



MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ LARBI TEBESSI TEBESSA

Département des Sciences de la Terre et de l'Univers



**Mémoire de master**

**Domaine: Sciences de la terre et de l'univers.**

**Filière : Géologie**

**Spécialité: hydrogéologie**

**Présentée par :**

**KhengaouiAmeur**

**Thème :**

**Contribution à l'estimation des réserves actuelles du complexe  
Aquifères de Tébessa \_Morsott-NE Algérien.**

**Promoteur : BaaliFathi**

**Co-promoteur : Brahmi Smail**

**Devant le jury :**

**Président : Dr. O. Guefaifia**

**Examineur : Dr. D. Boubaya**

**Encadrant : Pr. F. Baali**

**Année universitaire : 2020 /2021**

# **Dédicace**

**Je dédie ce mémoire à tous mes amis qui m'encouragé pour réussir dans cette noble tache, et qui ont participé de loin ou de près à ma réussite.**

## **REMERCIEMENT**

**En achevant ce Mémoire et à la fin de cycle de formation, il est agréable d'adresser mes sincères remerciement à tout mes enseignants qui ont participé à la réalisation de ce modeste travail**

**Mes remerciements vont aussi à tous les enseignants de l'institut des sciences de la terre**

## Table des matières

Dédicace.....	2
REMERCIEMENT.....	3
Abstract.....	4
Résumé.....	4
1 .Introduction générale.....	1
Chapitre 1 : situation géographique.....	2
1.1. Situation géographique :.....	2
1.2. Réseau hydrographique.....	2
Chapitre 2 : la géologie de la région.....	2
2. 1 : stratigraphique.....	5
2.1.1---Secondaire ( Mesosoïque ).....	5
2.1.1.1- Trias :.....	5
2.1.1.2- crétaé :.....	5
2.1.1.2.1- Aptien C1 C11.....	5
2.1.1.2.2 – zone de clansayes :.....	6
2.1.1.2.3 —Albien et vraconien :.....	6
2.1.1.2.4 -- Céno-manien :.....	7
2.1.1.2.5 -- turonien : C6.....	7
2.1.1.2.6—Sénonien : C7 - C8.....	8
2.1.1.2.6.1 – Emcherien ( Coniacien – Santanien ) : C7.....	8
2.1.1.2.6.2 – Campanien : C8.....	9
2.1.1.2.6.3—Maestrichien : C9.....	9
2.2 Tertiaire (Cénozoïque).....	9
2.2.1 Paléogène.....	9
2.2.1.1 Paléocène.....	9
2.2.1.2 Eocène.....	10
2.2.2 Miocène :.....	10
2.2.2.1 Miocène : m.....	10
2.2.2.2 Pliocène : P.....	10
2.2.2.3 Plioquaternaire : q (Villa franchien).....	11
2.3 -- Quaternaire.....	11
2.3.1 Matériel d'épandage ancien en terrasse : q.....	11

2.3.2 Alluvions anciennes de piedmont: q.....	11
2.3.3 Croute Calcaire : q c.....	11
2.3.4 Alluvions anciennes : a1.....	11
2.3.5 Liment récents : q2.....	11
2.3.6 Alluvions actuelles ou récentes : a2.....	12
2.3.7 Eboulis actuels :.....	12
2.4 GEOMORPHOLOGIE :.....	13
2.4.1 : Bassin Versant :.....	13
2.4.2 : Les montagnes :.....	13
2.4.3 : Les murs tectoniques :.....	14
2.4.4 : Les vallées d'érosion :.....	14
2.4.5 : Les vallées de failles :.....	14
2.4.6 : Les cônes de déjection.....	14
2.4.7 : Les zones d'éboulis :.....	14
2.4.8 : Quaternaire Récent :.....	14
2.4.9 : Les alluvions :.....	14
2.5 TECTONIQUE :.....	14
Chapitre 3 : Etude géophysique .....	5
3.1 Introduction .....	18
3.2 Tracage des coupes géoélectrique et son interpretation :.....	19
3.2.1 / coupe transversale (SE-NE): (figure 6).....	19
3-2-2 coupe transversale centrale : figure 7.....	20
3-2-3 Coupe transversale ouest SW – NW : figure 8.....	22
3.3 Tracage des coupes géoélectrique longitudinales :.....	24
3.3.1 / Coupe géoélectrique longitudinale (A) :.....	24
3.3.2 Coupe géoélectrique longitudinale (B).....	25
3.3.3 CONCLUSION :.....	27
3.4 corrélation entre la géologie et la géophysique :.....	27
3.4.1 Coupes transversales :.....	27
3.4.1.1 Coupes transversales Est : ( Z-1-Bis-X-4-V-4 ).....	27
3.4.1.2 Coupes transversales centrales : ( Q3-4, M-1, Q5-6 ).....	27
3.4.1.3 Coupes transversale Ouest : ( forages FG-1, AC-1, AC-2 ).....	28
3.4.2 Coupes longitudinale B :.....	28

