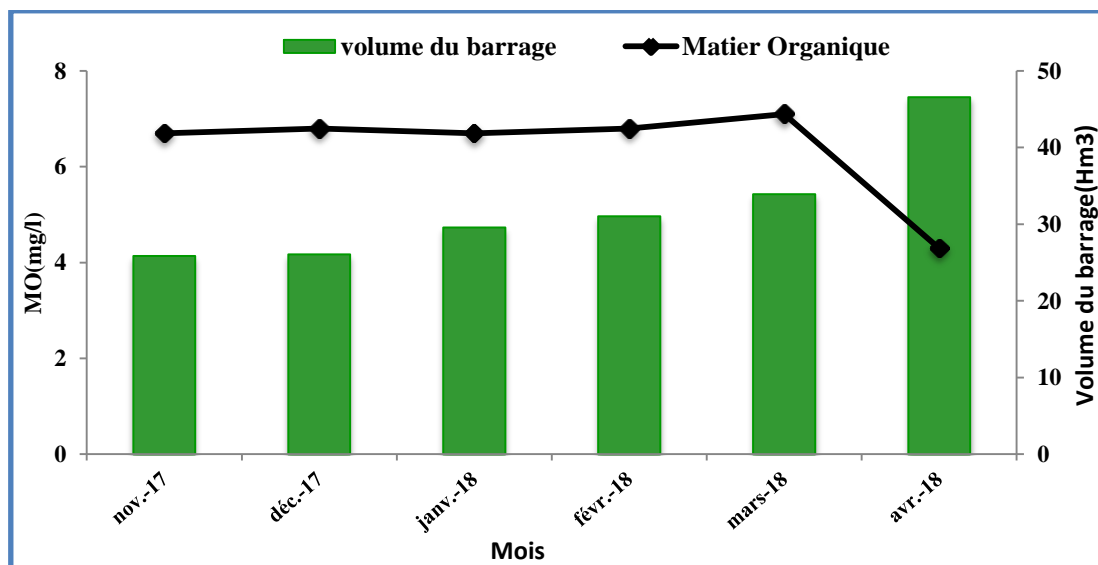
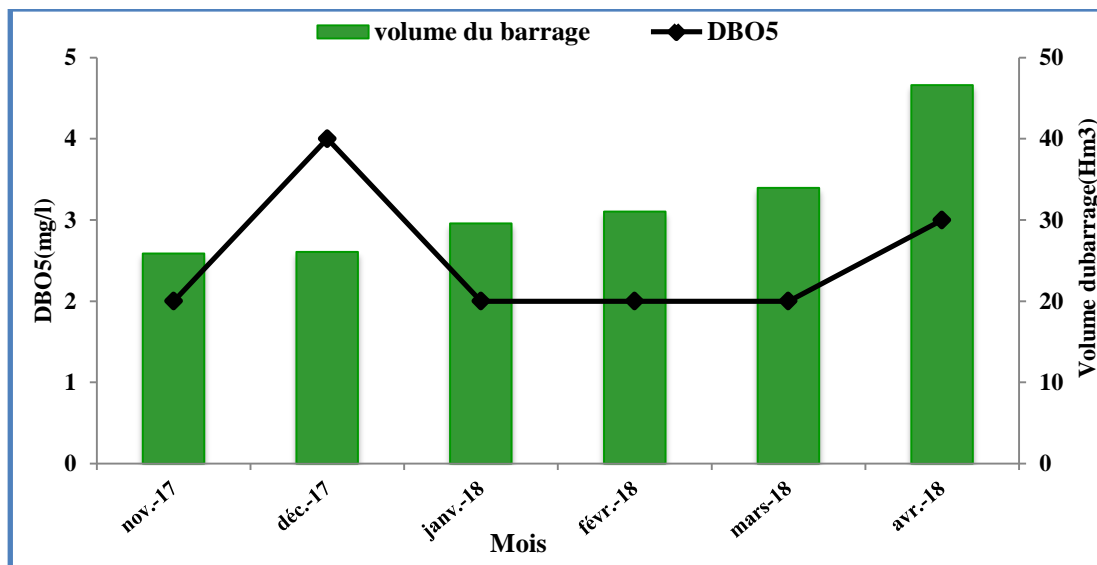


Fig.III-21: Evolution de la matière organique dans le barrage de Guenitra (Nov.2017àAvril 2018).



