



République algérienne démocratique et populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et
de la Recherche Scientifique



Université Larbi Tebessi -Tébessa

Faculté des Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences de la Terre et de l'Univers

Mémoire présenté En Vue De L'obtention Du Diplôme
De Master académique
Domaine : Sciences de la Terre et l'Univers
Filière : Géologie
Option : Hydrogéologie

THEME

***Qualité et Utilisation Des Eaux Du Barrage de
l'Ouenza (Ouldjet Mèllegue), NE Algerien***

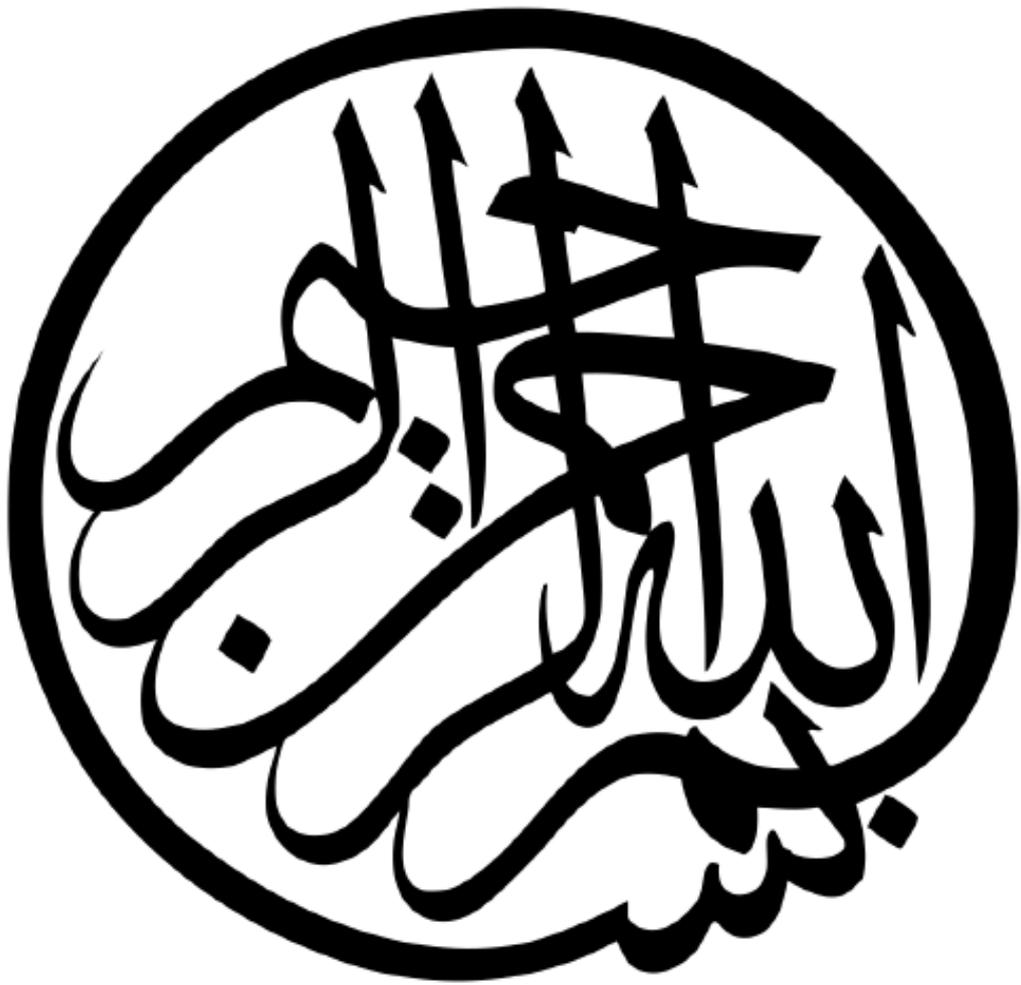
Présenté et soutenu par

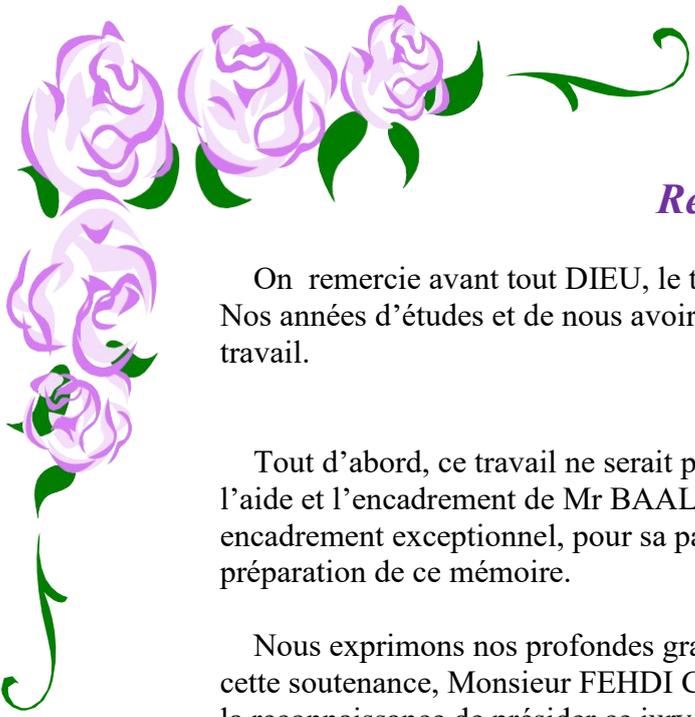
RAMDANI rayene sirine ET TOUAHRIA houria

Devant le jury :

	Grade	Établissement	
Président :	Fehdi Chems Eddine	Professeur	Université Larbi Tebessi Tébessa
Encadreur :	Baali Fethi	Professeur	Université Larbi Tebessi –Tébessa
Examineur :	Mouici Ridha	MCB	Université Larbi Tebessi - Tébessa

Promotion 2021/2022





Remerciements

On remercie avant tout DIEU, le tout puissant, de nous avoir guidés durant toutes Nos années d'études et de nous avoir donné la volonté et le courage pour terminer ce travail.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu voir le jour sans l'aide et l'encadrement de Mr BAALI Fethi, on le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.

Nous exprimons nos profondes gratitudeux aux membres du jury qui ont voulu siéger à cette soutenance, Monsieur FEHDI Chems Eddine dont nous avons le grand honneur et la reconnaissance de présider ce jury, Monsieur MOUICI Ridha d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Nos remerciements s'adressent à tous nos professeurs pour leurs générosités et la grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leurs charges académiques et professionnelles.

Nos remerciements s'adressent également à Mr HAMAIDIA Hacem pour son aide pratique et son soutien moral et ses encouragements.

Nos sincères remerciements et nos gratitudeux également pour toute l'équipe de l'agence ANBT du Barrage Ouldjet Mèllegue. A leur tête monsieur le directeur MESSAI Zakaria qu'ils soient assurés de notre dévouement, sans oublier AOULMI M. et MERABTI B.

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

Enfin, on remercie vivement toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de cette thèse dans de bonnes conditions.

SIRINE et HOURIA





Dédicaces

Je dédie mon travail :

A l'être le plus cher de ma vie, ma mère.

A celui qui m'a fait de moi une femme, mon père

A mes chères sœurs et à mon frère.

A tous mes amis(es) de la promotion de 2ème année master hydrogéologie.

A mes collègues décédés Djaber BOUALI, Ibrahim SAHOUI et Chaouki BOUKHCHAM qu'Allah leur fasse miséricorde et qu'Allah leur accorde le Firdaws.

À Toute personne qui occupe une place dans mon cœur.

RAMDANI RAYENE SIRINE

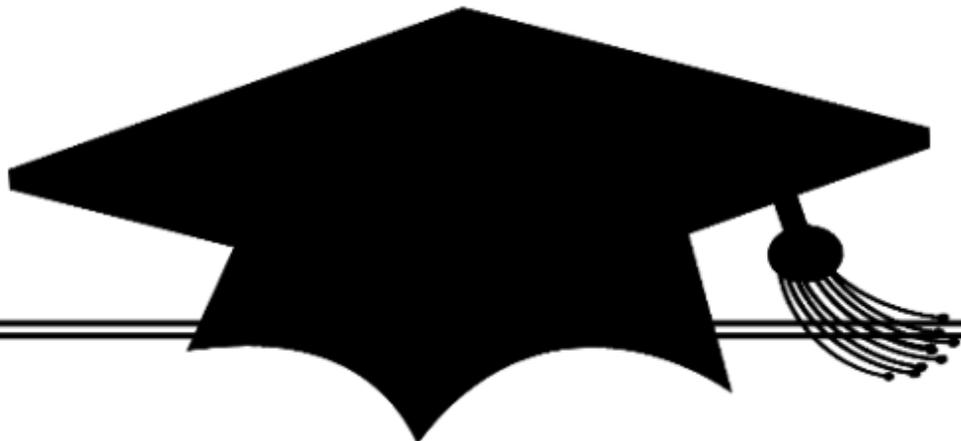
Je dédie ce modeste travail :

A mes parents. Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour dont ils ne cessent de me combler. Que dieu leur procure bonne santé et longue vie.

A toute ma famille, mes sœurs Yakouta, Wafa, Wahiba et Amira, mes frères Mohamed, Walid, Bilel et Ziden et mes amies Nour, Nesrine, Rawya, Hadjer et Asma. A mon binôme SIRINE et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis merci.

Je remercie mon cher fiancé Ibrahim pour tout l'encouragement, le respect et l'amour qui m'a offert. Je te dédis ce travail, qui n'aurait pas pu être achevé sans ton éternel soutien et optimisme.

TOUAHRIA HOURIA



Résumé

L'eau est l'élément naturel de base de la vie et l'une des richesses nécessaires à toutes activités humaines et c'est l'héritage de nation.

Ce travail a été réalisé pour l'estimation et l'évaluation de la qualité des eaux du barrage d'Ouldjet Mèllegue (NE de l'Algérie) par la mesure des principaux paramètres physico-chimiques, à savoir la température, le pH, CE, TDS, Salinité, Ca, Mg, Na, K, Cl ; SO₄, CO₃, HCO₃, susceptibles de caractériser la qualité des eaux du barrage d'Ouldjet Mèllegue et des eaux de l'Oued Mèllegue qui l'alimente. Ainsi que de caractériser, les principaux usages des eaux mobilisées, par l'exploitation des données des prélèvements qu'on a effectués.

Mots clés : Eau de surface, qualité de l'eau, Oued Mèllegue, barrage Ouldjet Mèllegue.

المخلص

الماء هو العنصر الطبيعي الأساسي للحياة وأحد الموارد اللازمة لجميع الأنشطة البشرية وهذا هو تراث الأمة، تم تنفيذ هذا العمل لتقدير وتقييم جودة المياه في سد ولجة ملاق (شمال شرق الجزائر) من خلال قياس المعايير الفيزيائية والكيميائية الرئيسية و هي درجة الحرارة، ودرجة الحموضة، والتوصيل الكهربائي، والمواد الصلبة الذائبة، والملوحة، والكالسيوم، والمغنيسيوم، والصوديوم، والبوتاسيوم، ؛ SO₄ و CO₃ و HCO₃ من المرجح ان يميز جودة مياه سد Ouldjet Mèllegue ومياه وادي Mèllegue الذي يغديه. وكذلك توصيف الاستخدامات الرئيسية للمياه المعبأة، من خلال استغلال البيانات من العينات التي تم أخذها.

الكلمات المفتاحية: ا لمياه السطحية، جودة المياه، واد ملاق، سد ولجة ملاق.

Abstract

Water is the basic natural element of life, it is a necessary resource for all human activities and it is the heritage of the nation.

This work was carried out to estimate and evaluate the water quality of the Oldgate Mellig dam (North-East Algeria) by measuring the main physical and chemical parameters, namely, temperature, pH, electrical conductivity, TDS, salinity, Ca, Mg, Na, K, each; SO₄, CO₃ and HCO₃ are likely to characterize the water quality of the Ouldjet Mèllegue Dam and the waters of the Mèllegue Valley which feeds it. In addition to characterizing the main uses of bottled water, by exploiting the data of the samples taken. This study showed that the water from the Oldgate Millage dam contains some forms of calcium chloride.

Keywords: Surface water, water quality, Oued Mèllegue, Ouldjet Mèllegue dam.

Sommaire

Remerciements	
Dédicaces	
Résumé	
المخلص	
Abstract	
Sommaire	
Liste Des Figures	
Liste des abréviations	
Introduction générale.....	1
Chapitre I : Cadre général	
I. Situation géographique de la zone d'étude.....	2
II. Réseau hydrographique.....	3
III. Couverture végétale.....	4
IV. La géomorphologie.....	6
V. Aperçu socio-économique.....	7
Chapitre II : Géologie	
Introduction.....	8
II. Lithostratigraphie.....	8
1. Le Trias.....	11
II.2- Le Crétacé.....	12
Le Barrémien.....	12
b. L'Aptien.....	12
c. L'Albien.....	13
d. Le Vraconien.....	15
e. Le Cénomaniens.....	17
f. Le Turonien.....	17
g. Le Sénonien.....	18
II.3. Le Miocène (Néogène)	18
II.4. Le Plio-Quaternaire.....	18
III. La Tectonique.....	19
III .1 Les plissements.....	22
III .1.1 Les fossés d'effondrement.....	22
III.1.2 La subsidence.....	24
III .1.3. Relation diapirs-encaissant.....	24
III.1.3.1. Relation diapirisme-tectonique.....	26
III.1.3.4. Relation diapirs-sédimentation.....	26
IV. Conclusion.....	28
Chapitre III : Hydrologie et Hydrogéologie	
1/- Hydrologie.....	29
I. Introduction.....	29
I. Caractéristiques morphométriques du BV.....	30
II.1. Délimitation et périmètre du bassin.....	30
II.2. Indice de compacité de GRAVELIUS (kC)	31
II.3. Rectangle équivalent.....	31
II.3.1 Longueur équivalent.....	32

II.3.2 Largeur équivalent.....	32
II.4. Réseau hydrographique et caractères morphométriques.....	32
II.5. Les indices de pente.....	34
II.5.1 Pente moyenne de bassin versant.....	34
II.5.2. Indice de pente globale I_g	34
II.5.3. Dénivelée spécifique.....	35
II.5.4. Densité de drainage.....	36
II.6. Paramètre de relief.....	37
II.6.1. courbe hypsométrique.....	37
II.6.2. Profil en long.....	38
II.7. Temps de concentration.....	41
II.8. Vitesse de l'écoulement de l'eau.....	41
II.9. Coefficient d'allongement.....	42
2/- Climatologie.....	44
I. Introduction.....	44
II. Le type de climat de la région d'étude.....	44
II.1 Indice d'aridité annuelle.....	44
III. Température.....	45
III. 1. Variation des températures moyennes mensuelles.....	46
La station de Tébessa.....	46
IV. Précipitation.....	47
IV.1 Variations interannuelles des précipitations.....	47
a)- La station de Meskiana.....	47
b) - station de Tébessa.....	48
c)- station de Souitir (Ouenza).....	49
IV. 2. Variations mensuelles des précipitations.....	50
a)- Station de Meskiana.....	50
b) - Station de Tébessa.....	51
c)- Station de Souitir (Ouenza)	52
V. Humidité relative de l'air.....	53
VI. Vent.....	53
VII. Sirocco.....	54
VIII. Bilan hydrologique.....	54
VIII.1 Estimation des paramètres du bilan hydrologique.....	55
VIII.1.1 Evapotranspiration potentielle (ETP)	55
a/- à la région de Meskiana.....	56
b/- à la région de Tébessa.....	56
c/- à la région d'Ouenza.....	57
VIII.1.2 Calcul de l'évapotranspiration réelle (ETR).....	57
VIII.2 Les différentes composantes du bilan.....	58
VIII.2.1 Le ruissellement.....	58
VIII.2.2 Infiltration.....	58
VIII.2.3 Réserves facilement utilisables (R.F.U).....	58
VIII.3 Calcul du bilan hydrique par la méthode de Thornthwaite	59
a/- Bilan hydrologique de la Meskiana.....	60
b/- bilan hydrologique de Tébessa.....	61
c/- Bilan hydrologique d'Ouenza.....	62
3/- Hydrogéologie.....	
I. Introduction.....	65
II. Géométrie de l'aquifère.....	65
II.1. Géométrie de l'aquifère de la plaine de Meskiana.....	65
II.2. Géométrie de l'aquifère de la plaine de Tébessa.....	66

II.3. Géométrie de l'aquifère du site du barrage.....	66
III. Les apports solides	67
III.1 Erosion	67
III.1.1 Erosion en nappe	67
III.1.2 Erosion linéaire	67
III.1.3 Erosion en masse	67
III.2 Les principaux facteurs de l'érosion hydrique.....	68
III.2.1 Topographie	68
III.2.2 Facteurs climatiques (le climat).....	68
III.2.3 Facteurs lithologiques (sol).....	68
III.2.4 Couvert végétal.....	69
III.2.5 Facteurs anthropiques.....	69
III.3 Estimation des apports solides.....	69
III.3.1 Apports solides au barrage.....	69
III.3.2 Apports liquides au barrage.....	70
III.4. Crues.....	72
IV.1 Transport solides.....	74
IV.1 Modes de transports solides.....	74
a/- en suspension.....	75
b/- charriage.....	76
5/- Conclusion.....	77

Chapitre IV : Hydrochimie

I. Introduction	79
II. Méthodologie et stratégie de travail	79
III. Les paramètres physiques et chimiques	80
III. 1. Les paramètres physiques mesurés au laboratoire	80
III. 2. Les paramètres chimiques mesurés au laboratoire	80
IV. Les méthodes d'analyse	80
IV. 1. Dosages des chlorures	80
IV. 2. Dosages des bicarbonates	81
IV. 3. Dosages de la dureté ou hydrométrie (totale, calcique et magnésienne)	81
IV. 4. Dosage du sodium et potassium (Na et K)	81
IV. 5. Dosages des sulfates (méthode spectrophotomètre à flamme)	81
V. Aperçu sur la chimie des eaux des oueds Chabro-Ksob, Meskiana et El-Aouinet	83
V.1 Détermination des principaux faciès hydrochimiques des eaux d'Oued Chabro-Ksob	83
V.1.1 Diagramme de piper	83
V.1.2 Diagramme de Schoeller Berkaloff.....	84
V.1.3 Diagramme de Wilcox.....	86
V.2. Détermination des principaux faciès hydrochimiques des eaux de la nappe plio-Quaternaire Morsot El-Aouinrt.....	87
V.2.1 Diagramme de Piper	87
V.2.2 Diagramme de SCHOELLER-BERKALLOF	88
V.3 Détermination des principaux faciès hydrochimiques des eaux d'Oued Meskiana.....	88
V.3.1 Diagramme de SCHOELLER-BERKALOFF	88
V.3.2 Diagramme de PIPER	90
V.3.3 Diagramme de Wilcox.....	91
VI. Interprétation graphique et identification des faciès chimique des eaux de barrage Ouldjet Mèllegue	92
VI. 1 Diagramme de Piper.....	92
VI. 2. Diagramme de SCHEOLLER –BERKALLOF.....	94

VI .3. Aptitude des eaux a l'irrigation	97
VI .3. 1. Diagramme de Wilcox	97
VI.3. 2. Classification de Richard (RIVERSIDE)	100
VII. Etude de potabilité des eaux.....	103
VII.1 La salinité	103
VII.2 La dureté totale	103
VIII.3 Risques de pollution anthropique des eaux du barrage	105
IX. Impact du système de drainage sur la qualité des eaux stockées	107
X. Conclusion.....	109
Conclusion générale.....	110
Bibliographie	

ANNEXE I : (Hydrogéologie-Climatologie)

Liste Des Figures

Figure I:1 . situation géographique du barrage Ouldjet Mèllegue (ANB, 2005).....	2
Figure I. 2: Réseau hydrographique et sous-bassins versants (ANB, 2005)	3
Figure I. 3: Formation arbustive de pins au milieu de la cuvette en rive gauche(ANB, 2005)..	4
Figure I. 4: Strates arborescentes à l'aval en rive gauche (ANB, 2005)	5
Figure I. 5: Vue de l'appui rive droite (depuis l'amont) (ANB, 2005)	5
Figure I. 6: Vue de l'appui rive droite (depuis l'ava) (ANB, 2005).....	6
Figure II. 1: Cadre structurale régional avec répartition des principales.....	9
Figure II. 2: Colonne stratigraphique synthétique des monts du Mellègue (D'après : Dubourdieu 1956, 1959 ; David 1956; Madre 1969 ; Fleury 1969 ; Thibieroz et Madre 1976 ; Chikhi, 1980 ; Otmanine 1987, Bouzenoune 1993 et Vila 2000) ; (in Meradi et Boubakeur)..	10
.....	
Figure II. 3: Coupe géologique à travers le massif de l'Ouenza (Dubourdieu, 1956). (in Houam et Chaloug).	14
Figure II. 4: Coupes lithostratigraphiques dans l'Aptien de l'Ouenza (D'après Thibiéroz & Madre, 1976).	16
Figure II. 5: logs comparatifs de quelques sondages pétroliers et coupes des confins algéro- tunisiennes (in Meradi et Boubakeur, 2012)	19
Figure II. 6: Principaux ensembles structuraux de l'Afrique du nord (d'après Caire, 1967). (ANBT).....	20
Figure II. 7: Position des extrusions triasiques par rapport aux fossés d'effondrement (Aoudjehane, 1991).	23
Figure II. 8: Délimitations des trois domaines triasiques dans les confins Algéro-tunisiens (Vila 1993-2000).	25
Figure II. 9: Carte géologique et structurale simplifiée de l'Est algérien avec couverture Aéro- magnétique de socle (Meradi et Boubakeur, 2012).....	27
Figure III. 1: Bilan des entrées/sorties.....	29
Figure III. 2: Les limites du bassin étudié. (ANB, 2005).....	30
Figure III. 3: Le réseau hydrographique (ANB, 2005).....	33
Figure III. 4: La courbe hypsométrique.....	37
Figure III. 5: Profils en long des principaux thalwegs (ANB, 2005).	39
Figure III. 6 : Abaque de l'indice d'aridité annuel de DE.MARTONE1923.....	45
Figure III. 7: Variation des températures moyennes mensuelles (1997/1998-2017/2018).....	46
Figure III. 8: Evolution de la température moyenne annuelle à la station de Meskiana pour la période (1998/1999-2018/2019).....	47
Figure III. 9: variation des Précipitations annuelle à la Station de Tébessa (1997-2018).....	48
Figure III. 10: Variation des précipitations interannuelles (station de Souitir 2011-2021).....	49
Figure III. 11: Variation des précipitations moyennes mensuelles à la station de Meskiana pour la période (1998/1999-2018/2019).....	50
Figure III. 12: Variation des précipitations moyennes mensuelles (station de Tébessa 1997- 2018).....	51
Figure III. 13: Variation des précipitations moyennes mensuelles (Souitir 2011-2021).....	52
Figure III. 14: Apports solides au réservoir (ANB, 2005).....	70

Figure III. 15: Apports liquides –données annuelles (ANB, 2005).....	72
Figure III.16 : Ouldjet Mèllegue – formes de crues pour T=1000 ans (ANB, 2005).....	73
Figure III.17 : Ouldjet Mèllegue – formes de crues pour T=10 000 ans (ANB, 2005).....	74
Figure III.18 : Apports solides en suspension-Masse-Données annuelles (ANB, 2005).....	75
Figure III.19 : Apports solides en suspension-Volume-Données annuelles (ANB, 2005).....	76
Figure IV. 1: les prélèvements d'eau dans le barrage.....	79
Figure IV. 2: Les échantillons d'eau a analysé.....	80
Figure IV. 3: Les analyses des ions au laboratoire d`université de Tébessa.	82
Figure IV. 4: Diagramme de piper de La plaine Tébessa_Morssot. (Chenatlia et Hamaili, 2020).....	83
Figure IV. 5: Diagramme de Schoeller Berkaloff (puits 1-puists13) de la plaine Tébessa_Morssot. (Chenatlia et Hamail, 2020).....	84
Figure IV. 6: Diagramme de Schoeller Berkaloff (puits 14-puists25) de la plaine Tébessa_Morssot. (Chenatlia et Hemaili, 2020).	85
Figure IV. 7: Diagramme de WILCOX de la plaine Tébessa_Morssot (Février 2020). (Chenatlia et Hamaili,2020).	86
Figure IV. 8: Diagramme de Piper (mars-avril 2005). (Fehdi, 2008).	87
Figure IV. 9: Diagramme de Scholler-Berkaloff. Mars-avril 2005(Fehdi, 2008).	88
Figure IV. 10: Diagramme de Schoëller-Berkaloff, des eaux de surface mars 2020. (Azizi et Hichour, 2020).....	89
Figure IV. 11: Diagramme de Piper, campagne de mars 2020 (eau de surface). (Azizi et Hichour, 2020).....	90
Figure IV. 12: Diagramme de Wilcox des eaux de surface de Meskiana mars 2020. (Azizi et Hichour, 2020).....	91
Figure IV. 13: Diagramme de piper des eaux de barrage Ouldjet Mèllegue. (Décembre 2018, ANBT).....	93
Figure IV. 14: Diagramme de piper des eaux de barrage Ouldjet Mèllegue. (Décembre2021).	94
Figure IV. 15: Diagramme de Schoeller Berkaloff des eaux de barrage Ouldjet Mèllegue. (Décembre 2018, ANBT).	95
Figure IV. 16: Diagramme de Schoeller Berkaloff des eaux de barrage ouldjet mèllegue. (Décembre2021).	96
Figure IV. 17: Diagramme de WILCOX des eaux de barrage Ouldjet Mèllegue. (Décembre 2018).....	98
Figure IV. 18: Diagramme de WILCOX des eaux de barrage Ouldjet Mèllegue. (Décembre2021).	99
Figure IV. 19: Classification des eaux d'irrigation du barrage Ouldjet Mèllegue selon la méthode de S.A.R. (Décembre2018, ANBT).....	101
Figure IV. 20: Classification des eaux d'irrigation du barrage Ouldjet Mèllegue selon la méthode de S.A.R. (Décembre2021).....	102
Figure IV. 21: Diagramme de potabilité des eaux	104
Figure IV. 22: Les rejets des eaux usées (eaux d'assainissements).....	105
Figure IV. 23: La mine d'Ouenza.....	106
Figure IV. 24: La mine de boukhadra.....	106
Figure IV. 25: teneurs des paramètres physiques et éléments chimiques en amont et en aval de drainage.	108

Liste Des Tableaux

Chapitre I

Tableau I. 1: La répartition des terres agricoles (Ouenza). (ANB?, 2005).....	7
---	---

Chapitre III

Tableau III. 1: Classification de l'O.R.O.S.T.O.M pour l'indice de pente globale Ig.	35
Tableau III. 2: Classification de l'O.R.O.S.T.O.M pour la dénivelée spécifique Ds.....	36
Tableau III. 3: Répartition en pourcentage de la surface élémentaire du Bassin Versant.	40
Tableau III. 4: Récapitulatif des différents paramètres du bassin versant d'Ouldjet Mèllegue	43
Tableau III. 5: L'indice d'aridité annuel DE. Martone	44
Tableau III. 6: Température moyenne mensuelle (station de Tèbessa)	46
Tableau III. 7: Précipitations annuelles à la station de Tèbessa (Chenatlia et Hamaili, 2020)	48
Tableau III. 8: Précipitations moyennes mensuelles à la station de Tèbessa (Chenatlia et Hamaili, 2020).....	51
Tableau III. 9: Précipitations moyennes mensuelles (Souitir 2011-2021) (ANRH).	52
Tableau III. 10: Humidité relative de l'air (station de Tèbessa) (ANB, 2005).	53
Tableau III. 11: Vitesse du vent (station de Tèbessa) (ANB, 2005)	53
Tableau III. 12: Le Siricco à la station de Tèbessa (ANB, 2005)	54
Tableau III. 13: Calcul de l'ETP selon la formule de Thornthwaite (Azizi et Hichour, 2020).	56
Tableau III. 14: Calcul de l'ETP selon la formule de Thornthwaite (Chenatlia et Hamaili, 2020) (Modifié).	56
Tableau III. 15: Calcul de l'ETP selon la formule de Thornthwaite	57
Tableau III. 16: Les différentes composantes du bilan pour les 3 stations.....	59
Tableau III. 17: Bilan d'eau selon Thornthwaite pour la station de chebabta (1999-2019) (Azizi et Hichour, 2020).....	60
Tableau III. 18: Bilan d'eau selon Thornthwaite pour la station de Tèbessa (1997-2019) (Chenatlia et Hichour, 2020) (Modifié).....	61
Tableau III. 19: Bilan d'eau selon Thornthwaite pour la station de Souitir pour une année déficitaire 2017	62
Tableau III. 20: Bilan d'eau selon Thornthwaite pour la station de Souitir pour une année excédentaire 2018	63
Tableau III. 21 : Bilan d'eau selon Thornthwaite pour la station de Souitir (2011-2021)	64
Tableau III. 22: Caractéristiques hydrogéologiques et géophysiques des formations dans la plaine de Meskiana (Azizi et Hichour, 2020)	65
Tableau III. 23: Apports liquides mensuels portant sur 77 ans (1924-2001) (ANB, 2005).....	71
Tableau III. 24 : Résultats adoptés à Ouenza et Ouldjet Mèllegue.....	73
Tableau III. 25 : Apports solides en suspension –Masse-Données mensuelles et annuelles (ANB, 2005).....	75

Chapitre VI

Tableau VI. 1: Classification des eaux souterraines en utilisant les valeurs de TDS (Davis and De Wiest, 1967)	103
Tableau VI. 2: Plage de valeurs du titre hydrotimétrique (TH).....	103

Liste des abréviations

AEP : Alimentation en eau potable
AEI : Alimentation en eau industrielle
AEA : Alimentation en eau agricole
ANBT : Agence nationale des barrages et transferts
ANB : Agence nationale des barrages
MNE : Modèle numérique d'élévation
A : surface du bassin versant (km²)
BV : Bassin versant
D : Dénivelée entre H5% et H95% (m)
DA : Déficit agricole (mm)
Dd : Densité de drainage (Km/km²)
Ds : Dénivelé spécifique
ETP : Evapotranspiration potentielle (mm)
ETR : Evapotranspiration Réelle (mm)
Hmax/ Hmoy/ Hmin : Altitude maximale / Altitude moyenne / Altitude minimale
I : Infiltration
Ig : Indice de pente globale (m/Km)
Kc : Indice de compacité de GRAVELIUS
l : largeur du rectangle équivalent (km)
L : longueur du rectangle équivalent (km)
Li : Somme des longueurs de tous les Thalwegs y compris le Thalwegs principal
O.R.S.T.O.M : Office de la Recherche Scientifique des Territoires d'Outre - Mer
P : périmètre du bassin versant (km)
P : Précipitations (mm)
R : Ruissellement
RFU : Réserve facilement utilisable (mm)
T : Température (°C)
Tc : Temps de concentrations
SAU : surface agricole utile
SAR : Sodium Adsorption Ratio
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
K : coefficient de Francou-Rodier
T : période de retour (ans)
S : écart-type d'une série
M : moyenne d'une série
Cv : coefficient de variation d'une série. $Cv=S/M$
Da : Densité apparente du sol
I : Indice d'aridité
He : Profondeur de la couche de la terre par courrier par les racines en (mm).
OMS : organisation mondiale de la santé.

Introduction générale

L'eau est un élément naturel nécessaire à la vie. C'est la richesse dont tout le monde a besoin. Elle constitue le patrimoine d'une nation. C'est un facteur de production clé du développement durable. Pour ces raisons, les humains ont appris à maîtriser l'eau, mais cela la rend impure et polluée, ce qui constitue une menace réelle pour l'humanité. En effet, si l'eau dont il dispose est de mauvaise qualité ou contaminée par des agents pathogènes ; sa santé sera altérée. Par conséquent, les gens sont préoccupés par sa qualité et propriétés physico-chimiques. En Algérie, en raison de la demande croissante en eau douce, plus de ressources naturelles traditionnelles, la mobilisation des eaux de surface reste l'une d'elles préoccupations centrales des pouvoirs publics. En effet un plan de construction de barrage a commencé dans les années 1980.

Le barrage d'Ouldjet Mèllegue est un ouvrage de première importance d'alimentation pour l'eau potable et pour l'industrie. L'objectif de notre travail consiste à évaluer qualitativement les eaux du barrage Ouldjet Mèllegue pour les différentes utilisations (AEP, AEI, AEA).

Dans le but de cerner la problématique de notre étude, nous avons procédé comme suit : Le mémoire est réparti en quatre chapitres, chacun commence par une introduction et se termine par une conclusion et enfin notre travail se termine par une conclusion générale.

- **Chapitre I** concerne le cadre général de notre région d'étude (situation géographique, étude socio-économique, description des caractéristiques géomorphologique).
- **Chapitre II** est consacré à une étude stratigraphique et lithologique de la région d'étude (Ouenza).
- **Chapitre III** l'objet de cette partie est de présenter une synthèse des principales données hydrologiques, climatologiques et hydrogéologiques.
- **Chapitre IV** résume les différents résultats de mesure des paramètres physico-chimiques et les différents faciès chimiques qui caractérisent les eaux de ce barrage.

Et enfin ce travail se termine par une conclusion générale qui résume les résultats de cette étude



CHAPITRE I
CADRE GENERAL

I. Situation géographique de la zone d'étude

Le barrage d'Ouldjet Mèllegue se trouve dans le NE de l'Algérie, à environ 75 km au NO de la ville de Tebessa et à quelques 13 km en amont de la ville de l'Ouenza. Il est situé au débouché (ouldjet) de l'oued Mèllegue au droit du Djebel Krorza. Le bassin versant de barrage Ouldjet Mèllegue couvrant une superficie de 4350 Km² et un périmètre de 290 Km, fait partie du grand bassin versant de Medjerda limité par :

- Sous bassin de l'Oued Guetara.
- Sous bassin de Meskiana
- Sous bassin d'El-Aouinet, Ouenza ou sous bassin d'Oued Mèllegue amont.
- Sous bassin de Tébessa, Morsott.

Administrativement, le bassin couvre les communes de : Tébessa, Morsott, Meskiana, El- Aouinet, Ouenza et Souk Ahras.

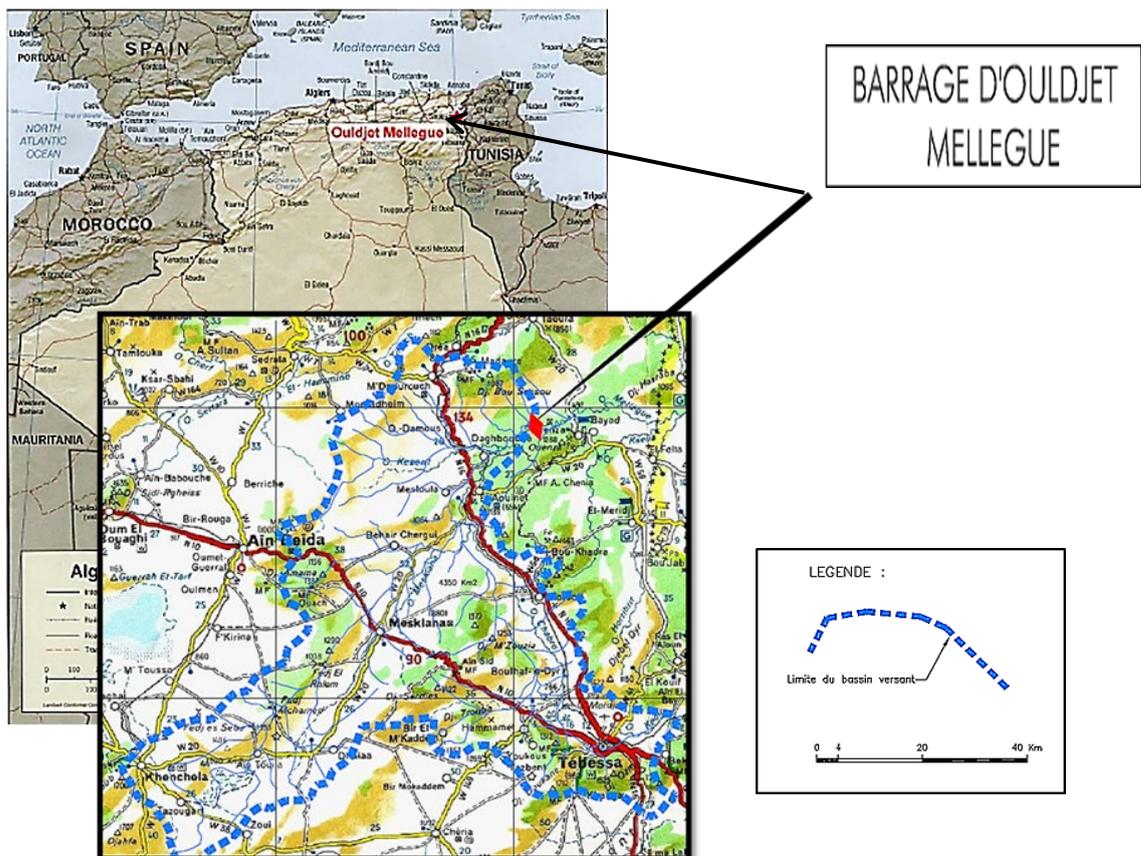


Figure I.1 : situation géographique du barrage Ouldjet Mèllegue (ANB, 2005).

II. Réseau hydrographique

Au droit du site du barrage d'Ouldjet Mèllegue, le bassin versant de l'oued Mèllegue présente une superficie de 4350 Km², il peut être divisé en cinq parties :

1. Au sud-ouest, le sous bassin de l'oued Meskiana couvre 1 845 km² de surface. Cette rivière sèche de la région de Khenchla a des lacs salés dans sa partie amont.
2. Au sud-est, le sous bassin de l'oued Chabro couvre 1 560 km². Cette rivière originaire de la région de Tebessa. Les oueds Chabro et Meskiana rejoignent légèrement en amont d'El- Aouinet pour former l'oued Mèllegue.
3. Au nord-ouest, le sous bassin drainé par la vallée de Guetara fait 584 km² de surface.
4. En amont de la retenue, sous-bassin du bassin intermédiaire (227 km² de surface) drainé par oued Mèllegue, qui rassemble les eaux des oueds Meskiana, Chabro et Guetara.
5. Au nord, deux affluents en rive gauche d'oued Mèllegue alimenteront directement la retenue. La superficie totale de leurs bassins est de 134 km². (ANB, 2005).

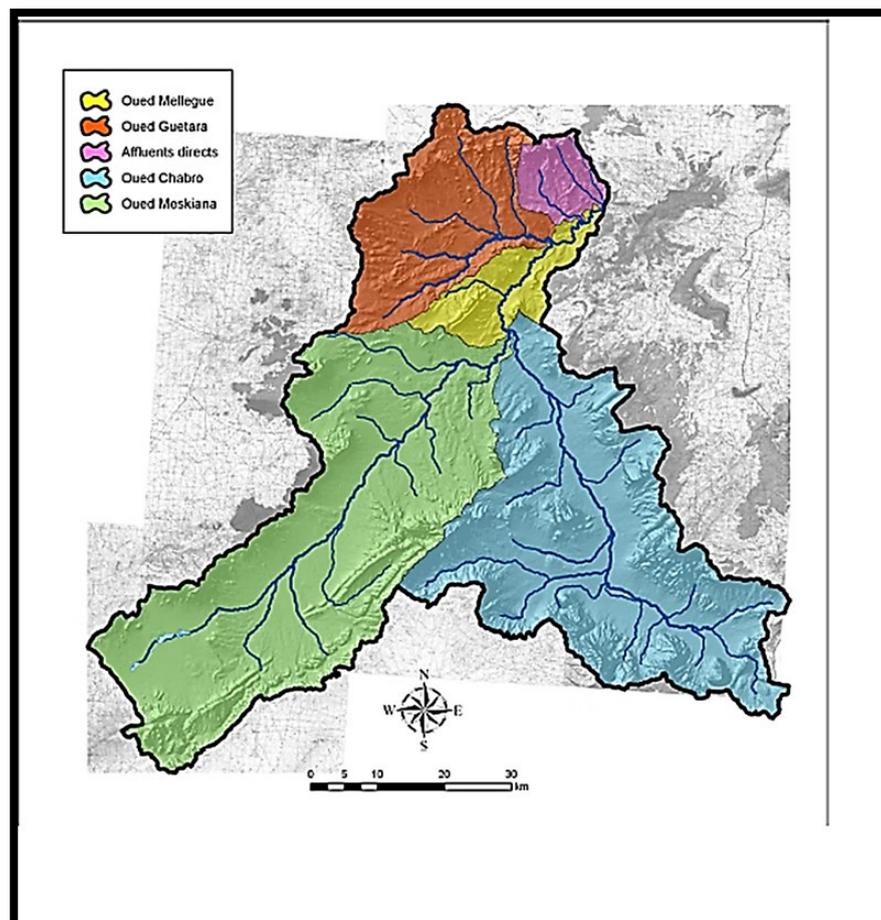


Figure I.2 : Réseau hydrographique et sous-bassins versants (ANB, 2005).

