



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE
ET POPULAIRE



MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABBES LAGHROUR –KHENCHELA–
INSTITUT DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DE L'ECOLOGIE ET ENVIRONNEMENT

Mémoire

Présenté pour l'obtention du diplôme de Master en
Ecologie

Option : Ecologie et environnement

**Contribution à l'étude de la question de la
pollution organique dans le barrage de Foum
Elgueiss Khenchela.**

Réalisé par :

CHERMSSAL El Hachemi

Devant le jury:

Rapporteur
Examineur
Président

M : DAIFELLAH Tarek
M : BOULABAIZ Mahrez
M : BOUZO Mourad

Année Universitaire : 2011/2012

REMERCIEMENT

Je tiens à adresser mes remerciements à toutes les personnes qui ma aidé de prés ou de loin, en particulier :

Monsieur Daifellah Terik qui à toujours été prêt à m'aider et surtout critiquer. lui adresse mes sincères remerciements et mes profonds respects.

J'exprime toute ma reconnaissance aux membre de jury pour l'intérêt qu'ils ont prêté à ce travail en acceptant de juger ce travail dans le cadre de ce mémoire de master.

Je remercie tous les enseignants (graduation-post graduation)

Et à tous le personnel administratif de l'institut des Sciences de la nature et de la vie.

Je remercie également le personnel de l'A.N.R.H. de Constantine ainsi que le personnel de la D.P.A.T, S.M, et C.F de Khenchela

A tous merci

 el Hachemi

DEDICACES

- *Merci mon Dieu le tout puissant qui ma éclairé le chemin de la réussite et du savoir.*
- *Je dédie ce modeste travail à mes très chères parents tous
A ma très chère mère **Fatma**, rahemate ellah aalieha
wamathwaha eldjena*
- *A mon cher père **mohamed laid**, rahemate ellah aalih
mathwahwah eldjena*
- *A mes chère : nedjema.aicha **insaf**, **isseraa**...*
- *Je remercie les familles **cheremessal**, **zaidi** , **djebaili**
A mes amis intimes : **Omar**, **salih**, **bilal**, **Fouad**, **moheidine**, **Ali**
hichem, **mohemed**, **zakaria**, **noureddine**, **lamin**, **ilies**, **walid**, **zaza**.*

Hachemi

Figure 01 : Rectangle équivalent du bassin versant de FOUM EL GUEISS (MEHEMAI, 2009).....	07
Figure 02 : Courbe Hypsométrique du bassin versant Foum EL-Gueiss (MEHEMAI,2009)..	07
Figure 03 : Evolution de la température moyenne annuelle à la station de EL Hamma pour la période 1994/2011.....	28
Figure 04 : Variation de la température moyenne mensuelle à la station d'ELHamma pour la période (1994-2011).....	29
Figure 05 : Variation des températures mensuelles à la station d'ELHamma pour la période (1994-2011).....	29
Figure 06 : Evolution des précipitations annuelles à la station d'Elhamma pour la période (1994-2011).....	31
Figure 07 : Variation des précipitations moyennes mensuelles à la station d'Elhamma pour la période (1994-2011)	31
Figure 08 : Diagramme ombrothermique de la station d'Elhamma.....	32
Figure 09 : Abaque de l'indice d'aridité annuel de demartonne	34
Figure 10 : Climagramme d'Emberger de la station ELHAMMA	35
Figure 11 : Le régime pluviométrique saisonnier à la Station d'ElHamma pour la période (1994-2011).....	36
Figure 12 : Bilan hydrologique moyen (1994-2011) à la station ElHamma , par la méthode de Thornthwaite.....	39
Figure 13 : Variation mensuelle de la température	44
Figure 14 : Variation mensuelle de pH	46

Figure 15 : Variation mensuelle de conductivité électrique	47
Figure 16 : Variation mensuelle de Résidu Sec	48
Figure 17 : Variation mensuelle du Calcium	50
Figure 18: Variation mensuelle du Magnésium	51
Figure 19 : Variation mensuelle du Sodium	52
Figure 20 : Variation mensuelle du Potassium	53
Figure 21 : Variation mensuelle du Chlorure	54
Figure 22 : Variation mensuelle du Sulfate	55
Figure 23 : Variation mensuelle du Bicarbonate.....	56
Figure 24 : Variation mensuelle du Nitrate	57
Figure 25 : La représentation d'échantillon sur le diagramme de Piper pour les huit mois	59
Figure 26 : Diagramme d'échantillon de Schoeler-Berkaloff pour les huit mois	60
Figure 27 : Variation des concentrations mensuelle du DCO (2000-avril 2012).....	64
Figure 28 : Variation des concentrations mensuelle du DBO5 (2000-avril 2012).....	65
Figure 29 : Variation des concentrations mensuelle du pH (2000-avril2012)....	66
Figure 30 : Variation des concentrations mensuelle du O ₂ dissous (2000-avril 2012).....	67
Figure 31 : Variation des concentrations mensuelle du Nitrite (2000-avril2012).....	68
Figure 32 : Variation des concentrations mensuelle du Nitrate (2000-avril2012).....	69
Figure 33 : Variation des concentrations mensuelle d'Ammonium (2000-avril2012).....	71
Figure 34 : Variation des concentrations mensuelle de Phosphate (2000-avril2012).....	72
Figure 35 : Variation des concentrations mensuelle de tous les paramètres (2000-avril2012).....	73

Liste Des Tableaux	Page
Tableau 01 : Caractérisation du barrage de Foug El Gueiss	05
Tableau 02: Surface et Périmètre du bassin versant Foug el Gueiss	06
Tableau 03: La longueur et largeur du bassin versant Foug el Gueiss	06
Tableau 04 : Les indices de pentes du bassin Foug El Gueiss	09
Tableau 05 : La densité de drainage du Bassin versant FOUM EL GUEISS	11
Tableau 06 : Estimation du temps de concentration du bassin versant FOUM EL GUEISS..	12
Tableau 07 : Les espèces forestières de la région d'étude	24
Tableau 08 : Caractéristique de la station de mesure	27
Tableau 09 : La valeur du quotient pluviométrique d'Emberger à la station d'El Hamma (période 1994-2011).....	35
Tableau 10 : Le régime pluviométrique saisonnier à la station d'ElHamma pour la période (1994/2011).....	36
Tableau 11 : Valeurs de l'ETP estimées par la formule de Thornthwaite	37
Tableau 12 : Bilan hydrologique moyen (1994/2011) à la station d'ElHamma, par la méthode de Thornthwaite	38
Tableau 13 : Répartition des précipitations à la station d'ElHamma	40
Tableau 14 : Variation mensuelle de Température.....	44
Tableau 15 : Variation mensuelle de pH.....	45
Tableau 16 : Variation mensuelle de conductivité électrique	46
Tableau 17 : Variation mensuelle de résidu sec	48

Tableau 18 : Variation mensuelle de concentration de calcium (Ca^{2+}).....	49
Tableau 19 : Variation mensuelle de concentration de Magnésium	50
Tableau 20 : Variation mensuelle de concentration de Sodium	51
Tableau 21 : Variation mensuelle de concentration de Potassium	52
Tableau 22 : Variation mensuelle de concentration de chlorure	54
Tableau 23 : Variation mensuelle de concentration de sulfate	55
Tableau 24 : Variation mensuelle de concentration de bicarbonate	56
Tableau 25 : Variation mensuelle de concentration de nitrate.....	57
Tableau 26 : Faciès chimiques des eaux du bassin versant Foug El Gueiss.....	59
Tableau 27 : Variation des concentrations de DCO (2000- avril 2012).....	64
Tableau 28 : Variation des concentrations de la DBO5 (2000- avril 2012)	65
Tableau 29 : Variation des concentrations du pH (2000- avril 2012).....	66
Tableau 30 : Variation des concentrations de l'Oxygène dissout (O_2) (2000- avril 2012)..	67
Tableau 31 : Variation des concentrations du Nitrite (2000- avril 2012)	68
Tableau 32 : Variation des concentrations du Nitrate (2000- avril 2012).....	69
Tableau 33 : Variation des concentrations de l'Ammonium (2000- avril 2012).....	70
Tableau 34 : Variation des concentrations de la Phosphate (2000- avril 2012).....	72

Liste Des Abreviations

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

CE : Conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

DA : Déficit Agricole (mm)

Dd : Densité de drainage (Km/Km^2)

DSA : Direction des Services Agricoles

ETP : Evapotranspiration potentielle (mm)

ETR : Evapotranspiration Réelle (mm)

EX : Excédent (mm)

I : Indice d'aridité

I : Infiltration de l'eau dans le sol (mm)

K: Perméabilité (m/s)

Kc : L'indice de compacité

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

P : Précipitations (mm)

pH : Potentiel d'Hydrogène

Q2 : Quotient pluviométrique

R : Ruissellement (mm)

RFU : Réserve Facilement Utilisable (mm)

SAR : Sodium Absorption Ratio

T : Température ($^{\circ}\text{C}$)

Tc : Temps de concentration (h)

La liste des Cartes	Page
Carte N° 01 : Bassins hydrographiques de l'Algérie du Nord (Mebarki, 2005).....	02
Carte N° 02: Situation géographique de la Wilaya de Khenchela.....	03
Carte N° 03: la situation géographique de la zone d'étude	04
Carte N° 04 : Carte hypsométrique du bassin versant FOU M EL GUIESS (MEHEMAI, 2009)...	08
Carte N° 05 : Carte des pentes du bassin versant Foum El-Gueiss (MEHEMAI, 2009).....	09
Carte N° 06 : Carte des réseaux hydrographique du bassin versant Foum EL-Gueiss (MEHEMAI, 2009).....	10
Carte N° 07 : Carte géologique du Nord d'Algérie Sonatrach, 1990).....	16
Carte N° 08 : Carte géologique de la wilaya de Khenchela (Boudabouze et al, 2008).....	17
Carte N° 09: Carte des sols du piémont Nord-Est des Aurès (Rjaseix-Bellan, 1924).....	20
Carte N° 10 : Carte des classes de sols de la wilaya de Khenchela (CF, 2011) Modifiée.....	21
Carte N° 11 : Carte de la perméabilité du bassin versant Foum EL-Gueiss. (MEHEMAI, 2009)...	22
Carte N° 12 : Carte des répartitions des principales espèces forestières à l'Est Algérien (TABET, 2008) Modifier	25
Carte N° 13 : Carte pluviométrique du piémont Nord-Est des Aurès (MEHEMAI,2009).....	30

TABLE DES MATIERES

DEDICACE

REMERCIEMENT

RESUME EN ARABE

RESUME EN FRANÇAIS

LA LISTE DES ABREVIATIONS

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES CARTES

LISTE DES FIGURES

	Page
Introduction Générale	01
CHAPITRE I : CADRE GENERAL	
I -Présentation Général	02
I.1 La localisation Géographique du Piémont Nord-Est des Aurès.....	02
I.1.1 Présentation de la wilaya de Khenchela.....	02
I.1.2 Situation géographique	02
I.1.3 Situation du bassin versant Foug EL-Guiss.....	03
I.2 Etude morphologique	05
I.2.1 Paramètres géométriques :.....	05
I.2.1.1 L'indice de compacité (Kc).....	06
I.2.1.2 Le rectangle équivalent	07
I.2.1.3 La courbe hypsométrique.....	07
I.2.1.4 L'indice de pente	08
a) Indice de pente de M. Roche (Ip)	08
b) Indice de pente global (Ig).....	09
I.2.2 Les paramètres morphométriques	09
I.2.2.1 Le réseau hydrographique	10
I.2.2.2 Calcul des paramètres.....	10
I.3 Conclusion	13

CHAPITRE II : GEOLOGIE

II.1 Introduction.....	14
II.2 Description Lithologique Des Formations.....	14
II.2.1 Trias	14
II.2.2 Jurassique.....	14
II.2.3 –Crétacé.....	14
II.2.4 Miocène.....	15
II.2.5 Quaternaires.....	16
II.3 Tectonique.....	16
II.4 CONCLUSION	18

CHAPITRE III : PEDOLOGIE ET COUVERT VEGETALE

II.1 Introduction	19
II.2 Les types des sols dans la wilaya de Khenchela	19
II.2.1 Les sols salins.....	19
II.2.2 Les sols Alluviaux.....	19
II.2.3 Les sols Calcimagnesiques	20
II.2.4 Sols Insaturés.....	20
II.2.5 la région de Kais (zone d'étude).....	21
II.3 La perméabilité.....	21
II.3.1 Les formations à perméabilité forte (forte capacité de rétention).....	22
II.3.2 Les formations à perméabilité moyenne (moyenne capacité de rétention).....	22
II.3.3 Les formations à perméabilité faible (faible capacité de rétention).....	22
II.4 La végétation	23
II.4.1 Les types de couvertures végétales.....	23
II.5 Conclusion	26

CHAPITRE IV : CLIMATOLOGIE

IV.1 Introduction.....	27
IV.2 La station de mesures.....	27
IV.3 Etude des Facteurs Climatiques.....	28
IV.3.1 La température	28
IV.3.1.1 Variations des températures moyennes annuelles	28
IV.3.1.2 Variations de la température moyenne mensuelle	28
IV.3.2 La pluviométrie.....	30
IV.3.2.1 Variations interannuelles des précipitations	30
IV.3.2.2 Variations moyennes mensuelles des précipitations	31
IV.4 Caractérisation Du Climat.....	32
IV.4.1 Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen.....	32
IV.4.2 Indice d'aridité	33
IV.4.2.1 Indice de DE Martonne	33
IV.4.3 Le diagramme de L. Emberger	34
IV.4.4 Le régime saisonnier	35
IV.5 Estimation De L'évapotranspiration.....	37
IV.5.1 ETP (Évapotranspiration potentielle).....	37
IV.5.2 ETR (Évapotranspiration réelle).....	38
IV.6 Calcul Du Bilan Hydrologique Par La Méthode De Thornthwaite.....	38
IV.6.1 Interprétation du bilan hydrologique.....	39
IV.7 Ruissellement R (mm)	40
IV.8 L'infiltration I (mm).....	40
IV.9 Conclusion	41

CHAPITRE V : HYDROCHIMIE

V.1 Introduction	42
V.2 Etude Des Paramètres Physico-Chimiques	43
V.2.1 Les paramètres physiques	43
V.2.1.1 La Température (T).....	43
V.2.1.2 Potentiel d'Hydrogène (pH)	45
V.2.1.3 Conductivité (CE).....	46
V.2.1.4 Le résidu sec (Rs).....	47

V.2.2 Les paramètres chimiques	49
V.2.2.1 Les Cations.....	49
V.2.2.1.1 Le calcium (Ca ⁺⁺).....	49
V.2.2.1.2 Magnésium (Mg ⁺⁺).....	50
V.2.2.1.3 Sodium (Na ⁺⁺).....	51
V.2.2.1.4 Potassium (K ⁺)	52
V.2.2.2 Les anions.....	53
V.2.2.2.1 Les Chlorures (Cl ⁻)	53
V.2.2.2.2 Les sulfates (SO ₄ ⁻)	54
V.2.2.2.3 Bicarbonate (HCO ₃ ⁻)	56
V.2.2.2.4 Le nitrate (NO ₃ ⁻).....	57
V.3 Détermination Des Principaux Facies Hydrochimique.....	58
V.3.1 Représentation graphique des faciès hydrochimique	58
V.3.1.1 Diagramme de Piper	58
V.3.1.2 Diagramme de SCHOELLER-BERKALOFF	60
V.4 conclusion.....	61

CHAPITRE VI : POLLUTION ORGANIQUE

VI.1. Introduction	62
VI .2 Pollution des eaux.....	63
VI.2.1 Définition de la Pollution organique.....	63
VI.3 Paramètres d'analyses de la pollution organique.....	63
VI.3.1 La Demande Chimique en Oxygène (DCO).....	63
VI.3.2 La Demande Biochimique en Oxygène (DBO5).....	65
VI.3.3 Le Potentiel d'Hydrogène (pH).....	66
VI.3.4 L'oxygène dessous (O ₂).....	67
VI.3.5 Nitrite (NO ₂ ⁻).....	68
VI.3.6 Nitrate (NO ₃ ⁻).....	69
VI.3.7 L'ammonium (NH ₄ ⁺).....	70
VI.3.8 Phosphate (PO ₄ ⁻).....	71
VI.3.9 Interprétation globale des résultats.....	73
VI.4 Conclusion.....	74
VII Conclusion Générale.....	75

REFERENCES

Introduction Générale

L'eau de notre planète est un élément vital pour la subsistance de tout être vivant, les ressources en eau proviennent des eaux de surface et des eaux souterraines renouvelables et non renouvelables.

En Algérie, l'exploitation de ces ressources est très intense avec les besoins grandissants liés à l'essor démographique et le développement accéléré des activités économiques notamment l'agriculture irriguée, et l'industrie,

Le développement socio-économique et l'urbanisation rapide ont eu un impacte néfaste sur la qualité des ressources en eau, des nombreux cas de pollution marquée par l'urbanisation et de l'industrie a été observé en l'occurrence aux niveaux des barrages.

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.

Ce travail doit répondre aux préoccupations suivantes :

- Quelle est l'état biologique des eaux de barrage de Foug El Gueiss
- Décrire et quantifier la pollution minérale et organique ?
- Quel est la qualité chimique des eaux superficielles du bassin versant ?
- Quels sont les mécanismes physico-chimiques et organiques régissant l'évolution des éléments chimiques du bassin ?

Pour répondre à ces préoccupations, nous allons adopter la méthodologie suivante :

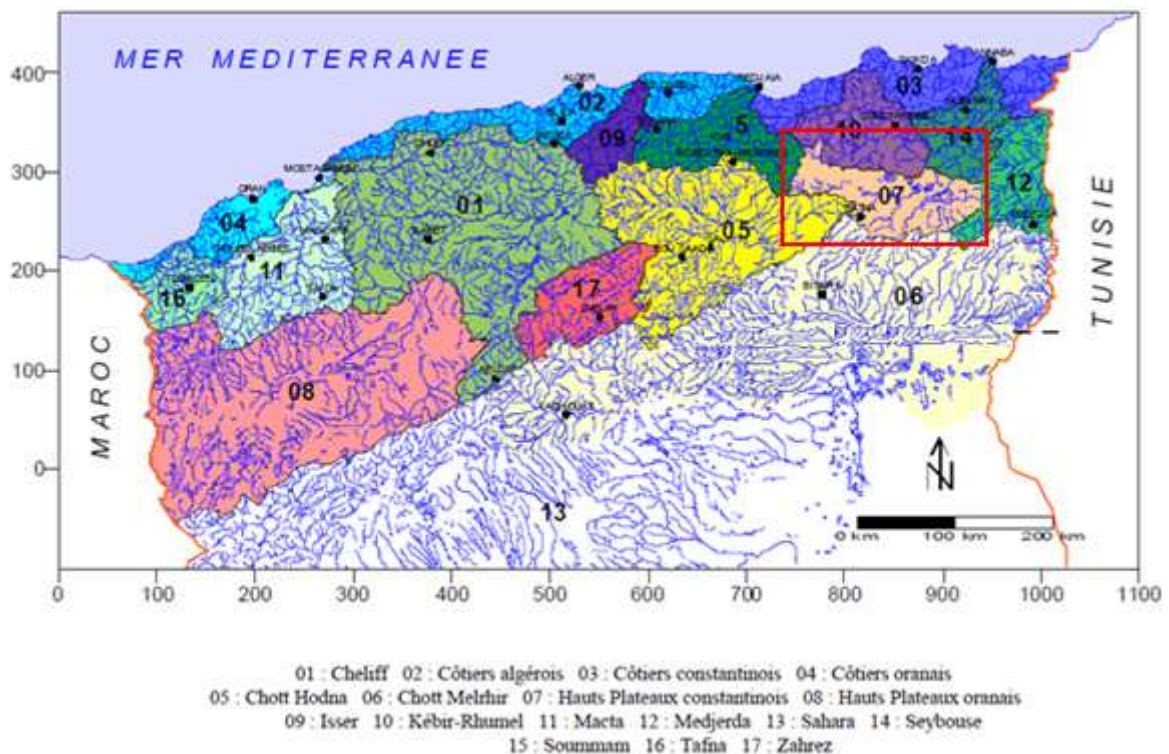
- Un aperçu géographique de la région
- Une étude du cadre géologique et pédologique consistera à définir la lithologie des formations constituant la région
- Une étude hydro-climatologique permettra d'évaluer les apports d'eau alimentant le bassin versant
- Une étude hydro-chimique qui a pour but de définir les faciès chimiques des eaux superficielles, Il sera également apprécié la qualité des eaux superficielles.
- Etude des mécanismes des paramètres de la pollution organique.

I -Présentation Général

I.1 La localisation Géographique du Piémont Nord-Est des Aurès

Le piémont Nord-Est des Aurès est constitué d'un couloir dominé par une chaîne de montagnes du massif des Aurès leur originalité réside dans la permanence du phénomène l'endoréisme qui est traduit par le développement d'une multitude de Sebkhass (Garaâs) occupant le centre des plaines qui constituent de ce fait leur niveau de base géomorphologique et leur exutoire hydrologique.

Le piémont Nord-Est des Aurès fait partie du bassin versant des "HAUTS PLATEAUX CONSTANTINOIS " (Carte N°01).



Carte N° 01 : Bassins hydrographiques de l'Algérie du Nord (Mebarki, 2005)

I.1.1 Présentation de la wilaya de Khenchela

I.1.2 Situation géographique

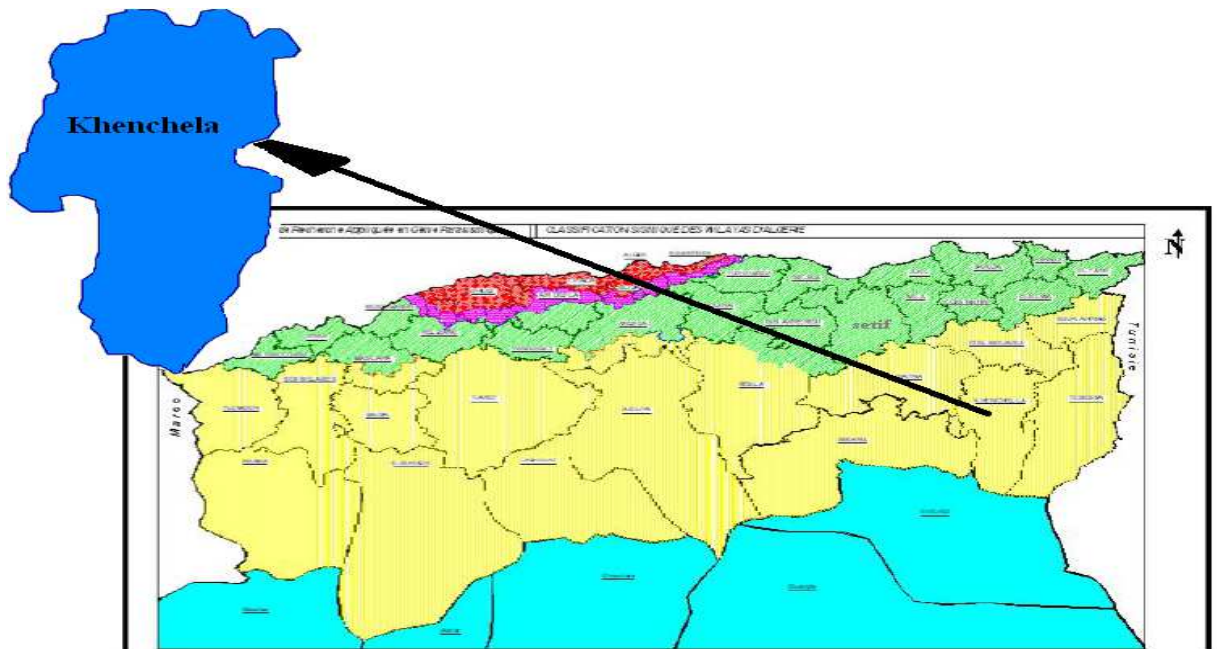
La région de Khenchela est située au Nord de l'Algérie, au Sud-Est du constantinois ; et au contrefort du mont des Aurès entre 34° 06' 36'' et 35° 41' 21'' latitudes Nord ; et entre

06°34'12'' et 07°35'56'' de longitudes Est, s'étend sur une superficie de 9715,6 km² (Khabthane, 2010).

La population dans la Wilaya de Khenchela s'élève à un quatre cent six milles six cent quatre vingt dix (406.690) habitants (DPAT, 2011).

Elle est composée de 21 communes et 08 daïra ; et limitée géographiquement au :

- Nord : par la Wilaya d'Oum El Bouaghi
- Sud : par la Wilaya d'El Oued
- Est: par la Wilaya de Tébessa
- Ouest: par la Wilaya de Batna.
- Sud- Ouest : par la Wilaya de Biskra



Carte N° 02: Situation géographique de la Wilaya de Khenchela (Modifiée)

I .1.3 Situation du bassin versant Foug EL-Guies

Notre zone d'étude se situe à Kais qui s'éloigne de 20 km de la wilaya de Khenchela.