3.4.2.1 BEKKARIA : ( forage Z-1 Bis, W-2 ).....	28
3.4.2.2 TEBESSA : ( forages Edouamis, M-2 Bis ; KL-3- M-2-3 ).....	29
3.4.2.3 AIN-CHABRO : ( Forages J-2-3 ; C.T ; EF-1 ; FG-1).....	29
3 . 4 . 3 CONCLUSION :.....	29
3 . 5 Tracage de la carte de la résistivité transversale : (figure 9).....	29
Chapitre 4 : climatologie.....	18
A - HYDROLOGIE.....	33
4. 1. Introduction :.....	33
4. 2. Délimitation des sous bassins versants :.....	33
4. 3. Etude du bassin versant :.....	33
4. 3 .1. Caractéristiques géomorphologiques du bassin versants :.....	34
4. 3 .2. Les surfaces des sous bassins versants :.....	34
4. 3 .3. Les paramètres géométriques :.....	34
4. 3 .3 .1 Le périmètre, la surface et l'indice de compacité :.....	34
4. 3 .3 .2 Rectangle équivalent :.....	35
4. 3 .3 .3 Paramètres du relief :.....	36
4. 3 .3 .4 La courbe hypsométrique.....	36
4.3.3.5 Vitesse d'écoulement de l'eau (Ve) :.....	37
4.3.3.6 Densité de drainage Dd :.....	37
4 . 4 . La végétation :.....	38
4 . 4 . 1 . Coefficient d'allongement (K) :.....	38
4 . 4 . 2 . Réseau hydrographique :.....	38
4 .4 . 3 . Estimation des apports annuels :.....	39
4 . 4 . 4 .-Module spécifique moyenne : $M_o$ en (l/s. Km <sup>2</sup> ),.....	39
4 . 4 . 5 . L'apport annuel moyen $A_o$ bassin versant : (in Maafa.C. C 2017). .....	39
4. 5. Conclusion :.....	40
B-Climatologie :.....	41
4. 6 -Introduction :.....	41
4 . 6 . 1 . Etude des facteurs climatiques :.....	42
4 . 6 . 2 . Les précipitations :.....	42
4 . 6 . 3 Précipitation moyenne annuelle :.....	44
4 . 6 . 4 Répartition saisonnière des précipitations :.....	44
4. 7 . La température :.....	46

4.7.1	Température moyenne mensuelle (1997/1998-2019/2020) :	46
4.7.2	Diagramme Pluviothermique :	47
4.7.3	La neige :	48
4.7.4	Le vent :	48
4.7.5	Le Bilan Hydrique :	48
4.7.6	Etude de l'évapotranspiration :	49
4.7.7	Estimation de l'évapotranspiration potentielle (ETP) :	49
4.7.8	Estimation de l'évapotranspiration réelle (ETR) :	50
4.8	Ruissellement (R) :	51
4.8.1	L'infiltration(I) :	51
4.8.2	Réserves facilement utilisables (R.F.U) :	52
4.8.3	Estimation du bilan hydrologique selon la méthode de C.W.Thornthwaite .....	52
4.8.4	Résultats de calculs du bilan hydrologique par la méthode de Thornthwaite :..	53
4.8.5	Estimation des paramètres du bilan:	54
4.8.5.1	L'évapotranspiration :	54
4.8.5.2	Estimation de l'évapotranspiration potentielle (ETP) .....	54
4.8.5.3	Estimation de l'évapotranspiration réelle (ETR) :.....	54
4.8.5.4	Calcul du ruissellement (R):.....	55
4.8.5.5	Calcul de l'infiltration (I) :.....	56
4.8.5.6	Estimation des réserves facilement utilisable (RFU):.....	56
4.8.5.7	Etablissement du bilan hydrique (Tab.9):.....	57
5.9	Conclusion:.....	58
Chapitre 5 : hydrochimie .....		33
5.1	Introduction .....	59
5.2	Méthodologie et stratégie de travaille :.....	59
5.2.1	Les paramètres physiques et chimiques :.....	59
5.2.1.1	Les paramètres mesurés sur le terrain :.....	59
5.2.1.2	Les paramètres mesurés au laboratoire.....	60
5.3	Interprétation graphique et identification des facies chimique : .....	60
5.3.1	Diagramme de piper :.....	60
5.3.2	Diagramme de SCHEOLLER –BERKALLOF:.....	61
5.3.3	Aptitude des eaux a l'irrigation : .....	62
5.3.4	-Diagramme de Wilcox :.....	62

