



**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE**



**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

Faculté Des Sciences De La Nature Et De La Vie

Université Abbes Laghror –Khenchela-

Département de l'écologie et environnement

MEMOIRE

Presenté pour l'obtention du diplôme du master aquadémique en écologie

Option : Génie d'environnement

THEME

**Contribution à l'étude de la qualité et l'envasement des
eaux du barrage de Foum El Gueiss.
(W. de Khenchela, Nord – Est Algérien)**

Présenté Par : M^{elle} BOUZIANE Nora

DEVANT LE JURY :

Présidente : M^{me}. HAMLII.

M.A.A.Université Abbes Laghror –Khenchela-

M.A.A. Université Abbes Laghror –Khenchela- Examinatrice: M^{elle}.ABEBSA.N

Directrice du mémoire : M^{elle} HALIMI .S M.A.A université Abbes Laghror –Khenchela -

Année : 2011 /2012

REMERCIEMENTS

Au tout puissant Allâh

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

Au Prophète Mouhammad

Que les bénédictions et la paix de Dieu soient sur toi. Nous te témoignons nos Respects et Respects et notre gratitude » pour tout ce que tu as fait pour le bien de l'humanité.

A MON ENCADREUR L'ENSEIGNANTE MADEMOISELLE HALIMI

Ce travail est l'aboutissement d'énormes efforts et de sacrifices consentis par vous

Je vous mettrai au-dessus de toutes mes préoccupations.

AUX MEMBRES DU JURY :

L'enseignante ABEBSA.N

L'enseignante HAMLII.

Chères enseignantes, C'est un insigne honneur que vous nous faites en acceptant de présider ce jury. Nous avons toujours été défiés et encouragés par votre lutte pour la cause des études et de la profession biologique. Nous vous remercions pour votre disponibilité. Vos critiques et suggestions ne feront qu'améliorer la qualité de ce travail.

Nous vous prions de trouver ici chères enseignantes, l'expression de notre reconnaissance et notre profond respect.

DEDICACES

A mon père

Vous avez fait d'énormes sacrifices pour vos enfants, et vous n'avez cessé de nous prodiguer des conseils pour le droit chemin. Que votre simplicité et votre respect pour les autres me servent d'exemples.

A ma mère

Vous avez guidé mes pas, veillé sur moi et vous m'avez toujours entouré de cette tendresse que seules les mères sont capables d'offrir. Je vous demande pardon et votre bénédiction nuits et jours. Je ne trouverai pas le mot ici pour vous exprimer mes sentiments.

A mon frère et mes sœurs

Votre soutien sans réserve et vos encouragements m'ont permis d'affronter beaucoup d'épreuves. Ce travail est le votre. A vous.

A VOUS TOUS

A mes camarades de promotion, pour tout ce que nous avons partagé, échangé ensemble durant ces cinq petites années. Que Dieu nous réserve de très belles surprises dans notre vie.

A MES AMI(ES)

Pour votre sympathie, et votre solidarité. Je n'oublierai jamais votre constante disponibilité.

A TOUTE MA FAMILLE

A vous tous qui avez parfois subi mon caractère impétueux et mes écarts d'humeur, j'adresse mes plus sincères excuses.

A MON ANCLE (رحمه الله)

A vous cher ancle, tu reste toujours dans mon cœur parce que tu étais un ami qui me donne les conseils et qui me guide durant tout le trajet de mes études.

SOMMAIRE

<i>Introduction générale</i>	1
------------------------------------	---

Chapitre I: Généralités sur les eaux de surface et les ressources hydriques en Algérie

<i>Introduction</i>	3
<i>I.1. Le cycle d'eau</i>	3
<i>I.2. Généralités sur les eaux de surface</i>	4
<i>I.2.1. Origine</i>	5
<i>I.2.2. Caractéristiques générales</i>	5
<i>I.2.3. Quelques paramètres</i>	6
<i>I.2.4. Potabilité des eaux de surface</i>	7
<i>I.2.5. Qualité</i>	7
<i>I.2.5.1. Qualité physique et chimique</i>	7
<i>I.2.5.2. Qualité bactériologique</i>	8
<i>I.2.6. Caractéristiques d'une eau potable</i>	8
<i>I.2.7. Caractéristiques organoleptiques</i>	9
<i>I.2.7.1. La couleur</i>	9
<i>I.2.7.2. Goût et odeur</i>	9
<i>I.2.7.2.1. Définitions</i>	10
<i>I.2.7.2.2. Principaux types avec exemples</i>	11
<i>I.2.7.3. Température</i>	12
<i>I.2.7.4. Turbidité</i>	12
<i>I.2.8. Caractéristiques minérales des eaux</i>	13
<i>I.2.8.1. Dureté</i>	13
<i>I.2.8.1.1. Différents types de la dureté</i>	13
<i>I.2.8.2. PH</i>	13
<i>I.2.8.3. Acidité</i>	14
<i>I.2.8.4. Conductivité</i>	14
<i>I.2.8.5. Alcalinité</i>	14
<i>I.2.8.6. Oxygène dissous</i>	15
<i>I.2.8.7. Sodium et potassium</i>	15

I.2.8.8 .Chlorures et sulfates.....	15
I.2.9. Eléments minéraux indicateurs de pollution.....	16
I.2.9.1. Azote ammoniacal.....	16
I.2.9.2. Nitrites et nitrates.....	16
I.2.9.3. Phosphates.....	17
I.2.10. Eléments indésirables.....	17
I.2.10.1. Aluminium.....	17
I.2.10.2. Fer ferreux.....	17
I.2.10.3. Cuivre	18
I.2.10.4. Le manganèse.....	18
I.2.10.5. Zinc.....	18
I.2.11. Eléments toxiques.....	18
I.2.11.1. Le plomb.....	18
I.2.11.2. L'arsenic.....	19
I.2.11.3. Le chrome.....	19
I.2.12. Caractéristiques organiques.....	20
I.2.12.1. Mesure de la charge organique d'une eau de surface	20
I.2.12.1.1. Demande biochimique d'oxygène.....	20
I.2.12.1.2. Demande chimique en oxygène.....	21
I.2.12.1.3. Oxydabilité au permanganate de potassium.....	21
I.2.12.1.4. Carbone organique total	21
I.2.12.1.5. Absorbance en ultra violet.....	22
I.2.12.2 .Principales catégories de matières organiques.....	22
I.2.13. Caractéristiques biologiques.....	22
I.2.13.1. Les bactéries.....	23
I.2.13.2. Les virus.....	23
I.2.13.3. Plancton.....	23
I.2.13.4. Champignons.....	23
I.2.14. Aspects toxicologiques et normes relatives à la qualité des eaux naturelles.....	23
I.3. Qualité physico-chimique des eaux de surface algériennes.....	24
I.3.1. Principales ressources hydriques superficielles en Algérie.....	28

<i>I.3.1.1 Données de base sur les ressources en eau</i>	28
<i>I.3.1.2 Bassins hydrographiques</i>	30
<i>I.3.1.2.1. Les ressources en eau de surface</i>	30

Chapitre II: Portrait du bassin versant de Foum El Gueiss

<i>II. Portrait du bassin versant de Foum El Gueiss</i>	34
<i>II.1. Présentation du barrage de Foum El Gueiss</i>	34
<i>II.1.1. Situation géographique et technique du barrage</i>	34
<i>II.1.2. Historique</i>	35
<i>II.1.3. Caractéristiques</i>	35
<i>II.1.4. Géologie de la zone d'étude</i>	37
<i>II.1.4.1. Note de géologie portant sur l'évacuateur</i>	37
<i>II.1.4.1.1. Objet de la note</i>	37
<i>II.1.4.2. Conditions géologiques</i>	38
<i>II.2. Morphométrie du bassin versant de Foum El Gueiss</i>	39
<i>II.2. 1. Indice de compacité</i>	39
<i>II.2. 2. Courbe hypsométrique</i>	40
<i>II.2.3. Indice de pente</i>	42
<i>II.2.4. Temps de concentration</i>	44
<i>II.3. Réseau hydrographique</i>	44
<i>II.4. Perméabilité</i>	45

Chapitre III: Etude hydro climatologique du bassin de Foum El Gueiss

<i>Introduction</i>	47
<i>III.1 Equipement</i>	47
<i>III.2 Etude des facteurs climatiques</i>	48
<i>III.2.1 Pluviométrie</i>	48
<i>III.2.2 Données sur d'autres précipitations</i>	50
<i>III.2.3 Température</i>	51
<i>III.3 Diagramme Ombrothermique</i>	53
<i>III.4 Indice climatique</i>	54
<i>III.5 Bilan d'eau selon la méthode de Thornthwaite</i>	54

Chapitre IV : Qualité physico-chimique des eaux de barrage de Foum El Gueiss

<i>Introduction</i>	58
<i>IV.1. Température</i>	58
<i>IV.2. PH</i>	59
<i>IV.3. Conductivité</i>	60
<i>IV.4. Turbidité</i>	61
<i>IV.5. Alcalinité</i>	61
<i>IV.6. Chlorures et sulfates</i>	62
<i>IV.7. Phosphates</i>	63
<i>IV.8. Les Nitrate</i>	64
<i>IV.9. Les Nitrites</i>	65
<i>IV.10. Sodium et Potassium</i>	66
<i>IV.11. Fer et manganèse</i>	67
<i>IV.12. Ammoniaque</i>	69
<i>IV.13. Matière en suspension</i>	69
<i>IV.14. Cuivre</i>	70
<i>IV.15. Cadmium</i>	71
<i>IV.16. Matières organiques</i>	72
<i>IV.17. O2 Dissous</i>	73
<i>IV.18. Demande biologique en oxygène</i>	73
<i>IV.19. Demande chimique en oxygène</i>	74
<i>IV.20. Plomb</i>	75

Chapitre V: L'envasement des eaux du barrage de Foum El Gueiss

<i>Introduction</i>	77
<i>V.1. Envasement des barrages en Algérie (des capacités de stockage amoindries)</i>	77
<i>V.2. Evolution dans le temps de l'envasement dans la retenue du barrage</i>	78
<i>V.3. Relations saisonnières: débit liquide-débit solide</i>	79
<i>V.3.1 Transport solide en suspension dans le bassin de Foum-El-Gueiss</i>	80
<i>V.3.2. Evaluation du transport solide en suspension</i>	80
<i>V.3.2.1. Les formules empiriques</i>	80
<i>V.3.2.2. Formule de TIXERONT</i>	80

<i>V.3.3. Traitement saisonnier</i>	81
<i>Conclusion générale</i>	85
<i>Références bibliographiques</i>	

LISTE DES FIGURES

Chapitre I:

Fig n°01 : Le cycle de l'eau dans un bassin versant.....	04
Fig n° 02: Localisation géographique des barrages (Nord-Est Algérien).....	31

Chapitre II:

Fig. n°03: Carte de mobilisation de la ressource en eau à la wilaya de Khenchela.....	34
Fig. n° 04: Fig. n° 04: Barrage de Foug El Gueiss.....	35
Fig. n° 05: Fig. n° 05: Barrage de Foug El Gueiss.....	36
Fig. n° 06: Schéma structural simplifié du piémont Nord Est des Aurès.....	39
Fig. n° 07: Courbe hypsométrique du bassin versant de Foug El Gueiss.....	41
Fig. n° 08: Carte hypsométrique du bassin versant de Foug El Gueiss.....	42
Fig. n° 09: Carte des pentes du bassin versant de Foug El Gueiss.....	43
Fig. n° 10: Réseau hydrographique du bassin versant de Foug El Gueiss.....	45
Fig. n°11: Carte de perméabilité du bassin versant de Foug El Gueiss.....	46

Chapitre III:

Fig n° 12: Variation des précipitations mensuelle à la station de Khenchela (1995/2009)....	49
Fig n° 13: Variation des précipitations annuelles de la station de Khenchela (1995/2009)....	49
Fig n° 14: Variation du coefficient pluviométrique de la station de Khenchela de (1995/2009).....	50
Fig n°15: Variation des températures moyennes annuelles à la station de Khenchela (1995/2009).....	52
Fig n°16: Variation des températures moyennes mensuelles à la station de Khenchela (1995/2009).....	53
Fig n°17: Diagramme Ombrothermique de Khenchela (1995/2009).....	53
Fig n°18: Représentation graphique du bilan d'eau de Thornthwaite de la station de Khenchela (1995-2009).....	57

Chapitre VI

Fig n° 19: Histogramme de la variation des valeurs de la température dans les eaux du barrage Foug El Gueiss. (2011/2012).....	59
---	----

Fig n° 20: Histogramme de la variation des valeurs du PH du dans les eaux barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).....	60
Fig n° 21: Histogramme de la variation des valeurs de la conductivité dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).....	60
Fig n° 22: Histogramme de la variation des valeurs de la turbidité dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).....	61
Fig n° 23: Histogramme de la variation des valeurs de l'alcalinité dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).....	62
Fig n° 24: Histogramme de la variation des valeurs du chlorure du dans les eaux barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).....	63
Fig n° 25: Histogramme de la variation des valeurs des Sulfates dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).....	63
Fig n° 26: Histogramme de la variation des valeurs des Phosphates dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).....	64
Fig n° 27: Histogramme de la variation des valeurs des Nitrates dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).....	65
Fig n° 28: Histogramme de la variation des valeurs des Nitrites dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).....	66
Fig n° 29: Histogramme de la variation des valeurs du Sodium dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).....	67
Fig n° 30: Histogramme de la variation des valeurs du Potassium dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).....	67
Fig n° 31: Histogramme de la variation des valeurs du Fer dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).....	68
Fig n° 32: Histogramme de la variation des valeurs du Manganèse dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).....	68
Fig n° 33: Histogramme de la variation des valeurs d'Ammoniaque dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).....	69
Fig n° 34: Histogramme de la variation des valeurs des matières en suspension dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).....	70
Fig n° 35: Histogramme de la variation des valeurs du Cuivre dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).....	71
Fig n° 36: Histogramme de la variation des valeurs du Cadmium dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).....	72
Fig n° 37: Histogramme de la variation des valeurs des matières organiques dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).....	72
Fig n° 38: Histogramme de la variation des valeurs d'O ₂ dissout dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (1011/2012).....	73

Fig n° 39: Histogramme de la variation des valeurs du DBO ₅ dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).....	74
Fig n° 40: Histogramme de la variation des valeurs du DCO dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).....	75
Fig n° 41: Histogramme de la variation des valeurs du Plomb dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).....	76

Chapitre V

Fig.n° 42 : Eutrophisation des eaux du barrage de Foum El Gueiss.....	78
Fig.n° 43 : Envasement du barrage de Foum El Gueiss.....	78
Fig n°44: modèle reliant les débits solides aux débits liquides en Automne.....	82
Fig n°45: Modèle reliant les débits solides aux débits liquide en hiver.....	83
Fig n° 46 : Modèle reliant les débits solides aux débits liquides au printemps.....	83
Fig n° 47: Modèle reliant les débits solides aux débits liquides en été.....	84

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre I

Tab n°01 : Principaux types de goût.....	10
Tab n°02: Principaux types d'odeurs.....	11
Tab n°03: Valeurs guides de l'agence nationale des ressources hydrauliques.....	25
Tab n°04 : Limite de qualité des eaux destinées à la consommation humaine.....	26
Tab n°05: Répartition spatiale des eaux de surface.....	30
Tab n°06: Ressources en eaux mobilisées en Algérie.....	33

Chapitre II

Tab n°07: principales caractéristiques du barrage de Foum El Gueiss.....	36
Tab n°08: Répartition altimétrique du bassin versant de Foum El Gueiss.....	40
Tab n°09: Indices de pente du bassin versant de Foum El Gueiss.....	43
Tab n°10: Estimation du temps de concentration du bassin versant de Foum El Gueiss.....	44

Chapitre III

Tab n°11: Caractéristiques de la station pluviométrique retenue dans l'analyse des données pluviométriques (1995/2009).....	47
Tab n°12: Données pluviométriques enregistrées au niveau de la station de Khenchela (1995/2009).....	48
Tab n°13: Moyenne annuelle de la neige (1995/2009).....	50
Tab n°14: Nombre moyen de jours d'orage (1995/2009).....	51
Tab n°15: Nombre moyen de jours de grêle (1995/2209).....	51

Tab n°16: Températures moyennes mensuelles de stations de Khenchela 1(1995/2009).....	52
Tab n° 17: Résultats de calcul des différents paramètres du bilan d'eau à la station de Khenchela (1995/2009).....	56

LISTE DES ABREVIATION

A: indice d'aridité

Alc: Alcalinité

ANB: L'agence nationale des barrages

ANRH: Agence nationale des ressources hydriques

CEE: communautés européennes

Cd: Cadmium

Cl: chlorures

Cond : Conductivité

COT: Carbone organique total

CO₂: Dioxyde du carbone

COCl₂ : chlorure de cobalt

Cp: Coefficient pluviométrique

CTH: Contrôle Technique de la construction Hydrique

DBO₅: demande biologique en Oxygène dans 5 jours

DCO: demande chimique en Oxygène

Ds: Dénivelée spécifique

ETP : évapotranspiration potentielle

ETR: évapotranspiration réelle notée

EX: excédant

Fe: Fer

H̄ : altitude moyenne

HCO₃⁻ : bicarbonates

H₂CO₃ : Acide carbonique

H₂S: sulfure d'hydrogène

Ig: Indice de pente globale

Im: Indice de pente moyenne

I p: Indice de pente M.ROCHE

K: Potassium

Kc: Indice de compacité

Kg : Kilogramme

KMnO₄ : Permanganate de potassium

KmNO₄: permanganate de potassium

K₂PtCl₆ : chloroplatinate de potassium

m : Mètre

MES : Matières en suspension

méq/l: milliéquivalent par litre

Mg : Magnésium

mg/l : Milligramme par litre

Mn: manganèse

MO: matière organique

Moy : Moyenne

Na: Sodium

NaCl : Chlorures de sodium

NaHCO₃ : Bicarbonate de sodium

Nbre : Nombre

NH₄⁺: Ammonium

nm: nanomètre

NTU : Unité Néphrélométrique de Turbidité

NO₂⁻: Nitrites

NO₃⁻: Nitrates

O₂ : Oxygène

O₂ Dis: oxygène dissous

O.M.S : Organisation Mondiale de Santé

P : précipitation de l'année considérée

Pb: Plomb

PH : Potentiel d'Hydrogène

PHE: plus hautes eaux

P moy : précipitation moyenne pour la période d'observation.

PO₄: Phosphate.

Q_L : débit liquide

Q_s : débit solide

RFU: réserve facilement utilisable

RN: retenue normale

RS: résidu sec

S: superficie

Sal : Salinité

SO₂: dioxyde de soufre

SO₄: sulfate

TA: titre alcalin

TAC: titre alcalin complet

TC: Temps de concentration

Turb : Turbidité

T° : Température

U.V: ultra violet

μS: micro siemens

Introduction
générale.

Introduction générale

Les ressources naturelles en eau sont constituées d'eaux souterraines et superficielles. Elles sont prélevées pour être destinées à la consommation humaine, l'agriculture ou l'industrie.

Ces eaux sont susceptibles de contenir des substances diverses, de nature physico-chimique (sels minéraux, matières en suspension, micropolluants organiques et minéraux) et de nature biologique (bactéries, virus, parasites, ...). Certains de ces éléments peuvent non seulement dégrader la qualité organoleptique de ces eaux mais aussi créer des problèmes de santé publique (BEAUDRY, 1984). Il est donc indispensable de caractériser précisément la composition de ces eaux pour cerner les paramètres à corriger et prévoir le traitement adéquat.

Afin de rendre une eau potable, différentes étapes de traitement peuvent être nécessaires, notamment dans le cas des eaux de surface. Parmi les procédés utilisés, la désinfection est universellement appliquée et empêche la propagation de maladies en inactivant des microorganismes pathogènes (DEGREMONT, 1989).

Dans les pays en développement, les maladies à transmission hydrique tels que le choléra, la typhoïde ou la dysenterie constituent encore un problème majeur. La chloration apparaît alors comme un procédé de désinfection justifié du fait que le chlore présente un bon pouvoir biocide et oxydant, que sa mise en œuvre est relativement simple.

Dans ce contexte, l'objectif de ce travail est de présenter nos observations et interprétations des mesures de terrain, pour essayer de répondre à plusieurs questions, dont la principale est : quelle est l'état actuel de la qualité physicochimique des eaux du barrage de Foug El Gueiss (wilaya de Khenchela, Nord Est Algérien) ?

Au cours de cette étude, cinq chapitres ont été abordés :

- ☞ Le premier chapitre présente des généralités sur les eaux de surface et les ressources hydriques (eau de surface) en Algérie,
- ☞ Le second chapitre nous donne une idée sur les paramètres morpho métriques, et géologique du bassin versant de Foug El Gueiss,
- ☞ Le troisième chapitre est consacré à l'étude hydro climatologique du bassin de Foug El Gueiss, l'étude effectuée à pour objectif de mieux connaître l'évolution des

caractéristiques climatiques (précipitation et température) dans le temps et dans l'espace.

- ☞ Le quatrième chapitre représente une étude générale sur caractéristiques physico-chimiques des eaux du barrage, son évolution dans le temps en fonction de la variation des ces paramètres.
- ☞ Le cinquième chapitre comportera l'étude des apports solide et liquide pour limiter l'impact du risque de l'envasement des eaux du barrage de Foug El Gueiss.
- ☞ En fin une conclusion générale qui résume tous ce qui a été fait au cours de cette étude.

Chapitre I :
Généralités sur les eaux
de surface et les
ressources hydriques en
Algérie.

Introduction

La terre est une sphère de 64000 Km de rayon, composée d'une hydrosphère formant les océans qui recouvrent 965 millions de Km², soit les 3/4 de la surface du globe et qui contient 1.458×10^{21} litres d'eau soit 1.450.000.000 Km³ et de lithosphère qui est une mince couche solide d'une épaisseur de 0 à 50 Km constituant les continents et cette eau évolue entre trois secteurs hydrosphère, l'atmosphère et la lithosphère.

L'eau pure est un mélange de plusieurs molécules, chimiquement identiques, mais ayant des propriétés physiques distinctes. (BEBBA et CHAIBE, 2011).

I.1.Cycle d'eau

L'eau est un élément fondamental de la vie, recouvrant 72% de la surface de la terre, et représentant une réserve totale de 1350 milliards de Km³ dans la biosphère. Ce volume est constant et stable depuis trois milliards d'années. L'eau suit de façon perpétuelle un cycle de renouvellement, le cycle de l'eau, et qui peut être synthétisé de la façon suivante:

- La source principale d'eau douce provient de l'évaporation des océans (sous l'effet du soleil), à laquelle s'ajoute l'évapotranspiration des végétaux;
- Cette vapeur d'eau se condense dans l'atmosphère et retombe sous forme de précipitation (pluvieuse ou neigeuse) dont une partie parvient aux cours d'eau :
 - Soit directement par ruissellement;
 - Soit indirectement par infiltration, stockage dans les nappes puis restitution aux cours d'eau à la faveur des exurgences.

Ce cycle de l'eau est schématisé par la figure n°1. Quel que soit le milieu aquatique considéré, il est important de garder à l'esprit que l'eau n'y est qu'en transit, qu'elle vient de compartiment (amont) et va vers d'autres écosystèmes (aval). (BEBBA ET CHAIBE, 2011).

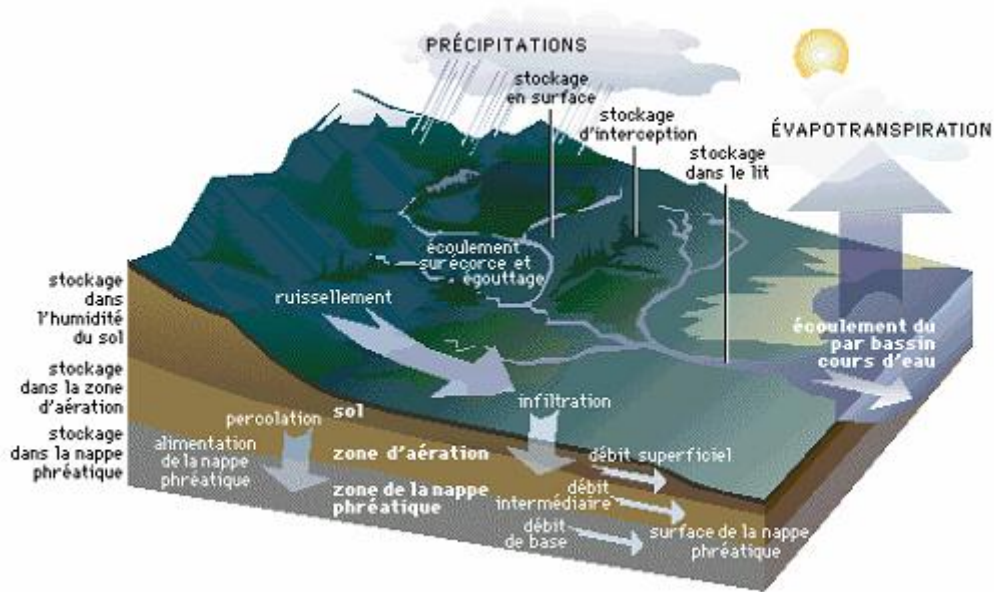


Fig n° 01 : Le cycle de l'eau dans un bassin versant.

I.2. Généralités sur les eaux de surface

Dans la mesure où les ressources souterraines traditionnelles ne suffisent plus à assurer la demande en eau potable, il s'est avéré nécessaire sinon indispensable d'utiliser les eaux de surface.