III. Couverture végétale

A proximité du site de barrage, la végétation est très éparse. Des zones recouvertes de forêt irrégulièrement disposées sont visibles vers l'ouest. Elles seront partiellement inondées. La végétation dans l'emprise de la retenue du barrage est très variée en particulier dans sa partie centrale, en lien avec la topographie et ce malgré une pluviométrie défavorable. Les versants sont ainsi occupés par une végétation arborescente très dense constituée de maquis et de pin. La végétation basse est nettement représentée par l'atriplex. Au milieu de la cuvette, on a pu relever la présence de quelques strates arborescentes composées de pins, de maquis et de quelques formations de frênes et d'eucalyptus. La végétation à l'aval de l'axe du barrage est constituée également par une association de pin et de Tamarin situés essentiellement en rive gauche de l'oued Mèllegue. (ANB, 2005)



Figure I.3 : Formation arbustive de pins au milieu de la cuvette en rive gauche (ANB, 2005).



Figure I.4 : Strates arborescentes à l'aval en rive gauche (ANB, 2005).



Figure I.5: Vue de l'appui rive droite (depuis l'amont) (ANB, 2005).



Figure I.6: Vue de l'appui rive droite (depuis l'aval). (ANB, 2005).

IV. La géomorphologie

IV.1. La topographie

On se basant sur l'assemblage des cartes topographiques au 1/50000 (Tébessa feuille n°206, Meskiana feuille n°177, El Aouinet feuille n°150, Ouenza feuille n°125), on a pu délimiter le bassin versant d'Ouldjet Mèllegue.

IV.2. La plaine

Le rétrécissement de la vallée de l'Oued Mèllegue, qui coupe le Djebel Krorza, a naturellement déterminé l'emplacement du barrage choisi. A l'emplacement du barrage principal, la fondation rocheuse est constituée d'un complexe marno-calcaire du Crétacé supérieur. Les variations du rapport argile/carbonate entraînent une alternance de couches, parfois plus marneuses et parfois plus calcaires. En raison de leur résistance relativement élevée à l'érosion, des niveaux plus élevés de teneur en carbonate créent l'écluse caractéristique du site, tandis que des couches de marnes plus tendres dominent le fond de la vallée. (ANB, 2005).

V. Aperçu socio-économique

V.1. - Démographie

La wilaya de Tébessa est issue du découpage administratif de 1974. Elle s'étend sur une Superficie de 13 878 km² et comprend 28 communes et 12 daïras. La population dans les agglomérations de chef-lieu représente environ 74 % de la population totale, contre 4,4 % pour les agglomérations secondaires. En revanche, les zones éparses représentent 22 % de la population totale, ce qui n'est pas négligeable et témoigne du caractère rural de la wilaya de Tébessa. Par ailleurs, la population nomade ne représente qu'un faible pourcentage relativement à la wilaya, mais sa part est importante comparée aux autres wilayas du Nord de l'Algérie. La Daïra d'Ouenza s'étend sur une superficie de 124 km². En 2005, la population de la Daïra d'Ouenza était estimée à 55 051 habitants, soit une densité de 444 habitants par km² (ANB,2005).

V.2.- Ressources agricoles

La répartition des terres agricoles de la commune d'Ouenza se présente comme suit :

Commune	SAU (ha)	Forets	Alfa	Parcours	Inculte	Total
Ouenza	3.959	9.500	500	1.462	3.710	19.131

Tableau I.1 : La répartition des terres agricoles (Ouenza). (ANB, 2005).

V.3.- Industries

Parmi les principales industries dans la wilaya de Tébessa, on distingue l'industrie MFE Tébessa (mines d'Ouenza) d'une capacité 1.500.000 T. L'industrie dans la wilaya de Tébessa est axée essentiellement sur l'exploitation de minerai, tel le fer et le phosphate.(ANB,2005)



CHAPITRE II
GEOLOGIE

I. Introduction

L'ingénieur hydrogéologue sera incapable de faire face au problème de la qualité des eaux et de comprendre le comportement chimique de ces dernières s'il ne fait pas appel aux connaissances de la géologie tant régionale que locale.

La géologie de la région d'Ouenza et de ses environs a fait l'objet de plusieurs études détaillées. Nous nous contenterons d'un bref résumé de l'analyse stratigraphique des faciès rencontrés aux différents étages géologiques dans cette partie des Monts Mellègue.

Selon les travaux de G Dubourdiu (1956), la zone est caractérisée par des strates du Trias, du Jurassique, du Crétacé, du Miocène, de l'Éocène et du Quaternaire.

La région d'Ouenza fait partie d'un domaine anticlinal, principalement composé de sédiments Mésozoïques, constitué de strates du Crétacé inférieur et du Crétacé supérieur, appartenant à des faciès marins (faciès néritiques, faciès côtiers). La zone d'étude Monts de Mellègue, nommée par Dubourdiu (1956), fait partie intégrante de l'Atlas du Sahara oriental, qui se poursuit en Tunisie avec l'Atlas de Tunis. C'est une chaîne de montagnes caractérisée par des anticlinaux et des synclinaux orientés selon la ligne directrice SW- NE.

L'Atlas saharien est constitué de trois faisceaux de plis disposés en gradins et formés du sud-ouest au nord-est : Monts des Ksours, Djebel Amour, Monts de Ouled Nail, Aurès et Monts de Mellègue. Il s'agit d'une succession d'anticlinaux et de synclinaux grillagés, à flanc sud très rectiligne et à base plate (Flamand, 1911). La direction de ces plis est ENE-WSW de la région de Nemenchas et des Monts de Mellègue. (Meradi et Boubakeur, 2012).

II. Lithostratigraphie

A l'exception du Trias évaporitique, l'affleurement de l'Atlas saharien oriental est caractérisé par des sédiments du Crétacé inférieur au Miocène (Dubourdiu, 1956). (Figures 2). Les affleurements jurassiques ne sont pas connus dans la région. Dubourdiu (1956) soutient que les terres les plus anciennes de la région datent du Barrémien au Djebel Harraba.

Le Crétacé inférieur est représenté par des formations argilo-gréseuses, sauf dans l'Aptien qui sont des calcaires au sud et argilo-gréseuses au nord. Au Crétacé supérieur et à l'Éocène, les formations sont argilo-calcaires. Enfin ce sont des grès argileux de l'Oligocène et du Miocène.

Les affleurements jurassiques, quant à eux, se trouvent dans les Aurès, Constantine Mole et les plates-formes sahariennes. Son absence aux confins de l'Algérie et de la Tunisie a été interprétée comme une force forte dans la série pré-Aptienne, conséquence de l'important affaissement du fossé Aurès-Kef.

Cette interprétation est étayée par la faille dolomitique jurassique rencontrée dans le diapir triasique de Hamimat Meskhouta sur la carte Ain Télidjène 1/50 000 au sud de Tébessa (Meradi et Boubaker, 2012).

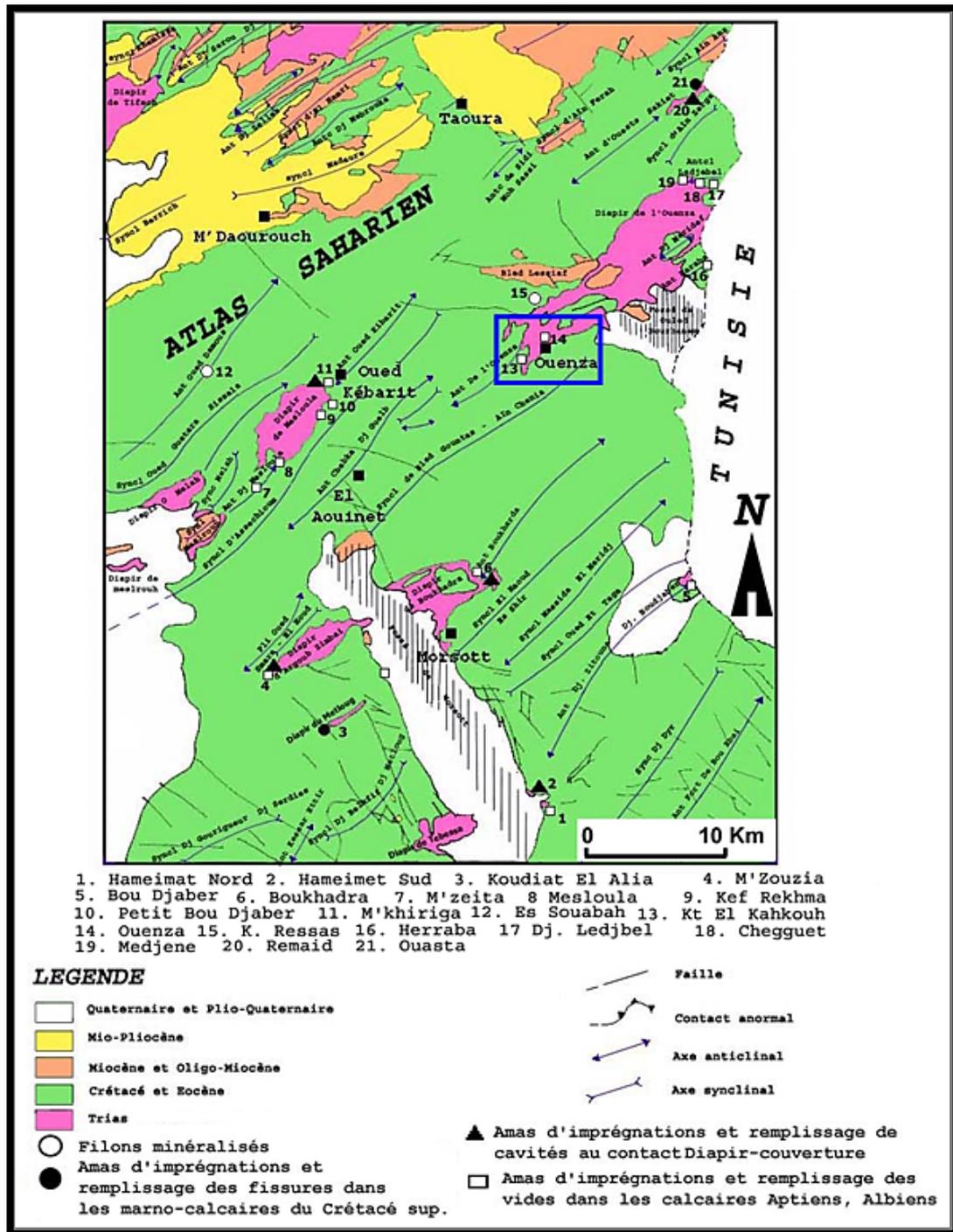


Figure. II.1 : Cadre structural régional avec répartition des principales minéralisations du Nord Est algérien (d'après Haddouche, 2003). (Meradi et Boubakeur, 2012).

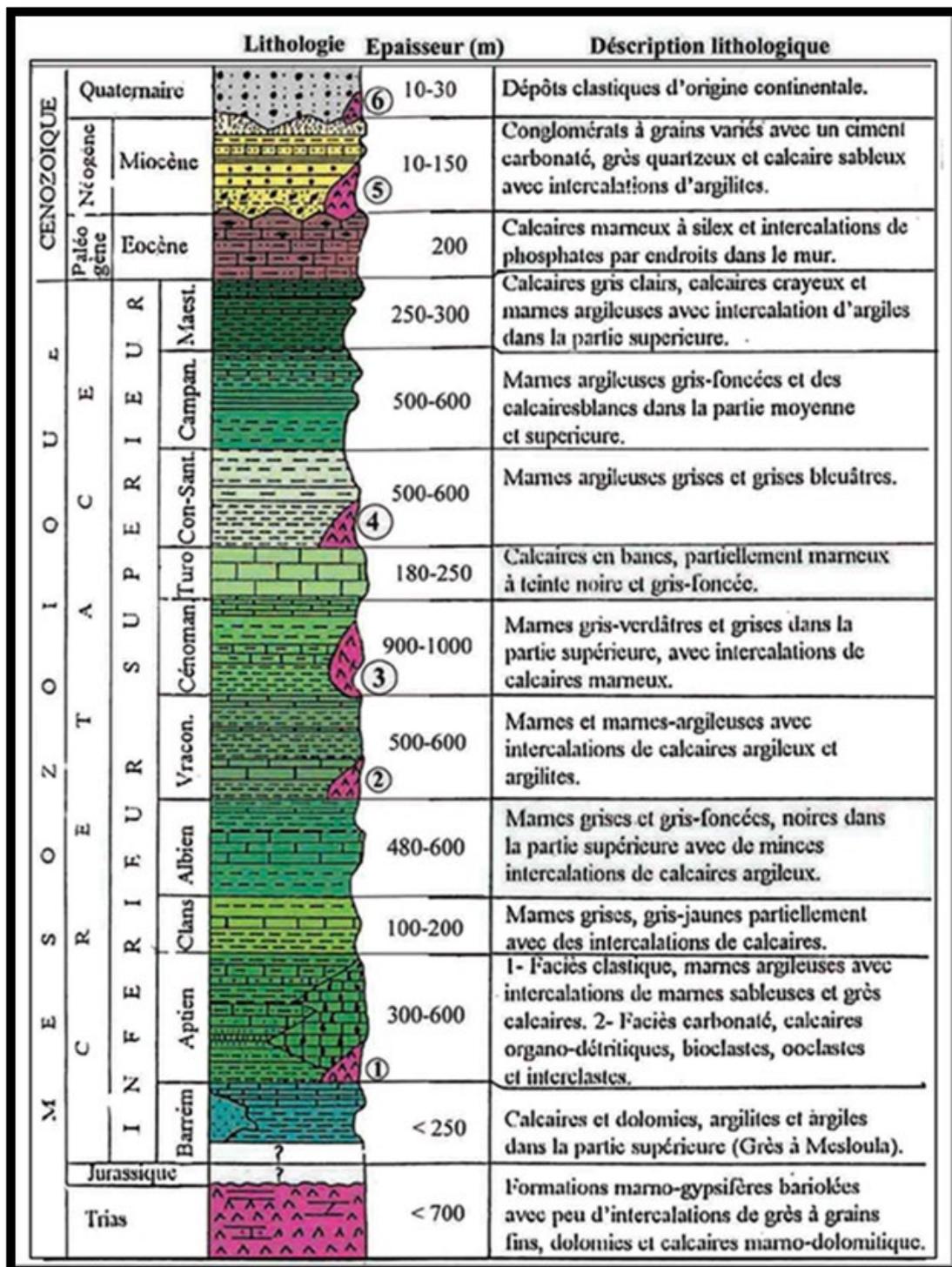


Figure. II.2 : Colonne stratigraphique synthétique des monts du Mellègue (D'après : Dubourdiou 1956, 1959 ; David 1956; Madre 1969 ; Fleury 1969 ; Thibieroz et Madre 1976 ; Chikhi, 1980 ; Otmanine 1987, Bouzenoune 1993 et Vila 2000) ; (Meradi et Boubakeur, 2012)

II. 1. Le Trias

Le Trias des Monts du Mellègue est considéré comme diapir depuis les travaux de Flandrin en 1932. Des formations triasiques apparaissent au milieu d'anticlinaux soulevés. Ils constituent des étendues chaotiques, fortement déformées, bréchiques et broyées. Plusieurs parties triasiques de la région frontalière algéro-tunisienne ont été décrites depuis longtemps par divers auteurs, par Blayac et Gentil (1897) dans la région de Souk Ahras, puis par Blayac (1907) dans la région d'El Aouinet par Dubourdiou (1956), 1959) et Ouenza, enfin David (1956) en Haute Medjerda, et plus récemment Vila (1994) au sud-est de Constantine. (Meradi et Boubakeur, 2012). La majeure partie du Trias est un mélange de dolomite noire insoluble (dans la plupart des cas), de grès mica, de calcaire, de cargneules et de blocs d'ophiolite composés d'argile panachée, de marnes, de grès et de gypse (Dubourdiou 1956). Son âge est reconnu depuis longtemps et les détails incluent :

- Argile et Marne Panachée : Ce sont les formations principales, qui constituent les roches les plus abondantes dans les affleurements sont de couleur verte, rouge ou violette.
- Cargneules : Elles sont généralement brunes et jaunâtres et se répartissent en bancs désordonnés d'épaisseur variable.
- Calcaire et Dolomite : La zone d'étude présente des affleurements importants. Ce sont des bancs mal stratifiés, épais et difficiles à casser.
- Gypse et sel gemme : Le gypse se trouve dans l'argile noire sous forme de cordes et a un aspect sucré. Quant au sel gemme, son existence est attestée par la présence de sources ou de cours d'eau salée.
- Schistes et grès : de couleur verte ou violette, ils contiennent des cristaux de quartz ainsi que des affichages de cuivre et de chlorite.

A Constantine et en Tunisie, la phase triasique est parfaitement uniforme. De plus, ils diffèrent très peu du Maroc, de l'Espagne, des Pyrénées, de la Lorraine et même du bassin Allemand. Quelles que soient ces conclusions, il ne faut pas oublier que la fondation triasique dans son ensemble a été endommagée par la tectonique particulière de ce terrain. Indépendamment des complications locales (extravasation, etc.), il existe partout un fort diapir. (Meradi et Boubakeur, 2012).

II.2- Le Crétacé

a- Le Barrémien

Les affleurements à ce stade sont rares et limités à la partie centrale de certains anticlinaux horsts. L'absence de faune caractéristique ne permet pas de définir avec précision les limites inférieures et supérieures de cet étage.

Au Djebel Harraba, il est représenté par plus de 200 m de marnes d'argiles grises non fossiles, que Dubourdiou (1956) attribue au Barrémien. Au niveau de l'anticlinal de Sidi Embarka, à 2 km au sud-est du Djebel Harraba, Dubourdiou (1956) a décrit un Barrémien marno-argileux intercalé d'argilo-calcaires et surmonté d'un Bédulien marno-calcaire-gréseux. De bas en haut, on observe les sections suivantes :

- 150 m de marne gris-jaune, plutôt argileuse ;
- des couches minces de 5 à 10 m (0,5 à 1 m) d'argile, de calcaire nodulaire, dont des bancs ostréicoles ;
- 60 m de marne gris-jaune, plutôt argileuse, montrant quelques fines passes de calcaire nodulaire gris clair à patine ocre sur le dessus ;
- Alternance de marnes grises à passer calcaire et calcaire gréseux attribué aux bédouins au sommet sur 20 m. (Meradi et Boubaeur, 2012).

b- L'Aptien

L'Aptien occupe à lui seul la plupart des affleurements de la zone (Ouenza, M'Khiriga, Kef Rekhma et Boudjaber). La formation Aptienne se trouve au cœur de l'anticlinal et à proximité de la formation triasique. Ils forment une partie importante de tous les reliefs importants.

Dubourdiou (1956) a étudié plusieurs blocs de la région d'Ouenza et a attribué ces formations calcaires du faciès urgonien à des dépôts récifaux. Il soutient que la période Aptienne était caractérisée par un soulèvement du fond marin qui a favorisé la formation de structures récifales. (Meradi et Boubakeur, 2012).

En 1959 il décrit dans la région de Mesloulou la partie où il distingue trois séries de bas en haut, comme à Ouenza :

- une série inférieure, d'une épaisseur moyenne de 200 à 250 m, constituée de marnes jaunes, parfois argileuses, de grès rouillés et de marnes calcaires mélangées à des orbitolines;
- Une série de calcaires rudistes de 30 à 80 m d'épaisseur avec des tests d'orbitolines, d'échinodermes rudistes, de mollusques et de miliolles. Cet ensemble de récifs forme l'épine dorsale des massifs de Mesloulou, M'kririga et Kef Rakhma en raison de leur grande dureté et de leur résistance à l'érosion ;
- 100 à 150 m de dépôts principalement argileux qui constituent la couverture de calcaire récifal. Ces argiles sont rarement visibles car elles sont le plus souvent érodées ou recouvertes de gravats. Néanmoins, ils sont restés dans certaines parties de Mzeita.

Cette formation aptienne se termine par une zone appelée les Clansayes, d'une si faible épaisseur qu'elle est difficile à identifier car composée de marnes jaunes, que l'on confond facilement avec les marnes albiennes. Néanmoins, Dubourdiou (1959) décrit une série de 40 m d'épaisseur à Mzeïta dans laquelle trois termes sont associés au quartier des Clansayes. Il différencie de bas en haut :

- Des marnes jaunes intercalées de petits calcaires, où il a collecté de grosses ammonites de genre indéterminé ;
- Un banc de calcaire noir à patine grise de 0,60 m ;
- Marnes jaunes fossilisées et quelques ammonites indéterminées.

L'épaisseur totale de cette formation aptienne est en moyenne de 700 m, reflétant la forte subsidence du bassin. Thibéroz et Madre (1976) ont revisité cette formation Aptienne, notamment au niveau pétrologique. Cette étude divise les différents lithofaciès de la Formation Aptienne en trois unités, dont seule l'unité inférieure présente des dépôts récifaux (Fig.3).

c- L'Albien

Dubourdiou (1959) distingue trois termes de bas en haut :

- La partie inférieure de 20 à 50 m, constituée de marnes argileuses jaunes ou brunes, riches en gastéropodes ;
- 100 m en moyenne, composée de calcaires noirs et de Bélemnites à marnes ;
- La partie supérieure, épaisse de 75 m, est constituée de marnes argileuses et bitumineuses noires à empreintes bérénitiques et nombreuses ammonites, avec un mince intercalaire marno-calcaire ;

Dans le bassin sud-est de Constantine, l'Albien peut présenter une série très épaisse pouvant atteindre plus de 1300 m. C'est le cas du Djebel Hameïma (Dubourdiou, 1956). (Meradi et Boubakeur, 2012).

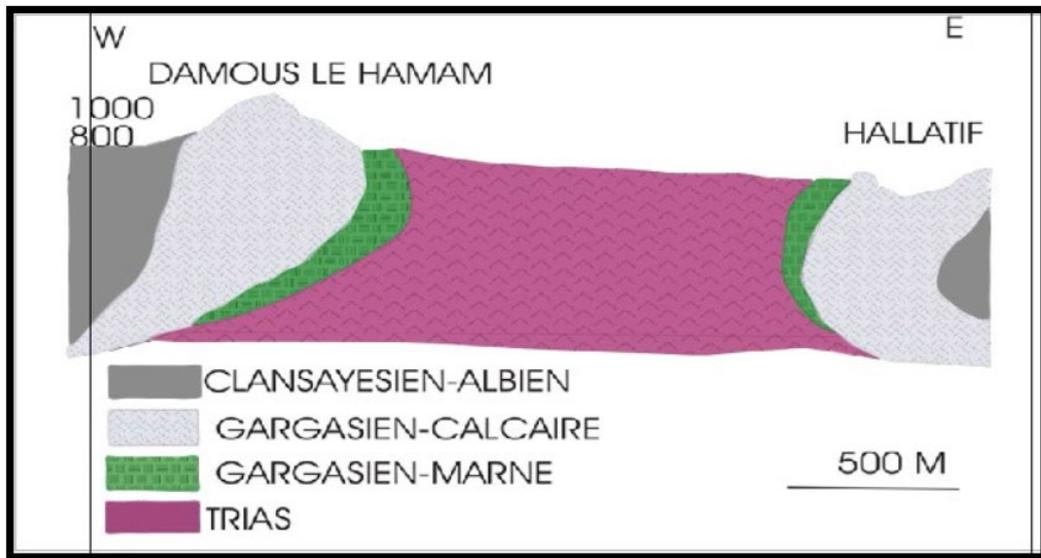


Figure. II. 3 : Coupe géologique à travers le massif de l'Ouenza (Dubourdiou, 1956). (Houam et Chaloug).

d- Le Vraconien

Elle est représentée par une phase argilo-marneuse, marquant ainsi une évolution du dépôt, essentiellement calcaire avant Albien. Cette variation s'estompe au fur et à mesure que l'on se rapproche de la série périphérique épaisse, dans laquelle des dépôts marneux émergent du Clansayésien, témoignage d'une transgression qui referme en discordance les structures émergentes ou érodées.

A Boukhadra, Dubourdiou (1956) décrit une série de 600 m d'épaisseur, la même que celle du Haut Albien. Il est constitué de marnes à calcaire passé et de marnes à empreintes d'ammonites, qu'il attribue au Vraconien.

Dans certains endroits, comme Ouenza et Djebel Slata (Tunisie), le Vraconien transgressif a transformé des éléments triasiques. (Meradi et Boubakeur, 2012).

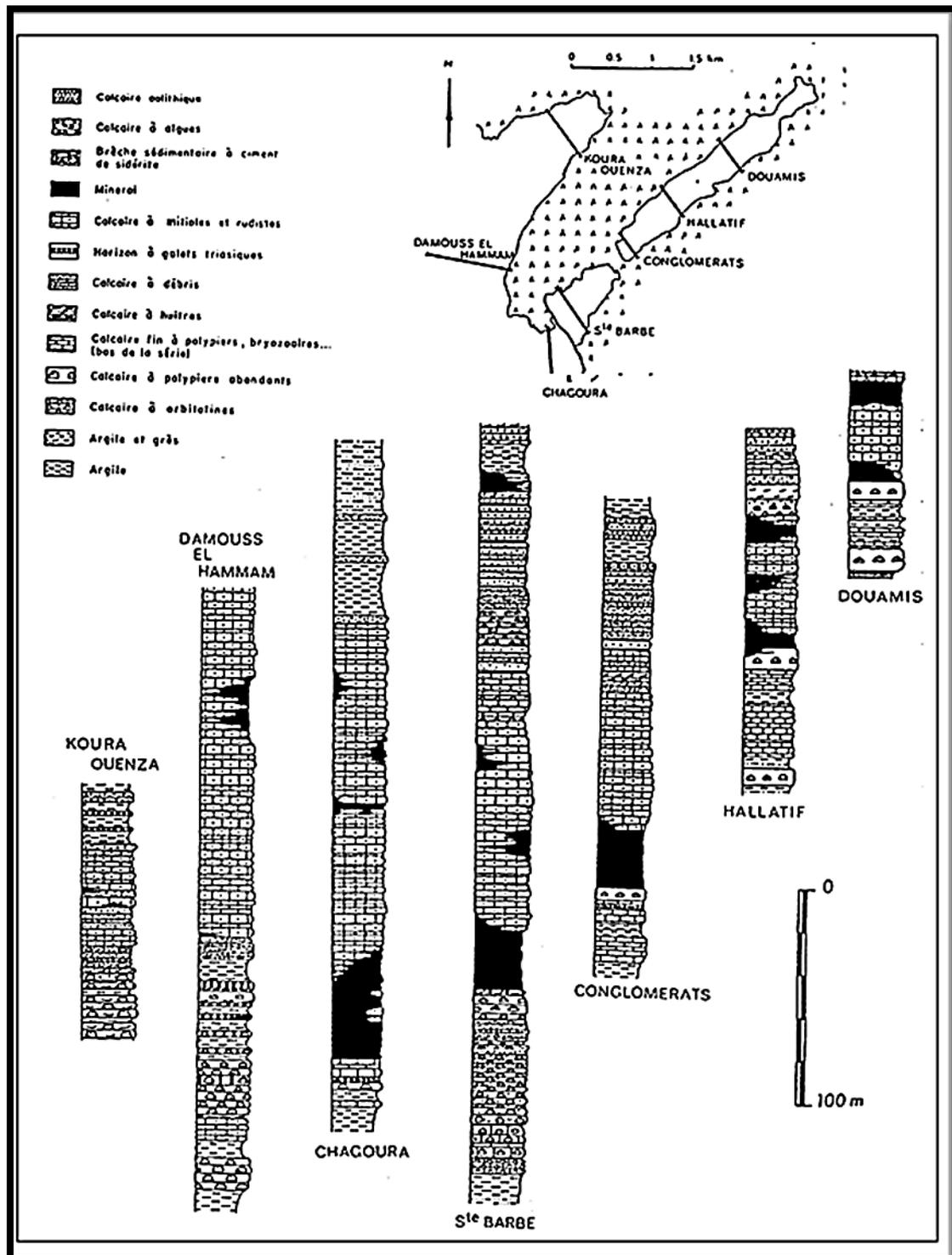


Figure. II. 4 : Coupes lithostratigraphiques dans l’Aptien de l’Ouenza (D’après Thibiéroz & Madre, 1976). (Meradi et Boubakeur, 2012).

e- Le Cénomanién

Le Cénomanién des Monts du Mellègue est majoritairement représenté par des marnes argileuses vertes d'une épaisseur de 750 m à 1100 m. Ces dépôts sont très similaires à ceux de l'étage du Fraconien supérieur. Ces marnes sont caractérisées par des intercalaires de calcite fibreuse, décrites par les auteurs anglo-saxons sous le nom de "beef".

Ces structures sont constituées de fibres s'étendant perpendiculairement à celles-ci et ont toujours une structure "cône dans cône". Dubourdiou (1959) distingue :

- au fond des marnes jaunes, on trouve des marno-calcaires blancs feuilletés ;
- Au-dessus du calcaire argileux blanc-gris, il y a plusieurs couches de calcaire gris foncé très dur. Ces inserts ont souvent des caractéristiques de longe contenant de nombreuses huîtres, lamelles et gastéropodes à l'approche du Turonien, les sédiments se sont rapidement modifiés à mesure que les fossiles disparaissaient. Les marnes argileuses ont été remplacées par des couches remplies de carbonate de chaux (Dubourdiou, 1956).

La limite supérieure du Cénomanién est indiscernable, mais Dubourdiou (1956) estime que la couche se termine par 75 à 150 m de calcaire. (Meradi et Boubakeur, 2012).

f- Le Turonien

Il est tellement développé que sa puissance peut atteindre 1000 m (Dubourdiou 1956, 1959). Le Turonien est composé de calcaires et de marnes calcaires avec de nombreuses empreintes d'Incérâmes au fond. A ces calcaires calcaires et marno-calcaires succède une succession de marnes argileuses riches en ammonites, huîtres et branches feuilletées diverses.

En effet, le dépôt du Turonien supérieur a été partiellement interrompu dans la partie nord du bassin à l'approche du Sénonien, alors qu'il a été plus complet au sud. Dubourdiou (1959) soutient que les conditions prévalant au début de la période toulonnaise ont changé rapidement. En fait, les auteurs suggèrent qu'une phase tectonique s'est produite entre le Cénomanién et la fin du Cénozoïque. (Meradi et Boubakeur, 2012).

g- Le Sénonien

Dans les quartiers Souk Ahras et Morsott, les représentants Sénoniens sont :

- un Sénonien inférieur, (Santonien-Coniacien), d'une épaisseur n'excédant pas 300 m, représenté par des calcaires marneux marnes et des marnes (Dubourdiou, 1959) ;
- Sénonien supérieur (Campanien-Maastrichien), dont l'épaisseur varie de 200 à 600 m, affleurant au sud de Tébessa, représenté par des marnes campaniennes, transformées en marnes gypseuses puis en silice riche en Inoceramus Nodules de calcaire massif. (Meradi et Boubakeur, 2012).

II.3. Le Miocène (Néogène)

Le Miocène avait jusqu'à cent mètres (100 m) d'épaisseur. Cela commence par la transgression et les formations océaniques discordantes sur la topographie ancienne. Elles sont représentées par des calcaires rouges, suivis de marnes vertes très visqueuses, qui virent au rouge foncé, et enfin d'argiles entrecoupées de grès grossiers. (Meradi et Boubakeur, 2012).

II.4. Le Plio-Quaternaire

Les strates continentales les plus anciennes appartiennent au Quaternaire supérieur (Dubourdiou, 1959). Ceci est principalement représenté par des dépôts d'argile et de conglomérat. Il convient de noter qu'aucun sédiment du Pliocène ou du Pléistocène inférieur n'a été observé dans cette zone. Selon Dubourdiou (1956 et 1959), ce phénomène serait à mettre en relation avec le soulèvement régional et la forte érosion à cette époque.

Ces formations quaternaires constituent la plus grande partie du remblai de la Fosse d'effondrement de Morsott-Tébessa, estimée à plus de 170 m d'épaisseur. (Meradi et Boubakeur, 2012).

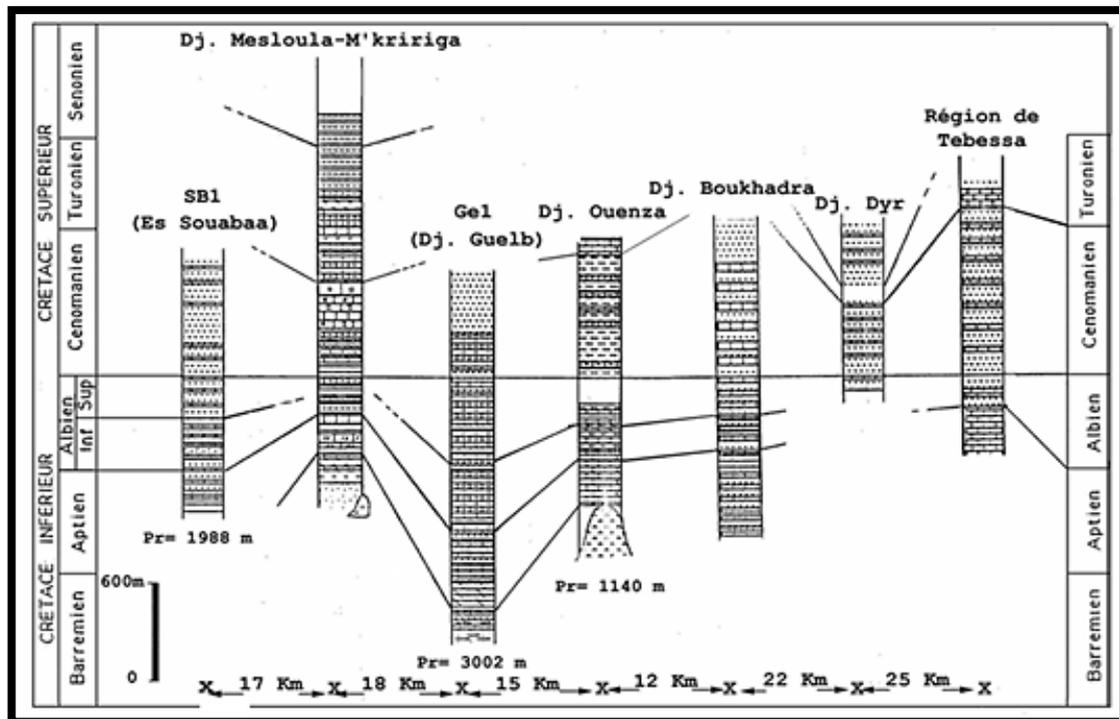


Figure. II. 5 : logs comparatifs de quelques sondages pétroliers et coupes des confins algéro-tunisiennes (Meradi et Boubakeur, 2012).

III. La Tectonique

Il y a eu deux accidents majeurs près de l'Atlas du Sahara ; l'accident du Nord Atlas et l'accident du Sud Atlas.

L'Atlas saharien est constitué de trois faisceaux de plis disposés en gradins et formés du sud-ouest au nord-est : Monts des Ksour, Djebel Amour, Monts de Ouled Nail, Aurès et Monts de Mellègue (Fig.6). (Meradi et Boubakeur, 2012).

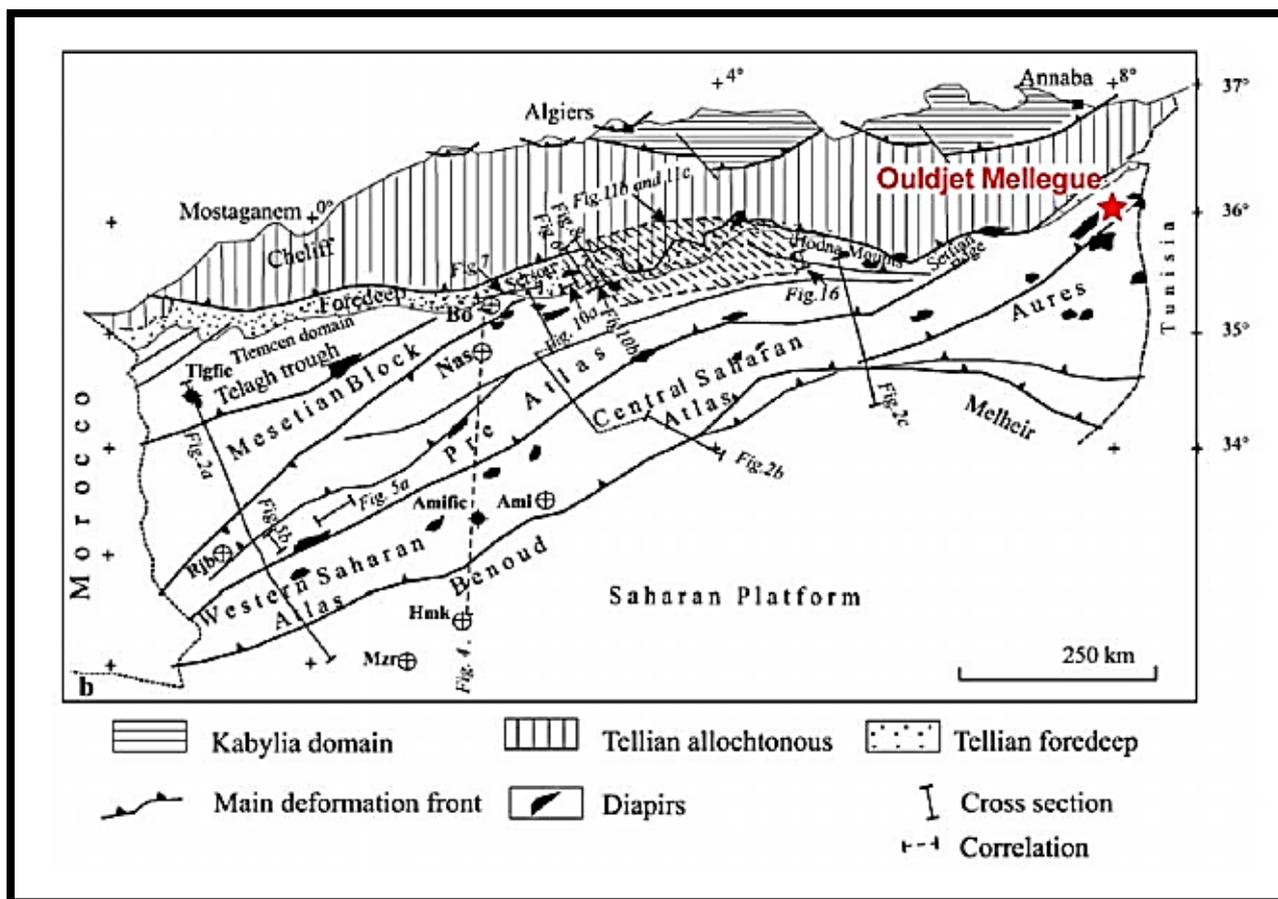


Figure.II.6 : Principaux ensembles structuraux de l'Afrique du nord (d'après Caire, 1967). (ANB, 2005).

D'un point de vue structural, la zone d'étude est souvent qualifiée de domaine atlasique (domaine pré atlasique selon Guiraud, 1973) et se caractérise par un domaine plissé à anticlinal complexe, comportant souvent un grand nombre de triades. L'Algérie orientale est une extension tectonique et paléogéographique du centre-nord de la Tunisie.