C'est une partie essentielle qui forme le bassin versant N°07 (Hauts Plateaux Constantinois)

La zone est limitée par :

- Au Nord : R'mila

-Au sud : Ain mimoune

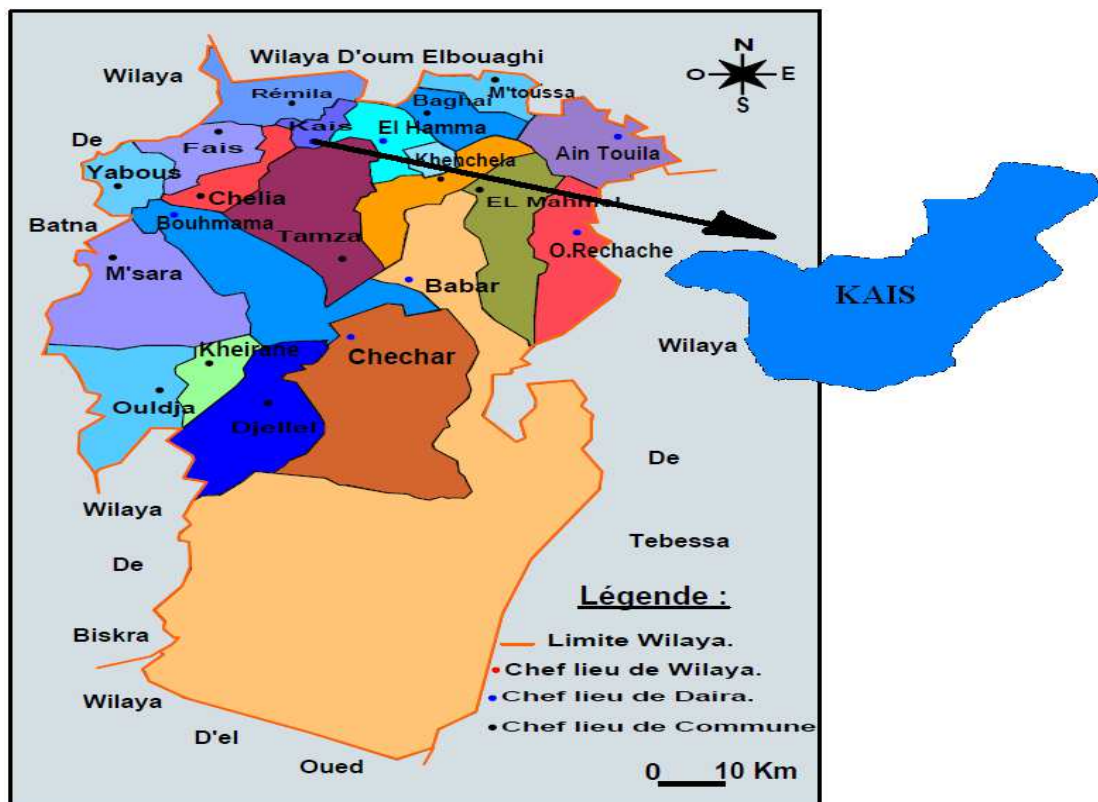
-A l'ouest : Taouziente et Bouhmama

-Al' Est : El hamma.

a) Les coordonnées géographiques de la région d'étude

Latitude : 35°28'37''N

Longitude : 6°56'63''E



Carte N° 03: la situation géographique de la zone d'étude

Tableau 01 : Caractérisation du barrage de Foum El Gueiss**Source : Fiche Technique du barrage**

Wilaya	Khenchela
Commune	Kais
Oued	Gueiss
Type	Encrochements avec masque en béton
Deversoir	A seuil libre non vane
Debut et fin des travaux	1932-1936
Annee mise en eau	1938-1939
Capacite initiale	2.5 HM ³
Annee de la 1 ^{ère} surlevation	1969
Capacite supplimentaire apres la 1 ^{ère} surlevation	0.90 HM ³
Annee de la 2 ^{ème} surlevation	2005
Capacite apres la surlevation	0.605 HM ³
Capacite derniere leve bathy 2005	0.045 HM ³
Apport moyens anueil	11.3 HM ³
Precipitation moyenne annuelle	409mm
Envasement annuelle	0.03HM ³
Volume regularise	3.2 HM ³
Cote retenu normal	961.90 M
Surfece bassin versant	156 km ²

I.2 Etude morphologique

Deux types de paramètres caractérisent le milieu physique, les uns sont géométriques les autres morphométriques.

I.2.1 Paramètres géométriques :

La caractérisation géométrique 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.

La surface et le périmètre sont obtenues par l'utilisation (logiciel mapinfo, version 8)

Tableau 02 : Surface et Périmètre du bassin versant Foum el Gueiss

Surface (Km ²)	156
Périmètre (km)	53

I.2.1.1 L'indice de compacité (Kc)

Le compteur d'un bassin versant englobe 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 résultant 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.

$$Kc = \frac{P}{\sqrt{S}} \times 0.28$$

Les valeurs de Kc obtenues montrent que le B.V de Foum El-Gueiss tend vers une forme plus au moins ramassée.

I.2.1.2 Le rectangle équivalent

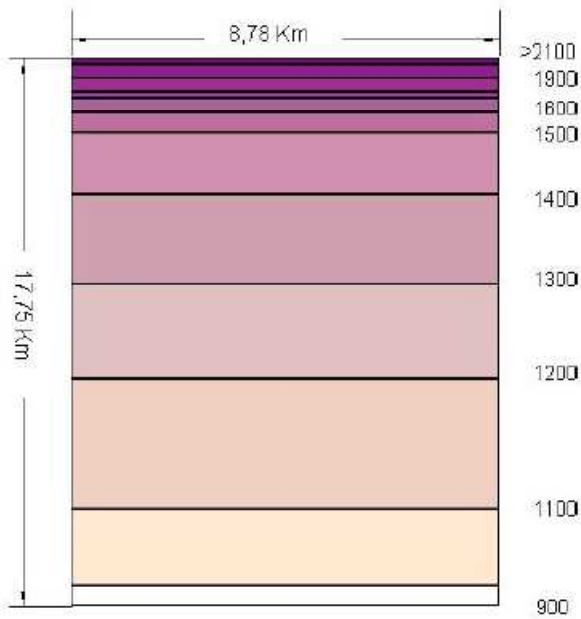
Le rectangle équivalent se réduit à un carré pour une compacité C=1,12. Sa notion est admissible car pratiquement très peu des bassins ont des compacités inférieures à 1,12 (Figure N°01) et (Tableau N°03) ; on calcule sa longueur « L » en appliquant :

$$L = \frac{Kc\sqrt{A}}{1.12} + 1\sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{Kc}\right)^2} \quad \mathbf{l} = \frac{P}{2} - L .$$

(BELLOULA, 2008)

Tableau 03: La longueur et largeur du bassin versant Foum el Gueiss

L (Km)	17.75
l (Km)	8.78



L'exutoire

Figure 01 : Rectangle équivalent du bassin versant de FOU M EL GUEISS (MEHEMAI, 2009)

I.2.1.3 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, la surface partielle du bassin versant
- En ordonnées : l'altitude considérée

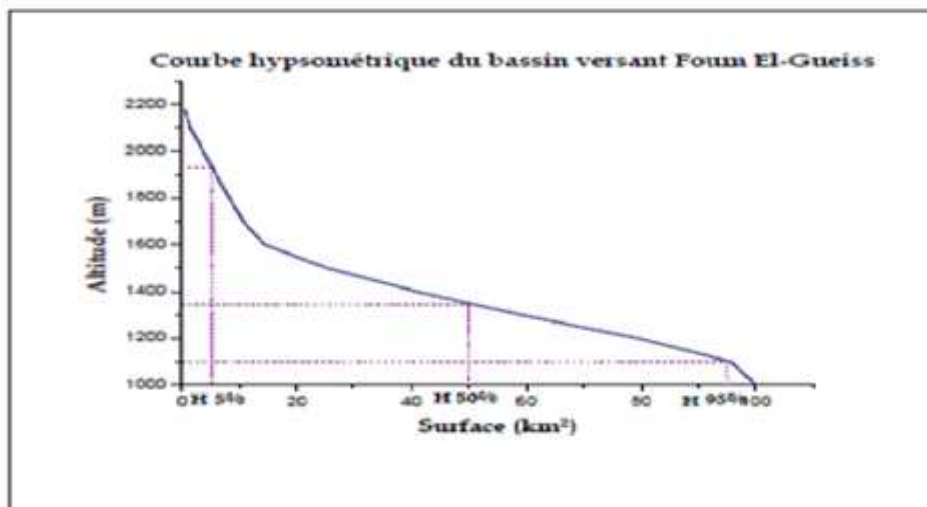


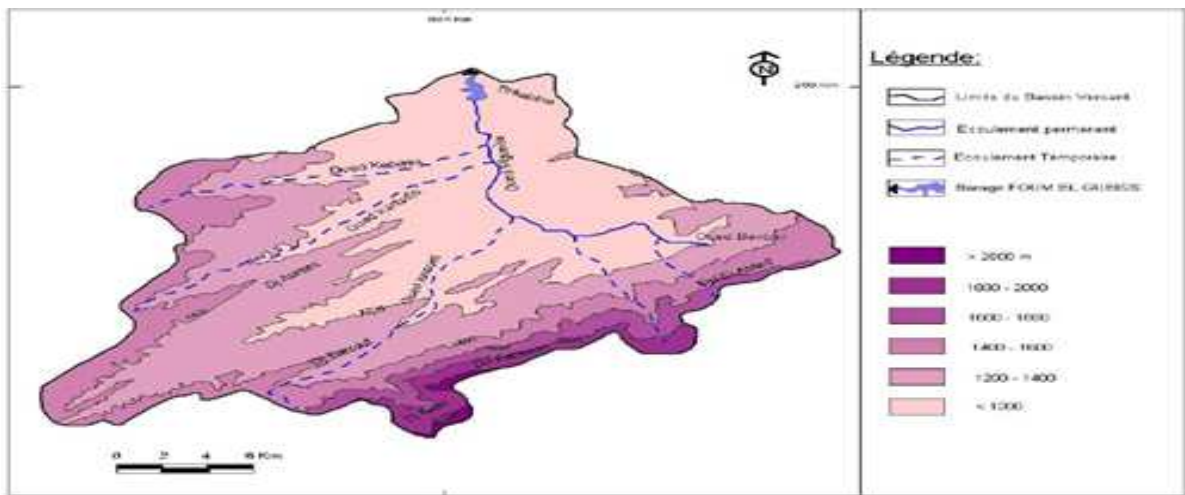
Figure 02 : Courbe Hypsométrique du bassin versant FOU M EL-Gueiss (MEHEMAI, 2009)

A partir de cette courbe on détermine :

- L'altitude à 95 % de la surface, (H 95) = 1044.10m
- L'altitude à 5 % de la surface, (H 5) = 1838.36 m
- L'altitude médiane, (H 50) = 1302.62m
- L'altitude moyenne est ainsi définie :

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

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



Carte N° 04 : Carte hypsométrique du bassin versant FOUM EL GUIESS (MEHEMAI, 2009)

I.2.1.4 L'indice de pente

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.

a) Indice de pente de M. Roche (Ip) :

Cet indice montre l'influence du facteur de pente sur le régime hydrologique du bassin versant. Il est défini comme suit :

$$I_p = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^N a_i \cdot d_i$$

L : longueur du rectangle équivalent.

b) 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 (A), On aura les altitudes (H5%) et (H95%) entre lesquelles s'inscrit 90% de la surface du bassin, et la dénivelée. (Tableau N°04).

$$D = H5\% - H95\%.$$

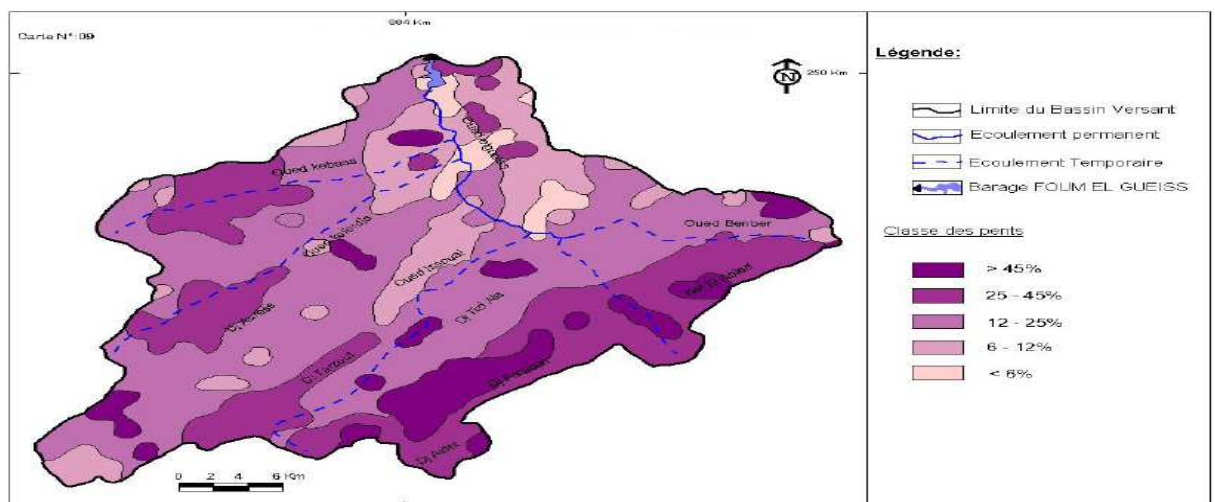
$$I_g = \frac{D}{L}.$$

(BELLOULA, 2008)

Tableau 04: Les indices de pentes du bassin Foum El Gueiss

Indice de pente	B.V FOUM EL-GUEISS
Indice de pente M. ROCHE I_p	4.47
Indice de pente globale I_g (m/Km)	44.74
Indice de pente moyenne I_m (m/Km)	68.28
Dénivelée spécifique D_s (m)	558.80

D'après la classification de L' ORSTON, le bassin versant de FOUM EL GUEISS présente un relief très fort : $D > 500$ m.



Carte N° 05 : Carte des pentes du bassin versant Foum El-Gueiss (MEHEMAI, 2009)

I.2.2 Les paramètre morphométriques :

Les paramètres morphométriques les plus utilisés sont la densité de drainage (Dd), et le temps de concentration (Tc)

I.2.2.1 Le réseau hydrographique

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

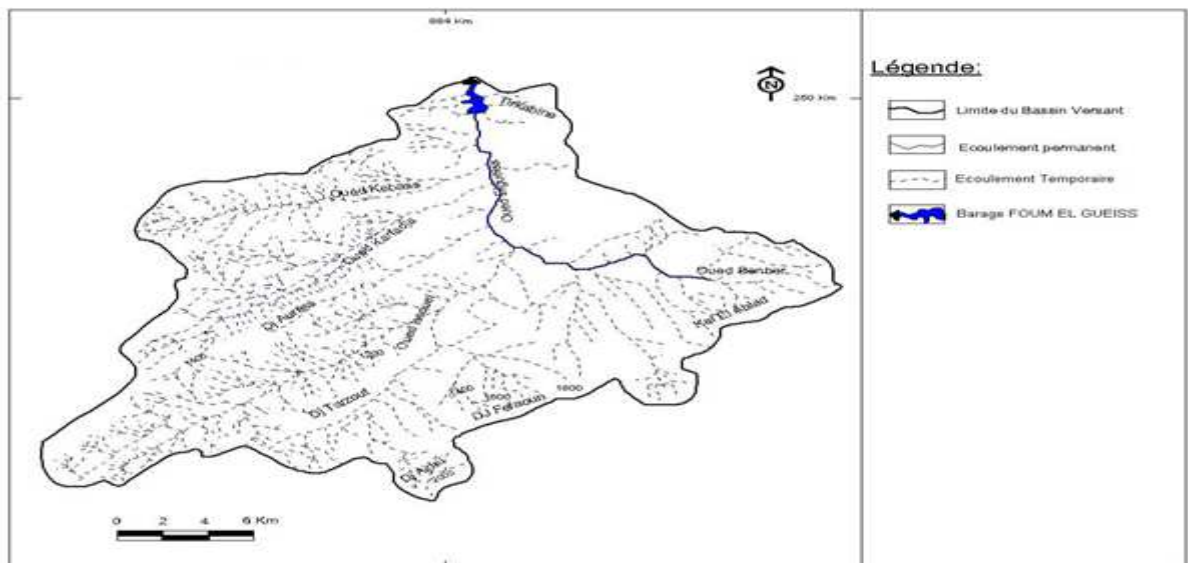
par la densité de son drainage (définie par le quotient de la somme des longueurs de tous les cours d'eau par la superficie du bassin drainé) et par son organisation.

Le réseau hydrographique est d'autant plus développé et complexe que le terrain est moins perméable, et donc le ruissellement de surface est plus intense.

a) Bassin versant FOUM EL-GUEISS

Oued Gueiss traverse le versant Nord de Djebel Aurès et va se déverser dans le Chott el-Melah, annexe de dépression fermée du Garaât et-Tarf.

Son cours évalué en amont du barrage de FOUM EL-GUEISS est de 17.5 km et l'un de ses nombreux affluents, l'oued Tarrchine prend naissance à la cote 2.177 correspondant au Djebel Aidel



Carte N° 06 : Carte des réseaux hydrographique du bassin versant Foum EL-Gueiss (MEHEMAI, 2009)

I.2.2.2 Calcul des paramètres

a) La densité de drainage :

La densité de drainage est définie pour un bassin donné de superficie S , comme la

longueur totale des cours d'eau de tout ordre sur la surface drainée:

$$Dd = \frac{\sum_{x=1}^n Lx}{S} \text{ (Km/km}^2\text{)}$$

Dd : Densité de drainage

$\sum Lx$: Longueur du talweg principal

S : Superficie du BV

La densité de drainage est généralement élevée (2,51) pour l'ensemble d'OUED FOUM EL-GUEISS ce qui est la caractéristique des régions semi-aride où les facteurs de couvert végétal, la pente et la lithologie favorisent la dessiccation du relief et l'accentuation du phénomène érosif.

b) Coefficient de torrentialité :

Le coefficient de torrentialité tient compte de la densité de drainage et de la densité du thalweg élémentaire d'ordre 1. Il est égale au produit de ces derniers.

$$C_t = F_1 \times Dd$$

Ct : Coefficient de torrentialité

F1 : Fréquence des oueds élémentaire ou la densité de thalwegs élémentaires

Dd : Densité de drainage

Tableau 05 : La densité de drainage du Bassin versant FOUM EL GUEISS

F1	3.88
Dd	9.85

F1 : Fréquence des oueds élémentaire ou la densité de thalwegs élémentaires

Dd : Densité de drainage

c) Le temps de concentration (Tc) :

Physiquement, il correspond au temps que met la goutte d'eau la plus éloignée de l'exutoire pour parvenir à celui-ci il se mesure de la fin de la pluie efficace à la fin de l'écoulement superficiel.

L'estimation opérationnelle, de ce temps de concentration, ne peut-être obtenue qu'à partir de nombreuses formules empiriques, dont nous ne citons ci-après la formule de

GIANDOTTI :

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

H : Altitude en (m)

Tableau 06 : Estimation du temps de concentration du bassin versant FOUM EL GUEISS

Estimation du temps de concentration du bassin versant FOUM EL GUEISS		
Superficie du BV: S=	156	Km ²
Longueur du talweg principal : L=	17.5	Km
Altitude minimale en aval du talweg principal : Hmin=	965	M
Altitude moyenne sur le versant H moy=	1300.30	M
Tc =	5.20 heures	5 h 12 m

I.3 Conclusion

A l'issue de ce Chapitre on conclut que :

- le relief de bassin de Foum el Gueiss est très fort $D > 500$ m
- les valeurs d'indice de compacité (K_c) obtenues montrent que le B.Vde Foum El-Gueiss tend vers une forme plus au moins ramassée
- Les secteurs montagneux qui présentent des caractéristiques morphologiques favorables à la genèse et la propagation des crues ; Les secteurs de piémonts ont degré moindre ; alors que les secteurs de plaines sont le siège d'une accumulation des dépôts détritiques où les conditions d'écoulement sont défavorables au ruissellement
- Les caractéristiques physiques et morphométriques permettent de mieux connaître le bassin versant étudié (sa topographie, son réseau hydrographique....etc.) et son comportement vis-à-vis de l'écoulement liquide et solide surtout en période de crue
- La densité de drainage (D_d) est beaucoup plus élevée se qui traduit de la nature de la région
- le temps de concentration est élevée (T_c) à cause de la nature du bassin versant FOUM EL GUEISS (paramètres géométriques).

II.1 Introduction

Les caractères hydrologiques d'un bassin versant sont dans une large mesure influencée par la capacité qu'ont les roches et les sols qui en dérivent d'absorber l'eau et de la retenir de manière temporaire. La capacité de stockage que possèdent les nappes phréatiques Conditionne l'importance relative de l'écoulement de base des cours d'eau par rapports à L'écoulement total.

L'étude géologique d'un bassin versant a pour but de déterminer la perméabilité de substratum. Celle-ci intervient sur la vitesse de montée des crues.

Un bassin à substratum imperméable présente une crue plus rapide et plus violente qu'un bassin à substratum perméable soumis à une même averse.

La synthèse géologique est réalisée sur la base de :

-La carte géologique de Khenchla

-la carte géologique du Nord Algérien

II.2 DESCRIPTION LITHOLOGIQUE DES FORMATIONS

II.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 reconnaissable (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. (MEHEMAI, 2009)

II.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

II.2.3 –Crétacé

II.2.3.1 L'aptien

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

II.2.3.2 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 (MEHEMAI, 2009).

II.2.3.3 Cénomanién supérieur

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

II.2.3.4 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 e atteint 800 m et plus dans faciès calcaires marneux.

II.2.3.5 Coniacien

Formé de marne grise et de marno-calcair.

II.2.3.6 Santonien

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

II.2.3.7 Campanien

Formé de marnes et de calcaires crayeux.

II.2.4 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

- II.2.4.1 Langhien-serravalien

Formé des marnes, biomicrites; bio micros-parités et grès blanc.

II.2.4.2 Tortonien gréseux blanc grossier

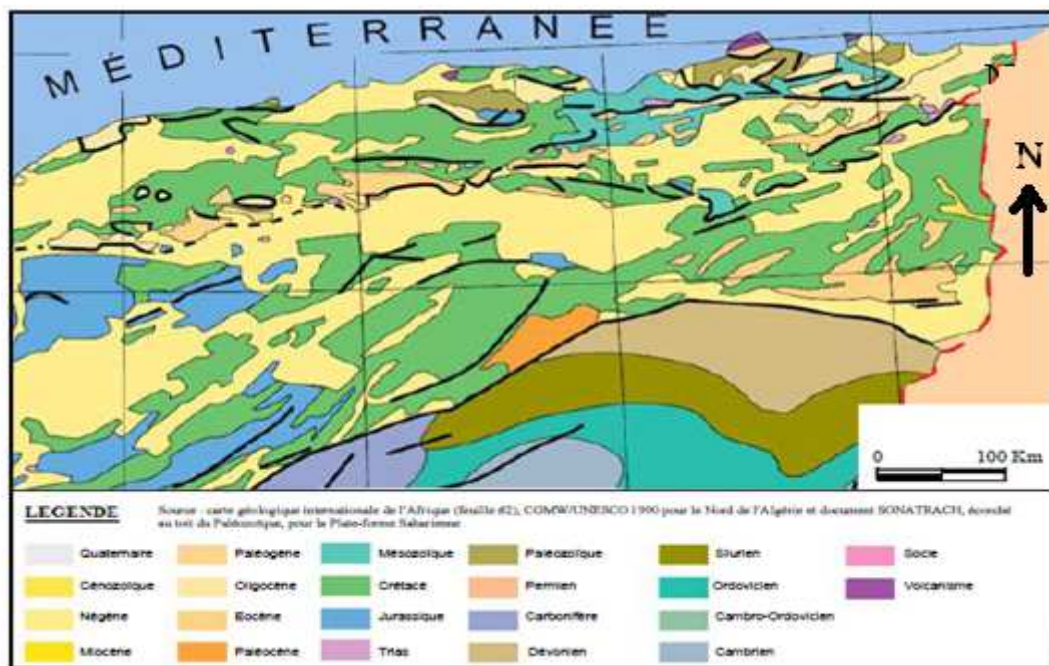
Formé de l'argile siltenses à grès blancs grossiers en bômes pluri métriques, à abondantes dragées de quartz.

II.2.5 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.

II.2.5 .1 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.



Carte N° 07 : Carte géologique du Nord d'Algérie (SONATRACH, 1990)

II.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

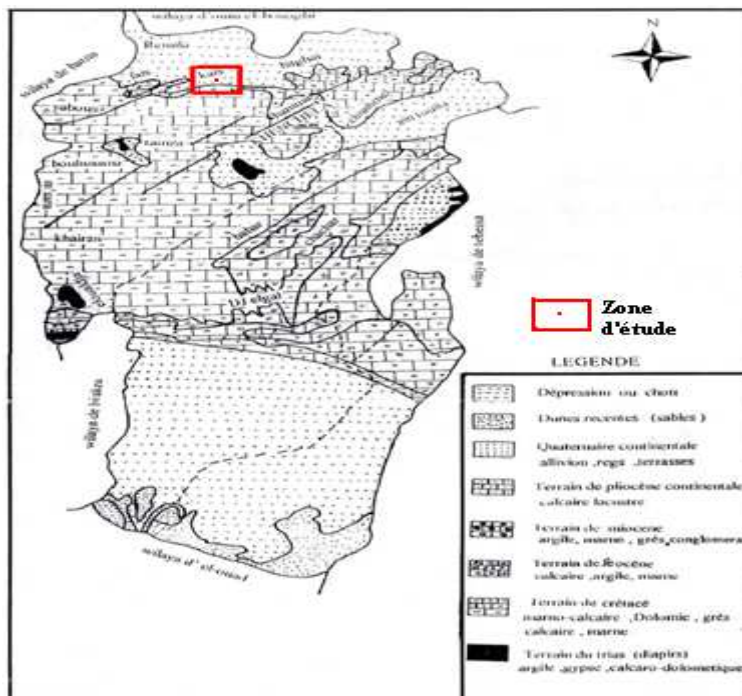
de subsidence et de soulèvement, en relation avec les mouvements relatifs de plaque tectoniques,

Ce qui indique un changement dans la dynamique d'écoulement. Cette mobilité tectonique apparait 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 Foug El-Gueiss et Koudiat Medouar sont formés à la faveur de failles dont la direction est parallèle à elle 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.



Carte N° 08: Carte Géologique de la wilaya de Khenchela (Boudabouze et al, 2008).

II.4 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 djehfah) 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.

III.1 Introduction

L'étude des caractéristiques des sols ou l'étude pédologique de la zone d'étude est très importante dans notre travail, à cet effet, la carte n°11 représente la répartition spatiale des différents types de sol dans le piémont Nord-Est des Aurès. (MEHEMAI, 2009)

La région de Khenchela présente des potentialités appréciables par ces caractéristiques physiologiques (topographiques, hydrographiques et hydrologiques) et pédologiques générales, qu'il est possible de mettre à profit et de valoriser.