Les eaux de surface englobent toutes les eaux des rivières et des lacs, ces dernières sont entretenues par les précipitations (DUPONT, 1981) ; mais non sans que ces eaux aient parcouru champs et bois ou se soient infiltrées dans les couches superficielles du sol pour atteindre les nappes phréatiques. Lors de fortes pluies, le ruissellement de surface conditionne fortement la nature des contaminants naturels de ces eaux de surface notamment en ce qui concerne les matières en suspension. On trouve donc inévitablement dans les eaux de surface une gamme étendue de solutés comprenant les gaz de l'atmosphère, des cations divers dont les plus abondants sont :

Le calcium, le magnésium, le sodium, des anions tels que le sulfate, le chlorure, le carbonate hydrogéné, ainsi qu'une foule d'autres ions en quantité mineure ou en traces. Viennent s'y ajouter des matières colloïdales, minérales ou organiques, y compris les matières humiques responsables de la coloration de l'eau.

Les eaux de surface sont, de plus des milieux propices à la vie d'où la présence d'algues, de protozoaires, des bactéries,...etc. (KEMMER, 1984).

La pollution découlant des activités de l'homme vient compliquer beaucoup la composition de ces eaux, surtout celle des cours d'eau, en leur apportant des matières organiques (biodégradables ou non), des substances fertilisantes comme l'ammoniac, les nitrates et phosphates, des substances de nature toxique et la flore microbienne intestinale comprenant les bactéries coliformes, des bactéries et autre micro-organismes pathogènes (BEAUDRY, 1984).

Donc les eaux de surface doivent subir des modifications (physiques, chimiques et biologiques) qui les rendent potables. Au cours de ce premier chapitre, nous décrirons donc successivement les principales caractéristiques organoleptiques, physico-chimiques et biologiques des eaux naturelles. Nous présenterons également les principales normes de potabilité relatives à tous ces paramètres après avoir brièvement décrit la toxicité potentielle des éléments indésirables. (DUPONT, 1981).

I.2.1. Origine

Elles ont pour origine, soit des nappes profondes dont l'émergence constitue une source de ruisseau, de rivière, soit les eaux de ruissellement. Ces eaux se rassemblent en cours d'eau, caractérisés par une surface de contact eau-atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation appréciable. Elles peuvent se trouver stockées en réserves naturelles (lacs) ou artificielles (retenues, barrages) caractérisés par une surface d'échange eau-atmosphère quasiment immobile, une profondeur qui peut être importante et un temps de séjour appréciable. (MAIGA, 2005).

I.2.2. Caractéristiques générales

La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par l'eau durant son parcours dans l'ensemble des bassins versants. Au cours de son cheminement, l'eau dissout les différents éléments constitutifs des terrains. Par échange à la surface eau-atmosphère, ces eaux se chargent en gaz dissous (O_2 , N_2 , CO_2). Il faut noter :

- La présence quasi générale de gaz dissous, en particulier l' O_2 ;
- Une concentration importante en matières en suspension, tout au moins pour les eaux courantes. Ces matières en suspension sont très diverses, allant des

particules colloïdales aux éléments constitutifs entraînés par les rivières en cas d'augmentation du débit. Dans le cas des eaux de barrages, le temps de séjour provoque une décantation naturelle des éléments les plus grossiers : la turbidité résiduelle est alors colloïdale;

- la présence de matières organiques d'origine naturelle provenant de la décomposition des organismes végétaux et animaux vivant à la surface du bassin versant ou dans la rivière et qui se décomposent après leur mort (végétaux ou animaux);
- la présence de plancton : les eaux de surface sont le siège d'un développement important de phytoplancton (algues...) et de zooplancton. Dans certaines conditions, une vie aquatique intense peut se développer : développement de végétaux saprophytes, de poissons;
- variations journalières (différence de température, d'ensoleillement) ou saisonnières : variations climatiques (température, fonte des neiges), de végétation (chute des feuilles). Elles peuvent être aléatoires : pluies soudaines, orages, pollutions accidentelles. Dans les retenues d'eau de surface, la qualité de l'eau varie de la surface de l'eau jusqu'au fond de la retenue (O₂, Fe, Mn Oxydabilité, plancton). Le profil de chacun de ces paramètres varie lui-même en fonction des périodes de l'année;
- pollution organique conduisant souvent à l'eutrophisation des eaux. (MAIGA, 2005).

I.2.3. Quelques paramètres

- Température : variable suivant les saisons;
- Turbidité: Matières en suspension : variables parfois élevées;
- Couleur : liée aux MES (argiles, algues) sauf dans les eaux douces et acides;
- Fer et manganèse divalents à l'état dissous : généralement absents sauf en profondeur des pièces d'eau en état d'eutrophisation;
- Minéralisation globale : variables en fonction des terrains, des rejets, des précipitations;
- CO₂ agressif : généralement absent;
- O₂ dissous : le plus souvent au voisinage de la saturation. Absent dans les eaux très polluées;
- H₂S : généralement absent;

- NH_4^+ : présent dans les eaux très polluées;
- Nitrates : peu abondant en général;
- Silice : teneur en général modérée;
- Micro polluants minéraux et organiques : présents dans les eaux de pays développés, mais susceptibles de disparaître rapidement après suppression de la source;
- Eléments vivants : bactéries (dont certaines pathogènes), virus, plancton (animal et végétal);
- Solvants chlorés : rarement présents. (MAIGA, 2005).

I.2.4. Potabilité des eaux de surface

Elles sont rarement potables sans aucun traitement. Outre les éléments constitutifs, les eaux de surface sont généralement polluées bactériologiquement.

De plus, elles peuvent présenter plusieurs pollutions :

- ✓ D'origine urbaine : eaux usées provenant des latrines et des fosses septiques;
- ✓ D'origine industrielle : polluants et micro polluants organiques (hydrocarbures, solvants, produits de synthèse, phénols) ou inorganiques (métaux lourds, ammoniacale, produits toxiques);
- ✓ D'origine agricole : engrais et produits pesticides ou herbicides entraînés par les eaux de pluies et le ruissellement. Egalement rejets organiques dus à la présence d'élevages importants.

I.2.5. Qualité

I.2.5.1. Qualité physique et chimique

Une eau de consommation ne doit être ni trouble, ni colorée. Cependant à part les eaux souterraines et celles de certaines sources, la couleur et la turbidité sont des conditions qu'on trouve généralement dans l'eau brute et qui ne peuvent être modifiées que par traitement. Le consommateur exige ainsi que l'eau n'ait ni goût ni odeur pouvant être décelées. Ceux-ci sont dus à la présence de certaines substances chimiques ; leur correction entre dans le domaine du traitement.

I.2.5.2. Qualité bactériologique

L'eau contaminée par les excréta est susceptible de transmettre des maladies gastro-intestinales. La qualité bactériologique se mesure donc par la présence d'organismes indicateurs de pollution, vivant normalement dans l'intestin. Ce sont le groupe des coliformes totaux, les coliformes thermo tolérants, les entérocoques.

I.2.6 .Caractéristiques d'une eau potable

Une eau potable est une eau propre à l'alimentation, donc dépourvue de tous éléments nocifs. Elle doit être :

- Limpide, incolore, inodore, fraîche (7-12°). Ces qualités sont facilement décelées par nos sens. Nous rejetons d'instinct une eau trouble (matières ou microbes en suspension), colorée, mal odorante (fermentation);
- Aérée (30 cm³ de gaz par litre). L'eau bouillie est indigeste;
- Pourvue d'une faible proportion de sels minéraux (carbonates, sulfates, chlorures) qui lui donnent une saveur faible mais agréable et une certaine valeur nutritive. L'eau ne doit pas contenir plus de 0,50 g/l de sels minéraux. Une eau trop salée est purgative. Trop riche en calcaire (eau dure) ou en sulfate de chaux (eau séléniteuse), elle cuit mal les légumes, dissout mal le savon;
- Dépourvue de matières organiques, dont la présence est un indice de souillure;

On en tolère 5 mg/l au maximum. (Ces matières décolorent le permanganate de k à l'ébullition). Favorables au développement des microbes, ces matières en se putréfiant, donnent une odeur désagréable et des produits toxiques;

- Dépourvue de germes, de vers, de parasites et de microbes pathogènes. L'eau potable n'est pas stérile. On y tolère de 100 à 1000 bactéries non pathogènes par Cm³.

Par contre elle ne doit contenir ni germes parasitaires (kystes d'amibes, œufs d'ascaris, d'oxyures), ni microbes pathogènes (bacilles typhiques, vibriion cholérique, bacille dysentérique, virus de la poliomyélite). La présence de colibacilles, hôte habituel du gros intestin ou colon (d'ou son nom) indique une souillure par des excréments. On doit rejeter toute eau renfermant des colibacilles. Toute fois, on tolère jusqu'à 50 colibacilles par litre, soit 0,05/cm³.

En effet, en comparant les résultats des analyses régulièrement effectuées, la brusque augmentation du nombre de colibacilles indique une contamination dangereuse (puits ou conduit d'eau potable mis en communication avec un conduit d'eau d'égout fissurée par exemple, origine fréquente des épidémies de typhoïde. (MENANT et *all*, 1984).

I.2.7 .Caractéristiques organoleptiques

I.2.7.1. Couleur

Les eaux naturelles sont toujours plus ou moins colorées, leur couleur varie du jaune paille à peine perceptible au brun rougeâtre, selon la nature et la concentration des matières colorantes. Ces matières sont les plus souvent d'origine naturelle et proviennent de la dégradation de la matière végétale, bois, lignine, tanin, écorces. Le degré de couleur d'eau dépend non seulement de la concentration en matières colorantes, mais aussi du pH et de la turbidité. (TARDAT et *all*, 1984).

Par ailleurs, quand une eau est turbide, la détermination de sa couleur est faussée, on perçoit alors la couleur apparente. Pour mesurer la couleur réelle ou couleur vraie, il faut éliminer les matières en suspension responsables de la turbidité.

La mesure de la couleur d'une eau naturelle se fait par comparaison avec une échelle artificielle de couleur. La substance de référence choisie est le chloroplatinate de potassium (K_2PtCl_6) dans une solution de chlorure de cobalt ($CoCl_2$). L'unité de couleur est le Hazen correspondant à un mg/l de platine sous forme de (K_2PtCl_6). On l'appelle aussi platino-cobalt ou unité de couleur vraie. (RODIER, 1996).

Une eau naturelle, même une fois traitée n'est jamais rigoureusement incolore (Si on la compare, par exemple à une eau distillée). Pour l'eau potable, le degré de couleur maximale acceptable est de 15 UCV. (MONIQUE, 1991).

I.2.7.2 .Goût et odeur

Les eaux de consommation doivent posséder un goût et une odeur « non désagréable ». La plupart des eaux, qu'elles soient ou non traitées, dégagent une odeur plus ou moins perceptible et ont une certaine saveur. Ces deux propriétés, purement organoleptiques, sont extrêmement subjectives et il n'existe aucun appareil pour les mesurer. Selon les

physiologistes, il n'existe que quatre saveurs fondamentales : salée, sucrée, aigre et amère. Les odeurs sont causées par la présence dans l'eau de substances relativement volatiles.

Ces substances peuvent être inorganiques comme le chlore, les hypochlorites, le bioxyde de soufre SO₂ ou le sulfure d'hydrogène H₂S ; ou organiques comme les esters, les alcools, les nitrites, les dérivés aromatiques et des composés plus ou moins bien identifiés résultant de la décomposition de matières animales ou végétales (comme les algues) ou encore dus à la pollution. (MONIQUE, 1991).

I.2.7.2.1. Définitions

- **Goût** : Ensemble complexe des sensations olfactives, gustatives perçues au cours de la dégustation.

-**Odeurs** : Propriété organoleptique par l'organe olfactif en <<flairant>> certaines substances volatiles. (MAIGA, 2005).

I.2.7.2.2. Principaux types avec exemples

Tab n° 01 : Principaux types de goûts (MAIGA.A, 2005).

Caractéristiques	Exemples
Aromatiques	Camphre, lavande, citron
Chimique	/
Chlore	Chlore libre
Hydrocarbures	Pétrole
Pharmaceutique(Médicale)	Nombre de produit organiques
Chlorophénol	Chlorophénol
Sulfureuse	H ₂ S
Très désagréable	Égout, poissons
Terreuse	Terre, argile
Métallique	Fe ⁺² , Mn ⁺²
Moisi	Levure, champignons inférieurs, moisissures, cave humide
Vase	Herbe ou feuille en décomposition
Bicarbonate alcalin	Eau de type de vichy

Mandarine	Très souvent apporté par l'oxydation de trace d'hydrocarbures au cours du traitement d'élaboration de l'eau
Marée	Poissons, métabolites de certains organismes du plancton, certains composés organiques et industriels
Noix moisie	Campagne sucrière
Bouchon moisi	Herbicides et pesticides

Tab n° 02: Principaux types d'odeurs (MAIGA, 2005).

Caractéristiques	Exemples
Aromatique	Epice, camphre, girofle, citron
Chimique	Chlore libre
Chlore	Pétrole et dérivés
Hydrocarbure	Iodoforme, phénol
Médicale ou pharmaceutique	H ₂ S
Sulfureuse (œuf pourri)	Terre ou argile humide
Terreuse	Fosse d'aisance, égout
Fécaloïde	Cave humide, tiroir humide rarement ouvert
Moisi	Herbe ou feuille en décomposition (odeur de rivière)
Vase	/
Acide	/
Amère	Sulfates
Salée	/
Sucrée	Sels de magnésium
Salée et amère	/

I.2.7.3. Température :

La température joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du PH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels etc.... Pour l'eau potable, la température maximale acceptable est de 15°C. Dans les eaux naturelles et au dessus de 15°C, il y a risque de croissance accélérée de microorganismes, d'algues, entraînant des goûts et des odeurs désagréables ainsi qu'une augmentation de la couleur et de la turbidité (RODIER, 1996 ; EDELINE, 1992).

Les variations de température font partie du régime climatique normal. La température des plans d'eau naturels subit des variations saisonnières et diurnes, de même qu'une stratification verticale. Les organismes aquatiques ont une limite supérieure et une limite inférieure de tolérance thermique à l'intérieur desquelles la croissance, l'incubation des œufs et la migration sont optimales. Ces limites varient selon chaque espèce. Les modifications des régimes de température peuvent donc influencer sur la répartition et la composition des biocénoses aquatiques.

La température est l'un des paramètres à mesurer et noter sur place au moment du prélèvement et cela, quelles que soient les analyses à effectuer par la suite. (TARDAT, 1984)

I.2.7.4. Turbidité

La turbidité est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes fines telles que les argiles, limons, grains de silice, matières organiques, etc.... . On comprend immédiatement qu'il existe une certaine relation entre la concentration en matières en suspension (MES) et la turbidité d'une eau. La turbidité résulte de la diffusion de la lumière qui est ainsi déviée dans toutes les directions. Ce sont des particules en suspension dans l'eau qui diffusent la lumière. Leur origine peut être extrêmement variable : érosion des roches, entraînement des matières minérales ou organiques du sol, déversement d'eaux usées domestiques ou industriels riches en matières en suspension grossières.

Les particules très fines, en suspension colloïdale, diffractent également la lumière ; c'est l'effet Tyndall qui permet de différencier les solutions vraies des colloïdes.

Pour mesurer la turbidité on utilise certains instruments: (POTELON et ZYSMAN, 1998)

- Le turbidimètre de Jackson (méthode visuelle);
- L'opacimètre;
- Le turbidimètre de Hellige;
- Le néphélémètre de Hach.

La néphélémétrie est utilisée pour les faibles turbidités. La turbidité est mesurée par trois unités qui sont équivalentes :

- J.T.U (Jackson turbidity units);
- F.T.U (Formazine turbidity units);
- N.T.U (Néphélémétric turbidity units).

Une eau convenablement traitée devra avoir une turbidité inférieure à 0,5 N.T.U (Directives C.E.E).

En Algérie, les turbidités sont très variables selon la nature de l'eau de surface et selon les saisons. Ainsi, les eaux de barrage sont souvent moins turbides que les cours d'eau du fait d'une sédimentation naturelle des matières en suspension vraies. Les oueds présentent des turbidités et colorations importantes en période de crue (LAZERGUI et BOUGHEDAOU, 1987).

I.2.8. Caractéristiques minérales des eaux

I .2.8.1. Dureté

I.2.8.1.1. Différents types de la dureté

La dureté ou titre hydrotimétrique correspond essentiellement à la présence de sels de calcium et de magnésium. Elle est directement liée à la nature des terrains traversés. Ils proviennent des roches calcaires ou dolomitiques. La présence du CO₂ favorise cette dissolution.

I.2.8.2. PH

Le PH correspond, pour une solution diluée, à la concentration d'ion d'hydrogène. Il mesure l'acidité ou la basicité (alcalinité) d'une eau. Le PH d'une eau naturelle dépend de l'origine de celle-ci et de la nature des terrains traversés. Dans le domaine de l'eau, le ph joue un rôle primordial à la fois dans :

- Les propriétés physico-chimiques (acidité, agressivité);

- Les processus biologiques dont certains exigent des limites très étroites des PH;
- l'efficacité de certains traitements (coagulation, adoucissement, contrôle de la corrosion, chloration);
- Les mécanismes de ces traitements.

La détermination du PH est donc la mesure que l'on doit effectuer le plus fréquemment. Pour mesurer le PH, on utilise un PH-mètre (CHOCAT et *all*, 1997).

I.2.8.3. Acidité

Elle correspond à la présence d'anhydride carbonique libre, d'acides minéraux et de sels d'acides forts et de bases faibles.

L'acidité d'une eau est mesurée par la quantité de bases nécessaires pour élever le ph de cette eau jusqu'à une certaine valeur choisie par convention (généralement autour de 8,3). On l'exprime soit en normalité (et plutôt en méq/l), soit en mg/l de CaCO₃ équivalents (MARCOEN, 1983).

I.2.8.4. Conductivité

La conductivité, caractéristique physico-chimique de l'eau est liée généralement à la concentration des substances minérales dissoutes et à leur nature. Les matières organiques et colloïdales ne présentent qu'une faible conductivité. Elle varie avec la température. La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm.

Elle est mesurée en utilisant un conductimètre électrique, ce dernier est étalonné avec de l'eau distillée. La conductivité électrique s'exprime en micro siemens/cm, en milli siemens/cm ou en mètresiemens/cm à une température de 20°C.

I.2.8.5. Alcalinité

Les eaux naturelles ont le plus souvent un PH supérieur à 4,5 ; par convention, l'alcalinité totale d'une eau est mesurée par la quantité d'acide nécessaire pour abaisser son PH jusqu'au point de virage du méthylorange.

La plupart des eaux naturelles ont un PH compris entre 4,5 et 8,3 et leur alcalinité est attribuable essentiellement aux bicarbonates (HCO₃⁻), base faible que la neutralisation par un acide convertit en CO₂ libre. (SELLAH, 1993 ; REHI et GAID ,1987).

I.2.8.6. Oxygène dissous

L'oxygène est l'un des gaz que l'on retrouve à l'état dissous dans les eaux de surface naturelles. Il est moyennement soluble dans l'eau. La quantité d'oxygène dissous dans les eaux naturelles varie en fonction de la température, la salinité et de la turbulence (brassage) des eaux, ainsi que de la pression atmosphérique (qui diminue avec l'altitude).

La concentration d'oxygène dissoute est soumise à des variations diurnes et saisonnières qui sont dues en partie aux fluctuations de la température, de l'activité photosynthétique et du débit de l'eau. Elle dépend également de la respiration des organismes et du processus de ré oxygénation. La décomposition des déchets organiques par les micro-organismes et l'oxydation des déchets inorganiques peuvent entraîner une désoxygénation quasi totale de l'eau. (CHOCAT et *all*, 1997).

I.2.8.7. Sodium et potassium

Le sodium et le potassium, les 6^{ième} et 7^{ième} éléments les plus abondants à l'état naturel sont en proportions très variables. Il joue un rôle important en agriculture, pour l'irrigation, du fait de son action sur la perméabilité des sols.

Le potassium, beaucoup moins abondant que le sodium, et rarement présent dans l'eau à des teneurs supérieures à 20 mg/l. Il ne représente aucun inconvénient particulier bien que le K soit une des sources possibles de radioactivité de l'eau (MARCOEN, 1983 ; TARDAT, 1984).

I.2.8.8 .Chlorures et sulfates

Les teneurs en chlorures des eaux sont extrêmement variées et liées principalement à la nature des terrains traversés. Habituellement, la teneur en ion chlorure des eaux naturelles est inférieure à 50 mg/l mais elle peut subir des variations provoquées : (RODIER, 1996)

- ❖ Dans les zones arides par un lessivage superficiel en cas de fortes pluies;
- ❖ Dans les zones industrielles par des pollutions liées à des eaux usées (mine de potasse, industrie chimique, etc...).

Le gros inconvénient des chlorures est la saveur désagréable qu'ils communiquent à l'eau, surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium. La réglementation française et les normes américaines suggèrent que la teneur en chlorure des eaux ne dépasse pas 250 mg/l. (RODIER, 1996).

Les eaux naturelles contiennent pratiquement des sulfates, en proportion très variable, leur présence résulte de la solubilité des sulfates de calcium des roches gypseuses et de l'oxydation des sulfures répandus dans les roches (les pyrites par exemple). (MARCOEN, 1983).

I.2.9. Eléments minéraux indicateurs de pollution

I.2.9.1. Azote ammoniacal:

L'azote ammoniacal présent en grande quantité indique généralement une contamination récente par des matières organiques en décomposition. Par passage de l'eau dans le sol et sous l'influence de certaines bactéries, l'azote ammoniacal se transforme en azote nitreux puis en azote nitrique. Une eau pauvre en ammoniacque et riche en nitrates indique donc qu'elle a subi une filtration et une épuration efficace dans le sol. L'ammoniacque est favorable au développement de certaines bactéries qui sont à leur tour génératrices des mauvais goûts (DEGREMONT, 1989).

I.2.9.2. Nitrites et nitrates

Les nitrites peuvent être rencontrés dans les eaux mais généralement à des doses faibles. Ils proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniacque, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiant. Une eau qui renferme des nitrites peut être considérée comme suspecte (RODIER, 1996).

Toutes les formes d'azotes (azote organique, ammoniacque, nitrite, etc.) Sont susceptibles d'être à l'origine des nitrates par un processus d'oxydation biologique. La présence des nitrates en faible quantité dans une eau est tolérable. Néanmoins, une forte quantité de nitrate doit être considérée comme une probabilité de pollution (PAUWELLE et *all*, 1996).

I.2.9.3. Phosphate

Ils peuvent provenir des excréta humains et animaux ou du sous-sol. On en tolère jusqu'à 5 mg/l (OMS, 2004).

La présence du phosphate dans les eaux naturelles est liée aux terrains traversés et à la décomposition de la matière organique. Les eaux de surface peuvent être contaminées par des rejets industriels ou par le lessivage des terres cultivées renfermant des engrais phosphatés ou traitées par certains pesticides (RODIER, 1996).

I.2.10. Eléments indésirables

I.2.10.1. Aluminium

Il ne présente pas de caractère toxique significatif pour les populations en général. Toutefois, l'OMS recommande une teneur limite de 0,2 mg/l car dès 1972, diverses études ont montré que l'exposition chronique à une eau chargée en aluminium pouvait provoquer des atteintes neurologiques (RODIER, 1996).

Les eaux de surface peuvent contenir jusqu'à 0,5 mg/l de fer qui peut avoir pour origine la lixiviation des terrains traversés ou les pollutions industrielles. Une saveur désagréable peut être perçue à partir de 0,05 mg/l ; en outre, il développe une turbidité rougeâtre peu engageante pour le consommateur. Il existe certaines ferrobactéries qui se fixent sur les parois des canalisations et entraînent des phénomènes de corrosion (RODIER, 1996).

I.2.10.2. Fer ferreux

Le fer ferreux est soluble dans l'eau alors que le fer ferrique l'est très peu et tend à précipiter sous forme d'hydroxyde. Sous l'action de l'oxygène, le fer ferreux s'oxyde en fer ferrique et il est difficile de les doser séparément. Il est tout aussi difficile de distinguer nettement entre fer en solution, en suspension, à l'état colloïdal, sous forme de complexes minéraux ou organiques (DUPONT, 1981).

I.2.10.3. Cuivre

Le cuivre peut se rencontrer dans certaines eaux naturelles généralement à des teneurs inférieures à 1 mg/l sous forme ionique ou de complexes (cyanures, ammoniacque, produits organiques, etc.). En dehors de pollutions industrielles ou de traitements agricoles, ce métal provient habituellement de la corrosion des tuyauteries de distribution (0,5 à 1 mg/l). (RODIER, 1996).

I.2.10.4. Manganèse

Le manganèse est généralement associé au fer quoiqu'en quantité plus faible. C'est le Mn^{2+} qui est soluble dans les eaux naturelles bien que le manganèse présente de nombreux autres états d'oxydation. D'après l'OMS, 2004, la teneur en manganèse est limitée à 0,5 mg/l dans les eaux potables pour le goût qu'il peut communiquer, pour les taches et les dépôts qu'il peut occasionner et aussi parce qu'il favorise la croissance de certains micro-organismes. La teneur souhaitable est inférieure ou égale à 0,01 mg/l (POTELON et ZYSMAN, 1998).

I.2.10.5. Zinc

Le zinc qui peut être trouvé dans les eaux de distribution à des teneurs dépassant souvent 5 mg/l, provient généralement des canalisations par les eaux agressives ou riches en chlorures et sulfates. Pour des teneurs relativement faibles (2 mg/l), le zinc peut communiquer à l'eau une opalescence variable avec la dureté. Ce métal peut contenir 1% de cadmium. La quantité tolérable dans l'eau est limitée par le goût désagréable des sels de zinc (RODIER, 1996).