Par conséquent, il est très logique qu'une certaine variation de la même structure et de la même concentration en métal apparaisse des deux côtés de la frontière

En effet, selon Rouvier (1990), les grandes unités structurales de part et d'autre de la frontière sont continuées, et il précise que les différents domaines et leurs zones minéralisées atteignent la frontière obliquement :

- La limite sud de la nappe est essentiellement vers l'ENE-WSW, de Ghardimaou en Tunisie à Souk Ahras en Algérie,
- Tunis et le fossé de Sellaoua ont continué à s'étendre vers le sud-ouest, mais la zone de subsidence du Crétacé a majoritairement débordé vers le sud, correspondant à la zone de subsidence d'Ain Beida (Kieken, 1972 ; 1974), orientée essentiellement vers le NE-SW.

Durant l'Aptien, période sensible pour la géologie de la région, la limite sud du faciès carbonaté passera au nord de Mesloulou. (Meradi et Boubakeur, 2012).

La disposition NE-SW des diapirs triasiques (Figure.7.) se poursuivra en Algérie du nord au sud selon les axes suivants :

- 1- L'axe Ghardimou (Cap Serrat) s'étend de l'affleurement triasique de Souk Ahras, entraîné par le déplacement des couches (Rouvier, 1977),
- 2- L'axe Bizerte-Hedils, fortement déformé par la tectonique tangentielle, s'enfonce sous la plaine centrale de la Medjerda et apparaîtra au niveau du diapir Sakiet Yousef au sud de la nappe,
- 3- L'axe diapir de Thibar-le Kef-J.Slata s'étend de l'axe Ouenza-Mesloulou,
- 4- Axe Lansarine-Fedj el Adoum-Bou Khilil-Kebouch, hypothétique prolongement de l'axe Bou Khadra-M'Zouzia en Algérie,
- 5- Axe Medjez el Bab-J. Ched-J. Lorbeus, J. Slata continue Bou Jabeur et Hamimet-Belkif,

La déformation axiale de ces différents axes de diapir a provoqué leur disparition au SW de la fosse de Tébessa au Quaternaire et au Crétacé-Eocène dans les Monts Nementcha.

L'axe Ouenza-Mesloulou est particulièrement important dans la région de Khenchela. Les zones des fossés sont calquées sur des accidents anciens qui ont d'abord agi au Crétacé, mais leur manifestation actuelle est une individuation récente. Comme nous l'avons noté précédemment, dans cette zone de la frontière algéro-tunisienne, deux grandes orientations structurelles interfèrent (Fig7) :

- Le premier NE-SW est marqué par une extrusion triasique ;
- Le deuxième NW-SE à WNW-ESE, marqué par une tranchée de subsidence

Les zones des fossés sont calquées sur des accidents anciens qui ont d'abord agi au Crétacé, mais leur manifestation actuelle est une individuation récente (Meradi et Boubakeur, 2012). Comme nous l'avons noté précédemment, dans cette zone de la frontière algéro-tunisienne, deux grandes orientations structurales interfèrent (Figure.7.) :

- Le premier NE-SW est marqué par une extrusion triasique ;
- Le deuxième NW-SE à WNW-ESE, marqué par une tranchée de subsidence.

III .1 Les plissements

La ceinture de diapirs de l'Atlas saharien oriental est caractérisée par des plis orientés NE-SW avec un léger changement de direction. Ces plis sont fréquemment interrompus par des accidents de bord d'effondrement de tranchées (Vila, 1980 ; Bouzenoune, 1993). L'âge exact de ces plissements est très controversé, se situant entre l'Éocène et le Miocène marin (Dubourdiou 1950 ; Dubourdiou, 1956, 1959 ; Blès 1969 ; Vila, 1980). (Meradi et Boubakeur, 2012).

III .1.1 Les fossés d'effondrement

Sur la frontière algéro-tunisienne, la direction des tranchées d'effondrement est NW-SE à EW, elles bordent des accidents majeurs avec des valeurs de faille normales, et à Tébessa-Morsott une tranchée de 100 à 400 m a des tranchées de rejet différentes de l'autre, 1700 m à Ouled Ghanem (Dubourdiou 1950). Ces tranchées sont remplies de sédiments du Plio-Quaternaire, la Fosse de Tébessa-Morsott (Dubourdiou 1950) jusqu'à 170 m d'épaisseur et celle de Kasserine jusqu'à près de 300 m d'épaisseur.

Il y a beaucoup de débats sur l'âge de ces tranchées d'affaissement. Pour certains auteurs, les tranchées sont le résultat d'une intense activité tectonique d'expansion post-Miocène inférieur, tandis que pour d'autres, les manifestations initiales ont été enregistrées au Crétacé, et l'effondrement majeur s'est produit au Pliocène. (Meradi et Boubakeur, 2012)

III.1.2 La subsidence

Dans la région des Monts Mellègue, les sédiments post-triasiques et pré-barremiens de l'affleurement sont inconnus. Cet écart d'observation s'explique par la forte intensité de la série pré-Aptien, conséquence de l'affaissement caractéristiquement important du fossé Aurès-Kef. Dans cette tranchée, Alièv (1971) et Busson (1989) ont évalué l'épaisseur du Trias à 1000 m. Selon (Alièv 1971), la puissance des strates post-Trias, y compris le Jurassique, peut dépasser 6000 m. Vila (1980) a évalué les sédiments du Crétacé sur 5000 m. Comme le rapportent plusieurs auteurs, des perturbations sédimentaires ont été enregistrées depuis l'Aptien et par l'activité des diapirs dans divers cas, créant des "hauts-fonds" sur lesquels se sont déposés des dépôts ressemblant à des récifs. Épaisseur réduite. Selon Masse (1982) et Bouzenoune (1993), ces "hauts-fonds" sont dus à l'activité diapir dans les fissures profondes du sous-sol. (Meradi et Boubakeur, 2012).

III .1.3. Relation diapirs-encaissant

Les formations triasiques à la frontière algéro-tunisienne sont entourées d'une série de calcaires récifaux d'Aptien. Ces structures présentent une synchronicité d'est en ouest et un diachronisme du nord au sud (Dubourdieu, 1956 ; Masse 1979). Ces calcaires ont été découverts par Dubourdieu (1956, 1959) à Gargasian à Ouenza et Mesloula et par Masse à Clansaysian à BouKhadra (1979). Les calcaires déposés dans le Trias et recouverts par le Vraconien discordant à Bou Khadra (Nédjari 1984), Ouenza (Masse 1982) et M'Zouzia (Othmanine, 1987) appartiennent à l'ère d'Albien. Ces calcaires ont diminué d'épaisseur, laissant la place à des dépôts argilo-gréseux plus éloignés de l'extrusion triasique. Ceci démontre le contrôle du dépôt par l'activité cinétique d'halogénéation d matériel triasique, des dépôts calcaires en contact avec le triasique et des sédiments distaux profonds.

Les contacts fermés triasiques sont souvent visibles mais difficiles à interpréter (Bouzenoune, 1993). Cette connexion se manifeste de deux manières :

- Elle peut être accentuée par la stratification tectonique qui a conduit à la disparition de l'îlot : de Barremia à Mesloula (Dubourdieu, 1959), et d'Aptien à Vaenza (Bouzenoune, 1993) ;
- Les sédiments, mis en évidence par des conglomérats à éléments triasiques, comme Ouenza et Mesloula (Dubourdieu, 1956, 1959 ; Bouzenoune, 1993).

Cet arrangement de contacts triasiques fermés a permis à Villa de reprendre les études du Trias à la frontière algéro-tunisienne au cours de la dernière décennie. (Meradi et Boubaker, 2012).

Sur la base des conditions d'affleurement du Trias, il a distingué trois zones distinctes du nord au sud (Fig8) :

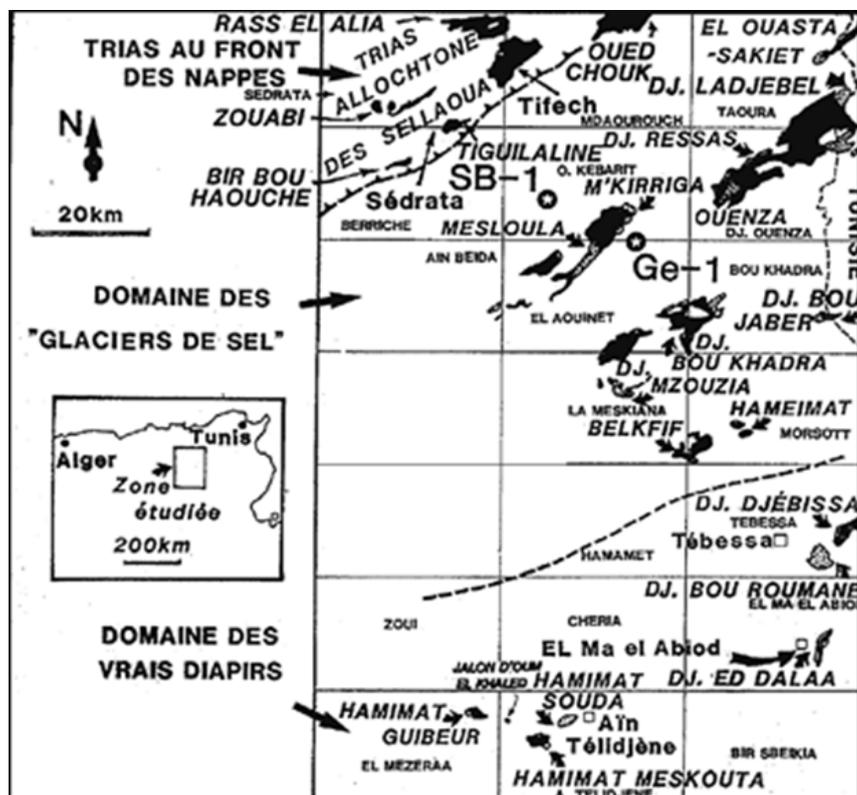


Figure. II.8 : Délimitations des trois domaines triasiques dans les confins Algéro-tunisiens (Vila 1993-2000). (Meradi et Boubakeur, 2020)

- 1- Domaines triasiques hors site sous forme de grandes accumulations tectoniques "situées à l'aval de la nappe phréatique". Ce Trias hors site se trouve dans les régions de Sédrata et de Souk Ahras. Ces accumulations tectoniques correspondent à des chevauchements très spectaculaires sur la série Miocène, jusqu'au Serravalle-Tottonien ;
- 2- Dans le golfe de Gascogne (Crunelle & Marco, 1983), une zone de « glaciers salins » sous-marins à matériau triasique redéposé s'étendant au pied de « falaises de masse inclinées », « type Parentis offshore ».
- 3- La zone du Trias montrant sa véritable formation de diapir est située au sud de la ligne OSO-ENE, passant approximativement entre El Kouif et Tébessa.

Une inversion de cette série a été observée dans les contacts Trias-hôte, qui ont été observés à Djebel Slata (Smati, 1986 ; Perthuisot 1988), Boukhadra et M'Zouzia (Othmanine, 1987) et M'Kririga (Dubourdiou, 1959).

III.1.3.1. Relation diapirisme-tectonique

Les diapirs de l'Atlas saharien oriental sont pour la plupart dessinés morphologiquement disposés sur des dômes perforés dans la direction NE-SW, affleurant sous forme d'ellipsoïdes étirés, formant un chapelet de blocs argilo-gypseux-carbonates à environ 80Km sur la bande (Fig. 8). L'activité diapir des fractures profondes du socle au moins dès l'étage aptien a contrôlé l'évolution sédimentaire dans toutes les zones de la ceinture du "dôme". L'ascension du matériau évaporatif d'une région de roches statiques ou d'anomalies de densité est guidée par des perturbations dans deux directions structurales principales : la première, NE-SW, marquée par l'extrusion triasique, et la seconde, NW-SE à WNW-ESE par effondrement. La gorge est bétonnée. Ce contrôle structural est mis en évidence par des données géophysiques aériennes (SONAREM, 1970-1974) montrant des accidents rectilignes et profonds dans la même direction.

En fait, le Trias pointe dans la même direction que l'accident de socle (NE-SW), l'accident de surface est plus prononcé dans les directions NW-SE et E-W, coupant le diapir et la faille NE-SW. Ce flux de matériaux chargés de sel est associé à l'expansion (bloc incliné) de l'Atlas saharien oriental au cours de la période crétacée, entraînant un soulèvement triasique et un fort affaissement, entraînant l'accumulation de sédiments vers 5000 m pour plus tard. Utilisation Formation aptienne. Ainsi, au niveau des tranchées inter sédimentaires, on préfère assister au dépôt des dépôts d'argile, démontrant l'approfondissement du milieu. (Meradi et Boubakeur, 2012)

III.1.3.4. Relation diapirs-sédimentation

Un « récif » albo-aptien et des dépôts de plate-forme réduits se sont formés autour de la zone de diapir (Dubourdieu, 1956 ; Thibéroz et Madre, 1976 ; Perthuisot et Rouvier, 1988 ; Perthuisot, 1992 ; Aoudjehane 1992 ; Bouzenoune, 1993 ; Bouzenoune 1995) Variation de faciès et épaisseurs, rendant difficiles les comparaisons entre parcelles ou au sein d'une même parcelle. En effet, dans la région d'El Ouenza, trois membres ont été distingués : les corps prolifiques inférieurs, les milioles moyennes et les biofragments supérieurs (Thibiéroz et Madre, 1976 ; Bouzenoune, 1993). Ces sédiments de plate-forme aptienne s'affaissent horizontalement à la fermeture du périmètre (>500m) et diminuent près de la zone de diapir (~100m) (Meradi et Boubakeur, 2012).

Ces structures lenticulaires sont construites sur des zones surélevées de « hauts fonds », contrôlées par l'expansion des diapirs. Cette sédimentation contrôlée par le diapir montre une évolution nord-sud. Dans la partie nord de l'Atlas saharien oriental, ces effets localisés sur la sédimentation ont cessé brutalement à partir de l'Aptien.

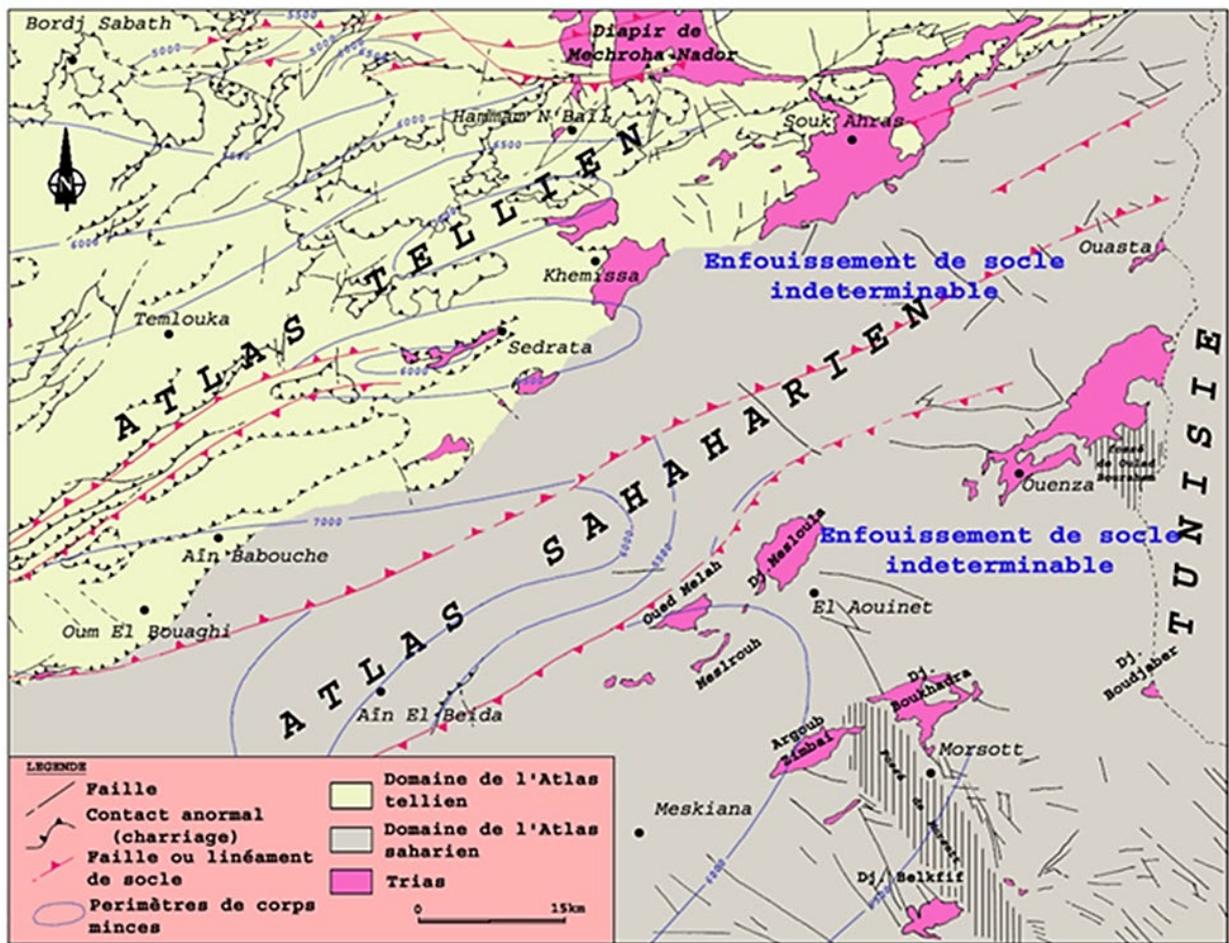


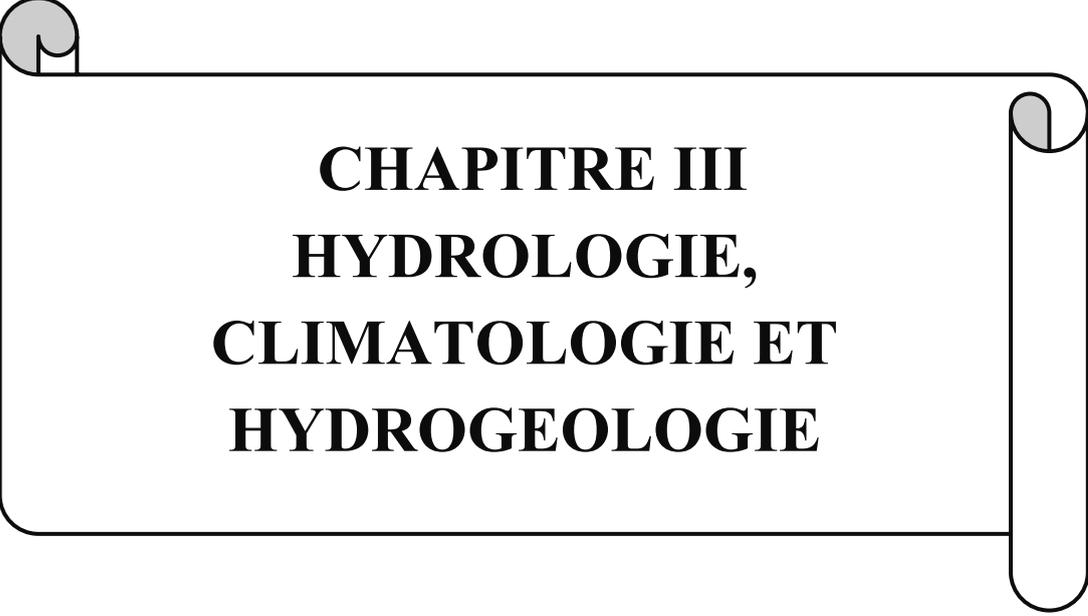
Figure.II.9 : Carte géologique et structurale simplifiée de l'Est algérien avec couverture Aéro-magnétique de socle (Meradi et Boubakeur, 2012).

IV. Conclusion

Dans ce chapitre, nous identifions les principaux commentaires sur l'évolution géologique de la région. Il est principalement composé de sédiments mésozoïques constitués de strates du Crétacé inférieur représentées par des strates argilo-gréseuses et de strates du Crétacé supérieur représentées par des strates argilo-calcaires.

Résumant les principales caractéristiques tectoniques des Monts Mellègue, on peut dire que l'évolution tectonique de la région est le résultat de la superposition de plusieurs mouvements multi-périodiques :

- L'état d'expansion du Crétacé est à l'origine du grand affaissement du bassin. Cette subsidence apparaît comme l'accumulation de séries sédimentaires épaisses (jusqu'à 5000 m). Il a accompagné la remontée du diapir au Trias. Puis, lors de la phase de compression éocène, la série sédimentaire s'est repliée selon la direction NE-SW.
- Individualisation de la tranchée effondrée pliocène, orientation NW-SE, anticlinal tronqué verticalement.



**CHAPITRE III
HYDROLOGIE,
CLIMATOLOGIE ET
HYDROGEOLOGIE**

1/- Hydrologie

I. Introduction

Le bassin versant, appelé aussi bassin de drainage d'un oued, en un point donné de son cours, est l'aire limitée par le contour à l'intérieur duquel l'eau précipitée se dirige vers ce point de l'oued. (Abdelwaheb, S : 2002, p19, Hydrologie de surface). Au droit du site d'Ouldjet Mellègue, le bassin versant d'Ouldjet Mellègue est constitué de trois parties:

1. Au nord, un sous-bassin drainé par l'Oued Mellègue. On y a surtout trouvé la rivière asséchée ; Guetara, le principal affluent de la rive gauche.
2. Au sud-ouest, le sous-bassin de l'oued Meskiana. Cette rivière asséchée de la région a des lacs salés dans la partie supérieure de Khenchela.
3. Au sud-est, le sous-bassin de l'oued Chabro. La source de cette rivière asséchée est Tébessa Oued Chabro et Oued Meskiana se rejoignent légèrement en amont d'El Aouinet pour former oued Mèllegue.

Le sous bassin de l'oued Meskiana est constitué de djebels, de contreforts caillouteux et anciens terrasses à faible pente. Dans les vallées, le sol brun a tendance à Salinisation. Le sous bassin de l'oued Chabro est constitué de djebels, long glacier propice à l'érosion. Les sols salins sont souvent mal drainés. Des périphéries d'irrigation existent dans les vallées des oueds Meskiana et Chabro. (ANB, 2005).

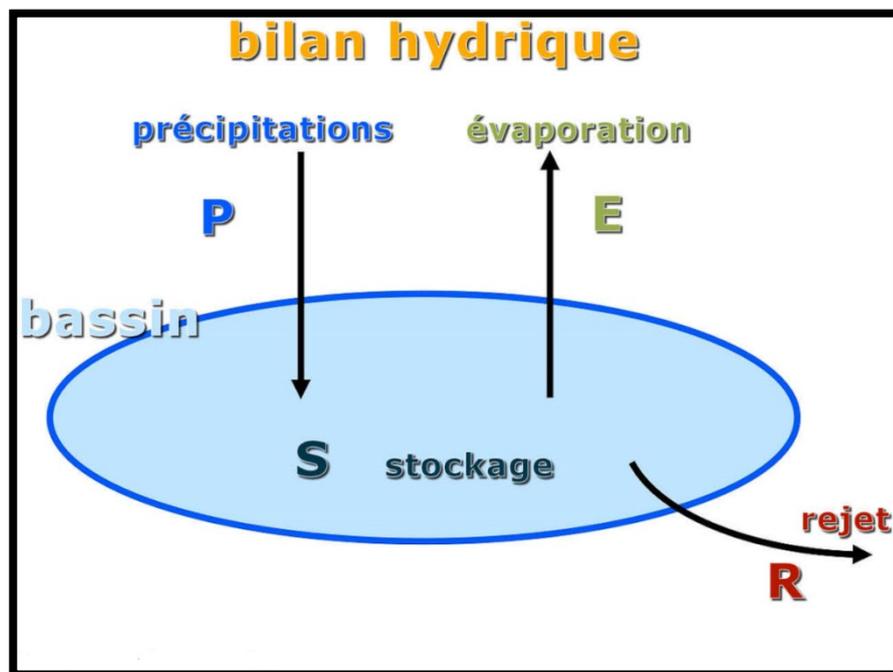


Figure III.1 : Bilan des entrées/sorties.

II. Caractéristiques morphométriques du bassin versant

Pour comprendre la morphométrie d'un bassin versant, on suit les étapes de base suivantes, caractéristiques physiques (géométrie, relief) et caractéristiques hydrologiques (réseau hydrographique).

II.1. Délimitation et périmètre du bassin versant

La précision du périmètre du bassin versant dépend de l'échelle de la carte et de la densité du réseau fluvial. Celles-ci sont obtenues directement sur des cartes topographiques par des mesures planaires des surfaces et des mesures de courbure des longueurs. La superficie du bassin versant d'Ouldjet Mèllegue est de l'ordre de 4350 km² alors que le périmètre est de 290 Km. (ANB, 2005).

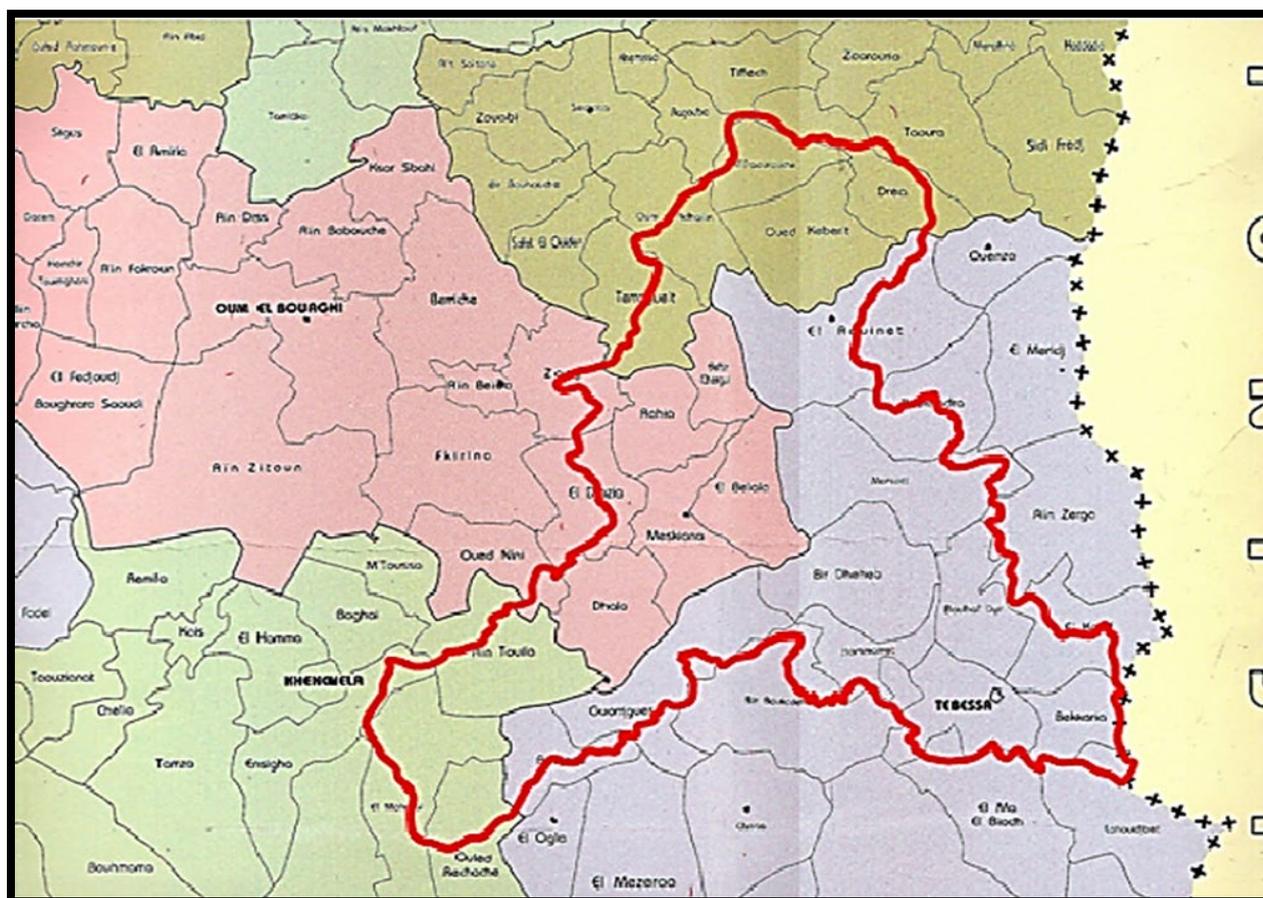


Figure III.2 : Les limites du bassin étudié. (ANB, 2005).

II.2. Indice de compacité de GRAVELIUS (Kc)

La surface du bassin versant à une certaine forme qui va une influence sur l'écoulement global et sur l'allure de l'hydrogramme résultant d'une pluie donnée.

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

Avec :

Kc : indice de compacité du BV.

P : périmètre du BV en (Km).

A : surface du BV en (Km²).

Application numérique :

$$Kc = \frac{0.28 \times 290}{\sqrt{4350}} = 1.23$$

D'où le bassin versant à une forme allongée.

II.3. Rectangle équivalent

C'est un concept qui compare les bassins entre eux en termes d'effet de forme sur le débit. En supposant que le débit sur un bassin donné est le même que sur un rectangle de même surface, même indice de compacité, même répartition en hauteur, etc...

Soit :

l : largeur du rectangle équivalent (km);

L : longueur du rectangle équivalent (km) ;

A : surface du bassin versant (km²);

P : périmètre du bassin versant (km)

II.3.1 Longueur équivalent

$$L = \frac{Kc \times \sqrt{A}}{1.12} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{Kc} \right)^2} \right); (\text{Km})$$

$$L = 102.37 \text{ km}$$

II.3.2 Largeur équivalent

$$l = \frac{Kc \times \sqrt{A}}{1.12} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{Kc} \right)^2} \right); (\text{Km})$$

$$l = 42.49 \text{ km}$$

II.4. Réseau hydrographique et caractères morphométriques

A partir de cet ensemble, on peut déterminer les caractéristiques de la forme du réseau hydrologique, principalement (Brahmi, 2013)

- La densité du drainage ;
- Le profil en long ;
- Rapport en long ;
- Rapport de confluence

Le réseau hydrologique est principalement extrait du MNE. Cependant, pour surmonter les difficultés liées à la présence de régions planes, l'extraction a été réalisée, en dans le cas de faibles pentes, expliquées par des photographies issues d'images satellitaires. Après extraction des thalwegs et divisions de bassin versant, qui ont été classés par la méthode de Strehler (ANB, 2005).

Un schéma simplifié du réseau hydrologique est présenté en Fig. 3.

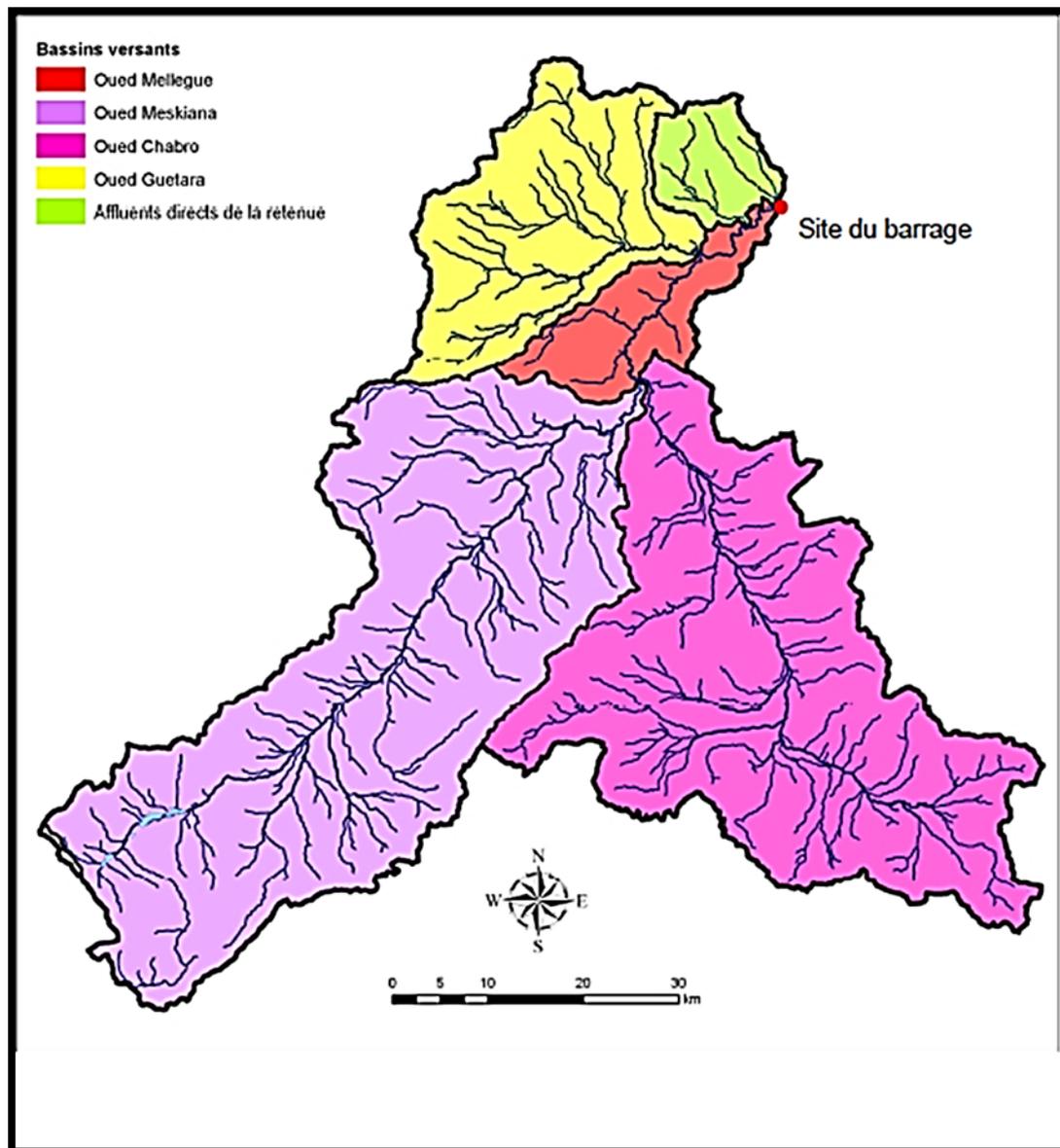


Figure III.3. : Le réseau hydrographique (ANB, 2005).

II.5. Les indices de pente

Les indices de pente permettent de caractériser les bassins afin de les comparer. L'indice de terrain détermine en grande partie la capacité de ruissellement de la surface terre, infiltration et évaporation, c'est un élément essentiel du comportement hydrologie des bassins versants. Cette analyse nous donne une idée :

- Les classes des reliefs.
- Hauteur.
- Pente.

II.5.1. Pente moyenne de bassin versant

La pente moyenne de bassin versant est une caractéristique importante qui renseigne sur la topographie du bassin. Elle est donnée par la formule suivante :

$$I_m = \frac{H_{max} - H_{min}}{L} ; \%$$

Avec :

H max : la hauteur maximale en (m).

H min : la hauteur minimale en (m).

L : longueur de rectangle équivalent en (m).

Application numérique :

$$I_m = \frac{1626 - 540}{102370} = 1.06 \%$$

Ceci montre que la pente est faible.

II.5.2. Indice de pente globale I_g

L'indice de pente globale permet de déduire la nature du relief en se référant à la classification de l'O.R.S.T.O.M (Office de Recherche Scientifique des Territoires d'Outre-Mer). Elle est donnée par la formule suivante :

$$I_g = \frac{D}{L} = \frac{H_{5\%} - H_{95\%}}{L} ; (m/Km)$$

Avec :

I_g : indice de pente globale en (m/Km).

D : dénivelée entre H5% et H95% en (m) sont respectivement les altitudes Correspondante à A5% et A95%.

L : longueur de rectangle équivalent en (Km).

$$I_g = 5.95 \text{ m/km}$$

Selon la classification de O.R.S.T.O.M et la valeur de I_g on peut classer le relief on :

$I_g > 35 \text{ m/Km}$	Relief assez fort
$20 < I_g < 35 \text{ m/Km}$	Relief fort
$I_g \leq 20 \text{ m/Km}$	Relief modéré

Tableau III.1. : Classification de l’O.R.O.S.T.O.M pour l’indice de pente globale I_g .

Pour notre cas $I_g < 20 \text{ m/Km}$, le bassin versant est donc caractérisé par un relief modéré.

II.5.3. Dénivelée spécifique

Elle permet de définir les différents types de relief d’un bassin versant on se référant à la classification de l’O.R.O.S.T.O.M (Office de Recherche Scientifique des Territoires d’Outre-Mer). Elle est donnée par la formule suivante :

$$D_s = I_g \times \sqrt{A} ; (\text{m})$$

Avec :

I_g : Indice de pente globale ; (m/km)

A : superficie du bassin versant ;(km²)

D_s : Dénivelée spécifique (m).

Application numérique :

$$D_s = 5.95 \times \sqrt{4350} = 393.00 \text{ m}$$

Selon la classification de O.R.S.T.O.M et la valeur de Ds on peut classer le relief on :

Ds <10 m	Relief très faible
10 <Ds <25 m	Relief faible
25 <Ds < 50 m	Relief assez faible
50 < Ds < 100 m	Relief modéré
100 < Ds < 250 m	Relief assez fort
250 < Ds < 500 m	Relief fort
Ds < 500 m	Relief très modéré

Tableau III.2. : Classification de l'O.R.O.S.T.O.M pour la dénivelée spécifique Ds.

Pour notre cas, la dénivelée spécifique est comprise entre $250 < Ds < 500$ m, le bassin versant est donc caractérisé par un relief fort.

II.5.4. Densité de drainage

Elle est définie comme étant le rapport de la longueur totale (de tous ordres) à la surface drainée, soit :

$$Dd = \frac{L}{A} = \frac{\sum Li}{A}; (\text{Km}/\text{Km}^2)$$

Avec :

Dd : densité de drainage [km/km^2];

Li : Somme des longueurs de tous les thalwegs y compris le thalweg principal [km];

S : superficie du bassin versant [km^2].

Application numérique :

$$Dd = \frac{4163.25}{4350} = 0.95 \text{ Km/Km}^2$$

La densité de drainage d'Oued Mèllegue est caractérisée par une densité très faible.

II.6. Paramètre de relief

Le relief ou la topographie de bassin versant est un élément essentiel pour comprendre les processus hydrologiques. Elle a une influence sur les facteurs météorologiques (précipitation, température, vent) et sur le réseau hydrographique.

II.6.1. Courbe hypsométrique

Cette courbe se fait en portant en abscisse les surfaces accumulées en % et en ordonnées les altitudes en m d'où on peut tirer les paramètres suivants :

- L'Altitude H à 95%.
- L'Altitude H à 5%.
- L'Altitude moyenne H50%.

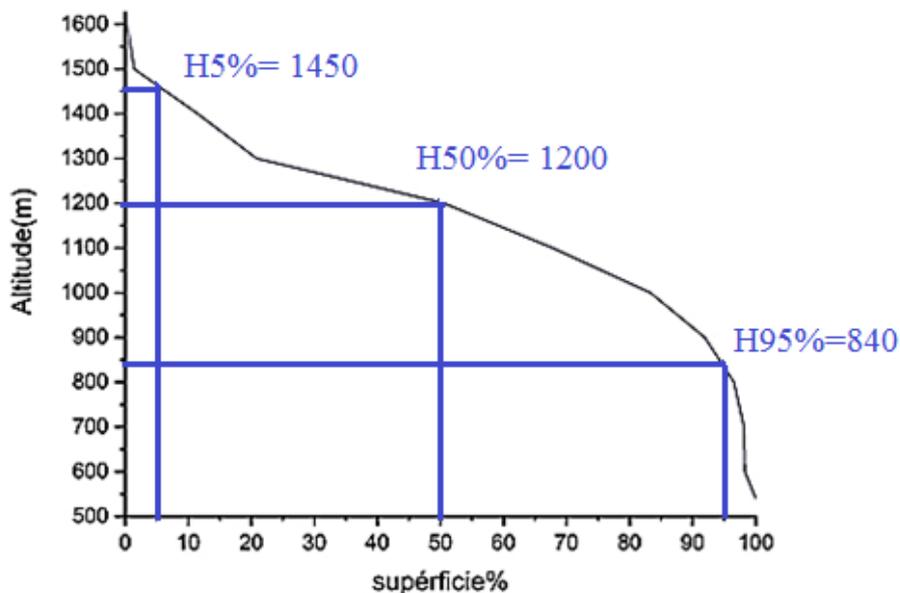


Figure.III.4. : La courbe hypsométrique.

