



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Larbi Tebessi –Tébessa-



Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie

Département : Sciences de la Terre et de l'Univers

MEMOIRE DE MASTER

Domaine: Sciences de la Terre et l'Univers

Filière: Géologie

Option: Géologie de l'ingénieur et géotechnique :

Thème :

**Etude de la possibilité d'une éventuelle réhabilitation
et mise en eau dans le barrage de Foum El Geuiss,
Kais, wilaya de Khenchela (N, E Algérien)**

Présenté par:

OUANASSI Maroua

SALHI Mariama

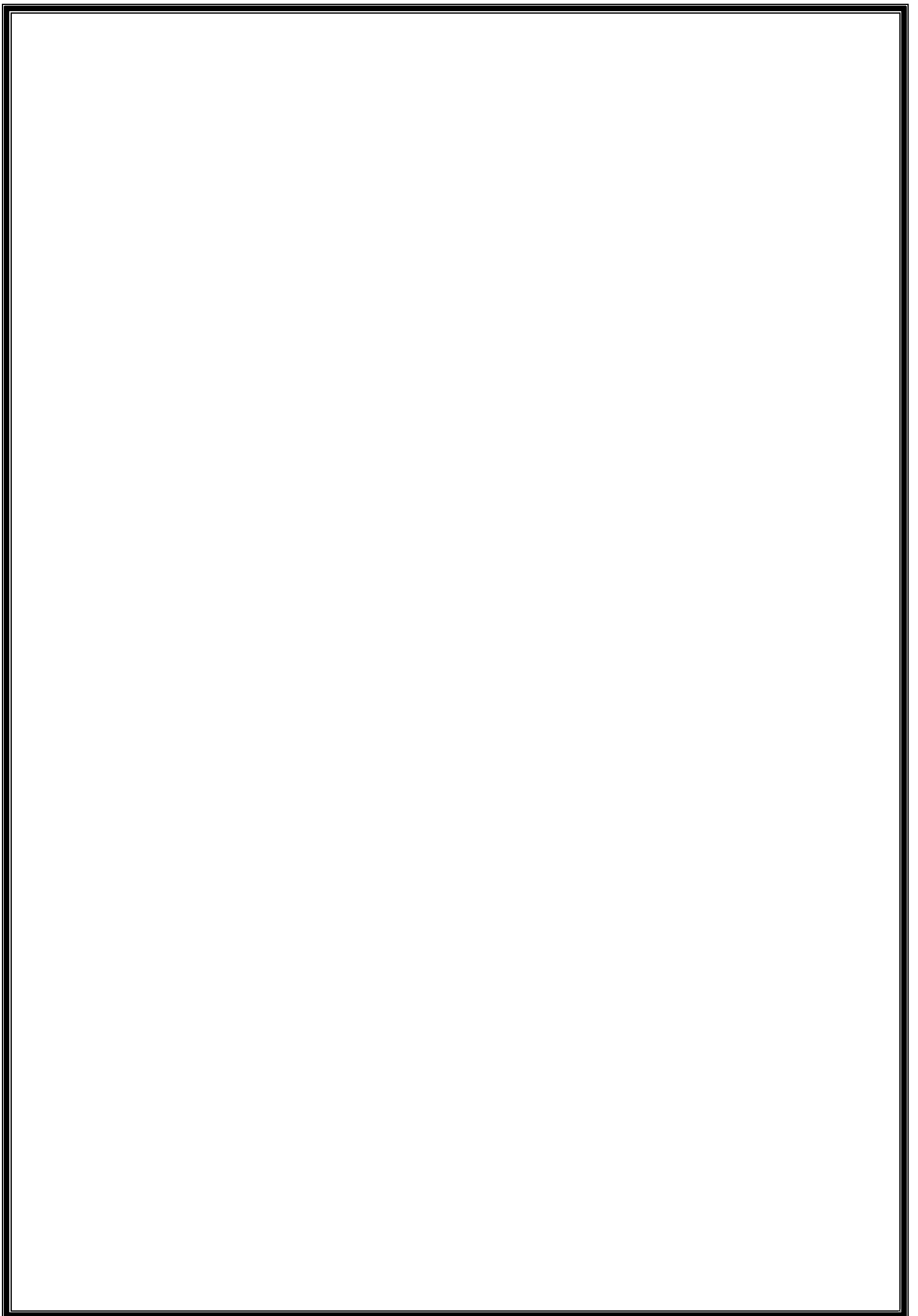
Devant le jury :

Président : Dr .GUEFAIFIA Omer Pr Université Larbi Tebessi

Examineur : Pr BALLI Fethi Dr Université Larbi Tebessi

Encadreur : Pr. FEHDI Chemceddine Pr Université Larbi Tebessi

2020/2021



REMERCIEMENTS

Au tout puissant Allah

A toi la louange, O la lumière des cieux ; de la terre et de ce qu'ils renferment. Gloire a toi de nous avoir assisté de la lumière et en toute circonstance matin et soir.

A mon encadreur monsieur Professeur FEHDI Chemceddine

Ce travail est l'aboutissement d'énormes efforts et de sacrifice consentis par vous. son précieux En aide durant toute la période du travail.

Nos remerciements vont également aux membres du jury

Pour l'intérêt qui ils nous ont offert à notre recherche et, en acceptant de l'examiner.

**Remerciements aux administrations qui ont accepté de travailler avec nous :
l'administration du barrage Foum El Guiss-Kais-Khenchela.**

Mes remerciements les plus sincères vont également aux membres de ma famille pour leur soutien moral et leur patience pendant les moments difficiles lors de la réalisation de ce travail. Grâce à eux, les moments de découragement furent rares et brefs. Qu'ils trouvent ici le témoignage de ma profonde gratitude.

Enfin nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces :

Je dédie ce modeste travail.

A Mon cher Papa,

Djemai ; les mots me manquent pour exprimer toute l'affection et toute la reconnaissance que j'éprouve pour toi. Avec beaucoup d'amour et de sacrifices, tu as guidé mes pas. Tu n'as jamais cessé de me prodiguer des conseils et de prier pour moi. Ce travail est avant tout le tien. Que Dieu te garde longtemps en vie afin que tu puisses en bénéficier des fruits. Gros bisou à toi

A Ma mère

Sakhria, Tu as fait de moi ce que je suis aujourd'hui. Sois comblée. Que Dieu te bénisse et t'accorde longévité afin que tu puisses jouir du fruit de tes sacrifices.

À mes sœurs

Khadidja et son petit fils Aerrahmen (Bchboucha), Dcr Faiza, et sans fils Yahia Sajed et noiara, et ces enfants Abdou Kosai Siradj

À mes chers frères

Yacine et Youcef.

Beau frères Abdellah et Djemel et Adel

A ma grande mère

Ghalia et Baya et ma grand père Amar et Ferhat

Et spiciel dédicace

Une dédicace spéciale à la personne chère à mon cœur et chère à la deuxième mère

Tata Samia Goudjil et ses enfants Omaima Maria Adem et Anis

Ma profonde gratitude à mon meilleur enseignant Professeur FEHDI CHEMSEDDINE

Mon binôme et amie et ma sœur Marwa: merci pour ta confiance

Toutes les expressions de remerciements et de gratitude au docteur, Dcr Ben Salem Ahmed Abd Errehmen qui m'a motivé et dirigé durant mon parcours universitaire

À tous les membres de ma famille Salhi et Zeghouda

Remerciements particuliers à mes chéries, mes amies, mes sœurs, que Dieu vous protège de tout mal, plus de succès inchallah : Amel chekher Marwa ounnassi youssra ounnassi Kawther Bedghiou Touta kellil Nehad Ghodhbenne Amira Allouanne Djohra Hmaizia Sonia Boukhmela Maroua Boukouba Ferial Aouadi et Dcr Kawther lekhdhari

À tous qui me connaissent de près ou de loin.

Merci

Dédicaces :

Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ce qui m'est chers,

A mes chers parents : Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance

A Maman Fatiha Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.

A mon Papa Nacer merci pour tes sacrifices et tes précieux conseils qui m'ont conduit à la réussite dans tous ce que je fais.

A mon chers frères Hakim et Cherif qu'Allah soit à tes cotés et te procure la réussite et le bonheur.

A ma sœur jumelle Youssra

Je dédie ce travail a l'âme de mon deuxième père Massoud Goudjil son âme repose en paix c'est vrai vous n'êtes pas avec nous présentement mais sachez bien que vous rester a jamais dans nous cœurs

Je dédie ma deuxième famille et Ma deuxième maman tata Samia, mes sœurs Oumaima et Maria, mes frères Anis et Adem

A Mon binôme et amie et ma sœur Mariama: merci pour ta confiance

A Mes sœurs : Mouna Khawla Ilhem et ces enfants Mondher et Djinan

A Mon beau frère Kamel

A mon grand-père Ibrahim et ma grande mère Hadda

A mes chères amies: Mariama Kawther Touta Nehad Amira Amel Hind Hadjer saida

Votre amitié est un honneur et une fierté pour moi, je vous remercie pour les moments inoubliables que nous avons partagés ensemble et pour le plaisir dont j'ai jouis avec vous.

Merci a vous Maroua

Résumé

Le réseau du barrage de Foum El Gueiss est situé à 19 Km de l'Ouest de Khenchela et au Sud-est du chef lieu de la commune de Kais, .il est destiné à l'irrigation de la haute plaine de R'emila. Ce barrage a une capacité réelle de plus de 2 millions de mètres cubes mais malheureusement il est envasé presque à 100%.

L'étude géologique nous permet d'identifier la stratigraphie locale qui est fondée en vallée et en rive droite de la digue sur une couche de grés gris bleu ou sur des schistes argileux, en rive gauche, est fondée essentiellement sur des grés. Le climat de la région est de type semi-aride avec une forte évaporation.

Les résultats des analyses chimiques des eaux du barrage de Foum El Gueiss confirment une forte minéralisation de ces eaux et des concentrations élevées en éléments indésirables, nitrite et en nitrate qui sont dues probablement à l'activité industrielle, le lessivage des terrains et de l'activité agricole. La charge organique est élevée ce qui explique le phénomène d'eutrophisation dans ce barrage.

Du fait de la forte accélération de l'envasement qui menace le barrage, les Services concernés utilisent la technique du soutirage, définie comme étant une méthode pratique qui consiste à évacuer les sédiments par les pertuis de vidange (vannes et vannettes de dévasement) dans le but de réduire au minimum l'accumulation des apports.

Mots clés : Barrage de Foum El Gueiss, envasement, qualité des eaux, débit solide, débit liquide, eaux de surface.

Abstract

The Foum El Gueiss dam network is located 19 km west of Khenchela and south-east of the of Kais commune. It is intended for the irrigation of the high plain of R'emila. This dam has a real capacity of over 2 million cubic meters but unfortunately it is almost 100% silted. The geological study allows us to identify the local stratigraphy which is based in the valley and on the right bank of the dike on a layer of blue gray sandstone or on clay shales, on the left bank, is essentially based on sandstone.

The region has a semi-arid climate with high evaporation. The results of the chemical analyzes of the waters of the Foum El Gueiss dam confirm a strong mineralization of these waters and high concentrations of undesirable elements, nitrite and nitrate which are probably due to industrial activity, leaching of land and water and agricultural activity. The organic charge is high, which explains the eutrophication phenomenon in this dam.

Due to the strong acceleration of the siltation which threatens the dam, the departments concerned use the withdrawal technique, defined as being a practical method which consists in evacuating the sediment through the drainage sluices (sluice gates and valves) in the aim to minimize the accumulation of inputs.

Keywords: Foum El Gueiss dam, siltation, water quality, solid flow, liquid flow, surface water.

ملخص:

تقع شبكة سد فوم الجيس على بعد 19 كم غرب خنشلة وجنوب شرق عاصمة بلدية قايس ، وهي مخصصة لري سهل الرميلة المرتفع. تبلغ السعة الحقيقية لهذا السد أكثر من 2 مليون متر مكعب ، ولكن لسوء الحظ ، فإنه ما يقرب من 100 ٪ من الطمي.

تسمح لنا الدراسة الجيولوجية بتحديد طبقات الأرض المحلية التي تقع في الوادي وعلى الضفة اليمنى للسد على طبقة من الحجر الرملي الأزرق الرمادي أو على الصخر الطيني، على الضفة اليسرى ، وهي تعتمد بشكل أساسي على الحجر الرملي. تتمتع المنطقة بمناخ شبه جاف مع نسبة تبخر عالية.

تؤكد نتائج التحاليل الكيميائية لمياه سد فوم الجيس تمعدنا قوياً لهذه المياه وتركيزات عالية من العناصر غير المرغوب فيها مثل النتريت والنترات والتي من المحتمل أن تكون بسبب النشاط الصناعي وترشيح الأراضي والمياه والنشاط الزراعي. الحمل العضوي مرتفع ، وهو ما يفسر ظاهرة التخثث في هذا السد. بسبب التسارع الكبير في الترسيب الذي يهدد السد ، تستخدم الإدارات المعنية تقنية السحب ، والتي تُعرّف بأنها طريقة عملية تتمثل في تفريغ الرواسب من خلال فتحات الصرف (بوابات السد والصمامات) بهدف تقليل التراكم من المدخلات.

كلمات مفتاحية سد فوم الجيس - ترسيب التربة - نوعية المياه - جريان صلب -

جريان سائل - مياه سطحية.

Sommaire

SOMMAIRE

Introduction générale

Situation géographique

Chapitre1 . Géologie

I.1 Géologie.....	04
I.2 La géologie générale de la Willaya de Khenchela.....	04
I.2.1 Trias.....	05
I.2.2 Jurassique.....	05
I.2.3 L'aptien.....	05
I.2.4 L'albien.....	05
I.2.5 Cénomanién supérieur.....	05
I.2.6 Turonien.....	05
I.2.7 Coniacien.....	05
I.2.8 Santonien.....	05
I.2.9 Campanien.....	05
I.2.10 Miocène.....	05
I.2.11 Langhien-serravalien.....	06
I.2.12 Quaternaires.....	06
I.2.13 Alluvion récentes au actuelles.....	06
I.3 Tectonique.....	08
I.4. Contexte géomorphologique.....	08
I.5 Le milieu physique.....	10
I.5.1 Le relief.....	10
I.5.2 Les montagnes.....	10
I.6 Conclusion.....	13

Chapitre II. Hydroclimatologie

II.1 Introduction.....	15
II.2 Climatologie de la zone d'étude.....	15

Sommaire

II.3	Caractéristiques climatiques de la région d'étude.....	15
II.4	Étude des paramètres climatiques.....	16
II.4.1	Les précipitations	16
II.4.2	Température.....	19
II.4.3	Régime de vent.....	20
II.5	Etablissement du bilan hydrologique.....	21
II.6	Analyse des différents éléments du bilan.....	22
II.6.1	L'évapotranspiration.....	22
II.6.2	L'évapotranspiration potentielle(ETP).....	22
II.6.3	L'évapotranspiration réelle(ETR).....	23
II.6.3.1	Méthode de Turc.....	23
II.6.3.2	Méthode de Thornthwaite.....	24
II.7	Bilan hydrologique Selon la méthode de C.W. Thornthwaite.....	24
II.7.1	Les réserves facilement utilisables(R.F.U).....	24
II.7.2	Interprétation du bilan d'eau.....	25
II.7.3	Ruissellement.....	26
II.7.4	Infiltration.....	26
II.8	Conclusion.....	27

Chapitre 3 Présentation de la zone d'étude

III.1	Présentation générale (barrage foug l Guisse).....	29
III.1.1	Situation géographique de barrage foug l Guisse.....	29
III.2	Géologie du bassin versant.....	31
III.3	Les historiques du barrage.....	31
III.4	Etude morphologique.....	31
III.4.1	Les coordonnées géographiques de la région d'étude.....	31
III.4.2	Paramètres géométrique.....	31
III.4.2.1	L'indice de compacité(KG)	31
III.4.2.2	Le rectangle équivalent.....	32
III.5	La courbe hypsométrique.....	32

Sommaire

III.6 Le relief.....	35
III.6.1 Les altitudes caractéristiques.....	35
III.6.2 La dénivelée simple « D ».....	35
III.7 Les pentes.....	36
III.7.1 L'indice de pente de M. ROCHE (ip).....	36
III.7.2 L'indice de pente global (I g).....	36
III.7.3 Indice de pente moyenne (I m).....	36
III.7.4 La dénivelée spécifique (Ds).....	36
III.8 Les paramètre morphométriques.....	37
III.8.1 Le réseau hydrographique.....	38
III.8.2 Classifications des tracés de thalwegs.....	38
III.8.3 Classification de SCHUMM.....	38
III.9 Le profil en long.....	39
III.10 Etude couvert végétale	40
III.10.1 La forêt des Béni Imlloul (Mont Chélia)	40
III.10.2 La forêt des Ouled Yagoub.....	40
III.10.3 La forêt des Béni Oudjana.....	41
III.10.4 La forêt de Sgag.....	41
III.10.5 Les prairies.....	41
III.11 La faune de la région de Foug El Guies.....	42
III.12 Conclusion.....	43

Chapitre 4. Hydrologie

IV.1 Introduction.....	45
IV.2 Réseau hydrographique.....	45
IV.3 Perméabilité.....	46
IV.3.1 Formations à perméabilité forte.....	46
IV.3.2 Formations à perméabilité moyenne.....	46
IV.3.3 Formations à perméabilité faible.....	46
IV.4 les apports.....	46
IV.5 Débit régularisé garante.....	47
IV.6 Les crues.....	47

Sommaire

IV.7 Evaporation.....	48
IV.8 Qualité physique ou chimique des eaux.....	48
IV.8.1 PH.....	48
IV.8.2 Conductivité.....	49
IV.8.3 Turbidité.....	50
IV.8.4 Alcalinité.....	50
IV.8.5 Chlorures et sulfates.....	51
IV.8.6 Phosphate.....	52
IV.8.7 Les Nitrates.....	53
IV.8.8 Les Nitrites.....	54
IV.8.9 Sodium et Potassium.....	55
IV.8.10 Fer et manganèse.....	56
IV.8.11 Ammoniaque.....	57
IV.8.12 MES (Matière en suspension).....	57
IV.8.13 Cuivre.....	58
IV.8.14 Cadmium.....	59
IV.8.15 Matières organiques.....	60
IV.8.16 O ₂ Dissous.....	61
IV.8.17 DBO ₅	61
IV.8.18 Demande chimique en oxygène (DCO).....	62
IV.8.19 Plomb.....	63
IV.9 Apport solide.....	64

Chapitre 5. L'envasement des eaux du barrage de Foum El

Gueiss.

V.1 Introduction.....	66
V.2 L'envasement dans le monde	66
V.3 Etapes de l'Envasement d'un barrage	67
V.4 L'envasement des barrages en Algérie.....	68
V.5 Expertise de la retenue et des ouvrages	69
V.5.1 Caractéristiques des sédiments.....	69
V.5.2 Evaluation du volume régularise disponible	69

Sommaire

V.5.3 Détermination du volume à dévaser.....	69
V.6 Evaluation du transport solide en suspension.....	70
V.6.1 Formules empiriques.....	70
V.6.2 Formule de TIXERONT.....	70
V.7 Effets des sédiments sur les ouvrages et organes d'exploitation.....	72
V.8 Moyens de dévasement à mettre en œuvre.....	72
V.9 Analyse des effets.....	73
V.9.1 Étude des zones de rejet.....	73
V.9.2 Impact Environnemental	74
V.10 Etude économique.....	74
IV. 11 Conclusion.....	75

Liste des Tableaux

LISTE DES TABLEAUX

Numéro de tableau	Titres des tableaux	Page
Tableau 01	Les coordonnées de station météorologique	15
Tableau 02	Précipitation moyenne mensuelle et annuelle (1998_2018) en (mm)	17
Tableau 03	Températures moyennes mensuelles à la station de d'El Hamma pour la période (2009-2019) en(T°C)	19
Tableau 04	Les données climatiques de la vitesse moyenne mensuelles des vents (2009-2019) en (m /s)	20
Tableau 05	Les résultats de calcul de l'ETP	23
Tableau 06	Les différentes valeurs de l'ETR	24
Tableau 07	Le bilan hydrologique à la station de L'HAMMA	25
Tableau 08	Caractérisation du barrage de Foum El Gueiss	30
Tableau 09	répartition altimétrique de bassin versant d'oued El Gueiss	34
Tableau 10	résultats de l'indice de pente	37
Tableau 11	Récapitulatif de longueur et du nombre des cours d'eau de différents ordres de la zone d'étude	39
Tableau 12	l'écoulement de la région de FOUM EL GUEISS pendant 1947/1960	47
Tableau 13	l'évaporation mesurée sur bac Colorado à BATNA	48
Tableau14	estimatif du curage d'un volume de 1million de m ³	75

Liste des Figures

LISTE DES FIGURES

Numéro de figure	Titres des figures	Page
Figure 01	situation géographique de la Wilaya de Khenchela.	/
Figure I.1	La géologie de la région de Khenchela.	07
Figure I.2	vue satellitaire de la région d'étude (source NASA World Wind, 2012).	09
Figure I.3	La répartition des zones naturelles de la Wilaya de Khenchela	11
Figure I.4	Les reliefs de la Wilaya de Khenchela	12
Figure II.1	Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Est algérien	16
Figure II.2	Carte des précipitations annuelles moyennes de l'Est algérien.	17
Figure II.3	Précipitation moyenne mensuelle de khenchela	18
Figure II.4	Précipitations moyenne annuelles de khenchela	18
Figure II.5	variation des précipitations moyenne saisonnières.	19
Figure II .6	mensuelle des températures à la station de d'El Hamma (2009_2019)	20
Figure II.7	des moyennes des vitesses des vents de la période (1998-2018)	21
Figure II.8	Représentation graphique du bilan hydrique	26
Figure III.1	Barrage Foug el Gueiss (kais, Khenchela ,2021)	29
Figure III.2	le bassin versant Foug El Gueiss (classification d'après ABH)	30
Figure III.3	Rectangle équivalente du bassin versant oued El Gueiss	33
Figure III.4	Courbe hypsométrique du bassin versant d'oued El Gueiss	34
Figure III.5	les pentes de bassin versant oued El Gueiss (carte géologique)	37
Figure III.6	Réseau hydrographique du bassin versant oued El Gueiss (carte géologique)	38
Figure III.7	profil en long d'oued El Gueiss	39
Figure IV.1	Réseau hydrographique du bassin versant de Foug El Gueiss.	45
Figure IV.2	Histogramme de variation des valeurs du PH dans les eaux du barrage Foug El Gueiss. (2011/2012).	49
Figure IV.3	Figure: Histogramme de variation des valeurs de la conductivité dans les eaux de Barrage Foug El Gueiss. (2011/2012).	49
Figure IV.4	Histogramme de variation des valeurs de la turbidité dans les eaux du Barrage Foug El Gueiss. (2011/2012).	50

Liste des Figures

Figure IV.5	Histogramme de variation des valeurs de l'alcalinité dans les eaux du Barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).	51
Figure IV.6	Histogramme de variation des valeurs du chlorure dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).	52
Figure IV.7	Histogramme de variation des valeurs des Sulfates dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).	52
Figure IV.8	Histogramme de variation des valeurs des Phosphates dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).	53
Figure IV.9	Histogramme de variation des valeurs des Nitrates dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).	54
Figure IV.10	Histogramme de variation des valeurs des Nitrites dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).	54
Figure IV.11	Histogramme de variation des valeurs du Sodium dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).	55
Figure IV.12	Histogramme de variation des valeurs du Potassium dans les eaux du Fer et manganèse (2011/2012).	55
Figure IV.13	Histogramme de variation des valeurs du Fer dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).	56
Figure IV.14	Histogramme de variation des valeurs du Manganèse dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).	56
Figure IV.15	Histogramme de variation des valeurs d'Ammoniaque dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).	57
Figure IV.16	Histogramme de variation des valeurs des matières en suspension dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).	58
Figure IV.17	Histogramme de variation des valeurs du Cuivre dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).	58
Figure IV.18	Histogramme de variation des valeurs du Cadmium dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012)	60
Figure IV.19	Histogramme de variation des valeurs des matières organiques dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).	60
Figure IV.20	Histogramme de variation des valeurs d'O ₂ dissout dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (1011/2012).	61

Liste des Figures

Figure IV.21	Histogramme la variation des valeurs du DBO5 dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).	62
Figure IV.22	Histogramme de variation des valeurs du DCO dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).	63
Figure IV.23	Histogramme de variation des valeurs du Plomb dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).	64
Figure V.1	Processus d'envasement d'un barrage Réservoir (Remini, 1990)	68
Figure V.2	Barrage foum El Gueiss	71
Figure V.3	Moyenne de dévasement "booster"	72

INTRODUCTION

GENERALE

Introduction

Introduction générale :

L'eau est essentielle pour la vie, elle est donc très précieuse et vitale car sans elle, il n'y aurait pas de vie sur Terre. Bien que 71% de la surface de la Terre soit couverte d'eau, sur les 1.36 milliards de km³ d'eau qui couvrent notre planète, seulement 0,014 % est douce et utilisable par l'homme. Si cette quantité est suffisante pour répondre aux besoins futurs de l'humanité, l'altération de la qualité de l'eau rend la part compatible avec L'utilisation humaine, de plus en plus faible

En Algérie, la demande en eau qu'elle soit destinée à l'alimentation en eau potable (AEP), à l'agriculture ou à l'industrie, ne cesse de croître et devient de plus en plus difficile à satisfaire les besoins à cause de l'accroissement de la population, du développement industriel, agricole et de l'insuffisance de cette ressource. Pour remédier à ce problème, les pouvoirs publics ont Construit des ouvrages hydrauliques tels que les barrages, pour stocker les eaux des Précipitations qui seront utilisées dans divers domaines. Les barrages sont donc des ouvrages Artificiels dont la ressource dépend de la pluviométrie et parmi leurs fonctions : la régulation de cours d'eau, l'irrigation, l'alimentation en eau potable, la production d'énergie électrique, la retenue de rejets de mines ou de chantiers, le tourisme et les loisirs, la lutte contre les incendies etc...

Pour satisfaire les besoins de ces différents secteurs, il est impératif de protéger cette ressource contre toutes formes de pollution (urbaine, industrielle, agricole...), et de Prévenir les accidents et les dommages que la digue pourrait subir. La région d'étude (Bassin versant de Foug El Gueiss) se situe au Nord Ouest de la ville de Khenchela .Ce bassin s'étale sur une superficie de 156 km².

Situation géographique :

La région de Khenchela est située au l'Est de l'Algérie, au Sud-est du bassin versant de Constantinois et au contrefort du mont des Aurès entre 34°06 '36 " et 35°4'21" Latitudes Nord et Entre 06°34'12" et 07°35'56 " de longitudes Est, la Wilaya de Khenchela s'étend sur une superficie De 9.715 Km². De par, de sa position géographique, la Wilaya de Khenchela est limitée par cinq (05) Wilayas, Dont les liens demeurent très étroits dans tous les domaines de l'activité économique et sociale, Elle constitue également, un trait d'union non moins appréciable entre le Nord- Est et le Sud du Pays. Elle se trouve ainsi, située aux portes des grandes villes du Sud et non éloignée des villes Métropoles du Nord.