I.2.11. Eléments toxiques

I.2.11.1. Plomb

Le plomb ne doit normalement pas se trouver dans l'eau de boisson, les conduites d'eau étant cependant très fréquemment en plomb, la possibilité d'intoxication d'origine aqueuse existe. La quantité de plomb qui va se dissoudre dans l'eau dépend beaucoup de sa composition chimique et de son degré d'aération. Les eaux acides, riches en chlore, en nitrates, en acide carbonique dissolvent facilement le plomb et la paroi du tuyau. La présence d'air dans le tuyau, favorise la formation d'oxyde de plomb qui se dissout dans l'eau. Une eau

potable doit contenir moins de 0,01 mg/l de plomb (OMS, 2004). Le saturnisme apparaît avec les eaux contenant plus de 0,3 mg de plomb par litre.

I.2.11.2. Arsenic

L'arsenic ne peut pas se trouver dans l'eau de boisson, si elle en contient c'est la preuve d'une pollution par des résidus industriels (RODIER, 1996).

D'après les études effectuées sur l'animal, le cadmium serait susceptible même à très faibles doses, d'avoir des effets néphrotoxiques et cardiovasculaires. Il peut être d'origine naturelle, industrielle ou provenir des canalisations en matière plastique. Il est souvent présent dans les circuits d'eau potable sous forme d'impureté de zinc de galvanisation (BENGUELLA et BENAÏSSA, 2002).

De nombreux autres cations peuvent se trouver en proportions variables dans les eaux naturelles, et le plus souvent, à l'état de traces, ce qui exige des méthodes de dosage particulièrement sensibles.

I.2.11.3. Chrome

Le chrome, le mercure, le plomb ou le sélénium ont un caractère toxique marqué et leurs concentrations maximales acceptables dans l'eau potable sont très faibles (PPOTELON et ZYSMAN, 1998 ; MARCOEN, 1983).

La contamination des eaux de surface par les micropolluants minéraux se fait par trois voies possibles :

- Pollution directe des cours d'eaux par les rejets industriels.
- Précipitation atmosphérique entraînant une certaine partie des polluants présents dans l'atmosphère.

Et, par suite le ruissellement des eaux sur les sols entraîne les pollutions accumulées en surface. D'une certaine manière, toutes les émissions de métaux toxiques dans l'atmosphère se retrouvent à plus ou moins long terme, pour une certaine part, dans les oueds et la mer.

I.2.12. Caractéristiques organiques

L'eau naturelle renferme des matières organiques qui peuvent être :

- ❖ Soit d'origine naturelle dont la majorité provient de la décomposition des végétaux tels que les acides aminés, les chlorophylles, les sucres, substances humiques, les bactéries et les algues.
- ❖ Soit d'origine artificielle, provenant de l'activité humaine (industrie, agriculture, rejets des eaux usées urbaines). (TARDAT et BEAUDRY, 1984).

La teneur en matières organiques peut être exacerbée par une conjugaison de facteurs tels que, lumière, PH, O₂, température, nutriments. Cette teneur peut provoquer de grands problèmes :

- ❖ Soit dans le réseau de distribution tels que la corrosion, les dépôts dans les conduites ;
- ❖ Soit sur la santé de l'être humain tels que la toxicité chronique, alors on recherche toujours à les éliminer. (TARDAT et BEAUDRY, 1984).

I .2.12.1. Mesure de la charge organique d'une eau de surface

Il y a des méthodes globales de dosage des matières organiques qui sont basées sur la consommation en oxygène par le milieu, on peut citer les procédés suivants :

I.2.12.1.1. Demande biochimique d'oxygène

L'oxydation des composés organiques biodégradables par les micro-organismes entraîne une consommation d'oxygène que le milieu exerce, donc une certaine demande biochimique d'oxygène. La mesure de cette DBO permet d'évaluer le contenu d'une eau en matières organiques biodégradables et donc, dans une certaine mesure, sa qualité ou son degré de pollution.

La dégradation complète des matières organiques peut être relativement longue (plusieurs semaines). D'autre part, l'oxydation des dérivées ammoniacaux et des nitrites en nitrates (nitrification) absorbe également de l'oxygène. Cette nitrification, dans les eaux naturelles, ne débute qu'au bout d'une dizaine de jours. Pour ces deux raisons, on mesure la DBO en 5 jours, ou DBO₅, c'est à dire la quantité d'oxygène consommée pendant ce laps de

temps, pour l'oxydation partielle des matières organiques biodégradables sous l'action des microorganismes (TARDAT et BEAUDRY, 1984).

I.2.12.1.2. Demande chimique en oxygène (DCO)

C'est une mesure de toutes les matières organiques (ou presque) contenues dans les eaux naturelles ou usées, qu'elles soient ou non biodégradables.

L'oxydation est effectuée ici dans des conditions énergiques, par voie chimique. Elle se fait sous l'action d'un oxydant puissant (bichromate de potassium), en milieu acide fort (H_2SO_4) et au reflux pendant deux heures.

La DCO constitue donc un paramètre important. C'est un test rapide, très utile pour la surveillance des eaux usées et des rejets industriels (CHOCAT, 1997 ; GOMELLA et GUERREE, 1983).

I.2.12.1.3. Oxydabilité au permanganate de potassium ($KmNO_4$)

Elle dose les matières organiques totales en 10 minutes en plus de sa simplicité, mais l'inconvénient est que le ($kmno_4$) est moins puissant que $K_2Cr_2O_7$. Le $KmNO_4$ n'attaque pas toutes les molécules organiques, mais il est très utilisé pour suivre l'évolution de la matière organique dans une station de traitement. L'oxydation des matières organiques, substances oxydables sont effectuées par le permanganate de potassium à chaud ou à froid. La méthode à chaud et en milieu acide du fait de sa rapidité est plus utilisée (RODIER, 1996 ; DUPONT, 1981).

I.2.12.1.4. Carbone organique total (COT)

Le COT est définie comme la concentration en mg de carbone/l d'échantillon, c'est une méthode directe pour mesurer la teneur en matières organiques d'une eau. Il consiste à brûler l'échantillon d'eau à $950^\circ C$ sous l'action de l'oxygène gazeux et de mesurer le CO_2 dégagé, et par suite de mesurer le carbone total (organique et minéral).Le COT est une méthode rapide et présente plusieurs avantages tels que : On peut analyser l'eau quelle que soit sa qualité (de forte salinité, acide, basique, ou contenant des composés toxiques). Mais malgré ses avantages, il exige un appareillage coûteux (DEGREMONT, 1989). Si on fait le

bilan de toutes les formes du carbone contenu dans une eau naturelle, on a donc le schéma suivant :

La charge organique d'une eau de surface peut représenter quelques mg/l à plus d'une dizaine de mg/l de carbone organique dissous. (THURMAN, 1985).

I.2.12.1.5. Absorbance en ultra violet (U.V)

Les rayonnements ultra violets, sont produits par des lampes à vapeur de mercure à très basse pression, qui émettent des ondes de longueurs d'ordre entre 200 et 300 nm.

La mesure de l'absorbance en U.V peut nous renseigner sur le contenu organique d'une eau, notamment la fraction aromatique. L'absorbance (densité optique) lue sur un spectrophotomètre peut permettre une estimation de la teneur en substances humiques d'une eau naturelle (eau de surface) (TARDAT et BEAUDRY, 1984).

I.2.12.2 .Principales catégories de matières organiques

Les matières organiques naturellement présentes dans les eaux comme d'ailleurs dans les sols, sont formés par un mélange complexe de produits végétaux ou animaux à des stades de décomposition variée. Elles comprennent également des produits de synthèse, par voie chimique ou biochimique élaborés à partir de ces éléments. Elles comprennent enfin des microorganismes (bactéries, virus, etc....) et leurs produits de décomposition. On classe habituellement les matières organiques en substances humiques et en substances non humiques.

I.2.13. Caractéristiques biologiques

Dans l'analyse globale des eaux naturelles, il faut tenir compte des constituants biologiques car leur présence caractérise leur qualité et le degré de pollution. L'analyse biologique, complémentaire de l'analyse chimique, a l'avantage de donner une valeur moyenne de l'«état sanitaire » de l'eau, alors que les mesures chimiques ne fournissent que des indications momentanées. On distingue deux types de micro-organismes :

1. Ceux qui sont pathogènes et provoquent des maladies.
2. Ceux qui sont saprophytes c.à.d. Qui n'ont pas un effet sur la santé de l'être. (DEGREMONT, 1989).

I.2.13.1. Bactéries

Ce sont des organismes microscopiques unicellulaires, isolés ou coloniaux, les bactéries peuvent provoquer certaines réactions exothermiques pour en tirer l'énergie nécessaire. C'est le cas de la nitrification, défrisassions, et corrosion des conduites, elles agissent sur la fermentation et les cycles de l'azote et de soufre. (DEGREMONT, 1989).

I.2.13.2. Virus

Ce sont des agents pathogènes extrêmement petits visibles seulement au microscope électronique et qui ne peuvent se multiplier qu'à l'intérieur d'une cellule vivante. Ils sont constitués par l'association d'un acide nucléique et d'une protéine. (DEGREMONT, 1989). L'eau joue un rôle essentiel dans la transmission de certaines maladies virales.

I.2.13.3. Plancton

L'ensemble des micro-organismes qui flottent au sein de l'eau constitue le plancton qui se divise en zoo plancton (plancton animal) et phytoplancton (plancton végétal), leur taille est comprise entre 20µm et quelques millimètres. (DEGREMONT, 1989).

I.2.13.4. Champignons :

Caractérisés par des spores abondantes et des membranes de cellules épaisses, ils sont suspectés d'être à l'origine de problèmes de goût, réactions allergiques, voire toxiques (par voie d'inhalation uniquement). (MAIGA, 2005).

I.2.14. Aspects toxicologiques et normes relatives à la qualité des eaux naturelles

Jusqu'au début du 20^{ème} siècle, on déterminait si une eau était potable à partir des seuls sens. L'eau devait ainsi être agréable au goût, dépourvue d'odeur désagréable et limpide. Aujourd'hui, on mesure plutôt les caractéristiques les plus appropriées et on les compare à des normes. Ces normes ne sont pas définitives, étant donné que le déversement des eaux usées industrielles augmente la quantité et la diversité des produits toxiques présents dans une eau. De plus, les développements en microbiologie, en chimie analytique et en épidémiologie permettent de mieux cerner les effets de différentes qualités d'eau sur la santé humaine.

Les normes, c'est-à-dire les concentrations maximales acceptables et les modalités d'application, sont différentes d'un pays à l'autre, voire d'une province à l'autre. (DESJARDINS, 1997).

Selon leur importance pour les organismes vivants, les éléments chimiques peuvent se classer en deux groupes : essentiels et non essentiels (KLEIN.L et *all*, 1974), Il est généralement connu, que le sodium, potassium et calcium sont essentiels pour le soutien de la vie biologique. Le manganèse, fer, cobalt, cuivre, zinc et molybdène sont aussi essentiels mais moins connus que les premiers, seules les traces de ces derniers participent dans les fonctions biologiques nécessaires pour la vie, formant des liaisons stables avec des positions fixées des molécules immobiles des protéines où il fonctionnent la plupart du temps comme des catalyseurs en promotionnant l'activité biologique. Mais l'ensemble des métaux en traces deviennent toxiques s'ils se trouvent en quantités excessives dans l'organisme.

Les métaux qui ne servent pas à des fonctions biologiques positives dans l'organisme sont considérés comme non essentiels. (KLEIN et *all*, 1974).

I.3. Qualité physico-chimique des eaux de surface algériennes

En Algérie, l'eau constitue une denrée de plus en plus rare, vulnérable et difficilement renouvelable. De ce fait, la prise de conscience impose de la gérer d'une manière rationnelle et de se préoccuper des effets de la qualité des eaux sur les écosystèmes naturels mais surtout sur la santé publique.

Il importe donc que les ressources en eau, déjà réduites, soit efficacement protégées contre tout nuisance et qu'elles soient traitées afin de produire une eau dont la qualité satisfait à des normes biologiques et physico-chimiques de potabilité (ACHOUR, 2001).

Au plan de la qualité, sur la globalité des eaux inventoriées par les études, 44% seraient de bonne qualité, 44% de qualité satisfaisante et 12% de qualité médiocre. (BANQUE MONDIALE, FAO, AFD, 2003).

L'environnement géologique d'un bassin versant est toujours considéré comme l'impact principal de la qualité des eaux et sa teneur en éléments toxiques. L'eau précipitée se charge de plus en plus lors de son ruissellement et son contact avec les terrains superficiels. La

présence des roches carbonatées et les roches salines ou évaporites à la surface du bassin versant conduisent à une diminution de la qualité des eaux et peuvent influencer le type de faciès chimique d'une eau donnée.

Tab n° 03: Valeurs guides de l'agence nationale des ressources hydrauliques (norme Algérienne).

Désignation	Bonne	Moyenne	Mauvaise	Très mauvaise
PH	6,5 à 8	6,5 à 8,5	5 à 9	> 9 et < 6,5
O ₂ dissous %	90 à 50	50 à 30	30 à 10	< 10
NH ₄ mg/l	0 à 0,01	0,01 à 0,1	0,1 à 3	> 3
NO ₂ mg/l	0 à 0,01	0,01 à 0,1	0,1 à 3	> 3
NO ₃ mg/l	0 à 10	10 à 20	20 à 40	> 40
PO ₄ mg/l	0 à 0,01	0,01 à 0,1	0,1 à 3	> 3
DBO ₅ mg/l	5	5 à 10	10 à 15	> 15
DCO mg/l	20	20 à 40	40 à 50	> 50
MO mg/l	5	5 à 10	10 à 15	> 15
RS mg/l	300 à 1000	1000 à 1200	1200 à 1600	> 1600

Source : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (A.N.R.H, 2005).

En prenant en considération les normes, nous pouvons dire que l'eau de l'ensemble des barrages présente une minéralisation assez conséquente à l'exception de certains, et leur pH varie de 6,9 à 8, cela suppose qu'elle peut être dispensée de correction de pH. Nous constatons aussi une pollution organique exprimée en (DBO₅ ou en DCO). Nous remarquons aussi que le calcul du rapport (DCO/DBO₅), presque pour l'ensemble des barrages, donne des valeurs dépassant 3, ce qui signifie que la majorité des matières organiques est une matière non biodégradable. Cette pollution est due soit, aux apports des polluants provenant des rejets d'eaux usées soit au processus biologique (eutrophisation), et surtout à la présence de substances humiques non biodégradables.

Quant aux eaux chargées en NO₃ et en NH₄ nous pouvons dire que leurs teneurs sont dues à l'oxydation de la matière organique azotée.

Certains barrages présentent un déficit en oxygène du aux apports d'eaux de ruissellement chargées. La dégradation de la qualité physico-chimique de l'eau est due soit aux apports externes, soit au mélange des eaux du fond et de surface (phénomène de brassage saisonnier).

Tab n° 04 : Limite de qualité des eaux destinées à la consommation humaine.

paramètres	Limite de qualité	Unité
Paramètres microbiologiques		
Escherichia Coli	0	/100 ml
Entérocoques	0	/100 ml
Paramètres physico-chimiques		
température	25	°C
PH	6,5 – 9	Unité pH
conductivité	180 - 1000	µS/cm
turbidité	1	NTU
DBO	Eau naturelle pure > 1 Rivière légèrement polluée >1 et <3.	mg/l d'O ₂
DCO	1,5 à 2 fois la DBO ₅	mg/l d'O ₂
chlorures	200	mg/l
sulfates	250	mg/l
magnésium	50	mg/l
sodium	150	mg/l
potassium	12	mg/l
Aluminium total	200	µg/l
Paramètres concernant des substances indésirables		
Nitrates	50	mg/l
Nitrites	0,5	mg/l
Ammonium	0,1	mg/l
Azote kjeldahl	1	mg/l
Fer	200	µg/l
Manganèse	0,5	mg/l

Cuivre	2	mg/l
Zinc	5	mg/l
Phosphore	5	mg/l
Argent	10	µg/l
Fluor	1500 (pour T : 8 -12 C°)	µg/l
Fluor	700 (pour T : 25 – 30 C°)	µg/l
Paramètres concernant des substances toxiques		
Arsenic	10	µg/l
Cadmium	3	µg/l
Baryum	0,7	mg/l
Benzène	1	µg/l
Bore	1	mg/l
Bromates	10	µg/l
Chrome	50	µg/l
Chlorure de vinyle	0,5	µg/l
Cyanures totaux	50	µg/l
Hydrocarbures aromatiques	0,1	µg/l
Mercure total	1	µg/l
Nickel	20	µg/l
Plomb	10	µg/l
Sélénium	10	µg/l
Pesticides		
Atrazine	2	µg/l
Bentazone	30	µg/l
Chlordane	0,2	µg/l
DDT	2	µg/l
lindane	2	µg/l

Source : OMS, 2004.

I.3.1. Principales ressources hydriques superficielles en Algérie

I.3.1.1 Données de base sur les ressources en eau

Le territoire algérien couvre une superficie de presque de 2,4 millions de Km², mais la plupart de cette étendue correspond à un désert où les précipitations sont quasi-nulles. Dans cette partie du territoire, les ressources en eau superficielles sont très faibles et limitées essentiellement à la partie du flanc septentrional de l'Atlas ; les ressources souterraines y sont par contre abondantes mais sont très faiblement renouvelables (nappes du Sahara septentrional). Le potentiel des ressources en eau renouvelables est localisé dans le Nord de l'Algérie qui englobe les bassins tributaires de la Méditerranée et les bassins fermés des hauts plateaux.

La pluviométrie varie de 200 mm par an sur les Hauts-Plateaux steppiques à 1600 mm par an sur les reliefs de l'Atlas tellien en bordure de la méditerranée. En plus de cette variation Nord-Sud, on note également une augmentation de ces précipitations d'Ouest en Est.

Les potentialités en eau du pays sont estimées à un peu moins de 20 milliards de mètres cubes (m³), dont 75% seulement sont renouvelables (60% pour les eaux de surface et 15% pour les eaux souterraines). Les ressources non renouvelables concernent les nappes du Sahara Septentrional qui seraient exploitées comme un gisement et qui se traduit donc par un abatement continu du niveau de ces nappes.

Les ressources en eau dépendent du climat qui dans le cas de l'Algérie est aride pour le Sahara et semi humide à humide pour le Nord. Elles sont donc peu abondantes et correspondent globalement à 12,4 milliards de m³ pour les eaux de surface et 2,8 milliards de m³ d'eaux souterraines dont 800 millions de m³ dans le sud (CNES, 2000).

Schématiquement, les ressources en eau superficielles décroissent du Nord au Sud, au fur et à mesure que croissent les ressources en eau souterraines.

L'inventaire systématique des ressources hydriques montre qu'à la zone tellienne correspondent des eaux de surface. La trentaine de cours d'eau moyens et petits échancrent le Tell pour se précipiter vers la méditerranée. Ils ont des débits irréguliers et les gorges qu'ils traversent constituent des sites logiques de barrages. Au plan théorique, 250 sites utilisables ont été répertoriés.

Au Nord du pays, les ressources mobilisées totales sont destinées à raison de 55,3% à l'irrigation (2,1 milliards de m³), de 34,2% à l'AEP (1,3 milliards de m³) et 10,5% à l'industrie (0,4 milliard de m³).

Au niveau des hauts plateaux et du Sahara, pauvre en eaux de surface, correspondent des ressources souterraines ; de vastes nappes profondes aux circulations complexes, y ont été mises en relief, elles présentent l'inconvénient de n'être pas renouvelables au Sahara.

Le territoire national est actuellement subdivisé en cinq régions hydrographiques. Ce zoning est opéré pour faire en sorte que les complémentarités de l'eau soient posées à l'échelle de territoires physiques au sein desquels la relation ressources / besoins est établie. Outre la région hydrographique Sud, les 4 bassins délimités dans le Nord, sont d'Ouest en Est les suivants :

- ☞ L'Oranie – Chott – Chergui;
- ☞ Le Chellif – Zahrez;
- ☞ L'Algérois – Hodna – Soummam;
- ☞ Le Constantinois – Seybouse – Mellegue.

La disparité spatiale des ressources en eau est un autre indicateur qui montre que les régions hydrographiques Oranie – Chott – Chergui et Chélif – Zahres qui correspondent à trois fois la région Constantinois – Seybouse – Mellègue en termes de superficie, n'en représentent que 70% en termes de ressources en eau.

Le Constantinois – Seybouse – Mellègue, bien arrosé et où les précipitations sont les moins aléatoires, constitue la région la plus riche en eau ; Elle reçoit près de 39% des écoulements annuels en eau de surface du pays.

En revanche, la région Oranie – Chergui, bien que plus étendue en termes de superficie (35% environ de la superficie totale de l'espace tellien), ne reçoit à peine que 8% des écoulements de surface totaux). (ABHS, 2002). Dans le sud, la disponibilité en eau est importante grâce aux nappes du continental intercalaire et du complexe terminal, mais celles-ci ne couvrent qu'une partie de l'étendue du Sahara.

I.3.1.2 Bassins hydrographiques

I.3.1.2.1. Ressources en eau de surface

Les écoulements de surface avaient été estimés pendant la période coloniale à 15 milliards de m³ (XIX^{ème} congrès géologique international ALGER – 1952) pour les bassins tributaires de la Méditerranée (123000 km²), c'est-à-dire sans tenir compte des bassins qui dépendent des chotts. Dans les dernières études menées dans le cadre du plan national de l'eau (ANRH) et qui intègrent des années de sécheresse (jusqu'à 1993), les ressources en eau de surface sont évaluées à 12,4 milliards de m³ répartis par bassin hydrographique selon le tableau suivant :

Tab n° 05: Répartition spatiale des eaux de surface.

Bassin	Oranie	Chélif	Algérois	Constantinois		
Hydrographique	Chott	Zahres	Soummam	Seybouse	Sud	Total
	Chergui		Hodna	Mellègue		
Ressources pot (Hm ³ /an)	1025	1840	4380	4500	600	12.34
Pourcentage (%)	8.7	15.7	37.3	38.3	0.48	100.0

Source : Agence des Bassins Hydrographiques (A.B.H, 2002)

Les débits sont irréguliers dans l'année avec des étiages souvent nuls et des crues de courtes périodes mais violentes, causant une érosion à l'amont et des inondations à l'aval. Les extrêmes observés au niveau de certains ouvrages, Tableau (5) montrent l'importance des écarts, et donnent une idée de la difficulté qu'il y a à régulariser les écoulements en Algérie. Les barrages ont été longtemps le principal vecteur disponible en matière de domestication

des eaux superficielles. Globalement, la capacité de mobilisation installée est répartie entre les barrages (21,4%), les forages (72,6%) et les sources (6,0%). (CNES, 2000).

Selon certaines études, le besoin théorique de l'Algérie s'élève à 120 barrages supplémentaires pour rattraper le déficit en matière de mobilisation des eaux



- | | | | |
|----|-----------------------------|----|------------------------------------|
| 1 | : Barrage de Mexa | 6 | : Barrage de Zardézas |
| 2 | : Barrage de Cheffia | 7 | : Barrage de Guénitra |
| 3 | : Barrage de Ain Dalia | 8 | : Barrage de Béni Zid |
| 4 | : Barrage de Hammam Debagh | 9 | : Barrage de Béni Haroun |
| 5 | : Barrage de Zit Amba | 10 | : Barrage de Fontaine des Gazelles |
| 5' | : Barrage de Foum El Gueiss | 11 | : Barrage de Foum el Gherza |

Fig n° 02: Localisation géographique de quelques barrages (Nord-Est Algérien).

Tab n° 06: Ressources en eaux mobilisées en Algérie.

N°	Barrage	Wilaya	Année mise en service	Capacité initiale Hm ³	Volume régularisé Hm ³ /an
Bassin hydrographique : Oranie – Chott - Chergui					
1	Beni Bahdel	Tlemcen	1952	63.0	30.0
2	Meffrouch	Tlemcen	1963	15.0	10.0
3	Sidi Abdelli	Tlemcen	1988	110.0	38.0
4	H. Boughrara	Tlemcen	1999	177.0	50.0
5	Sarno	S.B.Abbes	1954	22.0	4.0
6	Cheurfas II	Mascara	1992	82.0	34.0
7	Ouzet	Mascara	1985	100.0	
8	Bou Hanifia	Mascara	1948	73.0	7.0
9	Fergoug	Mascara	1970	18.0	
	Total			660.0	241.0
Bassin hydrographique: Cheliff - Zahrez					
10	Merdja.S.Abed	Relizane	1984	54.9	50.0
11	Gargar	Relizane	1988	450.0	100.0
12	S.M.B.Aouda	Relizane	1978	235.0	120.0
13	Bakhadda	Tiaret	1963	56.0	32.0
14	Dahmouni	Tiaret	1987	41.0	6.0
15	C.Bougara	Tissemsilet	1989	13.0	9.0
16	Sidi-Yacoub	Chlef	1983	280.0	90.0
17	Oued-Fodda	Ain Defla	1932	228.0	50.0
18	Deurdeur	Ain Defla	1984	115.0	35.0
19	Harreza	Ain Defla	1984	70.0	35.0
20	Ghrib	Ain Defla	1938	280.0	72.0
21	Boughzoul	Medéa	1934	55.0	
	Total			2350.4	634.0
Bassin hydrographique : Constantinois – Seybousse – Mellègue					

22	H.Grouz	Mila	1987	45.0	8.0
23	Ain-Dalia	S.Ahras	1987	82.0	34.0
24	O.Cherf	S.Ahras	1995	157.0	32.0
25	Zardezaz	Skikda	1977	31.0	20.0
26	Guenitra	Skikda	1984	125.0	30.0
27	H.Debagh	Guelma	1987	220.0	75.0
28	Cheffia	El Tarf	1965	171.0	100.0
29	F.E.Gueiss	Khenchela	1930	3.0	3.0
30	Babar	Khenchela	1985	41.0	12.3
31	Mexa	El Tarf	1998	51.0	28.0
32	Béni Zid	Skikda	1993	40.0	22.0
33	Zit Emba	Skikda	2001	120.0	40.0
	Total			1086.5	372.3
Sahara					
34	Djorf-Torba	Bechar	1968	350.0	100.0
35	Brézina	El Bayyadh	2001	122.5	12.0
36	F.E.Gherza	Biskra	1950	47.0	13.0
37	F.D.Gazelles	Biskra	2000	55.5	14.0
	Total			575.0	127.0

Source : Agence Nationale des Barrages (A.N.B, 2004).