D'après la courbe hypsométrique du bassin étudié on détermine

- L'altitude H à 95% : $H_{95\%} = 840\text{m}$.
- L'altitude H à 5% : $H_{5\%} = 1450\text{m}$.
- L'altitude moyenne
$$\bar{H} = \frac{\sum S_i H_i}{S_t} = 1200 \text{ m}$$

II.6.2. Profil en long

Le profil en long permet d'apporter des éléments complémentaires à la densité de drainage. Les profils en long des oueds Chabro, Meskiana, et Mèllegue ont été obtenues à partir des données du MNE. Les profils en long sont présentés en figure5 (ANB, 2005).

- L'oued Chabro présente un profil très raide à l'amont du bassin versant avec une pente de l'ordre de 20/1000. Il s'agit d'une zone potentielle d'érosion sédimentaire, mais l'aplanissement du profil vers l'aval (2/1000) apporte des conditions favorables à la sédimentation des matériaux solides emportés.
- Le profil en long de l'oued Meskiana est plus homogène, avec une pente moyenne de l'ordre de 4/1000.
- Sur l'oued Guetara, les profils en long des principaux thalwegs témoignent également d'une pente raide à l'amont, comprise entre 7/1000 et 9/1000, mais la zone potentielle de sédimentation est cette fois-ci réduite.
- Quant au thalweg principal alimentant directement le réservoir, son profil très raide (10/1000) à proximité immédiate de la retenue suggère que la majorité du transport solide en sa provenance atteindra la retenue.

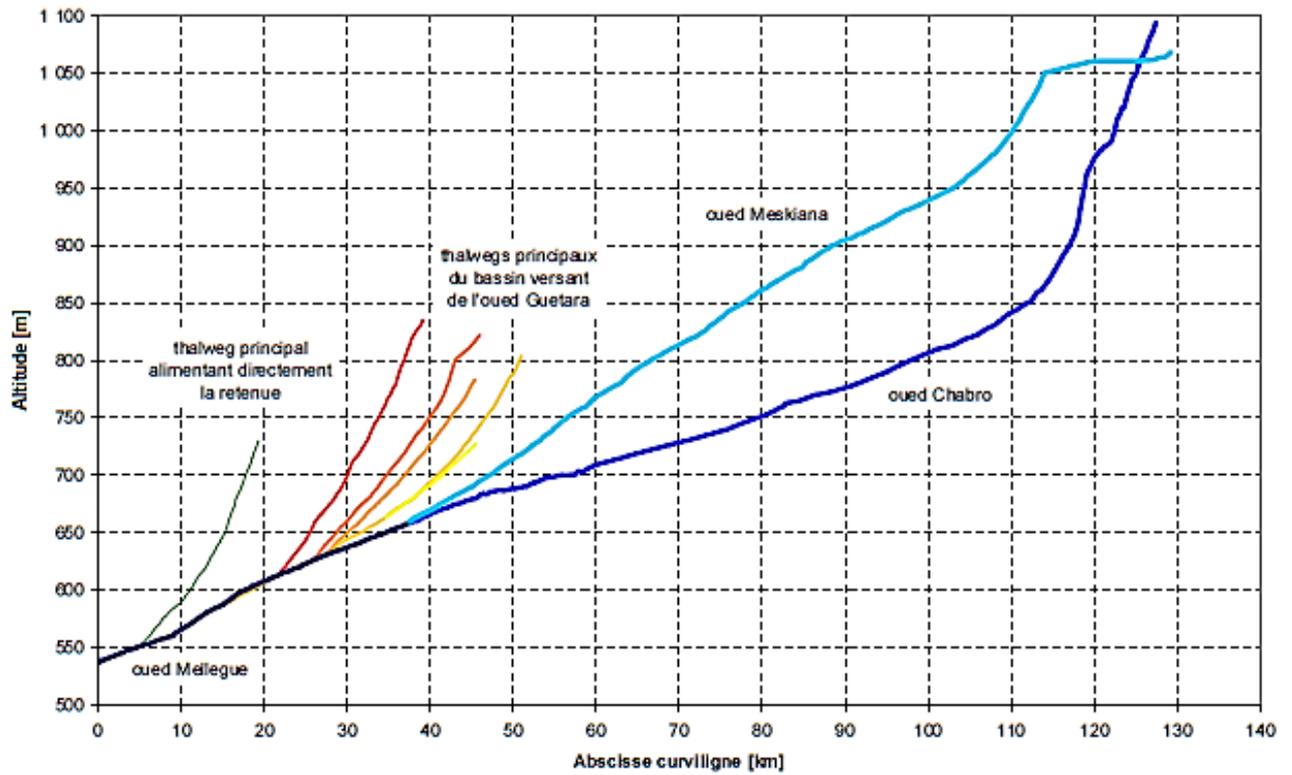


Figure III.5. : Profils en long des principaux thalwegs (ANB, 2005).

Tableau III.3 : Répartition en pourcentage de la surface élémentaire du bassin versant.

Tranche d'altitude (m)	Surface partielle (km²)	Surface partielle (%)	Surface accumulée (km²)	Surface accumulée (%)
540-600	0	0	0	100
600-700	62.5	1.43	62.5	98.27
700-800	437.5	10.05	500	98.16
800-900	750	17.24	1250	96.55
900-1000	950	21.83	1250	91.95
1000-1100	750	17.24	2950	83.33
1100-1200	675	15.51	3625	67.81
1200-1300	375	8.62	4000	50.57
1300-1400	200	4.59	4200	28.73
1400-1500	70	1.60	4270	11.49
1500-1600	5	0.11	4275	1.43
1600-1626	75	1.72	4350	0

II.7. Temps de concentration

Il est donné par la formule suivante :

$$T_c = \frac{(4\sqrt{A} + 1.5 \times L)}{0.8\sqrt{H}} ; (h)$$

Soit :

T_c : temps de concentration en (h)
 A : Surface du bassin versant = km²
 L : Longueur du talweg principal = km
 H = H_{moy} – H_{min} = m

Donc :

$$T_c = 20.30h$$

Cette valeur représente le temps mis par une goutte d'eau pour s'écouler depuis le point de vue hydrologique le plus éloigné jusqu'à l'exutoire du bassin versant ; pour notre cas, c'est un temps assez important ou la surface et la forme allongée (étalée) du bassin versant.

II.8. Vitesse de l'écoulement de l'eau

Elle est exprimée en mètre/heure (ou des sous-unités, souvent en mètre/seconde) comme toute vitesse. Le passage du fluide dans une conduite ou une canalisation "fermée".

Se détermine par la formule suivante :

$$V_e = \frac{L_p}{T_c} ; (m/s)$$

Avec :

V_e : vitesse d'écoulement en (m/s).
 L_p : longueur principale de talweg en (m).
 T_c : temps de concentration en (s).

Application numérique :

$$V_e = \frac{163000}{73080} = 2.23 \text{ m/s}$$

II.9. Coefficient d'allongement

Le coefficient d'allongement conditionne la réponse d'un bassin versant à une pluie. Ce paramètre détermine par la formule suivante :

$$K = \frac{P^2}{A}$$

Avec :

K : coefficient d'allongement

P : périmètre du bassin versant en km.

A : surface du bassin versant en km².

Application numérique :

$$K = \frac{290^2}{4350} = 10.04$$

Tableau. III.4 : récapitulatif des différents paramètres du bassin versant d'Ouldjet Mèllegue.

Paramètres	Symbole	Valeur	Unité
Superficie	S	4350	km ²
Périmètre	P	290	Km
Altitude maximale	Hmax	1626	m
Altitude minimale	Hmin	540	m
Altitude moyenne	Hmoy	1200	m
Longueur du talweg principal	Lp	163	Km
Longueur du rectangle équivalent	L	102.37	Km
Indice de compacité	Kc	1.23	/
Densité de drainage	Dd	0.95	Km/km ²
Largeur du rectangle équivalent	L	42.49	Km
Indice de pente globale	I _g	5.95	m/Km
Temps de concentration	Tc	20.30	h
Vitesse d'écoulement	Ve	2.23	m/s
Pente moyenne du bassin versant	I _{moy}	1.06	%
Dénivelée spécifique	Ds	393.00	m
Coefficient d'allongement	K	10.04	/

2/- Climatologie

I. Introduction

La climatologie est un facteur important pour comprendre l'avenir des chutes d'eau. Elle repose sur l'interprétation de données sur des paramètres climatiques mesurés sur une période bien définie, et permet d'estimer les différentes composantes du bilan hydrique tel que : température, précipitation, évaporation, évapotranspiration ...etc. les changements des paramètres climatiques indiquent l'évolution et la concentration des éléments chimiques en fonction du temps des niveaux des eaux de ruissellement et des eaux souterraines.

II. Le type de climat de la région d'étude

II.1 Indice d'aridité annuelle

Le type de climat est défini par la formule et la classification suivantes :

$$I = P / (T + 10)$$

Où :

I : indice d'aridité annuelle De. Martonne.

P : précipitations annuelles moyennes (mm)

T : températures annuelles moyennes (°C)

Dans le cas de la station d'Ouenza $I = 8.59$; tel que $P = 227.78$ mm et $T = 16.6$ °C.

Selon DE MARTONE 1923 :

$I < 5$: climat hyperaride

$5 < I < 7,5$: climat désertique

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

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

$20 < I < 30$: climat tempère.

Tableau. III.5 : L'indice d'aridité annuelle D. Martonne.

Station	P (mm)	T (°C)	I	Type de climat
Souitir (Ouenza)	227.78	16.6	8.59	steppique

D'après le calcul de l'indice d'aridité (I) 8.59, La région d'Ouenza correspondant à un climat steppique.

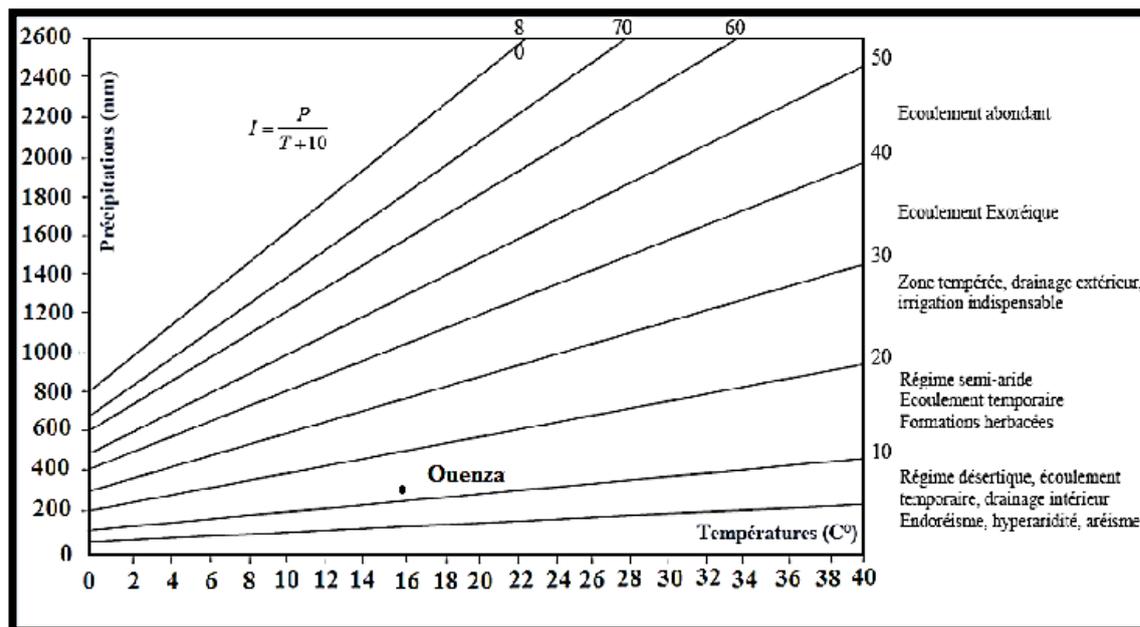


Figure III.6 : Abaque de l'Indice d'aridité Annuel de DE. Martone 1923.

III. Température

C'est un facteur très important affectant l'évapotranspiration et les déficits de débit annuels et saisonniers. Ses modifications affectent la conversion de l'eau en vapeur, soit en surface, soit sous terre. Par conséquent, elle affecte le degré d'évapotranspiration et donc la salinité de l'eau. Or, la température joue un rôle important dans les modifications de la composition du bilan hydrologique. Les températures de toute la région sont contrôlées par la station de Tébessa ($X=35,48^\circ$, $Y=8.13^\circ$, $Z= 813$ m).

III.1. Variations de la température moyenne mensuelle

La station de Tébessa :

Le tableau ci-après montre Les changements de température moyenne mensuelle à la station de Tébessa de 1997 à 2018 :

Mois	sept	octo	nov	déc	Jan	fév	mars	avril	mai	juin	juillet	Aout	Moyenne
T°C	23.6	17.8	10.6	6.2	5.22	6.4	10.5	15.04	20.2	25.6	29.7	29.1	16.6

Tableau. III.6 : Température moyenne mensuelle (station de Tébessa).

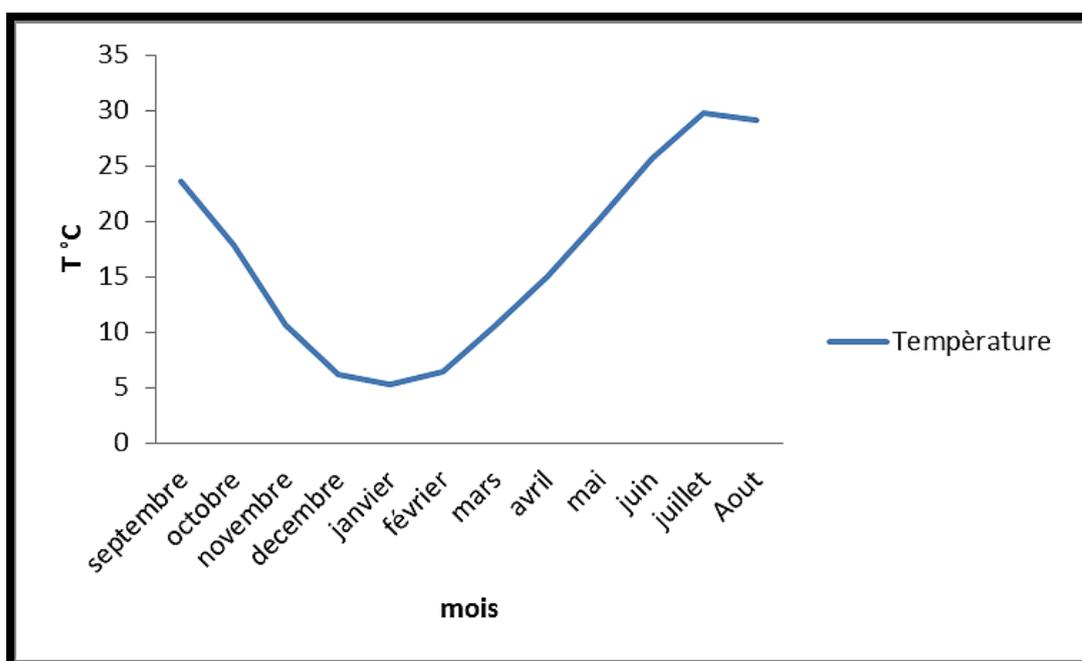


Figure III.7. : Variation des températures moyennes mensuelles (1997/1998-2017/2018).

IV. Précipitation

Les précipitations sont la quantité d'eau atmosphérique, totale, liquide ou solide qui tombe sur une surface horizontale déterminée, appelée fraction pluviométrique ou pluie torrentielle. Les précipitations sont un facteur climatique très important qui régule le ruissellement saisonnier et donc les processus de l'eau comme une nappe.

IV.1 Variations interannuelles des précipitations

a)– La station de Meskiana

La figure représente l'évolution des précipitations moyennes annuelles pour une période de 21 ans. Elles sont répertoriées dans la (Figure14) sous forme de cotisations annuelles. L'histogramme de la variation interannuelle des précipitations montre que (2007/2008) a connu la plus forte pluviométrie à 444,85 mm, et (2001/2002) a été la plus sèche à 269 mm.

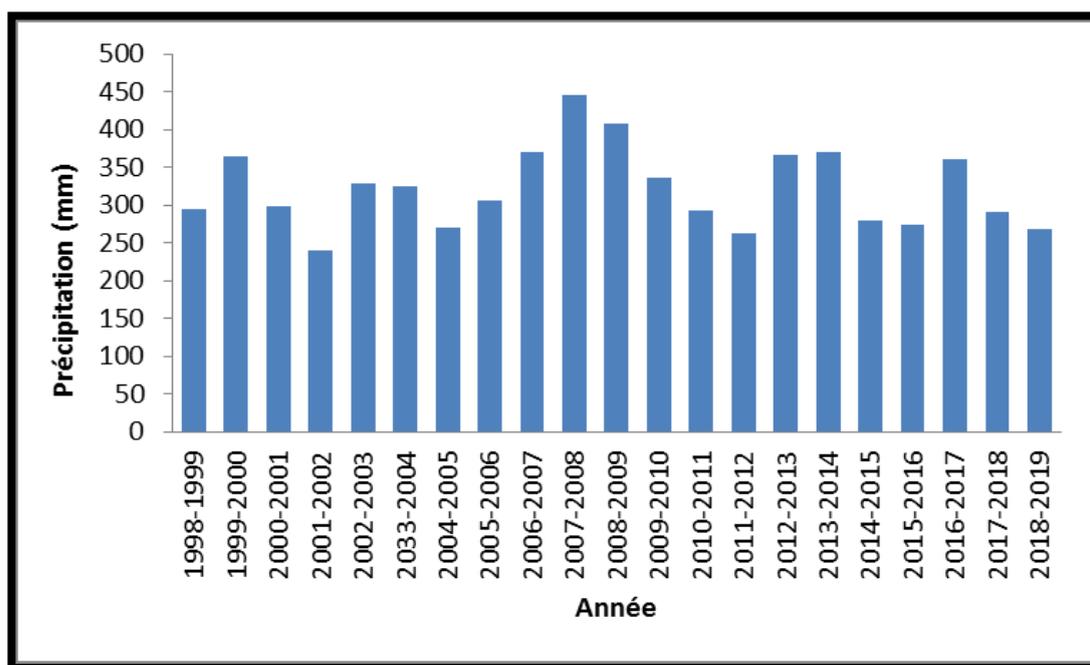


Figure III.8 : Evolution de la précipitation moyenne annuelle à la station de Meskiana pour la période (1998/1999-2018/2019).

b) - station de Tébessa

Les recherches sur les précipitations annuelles dans la région montrent une grande variation dans le temps à l'échelle (1997-2018), comme le montre le tableau suivant :

Station	Min	Année d'observation	Max	Année d'observation	P moy (mm)
Tébessa	149.1	2000-2001	650.44	2003-2004	394.98

Tableau.III.7 : Précipitations annuelles à la station de Tébessa. (Chenatlia et Hamaili, 2020).

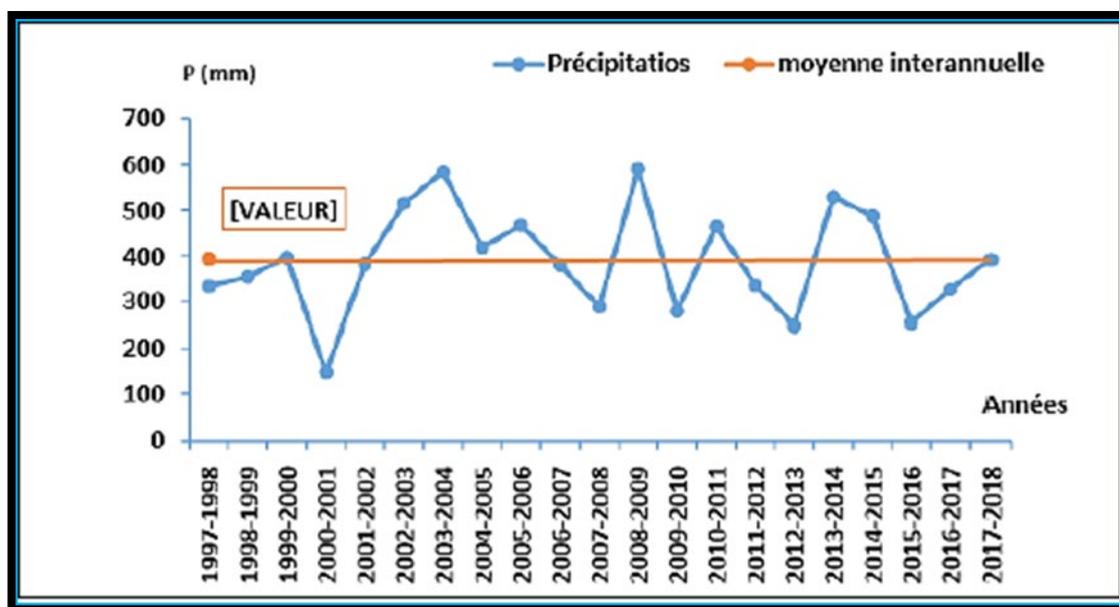


Figure III.9 : variation des Précipitations annuelle à la Station de Tébessa (1997-2018). (Chenatlia et Hamaili 2020).

c)- station de Souitir (Ouenza)

Les données des précipitations dans la région d'Ouenza sont contrôlées par la station de Souitir ($X=1002.018$, $Y=298.554$) (ANRH). L'analyse de l'histogramme de la variation interannuelle des précipitations sur 10 ans (2010/2011 –2020/2021) a montré que (2018/2019) a connu la plus forte pluviométrie à 411.8 mm, et (2017/2018) a été la plus sèche à 115.29 mm.

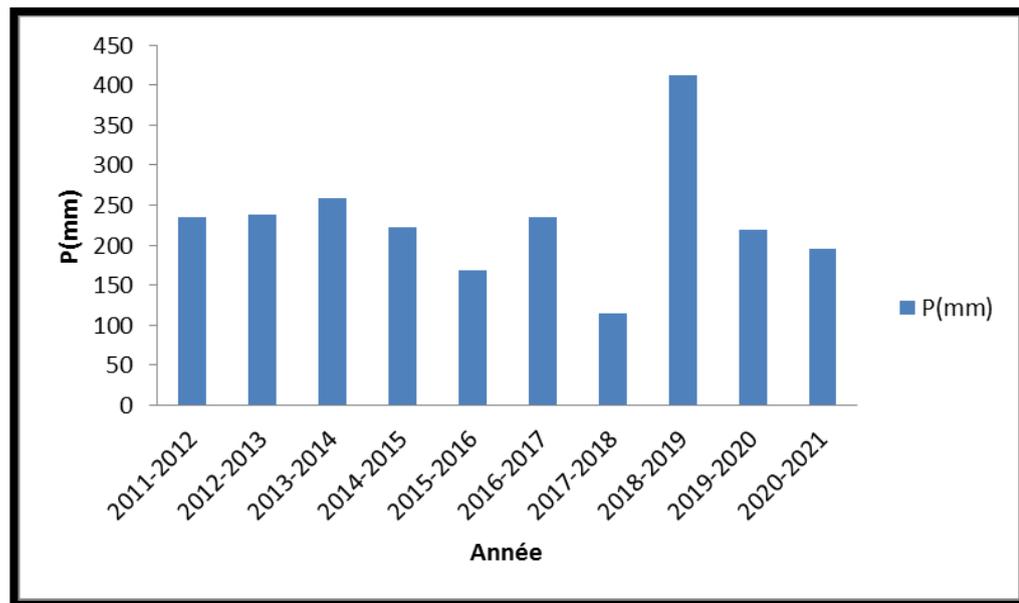


Figure III.10 : Variation des précipitations interannuelles (station de Souitir 2011-2021).

IV. 2. Variations mensuelles des précipitations

a) -Station de Meskiana

La figure montre l'évolution des précipitations moyennes mensuelles sur 21 ans (1998/1999- 2018/2019), septembre étant le plus pluvieux avec 38,72 mm et juillet le plus sec avec 10,07 mm

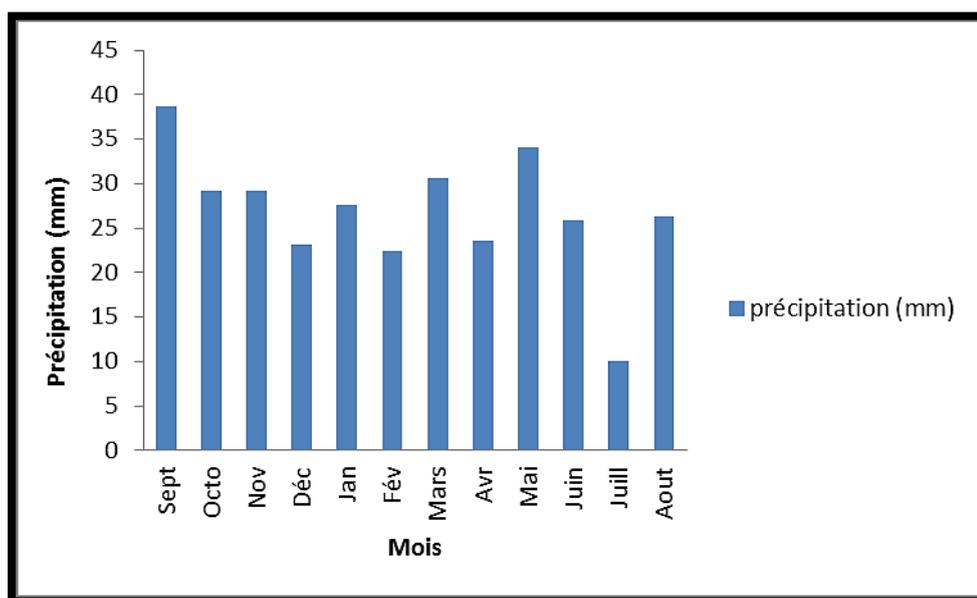


Figure III.11 : Variation des précipitations moyennes mensuelles à la station de Meskiana pour la période (1998/1999-2018/2019)

b) - Station de Tébessa

Selon les données recueillies à la Station de Tébessa pendant 21 ans de 1997 à 2018, les valeurs mensuelles moyennes des précipitations sont présentées dans le tableau suivant :

Mois	sept	oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	April	Mai	Juin	Juill	Aout	Total
P (mm)	46.4	38.64	33.75	33.49	32.94	22.28	31.75	37.68	47.36	26.15	15.94	28.56	394.98

Tableau. III.8 : précipitations moyennes mensuelles à la station de Tébessa. (Chenatlia et Hamaili, 2020).

Les Variations des précipitations au cours des mois (septembre à août) à la station de Tébessa ; indiquent que le maximum se produit en mai avec une moyenne de 47,36 mm, et le minimum se produit en juillet avec une moyenne de 15,94 mm.

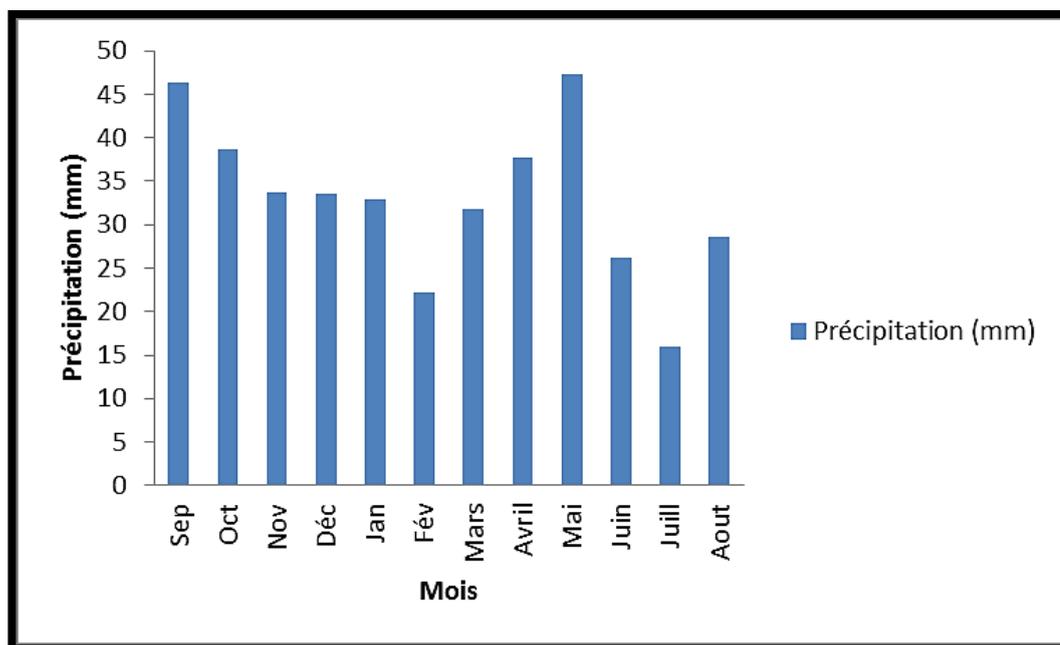


Figure III.12 : Variation des précipitations moyennes mensuelles (station de Tébessa 1997-2018).

c)- Station de Souitir (Ouenza)

A partir des données recueillies à la Station de Souitir (Ouenza) pendant 10 ans de 2011 à 2021, les valeurs mensuelles moyennes des précipitations sont présentées dans le tableau suivant :

Mois	sept	octo	nov	déc	jan	fév	Mars	avril	mai	juin	juill	out	Total
P (mm)	17.61	20.83	17.70	13.10	17.46	10.14	28.46	24.52	25.81	13.67	13.14	25.35	227,85

Tableau.III.9. : Précipitations moyennes mensuelles (Souitir 2011-2021). (ANRH)

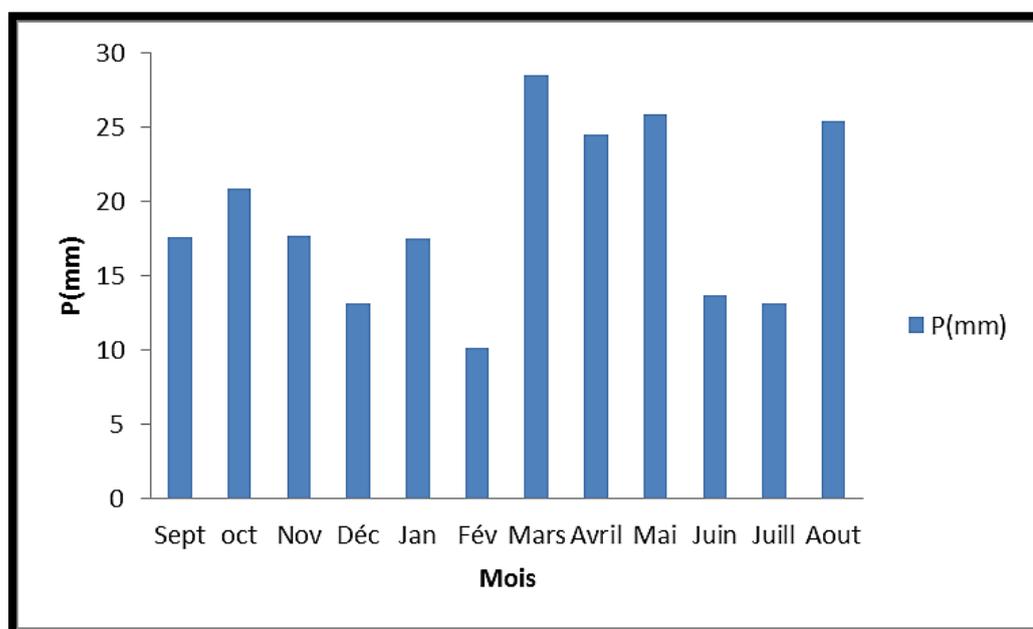


Figure III.13 : Variation des précipitations moyennes mensuelles (station de Souitir 2011-2021).

V. Humidité relative de l'air

L'humidité représente la quantité d'eau retenue dans l'air. Le tableau ci-après présente la synthèse des humidités relatives observées à la station de Tébessa. (ANB, 2005).

Humidité (%)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Moyenne	72	67	66	61	55	48	38	43	56	63	69	72	59
Maximum	91	89	90	87	84	77	97	71	83	86	90	90	97
Minimum	47	41	38	34	29	22	18	20	28	35	44	49	18

Tableau. III.10 : Humidité relative de l'air (Station de Tébessa). (ANB, 2005).

VI. Vent

Les conditions de vent sont présentées en fonction des observations recueillies à la station Tébessa. Le manque de données pour les centres régionaux d'étude ne permet pas interprétation poussée, mais les données enregistrées à Tébessa peuvent être indicatif.

Le tableau ci-après montre que les vents soufflants dans la région sont faibles à modérés. La moyenne annuelle est de l'ordre de 2.4 m/s avec un maximum observé en juillet et Aout. (ANB, 2005).

Vent (m/s)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Moyenne	2.0	2.0	2.1	2.4	2.6	2.5	2.7	2.7	2.4	2.5	2.5	2.3	2.4

Tableau. III.11 : Vitesse du vent (Station de Tébessa). (ANB, 2005).

VII. Sirocco

Le sirocco est défini comme un vent chaud et sec qui souffle du sud au nord pendant les périodes sèches. En se référant à la station de Tébessa, plusieurs jours de sirocco ont été enregistrés. Le Sirocco souffle principalement d'avril à septembre, mais il est souvent difficile d'avoir une relation d'extrapolation à l'ensemble de la région, du fait du caractère aléatoire d'un domaine à l'autre. (ANB, 2005).

Sirocco	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Moyenne	0.3	0.3	0.0	1.2	1.6	3.2	3.2	4.8	1.2	0.2	0.1	0.1	16.2

Tableau. III.12 : Le sirocco à la station de Tébessa. (ANB, 2005).

VIII. Bilan hydrologique

L'équilibre hydrologique fait référence au processus par lequel une certaine quantité d'eau atteint le sol par les précipitations ou la neige avant de retourner dans l'atmosphère. Le bilan hydrique naturel peut être calculé par

$$P = ETR + R + I + (\pm \Delta W)$$

Où :

ETR : l'évapotranspiration annuelle (mm),

I : infiltration (mm),

P : précipitation (mm),

R : ruissellement (mm),

ΔW : La variation des réserves d'eau (mm).

VIII.1 Estimation des paramètres du bilan hydrologique

VIII.1.1 Evapotranspiration potentielle (ETP)

L'ETP correspond à l'évaporation au niveau d'un plan d'eau qui serait suffisamment approvisionnée en eau pour évaporer la quantité d'eau maximale permise par les conditions climatiques. Elle est fonction de la température et de l'altitude du site considéré et calculée par plusieurs formules, la plus couramment utilisée est Thornthwaite (1948). (Brahmi, 2013).

$$ETP = 16 \left[10 \frac{t}{i} \right]^a$$

Où :

ETP : évapotranspiration potentielle mensuelle en (mm) ;

t : température moyenne mensuelle en (°C) ;

I : Indice thermique annuel ;

$$\text{Avec } I = \sum i$$

Où :

i : indice thermique mensuel

$$i = \left[\frac{t}{5} \right]^{1.514}$$

Où :

a : exposant climatique donné par Serra en 1954 [38]

$$a = 0.016 I + 0.5$$

Les valeurs ETP calculées par la méthode CW THORNTHWAITE sont surestimées dans les tropiques humides et équatoriaux et sous-estimées dans les régions arides et semi-arides pour plusieurs auteurs, multipliées par un facteur de correction K, qui est basé sur le temps, le mois et la latitude de localisation. (Brahmi, 2013).

$$ETP_c = K \times ETP$$

Où :

ETP : évapotranspiration potentielle mensuelle (mm),

ETP_c : évapotranspiration potentielle mensuelle corrigée (mm),

K : facteur de correction (climat semi-aride).

a/- à la région de Meskiana

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
T (°C)	21.81	16.7	11.93	7.64	6.3	7.64	10.2	13.48	18.63	23.38	26.54	26.12	15.86
i	9.30	6.20	3.73	1.90	1.41	1.90	3.34	4.48	7.33	10.33	12.52	12.21	/
I=Σi	74.65												/
A	1.69												/
ETP (mm)	97.55	62.13	35.19	16.57	11.96	16.57	27.12	43.26	74.75	109.72	135.93	132.32	/
K	1.03	0.97	0.85	0.83	0.87	0.84	1.03	1.1	1.21	1.22	1.24	1.16	/
ETPc (mm)	100.47	60.26	29.91	13.75	10.40	13.92	27.93	47.59	90.45	133.86	168.55	153.49	850.58

Tableau. III.13 : Calcul de l'ETP selon la formule de Thornthwaite. (Azizi et Hichour, 2020).

b/- à la région de Tébessa

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
T (°C)	23.6	17.8	10.6	6.2	5.22	6.4	10.5	15.04	20.2	25.6	27.7	29.1	/
i	10.5	6.8	3.1	1.4	1.1	1.4	3.1	5.3	8.3	11.8	14.8	14.4	/
I=Σi	82												/
A	1.81												/
K	1.03	0.97	0.86	0.81	0.87	0.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16	/
ETP (mm)	111.66	63.11	21.89	7.81	6.14	8.68	25.78	52.76	98.98	153.24	179.64	183.74	913.4
ETPc (mm)	115.00	61.21	18.82	6.32	5.34	7.37	26.55	58.03	119.76	190.01	222.75	213.138	1044.54

Tableau. III.14 : Calcul de l'ETP selon la formule de Thornthwaite (Chenatlia et Hamaili, 2020) (Modifié).

C/- à la région d'Ouenza

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
T (°C)	23.6	17.8	10.6	6.2	5.22	6.4	10.5	15.04	20.2	25.6	27.7	29.1	/
I	10.5	6.8	3.1	1.4	1.1	1.4	3.1	5.3	8.3	11.8	14.8	14.4	/
I=Σi					82								/
A					1.81								/
K	1.03	0.97	0.86	0.81	0.87	0.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16	/
ETP (mm)	111.66	63.11	21.89	7.81	6.14	8.68	25.78	52.76	98.98	153.24	179.64	183.74	913.4
ETPc (mm)	115.00	61.21	18.82	6.32	5.34	7.37	26.55	58.03	119.76	186.95	222.75	213.13	1041.23

Tableau. III .15 : Calcul de l'ETP selon la formule de Thornthwaite

VIII.1.2 Calcul de l'évapotranspiration réelle (ETR)

Si la perte d'humidité du sol est supérieure ou égale au réservoir de réserve facilement disponible (RFU) de la plante, la perte d'humidité du sol atteint l'ETP. En cas de carences, elles sont limitées à des quantités plus faibles, et cette limite est appelée l'évaporation réelle. Pour l'estimation de l'ETR, plusieurs formules et méthodes utilisant la température et les précipitations ont été utilisées.

Formule de Turc

Cette formule s'applique à tous les climats du monde. Il traite des précipitations et de la température annuelle moyenne.

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \left[\frac{P}{L}\right]^2}}$$

Où :

ETR : Evapotranspiration réelle (mm)

P : précipitation moyenne annuelle (mm)

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

T : température moyenne annuelle (°C).

VIII.2 Les différentes composantes du bilan

VIII.2.1 Le ruissellement

Le ruissellement est la partie des précipitations qui s'écoule directement dans le sol pendant les précipitations. Il peut être déterminé en analysant le niveau d'eau de la rivière ou en utilisant des méthodes empiriques. Parmi ces méthodes, la méthode de Tixeront et Berkaloff permet d'étudier le ruissellement annuel moyen. Cette équation est encore controversée car elle ne tient pas compte des effets de la perméabilité topographique et de ses propriétés lithologiques. L'équation s'écrit comme suit (Brahmi, 2013).

$$R = \frac{P^2}{3ETP^2}$$

Où :

- R : le ruissellement moyen annuel en (mm)
- P : la hauteur des précipitations annuelles en (mm)
- ETP : l'évapotranspiration potentielle annuelle en (mm).