### III.3.5 La demande biologique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)

La demande biochimique en oxygène (DBO), représenté la quantité d'oxygène utilisée par les bactéries, pour décomposer partiellement ou pour oxyder totalement les matières biochimiques oxydables présentes dans l'eau durant une période de cinq jours (DBO<sub>5</sub>), plus La DBO<sub>5</sub> est élevée, plus la quantité de matières organiques présentes dans l'eau est élevée. L'histogramme suivant (*fig.III-21*) montre que les teneurs en DBO<sub>5</sub> oscillent dans l'intervalle des normes de potabilité fixées par l'OMS (3-5mg/l), la valeur maximale de DBO<sub>5</sub> (4mg/l) est enregistrée au mois de Décembre 2017, elle est liée à la décomposition des macrophytes dans le barrage.



*Fig.III-22: Evolution de DBO5 dans le barrage de Guenitra (Nov. 2017 à Avril 2018).*

### III.3.6 La demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène (DCO) est la quantité d'oxygène consommée par les matières oxydables dans des conditions de l'essai. Contrairement à la DBO<sub>5</sub> où l'oxydation se fait lentement par l'activité des microorganismes (*Belhadj, 2017*).

L'histogramme du DCO (*fig.III-22*) montre une variation irrégulière du DCO par rapport à l'évolution du volume du barrage, où ces valeurs sont oscillantes entre 26mg/l aux mois de janvier, février et mars 2018 et 35mg/l aux mois de novembre, décembre 2017 et avril 2018. Elles sont supérieures aux normes de potabilité (20-25 mg/l) d'après l'OMS. En effet, le barrage de Guenitra reçoit les eaux usées brutes riches en matières organiques et en substances nutritives provenant des agglomérations urbaines, ce qui provoque un accroissement considérable de la charge organique des eaux superficielles dans un espace restreint. En fin, on constate que les eaux du barrage de Guenitra sont de passable mauvaise qualité durant notre période d'étude.

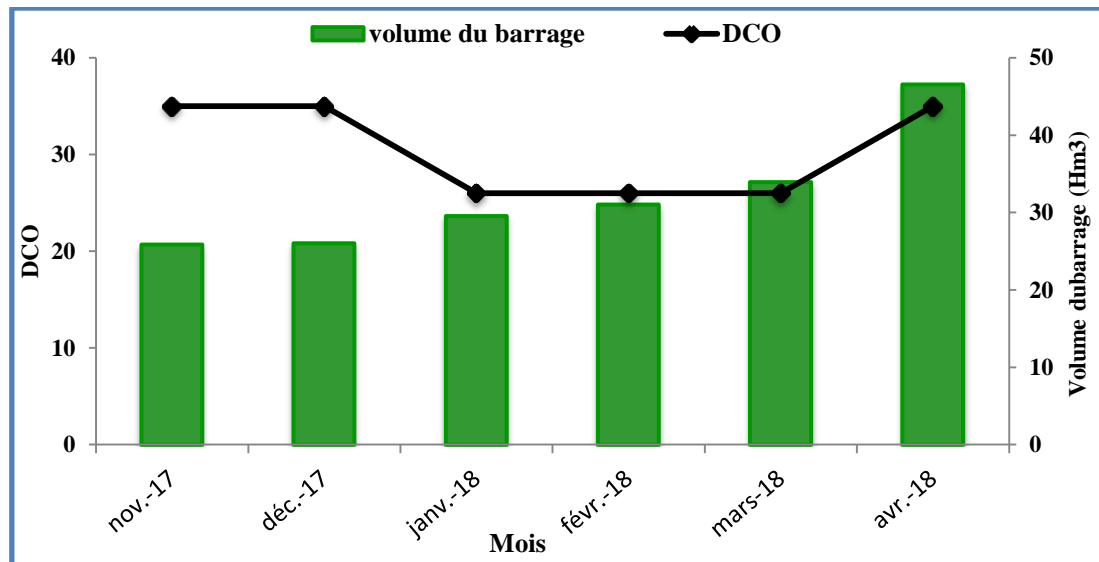


Fig.III-23: Evolution de DCO dans le barrage de Guenitra (Nov. 2017 à Avril 2018).

### III.3.7 Les éléments nutritifs

#### III.3.7.1 L'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ )

La courbe de variation des teneurs en ammonium (*fig.III-23*) montre que toutes les valeurs sont inférieures à la norme de potabilité fixée par l'OMS (0.5 mg/l), elle s'oscille entre 0.08mg/l au mois décembre 2017 et 0.27 mg/l au mois de février 2018, cette valeur peut être due aux rejets directs d'eaux usées qui se font dans le barrage. On observe une légère diminution des teneurs en relation avec l'augmentation du volume du barrage. La présence de l'azote ammoniacal dans les eaux superficielles s'explique, soit par la réduction des formes azotées (nitrates et nitrites) ou par contamination par les eaux des rejets urbains.

