



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique



Université Larbi Tebessi - Tébessa
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences de la Terre et de l'Univers

Mémoire De Fin D'étude
Présenté En Vue De L'obtention Du Diplôme
De Master Académique
Option : Géologie De l'Ingénieur Et Géotechnique

THEME :

*Évolution de la qualité des eaux du barrage
Ouldjet Mellegue et estimation du taux
d'envasement*

Présenté par :
BOURAS Cherine

Devant le jury:

Président :	Mouici Ridha	MCB	Université El Chahid Chikh Larbi Tebessi
Encadreur :	Djamel Atmania	Professeur	Université El Chahid Chikh Larbi Tebessi
Examineur :	Baali Fethi	Professeur	Université El Chahid Chikh Larbi Tebessi

Année Universitaire 2023/2024



Remerciements

Avant tout, nous remercions Dieu le tout puissant, le Miséricordieux, de nous avoir données le courage, la force, la santé et la persistance et de nous avoir permis de finaliser cette étude dans de meilleures conditions.

Tout d'abord, je remercie sincèrement mon encadreur monsieur Professeur Djamel Athmania pour ses conseils avisés, son soutien constant et sa patience tout au long de ce travail. Ses suggestions pertinentes et son encadrement ont été essentiels à la réalisation de ce projet.

Je tiens également à remercier tous les membres du jury pour avoir accepté de juger ce mémoire et pour leurs remarques constructives qui ont enrichi mon travail, Monsieur BAALI Fethi et Monsieur MOUICI Ridha.

Sans oublier le Pr. FEHDI Chems Eddine merci pour tous vos efforts.

Un grand merci à mes professeurs et collègues pour leur aide précieuse, leurs encouragements et leur soutien moral. Leur expertise et leurs conseils ont été d'une grande aide.

Je remercie également toute l'équipe de l'agence ANBT du Barrage Ouldjet Mellegue. A leur tête monsieur le directeur MESSAI Zakaria qu'ils m'ont fourni des données essentielles et permis d'accéder aux ressources nécessaires pour mener à bien cette recherche.

Nos vifs remerciements également pour tout le personnel de l'ANRH de Tébessa en particuliers.

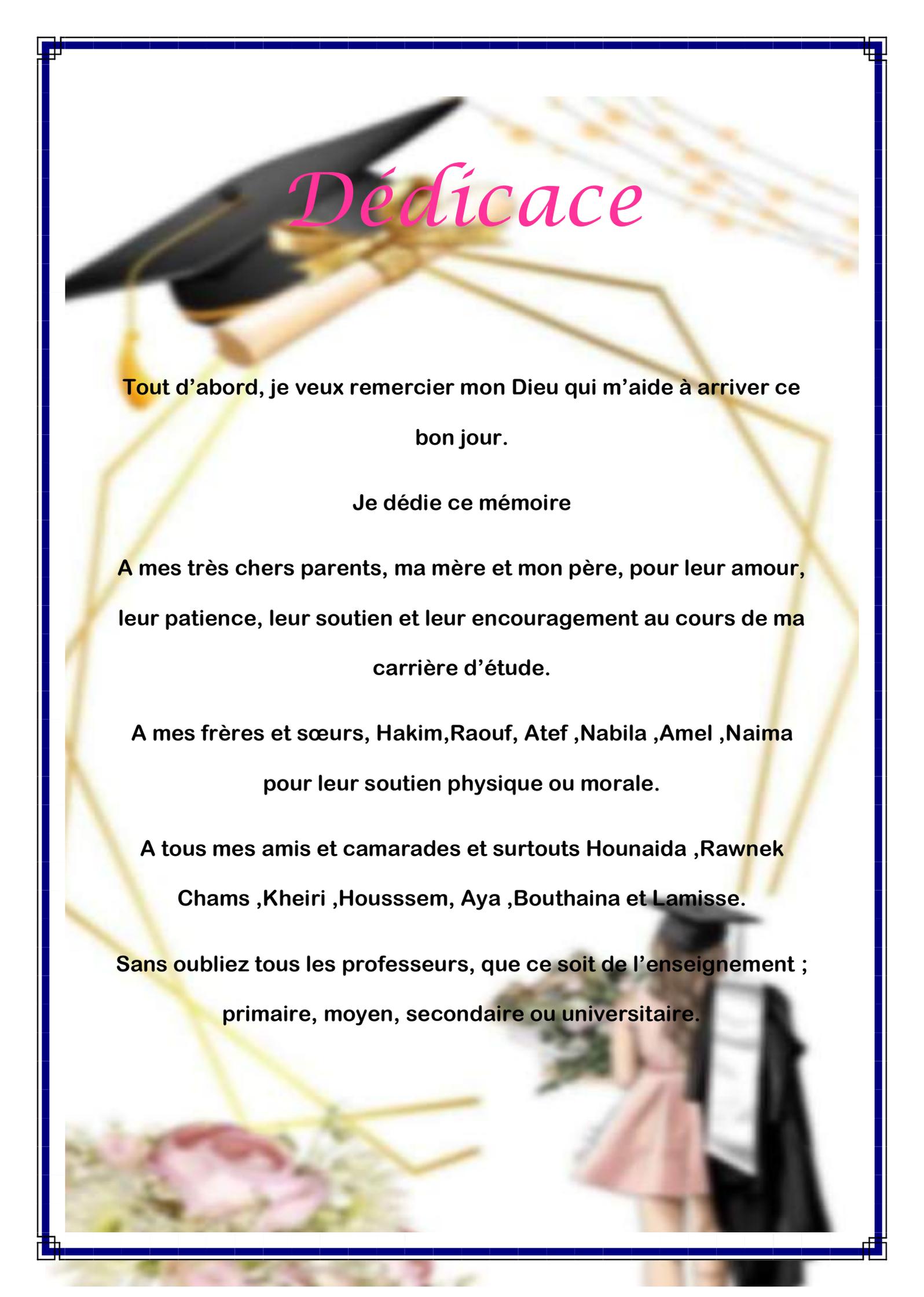
Je souhaite exprimer ma profonde gratitude à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à l'élaboration de ce mémoire M. LAYADI Mahdi et le Mlle. RAMDANI Rayene Sirine.

Nous adressons également nos remerciements à Mr HAMAIDIA Hacem et Benlabiod khairreddine pour leur aide pratique au laboratoire ainsi que leur soutien moral et leurs encouragements.

Enfin, je n'oublie pas mes amis et ma famille, pour leur soutien indéfectible, leurs encouragements constants et leur compréhension durant les moments difficiles de ce parcours.



Merci à tous.



Dédicace

Tout d'abord, je veux remercier mon Dieu qui m'aide à arriver ce bon jour.

Je dédie ce mémoire

A mes très chers parents, ma mère et mon père, pour leur amour, leur patience, leur soutien et leur encouragement au cours de ma carrière d'étude.

A mes frères et sœurs, Hakim, Raouf, Atef, Nabila, Amel, Naima pour leur soutien physique ou morale.

A tous mes amis et camarades et surtout Hounaida, Rawnek Chams, Kheiri, Housseem, Aya, Bouthaina et Lamisse.

Sans oublier tous les professeurs, que ce soit de l'enseignement ; primaire, moyen, secondaire ou universitaire.

Résumé

Cette étude se concentre sur l'évolution de la qualité des eaux du barrage Ouldjet Mellegue, situé dans le Nord-Est de l'Algérie, à environ 75 km au Nord-Ouest de la ville de Tébessa et à 10 km en amont du village d'Ouenza.

La qualité des eaux du barrage repose sur l'analyse de divers paramètres physico-chimiques tels que le pH, la conductivité, HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ et K^+ ;

La deuxième partie de ce travail a pour objectif l'estimation du taux d'envasement.

Nous avons conclu que l'eau du barrage peut être destinée pour alimentation en eau potable après traitement.

D'après Wilcox, nous avons constaté que la majorité des eaux sont de qualité médiocre pour l'irrigation suite à la présence d'un taux élevé de sels.

Mots clés : Barrage, Ouldjet Mellegue, qualité de l'eau, l'envasement, Tébessa.

Abstract

This study focuses on the evolution of the water quality of the Ouldjet Mellegue dam, located in the North Est of Algeria, approximately 75 km North West of the city of Tébessa and 10 km upstream of the village of Ouenza.

The quality of dam water is based on the analysis of various physicochemical parameters such as pH, conductivity, HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ and K^+ ;

The second part of this work aims to estimate the siltation rate.

We concluded that the water from the dam can be used for drinking water supply after treatment.

According to Wilcox, we have found that the majority of water is of poor quality for irrigation due to the presence of high salt levels.

Keywords: Dam : Ouldjet Mellegue, water quality, siltation, Tébessa.

الملخص

تركز هذه الدراسة على تطور جودة مياه سد ولجة ملاق، الواقع في شمال شرق الجزائر، على بعد حوالي 75 كم شمال غرب مدينة تبسة و10 كم أعلى قرية الوزنة.

تعتمد جودة المياه على تحليل العديد من العوامل الفيزيائية والكيميائية مثل الرقم الهيدروجيني، التوصيل الكهربائي، البيكربونات، الكبريتات، الكلوريد، الكالسيوم، المغنيسيوم، الصوديوم والبوتاسيوم

, pH, la conductivité, HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ ,

ويهدف الجزء الثاني من هذا العمل إلى تقدير معدل الطمي.

وخلصنا إلى أن مياه السد يمكن استخدامها لإمدادات مياه الشرب بعد المعالجة.

وبحسب ويلكوكس، فقد وجدنا أن غالبية المياه ذات نوعية رديئة للري بسبب وجود مستويات عالية من الأملاح..

الكلمات المفتاحية: سد، ولجة الملاق، جودة المياه، الطمي، تبسة.

Sommaire

Remerciements	
Dédicaces	
Résumé	
الملخص	
Abstract	
Sommaire	
Liste Des Figures	
Liste des abréviations	
Introduction générale.....	1

Chapitre I : Cadre général

I. Situation géographique de la zone d'étude.....	3
I.1 Site Du Barrage	3
I.2 La cuvette de la retenue	4
I.3 L'objectif du barrage	5
II. Couverture végétale	5
III. Aperçu socio-économique	7
V.1. Démographie	7
a) Tébessa	7
b) Ouenza.....	7
III.2. Ressources agricoles.....	7
III.3. Industries	8
IV. La topographie	9
V. Réseau hydrographique	10

Chapitre II : Géologie

I. Introduction	12
II. Géologie Régionale	12
III. Morphologie	13
IV. Lithostratigraphie	13
IV.1 Trias	16

IV.2	Crétacé	16
a)	Crétacé inférieur	16
•	Barrémien	16
•	Aptien	16
•	L'Aptien marneux	17
•	L'Aptien calcaire	17
•	Clansayésien	17
•	Albien	17
•	Vraconien	18
b)	Crétacé supérieur	18
•	Cénomaniens	18
•	Turonien	18
•	Sénonien	19
c)	Tertiaire	19
•	L'Eocène	19
•	Miocène inférieur et moyen	19
•	Mio-pliocène	19
d)	Quaternaire	20
V.	Géologie Du Site De L'aménagement	20
V. 1.	Géomorphologie	20
VI.	Géologie De La Cuvette	21
VII.	La Tectonique	22
VIII.	Pédologie	23
IX.	Conclusion	24

Chapitre III : Caractéristiques Hydroclimatiques

I.	Introduction	25
II.	Aperçu Générale Sur Le Climat D'Ouenza	25
III.	Station De Météorologie	25

IV.	Paramètres Climatiques	26
	IV.1 Précipitations.....	26
	a) Variations interannuelles des précipitations	26
	b) Variations mensuelles des précipitations	27
IV.2	Température	28
	a) Variations de la température moyenne mensuelle	28
	✓ Indice D'aridité Annuelle.....	29
IV.3	Humidité Relative De L'air	30
	IV.4 Vent	31
V.	Bilan Hydrologique	33
	V.1 L'évapotranspiration	33
	V.2 Evapotranspiration Potentielle (ETP)	33
	V.3 Evapotranspiration Réelle (ETR)	34
	V.4 Le Ruissellement (R)	36
	V.5 Infiltration	36
V.	Bilan Hydrologique De Thornthwaite	37
VI.	Interprétation Du Bilan Hydrique	39
	✓ Vérification du bilan	40
VIII.	Conclusion	40

Chapitre IV : Hydrochimie

I.	Introduction	41
II.	Stratégie De Prélèvement	41
III.	Localisation Des Points De Prélèvement	42
IV.	Mesures Des Paramètres Physico-Chimiques Et Des Eléments Chimiques	43
IV.1	Les Paramètres Physiques : (mesures au laboratoire).....	44

IV.2	Les Eléments Chimiques :(analysent au laboratoire)	44
IV.2.1	Le Matériel Utilise Dans Le Laboratoire	44
IV.2.2	Nettoyage De La Verrerie	44
IV.2.3	Méthodes D'analyse	45
IV.2.3.1	Méthode Volumétrie (Titrimétrie)	45
a)	Dosages des chlorures (Cl ⁻)	45
b)	La dureté totale	46
c)	Dosage de calcium (Ca ²⁺)	46
d)	Alcalinité TA et TAC	46
IV.2.3.2	Méthode Photomètre De Flamme	46
IV.2.3.3	Méthode Spectrophotométrie D'absorption Moléculaire	47
e)	Sulfates (SO ₄ ²⁻)	48
V.	Résultats D'analyse Physico-Chimique	48
V.1	Paramètres physiques	49
V.1.1	Potentiel d'Hydrogène (pH)	49
V.1.2	La conductivité électrique (CE)	49
V. 2	Les éléments majeurs	50
V.2.1	Le calcium (Ca ²⁺)	50
V.2.2	Le magnésium (Mg ²⁺)	50
V.2.3	Le sodium (Na ⁺)	50
V.2.4	Le potassium (K ⁺)	50
V.2.5	Les chlorures (Cl ⁻)	50
V.2.6	Les sulfates (SO ₄ ²⁻)	51
V.2.7	Les bicarbonates (HCO ₃ ⁻)	51

VI. Détermination Des Principaux Facies Hydrochimiques	51
VI.1 Diagramme De Piper	51
VI.2 Diagramme De Schoeller-Berkaloff	53
VI.3 Diagramme De Wilcox	54
VII. Evaluation Des Paramètres Physico-Chimique Des Eaux Du Barrage Ouldjet Mellegue Fonction De La Profondeur De La Cuvette	56
VII.1 Interprétation des résultats	57
VII.1.1 Interprétation les résultats HPE	57
a) Potentiel Hydrogène pH	57
b) Conductivité	58
c) Chlorure	58
d) Le Magnésium	59
e) Les sulfates	60
f) Ammonium, Nitrates et Nitrites	60
g) Phosphore	62
VII.1.2 Interprétation les résultats ANRH	62
a) Potentiel Hydrogène pH	62
b) Conductivité	62
c) Chlorure	63
d) Les sulfates	63
e) Ammonium, Nitrates et Nitrites	64
f) Phosphore	65
VII.2 Synthèse Analyse HPE, ANRH.....	65
VII.2.1 Conclusion analyse HPE	65
VII.2.2 Conclusion analyse ANRH.....	66
VII.2.3 Représentation Selon Le Diagramme De Piper	67
VIII. Critique	69
IX. Conclusion	69

Chapitre V : Etude De L'envasement Du Barrage Ouldjet Mellege

I.	Introduction	70
II.	Les Causes De L'envasement	70
III.	Importance De L'envasement Des Barrages Algériens	71
IV.	Étapes De L'envasement D'un Barrage	72
V.	Les Apports Solides	73
VI.	Apports Liquides A Ouldjet Mellegue	75
	✓ Commentaires sur les résultats obtenus	75
VII.	Les Crues	78
VII.1	Les Crues De Chantier	78
VII.2	Les Crues De Projet	80
	✓ Synthèse	81
VIII.	Transports Solides	82
IX.	Conclusion	85
	Conclusion générale	86

Références Bibliographie

Annexe

Liste des figures

Numéro de figure	Titre de figure	Page
Figure I.1	situation géographique de la zone d'étude.	4
Figure I.2	Cuvette de la retenue pour une cote RN de 575 m NGA (ANBT, 2005).	5
Figure I.3	Répartition spatiale de la couverture végétale dans le bassin versant Ouldjet Mellegue (ANBT 2005).	6
Figure I.4	Réseau hydrographique et sous-bassins versants d'Oueldjet Mellege (Gouaidia 2008).	11
Figure II.1	Principaux ensembles structuraux de l'Afrique du Nord et situation de la région d'étude (Caire, 1967).	12
Figure II.2	Carte géologique de la zone d'étude (Vila, 1980, modifiée).	14
Figure II.3	Colonne stratigraphique synthétique des monts du Mellègue (d'après : Dubourdiou 1956, 1959 ; David 1956; Madre 1969 ; Fleury 1969 ; Thibieroz et Madre 1976 ; Chikhi, 1980 ; Otmanine 1987, Bouzenoune 1993 et Vila et al, 2000).	15
Photo II.1	Appui rive droite.	21
Photo II.2	Appui rive gauche.	21
Figure III.1	: histogramme de la Variation des précipitations annuelles (station de Souitir 2008-2022).	26
Figure III.2	Histogramme de la Variation des précipitations moyennes mensuelles (station de Souitir 2008-2022).	27
Figure III.3	Courbe de la Variation des températures moyennes mensuelles (station de Tébessa (2008-2022).	29
Figure III.4.	Courbe de l' humidité relative moyenne à la station de Tébessa (1980-2010).	31
Figure III.5	courbe de l'intensité du vent en (m/s) à la station de Tébessa (1986-2011).	32
Figure III.6	Représentation du Bilan hydrologique de la station de Souitir selon Thornthwaite.	39

Figure IV.1	les prélèvements d'eau dans le barrage.	42
Figure IV.2	Photo du GPS.	42
Figure IV.3	Appareillage utilisé pour mesurer les paramètres physiques mesurés au laboratoire.	44
Figure IV.4	méthode de titrage.	45
Figure IV.5	spectrophotomètre à flamme.	47
Figure IV.6	spectrophotomètre.	48
Figure IV.7	Diagramme de piper des eaux de barrage Ouldjet Mellegue (février 2024).	52
Figure IV.8	Diagramme de Schoeller Berkaloff des eaux de barrage Ouldjet Mellegue (Février 2024).	53
Figure IV.9	Diagramme de WILCOX des eaux de barrage Ouldjet Mellegue (Février 2024).	55
Figure IV.10	Histogramme de la Variation de PH du barrage Ouldjet Mellegue (HPE-2023).	58
Figure IV.11	Histogramme de la Variation de la conductivité du barrage Ouldjet Mellegue (HPE-2023).	58
Figure IV.12	Histogramme de la Variation de chlorure du barrage Ouldjet Mellegue (HPE-2023).	59
Figure IV.13	Histogramme de la Variation de Magnésium du barrage Ouldjet Mellegue (HPE-2023).	59
Figure IV.14	Histogramme de la Variation de sulfate du barrage Ouldjet Mellegue (HPE-2023).	60
Figure IV.15	Histogramme de la Variation de Ammonium du barrage Ouldjet Mellegue (HPE-2023).	61
Figure IV.16	Histogrammes des Variations du nitrate et Nitrite du barrage Ouldjet Mellegue (HPE-2023).	61
Figure IV.17	Histogramme de la Variation de pH du barrage Ouldjet Mellegue (ANRH -2018).	62

Figure IV.18	Histogramme de la Variation de la conductivité du barrage Ouldjet Mellegue (ANRH -2018).	62
Figure IV.19	Histogramme de la Variation de chlorure du barrage Ouldjet Mellegue (ANRH -2018).	63
Figure IV.20	Histogramme de la Variation de sulfate du barrage Ouldjet Mellegue (ANRH -2018).	63
Figure IV.21	Histogramme de la variation d'ammonium du barrage Ouldjet Mellegue (ANRH -2018).	64
Figure IV.22	Histogrammes des Variations de nitrate et nitrite du barrage Ouldjet Mellegue (ANRH -2018).	64
Figure IV.23	Histogramme de la variation de phosphore du barrage Ouldjet Mellegue (ANRH -2018).	65
Figure IV.24	Diagramme de piper des eaux brute du barrage Ouldjet Mellegue (HPE-2023).	67
Figure IV.25	Diagramme de piper des eaux brute de barrage Ouldjet Mellegue (ANRH 2018).	68
Figure V.1	Processus d'envasement d'un barrage Réservoir (Remini, 1990).	72
Figure V.2	Apports solides – Volume – Données annuelles (ANBT 2005).	73
Figure V.3	Apports solides au réservoir sur 10, 25, 50, 75 et 100 ans (ANBT 2005).	74
Encart V.1 Ouldjet Mellegue	série de 55 ans et analyse statistique (ANBT 2005).	76
Figure V.4	Chronique des apports annuels au site du barrage (ANBT 2005).	78
Figure V.5	Crues de chantier - Débits de pointe mensuels (ANBT 2005).	79
Figure V.6	Hydrogrammes de projet (ANBT 2005).	81
Figure V.7	El Aouinet - Transports Solides - Concentration vs. Date (ANBT 2005).	83

Figure V.8	El Aouinet - Concentration vs. Débit (ANBT 2005).	83
Figure V.9	El Aouinet - Débit solide vs. Débit liquide (ANBT 2005).	84
Figure V.10	Transports solides - Comparaison entre Ouenza et El Aouinet (ANBT 2005).	85

Liste des tableaux

Numéro de tableau	Titre de tableau	Page
Tableau I.1	La Démographie (Tébessa) (ANBT 2005).	7
Tableau I.2	La Démographie (Ouenza) (ANBT 2005).	7
Tableau I.3	La répartition des terres agricoles (Tébessa) et (Ouenza). (ANBT, 2005).	7
Tableau I.4	Principales industries de la wilaya Tébessa (ANBT, 2005).	8
Tableau III.1	Les coordonnées de la station météorologique (ANRH).	25
Tableau III.2	Précipitations moyennes mensuelles (Souitir 2008-2022) (ANRH).	27
Tableau III.3	Température moyenne mensuelle (station de Tébessa).	28
Tableau III.4	L'indice d'aridité annuelle D. Martonne.	30
Tableau III.5	Humidité relative moyenne à la station de Tébessa (1980-2010) (Djebbari et Soltani 2020)	31
Tableau III.6	Intensité du vent en (m/s) à la station de Tébessa (1986-2011) (Djebbari et Soltani 2020)	32
Tableau III.7	Calcul du ruissellement et infiltration de barrage Ouldjet Mellege (2008-2022).	37
Tableau III.8	Calcul du bilan hydrique selon Thornthwaite dans la station de souitir (2008-2022)	38
Tableau IV. 1	Les points d'eau prélevés.	43
Tableau IV.2	Variation des paramètres physico-chimiques des eaux de surface barrage Ouldjet Mellegue (2024)	49
Tableau IV.3	Faciès chimiques des eaux de surface du barrage Ouldjet Mellegue.	51
Tableau IV.4	Résultats d'analyses physico-chimique bactériologique et métaux lourds des eaux brutes du barrage (HPE-2023)	56
Tableau IV.5	Résultats d'analyse physico-chimique des eaux brutes du barrage (ANRH- 2018).	57
Tableau V.1	Apports liquides mensuels portant sur 77 ans (1924-2001). (ANBT 2005).	75

Tableau V.2	Présente les apports annuels en fonction de la période de retour (ANBT 2005).	77
Tableau V.3	Crués de chantier - Débits de pointe mensuels et annuels (ANBT 2005).	79
Tableau V.4	Caractéristiques des stations hydrométriques régionales.	80
Tableau V.5	Crués – Synthèse (ANBT 2005).	81
Tableau V.6	Transports solides à Ouenza et Ouldjet – Mellegue – Période 1924 à 2001(ANBT 2005).	82

Liste des abréviations

- AEP** : Alimentation en eau potable
- AEA** : Alimentation en eau agricole
- ANBT** : Agence nationale des barrages et transferts
- APD** : Etude d'Avant-Projet Détaillé
- ANRH** : Agence Nationale des Ressources Hydriques
- BCR** : Béton Compacté au Rouleau
- BV** : Bassin versant
- °C** : degré Celsius
- Cfa**: climat subtropical humide
- Csa** : climat méditerranéen
- RN** : Cote de Retenue Normale
- DA** : Déficit agricole (mm)
- DPSB** : La direction de la programmation et du suivi budgétaires
- HR** : humidité relative
- mm* : *Millimètre*
- P** : Précipitations (mm)
- R** : Ruissellement
- I** : Infiltration
- I** : Indice d'aridité
- T** : Température (°C)
- ETP** : Evapotranspiration potentielle (mm)
- ETPc** : L'évapotranspiration potentielle corrigée
- ETR** : Evapotranspiration Réelle (mm)
- RFU** : Réserve facilement utilisable (mm)
- Qx** : quintaux
- QJ**: débit maximum journalière annuel ou saisonnière (m³/s)
- Qp**: débit de pointe instantané (m³/s)

N ou n : taille d'une série

Me : médiane d'une série

T : période de retour (ans)

S : écart-type d'une série

M : moyenne d'une série

OMS : organisation mondiale de la santé.

HPE : Hydraulique projet étude

K : coefficient de correction qui dépend du temps et de la latitude

MNE : Modèle numérique d'élévation

NGA : National Geospatial-Intelligence Agency

WGS84 : World Geodesic System (Système géodésique mondial) - révision de 1984

Introduction

Générale

Introduction Générale

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

En Algérie, la demande en eau qu'elle soit destinée à l'alimentation en eau potable (AEP), à l'agriculture ou à l'industrie, ne cesse de croître et devient de plus en plus difficile à satisfaire les besoins à cause de l'accroissement de la population, du développement industriel, agricole et de l'insuffisance de cette ressource. Pour remédier à ce problème, les pouvoirs publics ont Construit des ouvrages hydrauliques tels que les barrages, pour stocker les eaux des Précipitations qui seront utilisées dans divers domaines. Les barrages sont donc des ouvrages Artificiels dont la ressource dépend de la pluviométrie et parmi leurs fonctions : la régulation de cours d'eau, l'irrigation, l'alimentation en eau potable, la production d'énergie électrique, la retenue de rejets de mines ou de chantiers, le tourisme et les loisirs, la lutte contre les incendies etc... (Ouanassi et Salhi 2021)

Pour cette raison, nous avons choisi pour ce travail de mémoire le barrage Ouldjet Mellegue qui se situe dans une zone semi-aride, avec sa hauteur maximale de 51,5 m et une capacité de stockage estimée à environ 160 millions de m³.

Le but essentiel de cette étude est évaluer qualitativement les eaux du barrage Ouldjet Mellegue pour les différentes utilisations (AEP, irrigation), et estimation du taux d'envasement.

Dans cette optique, nous avons structurés notre travail en Cinq chapitres interdépendants, chacun commence par une introduction et se termine par une conclusion:

- ❖ Le premier chapitre concerne le cadre général de notre région d'étude (situation géographique, la cuvette de la retenue) suivi par une description des caractéristiques géomorphologiques et du réseau hydrographique du barrage Ouldjet Mellegue.
- ❖ Le deuxième chapitre est consacré aux caractéristiques géologiques et structurales de la région d'étude.

- ❖ Le troisième chapitre est réservé à la climatologie et à l'évaluation des différents termes du bilan hydrique (la précipitation, l'évapotranspiration, le ruissèlement et l'infiltration), en s'appuyant essentiellement sur les relevées pluviométriques et ceux des températures fournies par la station météorologique de Souitir(Ouenza).
- ❖ Le quatrième chapitre de ce mémoire est consacré aux les différents résultats de mesure des paramètres physicochimiques et les différents facies chimiques qui caractérisent les eaux de ce barrage.
- ❖ Le dernier chapitre basé sur la détermination du taux d'envasement de ce barrage.
- ❖ Une conclusion générale récapitulant les importants résultats de cette étude.

CHAPITRE I

Cadre générale

I. Situation Géographique du barrage Ouldjet Mellègue

I.1 Site du Barrage

L'emplacement de l'ouvrage se trouve dans le Nord Est de l'Algérie, à environ 75 km au Nord-Ouest de la ville de Tébessa et à quelques dizaines de kilomètres en amont du village d'Ouenza, sur l'oued Mellegue (voir Figure 1). L'oued principal débute à partir des monts de Nementcha, près de Tébessa et Meskiana. Le barrage se situe dans une zone étroite au droit du Djebel Krorza.

A partir de cet exutoire, le bassin versant est de 4350 km² qui peut être décomposé en trois sous bassins :

- Le sous bassin Nord est drainé par l'oued Mellègue et l'oued Guetara, un de ses principaux affluents.
- Le sous bassin Sud-ouest est drainé par l'oued Meskiana, présentant des lacs salés sur son parcours depuis Khenchela.
- L'oued Chabro prend sa source à Tébessa et draine le sous bassin Sud-Est.

Les coordonnées géographiques du site du barrage sont dans le système géodésique WGS84 et ce d'après (ANBT, 2005) :

- Longitude : 08° 01' 50" E
- Latitude : 35° 58 ' 35" N

Le barrage d'Ouldjet Mellegue, est un barrage poids en BCR. D'une hauteur de 51 m, cet aménagement a une capacité totale de 150 hm³ sous la côte de retenue normale de 575.5 m NGA.