Introduction

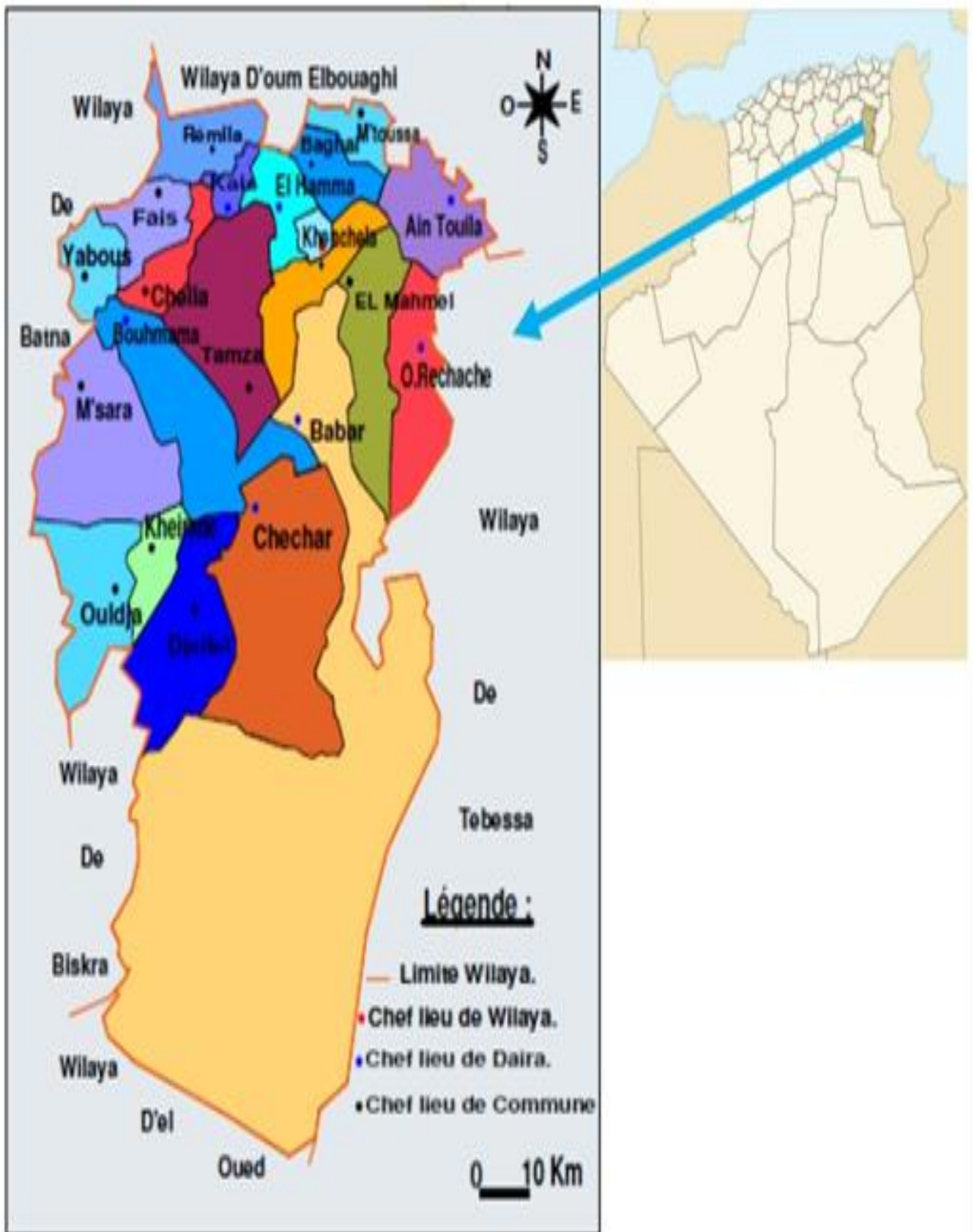


Figure 01: situation géographique de la Wilaya de Khenchela.

CHAPITRE 01:
GÉOLOGIE

I.1. Géologie :

La géologie est une partie très importante dans toute étude hydrologique et hydrochimique. Ainsi, la lithologie et la structure géologique jouent un rôle primordial sur la qualité des eaux suite à la dissolution des minéraux qui se trouvent dans la roche et sur la quantité d'eau qui ruissèle ou s'infiltré selon le type du terrain (perméable ou imperméable).

I.2. La géologie générale de la Wilaya de Khenchela :

Le comportement géologique de la région d'étude a été inspiré des travaux et études Antérieurs réalisés sur le massif des Aurès, sur les hautes plaines steppiques et sur les zones Humides. La plupart de ces études ont été axées sur les caractères stratigraphiques, géomorphologiques, sédimentologiques et structurales. D'après l'inventaire stratigraphique dressé par plusieurs Géologues et en particulier par les terrains les plus anciens sont attribués au Trias et les plus récents au Quaternaire. Selon depuis le Trias, la région est le Siège de dépôts épicontinentaux à faciès divers et d'épaisseur variable. Dans cette période, la Région présaharienne représentait une plate-forme qui se caractérisait par l'accumulation de Différents sédiments. Du point de vue tectonique, la région présaharienne se rapporte à l'Atlas Tunisien séparé de l'Atlas saharien par le massif des Aurès avec un point culminant à 2328 m. La région de Khenchela se caractérise par la présence de trois (03) zones différentes qui Peuvent être distinguées comme suit :

- Au Nord : on a le bassin miocène de Timgad et de Douffana. C'est une zone plate, Steppique qui correspond à la bordure méridionale de la grande dépression de Garat **El Taref**
- Les parties occidentales et centrales constituent la terminaison périclinale.
- Nord-Est de La chaîne des Aurès, région caractérisée par les Diapirs triasiques ;
- La zone méridionale La zone méridionale au Sud constitue les monts des Nememcha ; et plus au Sud, c'est La zone plate qui correspond à la bordure septentrionale du pays des chotts.

Du point de vue tectonique, le territoire de la Wilaya de Khenchela est situé au Nord de la Flexure Sud atlasique. Les reliefs montagneux sont très accidentés caractérisée par la présence De plusieurs failles. On rencontre deux principales familles: la première correspond aux plus Grandes failles de direction Est-Ouest à Nord-est / Sud-ouest.

La seconde celle des plus Petites failles de direction Nord-Ouest / Sud-Est. Ces deux types de failles sont verticaux. Il est à noter que les Diapirs ou dômes triasiques se trouvant dans la Partie orientale, empruntent Généralement les zones de failles et de faible résistance

pour remonter à la surface du sol et Affleurer. Du point de vue lithologie, on rencontre des calcaires, des marnes, des argiles, du Gypse, des sables, des grès et des conglomérats La géologie de la région d'étude.

I.2.1 Trias :

Cet étage est caractérisé par la présence de marne accompagnée de gypse et de sel gemme, et se situe sur les flancs des anticlinaux.

Le Trias affleure en masse chaotique, sans aucune stratification. Dans ces masses, divers éléments sont reconnaissables (dolomies noires, grès, gypses marneux et gypses fibreux) et emballés dans des argilites vertes.

Les pointements Triasiques sont en contact anormal à Khenchela avec l'Aptien, le Cénomaniens et le Coniacien.

I.2.2 Jurassique

Il s'agit des marnes, des calcaires marneux et des dolomies, constituant la succession de cet étage.

La partie supérieure est constituée de calcaire de plus en plus dolomitique jusqu'à la dolomie pure.

I.2.3 L'aptien

Caractérisé par la large présence des faciès carbonates (dolomie et calcaire dolomitique)

I.2.4 L'albien

Où son épaisseur est entre 400-500m présent dans tous les anticlinaux de l'Aurès, les marnes constituent la base, les calcaires sont développés au sommet.

I.2.5 Cénomaniens supérieur

Ce sont des calcaires marneux gris-bleus à cassures noirâtres en bancs métrique.

I.2.6 Turonien

Occupé à l'affleurement les plus grandes surfaces de l'Aurès pendage faible. Il est présenté par les calcaires à rudistes et des marno-calcaires. L'épaisseur de l'étage varie de 100 à 300 mètres dans faciès à rudistes et atteint 800 m et plus dans faciès calcaires marneux.

I.2.7 Coniacien

Formé de marne grise et de marno-calcaire.

I.2.8 Santonien

C'est un faciès marneux: marnes gris-bleu et calcaires marneux.

I.2.9 Campanien

Formé de marnes et de calcaires crayeux.

I.2.10 Miocène

Le miocène marin surmonte dans l'Aurès des assises d'origine continentale comprenant:

- A la base des argiles rouges
- Au dessus des grès ou sable bruns ou rouge
- Au sommet des poudingues rouge

I.2.11 Langhien-serravalien

Formé des marnes, biomicrites; bio micros-parités et grès blanc. Tortonien gréseux blanc grossier Formé de l'argile silteuses à grès blancs grossiers en bômes pluri métriques, à abondantes dragées de quartz.

I.2.12 Quaternaires

Les formations récentes sont aussi largement répandues à la périphérie de l'Aurès; ils sont rares dans le centre massif des Aurès, ils sont représentés uniquement par des éboulis et des terrasses; tandis qu'ils forment en périphérie de large et épaisses nappes alluviales.

I.2.13 Alluvion récentes au actuelles

Ces formations sont limitées aux zones basses, à l'oued Issouel qui aboutit au Barrage de Foum el Gueiss, et à l'oued Ras Serdoun. Ce sont des sables, des graviers et des limons gris de gros galets émoussés calcaires ou gréseux.

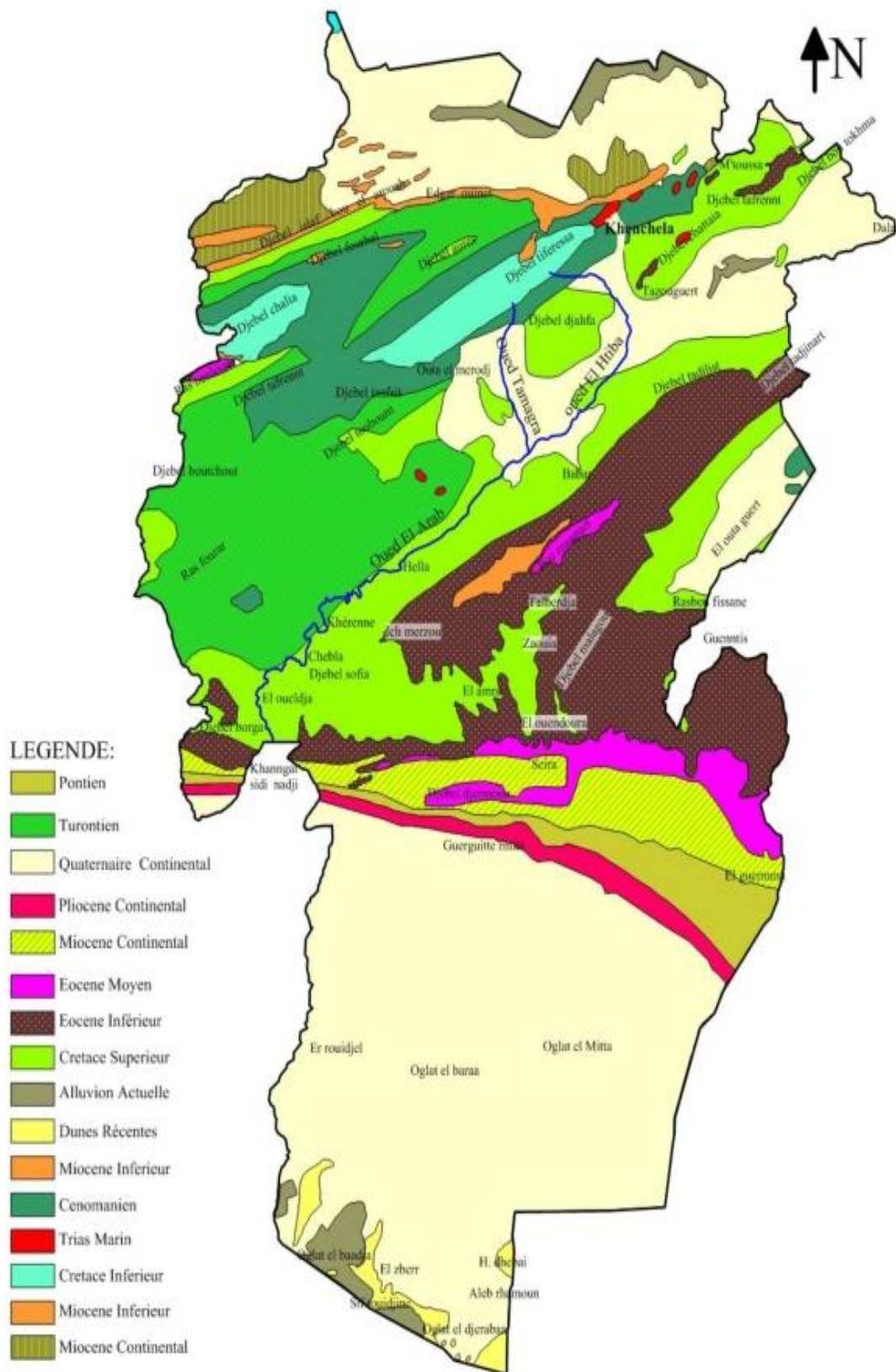


Figure I.1 : La géologie de la région de Khenchela.

I.3 Tectonique

Le piémont Nord-Est des Aurès se trouve dans le Nord-Est de l'Algérie, sur la bordure Nord de la plaque Africaine, le long de sa zone de contact avec la plaque eurasiatique au Nord. Depuis le Trias jusqu'à l'Actuel, l'Atlas Saharien a subi plusieurs épisodes successifs de subsidence et de soulèvement, en relation avec les mouvements relatifs de plaque tectoniques, ce qui indique un changement dans la dynamique d'écoulement. Cette mobilité tectonique apparaît dans les structures suivantes:

- Le synclinal du Djebel l'Aurès, pli dissymétrique avec un flanc long au NO et un flanc court au SE.
- L'anticlinal de Khenchela.
- Le synclinal du Djebel Djehfa.
- L'anticlinal du Djebel Chélia.

Ces plis dont l'expression morphologique constitue les reliefs au Sud du Barrage de Foum El-Gueiss et Koudiat Medouar sont formés à la faveur de failles dont la direction est parallèle à celle des axes de plis.

La transition entre la plaine des Sabkhas et les reliefs de l'Aurès est matérialisée par un piémont de grès miocène (Tortonien) discordants sur les calcaires cénomaniens de l'anticlinal du Djebel Chélia.

I.4. Contexte géomorphologique

La structure physique de la localité de Khenchela est hétérogène. Elle se caractérise par trois zones naturelles distinctes :

- Les Hautes plaines au Nord : Ce sont des plaines à fortes potentialités hydriques qui offrent de grandes possibilités en matière de développement agricole. Elles couvrent 15% du territoire. Ces plaines sont caractérisées par la présence de lacs et de Sebkhass (Guaraat Tarf, Onk jemel,...)
- La Zone montagneuse: Occupe les parties centrale et Ouest de la localité environ 36% de la superficie globale du territoire (les massifs des Aurès et les Monts des Nememchass).
- Les espaces steppiques et sahariens : Couvrent la moitié Sud de la localité environ 49% de la superficie totale (région à vocation pastorale). (Boubelli, 2009).

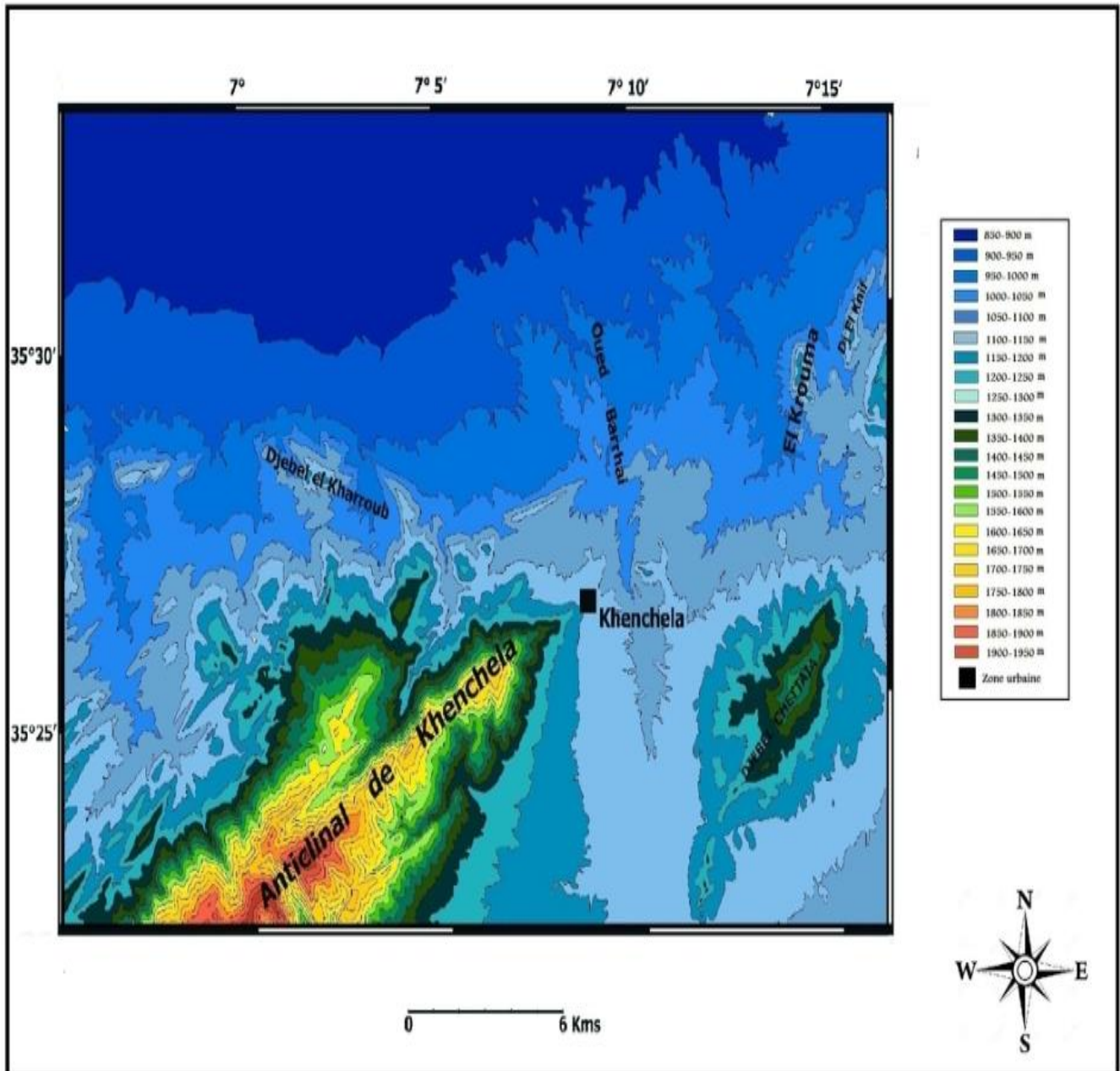


Figure I.2 : vue satellitaire de la région d'étude (source NASA World Wind, 2012).

Sur le plan orographique, il s'agit d'une diversité de paysages qui se manifestent tantôt en reliefs tantôt en zones basses.

Au Sud de la région, les structures aurésiennes offrent une forte orographie d'altitudes dépassant souvent les 2 000 m : Djebel Chélia 2 328 m, Djebel Feraoun 2099 m, Djebel Chentgouma 2 113 m et Djebel Khenchela ayant plusieurs chaînons : Djebel Aidel 2173 m, Ras Kodléne 1945 m, Kef Tifekressa 1945 m et Ras Serdoun 1700 m. Ces massifs et tout l'Aurès septentrional sont limités au Nord par de vastes plaines qui se prolongent vers l'Est du bassin de Timgad, les plaines de Remila, de F'kirina et de Garaet

Et Tarf, dont l'altitude moyenne est de 950 m environ. A l'Est, on trouve une zone de moyennes montagnes, aux reliefs moyens. On y remarque les Djebels : Chettaia 1 455 m, Knif 1 244 m et El Krouma 1 171 m. Cette série est suivie d'un arc montagneux boisé appartenant aux monts des Harectas et d'une suite de petits chaînons allant des Djebels Guern Ahmar 1 326 m, Fedjijet 1 291 m et Bou Tokhma 1 348 m au Djebel Tafrennt d'altitude 1 406 m. Les zones planes sont formées au Nord par la plaine de F'kirina, Garaet Et Tarf et la vallée de l'Oued Meskiana ainsi que par le prolongement à l'Est du bassin de Timgad et au sud par la dépression d'Es Sbikha , la plaine de Fid En Nedjil ainsi qu'un système de bassins intra-montagneux en relais, El OutaGuert, El OutaGasses et El Outa Zora. (Ben Abbas, 2006).

I.5 Le milieu physique:

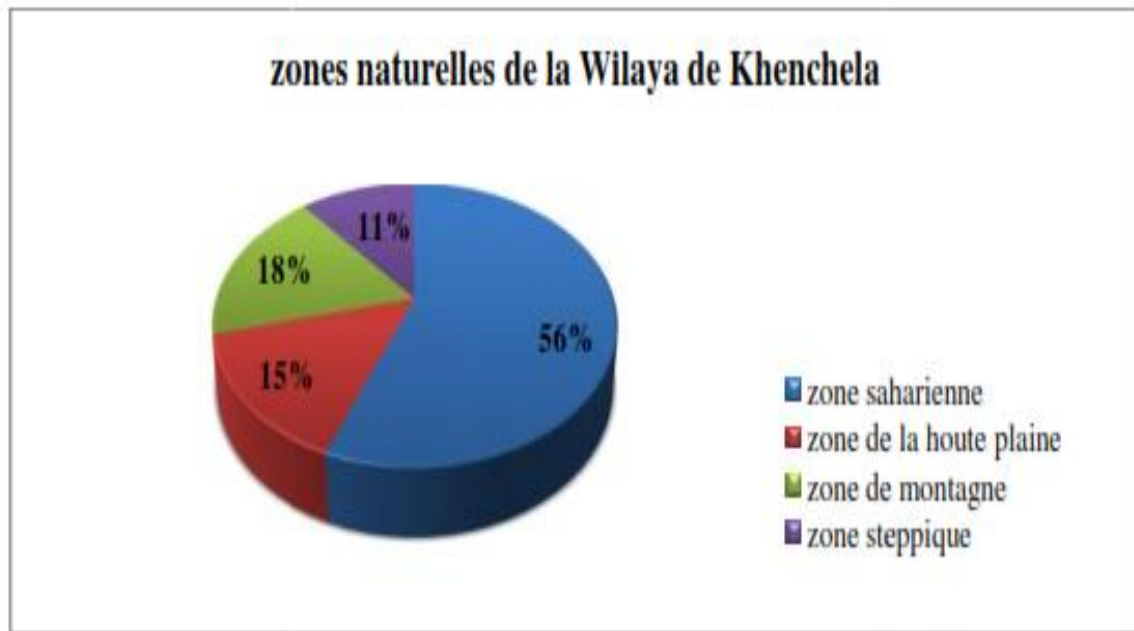
I.5.1 Le relief:

Le relief est la résultante de la combinaison entre deux facteurs: l'altitude et la pente. Le relief de la Wilaya de Khenchela est composé de quatre (04) grands ensembles géographiques (DPAT, 2012).

I.5.2 Les montagnes:

Ces reliefs on les retrouve au Nord-Ouest sur le massif des Aurès représentés par Djebel -Aidel (2092 m), Djebel -Chentgomma (2115 m), Djebel -Bezez (2141 m) et à l'Est dans les massifs de Nememcha représentés par Djebel -Bouzendag (1390m), Djebel – Sguiguine (1453 m), Djebel -Tedliste (1507 m). On retrouve les massifs de Djebel -Djahfa (1707 m) (Gaagai, 2009).

- **Les plateaux :** Ils sont situés au Nord-Est (plateaux d'Ouled Rechache) et s'étendent sur les communes de Mahmel et d'Ouled Rachache.
- **Les plaines:** Situées au Nord et Nord-Ouest de la Wilaya, elles comprennent Remila, Bouhmama et M'toussa. Il a est noté que ces deux derniers ensembles sont parfois appelés les hautes plaines.
- **Les parcours steppiques et les dépressions :** Ils sont situés dans la partie méridionale de la Wilaya. Ils se caractérisent par des terres sablonneuses et par la présence de chotts. Ces derniers constituent ainsi le point de convergence exutoire des Oueds drainant le Sud de la Wilaya.



Source : DPAT W. Khenchela

Figure I.3: La répartition des zones naturelles de la Wilaya de Khenchela

I.6 Conclusion :

Le bassin versant de Foum El-Gueiss se caractérise géologiquement par :

- Sa localisation dans les hautes plaines constantinoises
- Le trias est constitué par des couches des marnes accompagnées de gypse
- Le Jurassique se forme par des calcaires marneux et de dolomies
- Les formations d'âge quaternaire se répartissent en totalité dans le bassin versant
- Les Alluvions récentes constituent par des sables, des graviers et des limons gris de gros galets émoussés calcaires ou gréseux
- alluvions récentes sont limitées aux zones basses, Oued Issouel qui aboutit au barrage de Foum el Gueiss
- Les plis anticlinaux (Khenchela, Chélia) et le pli synclinal (Djebel de Djahfa) sont morphologiquement constitués des reliefs au sud de barrage de Foum el Gueiss
- A partir de la lithologie des formations géologiques, on peut avoir une idée sur le chimisme des eaux.
- Les calcaires donnent un faciès généralement bicarbonaté calcique ou magnésique -Les marnes donnent un faciès sulfatés
- Les alluvions donnent plusieurs faciès non salés.

CHAPITRE 2

HYDROCLIMATOLOGIE

II.1 Introduction :

La climatologie constitue un facteur important pour la connaissance du devenir des précipitations. 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, ce dernier est nécessaire pour comprendre le fonctionnement d'un système hydraulique de surface, impliquant la connaissance des paramètres suivants : (Les précipitations, la température, l'évapotranspiration, l'infiltration et le ruissellement), qui conditionnent ce bilan.

II.2 Climatologie de la zone d'étude

Pour étudier le climat de la zone d'étude, nous avons exploité des données recueillies au niveau de la station météorologique d'El Hamma gérée par l'office national de la météorologie, et dont la période d'observation va de 2009 à 2019 pour la station d'El Hamma, a servi pour l'évaluation des facteurs du bilan. Cette station est située selon les coordonnées suivantes :

Tableau 01 : Les coordonnées de la station météorologique

coordonnée	latitude	longitude	altitude	Période d'observation
D'Elhamma	7°05'E	35°28'N	928.5 m	2009-2019

II.3 Caractéristiques climatiques de la région d'étude

Selon la situation géographique de l'Algérie, on peut distinguer trois zones climatiques; la première à climat méditerranéen au Nord, la seconde à climat semi-aride vers l'intérieur du pays et enfin un climat aride qui caractérise le grand Sahara.