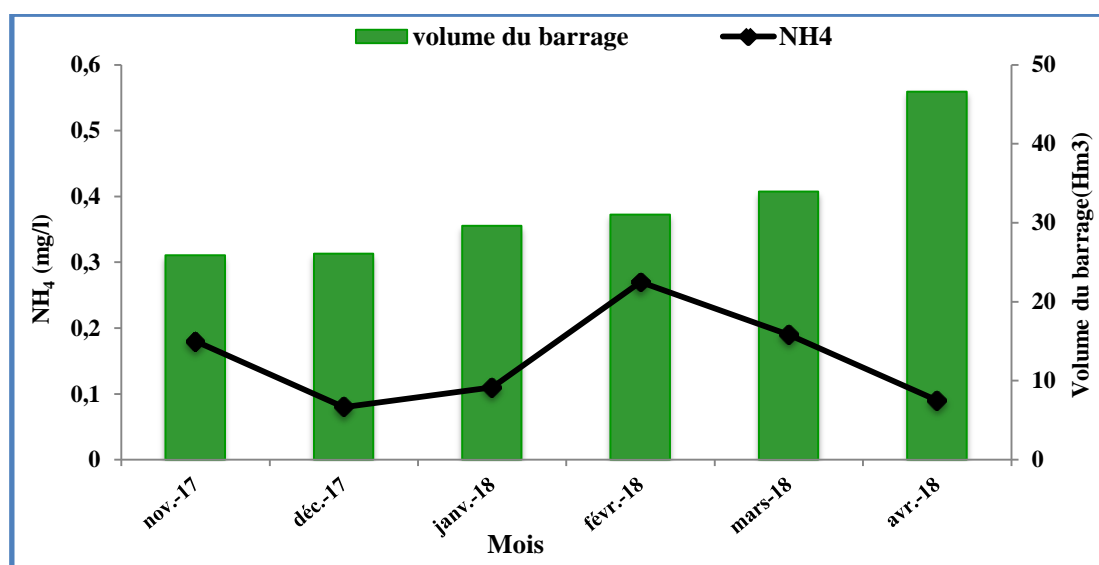


Fig.III-24: Evolution de L'ammonium dans le barrage de Guenitra (Nov.2017 à Avril 2018).

### III.3.7.2 Les nitrites( $\text{NO}_2$ )

La courbe de variation des teneurs en nitrites(*fig.III-24*) montre que la plupart des teneurs sont inférieures à la norme de potabilité d'après l'OMS (0.1mg/l), donc les eaux peuvent être considérées comme pures ou se trouvant sous l'action d'une autoépuration active. L'évolution de cet élément se fait de la même manière de l'évolution du volume du barrage et de l'oxygène dissous et s'oppose l'évolution de l'azote ammoniacal, ceci s'explique par la transformation de  $\text{NH}_4^+$  en  $\text{NO}_2^-$  par oxydation. La faible valeur enregistrée au mois de février 2018 peut être expliquée par l'oxydation incomplète de l'ammoniaque et la nitrification n'est pas conduite à son terme.