5.4	La cartographie chimique.....	65
5.4.1.	LES CHLORURES : .....	66
5.4.2	Le calcium : .....	66
5.4.3.	Les sulfate : .....	67
5.4.4-	Les bicarbonates :.....	68
5.4.5	magnesium : .....	68
5.5	conclusion : .....	69
Chapitre 6 : hydrogéologie.....		59
6.1	- Introduction : .....	69
6.2	Description générale : .....	69
6.3	-Géométrie de l'aquifère : .....	70
6.3.1	Essai de corrélation entre la géologie et la géophysique : .....	70
6.3.1.1	Ain Chabro :.....	71
6.3.1.2	Tébessa:.....	72
6.3.1.2	Bekkaria:.....	72
6.4	Hydrogéologie : .....	73
6.4.1	Conditions aux limites :.....	73
6.4.2	La piézométrie : .....	74
6.4.2.1	Inventaire des points d'eau :.....	74
6.4.2.2	Etablissement d'une carte piézométrique : .....	75
6.4.2.3	Interprétation de la carte piézométrique :.....	76
6.4.2.3.1	Zone de BEKKARIA : .....	77
6.4.2.3.2	Zone de Tébessa :.....	77
6.4.2.3.3	Zone de AIN CHBRO :.....	77
6.4.3	L'évolution des niveaux piézométriques dans le temps et dans l'espace .....	77
6.5	. Estimation des reserves.....	79
6.5.2	Détermination de la structure hydrogéologique.....	80
6.5.3	Determination de la porosite efficace.....	80
6.5.4	Calculde de la reserve.....	80
6.5.4.1	calcule du profondeur moyenne du substratum.....	81
6.5.4.2	calcule du profondeur moyenne de la piézometrie .....	81
6.5.4.3	Le coeficient d'emmagasinement .....	81
6.5.4.4	calcule numérique : .....	82



6.6 Conclusion.....	83
7. Conclusion générale.....	83

## Liste des figures

Figure 1: carte des bassins versant de la willaya de tebessa ( haifa 1993 ).....	3
Figure 2: résumé schématique de la géologie dans la région de Tébessa.....	12
Figure 3: coupe schématique de l’effondrement de la plaine de Tébessa .....	13
Figure 4: Carte géologique de la région de TEBESSA et Casserine.....	15
Figure 5: Carte géologique de la région de TEBESSA et Casserine.....	18
Figure 6: coupe géoelectrique transversale EST.....	20
Figure 7: coupe géoelectrique transversale centrale.....	22
Figure 8: coupe géoelectrique transversale WEST .....	23
Figure 9: carte de la résistivité transversale.....	31
Figure 10: carte d’isosubstratum.....	32
Figure 11: Carte des conditions aux limites de la plaine de Tébessa (in. Abbad S 2018).....	33
Figure 12: Courbe hypsométrique et des fréquences altimétriques Tébessa .....	37
Figure 13: Abaque de l’Indice d’aridité Annuel de DE. Martone 1923.....	42
Figure 14: variation des Précipitations annuelle à la Station de Tébessa (1997-2020). (in. Debbez M 2019). Et site web.....	44
Figure 15: Répartition saisonnière des précipitations dans la station de Tébessa (1997-2020).(in. Debbez M 2019). Et site web.....	45
Figure 16: variation des températures moyennes mensuelles (1997/1998-2019/2020). (In. web Nasa).....	46
Figure 17: diagramme Ombro-Thermique station de Tébessa (1997/1998-2017/2018). site web (2018/2019-2019/2020).....	47
Figure 18: Diagramme de piper de la plaine Tébessa-morsott .....	61
Figure 19: Diagramme de Schoeller Berkaloff de la plaine Tébessa_Morsot.....	62
Figure 20: Diagramme de WILCOX de la plaine Tébessa_Morsot (Février 2020).....	64
Figure 21: Carte des répartitions des chlorures.....	66
Figure 22: carte des répartitions des calciums .....	66
Figure 23: carte des répartitions des sulfates so4.....	67
Figure 24: carte des repartitions des bicarbonates hco3.....	68
Figure 25: carte des repartitions des concentrations des magnesiums .....	68
Figure 26: Coupe hydrogéologique à travers la plaine de la Merdja. Rouabhia et al. 2009 (in.Bouteraa M 2012). .....	69
Figure 27: Localisation des profils électriques à la plaine de Tébessa CGG, 1970 Djabri I, 1987 (in.Abbad S 2018).....	70
Figure 28: Coupes géo électriques à travers la plaine de Tébessa selon les profils (J, K, L et M) (in.Bouteraa.M 2012).....	71
Figure 29: Coupes géoélectriques à travers la plaine de Tébessa selon les profils (R, S, T et U) Djabri L. 1987. (in.Bouteraa M 2012).....	72

Figure 30: Coupes géo électriques à travers la plaine de Tébessa selon les profils (V, W, X et XY) (in. Bouteraa.M 2012).....	73
Figure 31: Carte des conditions aux limites de la zone d'étude (in. Zereg S 2018). ....	74
Figure 32: la carte d'inventaire des puits sur la plaine (Tebessa-Morsot) (logiciel SIG) .....	75
Figure 33: carte piezometrique de la zone étudié.....	76
Figure 34: la courbe d'évolution à l'échelle spatiale et temporelle. ....	78
Figure 35: Détermination des réserves en nappe libre sur l'année hydrologique.....	79