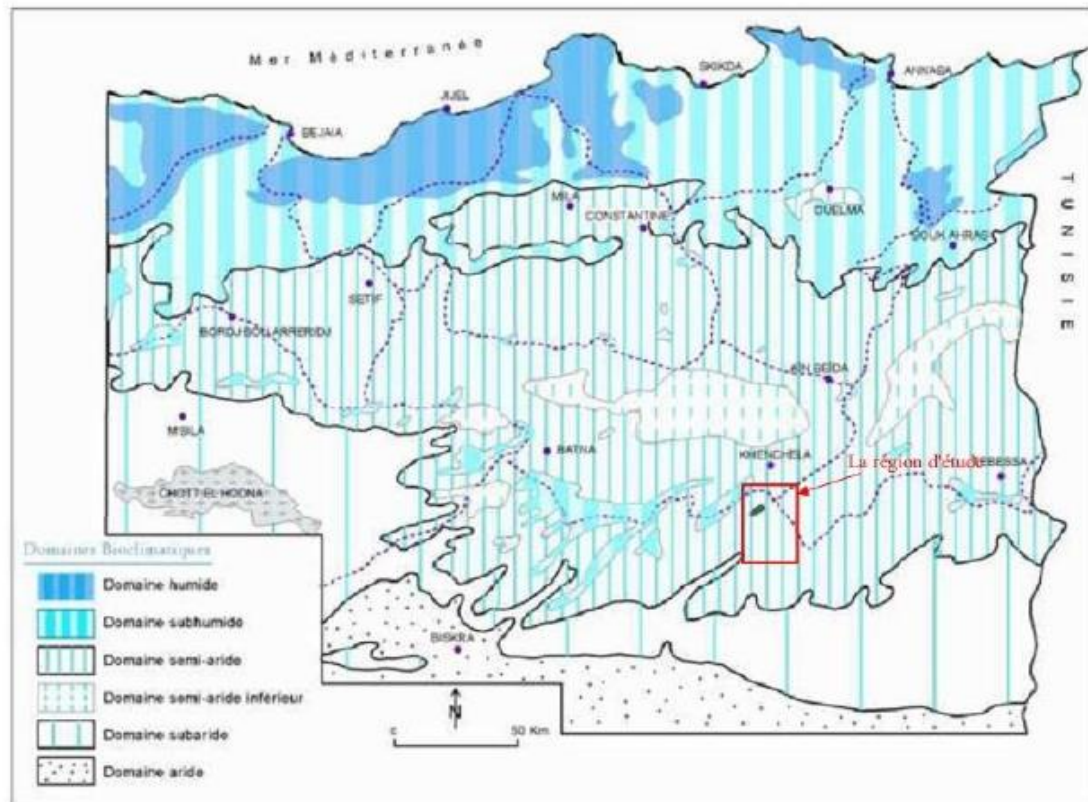


Figure II .1 : Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Est algérien

La région d'étude fait partie de la deuxième zone semi-aride, marquée par les risques et les aléas. Dans ce qui suit, nous pouvons voir un aperçu hydroclimatique qui est indispensable à la compréhension des processus de changement climatique. Ceci nous permettra d'avoir une vision générale sur le comportement hydrologique des cours d'eau et la variation des réserves des eaux de surfaces . Ainsi, la variation des paramètres climatiques influe sur l'évolution des concentrations des éléments chimiques, en fonction des saisons.

II.4 Étude des paramètres climatiques

II.4.1 Les précipitations

La répartition spatiale des pluies obéit à deux paramètres, la répartition hypsométrique et la disposition du relief, Selon la carte des précipitations annuelles moyennes de l'Est algérien établie par l'i A.N.R.H (1993), l a été constaté que la région l'Ouest de Khenchela apparaît à un secteur sec dont les précipitations moyennes annuelles oscillent entre 250 et 400 mm selon un gradient Nord-Sud.

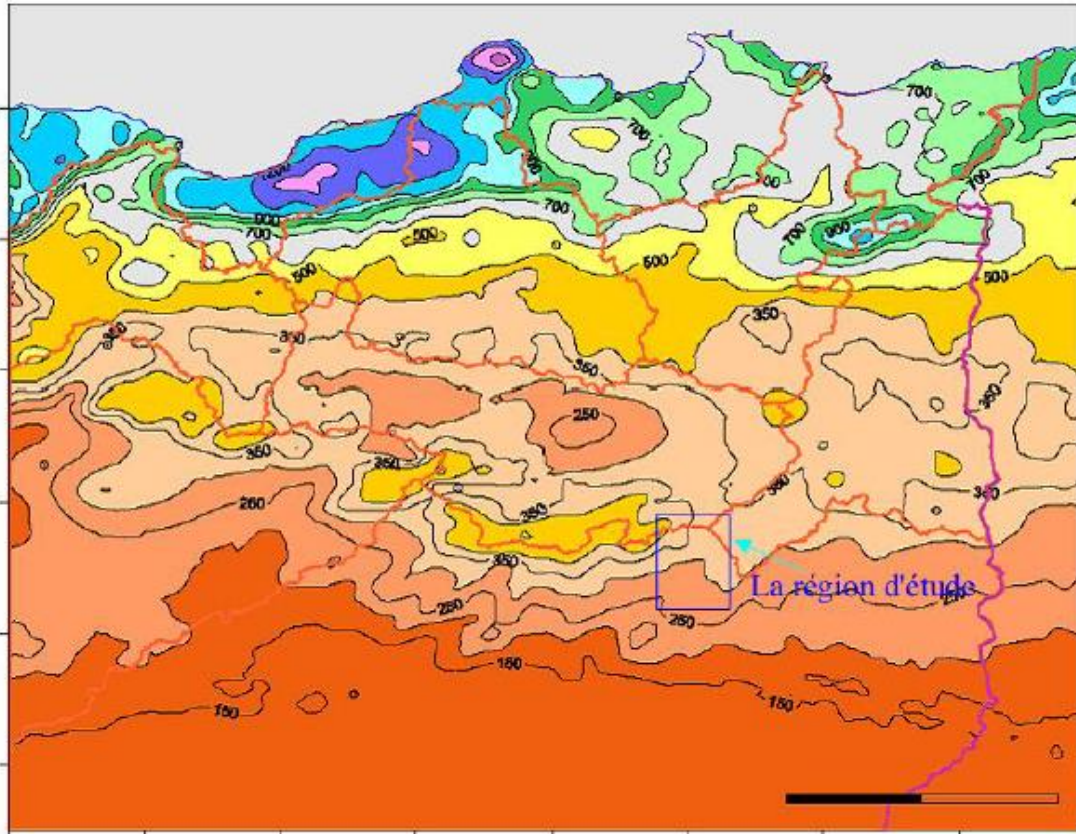


Figure II .2 : Carte des précipitations annuelles moyennes de l’Est algérien. (A.N.R.H, 1993).

Tableau 02 : Précipitation moyenne mensuelle et annuelle (1998_2018) en (mm)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Moyenne annuelle
P :	36,66	31,97	25,13	23,76	36,82	26,84	36,89	35,59	27,85	18,64	7,33	31,97	28,28
(2009-2019)													
saison	Automne			Hiver			Printemps			Eté			
P(mm, %)	Mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%			
	93,76	27,62%	87,42	25,75%	100,33	29,55%	57,94	17,06%					

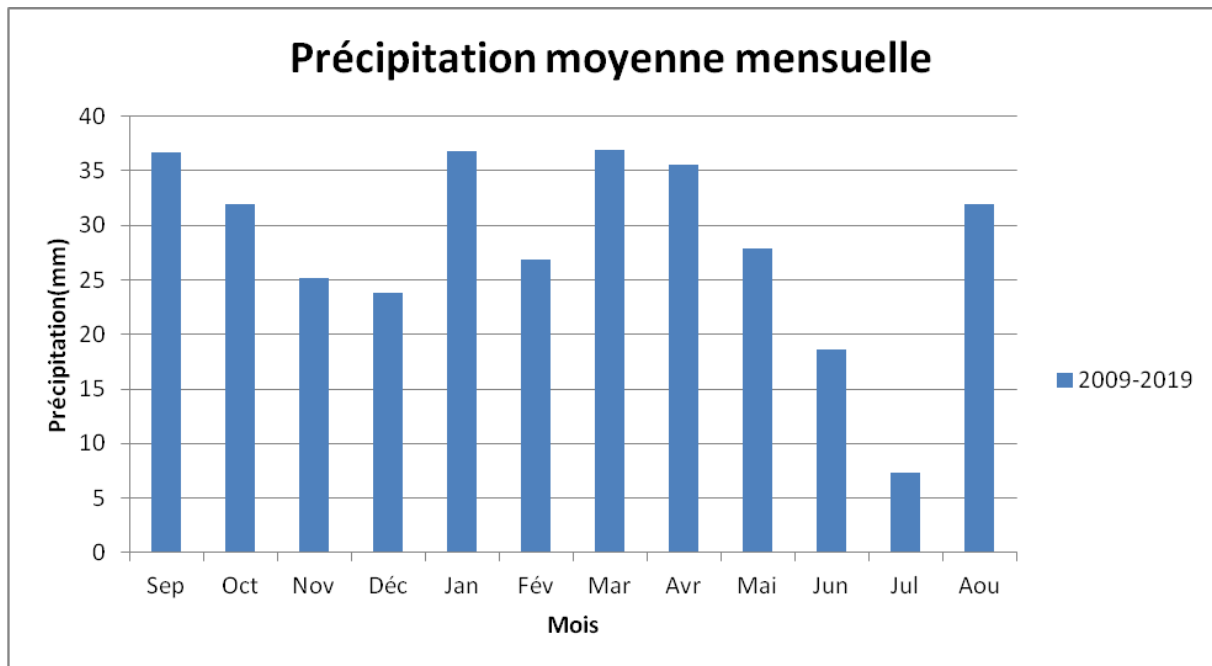


Figure II.3 : Précipitations moyennes mensuelles de khenchela

Le mois le plus pluvieux est Mars avec une moyenne mensuelle de 36,89 mm, par contre le mois le plus sec est juillet avec une moyenne mensuelle de 7,33 mm.

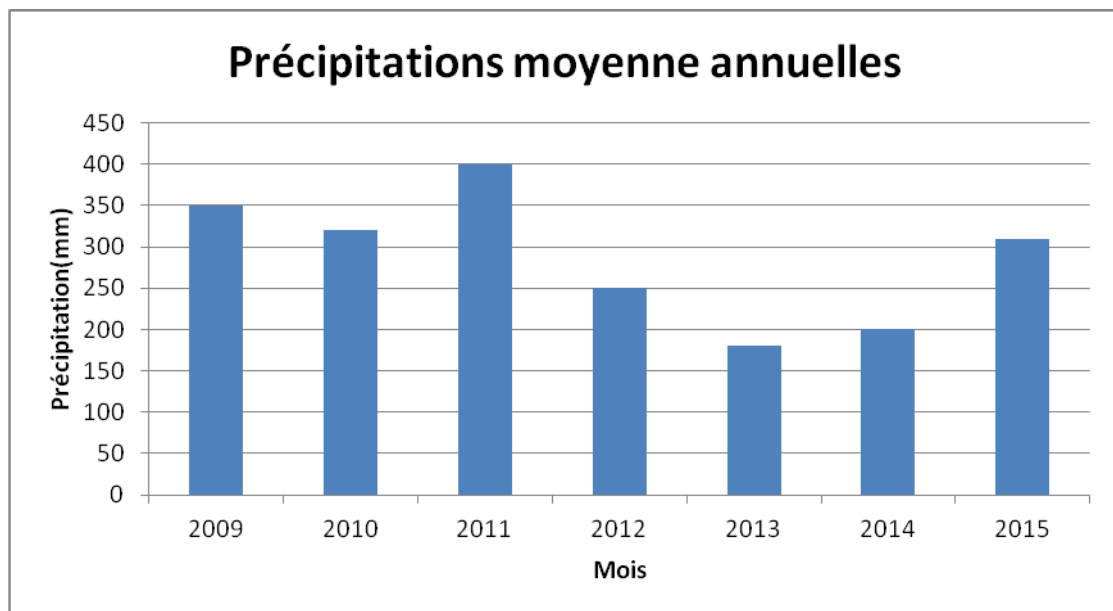


Figure II.4 : Précipitations moyenne annuelles de khenchela

L'analyse de la figure II.4 montre que l'année la plus humide est 2011, avec une moyenne annuelle de 400 mm alors que l'année la plus sèche est avec une moyenne annuelle de 180 mm.

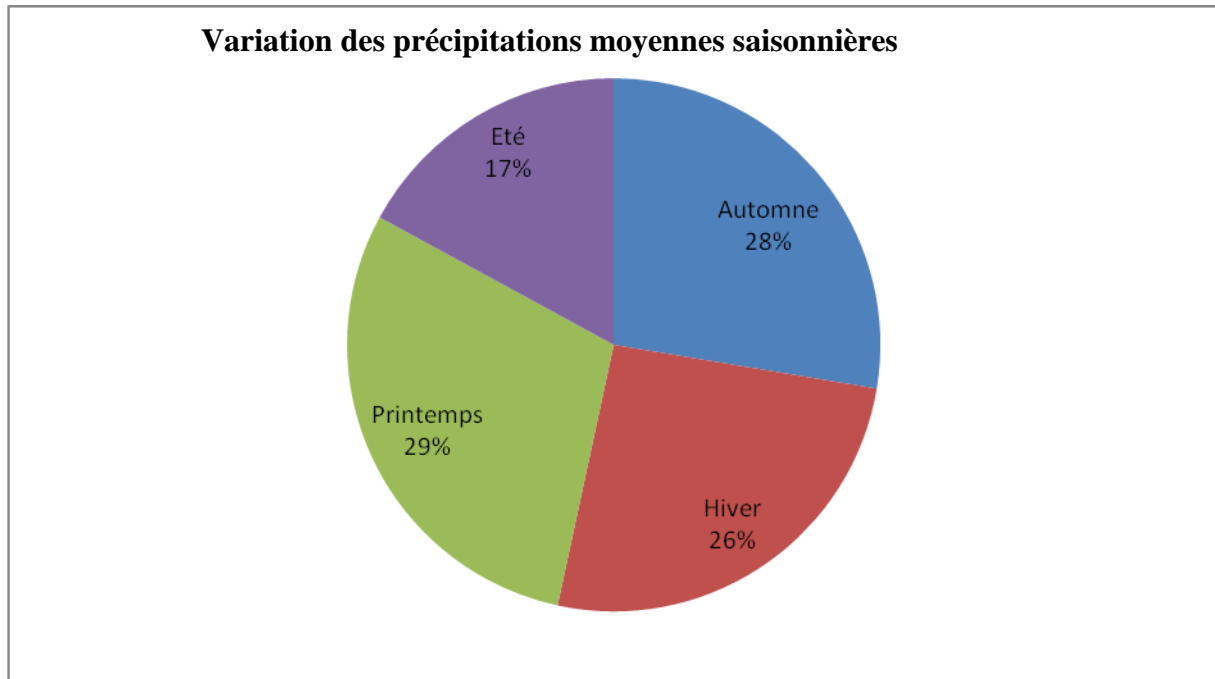


Figure II.5 : variation des précipitations moyennes saisonnières.

La Figure II .5 montre les variations saisonnières des précipitations pendant la période D'étude. On constate deux périodes, la première où les précipitations sont maximales alors que la deuxième où les précipitations sont minimales. La répartition saisonnière des pluies pour cette région montre que le maximum est enregistré uniquement pendant le Printemps par contre le minimum est enregistré en Eté.

II.4.2 Température :

La température représente un facteur limitant de toute première importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de totalité des espèces de communautés d'être vivant dans la présentation de la zone d'étude. Les températures moyennes mensuelles durant 10 années (2009 à 2019) sont représentées dans le tableau ci dessous

Tableau 03 : Températures moyennes mensuelles à la station de d'El Hamma pour la période (2009-2019) en(T°C) :

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aout	Moyenne annuelle
2009-2019	22,43	17,28	11,20	7,67	6,28	9,26	10,06	14,33	18,04	26,19	27,62	21,92	16,02

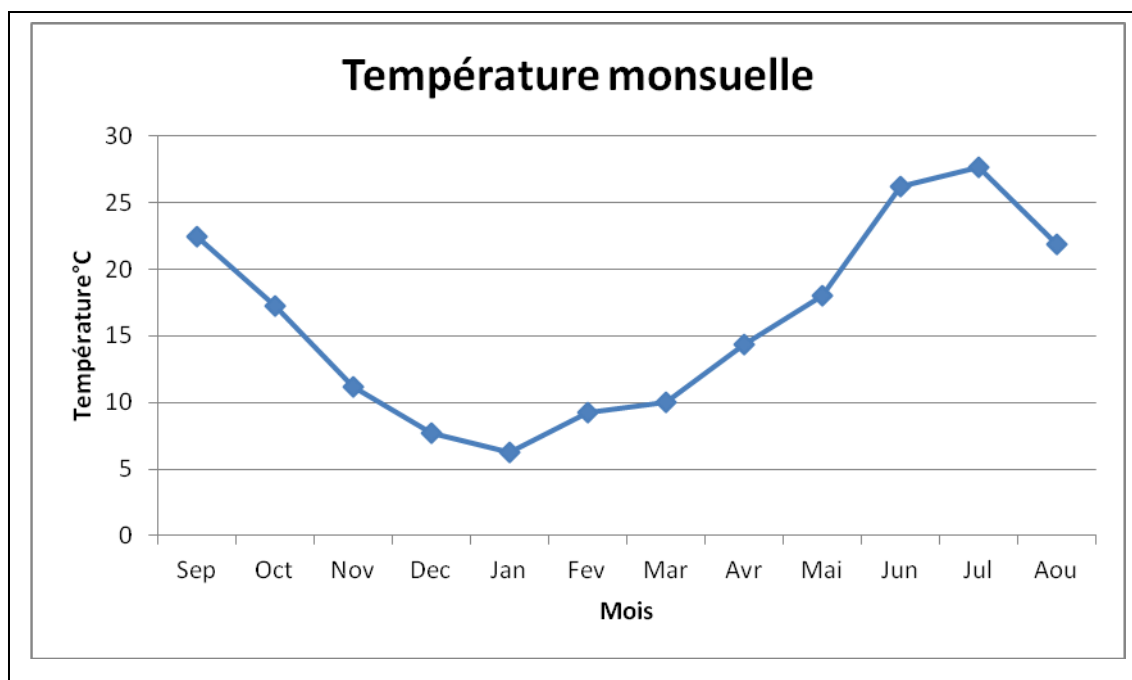


Figure II.6 : Variation mensuelle des températures à la station de d'El Hamma (2009_2019)

La courbe des variations des températures moyennes mensuelles (figure) montre que le mois de Janvier le plus froid avec 6,28 °C et le mois de juillet est le plus chaud avec 27,62°C

II.4.3 Régime de vent :

Le vent est un déplacement d’air à peu près horizontalement qui agit surtout sur la pluviométrie, l’évaporation, la température et l’humidité de l’air, il est donc un élément déterminant pour le climat.

Tableau 04 : Les données climatiques de la vitesse moyenne mensuelles des vents (2009-2019) en (m /s) :

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou
1998-2018	2,64	2,87	2,27	1,93	3,94	3,84	4,82	3,59	3,17	3,24	3,36	2,56

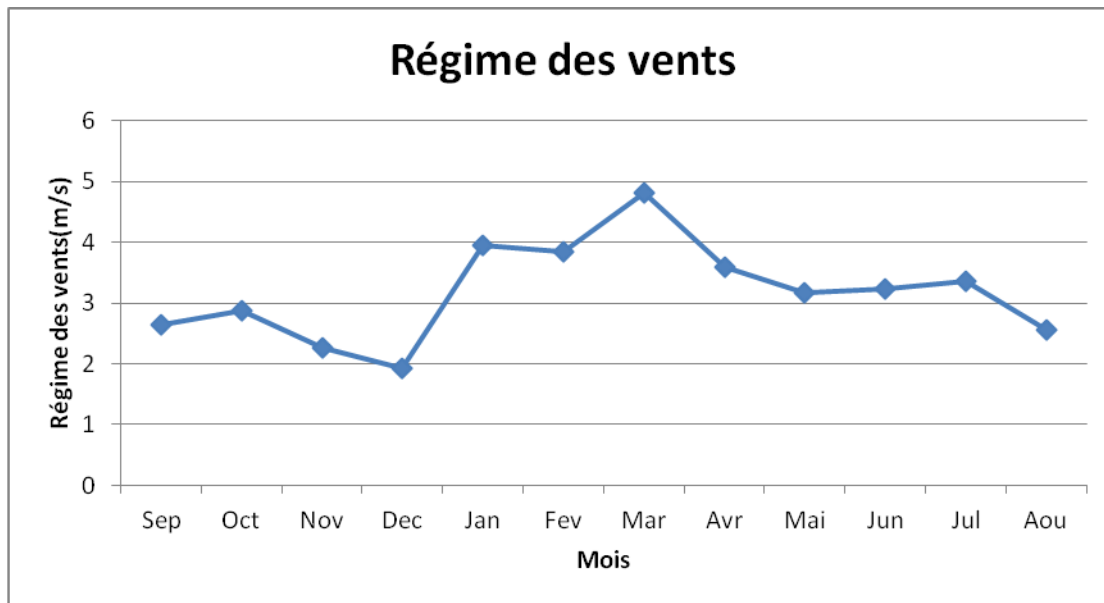


Figure II.7 : Diagramme des moyennes des vitesses des vents de la période (1998-2018)

La vitesse moyenne annuelle des vents dans la région de kenchela est de 3,18 m/s avec un maximum au mois de Mars et un minimum au mois de décembre. Il est à craindre durant le mois de Mai à juillet la manifestation du sirocco qui est un vent chaud et sec favorise l'évapotranspiration causant ainsi de sérieux dégâts aux végétaux et notamment les cultures.

II.5 Etablissement du bilan hydrologique

Le but principal du bilan hydrologique est de comptabiliser les apports et les pertes en eau d'un bassin versant, autrement dit de quantifier les transferts d'eau issus des précipitations. Pour établir le bilan hydrologique, nous avons utilisé les données des précipitations mesurées dans la station de Babar sur une période de (1969 à 2015).

L'équation générale du bilan au niveau d'un bassin versant s'écrit de la manière suivante :

$$P \text{ (mm)} = Ex \text{ (mm)} + ETR \text{ (mm)}$$

Avec

$$Ex = I + R \pm V$$

Où

P : précipitation moyenne annuelle (mm);

Ex : excédent moyen annuel (mm);

ETR : évapotranspiration réelle moyenne annuelle (mm);

I : infiltration (mm);

R : ruissellement (mm);

V : variation de la réserve, généralement très faible.

II.6 Analyse des différents éléments du bilan**II.6.1 L'évapotranspiration**

L'évaporation est la restitution de l'eau par l'atmosphère sous forme de vapeur à partir de la surface du sol, quelle que soit sa nature (Sol, végétaux, eau libre). Elle est donc un élément très important pour l'établissement du bilan hydrologique, et dépend de plusieurs paramètres : la température, les précipitations, l'humidité de l'air, le couvert végétal.

II.6.2 L'évapotranspiration potentielle (ETP)

Pour estimer l'évapotranspiration potentielle, on utilise une méthode basée sur des variables climatiques. Cependant le choix dépend principalement du type de données climatiques disponibles et du type de climat de la région. De ce fait, on a jugé bon d'utiliser la méthode de Thornthwaite, pour faire sortir le maximum de paramètres. Cette méthode exprime le pouvoir évaporant au maximum de l'atmosphère au sol en fonction de la latitude, plus exactement de la durée théorique de l'insolation dans la région. Cette formule a été établie en 1948 et tient compte de l'indice thermique et de la température moyenne mensuelle. La formule de cette méthode est la suivante :

$$ETP = 16 \left(\frac{10T}{I} \right)^a * k \text{ , (en mm).}$$

Où:

ETP: Evapotranspiration potentielle mensuelle en mm

T: température moyenne mensuelle du mois considéré en °C

a: Coefficient calculé par la formule suivante:

$$a = 1.6 \left(\frac{I}{100} \right) + 0.5$$

I : Indice thermique annuel qui est égal à la somme des douze valeurs de l'indice thermique mensuel. Cet indice est calculé par la formule suivante:

$$i = \left(\frac{T}{5} \right)^{1.5}$$

K : Coefficient de correction, qui dépend de la latitude.

Les résultats de calcul de l'ETP par cette méthode sont présentés dans le Tableau suivant :

Tableau 05 : Les résultats de calcul de l'ETP

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jull	Aou	Ann
T(°)	22,43	17,28	11,20	7,67	6,28	9,26	10,06	14,33	18,04	26,19	27,62	21,92	16,02
I	9,50	6,42	3,35	1,89	1,40	2,52	2,85	4,85	6,85	11,98	12,98	9,17	73,76
Etp	102,99	66,10	31,62	16,54	11,82	22,88	26,34	48,07	71,12	134,04	146,71	99,04	
k	1,03	0,97	0,86	0,84	0,87	0,85	1,03	1,09	1,21	1,21	1,23	1,16	
ETPr	106,08	64,12	27,2	13,9	10,29	19,45	27,14	52,4	86,06	162,19	180,46	114,89	864,18

II.6.3 L'évapotranspiration réelle (ETR)

Pour le calcul de l'ETR, nous appliquerons plusieurs méthodes, mais l'ETR s'écarte plus ou moins de l'ETP, selon le climat et la nature des surfaces évaporâtes.

II.6.3.1 Méthode de Turc

Cette méthode est applicable à tous les climats et elle est fonction des précipitations et des températures moyennes mensuelles. La formule est la suivante :

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \left(\frac{P}{L}\right)^2}}$$

Où:

ETR: Evapotranspiration réelle annuelle en mm.

P: Précipitation moyenne annuelle, en mm;

L = 300 + 25 T + 0,05 T³: pouvoir évaporant de l'atmosphère;

T: Température moyenne annuelle, (en 0C);

Station d'El Hamma

P = 339,45 mm, T = 16,02 C L = 906,06 ETR = 332,82mm.

II.6.3.2 Méthode de Thornthwaite

On peut évaluer l'évapotranspiration réelle par l'établissement du bilan hydrologique selon deux cas.

A_ Si P > ETP, alors ETR = ETP

Dans ce cas l'excédent provenant des précipitations est emmagasiné dans le sol pour alimenter la RFU jusqu'à sa saturation. Son surplus sera attribué à l'excédent (water surplus).

B_ si P < ETP, alors, ETR = P + R.F.U (toute ou une partie de la R.F.U).

Si R.F.U disponible est insuffisant pour satisfaire l'ETR, alors l'ETR = P, et elle sera inférieure à l'ETP, dans ce cas on aboutira un déficit agricole (Da).

Tableau06 : Les différentes valeurs de l'ETR

Méthodes	Elhamma (mm)
Turc	332,82
Thornthwaite	310,92

II.7 Bilan hydrologique Selon la méthode de C.W. Thornthwaite

Cette méthode fait ressortir quatre paramètres: ETP, ETR, déficit agricole (DA) et l'excédent(EX). A partir de ce dernier paramètre on aboutira au ruissellement et à l'infiltration. Tous ces paramètres, reposent sur l'estimation de la réserve facilement utilisable (RFU).

II.7.1 Les réserves facilement utilisables (R.F.U)

La RFU est la qualité d'eau emmagasinée dans la couche pédologique et qui est facilement utilisable par les plantes, pour son bon fonctionnement physiologique. Richard en 1979 a proposé une formule pour le calcul de la RFU, dans la partie Nord- Est de l'Algérie qui est la suivante:

$$RFU = \frac{1}{3} D_a H_e P$$

Avec :

RFU: réserve facilement utilisable en (mm).

Da: densité apparente du sol, (Da = 0,9).

- He: humidité équivalente du sol (capacité de rétention);
- He = 5% pour un sol sablo limoneux

- He= 10% pour un sol limoneux
- He=20% pour un sol argilo limoneux
- Pour notre cas et vu la nature du sol, on a adopté le dernier cas.
- He = 20%

P: Profondeur de la terre parcourue par les racines en (m).