Ce présent chapitre est réservé à la présentation des différentes caractéristiques des grandes classes des sols et la répartition des principaux types des végétaux de la région

III.2 Les types des sols dans la wilaya de Khenchela

III.2.1 Les sols salins (Solontchaks)

Les sols salins sont localisés dans les dépressions, occupant ainsi les Sebkhass et les chotts et leur extensions à savoir, Sebkhass Garaât-Et-Taraf, Chat-El-Maleh, Chatt zahar au Nord de la ville de Khenchela, toute fois d'autres Sebkhass se sont formé au Nord-Est de la ville, ces dépressions sont inondées surtout en hiver lors des fortes pluies.

Ces sols sont soumis à l'influence d'une nappe salée peu profonde, riche en sels de sodium, la conductivité électrique de l'extrait de pâte saturée est supérieure à 4 ds/m à 25°C, le sel remonte par ascension capillaire et forme souvent des efflorescences blanches en surface.

III.2.2 Les sols Alluviaux

Ces sols sont observés essentiellement au Nord-Ouest, Nord-Est de la ville de Khenchela entourant les extrémités des sebkhass occupant des glacis et terrasses, d'une pente variable entre 2 à 4%, ainsi que dans les terrasses alluviales le long des sebkhass.

Ces sols se localisent généralement dans le lit majeur des oueds où ils sont souvent rajeunis par les dépôts de matériaux neufs en période d'inondation.

Ils sont caractérisés par la présence d'une nappe phréatique, qui circule et n'est donc pas réductrice et qui subit de fortes oscillations.

La perméabilité des sols alluviaux dépend étroitement des caractères des matériaux, de sa granulométrie, ainsi que de la topographie des terres et la profondeur de la nappe.

Sur les berges des oueds, se forme un bourrelet qui retient l'eau de moins en moins renouvelée dans les dépressions latérales ainsi isolées, on observe alors la succession dans l'espace :

- Sols alluviaux gris dans les zones inondés à coté des oueds,
- Sols brun alluviaux sur les bourrelets, et les sols hydromorphes alluviaux dans les dépressions marécageuses

III.2.3 Les sols Calcimagnésiques

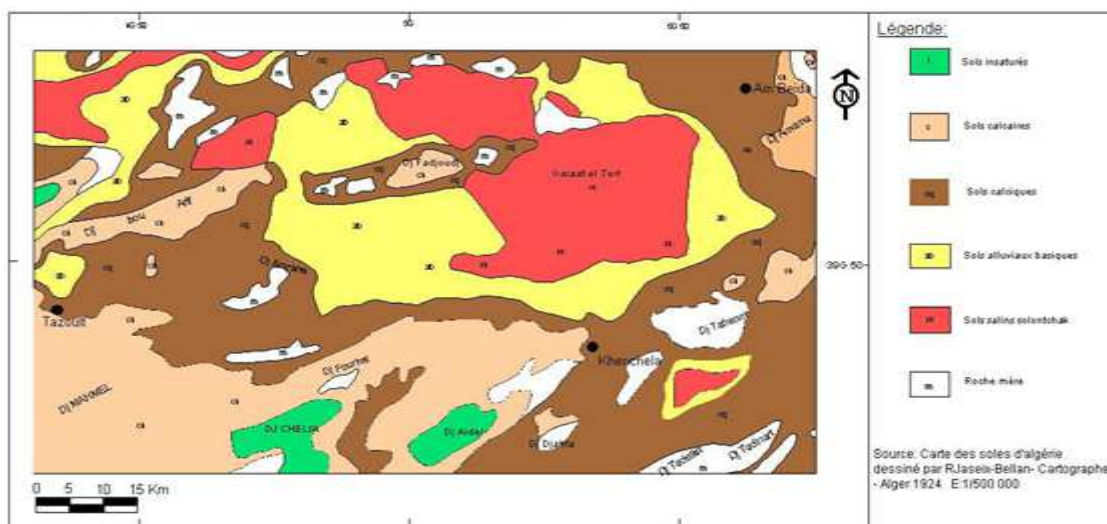
Les sols calcimagnésiques occupent une surface plus importante, ils sont rencontrés dans tout le piémont, dans le versant de Dj Amrane, Dj Mahmel.

Ils sont situés sur les glacis à croûte calcaire et encroûtement, selon des profondeurs et occupe la plaine de la wilaya de Khenchela.

- Des sols évolués sur calcaire marneux
- Sols carbonatés calciques.
- Sols caractérisés par une texture argileuse, et un taux important en Ca Co_3 , les propriétés physiques sont très variables suivant l'épaisseur et la nature de la terre fine et la quantité de caillaux que contient le profil.

III.2.4 Sols Insaturés

Les sols insaturés occupent le sommet des versants de Djebel Chélia et Djebel Aidel, ce sont des sols qui occupent de fortes pentes d'où un drainage parfait et un risque d'inondation très faible



Carte N° 09: Carte des sols du piémont Nord-Est des Aurès (Rjaseix-Bellan, 1924)

III.2.5 la région de Kais (zone d'étude)

L'étude pédologique du périmètre de Kais a été réalisée par M.AISSOUG en 1971, les sols de la pinède de cette région sont calcimorphes, la couche d'humus est peu développée; ce qui explique le surpâturage, les incendies et l'érosion qui en résultent

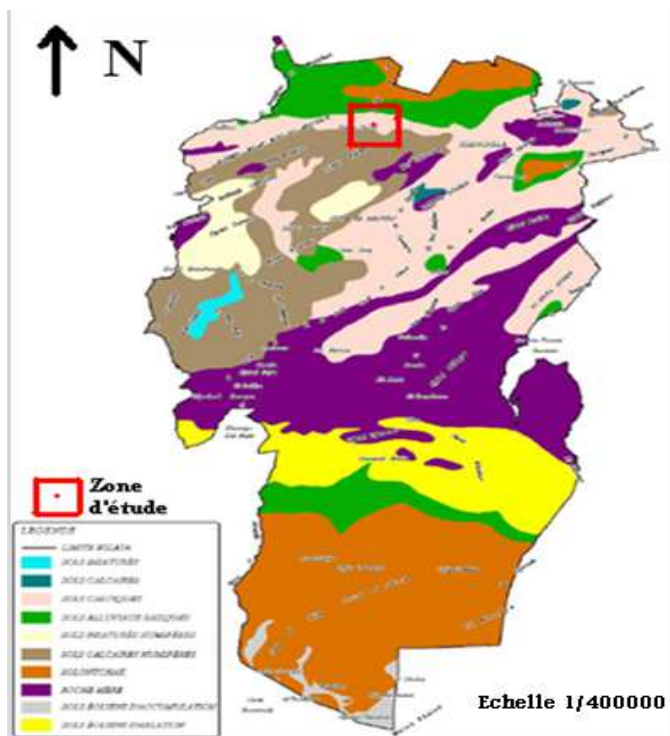
Le sol est caillouteux; il est commun de trouver beaucoup de pierres de différentes tailles, tout aussi bien en surface qu'à l'intérieur des profils.

Les sols les plus fréquents sont des Rendzines (sol calci-morphe).

Les sols bruns calcaires sont rares, sur des versants fortement inclinés, tout comme ailleurs, on trouve des Lithosols (c'est-à-dire des sols squelettiques pleins de cailloux)

Généralement les sols sont superficiels, la profondeur est moyenne et inférieure à 20 cm, sauf dans les vallées et les terrains plats.

L'érosion est forte par endroit, par suite de l'absence d'humus, ce qui expose le sol directement à l'impact des gouttes de pluies.



Carte N° 10 : Carte des classes de sols de la wilaya de Khenchela (CF,2011) Modifiée

III.3 La perméabilité:

Pour décrire les principales formations lithologiques et préciser leurs capacités de

rétenion, 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. (MEHEMAI, 2009)

Ainsi en distingue :

III.3.1 Les formations à perméabilité forte (forte capacité de rétention)

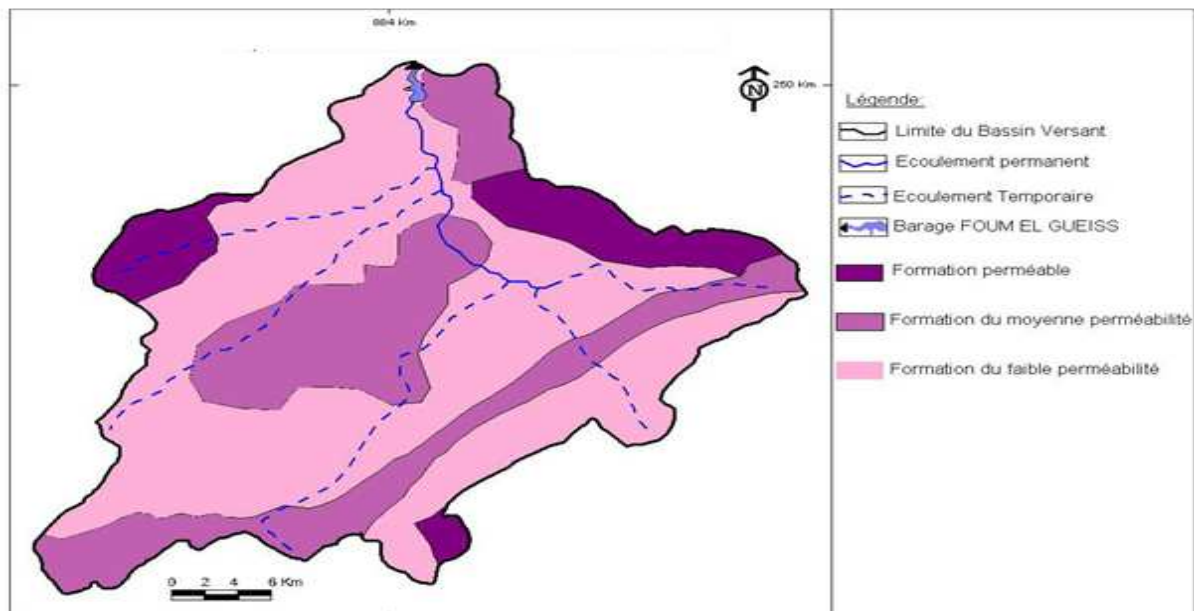
On regroupe sous cette classe les roches réservoirs calcaires (fissuré), les formations quaternaires, leur extension est surtout dans les montagnes de Kouanana et l'Aurès.

III.3.2 Les 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.

III.3.3 Les formations à perméabilité faible (faible capacité de rétention)

Cet ensemble regroupe le reste des formations dont la nature lithologiques est très variée, 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.



Carte N° 11 : Carte de la perméabilité du bassin versant Foum EL-Guiss.
(MEHEMAI, 2009)

III.4 La végétation

III.4.1 Les types de couvertures végétales

La végétation est assez fidèle à la nature des faciès géologiques marnes, marnes gris, marno-calcaires, caractérisent notre bassin versant. (Mekkaoui S et Samri H, 2009)

La végétation joue un rôle essentiel dans la protection du sol, elle exerce une protection mécanique directe sur l'écoulement fluviale, en diminuant la force vive des eaux et en favorisant leur infiltration (MEKKAOUI, SAMRI, 2009), 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 Ain Mimoun, la zone d'étude renferme un ensemble d'espèce végétal comme; le cèdre, le pin d'Alep, le chêne vert et Genévrier.

***le cèdre (*Cedrus atlantica*)**

Il se localise au niveau des hautes altitudes.

***Le pin d'Alep (*Pinus Halepensis*)**

Il se localise au sud de la zone et au centre du massif sur le synclinal de Djebel Aurès, out autour du centre de Ain Mimoun.

Il se développe mieux sur les sols marneux (profond) que sur les sols calcaires

***Le chêne vert (*Quercus Ilex*)**

Il est localisé au Nord de la zone d'étude, il se présente sous forme de maquis avec de nombreuses espèces de faibles dimensions.

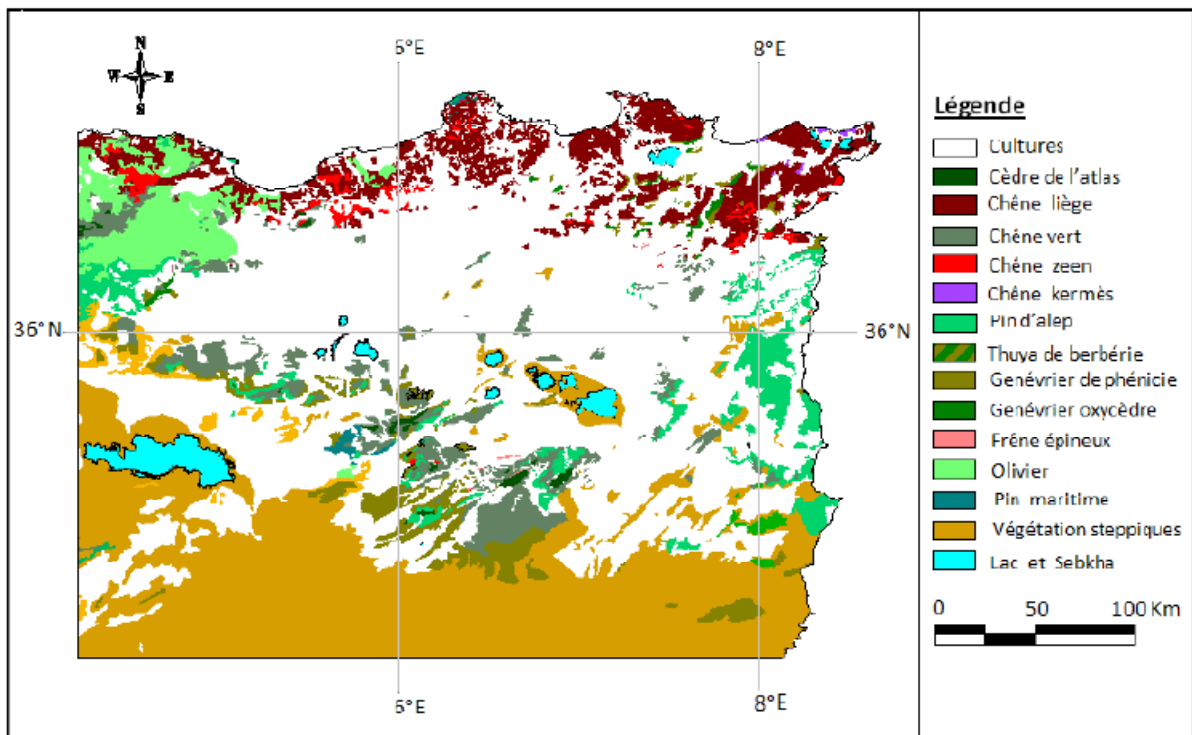
***Le genévrier de Phénicie (*Juniperus Phoenicea*)**

Il se trouve surtout dans les endroits dégradés et très secs, dans les zones Sud-ouest du bassin versant.

On peut trouver d'autres espèces végétales dans le périmètre d'étude.

Tableau 07: Les espèces forestières de la région d'étude**(Source : la flore d'Algérie Quezel et SANTA, 1963)**

N° d'espèce	Nom scientifique	Famille
01	Cynoglossum cheirifolium 1	Boraginacees
02	Paronychia argentea	Cayophyllacees
03	Paronychia capitata	
04	Atriplex halinus L	Chenopodiacees
05	Ziziphus lotus	
06	Halianthemum canu	Cistacees
07	Halianthemum virgatum	
08	Artimisia herba alba ;(Armoise)	Composacees
09	Cardonem sp ; (chardonne)	
10	Cenataurea incana	
11	Cupressus sempervivensl ; (Cyprés)	
12	Junipersus oxycedrus (genevien oxycèdes)	Cupressacées
13	Daphnia sp (dophnie gnudium)	Daphnoidées
14	Euphorbia helioscopia L, (Guphorbe)	Euphorbiacées
15	Queransilex (chêne vert)	Fagacées
16	Bonium sp	Glubelifées
17	Avena fantal ; (avaine sp1)	Graminées
18	Bramus Scoparins L	
19	Bramus Squarrosns L	
20	Rosmarinus off : sinalis (Romarin off : cinal)	Labiacées
21	Rosmarinus tourney fortIII (Romarin off : sp)	
22	Thymus algeriensis ; Thym sp	
23	Génista cephalanta	Léguminenses
24	Jasminum font : cons ; (jasmin esp)	Oléacées
25	Stipa tenacissimali (l'Alfa sp1)	Papilionacées
26	Stipa cerasus L ;(cerise sp)	
27	Prunus cerasus L ;(cerise sp)	Rosacées
28	Prunus malus L ; (pommier sp)	



Carte N° 12 : Carte des répartitions des principales espèces forestières à l'Est Algérien (TABET, 2008)

III.5 Conclusion

A partir de l'étude pédologique et botanique de Notre région, on peut dire que

- La majorité des sols sont de type calci-morphe
- Les sols bruns calcaires sont rares
- Les sols généralement sont superficiels, sauf dans les vallées et les terrains plats.
- Le sol dépourvu de l'humus donc il est exposé pour l'érosion
- La perméabilité est forte au niveau de djebel Kouanana et l'Aurès, (Présence des calcaires fissuré) et faible dans la plupart surface du bassin (Présence des marnes et des argiles).
- On peut dire que la formation végétales de la région de Kais est un maquis peu dégradé, se qui limite son rôle et son action sur le sol de point de vue évolutif.

V.1 Introduction

L'étude hydrochimique donne des informations à l'hydrogéologie. Elle complète les cartes piézométriques. Elle permet de comparer les eaux entre elles et trouver une solution pour les besoins d'alimentation.

Notre étude est basée sur les analyses physico-chimiques des eaux de surfaces de barrage de FOUM EL GUEISS

Il s'agit d'une étude et interprétation des données des analyses physicochimiques D'un seul échantillon mensuel durant 08 (huit mois).

A partir de mois de Septembre 2011 jusqu'à le mois d'Avril 2012 par l'ANRH (agence national des ressources hydrauliques de constantine).

L'étude de la composition chimique des eaux superficielles, étroitement liée aux produits solubles de l'altération des roches (Abdelli H, Azzoun S, Boulahia M ,1991)

Ce chapitre traite le chimisme des eaux superficielles, et nous permettra de :

- Déterminer la variabilité quantitative des éléments majeurs
- Trouver les principaux faciès chimiques des eaux et leur relation avec l'environnement géologique
- Caractériser la qualité des eaux
- La comprendre de l'effet des paramètres climatiques sur la qualité des eaux.

V.2 Etude Des Parametres Physico-Chimiques

L'eau possède des propriétés physico-chimiques exceptionnelles qui lui permettent de jouer un rôle important dans la modification et le transfert des éléments chimiques (Berner, 1987 ; Jacques, 1996).

Les composants de l'eau sont indiqués en milligramme par litre, il s'agit d'une moyenne des principaux composants : calcium, magnésium, sodium, potassium, bicarbonates, sulfate, chlorures, et nitrates.

L'origine de l'eau ainsi que sa solubilité est gérée par un certains paramètres physiques tels que :

Le potentiel d'Hydrogène (pH)

La conductivité électrique (CE)

La minéralisation

Le résidu sec.

Afin d'interpréter les analyses physico-chimiques, une représentation statistique des données a été réalisée présentant les valeurs maximales, moyennes, minimale et les écarts types.

Les résultats de ces analyses sont récapitulés dans des tableaux, où les différentes concentrations sont reportées avec les normes de la potabilité de l'O.M.S.

V.2.1 Les paramètres physiques

Il s'agit des paramètres facilement mesurables et utiles pour la détermination de l'état qualitatif de l'eau (Jensen & Andersen, 1992).

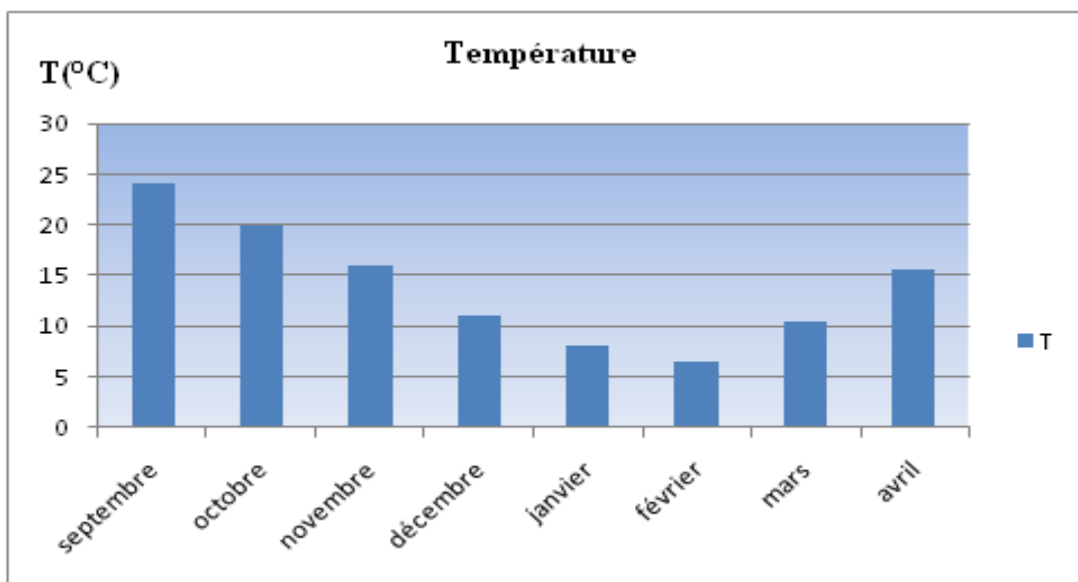
V.2.1.1 La Température (T)

Elle joue un rôle très important dans l'augmentation de l'activité chimique bactérienne et l'évaporation des eaux

Tableau 14 : Variation mensuelle de Température

Valeur	T (°C)
Max	24
Min	6.50
Moy	13.93
Ecartype	6.04

La température mesurée dans tous les huit mois varie entre 6.50°C et 24°C, avec la valeur la plus faible (6.50°C) aux mois de Février, et la valeur la plus élevée 24°C au mois de septembre, les températures relevées sont très dépendantes du mode de prélèvement, des conditions climatiques, de l'altitude et de l'heure du prélèvement

**Figure 13 : Variation mensuelle de la température**

V.2.1.2 Potentiel d'Hydrogène (pH)

L'eau renferme des ions H^+ libres (qui ne sont pas combinés pour donner des molécules de liquides), le taux de concentration en ions H^+ mesure le potentiel hydrogène (en abrégé pH) du milieu (Jean, 1974).

Il exprime l'activité des ions H^+ d'une solution, c'est-à-dire l'alcalinité ou l'acidité d'une eau.

L'échelle du pH varie de 0 à 14 en fonction de la force ionique :

- Pour un milieu neutre $(H^+) = (OH^-)$ ou $pH = 7$;
- Pour un milieu acide $(H^+) > (OH^-)$ ou $pH < 7$;
- Pour un milieu basique $(H^+) < (OH^-)$ ou $7 < pH < 14$. (DJEMMAL, 2009)

Tableau 15 : Variation mensuelle de pH

Valeur	pH	La norme (OMS)
Max	7.8	6.5 et 8.5
Min	7.4	
Moy	7.675	
Ecartype	0.148	

Les eaux analysées montrent des valeurs de pH comprises entre 7.4 (Avril) et 7.8 (Janvier, Février, Mars) ces Valeurs sont ainsi très proches de la neutralité. Donc sont acceptable selon les normes de l'OMS.

On justifier ça par l'influence de deux paramètres climatiques :

-Quand la température augmente, l'évaporation augmente donc le pH diminue

-Quand la précipitation forte le pH augmente (la dilution).

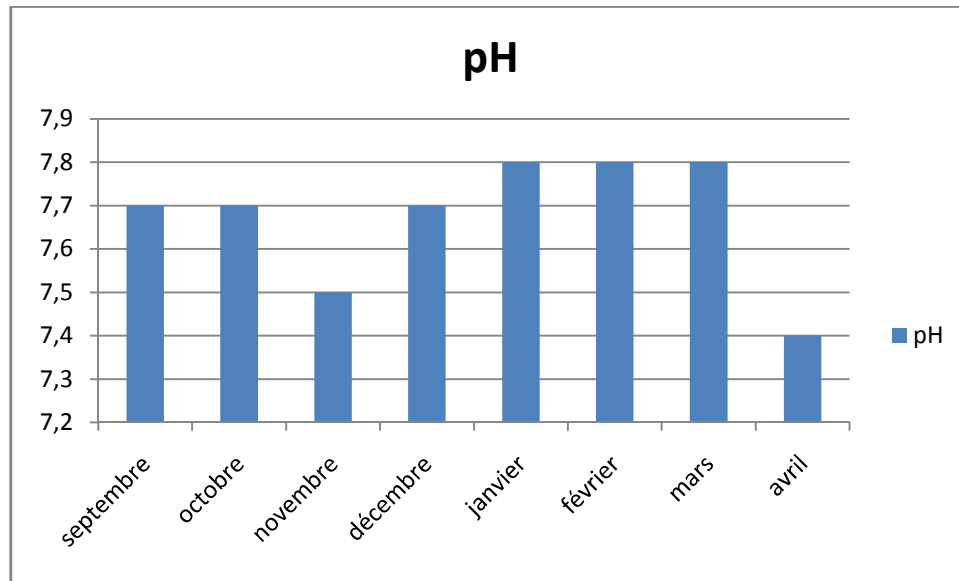


Figure 14 : Variation mensuelle de pH

V.2.1.3 Conductivité (CE)

La conductivité d'une solution peut être mesurée à l'aide d'un conductimètre. La conductivité de l'eau permet d'estimer sa charge en ions, elle s'exprime généralement en $\mu\text{S}/\text{cm}$ ou en mS/cm pour des salinités plus élevées.