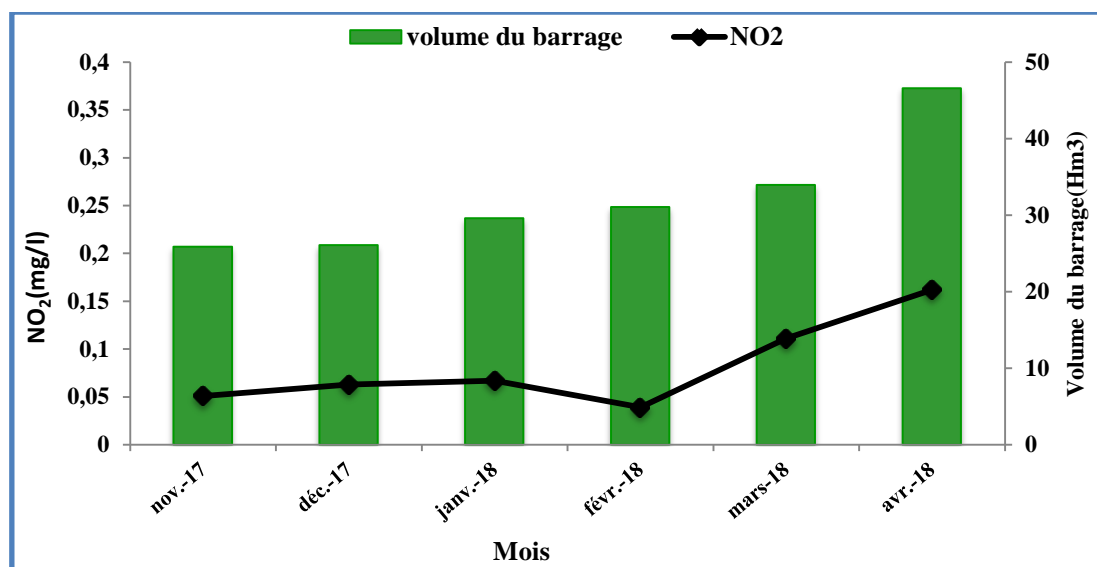


Fig.III-25: Evolution des nitrites dans le barrage de Guenitra (Nov.2017 à Avril 2018)

### III.3.7.3 Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique, leur présence dans une eau polluée atteste que le processus d'autoépuration a déjà joué. L'histogramme suivant (*fig.III-25*) montrent que les eaux du barrage ayant des faibles teneurs en nitrates inférieures à la norme de l'OMS (< 50 mg/l), elles ne dépassent pas 7 mg/l. L'évolution de cet élément est conforme à celle du volume du barrage et des nitrites. L'augmentation des teneurs en nitrates dans les eaux du barrage pendant la période pluvieuse (Mars et Avril) par rapport à la période moins pluvieuse (Décembre 2017) peut être due soit au lessivage des fertilisants utilisés dans les sols agricoles situés dans les bassins versants, soit à l'oxydation d'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) en nitrites puis en nitrates sous l'action de bactéries nitrifiantes. Ces processus d'oxydation, également appelés « nitrification », sont très sensibles à la présence de substances toxiques (métaux, pesticides) et aux faibles températures (*Barkat, 2016*).

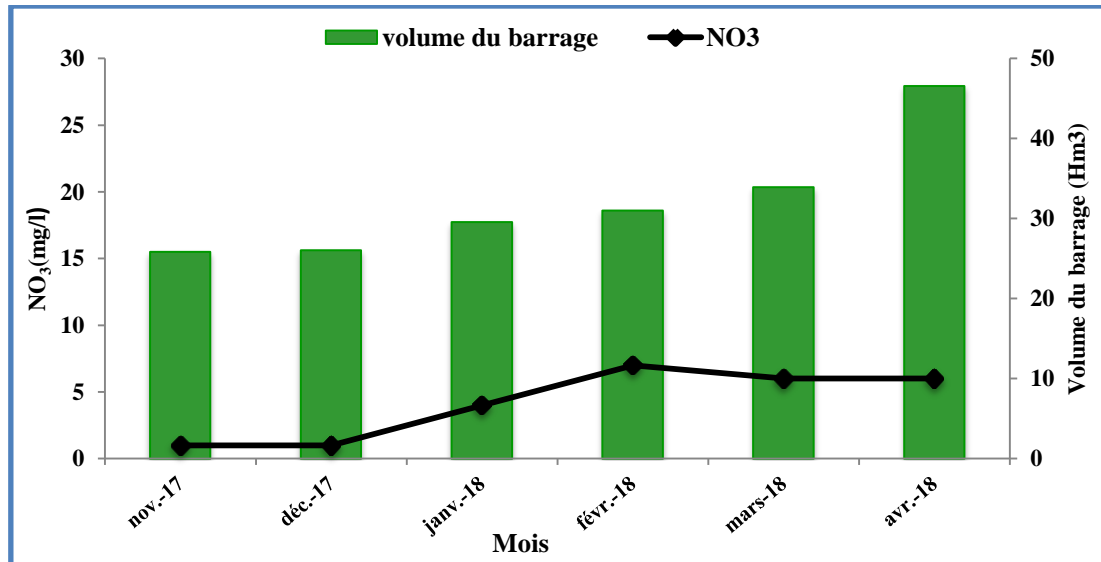


Fig.III-26: Evolution des nitrates dans le barrage de Guenitra (Nov. 2017 à Avril 2018).

### III.3.7.4 Phosphates (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>)

Les phosphates font partie des anions facilement fixés par le sol, leur présence naturelle dans l'eau est liée aux caractéristiques des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique. Les eaux du barrage de Guenitra contiennent des teneurs en phosphates allant de 0 mg/l au mois de Décembre 2017 à 0.09 mg/l au mois d'Avril 2018 (fig.III-26), elles sont très faibles par rapport aux normes de l'OMS (0.5 mg/l), traduisant ainsi des eaux de très bonne qualité.