P = 0.5m. La RFU maximale calculée est égale à 25 mm et la RFU min = 0. L'application de la méthode de Thornthwaite a donné les résultats qui ont été consignés dans le tableau :

Tableau 08 : Le bilan hydrologique à la station de L'HAMMA

mo	Sep	Oct.	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jull	Aou	An
T°C	22,43	17,28	6,28	9,26	6,28	9,26	10,06	14,33	18,04	26,19	27,62	21,92	15,39
P _{mm}	36,66	31,97	25,13	23,76	36,82	26,84	36,89	35,59	27,85	18,64	7,33	31,97	339,45
Etp _{mm}	106,08	64,12	27,2	13,9	10,29	19,45	27,14	52,4	86,08	162,19	180,46	114,89	864,18
p-etp	-69,42	-32,15	-2,07	9,86	26,53	7,39	9,75	-16,81	-58,23	-143,55	-173,13	-82,92	/
RFU _{mm}	0	0	0	9,86	25	25	25	8,91	0	0	0	0	/
ETR _{mm}	36,66	31,97	25,13	13,9	10,29	19,45	27,14	52,4	36,04	18,64	7,33	31,97	310,92
EX _{mm}	0	0	0	0	11,5	7,3	9,7	0	0	0	0	0	28,5
DEF _{mm}	69,42	32,15	2,07	0	0	0	0	0	58,21	143,55	173,13	82,92	561,45

II .7.2Interprétation du bilan d'eau :

L'observation du graphe du bilan hydrologique nous permet de dire qu'il existe deux périodes la première est déficitaire où l'ETP est importante à partir de mois de mai jusqu'au mois de Novembre, avec des valeurs atteignant les 180,46 mm au mois de Juillet, dans cette période les sols sont secs et leur niveau de la réserve hydrique est nul, rendant la nécessité de l'irrigation. La deuxième période est humide qui commence à partir du mois de Décembre où les précipitations couvrent les besoins de l'évapotranspiration potentielle et permettent la reconstitution du stock qui s'accompagne d'une augmentation de la RFU, qui atteint son maximum entre les mois de Décembre et Avril. Toute la pluie non retenue par la couche superficielle du sol, s'infiltré et rejoint la zone saturée. Au-delà de cette période, la réserve commence à diminuer jusqu'à l'épuisement du stock.

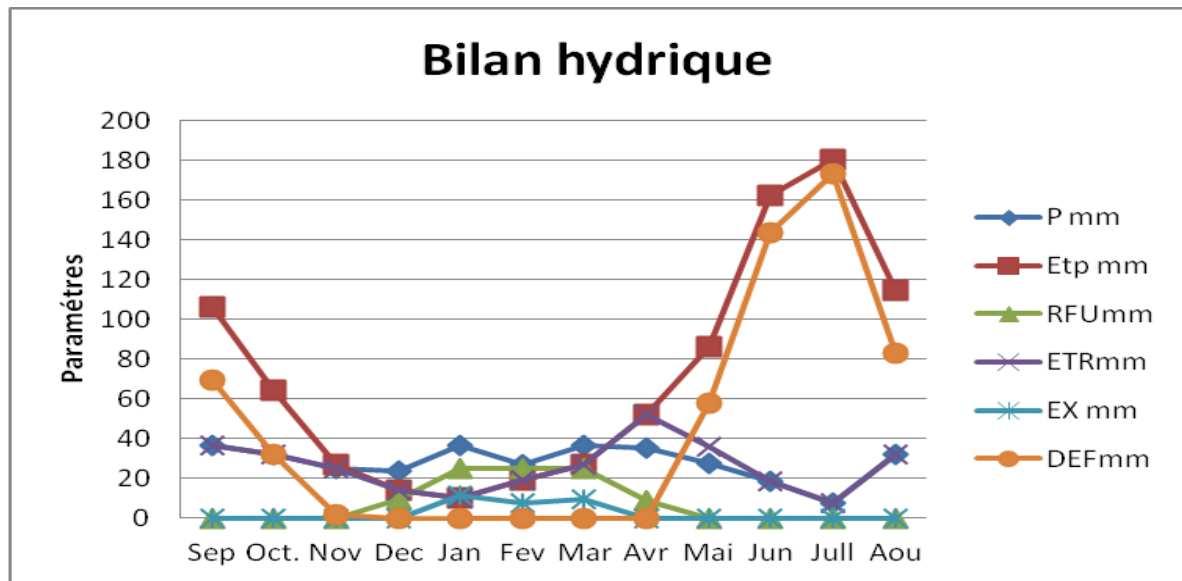


Figure II.8 : Représentation graphique du bilan hydrique

II.7.3 Ruissellement :

Le ruissellement est l'écoulement de l'eau sur la surface de la terre, en particulier la surface du sol, par opposition à ce qui y pénètre par infiltration, estimé à partir de la formule de Tixeront-Berkaloff qui est la suivante :

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

Application numérique :

R = 17,45mm

II.7.4 Infiltration :

L'infiltration est le passage de l'eau à la surface du sol et s'exprime par la formule suivante :

$$P = ETR + R + I \longrightarrow I = P - (ETR + R)$$

Application numérique:

I = 11,08 mm

II.8 Conclusion :

La région d'étude est soumise à un climat semi-aride, elle est caractérisée par un hiver froid et un printemps pluvieux et un été chaud et sec.

Les précipitations moyennes annuelles, sur une période de 10 ans (2009–2019), sont estimées à 339,45mm, leurs répartitions mensuelles montrent deux grandes saisons bien distinctes, le premier est humide, qui s'étend du mois de Septembre à Mai, et le deuxième est sec, qui s'étale sur les mois de Juin et Aout, L'évapotranspiration réelle est estimée 310,92 mm.

Les températures moyennes mensuelles varient entre 6,78 °C et 27,62 °C, avec une moyenne annuelle de 16,02 °C .Le mois de juillet étant le plus chaud, et janvier le plus froid.

Le ruissellement ne représente que 17,45mm des précipitations.

L'infiltration est estimée à 11,08mm Cette dernière contribue à l'alimentation des nappes souterraines à partir de la surface.

Le déficit agricole estimé est de 561,45 mm étalé sur la période allant de mai jusqu'à novembre. Notons que le bilan hydrologique est déficitaire.

La chimie des eaux est influencée par la répartition des précipitations et des températures par dilution pendant la période pluvieuse et concentration lors de l'évaporation durant la période sèche.

CHAPITRE 3
PRÉSENTATION DE
LA ZONE D'ÉTUDE

III.1 Présentation générale (barrage Foum El Guisse)

III.1.1 Situation géographique de barrage Foum El Guisse

Le barrage de Foum El-Guiss situé à cheval entre les communes de Kais et d'El Hamma, dans presque sept kilomètres à l'est de la ville de Khenchela, précisément sur l'oued Guiss. Les principaux affluents de ce cours d'eau sont Ben Ber, Isouel, Krefadia, et Kebass, drainent un bassin versant du versant nord des Aurès, chaîne de montagne qui s'épare les hautes plaines constantinoises du Sahara. La superficie du bassin versant est 156 km², ou 90% sont recouverts par des forêts. Le bassin versant est presque entièrement situé en montagne, avec un point culminant à Djebel Aidel 2177 m. Le point le plus bas du bassin se trouve à la côte 965 m au niveau du barrage. L'altitude moyenne du bassin versant est de 1289 m.



Figure III.1 : Barrage Foum el Guiss (kais, Khenchela ,2021)

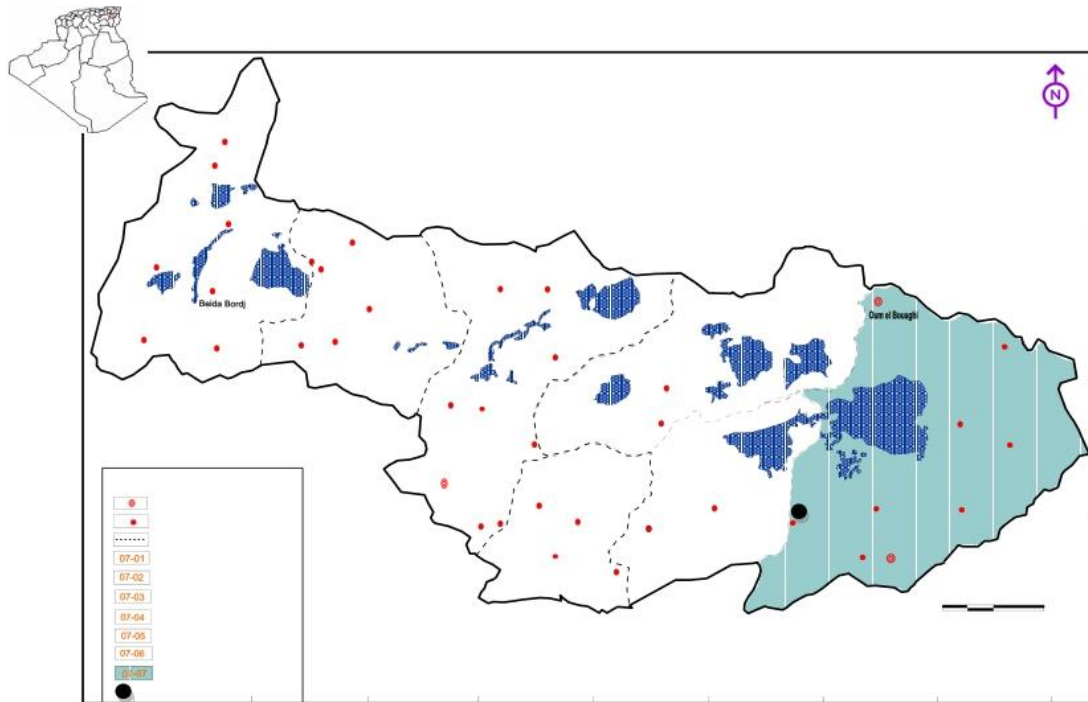


Figure III. 2 : le bassin versant Fom El Gueiss (classification d'après ABH)

Tableau 08: Caractérisation du barrage de Fom El Gueiss

Wilaya	Khenchela
Commune	Kais
Oued	El Gueiss
Type	Enrochement avec masque en béton
Déversoir	A seuil non vane
Début et fin des travaux	1932 - 1936
Année mise en eau	1938 - 1939
Capacité initiale	2,5 HM ³
Année de la 1ere surélévation	1969
Capacité supplient airé après la 1ere surélévation	0,90 H
Année de la 2éme surélévation	2005
Capacité après la surélévation	0,605 HM ³
Capacité dernière levé bathy 2005	0,045 HM ³
Apport moyens annuel	11,3 HM ³
Précipitation moyenne annuelle	409 mm
Envasement annuel	0,03 HM ³
Volume régularisé	3,2 HM ³
Cote retenu normal	961,90 m
Surface bassin versant	156 Km ²

III.2 Géologie du bassin versant

En vallée et en rive droite la digue du barrage de **Foum El Gueiss** est fondée sur une couche de grés gris bleu ou sur des schistes argileux, en rive gauche, les conditions de fondation sont plus complexes et la digue est fondée essentiellement sur des grés tectonisés par un faisceau de failles. (A.N.B).

III.3 Les historiques du barrage

En 1900 : la construction d'un barrage dans les gorges de **Foum El Guieiss** est envisagée.

En 1922 : conclusion favorable d'une première étude géologique.

En 1923 : un enregistreur de niveau est installé dans la gorge de l'oued.

En 1927 : la construction du barrage est déclarée.

En 1931 : approbation du marché de l'entreprise Foum El-Guieiss.

En 1938 : appel d'offre lancé pour la surélévation du barrage de 1,90 m.

En 1969 : Année de la 1^{ere} surélévation

En 2005 : Année de la 2^{eme} surélévation

L'utilisation principale des eaux du barrage est destinée à l'irrigation du périmètre de Kais et son alimentation.

III.4 Etude morphologique**III.4.1 Les coordonnées géographiques de la région d'étude**

Latitude : 39 G 20` - 39 G 50`

Longitude : 4 G 50` - 5 G 50`

III.4.2 Paramètres géométrique :

La géométrie d'un bassin versant peut être abordée à l'aide de certains indices Caractéristiques quantitatifs.

Ces indices nécessitent d'abord la connaissance et la mesure de deux paramètres de base indispensables, en l'occurrence, la surface du bassin et son périmètre

III.4.2.1 L'indice de compacité (KG) :

Le compteur d'un bassin versant enserre une superficie (S), qui a une certaine forme, laquelle va avoir une influence sur l'écoulement global et sur l'allure de l'hydrogramme de crue résultante d'une pluie donnée. Un bassin longiligne ne réagira pas de la même manière qu'un bassin de forme arrondie.

La compacité d'un bassin versant influe fortement sur le temps de réponse du bassin versant lors d'une crue c'est-à-dire le temps de concentration de la crue

$$KG = 0,28 \frac{P}{A}$$

Avec :

KG, indice de compacité de Gravélius ;

A, surface du bassin versant (km²) ;

P, périmètre du bassin versant (km).

L'indice de compacité de Gravélius a ainsi été évalué à : **KG = 1,18 > 1**.

Les valeurs de Kc obtenues montrent que le Bassin versant d'Oued sont plutôt allongés.

III.4.2.2 Le rectangle équivalent :

Le rectangle équivalent de M. Roche est défini comme étant le rectangle de longueur (L) et de largeur (l) qui a la même surface (S), même périmètre (P), même indice de compacité (KC) et même hypsométrie que le bassin versant étudié :

Ce paramètre facilite la comparaison entre les bassins versants du point de vue de leur influence sur l'écoulement

$$l = \frac{Kc\sqrt{S}}{1.12} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{Kc}\right)^2} \right) , \quad L = \frac{Kc\sqrt{S}}{1.12} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{Kc}\right)^2} \right)$$

III.5 La courbe hypsométrique

La courbe hypsométrique fournit une vue synthétique de la pente du bassin, donc du relief et représente la répartition des surfaces en fonction de ses altitudes.

Cette courbe est obtenue en portant

En abscisses, l'altitude considérée

En ordonnées, la surface partielle du bassin versant pour laquelle chaque point a une cote au moins égale à cette altitude.

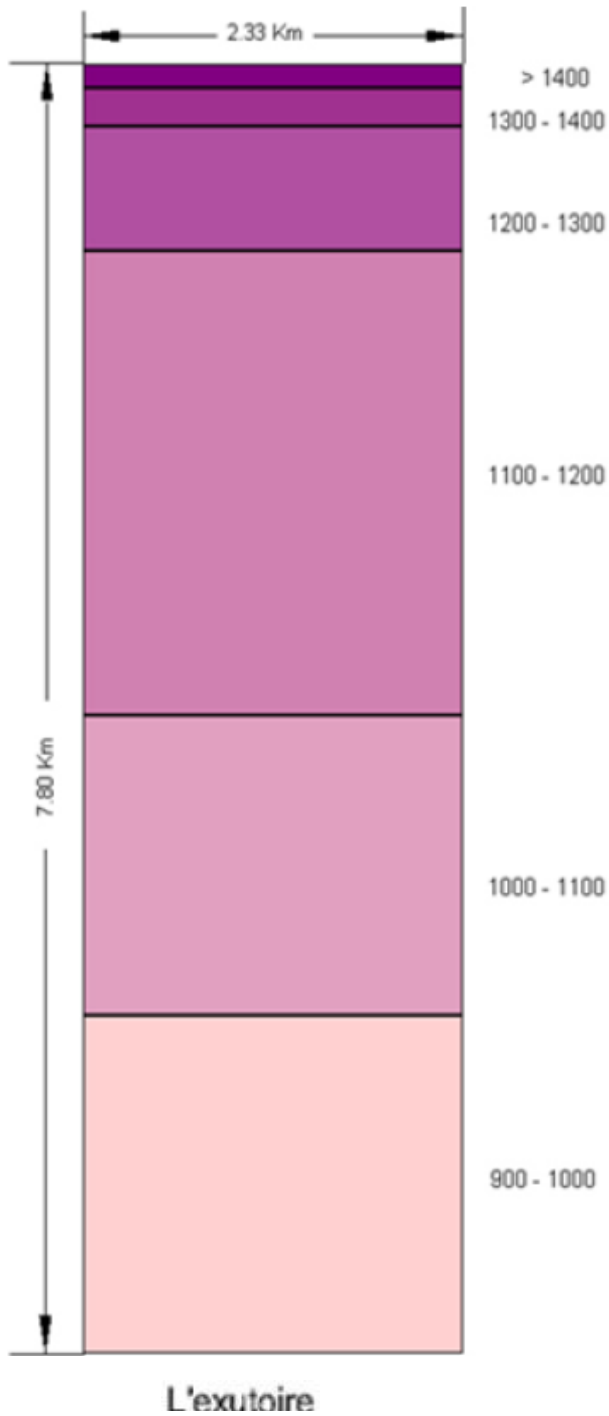


Figure II.3 : Rectangle équivalente du bassin versant oued El Gueiss

L'altitude moyenne est ainsi définie :

$$H = 1300.30 \text{ m}$$

$$H = \frac{\sum H_i \times S_i}{S}$$

Tableau 09: répartition altimétrique de bassin versant d'oued El Gueiss

Elévation	Bornes	Surfaces entre courbes		Surface cumulées	
		$S_i(\text{km}^2)$	%	$S_i(\text{km}^2)$	%
1420-1400	1420	0,37	2,02	0,37	0,02
1400-1300	1400	0,65	3,56	1,02	5,58
1300-1200	1300	1,77	9,70	2,79	15,28
1200-1100	1200	6,57	36,03	9,36	51,31
1100-1000	1100	4,17	22,87	15,53	74,18
1000-920	1000	4,7	25,78	18,23	100

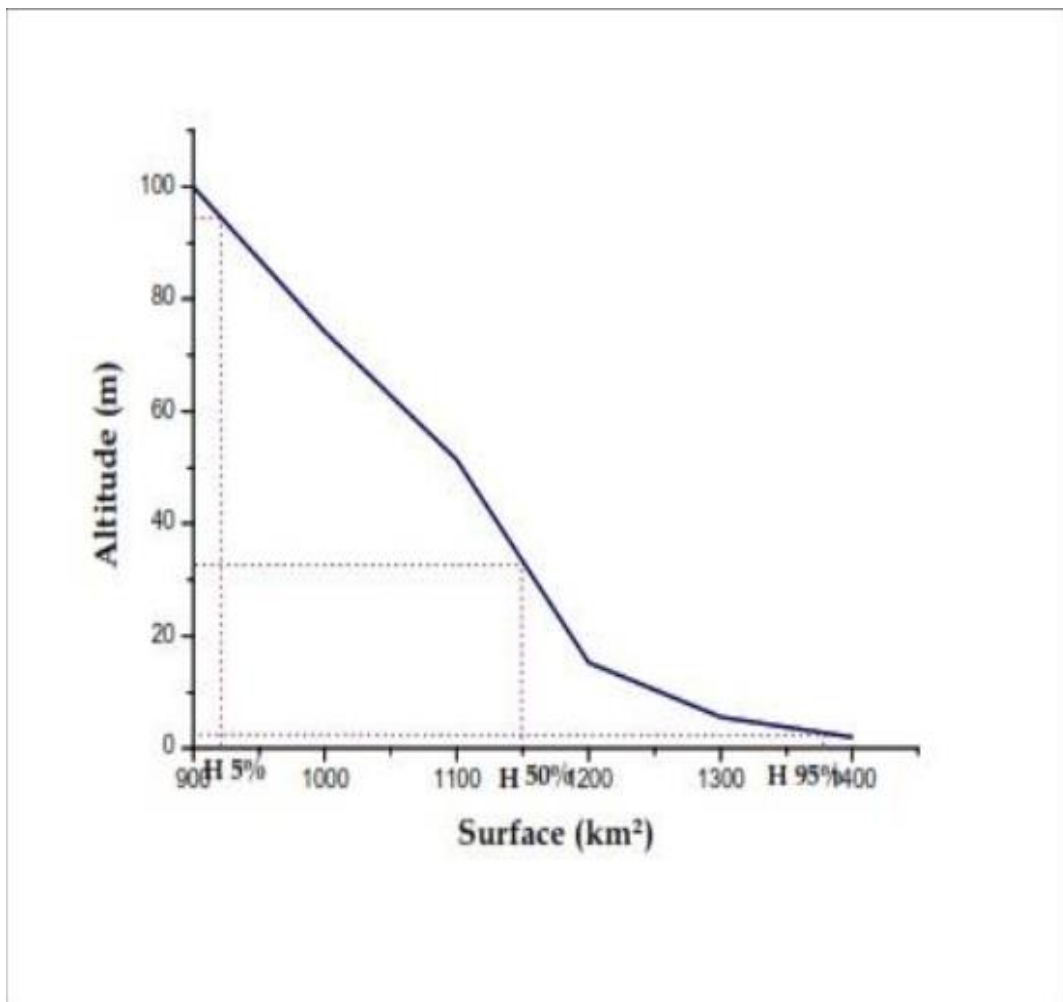


Figure III.4 : Courbe hypsométrique du bassin versant d'oued El Gueiss

A partir de cette courbe on détermine :

L'altitude à 95% de la surface , (H 95) = 910m

L'altitude à 5% de la surface ,(H 5) = 1110 m

L'altitude moyenne est ainsi définie : H= 1100,05m

III.6 Le relief

L'influence du relief sur l'écoulement se conçoit aisément, car de nombreux paramètres hydrométéorologiques varient avec l'altitude (précipitations, températures, etc.) et la morphologie du bassin. En outre, la pente influe sur la vitesse d'écoulement. Le relief se détermine lui aussi au moyen d'indices ou de caractéristiques suivants :

III.6.1 Les altitudes caractéristiques :

Le graphe de la courbe hypsométrique permet de déterminer les valeurs suivantes :

L'altitude à 5% est de 1290 m.

L'altitude à 95 % est de 849 m.

L'altitude médiane correspond à une surface cumulée de 50% est égale à 910 m.

L'altitude moyenne est donnée par l'équation suivante :

$$H_{moy} = \frac{\sum h_i . A_i}{A_t}$$

Avec :

A_i , fraction de surface entre deux courbes de niveau (km²) ;

h_i , altitude moyenne entre deux courbes de niveau (m) ;

A_t , superficie totale du bassin versant (km²).

H_{moy} = 970 m.

III.6.2 La dénivelée simple « D »

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

D = 441 m

III.7 Les pentes.

Le relief par sa configuration joue un rôle important vis-à-vis de l'aptitude des différents terrains au ruissellement, elle exerce une influence directe sur la rapidité de l'écoulement et donc sur la puissance de la crue.

III.7.1 L'indice de pente de M. ROCHE (ip)

(IP) est la moyenne de la racine carrée des pentes mesurées sur le rectangle équivalent et pondérées par la surface.

$$I_p = \frac{1}{\sqrt{L}} \sum_{i=1}^n \sqrt{a_i d_i}$$

L : longueur du rectangle équivalent.

a_i : facteur de la surface totale comprise entre deux courbes de niveau.

d_i : en (m) dénivelé entre deux courbes de niveau.

III.7.2 L'indice de pente global (I g)

Sur la courbe hypsométrique on prend les points tels que la surface supérieure ou inférieure soit égale à 5% de la surface, on aura les altitudes H₅ et H₉₅ entre les quelles S'inscrivent 90% de la surface du bassin et la dénivelée D = H₅-H₉₅.

$$I_g = D L$$

L : la longueur de rectangle équivalent

III.7.3 Indice de pente moyenne (I m)

Le but de cet indice est de caractériser les pentes d'un bassin ce qui permet des comparaisons et des classifications.

C'est le rapport entre la dénivelée totale du bassin versant (D) et la longueur du rectangle équivalent (L) : I_m= H / L

$$H=H_{\max} - H_{\min}$$

III.7.4 La dénivelée spécifique (Ds)

La dénivelée spécifique permet de définir les différents types de relief des bassins versants :

$$D_s = I_g \sqrt{S}$$

I_g : indice de pente globale

Tableau 10 : résultats de l'indice de pente

Indice de pente	B V d'oued El Gueiss
Indice de pente M. ROCHE Ip	3,20
Indice de pente globale Ig (m/Km)	52,56
Indice de pente moyenne Im	64,10
Dénivelée spécifique Ds m	224,41

Selon la classification de L'ORSTON, le bassin versant oued El Gueiss présente un relief assez $100 < Ds < 250m$

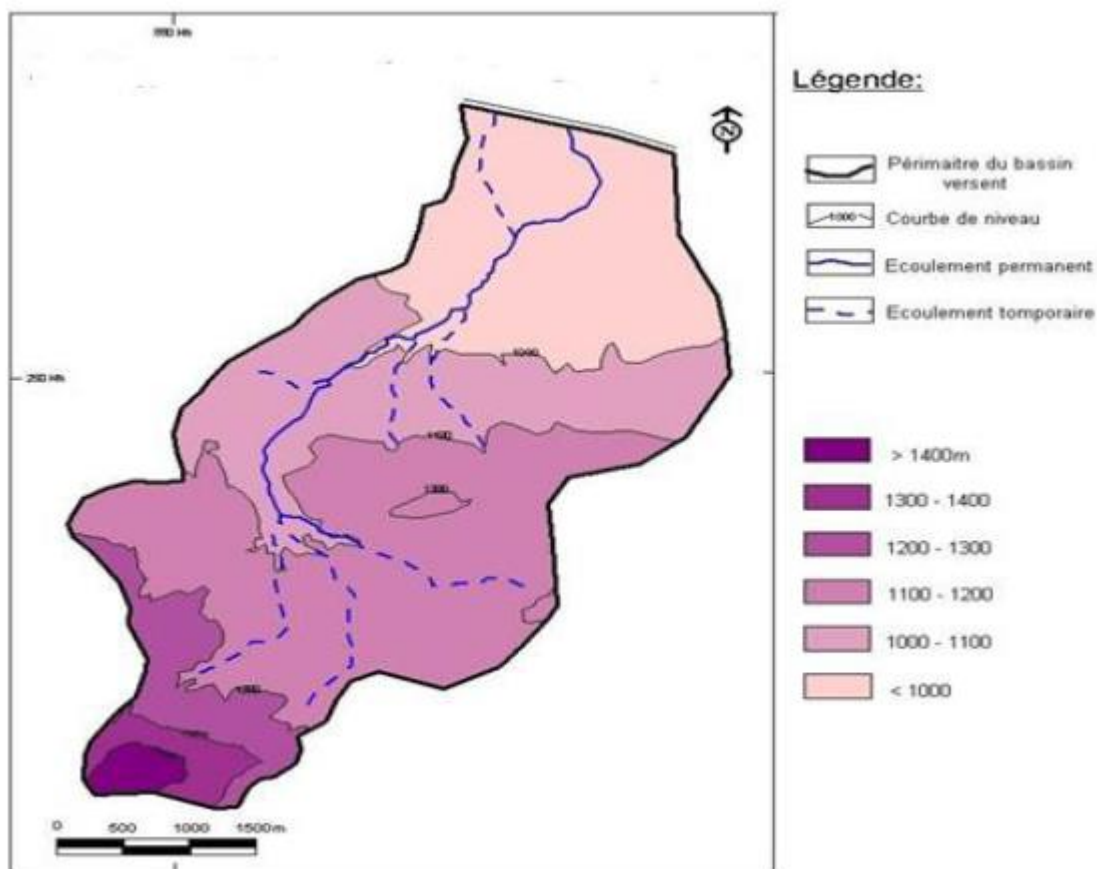


Figure III.5 : les pentes de bassin versant oued El Gueiss

III.8 Les paramètre morphométriques

Les paramètres morphométriques les plus utilisés sont la densité de drainage, et les rapports de confluence.

III.8.1 Le réseau hydrographique

Un réseau hydrographique est constitué par l'ensemble des cours d'eau et peut-être appréhendé de deux façons :

- Par la densité de son drainage (définie par le quotient de la somme des longueurs de tous. Les cours d'eau par la superficie du bassin drainé) et par son organisation.
- Le réseau hydrographique est d'autant plus développé et complexe que le terrain est moins perméable, et donc que le ruissellement de surface est plus intense.

Le Bassin Versant est ca **oued El Gueiss** caractérisé par un réseau Hydrographique peu développé mais une grande densité de drainage.



Figure III.6 : Réseau hydrographique du bassin versant oued El Gueiss

III.8.2 Classifications des tracés de thalwegs

Il existe de manière générale deux méthodes pour classer les chevelus hydrographiques, la classification de Horton et celle de SCHUMM.

III.8.3 Classification de SCHUMM

La classification utilisée est celle de SCHUMM, elle définit un ordre des tronçons des talwegs, selon la règle suivante :

Il est d'ordre X+1 tout tronçon de rivière formé la réunion de deux cours d'eau d'ordre X.