Chapitre II :
Portrait du bassin
versant du Foum El
Gueiss .

II. Portrait du bassin versant de Foum El Gueiss

II.1. Présentation du barrage de Foum El Gueiss

II.1.1. Situation géographique et technique du barrage

Le réseau du barrage de Foum El Gueiss est situé à 19 Km à l'Ouest de Khenchela et au Sud-est du chef lieu de la commune de Kais, distant de 1,5 km de R ; N 88 .il est à destiné à l'irrigation de la haute plaine de R'emila.

Ses délimitations sont par l'Est la daïra d'El Hamma, coté Ouest par la forêt domaniale de Béni Ouedjana (F.D.B.O), le Nord par la ville de Kais et enfin la forêt domaniale d'Ouled Yacoub (F.D.Y.O) par le sud .ses coordonnées géographiques sont $35^{\circ} 28' 28''$ N de latitude , $06^{\circ} 56' 09''$ E de longitude et 1013 m d'altitude. (BENSARI et CHAKHRIT, 2011).

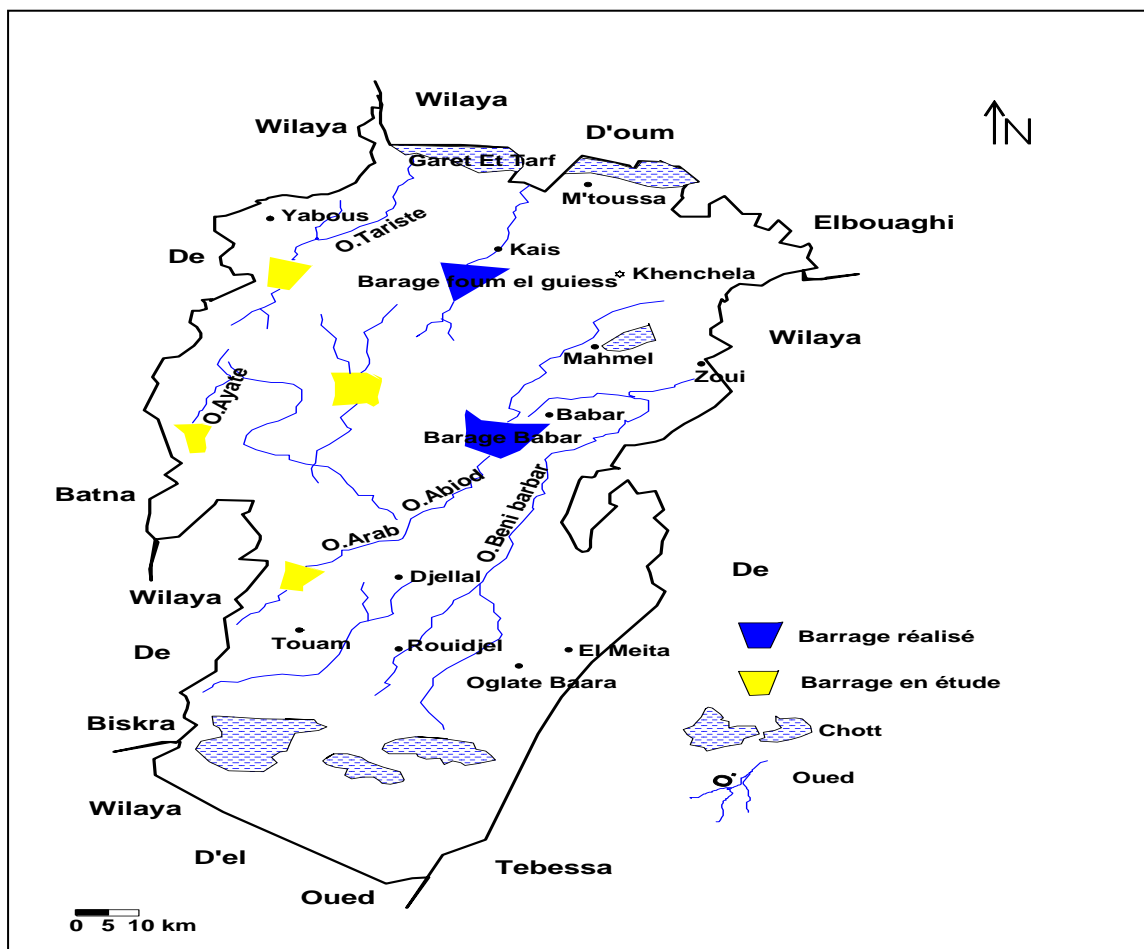


Fig. n° 03: Carte de mobilisation de la ressource en eau à la wilaya de Khenchela.

II.1.2. Historique

La construction du barrage proprement dit a débuté en 1931. son achèvement et sa mise en eau ont eu lieu au cours des années 1938 et 1939.

Des campagnes de mesures topographiques et bathymétriques ont été réalisées en 1975 par la compagnie générale de géophysique (France) et en 2001 par l'Organisation Nationale de Contrôle Technique de la construction Hydrique (CTH).

D'après le rapport de CTH, la cote des plus hautes eaux (PHE) est de 964.00 m et la cote de retenue normale (RN : seuil du déversoir) est de 961.90m dans le système altimétrique du barrage. (A.N.B, 2005).

II.1.3. Caractéristiques

Le site est absolument magnifique, situé entre les communes d'El Hamma et de Kais, dans la wilaya de Khenchela, n'est plus exploitée depuis six ans. Et ce n'est nullement à cause d'un déficit pluviométrique.

Ce barrage a une capacité réelle de plus de 2 millions de mètres cubes mais malheureusement il est envasé presque à 100%. Pris en charge par l'agence nationale des barrages (ANB) sur instruction du ministère des ressources en eau ce barrage bénéficie actuellement d'une étude spéciale dirigée par le bureau d'étude français *Hydroplus* afin d'augmenter sa capacité emmagasinement.



Fig. n° 04: Barrage de Foum El Gueiss.

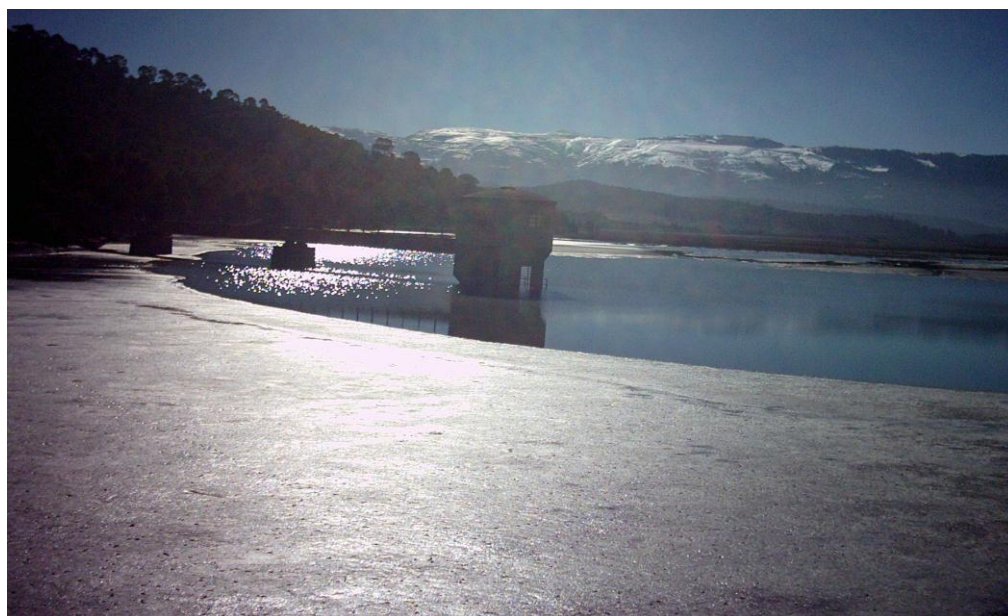


Fig. n° 05: Barrage de Fom El Gueiss.

Les principales caractéristiques de barrage Fom El Gueiss sont représentées dans le tableau suivant :

Tab n° 07: principales caractéristiques du barrage de Fom El Gueiss.

Affluents	Barrage Fom EL Gueiss
Type	Encochements avec masque en béton
Déversoir	A seuil libre non vanne
Sources d’approvisionnement en eau	Oued Gueiss et ses affluents
Capacité après surélévation 2005	0 ,605HM ³
Capacité dernière levée bathymétrique 2005	0 ,045HM ³
Apport moyen annuel	11,3HM3
Précipitation moyenne annuelle	409MM
Envasement annuel	0,03HM ³
Volume régularisé	3,2HM ³
Cote retenu normale	961,90M
Surface bassin versant	156KM ²
Surface du plan d’eau à la RN	12,84HA

Source:(Fiche technique du barrage).

II.1.4.Géologie de la zone d'étude

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

II.1.4.1. Note de géologie portant sur l'évacuateur

Le seuil de l'évacuateur de crue est entièrement fondé sur le blanc de grés massif supérieur constitué d'une couche de grés jaune quartzeux .les condition de fondation sont bien visible au pied du seuil et dans le chenal de restitution.

Ces observations confirment la nature du roche de fondation ,composé de bancs de grés à pendage aval (environ 20°) ,épais, mais présentant de nombreux joints verticaux parallèles à la direction de l'écoulement .

Le risque principal lié à l'évacuateur de crue est un affouillement du pied du seuil pouvant conduire à un glissement de la structure sur la fondation, le long des joints de stratification des bancs de grés. Ce risque, qui est impossible à quantifier, appelle à un traitement consistant en tout premier lieu à reboucher avec du béton de masse les principales factures subhorizontales de direction parallèle à l'écoulement. (A.N.B).

II.1.4.1.1.Objet de la note

Les versants de la retenue du barrage de Foum El Gueiss sont localement affectés par des désordres se traduisant par des petits mouvements de terrain .l'un est situé en rive gauche à proximité du barrage ; l'autre est situé en rive droite à une centaine de mètres du barrage, en aval immédiat de la passerelle d'accès à la tour de prise d'eau.

La localisation de la zone située en rive droite, qui est la seule à nécessiter un traitement comme indiqué plus loin.

La présente note a pour objet de préciser les conditions géologiques de ces deux zones, d'évaluer les risques liés aux désordres constatés et de préciser les traitements à prévoir. (A.N.B).

II.1.4.2. Conditions géologiques

Les conditions géologiques du site sont décrites dans la monographie de L.Liessard, produite à l'occasion du 19^{ème} congrès géologique international « la géologie et les problèmes de l'eau en Algérie ». Cette monographie fournit des indications précises et détaillées sur les conditions de fondation de la digue et des ouvrages annexes.

Le site du barrage intéresse des formations burdigaliennes, résultant d'une sédimentation littorale ou sublittorale ayant créé des dépôts calcaires à la base puis marno-gréseux. Plus précisément, l'étude stratigraphique au niveau du site d'implantation du barrage met en évidence la série lithologique suivante, reposant sur les marnes du turonien et comprenant de bas en haut :

- Des conglomérats à galets roulés ou anguleux ; l'épaisseur de cette couche est très variable et les affleurements sont sporadiques.
- Une couche de grés gris bleu très compacts.
- Une couche de grés tendre argilo-marneux.
- Une couche de grés gris bleu.
- Une couche de schistes.
- Une couche de grés jaune quartzeux.

La structure générale du site est caractérisée par une direction des couches perpendiculaire à la vallée et un pendage vers l'aval de l'ordre de 20°.

La rive gauche et la partie centrale de la vallée sont marquées par la présence d'un certain nombre de failles, ayant en particulier provoqué un effondrement de la partie centrale.

- La zone où sont observés les petits mouvements de terrain correspond à une zone broyée localisée dans l'enchevêtrement de failles caractérisant la rive gauche, et qui s'est progressivement érodée sous l'effet du ruissellement. Les terrains intéressés sont un mélange de poudingues et grés.
- La zone où sont observés les mouvements de surface correspond aux bancs de schistes situés directement sous la formation principale gréseuse constituant le chenal de l'évacuateur. La zone est à l'écart des failles marquant le site en rive gauche et en rive gauche et en partie centrale.

L'examen de la zone confirme la structure géologique générale : les bancs de schistes ont une direction perpendiculaire à la vallée et un pendage vers l'aval conforme aux

indications du plan géologique .les schistes se présentent sous forme de bancs très minces qui se délitent en s'altérant progressivement à l'air. (A.N.B).

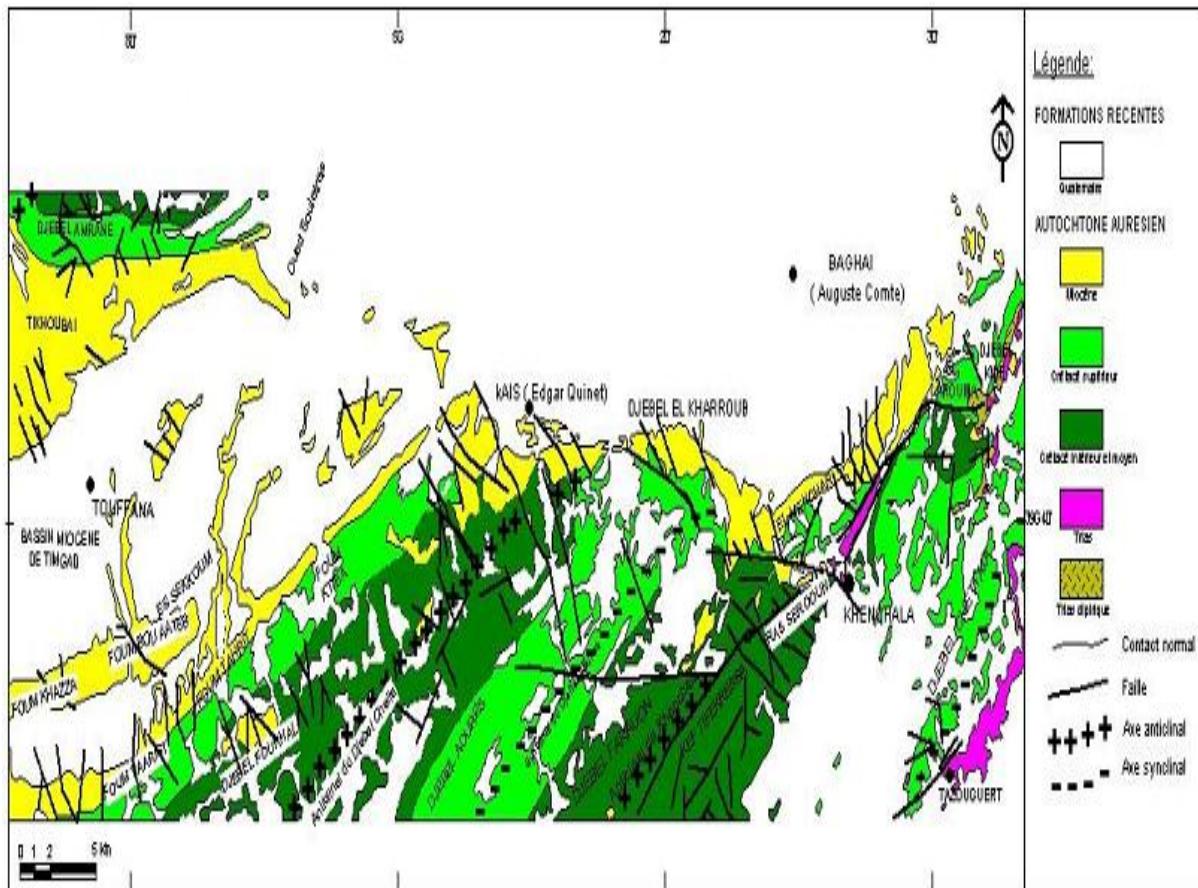


Fig. n° 06: Schéma structural simplifié du piémont Nord Est des Aurès. (MEHEMAL, 2009).

II.2.Morphométrie du bassin versant de Foum El Gueiss

II.2.1. 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.

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.

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

La surface du bassin versant de Foum El Gueiss est 156 Km² et leur périmètre est de 53 m, Après les calculs qu'on a fait le Kc =1,19, donc le B.V de Foum El-Gueiss tend vers une forme plus au moins ramassée.

II.2.2.Courbe hypsométrique

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

Cette courbe est obtenue en portant :

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

Tab n° 08: Répartition altimétrique du bassin versant de Foum El Gueiss.

(MEHEMAL, 2009).

Elévation (m)	Bornes Sup(m)	Surfaces entre courbes		Surfaces cumulées	
		S _i (Km ²)	%	S _i (Km ²)	%
2177-2100	2177	0.8	0.51	0.8	0.51
2100-2000	2100	1.5	0.96	2.3	1.47
2000-1900	2000	3.5	2.24	5.8	3.71
1900-1800	1900	3.6	2.30	9.4	6.02
1800-1700	1800	3.5	2.24	12.9	8.26
1700-1600	1700	3.8	2.43	16.7	10.70
1600-1500	1600	5.75	3.68	22.46	14.39
1500-1400	1500	17.01	10.90	39.47	25.30
1400-1300	1400	24.5	15.70	63.97	41.00
1300-1200	1300	28.2	18.08	92.17	59.08
1200-110	1200	31.7	20.32	123.87	79.40
1100-1000	1100	25.5	16.34	149.37	95.75
1000-968	1000	6.63	4.25	156	100

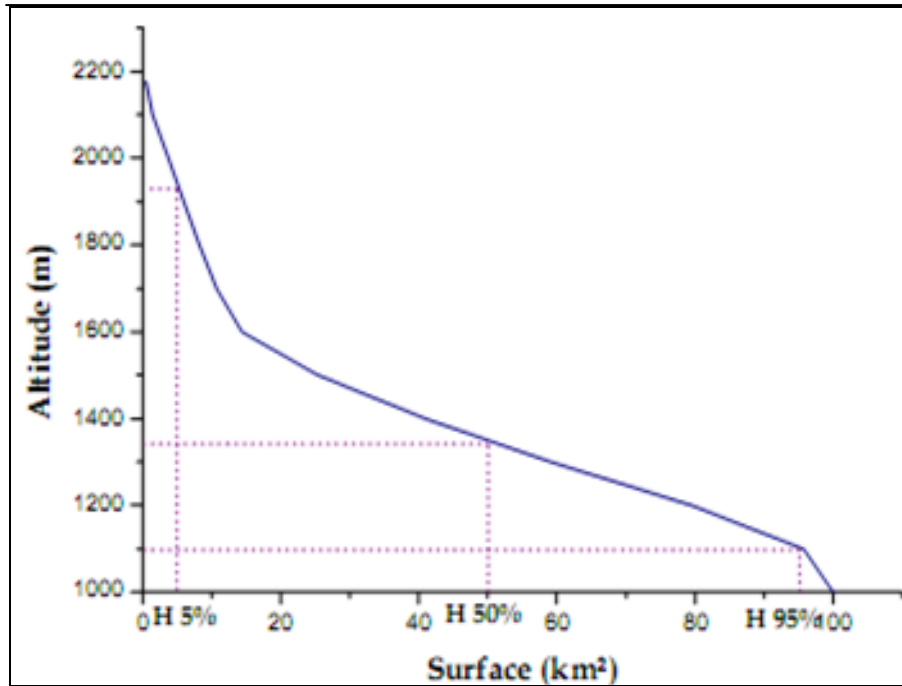


Fig. n° 07: Courbe hypsométrique du bassin versant de Foum El Gueiss.
(MEHEMAL, 2009).

A partir de cette courbe on détermine :

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

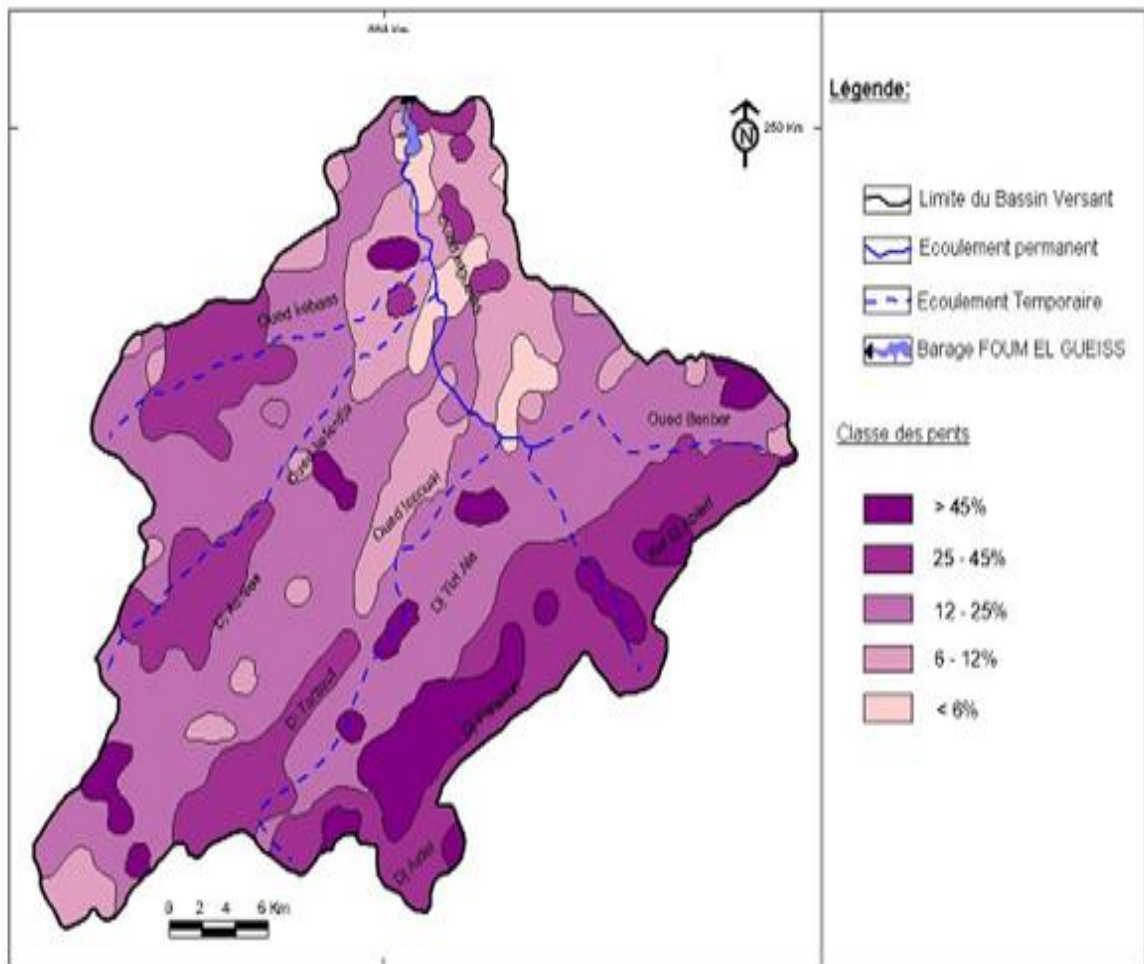
L'altitude moyenne est ainsi définie:

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

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

**Tab n° 09: Indices de pente du bassin versant de Foum El Gueiss.
(MEHEMAL, 2009).**

Indice de pente	BV 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



**Fig. n° 09: Carte des pentes du bassin versant de Foum El Gueiss
(MEHEMAL, 2009).**

II.2.4. Temps de concentration (TC)

Physiquement, le temps de concentration 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.

Il est donné par la formule suivante:

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5 L_p}{0.8\sqrt{H_{\text{moy}}}}$$

Tab n° 10: Estimation du temps de concentration du bassin versant de Foum El Geuiss. (MEHEMAL, 2009).

Paramètres	Valeurs	Unités
Superficie du BV:S	156	Km ²
Longueur du talweg principal: L _P	17.5	Km
Altitude moyenne sur le bassin versant : H _{moy}	1300.30	m
T _c	5-20 heures	5h 12 m

II.3. Réseau hydrographique

L'approvisionnement en eau du barrage de Foum El Geuiss est d'origine pluviale véhiculé par ses affluents, principalement l'Oued d'El Geuiss, passant par la localité de Tamza daïra d'Elhamma. (BENSARI et CHAKHRIT, 2011).