Tableau 16 : Variation mensuelle de conductivité électrique

Valeur	CE à 25°C	La norme (OMS)
Max ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1050	400 à 1500 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
Min ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	480	
Moy ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	818.75	

Parmi les eaux analysées, les conductivités mesurées s'échelonnent entre 480 $\mu\text{S}/\text{cm}$ aux mois de novembre et 1050 $\mu\text{S}/\text{cm}$ aux mois de Mars, ces valeurs sont dans les normes de l'OMS

Cette variation de la conductivité est en relation direct avec la variation chimisme des eaux d'une période à l'autre plus une eau charge en sels dissous plus sa conductivité est forte

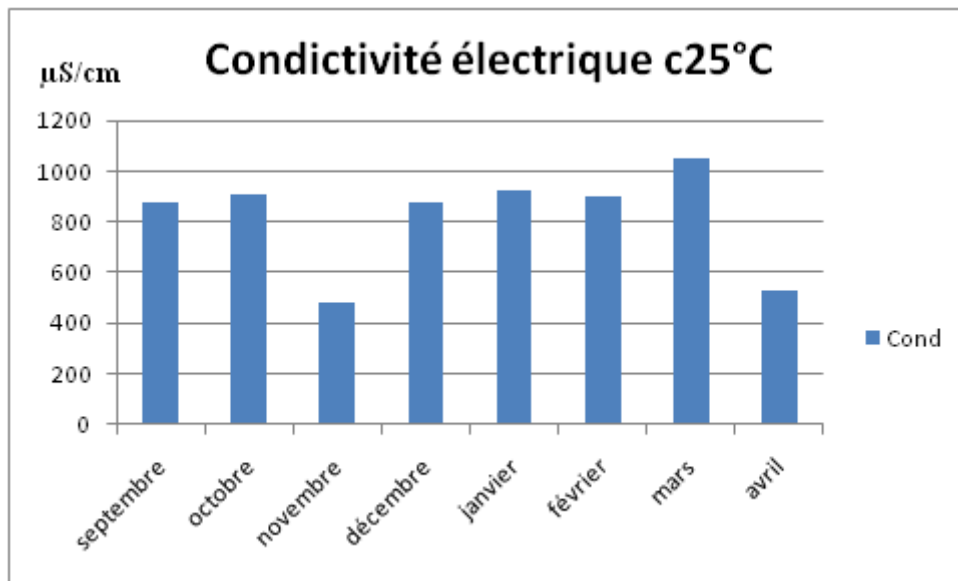


Figure 15 : Variation mensuelle de conductivité électrique

V.2.1.4 Le résidu sec (Rs)

C'est la quantité précipitée de la matière sèche, obtenue après l'ébullition de l'eau à 108 °C.

Ce paramètre permet de classer les eaux et d'indiquer sur leur degré de la minéralisation. Selon (Bernard, 2006) on peut classer les eaux comme suite :

- une eau est très faiblement minéralisée si le résidu sec est inférieur à 50 mg/l.
- une eau est dite oligominérale si le résidu sec se situe entre 50 et 1500 mg/l.
- Une eau est riche en sels minéraux si le résidu sec est supérieur à 1500mg/l.

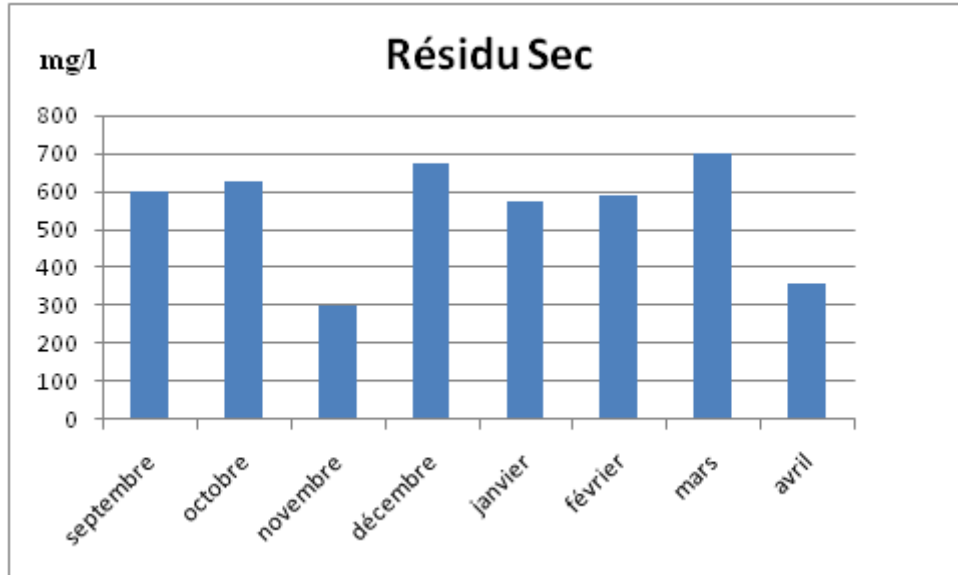
Tableau 17 : Variation mensuelle de résidu sec

Valeur	Rs (mg/l)
Max (mg/l)	700
Min (mg/l)	302
Moy (mg/l)	552.5
Ecartype	114.81

On distingue que la valeur max du résidu sec est 700 mg/l aux mois de Mars, et

Leur valeur Min est 302mg/l aux mois de novembre, ces valeurs se situent entre 50 et 1500 mg/l, alors les eaux sont dites oligominérales

Cette variation du résidu sec est en relation direct avec la variation chimisme des eaux d'une période à l'autre plus une eau charge en sels dissous plus sa valeur est forte

**Figure 16 : Variation mensuelle du Résidu Sec**

V.2.2 Les paramètres chimiques

La composition chimique d'une eau joue un rôle important dans la détermination de sa qualité, par conséquent, son attribution pour l'alimentation en eau potable ou d'autres usages (potabilité, irrigation, industrie...etc.) (Shuilling, 1988).

V.2.2.1 Les Cations

Il s'agit des ions de sodium, potassium, calcium et magnésium dont les trois premiers caractérisent fortement les faciès chimiques des eaux

V.2.2.1.1 Le calcium (Ca^{++})

Le calcium est un élément alcalinoterreux, il se trouve dans les eaux thermo-minérales circulant en milieu calcaire et aussi en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonate, le calcium peut provenir également des formations gypsifères ($\text{Ca SO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$), qui sont facilement solubles.

Tableau 18 : Variation mensuelle de concentration de calcium (Ca^{2+})

Valeur	Ca^{2+}	La norme (OMS)
Max (mg/l)	115.7	100 (mg/l)
Min (mg/l)	52.1	
Moy (mg /l)	93.94	
Ecartype	26.73	

L'observation du Tableau n°18 illustre que la valeur la plus élevée enregistré au mois de Mars (115.7Mg/l), et la valeur minimale enregistré au mois de Avril (52.1Mg/l)

La plupart des échantillons présentent des valeurs à la norme de potabilité des eaux (100mg/l).

On signale que l'effet des paramètres climatiques sur le calcium est faible

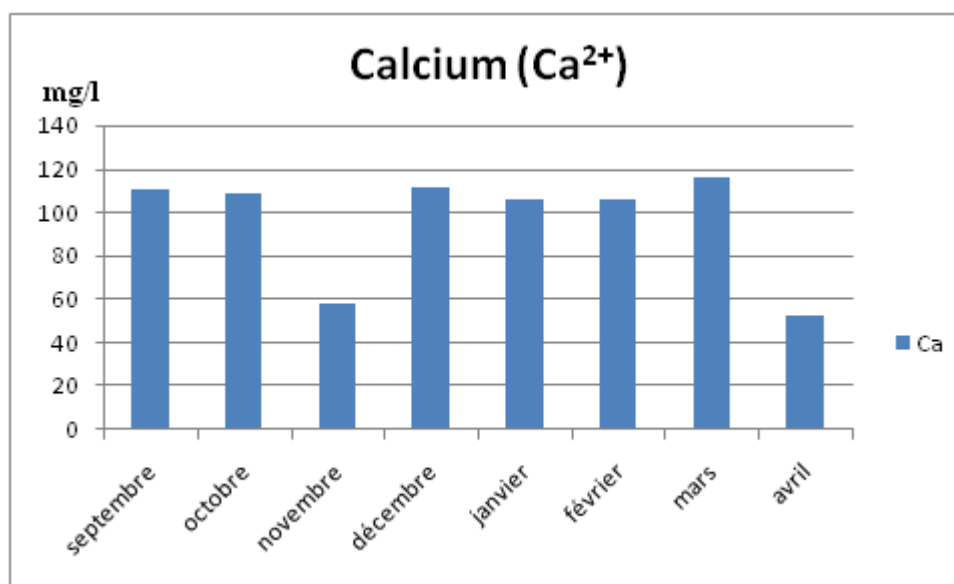


Figure 17 : Variation mensuelle du Calcium

V.2.2.1.2 Magnésium (Mg^{++})

Ses origines sont comparables à celles du calcium, car il provient de la dissolution des formations carbonatées à forte teneur en Mg^{2+} (magnésite et la dolomie), et des formations salifères riches en magnésium ($MgSO_4$). Mais leur forte solution nécessite un temps de contact plus long que celui du calcium. (CHADADE, 2009)

Tableau 19 : Variation mensuelle de concentration de Magnésium

Valeur	Mg^{2+}	La norme (OMS)
Max (mg/l)	43	50 (mg/l)
Min (mg/l)	9	
Moy (mg /l)	30.5	
Ecartype	11.07	

Les analyses effectuées sur les eaux superficielles révèlent en effet des teneurs comprises entre 9 Mg/l (Novembre) et 43 mg /l(Octobre) pour une moyenne de 30.5 mg/l, Tous les valeurs du magnésium sont acceptées selon les normes de l’OMS

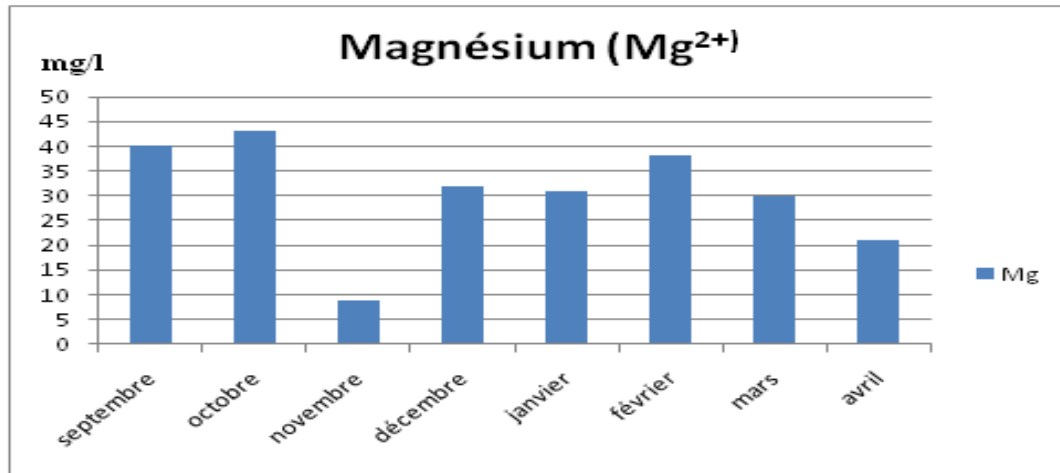


Figure 18 : Variation mensuelle du Magnésium

V.2.2.1.3 Sodium (Na⁺⁺)

Le Sodium est beaucoup plus abondant que le potassium. Il est toujours présent dans les eaux naturelles avec des teneurs variables. (Gouidia, 2008).

Les marnes emschériennes, qui constituent le substratum, ainsi que les dépôts évaporitiques qui se localisent au notre bassin

Tableau 20 : Variation mensuelle de concentration de Sodium

Valeur	Na ⁺⁺	La norme (OMS)
Max (mg/l)	76	150 (mg/l)
Min (mg/l)	12	
Moy (mg /l)	30.66	
Ecartype	18.75	

Les plus faibles valeurs, sont de l'ordre de 12 mg/l, enregistrées au mois d'Avril

Et les valeurs élevées sont de l'ordre de 76 mg/l, enregistrées au mois de Mars

Toutes les valeurs sont acceptées selon les normes de l'OMS

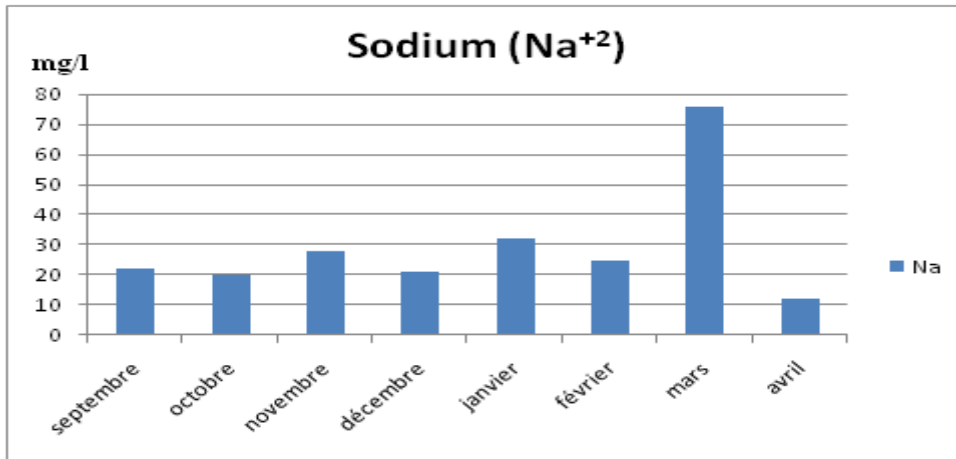


Figure 19 : Variation mensuelle du Sodium

V.2.2.1.4 Potassium (K⁺)

C'est un élément alcalin, très réactif avec l'eau, on le retrouve dans les roches ignées et dans la nature sous forme de chlorure double dans de nombreux minerais, aussi le potassium résulte de l'altération des argiles potassiques et de la dissolution des engrais chimiques (NPK) qui sont utilisés massivement par les agriculteurs. (Gouidia, 2008).

Tableau 21 : Variation mensuelle de concentration de Potassium

Les paramètres statistiques	K ⁺	La norme (OMS)
Max (mg/l)	3	12 (mg/l)
Min (mg/l)	1	
Moy (mg /l)	2.12	
Ecartype	0.83	

Les valeurs de potassium sont variées entre 1 mg/l aux mois (Octobre, Avril) et 3 mg/l aux mois de (Janvier, février, Mars) on constate que toutes les valeurs sont acceptées selon les normes de l'OMS

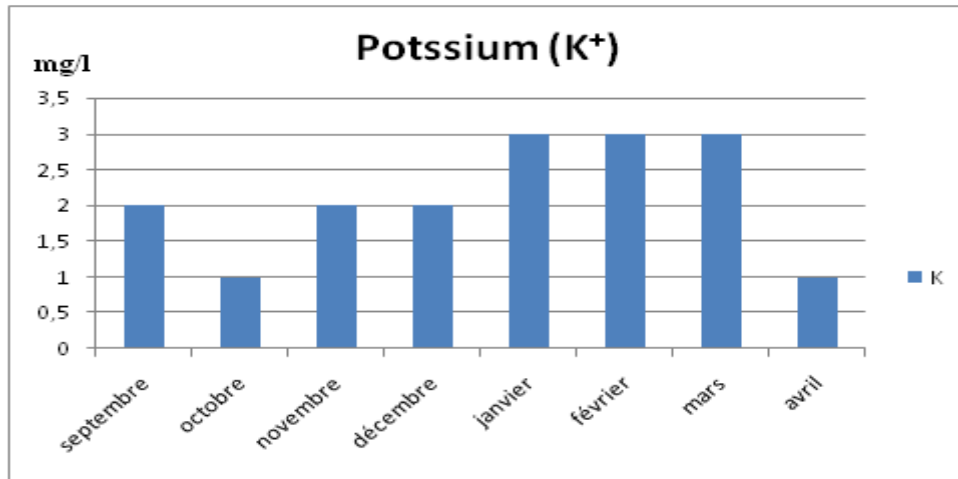


Figure 20 : Variation mensuelle du Potassium

V.2.2.2 Les anions

Les anions les plus importants dans les eaux étudiées sont les chlorures, les sulfates et les bicarbonates, dont les deux premiers déterminent les faciès chimiques

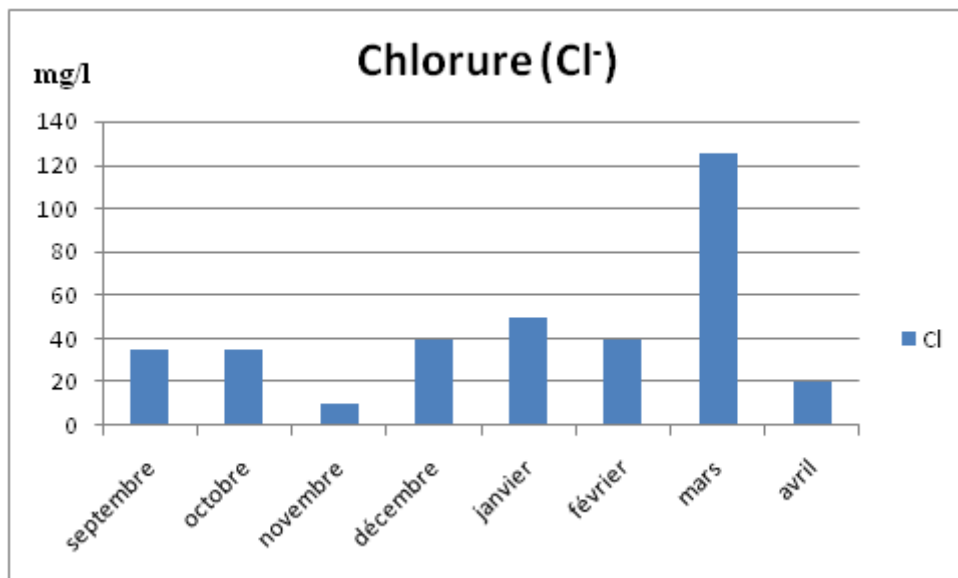
V.2.2.2.1 Les Chlorures (Cl⁻)

Les chlorures peuvent avoir plusieurs origines, et sont liés principalement à la dissolution des terrains salifères. La dissolution de ces sels étant très facile d'où leur présence en fortes concentrations dans les eaux ayant traversées les formations argilo - sableuses ou argileuses. Ainsi, ils peuvent provenir également de l'action humaine à partir du soulage des routes, ou par contamination par les eaux usées. Les chlorures donnent un goût désagréable la teneur en chlorure augmente généralement avec le degré de minéralisation (**CHADADE, 2009**)

Tableau 22 : Variation mensuelle de concentration de chlorure

Valeur	Cl ⁻	La norme (OMS)
Max (mg/l)	125	250 (mg/l)
Min (mg/l)	10	
Moy (mg /l)	45.71	
Ecartype	37.46	

Les valeurs de chlorure varient entre (10 mg/l) au mois de novembre et (125 mg/l) au mois de Mars, ces valeurs ne déplacent pas la norme de l'OMS

**Figure 21 : Variation mensuelle du Chlorure**

V.2.2.2.2 Les sulfates (SO₄⁻)

Ils sont présents dans les eaux naturelles à des teneurs très variables et Ils peuvent provenir de La dissolution du gypse. Ce dernier peut être triasique, comme il peut être associé

à des formations plus récentes comme les argiles du Mio-Plio-Quaternaire. Ils dépendent aussi des rejets industriels

Tableau 23 : Variation mensuelle de concentration de sulfate

valeur	SO ₄ ⁻	La norme (OMS)
Max (mg/l)	260	250 (mg/l)
Min (mg/l)	82	
Moy (mg /l)	195.25	
Ecartype	67.72	

Les valeurs des concentrations des sulfates sont variées entre 82 mg/l au mois de Avril et 260 mg/l au mois d'octobre

La valeur moyenne des sulfates (195.25mg/l) est ne déplace la norme de l'OMS

On constate que la valeur de sulfate au mois de octobre est dépasse la norme (260mg/l)

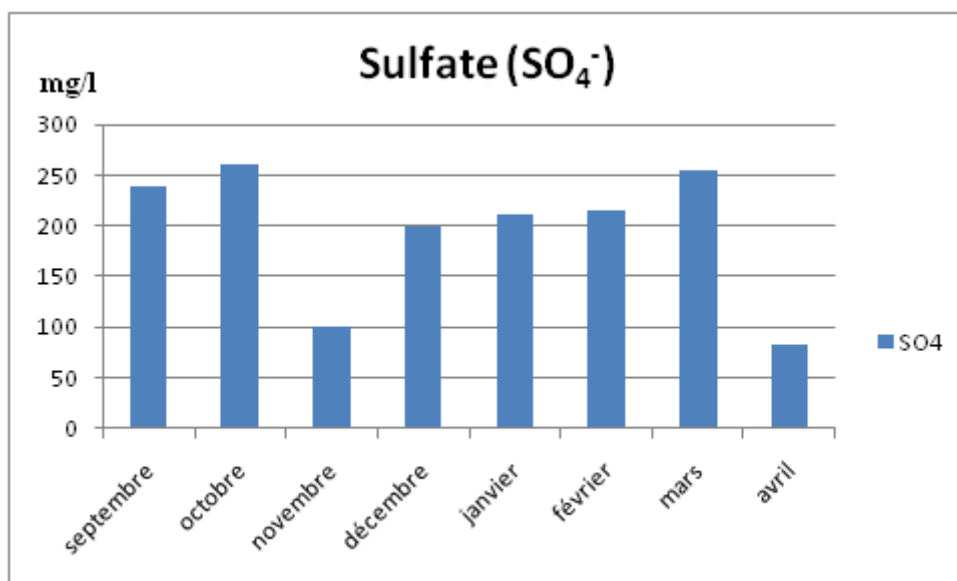


Figure 22 : Variation mensuelle du Sulfate

V.2.2.2.3 Bicarbonate (HCO_3^-)

Les bicarbonates résultent de l'équilibre physico-chimique entre la roche, l'eau et le gaz carbonique, leur origine principale est la dissolution des roches carbonatées, ainsi leur concentration dans l'eau est en fonction de la nature des terrains traversés, la température de l'eau, la concentration du CO_2 dissout. (DIB ,2009)

Tableau 24 : Variation mensuelle de concentration de bicarbonate

Valeur	HCO_3^-	La norme (OMS)
Max (mg/l)	244	250 (mg/l)
Min (mg/l)	158.6	
Moy (mg /l)	202.06	
Ecartype	32.51	

Les fortes teneurs sont enregistrées avec une moyenne de 202.06 mg/l, et un maximum de 244 mg/l au mois de décembre, par contre la teneur minimale est de 158.6 mg/l enregistrée au mois de Novembre

Toutes les valeurs de concentration des bicarbonates ne dépassent pas la norme de l'OMS

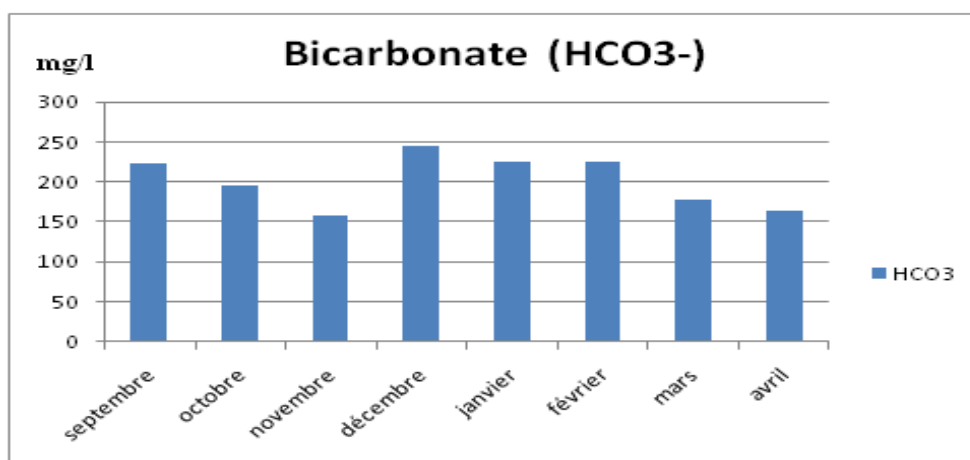


Figure 23 : Variation mensuelle du Bicarbonate

V.2.2.2.4 Le nitrate (NO_3^-)

Le NO_3^- est la principale forme chimique azotée susceptible de quitter le sol via les eaux de percolation, et d'être présente dans les milieux souterrains.

Il est beaucoup plus mobile dans les sols que d'autres éléments apportés par les engrais tels que le potassium et le phosphate (Noemi, 2002),

Les nitrates sont des indicateurs de la pollution (ATHAMENA, 2006)

Tableau 25 : Variation mensuelle de concentration de nitrate

Valeur	NO_3^-	La norme (OMS)
Max (mg/l)	12	50 (mg/l)
Min (mg/l)	0.1	
Moy (mg /l)	3.88	
Ecartype	4.50	

Les valeurs de nitrates se varient entre 0.1 mg/l au mois d'Octobre et 12 mg/l au mois de décembre, on constate que toutes les valeurs sont acceptées selon les normes de l'OMS

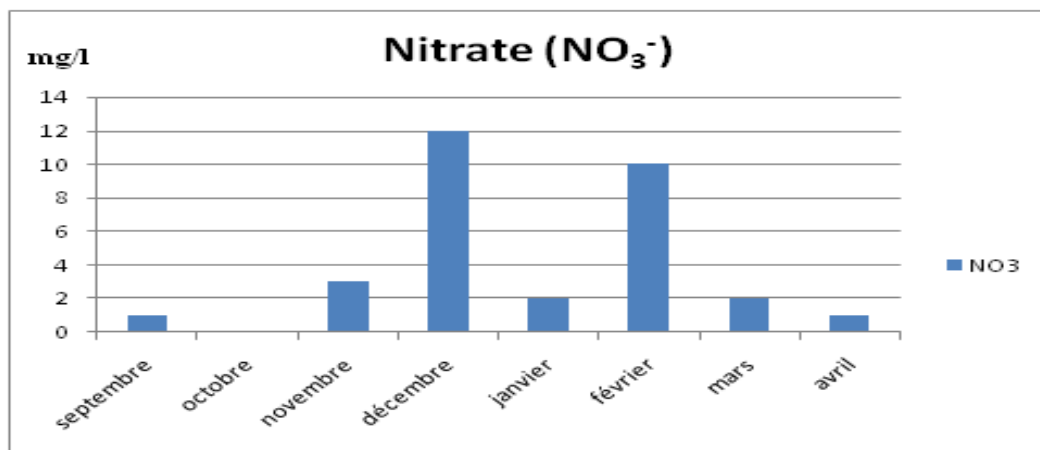


Figure 24 : Variation mensuelle du Nitrate

V.3 Détermination Des Principaux Faciès Hydrochimiques

On détermine les faciès hydrochimiques par le calcul des quantités en réaction (conversion des concentration en méq/l), et en tenant compte de la classification des ions (formule ionique).