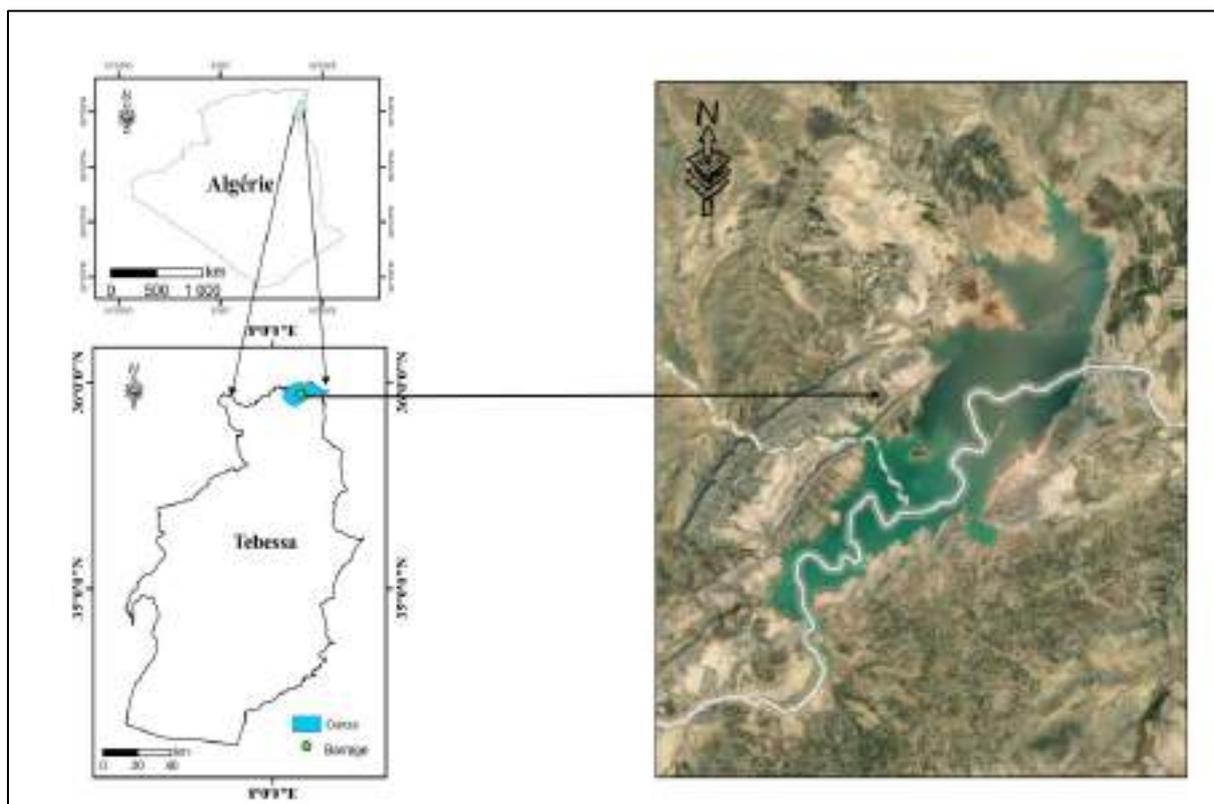


Figure I.1 : situation géographique de la zone d'étude

I.2 La cuvette de la retenue

Créée par le barrage d'Ouldjet Mellegue est présentée en (Figure I.2). Elle a une superficie de l'ordre de 14 km^2 et une capacité totale de $156,4 \text{ hm}^3$, correspondant à une capacité utile initiale de 127 hm^3 , pour une retenue normale de $575,50 \text{ m NGA}$. La cuvette de la retenue se situe sur les wilayas de Souk Ahras (rive gauche) et de Tébessa (rive droite). Les communes concernées sont : El Aouinet, Dréa et Oued Kebarit.

Le réservoir présente une forme étroite et allongée dans le prolongement du barrage. Le réservoir possède une longueur d'environ huit kilomètres à vol d'oiseau et d'environ quatre kilomètres de largeur.

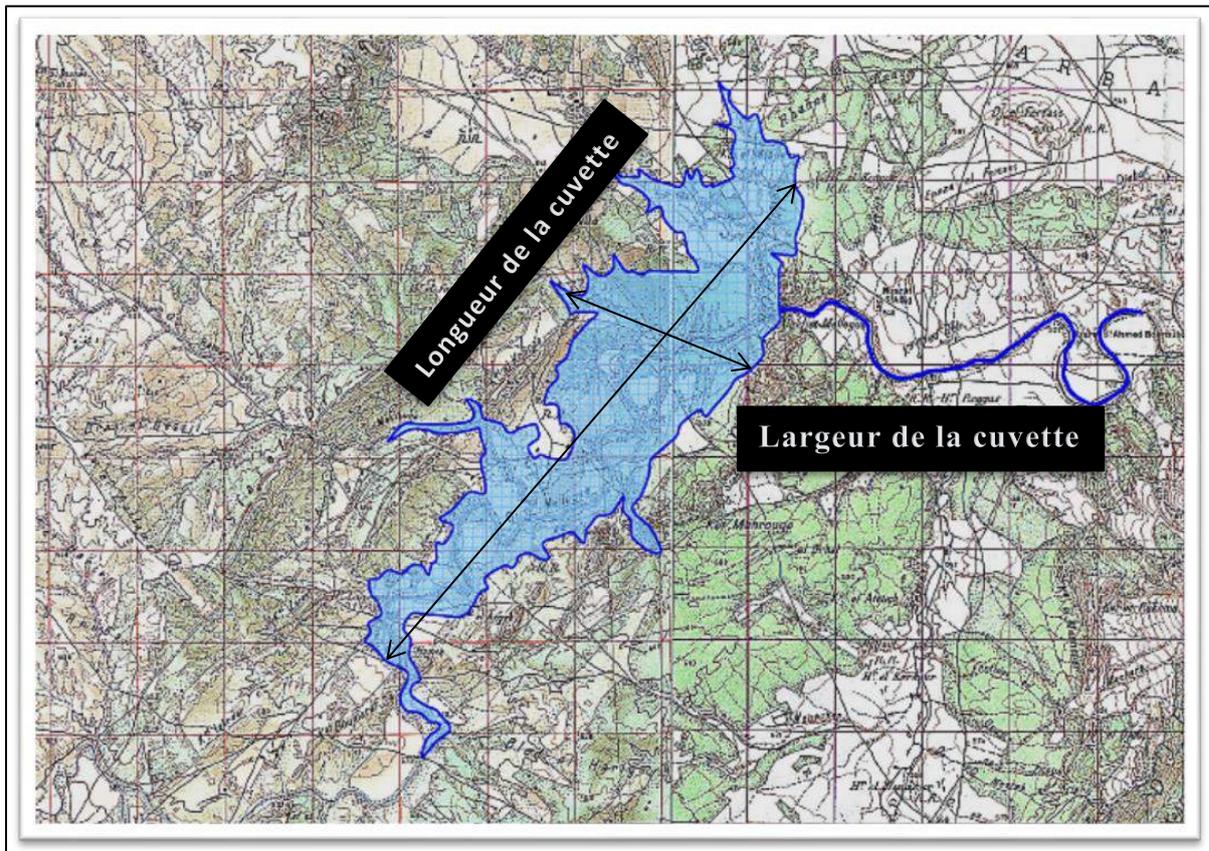


Figure I.2 : Cuvette de la retenue pour une cote RN de 575 m NGA (ANBT, 2005).

I.3 L'objectif du barrage

Ce barrage a pour objectifs la mobilisation et la régularisation des ressources en eau de l'oued Mellegue en vue de l'alimentation en eau potable des villes d'El Aouinet et d'Ouenza dont l'approvisionnement est actuellement assuré par un transfert d'eau depuis le barrage d'Ain Dalia de la wilaya de Souk Ahras et de satisfaire les besoins en irrigation de la région.

II. Couverture végétale

A partir de l'analyse et de l'interprétation d'images satellitaires de cette région on peut en localiser :

- Les agglomérations ;
- La végétation qui se montre rare avec un sol pratiquement nu ;
- Une zone presque steppique composée généralement d'alfa, de romarin, d'arbustives et d'épineux ;
- Cultures céréalières
- Zones humides /sebkha
- Atriplex/Nappe alfatière

- Forêt peu dense ou maquis (pin d'Alep, genévrier, chêne vert.)
- Forêt dense (pin d'Alep)

La cartographie de l'occupation des sols est présentée sur la figure ci-après.

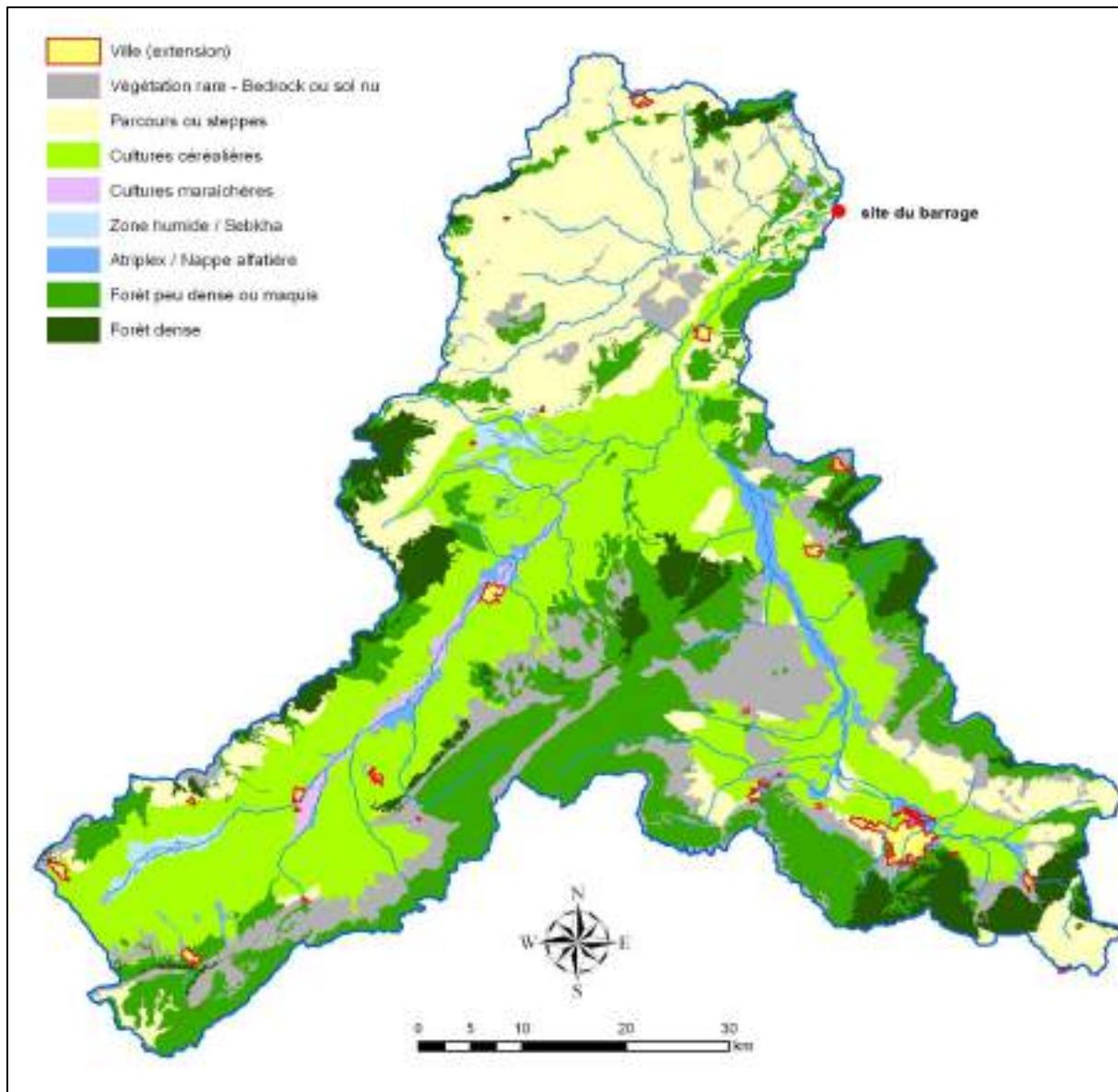


Figure I.3 : Répartition spatiale de la couverture végétale dans le bassin versant Ouldjet Mellegue (ANBT 2005).

De manière générale, les parcours et steppes couvrent de grandes étendues sur une zone située au nord de la confluence entre les oueds Meskiana et Chabro (comprenant les trois sous-bassins les plus nordiques et le nord-ouest du sous bassin de Meskiana). Plus au sud, l'agriculture est très présente et les massifs forestiers, plus ou moins denses, tapissent la

plupart des zones de relief. On trouve cependant aussi de grandes surfaces de sols nus ou à végétation rare, souvent de texture argilo-marneuse et parfois même en pente forte (comme au centre de l'oued Chabro par exemple) (ANBT 2005).

III. Aperçu socio-économique

III.1. Démographie

La wilaya de Tébessa est issue du découpage administratif de 2020 (Source : DPSB).

a) Tébessa

Tableau I.1 : la Démographie (Tébessa) (ANBT 2005).

La population	La densité	Superficie	Daïra	Communes	Population		
					Agglomération de chef-lieu	Agglomération	Les zones éparses
79 4528 habitants	57 habitants/km ²	14 227 km ²	12	28	74 %	4.4 %	22 %

b) Ouenza

Tableau I.2 : la Démographie (Ouenza) (ANBT 2005).

La population	La densité	Superficie
64 371 habitants	519 habitants/km ²	124 km ²

III.2. Ressources agricoles

La répartition de la superficie de la wilaya de Tébessa et la commune d'Ouenza est exposée dans le tableau ci-après :

Tableau I.3 : La répartition des terres agricoles (Tébessa) et (Ouenza). (ANBT, 2005).

COMMUNE	SAU (ha)	Forêts	Alfa	Parcours	Inculte	Total
Tébessa	1.800	8.000	500	3.100	6.180	19.580
Ouenza	3.959	9.500	500	1.462	3.710	19.131

III.3. Industries

Les données disponibles montrent que l'industrie dans la wilaya de Tébessa est axée essentiellement sur l'exploitation de minerai, tel le fer et le phosphate. Le tableau ci-après liste les principales industries de la wilaya de Tébessa :

Tableau I.4 : Principales industries de la wilaya Tébessa (ANBT, 2005).

Nom	Commune	Capacité	Production 2005	Effectif	Activités
ISPAT TEBESSA (Mines d'Ouenza)	Ouenza	1.500.000 T	880.779 T	799	Exploitation minerai de fer
ISPAT TEBESSA (Mines de Boukhadra)	Boukhadra	650.000 T	332.434 T	286	Exploitation minerai de fer
FEPHOS Djebel-Onk	Djebel-Onk	2.500.000 T	892.285 T	1.098	Exploitation de phosphate
JANNERIE de l'Est	Tébessa	166.000 unités	31.799 unités	97	Confection (Jeans)
EPE les grands moulins d'EL Aouinet	El Aouinet	2.000.000 Qx	135.464 Qx	251	Production de semoule- farine-patte-couscous
GROUPE E.N.A.D	El Aouinet	/	/	/	Fabrication des produits d'entretien
Entreprise nationale de tubes et transformation produits	El Malabiod	60.000 T	3.608 T	253	Fabrication de tube galvanisé-gaz-eau et profiles
Entreprise nationale des	El Malabiod	500.000 T	518.543 T	70	Production des granulats

Granulats					
FAMOS	Ouenza	343.500 unités	34.932.400 DA	74	Fabr.outillages spécifiques-pièces de rechange chaines- accessoires
Filiale société des ciments de Tébessa cimenterie d'El Labiod	El Malabiod	525.000 T	543.510 T		Fabrication, commercialisation de ciment
ELATEX	Tébessa	Activité à l'Arrêt	Activité à l'Arrêt		Fabrication de fil fin

IV. La topographie

La topographie particulière, où s'étendent de larges zones au relief peu marqué, est ponctuée par des points hauts isolés. Ainsi, le tracé du cours d'eau présente de nombreux méandres dont certains particulièrement serrés. Plusieurs zones aux caractéristiques topographiques particulières peuvent être distinguées :

- Une première zone à l'aval du barrage ; cette zone est relativement encaissée, tout en présentant, localement, des parties plus larges. La topographie est en général très accidentée dans cette zone et présente des méandres serrés.
- Une plaine plus large ; à la topographie globalement homogène, cette zone présente des pentes plus faibles et s'étend jusqu'à la frontière Algéro-tunisienne (ANBT 2005).

V. Réseau hydrographique

Le bassin versant de l'oued Mellègue a une superficie de 4350 Km² et un périmètre de 290 Km est circonscrit dans 4 wilayas (Oum El Bouaghi et Khenchela à l'Ouest, Souk Ahras au Nord et Tébessa au Sud). Se décompose en cinq sous-bassins versants :

- Au Nord-Ouest, le sous bassin drainé par l'oued Guettera (ou oued Kebarit), d'une superficie de 585 km².
- Au Sud-Ouest, le sous bassin de l'oued Meskiana, d'une superficie de 1 850 km². Cet oued qui prend sa source dans la région de Khenchela, à proximité des localités d'Ain Touila et Dhalaâ, présente des lacs salés dans sa partie amont. Ce bassin versant draine la partie Sud-Ouest de Mellegue.
- Au Sud-Est, le sous bassin de l'oued Chabro d'une superficie de 1 560 km². Cet oued prend sa source dans la région de Tébessa. Ce bassin draine la partie Sud-Est de Mellegue. L'oued Chabro et l'oued Meskiana se rejoignent juste en amont de la localité d'El Aouinet pour former l'oued Mellegue.
- En amont du site de la retenue, le sous-bassin intermédiaire d'une superficie de 230 km², drainé par l'oued Mellegue et qui recueille des eaux des oueds Meskiana, Chabro et Guettera.
- Enfin, au Nord, deux affluents de rive gauche de l'oued Mellègue qui alimente directement la retenue du barrage d'Ouldjet Mellegue. Ces deux oueds drainent les eaux de ruissellement de la partie Nord de Mellegue (ANBT 2005).

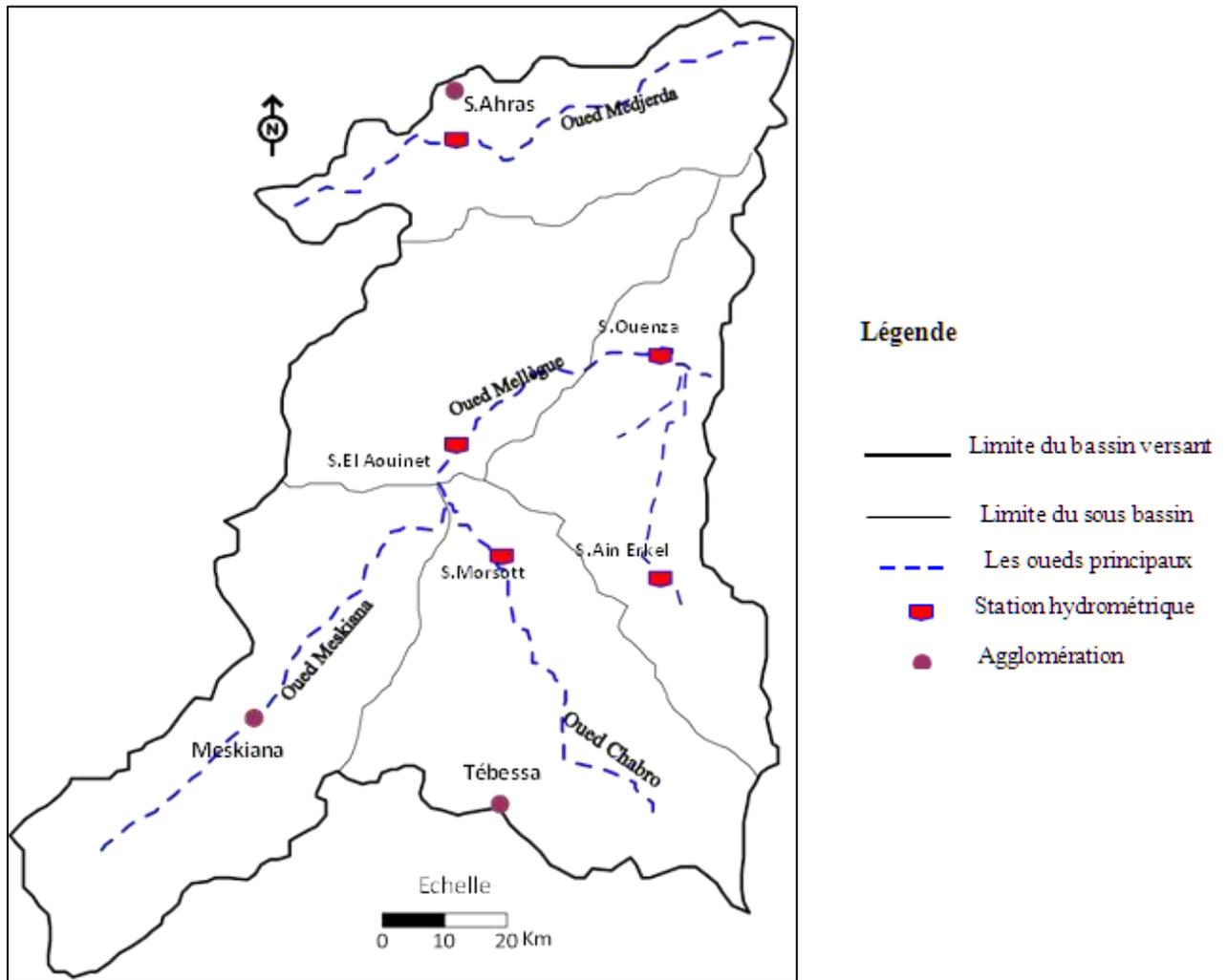


Figure I.4 : Réseau hydrographique et sous-bassins versants d'Ouedjet Mellege (Gouaidia 2008).

CHAPITRE II

Géologie

I. Introduction

Avant d'entamer une étude hydrologique ou hydrogéologique, il est indispensable de présenter un aperçu géologique de la zone d'étude. La géologie permet de définir des formations et structures géologiques pouvant influencer la nature des écoulements de surface, la ramification du réseau hydrographique, et donc l'intensité des écoulements dans le bassin versant.

Dans ce chapitre, nous donnerons successivement une étude de la géologie régionale, suivi de la géologie de la zone d'étude. Dans ce travail, l'analyse géologique de notre zone d'étude est basée sur des travaux géologiques anciens, qui ont été réalisés par : G.Dubourdieu, 1956 (Etude géologique de la région de l'Ouenza)

Le massif de l'Ouenza fait partie des confins Algéro-tunisiens qui sont géologiquement connus par leur caractère presque exclusivement sédimentaire. Les formations les plus anciennes exposées en surface sont les évaporites entremêlées (marnes bariolées à gypse, blocs de dolomies plus ou moins stratifiées, calcaires, cargneules, grès et rarement des ophites) du trias.

II. Géologie Régionale

Le secteur d'étude est en grande partie situé dans le prolongement oriental de la chaîne de l'Atlas tellien, au Sud de l'unité des Béni Barbar et au Nord-Ouest du Djebel Ouenza. (ANBT-2005).

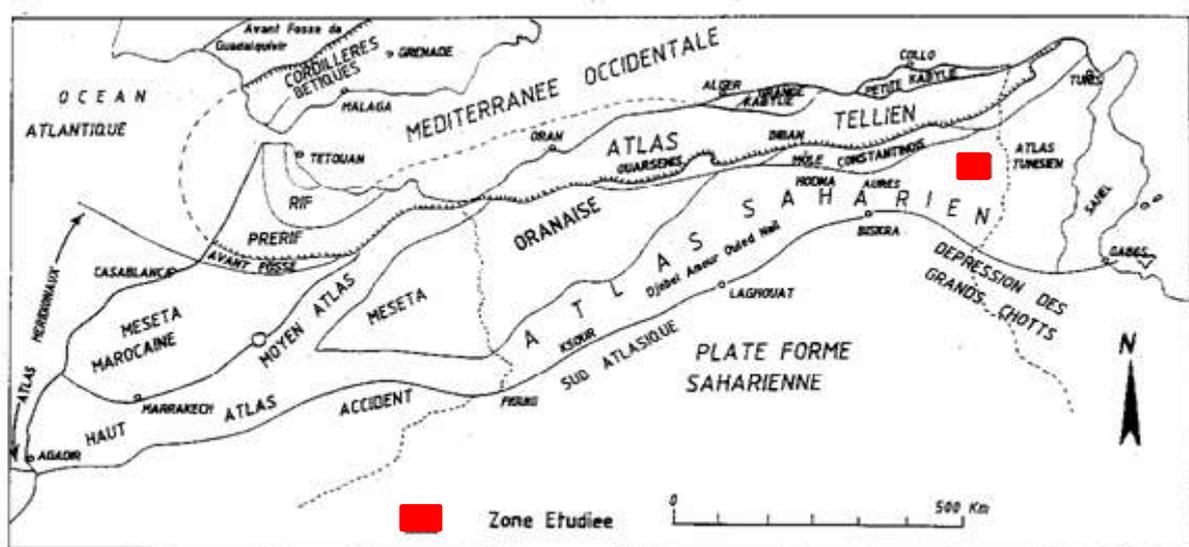


Figure II.1 : Principaux ensembles structuraux de l'Afrique du Nord et situation de la région d'étude (Caire, 1967).

III. Morphologie

Le relief de la région est fortement influencé par la lithologie et la structure géologique. Le contraste est important entre :

- De larges étendues au relief peu marqué, correspondant aux assises principalement marneuses ou bien aux séries à stratification subhorizontale, recouvertes partiellement par des limons récents ; c'est notamment le cas de la cuvette de la retenue ;
- Des hauteurs isolées, correspondant soit à des rides anticlinales, dont l'exemple le plus notable est le djebel Ouenza, soit à des assises calcaires, plus résistantes, tel le djebel Krorza qui culmine à environ 651 m d'altitude, au droit du site de l'aménagement.

Notons également que des dépressions topographiques allongées dans la direction NO-SE représentent des aires d'effondrement probablement post-miocènes, dont le substratum est recouvert de limons. (ANBT-2005).

IV. Lithostratigraphie

La géologie de Mellègue a fait l'objet de plusieurs études déjà publiées (Dubourdiou, 1956; Rouvier, 1977; Perthuisot, 1978 et Perthuisot, 1992), qui ont noté la présence d'une zone large qui s'étend sur une centaine de kilomètres dite: «zone des diapirs » entre les Monts du Mellègue au Nord et la flexure saharienne au Sud.

Le caractère lithologique de faciès sédimentaires et la subdivision stratigraphique ont été établis à la base des travaux de plusieurs géologues parmi lesquels (Dubourdiou ; 1956, Chikhi ; 1980 et Vila ; 1994). Il s'agit de formations de dépôts mésozoïques - cénozoïques allant de Trias au Quaternaire (Figs. 2 et 3). En intégrant la lithostratigraphie de quelques formations du massif de l'Ouenza, encaissant généralement des minéralisations ferrifère et polymétallique, nous distinguons (Beguiret Lilia 2007).

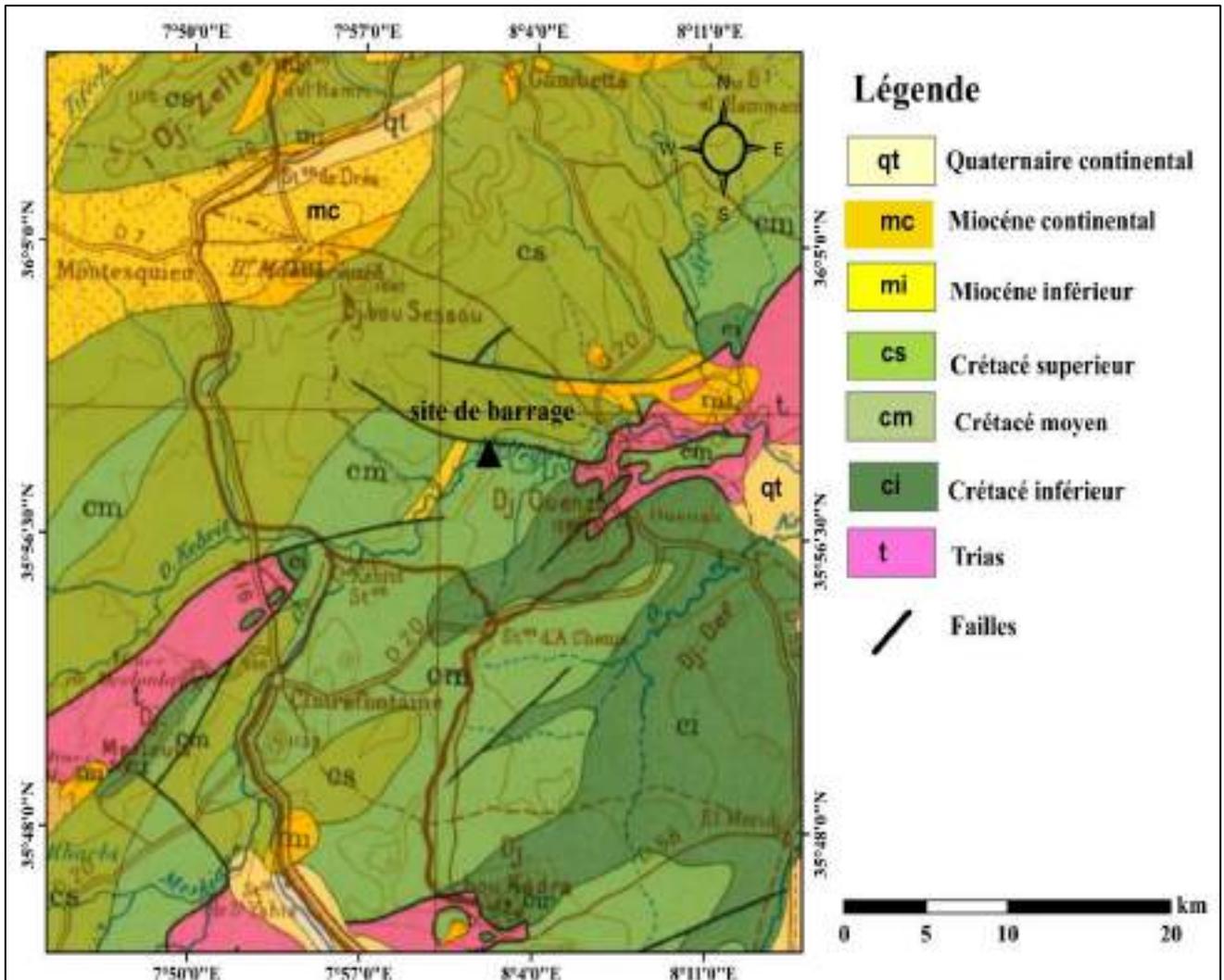


Figure II.2 : Carte géologique de la zone d'étude (Vila, 1980, modifiée).

		Lithologie	Epaisseur (m)	Description lithologique	
CENOZOÏQUE	Quaternaire		⑥ 10-30	Dépôts clastiques d'origine continentale.	
	Paléogène	Miocène		⑤ 10-150	Conglomérats à grains variés avec un ciment carbonaté, grès quartzeux et calcaire sableux avec intercalations d'argilites.
Eocène			200	Calcaires marneux à silex et intercalations de phosphates par endroits dans le mur.	
MÉSOZOÏQUE	C R I T O T A S U P E R I E U R	Maest.		250-300	Calcaires gris clairs, calcaires crayeux et marnes argileuses avec intercalation d'argiles dans la partie supérieure.
			Campan.		500-600
		Con-Sant.		500-600	Marnes argileuses grises et grises bleuâtres.
		Turo		④ 180-250	Calcaires en bancs, partiellement marneux à teinte noire et gris-foncée.
		Cénom.		③ 900-1000	Marnes gris-verdâtres et grises dans la partie supérieure, avec intercalations de calcaires marneux.
		Vracon.		② 500-600	Marnes et marnes-argileuses avec intercalations de calcaires argileux et argilites.
		Albien		480-600	Marnes grises et gris-foncées, noires dans la partie supérieure avec de minces intercalations de calcaires argileux.
		Clans		100-200	Marnes grises, gris-jaunes partiellement avec des intercalations de calcaires.
		Aptien		① 300-600	1- Faciès élastique, marnes argileuses avec intercalations de marnes sableuses et grès calcaires. 2- Faciès carbonaté, calcaires organo-détritiques, bioclastes, ooclastes et interclastes.
		Barrém.		< 250	Calcaires et dolomies, argilites et argiles dans la partie supérieure (Grès à Mesloulia).
Jurassique					
Trias		< 700	Formations marno-gypsifères bariolées avec peu d'intercalations de grès à grains fins, dolomies et calcaires marno-dolomitique.		