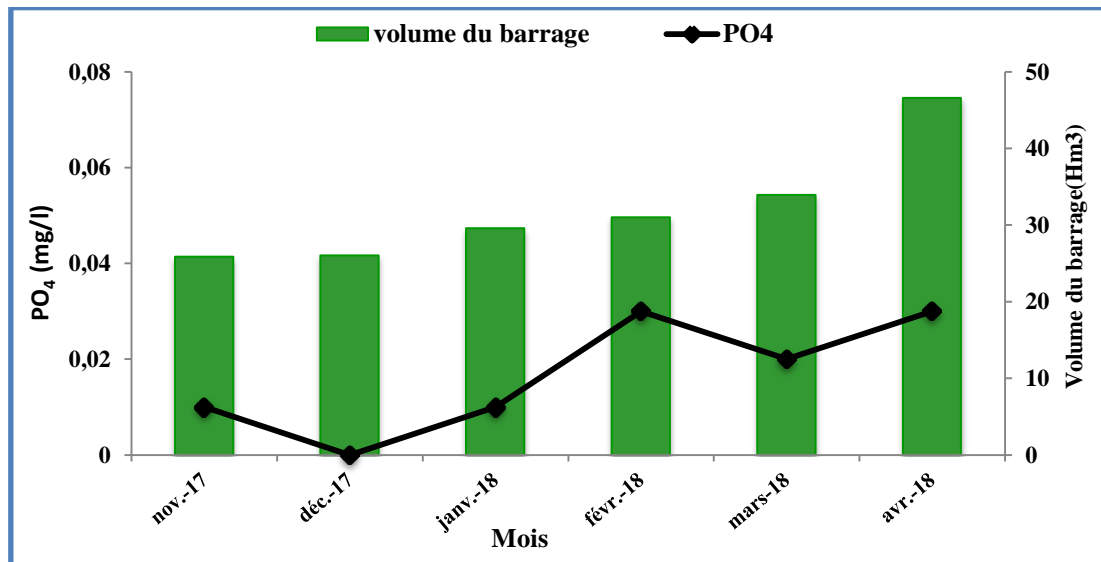


Fig.III-27: Evolution des Phosphates dans le barrage de Guenitra (Nov.2017 à Avril 2018).

### III.4 Conclusion

Le suivi hydrochimique des eaux superficielles du sous bassin versant de Guenitra consiste à donner une contribution sur la qualité des eaux de barrage, ainsi que leur potabilité, leur degré de pollution et les critères physico-chimiques de la qualité des eaux destinées pour l'irrigation. Pour cela cette étude a été faite et les résultats obtenus montrent que :

Le diagramme de Stiff montre que les faciès chimiques des eaux des affluents varient entre *faciès chloruré sodique, sulfaté magnésien et bicarbonaté calcique et magnésien*, alors que le diagramme de Richards a montré que ces sont de qualité admissible à médiocre pour l'irrigation.

L'étude de l'évolution des paramètres physico chimiques des eaux montre l'existence en excès des éléments chimiques dans les affluents est fortement liée soit à la nature géologique de S.B.V de Guenitra, soit aux rejets urbains des agglomérations avoisinantes. Le pH est peu acide dans la partie aval d'oued Essouk d'ordre de 5.3 et 6.03 successivement pour les points ES5 et ES6. Cette acidité due à l'effet de drainage minier acide (DMA) de la mine de Sidi Kamber. Des fortes concentrations en ammonium, en nitrites et en phosphates dépassant les normes de potabilités notamment au niveau des affluents de la partie ouest du bassin (Oued Mellouh2, Oued Essouk (ES5) et Oued Megramene), ainsi qu'au niveau de la cuvette du barrage (milieu récepteur), ceci est due principalement aux rejets des eaux usées non épurées surtout de la commune de Oum Toub.

Suite aux différents résultats précédents, on peut constater que les eaux du barrage de Guenitra sont de bonne qualité pour l'irrigation et sont considérées non potables (qualité mauvaise) à cause de la présence en excès de certains éléments nutritifs, ce nécessite le traitement de ces eaux avant leur utilisation.

# *Conclusion générale*

---

## *Conclusion générale*

Au cours de cette étude, nous avons contribué la caractérisation hydrochimique des eaux superficielles du barrage de Guenitra ainsi que ses principaux affluents. Ce barrage a été construit à l'exutoire du bassin versant de Guenitra sur le lit d'Oued Fassa. Il assure la couverture en eau potable et industrielle de la ville de Skikda et de son complexe industriel et ses agglomérations, et l'irrigation de 5650 ha de périmètres agricoles.