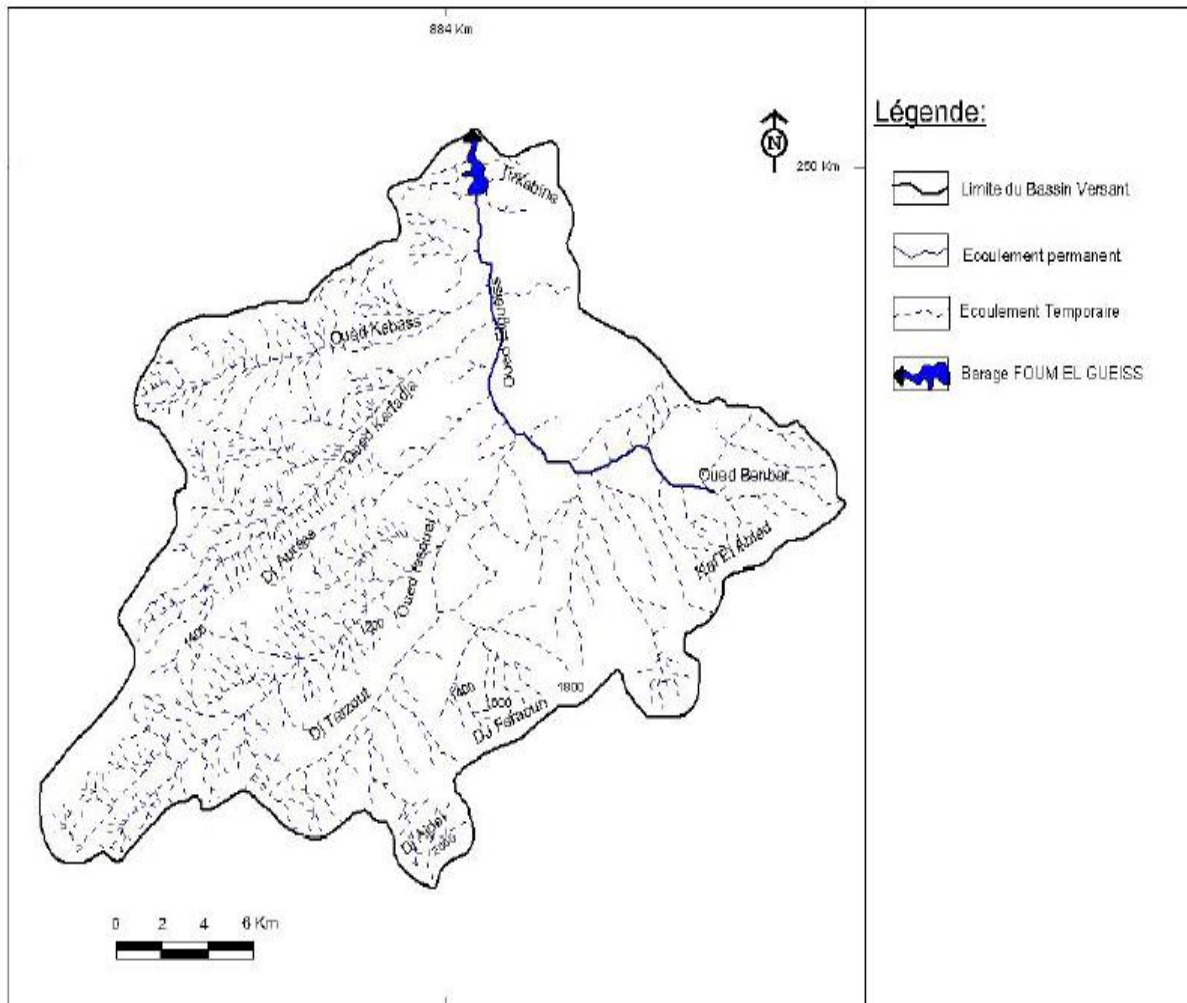


Fig. n° 10: Réseau hydrographique du bassin versant de Foug El Gueiss.
(MEHEMAL, 2009).

II.4.Perméabilité

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

Ainsi en distingue :

A) 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.

B) 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.

C) 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.

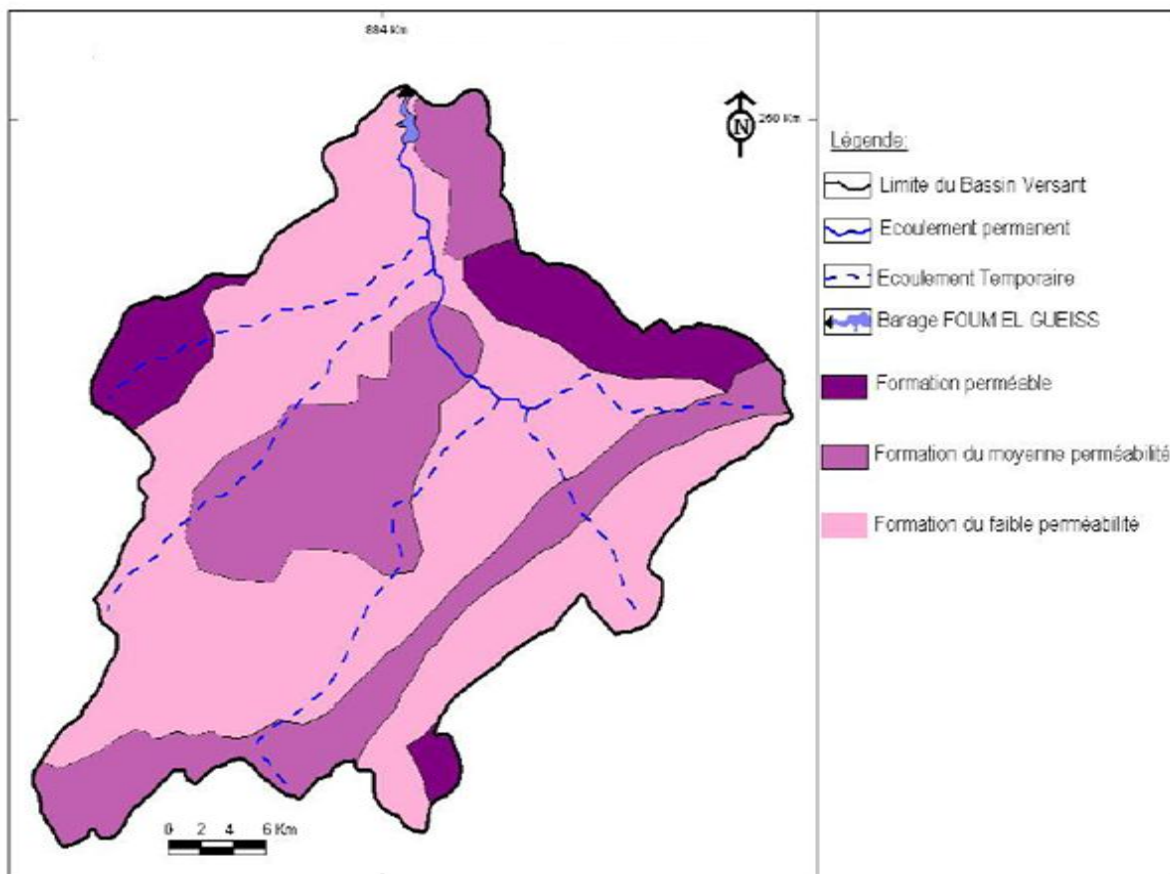


Fig. n° 11: Carte de perméabilité du bassin versant de Foum El Gueiss.

(MEHEMAL, 2009)

Chapitre III:

Etude hydro

climatologique du bassin

de Foum El Gueiss.

Introduction

Les paramètres Hydroclimatiques de la région interviennent d'une façon directe sur l'abondance fluviale et favorisent l'augmentation des réserves en eaux souterraines.

Le cycle souterrain de l'eau et le climat sont étroitement liés.

L'évolution du climat à une influence déterminante sur la variation dans l'ensemble des réserves et les fluctuations des nappes d'eaux souterraines qui s'alimentent par l'infiltration directe et se décharge par évaporation au cours de la saison, en pays aride et semi-aride le climat intervient par sa composition hydrique (pluviométrie). Qui régit fortement le régime des eaux souterraines et superficielles.

L'hétérogénéité du relief de la wilaya ; implique une extrême diversité des aspects climatiques. En général ; le climat est de type continental au Nord et presque saharien au Sud. Les Hivers, sont très rigoureux et les étés chauds et secs. Les précipitations annuelles moyennes se situent entre 200 et 400 mm/an.

III.1 Equipement

La station pluviométrique de Khenchela qui sert pour l'étude des précipitations. L'implantation géographique de cette station est représentée dans le tableau suivant:

Tab n° 11: Caractéristiques de la station pluviométrique retenue dans l'analyse des données pluviométriques (1995/2009).

Station	Coordonnées (m)			Période de mesure	Paramètres mesurés
	X	Y	Z		
Khenchela	890	250	983	1995/2009	P et T

Les hautes plaines de la wilaya de Khenchela (Kais) reçoivent en moyenne 400 mm d'eau par an. Par contre le secteur montagneux reçoit quant à lui 800 mm.

En dehors de la région montagneuse du Nord-Ouest (DJ.Chelia et DJ.Aidel) qui reçoit entre 700 et 1200 mm de pluies par an et le sud (les parcours sahariens) qui reçoit moins de 200 mm de pluies par an (Oued EL Meita) ; le reste du territoire de la wilaya est compris

entre les isohyètes 200 et 600 mm (de pluies par an), mais les variations annuelles sont considérables et il n'est pas rare de voir plusieurs années sèches consécutives.

III.2 Etude des facteurs climatiques

III.2.1 Pluviométrie

L'étude des précipitations nous a permis de voir l'évaluation des ces dernies, au cours du temps et leur apport pour la réserve en eau souterraines.

Cette étude est très utile. Car elle permet de connaître et d'estimer le dimensionnement des ouvrages hydraulique telle que les barrages et les retenus colinéaires ; la fluctuation du niveau piézométrique des eaux souterraines et les besoins d'irrigation.

Les données utilisées dans cette étude ont été obtenues au près de la station de Khenchela, de 1995 à 2009 pour caractériser la nature de la pluviométrie mensuelles et interannuelles, soit 15 cycles, ce qui est largement suffisant pour les calculs des moyennes et des paramètres de la distribution des précipitations.

Tab n° 12: Données pluviométriques enregistrées au niveau de la station de Khenchela (1995/2009).

Station	Mois	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mars	Avar	Mai	Jiu	Juil.	Août
St de Khenchela	P (mm)	61.64	40.84	41.03	41.96	57.79	27.81	36.80	53.27	64.57	35.63	21.89	50.74

a) Variation des précipitations mensuelles

Les précipitations moyennes mensuelles (Fig.12) sont calculées ici (en millimètres par mois) pour la station de Khenchela, ou elle enregistre un maximum de plus de 64.57mm au mois de Mai et un minimum de 21.89 mm au mois de Juillet ; du fait de sa position et de l'influence de l'altitude.

En fin, notons que le totale des précipitations de la wilaya de Khenchela est de 498.37mm.

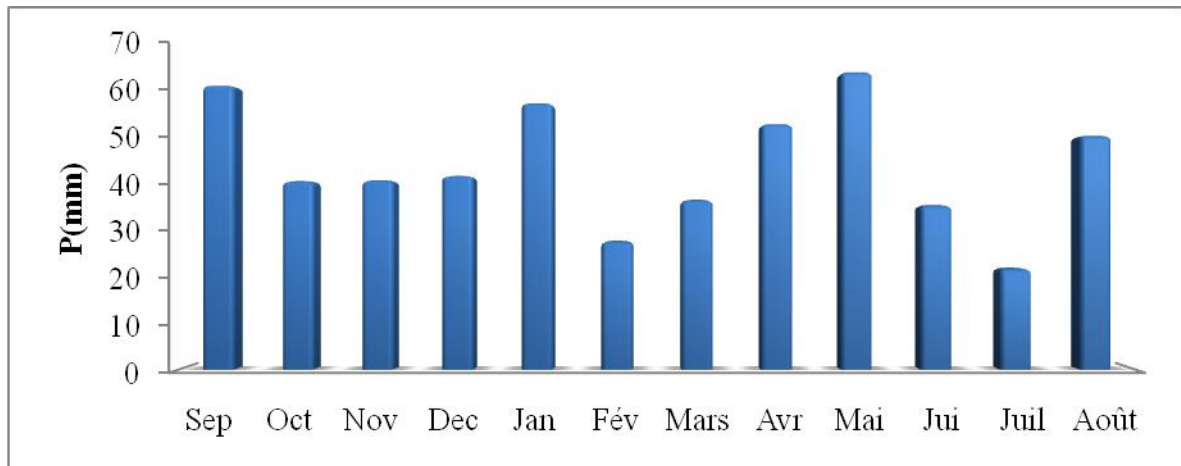


Fig n° 12: Variation des précipitations mensuelle à la station de Khenchela (1995/2009).

b) Variation annuelle des pluies

Les moyennes des précipitations interannuelles ont été calculées sur une période de 15 ans à Khenchela. Le calcul de la hauteur annuelle de pluie tombée durant chaque année de la période d'observation a permis de dresser l'histogramme de variation des précipitations annuelles de la station de mesure (Fig.13). On remarque d'après l'histogramme de variation des précipitations annuelles de la station de mesure que le régime pluviométrique est irrégulier d'une année à l'autre ; l'année la plus arrosée est celle de 2003/2004 avec une hauteur d'eau de 680.1mm. Cependant l'année la plus sèche est celle de 1999/2000 avec une hauteur qui ne dépasse pas les 311.9 mm

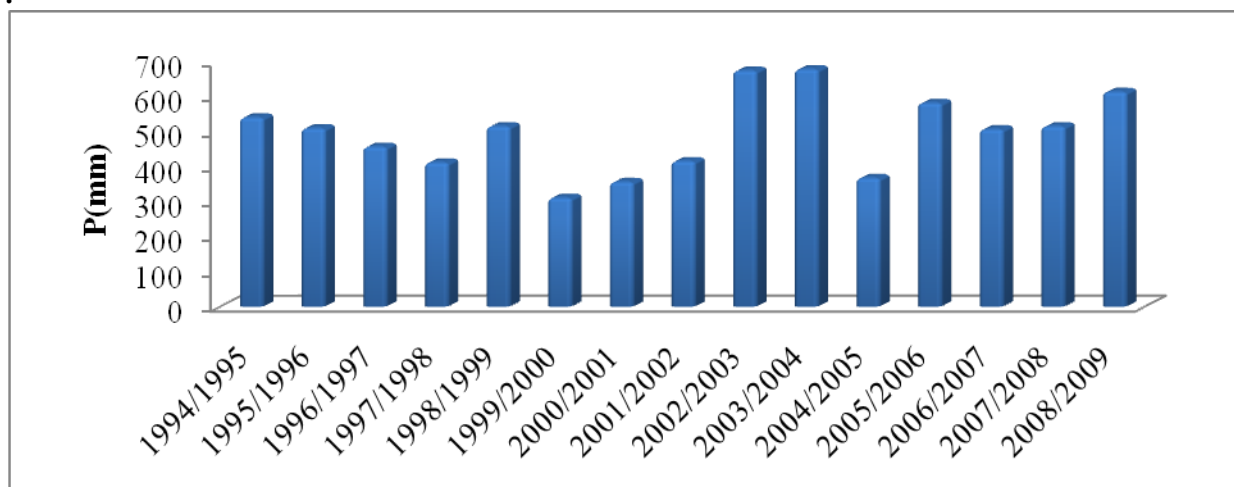


Fig n° 13: Variation des précipitations annuelles de la station de Khenchela (1995/2009).

c) Coefficient pluviométrique

Le coefficient pluviométrique noté Cp permet de déterminer les années excédentaires et les années déficitaires, il est donné par la formule :

$$Cp = p/p \text{ moy.}$$

Avec :

P : précipitation de l'année considérée.

P moy : précipitation moyenne pour la période d'observation.

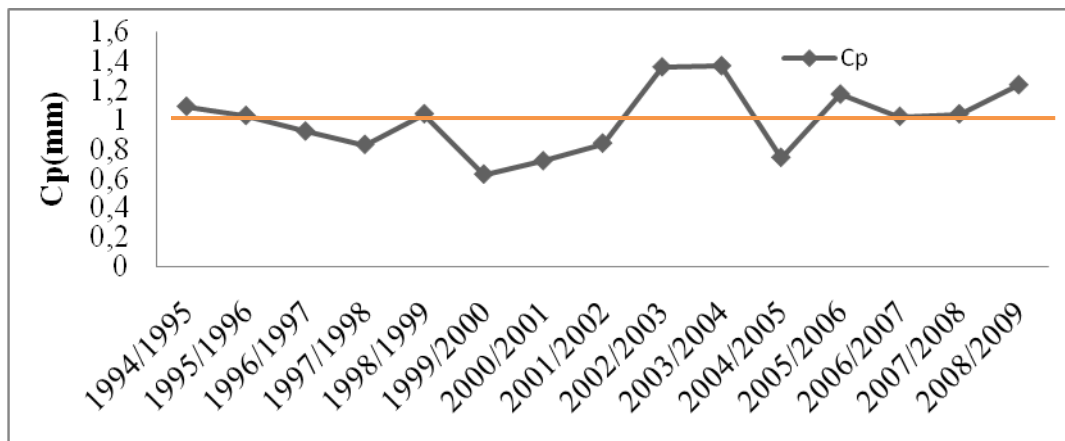


Fig n° 14: Variation du coefficient pluviométrique de la station de Khenchela de (1995/2009).

III.2.2 Données sur d'autres précipitations

a) Neige

D'après le tableau ci après, en remarque qu'à Khenchela il neige beaucoup plus qu'à Kais pourtant située plus au nord, cela est dû certainement à l'altitude. (1.116 m).

Tab n° 13: Moyenne annuelle de la neige (1995/2009).

	Nombre moyen	
	Jours ou il neige	Enneigement
Kais	07,8	05,9
Khenchela	12,4	12,4

Source : DPAT

b) Orages

La saison où l'on observe le plus d'orage est la saison estivale (de Mai à Septembre) comme cela est indiqué dans le tableau suivant :

**Tab n° 14: Nombre moyen de jours d'orage
(1995/2009).**

Mois Stat.	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Kais	-	0,5	1,2	1,9	5,8	5,6	3,9	5	4,6	2,7	0,5	0,1	31,8
Khenchela	0,1	0,2	1,3	1,8	5,4	5,5	4,4	5,5	4,9	1,7	0,3	0,1	31,2

Source : DPAT

c) Grêle

En ce qui concerne la grêle, c'est Khenchela qui en reçoit beaucoup plus que la région de Kais (presque deux fois plus) comme cela est indiqué par le tableau qui suit :

**Tab n° 15: Nombre moyen de jours de grêle
(1995/2209).**

Mois Stat	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy Annuelle
Kais	0,2	0,5	0,6	0,6	0,6	0,8	0,1	0,4	0,2	0,1	0,1	0,2	4,4
Khenchela	1,4	1,3	1,8	1,2	1	1,1	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,5	10,1

Source : DPAT

III.2.3 Température

Le paramètre de la température est indispensable à la climatologie, vu qu'il rend compte de son apport d'énergie à la végétation, de son pouvoir évaporateur qu'il exerce sur les surfaces mouillées, et enfin, qu'il est à l'origine du bon fonctionnement du cycle de l'eau.

a) Au pas de temps annuel

Pour la station de mesure, on peut ressortir que la fluctuation thermique moyenne annuelle est faible d'une année à l'autre (Fig.15) dont l'année la plus chaude est celle de 1996/1997 avec 17.5 °C. L'année la plus froide est de 2005/2006 avec des valeurs de températures de 14.9 °C.

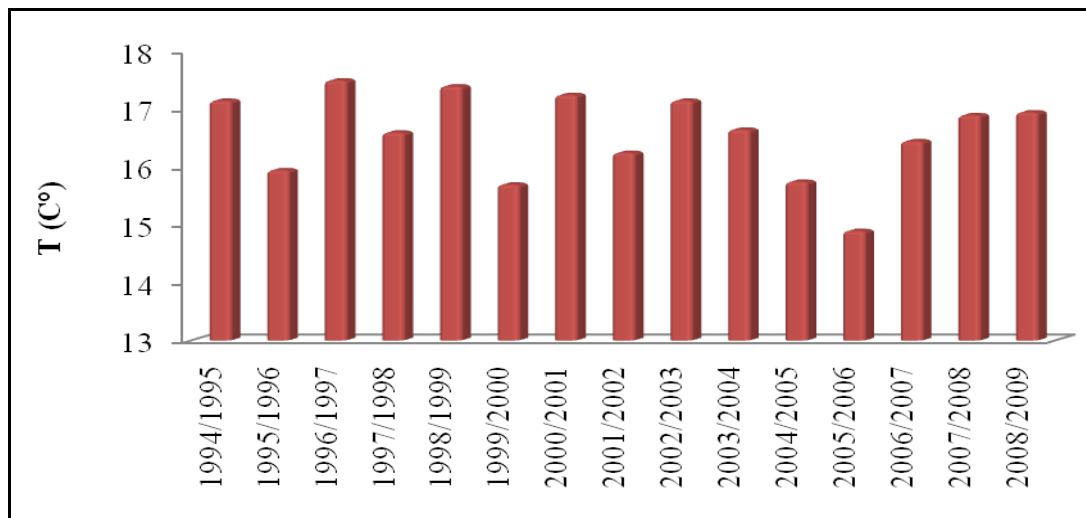


Fig n° 15: Variation des températures moyennes annuelles à la station de Khenchela (1995/2009).

b) Au pas de temps mensuel

D'après l'histogramme de variation des températures moyennes mensuelles de la station de mesure Khenchela (Fig.16), l'été est très chaud, ou la température est maximale au mois d'Août et Juillet avec des valeurs variées entre 25,90°C et 26,80°C, Certaines années les températures extrêmement hautes peuvent dépasser 40°C. L'hiver est relativement doux, pour la température minimale, elle est marquée au mois de Janvier avec 6°C. Certaines années lors de l'abaissement le plus fort, la température descend jusqu'à -4°C.

L'amplitude maximale des variations des températures mensuelles moyennes interannuelles (Fig.16), s'observe entre les mois de janvier et juillet, Cette amplitude est de 20°C.

Tab n° 16: Températures moyennes mensuelles de stations de Khenchela (1995/2009).

Mois	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mars	Avar	Mai	Jiu	Juil.	Août
T.moy. mensuelle (°c)	20.72	16.6	10.84	7.593	6.827	7.46	10.4	13.37	17.88	23.3	26.8	25.96

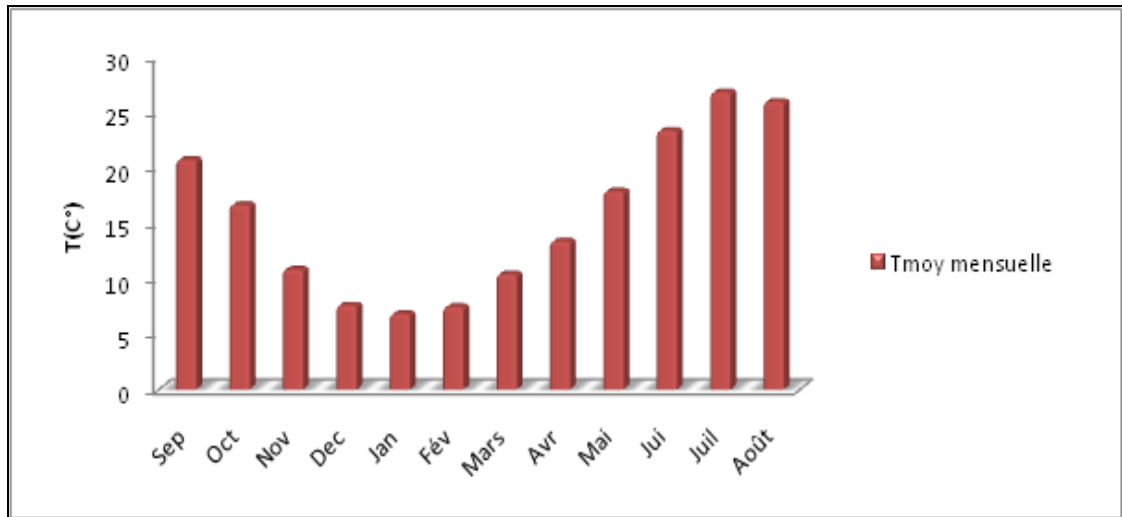


Fig n° 16: Variation des températures moyennes mensuelles à la station de Khenchela (1995/2009).

III.3 Diagramme Ombrothermique

La combinaison de deux facteurs, températures et précipitation, est importante pour mesurer les mois secs et humides, La courbe Ombrothermique (courbe de Gaussen et Bagnouls $P = 2T$) permet la distinction entre deux saisons l’une humide et l’autre sèche. Les diagrammes (Fig. 17) établis a partir des valeurs de la pluviométrie et des températures moyennes mensuelles sur une période de 15 ans, nous a permis de visualiser :

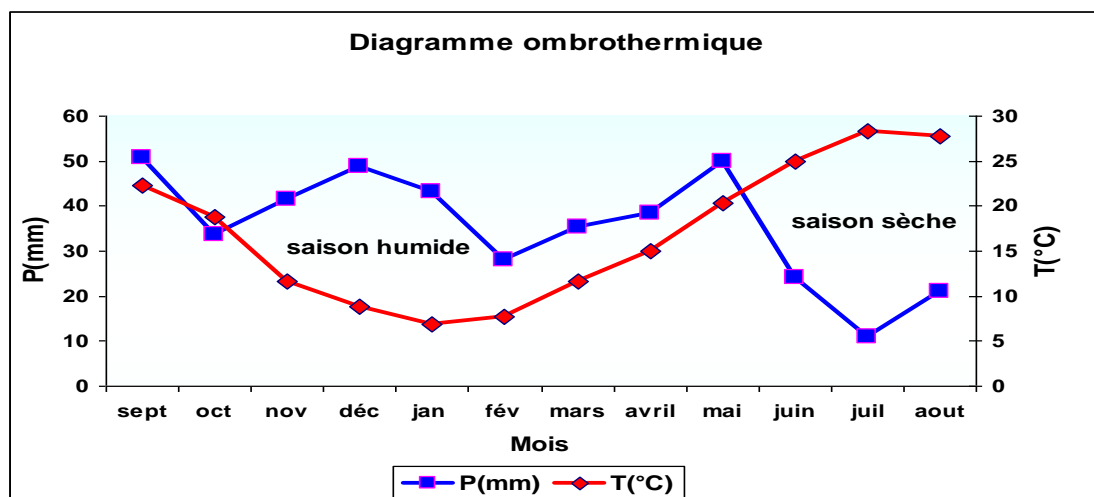


Fig n° 17: Diagramme Ombrothermique de Khenchela (1995/2009).