V.3.1 Représentation graphique des faciès hydrochimique :

Pour caractériser le faciès chimique des eaux, une représentation graphique des points d'eau sur des digrammes, tels que ceux de Piper et Schoeller-Berkaloff, permet de donner des informations sur la qualité chimique des eaux.

La représentation a été faite grâce au logiciel Diagrammes, conçu par Roland Simler (Laboratoire d'hydrogéologie, Université d'Avignon, 2004).

V.3.1.1 Diagramme de Piper

Cette méthode est basée sur la représentation des résultats des analyses chimiques sur le diagramme de Piper qui permet de classer et comparer les eaux entre elles. Ce diagramme comporte un losange et deux triangles équilatéraux dont les côtés sont divisés en cent (100) parties égales correspondant à des quantités en réaction pour cent (calculé par rapport aux ions de même nature). Ainsi dans chaque triangle, un point représentatif est obtenu. Les deux parallèles menées depuis ces points sur le losange s'entrecroisent en un seul point dans le losange, par simple lecture, le faciès chimique serait connu

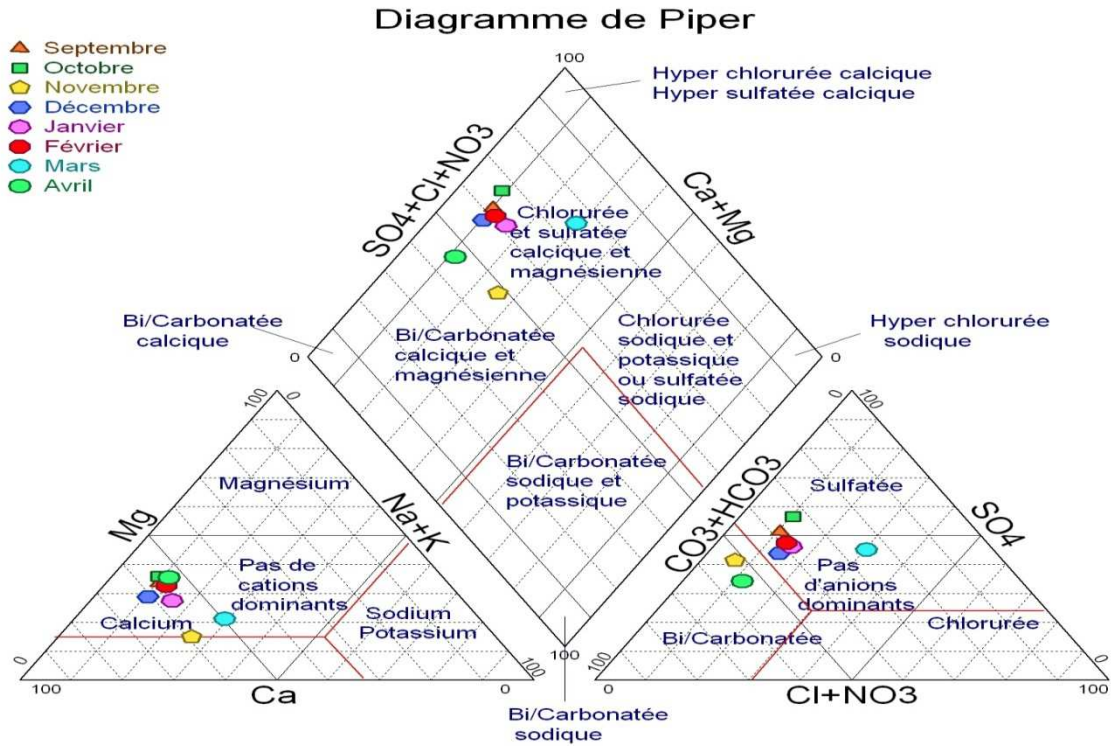


Figure 25 : La représentation d'échantillon sur le diagramme de Piper pour les huit mois

Les nuages de points montrent une dominance cationique calcique, avec un pourcentage de 100%.

Pour les anions, les nuages de points montrent une dominance de sulfate, avec deux points bicarbonaté dans les mois (Novembre, Avril)

La combinaison des différents cations et anions donne naissance à deux faciès, le faciès dominant

(Sulfaté-calcique) avec 75% qui présent dans la majorité des mois, et le faciès (bicarbonaté-calcique) avec 25 % qui présent dans les mois de novembre et Avril.

Tableau 26 : Faciès chimiques des eaux du bassin versant Foum El Gueiss

Faciès chimiques		
Sulfaté calcique (%)	Bicarbonaté-calcique (%)	Totale
75	25	100

V.3.1.2 Diagramme de SCHOELLER-BERKALOFF

Le diagramme de Schoëller- Berkaloff permet de représenter le faciès chimique de plusieurs échantillons d’eaux. Chaque échantillon est représenté par une ligne brisée. La concentration de chaque élément chimique est figurée par une ligne verticale en échelle logarithmique. La ligne brisée est formée en reliant tous les points qui représentent les différents éléments chimiques (Gouidia, 2008).

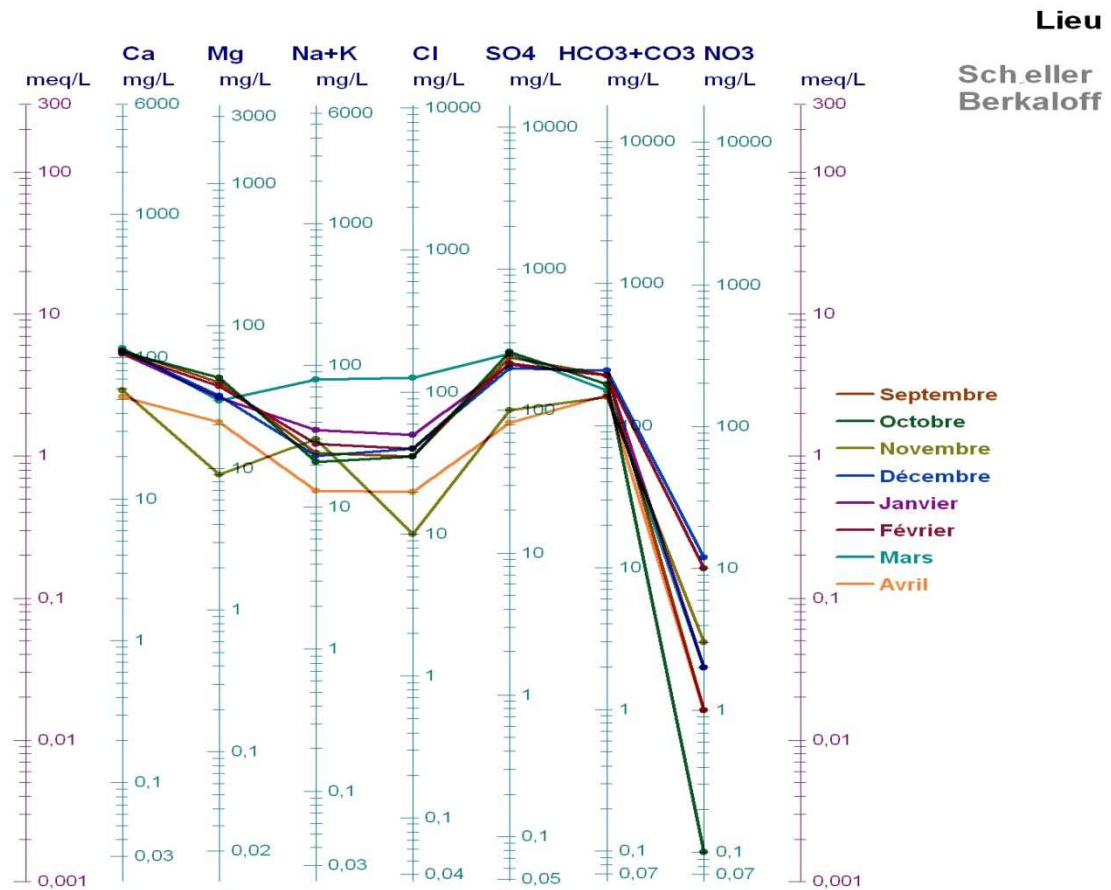


Figure 26 : Diagramme d'échantillon de Schoeler-Berkaloff pour les huit mois

L'observation du diagramme de Schoeler-Berkaloff, montre que la majorité des mois ont la même origine, sauf que trois points qui les représente différentes origines comme les mois (Mars, Avril, novembre).

V.5 Conclusion

La qualité des eaux de bassin de Foum El Gueiss dépend de plusieurs paramètres physiques et chimiques. Leurs variations temporelles sont dues à des facteurs climatiques

Toutes les teneurs des paramètres physico-chimiques sont acceptables selon les normes de l'OMS

A partir de l'étude comparative de la qualité des eaux trouve que

L'influence des paramètres climatiques est faible

Dans notre région d'étude le faciès change selon les mois de l'année, on remarque que le faciès dominant est Sulfaté-calcique avec 75 % pendant les mois (Septembre, Octobre, Décembre, Janvier, Février, Mars) suivi du bicarbonaté-calcique avec 25 % pendant les deux mois (Novembre, Avril)

Les eaux de bassin de Foum El Gueiss conviennent à l'irrigation, car elles présentent des conductivités à la norme de l'OMS,

VI .1 Introduction

Chaque année, quatre millions de tonnes d'azote sont répandues sur les cultures sous forme d'engrais (40 à 200 kg par hectare) ou de déjections animales (par exemple lisier). Les nitrates ne sont pas entièrement utilisés par les plantes très solubles, ils sont partiellement entraînés dans les cours d'eau et les nappes souterraines. Ceci provoque l'eutrophisation des cours d'eau.

La pollution organique engendre la poussée d'algues résistantes entraînant ainsi par leur prolifération la décomposition des matières organiques et l'épuisement rapide de l'oxygène dissous dans les eaux profondes. Il y aura aussi un surplus de production primaire dans les eaux de surface. Dans un premier temps, la prolifération des algues peut paraître bénéfique puisque les végétaux constituent le premier maillon des chaînes alimentaires : on pourrait penser que la productivité générale des écosystèmes aquatiques, Un effet de la pollution organique par des matières organiques fermentescibles tient en la diminution de la teneur en oxygène dissous. Lorsque la pollution organique des eaux par des matières fermentescibles est trop importante, elle provoque la mort massive de la vie aquatique et autres animaux qui peuplent ces cours d'eau.

Notre étude est basée sur les analyses chimiques des eaux de surfaces de barrage de FOUM EL GUEISS, Les échantillons ont été prélevés chaque mois des années (2000 jusqu'à avril 2012) par l'ANRH (agence national des ressources hydrauliques de Constantine).

On basé aussi sur l'étude comparative des paramètres reliev à la pollution organique qui sont généralement (DBO, DCO, pH, O₂dissous, NO₃⁻, NO₂⁻, NH₄⁺, PO₄⁻).

Ce chapitre doit être répondre sur l'état de la pollution organique de barrage de FOUM EL GUEISS et nous permettra de :

- ✓ Déterminer la variabilité quantitative des éléments chimiques reliés à la pollution organique.
- ✓ Caractériser la qualité des eaux.
- ✓ La comprendre de l'effet des paramètres climatiques sur la qualité des eaux.

VI.2 Pollution des eaux

La pollution ou la contamination de l'eau peut être définie comme la dégradation de celle-ci en modifiant ses propriétés physique, chimique et biologique; par des déversements, rejets, dépôts directs ou indirects de corps étrangers ou de matières indésirables telles que les microorganismes, les produits toxiques, les déchets industriels.

Ces substances polluantes peuvent avoir différentes origines:

- ✓ Urbaine (activités domestiques; eaux d'égout, eaux de cuisine...).
- ✓ Agricole (engrais, pesticides).
- ✓ Industrielle (chimie-pharmacie, pétrochimie, raffinage...).

La pollution est directement liée aux activités industrielles et agricoles. Nous nous intéressons aux rejets liquides transportés par l'eau, appelés couramment les eaux résiduaires industrielles transportant en général divers produits hautement toxiques avec des taux très élevés.

VI.2.1 Définition de la Pollution organique

C'est les effluents chargés de matières organiques fermentescibles (biodégradables), fournis par les industries alimentaires et agroalimentaires (laiteries, abattoirs, sucreries...). Ils provoquent une consommation d'oxygène dissous de ces eaux, en entraînant la mort des poissons par asphyxie et le développement (dépôts de matières organiques au fonds des rivières) de fermentation anaérobie (putréfaction) génératrices de nuisances olfactives.

VI.3 Paramètres d'analyses de la pollution organique

Parmi les analyses utilisées pour mesurer la pollution organique on (08) huit paramètres sont très couramment effectués :

DCO, DBO, pH, O₂ dissous, NO₃⁻, NO₂⁻, PO₄⁻, et NH₄⁺

Les matières organiques, sont des matières oxydables qui nécessitent pour leur décomposition une certaine quantité d'oxygène. Elles vont appauvrir le milieu naturel en oxygène, c'est pourquoi elles sont considérées comme des matières polluantes.

VI.3.1 La Demande Chimique en Oxygène (DCO)

Elle s'exprime en milligramme par litre (mg/l) d'oxygène et correspond effectivement à la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder dans des conditions opératoires définies, les matières organiques présentes dans un échantillon donné.

L'oxydation est réalisée ici par un réactif ayant un pouvoir d'oxydation puissant (Le permanganate de potassium à chaud en milieu acide). La quantité de réactif consommé pour l'oxydation des matières organiques présentes, rapportée en mg/l d'oxygène, correspond à la DCO.

Tableau 27 : Variation des concentrations de la DCO (2000- avril 2012)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août
DCO (mg/l)	27.87	27.43	26.8	19.33	31.42	25.51	22.68	21.13	18.58	25.68	35.2	25.06

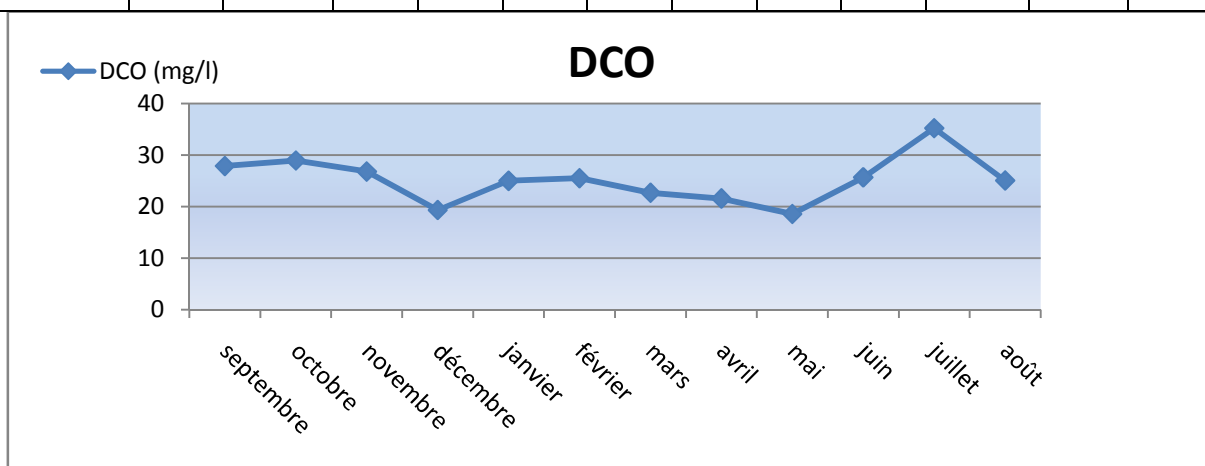


Figure 27 : Variations des concentrations mensuelles du DCO (2000-avril 2012)

Interprétation :

❖ Les valeurs de DCO des eaux du barrage de Foug ELGUISS varient d'un mois à l'autre, il atteint son maximum au mois de Juillet 35.2 mg/l, et le minimum au mois de décembre 18.58 mg/l. L'observation des résultats obtenus montre qu'il y a une relation avec la DCO et les conditions climatiques (les précipitations), au mois de décembre les précipitations atteignent le maximum ou en ont un apport de l'oxygène dissout ce qui explique les valeurs basses de la DCO.

❖ Au mois de juillet les précipitations sont très faibles, avec le développement des microorganismes qui consomment l'oxygène dans l'eau et par conséquent la DCO atteint son maximum. De point de vue qualité les valeurs de la DCO sont dans les normes.

VI.3.2 La Demande Biochimique en Oxygène (DBO)

Les phénomènes d'auto-épuration dans les eaux superficielles résultent par la dégradation des charges organiques polluantes par les micro-organismes.

L'activité de ces derniers tend à consommer de l'oxygène et c'est cette diminution de l'oxygène dans le milieu qui est mesurée par la DBO 5. En effet, à 20° C la dégradation des matières organiques commence immédiatement. Il a été conventionnellement retenu d'exprimer la DBO 5 en mg/l d'oxygène consommé pendant 5 jours à 20°C.

Les eaux destinées à la consommation humaine doivent avoir une DBO 5 de 0 mg/l. Les eaux superficielles de bonne qualité ont une DBO 5 égale à quelques mg/l.

La différence entre la DCO et la DBO 5, représente la charge en matières organiques peu ou pas biodégradable **Calcul : DCO : DBO 5 = Rapport**

Tableau 28 : Variation des concentrations de la DBO5 (2000- avril2012)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août
DBO5 (mg/l)	4,2	3,8	4,57	2,9	3,26	2,85	2,64	14,93	9,61	3,41	4,64	3,11

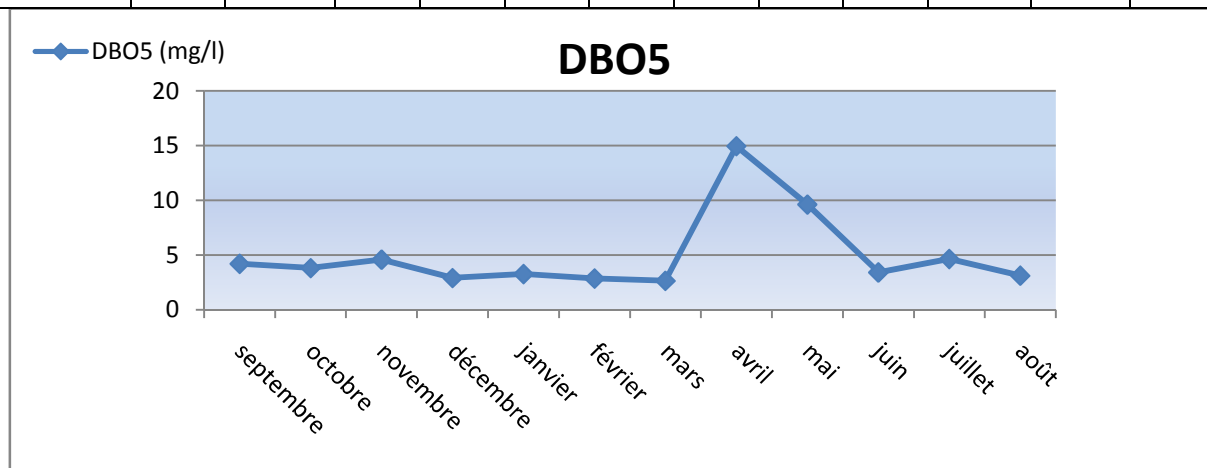


Figure 28 : Variation des concentrations mensuelle du DBO5 (2000 -avril 2012)

Interprétation :

❖ D'après le graphique ci-dessous on remarque que la plupart des valeurs de la DBO5 sont à la norme de potabilité de l'OMS (< 5 mg/l), Les résultats des analyses des eaux du barrage de Foum ELGUISS montrent que le DBO5 atteint est maximum au mois d'avril avec une valeur de 14,93 mg/l.

❖ En terme des normes cette valeur indique une mauvaise qualité de l'eau due probablement à la présence de microorganismes (qui se développent à cette période de l'année) qui permet la dégradation en éléments plus simples, de certaines substances plus complexes d'origine naturelle (végétaux ou animaux morts) ou artificielles (eaux usées). Or, cette activité de dégradation ou auto-épuration, est consommatrice d'oxygène.

VI.3.3 Le Potentiel d'Hydrogène (pH)

Cette mesure physico-chimique effectuée à l'aide d'un pH-mètre, permet de savoir si l'échantillon d'eau est acide, basique ou neutre. L'échelle des pH varie de 0 à 14. Le pH de neutralité étant 7, pour rendre une solution proche de la neutralité, il suffit d'ajouter une base si celle-ci est acide, ou d'ajouter un acide si elle est basique.

Notons que l'on peut avoir une idée des pH en trempant dans le liquide à tester, un papier spécialement étudié à cet effet et qui change de couleur avec le pH.

Tableau 29 : Variation des concentrations du pH (2000- avril2012)

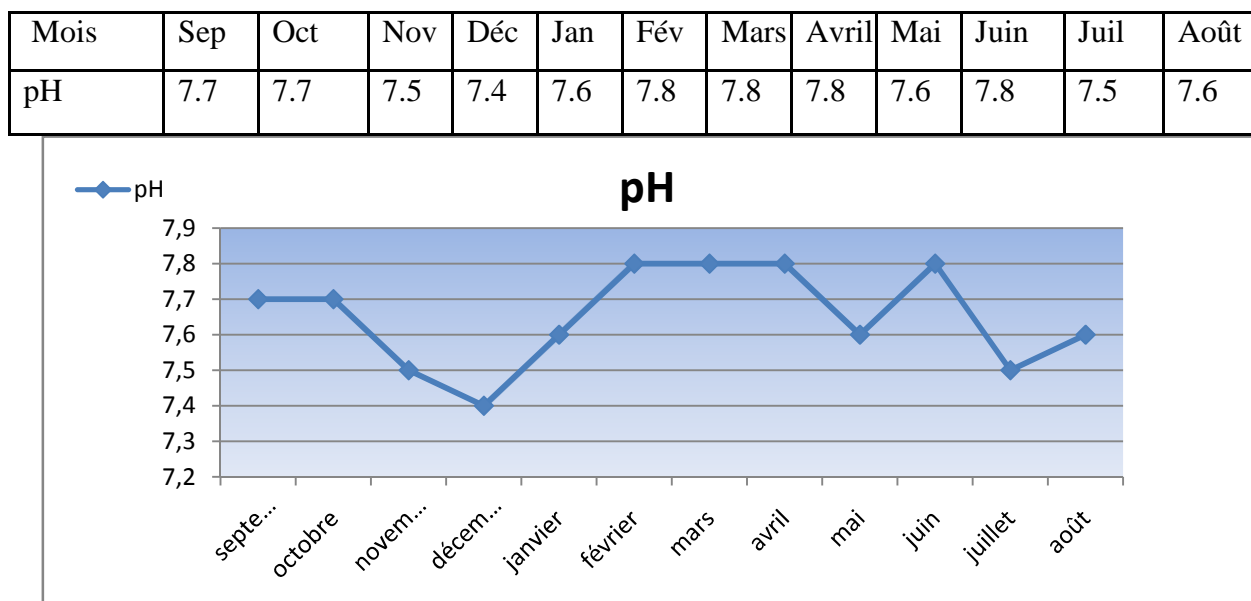


Figure 29 : Variation des concentrations mensuelle du pH (2000-avril 2012)

Interprétation :

❖ D'après le graphique ci-dessous les eaux analysées montrent des valeurs de pH comprises entre 7.4 (Décembre) et 7.8 (Février, mars, Avril, Juin), permet un développement à peu près correct de la faune et de la flore dans le barrage. Les organismes vivants sont très sensibles aux variations brutales même limitées du pH. L'influence du pH se fait également ressentir par le rôle

qu'il exerce sur les équilibres ioniques des autres éléments en augmentant ou diminuant leur toxicité. Ces Valeurs sont ainsi très proches de la neutralité. Donc sont acceptable selon les normes de l'OMS.

VI.3.4 L'oxygène dessous (O_2)

La mesure de l'oxygène dissous est très importante lorsqu'on étudie l'eutrophisation. L'état d'oxygénation des eaux dépend de leur stratification et les mouvements des masses d'eau.