Figure II.3 : Colonne stratigraphique synthétique des monts du Mellègue (d'après : Dubourdiou 1956, 1959 ; David 1956; Madre 1969 ; Fleury 1969 ; Thibieroz et Madre 1976 ; Chikhi, 1980 ; Otmanine 1987, Bouzenoune 1993 et Vila et al, 2000).

IV.1 Trias

Le Trias des Monts de Mellègue est considéré comme diapirique depuis les travaux de Flandrin en 1932. Il affleure à la faveur d'extrusions et occupe généralement la partie centrale des structures anticlinales (Perthuisot et Rouvier, 1992; Aoudjehane et al. 1990; 1992).

Les affleurements les plus importants sont ceux de l'Ouenza, de Boukhadra, de Mesloula, de Hameimat Nord et de Hameimet Sud.

Le Trias est constitué de marnes bariolées à gypse, de dolomies, de calcaires dolomitiques, de grès et des fragments de roches qui constituent les formations typiques du Trias en Algérie (Dubourdieu, 1956).

Un signe caractéristique du Trias est la présence de grains de pyrite et de petits cristaux de quartz bipyramidal.

IV.2 Crétacé

a) Crétacé inférieur

Le Crétacé inférieur est représenté par les étages suivants:

- **Barrémien**

Il affleure dans l'anticlinal de Sidi Embareka au Nord-Est de Djebel Ouenza (Dubourdieu, 1956). Il est constitué de marnes grises et jaunes non fossilifères, intercalés par des calcaires argileux, noduleux. Sa puissance est de 200m en moyenne (Dubourdieu ; 1956).

- **Aptien**

Il affleure sur des vastes surfaces, et de ce fait il devient le plus remarquable dans la région. Les dépôts de l'Aptien sont distribués surtout dans les bandes soulignées par les diapirs, dans le noyau des anticlinaux, et dans d'autres horsts de la région. Ils sont étudiés en détail par rapport à leur rôle de milieu encaissant pour la mise en place de minéralisations polymétallique et ferrifère.

L'étude lithostratigraphique de l'Aptien effectuée dans le massif de l'Ouenza a montré la succession suivante:

- **L'Aptien marneux**

Il est remarquable par la dominance des marnes verdâtres qui se forment des pseudo-bancs. Elles représentent les termes les plus anciens de l'Aptien (Masse et Thieuloy, 1979) d'âge Aptien inférieur à moyen. Ces marnes alternent avec des calcaires gréseux ou des grès sur une vingtaine de mètres. Les grès sont à ciment sparitique et à oxydation partielle. L'ensemble est surmonté par des bancs de calcaires d'une épaisseur moyenne de 30m;

- **L'Aptien calcaire**

Il surmonte l'Aptien marneux, renfermant le plus souvent des Miliolites, des Rudistes, des Orbitholines et des Lamellibranches (Chikhi-Aouimeur, 1980). Ces niveaux sont caractérisés par l'abondance du quartz automorphe, avec une épaisseur qui varie entre 108m et 172m. Ces calcaires sont considérés comme un métallotecte lithologique puisqu'ils encaissent l'essentiel de la minéralisation ferrifère et/ou polymétallique (Dubourdieu, 1956; Bouzenoune, 1993);

- **Clansayésien**

Il affleure dans divers anticlinaux de la région étudiée, il s'agit des marnes grises, jaunes à Ammonites avec des calcaires gréseux (Dubourdieu, 1956). Sa puissance est de 100 à 200m.

La formation aptienne présente une épaisseur totale qui varie de 250 à 600m (Dubourdieu, 1956).

- **Albien**

L'Albien est marqué par une faune riche en Ammonites. Durant l'Albien supérieur, la couverture albo-aptienne est percée par le Trias, entraînant le redressement des couches et la complexité des structures (plis évasés, plis en champignon, etc.), généralement scellées par le Vraconien: Ouenza, M'zouzia, Boukhadra (Nedjari-Belhocène et Nedjari, 1984 ; Othmanine, 1987 et Bouzenoune, 1993).

L'Albien se caractérise par des marnes argileuses dans la partie inférieure, des calcaires argileux dans la partie moyenne et des marnes noires dans la partie supérieure.

Dubourdieu, (1956) a étudié plusieurs massifs de la région de l'Ouenza. Il a démontré que les calcaires aptiens sont surmontés par des marnes datées de l'Albien inférieur par des Ammonites. Vila et al (1994) ont signalé la présence d'une barre carbonatée albienne qui s'individualise à l'Ouenza, de part et d'autre de la côte 1288m. Ces calcaires deviennent plus

marneux vers la terminaison périclinale et présentent la même association microfaunique qu'à la base de l'Albien de Djebel Boujaber. La puissance des dépôts albiens est d'environ 400 – 500 m.

- **Vraconien**

Il est généralement transgressif sur le Trias à l'Ouenza (Thibieroz et Madre, 1976) et sur l'Aptien au Djebel Slata (Smati, 1986) et au Djebel Hmeimet (Othmamine, 1987). Il est composé totalement de marno- calcaires gris, bleus, séparant des petits bancs de calcaires et vers le bas des marno- calcaires très gréseux de 500m d'épaisseur.

b) Crétacé supérieur

Il comprend les étages suivants : Cénomaniens, Turonien et Sénonien.

- **Cénomaniens**

Il est constitué de marnes argileuses verdâtres, caractérisées par des intercalations de la calcite fibreuse.

Dubourdiou. (1959) a distingué la présence de deux assises : L'assise inférieure qui est formée par des marnes jaunes avec des marno-calcaires blancs feuilletées, et l'assise supérieure constituée des calcaires argileux, gris blancs avec quelques niveaux de calcaires gris noirs. La puissance du Cénomaniens est de 600 à 900 m.

- **Turonien**

Les formations du Turonien n'affleurent qu'à Koura Ouenza aux environs de l'Ouenza. Elles constituent les flancs des grands anticlinaux et synclinaux. Elles sont présentées par des calcaires marneux en plaquettes gris- foncé à noir, et à la base, avec de la matière organique et de rares concentrations pyritiques et marcacitiques.

Ces calcaires caractérisent stratigraphiquement le Cénomaniens supérieur et le Turonien inférieur. Le Turonien supérieur est caractérisé par le développement des faciès marno-calcaires. La puissance totale du Turonien est de 150 à 250 m.

- **Sénonien**

Le Sénonien est représenté dans les régions de Souk Ahras et de Morsott, par un Sénonien inférieur (Coniacien-Santonien), représenté par des calcaires marneux et des marnes avec une puissance ne dépassant pas les 300m, (Dubourdieu, 1959); et un Sénonien supérieur (Campanien-Maastrichien), qui affleure au Sud de Tébessa et représenté par la succession des calcaires marneux du Campanien, des marnes gypsifères et enfin des calcaires massifs à rognons de silex riches en Inocérames avec une épaisseur comprise entre 200 à 500m.

c) Tertiaire

Les dépôts tertiaires sont présentés par: l'Eocène, le Miocène inférieur et moyen et le Mio-pliocène (David, 1956).

- **L'Eocène**

L'Eocène inférieur et moyen sont représentés par des calcaires à silex et des calcaires à Nummulites, près des périmètres des Monts de Mellègue, avec une puissance de 200 m.

- **Miocène inférieur et moyen**

Le Miocène inférieur et moyen présentent des dépôts qui reposent transgressivement sur les formations d'âge albien-sénonien et même sur le Trias. Il s'agit d'une puissante accumulation de marnes et de grès. Son épaisseur peut atteindre dans le bassin de Ouled Soukiès (Nord-Ouest de l'Ouenza) 1000 m (Dubourdieu, 1956; Kowalski et Hamimed, 2000). A leur base, les formations miocènes comportent des conglomérats contenant des éléments de calcaires variés, de silex gris, des galets ferrugineux et des éléments empruntés au Trias, témoignant d'une activité diapirique (Bouzenoune, 1993), avec une épaisseur moyenne de 150m (Dubourdieu, 1956).

- **Mio-pliocène**

Il est distribué surtout dans la moitié Nord de la région d'étude. Il est présenté par des conglomérats bariolés, grès et sables, argiles et calcaires lacustres. Sa puissance est de 150m.

d) Quaternaire

Il est caractérisé par des dépôts qui se répartissent dans les parties basses des reliefs et couvrent des surfaces importantes. Il renferme des croûtes de calcaires, limons, éboulis, cailloutis et poudingues avec une épaisseur de 10 à 30 m dans les fossés (Dubourdiou; 1956).

V. Géologie Du Site De L'aménagement

V. 1. Géomorphologie

Le rétrécissement de la vallée de l'Oued Mellegue à l'endroit où elle coupe le djebel Krorza impose naturellement le site du barrage choisi. Au droit du site du barrage principal, la fondation rocheuse est constituée d'un complexe marno-calcaire du Crétacé supérieur.

La variation du ratio argiles/carbonates conduit à une alternance de couches tantôt plus marneuses, tantôt plus calcaires. Du fait de leur résistance relativement plus grande à l'érosion, les niveaux à contenu plus élevé en carbonate forment le verrou caractéristique du site, tandis que les horizons marneux, plus tendres, sont prédominants en fond de vallée.

En rive gauche, à quelques centaines de mètres du lit de l'oued, la ligne de crête du djebel ayant formé le verrou est rabaissée brusquement de 20 à 30 m au droit d'une faille reconnue par cartographie géologique et prospection géophysique (accident régional du Dj. Fertass – Kat. El Mzez). (ANBT-2005).

Il en résulte un col relativement peu profond mais étendu fermé par une digue d'une longueur d'environ 900 m.

A l'emplacement du barrage, les principales caractéristiques morphologiques sont les suivantes :

- lit de l'oued à la cote 533,40 m NGA
- les pentes des deux rives présentent le même pendage général, de l'ordre de 30° (voir Photo 1 et Photo 2)
- fond alluvial à la cote 540 m NGA d'une largeur d'environ 100 m
- largeur de la vallée d'environ 320 m à la cote 575 m NGA.

A l'emplacement de la digue de col, les principales caractéristiques morphologiques sont :

- Point bas à 554 m

- Longueur totale de la digue de col d'environ 900 m pour une RN à la cote 575,5 m NGA
- Appui rive droite correspondant au massif de Krorza
- Très lente remontée du terrain en rive gauche (nord).



Photo II.1 : Appui rive droite.



Photo II.2 : Appui rive gauche.

VI. Géologie De La Cuvette

En amont du site du barrage, le gradient de l'oued est faible. Les formations géologiques qui constituent le substratum du réservoir sont du même type que celles du site du barrage :

Ce sont des dépôts sédimentaires, datés du Cénomaniens et composés de marnes, finement litées, en alternance avec des calcaires marneux. En particulier, les levés de terrain n'ont pas mis en évidence la présence de dépôts salifères dans l'emprise de la retenue ou dans les versants. Sachant que les analyses d'eau ont indiqué une salinité élevée, on en déduit que la source de la contamination se situe à l'amont.

Dans l'emprise de la retenue, le substratum est en majeure partie recouvert par les dépôts récents. Il affleure principalement dans la zone du barrage principal et sur environ 1 km à l'amont de celui-ci. Plus en amont, les affleurements sont discontinus.

Les formations quaternaires distinguées sur les cartes géologiques du site de barrage et de la retenue ; sont décrites ci-dessous:

- les alluvions récentes : majoritairement composées de graves et de sables plus ou moins argileux. Peu développés en général, ces dépôts sont rencontrés dans le lit de l'oued Mellegue. Leur puissance maximale est estimée à 1,5 m.
- Basses terrasses : peu répandues, notamment le long de l'oued Mellegue, elles sont principalement constituées par des sables argileux.
- Hautes terrasses : bien représentées dans les rives de l'oued Mellegue et de l'oued El Guelib, elles présentent un léger pendage vers la vallée ; la composition est hétérogène, en général dominé par des argiles sableuses.
- Dépôts torrentiels : bien représentés, du fait de la forte érodabilité des roches en présence ; se superposent parfois aux dépôts des terrasses.
- Colluvions : recouvrent des surfaces étendues, mais leur épaisseur est généralement faible.

Le seul accident tectonique majeur identifié à ce jour dans l'emprise du réservoir est la faille du Dj. Fertass – Kat El Mzez.

La nature géologique de la cuvette (prédominance marneuse et marno calcaire) ainsi que la présence importante de terrains de couverture (de nature argilo-limoneuse) garantis l'étanchéité de la cuvette. Sa topographie ainsi que la structure géologique (synclinale) sont également des éléments favorables à son étanchéité (ANBT-2005).

VII. La Tectonique

A l'échelle régionale, la tectonique est à la fois plicative et cassante. De nombreux plis de taille kilométrique sont allongés selon la direction SO-NE. La déformation est particulièrement importante au droit des plis anticlinaux à cœur de Trias, tel l'anticlinal complexe du Djebel Ouenza.

En ce qui concerne les failles, l'un des éléments les plus notables de la région est la zone de fracture du Dj. Fertass – Kat El Mzez, orientée sensiblement E-O.

Le tracé de cet accident tectonique a été identifié à seulement 1 km au nord du site du barrage principal.

Les assises crétacées, largement prédominantes dans la zone du projet, sont affaissées au N de cette faille. L'effondrement aux environs du site, au nord du djebel Krorza, a été estimé à

environ 400 m (G.Dubourdiou). Cet accident majeur traverse la cuvette de la retenue d'Ouest en Est.

Il a été identifié et reconnu lors de l'étude de faisabilité, mais son rejet vertical avait été alors évalué à seulement 10 à 20 m. (ANBT-2005).

VIII. Pédologie

Les sols à l'échelle du bassin versant de l'oued Mellegue ont été classifiés selon leur substratum à partir des cartes pédologiques et géologiques disponibles. La classification existante est la suivante :

- Sols à dominante marno-argileux
- Sols à dominante marno-gypseux
- Sols à dominante calcaire-marneux
- Sols à dominante calcaire
- Sols récents, alluvions, limons
- Sols à dominante conglomératique
- Sols à dominante gréseuse

Le sous bassin versant comprenant les affluents directs de la retenue est composé de sols en grande majorité marno-argileux. Ces classes pédologiques particulièrement sensibles à l'érosion sont réparties sur l'ensemble du bassin versant sur des profils variés.

Le bassin versant de l'oued Guettera à des caractéristiques semblables, mais comprend quelques zones de limons alluvionnaires.

Par ailleurs, une grande partie du bassin intermédiaire de l'oued Mellegue est à dominante marno argileuse. Les versants pentus sont surtout couverts de sols calcaires marneux et calcaires. On relève également la présence de sols marno-gypseux et de limons sur des zones plates au centre du bassin.

Le sous bassin versant de l'oued Meskiana comprend des sols limoneux de plaine sur près des deux tiers de sa superficie. Des sols à dominante calcaire ou conglomératique, donc relativement stable se retrouvent sur des versants d'altitude élevée et plus pentus au Sud.

Le sous bassin versant de l'oued Chabro présente des sols limoneux récents. Les marnes sont cependant plus représentées que dans le sous bassin de Meskiana, en particulier sur plusieurs zones de forte pente (au Nord-Ouest, Sud et Nord Est du bassin), à hauteur de 30% pour la dominante marno-argileuse et de 15 % pour la dominante calcaire marneuse. (ANBT-2005)

IX. Conclusion

Ce chapitre identifie les principaux commentaires sur l'évolution géologique de cette région qui présente un relief varié, notamment avec de larges étendues au relief peu marqué recouvertes de limons récents et des hauteurs isolées constituées de rides anticlinales ou de calcaires plus résistants.

La géologie de la région est principalement composée de séries argilo-carbonatées du Crétacé supérieur, en particulier de sédiments cénomaniens, avec une coupe-type comprenant des marnes argileuses et des calcaires.

La tectonique régionale présente des caractéristiques plicatives et cassantes, avec des plis de grande envergure alignés dans la direction SO-NE. Les couches crétacées, qui dominent dans la zone du projet, ont également été affectées par cette faille.

CHAPITRE III

Caractéristiques Hydroclimatiques

I. Introduction

La climatologie est la science du climat. Elle s'appuie sur l'analyse de la distribution statistique de variables météorologiques, principalement la température et les précipitations, d'une région donnée sur une période de trente ans ; particulière études climatiques sont importantes dans toutes les études hydrologiques et hydrogéologiques, car elles permettent une évaluation quantitative des ressources en eau disponibles et fournissent des informations sur la situation hydrologique d'une région particulière.

II. Aperçu Générale Sur Le Climat D'Ouenza

Ouenza possède un climat semi-aride caractérisé par un hiver froid et un été très chaud (Csa) avec une température moyenne de l'ordre de 15,34 C°, et les précipitations sont en moyenne de 281.2 mm.

III. Station De Météorologie

Les données sur le régime pluviométrique qui ont été utilisées dans cette étude sont tirées des valeurs observées à la station de Souitir, ainsi afin d'étudier les variations des facteurs climatiques de cette région, on a pris en considération les données pluviométriques et thermiques sur une période de 14 ans (2008/2009-2021/2022). Les coordonnées de la station météorologique sont résumées dans le tableau ci-dessous (Tab.1).

Tableau III.1: Les coordonnées de la station météorologique (ANRH).

Station	Code	X	Y	Période
Souitir	120524	1001.92	298.669	2008/2009-2021/2022

IV. Paramètres Climatiques

IV.1 Précipitations

Les précipitations sont l'élément le plus important, dans l'établissement du bilan hydrique parce qu'elles jouent un rôle primordiale dans la pérennité de l'écoulement du réseau hydrographiques d'une région donnée, ainsi que dans l'alimentation de ses eaux souterraines (Layadi et Hireche 2020).

a) Variations interannuelles des précipitations

D'après l'histogramme de la répartition annuelles des précipitations sur 14 ans (2008-2022) de la station de souitir (figure2), on remarque que :

-les précipitations de (2008/2009) sont les plus élevées à 420,5 mm.

-les précipitations de (2017-2018) sont de 115,29 mm était le plus sec.

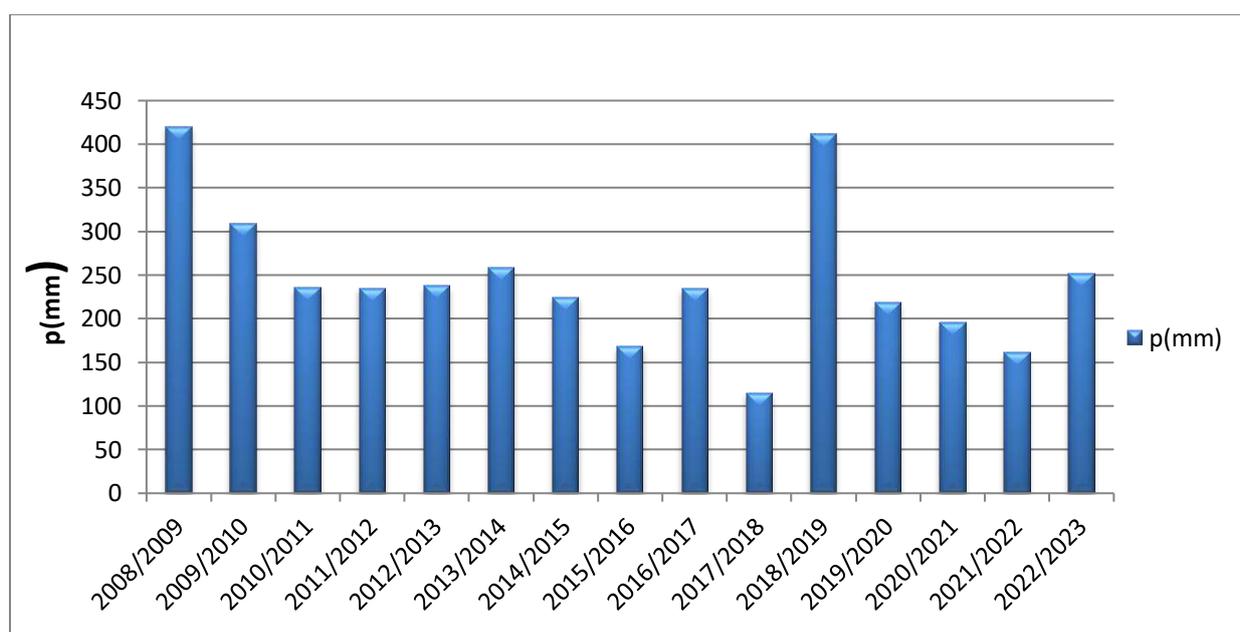


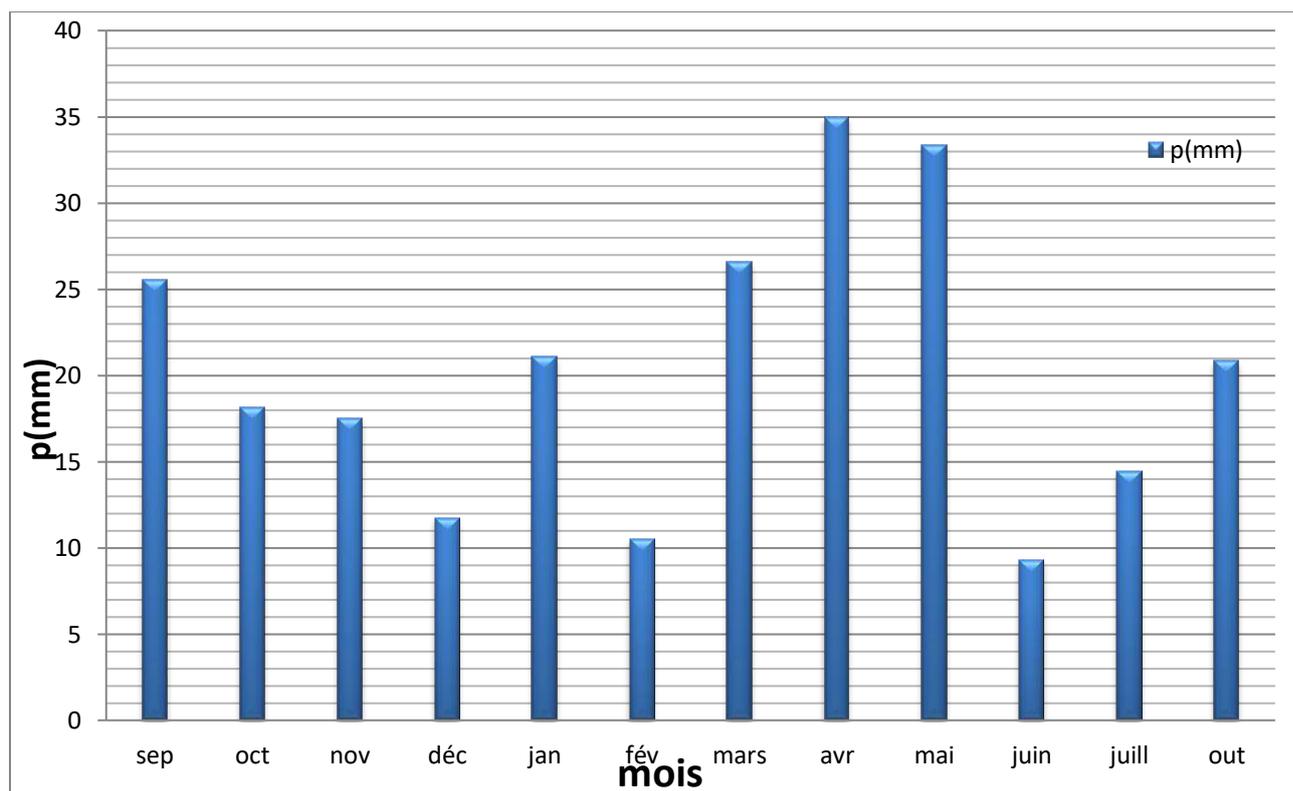
Figure III.1: histogramme de la Variation des précipitations annuelles (station de Souitir 2008-2022).

b) Variations mensuelles des précipitations

Le tableau ci-dessous présente les précipitations mensuelles moyennes, enregistrées à la station de souitir (Ouenza) pendant 14 ans (2008-2022) :

Tableau III.2: Précipitations moyennes mensuelles (Souitir 2008-2022) (ANRH).

Mois	sep	oct	nov	déc	jan	fév	mars	avr	mai	juin	juill	aout	Total
P (mm)	25,54	18,16	17,52	11,74	21,09	10,52	26,61	34,98	33,36	9,29	14,46	20,84	244,11

**Figure III.2 :** Histogramme de la Variation des précipitations moyennes mensuelles (station de Souitir 2008-2022).

IV.2 Température

La température est le deuxième facteur le plus important dans la recherche sur le climat. Etant un facteur limitant, ces connaissances sont indispensables pour caractériser le climat de la région. Celui-ci joue un rôle essentiel dans l'étude de l'évaporation et de l'évapotranspiration, et a également un impact significatif sur le bilan hydrique en raison de son impact sur les déficits d'écoulement (LAYADI et HIRECHE 2020).

La température de toute la région est contrôlée par la station Tébessa (X=35,48°, Y=8,13°, Z=813 m).

a) Variations de la température moyenne mensuelle

L'examen des relevés des températures de la station de Tébessa montre qu'il y règne un climat continental accentué à variation saisonnière extrême. Les hivers sont relativement froids et humides et les étés sont chauds et secs.

Le tableau ci-dessous présente les températures mensuelles moyennes, enregistrées à la station de Tébessa de 2008 à 2022 :

Tableau III.3 : Température moyenne mensuelle (station de Tébessa).

Mois	sep	oct	nov	déc	jan	fév	mars	avr	mai	juin	juill	aout	moyenne
T°C	23,14	16,61	12,32	8,068	7,48	8,26	10,88	14,94	19,05	24,38	27,93	27,05	16,72

Les Variations des températures au cours des mois (septembre à août) à la station de Tébessa ; indiquent que le maximum se produit en juillet avec une moyenne de 27,93 °C, et le minimum se produit en janvier avec une moyenne de 7,48 °C.

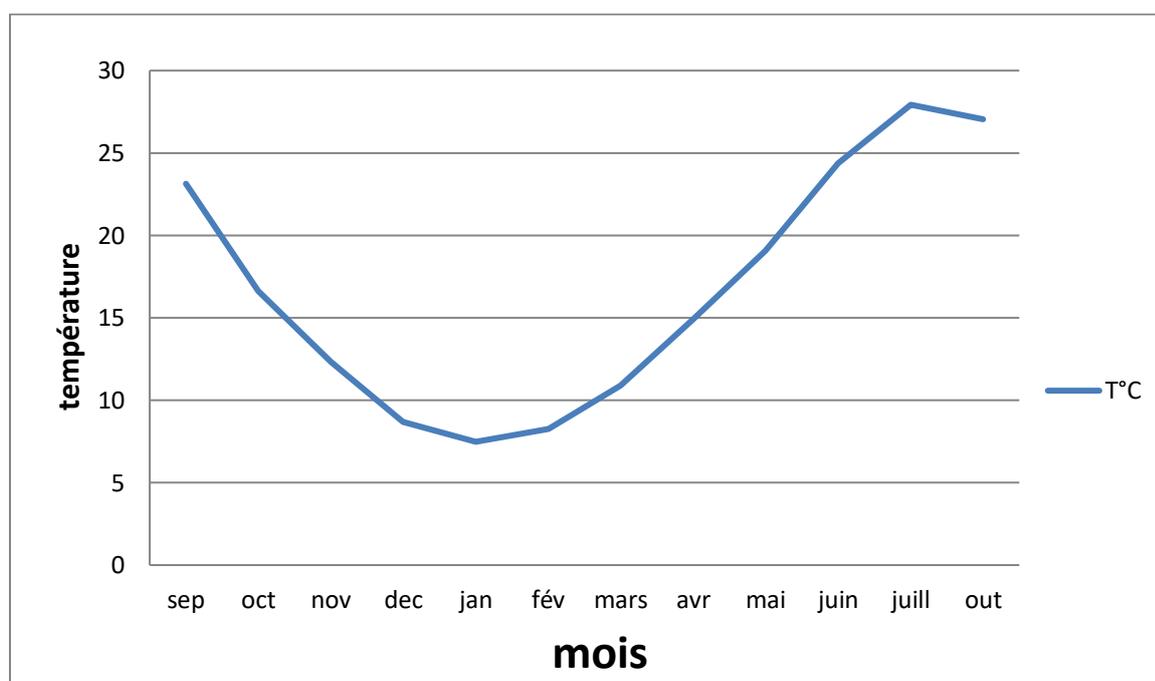


Figure III.3 : Courbe de la Variation des températures moyennes mensuelles (station de Tébessa (2008-2022)).

❖ Indice D'aridité Annuelle

Indicateur quantitatif du degré du manque d'eau présente à un endroit donné qui se calcule par la formule de De Martonne :

$$\checkmark \text{ Indice d'aridité : } \quad \mathbf{I = P / (T + 10)}$$

Où P : Précipitation moyenne annuelle (mm)

T : Température moyenne annuelle (C°)

Si : I est compris entre :

5-10 >> Milieu très sec

10-20 >> Milieu semi-aride

20-30 >> Milieu tempéré

❖ Classement en fonction de l'indice d'Aridité De Martonne

Indice De Martonne	Type de Climat
$I \leq 5$	Climat hyper aride
$5 \leq I \leq 7,5$	Climat désertique
$7,5 \leq I \leq 10$	Climat steppique
$10 \leq I \leq 20$	Climat semi-aride
$20 \leq I \leq 30$	Climat tempéré
$I \leq 30$	Climat humide

Tableau III.4: L'indice d'aridité annuelle D. Martonne.

station	P (mm)	T (°C)	I	Type de climat

Souitir (Ouenza)	244,11	16,72	9,13	steppique
-------------------------	--------	-------	------	-----------

IV.3 Humidité Relative De L'air

L'humidité relative (HR) est la quantité de vapeur d'eau présente dans l'air, exprimée en pourcentage (% HR) de la quantité nécessaire pour atteindre un niveau de saturation à la même température.

En termes simples, l'humidité relative est la quantité d'eau observée dans un volume d'air donné, divisée par la quantité maximale d'eau que l'air pourrait contenir sans produire de précipitations.