Une saison humide qui s'étale du début d'octobre jusqu'au mois de Mai, une sèche et chaude qui s'étend du début du mois de mai jusqu'au mois d'octobre.

III.4 Indice climatique (MARTONE 1923)

L'indice d'aridité de MARTONE 1923 se base sur le régime des précipitations et des températures pour caractériser le climat d'une région :

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

Avec :

P : précipitation moyenne annuelle en mm.

T : température moyenne annuelle en °C.

Ainsi ; suivant la valeur de A, il définit des climats distincts :

$20 < A < 30$ —————> climat tempéré

$10 < A < 20$ —————> climat semi-aride

$7.5 < A < 10$ —————> climat steppique

$5 < A < 7.5$ —————> climat aride

$A < 5$ —————> climat hyper aride

L'application de cette expression avec les données de la station de mesure a révélé que la région est de type de climat semi aride ($10 < A < 20$).

III.5 Bilan d'eau selon la méthode de Thornthwaite

Le bilan d'eau s'applique principalement pour établir la relation entre les apports et les pertes, il est fonction de plusieurs facteurs de systèmes hydrologiques tels que : les précipitations, ruissellement, infiltration, évaporation, évapotranspiration.

a) Mesure des différents paramètres du bilan hydrique

On appelle évapotranspiration réelle notée **ETR** la quantité d'eau évaporée ou transpirée par le sol, les végétations, et les systèmes libres du bassin versant estimée en (mm). On peut l'évaluer par la formule de Turc (1961) :

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

Plusieurs formules ont été utilisées pour estimer l'**ETP** parmi ces formules celle de Thornthwaite basée essentiellement sur la température de l'air :

$$\text{ETP} = 16 (10 t / I)^a k$$

Avec :

ETP : évapotranspiration potentielle en mm ;

t : température moyenne mensuelle en °C ;

I : indice thermique annuel donné par :

$$I = \sum i \text{ avec } i = (t / 5)^{1,514}$$

K : coefficient d'ajustement mensuel.

D'après G. Castany (eaux souterraines) la méthode se présente comme suit :

- **Si** la hauteur de pluie mensuelle supérieure à l'ETP \Rightarrow ETP = ETR
- **Si** la quantité qui reste est affectée à la réserve facilement utilisable (RFU), elle s'ajoute de mois en mois jusqu'à ce que la RFU atteigne le maximum de rétention, il en résulte donc un excédant (EX).
- **Si** la hauteur de pluie mensuelle $<$ ETP \Rightarrow ETR dépend de toutes RFU jusqu'à épuisement

Tab n° 17: Résultats de calcul des différents paramètres du bilan d'eau à la station de Khenchela (1995/2009).

	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mars	Avar	Mai	Jiu	Juil.	Août	Tôt
T (C°)	20.72	16.60	10.84	7.59	6.82	7.46	70.40	13.37	17.88	23.30	26.80	25.96	/
P (mm)	61.64	40.84	41.03	41.96	57.79	27.81	36.80	53.27	64.57	35.63	21.89	50.74	533.97
K	0.87	0.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	1.03	0.97	1.86	1.84	/
ETP (mm)	72.86	50.15	30.99	18.67	17.50	20.17	34.66	48.62	68.33	97.78	108.15	100.45	668.33
I	8.60	6.15	3.22	1.88	1.59	1.83	3.03	4.43	6.88	10.27	12.70	12.10	72.68
ETR (mm)	61.64	40.84	30.99	18.67	17.50	20.17	34.66	48.62	64.57	35.63	21.89	50.74	445.92
RFU (mm)	0.00	0.00	10.04	23.29	40.29	7.64	2.14	4.65	0.00	0.00	0.00	0.00	/
EX (mm)	0.00	0.00	10.04	23.29	40.29	7.64	1.81	4.65	0.00	0.00	0.00	0.00	88.07
DA (mm)	11.46	9.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.76	62.24	86.26	49.71	222.74

b) Interprétation du bilan d'eau

La station de Khenchela enregistre son maximum pluviométrique en Mai et son minimum estival en Juillet, ce mois correspond à la plus forte valeur de l'ETP au cœur d'une période de sept mois de déficit climatique et de sécheresse (d'Avril à Octobre) (Fig.18).

La reconstitution de la réserve facilement utilisable (RFU) s'effectue au mois d'octobre et atteint son maximum (40 mm) à partir de mois de Novembre jusqu'au mois d'Avril, globalement la période de Mai à Octobre correspond à une phase de tarissement de réservoir souterrains puisque leur alimentation est stoppée. L'écoulement commence après le remplissage de la RFU (saturation du sol) en Novembre et se termine en Avril.

Pour l'excédent, il est de l'ordre de 88.07 mm représentant 16.48% des précipitations annuelles alors que l'ETR est égale à 445.98 mm représentant 83.50 % des précipitations annuelles.

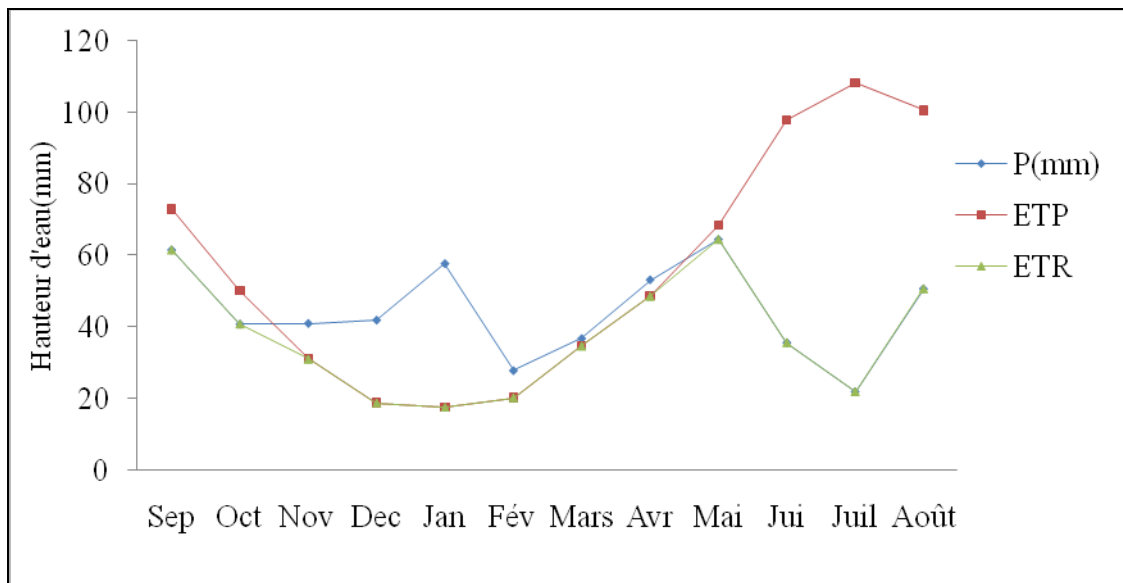


Fig n° 18: Représentation graphique du bilan d'eau de Thornthwaite de la station de Khenchela (1995-2009).

Chapitre IV :
Qualité physico-chimique
des eaux de barrage de
Foum El Gueiss.

Introduction

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

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

IV.1. Température

La température étant un facteur limitant, agit directement sur les activités enzymatiques en induisant une série de phénomènes physico-chimiques extrêmement importants au niveau cellulaire. La température des eaux de surface dépend du climat et des conditions atmosphériques (RODIER, 1996).

La température est plus élevée pendant la fin de la saison sèche (22°C) par rapport à la saison pluvieuse (7°C). La température de l'eau de barrage Foum El Gueiss varie entre 6,5 et 25°C, la température minimale étant relevée en février et la maximale en octobre. Dans notre cas, nous remarquons une légère fluctuation qui serait due à l'influence de la température de l'air. (Voir Fig.19).

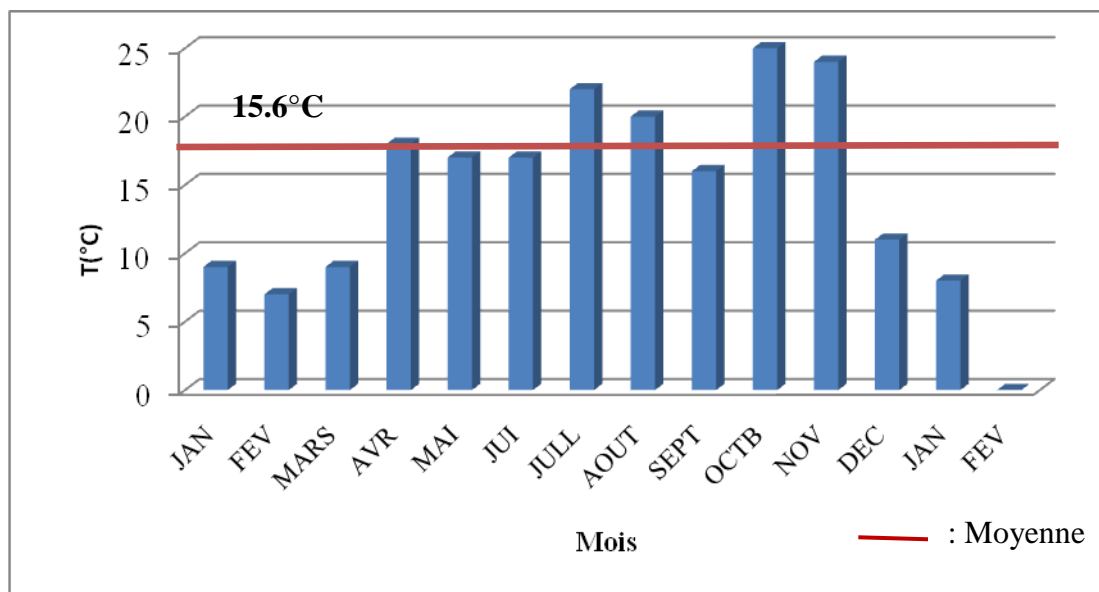


Fig n° 19: Histogramme de variation des valeurs de la température dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).

IV.2. pH

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

Le pH est compris entre 7.5 et 7.8. Selon l'OMS (2004), le pH d'une eau potable doit être compris entre 6,5 et 8,5. Les eaux de barrage Foum El Gueiss ont donc un pH voisin de la neutralité à l'exception du mois du décembre. Les valeurs du pH des eaux étudiées sont présentées sur la fig.20.

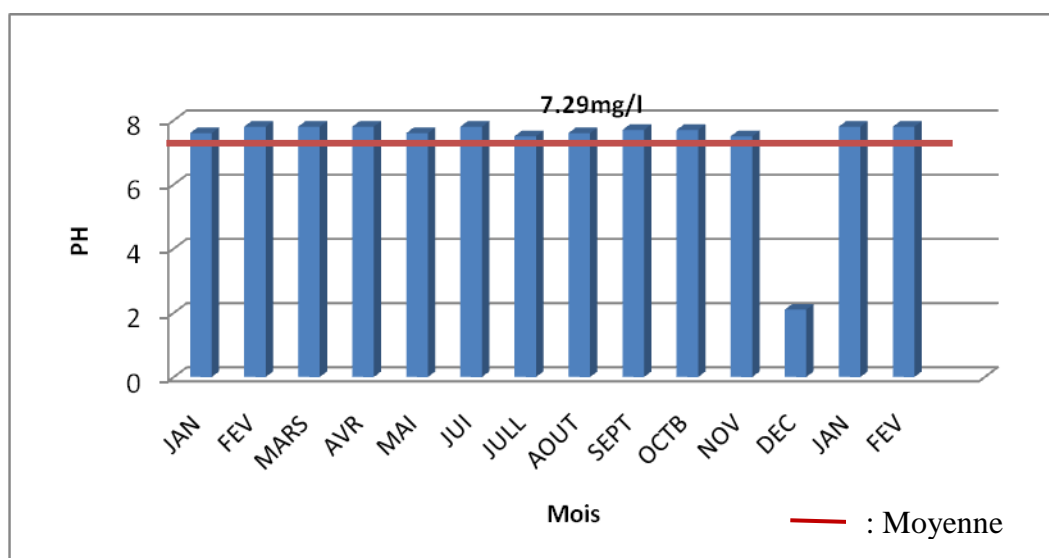


Fig n° 20: Histogramme de variation des valeurs du PH dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).

IV.3. Conductivité

La conductivité enregistrée se situe entre 0.9 et 920 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La valeur 920 $\mu\text{S}/\text{cm}$ est enregistrée au mois de janvier, elle peut être due à la contamination par les rejets urbains et agricoles ainsi que la géologie des sols, et aussi les conditions climatiques.

La nature géologique des terrains de la région est la principale cause de Cette forte conductivité qui correspond à une minéralisation important de ces eaux. La fig.21 présente les valeurs de la conductivité des eaux étudiées.

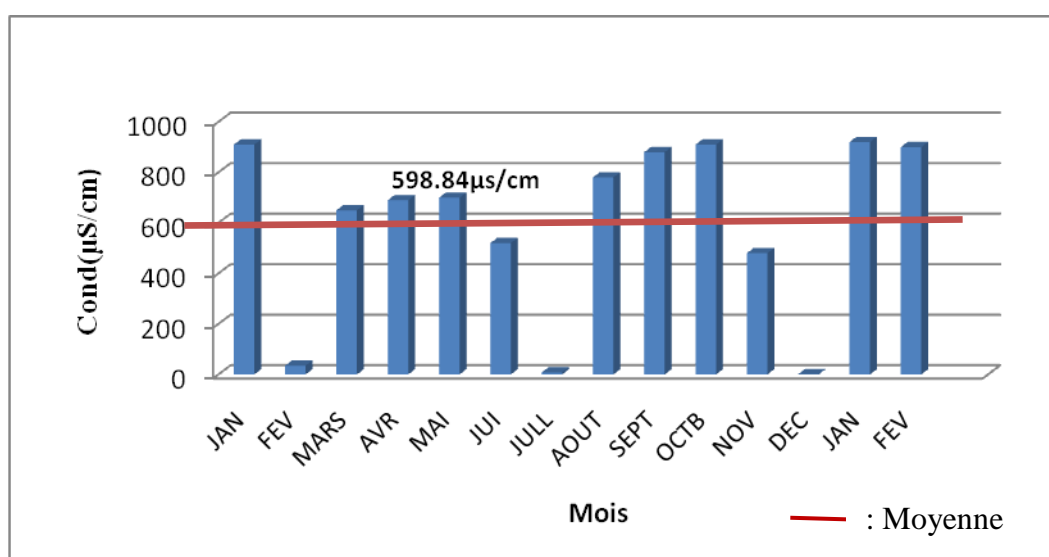


Fig n° 21: Histogramme de variation des valeurs de la conductivité dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).

IV.4. Turbidité

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

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

La fig.22 présente les valeurs des turbidités des eaux étudiées.

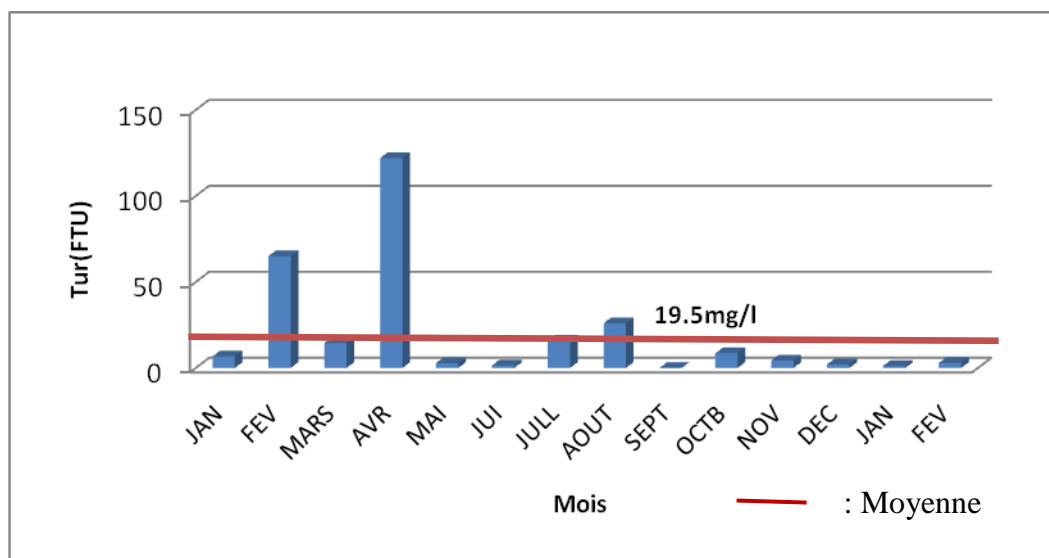


Fig n° 22: Histogramme de variation des valeurs de la turbidité dans les eaux du barrage Foug El Gueiss. (2011/2012).

IV.5. Alcalinité

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

Dans nos échantillons, les valeurs d'alcalinité varient entre 31 et 200 mg/l, les plus fortes teneurs pourraient provenir de la mise en solution des roches calcaires et de lessivage lors d'une forte pluie. La fig.23 présent les valeurs de TAC dans les eaux du barrage étudié.

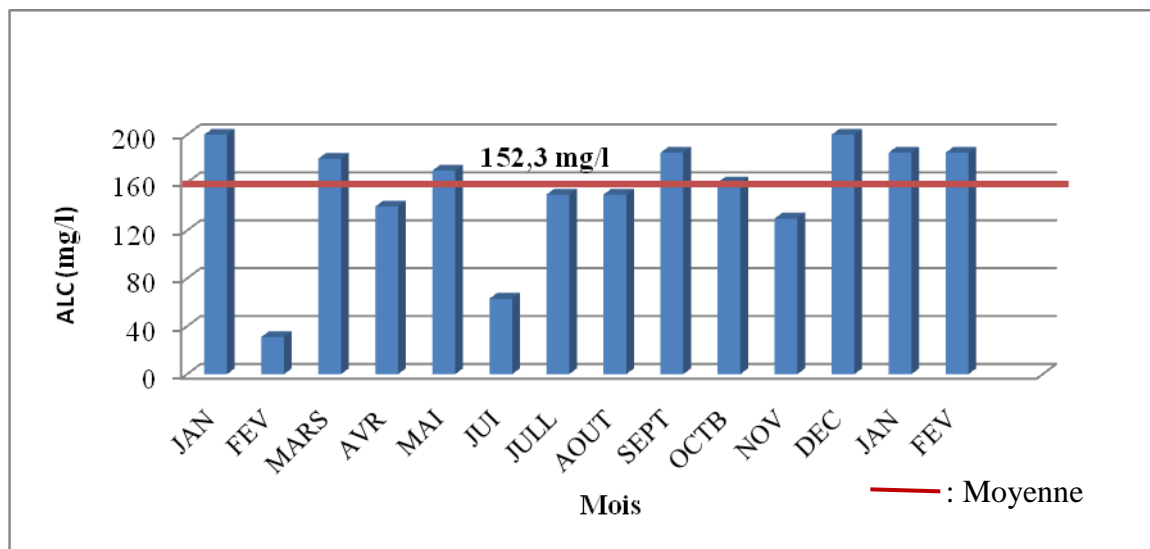


Fig n° 23: Histogramme de variation des valeurs de l'alcalinité dans les eaux du barrage Foug El Gueiss. (2011/2012).

IV.6. Chlorures et sulfates

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

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

Les fig. 24 et 25 présentent les valeurs des chlorures et des sulfates dans les eaux du barrage étudié.

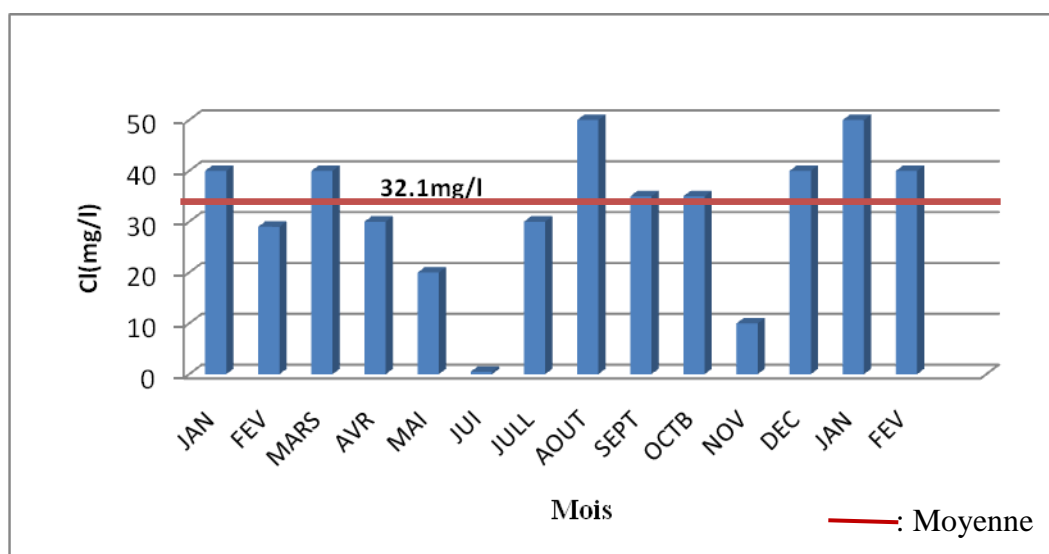


Fig n° 24: Histogramme de variation des valeurs du chlorure dans les eaux du barrage Fom El Gueiss. (2011/2012).

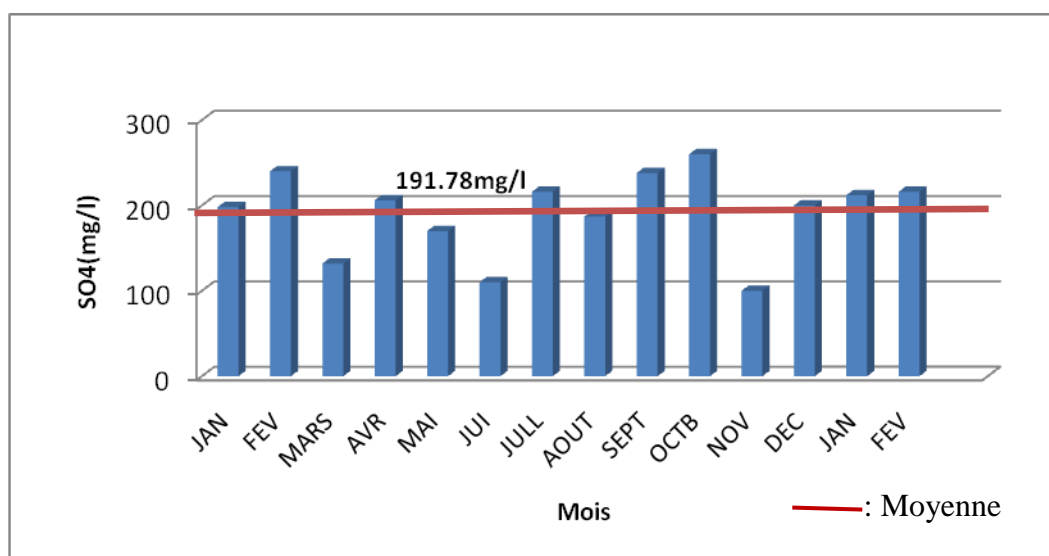


Fig n° 25: Histogramme de variation des valeurs des Sulfates dans les eaux du barrage Fom El Gueiss. (2011/2012).

IV.7. Phosphates

Les phosphates font partie des anions assimilables par le corps de l'être humain. Quelle que soit leur origine (domestique, industrielle ou agricole), leur présence dans les eaux à forte concentration (teneurs supérieure à 0,2 mg/l) favorise le développement massif d'algues, lesquelles conduisent à l'eutrophisation des lacs et des cours d'eau (RODIER, 1996 ;

POTELON et ZYSMAN, 1998). La directive des communautés européennes (CEE) et l'OMS (2004), indique comme teneur du phosphore dans l'eau destinée à la consommation humaine un niveau guide de 0,4 mg/l et une concentration maximale admissible de 5 mg/l exprimée en P_2O_5 . La réglementation française retient cette même valeur limite de 5 mg/l (POTELON et ZYSMAN, 1998).