Tableau 11: Récapitulatif de longueur et du nombre des cours d'eau de différents ordres de la zone d'étude

Ordre	Nombre (N)	Longueur (Km)
1	99	29,22
2	36	18,44
3	10	12,51
4	01	9,4
Total	146	96,56

III.9 Le profil en long

Avant de parler de profil en long, il semble aisé de définir qu'est le thalweg principal.

Cette notion semble facile à avoir sur terrain, mais sur carte on confond toujours la notion de thalweg principal avec le thalweg le plus long et le plus large. Un thalweg est dit principal lorsqu'il s'agit d'un thalweg collecteur de toutes les eaux de ruissellement sur le bassin versant. Il est obtenu en portant sur graphique en abscisse la distance sont mesuré à partir de l'exutoire en suivant le cours d'eau principal.

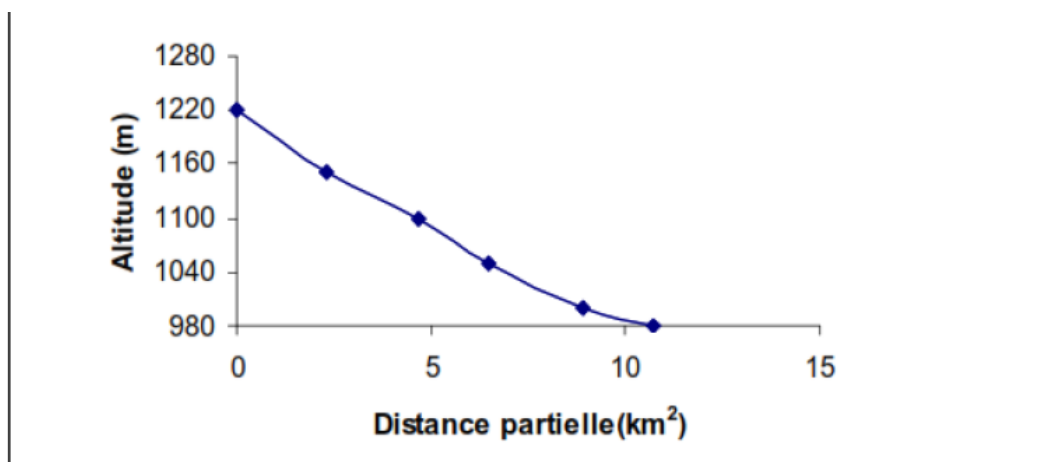


Figure III.7 : profil en long d'oued El Gueiss

Il est obtenu en portant sur graphique en abscisse la distance sont mesuré à partir de l'exutoire en suivant le cours d'eau principal.

Le profil longitudinal des principaux affluents, permet d'apporter des éléments complémentaires à la densité de drainage, au vu de rôle des pentes des talwegs sur le ruissellement superficiel, et sur la vitesse d'écoulement lors des crues.

Les profils longitudinaux de ces trois cours d'eaux se caractérisent par des pentes assez faibles.

La forte déclivité des affluents qui drainent les flancs abrupts des massifs montagneux, accentuent les vitesses de propagation des crues, et favorisent l'érosion fluviale. Ce dernier a le rôle principal dans l'accumulation des matériaux détritiques déposés dans les vallées alluviales.

III.10 Etude du couvert végétal

La forêt ou plus généralement le couvert végétal, intervient sur le fonctionnement hydrologique du Bassin versant et surtout sur les ressources en eau, les inondations et l'érosion des sols.

Le rôle de la forêt est perçu comme modérateur des écoulements et réducteur des pointes de crue. Inversement la destruction d'une forêt provoque un accroissement annuel de l'écoulement, par diminution de la capacité d'infiltration des eaux dans le sol.

Le potentiel forestier du piémont Nord-Est des Aurès est menacé par une dégradation importante, la végétation généralement sur pâturée, les plaines au nord sont réservées aux céréales extensives, protègent mal le sol.

III.10.1 La forêt des Béni Imlloul (Mont Chélia)

La montagne Chélia s'étendant sur une superficie de 8.832 hectares, et culmine à 2326 m d'altitude. Il se situe au nord du massif de Béni Imlloul qui est couvert de Cèdre, le Chêne vert, le pin d'Alep, le Sorbier, le Frêne et le Genévrier oxycèdre. Dans ce mont chaque espèce représente un étage bioclimatique.

III.10.2 La forêt des Ouled Yagoub

La forêt d'Ouled Yagoub est l'une des plus importantes en Algérie, elle s'étale sur une superficie de 22000 hectares, et constitue une réserve forestière importante dans le massif des Aurès.

Mais actuellement, il en résulte qu'une grande partie de la forêt se trouve dans un état avancé de dégradation causée par une socialisation profonde (surpâturage, occupation des sols sous forme des surfaces agricoles...etc.) aggravée par une perturbation climatique persistante.

La forêt est constituée de plusieurs types d'essences, telles que le Pin d'Alep, le Cèdre de l'Atlas, le Chêne vert, le Génivrier de Phénicie et le Génivrier oxycèdre.

III.10.3 La forêt des Béni Oudjana

Elle est située sur le territoire des douars Taouzient, Yabous, Chélia, Mellagou, de la tribu des Beni Oudjana. Elle renferme 44.000 ha. Les altitudes sont très diverses depuis 1000m jusqu'à 2328 m.

La partie nord de cette forêt est bordée par la crête du Chélia, celle de Foughal jusqu'au Ras Termelli. Toutes ses eaux forment le bassin de l'oued Bou El Freiss qui se rend dans le bassin fermé de la Gueraa el Tarf. Ce massif est peuplé de chênes verts et de Pins d'Alep.

III.10.4 La forêt de Sgag

Elle est située sur le territoire des douars Oued Taga et Bouzina dans la tribu des Ouled Abdi. Elle renferme 15.000 ha.

La partie nord-est de la forêt de Sgag forme le bassin de réception de l'oued Taga qui alimente le bassin fermé de la sebkha Djendeli.

L'altitude varie entre 1200m et 2000 m. les peuplements de cette forêt se composent de 5/10 de Chênes verts, 2/10 de Génévriers, 2/10 de Pin d'Alep. Et 1/10 de vides.

III.10.5 Les prairies

Les prairies qui sont classées avec la couverture forestière du fait de leurs rôles protecteurs des sols en permanence, suivent étroitement les vallées alluviales de l'Oued Taga, Reboa et certains affluents. Les parcours et les terrains dénudés occupent les piémonts, les vallées, les dépressions et aussi les massifs montagneux ou les nuances de l'érosion Hydrique sont très nettes.

Au total, les formations végétales assurant une protection médiocre au sol, sont les plus représentées dans le piémont Nord-Est des Aurès, dont le caractère dégradé et discontinué de cette couverture présage d'un écoulement irrégulier et torrentiel et d'une érosion très développée dans la région.

La végétation est assez fidèle à la nature des faciès géologiques marnes gris, marno-calcaire, caractérisent notre bassin versant,

La végétation joue un rôle essentiel dans la protection du sol, elle exerce une protection mécanique directe sur l'écoulement fluvial, en diminuant la force vive des eaux et en favorisant leur infiltration, elle présente un rôle indispensable pour la genèse des sols, elle peut participer dans le processus d'accumulation de calcaire.

On peut distinguer la répartition des différents types de végétations de la région de **Foum el Guiness**, la zone d'étude renferme un ensemble d'espèce végétal comme ; le cèdre, le pin d'Alep, le chaîne vert, et Genévrier.

Le tableau suivant regroupe un ensemble des espèces végétales que vive dans la Région d'étude.

III.11 La faune de la région de Foum El Guiness :

Dans tous les barrages, il existe certaines espèces animales qui vivent dans l'eau douce des réservoirs.

Ces espèces ont une grande importance pour ces ouvrages et pour l'environnement. Car ils participé pour enrichie l'eau et la partie vitale des barrages et exterminer d'une part d'autres molécules taxi fis et bactérie etc....

Ces espèces généralement soit des poissons à la majorité, d'autre part des tortues d'eau douce, des couleuvres etc....

-type de poissons des barrages, ils sont généralement des carpes.

- Carpes royale : magnifiques s'adaptent aux changements climatiques (froid, chaud, sécheresse
- etc....).
- Carpes argentins : d'une couleur blanche brillante qui reflexe les rayons du soleil.
- Carpes local : modeste simple et calme le long des saisons.
- Barbo : poisson moustaché végétarien à la majorité mitigeur d'une efficacité importante
- Tipou : petites génération de poissons qui vivent en groupes, manges en groupes...
- Couleuvre : plusieurs types de couleuvre vivent dans les eaux douces, ils se nourrissent des
- petits poissons, grenouilles etc....
- Tortues d'eaux douce : calme, végétariennes d'une mauvaise odeur mais jolie coquille.

III.12 Conclusion

Le bassin versant **de Foum El Guies** est caractérisé par des reliefs, avec une superficie de 18.23 km² et une forme allongé et compact Le réseau hydrographique du bassin versant de l'Oued Kais est très développé avec une densité de drainage de 3.81 km/km² Le profil en long des oueds principaux montre que la densité de drainage et la pente des oueds sont très fortes ce qui favorise le ruissellement.

CHAPITRE 4:
HYDROLOGIE

IV.1 Introduction :

La connaissance des paramètres physico-chimiques fait partie de l'ensemble des informations dont doivent disposer tous ceux qui sont amenés à évaluer la qualité de l'eau afin de prendre des décisions d'actions dans de nombreux domaines. On peut citer à titre d'exemple les domaines de la santé pour la surveillance de la qualité des eaux destinées à la consommation humaine et de l'environnement pour la prévention vis-à-vis des polluants.

Au cours de ce chapitre, nous présenterons les résultats ainsi que leurs discussions concernant la qualité physico-chimique des eaux de surface du barrage de **Foum El Gueiss** pour une période d'une année (prélèvement chaque mois).

IV.2 Réseau hydrographique

L'approvisionnement en eau du barrage de **Foum El Gueiss** est d'origine pluviale véhiculé par ses affluents, principalement l'Oued d'El GUEISS, passant par la localité de TAMZA daïra d'ELHAMMA.

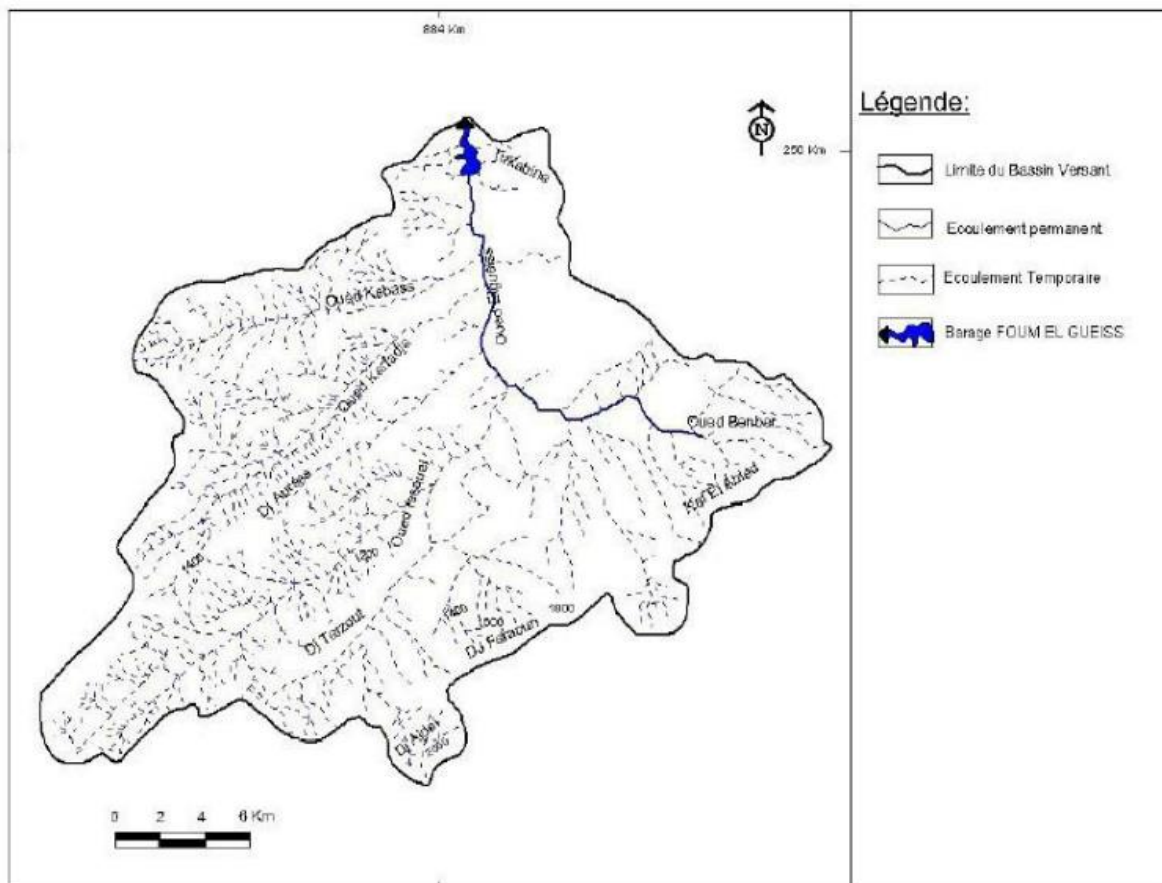


Figure IV.1 : Réseau hydrographique du bassin versant de Foum El Gueiss.

IV.3 Perméabilité

Pour décrire les principales formations lithologiques et préciser leurs capacités de rétention, il convient de les regrouper en des ensembles lithologiques en tenant compte à la fois de la perméabilité ou de fissures des roches et de leurs extensions. Ainsi on distingue :

IV.3.1 Formations à perméabilité forte (forte capacité de rétention)

On regroupe sous cette classe les roches réservoirs calcaires (fissuré), les formations quaternaires, leur extension est surtout dans les montagnes de Kouanana et l'Aurès.

IV.3.2 Formations à perméabilité moyenne (moyenne capacité de rétention)

On regroupe sous cette classe les formations gréseuses les formations marneuses calcaires, des formations occupent la plus grande superficie de la zone d'étude, elles affleurent essentiellement dans les secteurs montagneux

IV.3.3 Formations à perméabilité faible (faible capacité de rétention)

Cet ensemble regroupe le reste des formations dont le nature lithologique est très varié, mais ce sont les séries à dominance argileuse ou marneuse du mio-pliocène, et du crétacé qui sont les plus largement représentées de la surface totale.

IV.4 les apports :

Le régime de l'oued Guieff est quasi permanent du fait de la persistance par endroit de l'enneigement jusqu'à la fin avril, la fonte des neiges provoquant une augmentation très sensible des débits en mars et avril et entraînant l'existence de nombreuses sources dans la partie haute du bassin versant.

Les débits ont été évalués de façon satisfaisante à la station de KAIS :

- De 1924 à 1930 par jaugeage au moulinet et enregistrement des hauteurs au limnigraphe.
- Depuis 1930 par un déversoir à crête épaisse équipé d'un limnigraphe, au barrage, par mesure des hauteurs d'eau.

L'irrégularité mensuelle n'est pas très grande, le rapport des moyennes mensuelles extrêmes mars juillet est de 12,6 Par contre l'irrégularité interannuelle est beaucoup plus marquée .la moyenne des apports des 30 ans de 1925 à 1960 est de 11,3 hm³ avec maximum de 45 hm³ en 1932/1933 et un minimum de 2,089 en 1947/1948. Les apports des 30 années de mesure ont fait l'objet d'un essai d'ajustement suivant une loi de GALTON-GIBRAT.

L'apport médian est de 9 hm³/Ar et le rapport des valeurs extrêmes correspondant à récurrence. Centenaire atteint 25,6.

IV.5 Débit régularisé garanti.

Suivant la modulation des besoins le volume régularisé garanti neuf années sur dix est de :

- 3,2 hm³ pour une modulation agricole genre périmètre de l’oued SAF SAF (agrumes, primeurs, sans céréales).
- 4 ,75 hm³ dans le cas d’une distribution continue.
- 5,10 hm³ dans le cas d’une modulation agricole du genre périmètre de M’SILA (céréales, quelques vergers) avec puits d’eau pour ovins.

Tableau 12: l’écoulement de la région de FOUM EL GUEISS pendant 1947/1960

Année	Déficit d’écoulement
1946 / 1947	280mm
1947 / 1948	373mm
1948 / 1949	358mm
1949 / 1950	454mm
1950 / 1951	445mm
1951 / 1952	509mm
1952 / 1953	402mm
1953 / 1954	474mm
1954 / 1955	493mm
1955 / 1956	346mm
1956 / 1957	403mm
1957 / 1958	510mm
1958 / 1959	466mm
1959 / 1960	616mm
Moyenne 47 / 60	437 mm

IV.6 Les crues :

Les crues de l’oued Guisse n’est pas été mesurées. Le déversoir évacuateur des crues a été calculé pour un débit de 600 m³/s et il semble bien que ce débit n’ait jamais été atteint depuis la contraction du barrage. Sue trente années d’exploitation, le débit maximum signalé se limite à 100m³/s.

A l’occasion du projet de surélévation de 1968 et en l’absence de renseignements hydrologiques supplémentaires, les formules usuelles d’évaluation de débit de crues ont été

utilisées et ont permis de retrouver le chiffre de 600m³/s pour le débit de pointe de la crue catastrophique. Cette valeur a donc été maintenue pour le projet de surélévation.

IV.7 Evaporation :

Jusqu'en 1967 il n'y a pas eu de bac Colorado sur le barrage de **Foum El Guies**.

Nous donnons à titre indicatif l'évaporation mesurée sur bac Colorado à BATNA

Tableau13 : l'évaporation mesurée sur bac Colorado à BATNA

s	o	n	d	j	F	m	a	m	j	j	o	total
228	147	75	555	61	75	104	128	164	120	319	323	1889m

L'évaporation réelle sur la retenue serait :

$$1889 \times 0,78 = 1473 \text{mm (moyenne de 1956 à 1966)}$$

Les pertes par évaporation pour une année sont donc de l'ordre de 0,5 hm³

IV.8 Qualité physique ou chimique des eaux :

IV.8.1 PH

Le pH est un élément important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau. Il intervient dans ces phénomènes complexes avec d'autres paramètres comme la dureté, le dioxyde de carbone, l'alcalinité et la température. Un pH inférieur à 7 peut conduire à la corrosion du ciment ou des métaux des canalisations avec entraînement de plomb par exemple. Un pH élevé peut conduire à des dépôts incrustants dans les circuits de distribution.

Le pH est compris entre 7.5 et 7.8. Selon l'OMS (2004), le pH d'une eau potable doit être compris entre 6,5 et 8,5. Les eaux de barrage **Foum El Guies** ont donc un pH voisin de la neutralité à l'exception du mois du décembre. Les valeurs du pH des eaux étudiées sont présentées sur la fig.IV.2.

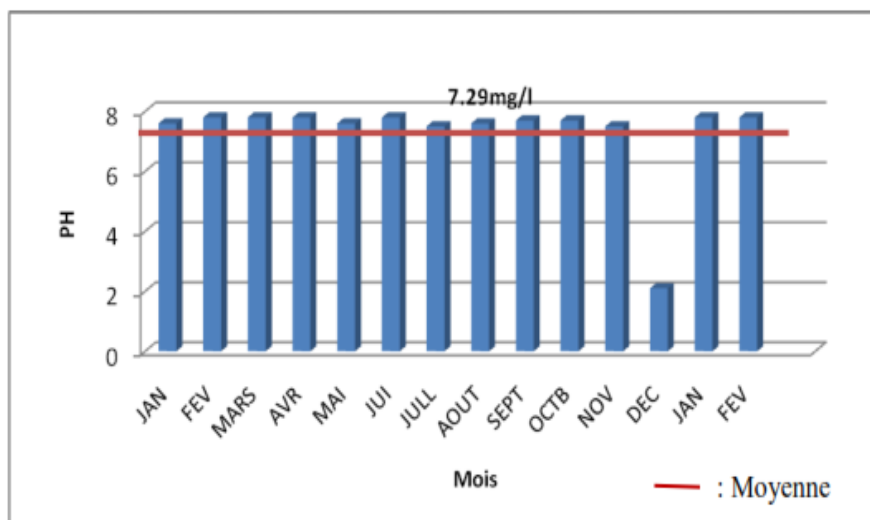


Figure IV.2: Histogramme de variation des valeurs du PH dans les eaux du barrage Fom El Gueiss. (2011/2012).

IV.8.2 Conductivité

La conductivité enregistrée se situe entre 0.9 et 920 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La valeur 920 $\mu\text{S}/\text{cm}$ est enregistrée au mois de janvier, elle peut être due à la contamination par les rejets urbains et agricoles ainsi que la géologie des sols, et aussi les conditions climatiques. La nature géologique des terrains de la région est la principale cause de cette forte conductivité qui correspond à une minéralisation important de ces eaux. La fig.21 présente les valeurs de la conductivité des eaux étudiées.

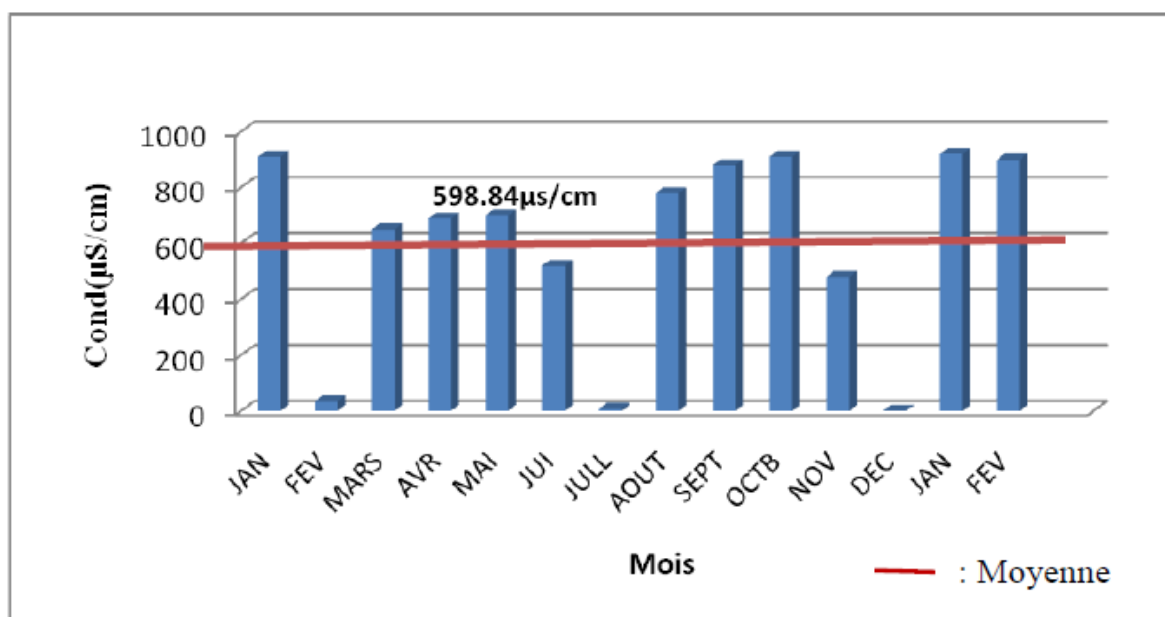


Figure IV.3: Histogramme de variation des valeurs de la conductivité dans les eaux de Barrage Fom El Gueiss. (2011/2012).

IV8.3 Turbidité

L'eau est plus trouble pendant la période hivernale (122 NTU) par rapport à la saison sèche (26 NTU). La turbidité en saison pluvieuse est ainsi plus élevée par rapport à la valeur recommandée par l'OMS qui est de préférence inférieure à 1NTU pour une désinfection efficace.

La turbidité varie de 1.1 à 15.8 NTU, ces résultats sont dus au fait que pendant la Période Avril-Mai, l'eau n'est pas trop chargée, mais aussi il y a une décantation naturelle due aux apports des eaux de pluie qui déversent des tas d'ordures dans le fleuve. Le barrage **Foum EL Gueiss** caractérisés par une forte turbidité (barrage situé dans des régions très boisées).

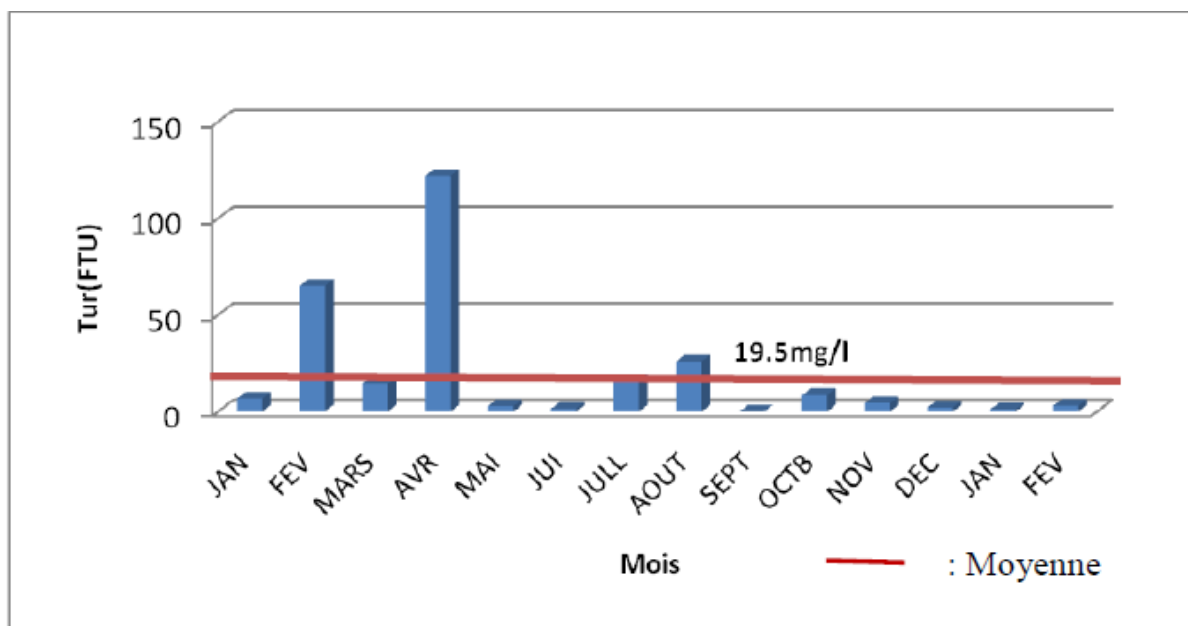


Figure IV .4 : Histogramme de variation des valeurs de la turbidité dans les eaux du Barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).

IV.8.4 Alcalinité

Dans le cas des eaux naturelles et en particulier en Algérie, l'alcalinité est souvent bicarbonatée car le pH est généralement inférieur à 8,3. (SELLAH, 1993 ; REHI ,1987). Dans les eaux naturelles où le TA = 0, le TAC exprime la teneur des bicarbonates dans l'eau.

Dans nos échantillons, les valeurs d'alcalinité varient entre 31 et 200 mg/l, les plus fortes teneurs pourraient provenir de la mise en solution des roches calcaires et de lessivage lors d'une forte pluie.