Le tableau suivant présente l'humidité relative moyenne à l'aéroport de Tébessa de 1980 à 2010.

Ce tableau montre que l'humidité relative est proche de la moyenne et change peu tout au long de l'année :

* La valeur minimale est observée en juillet avec une valeur de 40,74%.

* la valeur maximale est d'environ 72,63%. Observé en décembre.

Tableau III.5 : humidité relative moyenne à la station de Tébessa (1980-2010) (Djebbari et Soltani 2020)

mois	sep	oct	nov	déc	jan	fév	mars	avr	mai	juin	juill	aout
Tébessa Aéroport (1980-2010)	57.50	61.42	69.79	72.63	72.31	68.15	64.91	60.88	55.33	47.70	40.74	45.16

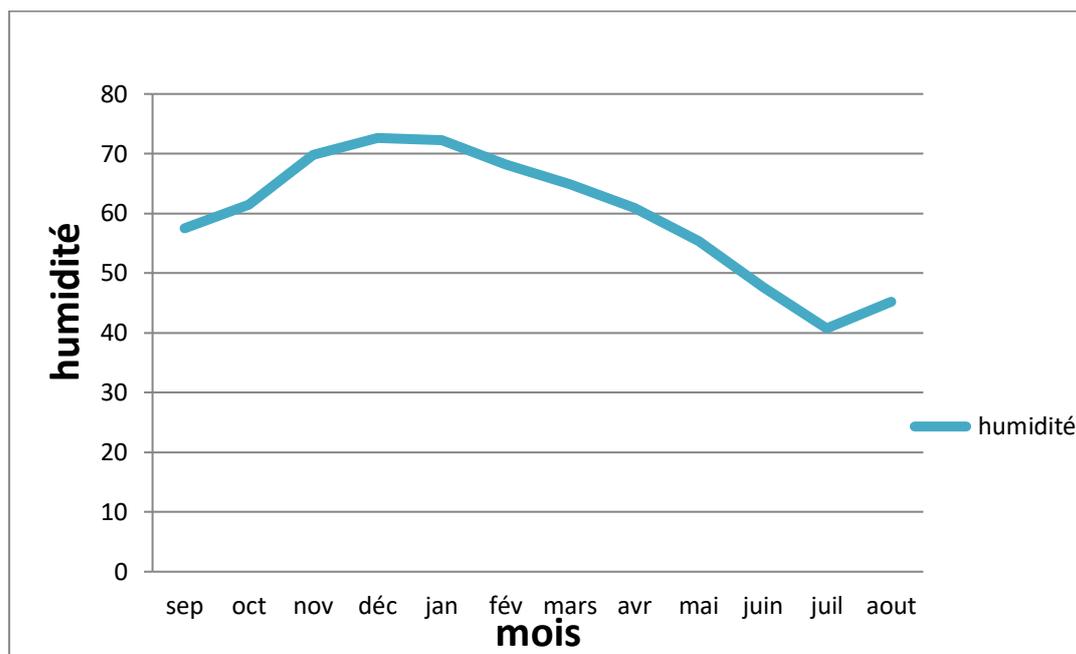


Figure III.4. : Courbe de l' humidité relative moyenne à la station de Tébessa (1980-2010)

IV.4 Vent

Le vent est le mouvement de l'air d'une zone de haute pression vers une zone de basse pression, correspondant au mouvement des masses d'air dû aux différences locales de température et de pression.

Le tableau suivant montre l'intensité moyenne mensuelle des vents en mètres/seconde à l'Observatoire de Tébessa pour la période de 25 ans 1986-2011.

Tableau III.6 : Intensité du vent en (m/s) à la station de Tébessa (1986-2011) (Djebbari et Soltani 2020)

mois	sep	oct	nov	déc	jan	fév	mars	avr	mai	juin	juill	aout
Tébessa Aéroport (1986-2011)	2.32	2,2	2,34	2,49	2,76	3,06	3,04	3,25	2,9	2,79	2,78	2,50

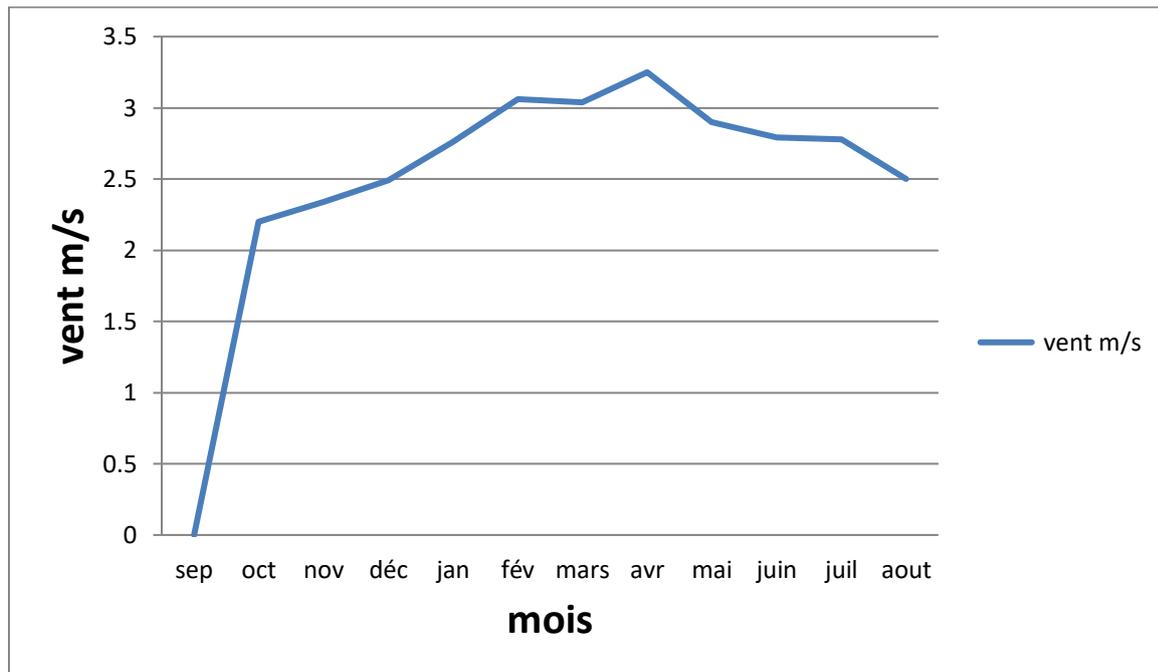


Figure III.5 : courbe de l'intensité du vent en (m/s) à la station de Tébesa (1986-2011)

- Selon la Station météorologique de Tébesa, la répartition du champ de direction des vents est telle que les vents dominants prédominent de façon saisonnière de l'hiver à l'été, avec direction « ouest-nord-ouest » survenant de novembre à avril, qui sont responsables des précipitations.
- De mai à juillet, les vents du sud sont « le siroco » et provoquent une forte évaporation (évapotranspiration) et une sécheresse, réduisant l'humidité de l'air.

V. Bilan Hydrologique

Le bilan hydrologique est une évaluation des quantités d'eau qui contribuent aux différentes étapes du cycle de l'eau : la précipitation, l'évapotranspiration, le ruissellement de surface et l'infiltration, qui se distribue entre le ruissellement hypodermique et la recharge.

- Le bilan hydrique est basé sur l'équation :

$$P = ETR + R + I$$

Avec :

P : Précipitations moyennes annuelles en (mm).

ETR : Evapotranspiration réelle (mm).

R : Ruissellement en (mm).

I : Infiltration moyenne en (mm).

V.1 L'évapotranspiration

Ce paramètre, l'évapotranspiration, est le plus important, il représente la somme des quantités d'eau exprimées en (mm) évaporées par la surface du sol et utilisées par les plantes (Habes, 2013; Medouri et Sekfali, 2021). L'évapotranspiration est composée de deux mots : évaporation et transpiration, et se définit comme les phénomènes d'évaporation de l'eau (phénomène physique) et de transpiration des plantes (phénomène biologique) (Bouakkaz et Zentout, 2020):

V.2 Evapotranspiration Potentielle (ETP)

Le terme d'évapotranspiration potentielle (PET) désigne la quantité maximale d'eau qui peut s'évaporer à partir des sols, des surfaces d'eau libre et transpirer par les organismes vivants sur une surface limitée et pendant une période définie. Pour l'estimation de l'évapotranspiration, on a utilisé la formule proposée par C.W. Thornthwaite en 1948, qui est basée principalement sur la température de l'air (Rezaiki et Zaghad, 2019).

$$\mathbf{ETP = 16[10T/ I]^a}$$

Avec :

ETP : évapotranspiration potentielle mensuelle en (mm).

T : température moyenne mensuelle en (°C).

i : Indice thermique annuel. **I** : Somme des indices thermiques mensuels.

A : paramètre arbitraire lié à la température.

Où :

$$i = (T/5)^{1.514}$$

Et :

$$a = 1.6 (I/100) + 0.5$$

ETPc : L'évapotranspiration potentielle corrigée est donnée par la relation suivante :

$$ETPc = ETP * K$$

Ou:

K : coefficient de correction qui dépend du temps et de la latitude ;

V.3 Evapotranspiration Réelle (ETR)

Par définition, nous désignons l'évapotranspiration réelle effective actuelle comme la somme de l'évapotranspiration et de la transpiration réelle pour une surface donnée. L'ETR peut être estimé à l'aide de plusieurs formules :

- selon de Turc : la formule de Turc permet de déterminer l'évapotranspiration annuelle réelle d'un bassin versant directement à partir des précipitations annuelles et de la température moyenne annuelle.

$$ETR = P / (0,9 + \sqrt{(PL)^2})$$

Avec:

ETR : Évapotranspiration annuelle réelle (mm).

P : Précipitations annuelles moyennes (mm).

L : Un paramètre représentant la capacité d'évaporation de l'atmosphère.

$L = 300 + 25T + 0,05T^3$; où **T** est la température moyenne annuelle (°C).

- Selon Thornthwaite, la méthode est basée sur le concept facile à utiliser du réservoir (RFU). Supposons que le sol puisse stocker une certaine quantité d'eau (RFU). Cette eau est absorbée par plantes et s'évapore.

La quantité d'eau stockée dans une RFU est limitée par 0 (RFU vide) et RFU max (capacité maximale de la RFU). Cela représente environ 0 à 200 mm, avec une moyenne d'environ 100, selon les conditions. Les sols et sous-sols sont pris en compte mm).

Nous acceptons que la satisfaction de l'ETP ait la priorité sur l'écoulement, et donc avant que le l'écoulement n'existe.

Les performances d'évaporation doivent être respectées (ETP= ETR). En outre, l'achèvement de la RFU est prioritaire sur le fleuve.

Par conséquent, nous créons une évaluation sur une échelle mensuelle basée sur les précipitations mensuelles de, ETP et RFU.

Le principe de calcul repose sur les cas suivants :

- ✓ Si $P > ETP$: $ETR = ETP$; il reste une quantité d'eau, $P - ETP$ qui va alimenter la RFU, s'il reste son maximum (100 mm), on va avoir un excédent sous forme de ruissellement.
- ✓ Si $P < ETP$ et $RFU = 0$: $ETR = P$.

- ✓ Si $P < ETP$ et $RFU \neq 0$

}	$P + RFU > ETP$ $ETR = ETP$
	$P + RFU < ETP$ $ETR = P + RFU$

✓ Si $P = ETR$: les précipitations sont justes suffisantes pour alimenter le sol .Il n'y aura pas de WA pour alimenter le RFU.

✓ Enfin, un déficit agricole (Da) apparaît si, malgré l'apport du RFU et de l'ETR, il est encore inférieur à l'ETP. Il est clair de quelle quantité d'eau une plante a besoin pour ne pas souffrir de sécheresse. Par exemple :

$$Da = ETP - ETR. \text{ Donc : } Da = ETP_i - (P_i + RFU_{i-1})$$

Où :

i : mois encours.

i-1 : mois précédent.

V.4 Le Ruissellement (R)

Écoulement du surplus des eaux de pluie à la surface du sol, qui n'a pu s'infiltrer ou s'évaporer. La lame d'eau ruisselée est exprimée par le rapport du volume ruisselé (m^3) par la surface du bassin (m^2), Elle est calculée selon deux formules (Bouakkaz R., Zentout W., 2020) :

• Formule de Tixeron-Berkaloff :

$$R = P^2 / 3 * ETP^2, \text{ si : } P < 600 \text{ mm} \dots\dots\dots (1)$$

• Formule de Tixeron-Berkaloff modifiée par Romantchouk.

$$R = P^2 / 3, \text{ si : } P > 600 \text{ mm} \dots\dots\dots (2)$$

Avec :

R : Ruissellement annuelle (m).

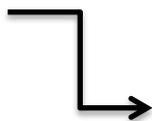
P : Précipitations annuelles (m).

ETP : évapotranspiration potentielle (m).

V.5 Infiltration

L'infiltration est la quantité d'eau franchissant la surface du sol, elle renouvelle les stocks d'eau souterraine et entretient le débit de l'écoulement souterrain et sortant après circulation dans les formations hydrogéologiques perméables du sous – sol (Bouakkaz R., Zentout W., 2020). L'estimation de la lame d'eau infiltrée Peut se faire à l'aide de la formule du bilan hydrologique comme suit :

$$P = R + I + ETR$$



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

Avec :

P : Précipitations moyennes mensuelles (mm)

I : Infiltration en (mm)

R : Ruissellement (mm)

ETR : Evapotranspiration réelle (mm)

Tableau III.7 : Calcul du ruissellement et infiltration de barrage Ouldjet Mellege (2008-2022).

station	P (mm)	T (c°)	ETP (mm)	L	ETR (mm)	R (mm)	I (mm)
Souitir (OUENZA)	244,11	16,72	799,51	951,71	244,11	0,031	-0,031

VI. Bilan Hydrologique De Thornthwaite

Cette méthode, la plus utilisée pour les climats subhumides et semi-arides, consiste à calculer l'évapotranspiration mensuelle réelle (ETR) à partir des précipitations mensuelles moyennes, l'évapotranspiration potentielle (ETP) et la réserve facilement utilisable (RFU) contenue dans le sol, nécessaire au bon fonctionnement physiologique des plantes (Benazzedin et Meziti, 2020).

Tableau III.8: Calcul du bilan hydrique selon Thornthwaite dans la station de souitir (2008-

mois	T (°C)	P(mm)	i	A	K	ETP (mm)	ETP _c (mm)	RFU (mm)	ETR (mm)	DA (mm)	EX (mm)
sep	23,14	25,54	10,17		1,03	105,50	108,66	0	25,54	79,96	0
oct	16,61	18,16	6,15		0,97	58,66	56,90	0	18,16	40,5	0
nov	12,32	17,52	3,91		0,86	34,57	29,73	0	17,52	17,05	0
déc	8,068	11,74	2,063		0,83	16,34	13,56	0	11,74	4,6	0
jan	7,48	21,09	1,84		0,87	14,29	12,43	6,8	14,29	0	0
fév	8,26	10,52	2,13		0,84	17,03	14,30	0	17,32	0,29	0
mars	10,88	26,61	3,24		1,03	27,74	28,57	0	26,61	1,13	0
avr	14,94	34,98	5,24		1,10	48,63	53,49	0	34,98	13,65	0
mai	19,05	33,36	7,57		1,21	74,77	90,47	0	33,36	41,41	0
juin	24,38	9,29	11		1,22	115,71	141,16	0	9,29	106,42	0
juill	27,93	14,46	13,52		1,24	147,19	182,51	0	14,46	132,73	0
aout	27,05	20,84	12,88		1,16	139,08	161,33	0	20,84	118,24	0
Total	/	244,11	79,72	1,77	/	799,51	893,11	/	244,11	555,4	0

2022)

T : Température mensuelle (C°). **P** : Précipitations mensuelles (mm).

I : Indice Thermique. **A**: paramètre arbitraire lié à la température.

K : Coefficient de latitude. **ETP** : Evapotranspiration potentielle (mm).

ETP_c : L'évapotranspiration potentielle corrigée (mm).

ETR : Evapotranspiration réelle (mm).

RFU : Réserve facilement utilisable (mm).

DA : Déficit agricole (mm). **EX** : Excédent (mm).

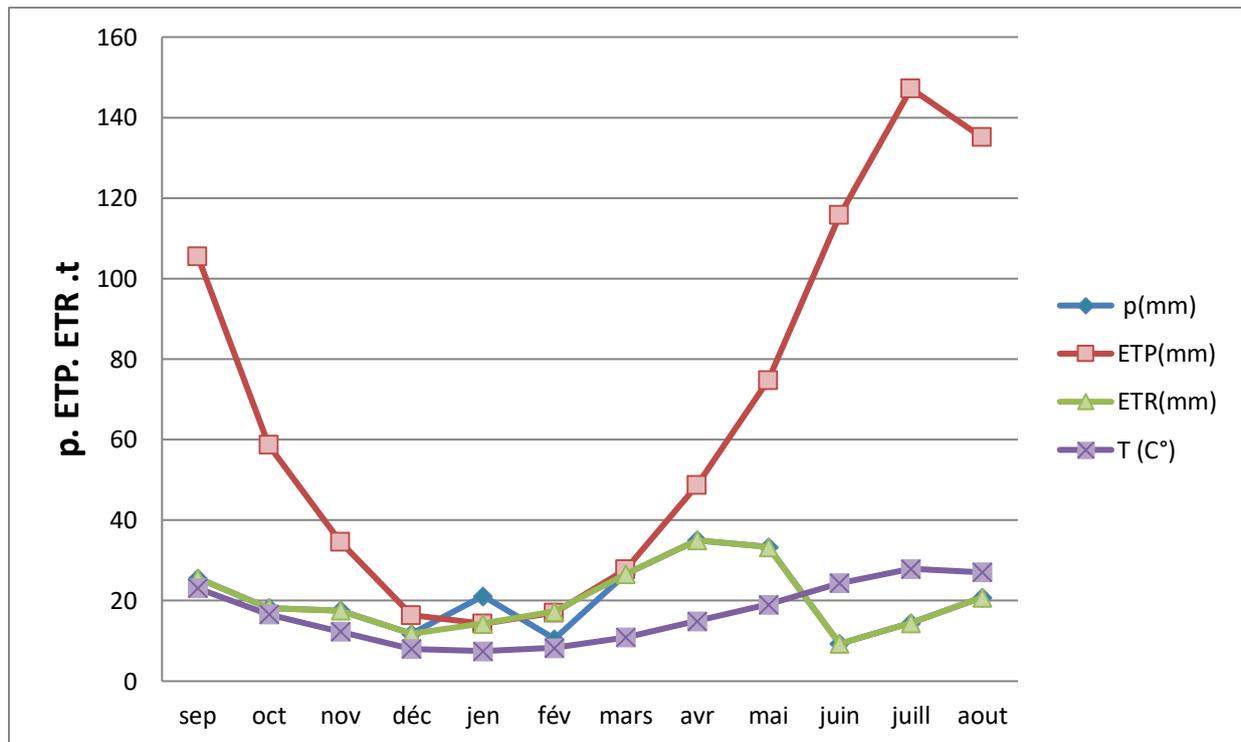


Figure III.6 : Représentation du Bilan hydrologique de la station de Souitir selon Thornthwaite

VII. Interprétation Du Bilan Hydrique

Sur la base du bilan hydrique déterminé par la formule de Thornthwaite pour la période 2008 à 2022 (tableau 7), on constate que l'ETP est supérieure aux précipitations tout au long de l'année, sauf en janvier, lorsque les précipitations sont élevées à ETP. L'évapotranspiration potentielle moyenne annuelle est de 799,51 mm, atteignant un maximum de 147,19 mm en juillet. Les précipitations pour la majeure partie de l'année sont égales à ETR, à l'exception de janvier et février. En effet, l'ETR annuel moyen est d'environ 244,11 mm. RFU ne se forme qu'en janvier avec une valeur de 6,8 mm et est par ailleurs nulle pour le reste de l'année. Il en

résulte un déficit agricole annuel d'environ 555,4 mm sur toute l'année, hors janvier, ce qui signifie que l'irrigation est indispensable presque toute l'année.

✓ **Vérification du bilan :**

$$\Sigma \text{ETP} = \Sigma \text{ETR} + \Sigma \text{Da} \rightarrow 244,11 + 555,4 = 799,51$$

$$\Sigma \text{P} = \Sigma \text{ETR} + \Sigma \text{EX} \rightarrow 244,11 + 0 = 244,11$$

VIII. Conclusion

L'étude climatique a consisté de d'identifier les conditions climatiques de l'observatoire d'Ouenza (Souitir) pour la période 2008-2022. Selon les données calculées, cette région est caractérisée par un climat steppique avec des précipitations annuelles moyennes de 244,11 mm et une température d'environ 16,72°C. Deux périodes se distinguent :

- ✓ 2008/2009 a été l'année la plus humide avec 420,5 mm.
- ✓ 2017/2018 a été l'année la plus sèche avec 115,29 mm.
- ✓ Avril est le mois le plus pluvieuse avec 34,98 mm et juin est le mois le plus sec avec 9,29 mm.

Le bilan hydrique de cette zone d'étude montre que :

- L'évapotranspiration potentielle calculée selon la méthode de Thornthwaite est de 799,51mm,
- L'évapotranspiration réelle selon Thornthwaite est de l'ordre de 244,11 mm,
- Le déficit agricole selon la méthode de Thornthwaite est de l'ordre de 555,4mm,
- Le Ruissèlement obtenu est de 0,031 mm,
- L'infiltration calculée est égale à -0,031.

CHAPITRE IV

Hydrochimie

I. Introduction

La composition chimique de l'eau joue un rôle important dans la détermination de sa qualité et donc de son potentiel d'utilisation pour l'approvisionnement en eau potable et à d'autres fins telles que l'irrigation et l'industrie.

En raison de l'utilisation multiple de ces eaux, cette étude a été menée afin d'évaluer l'état actuel de la chimie des eaux de barrage Ouedjet Mellege, son évolution dans l'espace.

Parmi les études antérieures visant à étudier la qualité physique et chimique des eaux du barrage Ouedjet Mellege, nous mentionnons :

- 5 échantillons réalisés par l'étudiante Ramdani et Touahria en 2022.
- Des études de L'eau d'Oued Mellègue par l'analyse physico-chimique de 46 échantillons distribués sur trois stations Morsott, Ouenza et El-Aouinet selon les deux périodes des hautes eaux et basses eaux; comme ceux réalisés par Dr Gouaidia layachi en 2020.
- Trois échantillons prélevés d'une façon instantanée par un laboratoire agréé à Constantine le 06/03/2023.
- Les analyses d'ANRH ont été effectuées en Décembre 2018 par laboratoire de l'ANRH.

Cette partie d'hydrochimie est basée sur l'étude des paramètres physico-chimiques tels que le PH, les ions, la dureté, la conductivité...etc., et les lois qui régissent les échanges entre eaux /roches. Aussi de déterminer les des principaux facies hydrochimiques à partir de traçage de plusieurs diagrammes, tels que le diagramme de Piper, Diagramme de Schoeller- Berkaloff et le diagramme de WILCOX.

II. Stratégie De Prélèvement

Dans le but de déterminer la qualité physico-chimique des eaux de barrage Ouedjet Mellege, une campagne d'échantillonnage a été effectuée le 27 février 2024, 6 échantillons prélevés Au niveau de la surface (voir tab IV.1).

Les prélèvements ont été effectués dans des bouteilles en plastique de 0.5 L. Au moment de l'échantillonnage les bouteilles sont rincées trois fois avec l'eau à échantillonner, puis remplis complètement les bouteilles et fermer les bouchons (figure 1). Les échantillons sont étiquetés pour éviter tout risque de confusion entre les échantillons, puis; collectés directement au laboratoire pour analyse immédiate et leurs conservations dans le réfrigérateur.



Figure IV.1 : les prélèvements d'eau dans le barrage

III. Localisation Des Points De Prélèvement

Pour la localisation des points d'eau, nous avons utilisé le GPS (figure 2)



Figure IV.2 : Photo du GPS.

- Le tableau ci-dessous présente les coordonnées des points d'eau prélevés :

Tableau IV. 1: les points d'eau prélevés.

N. échantillon	X	Y	Z	L'heure
1	35°58 ' 69"	8°02 ' 11"	543	13 :22
2	35°58 ' 49"	8°01 ' 69"	581	13 :30
3	35°58 ' 47"	8°01 ' 69"	580	13 :36
4	35°58 ' 91"	8°01 ' 75"	577	13 :45
5	35°59 ' 36"	8°01 ' 95"	579	13 :54
6	35°59 ' 42"	8°01 ' 96"	576	14 :02

IV. Mesures Des Paramètres Physico-Chimiques Et Des Eléments Chimiques

IV.1 Les Paramètres Physiques : (mesures au laboratoire)

Les paramètres physiques mesurés au laboratoire sont : la température (T°C), le potentiel d'hydrogène (PH), la conductivité électrique ($\mu\text{s}/\text{cm}$) et l'oxygène dissous (% et mg/l), le TDS (totalité des sels dissous), et la salinité.

L'eau à analyser est versée dans un récipient ou l'électrode est prolongée, lorsque l'écran d'affichage se stabilise sur une valeur, on peut noter les résultats pour procéder à analyser de l'échantillon suivant il faut rincer l'électrode par de l'eau distillée.



Figure IV.3: Appareillage utilisé pour mesurer les paramètres physiques mesurés au laboratoire.

IV.2 Les Eléments Chimiques :(analysent au laboratoire)

IV.2.1 Le Matériel Utilise Dans Le Laboratoire

Les analyses chimiques des eaux ont été effectuées au laboratoire d'hydrochimie à l'université de Tébéssa, et pour se faire, nous avons utilisé le matériel suivant :

Burette graduée, éprouvette graduée, fioles jaugées, pipettes graduées, Bécher, flacon, tube à essai, pissette, entonnoir, spatule, agitateur magnétique, balance électronique, barreaux magnétiques, Balance analytique...

IV.2.2 Nettoyage De La Verrerie

Les flacons destinés au dosage des ions majeurs (les Anions et les Cations), ont été nettoyés avec le savon, puis rincés à l'eau distillée.

Les autres flacons sont pratiquement nettoyés avec le savon, puis l'eau distillée.

IV.2.3 Méthodes D'analyse

IV.2.3.1 Méthode Volumétrie (Titrimétrie)

Une technique de dosage dont le but est de déterminer la quantité de matière contenue dans un échantillon. La méthode de titrage la plus utilisée est la volumétrie ou la concentration d'une solution inconnue est déduite de la mesure d'un certain volume d'une autre solution de concentration connue.

Le matériel utilisé dans cette technique est la burette avec des réactifs spécifiques pour chaque élément à doser (Bentadjine et Boutaleb 2021).



Figure IV.4 : méthode de titrage.

a) Dosages des chlorures (Cl^-)

Le chlore réagit avec le chromate de potassium et les nitrates d'argent pour donner une couleur rouge proportionnelle à la concentration du chlore.

b) La dureté totale

La dureté totale ou le titre hydrométrique (TH) d'une eau correspond essentiellement à la présence de sels de calcium (Ca^{+2}) et de magnésium (Mg^{+2}). Ces ions sont titrés par complexométrie avec une solution de l'EDTA à un PH de 10, le noir ériochrome (NET) est utilisé comme indicateur qui donne une couleur rouge foncé ou violet en présence de ces ions. L'EDTA réagit avec les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} libre puis au point d'équivalence, avec les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} combinés avec l'indicateur qui convertit la couleur violette en bleu (ISO, 1984).

c) Dosage de calcium (Ca^{2+})

Titration des ions calcium avec une solution aqueuse de l'EDTA à un PH compris entre 12 et 13. L'indicateur utilisé est le murexide, qui forme un complexe rose foncé avec le calcium. Lors du titrage, l'EDTA réagit avec les ions du calcium, l'indicateur vire alors de la couleur rose foncé à la couleur violet (ISO 6058, 1984).

d) Alcalinité TA et TAC

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence, de carbonates (CO_3^{2-}) et de bicarbonates (HCO_3^-) et d'hydroxydes (OH^-). Elle est déterminée par la neutralisation des ions HCO_3^- à l'aide d'un acide minérale dilué jusqu'à donner une couleur jaune au jaune orange.

IV.2.3.2 Méthode Photomètre De Flamme

L'émission énergétique, et en particulier l'émission de radiations électromagnétiques, correspond à la transition inverse : de l'état excité à l'état fondamental de plus basse énergie. Certains atomes ou cations métalliques sont susceptibles d'être excités par une flamme (fig.4). Des électrons sont amenés à un niveau d'énergie supérieur par chauffage dans la flamme d'un brûleur à gaz, et, lors du retour à l'état fondamental, il y a émission d'énergie lumineuse, sous forme de photons. Pour un métal donné, il y a émission, dans ces conditions, d'un spectre de radiations simples, chacune d'elles correspond à une transition électronique possible.

La photométrie à flamme est un des procédés les plus rapides et sensibles connus aujourd'hui pour le dosage des éléments alcalins et alcalino-terreux. Les éléments à analyser (sodium 'Na', potassium 'K') sont généralement sous forme de sels.

Nébuliser l'eau à analyser dans une flamme air-acétylène légèrement oxydante en intercalant de l'eau distillée. Entre chaque échantillon (Rodier et al, 2009).



Figure IV.5 : spectrophotomètre à flamme.

IV.2.3.3 Méthode Spectrophotométrie D'absorption Moléculaire

La technique de spectrophotométrie est basée sur la propriété de la matière et plus particulièrement de certaines molécules, il consiste à absorber certaines longueurs d'ondes du spectre UV-visible. Elle permet de réaliser des dosages grâce à la relation de proportionnalité entre l'absorbance et la concentration.

Nous avons utilisé cette technique pour le dosage de sulfates. Le matériel utilisé est un spectrophotomètre UV. Visible, avec un trajet optique de 1 cm (cuve en quartz) (Bentadjine et Boutaleb 2021).



Figure IV.6 : spectrophotomètre.

e) Sulfates (SO_4^{2-})

Les ions sulfates réagissent avec le chlorure de baryum et produit un précipité de sulfate de baryum insoluble. Le précipité ainsi obtenu est stabilisé à l'aide d'une solution de « Tween 20 ». La quantité de turbidité formée est proportionnelle à la concentration en sulfates. Le réactif contient aussi un agent stabilisant pour maintenir le précipité en suspension. Les suspensions homogènes sont mesurées par spectrophotométrie.