VIII.2.2 Infiltration

L'infiltration est la pénétration de l'eau dans le sol et le sous-sol sous l'action de la gravité et la pression. Elle est dérivée de la formule suivante (Azizi et Hichour, 2020).

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

Où :

- I : L'infiltration en (mm) ;
- P : précipitation moyenne annuelle en (mm) ;
- ETR : Evapotranspiration réelle en (mm) ;
- R : La lame d'eau ruisselée en (mm) ;

VIII.2.3 Réserves facilement utilisables (R.F.U)

Elles montrent la quantité d'eau stockée dans le sol, dont la saturation dépend de plusieurs facteurs

- La nature, la lithologie et l'épaisseur de la couche superficielle.
- Profondeur de la nappe piézométrique de l'aquifère.
- Le climat de la région.
- Type de couvert végétal.

Donné par la formule de (J. Richard 1979) :

$$RFU = 1/3 (Da \cdot He \cdot P)$$

Où :

R.F.U : Réserve facilement utilisable.

Da : Densité apparente du sol.

He : Profondeur de la couche de la terre par courrier par les racines en (mm).

Région	Ruissellement (R) (mm)	Infiltration (I) (mm)
Meskiana	15.19	3.37
Tébessa (modifié)	27.41	27.5
Souitir (OUENZA)	0.020	0

Tableau. III.16 : Les différentes composantes du bilan pour les trois stations.

VIII.3 Calcul du bilan hydrique par la méthode de Thornthwaite :

Les calculs du bilan hydrique peuvent déterminer le transfert d'eau dû aux précipitations et devraient caractériser l'état du sol en termes d'humidité. Cette approche du bilan au mois par mois est basée sur le concept de RFU. Le sol est supposé capable de stocker une certaine quantité d'eau, qui peut être absorbée par les plantes par évaporation.

La quantité d'eau stockée dans la RFU est limitée par 0 (RFU vide) et RFU max (capacité RFU, environ 0 à 200 mm, selon les sols et sous-sols considérés, 26 mm en moyenne).

Le bilan hydrologique établi mensuellement selon la méthode de Thornthwaite a l'avantage d'estimer pour chaque mois : l'évapotranspiration réelle (ETR), la réserve facilement utilisable (RFU), le déficit agricole (Da) et l'excédent (Ex). (Azizi et Hichour, 2020).

a/- Bilan hydrologique de la Meskiana

Tableau. III.17 : Bilan d'eau selon Thornthwaite pour la station de Chebabta (1999-2019).
(Azizi et Hichour, 2020).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
T (°C)	21.81	16.7	11.93	7.64	6.3	7.64	10.2	13.48	18.63	23.38	26.54	26.12	15.86
P (mm)	38.72	29.18	29.19	23.21	27.62	22.38	30.61	23.54	34.03	25.81	10.07	26.28	320.64
ETPc (mm)	100.47	60.26	29.91	13.75	10.40	13.92	27.93	47.59	90.45	133.86	162.55	153.49	850.58
RFU (mm)	0	0	0	9.46	26	26	26	1.95	0	0	0	0	/
ETR (mm)	38.72	29.18	29.19	13.75	10.40	13.92	27.93	47.59	35.98	25.81	10.07	26.28	308.82
DA (mm)	61.75	31.08	0.72	0	0	0	0	0	54.47	108.05	158.48	127.21	541.76
EX (mm)	0	0	0	0	0.68	8.46	2.68	0	0	0	0	0	11.82
EC	0.021	0.01	0.005	0.002	0.34	4.23	1.34	0.67	0.335	0.167	0.084	0.042	3.016

Les vérifications du bilan hydrique montrent que l'ETP dépasse largement les précipitations. Sur une base mensuelle, on distingue deux saisons : une saison des pluies, durant laquelle les précipitations dépassent l'ETP (novembre à mars). Pendant cette période, la valeur maximale des précipitations coïncide avec la valeur minimale ETP. Par contre, pour la saison sèche s'étendant de (avril à octobre), ces paramètres évoluent en sens inverse.

La saison des pluies permet la réorganisation du RFU, et durant le mois de novembre, lorsque la RFU atteint sa valeur maximale (26 mm) en décembre, le stock est réorganisé puis maintenu jusqu'en mars. La valeur de RFU chutera alors jusqu'à ce qu'elle soit complètement épuisée en avril. Cela conduit à des pénuries agricoles. Le déficit agricole se répartit entre mai et octobre, avec un maximum de 158,48 mm en juillet. (Azizi et Hichour, 2020).

$$\text{Vérification du bilan : } \Sigma \text{ETP} = \Sigma \text{ETR} + \Sigma \text{Da} \rightarrow 308.82 + 541.76 = 850.58$$

$$\Sigma \text{P} = \Sigma \text{ETR} + \Sigma \text{EX} \rightarrow 308.82 + 11.82 = 320.64$$

b/- bilan hydrologique de Tébessa

Tableau. III.18 : Bilan d'eau selon Thornthwaite pour la station de Tébessa (1997-2019).
(Chenatlia et Hamaili, 2020) (Modifié).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
T (°C)	23.6	17.8	10.6	6.2	5.22	6.4	10.5	15.04	20.2	25.6	29.7	29.1	/
P (mm)	46.4	38.64	33.75	33.49	32.94	22.28	31.75	37.68	47.36	26.15	15.94	28.56	394.9
ETP (mm)	111.66	63.11	21.89	7.81	6.14	8.68	25.78	52.76	98.98	153.24	179.64	183.74	913.4
RFU (mm)	0	0	11.86	29	29	29	29	13.92	0	0	0	0	141.78
ETR (mm)	46.4	38.64	21.89	7.81	6.14	8.68	25.78	52.76	61.28	26.15	15.94	28.56	340.03
DA (mm)	65.26	24.47	0	0	0	0	0	0	37.7	127.09	163.7	155.18	573.4
EX (mm)	0	0	0	8.54	26.8	13.6	5.97	0	0	0	0	0	54.91
EC (mm)	0.16	0.08	0.04	4.27	15.53	14.56	10.26	5.13	2.56	1.28	0.64	0.32	54.83

L'établissement d'un bilan hydrique a pour but de comprendre le fonctionnement du système hydraulique de surface.

Sur la base de l'évaluation, les conclusions suivantes ont été tirées :

- La hauteur des précipitations atteint un maximum en mai (47,36 mm) et l'ETP atteint un minimum en janvier (6,14 mm)
- L'ETP atteint son maximum en Aout (183.74 mm) lorsque les précipitations atteignent (28.56 mm).
- Le déficit agricole coïncide avec la saison sèche de l'année ; marqué en septembre et octobre ; de mai à août, la valeur totale était de 573.4 mm.
- Les réserves sont saturées en décembre, janvier, février et mars et la demande d'irrigation est satisfaisante. Un bilan hydrique insuffisant, où les précipitations finissent par retourner dans l'atmosphère sous forme d'évapotranspiration, conduit à de graves carences agricoles.
(Chenatlia et Hamaili, 2020) (Modifié).

Vérification du bilan : $\Sigma ETP = \Sigma ETR + \Sigma Da \rightarrow 340.03+573.4= 913.4$

$\Sigma P= \Sigma ETR + \Sigma EX \rightarrow 340.03+54.91= 394.9$

c/- Bilan hydrologique d'Ouenza

Tableau. III.19 : Bilan d'eau selon Thornthwaite pour la station de Souitir pour une année déficitaire (2017)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
T (°C)	23.6	17.8	10.6	6.2	5.22	6.4	10.5	15.04	20.2	25.6	29.7	29.1	/
P (mm)	0.5	15.9	20.2	3	0	8.1	10.5	3.6	29.9	0.4	5.5	17.69	115.29
ETP (mm)	111.66	63.11	21.89	7.81	6.14	8.68	25.78	52.76	98.98	153.24	179.64	183.74	913.4
RFU (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	/
ETR (mm)	0.5	15.9	20.2	3	0	8.1	10.5	3.6	29.9	0.4	5.5	17.69	115.29
DA (mm)	111.1	47.21	1.69	4.81	6.14	0.58	15.28	49.16	69.08	152.84	174.14	166.05	798.08
EX (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

La hauteur des précipitations atteint un maximum en mai (**29.9mm**) et l'ETP atteint un minimum en janvier (**6.14 mm**). L'ETP atteint son maximum en Aout (**183.74 mm**) lorsque les précipitations atteignent (**17.69 mm**).

Le déficit agricole se répartit toute l'année avec un maximum de **174.14 mm** en juillet.

La RFU n'atteint pas sa valeur maximale, ce bilan est déficitaire.

Vérification du bilan : $\Sigma ETP = \Sigma ETR + \Sigma Da \rightarrow 115.29 + 798.08 = 913.4$

$\Sigma P = \Sigma ETR + \Sigma EX \rightarrow 115.29 + 0 = 115.29$

Tableau. III.20 : Bilan d'eau selon Thornthwaite pour la station de Souitir pour une année excédentaire (2018)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
T (°C)	23.6	17.8	10.6	6.2	5.22	6.4	10.5	15.04	20.2	25.6	29.7	29.1	/
P (mm)	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
ETP (mm)	111.66	63.11	21.89	7.81	6.14	8.68	25.78	52.76	98.98	153.24	179.64	183.74	913.4
RFU (mm)	0	13.09	0	1.59	26	26	26	11.34	0	0	0	0	/
ETR (mm)	31.6	63.11	21.29	7.81	6.14	8.68	25.78	52.76	51.14	1.3	0	86.6	356.21
DA (mm)	80.06	0	0.6	0	0	0	0	0	47.84	151.94	179.64	97.14	557.22
EX (mm)	0	0	0	0	12.65	2.62	40.32	0	0	0	0	0	55.59
EC (mm)	0.34	0.17	0.08	0.04	6.32	4.47	22.39	11.19	5.59	2.79	1.39	0.69	55.46

Les vérifications du bilan hydrique montrent que l'ETP dépasse largement les précipitations. Sur une base mensuelle, on distingue deux saisons : une saison des pluies, durant laquelle les précipitations dépassent l'ETP (décembre à mars). La saison sèche s'étendant de (avril à novembre).

La saison des pluies permet la réorganisation du RFU, et durant le mois de Janvier, la RFU atteint sa valeur maximale (**26** mm). La valeur de RFU chutera jusqu'à ce qu'elle soit complètement épuisée en Mai. Cela conduit à des pénuries agricoles. Le déficit agricole se répartit entre mai et septembre, avec un maximum de **179.64** mm en juillet.

$$\text{Vérification du bilan : } \Sigma \text{ETP} = \Sigma \text{ETR} + \Sigma \text{Da} \rightarrow 356.21 + 557.22 = 913.4$$

$$\Sigma \text{P} = \Sigma \text{ETR} + \Sigma \text{EX} \rightarrow 356.21 + 55.59 = 411.8$$

Tableau. III.21: Bilan d'eau selon Thornthwaite pour la station de Souitir (2011-2021).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
T (°C)	23.6	17.8	10.6	6.2	5.22	6.4	10.5	15.04	20.2	25.6	29.7	29.1	/
P (mm)	17.6	20.83	17.70	13.10	17.46	10.14	28.46	24.52	25.81	13.67	13.14	25.35	227.78
ETP (mm)	111.66	63.11	21.89	7.81	6.14	8.68	25.78	52.76	98.98	153.24	179.64	183.74	913.4
RFU (mm)	0	0	0	5.29	16.61	18.07	20.75	0	0	0	0	0	/
ETR (mm)	17.6	20.83	17.70	7.81	6.14	8.68	25.78	45.27	25.81	13.67	13.14	25.35	227.78
DA (mm)	94.06	42.28	4.19	0	0	0	0	7.49	73.17	139.57	166.5	158.39	685.65
EX (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

L'établissement d'un bilan hydrique a pour but de comprendre le fonctionnement du système hydraulique de surface. Sur la base de l'évaluation, les conclusions suivantes ont été tirées :

-La hauteur des précipitations atteint un maximum en mars (**28.46** mm) et l'ETP atteint un minimum en janvier (**6.14** mm)

-L'ETP atteint son maximum en Aout (**183.74** mm) lorsque les précipitations atteignent (**25.35** mm).

-Le déficit agricole se répartit entre avril et novembre, avec un maximum de **166.5** mm en juillet.

-Les réserves ne sont pas saturées, la RFU n'atteint pas sa valeur maximale et la demande d'irrigation n'est pas satisfaisante.

-Le bilan est déficitaire, en chiffre mais dans la réalité, il est beaucoup plus excédentaire car une moyenne de P de l'ordre de **227.78** ne reflète pas la quantité réellement tombée sur la région, qui dépasse de loin cette valeur.

Vérification du bilan : $\Sigma \text{ETP} = \Sigma \text{ETR} + \Sigma \text{Da} \rightarrow 227.78 + 685.65 = 913.4$

$$\Sigma P = \Sigma \text{ETR} + \Sigma \text{EX} \rightarrow 227.78 + 0 = 227.78$$

3/- Hydrogéologie

I. Introduction

L'hydrogéologie est un outil très important pour connaître les éléments qui nous permettent de caractériser les aquifères.

II. Géométrie de l'aquifère

II.1. Géométrie de l'aquifère de la plaine de Meskiana

L'étude de Mr GOUAIDIA Layachi faite en 2008 s'est attachée à évaluer la perméabilité des formations géologiques de la structure anticlinale de l'oued Meskiana. Le tableau présenté ci-dessous tiré de son étude indique que les marnes cénomaniennes sont rangées parmi les terrains imperméables. (Azizi et Hichour, 2020).

Formations	Age	Epaisseur (m)	Résistivité ($\Omega.m$)	Intérêt hydrogéologique
Sables, graviers et cailloutis	Plio-Quaternaire	5-145	30-150	Perméable
Sables, graviers et cailloutis	Plio-Quaternaire	5-30	3-5	Imperméable
Calcaires	Eocène	100	70-300	Perméable
Marnes	Montien	70	2-5	Imperméable
Calcaires	Maestrichtien sup	460	70-300	Perméable
Marnes	Maestrichtien inf	40-50	5-20	Imperméable
Marnes	Campanien	200	2-5	Imperméable
Marnes	Emschérien	90-100	2-5	Imperméable
Calcaires	Turonien	200-270	70-300	Perméable
Marnes argileuses	Cénomaniens	600-1000	2-5	Imperméable

Tableau. III.22 : Caractéristiques hydrogéologiques et géophysiques des formations dans la plaine de Meskiana. (Azizi et Hichour, 2020).

II.2. Géométrie de l'aquifère de la plaine de Tébessa

Le système aquifère de la plaine de Tébessa est formé essentiellement par un manteau alluvial d'âge Quaternaire ; composé de cailloutis calcaires d'une épaisseur qui varie entre 10 et 400 m. Les calcaires du Turoniens, Maestrichtiens et du Campaniens constituant les reliefs en bordures Nord Est et Sud de la plaine, forment également d'importants aquifères. L'aperçu hydrogéologique de la carte piézométrique figure (voir annexes) nous permet de visualiser que la direction des eaux souterraines de la région étudiée est en général de SE vers NW et vers le Nord. Le drainage de la nappe s'effectue principalement par oued el kebir et ses affluents, il est compensé par une alimentation provenant de bordures calcaires situées dans la partie sud et Nord de la région. (Chenatlia et Hamaili, 2020).

II.3. Géométrie de l'aquifère du site du barrage

En amont du site du barrage, la pente de la rivière est faible. Les formations géologiques qui constituent le réservoir sont du même type que la parcelle barrage ; ce sont des sédiments, datant du Cénomaniens, composés des marnes, finement stratifié, en alternance avec des calcaires marneux. Sur le terrain aucun dépôt de sel n'a été trouvé dans le réservoir ou sur la pente en l'occurrence l'analyse chimique des eaux indique une forte salinité, en déduit que la source de contamination se situe en amont (les monts de bordure Nord). (ANBT).

Dans un intercalaire réservoir, la formation est majoritairement recouverte de sédiments récents, principalement exposé dans la zone du barrage principal et sur environ 1km en amont. Les formations Quaternaires sur la carte géologique du site du barrage (voir annexes) et les contraintes sont décrites ci-dessous :

- Alluvions à court terme : principalement composées de plus ou moins de gravier et de sable moins d'argile généralement peu exploités, ces gisements sont rencontrés dans le lit d'oued Mèllegue. Leur puissance maximale est estimée à 1,5 m.
- Champs bas en terrasses : peu courants, surtout le long de la rivière Mèllegue, ils sont principalement composés de sable argileux.
- Les hautes terrasses : bien représentées sur les rives de l'oued Mèllegue et de l'oued el Guelib, elles s'inclinent légèrement vers la vallée ; la composition est hétérogène, généralement, il s'agit principalement d'argile sableuse.
- Dépôts Jet stream : bien représentés du fait de la forte érodabilité des roches en présence ; parfois superposée à des sédiments en terrasse.
- Colluvions : Couvrent une grande surface, mais leurs épaisseurs sont généralement faible.

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. (ANB, 2005).

III. Les apports solides

III.1. Erosion

L'érosion des sols par l'eau est un phénomène complexe qui résulte de divers processus causés par l'action en général combinée de la pluie et du ruissellement, et dont l'expression varie en fonction de la résistance du milieu (sol, couvert végétal, pratiques agricoles) et de la topographie. Les principales formes d'érosion sont (Azizi et Hichour, 2020).

- l'érosion en nappe,
- l'érosion linéaire,
- l'érosion en masse.

III.1.1 Erosion en nappe

Érosion en nappe ou érosion diffuse se manifestant par une dégradation du sol toute sa surface. L'érosion de surface peut entraîner l'enlèvement de la majeure partie de l'horizon humifère en quelques dizaines d'années. Le signe le plus connu d'érosion en nappe est la présence de zones de couleur claire des zones les plus dénudées et attaquées du terrain (fractures des sommets et des pentes). Cette érosion est présente dans la plupart des sols cultivés lorsque la pente dépasse 5%.

III.1.2 Erosion linéaire

Le ruissellement se forme sur des sols qui ont perdu leur capacité d'infiltration où le stockage de l'eau s'organise alors en aval, entraînant une érosion linéaire de l'écoulement concentré. L'érosion en nappe et le tassement du sol conduisant à la dégradation de la structure de la couche arable, à l'origine phénomène de ravinement progressif. (Azizi et Hichour, 2020).

III.1.3 Erosion en masse

Les mouvements en masse sont générés par un déséquilibre entre le poids de la couverture de sol et la cohésion du matériau. Les mouvements en masse sont en général des éboulements ou des glissements de terrain, et se rencontrent souvent dans les versants raides des zones montagneuses.

III.2. Les principaux facteurs de l'érosion hydrique

Les facteurs d'érosion affectent la force des processus de séparation, de transport et de dépôt. Par conséquent, ces facteurs agissent sur le processus, qui à son tour conduit à des formes spécifiques d'érosion.

III.2.1. Topographie

Certains chercheurs ont mis en évidence l'effet de la topographie sur l'érosion. Beaucoup ont montré que la topographie agit sur le ruissellement et la pente de sol à travers deux composantes. La topographie fait d'abord référence à la pente du terrain : la pente accélère l'érosion car elle augmente la vitesse d'écoulement de l'eau.

III.2.2. Facteur climatique (le climat)

Le climat est un facteur important qui affecte directement les mécanismes d'érosion. Certaines influences climatiques font partie du processus d'altération. La fréquence et l'intensité des précipitations sont deux caractéristiques importantes des facteurs climatiques d'érosion hydrique des sols. Ces caractéristiques créent un ruissellement lorsque les précipitations dépassent la capacité du sol à absorber l'eau, et le potentiel érosif de l'eau de pluie est connu comme un terme générique pour l'érodabilité.

III.2.3. Facteurs lithologiques (sol)

L'érosion du sol fait référence à sa sensibilité aux processus d'érosion. Elle dépend des propriétés physico-chimiques du sol (texture, profondeur, porosité, teneur en matière organique, etc.) et de la cohésion qui existe entre ses particules. Une faible cohésion conduit à une forte érosion. Il est à noter que l'érosion du sol diminue avec l'augmentation de la teneur en matière organique, ce qui réduit la mouillabilité des agrégats et réduit le risque d'éclatement lors du mouillage. Trois propriétés fondamentales des sols permettent de déterminer leur érosion et d'évaluer leur résistance à l'érosion :

- teneur en limon, en particulier en argile ;
- la matière organique qui lie le sol ensemble ;
- Minéralogie et caractéristiques chimiques du sol lié à la cohésion

III.2.4. Couvert végétal

C'est un facteur majeur dans la protection des sols contre l'érosion. Le couvert végétal est plus efficace lorsqu'il absorbe l'énergie cinétique des gouttes de pluie, lorsqu'il ralentit le ruissellement et maintient une bonne porosité (Azizi et Hichour, 2020).

Le rôle du couvert végétal :

- Les plantes cultivées ou naturelles protègent les sols de l'érosion hydrique et éolienne, en effet :
- La partie aérienne de l'usine agit comme un parapluie pour l'usine de production
- Les plantes ralentissent le ruissellement de l'eau et du vent en rendant le sol rugueux

III.2.5. Facteurs anthropiques

Certaines activités humaines, par les effets du surpâturage et de la déforestation, conduisent à des taux accrus d'érosion hydrique naturelle, entraînant le compactage du sol, réduisant sa perméabilité et favorisant le ruissellement de l'eau. L'intensification de l'agriculture, la croissance démographique et l'urbanisation ne feront qu'exacerber ce phénomène. (Azizi et Hichour, 2020).

III.3. Estimation des apports solides

III .3.1 Apports solides au barrage

L'analyse des données hydrologiques à El Aouinet et Ouenza a permis d'estimer les apports solides annuels au barrage à 2,5 hm³.an⁻¹(ANB, 2005).

La figure présente les valeurs d'apports solides aux réservoirs obtenus par générations stochastiques pour une durée de vie et une fréquence de non-dépassement données.

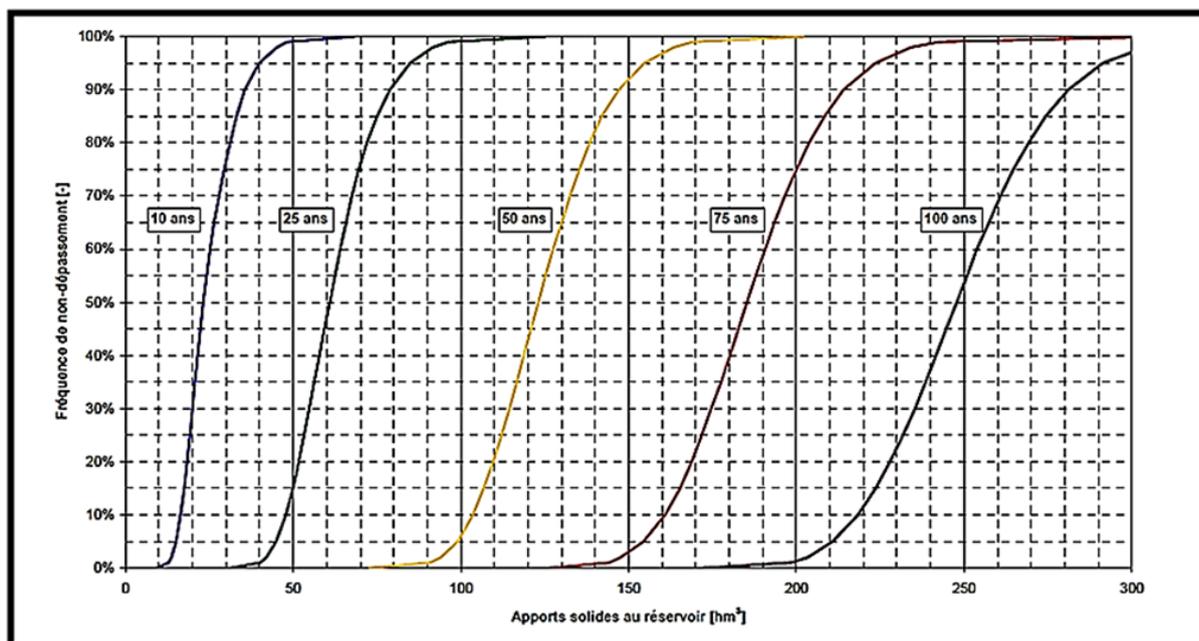


Figure. III.14 : Apports solides au réservoir (ANB, 2005).

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 (ANB, 2005).

III.3.2 Apports liquides au barrage

L'étude a permis de dresser un tableau d'apports mensuels portant sur 77 ans. L'apport annuel s'établit à 67 millions de m³. La distribution mensuelle et les statistiques de ces apports sont données ci-dessous. (ANB, 2005).

Formule de samie

$$A = P^{\wedge} (2) (293 - 2.2\sqrt{S}) ; (\text{hm}^3 / \text{an})$$

Avec :

A : apport liquide (volume annuel) en (hm³/an).

P : précipitation moyenne annuelle du BV en (m).

Formule de l'ANRH :

$$A0 = 0.513 \times P_{\text{moy}}^{2.683} \times Dd^{0.5} \times S^{0.842} \left[\left[10 \right]^{-6} \text{ m}^3 \right]$$

Où :

- Pmoy : Pluie moyenne annuelle [m]
- S : Superficie du bassin versant [Km2]
- Dd : Densité de drainage [km/km²]
- A0 : Apport liquide annuel moyenne.

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	12.64	11.90	5.21	3.70	3.44	3.48	3.92	5.06	7.23	6.09	1.36	3.24	67.27
S	29.23	24.35	10.59	5.69	7.26	6.65	8.98	7.15	12.18	8.21	1.77	6.70	59.41
Cv=S/M	2.31	2.05	2.03	1.54	2.11	1.91	2.29	1.42	1.68	1.35	1.30	2.06	0.88
Me	4.48	4.05	1.05	1.13	0.98	1.08	1.52	1.82	43	3.58	0.76	31	54.18
Max	224.87	187.33	74.65	26.03	48.93	34.27	73.57	34.15	82.39	45.23	8.80	53.73	357.30
Min	0.12	00	00	00	0.01	1.01	0.02	00	0.02	0.5	00	00	10.91

Tableau III.23 : Apports liquides mensuels portant sur 77 ans (1924-2001). (ANB, 2005).

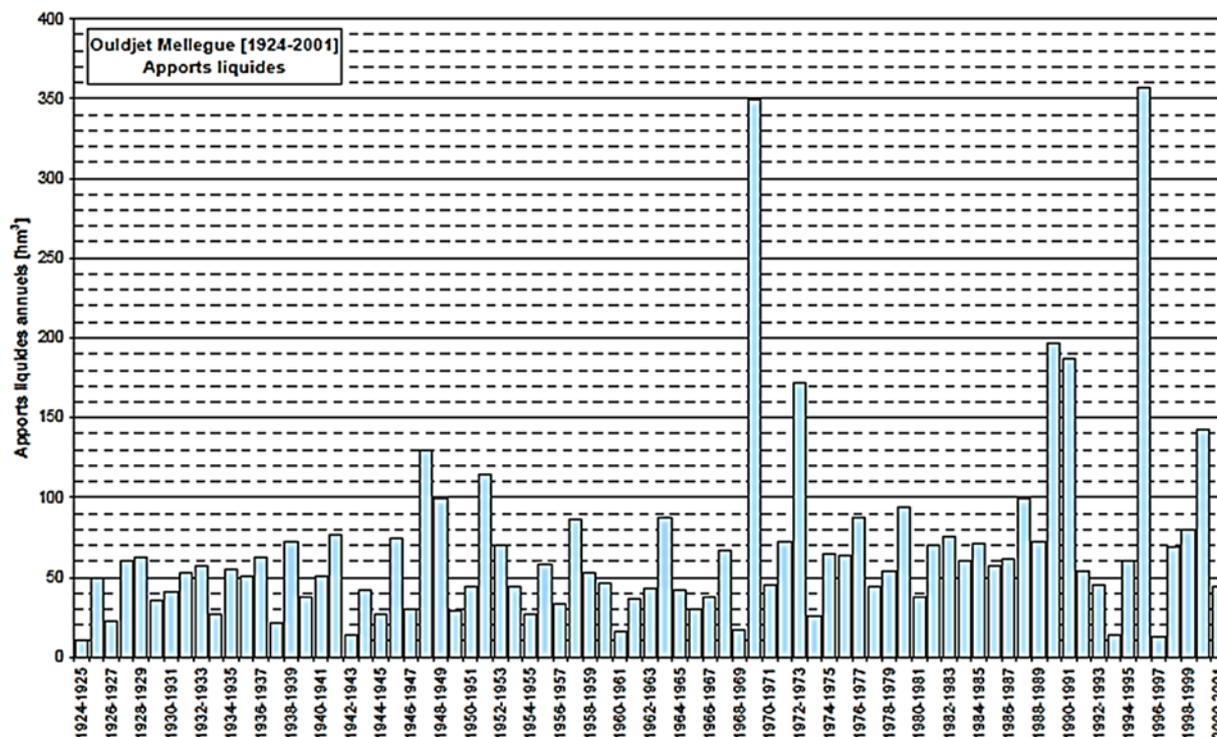


Figure. III.15 : Apports liquides – Données annuelles. (ANB, 2005).

La figure 7 des variations annuelles des apports, sur une période de 77 ans (1924/1925–2000/2001), montre que l'année (1995/1996) est la plus élevée d'apport liquide avec 359 hm³.

III.4. Crues :

Une crue d'un cours d'eau est un débit important d'eau douce, de courte durée, dans un courant d'eau, résultant d'un événement météorologique comme de fortes pluies ou la fonte rapide des neiges. Autrement dit, la crue qualifie un gonflement brusque de l'hydrogramme dû à l'augmentation du débit d'une rivière, d'un oued ou de l'onde de tout cours d'eau. Une approche régionale conduit à adopter trois formes de crues. Les résultats obtenus sont les suivants :

T(ans)	Ouenza			Barrage			K(Qp)		
	Qj	K (Qj)	Qj	Qp A	Qp B	Qp C	(A)	(B)	(C)
10	360	2.06	350	670	1490	2170	2.72	3.52	3.89
100	710	2.74	690	1320	2930	4270	3.40	4.19	4.57
1000	1190	3.26	1160	2220	4930	7170	3.91	4.71	5.08
10000	1780	3.66	1730	3290	7350	10690	4.31	5.11	5.48

Tableau III.24 : Résultats adoptés à Ouenza et Ouldjet-Mellegue. (ANB, 2005).

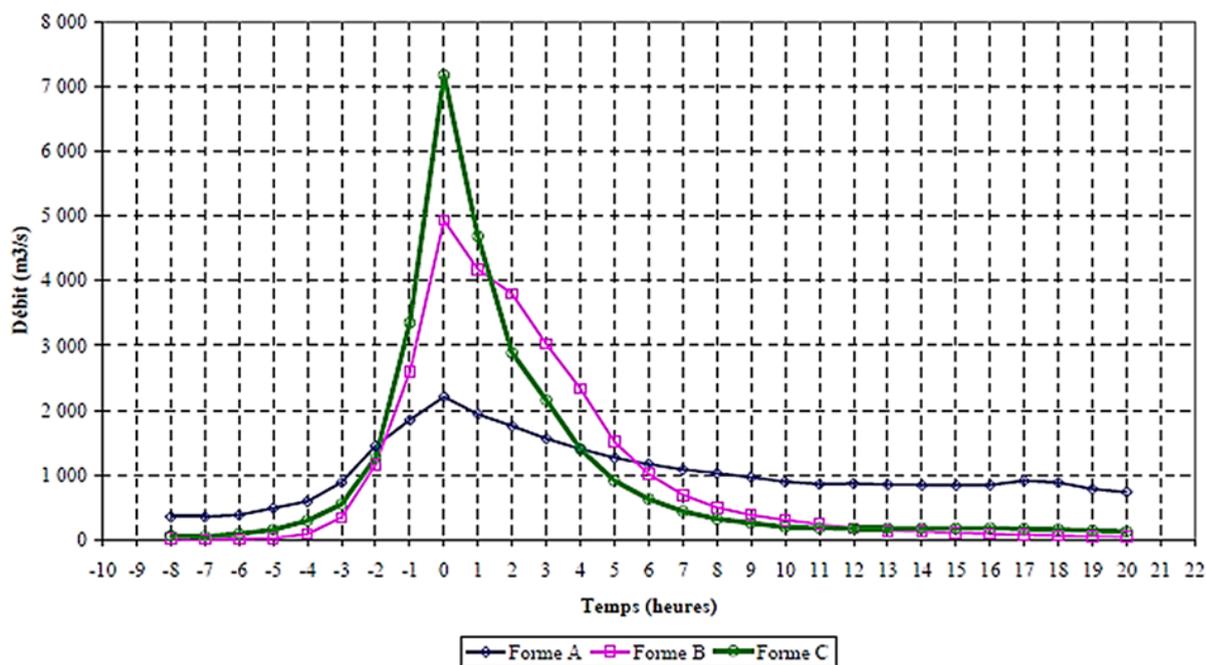


Figure III.16 : Ouldjet Mèllegue – formes de crues pour T= 1000 ans. (ANB, 2005).

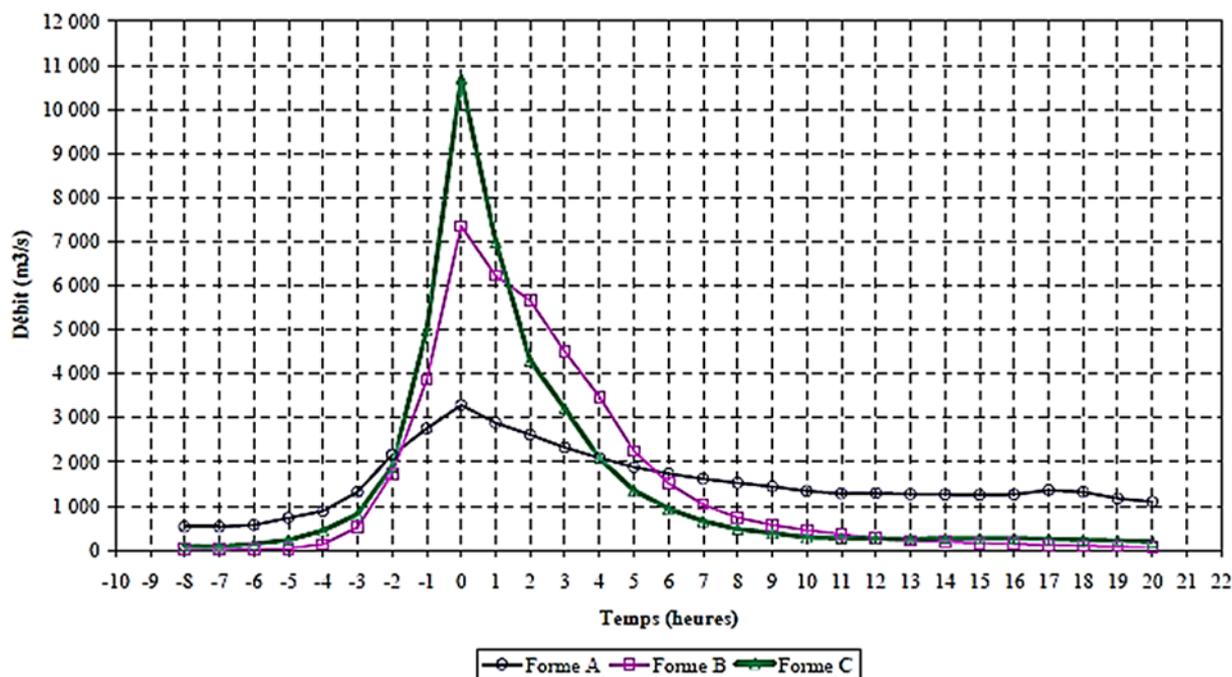


Figure III.17 : Ouldjet Mèllegue – formes de crues pour T= 10 000 ans. (ANB, 2005).

IV. Transport solide

Est le processus d'érosion qui conduit au transport et au dépôt de sédiments, le détachement des particules se produit pendant le processus d'érosion en raison de l'énergie cinétique de l'impact des gouttes de pluie ou de la force générée par le débit d'eau, car une fois la particule séparée, elle est entraînée et transportée, ce transport dépend de la taille et du poids des particules, dépend aussi de la force que l'écoulement exerce sur les particules. (Azizi et Hichour, 2020).

IV.1 Modes de transport solide

Le transport total de solides dans les sédiments est le transport total de particules dans une section du canal, et il existe de nombreux modes de transport pour les sédiments.

- a) - **En Suspension** : Les particules restent parfois en contact avec le fond, elles sautent et sont souvent entourées d'eau. Il s'agit de particules relativement fines.
- b) - **Charriage** : Si les particules restent en contact étroit avec le fond, elles se déplacent en glissant, roulant ou sautant. Ce mode convient aux particules relativement rosses.

a) - Transport en suspension

Les apports solides mensuels et annuels reconstitués sur la période (1924/1925 – 2000/2001) sont présentés en Figure 18 et Tableau 25.

Tableau III.25 : Apports solides en suspension – Masse – Données mensuelles et annuelles (ANB, 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	0.61	0.58	0.24	0.16	0.14	0.15	0.17	0.22	0.34	0.28	0.04	0.14	3.06
S	1.47	1.23	0.54	0.30	0.37	0.34	0.46	0.37	0.62	0.42	0.09	0.34	3.00
Cv=S/M	2.41	2.13	2.26	1.86	2.58	2.34	2.77	1.66	1.84	1.50	2.18	2.50	0.98
Me	0.21	0.17	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.12	0.13	0.00	0.01	2.39
Max	11.24	9.37	3.73	3.73	2.45	1.71	3.68	1.71	4.12	2.26	0.44	2.69	17.71
Min	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28

L'unité utilisée est le million de tonnes (10⁶ T)

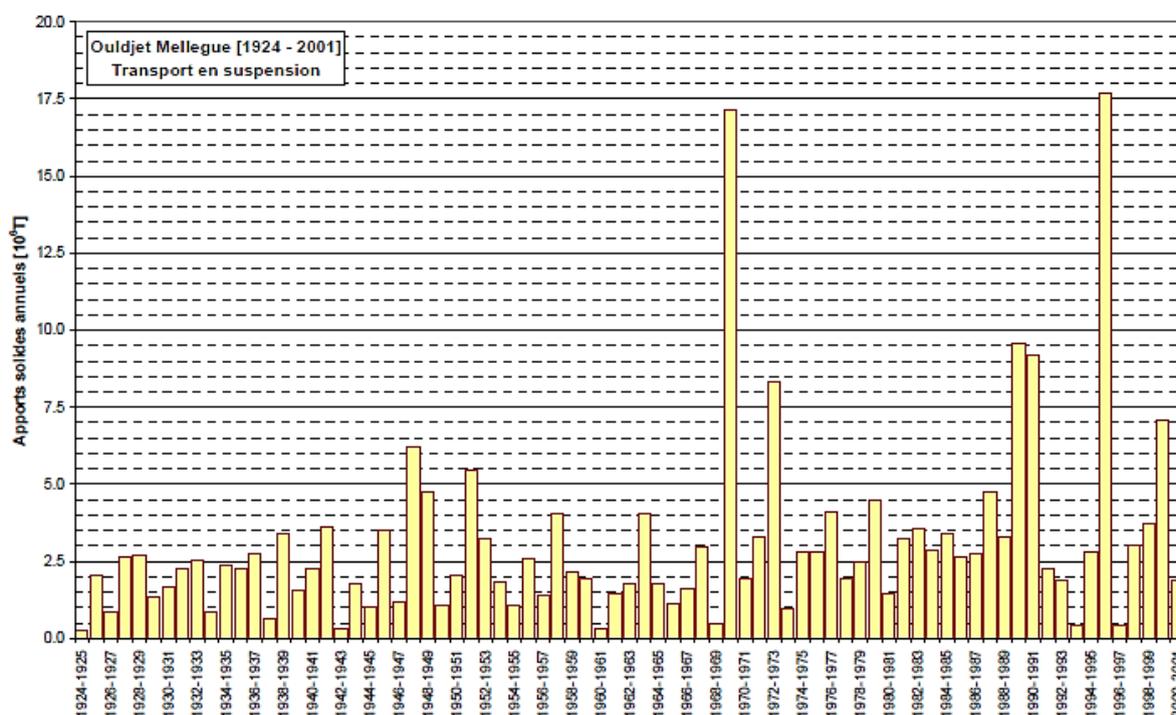


Figure III.18 : Apports solides en suspension –Masse –Données annuelles (ANB, 2005)

b) - Transport par charriage

Le transport par charriage des matériaux les plus lourds est pris en compte par l'intermédiaire d'un coefficient de charriage estimé à 10% : pour 100 T de matériau transporté par suspension, 10 T supplémentaires sont transportés par charriage. La densité des sédiments a été prise égale à 1,35. (ANB, 2005).