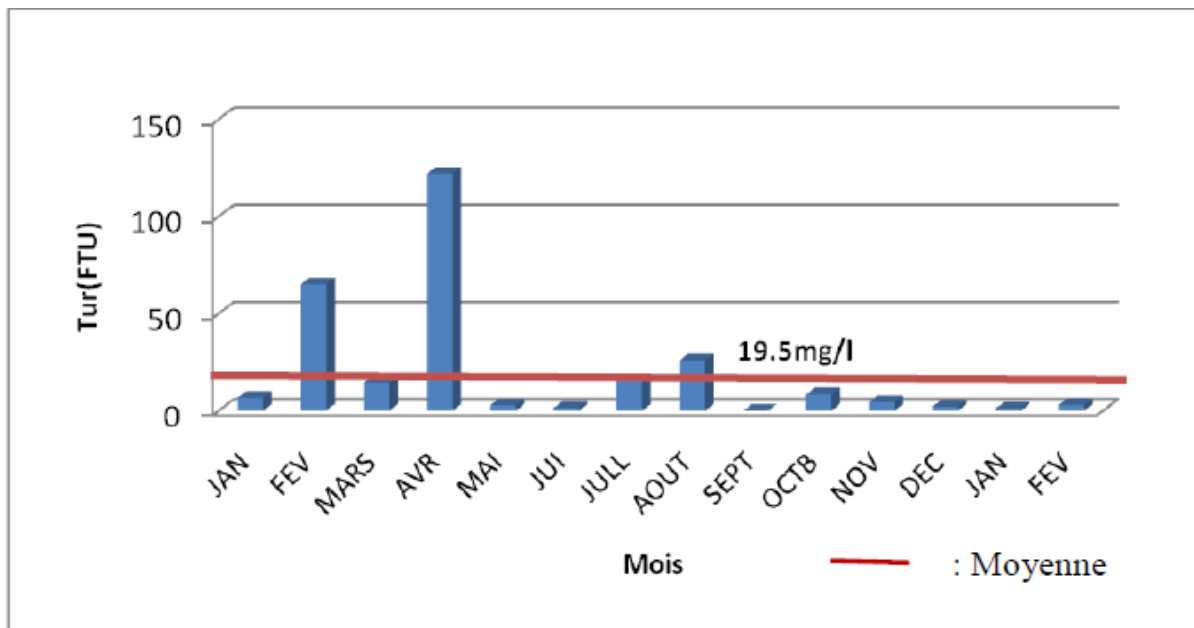


Figure IV.5: Histogramme de variation des valeurs de l'alcalinité dans les eaux du Barrage Fom El Gueiss. (2011/2012).

IV.8.5 Chlorures et sulfates

L'analyse des résultats montre des teneurs élevées en chlorures pour le barrage de **Fom El Gueiss**, la valeur extrême enregistrée est 50 mg/l. Les concentrations en sulfates sont plus élevées en saison pluvieuse (216 mg/l) que celles de la saison sèche (110 mg/l).

Les fortes teneurs en chlorures et sulfates pourraient s'expliquer par la géologie des terrains de la région ou par une contamination directe de l'eau des barrages par des rejets domestiques surtout riches en détergents, des effluents industriels, de dépôts d'origine atmosphérique, ou par l'utilisation des pesticides dans l'agriculture. Ces deux éléments provoquent un goût désagréable dans nos eaux de consommation et la rendent corrosive vis-à-vis des conduites. Ils sont aussi nocifs pour les plantes.

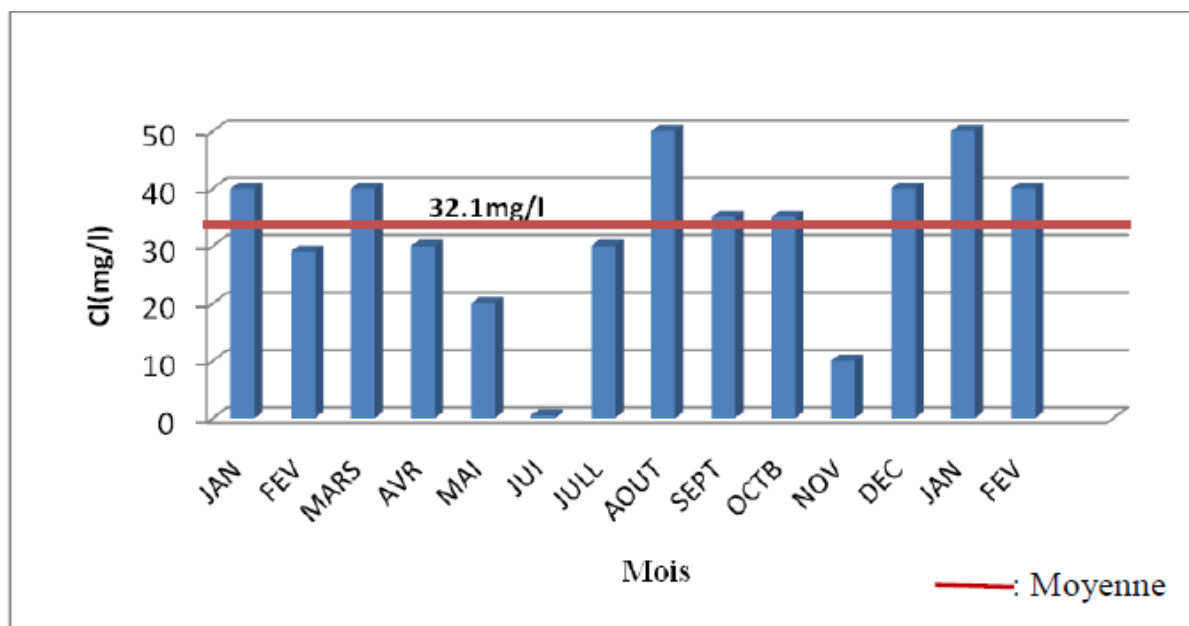


Figure IV .6 : Histogramme de variation des valeurs du chlorure dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).

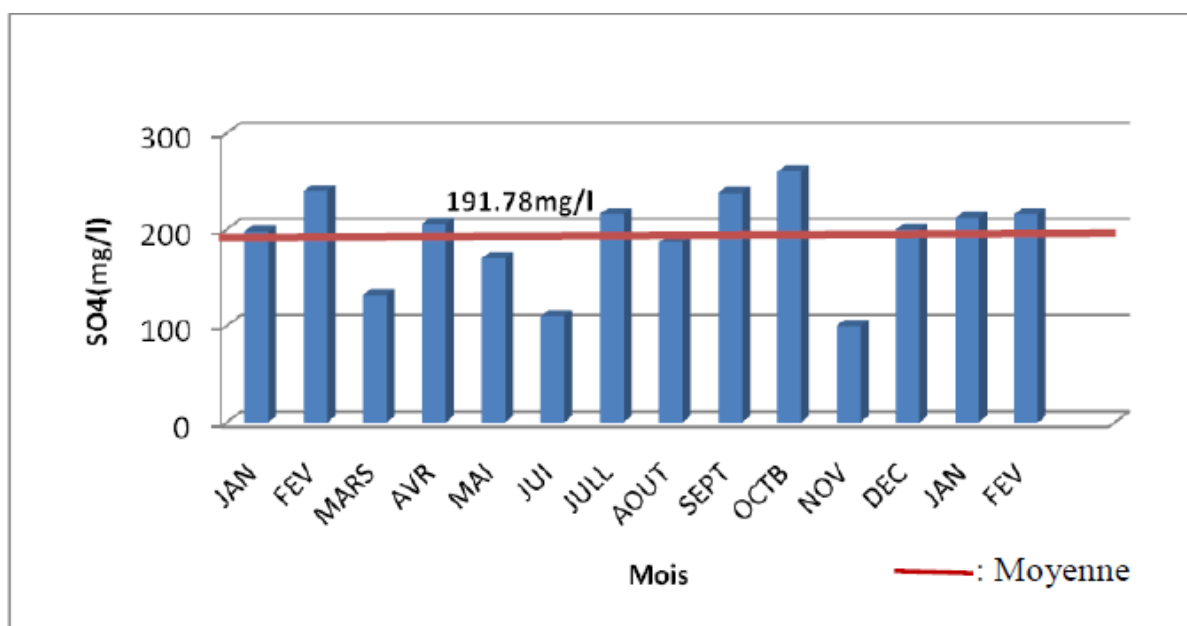


Figure IV.7: Histogramme de variation des valeurs des Sulfates dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).

IV.8.6 Phosphates :

Les phosphates font partie des anions assimilables par le corps de l'être humain. Quelle que soit leur origine (domestique, industrielle ou agricole), leur présence dans les eaux à forte concentration (teneurs supérieure à 0,2 mg/l) favorise le développement massif

d'algues, lesquelles conduisent à l'eutrophisation des lacs et des cours d'eau (RODIER, 1996 ; POTELON et ZYSMAN, 1998).

La directive des communautés européennes (CEE) et l'OMS (2004), indique comme teneur du phosphore dans l'eau destinée à la consommation humaine un niveau guide de 0,4 mg/l et une concentration maximale admissible de 5 mg/l exprimée en P₂O₅. La réglementation française retient cette même valeur limite de 5 mg/l (POTELON et ZYSMAN, 1998).

Dans nos échantillons, les concentrations en phosphates varient entre 0,02 et 1.3 mg/l, Les fortes teneurs en phosphate sont enregistrées en mois d'Avril et Mai où on remarque une utilisation excessive des engrais riches en phosphate.

Les phosphates pourraient provenir des rejets industriels ou de l'utilisation des engrais phosphatés. Mais les phosphates des engrais se fixent mieux dans le sol et sont moins entraînés par les eaux de ruissellement. Les résultats obtenus sont représentés sur l'histogramme suivant :

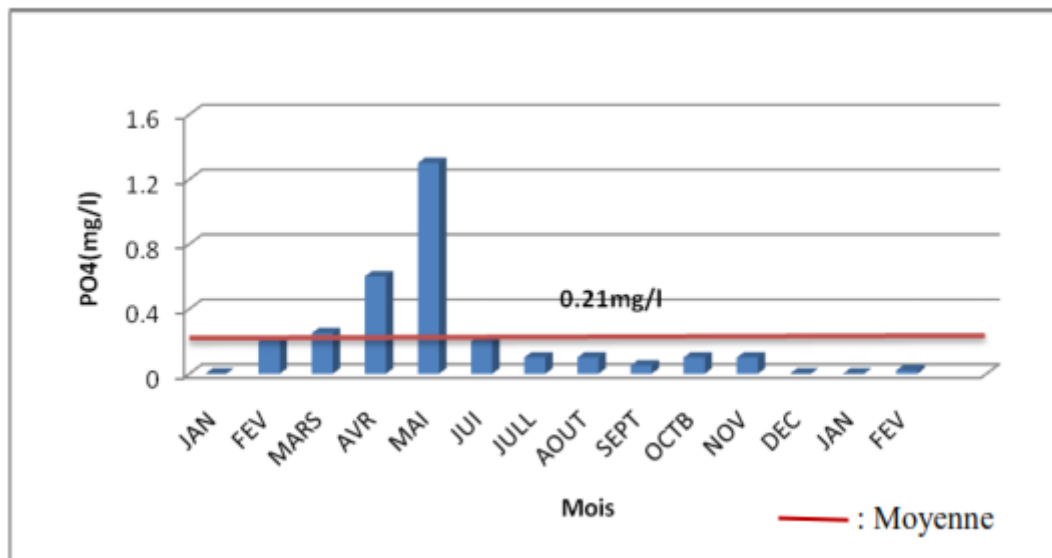


Figure IV.8: Histogramme de variation des valeurs des Phosphates dans les eaux du barrage Fom El Gueiss. (2011/2012).

IV.8.7 Les Nitrates

Dans les eaux de barrage **Fom El Gueiss**, les teneurs en cet élément varient d'une station à l'autre, c'est en mois de décembre que la teneur maximale (12 mg/l) est relevée. Les valeurs en nitrates sont situées entre 0.1 mg/l et 12 mg/l.

La présence de fortes teneurs en nitrate relevée en décembre s'expliquerait par la pluviométrie associée à cette période, basse température, les faibles conditions d'éclairage

et Le brassage par le vent et donc moins de peuplements phytoplanctoniques consommateurs d'éléments azotés.

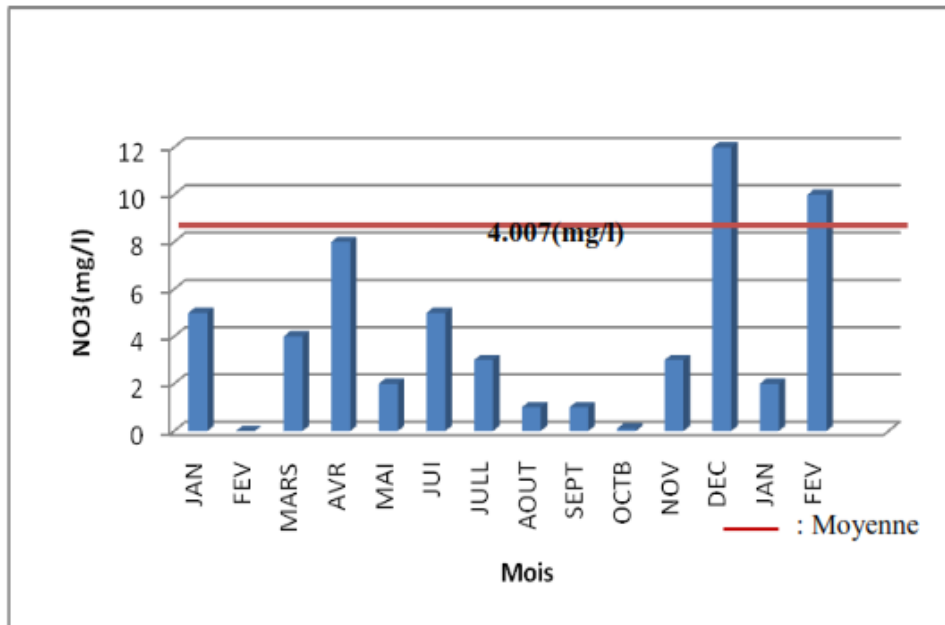


Figure IV.9: Histogramme de variation des valeurs des Nitrates dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).

IV.8.8 Les Nitrites

Les teneurs maximales élevées en janvier 0.2 mg/l dans les eaux de barrage **Foum El Gueiss** sont liées à la fois aux facteurs internes (les résidus de la vie animale, les rejets Métaboliques, excrément des poissons, phénomène de la dégradation de la matière Organique), et externes (Précipitation et lessivage des terres).

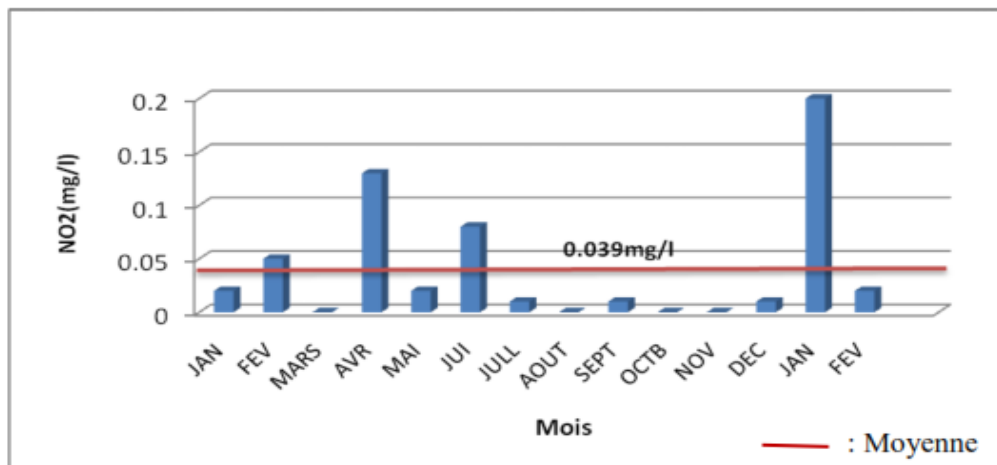


Figure IV.10: Histogramme de variation des valeurs des Nitrites dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).

IV.8.9 Sodium et Potassium

Selon l’OMS, la valeur maximale pour le sodium est 150 mg/l et 12 mg/l pour le potassium, généralement ce dernier est beaucoup moins abondant que le sodium et rarement présent dans l’eau à des teneurs supérieures à 20 mg/l.

Dans les eaux du barrage de **Foum El Guieiss** les teneurs en sodium et en potassium sont situées dans les normes.

Les fig. IV .11 et IV.12 présentent successivement la variation des valeurs en sodium et en potassium dans les eaux de barrage de **Foum El Guieiss**.

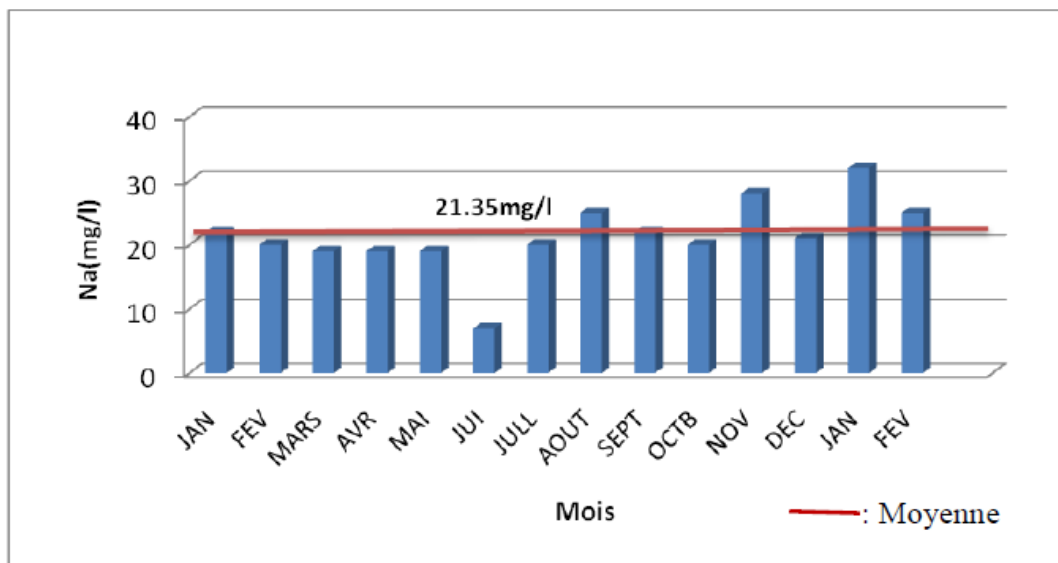


Figure IV.11: Histogramme de variation des valeurs du Sodium dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).

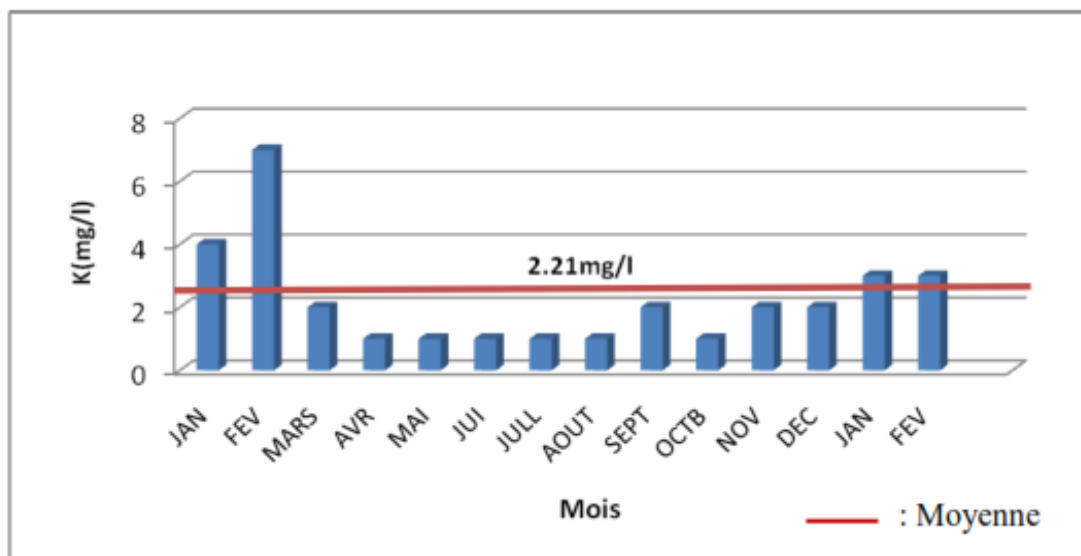


Figure IV.12: Histogramme de variation des valeurs du Potassium dans les eaux du Fer et manganèse

IV.8.10 Fer et manganèse

L'analyse des résultats montre des teneurs en fer varie de 0,02 à 0,09 mg/l. C'est un élément généralement absent dans les eaux de surfaces. Il a pour origine la géologie (lessivage des terrains), ou la pollution industrielle, le Fer provient aussi des engrais.

Les variations de manganèse étaient de 0,005 à 0,01 mg/l, généralement cet élément est aussi absent dans le cas des eaux de surface comme le fer. La teneur en manganèse est limitée à 0,05 mg/l dans les eaux potables. Les fig.31 et 32 présentent successivement les valeurs du fer et du manganèse dans les eaux de barrage étudié.

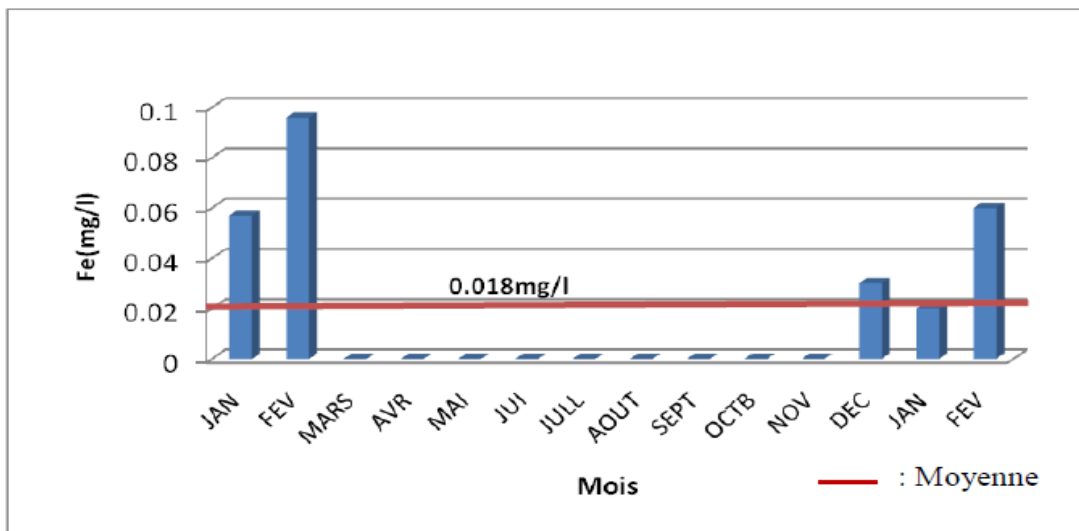


Figure IV.13: Histogramme de variation des valeurs du Fer dans les eaux du barrage Fom El Gueiss. (2011/2012).

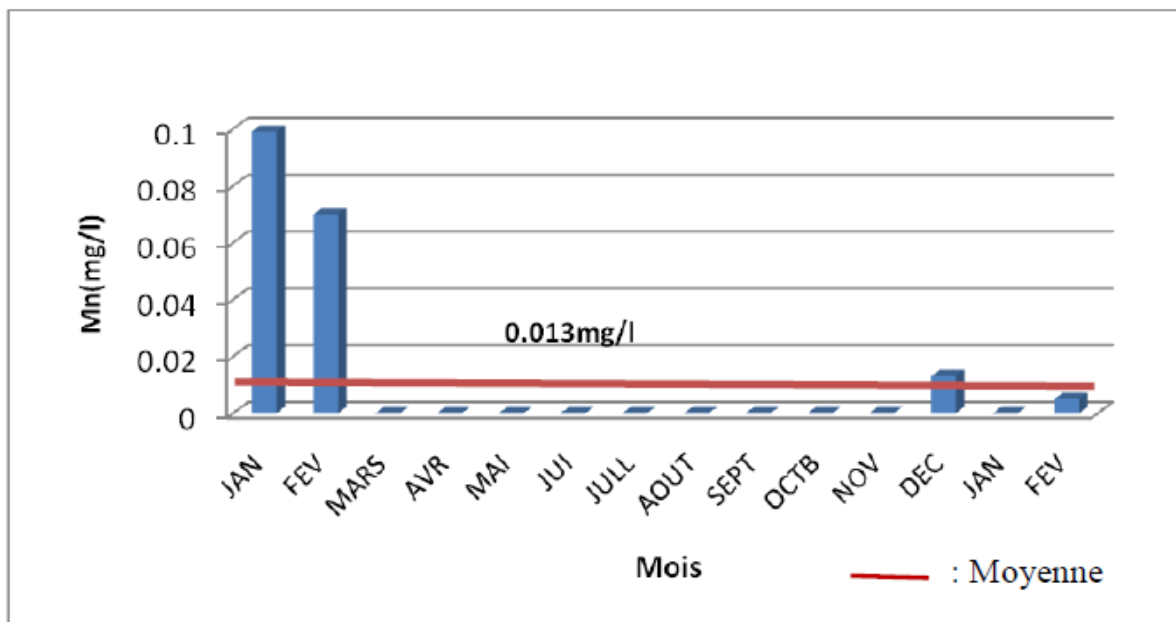


Figure IV.14: Histogramme de variation des valeurs du Manganèse dans les eaux du barrage Fom El Gueiss. (2011/2012).

IV.8.11 Ammoniaque

La teneur en azote ammoniacal dans les eaux naturelles devrait être relativement faible puisque l'ammoniaque est oxydée graduellement en nitrite et en nitrates. Les taux d'ammoniaque enregistrés au niveau de barrage de Foum El Gueiss sont compris entre 0.02 et 0.55 mg/l. Les concentrations sont quasiment les mêmes pendant les deux périodes (hautes eaux et basses eaux).

La forte valeur en ammoniaque enregistrée en mois du Janvier provient de la dégradation de la matière organique ou de l'épandage d'engrais ammoniacaux. Les valeurs de l'ammoniaque des eaux du barrage étudié.

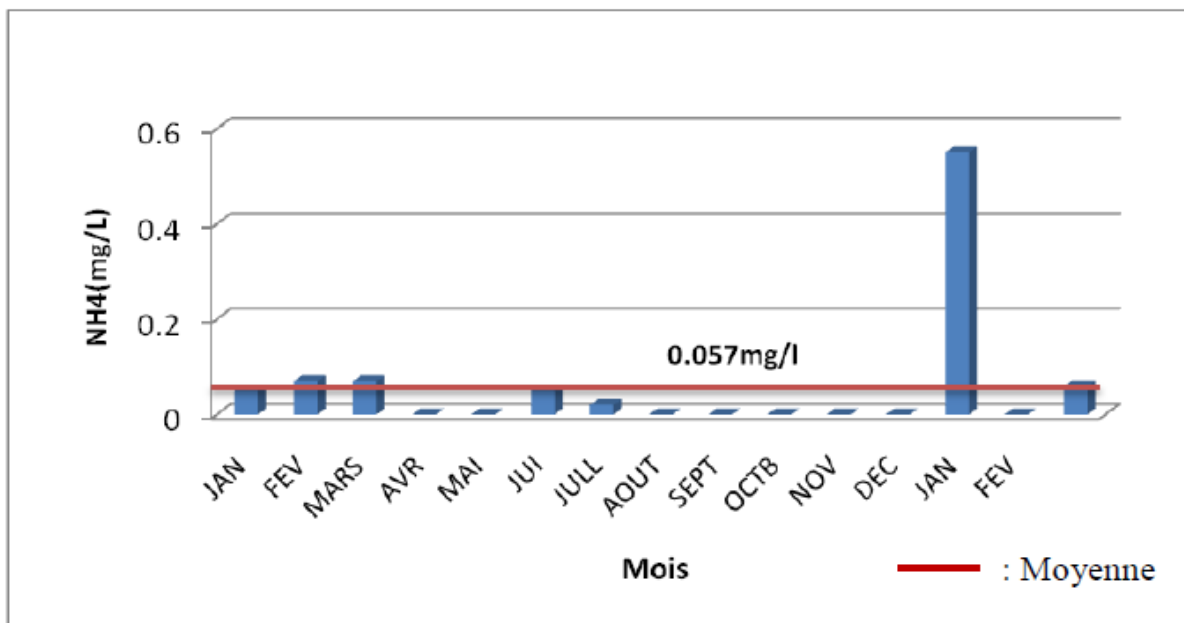


Figure IV.15: Histogramme de variation des valeurs d'Ammoniaque dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).