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

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

Les résultats obtenus sont représentés sur l'histogramme suivant :

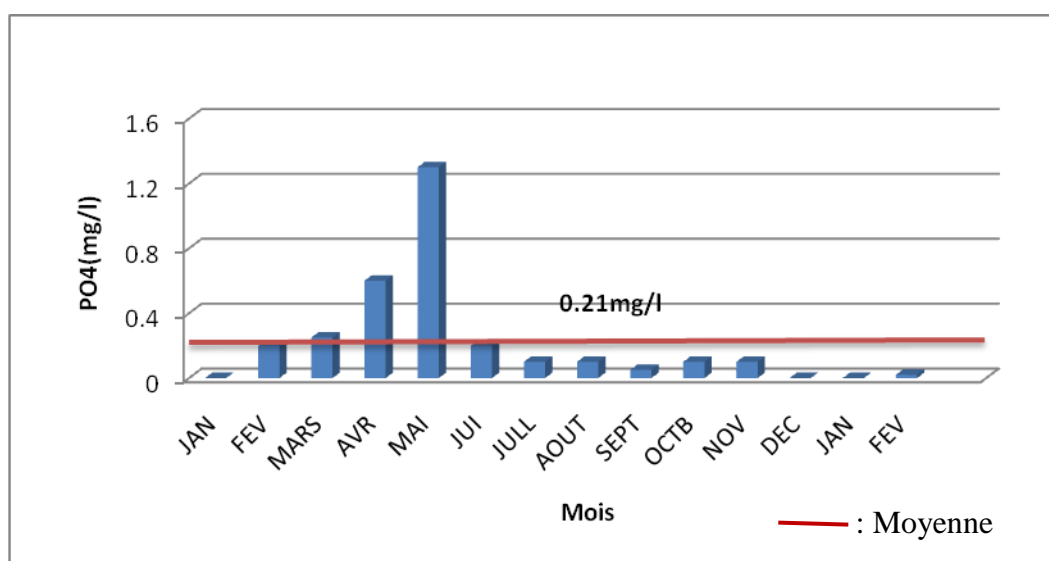


Fig n° 26: Histogramme de variation des valeurs des Phosphates dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).

IV.8. Les Nitrates

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

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

Le brassage par le vent et donc moins de peuplements phytoplanctoniques consommateurs d'éléments azotés (voir fig. n° 27).

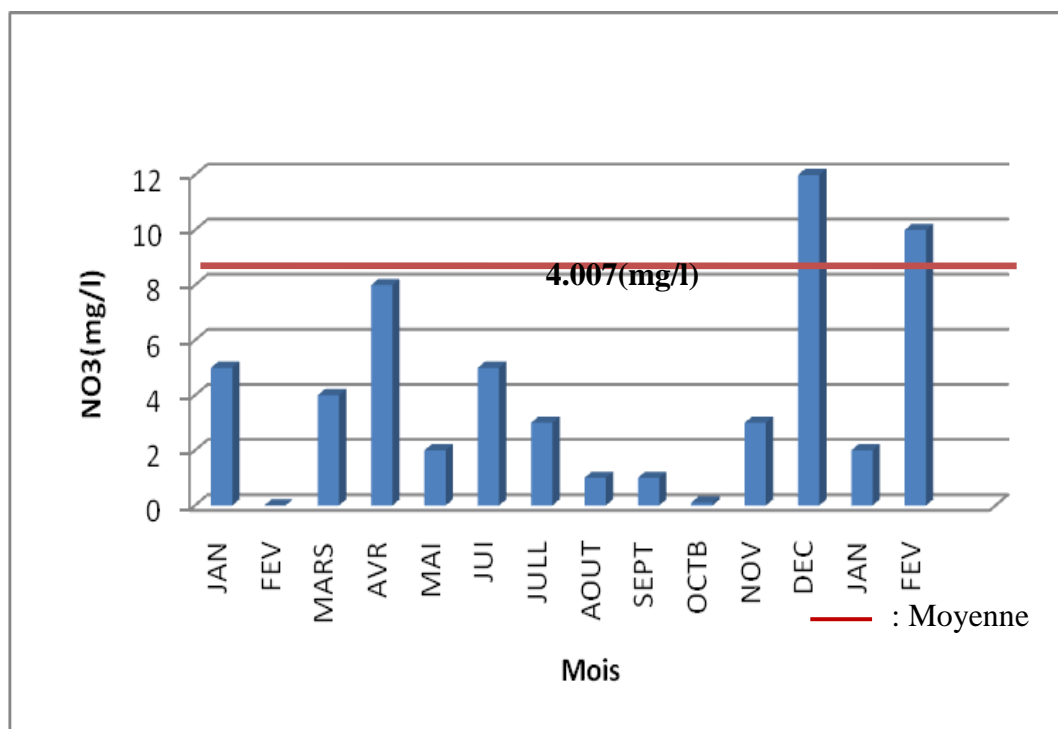


Fig n° 27: Histogramme de variation des valeurs des Nitrates dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).

IV.9. Les Nitrites

Les teneurs maximales élevées en janvier 0.2 mg/l dans les eaux de barrage Foum El Gueiss sont liées à la fois aux facteurs internes (les résidus de la vie animale, les rejets métaboliques, excréments des poissons, phénomène de la dégradation de la matière organique), et externes (Précipitation et lessivage des terres). La fig.28 présente les valeurs des Nitrites dans les eaux de barrage de Foum El Gueiss.

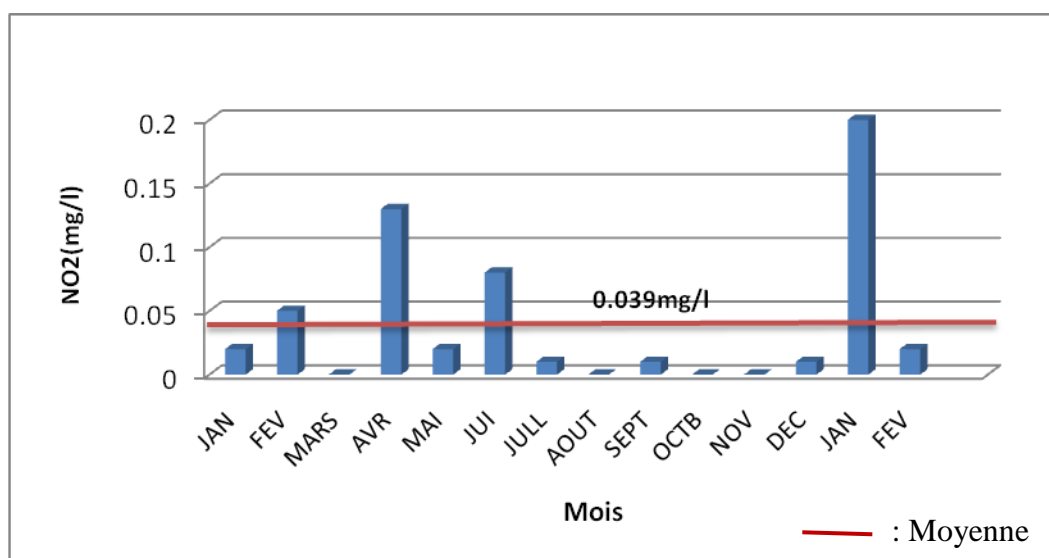


Fig n° 28: Histogramme de variation des valeurs des Nitrites dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).

IV.10. Sodium et Potassium

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

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

Les fig. 29 et 30 présentent successivement la variation des valeurs en sodium et en potassium dans les eaux de barrage de Foum El Gueiss.

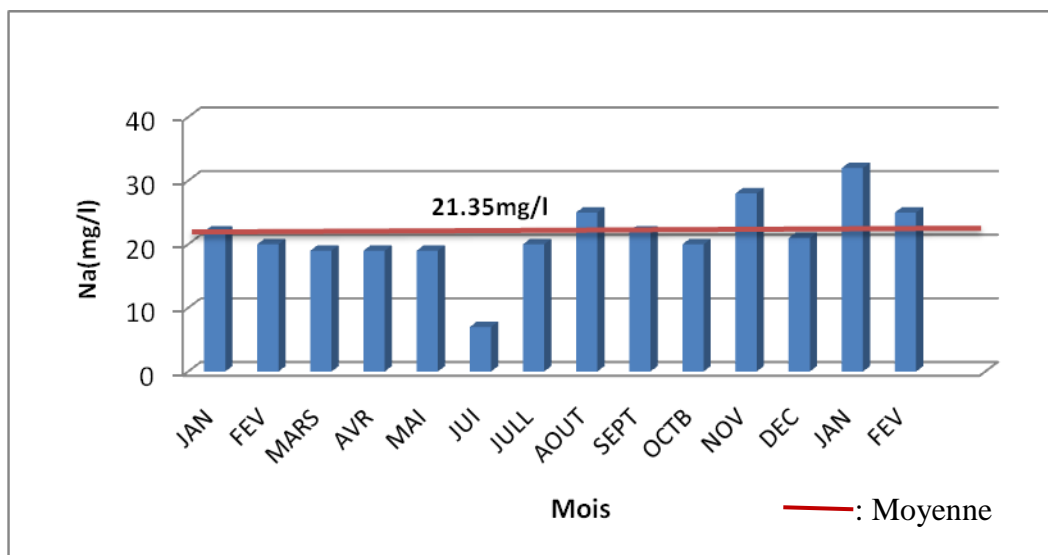


Fig n° 29: Histogramme de variation des valeurs du Sodium dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).

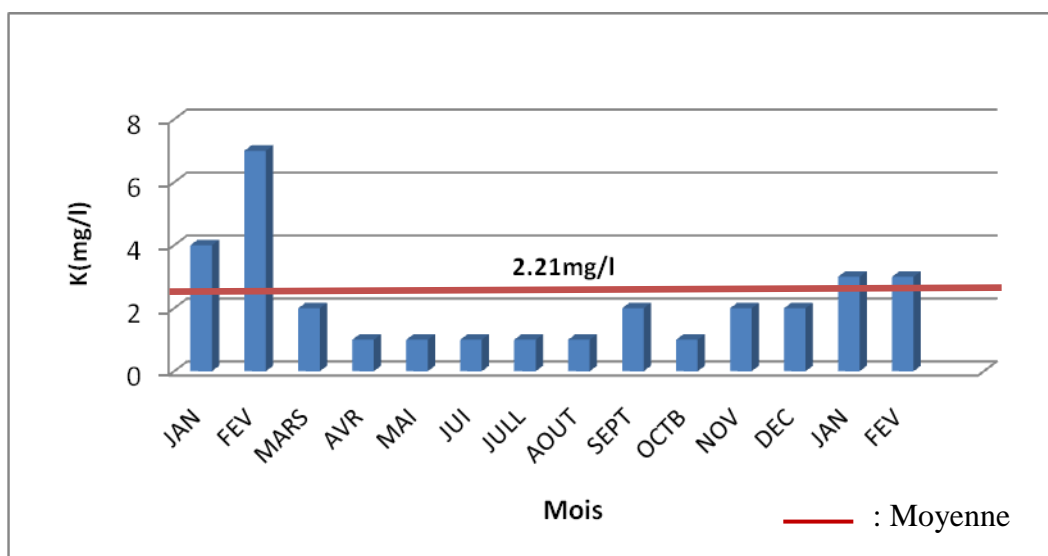


Fig n° 30: Histogramme de variation des valeurs du Potassium dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).

IV.11. Fer et manganèse

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

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

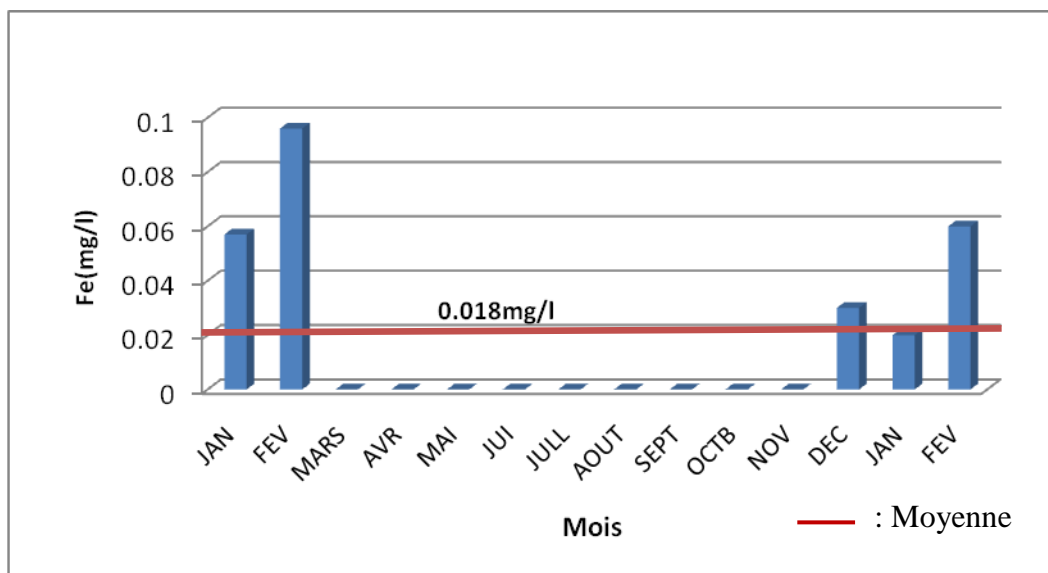


Fig n° 31: Histogramme de variation des valeurs du Fer dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).

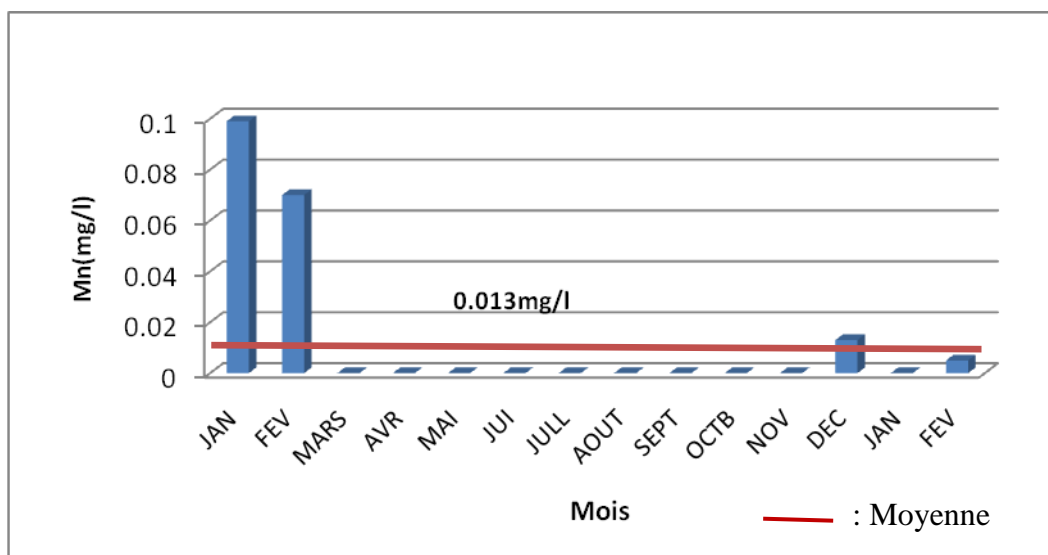


Fig n° 32: Histogramme de variation des valeurs du Manganèse dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).

IV.12. Ammoniaque

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

La forte valeur en ammoniaque enregistrée en mois du Janvier provient de la dégradation de la matière organique ou de l'épandage d'engrais ammoniacaux.

Les valeurs de l'ammoniaque des eaux du barrage étudié sont présentées dans la fig.33.

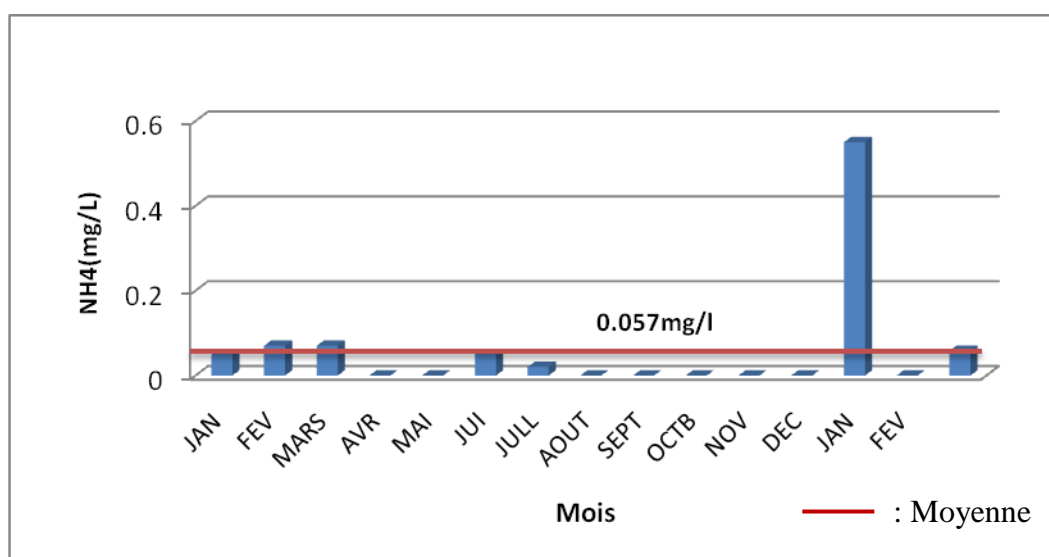


Fig n° 33: Histogramme de variation des valeurs d'Ammoniaque dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).

IV.13. MES (Matière en suspension)

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

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

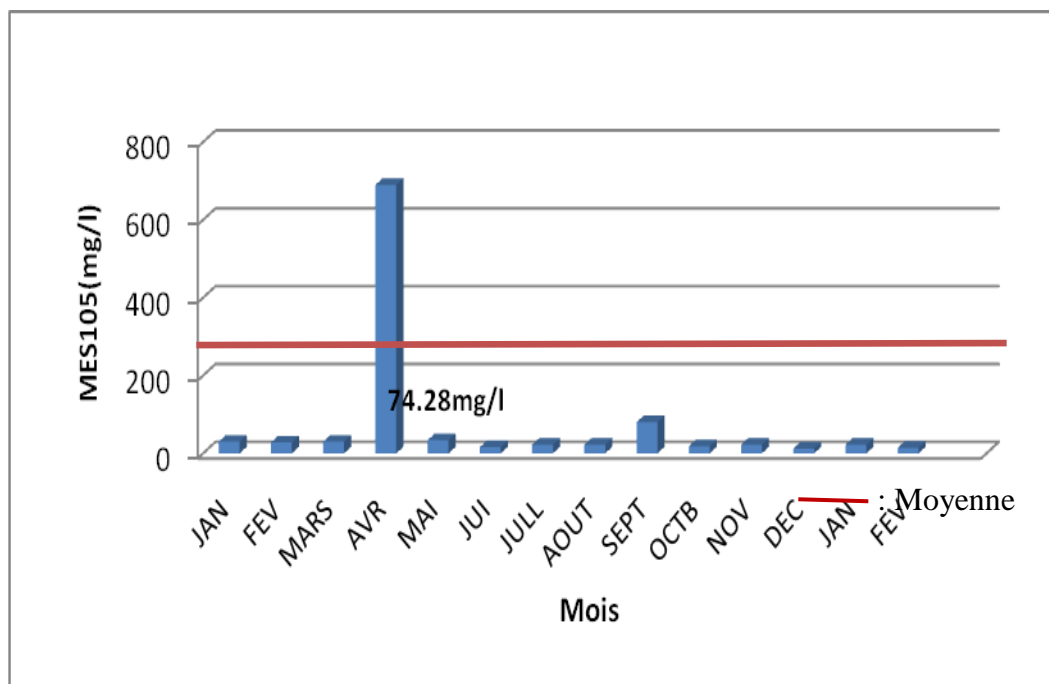


Fig n° 34: Histogramme de variation des valeurs des matières en suspension dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).

IV.14. Cuivre

Certains cations comme le cuivre présentent peu d'inconvénients, si les teneurs sont faibles. Nos échantillons ont une concentration faible en cuivre, elles sont comprises entre 0,007 et 0,018 mg/l. La contamination des eaux du barrage par le cuivre se fait généralement par la pollution directe des cours d'eaux par les rejets industriels. Les valeurs du cuivre enregistrées au niveau de barrage étudié sont présentées dans la fig.35.

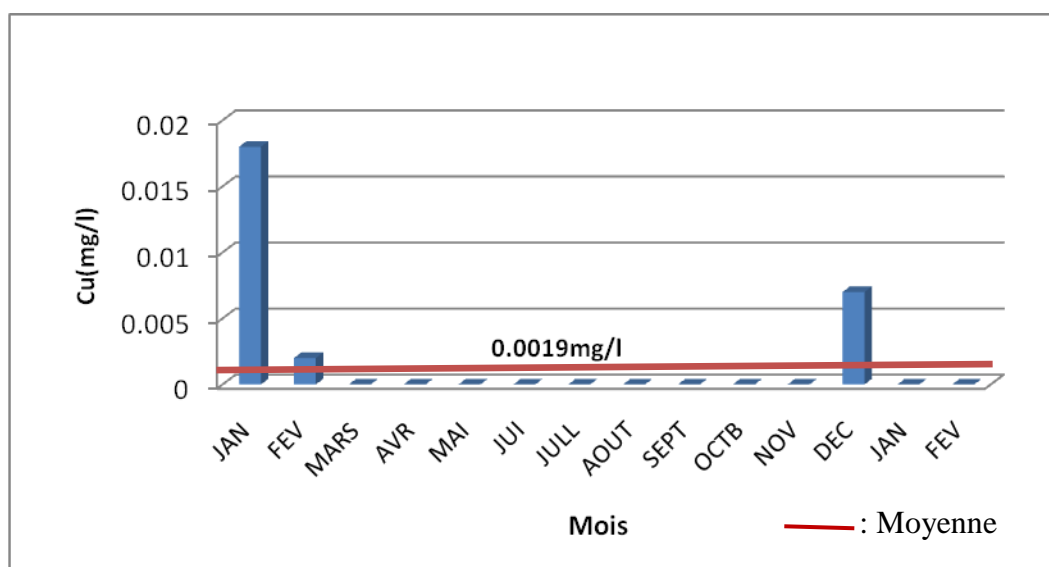


Fig n° 35: Histogramme de variation des valeurs du Cuivre dans les eaux du barrage Fom El Gueiss. (2011/2012).

IV.15. Cadmium

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

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

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

La fig.36 présente les valeurs du cadmium dans les eaux de barrage de Fom El Gueiss.

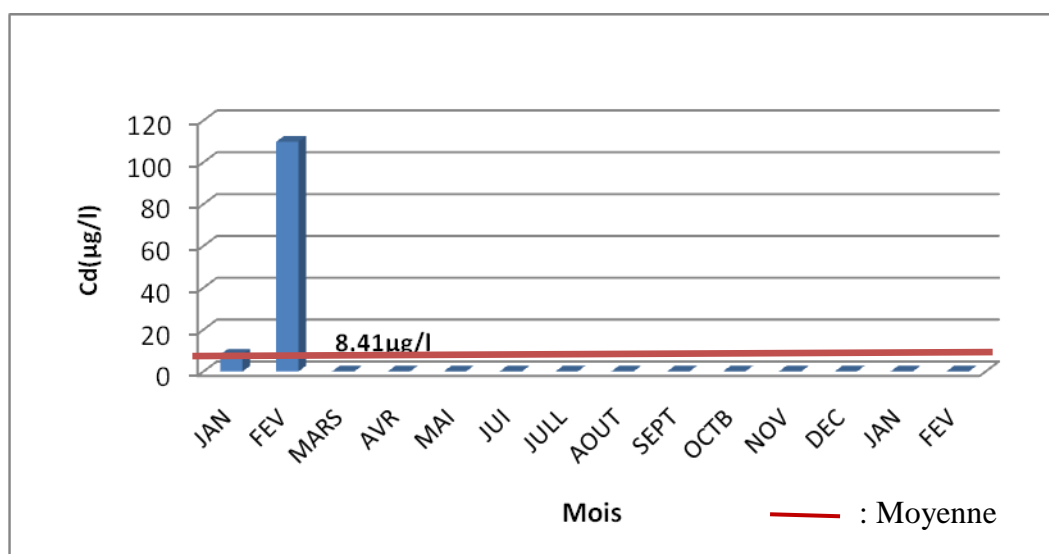


Fig n° 36: Histogramme de variation des valeurs du Cadmium dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).

IV.16. Matières organiques

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

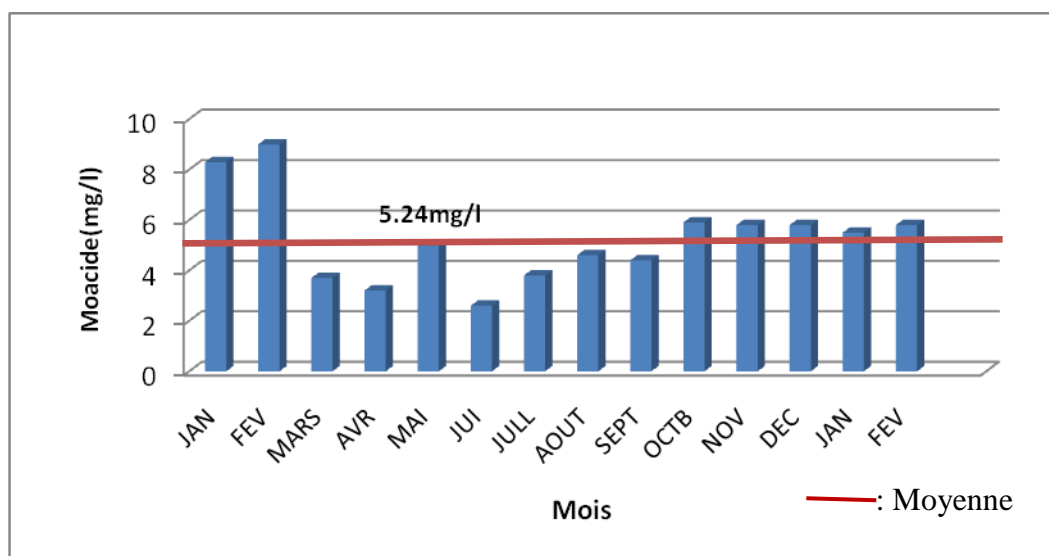


Fig n° 37: Histogramme de variation des valeurs des matières organiques dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).