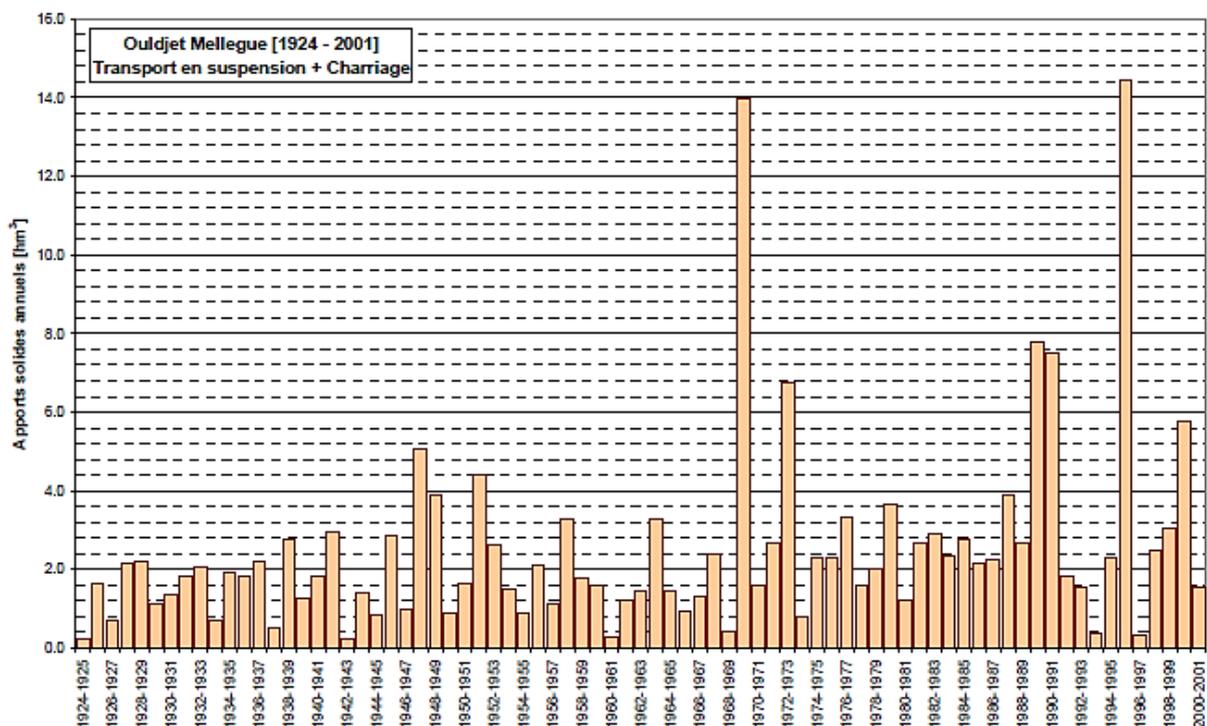


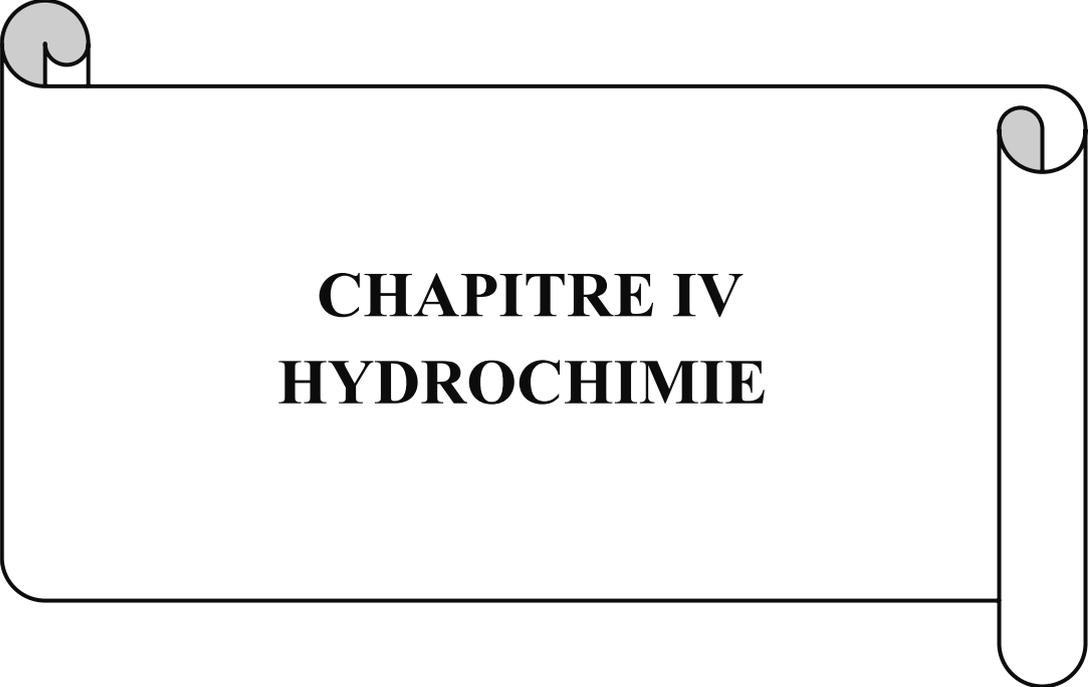
Figure III.19 : Apports solides – Volume – Données annuelles (ANB, 2005).

5)- Conclusion :

La plaine d'Ouenza est caractérisée par un climat steppique où les précipitations moyennes interannuelles enregistrées ne dépassent pas presque 227.78 mm ; La répartition des précipitations et des températures influe sur la chimie des eaux par dilution pendant la période pluvieuse, ou concentration lors de l'évaporation durant la période sèche. La surface et le périmètre du bassin d'Ouldjet Mèllegue qui sont respectivement 4350 Km² et 290 km. L'indice de compacité de GRAVELIUS est de 1.23 d'où un bassin versant de forme allongée. Le rectangle équivalent est d'une longueur $L = 102.37$ km et une largeur $l = 42.49$ km. La pente moyenne du bassin est 1.06% ; L'indice de pente global est de 5.95 m/km ; La dénivelée spécifique est de 393.00 m caractérisant un relief fort ; la densité de drainage est de 0.95 km/km². Le temps de concentration est, pour le cours d'eau le plus long est de 20.30h.

Les températures présentent une légère augmentation progressive traduisant le réchauffement climatique avec une moyenne de 16.6°C. L'année 2018/2019 est la plus pluvieuse avec 411.8 mm et l'année 2017/2018 est la plus sèche avec 115.29 mm Le mois de mars est le plus pluvieux, avec 28.46 mm, alors que le mois de février est le plus sec, avec 10.14 mm. Le bilan hydrique selon la méthode de Thorntwaite prévoit un ETR de 227.78 mm, un DA de 685.65 mm, un excédent de 0 mm et un ruissellement de 0.020 mm.

La nature géologique de la cuvette de la retenue qui est de prédominance marneuse et marno-calcaire ainsi que la présence des terrains de nature argilo-limoneuse garantis l'étanchéité de la cuvette. La topographie et la structure géologique sont des éléments favorables à son étanchéité.



CHAPITRE IV
HYDROCHIMIE

Introduction

La chimie des eaux vise à étudier les paramètres physico-chimiques (conductivité, pH, dureté, ions...) qui font l'identité de base de l'eau et les lois d'échange eau/roche. La composition chimique de l'eau joue un rôle important dans la détermination de sa qualité et de son domaine d'utilisation ; dans notre étude on se basant sur la qualité et l'utilisation des eaux de barrage Ouldjet Mèllegue.

A travers les travaux antérieurs ainsi que notre étude sur le terrain et au laboratoire on a pu avoir des résultats concernant l'hydrochimie de ce barrage.

II. Méthodologie et stratégie de travail

Les prélèvements sont effectués en deux compagnies, la première a été réalisée par le bureau d'étude du barrage en (décembre 2018) et la deuxième a été réalisée par nous-même le (20 décembre 202) au niveau de la cuvette et à la station de traitement du barrage (à la surface, en profondeur, eau drainée, eau brute et eau traitée). On a effectué les analyses chimiques des échantillons d'eau au laboratoire d'hydrochimie à l'université de Tébessa.

- 1 échantillon a été prélevé à la surface de la cuvette de la retenue
- 1 échantillon à 20m de profondeur de la cuvette de la retenue
- 1 échantillon de l'eau drainée a été prélevé à partir de la galerie de drainage
- 1 échantillon de l'eau brute en amont de la station de traitement
- 1 échantillon de l'eau traitée à l'aval de la station de traitement



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



Figure IV .2 : Les échantillons d'eau a analysé.

III. Les paramètres physiques et chimiques

III. 1. Les paramètres physiques mesurés au laboratoire

Les paramètres physiques mesurés au laboratoire portent sur le pH à l'aide d'un pH-mètre, la conductivité électrique, le TDS (totalité des sels dissous), et la salinité à l'aide d'un multi paramètre de paillasse.

III. 2. Les paramètres chimiques mesurés au laboratoire

L'analyse chimique a porté sur les ions majeurs :

- Anions : SO_4^{2-} , Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{2-}
- Cations : Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+

IV. Les méthodes d'analyse

Les méthodes d'analyse groupées permettent d'évaluer la qualité de l'eau par des moyens chimiques. Cependant, les hygiénistes doivent être conscients du fait que ces décisions prises individuellement peuvent conduire à une mauvaise interprétation.

IV .1. Dosages des chlorures

Principe : Les chlorures sont dosés en milieu neutre avec une solution de titrage au nitrate d'argent en présence de bichromate de potassium. La couleur rouge en fin de réaction est caractéristique du bichromate d'argent.

IV. 2. Dosages des bicarbonates

Détermination de l'alcalinité (TA et TAC):

L'alcalinité de l'eau correspond à la présence de bicarbonates, carbonates et d'hydroxydes. Ces dosages sont basés sur la neutralisation d'un volume d'eau avec de l'acide minéral dilué en présence d'un indicateur coloré.

IV. 3. Dosages de la dureté ou hydrométrie (totale, calcique et magnésienne)

La dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH) correspond à la somme des concentrations en calcium et en magnésium. Cette méthode est utilisée lorsque l'indicateur donne avec le cation à doser un complexe trop peu stable qui conduit à un virage peu net. Il est alors possible de sensibiliser le virage de l'indicateur en ajoutant une trace de complexomate d'un autre cation qui donne un complexe plus stable avec l'indicateur.

IV. 4. Dosage du sodium et potassium (Na et K)

Basé sur l'excitation de l'atome à l'état vapeur par l'intermédiaire d'une flamme qui favorise la production d'un spectre d'émission qui sera mesuré après une analyse d'identification.

IV. 5. Dosages des sulfates (méthode spectrophotomètre à flamme)

Les sulfates sont précipités en milieu chlorhydrique à l'état de sulfate de baryum, le précipité ainsi obtenu est stabilisé à l'aide d'une solution de « Tween 20 ». Les suspensions homogènes sont mesurées par spectrophotométrie.

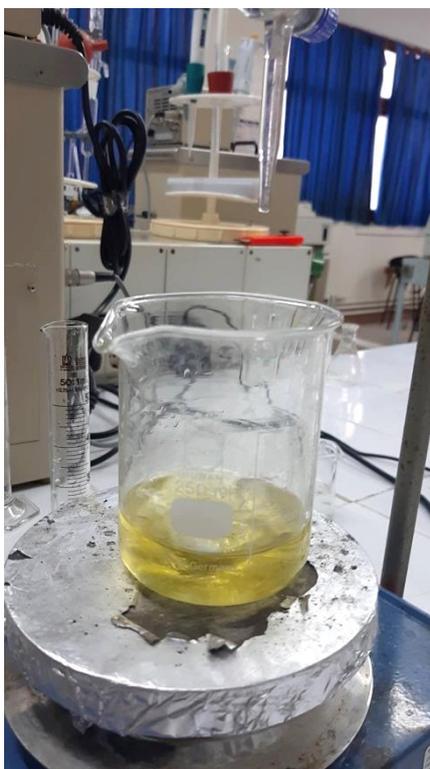
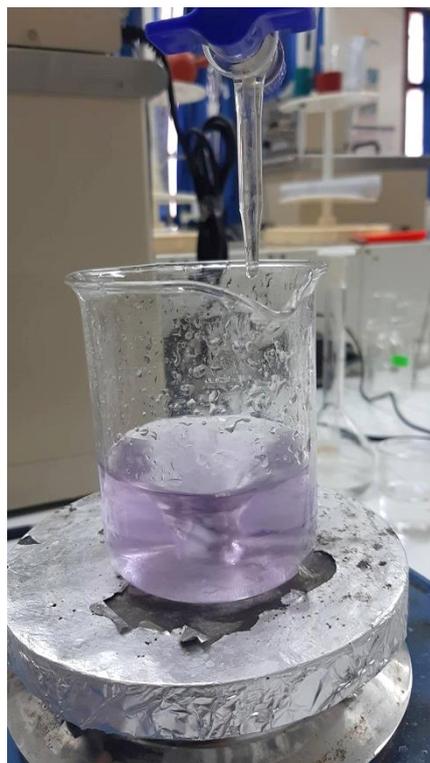


Figure IV .3 : Les analyses des ions au laboratoire d'Hydrochimie à l'Université de Tébessa.

V. Aperçu sur la chimie des eaux des oueds Chabro-Ksob, Meskiana et El-Aouinet

V .1 Détermination des principaux facies hydrochimiques des eaux d'Oued Chabro-Ksob

Les prélèvements sont effectués en deux compagnies pendant deux jours au mois de février selon une répartition et une fréquence différente d'un site à l'autre. Les échantillons ont été choisis d'une façon à ce que tous les puits avoisinants a l'Oued Kébir qui présente le cours d'eau principal et collecte toute les eaux drainées vers l'exutoire de la plaine (Chenatlia et Hamaili, 2020).

V .1.1 Diagramme de piper

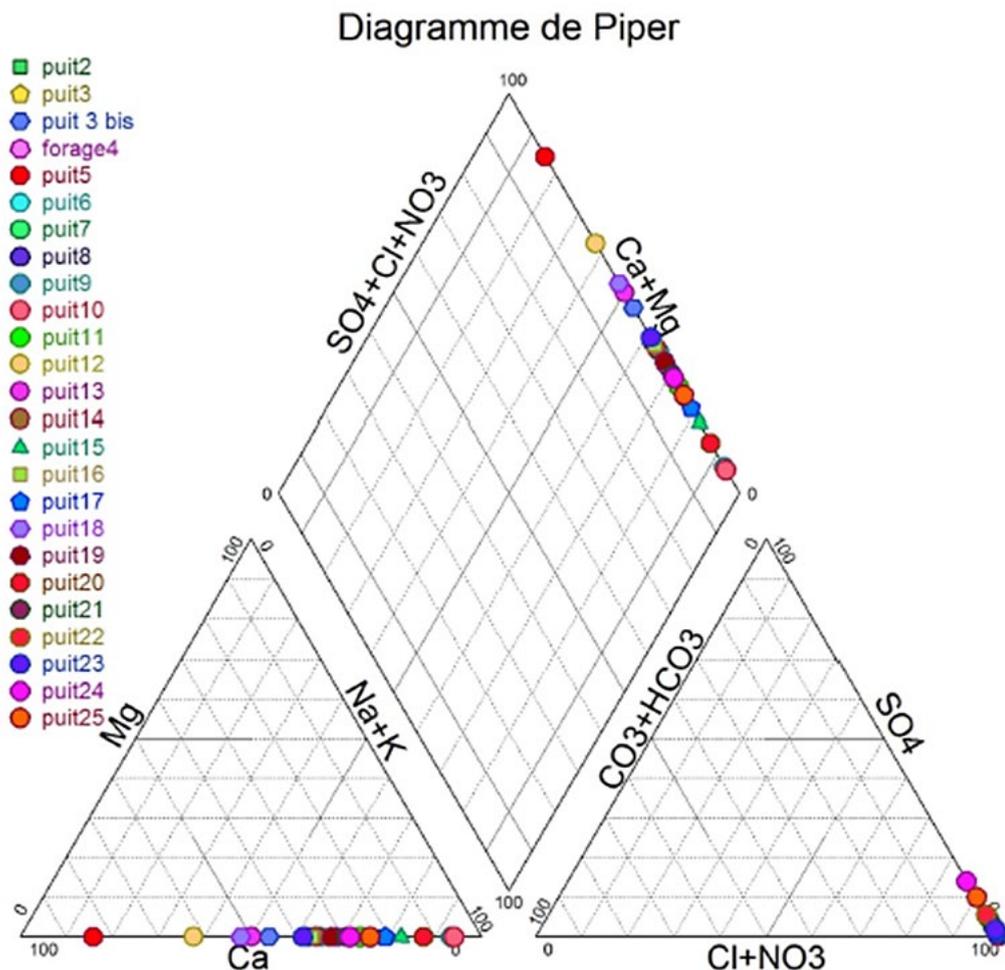


Figure IV. 4: Diagramme de piper de La plaine Tébessa_Morssot. (Chenatlia et Hamaili, 2020).

Selon la distribution des points des concentrations des éléments chimiques dans le diagramme de Piper (Fig. 4) on observe qu'il y a deux faciès dominants qui sont le chloruré calcique et chloruré sodique.

V. 1.2 Diagramme de Schoeller Berkaloff

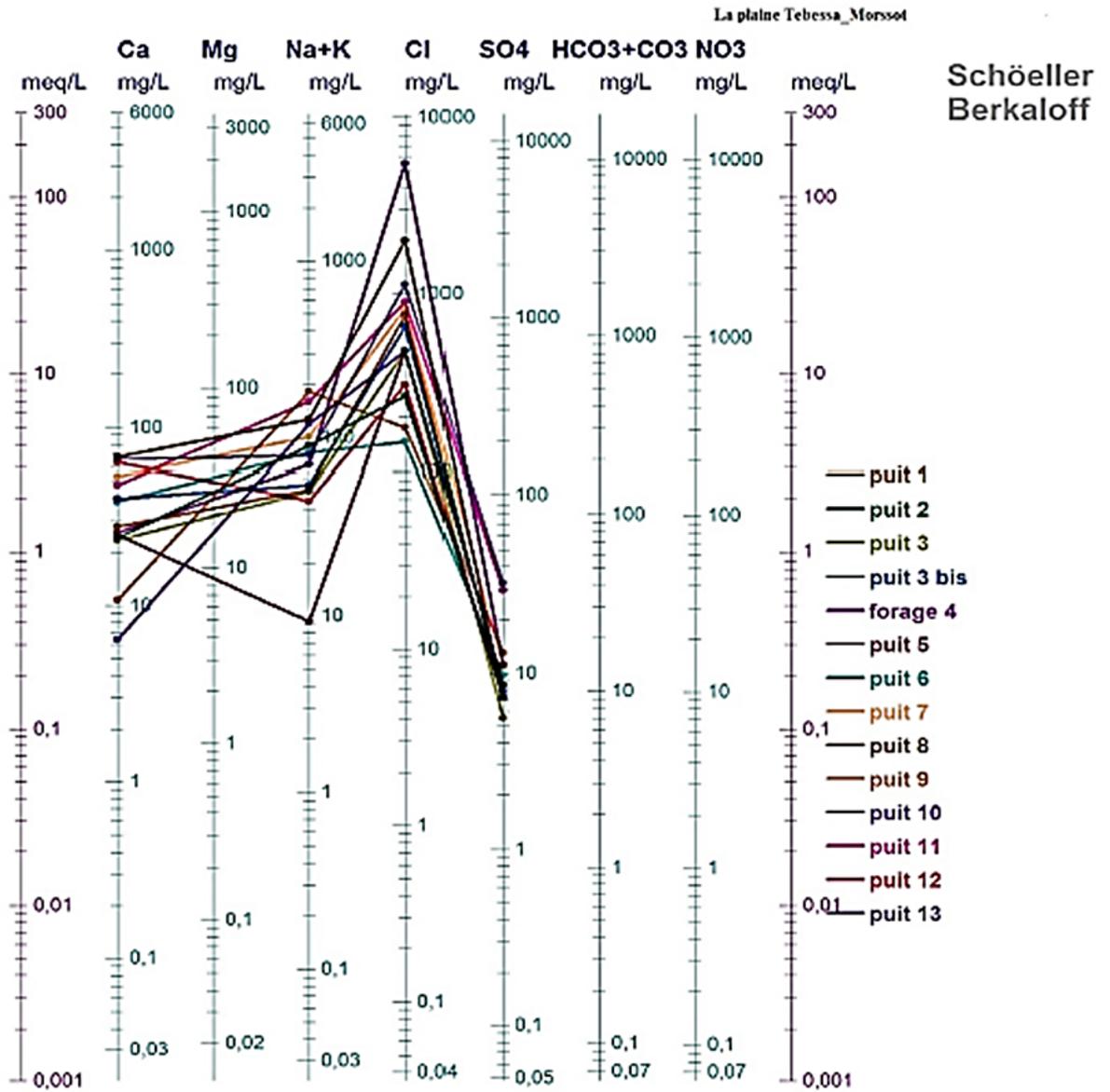


Figure IV. 5: Diagramme de Schoeller Berkaloff (puits 1-puists13) de la plaine Tébessa_Morssot. (Chenatlia et Hamail, 2020).

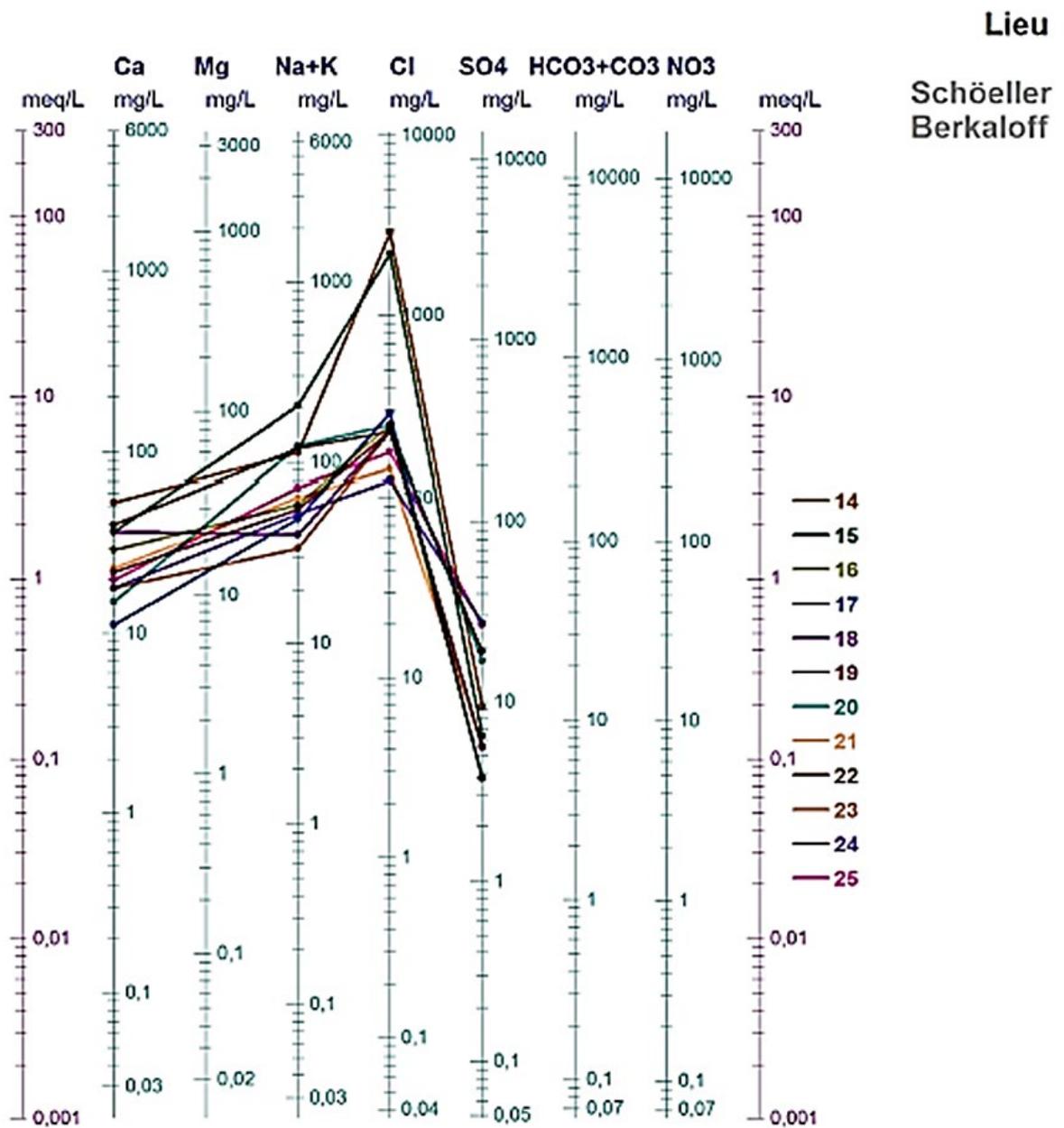


Figure IV. 6 : Diagramme de Schoeller Berkaloff (puits 14-puists25) de la plaine Tébessa_Morssot. (Chenatlia et Hemaili, 2020).

Le diagramme tracé confirme principalement le faciès chimique dominant est de chloruré sodique (Cl Na) et chloruré calcique (Cl Ca) qui indique un état de salinité et une pollution de surface. (Chenatlia et Hamaili, 2020).

V. 1.3 Diagramme de Wilcox

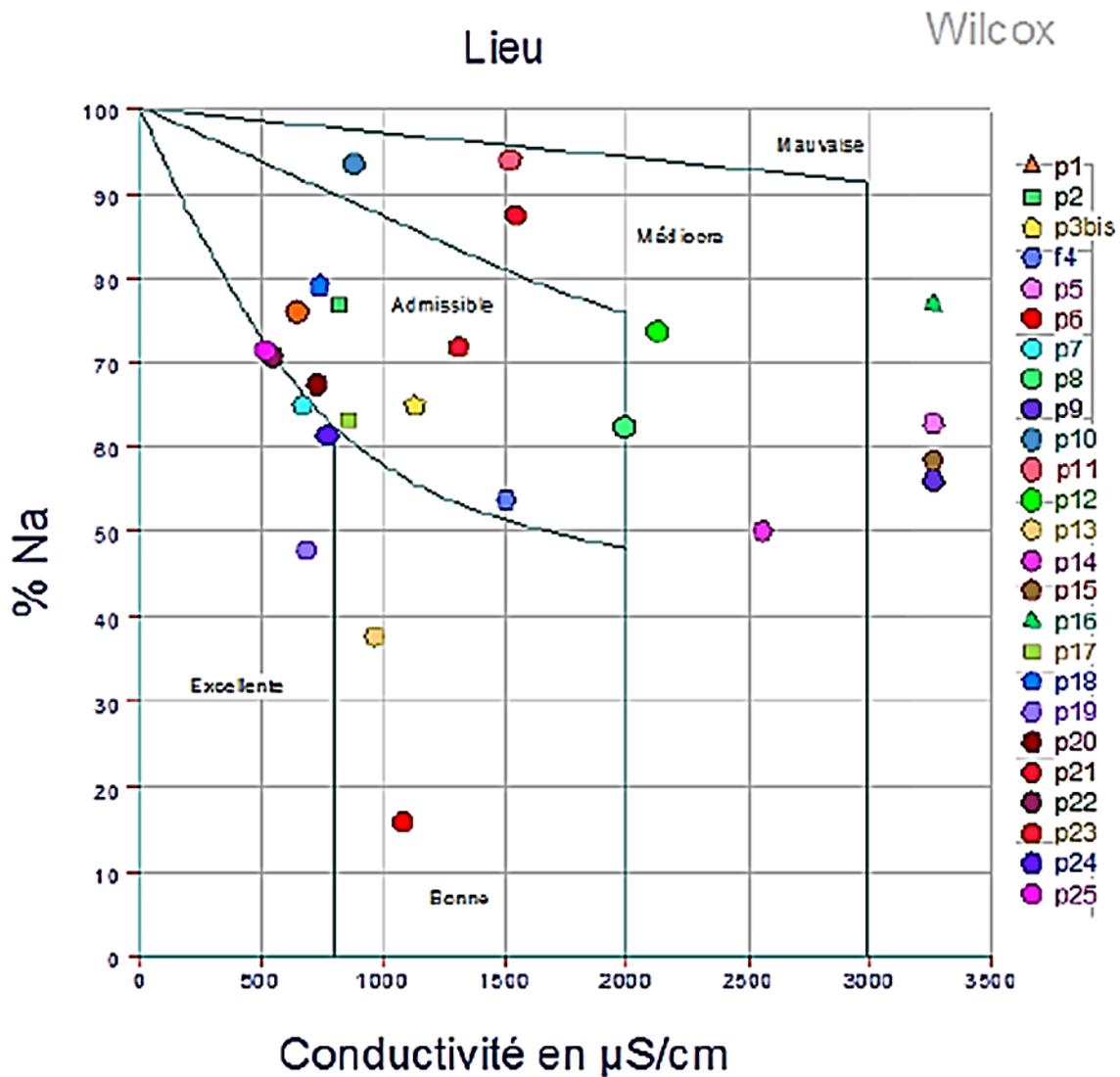


Figure IV. 7: Diagramme de WILCOX de la plaine Tébessa_Morssot (Février 2020). (Chenatlia et Hamaili, 2020).

On remarque sur le diagramme de Wilcox que :

- 36 % des points d'eau sont classés dans la case des eaux admissible convient à l'irrigation des cultures tolérantes au sel sur un sol ayant une bonne perméabilité.
- 20% située dans la classe médiocre.
- 8% des eaux de la bonne qualité qui peuvent être utilisées sans contrôle particulier pour l'irrigation.
- 16% des eaux de mauvaise qualité qui ne convient pas à l'irrigation.
- 20 % des eaux excellentes (l'eau utilisée sans danger et sans un control au préalable). (Azizi et Hichour, 2020).

V.2. Détermination des principaux faciès hydrochimiques des eaux de la nappe Plio-Quaternaire Morsott-El Aouinet

Pour caractériser l'hydrogéochimie du système aquifère Morsott-El Aouinet, le long des lignes d'écoulement depuis la zone de recharge jusqu'à l'émergence, une trentaine de puits ont été échantillonnés (entre 2003 et 2006). Il s'agit de puits de particuliers, de puits municipaux et de puits d'observation. (Fehdi, 2008).

V.2.1 Diagramme de Piper

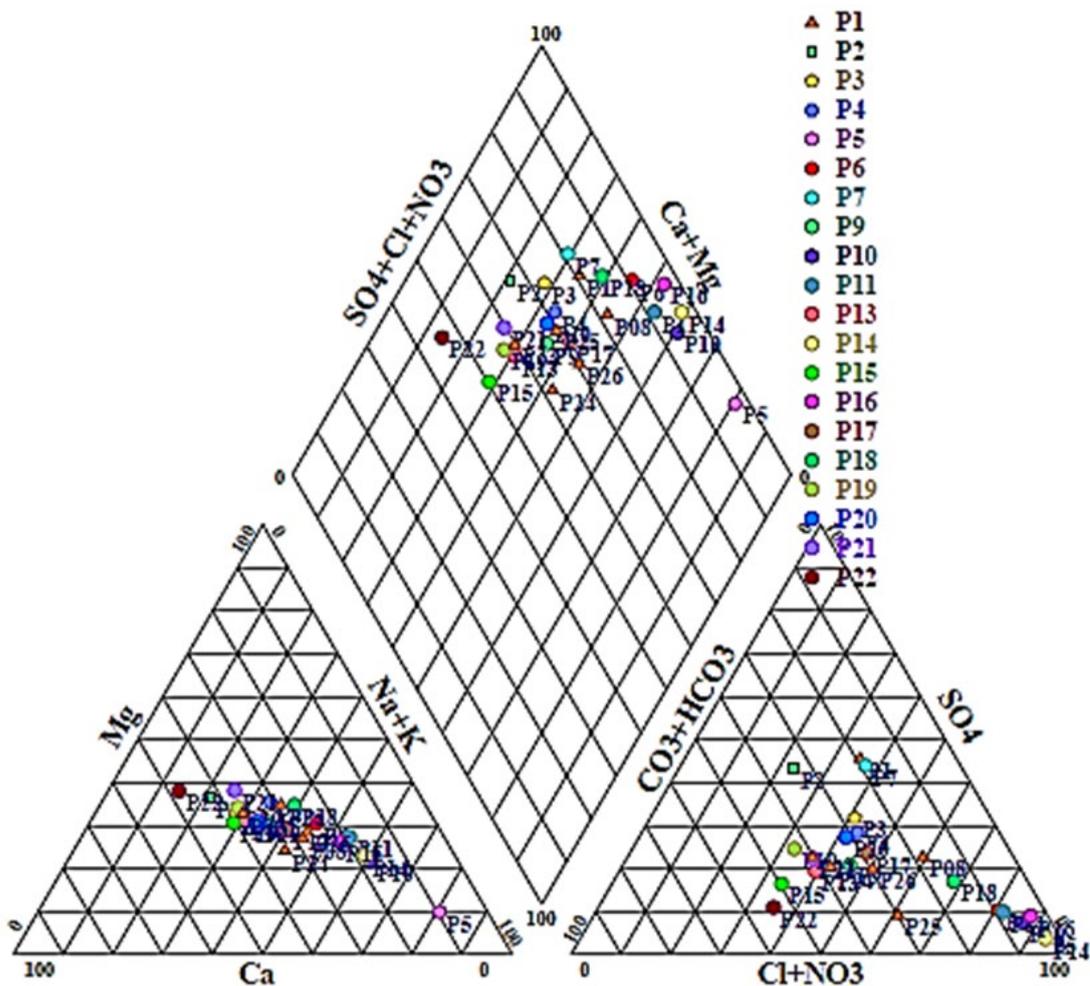


Figure IV. 8 : Diagramme de Piper (mars-avril 2005). (Fehdi, 2008).

Dans le diagramme des anions, on distingue que les points d'eau forment pratiquement un seul grand groupe, proche du pôle chloruré (P5, P14, P6...) excepté les points d'eau P22 et P15 qui sont proches du pôle bicarbonaté. Dans le diagramme des cations, on distingue un seul groupe, proche du pôle sodique (P5, P10, P11...). Les puits représentés au milieu du triangle ne présentent pas de dominance. Ailleurs un enrichissement en chlorures et en sodium est très net le reste des points d'eau à tendance à s'enrichir de plus en plus. (Fehdi, 2008).

V .2.2 Diagramme de SCHOELLER-BERKALLOF

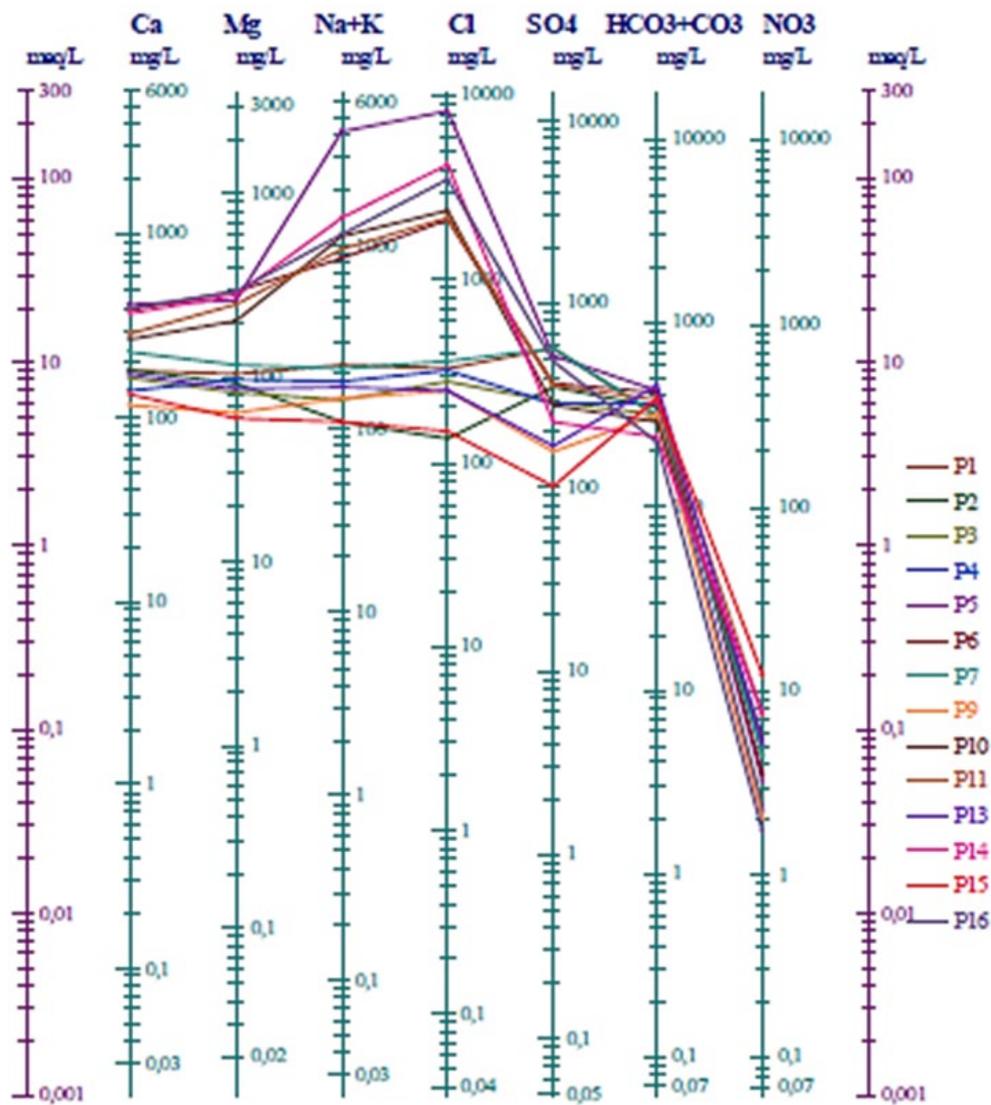


Figure IV. 9 : Diagramme de Scholler-Berkalloy. Mars-avril 2005. (Fehdi, 2008).

Le puits P5, P6, P10, P11 et P14, présente une teneur élevée en chlorures, due à la mise en solution de l'halite qui lié aux formations triasiques salifères. Le sodium présente aussi des concentrations qui dépassent les normes au niveau des mêmes puits. (Fehdi, 2008).

V.3 Détermination des principaux facies hydrochimiques des eaux d'Oued Meskiana

Pour caractériser l'hydrochimie des eaux d'oued Meskiana, nous avons pris les résultats d'analyses réalisées par Mr Gouaidia (2002-2003-2004) sur les eaux souterraines de la région et les résultats des analyses réalisées par (Azizi et Hichour, 2020) sur l'eau de surface.