### **Liste des tableaux**

Tableau N° 1: Répartition des surfaces en fonction des altitudes du sous bassin versant. (In. Maafa.C 2017).....	36
Tableau N° 2: Paramètres du sous bassin versant de la plaine de la Merdja.....	38
Tableau N° 3: L'indice d'aridité annuelle D. Martonne.....	42
Tableau N° 4: Précipitations moyenne mensuelles en (mm) de Tébessa sur la période de 23 ans (1997/1998-2019/2020).....	43
Tableau N° 5: Variation des précipitations moyennes mensuelles (station de Tébessa 1997-2018 . et site web2019-2020).....	43
Tableau N° 6: Précipitations moyennes interannuelles (station de Tébessa 1997-2020). (in. Debbez M 2019).et (site web).....	44
Tableau N° 7: Répartition saisonnière des précipitations dans la station de Tébessa pendant période (1997-1998/2019-2020).(in. Debbez M 2019). Et site web .....	45
Tableau N° 8: Les variations des Températures moyennes mensuelles de la station de Tébessa 1997-2018 sont enregistrées dans le tableau suivant , ainsi que les donner du site web Nasa (2018_2020) : .....	46
Tableau N° 9: Bilan hydrique du l'année la plus sèche (2000-2001).(données in.Bouteraa M 2012). ....	53
Tableau N° 10: bilan hydrique de l'année la plus humide 2003-2004(données in.Bouteraa M 2012). ....	54
Tableau N° 11: calcul des valeurs de l'évapotranspiration de la période ( 1997-1998/2019-2020). (Méthode de Thornthwaite) .....	56
Tableau N° 12: Bilan hydrique de la période de 23 ans (1997/1998-2019/2020) .....	57

# Abstract

Any rational exploitation of ground water requires the evaluation of exploitable resources, this estimate is based on the determination of stored reserves, and it is also based on the definition of the dimensions of the reservoir rock.

Also the determination of the water volumes of water table and more particularly the exploitable resources rests on the knowledge of many factors, among which the physical parameters, namely the storage coefficient or effective porosity.

To answer this problem, we are going to develop knowledge through this thesis of the piezometry of Tebessa-morsott quaternary sheet

This parameters best popularise the ability to be a very important water reservoir

We tend to estimate and calculate these reserves from the plan metric surface and the storage coefficient or the effective porosity, and also the estimation of the overage depth of the bedrock using the interpretation of geophysical operation by electrical prospecting.

## Résumé

Toute exploitation rationnelle des eaux souterraines, exige l'évaluation des ressources exploitables. Cette estimation repose sur la détermination des réserves emmagasinées, et elle repose aussi sur la définition des dimensions de la roche réservoir.

Aussi la détermination des volumes d'eau d'une nappe et plus particulièrement les ressources exploitables repose sur la connaissance d'un grand nombre de facteurs parmi lesquels les paramètres physiques à savoir le coefficient d'emmagasinement, et la porosité efficace.

Pour répondre à ce problème, nous allons développer à travers ce mémoire la connaissance de la piézométrie de la nappe quaternaire de Tebessa-Morsott ces paramètres vulgarisés le mieux l'aptitude d'être un réservoir d'eau très important.

On a tendance à estimer et calculer ces réserves à partir de la surface planimétrique et des coefficients d'emmagasinement. Et de la porosité efficace. et aussi l'estimation de la profondeur moyenne du substratum à l'aide de l'interprétation de l'opération géophysique par prospection électrique.

## 1 .Introduction générale

La connaissance des ressources en eaux souterraines, l'évaluation de leurs réserves, leurs exploitations rationnelles sont des facteurs essentiels de la civilisation.

\_ Un peu d ' eau, un peu de terre, un peu de soleil suffisent à fixer géographiquement une agglomération humaine.

\_ la présence des eaux superficielles est soumises aux évaporations et de plus, souillées éventuellement par les apports de surface, alors elle ne constitue pas un facteur suffisant de stabilité. il se tournent instinctivement, vers les émergences d'eaux souterraines et particulièrement, vers ce qu'il croit être des sources de débit régulier et de pureté convenable.

\_ le rôle de l'hydrogéologue ou de l'hydrologue, dans l'évolution de l'humanité se manifeste avec une importance croissante, il ne suffit pas en effet grâce aux eaux souterraine convenablement contrôlées et capter, d'alimenter des grandes villes, sans se soucier de leurs régénération. **(fehdi C-E 1992)**

\_ pour une meilleur gestion de la ressource souterraine au niveau de la nappe de tebessa-morsott, il est indispensable de mener des études hydrogéologiques très poussées qui doivent aboutir à l ' estimation des réserves en eau, en particulier celles exploitables.

\_ dans ce modeste document, nous allons axer notre travail sur l 'estimation des réserve actuelles du complexes aquifère de tebessa\_morsott , située au nord est algérien.