V. Résultats D'analyse Physico-Chimique

Les résultats d'analyse physico-chimique des eaux de surface de barrage Ouldjet Mellegue ont été enregistrés dans le tableau suivant :

Tableau IV. 2 : Variation des paramètres physico-chimiques des eaux de surface barrage Ouldjet Mellegue (2024)

Eléments	Norme OMS	E1/E2/E3/E4/E5/E6			
		Max	Min	Moy	Ecart-type
HCO ₃ ⁻ (mg/l)	250	976	976	976	0
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	250	306	173,33	243,18	54,10
Cl ⁻ (mg/l)	250	355	221,1	284,16	51,09
Ca ²⁺ (mg/l)	100	284,44	184,36	213,06	36,19
Mg ²⁺ (mg/l)	50	120,68	3,53	32,68	45,04
Na ⁺ (mg/l)	150	175	98	119	28,16
K ⁺ (mg/l)	12	7,01	6	6,48	0,42
pH	6.5<pH<9.5	7,82	7,13	7,60	0,24
Cond (μS.cm-1)	2500	2720	1820	1996,33	355,50

V.1 Paramètres physiques

V.1.1 Potentiel d'Hydrogène (pH)

Les résultats obtenus montrent que la température moyenne des eaux de surface est 12°C. Les mesures de PH pour les eaux des échantillons de cette station montrent des valeurs varies entre 7,13 et 7,82. Ces résultats voisins de la neutralité (6.5<PH<9.5).

V.1.2 La conductivité électrique (CE)

Pour les mesures de la conductivité électrique, les résultats montrent une valeur la plus élevée de 2720 μS.cm⁻¹ et une valeur la plus basse de 1820μS.cm⁻¹. Ces mesures montrent que les échantillons dépassent la norme recommandée relative à la potabilité des eaux. Ceci revient à la présence des sels dissous du au contact de l'eau avec les différentes couches du sol.

V. 2 Les éléments majeurs

V.2.1 Le calcium (Ca^{2+})

Tous les échantillons présentent des teneurs supérieures à la norme de potabilité des eaux. La valeur la plus élevée avec un maximum de 284,44 mg/l. La valeur la plus faible avec un minimum de 184,36 mg/l, et la moyenne enregistrée est de 213,06 mg/l. La valeur de l'écart-type a été estimée de 36,19 mg/l. L'ion Ca^{2+} provient de deux origines naturelles différentes qui sont : la dissolution des formations carbonatées et la dissolution des formations gypseuses.

V.2.2 Le magnésium (Mg^{2+})

Par rapport à la concentration moyenne de Ca^{2+} , la concentration de Mg^{2+} est très faible (32,68 mg/l) ce qui ne dépasse pas les normes de potabilité. Les valeurs de l'écart-type sont relativement importantes pour le calcium (45,04 mg/l), Les ions (Mg^{2+}) proviennent comme les ions calcium, de la dissolution des formations carbonatées riches en magnésium (dolomite).

V.2.3 Le sodium (Na^+)

La valeur maximale enregistrée est 175 mg/l et la valeur minimum est 98 mg/l avec un écart-type égale à 28,16 mg/l. Nos résultats inférieurs par rapport à ceux signalés par la norme.

On le retrouve dans les roches cristallines et les roches sédimentaires (sable, argile, évaporite). La roche Halite (évaporite Na Cl) est le sel de cuisine. Il est très soluble dans l'eau. Le sodium est par contre généralement peu présent dans les roches carbonatées.

V.2.4 Le potassium (K^+)

La valeur observée avec une concentration moyenne de 6,48 mg/l, un minimum de 6 mg/l et un maximum de 7,01 mg/l, ces valeurs ne dépassent pas la valeur limite (12mg/l).

Bien que dans les roches ignées la teneur en potassium soit presque aussi importante que celle du sodium, sa présence à peu près constants dans les eaux naturelles.

V.2.5 Les chlorures (Cl^-)

La valeur maximale pour la concentration de chlorure dépasse 350 mg/l et de valeur de moyenne supérieur à 284 mg/l. Ces concentrations qui sont élevées, elles proviennent

seulement de la dissolution des sels naturels par le lessivage des terrains salés ou de la contamination par les eaux usées d'origines domestique et industrielle.

V.2.6 Les sulfates (SO_4^{2-})

La plus forte valeur est enregistrée avec une moyenne de 243,18 mg/l. la valeur maximale dépasse 300 mg/l avec un écart-type de 54,10 mg/l. La source de ces teneurs est due probablement à la dissolution des formations géologiques du gypse présent dans les marnes et au lessivage des dépôts évaporitiques issus des formations géologiques de bassin versant.

V.2.7 Les bicarbonates (HCO_3^-)

La valeur observée d'une concentration égale de HCO_3^- dans tous les échantillons a été estimée de 976 mg/l. Cette concentration élevée est due à la dissolution des formations carbonatées (les calcaires).

VI. Détermination Des Principaux Faciès Hydrochimiques

Les faciès hydrochimiques, d'après Jaekli (1970), sont fréquemment utilisés en hydrogéologie pour décrire grossièrement la composition des eaux naturelles. On les détermine par le calcul des quantités en réaction (conversion des concentrations en (méq/l), et en tenant compte de la classification des ions (formule ionique) (Gouaidia 2008).

Tableau IV.3 : Faciès chimiques des eaux de surface du barrage Ouldjet Mellegue.

Echantillon	Formule ionique	Faciès chimiques
E1/E2/E3/E4/E5/E6	$r\% \text{HCO}_3^- > r\% \text{Cl}^- > r\% \text{SO}_4^{2-}$ $r\% \text{Ca}^{2+} > r\% \text{Mg}^{2+} > r\% \text{Na}^+ > r\% \text{K}^+$	Bicarbonaté calcique

VI.1 Diagramme De Piper

Le diagramme de Piper est l'une des représentations les plus classiques pour comparer la composition chimique des masses d'eau naturelles. Cela nous permet de représenter les cations et les anions sur deux triangles spécifiques. Le bord reflète le contenu relatif de chaque ion majeur par rapport au nombre total d'ions. La position relative des résultats d'analyse sur chacun de ces triangles permet dans un premier temps de déterminer la prédominance des propriétés cationiques et anioniques. Ces deux triangles sont reliés par un

losange qui trace l'intersection de deux lignes partant des points identifiés dans chaque triangle. Cette intersection représente l'analyse globale de l'échantillon. Cette localisation permet d'identifier le faciès de la masse d'eau naturelle concernée (Bentadjine et Boutaleb 2021).

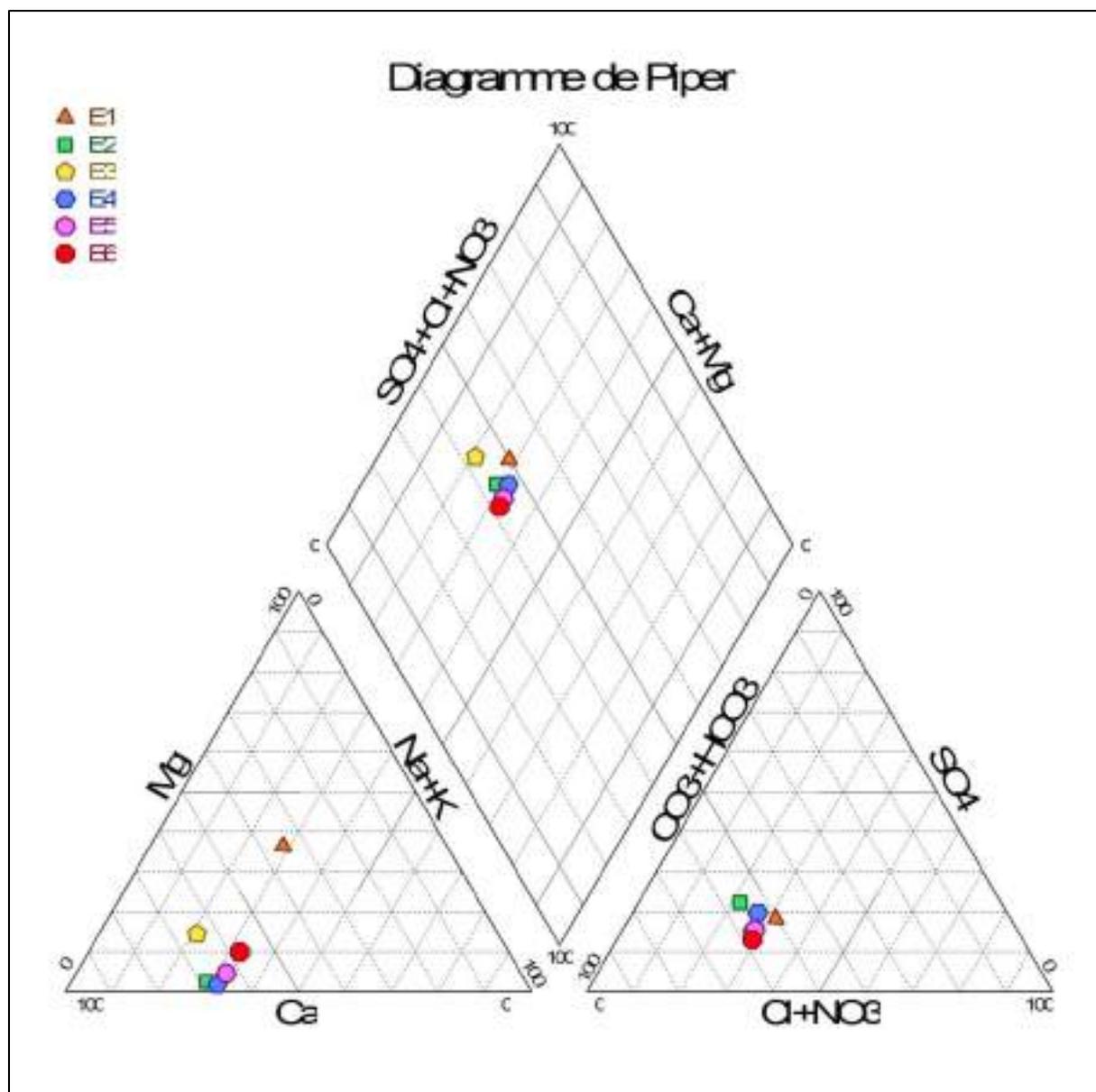


Figure IV.7 : Diagramme de piper des eaux de barrage Ouldjet Mellegue (février 2024).

Selon la distribution des points des concentrations des éléments chimiques dans le diagramme de Piper (Fig. 7) on observe que:

- Dans le diagramme des anions, on distingue que les points d'eau forment pratiquement un seul groupe, proche du pôle bicarbonaté.

- Dans le diagramme des cations, on distingue un groupe, proche du pôle calcique.

Donc le facies dominants est bicarbonaté calcique.

VI.2 Diagramme De Schoeller-Berkaloff

Ce diagramme comporte une échelle logarithmique sur laquelle on porte les teneurs des principaux ions en (mg /l) sur l'axe des abscisses. On porte de gauche à droite, à intervalle régulier (Ca^2 , Mg^2 , Na, K, Cl, SO_4 , HCO_3), les points reportés sont ensuite reliés par une ligne brisée qui facilite la comparaison des résultats de l'analyse de l'eau d'un ensemble d'échantillons (Djebbari et Soltani 2020).

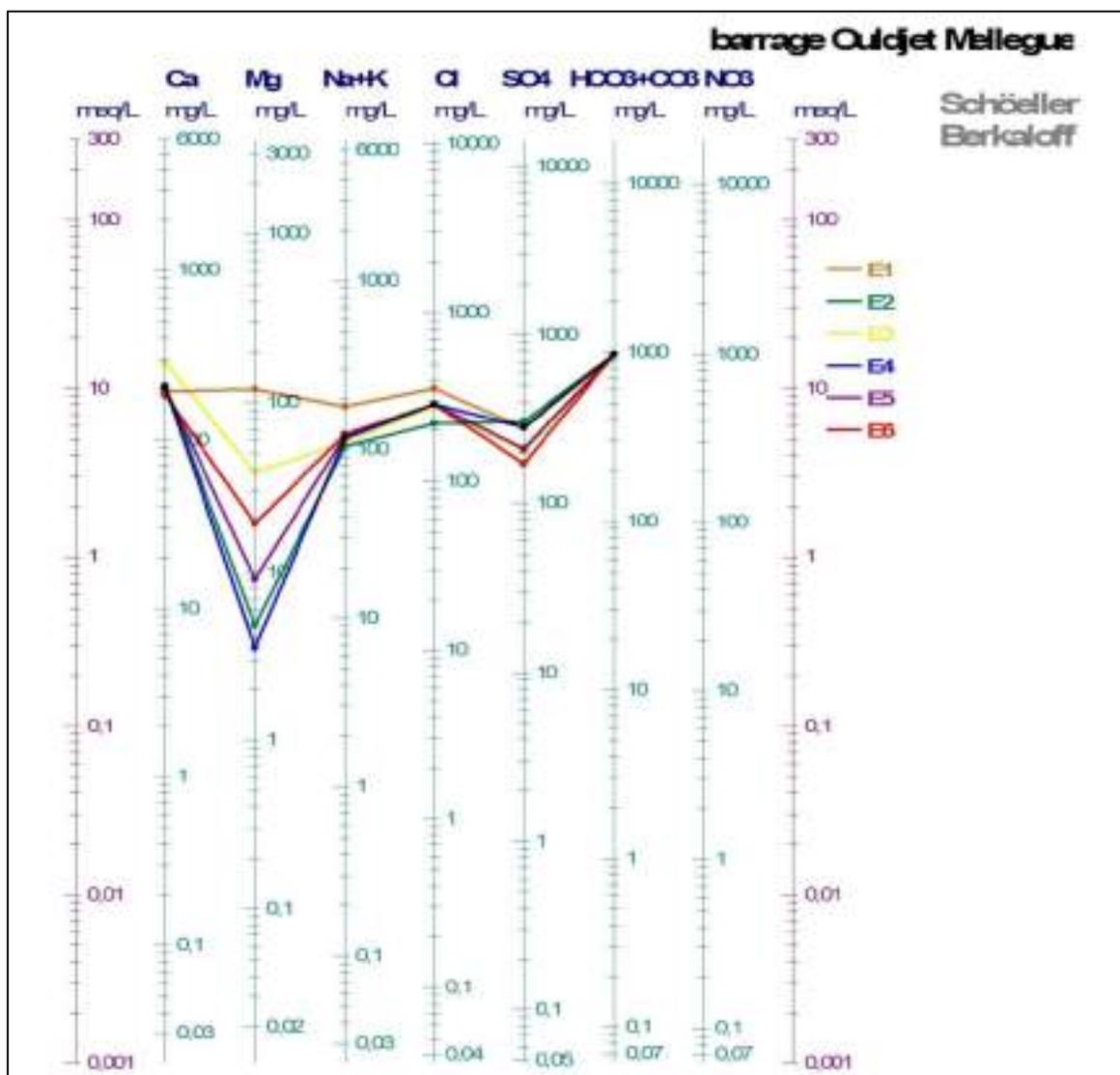


Figure IV.8 : Diagramme de Schoeller Berkaloff des eaux de barrage Ouldjet Mellegue (Février 2024).

Le diagramme de Shoeller Berkaloff (fig.8) confirme la dominance du faciès bicarbonaté calcique permettant de dire que la minéralisation des eaux est liée aux ions Ca^{+2} et Hco_3^- .

VI.3 Diagramme De Wilcox

Le diagramme de Wilcox relatif au pourcentage de sodium et à la conductivité électrique a été utilisé pour évaluer l'aptitude des eaux souterraines à l'irrigation (Bentadjine et Boutaleb 2021).

Ce diagramme est représenté par le sodium en % en ordonnées et toujours la conductivité en abscisse (Ramdani et Touahria 2022).

$$\% NA = \frac{r Na+r K}{r Ca+r Mg+r Na+rK}$$

Le diagramme est découpé en quatre classes :

1. Excellente : l'eau utilisée sans danger et sans un control au préalable.
2. Bonne : eau pouvant être utilisé pour l'irrigation sans un control particulier.
3. Admissible et Médiocre : eau convenant à l'irrigation des cultures tolérantes aux sels sur un sol ayant une bonne perméabilité et pratiquement sur même cas pour la deuxième classe mais d'une façon extrême.
4. Mauvaise : eau ne convenant pas à l'irrigation.

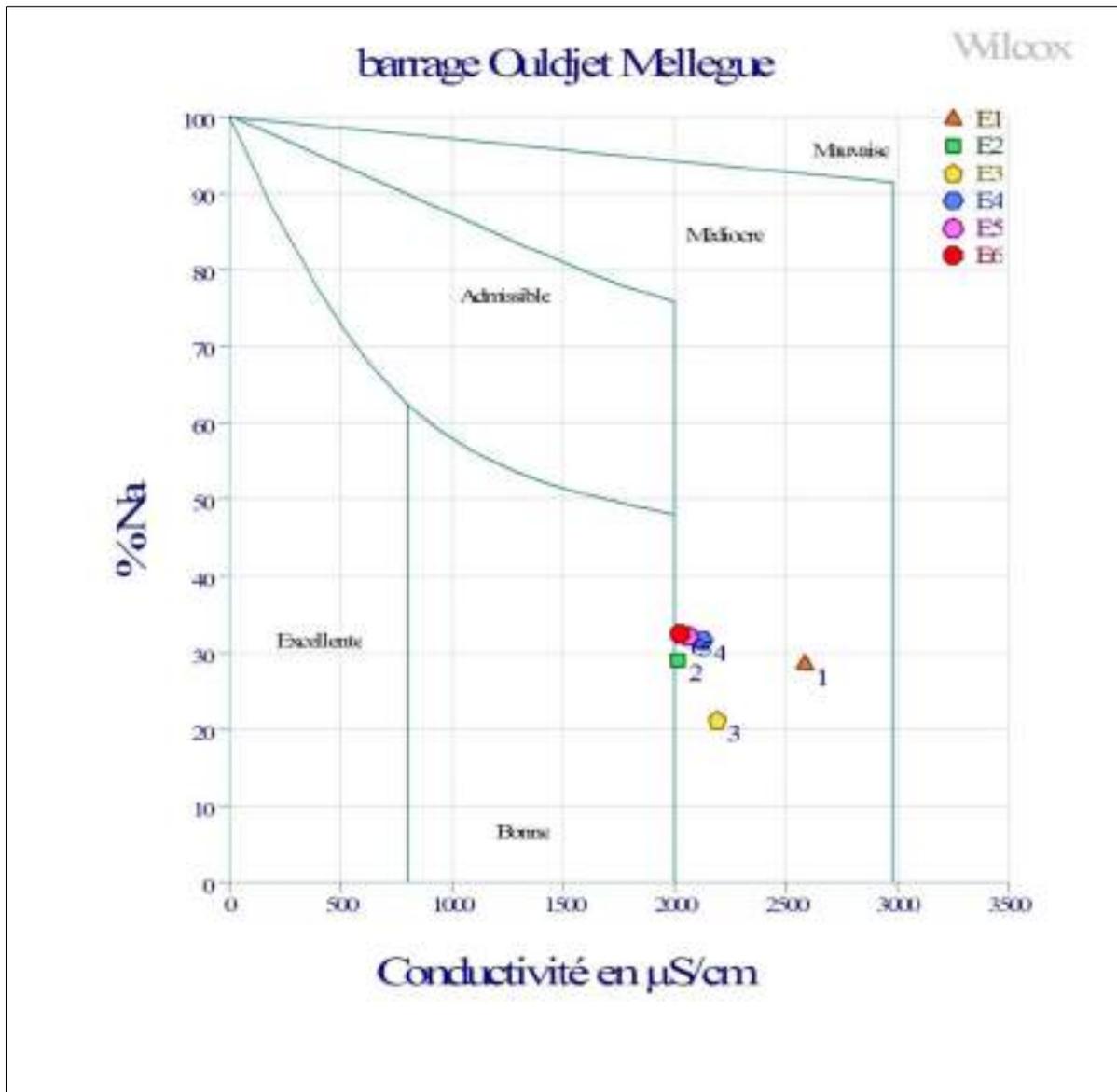


Figure IV.9: Diagramme de WILCOX des eaux de barrage Ouldjet Mellegue (Février 2024).

On remarque sur le diagramme de Wilcox (fig.9) que :

Tous les points d'eau sont classés dans la case des eaux médiocre, seul le premier échantillon a été classé dans la case des eaux mauvaise. Avec un pourcentage de sodium Na^+ Limité entre 20 et 35 %.

Pour réduire le niveau de salinité, on peut planter des oliviers ou des noix comme le pistache.

VII. Evolution Des Paramètres Physico-Chimique Des Eaux Du Barrage Ouldjet Mellegue Fonction De La Profondeur De La Cuvette

J'ai contacté le service compétent qui a analysé l'eau du barrage Ouldjet Mellegue, réalisée par un laboratoire agréé à Constantine le 03/06/2023. Il m'a fourni un rapport synthétisant les résultats suivants :

- Présentation Les résultats HPE des eaux brutes du barrage Ouldjet Mellegue :

Les résultats d'analyses enregistrés des prélèvements faites le 06/03/2023 pour les eaux brutes du barrage Ouldjet-Mellegue sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau IV.4 : Résultats d'analyses physico-chimique bactériologique et métaux lourds des eaux brutes du barrage (HPE-2023)

Paramètres	Unités	Valeurs Limites Algérienne	Première point (H = 0,5 m)	Deuxième point (H = 1,00 m)	Troisième point (H = 5,00 m)
pH	-	$\geq 6,5$ et ≤ 9	7,86	7,82	7,74
Conductivités ;	$\mu\text{S}/\text{cm}$	2800	2569	2167	2196
Calcium	mg/l	-	743	739	750
Magnésium	mg/l	-	97	53	142
Bicarbonate ;	mg/l	-	120	112	106
Chlorure ;	mg/l	600	319	461.5	461.5
Sulfates	mg/l	400	1021	1042	1060
Potassium ;	mg/l	-	16	13	14
Sodium ;	mg/l	-	202	212	210
Nitrates	mg/l	50	3.75	3.76	3.8
Nitrites	mg/l	1	0.08	0.08	0.08
Phosphore	mg/l	10	0	0	0

- Présentation Les résultats d'analyse d'ANRH des eaux brutes du barrage Ouldjet Mellègue :

Les résultats d'analyses du ont été effectués en Décembre 2018 par laboratoire de l'ANRH.

Tableau IV.5 : Résultats d'analyse physico-chimique des eaux brutes du barrage (ANRH- 2018).

Paramètres	Valeur limite	Profondeur de (H= 0.5m)	Profondeur de (H=1,00m)	Profondeur de (H=5 ,00m)	Profondeur de (H=15 ,00m)
PH	6.5-9	7.55	7.67	7.66	7.67
Conductivité $\mu\text{s/cm}$	2800	1700	1700	1700	1700
Ca²⁺ (mg/l)	-	186.19	191.16	192.64	192.15
Mg²⁺ (mg/l)	-	28.37	29.28	24.87	28.68
Cl⁻ (mg/l)	600	120	125	120	120
SO₄²⁻ (mg/l)	400	600	600	600	600
K⁺ (mg/l)	-	1	1	1	1
Na⁺ (mg/l)	-	135	135	135	132
NO₃ (mg/l)	50	4	4	5	4
NO₂ (mg/l)	1	0.218	0.365	0.492	0.498
Phosphore (mg/l)	10	0.09	0.12	0.32	0.35
NH₄ (mg/l)	4	0.28	0.17	0.14	0.13

VII.1 Interprétation des résultats

VII.1.1 Interprétation les résultats HPE

a) Potentiel Hydrogène pH

Le pH de l'eau mesure la concentration des protons H⁺ contenus dans l'eau oscillent de 7.74 et 7.82, Ces valeurs voisin de la neutralité.

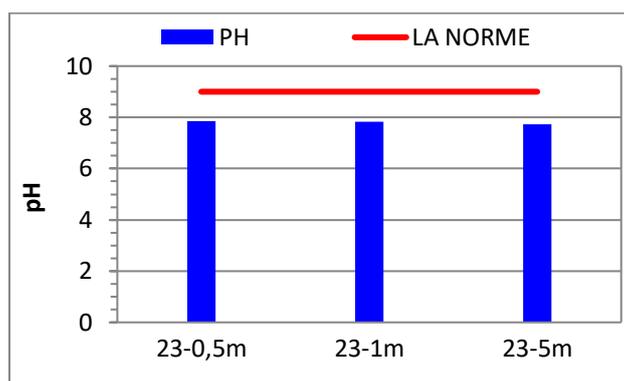


Figure IV.10 : Histogramme de la Variation de pH du barrage Ouldjet Mellegue (HPE-2023)

b) Conductivité

La Conductivité obtenus montre des valeurs relativement élevées sur l'ensemble des échantillons analysés. Les valeurs de ce paramètre oscillent de 2600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 2300, cette valeur, comparativement à la norme algérienne (2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Ceci revient à la présence des sels dissous du au contact de l'eau avec les différentes couches du sol.

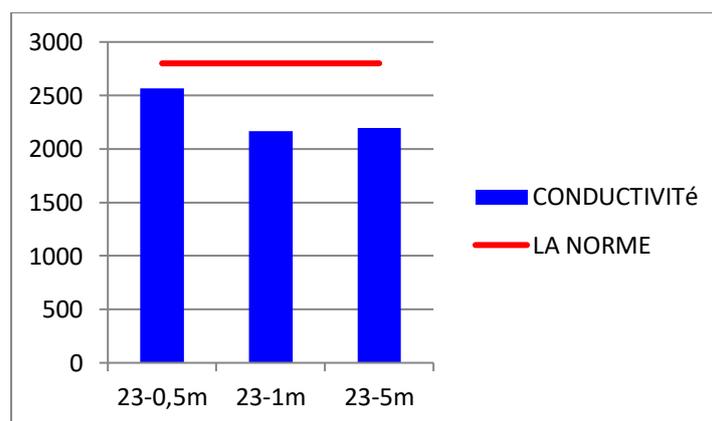


Figure IV.11 : Histogramme de la Variation de la conductivité du barrage Ouldjet Mellegue (HPE-2023)

c) Chlorure

Les concentrations en ions chlorure relevées dans les eaux du barrage d'Ouldjet Mellegue s'échelonnent entre 319 mg/l (1er point) et 461,5 mg/l (2ieme et 3ieme points). Pour les trois échantillons analysés, les chlorures enregistrent des teneurs qui ne dépassent pas les normes algériennes fixées à 500 mg/l. Ce qui permet de classer ces eaux dans la grille bonne. Généralement, les teneurs en chlorures varient d'une eau à une autre, cette variation est principalement liée à la nature des terrains traversés.

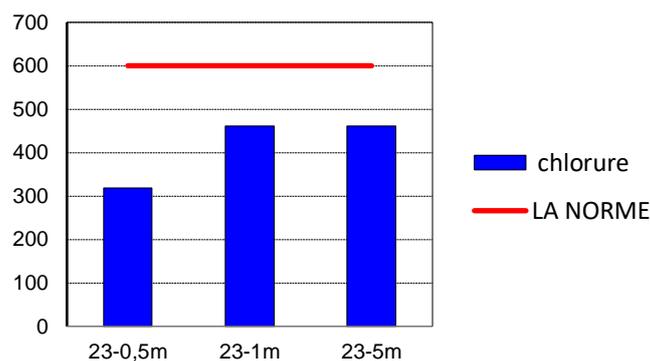


Figure IV.12 : Histogramme de la Variation de chlorure du barrage Ouldjet Mellegue (HPE-2023)

d) Le Magnésium

Pour l'analyse du Mg^{2+} en fonction de la profondeur, on remarque les fluctuations suivantes :

- À une profondeur de 0,5 mètre : 97 mg/L
- À une profondeur de 1 mètre : 53 mg/L
- Puis, sa valeur monte à 142 mg/L à une profondeur de 15 mètres.

Cela indique que, en raison de la dissolution des formations carbonatées, calcaires et argileuses, les concentrations de Mg^{2+} varient significativement avec la profondeur.

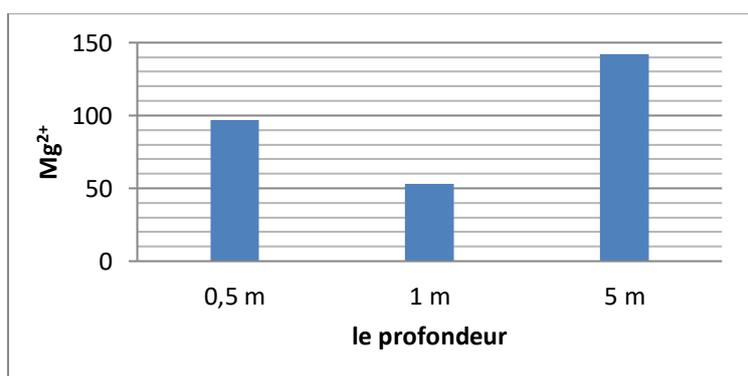


Figure IV.13 : Histogramme de la Variation de Magnésium du barrage Ouldjet Mellegue (HPE-2023).

- e) **Les sulfates** peuvent être d'origine naturelle, biologique ou provenir de pollution domestique. Selon la norme la teneur en sulfate dans l'eau ne doit pas dépasser 400mg/L. Pour des teneurs supérieures à ce seuil, l'eau peut être agressive et peut favoriser la corrosion des équipements de transport ou de distribution de l'eau donc peut entraîner des métaux lourds dans l'eau.

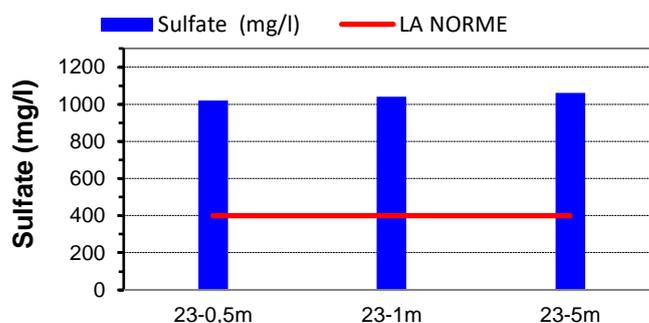


Figure IV.14 : Histogramme de la Variation de sulfate du barrage Ouldjet Mellegue (HPE-2023)

f) **Ammonium, Nitrates et Nitrites**

L'azote ammoniacal constitue un bon indicateur de la pollution des cours d'eau par les effluents urbains. Dans les eaux superficielles, il provient de la matière organique azotée et des échanges gazeux entre l'eau et l'atmosphère.

L'analyse de l'ammonium montre que les teneurs varient entre 0,5 mg /l et 0,8 mg /l, ces valeurs ne dépassent pas la valeur limite (4mg/l).

Les valeurs faibles en ions ammonium dans les eaux du barrage permettent de placer ces eaux dans la classe bonne selon la grille de qualité des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau des populations.