V.3.1 Diagramme de SCHOELLER-BERKALOFF

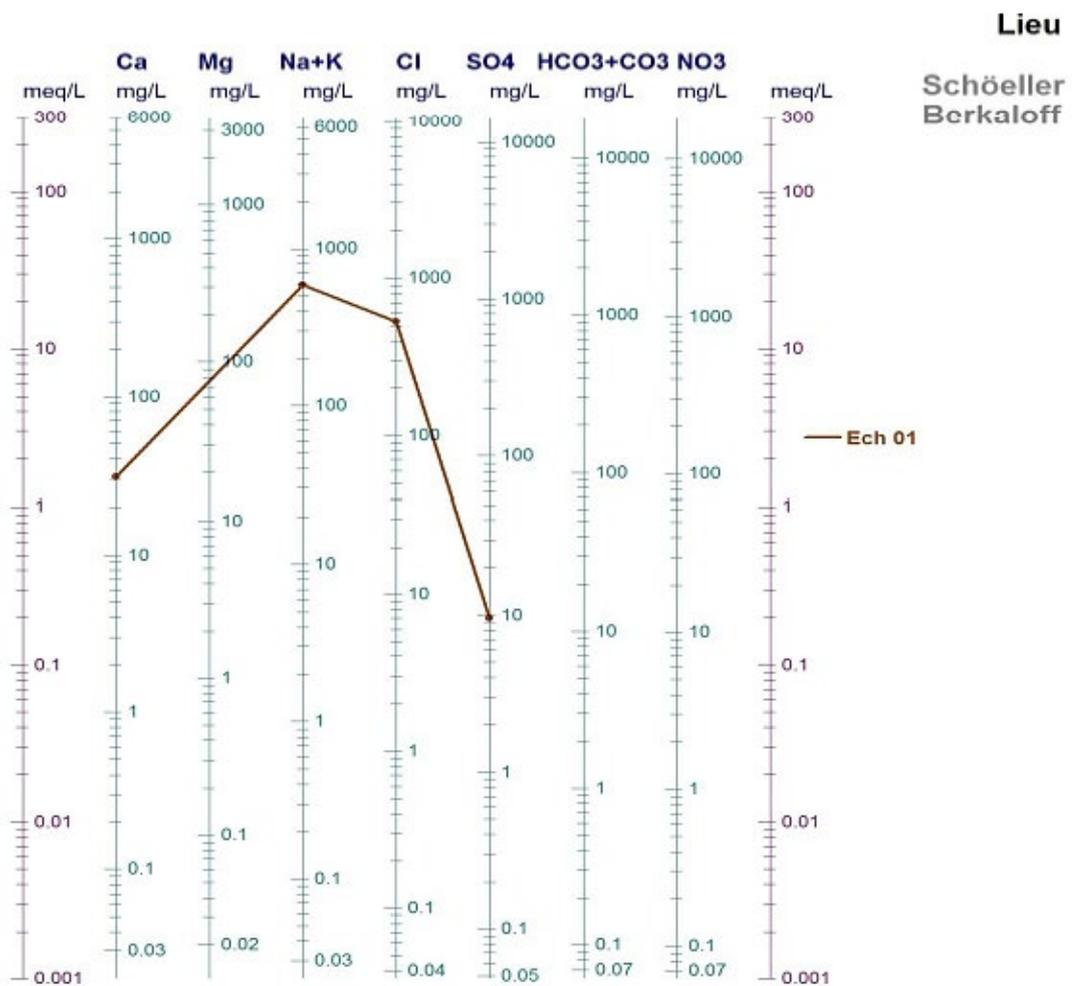


Figure IV. 10 : Diagramme de Schoëller-Berkaloff, des eaux de surface mars 2020. (Azizi et Hichour, 2020).

V.3.3 Diagramme de Wilcox

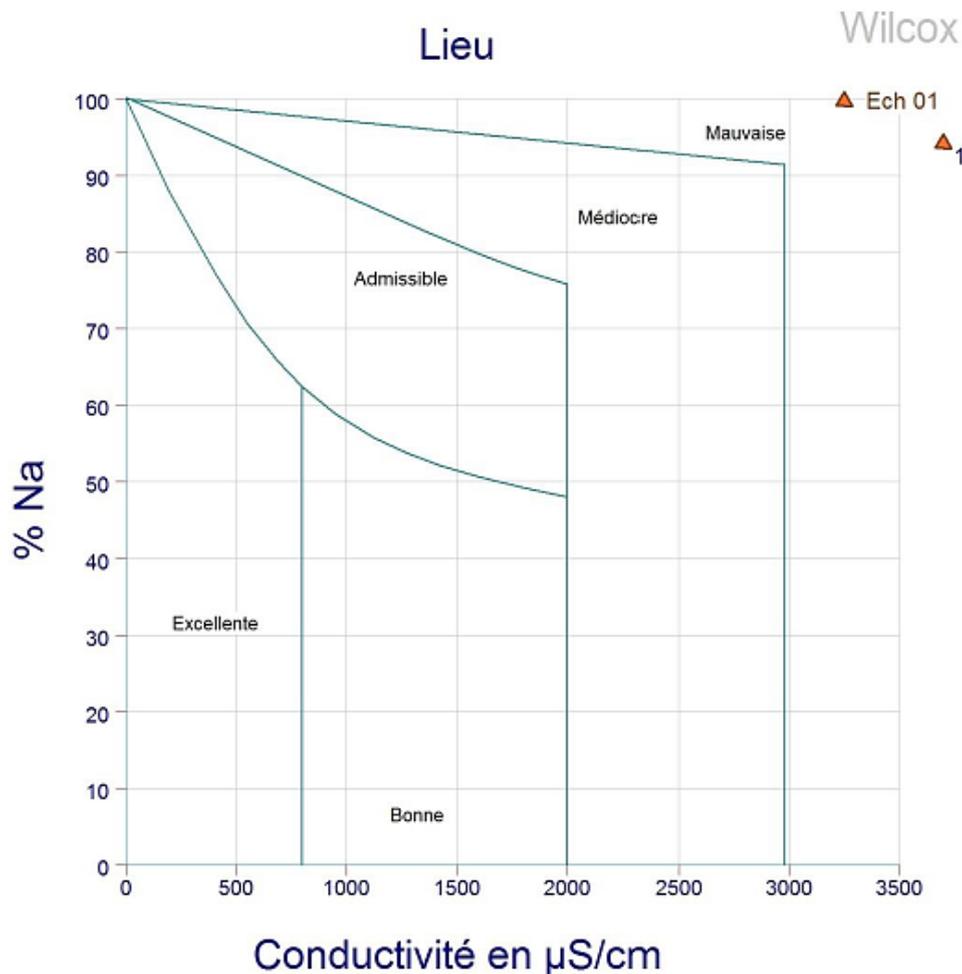


Figure IV. 12 : Diagramme de Wilcox des eaux de surface de Meskiana mars 2020. (Azizi et Hichour, 2020).

Le diagramme de Wilcox représente un échantillon de mauvaise qualité, cette classe se caractérise par les eaux de forte minéralisation, présentant des risques de salinisation des sols importants, avec alcalisation fort.

L'étude de Mr GOUAIDIA en 2004, indique la répartition des différents faciès dépendait de la lithologie et de l'hydrodynamisme de la nappe aquifère. Le faciès bicarbonaté-calcique se localise en amont et tire son origine des formations carbonatées bordant la nappe. Le faciès chloruré-calcique est important et se localise à l'intérieur de la nappe. Il s'explique par la présence des formations alluvionnaires salées du Mio-Plio-Quaternaire et des marnes gypsifères d'âge Emschérien. (Azizi et Hichour, 2020).

Monsieur « Gouaidia » a réalisé une étude hydrochimique des eaux de la nappe Mio-Plio –Quaternaire de Meskiana (2002-2003-2004) et il a constaté que :

- L'eau est caractérisée par une salinité élevée avec la présence de quatre faciès différents à savoir le chloruré calcique, chloruré sodique, sulfaté calcique et le bicarbonaté calcique,
- La distribution spatiale des éléments chimiques suggère que la chimie est étroitement liée à la lithologie des aquifères, suite à la dissolution des formations carbonatées et des formations évaporitiques,
- Le suivi de la qualité de l'eau dans le temps a montré l'impact des précipitations et de l'évaporation sur la minéralisation des eaux souterraines,
- L'évolution des éléments chimiques (Na^+ , Cl^- , Ca^{2+} , SO_4^{2-} , HCO_3^-) caractérisant les principales structures géologiques du bassin montre que les ions sels (Na^+ , Cl^-) et les ions gypse (Ca^{2+} , SO_4^{2-}) sont prédominants avec ceux de l'acide carbonique par rapport aux calcinés (Ca^{2+} , HCO_3^-), en termes d'obtention de salinité.

VI. Interprétation graphique et identification des faciès chimique des eaux de barrage Ouldjet Mèllegue

VI.1 Diagramme de Piper

Les résultats des analyses chimiques sont affichés sur des graphiques pour visualiser rapidement les eaux de même nature chimique et classer les différentes phases chimiques. Le diagramme de Piper est un diagramme triangulaire se fait en portant en premier lieu les valeurs respectives des anions et des cations sur les 2 triangles équilatéraux.

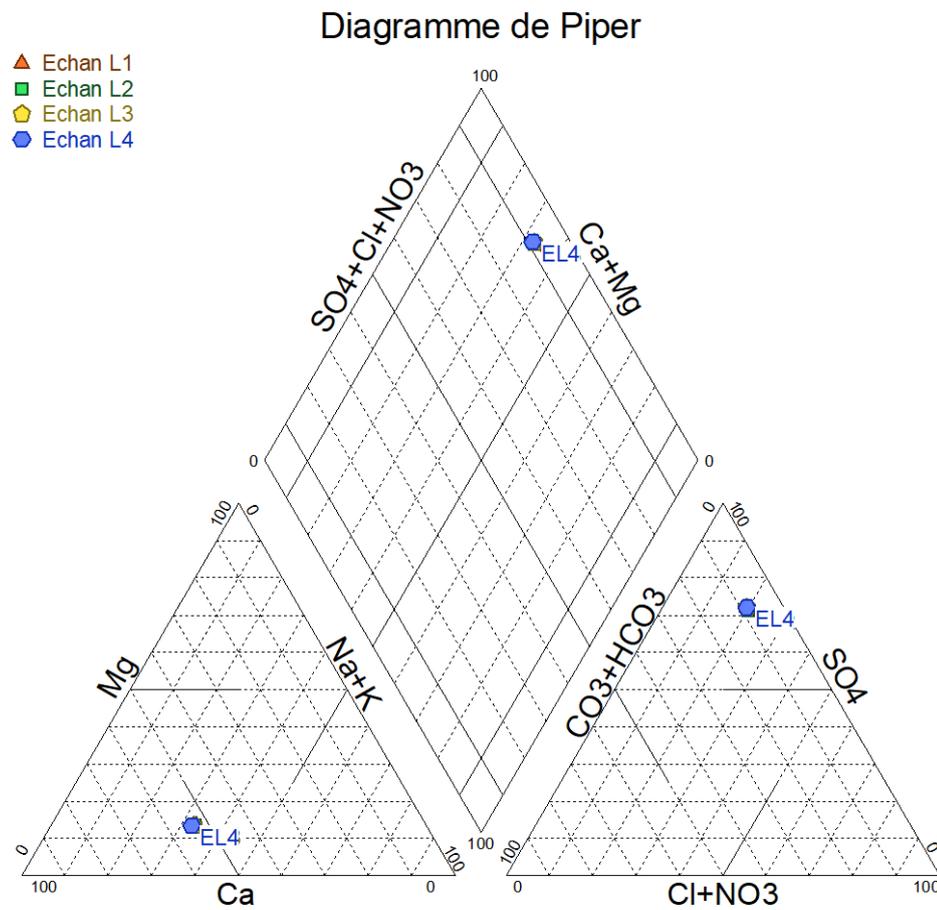


Figure IV.13 : Diagramme de piper des eaux de barrage Ouldjet Mèllegue. (Décembre 2018, ANBT).

A partir de ce diagramme on confirme que le faciès chimique dominant c'est le faciès sulfaté calcique.

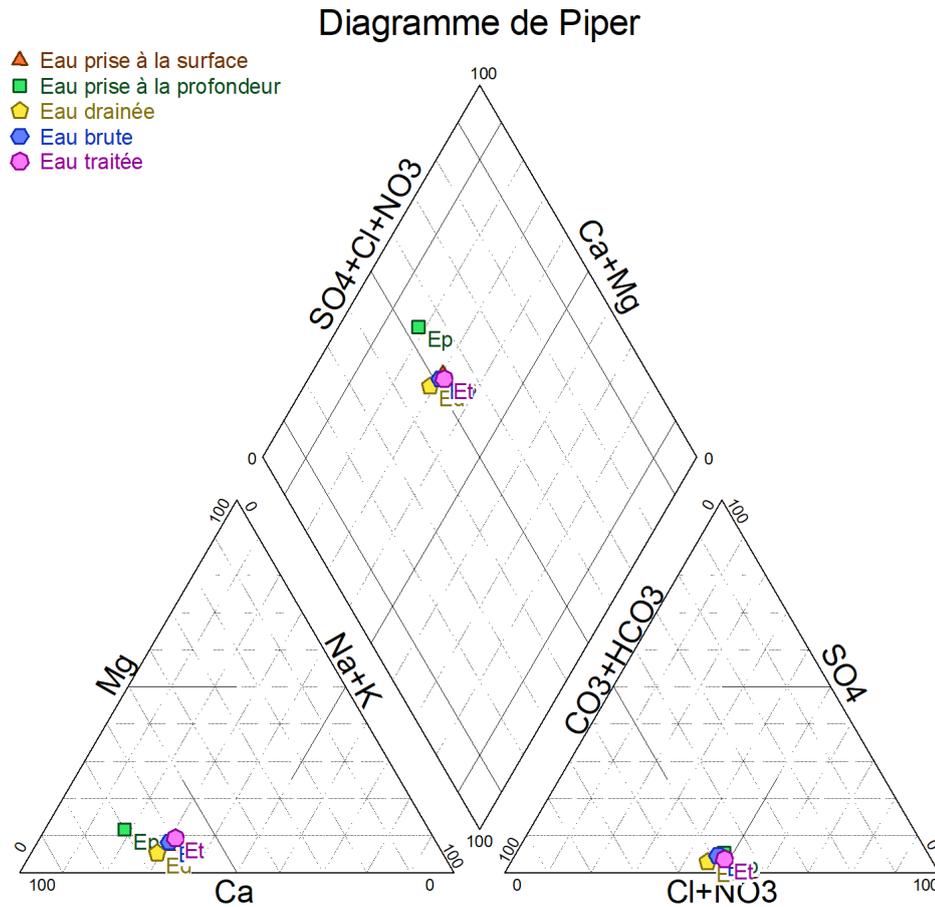


Figure IV.14 : Diagramme de piper des eaux de barrage Ouldjet Mèllegue. (Décembre2021).

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

Dans le diagramme des cations, on distingue un seul groupe, proche du pôle calcique donc le faciès dominant c'est chloruré calcique.

VI. 2. Diagramme de SCHEOLLER –BERKALLOF

Entre autres choses, les diagrammes de Schoeller peuvent simplement identifier les phases des eaux, en utilisant les concentrations des éléments majeurs et en les traçant sur un diagramme à colonnes avec une échelle logarithmique.

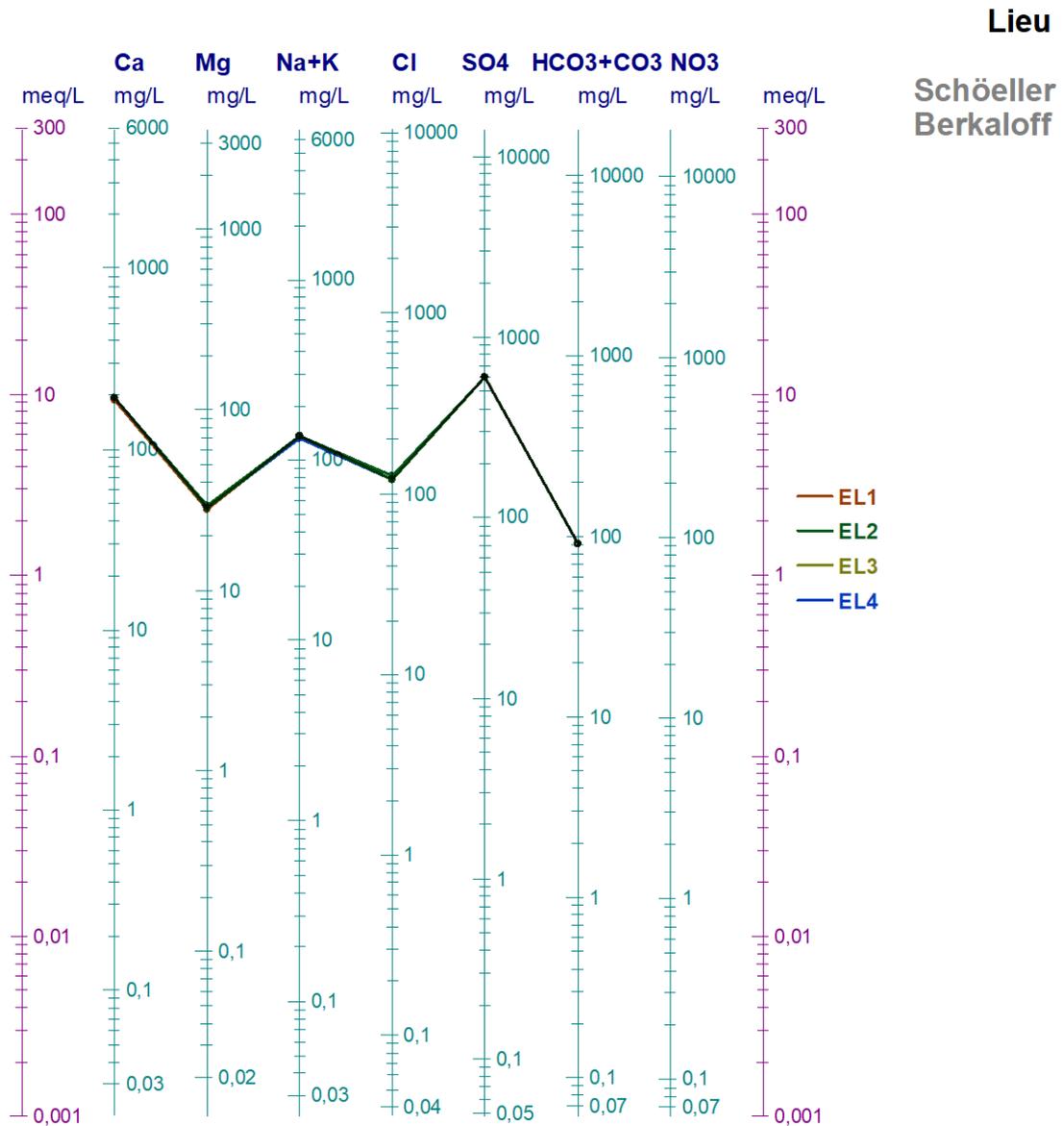


Figure IV.15 : Diagramme de Schoeller Berkaloff des eaux de barrage Ouldjet Mèllegue. (Décembre 2018, ANBT).

Le diagramme de Shoeller Berkaloff confirme le faciès chimique dominant c'est le sulfaté calcique.

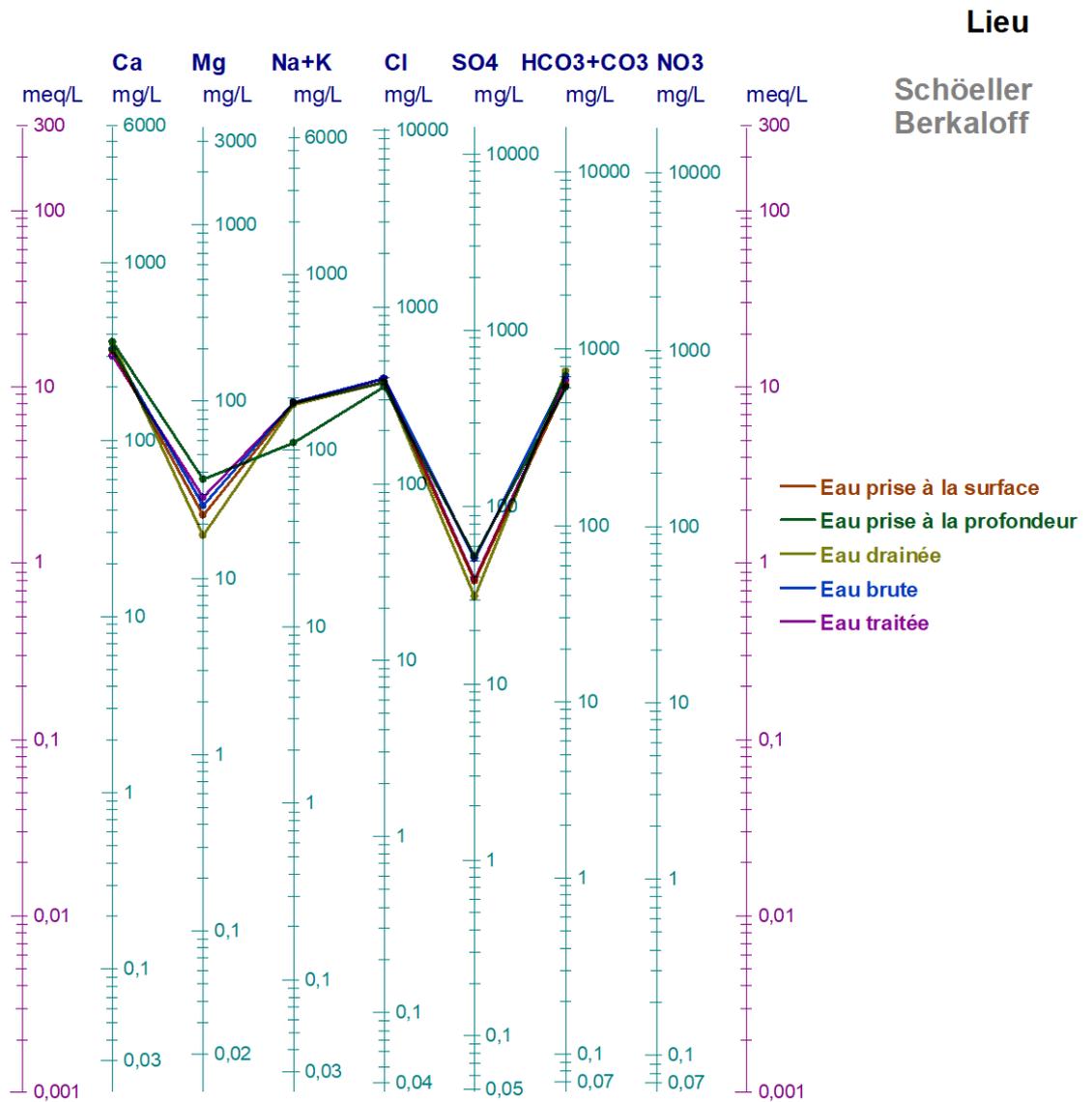


Figure IV .16 : Diagramme de Schoeller Berkaloff des eaux de barrage oudjet mëllegue. (Décembre2021).

Les points d'eau, présentent une teneur élevée en chlorures, due à la mise en solution de l'halite qui est lié aux formations triasiques salifères. Le calcium présente aussi des concentrations qui dépassent les normes de potabilité. Le diagramme tracé confirme principalement le faciès chimique dominant est chloruré-calcique.

VI.3. Aptitude des eaux à l'irrigation

Les eaux d'irrigation quel que soit souterraines ou superficielles renferment des sels qui tendent à s'accumuler sous l'effet de l'évaporation et de l'évapotranspiration. Ces sels peuvent nuire à la croissance des plantes en limitons l'extraction de l'eau pour la plante en causant des changements dans la structure du sol (perméabilité et aération). Une étude de la qualité et l'aptitude des eaux pour l'irrigation est réalisée. Les méthodes adoptées sont celles de Richard et Wilcox, qui sont les plus utilisées.

VI.3.1. Diagramme de Wilcox (1948)

Ce diagramme est essentiellement utilisé pour évaluer le risque de salinisation des sols. Il utilise pour cela la conductivité électrique (CE) ou la charge totale dissoute, toutes deux relatives à la salinité de l'eau, et l'indice d'adsorption du sodium (SAR) aussi appelé "pouvoir alcalisant" qui est une mesure du risque de la sodisation du sol du fait de l'irrigation. Pour la classification des eaux d'irrigation ; le diagramme de Wilcox, est représenté par le sodium en % en ordonnées et toujours la conductivité en abscisse.

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

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.

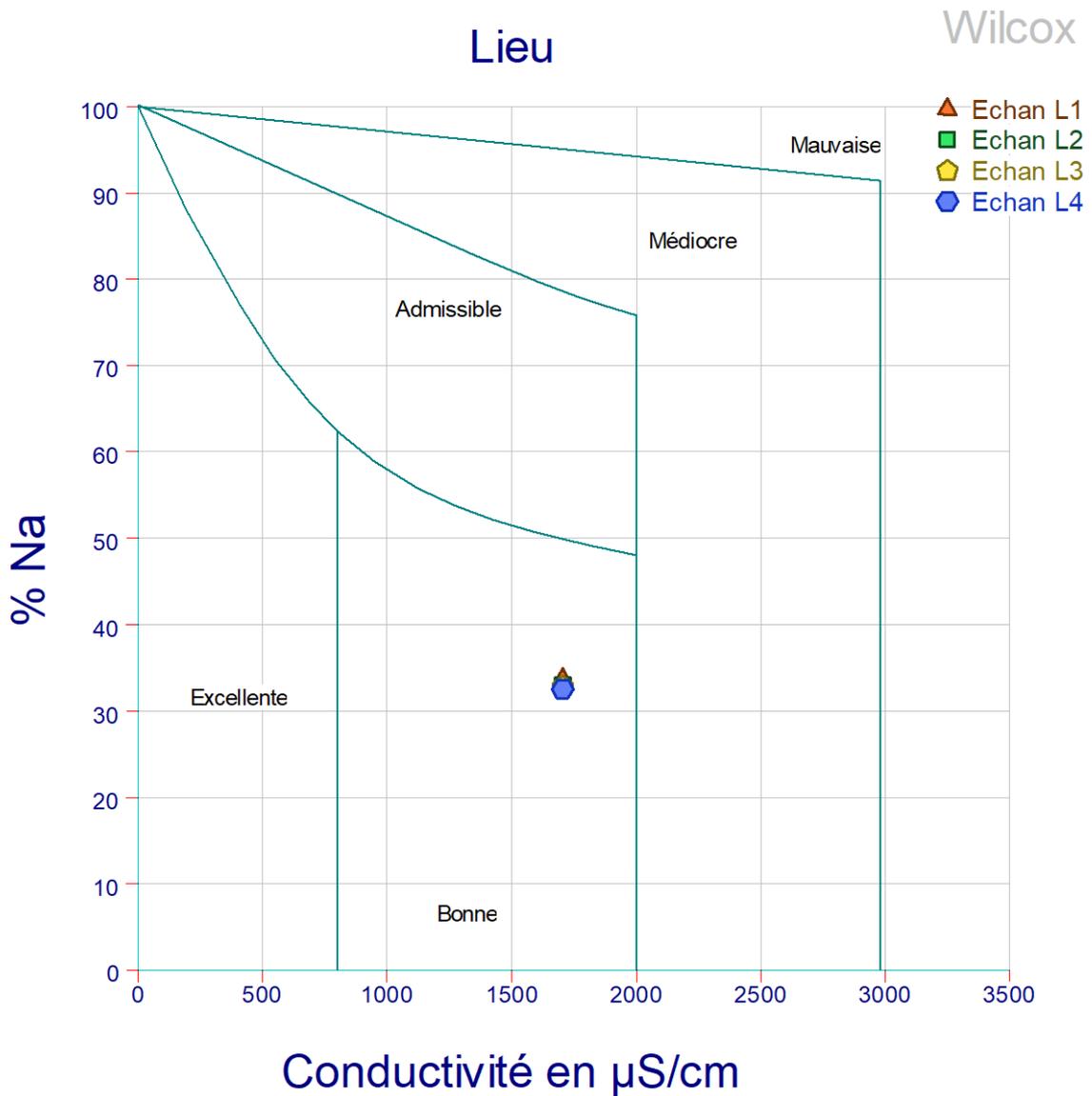


Figure IV.17 : Diagramme de WILCOX des eaux de barrage Ouldjet Mèllegue. (Décembre 2018, ANBT).

L'application de cette méthode aux eaux du barrage, montre que toutes les eaux sont de bonne qualité pour l'irrigation (Fig.17). Avec un pourcentage de sodium inférieur à 35 %.

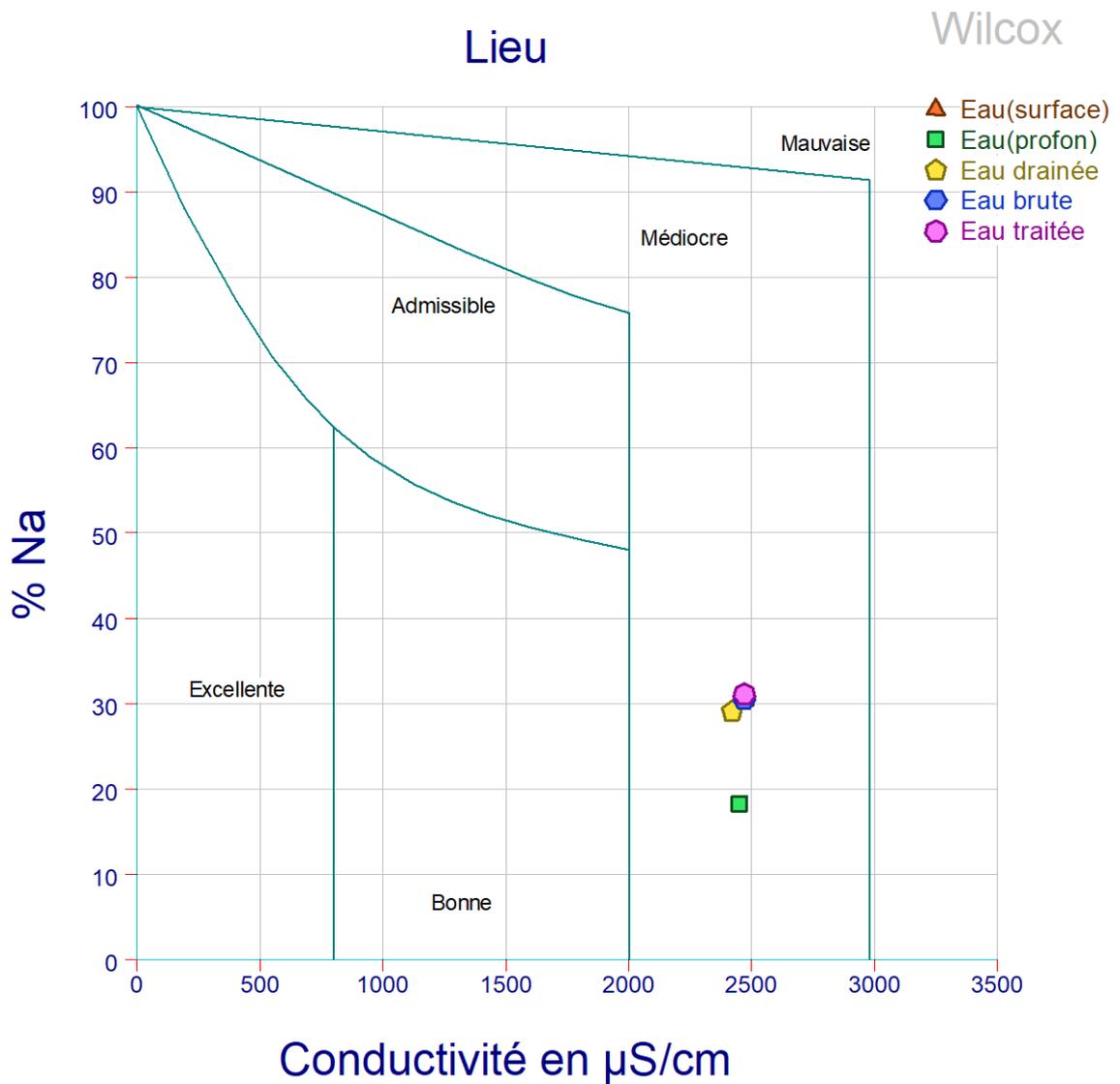


Figure IV .18 : Diagramme de WILCOX des eaux de barrage Ouldjet Mèllegue. (Décembre2021).

On remarque sur le diagramme de Wilcox que :

Tous les points d'eau sont classés dans la case des eaux médiocre qui convient à l'irrigation des cultures tolérantes au sel sur un sol ayant une bonne perméabilité.

VI.3. 2. Classification de Richard (RIVERSIDE) (1954)

La classification des eaux d'irrigation se fait en se basant sur le diagramme de Richard, (1954). Ce diagramme repose sur le croisement de deux critères.

- Le premier est la conductivité électrique ou la charge totale dissoute (CTD ou TDS pour les anglo-saxons). Ce critère vise à quantifier la charge en sel de la solution et par voie de conséquence le risque de salinisation (d'accumulation de sel dans les sols). Les eaux sont classées de C1 à C4 selon le risque croissant de salinisation.
- Le second est le S.A.R. (Sodium Adsorption Ratio) de l'eau ou bien le taux de sodium échangeable induit par l'eau dans le sol. Il permet d'évaluer le risque de sodisation du sol par l'eau d'irrigation. Les eaux sont classées de S1 à S4 selon le risque croissant de sodisation. La salinité peut entraîner des effets nocifs conséquents en raison de la fixation du sodium et des sels de chlorures de sodium par les colloïdes du sol. Le sodium exerce alors une action néfaste sur la végétation, de façon indirecte, en dégradant les propriétés physiques du sol. De part cette action, les sols deviennent compacts et asphyxiants pour les plantes. (Brahmi, 2013).

Le SAR est déterminé par l'équation suivante.

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

Avec :

Na : concentration de l'eau en ions sodium en méq/l

Ca : concentration de l'eau en ions calcium en méq/l

Mg : concentration de l'eau en ions magnésium en méq/l

Quatre classes de risque alcalin ont été définies en relation avec le risque salin.

S1 Risque faible $SAR \leq 10$

S2 Risque moyen $10 \leq SAR \leq 18$

S3 Risque élevé $18 \leq SAR \leq 26$

S4 Risque très élève $SAR \geq 26$

En tenant compte de la salinité globale des eaux, la conductivité électrique définit toujours quatre classes :

C1 risque faible $CE \leq 250 \mu S/cm$

C2 risque moyen $250 \mu S/cm < CE \leq 750 \mu S/cm$

C3 risque élevé $750 \mu S/cm < CE \leq 2250 \mu S/cm$

C4 risque très élevé $CE > 2250 \mu S/cm$

La combinaison de ces deux paramètres, permet d'avoir la classification suivante :

- Classe C1-S1 ; Bonne qualité pour l'irrigation.
- Classes C1-S2, C2-S1 ; Qualité moyenne à bonne.
- Classes C2-S2, C1-S3, C3-S1 ; Qualité moyenne à médiocre.
- Classes C1-S4, C2-S3, C3-S2, C4-S1 ; Qualité médiocre à mauvaise.
- Classes C2-S4, C3-S3, C4-S2 ; Qualité mauvaise.
- Classes C3-S4, C4-S3 ; Qualité très mauvaise.
- Classe C4-S4 ; Déconseillée pour l'irrigation.

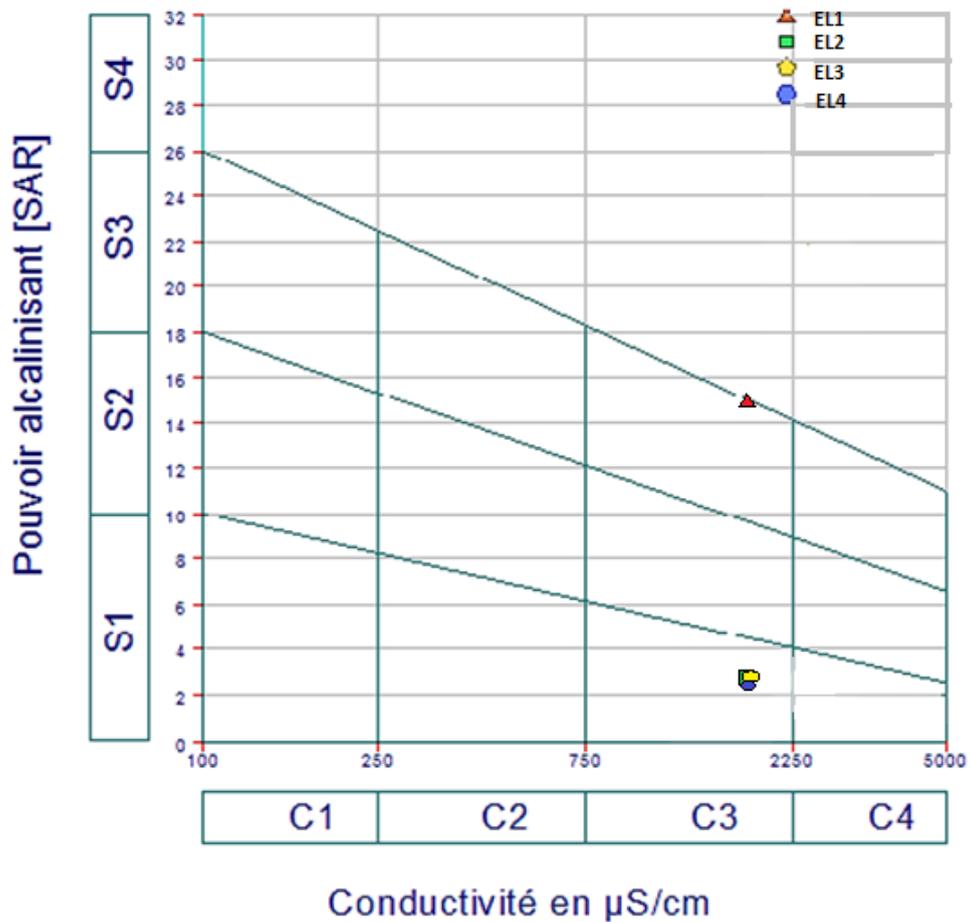


Figure.IV.19 : Classification des eaux d'irrigation du barrage Ouldjet Mèllegue selon la méthode de S.A.R. (Décembre2018, ANBT).

L'application de cette méthode aux eaux du barrage, montre qu'elles appartiennent à deux classes (C3-S1) et (C3-S3). (Figure 19). Qui sont qualifiées de qualité moyenne à médiocre et d'une qualité mauvaise. Ces eaux sont à utiliser avec précaution. Elles nécessitent le drainage avec dose de lessivage et/ou apport de gypse. Pour la classe de (C3-S3) à n'utiliser avec beaucoup de précaution que dans les sols légers et bien drainés et pour des plantes résistantes. Risques élevés.