Le sous bassin versant d'Oued Guenitra l'un des sous bassins d'Oued Guebli, il s'étend sur une superficie de l'ordre de 202.6 km<sup>2</sup> est caractérisé par une forme allongée avec un temps de concentration d'ordre de 5,16 heures. La densité de drainage est de 4.04 km/km<sup>2</sup>, ce qui entraîne un ruissellement rapide des eaux surtout que le bassin est caractérisé par un relief très fort ( $D_s > 500$ ) et par la présence des formations imperméables surtout dans la partie amont du bassin versant.

Les études géologiques montrent que notre bassin versant est composé de roches cristallines (socle Kabyle) dont l'âge est estimé du Protérozoïque au Paléozoïque inférieur et sa couverture mésozoïque (chaîne calcaire), des flyschs mauritaniens et en moindre mesure les unités telliennes et les séries numidiennes.

Le suivi hydrochimique des eaux superficielles du sous bassin versant de Guenitra consiste à donner une contribution sur la qualité des eaux de barrage, ainsi que leur potabilité, leur degré de pollution et les critères physico-chimiques de la qualité des eaux destinées à l'irrigation. Pour cela cette étude a été faite et les résultats obtenus montrent que :

Le diagramme de Stiff montre que les faciès chimiques des eaux des affluents varient entre *faciès chloruré sodique, sulfaté magnésien et bicarbonaté calcique et magnésien*, alors que le diagramme de Richards a montré que ces sont de qualité admissible à médiocre pour l'irrigation.

L'étude de l'évolution des paramètres physico chimiques des eaux montre l'existence en excès des éléments chimiques dans les affluents est fortement liée soit à la nature géologique de S.B.V de Guenitra, soit aux rejets urbains des agglomérations avoisinantes. Le pH est peu acide dans la partie aval d'oued. Cette acidité due à l'effet de drainage minier acide (DMA) de la mine de Sidi Kamber. Des fortes concentrations en ammonium, en nitrites et en phosphates dépassant les normes de potabilités notamment au niveau des affluents de la partie ouest du



bassin, ainsi qu'au niveau de la cuvette du barrage (milieu récepteur), ceci est due principalement aux rejets des eaux usées non épurées surtout de la commune de Oum Toub.

Enfin on peut constater que les eaux du barrage de Guenitra sont de bonne qualité pour l'irrigation et sont considérées non potables (qualité mauvaise) à cause de la présence en excès de certains éléments nutritifs, ce nécessite le traitement de ces eaux avant leur utilisation.

*Recommandations :*

La dégradation continue de la qualité des eaux superficielles, impose une décision urgente pour assurer une meilleure gestion et protection de ces ressources. On suggère de :

- ✓ Mettre en veille un réseau de surveillance pour la qualité des eaux de surface.
- ✓ Informer et sensibiliser les agriculteurs sur l'utilisation des engrais et des pesticides surtout en amont des barrages pour limiter la pollution agricole.
- ✓ Rénover et réaliser les réseaux d'assainissement pour toutes les agglomérations dans le bassin versant.
- ✓ Il faut éviter le déversement direct des égouts dans les Oueds sans traitement au préalable et l'installation des stations d'épuration pour contrôler les rejets, soit d'origines industrielles ou domestiques.

Finalement, nous espérons que cette étude que nous avons menée au niveau du sous bassin versant de Guenitra a apporté un certain nombre d'informations et de précision, qui pourront orienter de futurs travaux dans le domaine de l'hydrochimie.