Tableau30 : Variation des concentrations du l'Oxygène dissout (O_2) (2000- avril2012)

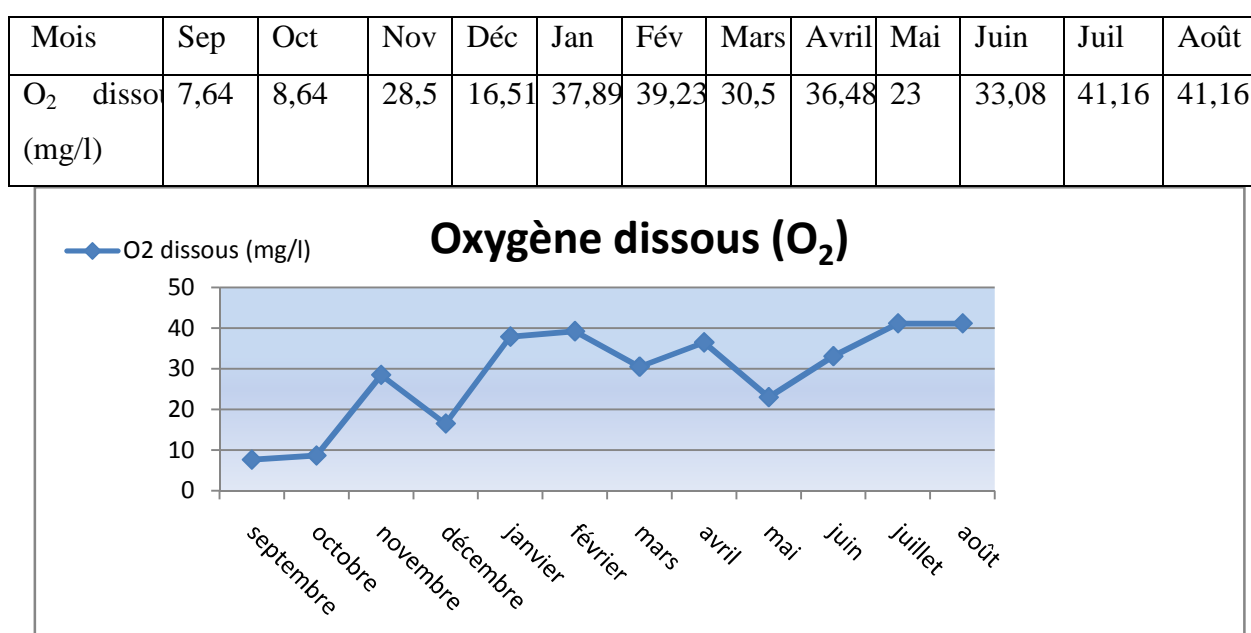


Figure 30 : Variation des concentrations mensuelle d' O_2 dissous (2000-avril 2012)

Interprétation :

❖ Quantité d'oxygène disponible dans l'eau et nécessaire à la vie aquatique et à l'oxydation des matières organiques. Les matières organiques, essentielles à la vie aquatique en tant que effet, elles vont être dégradées par des bactéries et consommer naturellement de l'oxygène dissous des rivières, privant ainsi les organismes aquatiques.

❖ L'oxygène O_2 dissous provenant de :

- De la diffusion de l'oxygène en surface.
- De l'aération (mouvement de l'eau).

- La photosynthèse (3/4 de l'oxygène disponible sur terre est produit par le phytoplancton des océans. cette production dépend de la lumière disponible, de la température, de la présence de matières organiques dégradables, ...).

❖ Le graphe de l'oxygène dissout dans le barrage de Foum ELGUISS augmente surtout à partir du mois de mai jusque le mois d'août, est ceci expliqué par l'augmentation de l'opération de photosynthèse des flores aquatiques du barrage (la durée d'ensoleillement augmente) et la respiration des organismes.

VI.3.5 Nitrite (NO_2^-)

Nitrites, sels ou esters de l'acide nitreux (HNO_2), comme par exemple le nitrite de sodium (NaNO_2) et le nitrite de calcium ($\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$).

Les nitrites alcalins sont des solides solubles dans l'eau. Ils peuvent être oxydants ou réducteurs. À la différence de l'acide nitreux, les nitrites sont généralement stables à température ambiante et, pour certains, à température relativement élevée.

En revanche, les nitrites des éléments faiblement métalliques, comme par exemple le nitrite d'aluminium

Tableau 31 : Variation des concentrations du Nitrite (NO_2^-) (2000- avril2012)

	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août
NO_2^- (mg/l)	0,077	0,036	0,18	0,02	0,042	0,032	0,051	0,04	0,055	0,043	0,031	0,061

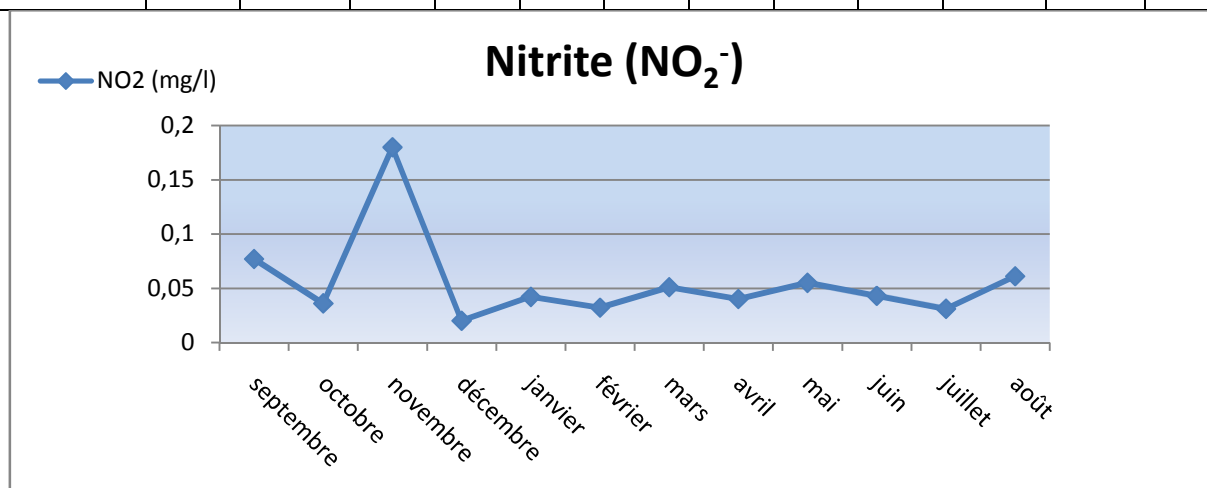


Figure 31 : Variation des concentrations mensuelle de Nitrite (2000-avril 2012)

Interprétation :

❖ D'après le graphique ci-dessous les valeurs de nitrite varient entre (0.02 mg/l) au mois de Octobre et (0.18 mg/l) au mois de Novembre, ces valeurs ne dépassent pas la norme de l'OMS.

❖ Les nitrites constituent le stade intermédiaire entre les ions ammonium (NH_4^+) et les nitrates. Peu stable dans le barrage (mois de Novembre), l'ion nitrite est présent en faibles concentrations dans les eaux bien oxygénées car il est rapidement transformé en d'autres formes d'azote (nitrate principalement), leur présence est indicatrice d'une pollution due à un ralentissement du processus de nitrification, ils sont toxiques à faibles dose.

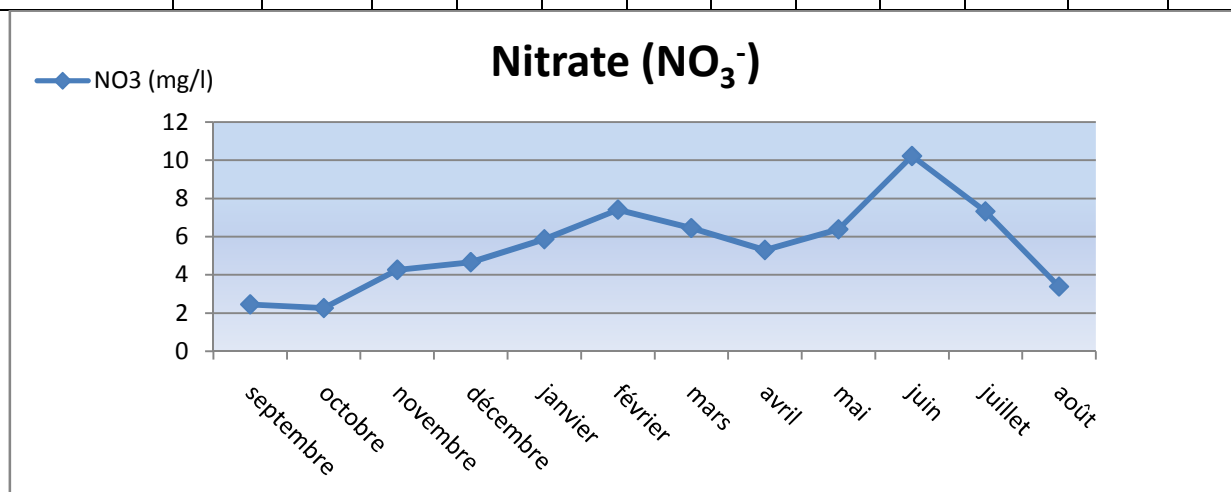
VI.3.6 Nitrate (NO_3^-)

Le nitrate est certainement l'élément nutritif le plus problématique en termes de contamination des eaux souterraines probables (dépassement des normes définies pour la protection de la santé humaine).

Les concentrations «naturelles» en nitrate dans les eaux souterraines sont généralement inférieures à 10 mg/l. Des teneurs plus élevées résultent principalement de rejets dispersés (puits perdants, fuites dans les réseaux de collecte des eaux usées...) et de contaminations diffuses des sols, notamment lorsque les apports d'azote excèdent les besoins des végétaux (surfertilisation des cultures)

Tableau 32 : Variation des concentrations du Nitrate (NO_3^-) (2000- avril 2012)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août
NO_3^- (mg/l)	2,45	2,26	4,26	4,66	5,86	7,41	6,45	5,3	6,38	10,22	7,32	3,38

**Figure 32 : Variation des concentrations mensuelle de Nitrate (2000-avril 2012)**

Interprétation :

❖ Très solubles dans l'eau, les nitrates constituent aujourd'hui la cause majeure de pollution des grands réservoirs d'eau souterraine du globe qui par ailleurs présentent en général une qualité chimique et bactériologique satisfaisante pour l'alimentation.

❖ La pollution par les nitrates est un problème complexe. Outre d'être des nutriments pour les plantes, les nitrates sont également consommés par les microorganismes (bactéries et champignons) présents dans la terre. Ils participent ainsi à la synthèse des matières organiques du sol qui stockent en leur sein l'azote contenu dans les nitrates qui n'ont pas été consommés dans l'année par les plantes, et ce jusqu'à leur mort. Leur décomposition par les bactéries libère alors l'azote qu'elles contiennent sous la forme de nitrates. Mais cette libération peut se produire à tout moment de l'année, notamment lorsque les plantes sont au repos et s'alimentent peu : dans ce cas, ne pouvant être consommés par ces dernières, les nitrates libérés sont lessivés par les eaux de ruissellement et d'infiltration.

❖ Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote. Leur présence dans l'eau, si la source est organique, atteste que l'auto-épuration a joué. Ils proviennent du lessivage des engrais et des rejets urbains et industriels. Les nitrates sont l'un des éléments nutritifs majeurs des végétaux. Leur présence associée aux autres éléments nutritifs, stimule le développement de la flore aquatique. Le développement excessif des végétaux aquatiques s'observe au-delà de 2 à 5 mg/l.

❖ Les eaux du barrage de Fom ELGUISS montrent des concentrations faibles en nitrates qui varient entre 2,26 mg/l au mois d'octobre et 10,22 mg/l au mois de juin, mais elle joue un rôle important dans le développement de la flore dans les eaux de barrage

VI.3.7 L'ammonium (NH₄⁺)

Provient des processus de décomposition microbologique des protéines animales et végétales. Il peut être réutilisé directement par les plantes et est utilisé dans les engrais commerciaux. Lorsque le pH est élevé l'ammonium se transforme en ammoniac NH₃ toxique

Tableau 33 : Variation des concentrations de l'Ammonium NH₄⁺ (2000- avril2012)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0,035	0,01	0,01	0,016	0,13	0,027	0,023	0,014	0,056	0,088	4,75	0,046

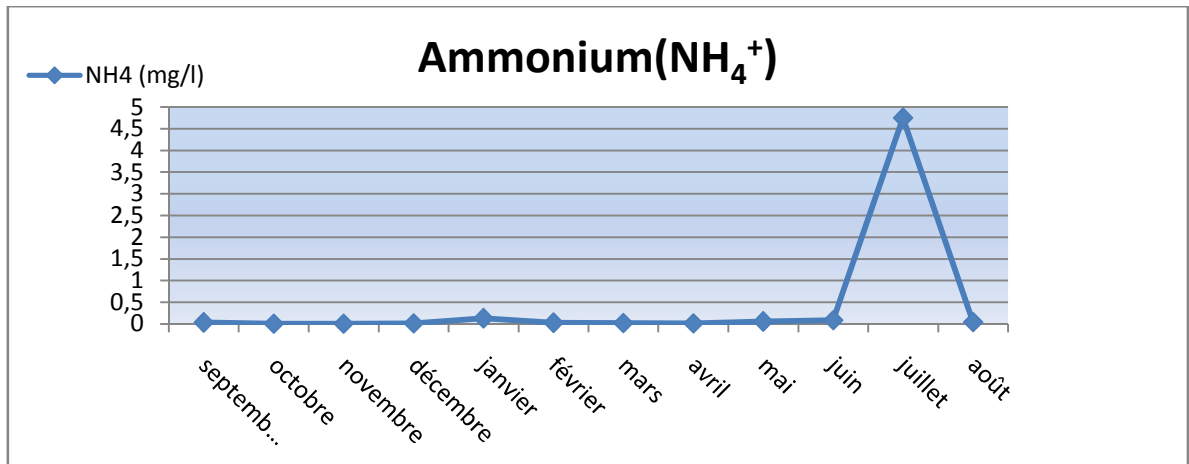


Figure 33 : Variation des concentrations mensuelle Ammonium (2000-avril 2012)

❖ La présence d'ammoniaque en quantité importante est l'indice d'une contamination par des rejets d'origine humaine ou industrielle. Les urines humaines ou animales contiennent en effet de grandes quantités d'urée qui se transforment rapidement en ammoniaque. Ce paramètre est souvent utilisé comme traceur des eaux usées domestiques. L'ammoniaque présente une forte toxicité pour tous les organismes d'eau douce sous sa forme non ionisée (NH_3). La proportion de NH_3 augmente en fonction croissante du pH et de la température.

❖ Comme pour les nitrates l'ammonium présent dans les eaux du barrage de Foum ELGUISS affiche des valeurs très faibles, qui oscillent entre 0,01 mg/l et 4,75 mg/l au mois de juillet ou le phénomène de concentration des éléments chimiques jouent un rôle très important dans l'augmentation de concentration de certains éléments chimiques comme le cas de l'azote ammoniacal.

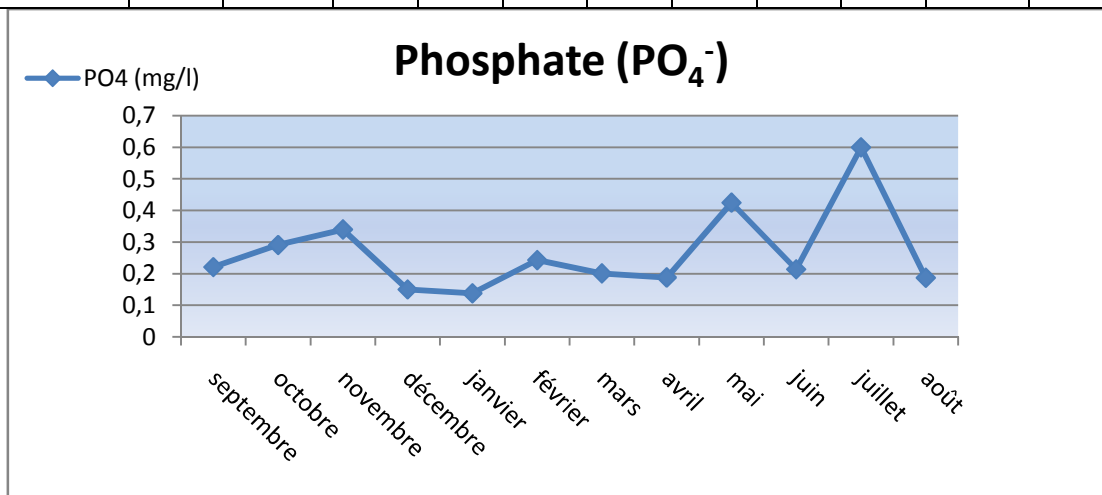
VI.3.8 Phosphate (PO_4^-)

On obtient les phosphates en remplaçant tous les atomes d'hydrogène de l'acide phosphorique (ou une partie d'entre eux) par des atomes de métaux. Le composé résultant est un phosphate primaire, secondaire, ou tertiaire selon le nombre d'atomes d'hydrogène remplacés, les phosphates sont importants pour le métabolisme des plantes et des animaux

On porte une attention grandissante sur les effets dangereux qu'ont les phosphates contenus dans les détergents ménagers sur l'environnement. Ces détergents polluent l'eau, les phosphates étant un nutriment primaire pour l'algue.

Tableau 34 : Variation des concentrations de Phosphate (PO_4^-) (2000- avril2012)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août
PO_4^- (mg/l)	0,221	0,291	0,34	0,15	0,138	0,243	0,201	0,188	0,425	0,214	0,6	0,187

**Figure 34 : Variation des concentrations mensuelle de PO_4 (2000-2012)****Interprétation :**

❖ D'origine urbaine (composant des détergents) et agricole (lessivage d'engrais), les orthophosphates sont comme les nitrates un nutriment majeur des végétaux et peuvent entraîner leur prolifération à partir de 0,2 mg/l. On considère généralement que les phosphates constituent l'élément limitant des phénomènes d'eutrophisation.

❖ La variation mensuelles des concentrations de phosphates dans les eaux du barrage de Foum ELGUISS montrent que ces derniers atteignent le maximum au mois de juillet 0.6 mg/l et le minimum enregistré au mois de décembre avec 0.15 mg/l. ceci expliqué par le phénomène conjugué dilution/concentration. De point de vue qualitatif ces valeurs restent dans les normes.

❖ Il faut mentionner ici que le risque d'eutrophisation existe surtout au début de la saison estivale (ou les concentrations atteignent 0.6 mg/l au mois de juillet)

VI.3.9 Interprétation globale des résultats

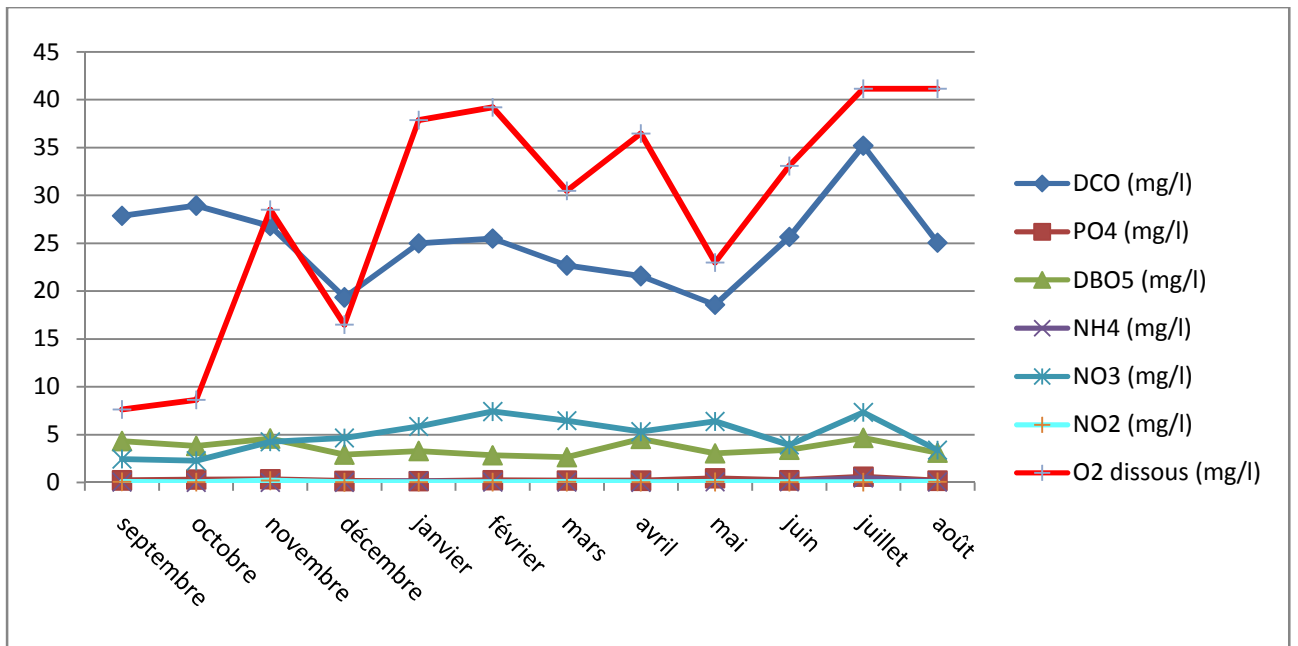


Figure 35 : Variation des concentrations mensuelles des paramètres précédents (2000-2012)

Interprétation

La représentation graphique de tous les résultats des analyses mensuels des paramètres organiques fait ressortir quelques remarques :

- Il y a une relation étroitement liée entre tous les paramètres ce qui explique que les mêmes processus agissent sur ces derniers.
- **L'excès de phosphate dans les eaux du barrage de Fom ELGUEISS pendant la période estivale** participe directement dans le phénomène d'eutrophisation ce qui explique les concentrations élevées en oxygène dissout pendant la même période, ceci représente un danger sur la qualité des eaux du barrage sur un long terme.
- De point de vue qualitatif les eaux du barrage de Fom ELGUEISS sont de bonne qualité, mais la suivie mensuelle de cette qualité reste indispensable.

Conclusion

Le barrage de Foug EL gueiss contient naturellement des composés organiques provenant essentiellement des organismes vivants et de leurs produits d'élimination et de dégradation. L'augmentation significative de la concentration des composés organiques pourra être due soit à une pollution organique soit à un apport d'éléments nutritifs favorisant un accroissement de la production.

- L'oxygène dissous est donc un paramètre utile dans le diagnostic biologique du milieu de l'eau. Ce paramètre assure à travers de multiples réactions chimiques et biochimiques.
- La matière organique appauvrit le milieu naturel en oxygène. Avec la connaissance des indicateurs de la pollution organique (DBO5, Phosphate (eutrophisation), nitrate, etc.), on estime le degré d'autoépuration.
- La mesure des paramètres physiques et chimiques de l'eau indique qu'il y a une qualité bonne dans la majorité des mois, et la dégradation des polluants organiques se détermine de façon acceptable.

IV.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.

L'étude des données climatiques permet d'analyser les facteurs du climat de cette zone qui nous informera sur :

- 1- Le type du climat;
- 2- Les caractéristiques de bilan hydrique du bassin versant ;
- 3- La structure de variation temporelle des termes du bilan (Pluies, évaporation) ;
- 4- Le comportement hydro-climatologique du bassin versant.

Les paramètres climatologiques sont soit mesurés sur le terrain (précipitations, températures) soit calculés par des formules (ETP, ETR, R, I).

IV.2 La station de mesure

Pour caractériser la nature des variations climatiques mensuelles et interannuelles dans notre région d'étude nous avons choisi la station météorologique, d'El Hamma. Nous disposons pour cette station des données, étalant sur une durée de 18 ans d'observation.

Tableau 08 : Caractéristique de la station de mesure.

<i>Station</i>	<i>Latitude</i>	<i>Longitude</i>	<i>Altitude</i>	<i>Période d'observation</i>
ElHamma	35° 28°	7° 5'	983 (m)	1994-2011

IV.3 Etude Des Facteurs Climatiques

IV.3.1 La température

La température constitue un élément majeur qui conditionne le climat d'une région. Elle permet de déterminer l'évapotranspiration et le déficit de l'écoulement, elle intervient dans l'établissement de bilan hydrologique.

IV.3.1.1 Variations des températures moyennes annuelles

Les histogrammes représentant la variation annuelle de la température, sur une période de 18 ans (1994-/2011), montre que l'année la plus chaude est l'année 1999 avec une moyenne de 16.67 °C, et l'année la plus froide est l'année 2005, avec une moyenne de 14.88 °C. Signalons que la température moyenne interannuelle est de l'ordre de 16.69 °C.

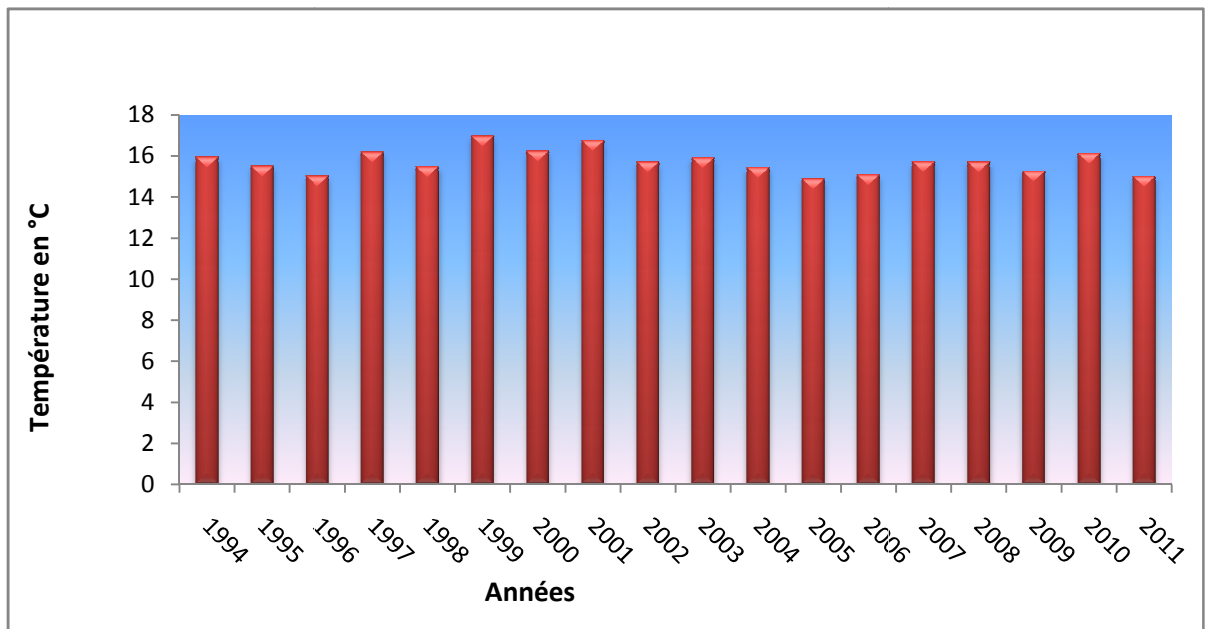


Figure 03 : Evolution de la température moyenne annuelle à la station de EL Hama pour la période (1994/2011)

IV.3.1.2 Variations de la température moyenne mensuelle

La température moyenne mensuelle présente de très variations saisonnières elle atteint leur minima au mois de janvier avec 6.73°C qui est le mois le plus froid de l'année, par contre le mois de juillet est le plus chaud par une valeur maximale de la température moyenne mensuelle de 26.71 °C.