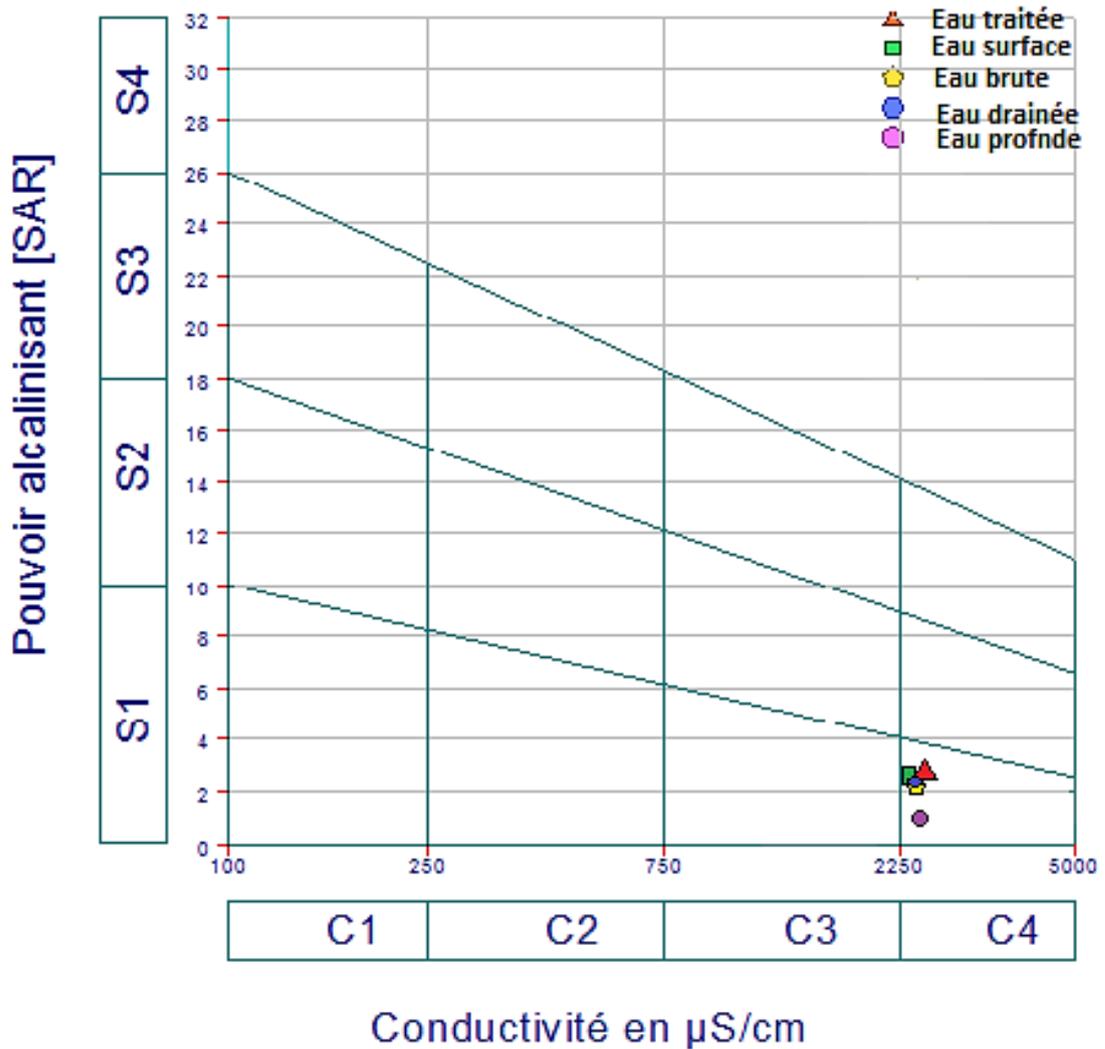


Figure.IV.20 : Classification des eaux d'irrigation du barrage Ouldjet Mèllegue selon la méthode de S.A.R. (Décembre2021).

L'application de cette méthode aux eaux du barrage, montre qu'elles appartiennent à la classe (C4-S1). (Fig20). Cette classe est qualifiée de qualité médiocre à mauvaise, exclure les plantes sensibles et les sols lourds. Utilisable avec beaucoup de précautions dans les sols légers et bien drainés avec dose de lessivage et/ou apport de gypse.

VII. Etude de la potabilité des eaux

La potabilité de l'eau est définie par des paramètres physiques, chimiques et biologiques, mais surtout en fonction de son usage. Pour ce qui concerne l'eau de boisson, l'aptitude à l'usage domestique est déterminée à partir des concentrations des anions et des cations majeurs. En plus le calcul des paramètres essentiels à savoir la salinité et la dureté totale. (Fehdi, 2008).

VII.1 La salinité

Traditionnellement les eaux naturelles ont été souvent classées sur la base des valeurs de TDS (Davis and De Wiest, 1967). La classification qui est souvent appliquée sur les eaux naturelles non fraîches est présentée dans le tableau suivant (Fehdi, 2008).

Classe	TDS mg/l	Nombre d'échantillons
Fraiche	0-1000	
Saumâtre	1000-10000	05
Salée	10000-100000	
Saumure	>100000	

Tableau VI.1 : Classification des eaux souterraines en utilisant les valeurs de TDS (Davis and De Wiest, 1967).

On remarque d'après cette classification que les eaux du barrage sont en général des eaux saumâtres (entre 1000 et 10000 mg/L).

VII.2 La dureté totale

La dureté résulte en général de la présence du calcium, du magnésium, des bicarbonates et des sulfates, qui sont les ions les plus abondants dans les eaux naturelles. La dureté totale d'une eau est calculée en utilisant la formule suivante :

$$TH = 10 [(Ca^{2+} + Mg^{2+})]$$

Avec les concentrations en mmol/L²

Tableau VI.2 : Plage de valeurs du titre hydrotimétrique (TH)

TH (°f)	0 à 7	7 à 15	15 à 30	30 à 40	+ 40
Eau	très douce	douce	plutôt dure	dure	très dure

Le TH de l'eau traitée (82.1), l'eau prise à la surface (86), l'eau prise à 20m de profondeur (98.9), l'eau brute (87.2) et l'eau drainée (92.7). On remarque d'après cette classification que les eaux du barrage sont en général des eaux très dures (+40).

- Eau traitée
 - Eau prise à la profondeur
 - Eau prise à la surface
 - Eau brute
 - Eau durcie

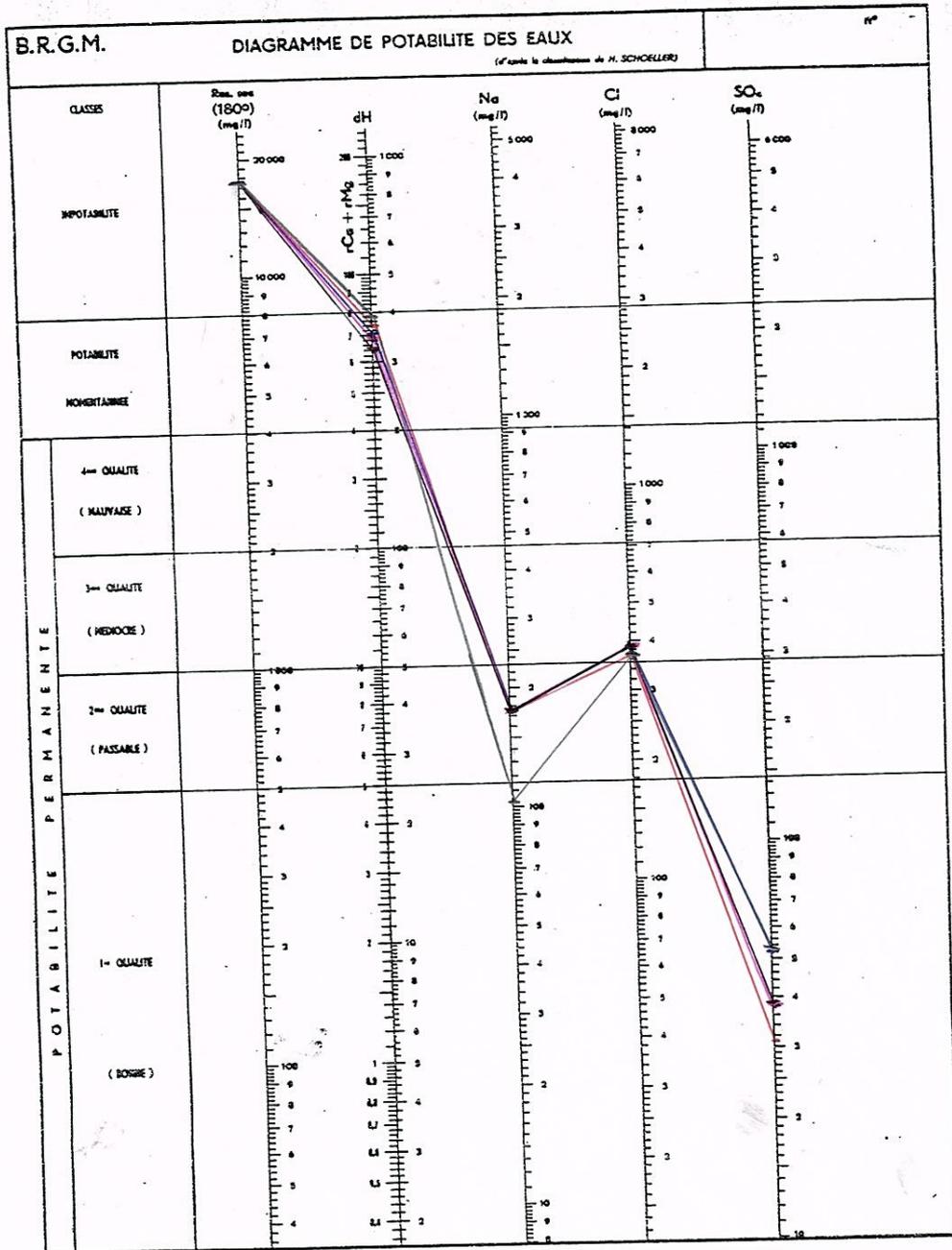


Figure IV. 21 : Diagramme de potabilité des eaux

La qualité des eaux en vue de l'alimentation en eau potable (A.E.P) à une classe passable à impotable, (diagramme de potabilité des eaux).

VIII. Risques de pollution anthropique des eaux du barrage

La pollution d'une eau superficielle est la dégradation de sa qualité en modifiant ses propriétés physiques, chimiques et biologiques. Les effets indésirables de ce phénomène sur les organismes vivants ont fait l'objet de nombreux travaux. (Batoul Benkaddour). Cette pollution provient de plusieurs sources d'origine anthropique dont les principales sont :

- Urbaines (activités domestiques ; eaux d'égout, eaux de cuisine...)
- Agricoles (engrais, pesticides)
- Industrielles (agroalimentaire, chimie-pharmacie, pétrochimie, raffinage...)

La figure suivante est un exemple des oueds qui font partie du grand bassin versant alimentant le barrage. Les eaux usées de la partie centrale de la plaine de Tébessa, Meskiana, Morsot et El-Aouinet peuvent être une source de pollution des eaux de l'Oued Mèllegue et par conséquent les eaux de barrage Ouldjet Mèllegue sachant que les eaux usées diverses dans les oueds suscités sans aucun traitement au préalable



Figure IV.22 : Les rejets des eaux usées (eaux d'assainissements).

Les complexes miniers (Fer) de la région d'étude (Mine d'Ouenza, mine de Boukhadra et la mine abandonnée de Mesloul) peuvent être aussi une source de pollution anthropique des eaux du barrage.



Figure.VI.23 : La mine d'Ouenza



Figure.VI.24 : La mine de Boukhadra

IX. Impact du système de drainage sur la qualité des eaux stockées

Après avoir identifié la qualité des eaux (stockées) de la retenue, qui se sont avérées de qualité médiocre (diagramme), nous avons jugé utile de vérifier cette qualité à l'aval de la digue, afin de faire ressortir une éventuelle évolution ou changement et d'en identifier la cause. Les résultats de l'échantillonnage effectué (**Fig. VI.25**) se présentent comme suit :

- Les éléments CE ; Na, Mg et sulfates, sont marqués par une nette diminution de leur valeur par rapport aux valeurs des eaux amont.
- Il en est de même pour la valeur du TDS et le pH, dont la différence est nettement marquée.

A la lumière de ces constatations, nous pouvons affirmer qu'il y a une nette amélioration dans les teneurs des eaux après leur transit de l'amont vers l'aval, transit à travers le système de drainage. Nous en déduisons que cela met en évidence un impact de la structure du drain (filtre) sur le chimisme des eaux amont.

Nous aurions pu être plus affirmatif, si nos moyens d'investigation avaient été plus importants, afin d'affirmer avec certitude le rôle du drain. A la suite de cela, nous proposons d'entreprendre une étude beaucoup plus concentrée sur cette problématique en raison de l'importance économique qu'elle peut avoir sur le volet du traitement.

A cet effet, nous avons pensé intéressant de présenter quelques informations utiles dans la problématique du phénomène de filtration.

Proposition d'un dispositif de filtration des eaux du barrage

Le dispositif filtre/drain est un élément particulièrement important d'un barrage en remblai. Nombre d'accidents et de rupture sont imputables à l'absence de filtres et/ou de drains, ou encore à une mauvaise conception ou réalisation du système filtre/drain pouvant conduire à une érosion interne ou un drainage insuffisant. La sécurité des barrages en remblai dépend donc d'une conception et d'une construction adéquate des systèmes de filtres et de filtres/drains. (Site web).

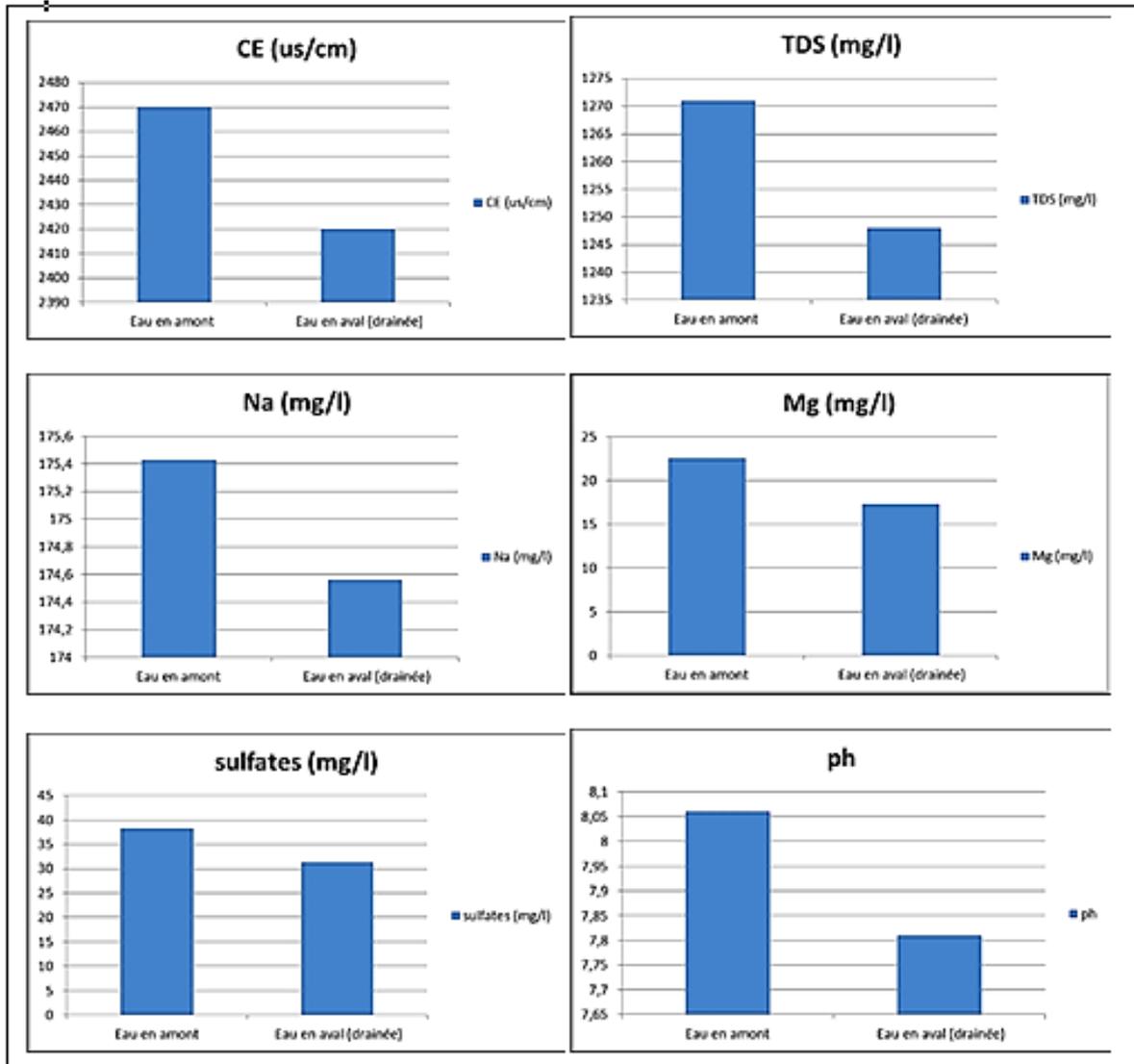
Dans un barrage et dans sa fondation, du fait de la charge amont, l'eau s'infiltré progressivement même si le matériau est étanche. Par ailleurs, des fuites accidentelles peuvent provenir d'une fissure du noyau par fracturation hydraulique, d'un collage imparfait entre le noyau et la fondation. Un dispositif drainant, zone de forte perméabilité, est donc quasiment toujours nécessaire afin de maîtriser les écoulements. Il est en général composé d'un drain vertical et d'un drain horizontal. Il constitue un élément de sécurité majeur des ouvrages. Un drain naturel est réalisé en matériaux grossiers pour être le plus perméable possible.

Il existe plusieurs techniques de filtration et de traitement des eaux parmi lesquels on peut citer les techniques membranaires. (Site web).

Les technologies membranaires font l'objet incontestablement d'un intérêt croissant dans le domaine de la production d'eau potable. D'une façon générale, une membrane peut être définie comme une barrière séparant deux compartiments et permettant le passage préférentiel d'au moins une espèce parmi les autres sous l'action d'une force de transfert. Les procédés membranaires vont permettre de concentrer, purifier ou fractionner une solution en contrôlant et orientant les échanges de matière à travers la barrière sélective que constitue la membrane (Benkaddour, 2008).

Les procédés de filtration membranaires utilisant un gradient de pression hydrostatique comme force de transfert sont qualifiés de procédés baromembranaires. Ils sont au nombre de quatre : microfiltration (MF), ultrafiltration (UF), nanofiltration (NF) et osmose inverse (OI). Ces quatre procédés sont classés en fonction de la taille des espèces à séparer (Benkaddour, 2008).

Dans notre cas les formations qui constituent le drain (sables, géotextile, gravier et géo-membrane) ont permis de diminuer les teneurs des éléments physico-chimiques (voir **fig.25**).



FigureVI.25 : teneurs des paramètres physiques et éléments chimiques en amont et en aval de drainage.

Nous avons remarqué que les eaux échantillonnées à l'aval des drains ont une qualité meilleure et beaucoup mieux améliorée que les eaux à l'amont. Cela peut constituer une première solution à l'amélioration de la qualité des eaux du barrage Ouldjet Mèllegue.

X. Conclusion

L'étude du faciès chimiques du barrage Ouldjet Mèllegue par la méthode de PIPER et la méthode de SCHOLLER 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 lié aux formations triasiques salifères et la pollution par les eaux usées, pour le calcium elles proviennent de la dissolution des formations carbonatées et des formations gypsifères. Ces eaux, ne peuvent pas être utilisées en AEP sans un traitement au préalable, du fait de leurs concentrations qui dépassent les normes de l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé).

D'après les résultats du diagramme de Wilcox et le diagramme de Richard pour étudier l'aptitude des eaux à l'irrigation on note que les points d'eau figurent dans la classe médiocre à mauvaise. Pour l'irrigation ces eaux seront utilisables avec beaucoup de précautions dans les sols légers et bien drainés avec dose de lessivage et/ou apport de gypse.

La qualité des eaux en vue de l'alimentation en eau potable (A.E.P) à une classe passable a impotable, (diagramme de potabilité des eaux). Ces eaux sont caractérisées par une salinité élevée, classées dans la classe des eaux saumâtres. Elles sont très dures, leurs TH est supérieur à 40°f.

Après avoir identifié la qualité des eaux nous avons remarqué que les eaux échantillonnées à l'aval des drains ont une qualité meilleure et beaucoup mieux améliorée que les eaux à l'amont (eaux stockées de la retenue).

Conclusion générale

La région d'étude se situe dans la partie NE de l'Atlas Saharien, faisant partie des Monts de Mèllegue. Elle est représentée par des sédiments du crétacé inférieur et du crétacé supérieur sans oublier le Trias évaporitique qui est considéré comme Diapirs.

Le bassin versant de l'Oued Mèllegue jusqu'à la section du barrage Ouldjet Mèllegue a une surface de 4350 km² sous une forme allongée $Kc=1.23$ Avec un rectangle équivalent est de longueur $L = 102.37$ km et une largeur $l = 42.49$ km, avec un temps de concentration assez important $Tc = 20.30$ heures. Le bassin est caractérisé par une densité de drainage très faible égale à 0.95 Km/Km².

L'étude hydroclimatologique a montré que le climat est de type steppique, caractérisé par un hiver froid et un été sec et chaud. Avec :

- Une moyenne de précipitation annuelle de l'ordre de 227.78 mm,
- Une température moyenne annuelle de l'ordre de 16.6°C,
- Un apport liquide moyen annuel de l'ordre de 67.27hm³,

Le bilan hydrologique par la méthode de THORNTHWAIT, a montré que :

- L'évapotranspiration réelle est de l'ordre de 227.78 mm
- Un déficit agricole de l'ordre de 685.65 mm
- L'excédent ne présente que 0 % des précipitations avec un ruissèlement de (0.020 mm).

La nature géologique de la cuvette de la retenue qui est de prédominance marneuse et marno-calcaire ainsi que la présence des terrains de nature argilo-limoneuse garantis l'étanchéité de la cuvette. La topographie et la structure géologique sont des éléments favorables à son étanchéité.

L'étude hydrochimique constitue que l'eau de surface de l'oued qui formera le barrage est douteuse. L'eau des trois régions est caractérisée par une forte minéralisation chargée en chlorures et en calcium. Les digrammes de Piper et de Scholler Berkaloff ont montré que le faciès chimique dominant est chloruré calcique. A partir des résultats du diagramme de Wilcox et le diagramme de Richard pour étudier l'aptitude des eaux à l'irrigation en conclu que les eaux de barrage Ouldjet Mèllegue sont caractérisées par une salinité élevée qui présente un risque pour l'irrigation, ces eaux sont uniquement acceptables pour l'irrigation des cultures tolérantes aux sels, et avec des conditions adaptées.

D'après la classification de (Davis and De Wiest, 1967) qui est basée sur les valeurs de TDS on remarque que les eaux du barrage sont classées dans la classe des eaux saumâtres. Selon le diagramme de potabilité, ces eaux sont caractérisées par une classe passable à impotable. Elles sont très dures, leurs TH dépassent 40°f.

Les eaux des oueds qui font partie du grand bassin versant alimentant le barrage sont des eaux usées, rejetées sans un traitement au préalable peuvent être une source de contamination des eaux du barrage. On peut ajouter aussi l'impact des complexes miniers qui peuvent être une source de pollution de ces eaux.

Après avoir identifié la qualité des eaux nous avons remarqué que les eaux échantillonnées à l'aval des drains ont une qualité meilleure et beaucoup mieux améliorée que les eaux à l'amont (eaux stockées de la retenue). Nous en déduisons que cela met en évidence un impact de la structure du drain (filtre) sur le chimisme des eaux amont

Bibliographie

- **Fehdi .Ch. (2008)** : Apport hydrogéochimique et isotopique dans la caractérisation des mécanismes d'aquisition de la salinité des eaux souterraines du complexe aquifère Morsot-El-Aouinet (N.E.Algérien), Thèse de doctorat, Univ.Badji Mokhtar-Annaba
- **Guehef.H, Hamlaoui.N (2002)** : Approche d'une étude physico-chimique des eaux de haut Bassin versant d'oued Mèllegue et leur aptitude à l'irrigation. Mémoire de Master, Univ.Larbi Tebéssa_Tebéssi,
- **Azizi.M, Hichour.D (2020)** : Quantification des apports liquides et solides pour l'alimentation du barrage chebabta. Meskiana. Wilaya d'oum El-Bouaghui. Nord-Est Algérien, Mémoire de Master, Univ.Larbi Tebéssa_Tebéssi,
- **Chenatlia.S, Hamaili.I (2020)** : Actualisation des données hydrogéologique et hydrochimiques du bassin versant Tébessa-Morsott, Mémoire de Master, Univ.Larbi Tebéssa_Tebéssi,
- **Gouadia.L. (2008)** : Influence de la lithologie et des conditions climatiques sur la variation des paramètres physico-chimiques des eaux d'une nappe en zone semi-aride, cas de la nappe de Meskiana NORD-EST Algérien, Thèse de doctorat, Univ.Badji Mokhtar-Annaba,
- **Brahmi.S. (2013)** : Comportement des éléments chimiques dans les eaux de surafce du barrage de Beni Haroun (Est Algérien), Mémoire de magister Univ.Larbi Tebéssa_Tebéssi,
- **ANBT " l'avant-projet détaillé " Septembre 2005**
- **Meradi.N, Boubakeur.W (2012)** : Etude géotechnique et dimensionnement d'un ouvrage d'art sur Oued Mèllegue évitement Ouenza (Tébessa), Mémoire de Master, Univ.Larbi Tebéssa_Tebéssi,
- **Houame.K, Chaloug.A** : Géologie et métallogénie de complexe carbonaté Aptien de massif de l'Ouenza. (Wilaya de Tébessa), Mémoire de Master, Univ.Larbi Tebéssa_Tebéssi,
- **Mustapha.Besbes, (2010).** Hydrogéologie de l'ingénieur.
- **Benkaddour.B, (2008)** : Contribution à l'étude de la contamination des eaux et des sédiments de l'Oued Cheliff (Algérie),
- **SiteWeb :**

<https://www.aquaportail.com/definition-4407-bilanhydrique.html>

<http://wikhydro.developpement-durable.gouv.fr>

<https://www.aquaportail.com/definition-6917-vitesse-hydraulique.html#>

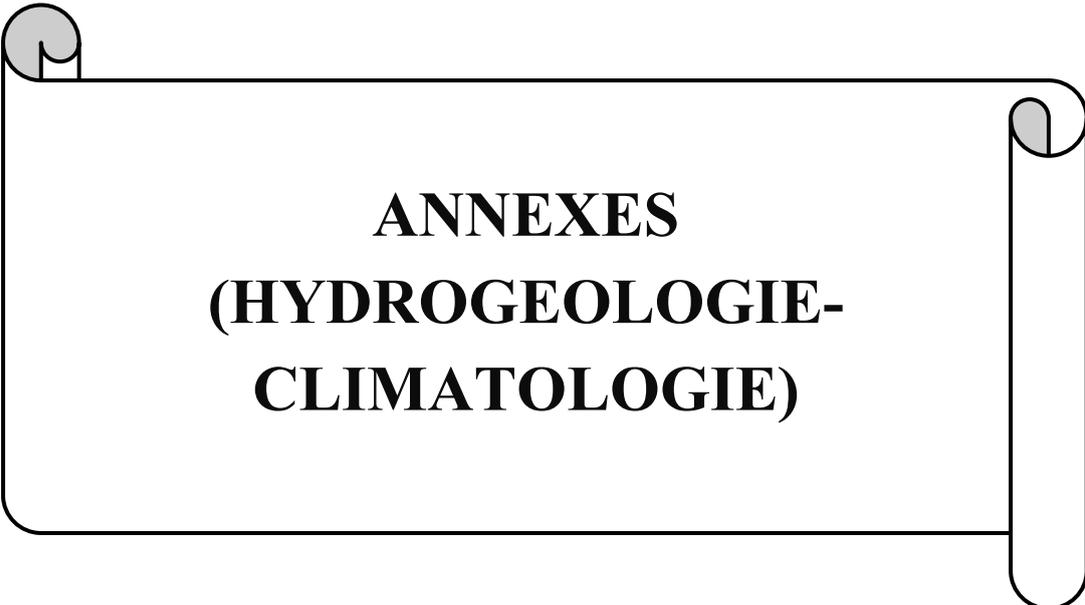
<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01955103/document>

http://wikhydro.developpementdurable.gouv.fr/index.php/Wikibardig:Barrages_zon%C3%A9s_%C3%A0_noyau

http://wikhydro.developpement-durable.gouv.fr/index.php/Wikibardig:Barrages_zon%C3%A9s_%C3%A0_noyau#:~:text=sur%20la%20figure-,Corps%20du%20barrage%20zon%C3%A9%20%C3%A0%20noyau,stablisatrice%20en%20mat%C3%A9riau%20peu%20d%C3%A9formable

https://fr.wikipedia.org/wiki/Duret%C3%A9_de_1%27eau

https://fr.wikipedia.org/wiki/Duret%C3%A9_de_1%27eau



**ANNEXES
(HYDROGEOLOGIE-
CLIMATOLOGIE)**

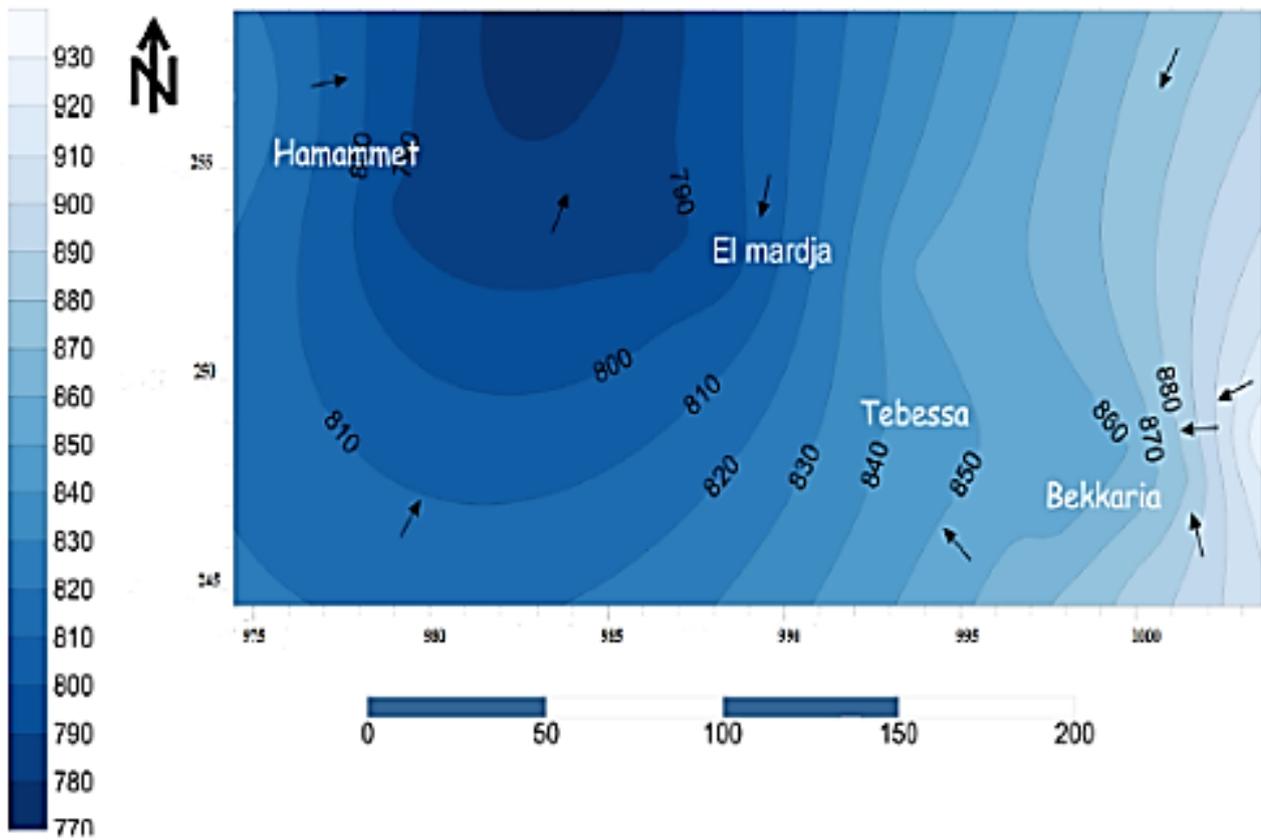
Les précipitations mensuelles interannuelles à la station de Meskiana

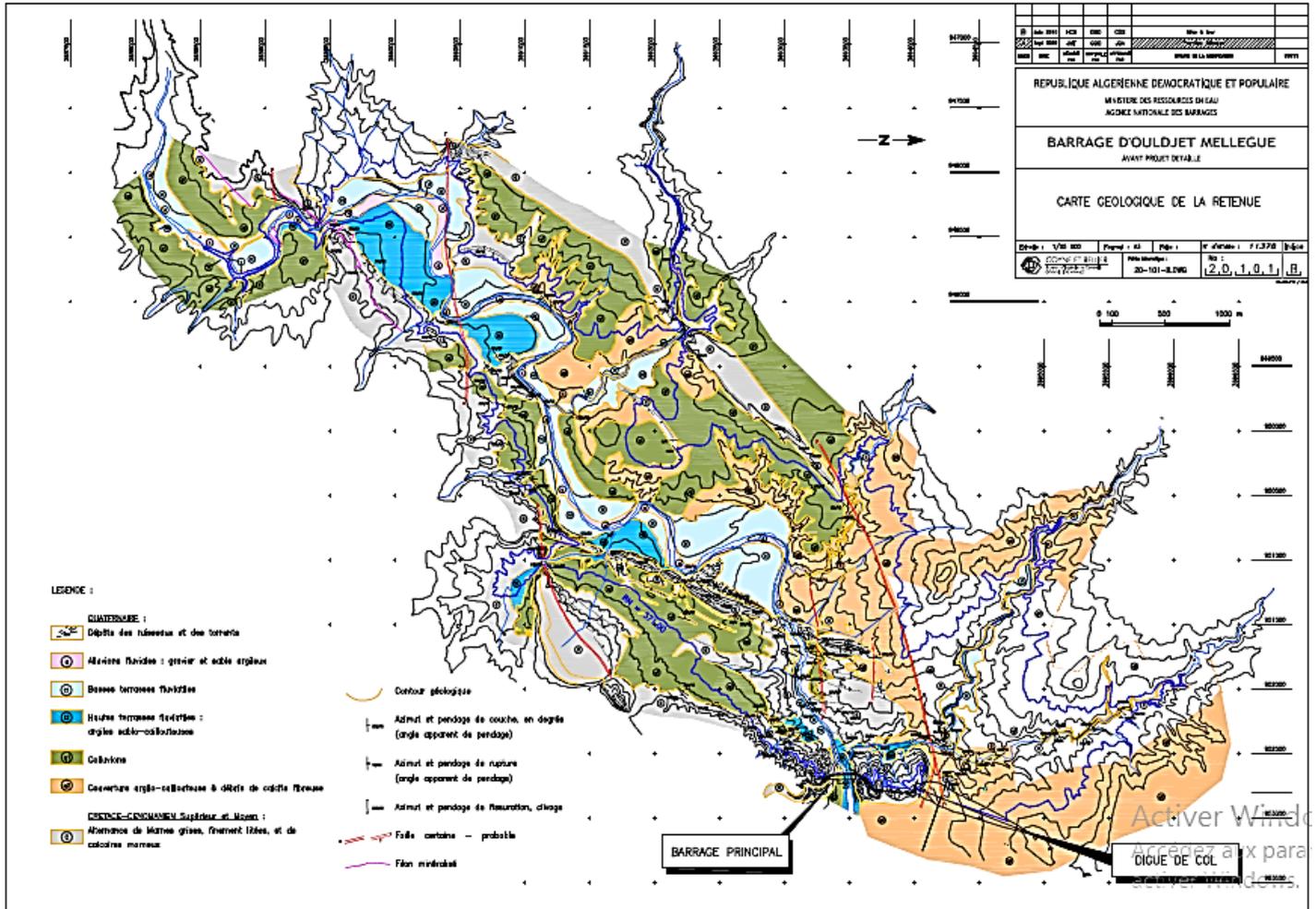
Année/mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Total	Annue ls
1998-1999	21.7	14.2	11	4.5	3.9	6.3	12.4	15.2	19	23.3	24.5	24.1	180.1	15
1999-2000	20.7	17.3	9.2	9.7	7.7	7.4	9.2	11.8	17	24.2	28	25.9	188.1	15.67
2000-2001	21.5	15.9	10.8	5.7	4.7	6.7	9.3	15.3	18.9	22.5	27.1	26	184.4	15.36
2001-2002	21.6	15	12.2	7.2	6.1	6	8.5	13	17	23.1	26.1	25.2	181	15.08
2002-2003	20.6	14.5	12	6.4	5.4	10.4	8.3	14.2	16.9	25.1	27.7	25.6	187.1	15.59
2003-2004	20.4	15.7	13	8	6.3	8.1	9.4	13.7	19.9	22	25	26.8	188.3	15.69
2004-2005	21	16.6	10.2	6.4	6.3	7.7	8.8	14.3	16.7	24.3	26.7	27.9	186.9	15.575
2005-2006	23.6	19.3	10.7	10.5	8.2	7.4	9.9	14.8	20.5	22.5	28	26.7	202.1	16.84
2006-2007	20.6	18.2	11.6	5.8	5.4	7.2	11.5	13.7	18.2	20.9	25.6	26.1	184.8	15.4
2007-2008	22.2	15.5	13.4	10.7	6.1	10.4	10.4	12.7	17.2	25.1	24.8	22.5	191.1	15.92
2008-2009	24.1	20	11.5	5.5	5.5	6.8	11.6	10.4	14.2	21.9	26.3	25.6	183.4	15.28
2009-2010	21.8	16.7	10.6	5.5	4.7	6.7	9.4	11.8	16.3	24.8	23.9	25.7	174	14.5
2010-2011	21.9	18	12.1	7.8	5.2	5.6	8.7	13.9	19.2	24.2	26.8	27	200	16.66
2011-2012	22.3	19.1	11.1	7.7	7.5	8.9	11.9	11.8	21.9	22.9	27	28.6	202	16.83
2012-2013	23.6	16.7	13.2	8.1	5.7	10.3	9.2	12.7	20.1	20.8	27.7	24.6	194.2	16.18
2013-2014	21.1	16.3	11.3	9.8	9	6.3	10.1	12.4	18.2	26.6	25.9	26.6	187.8	15.65
2014-2015	20.3	15	12.4	10.2	8.7	9.3	9.3	11.2	20.4	26.6	27.5	25.2	196.1	16.34
2015-2016	20.5	17	11.8	8.5	7.2	8.2	9.8	15.1	17.7	24.6	27.8	25.7	193.9	16.15
2016-2017	23.2	15	10.2	6.3	7.1	5.8	10.2	14.9	22.1	25.8	26.2	28.9	195.7	16.3
2017-2018	23.6	19.2	11.1	7.1	3.8	7.2	11.2	15.8	20.8	20	27	26.4	193.2	16.1
2018-2019	21.9	15.6	12.2	9.2	8	7.8	15.2	14.5	19.2	25.5	28.4	27.5	205	17.08
Total	458. 2	350. 8	250. 6	160. 6	132. 5	160. 5	214. 3	283. 2	391. 4	491	557. 5	548. 6	/	/
Moy	21.8 1	16.7	11.9 3	7.64	6.3	7.64	10.2	13.4 8	18.6 3	23.3 8	26.5 4	26.1 2	190.3 7	15.86

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
2011	9.55	33.1	0.4	2.8	34.6 4	19.2 4	27.8	32.7	20.7	3.6	30.8	20.1	237.94	19.615
2012	37.1	15.1 6	2.3	0.5	11.3	4.6	25.4	19.4	25.3	0	79.3	17.5 8	237.57	19.828
2013	16.9	9.8	48.7	9.2	28.2	17.6 1	35.3	6.8	37.1	30.4 8	0.9	17.5 8	258.57	21.547
2014	2.3	27.4	34.6	27.5	17.5	14.2	32	0	19.5	30.4 8	0	17.5 8	223.06	18.588
2015	7.6	11	34.7	1	17.5	3.8	15.1	22.2	23.9	12.6	0	19.0 2	168.42	14.035
2016	7.2	14.4	12.9	31.6	27.8 4	16.1 7	27.4 9	41.6 3	26.3 6	10.8	0.3	17.6 9	234.38	19.531
2017	0.5	15.9	20.2	3	0	8.1	10.5	3.6	29.9	0.4	5.5	17.6 9	115.29	9.607
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	34.316
2019	27.4	0.8	13	17.9	6	0	37.5	52.6	1.2	18	4	40.2	218.6	18.216
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	16.283
2021	8.5	15.9	6.7	9.4	4.9	15.3	28.2 3	37.5	26.3 2	20.0 1	12.8 8	21.9 5	207.59	31.936
P moy mensuelle	17.6 18	20.8 32	17.7 09	13.1 09	17.4 61	10.1 47	28.4 65	24.5 20	25.8 16	13.6 79	13.1 43	25.3 53	227.857	/

Carte piézométrique de la plaine de Tébessa. (Chenatlia et Hamaili , 2020).





Géologie de la cuvette de la retenue (ANBT).