\_ A travers l'établissement de la carte piézométrique, la détermination de l'épaisseur de l'aquifère , et l'estimation de la transmissivité , ainsi que des paramètres comme la porosité , l 'hydrogéologue pourrait avoir des outils qui l aidera dans cette tâche primordiale qui est l 'estimation de cette réserve .

# **Chapitre 1 : situation géographique**

## 1.1. Situation géographique :

— la région étudiée fait partie du bassin versant de la MERDJA et du sous bassin de L'OUED CHABRO , c 'est vaste plaine de forme allongée dont les rebords sont constitués des djebels culminants à 1470 m . ( MONTS DE TEBESSA ). L'altitude de la plaine varie au centre entre 780 et 820 m , la ville de TEBESSA en constitue le centre géographique autant qu'économique et administratif . (figure 1 )

— limite de l'étude( figure 2 )

a -- LIMITE EST

DJEBEL CHERAB , DJEBEL BOUROUMANE , KHANGUET EL-MOUAHED , DRAA SNOUBER , KOUDIAT EL GOUSSA .

B -- LIMITE OUEST

DJEBEL METLOUG , DJEBEL BELKFIF , DRAA SNOUBER , DJEBEL TROUBIA , DJEBEL TAZBENT , DJEBEL DOUKKANE , DJEBEL ES-SENN

c -- LIMITE NORD

KOUDIAT NASLA , KHANGUET EL – ARAAR , DJEBEL HAMZA , KEF ROKMA , DRAA EL – FAIA , DJEBEL GUENIFIDA , DJEBEL BOULHAF , DJEBEL ZITOUNA , KOUDIAT DRAA ES-SEGUIR .

d -- LIMITE SUD

DJEBEL DJOUA , DJEBEL OZMOR , DJEBEL ANOUAL , DJEBEL TELLA , KOUDIAT ED-DOUAMIS , MONTS DE TEBESSA (Souahi H 1993)

## 1.2. Réseau hydrographique

---Le réseau hydrographique est très dense .toutes les eaux de surface du bassin versant encadrant la plaine sont collectées par les oueds : OUED EL KEBIR, OUED CHABRO, OUED SERDIES, et OUED KSOB

--- L ' OUED CHABRO sert de canal d'évacuation jusqu'à l 'embouchure de OUED MELLEG et entretient entre ces nombreuse ramification une vaste merdja

Deux vallées affluentes l'encadrent : au Sud L'OUED KE BIR et à l'Ouest LES OUEDS BOUAKKOUS et SERDIES , ces derniers oueds n'intéressent pas directement l'hydrographie du sous- bassin de oued CHABRO . malgré l'existence de ce réseahydrographique, la wilaya enregistre une insuffisance des ressources superficielles puisque la majorité des cours d'eau sont à l'écoulement temporaire