IV.8.12 MES (Matière en suspension)

Les teneurs en matières en suspension dans les eaux de barrage **Foum El Gueiss** montrent des teneurs élevées pendant toute l'année où elles varient entre 12 mg/l et 80 mg/l mais elle est très élevée en mois d'Avril (690 mg/l).

Ces fortes concentrations relevées dans les eaux du barrage de Foum El Gueiss sont liées à l'augmentation de la productivité primaire et à aussi à la dégradation de la matière animale ou végétale qui se trouvent dans ces eaux.

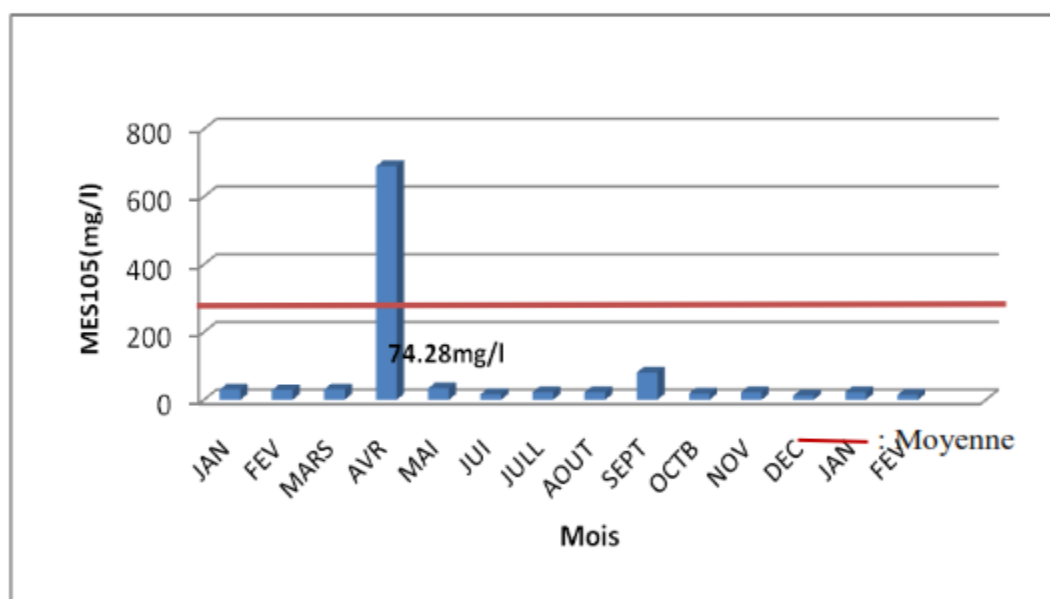


Figure IV.16: Histogramme de variation des valeurs des matières en suspension dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).

IV.8.13 Cuivre

Certains cations comme le cuivre présentent peu d'inconvénients, si les teneurs sont faibles. Nos échantillons ont une concentration faible en cuivre, elles sont comprises entre 0,007 et 0,018 mg/l. La contamination des eaux du barrage par le cuivre se fait généralement par la pollution directe des cours d'eaux par les rejets industriels. Les valeurs du cuivre enregistrées au niveau de barrage étudié.

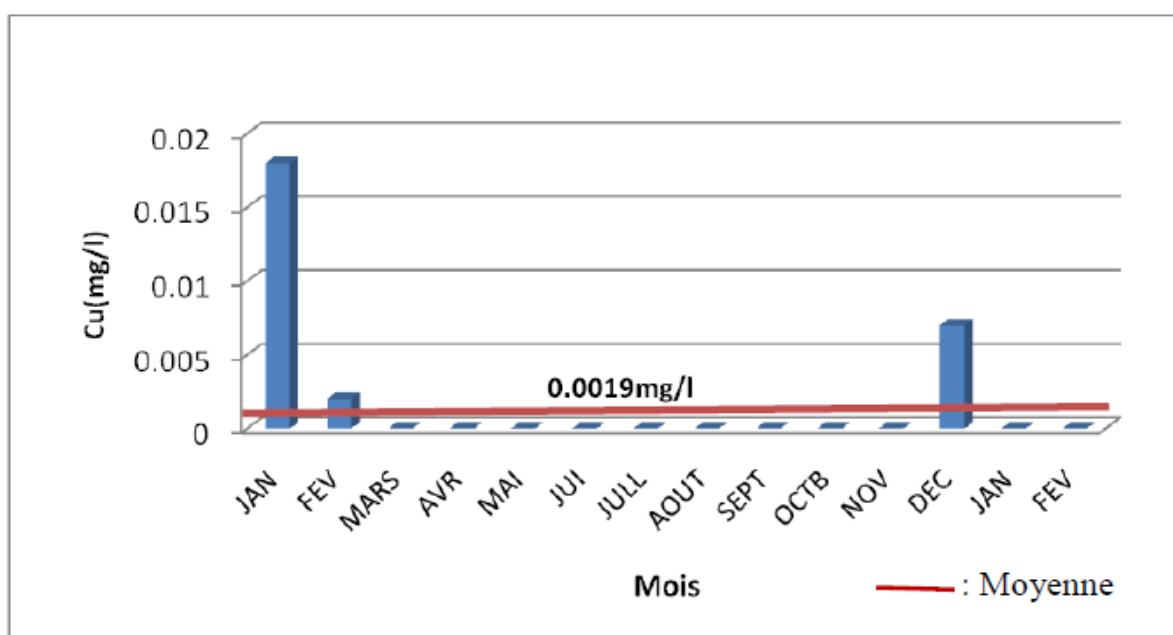


Figure IV.17: Histogramme de variation des valeurs du Cuivre dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).

IV.8.14 Cadmium

Le cadmium est l'un des métaux lourds parmi les plus toxiques. Il se concentre dans les sols et dans toute la biosphère. Son accumulation importante dans la chaîne alimentaire pose un problème de santé publique qui a amené les législateurs à réglementer les teneurs maximales en cadmium dans les sols et les eaux.

La teneur maximale du cadmium dans les eaux de consommation humaine recommandée par l'OMS est 3 µg/l.

La valeur maximale du cadmium est enregistrée en mois de Février (109.8 µg/l), généralement les teneurs en cadmium ne dépassent pas quelques µg/l dans les eaux de surface. Les teneurs élevées situées entre 0.01 et 109.8 µg/l sont importantes et dépassent les normes de potabilité. Elles pourraient être dues soit à la nature géologique des terrains, soit à l'utilisation abusive d'engrais phosphatés comprenant un certain pourcentage en cadmium ou à des rejets industriels.

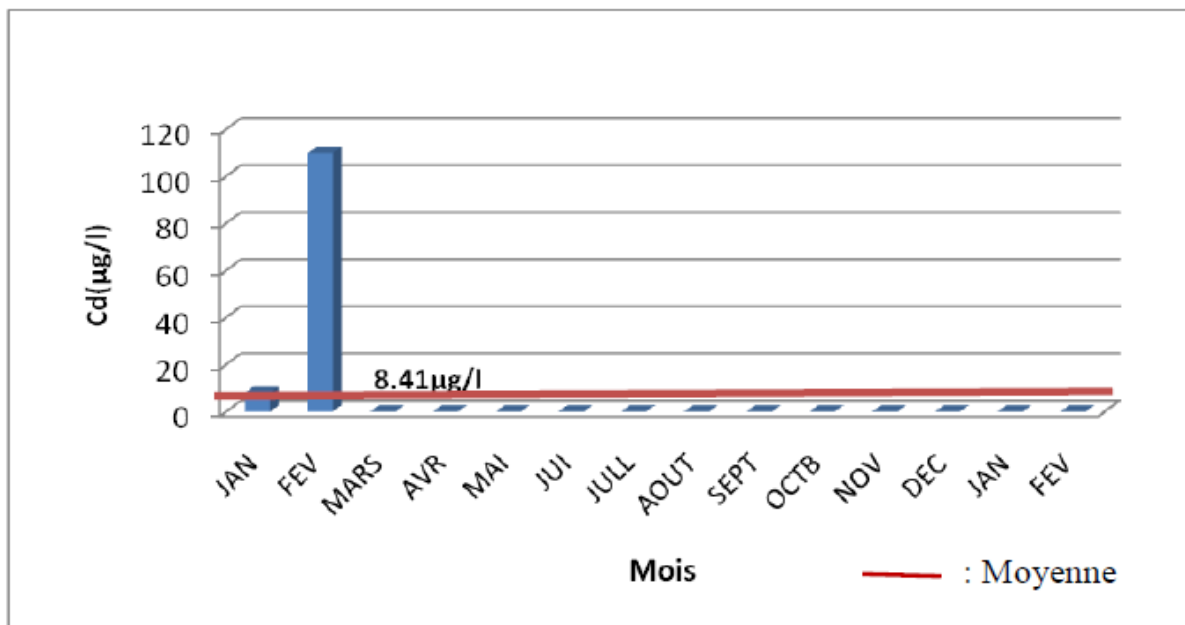


Figure IV.18: Histogramme de variation des valeurs du Cadmium dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012)

IV.8.15 Matières organiques

La charge organique (oxydabilité au KMnO_4 , substances humiques, absorbance en UV) apparaît comme non négligeable notamment pour les eaux du nord du pays du fait d'une pollution naturelle (végétation en décomposition) mais aussi de pollutions d'origine exogène (rejets urbains et industriels, pratiques agricoles). Les teneurs en matières organiques varient entre 2.6 et 8.3 mg/l.

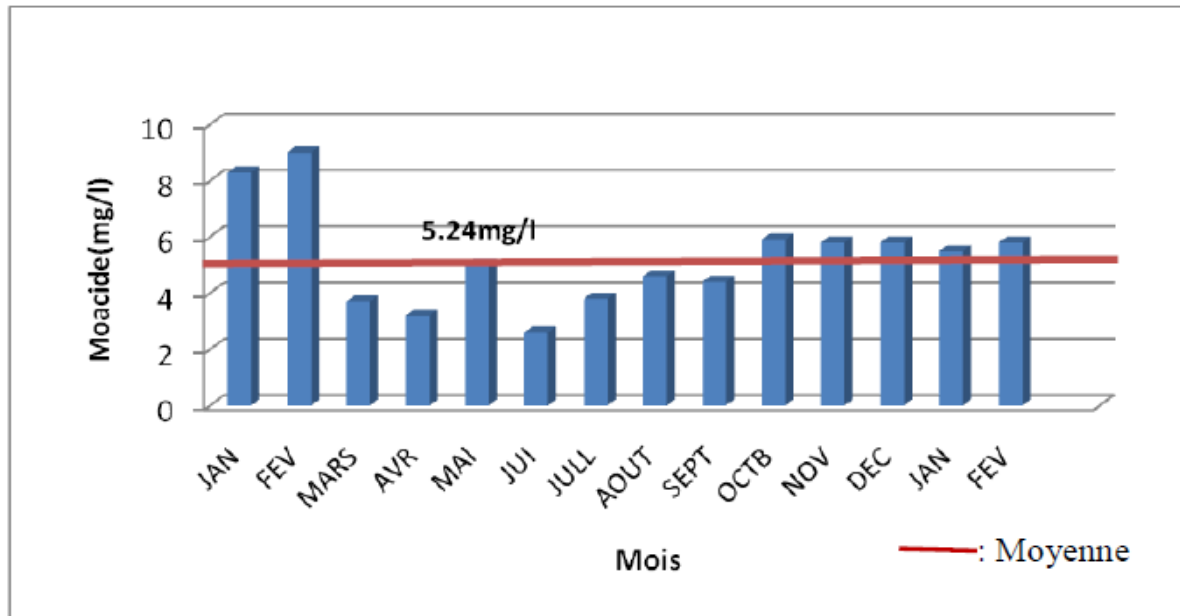


Figure IV.19: Histogramme de variation des valeurs des matières organiques dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).

IV.8.16 O₂ Dissous :

L'oxygène, toujours présent dans l'eau, n'en est pas un élément constitutif. Sa solubilité est fonction de la température, de la pression partielle dans l'atmosphère et de la salinité.

Des teneurs inférieures à 80 % de la saturation peuvent entraîner une altération organoleptique de l'eau. L'eau saturée d'air, à 20 °C et sous la pression normale contient 9,1 mg/l d'oxygène.

Dans les eaux du barrage de Foum El Gueiss les valeurs d'O₂ sont situées entre 6.2 et 12.4 mg/l, des valeurs qui dépassent la norme, celle-ci pouvant être fonction de la présence des végétaux et des phénomènes de photosynthèse, des matières organiques oxydables, des organismes et des germes aérobies, ainsi que de la perturbation des échanges atmosphériques à l'interface (présence de graisses, d'hydrocarbures, de détergent).

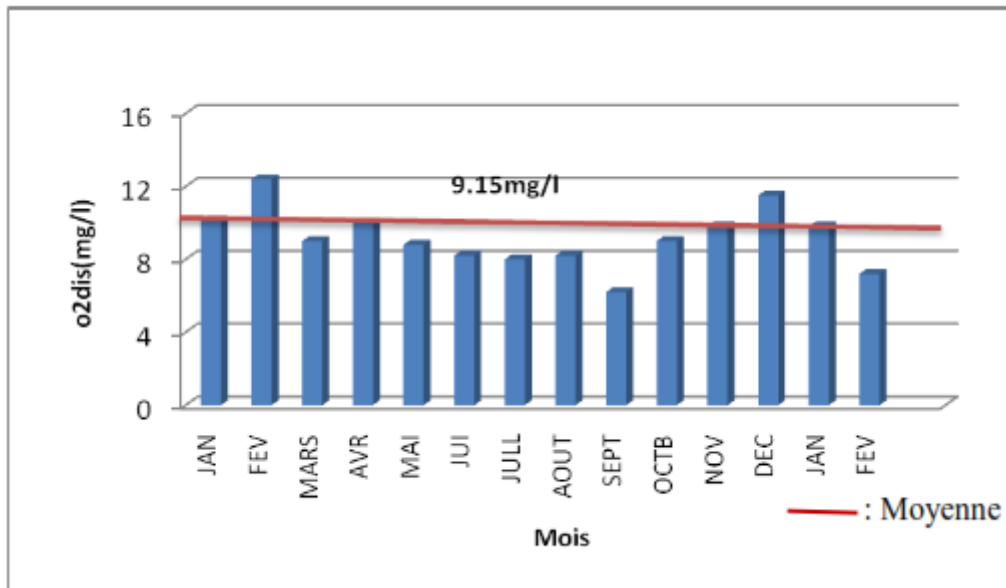


Figure IV.20: Histogramme de variation des valeurs d'O₂ dissous dans les eaux du barrage Fom El Gueiss. (1011/2012).

IV.8.17 DBO₅

Les phénomènes d'autoépuration naturelle dans les eaux superficielles résultent de la dégradation des charges organiques polluantes, sous l'action de micro-organismes. Il en résulte une consommation d'oxygène qui s'exprime par la demande biochimique en oxygène ou DBO₅.

Le paramètre DBO₅ est utilisé pour établir un classement qualitatif des eaux et définir l'altération du milieu par les matières organiques biodégradables :

- DBO₅ < 3 Très bonne.
- 3 < DBO₅ < 5 Bonne.
- 5 < DBO₅ < 8 Moyenne.
- DBO₅ > 8 Mauvaise, voire très mauvaise.

Dans nos échantillons les valeurs du DBO₅ sont situées entre 1 et 3 mg/l pendant toute l'année.

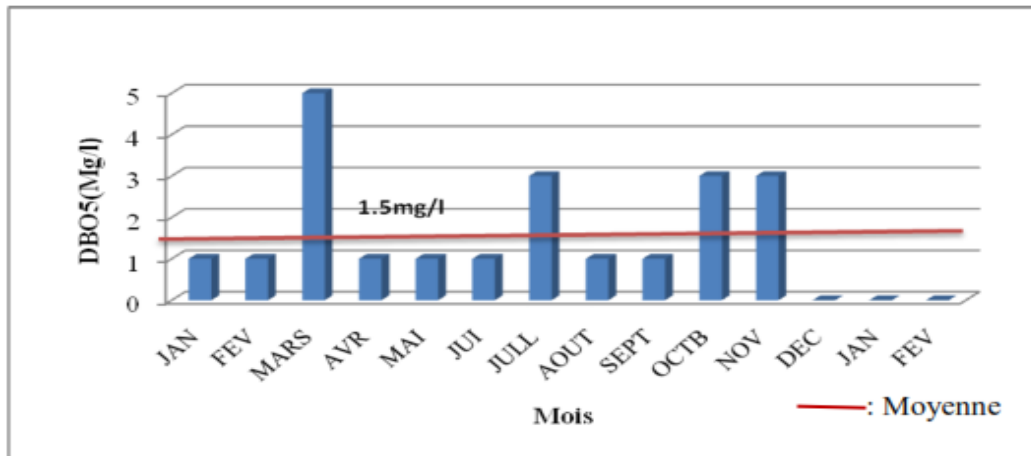


Figure IV.21: Histogramme la variation des valeurs du DBO5 dans les eaux du barrage Fom El Gueiss. (2011/2012).

IV.8.18 Demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO s'exprime par la quantité d'oxygène fournie par le dichromate de potassium et nécessaire à l'oxydation des substances organiques (protéines ,glucides, lipides, etc.) présentes dans les eaux résiduaires.

Pour les eaux superficielles destinées à la production d'eau alimentaire une valeur guide de 30 mg/l d'O₂ est fixée par la réglementation actuelle.

La teneur en DCO dans nos échantillons est comprise entre 18 et 70 mg/l, elle dépasse la norme dans la période des hautes eaux où on remarque la diminution du taux d'éclairement ce qui défavorise le phénomène d'autoépuration.

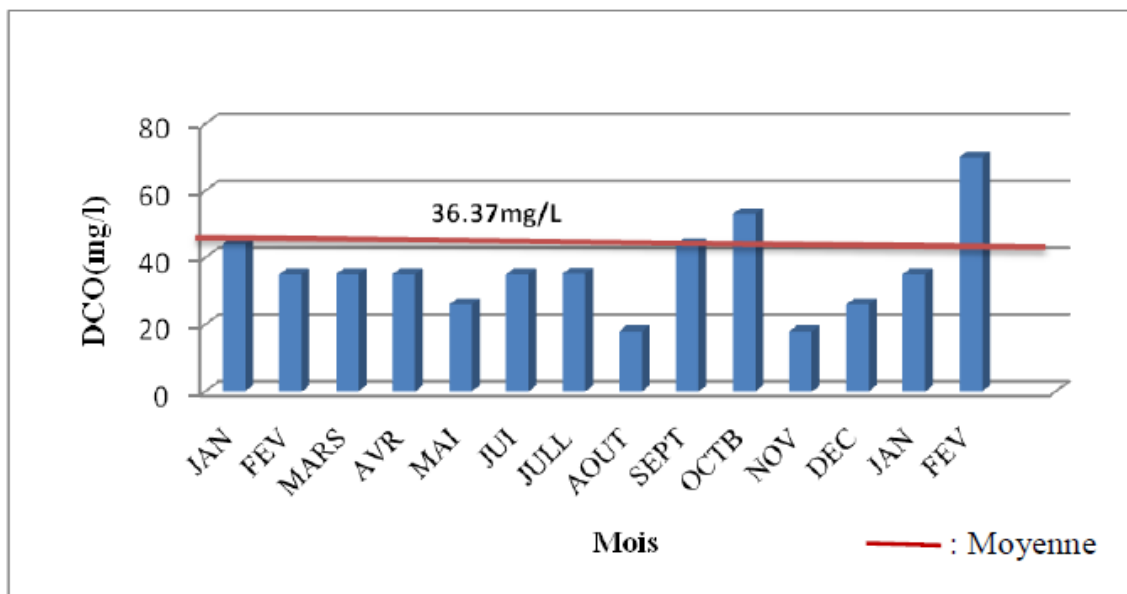


Figure IV.22 : Histogramme de variation des valeurs du DCO dans les eaux du barrage Fom El Gueiss. (2011/2012).

IV.8.19 Plomb

En dehors des zones de gisements plombifères, le plomb est un constituant naturel, largement réparti dans la croûte terrestre à des teneurs de l'ordre de 13 mg/kg, les sols acides sont généralement moins riches en plomb que les sols alcalins. Il peut être présent sous forme de carbonates, de phosphates, mais surtout de sulfure.

L'OMS, dans ses dernières recommandations, indique comme valeur guide 0.01mg/L et précise que toutes les eaux ne pourront certes satisfaire à cette valeur immédiatement.

Dans nos échantillons les valeurs concernant le plomb varient de 0.017 à 0.04 mg/l. Ces fortes concentrations sont dues aux tuyaux à base du Plomb qui sont utilisés dans l'activité agricole. La fig.41 présente les valeurs du plomb dans les eaux de barrage **de Foum El Gueiss**.

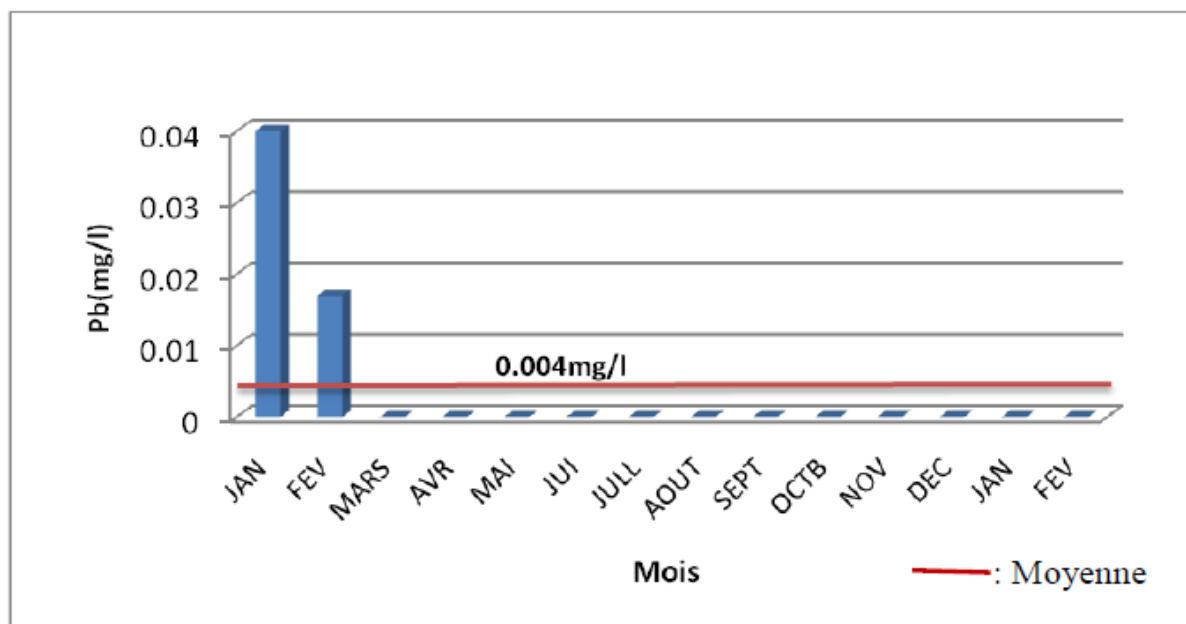


Figure IV.23: Histogramme de variation des valeurs du Plomb dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).

IV.9 Apport solide

Depuis la construction du barrage la capacité de la retenue a été réduite de 2,5 hm³ en 1938 à 1,75 hm³ en 1968 (levé S.E.G.G.T.H)

Il y correspond un envasement moyen de 25000 m³/an et un taux d'envasement d'environ 0,3 % de l'apport moyen annuel. Ce faible taux d'envasement montre que le comblement rapide de la cuvette est dû à une conception initiale du barrage limitée à une régulation saisonnière réduite ayant pour conséquence le sous-équipement du site en égard aux possibilités de l'oued.

L'eau de **Foum El Guiness** présente une bonne potabilité ; son gout est agréable et elle est apte à l'alimentation en eau potable.

La salinité est faible, les analyses effectuées en 1966 et 1967 font apparait un résidu sec compris entre 0,2 et 0,5 gramme par litre.

Cette eau est légèrement entrante (PH voisin de 7,5 et teneur en Cao de 1g/l)

CHAPITRE 5 :
L'ENVASEMENT
DES EAUX DU
BARRAGE DE
FOUM EL GUEISS

Chapitre 5 : l'envasement des eaux du barrage de fougues

V.1 Introduction :

La rareté grandissante des ressources en eau qui résulte de la diminution des quantités disponibles par habitant. La dégradation de la quantité et les objectifs de développement économique et social imposent donc l'élaboration et la définition d'une stratégie de gestion de l'eau à moyen et à long terme. Le problème de l'eau est aggravé ces dernières années de sécheresse qui ont touché l'ensemble du territoire. Ont montré combien il était nécessaire d'accorder la plus grande attention à l'eau. Cette ressource vitale est menacée dans sa quantité et dans sa qualité.

Malgré la construction de nouveaux barrages et le recours au dessalement, l'Algérie enregistrera un déficit en eau de 1 milliard de m³ d'ici l'an 2025. Nous examinons dans cette étude le principal problème technique qui affecte la quantité et la qualité des ressources en eau.

V.2 L'envasement dans le monde :

L'envasement est le résultat de dépôts de la boue de l'érosion des sols dans les bassins versants et le sapement des berges des cours d'eau. C'est en périodes de crues que les barrages s'ensavent par les courants de densité. Ce sont les premières crues d'automne qui drainent la quantité la plus importante de la boue.

La mobilisation et l'exploitation des eaux de surface sont des pratiques anciennes en Tunisie. Les aménagements réalisés au cours du siècle dernier sont exposés à un alluvionnement plus ou moins accéléré. La capacité de stockage des retenues des barrages est sujette à une réduction progressive au cours du temps. Cette perte de capacité, parfois élevée, dépasse les prévisions de l'alluvionnement de la retenue. La quantification des sédiments piégés se base soit sur les bilans de matière solide à l'échelle d'une retenue, soit sur des levés bathymétriques ou topographiques. Les Modèles Numériques de Terrain (MNT) des retenues sont de plus en plus utilisés. Les différentes évaluations sont entachées d'une incertitude.

Les retenues des barrages tunisiens perdent annuellement 0,5 % à 1 % de leur capacité par alluvionnement. L'analyse des résultats de mesures montre que l'alluvionnement est lié à l'hydrologie du cours d'eau, à la gestion de la réserve d'eau et aux manœuvres de dévasement.

La comparaison entre les résultats de mesures de l'alluvionnement et les prévisions des projets met en évidence des différences parfois relativement importantes qui sont dues au régime hydrologique des cours d'eau. En effet, une crue exceptionnelle peut provoquer un alluvionnement nettement supérieur à la moyenne annuelle en régime hydrologique normal.

Chapitre 5 : l'envasement des eaux du barrage de fougues

Les retenues méandriformes sont comblées rapidement alors que les retenues linéaires offrent la possibilité de soutirage de quantités importantes de sédiments. Les moyennes annuelles des pertes de capacité des barrages en exploitation et des barrages projetés jusqu'à 2010 permettent de quantifier les volumes des sédiments piégés à 500 Mm³. En 2030, la perte de capacité de stockage des barrages en exploitation pourrait atteindre 43 % de leur capacité initiale. Les aménagements amont et les travaux de conservation des eaux et des sols permettent de réduire le taux d'alluvionnement et de prolonger la durée de vie des grands réservoirs.

V.3 Etapes de l'Envasement d'un barrage

Le processus de l'envasement d'un barrage débute dans la première phase par l'arrachage des particules fines de leurs positions initiales par le ruissèlement. Dans la seconde phase, les sédiments seront drainés par les cours d'eau jusqu'au barrage. Enfin dans la troisième partie, les particules seront piégées pour se décanter et se tasser au fond du lac du barrage.