IV.17. O₂ Dissous

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

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

Dans les eaux du barrage de Foum El Gueiss les valeurs d'O₂ sont situées entre 6.2 et 12.4 mg/l, des valeurs qui dépassent la norme, celle-ci pouvant être fonction de la présence des végétaux et des phénomènes de photosynthèse, des matières organiques oxydables, des organismes et des germes aérobies, ainsi que de la perturbation des échanges atmosphériques à l'interface (présence de graisses, d'hydrocarbures, de détergent). Les valeurs d'O₂ dissout enregistrées au niveau de barrage Foum El Gueiss sont présentées dans la fig.38.

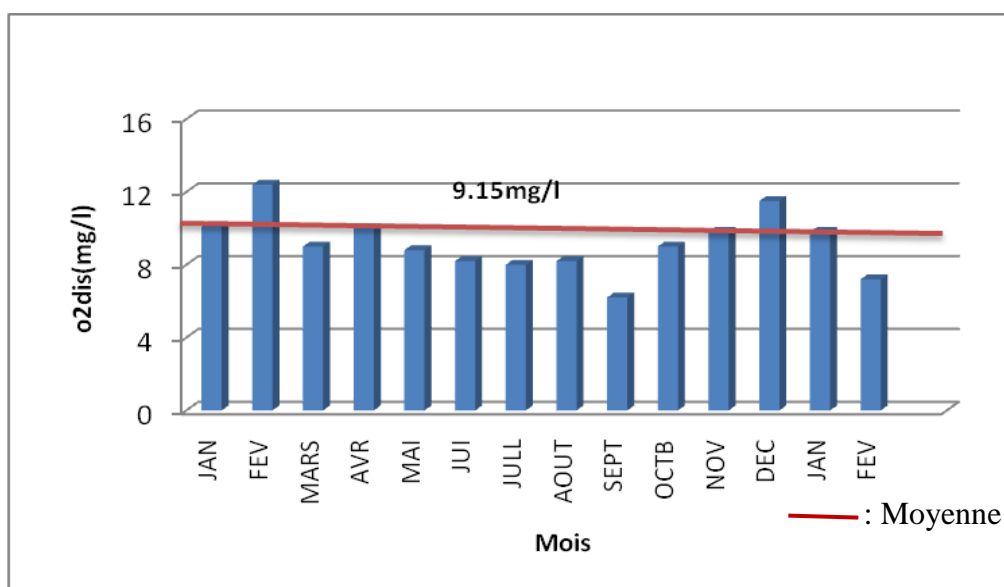


Fig n° 38: Histogramme de variation des valeurs d'O₂ dissout dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (1011/2012).

IV.18. DBO5

Les phénomènes d'autoépuration naturelle dans les eaux superficielles résultent de la dégradation des charges organiques polluantes, sous l'action de micro-organismes. Il en

résulte une consommation d'oxygène qui s'exprime par la demande biochimique en oxygène ou DBO5.

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

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

Dans nos échantillons les valeurs du DBO₅ sont situées entre 1 et 3 mg/l pendant toute l'année. Voir Fig.39.

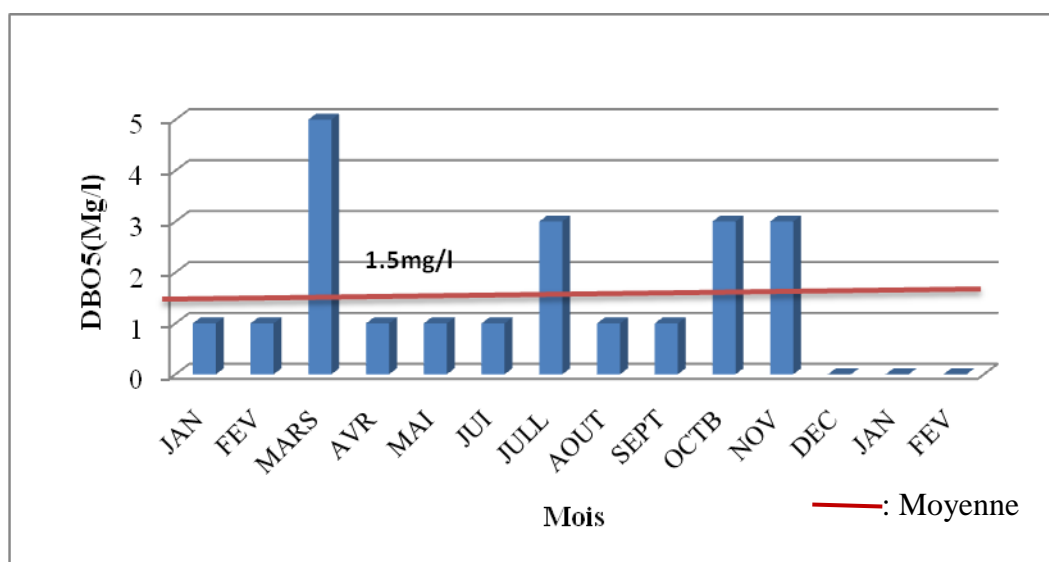


Fig n° 39: Histogramme la variation des valeurs du DBO₅ dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).

IV.19. Demande chimique en oxygène (DCO)

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

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

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

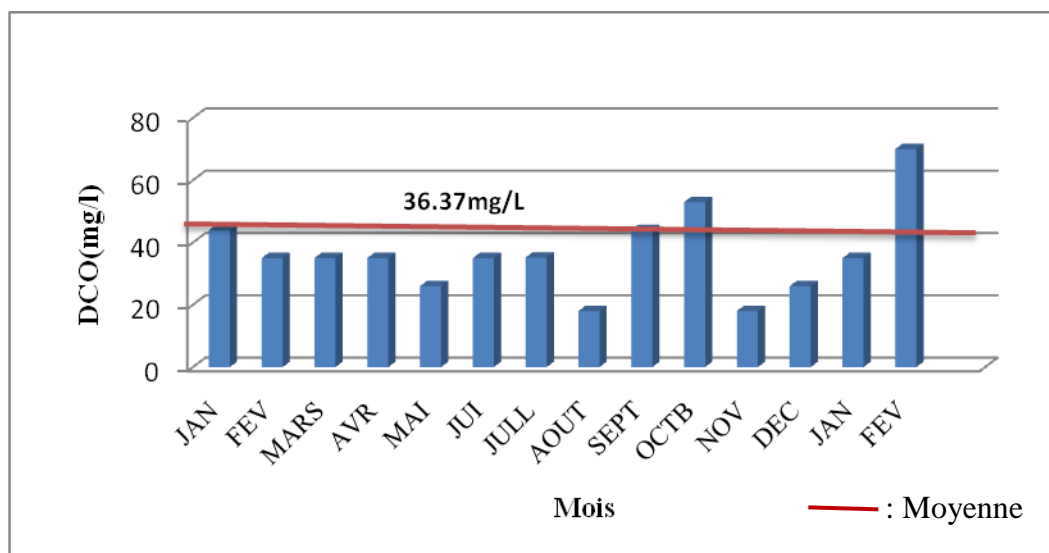


Fig n° 40: Histogramme de variation des valeurs du DCO dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).

IV.20. Plomb

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

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

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

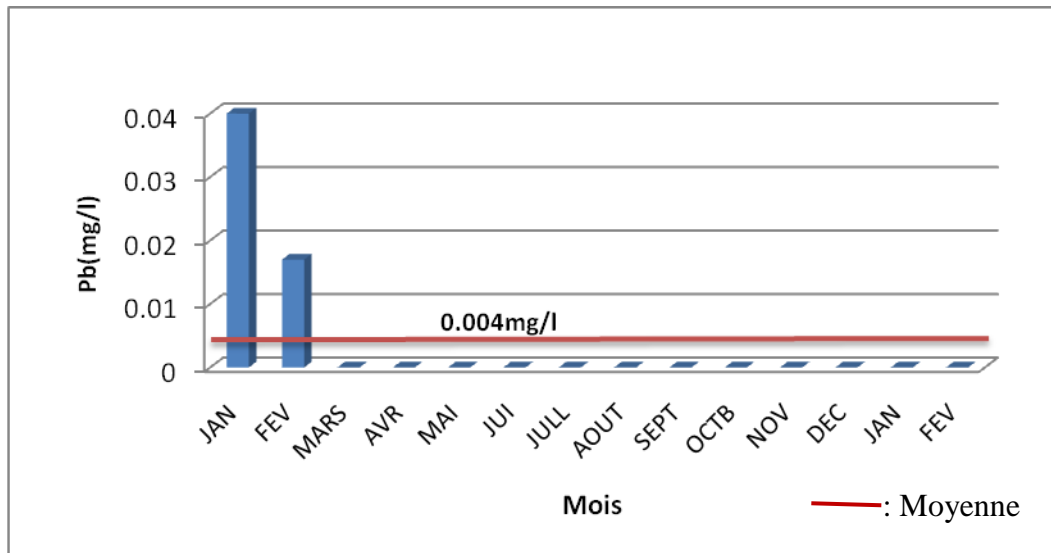


Fig n° 41: Histogramme de variation des valeurs du Plomb dans les eaux du barrage Foum El Gueiss. (2011/2012).

Chapitre V:

*L'envasement des eaux
du barrage de Foum El
Gueiss.*

Introduction:

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

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

V.1. Envasement des barrages en Algérie (des capacités de stockage amoindries)

En Algérie, les 52 grands barrages reçoivent 32 millions de m³ de matériau solide annuellement. La répartition des barrages sur les cinq bassins hydrographiques indiquent clairement que les barrages de la région de Chéllif –Zahrez sont les barrages les plus menacés par le phénomène de l'envasement. Puisque le taux de sédimentation annuel est de 0,75%, Ceci est dû à la forte érosion des bassins versants de la région, favorisé par la nature des sols et l'absence de boisement. Même pour les petits barrages, le taux de comblement évalué en 2002 dans le bassin hydrographique Chellif –Zahrez est de 16% de la capacité totale, il est beaucoup plus grand par rapport à celui des autres régions (Remini et Hallouche, 2003).



Fig.n° 42 : Eutrophisation des eaux du barrage de Foug El Gueiss.



Fig.n° 43 : Envasement du barrage de Foug El Gueiss.

V.2.Evolution dans le temps de l'envasement dans la retenue du barrage

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

L'utilisation de cette technique doit cependant être différente selon le barrage considéré, et plus précisément selon les conditions qui président à son exploitation : importance des apports des sédiments, état de marche des systèmes de vidange, modifications apportées à la digue etc.

Il en résulte que la détermination d'une loi d'évolution dans le temps des dépôts des sédiments dans une retenue de barrage, dans lequel cette technique est pratiquée, indispensable pour:

1. La précision de l'envasement de la retenue;
2. L'évaluation de l'efficacité de la technique de soutirage;
3. L'évaluation de la durée de vie de l'ouvrage. (Remini et Hallouche, 2003).

V.3.Relations saisonnières: débit liquide-débit solide

Le transport solide est un ensemble de phénomènes physique qui signifie l'entraînement des matériaux à l'état granulaire sous l'action de l'écoulement fluide.

En effet, les matériaux alluvionnaires constituant le lit des cours d'eau proviennent de l'ablation des éléments de surface, en général des matériaux meubles du bassin versant. Et de l'érosion des berges et du lit des cours d'eau et de leurs affluents, localisés dans les lits des oueds sont transportés par les crues pour être déposés soit sur les plaines à faible pente, soit dans les cuvettes de barrage.

Le transport solide dans les cours d'eau constitue la seconde phase de l'érosion hydrique. Il relève essentiellement du ruissellement et met en jeu les diverses formes d'écoulement de l'eau dans la nature, généralement deux modes de transport solide sont considérés :

a)Transport solide par charriage :

Il concerne particulièrement les matières solides grossières qui contribuent à la formation et à l'équilibre du lit, ces matériaux glissent et roulent sur le fond sans pratiquement jamais quitter le lit.

b) Transport solide en suspension :

Il concerne les éléments des plus fins du transport solide qui sont maintenus en suspension par la turbulence de l'eau au sein de l'écoulement lui-même malgré leur densité à celle de l'eau.

V.3.1 Transport solide en suspension dans le bassin de Foug-El-Gueiss

Le bassin versant de Foug El-Gueiss offre les conditions favorables à la mobilisation et au transport des matériaux car les précipitations relativement agressives s'abattent sur un ensemble morphologique sensible à l'érosion :

Formations argileuses ou marneuses aux pentes assez fortes et peu protégées par la végétation, ceci amène à poser le problème de l'envasement du barrage de Foug El-Gueiss.

Le climat semi aride qui domine généralement dans la région d'étude contribue à désagréger le sol le préparer au décapage et à l'érosion, aussi les pluies intenses engendrent les crues brutales qui sont responsables de la quasi-totalité des transports solides.(MOULHI,2003).

V.3.2.Evaluation du transport solide en suspension :**V.3.2.1. Formules empiriques.**

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

V.3.2.2. Formule de TIXERONT

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

$A=92.L_e^{0.15}$ (région de l'Est Algérien)

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

L_e : Ecoulement annuel total (mm).

Avec « a = 92 » pour un bassin de perméabilité moyenne et « $L_e = 70.75\text{mm}$ »

$Q_{ss} \text{ TIXERONT} = 131.37 \text{ t/km}^2/\text{an}$ comme limite supérieur.

Théoriquement les débits solides d'un cours d'eau dépendent toujours des débits liquides, puisqu'il ne peut y avoir de transport de matériaux sans l'élément moteur, l'écoulement, et la détermination même des débits solides (en suspension notamment) sont basées sur la connaissance des débits liquides et des concentrations en sédiments.

$$Q_s = C Q_L$$

La variation fonctionnelle du débit solide en suspension en fonction du débit liquide pris sommairement exonération des valeurs extrêmes. Les cas des crues sont une variation type puissance ayant la forme générale :

$$Q_s = a \cdot Q_l^b$$

Où

Q_s : débit solide

Q_L : débit liquide

a et b : constantes

Disposant de séries de mesures, durant les périodes suscitées des débits solides et liquides au pas instantané, nous les avons soumis à des régressions simples dans le but de trouver des relations qui reliaient ces deux paramètres hydrologiques.

L'ajustement des droites par les méthodes des moindres carrés à été autorisé vu les liaisons fortes reflétées par de coefficient de corrélations très satisfaisant variant de (0,5 à 0,95). (NASCIMENTO, 2003).

Notre raisonnement a été axé sur trois types de traitements :

V.3.3. Traitement saisonnier :

A) Traitement En Automne

Le coefficient de corrélation de modèle en puissance explicite 81% de variance donnant ainsi la meilleure approximation.

Ce modèle (fig.44), avec ses paramètres a et b élevés peut expliquer l'importance de la dynamique érosive en automne ; En effet au cours de la saison d'été caractérisée par une chaleur élevée et une pluviométrie négligeable, le sol se dessèche, se fissure et perd sa cohésion. A cette saison, succède l'automne où la pluviométrie s'améliore.

Cette dernière survient sous forme d'averses plus ou moins violentes qui tombent sur un sol fragilisé .Il se produit alors pour un faible écoulement des apports solides importants.

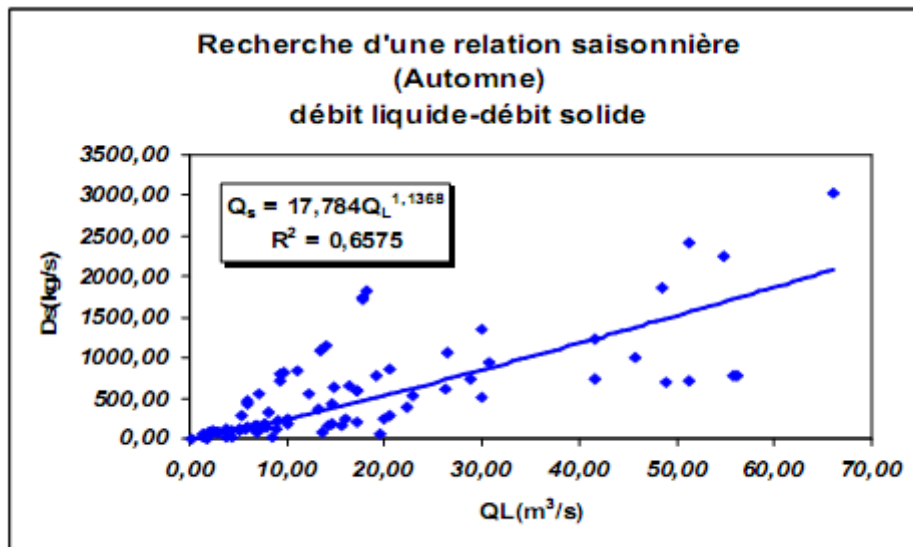


Fig n° 44: modèle reliant les débits solides aux débits liquides en Automne.

B) Traitement en Hiver

En analysant la fig.45 du modèle en puissance obtenue, on remarque que les points sont convenablement alignés autour de la droite de tendance, on remarque aussi qu'à de forts débits liquides sont associés de faibles débits solides.

Durant l'hiver malgré un écoulement qui peut être important, les turbidités sont limitées.

Ceci peut être le résultat d'une pluviométrie de faible intensité quoi que relativement abondante et l'état humide du sol possède une certaine cohésion.

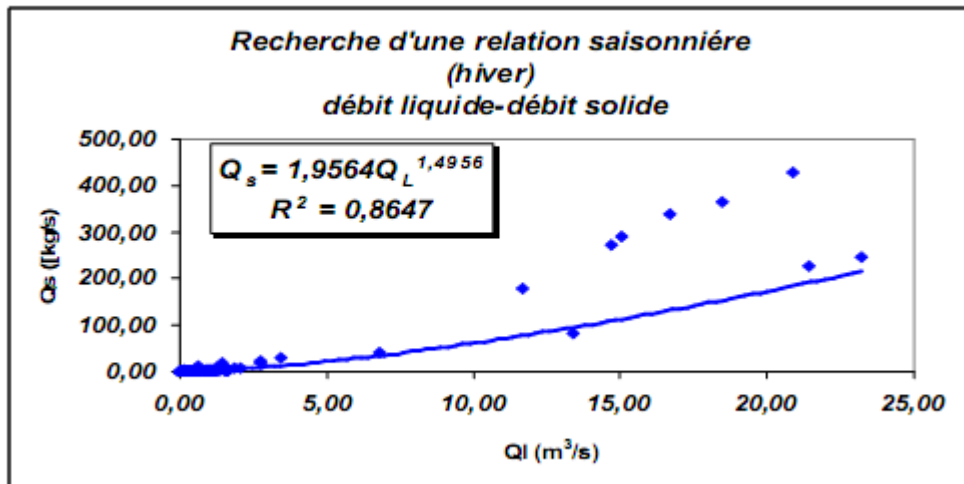


Fig n° 45: Modèle reliant les débits solides aux débits liquide en hiver.

C) Traitement au Printemps

En effet, les crues de cette saison tombent sur des versants saturés et déblayés, en grande partie de leurs matériaux meubles après le passage des crues hivernales.

Les processus érosifs sont alors favorisés dans les secteurs dénudés ou mal protégés et dans les zones à fortes pentes.

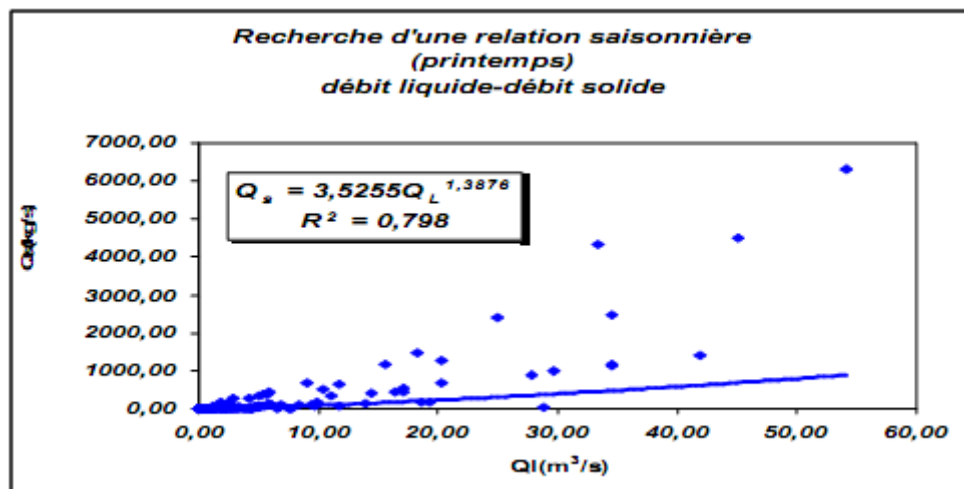


Fig n° 46 : Modèle reliant les débits solides aux débits liquides au printemps.

D : Traitement en été

Le modèle obtenu représente vu la faible pluviométrie durant cette saison, l'écoulement provenant de la vidange des nappes qui s'écoule sur un sol qui commence à devenir sec et qui se fissure sous l'effet de la chaleur.

On remarque que la majorité des points sont à débits liquides et solides faibles, les valeurs fortes sont sûrement dues aux orages.

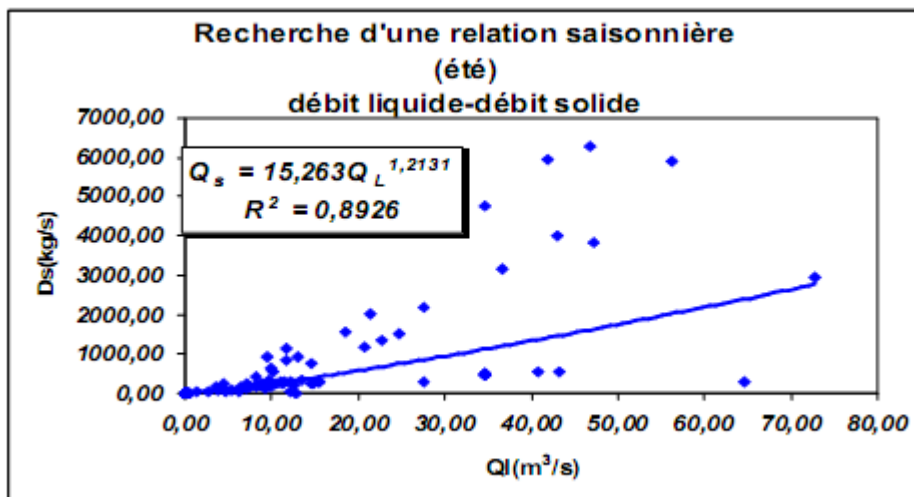


Fig n° 47: Modèle reliant les débits solides aux débits liquides en été.

*Conclusion générale
et recommandations.*

Conclusion générale

La qualité des eaux de surface peut être altérée par l'activité humaine qu'elle soit agricole ou industrielle. La détérioration de la qualité des eaux est souvent appréciée par la mesure des paramètres physico-chimiques.

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

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

Quelques recommandations

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

L'augmentation des besoins d'une région dans les trois grandes catégories (industrie, agriculture, particuliers) demande une planification innovatrice des ressources hydriques :

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

Résumé

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

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

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

Les variations temporelles des débits liquides-débits solides sont d'une nette ressemblance permettant de conclure que ce sont les crues qui sont responsable du transport solide ce qui entraîne l'envasement totale du barrage de Foug El Gueiss .

Mots clés

Barrage de Foug El Gueiss, envasement, qualité des eaux, débit solide, débit liquide, eaux de surface.

Summary

The network of Foum El Gueiss is located 19 Km West of Khenchela and south-east from the capital of the municipality of Kais. It is for irrigation of the high plain of R'emila. This dam has a real capacity of over 2 million cubic meters but unfortunately it is almost silted up to 100%.

The geological study allows us to identify the local stratigraphy is based in the valley and on the right bank of the dam on a layer of blue-gray sandstone or shale, left bank, is based mainly on sandstone. The region's climate is semi-arid with high evaporation.

The results of chemical analyzes of water from Foum El Gueiss confirm strong mineralization of these waters and high concentrations of undesirable elements, nitrite and nitrate which are likely due to industrial activity, leaching fields and the agricultural activity. The organic load is high, which explains the phenomenon of eutrophication in the dam.

Temporal variations of liquid flow-sediment loads are a clear resemblance to conclude that these are floods that are responsible for transporting solid which causes siltation total Foum El Gueiss.

Keywords

Foum El Gueiss, siltation, water quality, solid flow, liquid flow rate, surface waters.

ملخص

تقع شبكة فم القيس على بعد 19 كيلومترا غرب ولاية خنشلة في الجنوب الشرقي لبلدية قاييس، وهو يستخدم لري سهل الرميلى. تقدر طاقة استيعابه ب 2 مليون متر مكعب كحد أقصى لكن للأسف لم تتم عملية الصيانة مما أدى إلى طمسه بالأحوال بنسبة 100% مما أدى إلى إغلاق السد.

الدراسة الجيولوجية تسمح لنا بالتعرف على الطبقات المحلية التي تستند على طبقة من الأزرق الرمادي الرملي في الوادي وعلى الضفة اليمنى للسد أما في الضفة اليسرى تستند أساسا على حجر رملي و يسوده المناخ الشبه جاف مع نسبة تبخر عالية.

تؤكد نتائج التحاليل الكيميائية لمياه سد فم القيس أن درجة التمعدن عالية و تراكيز العناصر غير المرغوب فيها مرتفعة و كذا النتريت والنترات التي هي راجعة إلى الأنشطة الزراعية و نسبة المواد العضوية المرتفعة و هو ما يفسر ظاهرة التشبع في السد.

استنادا إلى دراسة التغيرات الزمنية لتدفق السوائل و المواد الصلبة استنتجنا بان الفيضانات هي المسؤولة عن ترسبات الطمي في السد مما أدى إلى غلقه.

الكلمات المفتاحية

سد فم القيس، ترسب الطمي، نوعية المياه، تدفق المواد الصلبة والسائلة، معدل التدفق، المياه السطحية.