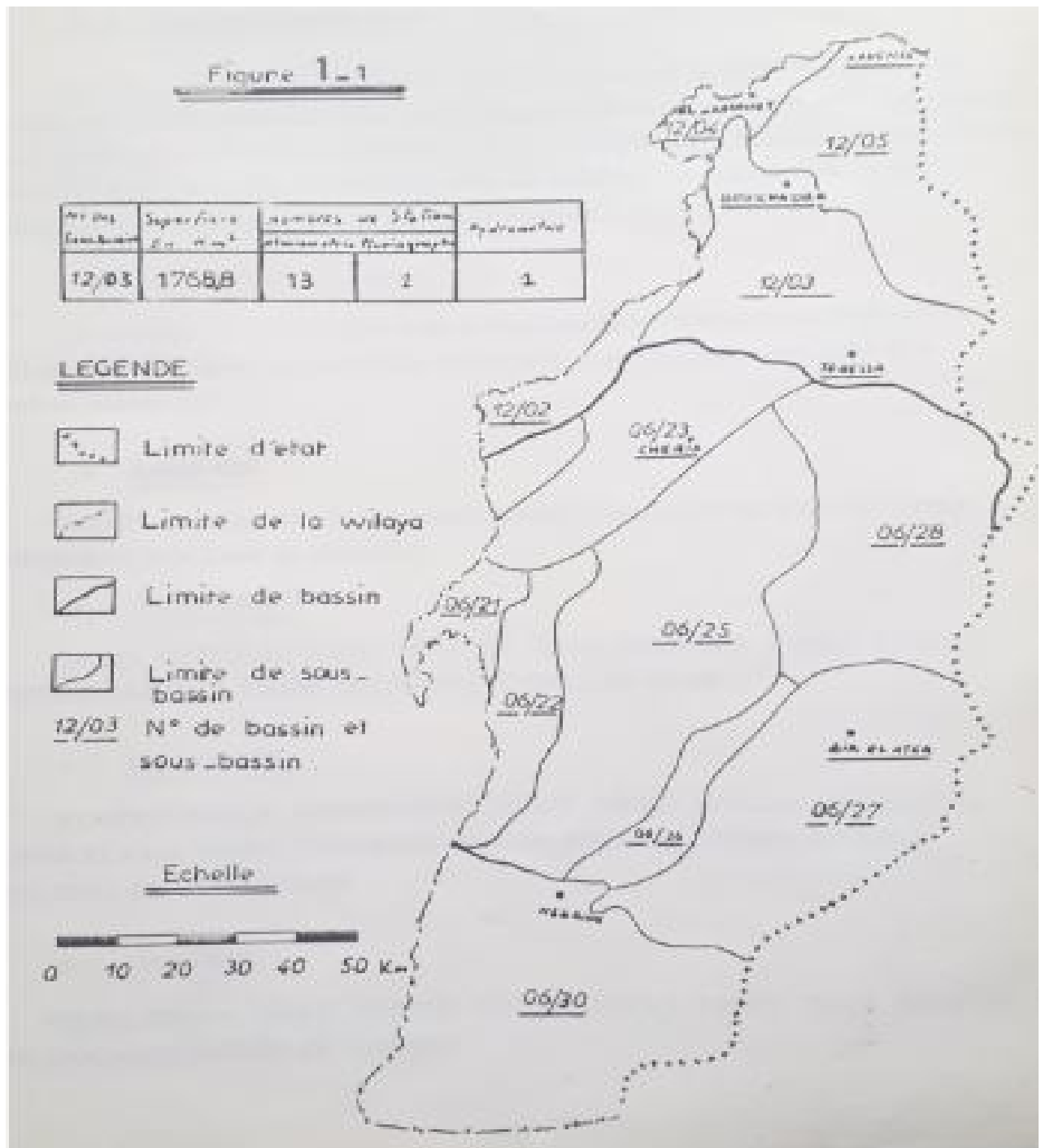


Figure 1 : carte des bassins versant de la wilaya de Tébessa(Souahi H 1993 )



# **Chapitre 2 : la géologie de la région**

La région de TEBESSA, MORSOTT fait partie d 'un grand bassin d'effondrement, avec comblement par des dépôts d'origine continentale prouvée par des empreintes de fossiles et leurs constructions bit alogiques , entourée par des monts importants appartenant à la zone géotechnique des hauts plateaux .

Ses reliefs sont formés d'un ensemble de synclinaux et anticlinaux à faciès prédominantes des calcaires marneux qui du point de vue stratigraphique se datent du CRETACE INFERIEUR à L'EOCENE MOYEN, avec la mise en place des formations TRIASIQUES sous forme de diapirs.

## **2. 1 : stratigraphique**

En se référent à la carte géologique 1 / 50.000 de TEBESSA, la série stratigraphique de la région d'étude, de bas en haut s'établit comme suit

### **2.1.1---Secondaire ( Mésozoïque )**

#### **2.1.1.1- Trias :**

Constitue la majeure partie du Djebel Djebissa à l'extrémité EST de la plaine et affleure en diapirs, dont les principaux faciès sont

\_\_\_ Des argiles rouges à gypses avec lentilles à gypses, entaillées par les oueds suivants des épaisseurs considérables dans le Djebel Djébisssa et caractérisant le trias inferieur.

#### **2.1.1.2- crétacé :**

##### **2.1.1.2.1- Aptien C1 C11**

bien visible et Djebel BOUROUMANE ayant une puissance de 400 à 500m

#### **Aptien inférieur et moyen : C11**

est constitué de calcaires massifs et de dolomies appartenant à l'aptien et admettant peut être une partie du barrémien. la moitié inférieur est à peut prés entièrement dolomitiques .

les calcaires souvent formés d'oolithes ferrugineuses.

les orbitolines sont très abondantes, cependant quelques rudistes dans les intercalations de calcaires rigoureux sont visibles. Par contre au sommet dans les petits bancs de se trouvent les Echinides, quelques lamelli branches et des moules internes de Gastéropodes indéterminables.

L'épaisseur est de 400m environ .

### **Aptien supérieur : C1**

Se propage sur une épaisseur de 70m et forme la partie nord de la crete du Djebel BOUROUMANE. il formé par des calcaires massifs gris ou roux d intercalations de quelques mètres de marnes et de marno-calcaires sous éboulis mais riches en en orbitolines .

#### **2.1.1.2.2 – zone de clansayes :**

Il s'agit d'une série bancs de calcaires massifs gris à zones rogneuses plus tendres, très fossilifères renfermant une faune nombreuse du groupe de parahoptitesSp .il existe des rudistes dans les assises calcaires.

Les bancs deviennent lumachelliques au sommet avec des intercalations gréseuses.

La puissance de cette formation est de 90m. ces assises forment une grande partie des pentes moyenne du versant Ouest du BOUROUMANE.

#### **2.1.1.2.3 —Albien etvraconien : C2 - C3 : 150 m au Djebel BOUROUMANE**

### **C – Albien inférieur : C2**

Se présente par une alternance de bancs de calcaires brun épaistrés durs et ostréa , avec un bancs de calcaires et rudistes indéterminés .