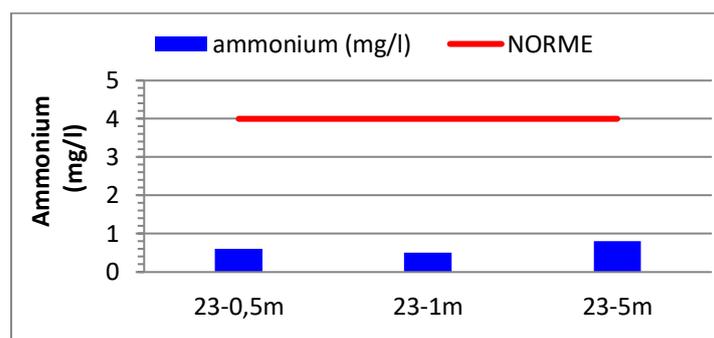


Figure IV.15 : Histogramme de la Variation de Ammonium du barrage Ouldjet Mellegue (HPE-2023)

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote, et représentent la forme d'azote au degré d'oxydation le plus élevé présent dans l'eau.

L'analyse des résultats montre que la concentration en Nitrates dans les eaux du barrage varie entre 3,75 mg/l et 3,8 mg/l et 0,08 mg/l en **Nitrites**. Ces valeurs restent inférieures comparativement à la valeur limite

On peut conclure que les teneurs en nitrates enregistrées dans les eaux du barrage sont inférieures à la teneur suggérée par les normes algérienne (50 mg/l). Ce qui indique que les eaux étudiées ne sont pas assujetties à un risque de pollution par les nitrates.

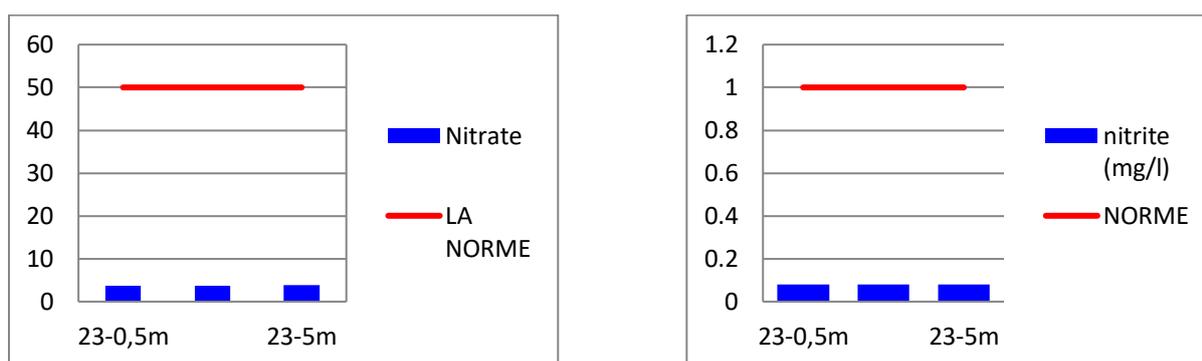


Figure IV.16 : Histogrammes des Variations du nitrate et Nitrite du barrage Ouldjet Mellegue (HPE-2023).

g) Phosphore

Les teneurs en phosphates dans les eaux étudiées sont nulle, les agents atmosphériques, vent et pluie représentent des sources de phosphates importantes surtout quand le débit fluvial est faible. Nos résultats inférieurs par rapport à ceux signalés par la norme.

VII.1.2 Interprétation les résultats ANRH

a) Potentiel Hydrogène pH

Le pH de l'eau mesure la concentration des protons H^+ contenus dans l'eau oscillent de 7.55 et 7.67, Ces valeurs voisin de la neutralité.

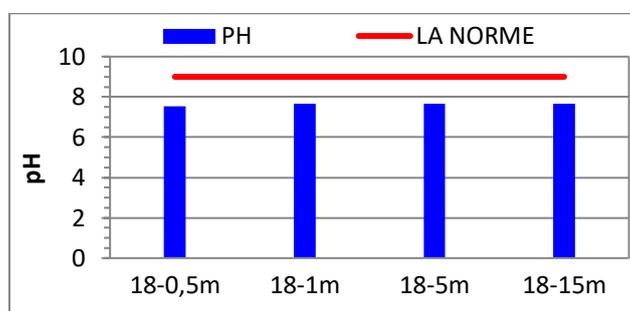


Figure IV.17 : Histogramme de la Variation de pH du barrage Ouldjet Mellegue (ANRH - 2018).

b) Conductivité

La Conductivité obtenus montre des valeurs inférieure de la limite. Les valeurs de ce paramètre sont à 1700 $\mu S/cm$, cette valeur comparativement à la norme algérienne (2800 $\mu S/cm$). Ceci revient à la présence des sels dissous du au contact de l'eau avec les différentes couches du sol.

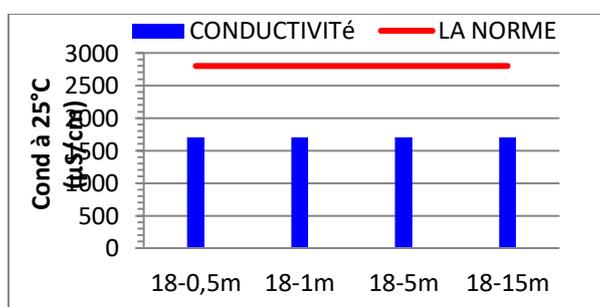


Figure IV.18 : Histogramme de la Variation de la conductivité du barrage Ouldjet Mellegue (ANRH -2018).

c) Chlorure

Les concentrations en ions chlorure légèrement faible dans les eaux du barrage d'Ouldjet Mellegue varie entre 120 mg/l -125 mg/l, ces valeurs ne dépassent pas les normes algériennes fixées à 600 mg/l. Ce qui permet de classer ces eaux dans la grille bonne.

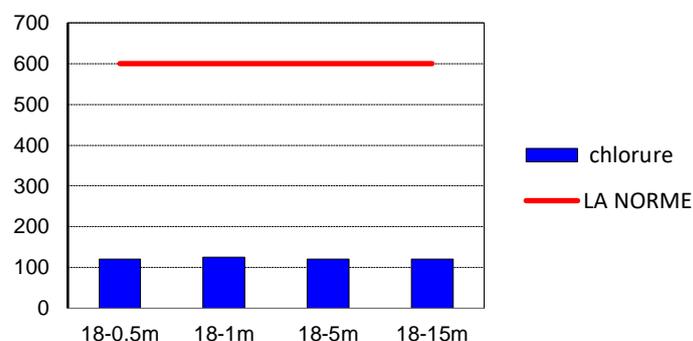


Figure IV.19 : Histogramme de la Variation de chlorure du barrage Ouldjet Mellegue (ANRH -2018).

d) Les sulfates

Les teneurs en sulfate constante à 600mg/l sont très élevées et dépassent la norme (400mg/L).

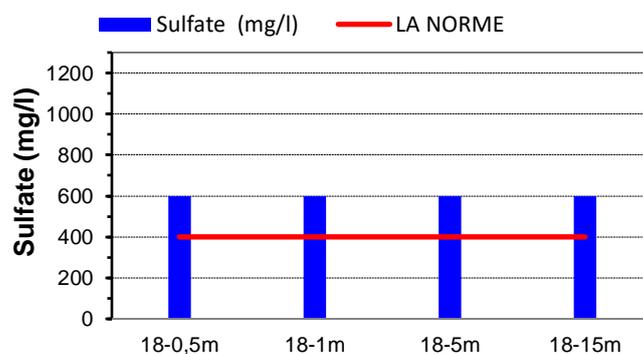


Figure IV.20 : Histogramme de la Variation de sulfate du barrage Ouldjet Mellegue (ANRH -2018).

e) Ammonium, Nitrates et Nitrites

L'azote ammoniacal constitue un bon indicateur de la pollution des cours d'eau par les effluents urbains. Dans les eaux superficielles, il provient de la matière organique azotée et des échanges gazeux entre l'eau et l'atmosphère.

L'analyse de l'ammonium montre que les teneurs varient entre 0,13 mg /l et 0,28 mg /l, ces valeurs ne dépassent pas la valeur limite (4mg/l).

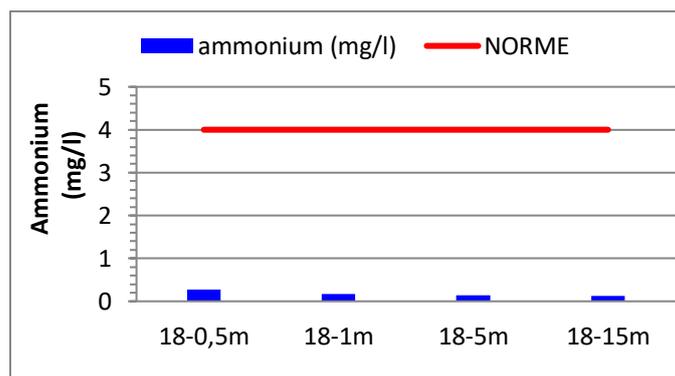


Figure IV.21 : Histogramme de la variation d'ammonium du barrage Ouldjet Mellegue (ANRH -2018).

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote, et représentent la forme d'azote au degré d'oxydation le plus élevé présent dans l'eau.

L'analyse des résultats montre que la concentration en Nitrates dans les eaux du barrage varie entre 4 mg/l et 5 mg/l et 0,18 mg/l-0,498 en Nitrites. Ces valeurs restent inférieures comparativement à la valeur limite.

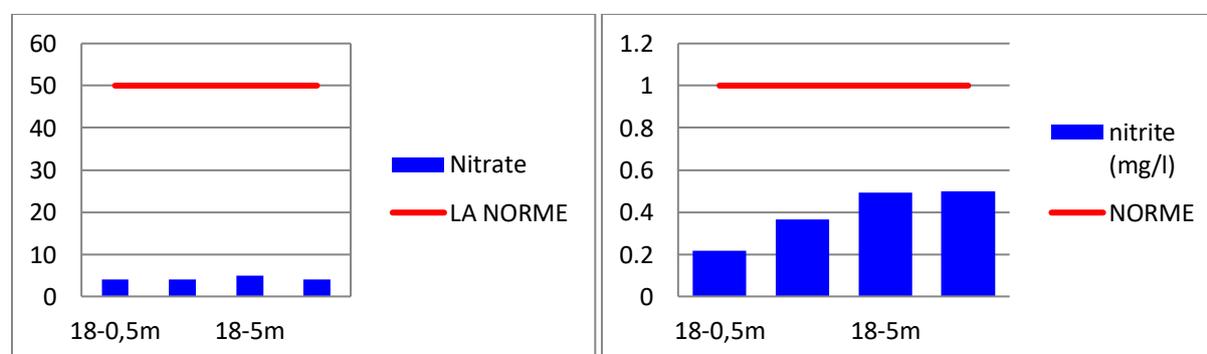


Figure IV. 22 : Histogrammes des Variations de nitrate et nitrite du barrage Ouldjet Mellegue (ANRH -2018).

On remarque que :

Des variations significatives ont été observées pour les nitrites en fonction de la profondeur, avec des concentrations variant de 0,218 mg/l en surface jusqu'à 0,498 mg/l à une profondeur de 15 m. Ce qui traduit que la pollution des eaux du barrage en profondeur est importante.

f) Phosphore

Les teneurs en phosphates dans les eaux étudiées oscillent de 0.09mg/l et 0.35 mg/l sont des très faible comparativement à la norme, les agents atmosphériques, vent et pluie représentent des sources de phosphates importantes surtout quand le débit fluvial est faible. Nos résultats inférieurs par rapport à ceux signalés par la norme.

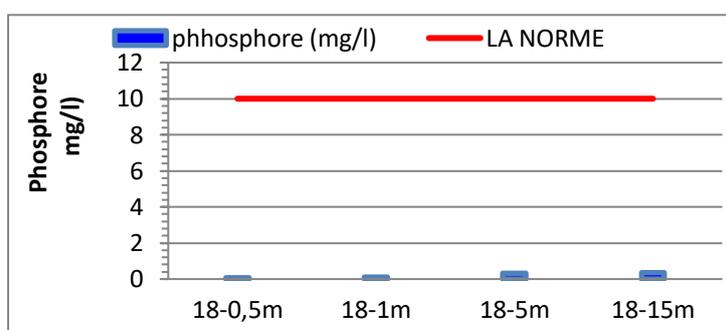


Figure IV.23 : Histogramme de la variation de phosphore du barrage Ouldjet Mellegue (ANRH -2018).

VII.2 Synthèse Analyse HPE, ANRH

VII.2.1 Conclusion analyse HPE

A la lumière des résultats obtenus des analyses physicochimiques, bactériologiques et métaux lourds des eaux du barrage d'Ouldjet- Mellegue en Mars 2023 font ressortir que :

- Les analyses de la qualité de l'eau étudiée révèlent une minéralisation importante de ces eaux vue les valeurs maximale de la conductivité électrique (2569 $\mu\text{S}/\text{cm}$), des chlorures (461.5 mg/l), du sulfate (1060 mg/l).

- Les résultats obtenus ont montré que le pH de ces eaux est correct et leur température est acceptable et sont conformes aussi bien à la réglementation algérienne en matière de la qualité de eaux superficiels et souterraines destinées à l'alimentation en eau de population.
- L'analyse chimique montre des teneurs caractérisés par une salinité élevée une forte minéralisation chargée en sulfate.

VII.2.2 Conclusion analyse ANRH

A la lumière des résultats obtenus des analyses physicochimiques, des eaux du barrage d'Ouldjet- Mellegue en Décembre 2018 font ressortir que :

- Les analyses de la qualité de l'eau étudiée révèlent une minéralisation moyenne de ces eaux vue les valeurs maximale de la conductivité électrique (1700 $\mu\text{S}/\text{cm}$), des chlorures (125 mg/l), du sulfate (600 mg/l).
- Les résultats obtenus ont montré que le pH de ces eaux est correct et leur température est acceptable et sont conformes aussi bien à la réglementation algérienne en matière de la qualité de eaux superficiels et souterraines destinées à l'alimentation en eau de population.
- L'analyse chimique montre des teneurs caractérisés par une moyenne minéralisation chargée en sulfate (une valeur maximale e 600mg/l).

VII.2.3 Représentation Selon Le Diagramme De Piper

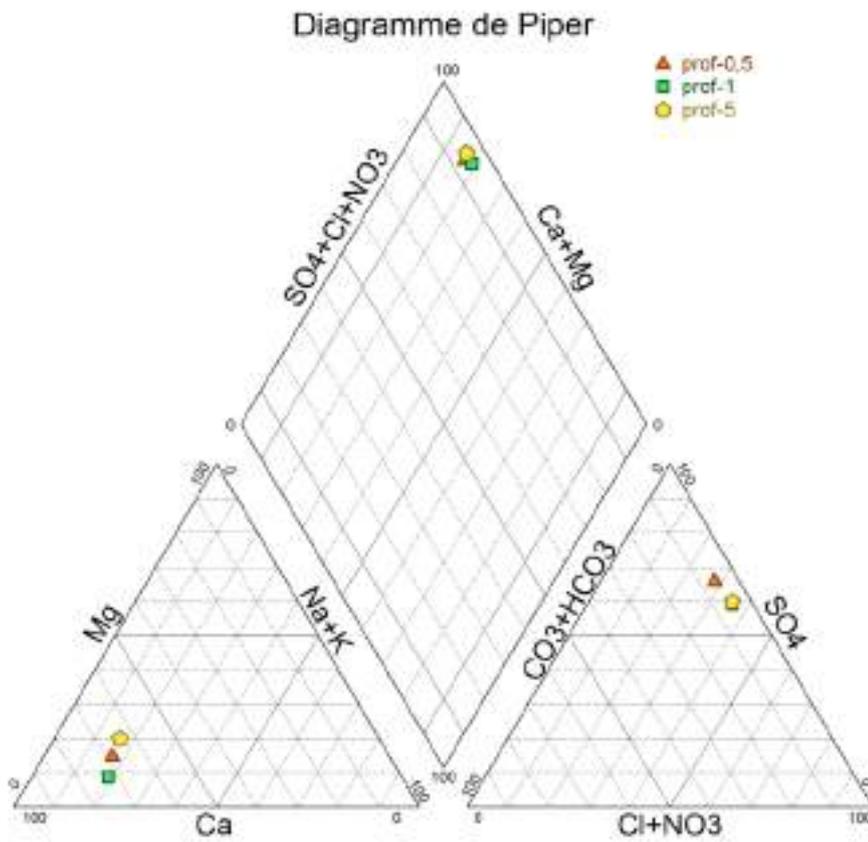


Figure IV.24 : Diagramme de piper des eaux brute du barrage Ouldjet Mellegue (HPE-2023).

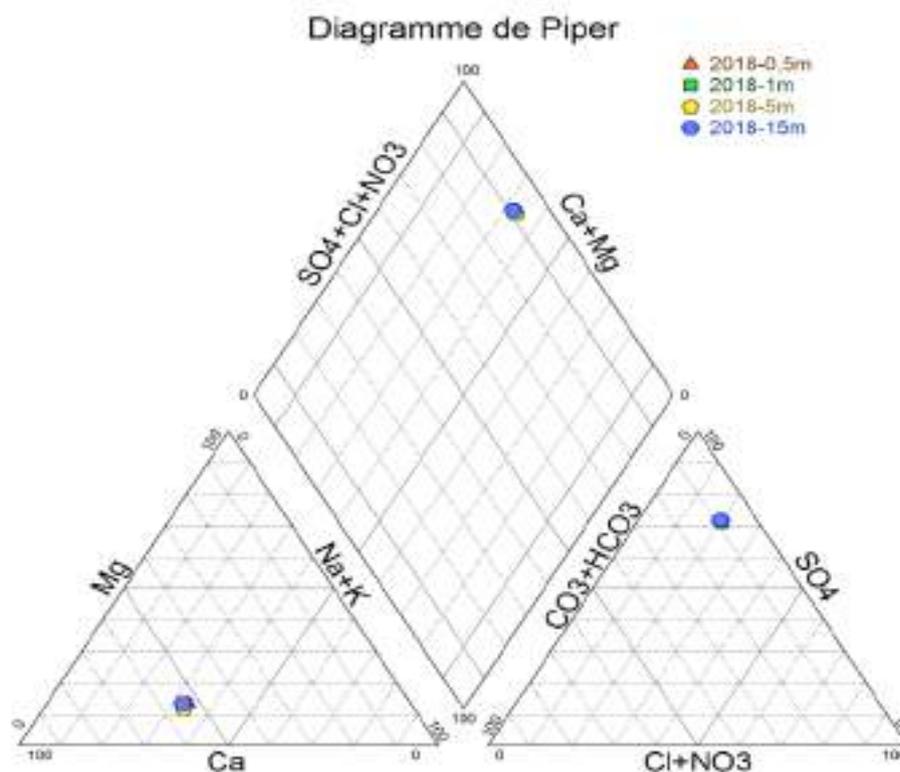


Figure IV.25 : Diagramme de piper des eaux brute de barrage Ouldjet Mellegue (ANRH 2018).

- Selon la distribution des points des concentrations des éléments chimiques concernant les eaux brute du barrage Ouldjet Mellegue dans le diagramme de Piper (Fig. 23 et 24) on observe qu'il y a deux faciès dominants qui sont le chlorurée-calcique et sulfaté-calcique.
- L'évolution du faciès chimiques du barrage Ouldjet Mellegue par la méthode de PIPER a montré que les eaux sont caractérisées par deux faciès chloruré-calcique et sulfaté-calcique.
- La prédominance de ces deux faciès est liée à une origine naturelle et une origine anthropique. Les teneurs élevées en chlorure due à la mise en solution de l'halite qui est lié aux formations triasiques salifères présentes au niveau du bassin versant du barrage, notamment les diapirs de Mesloula et Boukhadra ainsi que les effluents urbains, pour le calcium elles proviennent de la dissolution des formations carbonatées et des formations gypsifères.

VIII. Critique

Il est à remarquer que ces analyses et leurs résultats de concentration ne donnent pas des précisions en fonction de la profondeur, ce qui mis leur fiabilité en question, les résultats obtenus ne permettent pas l'élaboration des coupes hydrochimiques.

IX. Conclusion

L'étude hydrogéochimique des eaux de surface du barrage Ouldjet Mellegue d'Ouenza permet de dire que :

- ✓ Les eaux de ces échantillons sont chargées par des teneurs importantes des éléments chimique (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Cl^- , HCO_3^- et SO_4^{2-}) qui dépassent dans la plus part des échantillons les normes de potabilité (OMS).
- ✓ De point de vue faciès hydrochimiques, l'analyse quantitative et qualitative, la composition chimique des eaux sont basées sur l'interprétation des diagrammes de piper et Schoeller-Berkaloff, montrent que les eaux de surface du barrage Ouldjet Mellegue sont fréquemment chargées en bicarbonates et en calcium (facies Bicarbonaté calcique) due à la dissolution des formations carbonatées (les calcaires).
- ✓ Les résultats obtenus à partir la classification de Wilcox résultats montrent que les eaux de surface du barrage Oueldjet Mellegue appartiennent à la classe de qualité médiocre pour l'irrigation.
- ✓ En étudiant l'évolution de la chimie de eau, nous avons conclu que l'eau du barrage d'Ouldjet Mellegue est une eau potable peuvent être traitées par les procédures de traitement de la potabilité.

CHAPITRE V

Etude De L'envasement

I. Introduction

L'envasement est le résultat de dépôts de la boue de l'érosion des sols dans les bassins versants et le sapement des berges des cours d'eau. C'est en périodes de crues que les barrages s'ensavent par les courants de densité. Ce sont les premières crues d'automne qui drainent la quantité la plus importante de la boue (OUANASSI et SALHI 2021).

Remarque : par manque de données et des mesures de suivi de l'envasement du barrage nous rappelons l'ancienne étude sur une période de 77 ans (1924/1925-2000/2001).

II. Les Causes De L'envasement

L'envasement d'une retenue de barrage, est un phénomène naturel gouverné par des facteurs physiques naturels tels que l'agressivité climatique, la topographie, la lithologie et le couvert végétal (L'érosion hydrique, est la principale cause de ce phénomène).

Ce processus naturel se trouve souvent accentué du fait de l'action humaine par le défrichage des forêts, le surpâturage et la mise en culture de terrains à fortes pentes. Le processus de l'érosion est très complexe. L'essentiel de transport solide atterissant dans les retenues de barrages ne vient pas de l'effet direct des précipitations. En effet, les précipitations interviennent sous forme de gouttes dont la majeure partie n'a pas la masse critique suffisante pour altérer la cohésion des agrégats terreux. Par contre, le ruissellement diffus qui balaie le terrain par des chenaux divagant possède un pouvoir érosif considérable. Ainsi, les pertes en terre ont pour origine principale les affouillements du réseau hydrographique provenant des ravinements bad-lands et des sapements des berges.

Les orages d'été entraînent des quantités de terres non négligeables qui se déposent en pied des versants et des parties amont de réseau hydrographique. Ces atterrissements intermédiaires sont repris au moment des crues d'automne et d'hiver. Ce processus, dépôt-reprise, est très complexe et très variable. La complexité et la variabilité de ce processus sont accentuées par l'irrégularité de régime hydrologique interannuel du bassin versant (Abdeslam Badraoui & Ahmed Hajji ,2001).

III. Importance De L'envasement Des Barrages Algériens

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

Sur les cent milliards de mètres cubes d'eau qui tombent chaque année sur l'ensemble du territoire, les eaux de ruissellement ne représentent que 12,5 milliards de mètres cubes, le reste des précipitations étant dispersé par évaporation (85%) et infiltration dans le sol (15%).

Ces chiffres montrent tous l'intérêt de disposer d'ouvrages de stockage des eaux tant pour l'irrigation que pour la production d'énergie électrique et l'industrie.

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

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

Cette sédimentation est due aux apports solides des oueds qui proviennent eux-mêmes de l'érosion générale des sols. En arrivant dans la retenue d'un barrage, ces eaux boueuses qui peuvent atteindre des concentrations en particules solides de plus de 100 g de matières sèches par litre d'eau turbide, forment des courants de densité qui parcourent les réservoirs au voisinage du fond entraînant avec eux les sédiments jusqu'au barrage où ils se déposent formant un lac de boue horizontal et comblant progressivement la retenue (Athmania 2002).

IV. Etapes De L'envasement D'un Barrage

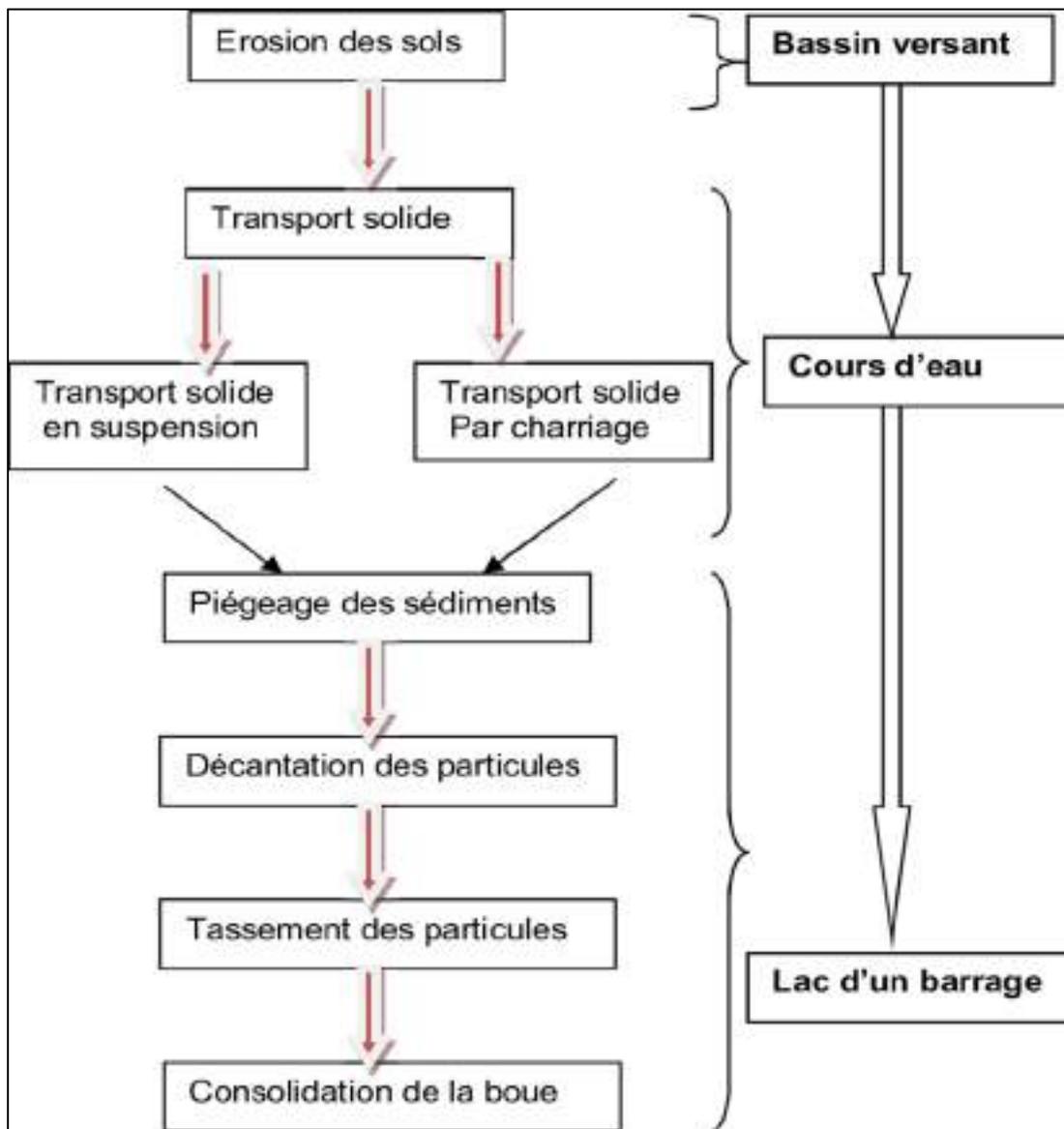


Figure V.1: Processus d'envasement d'un barrage Réservoir (Remini, 1990).

V. Les Apports Solides

Les apports solides mensuels et annuels reconstitués sur la période 1924-1925 à 2000-2001 sont présentés en (Figure 2). La chronique historique a une moyenne de $2,5 \text{ hm}^3$ par an mais présente une variabilité très marquée (ANBT 2005).

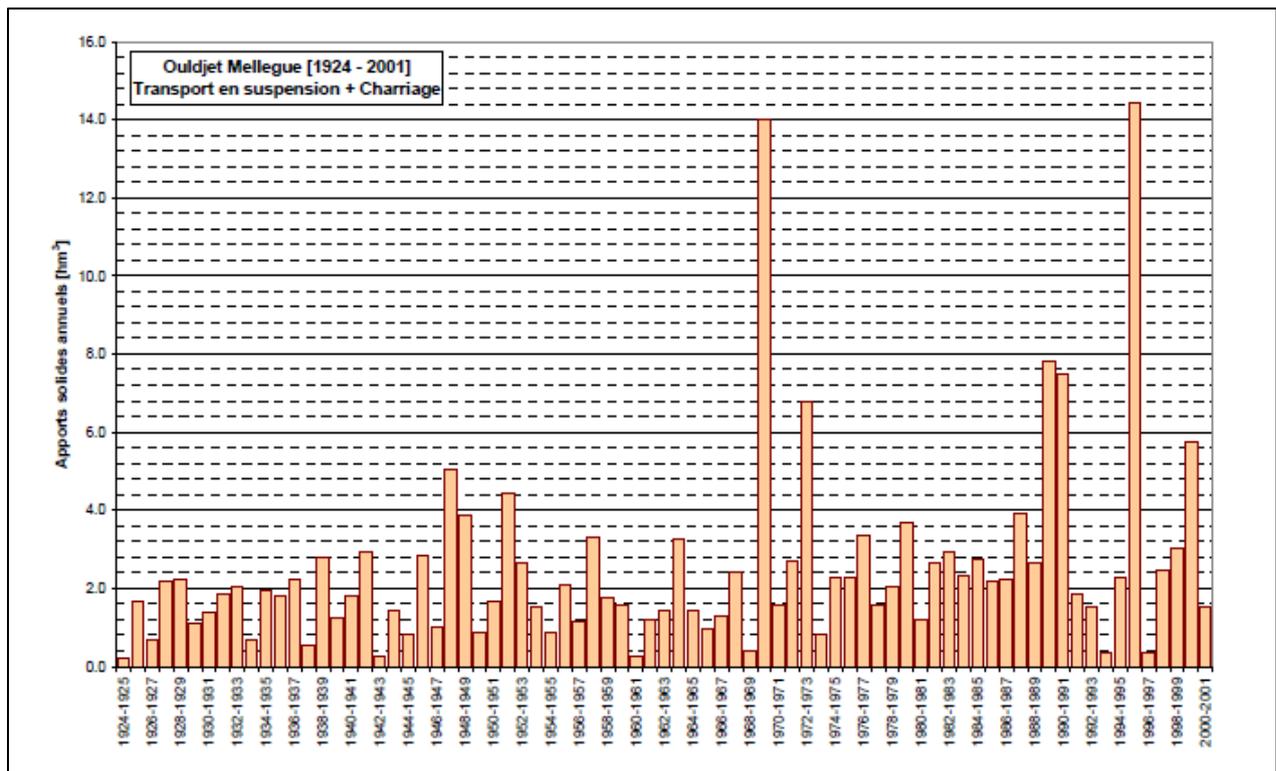


Figure V.2 : Apports solides – Volume – Données annuelles (ANBT 2005).