## Références Bibliographiques

- Affoun S., 2006.** Ressources en eaux, mobilisation et utilisation dans le bassin versant de la Mafragh. *Mémoire de magister, Univ. Constantine, 223p.*
- Aliat H., 2016.** Etude hydrogéologique et hydrochimique de la région de Taibet (SE Algérie). *Mémoire de master, Univ. Ouargla, 74p.*
- Barkat K., 2016.** Suivi de la qualité physico-chimique des eaux du Barrage Béni Haroun. *Mémoire de master, Univ. Constantine, 54p.*
- Belhadj M.Z., 2017.** Qualité des eaux de surface et leur impact sur l'environnement dans la Wilaya de Skikda. *Thèse de doctorat, Univ. Biskra, 172p.*
- Ben Rabah S., 2006.** Etat actuel des ressources en eau dans la wilaya de Skikda (essai de synthèse) bilan-gestion-perspective. *Mémoire de magister, Univ. Annaba, 209p.*
- Bendjazia L. et Benmoubarek N., 2015.** Identification et caractérisation des ressources en eaux dans la wilaya de Jijel (Nord-Est Algérien). *Mémoire du master, Univ. Jijel, 116p.*
- Bouillin, J.P., 1979.** La transversale de Collo et d'El-Milia (Petite Kabylie) : Une région clef pour l'interprétation de la tectonique Alpine de la chaîne littorale d'Algérie. *Mémoire de la Société Géologique de France, Bulletin.135, pp 1-84.*
- Boukhrissa M.L., 2015.** Collecte des rejets et système d'épuration des eaux usées de la commune d'Oum Toub willaya de Skikda. *Mémoire du master, Univ. Bejaia, 91p.*
- Bouleghlem Z., 2015.** Etude hydrogéologique et évaluation des ressources en eau dans la région Azzaba-Guerbes. *Mémoire de magister, Univ. Annaba, 137p.*
- Boussen S., 2010.** Evolution de haldes plombo-zincifères dans le nord de la Tunisie : l'exemple d'un contexte carbonaté. *Thèse de doctorat, Univ. Tunis el Manar, 279p.*
- Chaguer M., 2013.** Analyse et Spéciation des Métaux dans un Oued en zone Minière, Cas de l'Oued Essouk. *Thèse de doctorat, Univ de Constantine I, 146p.*
- Dahmani A., 2010.** Impact des changements climatiques sur les ressources en eau dans le bassin versant d'oued fekan wilaya de Mascara. *Thèse de doctorat, Univ. Oran, 137p.*
- Diafallah T., 2008.** Ressource en eau et gestion intégré dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest (Nord Est Algérie). *Mémoire de magister, Univ. Annaba, 191p.*
- Djemai I., 2013.** Comportement des éléments chimiques dans les eaux de surface du barrage de Foum el Gueiss (Est-Algérie). *Mémoire de magister, Univ. Batna, 105p.*
- Djouadi A et Oubelaid A., 2015.** Etude hydrochimique des eaux de la région de Gourara (Timimoune) Algérie. *Mémoire de master, Univ. Khemis Miliana, 82p.*
- Drouiche A., 2014.** Impact de la remontée des eaux sur la qualité des eaux de la nappe phréatique et sur l'environnement dans la vallée du Souf Sud-Est Algérien. *Thèse de doctorat, Univ. Annaba, 201p.*
- Durand Delga M., 1969.** Mise au point sur la structure du Nord-Est de la Berberie. *Bull. Serv. Carte géol. Algérie, N. S, 39p. 89-131,9fig Alger.*

- Gaagai A., 2009.** Etude hydrologique et hydrochimique du bassin versant du barrage de Babar sur Oued el Arab region Est de l'Algérie. *Mémoire de magister, Univ. Batna, 130p.*
- Haciane B. et Seddik A., 2016.** Etude d'impact environnemental de la mine de Sidi Kamber (Skikda). *Mémoire de Master, Univ. Alger, 67p.*
- Hammadi D. et Harendi H., 2015.** Gestion intégrée des ressources en eaux dans le bassin versant de l'oued El Nil (Jijel, NE Algérien). *Mémoire du master, Univ. Jijel, 94p.*
- Handouzi M. A., 2011.** Evolution du chimisme des eaux du barrage Mexanna (Nord-Est Algérien). *Mémoire de magister, Univ. Annaba, 140p.*
- Hidaoui A et Louannas A., 2015.** Etude du système traditionnel d'irrigation au Sahara, exemple des Foggaras de la région d'Adrar (Touat). *Mémoire de master, Univ. Tlemcen, 132p.*
- Khellaf Z. et Mechakkef B., 2015.** La mobilité des Métaux lourds dans les eaux et les sédiments d'Oued Nil (Wilaya de Jijel, NE Algérien). *Mémoire du master, Univ. Jijel, 71p.*
- Mahdjoub Y., 1991.** Cinématique des déformations et évolution P-T anté-alpines en Petite Kabylie (Algérie Nord Orientale). *Thèse de doctorat d'état, USTHB, Alger, 190p.*
- Mecibah I., 2008.** Les ressources en eau et gestion intégrée du bassin versant d'Oued Guebli (Nord-Est Algérien). *Mémoire de magister, Univ. Annaba, 262p.*
- Mecibah I., 2017.** Les ressources en eau et gestion intégrée du bassin versant d'oued Guebli (Nord-Est Algerien). *Thèse de doctorat, Univ. Annaba, 314p.*
- Raoult J.F., 1974.** Géologie du centre numidique (Nord du Constantinois, Algérie). *Mém. Soc. Géol. France, 53, pp 121-163.*
- Sari H., 2014.** Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source « Attar » (Tlemcen). *Mémoire de master, Univ. Tlemcen, 92p.*
- Vila J.M., 1980.** La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens, *Thèse de doctorat. Univ. Pierre et Marie - Curie, Paris VI. 663p.*
- Zahi F., 2014.** Contribution à l'étude hydrochimique du sous bassin versant du lac Fetzara (Nord-Est Algérien), approche géochimique et fonctionnement des sols et des eaux. *Thèse de doctorat, Univ. Annaba, 193p.*