Cette formation s'étend sur une épaisseur de 60 m. dont son représentent les marnes jaunes au sommet.

### **Vraconien et albien supérieur : C3**

C'est ensemble de calcaire et marno-calcaire gris en en plaquettes et petits bancs dont de rares couches de marnes brunes interrompent l'homogénéité.

Dans cette formation se présente une dominance d'empreintes d'ammonites, des groupes de Mortoniaceras et Hamites et de Bélemnites.

Ces assises forment le bas des pentes du Djebel BOUROUMANE et sont recoupées par l'oued portant le même nom

#### **2.1.1.2.4 -- Cénomaniens : C4 - C5**

**Cénomaniens inférieurs : C4a** divisé en deux parties :

--- **à la base :**

Ce sont des assises de marnes jaunes à gypses avec quelques bancs de lumachelles ocres ou jaunes minces et quelques bancs délités en boules blanches puis des marnes noires épaisses. L'ensemble des assises forme une puissance de 60 à 80 m. A l'est du Djebel DJEBISSA, cette formation est connue par des groupements de sous-étages.

--- **au sommet :**

On distingue de haut en bas une alternance des lumachelles grises en dalles minces avec des marnes puis deux bancs de calcaires gris compacts cristallins massifs intercalés dans les marnes. Sur ces dernières des traces d'ammonites

La forme est abondante comprend surtout des lamellibranches, avec en particulier Ostracod, l'épaisseur est de 80 m.

**Cénomaniens moyens : C5a**

Est caractérisé par une série très épaisse de marnes grises avec absence de fossiles et présence de quelques bancs de lumachelles à la base, l'épaisseur est de 200 m

**Cénomaniens supérieurs : C5b**

Il s'agit de marnes jaunes avec quatre ou cinq bancs de calcaires ocres ; épais, durs intercalés et contenant des lumachelles, son épaisseur est 200 m la forme très abondante par exemple l'Ostrea. La microfaune est également abondante.

#### **2.1.1.2.5 -- Turonien : C6**

**turonien inférieur : C6a**

formé d'assises très constantes de marno-calcaires gris en petits bancs de marnes très calcaireux fissiles, de marno-calcaire en plaquettes .

L'épaisseur est de 60 à 70 m , ou rencontre fréquemment à la base de petits incérâmes allongés à test noir . la microfaune indique bien le turonien inférieur.

### **Turonien moyen : C6b**

Il s'agit d'une assise massive de 80 à 100 m. d'épaisseur formée de calcaires beiges ou roses, et de dolomies , ou de calcaires dolomitiques , les bancs sont épais , sauf dans la partie inférieure présentant uniquement des calcaires marneux aux environs immédiats de TEBESSA .

A BEKKARIA des rognons de silex apparaissent à la partie supérieure .

Cette formation constitue les falaises qui bordent la plaine de TEBESSA vers l'extrémité Ouest de la région de TEBESSA-BEKKARIA .

### **Turonien supérieur : C6c**

Au dessous du dernier banc de lumachelles du coniacien se localise le turonien supérieur sous forme d'une série des marnes noires gypsifères, des marnes calcaires en plaquettes souvent lumachelliques .

#### **2.1.1.2.6—Sénonien : C7 - C8**

il est repartit en deux systèmes : l'un à la base principalement marneux , l'autre au sommet , représenté par des calcaires massifs , il s'agit d'une part du Emscherien (coniacien – Santonien) . Compagnés dominés par des marnes et d'autre part des calcaires qui sont Maestrichiens .

##### **2.1.1.2.6.1 – Emcherien( Coniacien – Santanien ) : C7**

Constitue la partie Nord de la plaine s'élargit de Bled TEBAGA jusqu'à la frontière Tunisienne.

## **Coniacien :**

Formé d'une bande de 200 m .d'épaisseur de marnes à nombreux bancs de lumachelles.

## **Santanien :**

Est caractérisé par des marnes noires ou vertes, les calcaires sont rares et l'épaisseur est de 200 m.

### **2.1.1.2.6.2– Campanien : C8**

#### **Campanien inférieur et supérieur :**

Présenté par une série de marnes grises ayant une épaisseur de 200 m

#### **Campanien moyen :**

Présenté dans le relief une nouvelle corniche entre celle du Turonien et de Maestrichtien, formée de calcaires gris claires et blancs crayeux de 60 m. D'épaisseur

### **2.1.1.2.6.3—Maestrichien : C9**

#### **Maestrichien inférieur : C9a**

Caractérisée par 30 m de marnes grises passant à des marnos-calcaires blancs

#### **Maestrichien moyen : C9b**

L'affleurement bien remarquable sur KoudiatNasselaainssi qu'approximait de KSAR GOURAYE.

Le troisième affleurement est localisé au niveau du versant Nord de Dra Ain Es-SEDJRA .Djebel Gourayeet KefZoubia . Ce sous étages est principalement formé de calcaires massifs blancs, bien limités à nombreuses empreintes d'Inocérames . L'épaisseur est de 80 m.