L'amplitude maximale des variations des températures mensuelles moyennes interannuelles s'observe entre ces deux mois avec 19.98 °C.

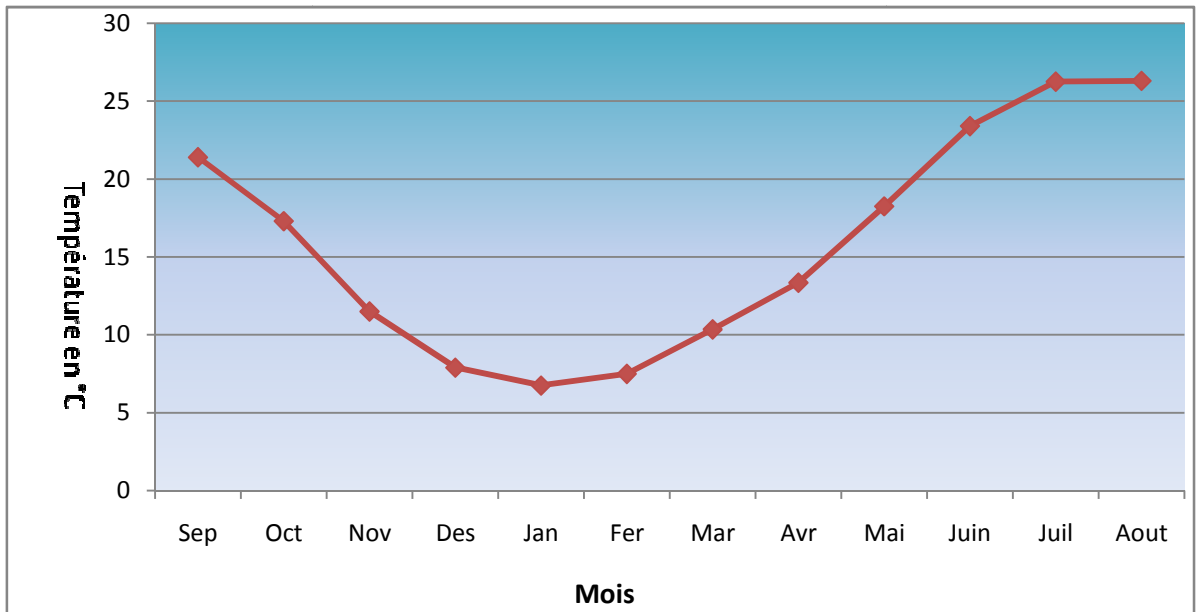


Figure 04 : Variation de la température moyenne mensuelle à la station d'ELHamma pour la période (1994-2011).

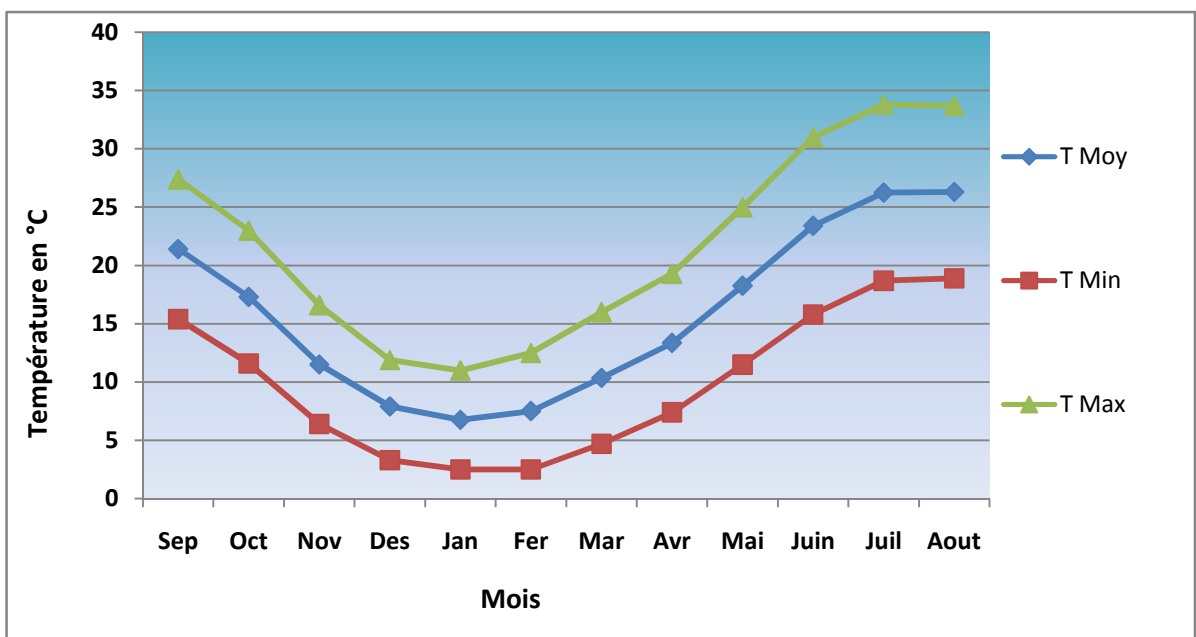
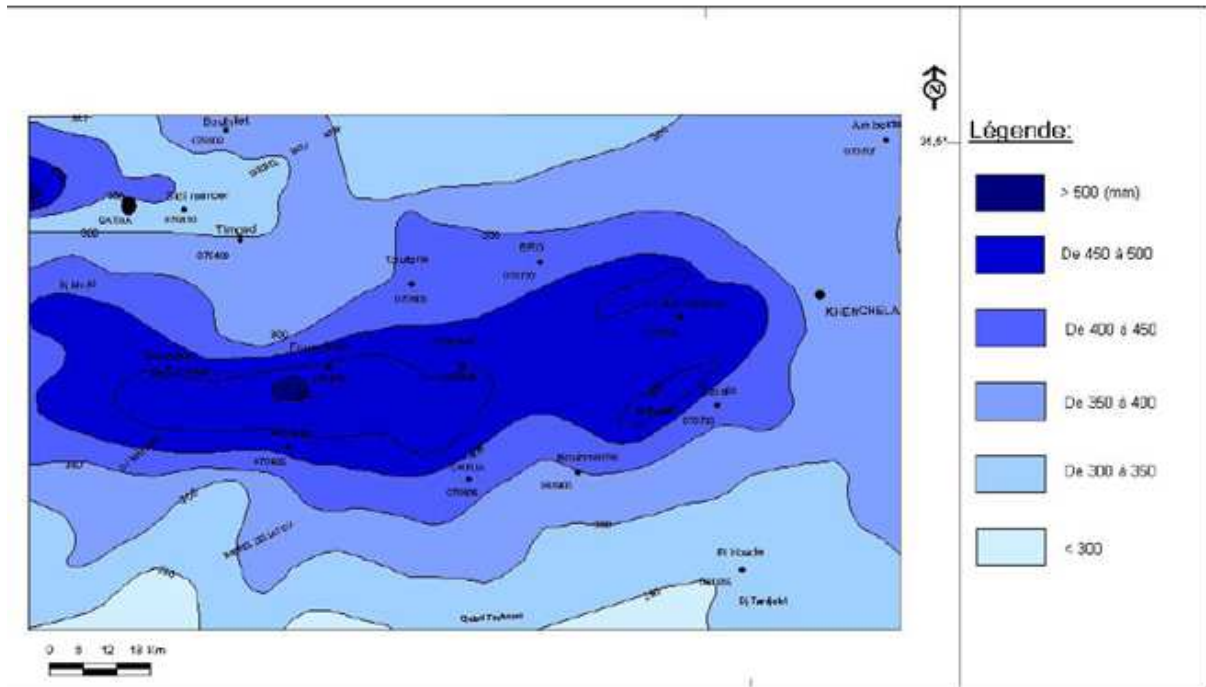


Figure 05 : Variation des températures mensuelles à la station d'ELHamma pour la période (1994-2011).

IV.3.2 La pluviométrie

L'étude pluviométrique présente un intérêt considérable, car elle permet de déterminer la quantité d'eau écoulee qui est à l'origine du lessivage des formations géologiques.

Selon la carte pluviométrique du piémont Nord-Est des Aurès suivant (MEHEMAI, 2009).



Carte N° 13 : La carte pluviométrique du piémont Nord-Est des Aurès (MEHEMAI, 2009)

IV.3.2.1 Variations interannuelles des précipitations

Pour étudier ces données, nous nous sommes basés sur une série de mesures s'étalant sur la période allant de 1994 à 2011, la répartition des précipitations interannuelles à la station d'ElHamma est extrêmement irrégulière d'une année à l'autre. Le maximum de la pluviométrie a été observé en 2010 avec 756.8 mm et alors que le minimum a été enregistré en 2000 avec 311.9 mm. Le module pluviométrique interannuel est égal à 499.77 mm.

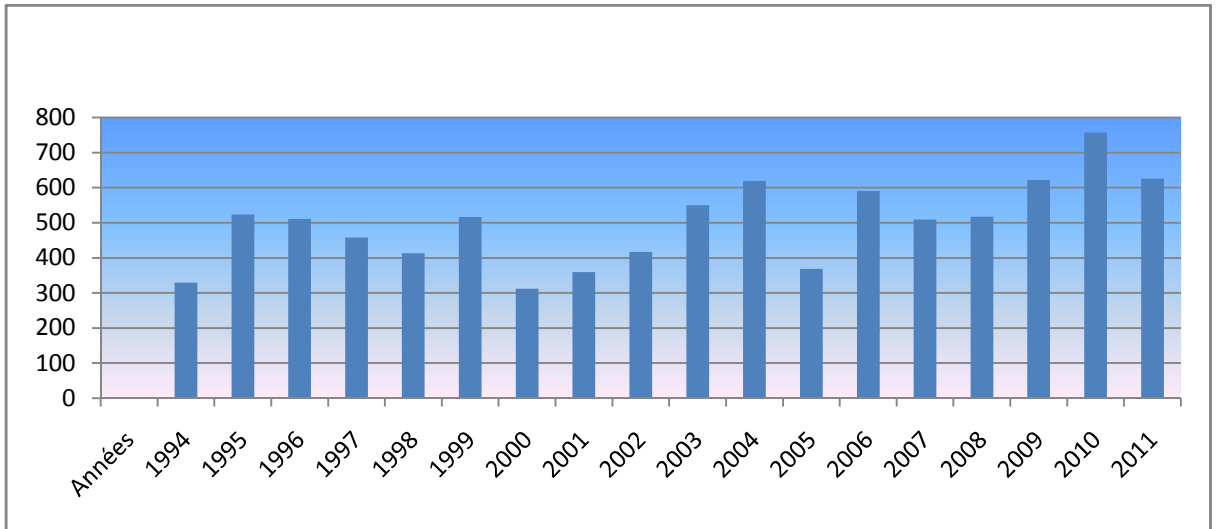


Figure 06 : Evolution des précipitations annuelles à la station d'Elhamma pour la période (1994-2011)

IV.3.2.2 Variations moyennes mensuelles des précipitations

La courbe des variations des moyennes mensuelles des précipitations, sur une période de 18 ans (1994/2011) montre que le mois de Mai est le plus pluvieux, avec 62.66 mm, alors que le mois de juillet est le plus sec, avec 16.32 mm et la saison la plus pluvieuse c'est Printemps avec 149.62 mm. L'amplitude de précipitation est de 46.34 mm.

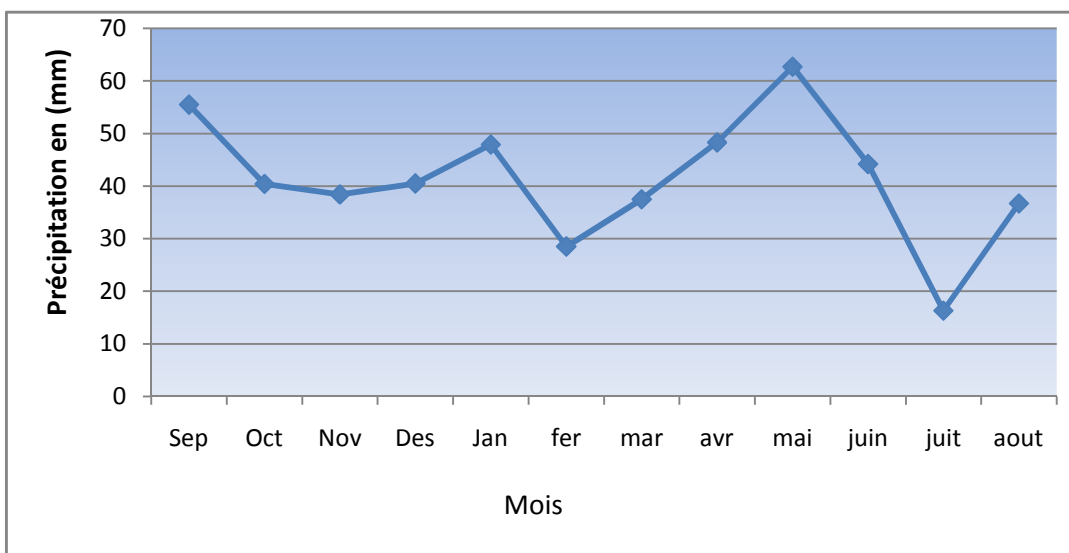


Figure 07 : Variation des précipitations moyennes mensuelles à la station d'Elhamma pour la période (1994-2011)

IV.4 Caractérisation Du Climat

La combinaison de deux principaux facteurs climatiques: la température et les précipitations permettent de déterminer les périodes sèches et humides ainsi que la localisation de l'étage bioclimatique bien définie d'une région donnée à l'aide d'indices ou de diagrammes. Ceux qui sont les plus couramment utilisés sont les suivants :

IV.4.1 Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen

Il permet de comparer mois par mois la température et la pluviosité. Les ordonnées sont choisies de telle sorte que 10 °C correspondent à 20 mm de pluie.

Une période de l'année est considérée comme sèche, lorsque la pluviosité, exprimée en mm, est inférieur ou égale au double de la température, exprimée en degrés Celsius.

L'analyse des températures et des précipitations permet de tracer le diagramme ombrothermique, suivant :

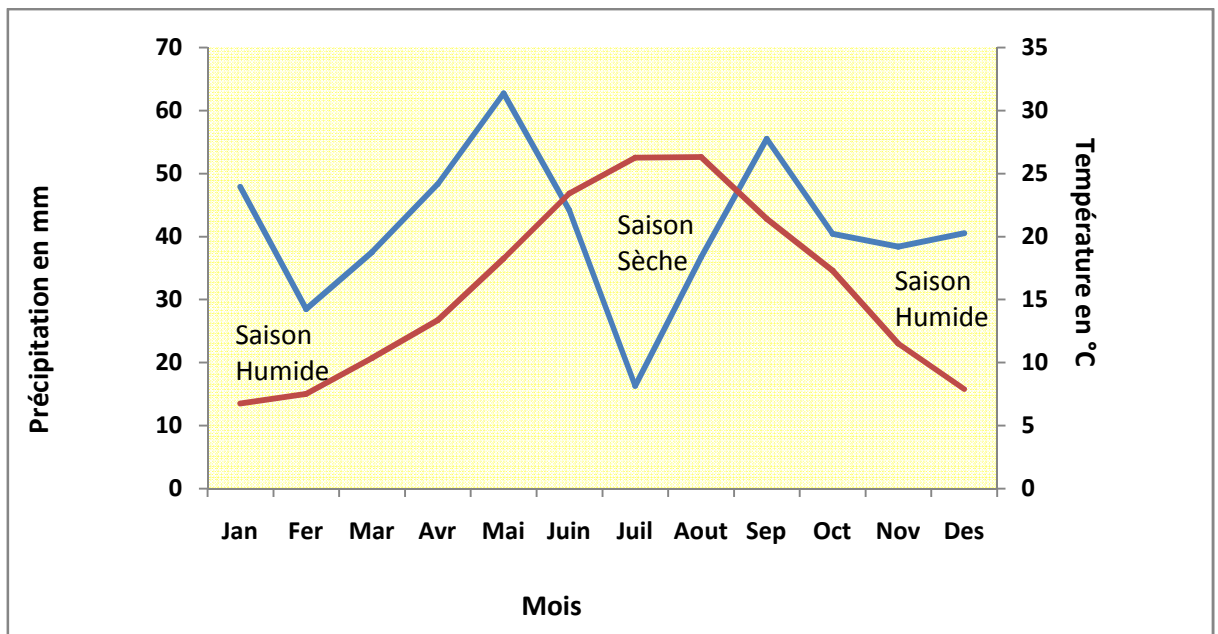


Figure 08 : Diagramme ombrothermique de la station d'Elhamma

Nous constatons que la saison sèche est formée par trois mois secs consécutifs. Le diagramme de Gaussen permet de mettre en évidence une saison sèche débutant au mois de Juin qui se termine au mois de Aout, et une saison Humide qui s'étale du mois de Septembre jusqu'au mois de Mai.

IV.4.2 Indice d'aridité

L'indice d'aridité est une valeur numérique sensée représente le degré de sécheresse du climat à un endroit donné, plusieurs méthodes de calcul ont été proposées.

IV.4.2.1 Indice de Demartonne

En 1926, Emmanuel de Demartonne élabore un système de classification des climats par une méthode statistique (GUASMI, 2009). Il utilisa un indice qui se base sur le régime des précipitations et des températures pour caractériser le climat d'une région. Il est calculé par la relation suivante :

$$I = \frac{P}{T + 10}$$

I : indice d'aridité annuelle.

P : précipitations moyennes annuelles en mm.

T : températures moyennes annuelles en °C

Suivant les valeurs de (I), de Demartonne a établi la classification suivante :

$I < 5$: climat hyperaride

$5 < I < 7,5$: climat désertique

$7,5 < I < 10$: climat steppique

$10 < I < 20$: climat semi-aride

$20 < I < 30$: climat tempéré.

$I > 30$: climat humide

Dans notre cas, la moyenne des précipitations interannuelles est : 499.77 mm. Alors que la température moyenne annuelle est de : 15.71 °C

Ce qui donne : $I = 19.44$

Nous avons trouvé que la valeur de (I) est comprise entre 10 et 20, ce qui permet de dire que la région d'étude soumise à un climat semi-aride.

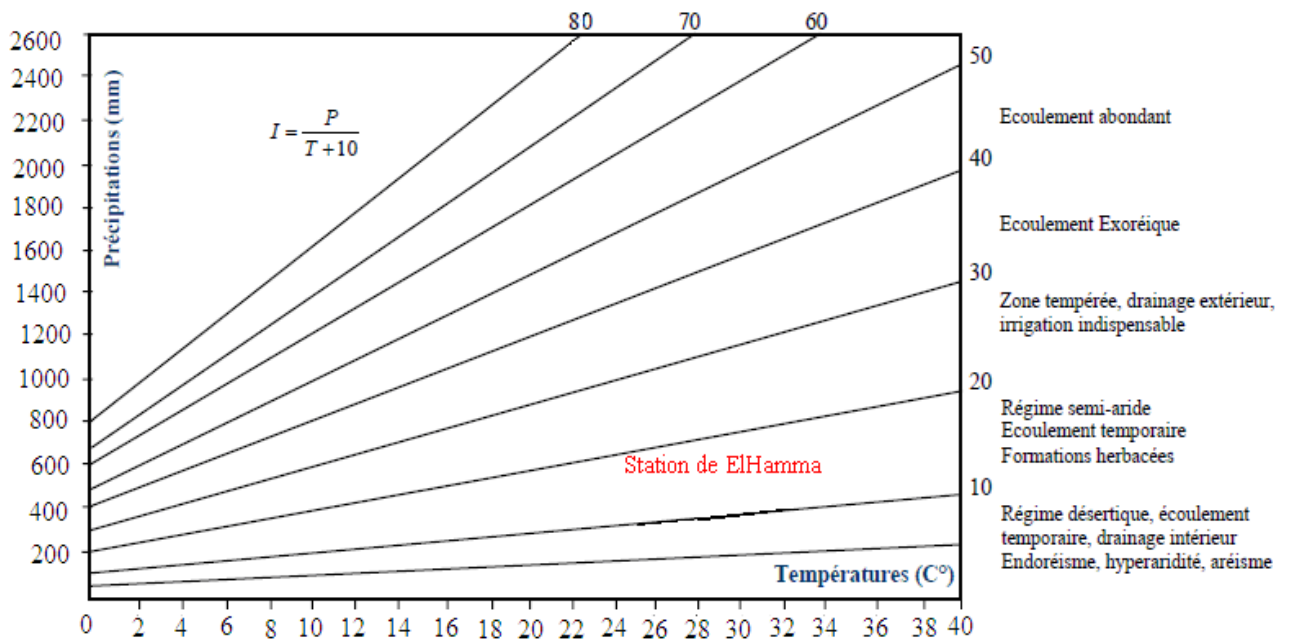


Figure 09 : Abaque de l'indice d'aridité annuel de Demartonne

IV.4.3 Le diagramme de L. Emberger

Pour caractériser le climat d'une région, L. Emberger a proposé la détermination d'un quotient pluviométrique Q_2 , qui dépend des précipitations moyennes annuelles et des moyennes de températures minimas et maximas, respectivement des mois le plus froid et le plus chaud. Il propose donc la formule suivante :

$$Q_2 = \frac{2000 P}{M^2 - m^2}$$

M: moyenne des maxima du mois le plus chaud en degré absolu (K°);

m: moyenne des minima du mois le plus froid en degré absolu (K°);

P: précipitation moyenne annuelle (mm)

Après le calcul, nous obtenons les résultats qui ont été reportés dans le tableau 09

Tableau 09 : La valeur du quotient pluviométrique d'Emberger à la station d'El Hamma (période 1994-2011)

Station	P (mm)	M		m		Q2
		°C	K	°C	K	
ElHamma	500	34.42	307.58	2.5	275.66	53.71

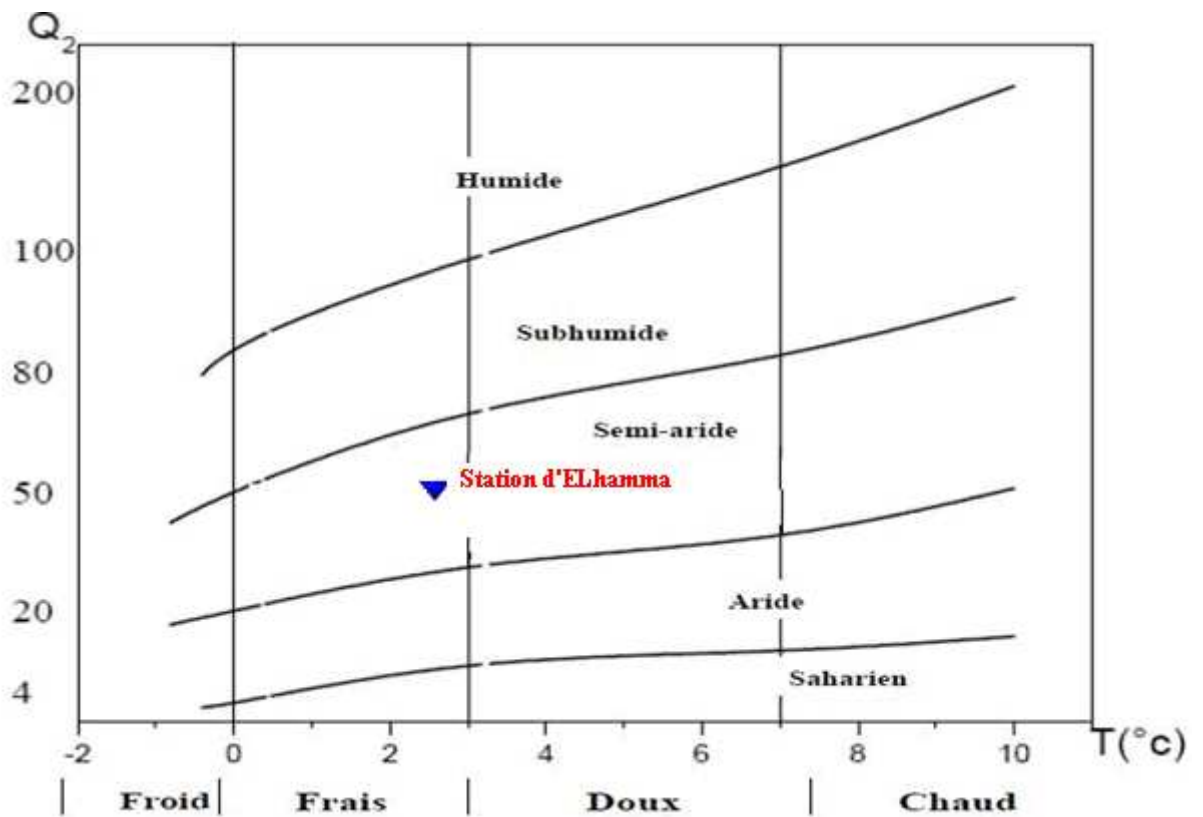


Figure 10 : Climagramme d'Emberger de la station ELHAMMA.

La représentation graphique sur le Climagramme d'Emberger montre que le climat à la station d'ElHamma est de type : semi-aride, cela est concordant avec l'indice de Martone.

IV.4.4 Le régime saisonnier

Murset en 1935 a défini la première notion du régime saisonnier, il a calculé la somme des précipitation par saison, prenant en considération que l'Automne est formé par les trois mois suivant : Septembre, Octobre, Novembre, et a effectué le classement des saisons par ordre de pluviosité décroissante, signalant chaque saisons par son initial (P : Printemps, H : Hiver, E : Eté, A : Automne).

Pour la station d'ElHamma on remarque que la saison la plus arrosée c'est le Printemps avec 29,93 % (149.62mm), puis le Automne avec 27.21% (136.02mm), l'hiver avec 23.4% (116.9mm) et en fin l'été avec 19.45% (97.23mm) donc nous avons un régime saisonnier de type PAHE.