Chapitre 5 : l'envasement des eaux du barrage de foug el gueiss

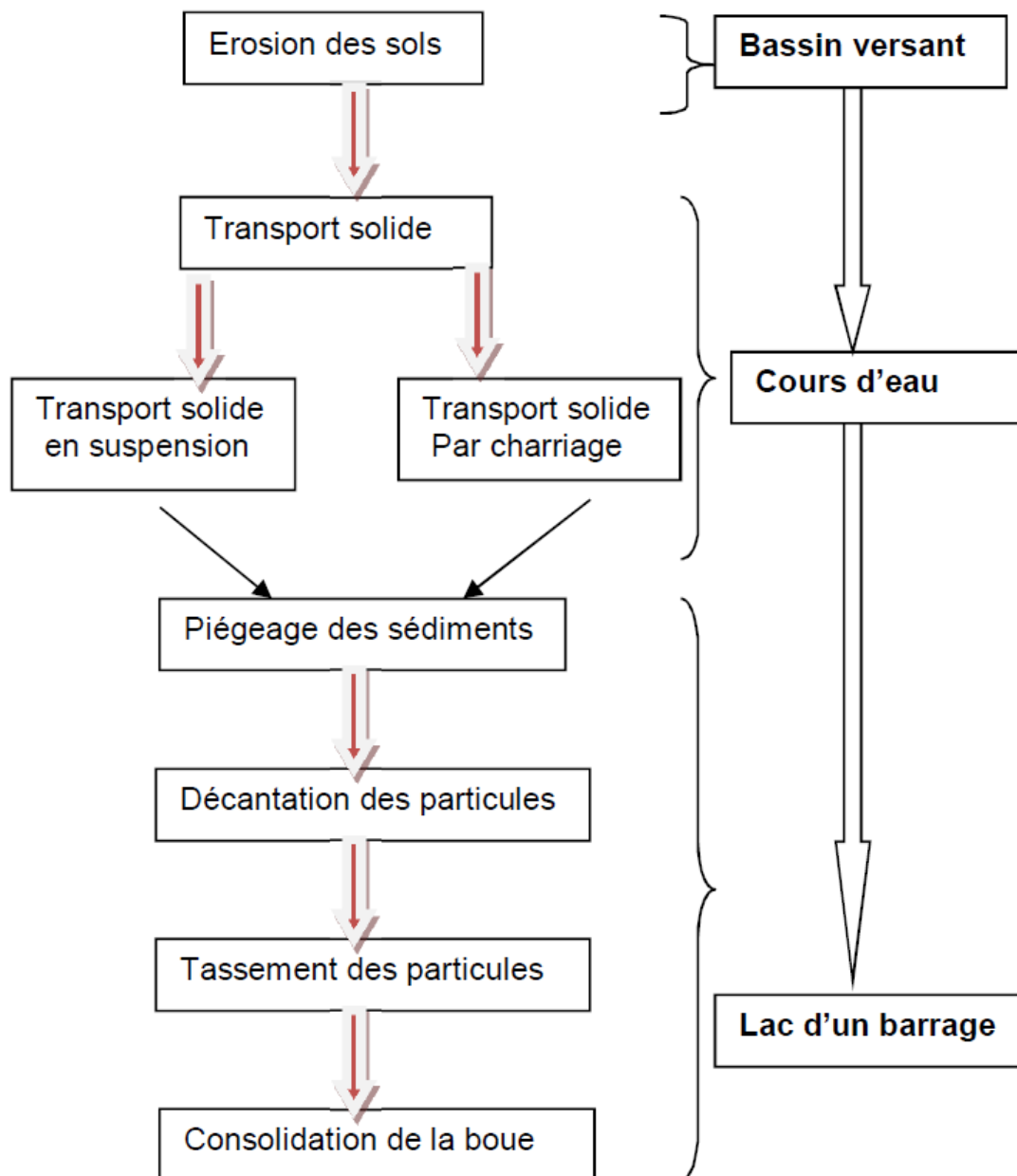


Figure V.1: Processus d'envasement d'un barrage Réservoir (Remini, 1990)

V.4 L'envasement des barrages en Algérie

En Algérie, du fait de l'aridité du climat, l'eau constitue un facteur de développement socio-économique important.

Sur les 100 milliards m³ d'eau qui tombent chaque année sur l'ensemble du territoire, les eaux de ruissellements ne représentent que 12,5 milliards de m³, le reste des précipitations étant dispersé par évaporation (85 %) et infiltration dans le sol (15 %). Ces chiffres montrent tous l'intérêt de disposer d'ouvrage de stockage des eaux tant pour l'irrigation que pour la

Chapitre 5 : l'envasement des eaux du barrage de Fougues

production d'énergie électrique et l'industrie. L'Algérie dispose actuellement de 98 barrages en exploitation, dont 43 ayant une capacité de plus de 10 millions de m³ totalisant une capacité totale de 4,5 milliards de m³ d'eau et permettant de régulariser un volume annuel de 2 milliards de m³.

Ces barrages, du fait de la forte érosion de leurs bassins versants, accumulent chaque année des volumes de vase importants estimés à 20 millions de m³ par an, entraînant une réduction progressive de la capacité de stockage de seaux dont l'intérêt est vital pour le pays. On estime qu'actuellement 500 millions de m³ de vase se sont déposés dans les retenues représentant 11 % de leurs capacités.

V.5 Expertise de la retenue et des ouvrages

V.5.1 Caractéristiques des sédiments :

Lors de la visite d'expertise, nous avons pu constater que les sédiments apportés par le bassin versant étaient principalement constitués des particules très fines (<50 microns).

Ce type de matériau du fait de leur finesse ne permet pas de valorisation industrielle (poterie, brique) économiquement viable. Il nécessite un traitement de type déshydratation avec une décantation préalable à l'intérieur de casier.

La seule valorisation acceptable pour le cas particulier de la retenue de **Fougues El Gueiss**, est la création de zone de rejet de faible épaisseur environ 1m de hauteur permettant une utilisation agricole après ressuyage.

V.5.2 Evaluation du volume régularisé disponible

Sur la base des documents fournis (bathymétrie 2000) et l'évolution depuis la mise en eau, on constate un envasement annuel continu avec depuis quelques années une réduction de la surface du plan d'eau. Cette surface se réduit du fait de l'envasement amont de la retenue.

Le volume régularisé actuel servira pour l'opération de curage et ce d'autant plus qu'une localisation des zones de stockage à l'amont de la retenue permettra de récupérer et donc réutiliser l'eau de drainage.

Ce dernier point pour limite de la capacité de stockage des dites zones.

V.5.3 Détermination du volume à dévaser

L'objet de l'étude est de déterminer le volume à dévaser ainsi que la recherche d'autres solutions pour augmenter le volume régularisé.

Dans le cas du barrage de **Fougues El Gueiss** une nouvelle surélévation du barrage ne peut être envisagée, par contre une surélévation de la cote de la retenue est possible à l'aide d'un système de hausses fusibles, cela sous réserve d'études complémentaires.

Chapitre 5 : l'envasement des eaux du barrage de fougues

En complément de cette surélévation, il peut être réalisé un curage hydraulique à l'aide d'une drague suceuse, en recherchant les meilleures zones de rejet pour optimiser le volume d'eau utilisé pour le curage.

La combinaison des deux solutions peut permettre de récupérer un volume régularisé de 1,5 millions de m³. Ce million et demi de m³ devra être obtenu en minimisant la consommation d'eau lors du curage par une optimisation des zones de rejets.

Cette optimisation peut d'une part se faire en utilisant des zones de rejet à l'amont de la retenue dans le but de récupérer l'eau décantée directement dans la retenue et d'autre part en réalisant des zones de rejet sous la forme de casier de faible hauteur avec une récupération de l'eau claire pour l'irrigation.

Le curage peut être aussi réalisé à différents endroits dans la retenue, avec par exemple comme objectif donner une épaisseur d'eau plus importante dans la zone de la queue de retenue.

V.6 Evaluation du transport solide en suspension :

V.6.1 Formules empiriques.

Diverses formules ont été établies à partir de données observées sur les différents bassins du globe pour l'estimation du transport solide.

V.6.2 Formule de TIXERONT

Il se base sur les données recueillies dans 32 bassins d'Algérie et 9 bassins de Tunisie. Les superficies varient de 90 à 22300 Km² et les observations portent sur une durée arrivant à 22 ans.

$$A = 92 \cdot L_e^{0.15} \quad (\text{région de l'Est Algérien})$$

A : Apports solides spécifiques moyens annuels (t/km²/an).

L_e : Ecoulement annuel total (mm).

Avec « a = 92 » pour un bassin de perméabilité moyenne et « L_e = 70.75mm »

Q_{ss} TIXERONT = **131.37 t/km²/an** comme limite supérieur.

Chapitre 5 : l'envasement des eaux du barrage de foug el gueiss



Figure V.2 : Barrage foug El Gueiss 2021

Chapitre 5 : l'envasement des eaux du barrage de foug el gueiss

V.7 Effets des sédiments sur les ouvrages et organes d'exploitation :

Lors de la visite d'expertise, l'exploitant de l'ouvrage a réalisé une ouverture de la vanne de vidange pour confirmer qu'il n'avait pas de problème sur les organes d'exploitation dus à l'envasement. L'effet de l'envasement sur les ouvrages des vidanges et les organes d'exploitation se limite uniquement à des dépôts de sédiment lors ouvertures de ces organes. L'impact de ces rejets est de durée courte, lors de l'ouverture pendant la visite, le retour à l'eau relativement claire a été de 30 minutes.

Le courage doit être réalisé dans les zones amont pour redonner de la profondeur d'une part et être près des zones de rejet, mais aussi autour des ouvrages de prise et de vidange.

V.8 Moyens de dévasement à mettre en œuvre :

Dans le cas de la retenue de **Foug El Gueiss**, du fait de la conception des ouvrages, des caractéristique des sédiments et de la problématique de gestion très strict de la ressource en eau, la seule solution pour réaliser un désenvasement, ayant le moins d'impact possible sur l'environnement, est la technique du pompage des sédiments à l'aide d'une drague aspiratrice. Cette drague devra être assez puissante pour permettre un transit assez long des sédiments soit à l'amont de la retenue sans pompe "booster", soit à l'aval avec une seule pompe "booster"



Figure V.3 : Moyenne de dévasement "booster"

Chapitre 5 : l'envasement des eaux du barrage de fougues

Ces moyens de dragage devront être mis en œuvre avec une gestion très des zones de rejet, afin d'optimiser le rapport : (**volume de sédiment curé / volume d'eau utilisée**)

Il sera donc nécessaire de mettre en œuvre en dehors de la drague, des moyennes techniques pour gérer les dépôts (éclusettes entre les bassins), des conduites de retour d'eau vers la retenue pour la zone de rejet amont avec un suivi du débit, d'un réseau de conduite de collecte vers un dispositif d'irrigation pour la zone aval.

Ces différentes installations devront être réalisées de façon "rustique" afin de permettre une gestion et une maintenance facile. Les différents réseaux de conduite seront réalisés en PVC de diamètre compris entre 100 et 200 mm en fonction du lieu de récupération dans la zone de dépôt.

V.9 Analyse des effets

V.9.1 Étude des zones de rejet

Lors de la visite d'expertise, nous avons recensés des zones de rejet à l'amont et une zone de rejet à l'aval.

Les zones de rejet à l'amont offrent l'intérêt de pouvoir récupérer l'eau utilisé par le pompage directement dans la retenue après décantation des sédiments.

Ces zones sont au nombre de trois et positionnées en rive gauche, une en queue de retenue en arrière de la zone d'habitation et sans danger pour celles-ci, une en dessous de l'habitation et l'autre à proximité du barrage.

Leurs surfaces sont totalement différentes, mais ont toutes la possibilité de transformer ces zones de dépôts en terrain agricole.

Ces trois zones amont sont accessibles par une piste depuis l'aval du barrage et on a une surface totale estimative de 10ha. Elles ont soit une pente amont/aval pas trop importante ce qui permettra de construire des digues avec les matériaux existants sur place d'une hauteur comprise entre 1m et 1,5m, soit semi horizontale pour les zones proches de la retenue ce qui nécessitera peu de travaux d'aménagement.

Les zones devront être découpées en plusieurs casiers, étant eux-mêmes aménagés de chicanes ou digue intermédiaire afin de ralentir la vitesse de l'eau et des sédiments, pour obtenir une décantation plus rapide. Les digues intermédiaires seront équipées d'éclusettes afin de gérer la décantation dans les casiers.

Chaque casier sera alimenté par la conduite de rejet de la drague, au fur et à mesure de l'envasement du dragage, et équipé d'une conduite de rejet dans la retenue afin d'optimiser le volume utilisé pour le curage.

Chapitre 5 : l'envasement des eaux du barrage de foug el gueiss

Les conduites de d'eau vers la retenue seront en PVC afin de permettre une manutention simple, sans surjection d'étanchéité au raccord.

Le dragage pourra être réalisé dans la zone amont de la retenue afin de réduire la distance entre la drague et la partie supérieure de la zone de rejet.

La zone située à l'aval du barrage est accessible depuis la ville de Kais .cette zone est située à gauche et de l'oued Gueiss. Elle est d'une surface d'environ de 4à5 hectares.

Ces deux zones amont et aval ont les mêmes caractéristiques techniques, avec la suggestion évoquée ci-dessus.

Nous préconisons donc de créer sur ces zones des casiers de dimensions variables en fonction du terrain et d'une hauteur de digue comprise entre 1m et 1,5.Ces digues seront réalisées avec les matériaux du site par une simple action de décapage du sol existant.

Le fond de ces casiers aura une pente d'environ 1/1000.les casiers seront aménagés avec des chicanes ou des digues intermédiaires équipées d'éclusettes.

Enfin, l'opération de curage, les zones de dépôts devront être aménagées afin de proposer aux agriculteurs des plates forme semi-horizontales sur les quelles ils pourront développer une agriculture organisée.

V.9.2 Impact Environnemental

Dès la recherche des zones de rejet du curage de la retenue de **Foug El Gueiss**, nous sommes préoccupés des impacts environnementaux potentiels créés par ces dernières.

Pour les zones amont, les impacts sont totalement positifs, car les zones permettent de récupérer l'eau du dragage et de la remettre dans la retenue, et elles sont situées dans une zone avec peu d'habitation pour une et sans pour les deux autres, sans risque potentiel en cas de rupture d'une digue, sans gêne pour l'écoulement de l'eau dans la retenue.

Après la réalisation du curage, ces zones pourront être mise à disposition d'agriculteurs qui pourront valoriser ces zones actuellement inutilisables.

Pour la zone aval, les impacts sont des deux types visuels et aquatiques, car contrairement aux zones amont, cette zone est située dans un environnement un plus proche des habitations de la ville de Kais avec des risques potentiels en cas de rupture de digue et avec uniquement la possibilité l'eau pour l'irrigation au travers de l'oued Gueiss.

V.10 Etude économique

Dans le cas de la retenue de **Foug El Gueiss**, on a réalisé un calcul estimatif du curage d'un volume de 1million de m³.

Chapitre 5 : l'envasement des eaux du barrage de foug el gueiss

Ce calcul se décompose de la façon suivant ; en s'appuyant d'une part sur les informations obtenues lors de notre expertise et d'autre par sur les coute moyennes d'aménagement de zone de dépôt réalisé en France et recalculés sur les bases économiques Algériennes.

Tableau 14 : calcul estimatif du curage d'un volume de 1million de m³

Installation de chantier+repli	24 millions de dinars
Installation (dragage+conduite+repli)	43 million de dinars
Extraction des sédiments	45 dinars × 1million de m ³
Création de zones de dépôts	10 dinars × 1millions de m ³
Gestion des zones de dépôts	10 dinars × 1millions de m ³
Suivi bathymétrique	5 million de dinars
Immobilisation	10 jours × 300 000 dinars

Soit pour un volume curer de 1 millions de m³ de sédiment, un montant estimatif de :

140 000 000 de dinars (cent quarante millions de dinars).

Auquel il faut rajouter le montant estimatif de la solution de surélévation de niveau de la retenue : **63 000 000 de dinars (soixante trois millions de dinars).**

V. 11 Conclusion :

Que ce soit pour améliorer la capacité d'un évacuateur de crue sans perdre sur le volume de la retenue, ou pour augmenter le volume d'une retenue sans perdre sur la capacité de l'évacuateur, le système des hausses fusibles doit être envisagé.

Ce procédé apparaît économiquement très intéressant pour l'augmentation de la capacité utile des retenues existantes. Le prix de revient au mètre cube supplémentaire stocké est évidemment très variable suivant la dimension du déversoir et la superficie du plan d'eau.

La sécurité de ce système peut être considérée comme totale ainsi que l'ont montré les nombreux essais sur modèles réduits.

Ce système s'avère une solution efficace et économique, pour combler les conséquences provenant d'une étude hydrologique non représentative, comme la montre la rehausse du barrage de **Foug-El-Gueiss**.

En cas de très forte crue provoquant le basculement d'une ou plusieurs hausses, il faut remplacer les éléments basculés afin de restaurer l'ouvrage dans son intégrité.

Chapitre 5 : l'envasement des eaux du barrage de foun el gueiss

L'économie du projet de rehaussement peut être remise en cause lorsque l'élévation du niveau de la retenue impose sur un barrage en terre de coûteux travaux de renforcement des dispositifs d'étanchéité ou de drainage.

CONCLUSION
GÉNÉRALE ET
REMÈDES

Conclusion Générale et remèdes

Ce mémoire est destiné à évaluer l'envasement et l'impact des eaux usées, de l'industrie et de l'agriculture sur la qualité des eaux de surface du barrage de Foum el Gueiss sans omettre l'effet environnemental occasionné à l'aval du barrage en cas de rupture de ce dernier. La zone d'étude est située dans l'Est de l'Algérie et au Sud de la wilaya de Khenchela.

Le bassin versant de Foum El-Gueiss se caractérise géologiquement par :

- Sa localisation dans les hautes plaines constantinoises
- Le trias est constitué par des couches des marnes accompagnées de gypse
- Le Jurassique se formé par des calcaires marneux et de dolomies
- Les formations d'âge quaternaire se répartissent en totalité dans le bassin versant
- Les Alluvions récentes constituent par des sables, des graviers et des limons gris de gros galets émoussés calcaires ou gréseux
- alluvion récentes sont limitées aux zones basses, Oued Issouel qui aboutit au barrage de Foum el Gueiss
- Les plis anticlinaux (Khenchela, Chélia) et le pli synclinal (Djebel de Djahfa) sont morphologiquement constitués des reliefs aux sud de barrage de Foum el Gueiss
- A partir de la lithologie des formations géologiques, on peut avoir une idée sur le chimisme des eaux.
- Les calcaires donnent un faciès généralement bicarbonaté calcique ou magnésique -Les marnes donnent un faciès sulfatés
- Les alluvions donnent plusieurs faciès non salés.

La région d'étude est soumise à un climat semi-aride, elle est caractérisée par un hiver froid et un printemps pluvieux et un été chaud et sec.

Les précipitations moyennes annuelles, sur une période de 10 ans (2009–2019), sont estimées à 339,45mm, leurs répartitions mensuelles montrent deux grandes saisons bien distinctes, la première est humide, qui s'étend du mois de Septembre à Mai et la deuxième est sèche, qui s'étale sur les mois de Juin et Aout, l'évapotranspiration réelle est estimée 310,92 mm.

Les températures moyennes mensuelles varient entre 6,78 °C et 27,62 °C, avec une moyenne annuelle de 16,02 °C .Le mois de juillet étant le plus chaud, et janvier le plus froid.

Le ruissellement ne représente que 17,45mm des précipitations.

L'infiltration est estimée à 11,08mm, cette dernière contribue à l'alimentation des nappes souterraines à partir de la surface.

Conclusion Générale et remèdes

Le déficit agricole estimé est de 561,45 mm étalé sur la période allant de mai jusqu'à novembre. Notons que le bilan hydrologique est déficitaire.

La chimie des eaux est influencée par la répartition des précipitations et des températures par dilution pendant la période pluvieuse et concentration lors de l'évaporation durant la période sèche.

Le bassin versant **de Foum El Gueiss** est caractérisé par des reliefs, avec une superficie de 18.23 km² et une forme allongé et compact Le réseau hydrographique du bassin versant de l'Oued Kais est très développé avec une densité de drainage de 3.81 km/km² Le profil en long des oueds principaux montre que la densité de drainage et la pente des oueds sont très fortes ce qui favorise le ruissellement.

On achevant ce travail de traitement des données physicochimique, on pourrait retenir les synthèses suivantes :

- Le pH des eaux est voisin de la neutralité.
- La température varie en fonction des conditions climatiques.
- La conductivité exprime une minéralisation forte des eaux du barrage de Foum El Gueiss.
- En ce qui concerne les éléments considérés comme indésirables ou toxiques sont le cuivre, le fer, le manganèse, cadmium, plomb. Leurs teneurs sont actuellement fortes qui sont dues à l'activité industrielle et agricole.
- La charge organique est élevée dans les eaux du barrage de Foum El Gueiss, ce qui entraîne une mauvaise absorbance des rayonnements solaires c.-à-d.elle défavorise le phénomène de la photosynthèse.
- Signalons que les valeurs sodium et du potassium sont dans les normes.
- En ce qui concerne les concentrations en nitrites et en nitrates sont élevées dans la période humide à cause du lessivage des terrains et de l'activité agricole.
- Les variations temporelles des débits liquides-débits solides sont d'une nette ressemblance permettant de conclure que ce sont les crues qui sont responsable du transport solide.

Que ce soit pour améliorer la capacité d'un évacuateur de crue sans perdre sur le volume de la retenue, ou pour augmenter le volume d'une retenue sans perdre sur la capacité de l'évacuateur, le système des hausses fusibles doit être envisagé.

Conclusion Générale et remèdes

Ce procédé apparaît économiquement très intéressant pour l'augmentation de la capacité utile des retenues existantes. Le prix de revient au mètre cube supplémentaire stocké est évidemment très variable suivant la dimension du déversoir et la superficie du plan d'eau.

La sécurité de ce système peut être considérée comme totale ainsi que l'ont montré les nombreux essais sur modèles réduits.

Ce système s'avère une solution efficace et économique, pour combler les conséquences provenant d'une étude hydrologique non représentative, comme la montre la rehausse du barrage de **Foum-El-Gueiss**.

Quelques Remèdes :

Pour éviter de répercuter fatalement le déficit en eau d'ici l'an 2025, il faut mobiliser le maximum des ressources superficielles et souterraines, cherchant de nouvelles ressources, lutter contre les pertes et améliorer la qualité des eaux disponibles. C'est la qualité de l'eau qui est devenue un problème crucial, car depuis une trentaine d'années, cette qualité est menacée par les activités humaines.

1. Entretien des barrages actuels et lutte contre l'envasement ;
2. Aménagement des bassins versants ;
3. Réalisation des barrages de décantations ;
4. Surélévation des barrages ;
5. La technique de chasse ;
6. Soutirage des courants de densité ;
7. Dragage des barrages.

! !
RÉFÉRENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

ANRH. ; 2005 les analyses Hydrochimique de barrage Foum el Guieiss Kais 2015.

ANRH (Agence Nationale des Ressources Hydriques), 1993. Annuaire hydrologique de l'Algérie.

Abdallah Ben Mammou and M. H. Louati 2007 Évolution temporelle de l'envasement des retenues de barrages de Tunisie Temporal silting evolution in Tunisien réservoirs.

Bouziane N., 2012. Contribution à l'étude de la qualité et l'envasement des eaux du barrage de Foum El Gueiss. Mémoire de Master 2 en Génie d'environnement, Université de Khenchela.

Boudoukha, A., Belhadj, M.Z., Benkadja, R. 2012. Impact d'une pollution anthropique et d'une Contamination naturelle sur la qualité des eaux du barrage de Zit Emba. Est algérien. La Houille Blanche, 4,34-41.

Boudoukha, A., Bouguerne, A., et Mebarkia, A., 2014. Impact du changement climatique et de l'activité anthropique sur la qualité des eaux du barrage Ain Zada. Algérie. International journal for Environnement & global climat change, 2 (3), 74- 85.

Boudoukha, A., boulaarak, M., 2013. Pollution des eaux du barrage de Hammam Grouz par les nutriments (Est algérien). Bull. Serv. Géol. Nat, V 24 (2), 1-11.

Berkane C. Etude Hydrochimique des sources thermale des Aures (khenchela), Mémoire de master, Option : Ecologie et Environnement, Centre universitaire de khenchela (2010).

Ben Aroua A., et Madani O., (2010) : Ressource et essai de gestion intégrée des eaux Dans la Wilaya de Khenchela, Mémoire d'ingénieur d'université Abbes Laghrour Khenchela.

B.M/K .Li /S 1974 .Instruction pour le calcule des Quantités des vase évacuées par les chasses de dévasement

Cheremssal El Hachemi (2012) Contribution a l'étude pollution organique dans le barrage de foum el Gueiss khenchela Université de Khenchela.

Cote, M., 1998 a (in Mébarki Azzedine., 2005). Les régions bioclimatiques de l'Est algérien, Rhumel, n° 6, pp. 57-71.

Chevalier, S. & Yahiaoui, F., (2002). « Surélévation du Barrage de Foum-El-Gueiss » Agence Nationale de Barrage, Ministère des ressources en eau.

CF., (2011) : Conservation des forêts de la Wilaya de Khenchela, cartes de la Wilaya de Khenchela, service des statistique et cartographique.

DPAT., (2011) : Direction de la planification et l'aménagement du territoire de la Wilaya De Khenchela, service de statistique.

FT., (2005) : Fiche technique du barrage Foum El Gueiss, Caractérisations du barrage.

Références bibliographiques

Gaagai A., 2017. Etude de l'évolution de la qualité des eaux du barrage de Babar (Sud-Est Algérien) et l'impact de la rupture de la digue sur l'environnement. Thèse de Doctorat, Université de Batna 2.

HayaneSM (2015) ., Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique du bassin versant d'oued Sikak. Thèse, 3ième cycle, univ. Oran,

Khabthane H., (2010) : Contribution à l'étude du comportement éco physiologique du genre Tamarix dans différents biotopes des zones arides de la région de Khenchela, Mémoire Magister, Université de Constantine.

Lionel Lessard, (1952) la géologie et les problèmes de l'eau en Algérie), Elément de Théchnogèologie des barrages Algériens et de quelques ouvrages annexes, le barrage de Foug El Gueiss-khenchela, (1952).

MEKAOUI S., SAMRI H., (2009) : L'impact des rejets de l'unité de baryte d'Ain Mimoun sur le bassin versant de Foug EL Gueiss, Mémoire d'ingénieur d'université El Hadj Lakhdar Batna.

Melle BOUZIANE Nora .2012 Contribution à l'étude de la qualité et l'envasement des eaux du barrage de Foug El Gueiss. (W. de Khenchela, Nord – Est Algérien) Université Abbes Laghrour –Khenchela-

Remini B., Benfetta H., 2015. Le barrage réservoir de Gargar est- il menace par l'envasement, Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°24, Décembre 2015.

SM., (2011):Station météorologique d'El Hamma, Wilaya de Khenchela, Données climatiques 1994-2011.

Zrari, R, 2004. Etude de faisabilité d'un barrage en terre, Babar, Mémoire de fin d'étude, département de l'hydraulique, université de Batna, Algérie.

Zerouali Haroun., 2017. Modélisation Pluie – Débit : Calage et validation modèles hydrologiques GR1A, GR2M du bassin versant Foug El Gueiss (Hauts Plateaux Constantinois, Algérie) de Mémoire fine d'étude, université Abbes Laghrour –khenchela.