## Résumé

L'Algérie, depuis un temps, a entrepris une politique de construction de plusieurs barrages tout au long de son territoire. Le barrage de Guenitra représente l'un des exemples situés vers le Sud-Ouest de la wilaya de Skikda, destiné entre autres à l'alimentation en eau potable des agglomérations du chef-lieu de wilaya, toutefois les travaux intérieurs réalisés par ANRH et ABH ont relevés des problèmes relatifs aux aspects quantitatifs et qualitatifs de ce dernier.

Cette étude représente une contribution à la caractérisation hydrochimique des eaux de la retenue de barrage de Guenitra et ses affluents. Pour cela une campagne d'échantillonnage des eaux superficielles des affluents a été réalisées au mois de décembre 2017 et un suivi de six mois (du novembre 2017 jusqu'à avril 2018) sur les eaux du barrage a été effectué par ANRH de Constantine.

Les résultats d'analyse chimique montrent que les eaux du barrage de Guenitra ainsi que ses affluents sont qualifiées de bonne qualité pour l'irrigation cependant de mauvaise qualité pour l'alimentation en potable en raison de l'excès de certains éléments chimiques ( $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ).

**Mots-clés :** qualité, pollution, eau superficielle, Barrage de Guenitra, Skikda.

## المخلص

انتهدت الجزائر منذ مدة ، سياسة بناء عدة سدود في كل أرجاء الوطن، من بينها سد القنيطرة الواقع في الجنوب الغربي لولاية سكيكدة، والموجه خصوصا إلى توفير مياه الشرب لمدينة سكيكدة والتجمعات السكنية المحيطة بها، ولكن الدراسات و المتابعات الميدانية التي قامت بها الوكالة الوطنية للموارد المائية ووكالة الاحواض المائية كشفت عن عدة مشاكل تتعلق بالجوانب الكمية والنوعية لهذا الأخير.

يعتبر هذا العمل مساهمة في دراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه سد القنيطرة وروافده، لهذا الغرض قمنا بأخذ عينات من المياه السطحية للروافد الرئيسية التي تصب في سد القنيطرة خلال شهر ديسمبر 2017 ومتابعة نوعية مياه السد لمدة ستة أشهر للفترة الممتدة من شهر نوفمبر 2017 إلى شهر أبريل 2018 من خلال التحاليل الكيميائية المنجزة من طرف الوكالة الوطنية للموارد المائية لولاية قسنطينة .

نتائج التحاليل الكيميائية بينت أن مياه سد القنيطرة وروافده ذات نوعية جيدة للري في حين أنها غير صالحة للشرب و ذات نوعية رديئة، و هذا راجع الى احتوائها على تراكيز عالية لعدة عناصر كيميائية نذكر منها النتريت والأمونيوم.

**الكلمات المفتاحية:** الجودة ، التلوث ، المياه السطحية، سد القنيطرة وسكيكدة.

## Abstract:

Algeria, for some time, has undertaken a policy of construction of several dams throughout its territory. The Guenitra dam is an example located to the south west part of Skikda town, devoted particularly to supply drinking water to the chief town agglomerations. however previous studies and field follow-up carried by ANRH and ABH have divulged issues related to its quantitative and qualitative aspects.

This study is a contribution to the hydrochemical characterization of the Guenitra reservoir's water and its tributaries. For this purpose, a sampling campaign of the surface water of the tributaries has carried out in December 2017 and a follow-up for six months (from November 2017 to April 2018) on the water's dam achieved by ANRH of Constantine.

The results of chemical analysis show that both Guenitra dam's water and its tributaries are qualified as good quality for irrigating but of poor quality for drinking water supply because of excess of certain chemical elements ( $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ).

**Key words:** quality, pollution, the surface water, Guenitra Dam, Skikda.