La Figure 3 présente les apports solides au réservoir pour une fréquence de non dépassement et une durée de vie donnée. Ces courbes ont été obtenues par génération stochastique en supposant les apports mensuels au droit du barrage de l'Ouldjet Mellegue entre le 1er janvier 1924 et le 1er janvier 2001 comme représentatifs.

Ainsi en considérant une durée de vie de 50 ans et un risque de dépassement de 5%, les apports solides au réservoir retenus pour le dimensionnement sont de 155 hm^3 .

Le volume mort du réservoir considéré dans le dimensionnement du réservoir est égal au produit :

- du volume des apports solides au réservoir durant la durée de vie de la retenue,
- d'un taux de piégeage pris égal à 95% d'après la courbe de Brune,

- d'un facteur correctif permettant de prendre en compte les mesures de traitement du bassin versant et la gestion du réservoir (chasses, captage et évacuation des courants de densité pendant 3 semaines après le passage de la crue...)

Ce facteur est pris égal à 0.6 (c'est-à-dire que l'on considère que les mesures contre l'érosion et l'utilisation de chasses permettent de réduire de 40% l'envasement du réservoir).

Le volume mort de la retenue considéré dans le dimensionnement de la retenue est donc pris égal à 88 hm^3 ($0.6 \times 0.95 \times 155 \text{ hm}^3$). Si ce volume de sédiment remplissait la cuvette uniformément, le volume mort atteindrait la cote de 569 m NGA, mais les sédiments se déposent en queue de retenue et progressent vers le barrage au cours du temps. (ANBT 2005).

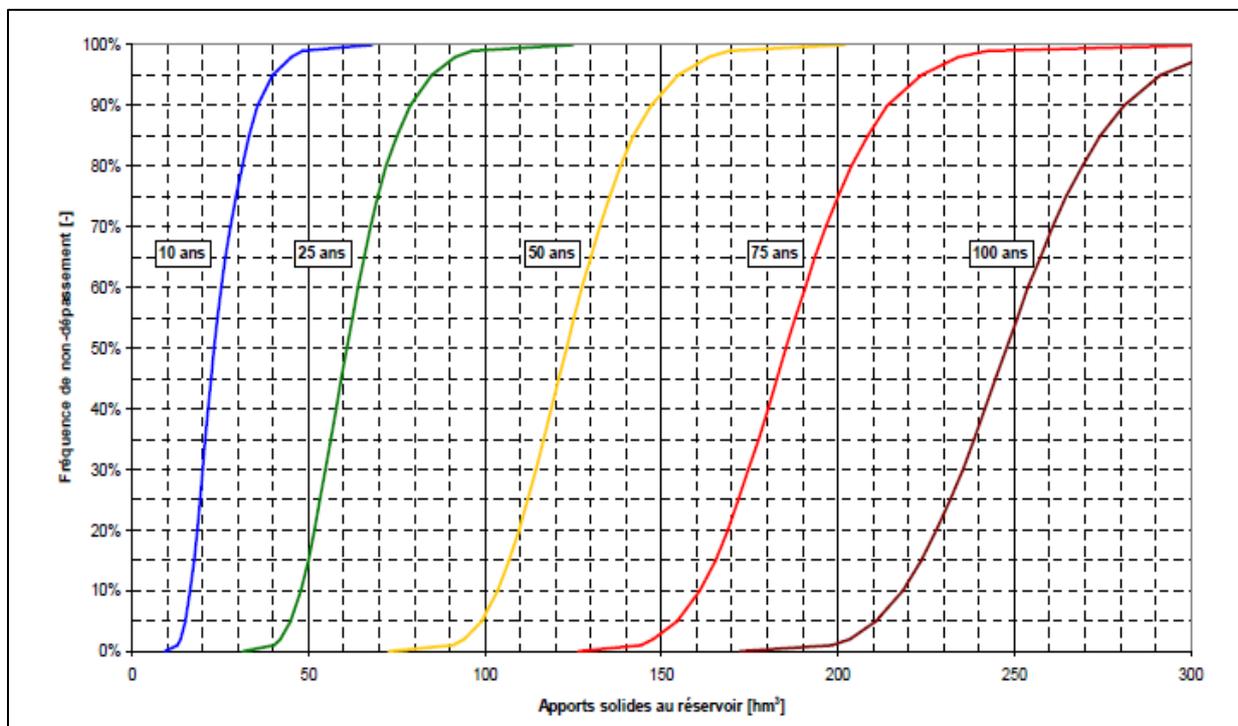


Figure V.3 : Apports solides au réservoir sur 10, 25, 50, 75 et 100 ans (ANBT 2005).

VI. Apports Liquides A Ouldjet Mellegue

A Ouenza, l'oued Mellegue draine un bassin de 4 575 km². A Ouldjet Mellegue, le bassin versant est de 4 350 km². Pour les deux bassins, la pluie annuelle est la même (350 mm/an). On obtient donc les apports mensuels à Ouldjet Mellegue en écrivant :

$$Q(\text{Ouldjet}) = (4350/4575) \times (350/350) \times Q \text{ Ouenza}$$

Les résultats obtenus figurent dans le tableau ci-dessous.

Tableau V.1 : Apports liquides mensuels portant sur 77 ans (1924-2001). (ANBT 2005).

Para mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Annuel
N	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77
M	12.6 4	11.90	5.21	3.70	3.44	3.48	3.92	5.06	7.23	6.09	1.3 6	3.24	67.2 7
S	29.2 3	24.35	10.5 9	5.69	7.26	6.65	8.98	7.15	12.1 8	8.21	1.7 7	6.70	59.4 1
Cv=S/ M	2.31	2.05	2.03	1.54	2.11	1.91	2.29	1.42	1.68	1.35	1.3 0	2.06	0.88
Me	4.48	4.05	1.05	1.13	0.98	1.08	1.52	1.82	43	3.58	0.7 6	31	54.1 8
Max	224. 87	187.3 3	74.6 5	26.0 3	48.9 3	34.2 7	73.5 7	34.1 5	82.3 9	45.2 3	8.8 0	53.7 3	357. 3
Min	0.12	00	00	00	0.01	1.01	0.02	00	0.02	0.5	00	00	10.9 1

✓ Commentaires sur les résultats obtenus :

L'analyse des résultats obtenus fait l'objet des deux Encarts suivants. Le premier Encart comporte deux graphiques et un tableau :

Le graphique du haut détaille la série des apports annuels. Il la complète par les moyennes mobiles de 5 ans et par le tracé du module obtenu sur 77 ans (67 hm³/an).

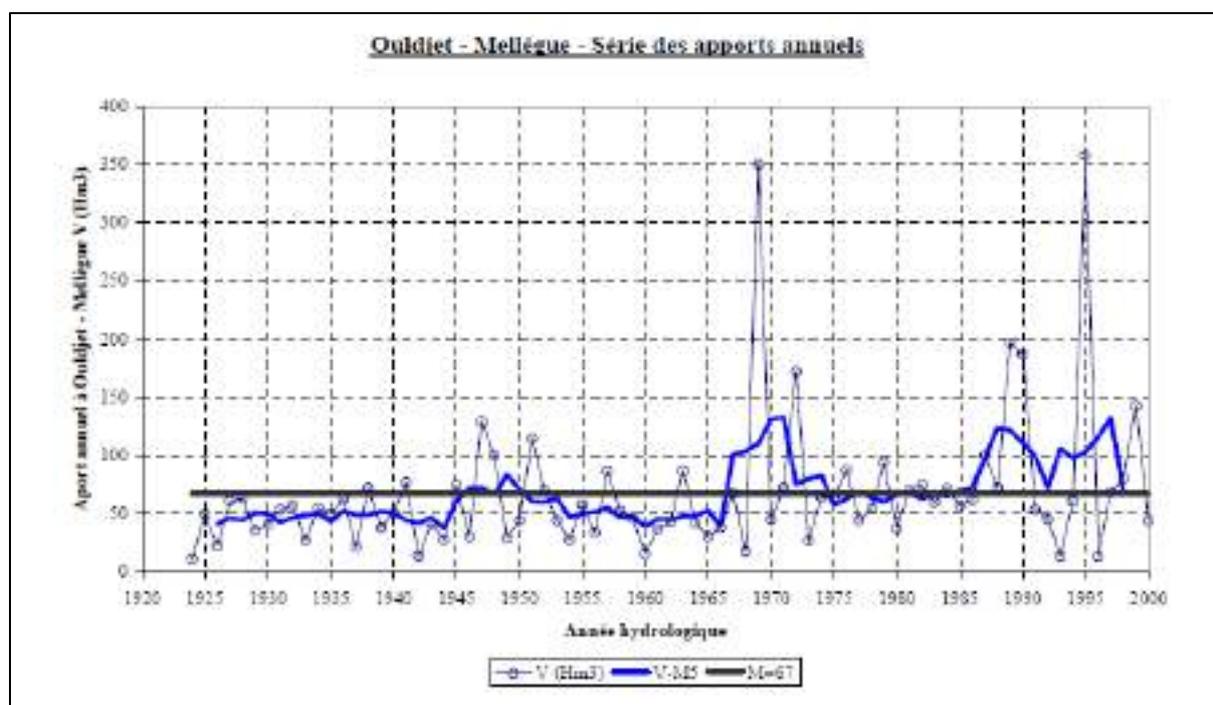
On y note que cinq années ont des apports particulièrement élevés :

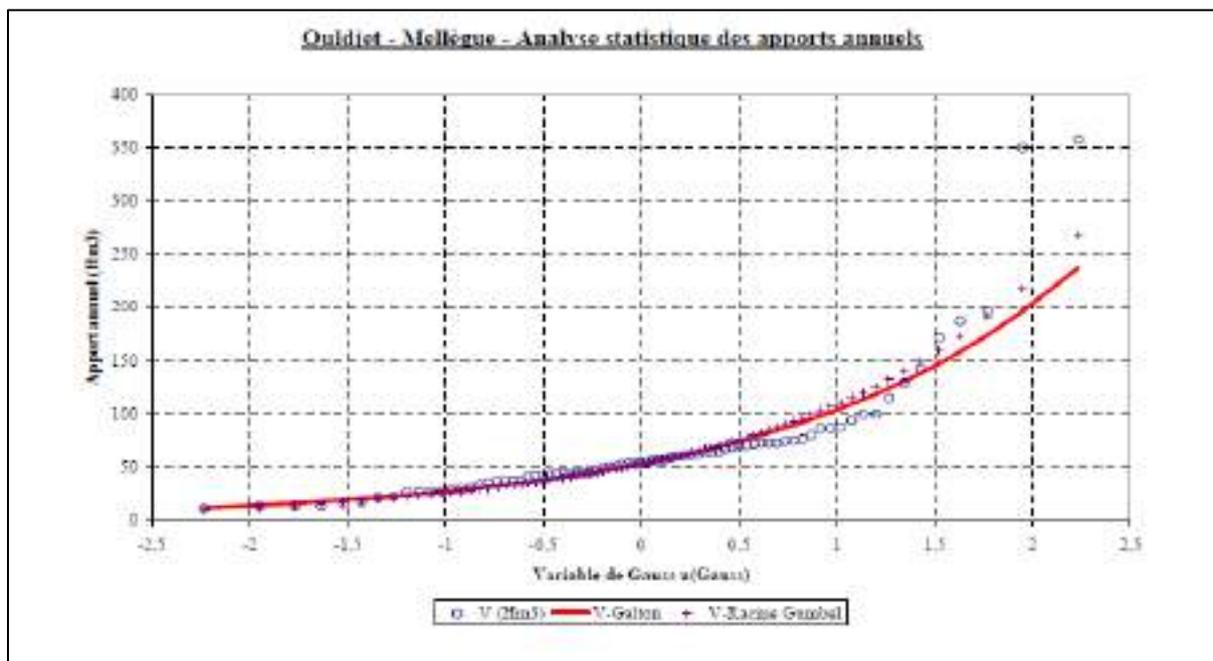
Année	V (Hm ³)	V / 67
1972	172	2,56
1990	187	2,79
1989	197	2,94
1969	350	5,22
1995	357	5,33

Ces cinq années correspondent à 19 années moyennes. Ces apports se produisant à partir de 1969, il en résulte un décalage des moyennes mobiles vers le haut pour cette période.

Le graphique du bas et le tableau détaillent l'ajustement d'une distribution de Galton (gausso-log) et d'une distribution Racine – Gumbel à l'échantillon des 77 années d'apport. On notera que les apports des années 1969 et 1995 ont une période de retour voisine de 500 ans. (ANB, 2005).

Encart V.1 Ouldjet Mellegue : série de 55 ans et analyse statistique (ANBT 2005).





Le **Tableau V.2** : Présente les apports annuels en fonction de la période de retour (ANBT 2005).

	T [ans]	V-Galton	V-Racine Gumbel	Adopté
Années sèches	100	11,1	8,7	9,9
	50	13,3	11	12,2
	20	17,5	15,5	16,5
	10	22,4	20,5	21,5
	5	30,1	28,6	29,3
Médiane	2	52,9	52,9	52,9
Années humides	5	93,1	97,2	95,2
	10	125,2	133,9	129,5
	20	159,8	174,9	167,2
	50	210,3	235,3	222,8
	100	252,5	286,7	269,6
	200	298,6	343	320,8
	500	365,8	424,9	395,3

L'apport annuel moyen sur la période 1924-2000 s'élève à 67.3 hm^3 . Si les cinq années (1969, 1972, 1989, 1990 et 1995) pour lesquelles les apports sont particulièrement importants (supérieurs à 150 hm^3) ne sont pas prises en compte, l'apport annuel moyen est ramené à 54.4 hm^3 . (ANBT 2005).

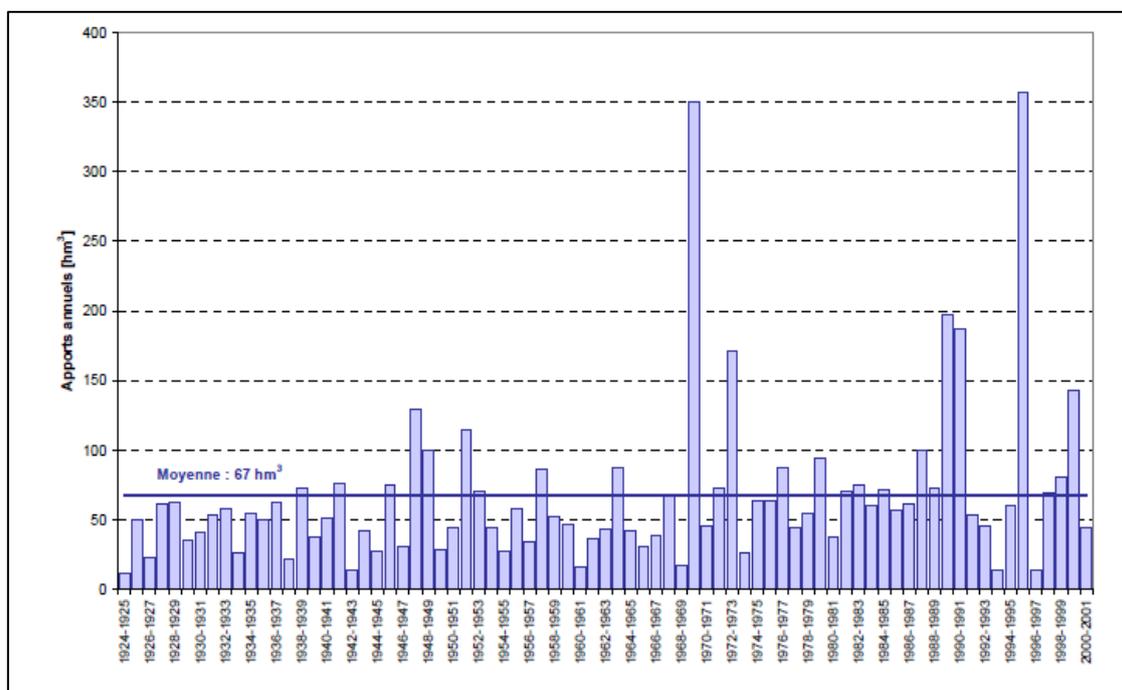


Figure V.4: Chronique des apports annuels au site du barrage (ANBT 2005).

VII. Les Crues

L'étude des crues s'est portée sur deux points distincts : les crues de chantier et les crues de projet :

VII.1 Les Crues De Chantier

Permettent de dimensionner les ouvrages de dérivation et les batardeaux provisoires nécessaires à la construction du barrage. Ces crues de chantier correspondent aux débits de pointe de période de retour inférieure à 100 ans.

Les débits de pointe mensuels et annuels au site du barrage pour les périodes de retour inférieures à 100 ans ont été déterminés sur la base de l'analyse statistique des débits de pointe observés à la station d'Ouenza sur la période 1972-2001.

Les débits de pointe de période de retour de 10, 20 et 50 ans sont donnés dans le Tableau 3 et illustrés sur la Figure 5.

Les débits de pointe sont les plus élevés durant les mois de septembre, octobre et mai. Ils sont les plus faibles durant les mois de juillet et août.

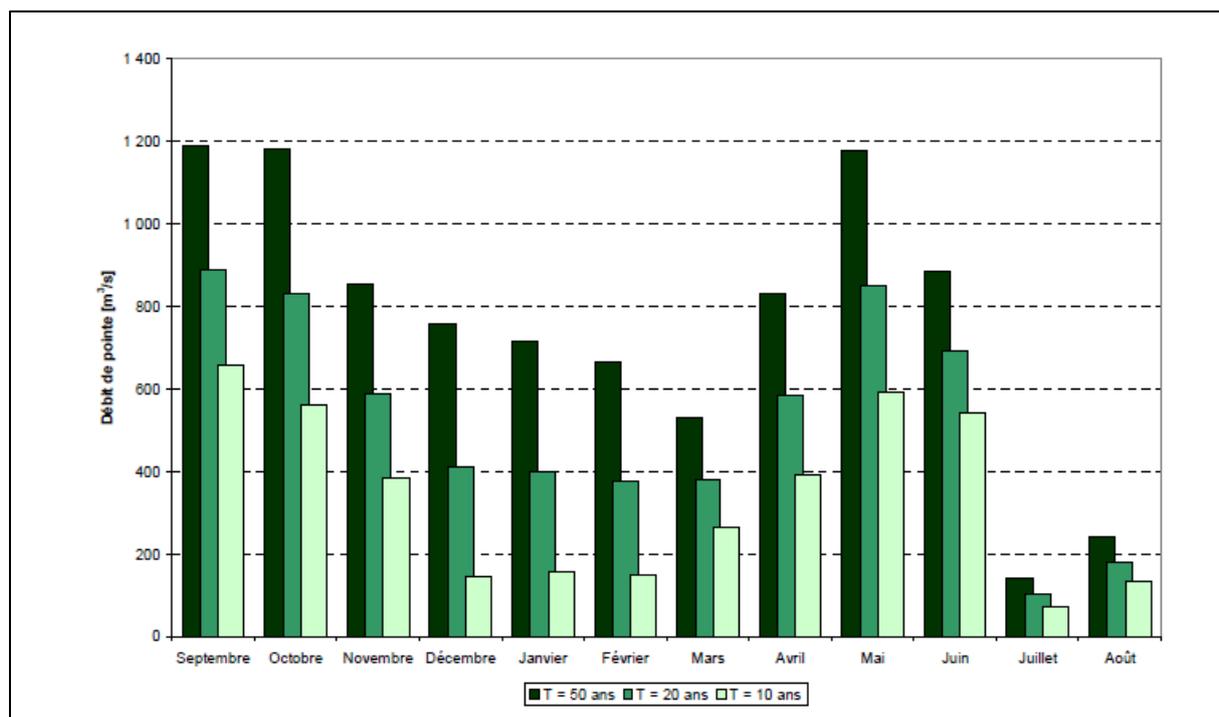


Figure V.5 : Crues de chantier - Débits de pointe mensuels (ANBT 2005).

Tableau V.3: Crues de chantier - Débits de pointe mensuels et annuels (ANBT 2005).

Mois	Période de retour T		
	10ans	20ans	50ans
sep	658	890	1190
Oct.	562	832	1181
Nov.	385	589	854
Déc.	145	411	756
Jan	155	400	716
Fév.	148	374	666
Mars	264	380	531
Avr.	392	584	832
Mai	592	848	1178
Juin	542	691	883
Juill.	70	101	140
août	133	179	239

Année	1 018	1361	1805
Unité : m³/s			

VII.2 Les Crues De Projet

Permettent de dimensionner l'évacuateur de crues du barrage et de réaliser les études de laminage. Elles correspondent à des crues rares, de période de retour supérieure à 100 ans, et sont exprimées sous la forme d'hydrogrammes.

Seules 28 valeurs de débits journaliers maximaux annuels sont disponibles à la station d'Ouenza. Une telle taille d'échantillon est insuffisante pour le calcul des crues rares. Une approche régionale, basée sur l'analyse et le traitement des données des stations hydrométriques présentées dans le Tableau 4, a donc été privilégiée pour la détermination des débits journaliers maximums annuels (ANBT 2005).

Tableau V.4 : Caractéristiques des stations hydrométriques régionales.

Station	Oued	Pays versant	Bassin
Ouenza	Mellegue	Algérie	4 575 km ²
Foum El Gheiss	Gueiss	Algérie	144 km ²
Chemorah	Chemorah	Algérie	756 km ²
Reboa	Reboa	Algérie	296 km ²
Jendouba	Medjerdah	Tunisie	2 410 km ²
K13	Mellegue	Tunisie	9 000 km ²

Sur la base des débits journaliers maximums annuels, les hydrogrammes des crues de projet ont été déterminés :

- a) en examinant le ratio du débit de pointe au débit journalier maximal ;
- b) Et en étudiant les hydrogrammes des crues historiques de l'oued Mellegue.

L'analyse des hydrogrammes des crues historiques a mis en évidence trois formes d'hydrogramme caractéristiques du bassin versant d'Ouldjet Mellegue.

La forme retenue pour constituer les hydrogrammes de projet correspond à celle pour laquelle le ratio du débit de pointe au débit journalier est le plus élevé. La forme retenue est

d'ailleurs très proche de celle de la crue historique du 4 octobre 1988. Ce choix est conservatif pour le dimensionnement de l'évacuateur de crues et va donc dans le sens de la sécurité de l'ouvrage.

La **Figure 6** présente les Hydrogrammes de projet de période de retour 100, 1 000 et 10 000 ans.

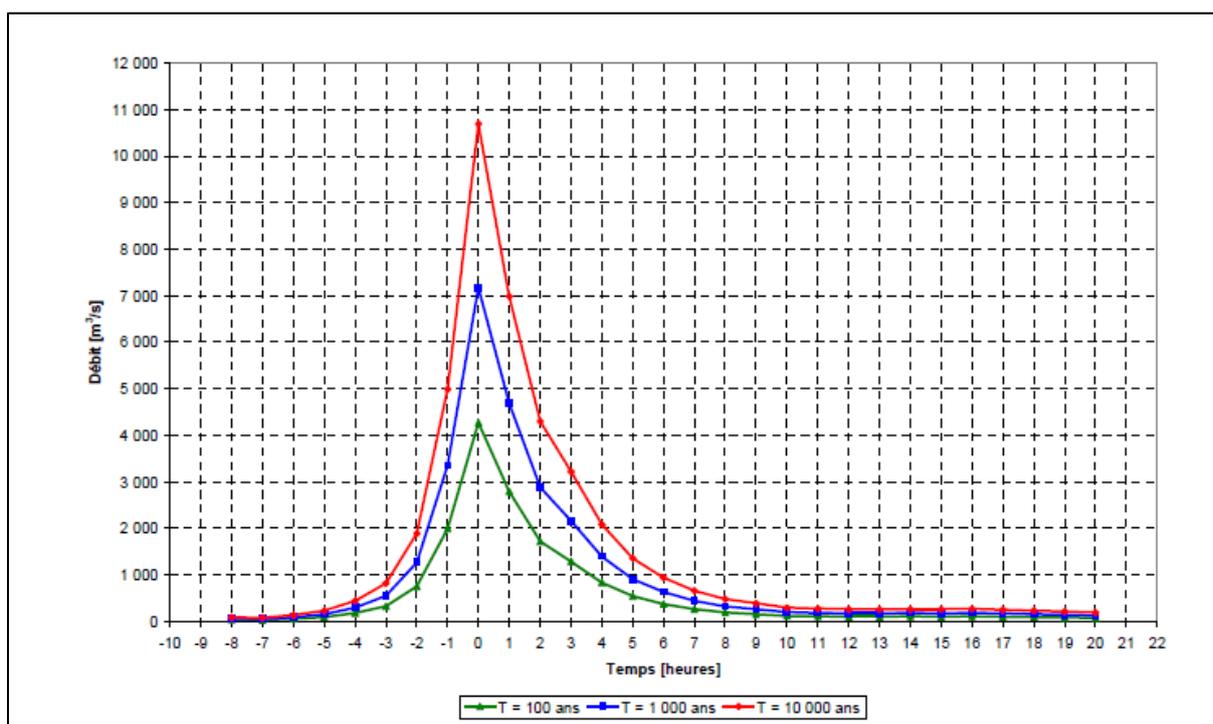


Figure V.6 : Hydrogrammes de projet (ANBT 2005).

✓ **Synthèse**

Le Tableau 5 présente les débits journaliers et les débits de pointe retenus pour les crues de chantier et les crues de projet.

Tableau V.5: Crues – Synthèse (ANBT 2005).

Période de retour T [ans]	Débit journalier maximal annuel [m ³ /s]	Débit de pointe maximal annuel [m ³ /s]
10	360	1018(*)
20	450	1361(*)
50	590	1 805 (*)
100	710	4270
0200	840	5070
500	1030	6 180

1000	1190	7170
2000	1350	8090
5000	1590	9580
10000	1780	10690

(*) Données issues de l'analyse des débits de pointe observés à la station d'Ouenza sur la période 1972-2001.

VIII. Transports Solides

L'étude des apports solides s'impose car elle permet de calculer ensuite le volume mort du futur réservoir. On notera que le bassin versant du Mellègue est moyennement érodable par suite de son climat semi-aride. Les oueds côtiers, plus arrosés et d'un relief plus accusé, peuvent avoir des transports solides bien plus importants. Les données de transport solide à la Station de Ouenza ne sont plus disponibles à l'ANRH qui ne dispose plus que des données à la station d'El Aouinet (ANBT 2005).

- Le **tableau 6** donne les apports liquides et solides depuis 1924. Coyne et Bellier estime à 2,26 hm³/an l'apport solide en suspension à Ouldjet Mellègue. Ces valeurs annuelles s'obtiennent après traitement des valeurs journalières et mensuelles disponibles. A partir d'une série de 77 ans, on voit que l'apport solide en suspension varie de 0,2 hm³/an à 13,12 hm³/an.

Tableau V.6 : Transports solides à Ouenza et Ouldjet – Mellegue – Période 1924 à 2001(ANBT 2005).

Paramètre	Vl (106m ³)		Ts (106t)	Vs (106m ³)
	Ouenza	Ouldjet	Ouldjet	Ouldjet
M	70,9	67,3	3,06	2,26
S	62,6	59,4	3,00	2,22
Cv	0,88	0,88	0,98	0,98
Me	57,1	54,2	2,39	1,77
Max	376,6	357,3	17,71	13,12
Min	11,5	10,9	0,28	0,20

- La **figure 7** présente la concentration des sédiments en suspension à El Aouinet. La période analysée va de 1973 à 1983. On note une concentration maximale de 167 g/l.

La moyenne des 1049 valeurs vaut 10,4 g/l. Il y a de nombreuses concentrations supérieures à 20 g/l. On notera que la monographie de la Medjerdah cite une concentration variant de 0 à 163 g/l pour les mesures à K13.

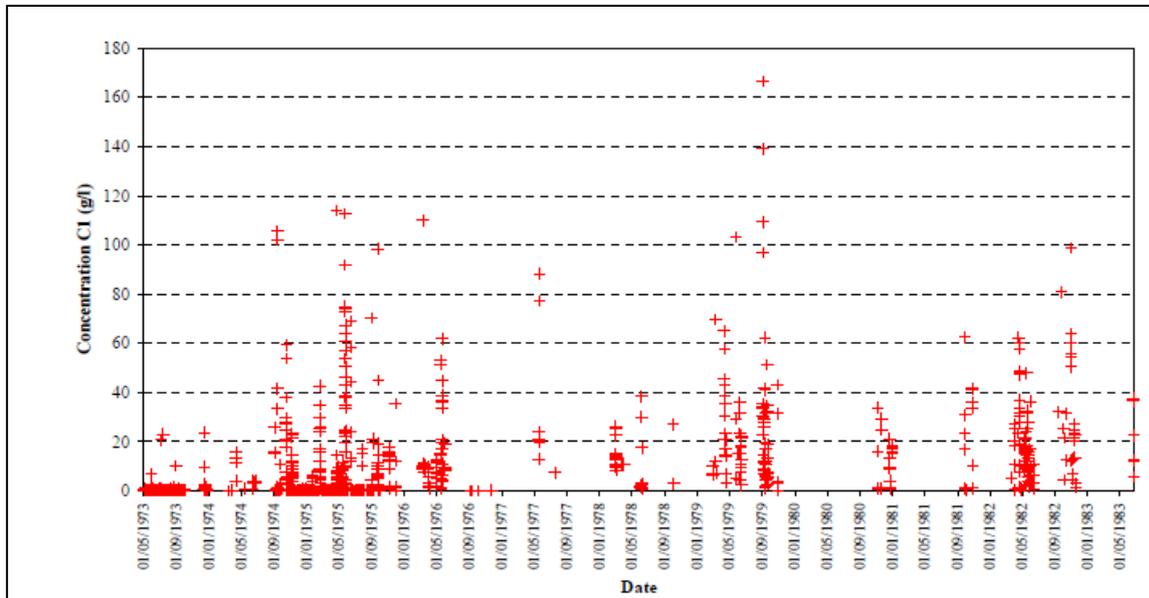


Figure V.7 : El Aouinet - Transports Solides - Concentration vs. Date (ANBT 2005).