Tableau 10 : Le régime pluviométrique saisonnier à la station d'ElHamma pour la période (1994/2011)

Station	Mois	Automne			Hiver			Printemps			Eté			Année	Type
		Sept	Oct.	Nov	Déc	Jan	Fèv	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aoû		
Oum-ElBouaghi	Précipitation														
	P mensuelle (mm)	55.95	41.64	38.43	40.48	47.9	28.52	38.63	48.33	62.66	44.16	16.32	36.75	499.77	PAHE
	P saisonnière (mm)	136.02			116.9			149.62			97.23			(mm)	
P saisonnière (%)	27.21			23.4			29.93			19.45			100%		

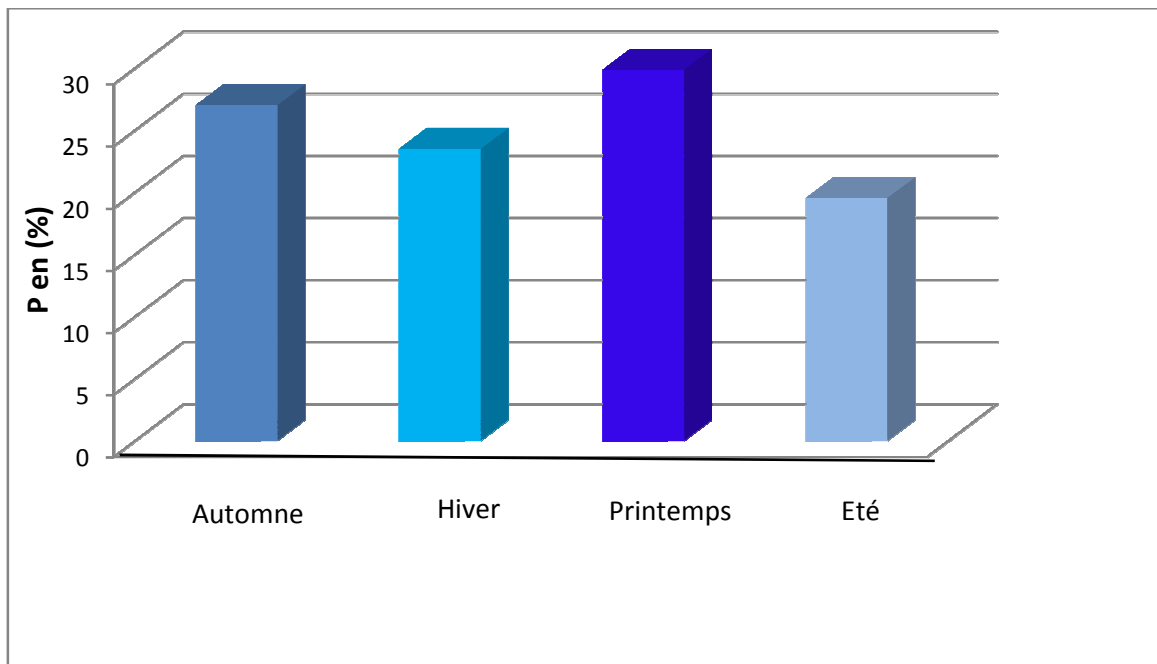


Figure 11 : Le régime pluviométrique saisonnier à la Station d'ElHamma pour la période (1994-2011)

IV.5 Estimation De L'évapotranspiration

Par définition, le terme évapotranspiration désigne la quantité d'eau rejetée dans l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau par évaporation directe à partir du sol et par transpiration des organes aériens des plantes (Jacob & al., 2002).

IV.5.1 ETP (Évapotranspiration potentielle)

Thornthwaite, en 1948 est le premier à introduire le concept d'évapotranspiration potentielle, dans un contexte de classification du climat : « Il y a une distinction entre le volume d'eau qui est effectivement évapotranspiré et celui qui pourrait être évapotranspiré, s'il était disponible. Lorsque la disponibilité en eau augmente, l'évapotranspiration atteint un maximum qui dépend uniquement du climat. C'est ce que nous pourrions appeler 'évapotranspiration potentielle', en distinction de l'évapotranspiration réelle » (Ludovic, 2004).

Pour estimer l'évapotranspiration potentielle l'agronome américain G.W. Thornthwaite proposa en 1948, une formule basée essentiellement sur les températures de l'air :

$$ETP = 16(10T/I)^a$$

ETP : évapotranspiration potentielle en (mm)

T : température moyenne du mois en (°C)

$$I = \sum i \quad \text{et} \quad i = (t/5)^{1,514} \quad a = (1,6 * I / 100) + 0,5$$

D'après notre calculs on trouve que : (I= 73.03 , a= 1.668)

Tableau 11 : Valeurs de l'ETP estimées par la formule de Thornthwaite

	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Total
T (C°)	21.32	15.96	11.16	7.62	6.73	7.49	10.37	13.33	18.31	23.16	26.71	26.16	188.32
ETP _{nc} (mm)	95.54	58.94	32.45	17.17	13.96	16.68	28.71	43.65	74.12	109.69	139.15	134.4	764.46
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	
ETP _c (mm)	98.40	57.17	27.90	14.42	12.14	14.17	29.57	47.57	89.68	132.72	171.15	155.90	

ETP_{nc} : ETP non corrigée ETP_c : ETP corrigée

IV.5.2 ETR (Évapotranspiration réelle)

Est le flux combiné de vapeur provenant du sol et des plantes, pour une teneur en eau du sol spécifique à un moment et pour une région (François & al., 2005)

Estimation de l'évapotranspiration réelle(ETR) :

Elle peut se faire à l'aide de la formule de L. Turc (1954) qui s'écrit de la manière suivante :

$$ETR = P / (0,9 + p^2/L^2)^{1/2} \quad \text{où :}$$

$$L = 300 + 25T + 0,05T^3$$

T : température moyenne annuelle de l'air en (°C),

P : précipitation moyenne annuelle en (mm)

Soit ETR = 453.01 mm

IV.6 Calcul Du Bilan Hydrologique Par La Methode De Thornthwaite

L'étude du bilan hydrologique permet de déterminer la répartition des eaux de précipitation entre les différents composants de ce bilan à savoir l'écoulement, l'infiltration et l'évapotranspiration, Elle est basée sur la notion de réserve d'eau facilement utilisable (RFU). la RFU de Kais est estimé à 25mm

L'application de la méthode de Thornthwaite pour l'année moyenne, l'année la plus humide et l'année la plus sèche a donné les résultats qui sont consignés dans les tableaux 11 à 12.

Tableau 12 : Bilan hydrologique moyen (1994/2011) à la station d'ElHamma, par la méthode de Thornthwaite

	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Total
P (mm)	55.95	41.64	38.43	40.48	47.9	28.52	38.63	48.33	62.66	44.16	16.32	36.75	499.77
T (C°)	21.32	15.96	11.16	7.62	6.73	7.49	10.37	13.33	18.31	23.16	26.71	26.16	188.32
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	
ETP (mm)	98.40	57.17	27.90	14.42	12.14	14.17	29.57	47.57	89.68	132.72	171.15	155.90	850.79
P-ETP	-42.45	-15.53	10.53	26.06	35.76	14.35	9.06	0.76	-27.02	-88.56	-154.83	119.15	
RFU25 (mm)	00	00	10.53	25	25	25	25	25	00	00	00	00	
ETR (mm)	55.95	41.64	27.9	14.42	12.14	14.17	29.57	47.57	87.66	44.16	16.32	36.75	428.25
EX (mm)	00	00	00	11.59	35.76	14.35	9.06	0.76	00	00	00	00	
DA (mm)	42.45	15.53	00	00	00	00	00	00	2.02	88.56	154.84	119.15	422.55

IV.6.1 Interprétation du bilan hydrologique

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 d'octobre, avec des valeurs atteignant les 171.15 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 novembre 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'infiltre et rejoint la zone saturée. Au-delà de cette période, la réserve commence à diminuer jusqu'à l'épuisement du stock.

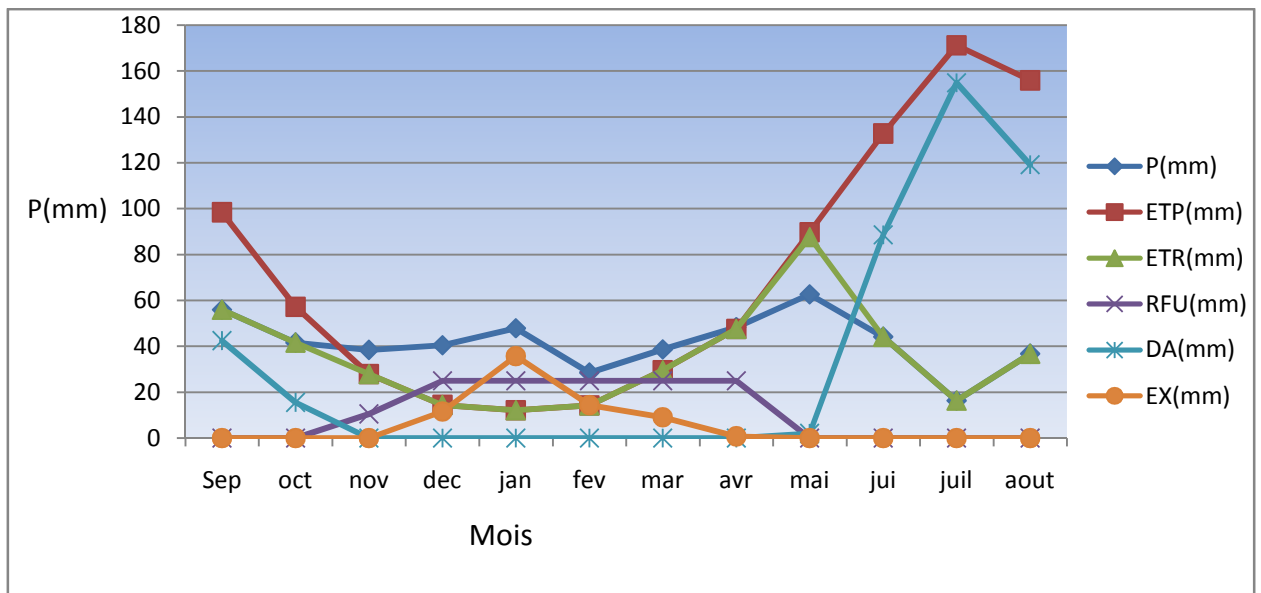


Figure 12 : Bilan hydrologique moyen (1994-2011) à la station ElHamma , par la méthode de Thornthwaite

IV.7 Ruissellement R (mm)

L'eau précipitée peut ruisseler directement, si l'intensité de la pluie est supérieure à la vitesse d'infiltration de sol. il est calculé par la formule suivante :

$$R = \frac{P^3}{3(ET.P)^2}$$

Avec :

R : Ruissellement (mm).

P : Précipitations moyennes mensuelles (mm).

ETP : Evapotranspiration potentielle (mm).

L'application numérique donne

$$R = 57.46 \text{ mm}$$

IV.8 L'infiltration I (mm)

C'est la migration de l'eau de précipitation à travers la porosité de sol vers les nappes souterraines, il est calculé par la formule suivante :

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

I : infiltration (mm)

P : Précipitations moyennes mensuelles (mm).

R : Ruissellement (mm).

ETR: Evapotranspiration (mm).

$$I = 14.06 \text{ mm}$$

Tableau 13: Répartition des précipitations à la station d'ElHamma

Précipitation (P)		Evapotranspiration réelle (ETR)		Ruissellement (R)		Infiltration (I)	
(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)
499.77	100,00	428.25	85.68	57.46	11.49	14.06	2.81

IV.9 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 18 ans (94–2011), sont estimées à 499,77 mm, leurs répartitions mensuelles montrent deux grandes saisons bien distinctes, la première est humide, qui s'étend du mois de Septembre à Mai, soit de 80.54 % de la pluviométrie annuelle. La deuxième est sèche, qui s'étale sur les mois de Juin et Aout, avec seulement 19.46 % de la pluviométrie annuelle. L'évapotranspiration réelle est estimée à 428,25 mm, mobilisant 85,68 % des précipitations.

Les températures moyennes mensuelles varient entre 6.73 °C et 26.71 °C, avec une moyenne annuelle de 16,72 °C. Le mois de juillet étant le plus chaud, et janvier le plus froid. Près de 54.04% de l'ETP est enregistrée durant les trois mois de l'été. Le ruissellement ne représente que 11,49 % des précipitations, ce qui représente 57,46 mm.

L'infiltration est estimée à 2.81 %. Ce qui permet de percoler 14,06 mm. Cette dernière contribue à l'alimentation des nappes souterraines à partir de la surface.

Le déficit agricole estimé est de 422.55 mm étalé sur la période allant de mai jusqu'à octobre. 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.

Conclusion générale :

L'étude géologique du bassin de Foum El Gueiss a montré que les formations carbonatées sont d'âge Crétacé. Les formations d'âge Mio-Plio-Quaternaire occupent la totalité du bassin, le bassin possède un réseau hydrographique développé où les principaux oueds alimentent le bassin comme oued Foum El Gueiss et oued Isswel

Le climat qui règne dans notre région d'étude est semi-aride, il est caractérisé par un hiver froid et printemps pluvieux et un été chaud et sec, avec des précipitations moyennes annuelles, sur une période de 18 ans (1994 – 2011), estimées à 499.77 mm la température moyenne interannuelle est de 16.96°C, le ruissellement ne représente que 11,49 % des précipitations, ce qui représente 57,46 mm, l'infiltration est estimée à 2.81 %. Ce qui permet de percoler 14.06 mm, cette dernière contribue à l'alimentation des nappes souterraines à partir de la surface, les valeurs les plus importantes de la perméabilité se localisent aux les formations quaternaires, leur extension est surtout dans les montagnes de Kouanana et l'Aurès du bassin versant

L'étude hydrochimique montre que le faciès change selon les mois de l'année, le faciès dominant est Sulfaté-calcique avec 75 % pendant les mois (Septembre, Octobre, Décembre, Janvier, Février, Mars) suivi du bicarbonaté-calcique avec 25 % pendant les deux mois (Novembre, Avril), la répartition temporaire des éléments chimiques a confirmé que l'origine de ces faciès est fortement liée à la nature lithologique de la région, les classifications de Richards et celle de Wilcox ont montré que les eaux de bassin conviennent à l'irrigation car elles présentent des conductivités à la norme de l'OMS

La matière organique appauvrit le milieu naturel en oxygène avec la connaissance des indicateurs de la pollution organique DBO5 .Phosphate (eutrophisation) nitrate toute fois.....on estime le degré autoépuration, l'oxygène dissous est donc un paramètre utile dans le diagnostic biologique du milieu de l'eau ce paramètre assure à travers de multiplication de réaction chimique et biochimique, la mesure des paramètres physique et chimique de l'eau indiquent qu'il une qualité bonne dans la majorité des mois, et la dégradation des polluants organiques se détermine de façon acceptable .

Liste Des References

- ABDELLI H., AZZOUN S., BOULAHIA M., (1991) :** Contribution à l'évaluation des ressources en eau dans Le bassin versant de l'oued Saf-Saf, Mémoire d'ingénieur d'université d'Annaba ,117page.
- ANRH.,(2012) :** Les analyses Hydrochimiques de barrage Foum El Gueiss Kais 2011
- BELLOLA M., (2008) :** Modélisation des écoulements et perspectives de prévention contre les risques d'inondation dans quelques bassins de la Medjerda (Confins Algéro-Tunisiens), Mémoire de Magister Université El Hadj Lakhdar Batna. 168 P.
- 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.72 p.
- Boudabouze S., et Kadri N., (2008) :** Le lagunage naturel et son impact sur l'environnement, Cas d'Oued Boughaguel, Mémoire d'ingénieur d'université Abbes Laghrour Khenchela. 79 p.
- CHEDDAD S., (2009) :** Apport de l'étude hydrogéologique dans l'étude et le traitement des glissements de terrains Cas du site de Bougaa, Algérie Nord orientale, Mémoire de Magister d'Université Mentouri de Constantine. 130 P.
- CF., (2011) :** Conservation des forêts de la Wilaya de Khenchela, cartes de la Wilaya de Khenchela, service des statistique et cartographique.
- DJEMMAL S., (2009) :** L'effet de la sebkha sur la qualité des eaux souterraines dans la partie sud-est de Sétif cas du guidjal, Mémoire de Magister d'université Mentouri-constantine.150 P.

- DIB I., (2009) :** L'impact de l'activité agricole et urbaine sur la qualité des eaux Souterraines de la plaine de Gadaine - Ain Yaghout (est algérien), Mémoire de Magister d'université hadj lakhdar Batna.108 P.
- DPAT., (2011) :** Direction de la planification et l'aménagement du territoire de la Wilaya de Khenchela, service de statistique.
- ETHMANA M., (2006) :** Etude des ressources thermales de l'ensemble allochtone Sud-Sétifien, Mémoire de Magister d'université Hadj Lakhdar Batna.125 P.
- François A., Jean R ., Nicolas L., (2005) :** Hydrologie (cheminement de l'eau), Presses internationales polytechniques, Hydrologie. p 103.
- FT.,(2005) :** Fiche technique du barrage Foum El Gueiss, Caractérisations du barrage
- Gaagai aissam (2009) :** Etude hydrologique et hydrochimique du bassin versant de babar sur ouad el aareb region d'est d'algerie p84
- Jacob F., Oliso A., Gu X,F., Su Z, & Seguin B., (2002):** Mapping surface fluxes using airborne visible, near infrared, thermal infrared remote sensing data and a spatialized surface energy balance model, Agronomy, n°22, pp 669-680.
- Jean rodier et all ;(2005)** Dunod.8° edition :L'Analyse de l'eau eaux naturelle eaux résiduaires eau de mer chemi physico-chemie.microbiologie.biologie.interpretation des resultants p 564-709.710.713
- Jensen H. S., Andersen F. Q., (1992):** Importance of temperature, nitrate and ph for phosphate release from aerobic sediments of four shallow euophic lakes, Oceanogr,
- Harrat N,Achour S .**Larhyss Journal ISSN1112-3680.n°08.Juin2010 pp47-54 pollution physco-chimi de barrage de la region D.el tarref impact sur la chloration p48p

Guasmi I., (2009) : Pollution des eaux et pouvoir auto-épurateur de l'oued Medjerda (nord-est Algérien), Thèse de Doctorat d'Université Badji Mokhtar-Annaba, 205 P.

Khabthane H., (2010) : Contribution à l'étude du comportement écophysologique du genre Tamarix dans différents biotopes des zones arides de la région de Khenchela, Mémoire Magister, Université de Constantine. 152 p.

MEBARKI A., (2005) : Hydrologie des bassins de l'est algérien ressources en eau, aménagement et environnement, Thèse de doctorat d'université Mentouri de constantine. 332 P.

MEHEMI F., (2009) : Essai de modélisation de l'écoulement et risques d'inondation dans le piémont nord-est des Aurès approche geosystemique, Mémoire de Magister d'université el hadj lakhdar Batna.185 P

MEKAOUI S., SAMRI H., (2009) : L'impact des rejets de l'unité de baryte d'Ain Mimoun sur le bassin versant de Foum EL Guiss, Mémoire d'ingénieur d'université El Hadj Lakhdar Batna.72 P

Merrabet souad.(2010) Evaluation de qualité physico- chimique des eaux bruteset dustribuees du barrage resorvoir de beni harroun Mémoire Magister 12-14p

Noemi d'Ozouville., (2002) : Contribution a l'étude hydro-geochimique du bassin versant de Kaluvelly, Sud-Est de l'inde, Hydrologie, Hydrogéologie, Géostatistique et Géochimie, Université pierre et marie curie, Université paris-sud, Ecole des mines de paris & Ecole nationale du Génie rural des eaux et des forets. 52 p.

Schuling R. D., (1988): Introduction to geochemistry, Dept, Of geochemistry Utrecht university, The Netherlands.

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

Tabet S., (2008) : Le changement climatique en Algérie orientale et ses conséquences sur la végétation forestière, Mémoire de Magister Université Mentouri Constantine. 132 P.

الملخص

ويعتبر حوض فم الويس في الشمال الشرقي الجزائري هذا الحوض مزود حاليا بمصادر مياه جوفية وكذا سطحية في هذه السنوات الأخيرة أغلب استعمالات مياه هذا السد تستغل في السوي

الغاية من هذا البحث هو دراسة التأثير الظرفي للعوامل المناخية والبيولوجية على النوعية الكيميائية والفيزيائية لمياه هذا السد ومدى المساهمة في التلوث العضوي

يتميز حوض فم الويس جيولوجيا من الطي الرملي الحصى مع بعض الطوات الصلصالية المتوزعة داخل الحوض المنطوة المدروسة يسودها مناخ شبه جاف يتميز بربيع ممطر وصيف حار وجاف

نوعية المياه موبولة حسب معايير المنظمة العالمية للصحة في اغلب الأشهر نتيجة لضعف ملوحتها من جهة و نوعية الصخور وكذا العوامل مناخية (درجة الحرارة والتساقط) من جهة أخرى

دراسة الوسائط المتعلبة بالملوثات العضوية تبين أن المادة العضوية تستنزف الوسط الطبيعي من الأكسجين وكذا هدم المادة العضوية يتم بطروية موبولة, زيادة الفوسفات في مياه السد خلال الفترة الصيفية تشارك مباشرة في ظاهرة التخثث التي تفسر بارتفاع تركيز الأكسجين المنحل في الماء خلال نفس الفترة , الذي يشكل خطر على نوعية مياه السد على المدى البعيد

الكلمات المفتاحية : الحوض , مصادر المياه , العوامل مناخية , التخثث , التلوث العضوي , النوعية الكيميائية

RESUME

Le bassin versant de Foug El Gueiss se situe à Nord-Est d'Algérie, Ce bassin possède actuellement des ressources hydrique souterraines et superficielles, Ces dernières années l'utilisation des eaux du barrage de Foug El Gueiss sont beaucoup plus pour l'irrigation

L'objectif de ce travail de recherche est l'étude de l'influence temporaire des paramètres climatologiques et biologique sur la qualité physico-chimique des eaux avec la contribution de la pollution organique dans le barrage

Les formations d'âge quaternaire se répartissent en totalité dans le bassin versant avec la présence des alluvions récentes constituent par des sables, des graviers et des limons gris

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

La qualité chimique de l'eau est acceptable selon les normes de l'OMS dans la majorité des mois résultant d'une faible salinité influencé par la lithologie de la région et les facteurs climatiques (Précipitations et Températures)

L'étude des paramètres de la pollution organique montre que la matière organique appauvrir le milieu naturel en oxygène et la dégradation des polluants organiques se détermine de façon acceptable, L'excès de phosphate dans les eaux du barrage pendant la période estivale participe directement dans le phénomène d'eutrophisation ce qui explique les concentrations élevé en oxygène dissout pendant la même période, ceci représentent un danger sur la qualité des eaux du barrage sur un long terme.

Mots clés : Bassin versant, Ressources hydrique, Facteurs climatiques, Eutrophisation

Pollution organique, Qualité chimique

RESUME

Le bassin versant de Foug El Gueiss se situe à Nord-Est d'Algérie, Ce bassin possède actuellement des ressources hydrique souterraines et superficielles, Ces dernières années l'utilisation des eaux du barrage de Foug El Gueiss sont beaucoup plus pour l'irrigation

L'objectif de ce travail de recherche est l'étude de l'influence temporaire des paramètres climatologiques et biologique sur la qualité physico-chimique des eaux avec la contribution de la pollution organique dans le barrage

Les formations d'âge quaternaire se répartissent en totalité dans le bassin versant avec la présence des alluvions récentes constituent par des sables, des graviers et des limons gris

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

La qualité chimique de l'eau est acceptable selon les normes de l'OMS dans la majorité des mois résultant d'une faible salinité influencé par la lithologie de la région et les facteurs climatiques (Précipitations et Températures)

L'étude des paramètres de la pollution organique montre que la matière organique appauvrir le milieu naturel en oxygène et la dégradation des polluants organiques se détermine de façon acceptable, L'excès de phosphate dans les eaux du barrage pendant la période estivale participe directement dans le phénomène d'eutrophisation ce qui explique les concentrations élevé en oxygène dissout pendant la même période, ceci représentent un danger sur la qualité des eaux du barrage sur un long terme.

Mots clés : Bassin versant, Ressources hydrique, Facteurs climatiques, Eutrophisation Pollution organique, Qualité chimique

الملخص

يقع حوض فم القيس في الشمال الشرقي الجزائري هذا الحوض مزود حاليا بمصادر مياه جوفية وكذا سطحية في هذه السنوات الأخيرة أغلب استعمالات مياه هذا السد تستغل في السقي الغاية من هذا البحث هو دراسة التأثير الظرفي للعوامل المناخية والبيولوجية على النوعية الكيميائية والفيزيائية لمياه هذا السد ومدى المساهمة في التلوث العضوي يتميز حوض فم القيس جيولوجيا من الطي الرملي الحصى مع بعض الطبقات الصلصالية المتوزعة داخل الحوض المنطقة المدروسة يسودها مناخ شبه جاف يتميز بربيع ممطر وصيف حار وجاف نوعية المياه مقبولة حسب معايير المنظمة العالمية للصحة في اغلب الأشهر نتيجة لضعف ملوحتها من جهة و نوعية الصخور وكذا العوامل مناخية (درجة الحرارة والتساقط) من جهة أخرى دراسة الوسائط المتعلقة بالملوثات العضوية تبين أن المادة العضوية تستنزف الوسط الطبيعي من الأكسجين وكذا هدم المادة العضوية يتم بطريقة مقبولة, زيادة الفوسفات في مياه السد خلال الفترة الصيفية تشارك مباشرة في ظاهرة التخثث التي تفسر بارتفاع تركيز الأكسجين المنحل في الماء خلال نفس الفترة , الذي يشكل خطر على نوعية مياه السد على المدى البعيد

الكلمات المفتاحية : الحوض , مصادر المياه , العوامل مناخية , التخثث , التلوث العضوي , النوعية الكيميائية