- La **figure 8** montre la concentration en fonction du débit. La dispersion des points est appréciable ce qui est souvent le cas. On a défini deux nuages de points qui paraissent erronés. Ces nuages sont limités par un pointillé bleu. Le nuage du haut correspond à des débits trop faibles ou à des concentrations trop fortes. Le nuage du bas a une allure similaire à celle du nuage principal mais semble avoir subi une translation vers la droite.

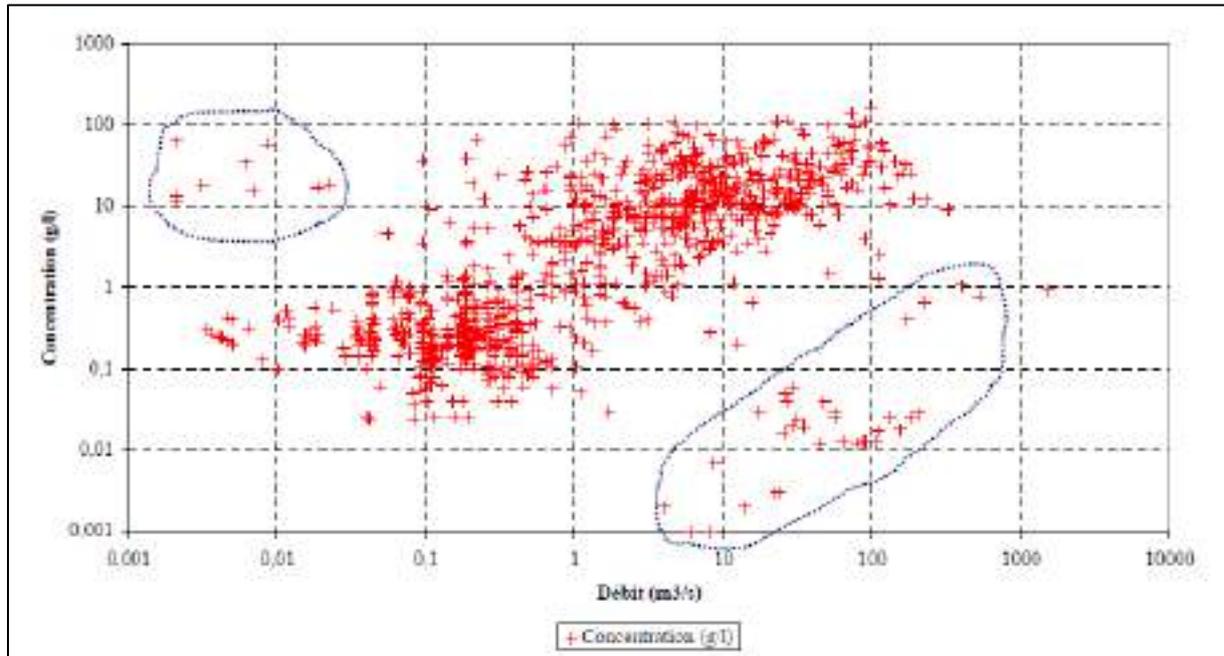


Figure V.8 : El Aouinet - Concentration vs. Débit (ANBT 2005).

- La **figure 9** donne le débit solide en fonction du débit liquide à El Aouinet. Une fois éliminés certains points correspondant aux deux nuages cités ci-dessus, on trouve une corrélation nette qui est :
 - ✓ $Q_s = 180 Q_l^{1,71}$; où Q_s est en kg/s et Q_l en m³/s. Le coefficient de détermination R^2 vaut 0,89 ce qui est significatif compte tenu du nombre de points concernés (1011).
 - ✓ Energoprojekt (1988) a défini pour Ouenza une relation s'exprimant par $Q_s = 6,68 Q_l^{1,73}$. On notera la similitude entre les exposants des deux formules citées.
 - ✓ Si on tient compte de la différence des bassins versants, on trouve que le transport solide par km² à Ouenza est environ 2,6 fois le transport solide par km² à El Aouinet.

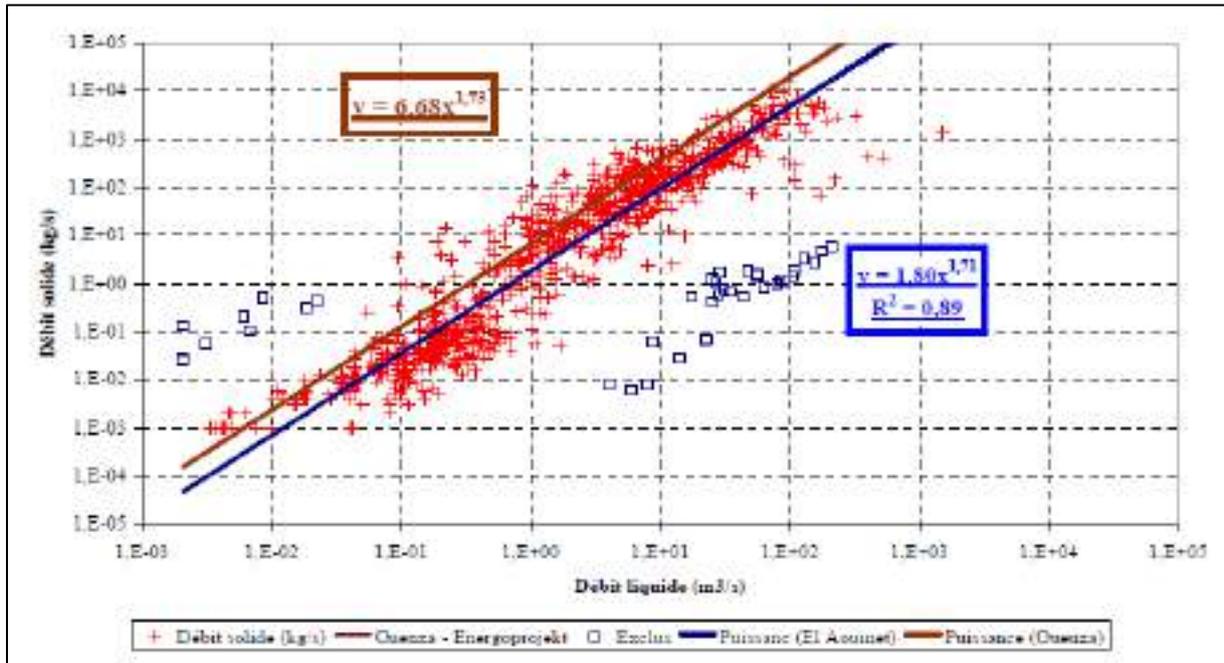


Figure V.9 : El Aouinet - Débit solide vs. Débit liquide (ANBT 2005).

- La figure 10 permet de comparer les relations débits solides vs débits liquides à Ouenza et El Aouinet. Sur cette figure, on a tracé la courbe correspondant à 200 g/l. Les relations relatives à El Aouinet et Ouenza sont pseudo-parallèles.

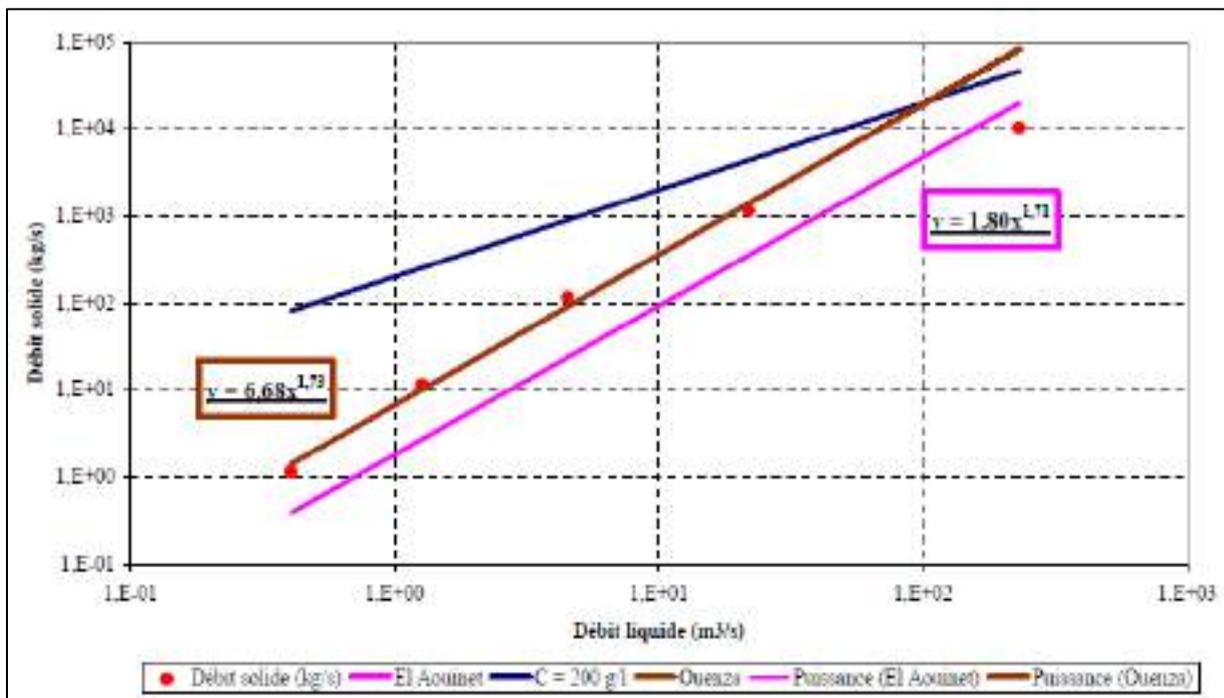


Figure V.10 : Transports solides - Comparaison entre Ouenza et El Aouinet (ANBT 2005).

IX. Conclusion

- Le volume mort correspond au volume des apports solides qui seront piégés dans la retenue. Le volume mort du barrage a été dimensionné pour une durée de vie de 50 ans. Avec une fréquence de non-dépassement de 5%, on estime les apports solides au barrage à 155 hm³ pour cette durée de vie.
- L'apport annuel s'établit à 67 millions de m³.

Conclusion

Générale

Conclusion générale

Cette étude a été menée dans le but de déterminer les caractéristiques physico-chimiques des eaux du barrage Ouldjet Mellegue, ainsi que son aptitude à potabilité et l'irrigation, et estimation du taux d'envasement.

Le barrage d'Ouldjet Mellegue est situé au nord-est de l'Algérie, à environ 75 km au nord-ouest de la ville de Tébessa et à environ 10 km en amont du village d'Ouenza.

La région d'étude se situe dans la partie nord-est de l'Atlas Saharien, intégrant les Monts de Mellegue. Elle est caractérisée par la présence de sédiments du Crétacé inférieur et du Crétacé supérieur, ainsi que par des formations évaporitiques du Trias, qui sont reconnues comme des diapirs.

La région est soumise à un climat de type steppique caractérisée par deux saisons distinctes, l'une sèche et chaude et l'autre pluvieuse et froide. La température moyenne annuelle de 16,72°C. Elle reçoit une précipitation moyenne de 244,11 mm dont 0,031 mm sont ruisselés avec de manque d'infiltration. Le bilan hydrique établi selon la méthode de Thornthwaite, fait ressortir une évapotranspiration potentielle de 799,51mm et réelle de 244,11 mm engendrant un déficit agricole de 555,4 mm.

L'étude hydrochimique a prouvé que les eaux de surface du barrage sont peut-être destinées à l'eau potable après procédures de traitement de la potabilité. Il se caractérise par une forte minéralisation chargée en bicarbonate et en calcium. Les cartes Piper et Scholler Berkaloff ont été utilisées montrer que le faciès chimique dominant est Bicarbonaté calcique. À partir des résultats du diagramme de Wilcox visant à étudier l'aptitude de l'eau à l'irrigation, il a été conclu que l'eau du barrage d'Ouldjet Mellegue est classée comme de médiocre qualité et caractérisée par une salinité élevée, ce qui constitue un danger pour l'irrigation. Cette eau ne convient que pour irriguer les cultures tolérantes au sel, dans des conditions appropriées.

Pour l'envasement du barrage, en considérant une durée de vie de 50 ans et un risque de dépassement de 5 %, les apports solides au réservoir retenus pour le dimensionnement sont de 155 hm³.

Références
Bibliographique

Références Bibliographiques

- **ANBT** : " l'avant-projet détaillé " Septembre 2005.
- **ANRH** : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.
- **Aoudjehane, M. (1990)**: Structures et gîtologie des concentrations de Zn-Pb et Fe dans le Nord-Est algérien. Exemple des gîtes de l'Ouenza, Ouasta et Boujaber. Analyses et recommandations de recherches. Rapport de mission Nord-Est algérien, n°2, CRD/EREM, Boumerdes, Algérie, 54p.
- **Athmania, D. (2002)** : Etude de la salinité et de l'envasement du barrage de foug el khenga pour l'oued cherf (Sedrata, wilaya de Souk Ahras) (Doctoral dissertation, Tebessa, Université Cheikh Larbi Tebessi. Institut des Sciences de la Terre et de la Nature).
- **Badraoui, A., & Hajji, A. (2001)** : Envasement des retenues de barrages. *La Houille Blanche*, 87(6-7), 72-75
- **Beguiret, L. (2007)** : Etude géologique et géochimique des minéralisations Fe-Cu du gisement de douamis (ouenza-algerie) (Doctoral dissertation, Annaba).
- **Benazzedin, A., Meziti, B., & Zahi, F. E. (2020)** : Mise en évidence d'une pollution anthropique des eaux souterraines de la nappe alluviale d'oued Djendjen (Jijel, NE Algérien) (Doctoral dissertation, Université de Jijel).
- **Bentadjine, A., Boutaleb, I., & Drouiche, A. E. (2021)** : Caractérisation physico-chimique et évaluation de l'aptitude à l'irrigation des eaux souterraines de la partie aval de l'oued Kébir (Jijel, NE Algérien) (Doctoral dissertation, Université de Jijel).
- **Bouakkaz, R., Zentout, W., & Zahi, F. E. (2020)** : Impact des activités agricoles sur l'environnement; cas de la plaine alluviale d'oued Nil (Jijel N_E Algérien) (Doctoral dissertation, Université de Jijel).
- **Bouzenoune, A. (1993)**: Minéralisations périapiriques de l'Aptien calcaire : les carbonates de fer du gisement hématitique de l'Ouenza (Algérie orientale). Thèse Doct, d'Univ. Paris IV. P 206.
- **Chikhi-Aouimeur, F. (1980)**: Les rudistes de l'Aptien supérieur de Djebel Ouenza (Algérie NE). Paléontologie. Contexte stratigraphique et paléogéographique. Thèse 3ème cycle, USTHB, Alger, 114p.

Références Bibliographiques

- **David, L. (1956):** Etude géologique des monts de la haute Medjerda. Thèse Sci. Paris. Publ. Serv. Carte géol. Algérie, n.s, Bull, n°11, 189p.

- **Djebbari, A, Soltani, G (2020) :** Etude de la qualité des eaux de bassin d'Oued Mellegue en vue de Leur Utilisation dans l'AEP et l'irrigation. (Université de Larbi Tébessi – Tébessa-) ,95p

- **Dubourdiou, G. (1956) :** Etude géologique de la région de l'Ouenza (confins algéro-tunisiens). Thèse Sci. Paris. Publ. Serv. Carte géol. Algérie, n.s, Bull., n°10, 659p.

- **Dubourdiou, G. (1959):** Esquisse géologique du Djebel Mesloula (Algérie orientale). Publ. Serv. Carte géol. Algérie, n.s, Bull., n°21, 162p.

- **Fleury J.J. (1969):** Stratigraphie du Crétacé et de l'Eocène (Aptien à Lutétien) de la feuille 1/50 000 Morsott, N° 178. Publ. Serv. Géol. Alg., Nlle Série, Bull. n°39, pp. 145-157.

- **Gouaidia, L. (2008) :** Influence de la lithologie et des conditions climatiques sur la variation des parametres physico –chimiques des eaux d'une nappe en zone semi-aride, cas de la nappe de Meskiana Nord-Est Algerien.Thèse doctorat.*Univ* Badji Mokhtar Annaba.101p

- **ISO, (1984) :** Qualité de l'eau. NA 1657, ISO 6777 ; ED : INAPL Edition de diffusion ; Laboratoire d'Alger, 50p.

- **Jaeckli, H. (1970) :** Criteria for the classification of ground-water occurrences. *Geology of the swissecolga.*

- **Khanchoul, K., Selmi, K., & Benmarce, K. (2020) :** Assessment of soil erosion by RUSLE model in the Mellegue watershed, northeast of Algeria. *Environ. Ecosyst. Sci*, 4(1), 15-22.

- **Kowalski, W.M. et Hamimed, M. (2000):** Diapirisme polyphasé ou glacier de sel albien ? Dilemme du Matériel triasique des confins algéro-tunisiens. *Bull. Serv. Géol. Algérie*, vol 11, n°1, pp 29-60.

- **Layadi, M., Hireche, H., & Djorfi, S. E. (2020) :**L'apport des conditions hydroclimatologiques dans l'étude du contexte hydrogéologique des sources d'eau de la région d'Ain Makhlouf,(Wilaya de Guelma) (Doctoral dissertaton, Université de Jijel).

Références Bibliographiques

- **Madre, M. (1969):** Contribution à l'étude géologique et métallogénique du Djebel Ouenza (Estalgérien). Thèse 3ème cycle, Paris, France, 98p.

- **MAHIDDINE, M., & BOURAI, D. (2022) :** Inventaire floristique du bassin versant d'oued Mellégue (Doctoral dissertation, Université de Larbi Tébessi).

- **Maroua, O. U. A. N. A. S. S. I., & Mariama, S. A. L. H. I. (2021) :** Etude de la possibilité d'une éventuelle réhabilitation et mise en eau dans le barrage de Foug El Geuiss, Kais, wilaya de Khenchela (N, E Algérien) (Doctoral dissertation, Université Larbi Tébessi).

- **Masse P. et Thieuloy J.P. (1979):** Précisions sur l'âge des calcaires et des formations associées de l'Aptien Sud-constantinois (Algérie). Conséquences paléogéographiques. Bull. Soc. Géol. Fr., vol. 7, n°1, pp.65-71.

- **Medouri, A., Sekfali, R., & Zahi, F. E. (2021) :** Aptitudes des eaux souterraines de la région du lac Fetzara à l'irrigation (Annaba, NE Algérien) (Doctoral dissertation, Université de Jijel).

- **Mehibel, S., Dorbi, M., & Zahi, F. E. (2022) :** Aptitude des eaux de la nappe du Continental Intercalaire à l'irrigation. Cas de la région d'Oued Righ (SE Algérien) (Doctoral dissertation, Université de Jijel).

- **Nedjari-Bellahcene, S. et Nedjari, A. (1984):** Le Boukhadra : esquisse paléogéographique aptienne. 5ème séminaire National des Sciences de la Terre, Alger, pp.102.

- **Othmanine, A. (1987) :** les minéralisations en fluorine, barytine, Pb, Zn et fer sidéritique autour du fossé de Tébessa-Morsott. Relation entre la paléogéographie albo-aptienne, diapirisme, structure et métallogénie. Thèse Doct. 3ème cycle, Univ. P. et M. Curie, Paris VI, n°87-58, Paris, 220p.

- **PDARE, 2009 :** Plan Directeur d'Aménagement des Ressources en Eau, Rapport de synthèse de la région hydrographique du Cheliff, 266 pages.

- **Perthuisot, V. et Rouvier, H. (1988):** Les relations métal-soufre-eau-hydrocarbures-microorganismes et la genèse des concentrations de sulfures et de soufre des diapirs évaporitiques. In : H. Péliissonier & J.F. Sureau (éds) : Mobilité et concentration des métaux de base dans les couvertures sédimentaires : Manifestations, mécanismes, prospection. Document du BRGM, n°183, pp. 269-278.

Références Bibliographiques

- **Ramdani Rayene Sirine Et Touahria Houria (2022)** : Qualité et Utilisation Des Eaux Du Barrage de l'Ouenza (Ouldjet Mèllegue), NE Algerien(Université Larbi Tebessi Tébessa)111p
- **Rodier,J. Leube, B. Merlet,N. et Coll. (2009)** : L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer ;Dunod, 9ème ED ;Paris, 152p.
- **Smati, A. (1986)**: Les gisements de Pb-Ba et de Fe du djebel Slata (Tunisie du Centre-Nord) : Minéralisations épigénétiques dans le Crétacé néritique de la bordure d'un diapir de Trias. Gisement de Sidi Amor Ben Salem et de Slata fer. Thèse Doct. 3ème cycle, Lab. Géol. Appl., Univ. P. et M. Curie, Paris VI, 250 p.
- **Thibiéroz, J. et Madre, M. (1976)**: Le gisement de sidérite du Djebel El Ouenza (Algérie) est contrôlé par un golfe de la mer aptienne. Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique du nord, Alger, t.67, fasc. 3-4, pp. 126-150.
- **Vila, J. M. (1980)** : La chaîne alpine de l'Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens. These de Doctorat-es-sciences, Universite Pierre et Marie curie.
- **Vila, J.M. (1994)**: Mise au point et données nouvelles sur les terrains triasiques des confins algérotunisiens : Trias allochtone, « glaciers de sel » sous-marins et vrais diapirs. Mém. Serv. Géol. Algérie, n°6, pp. 105-152.

<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Ffigure%2FProcessus-denvasement-dun-barrage-Reservoir-Remini>

1990_fig1_336968582&psig=AOvVaw3ZYExKk7C_n9lSdA4Amcaw&ust=1714856225569000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBIQjhxqFwoTCMDP_rKv8oUDFQA AAAAdAAAAABAE

Annexe

Annexe 1 : Les précipitations mensuelles interannuelles à la station de souitir Ouenza

année	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total	P Moy Annuelle
2008	57,5	17,5	12,3	23,2	63,3	6,4	26,4	127	35,8	0	27,3	23,8	420,5	35,04
2009	58,1	16,3	2	3,6	32,6	9,4	13,5	105,3	16	12	30,2	10	309	25,75
2010	31,8	7,5	46,1	2,2	23,4	30,4	33,4	25	32,8		3,3		235,9	19,65
2011	9,5	33,1	0,4	2,8	34,64	19,24	27,8	32,7	20,7	3,6	30,8	20,1	235,38	19,61
2012	37,1	15,1	2,3	0,5	11,3	4,6	25,4	19,4	25,3	0	79,3	17,58	237,88	19,82
2013	16,9	9,8	48,7	9,2	28,2	17,61	35,3	6,8	37,1	30,48	0,9	17,58	258,57	21,54
2014	2,3	27,4	34,6	29,5	17,5	14,2	32	0	19,5		0	17,58	194,58	16,21
2015	7,6	11	34,7	1	17,5	3,8	15,1	22,2	23,9	12,6	0	19,02	168,42	14,03
2016	7,2	14,4	12,9	31,6	27,84	16,17	27,49	41,63	26,36	10,8	0,3	17,69	234,38	19,53
2017	0,5	15,9	20,2	3	0	8,1	10,5	3,6	29,9	0,4	5,5	17,69	115,29	9,60
2018	31,6	76,2	8,2	9,4	43,2	11,3	66,1	38,1	39,8	1,3	0	86,6	411,8	34,31
2019	27,4	0,8	13	17,9	6	0	37,5	52,6	1,2	18	4	40,2	218,6	18,21
2020	45,2	9,5	13,1	31,9	1	1,3	7,7	15,2	33,9	22,8	10,9	2,9	195,4	16,28
2021	8,5	15,9	6,7	9,4	4,9	15,3	40,6	26,9	5,4	0,2	19,6	21,9	161,3	13,44
2022	42	2,1	7,6	1	5	0	0,5	8,4	152,8	27,2	4,8	0	251,4	20,95
P moy mensuelle	25,54	18,16	17,52	11,74	21,09	10,52	26,61	34,98	33,36	9,29	14,46	20,84	244,11	/

Annexe 2 : Normes à respecter :

Le Décret exécutif n°11-219 du 10 Rajab 1432 correspondant au 19 Juin 2011 fixant les objectifs de qualité des eaux superficielle et souterraines destinées à l'alimentation en eau des population

Paramètre	Unité	Valeur limite
Température	°C	25
PH	-	$\geq 6,5$ et ≤ 9
Conductivités ;	$\mu\text{S}/\text{cm}$	2800
Résidu sec après séchage a 105o C	mg/l	-
Turbidité ;	NTU	5
MES	mg/l	25
Dureté totale ;	mg/l en CaCO3	-
Cadmium	$\mu\text{g}/\text{l}$	5
Magnésium	mg/l	-
Carbonates ;	mg/l	-
Bicarbonate ;	mg/l	-
Chlorure ;	mg/l	600
Sulfates	mg/l	400
Potassium ;	mg/l	12
Sodium ;	mg/l	200
DBO5	mg/l	7
DCO	mg/l	30
Matière Organique ;	mg/l	-
Oxygène dissous ;	%	30
Ammonium	mg/l	4
Nitrates	mg/l	50
Nitrites	mg/l	0.2
Phosphore	mg/l	5
Cadmium	$\mu\text{g}/\text{l}$	5
Fer	mg/l	1
Chrome	$\mu\text{g}/\text{l}$	100
Manganèse	$\mu\text{g}/\text{l}$	1
Aluminium	mg/l	-
Escherichia Coli	n/100ml	20.000
Entérocoques	n/100ml	10.000
Salmonella	-	Absence dans 1000ml

Département : des Sciences de la Terre et de l'Univers
Filière : Géologie
Spécialité : Géologie de l'ingénieur et géotechnique
Année universitaire 2023/2024

Autorisation de Soutenance D'un Mémoire de Master

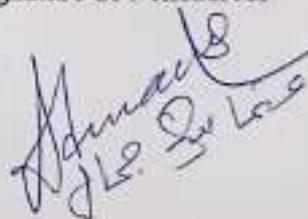
Je, soussigné, ... Pr. Atmania Djamel encadreur de l'étudiant Bouras
Cherine a traité un sujet de Master qui a pour titre : Évolution de la qualité des
eaux du barrage Ouldjet Mellegue et estimation du taux d'envasement

Atteste que la concernée a mené à son terme le travail qui lui a
été exigé. Le mémoire qu'il a rédigé a été lu et corrigé par mon soin.

Par conséquent, Je lui autorise à déposer son mémoire en vue de
soutenir son Master devant un jury que désignera le département.

Tébessa le : 29/05/2024

Signature de l'encadreur





Signature de l'étudiant (e)

Département de STU
Filière: Géologie
Spécialité Géologie de l'ingénieur et Géotechnique
Année universitaire 2023/2024

Formulaire de levée de réserves après soutenance d'un Mémoire de Master

Données d'identification du candidats (es):

Nom et prénom du candidat: BOURAS Cherine

Intitulé du Sujet: Evolution de la qualité des cours de langage de l'objet technique et distinction du taux d'avancement

Données d'identification du membre de jury:

Nom et prénom: Mouci Ridha, Baali Felhi et Hamza Djamel

Grade: NC "B", Professeur, Professeur

Lieu d'exercice: Université Echahid Cheikh Larbi Tebessi - Tebessa-

Vu le procès-verbal de soutenance de la thèse sus citée comportant les réserves suivantes:

Aucune

Et après constatation des modifications et corrections suivantes:

Aucune

Je déclare en ma qualité de président de jury de soutenance que le mémoire cité remplit toutes les conditions exigées et permet au candidat de déposer son mémoire en vue de l'obtention de l'attestation de succès.

Tebessa le: 09.06.2024

Président de jury de soutenance: (Nom, Prénom et signature)

Dr Mouci Ridha



Département de Science de la Terre et de l'Univers
Filière : Géologie
Spécialité : Géologie de l'ingénieur et géotechnique
Année universitaire 2023/2024

Déclaration sur l'honneur de non- plagiat (A joindre obligatoirement avec le mémoire)

Je, soussigné(e)

Nom et prénom : Bouras Cherine

Régulièrement inscrit (e) : Master 2 Géologie de l'ingénieur et géotechnique

N° de carte d'étudiant : 191936053885

Année universitaire : 2023/2024

Domaine : Géologie

Filière : Géologie

Spécialité : Géologie de l'ingénieur et géotechnique

Intitulé : Évolution de la qualité des eaux du barrage Ouldjet Mellegue et estimation du taux d'envasement.

Atteste que mon mémoire est un travail original et que toutes les sources utilisées ont été indiquées dans leur totalité, je certifie également que je n'ai ni copié ni utilisé des idées ou des formulations tirées d'un ouvrage, article ou mémoire, en version imprimée ou électronique, sans mentionner précisément leur origine et que les citations intégrales sont signalées entre guillemets.

Sanctions en cas de plagiat prouvé :

L'étudiant sera convoqué devant le conseil de discipline, les sanctions prévues selon la gravité de plagiat sont :

- L'annulation du mémoire avec possibilité de refaire sur un sujet différent.
- L'exclusion d'une année de Master.
- L'exclusion définitive.

Fait à Tébessa, le :



Signature de l'étudiant (e)





Département de Science de la Terre et de l'Univers
Filière : Géologie
Spécialité : Géologie de l'ingénieur et géotechnique
Année universitaire 2023/2024

Déclaration sur l'honneur de non- plagiat (A joindre obligatoirement avec le mémoire)

Je, soussigné(e)

Nom et prénom : Bouras Cherine

Régulièrement inscrit (e) : Master 2 Géologie de l'ingénieur et géotechnique

N° de carte d'étudiant : 191936053885

Année universitaire : 2023/2024

Domaine : Géologie

Filière : Géologie

Spécialité : Géologie de l'ingénieur et géotechnique

Intitulé : Évolution de la qualité des eaux du barrage Ouldjet Mellegue et estimation du taux d'envasement.

Atteste que mon mémoire est un travail original et que toutes les sources utilisées ont été indiquées dans leur totalité, je certifie également que je n'ai ni copié ni utilisé des idées ou des formulations tirées d'un ouvrage, article ou mémoire, en version imprimée ou électronique, sans mentionner précisément leur origine et que les citations intégrales sont signalées entre guillemets.

Sanctions en cas de plagiat prouvé :

L'étudiant sera convoqué devant le conseil de discipline, les sanctions prévues selon la gravité de plagiat sont :

- L'annulation du mémoire avec possibilité de refaire sur un sujet différent.
- L'exclusion d'une année de Master.
- L'exclusion définitive.

Fait à Tébessa, le :



Signature de l'étudiant (e)