## **2.2 Tertiaire (Cénozoïque)**

### **2.2.1 Paléogène**

#### **2.2.1.1 Paléocène**

Présente la limite inférieure du tertiaire. Etant formé d'une puissante série d'environ 300 m. de marnes noirs ou jaunâtre souvent gypseuse ou pyriteuse à rare petits bancs marno-calcaires

### **Paléocène moyen(Thanécien)**

Présente une faible épaisseur de 10 à 15 m. Il est formé des marnes et calcaires marneux à silex renferment plusieurs couches phosphatées.

### **Paléocène supérieur(Sparnacien)**

Il est absent dans la région d'étude.

#### **2.2.1.2Eocène**

Eocène inférieur et Crétacé Supérieur: 2 C (Dano –Montieu – Maestrichtien supérieur). C'est une série de marnes noires ou jaunâtre. Quelques fois gypseuses ou pyriteuses, à rares petits bancs marno-calcaires et puissante de 300 m.

#### **Eocènes inférieur: e1V ( Thanétien )**

Suivant une épaisseur variant de 1 à 15 m. des marnes et de calcaires marneux à silex renfermant plusieurs couches, phosphatées ou les dents de Squales ne sont pas rares.

#### **Eocène moyen et inférieur : III (Lutétien inférieur et Yprésien) .**

Les deux ensembles sont caractérisés par une cinquantaine de mètres de calcaires massifs à silex en bancs épais avec, à la base 5 mètres de calcaires marneux bancs à silex et de couches richement phosphatées. Cette formation est d'une puissance de 50 à 60 m.

#### **2.2.2Miocène :**

##### **2.2.2.1Miocène : m.**

##### **Miocène inférieur et moyen: m2-1 (Vindobien et Byrdigabien)**

Il s'agit d'une série gréseuse continentale de 150 m de puissance. L'affleurement de ce sous-étages est bien remarquable et la limite Sud de la région étudiée vers Ain Bekkaria, alors que le centre est recouvert par les formations Pliocènes quaternaires. Les formations sont mentiellement détritiques antérieures. On est en présence des pondigues de base ,très silicieux,

souvent ferrugineux admettant une intercalations des marnes jaunes ou vertes, les niveaux supérieurs sont très durs conglomératique et forment les reliefs de HadjarSefra .

### **Miocène supérieur: m3 (pontier)**

Le sous-étageest formé de marnes rouges continentales quelques fois bariolées son affleurement n'est remarquable qu'au Sud du col de Tenoukla avec une puissance supérieur à100 m.

### **2.2.2.2Pliocène : P**

Recouvre largement la bordure Nord-est de la plaine ( village de Bekkaria ) ainsi que les calcaires Eocène (PE) au Nord-Ouest vers Djebel Hamzal,KefRohan et MzaretBougrina, ces facies sont des argiles rouges compactes des conglomérats souvent cimentés et des sables quartzeux (ps)Contenants des bois fossiles peu silicifiés dans la région de Djebel Senoubra. L'épaisseur du pliocèneprès de Bekkaria atteint 400 m.

### **2.2.2.3Plioquaternaire: q (Villa franchies)**

Du point de vue lithologique, il est formé par des argiles rouges à la base de l'oued OGLET-RBAIB et de conglomérats et l'Est du Djebel Djebissa dont les élément, à Bord arrondi et mauvaise superficie sont limités par des argiles brunes rouges, ces formations maintient souvent des pendages importantes ( 45 degrés à sens verticaux ) et sont parfois prises dans les calcaires pulvérulents de couleur rose.

## **2.3 -- Quaternaire**

Il s'agit de:

### **2.3.1 Matériel d'épandage ancien en terrasse : q**

Ce sont les cailloutis et argiles peu épaisrépandus en général sur lesséries marneuses crétaées.

### **2.3.2 Alluviens anciennes de piedmont**



Ce sont les formations de bordures de la plaine de Tébessa argileuses, caillouteuses qui deviennent de plus en plus ferres vers le centre du bassin. Ce sont la plupart temps des cônes de déjection .

### **2.3.3 Croute Calcaire : q c**

S'observe surtout dans les dépressions et sur les pentes faibles. C'est ensemble de dépôt superficiel du à l'évaporation de l'eau chargée de calcaire développée surtout sur les alluvions caillouteuses anciennes. Son épaisseur est de 1m.

### **2.3.4 Alluvions anciennes : a1**

Constituent les basses terrasses des Oueds et se raccordent généralement à des formations anciennes occupant latéralement de plus grandes surfaces (exemple Oued OGLET RBEIB)

### **2.3.5 Liment récents : q2**

Il s'agit du résidu d'altération et de lessivage des marnes environnantes. Cette qualité de formation est développée surtout dans les zones basses (Village De Bekkaria). Formées des dépôts de gypses qui font l'objet d'exploitation, ainsi que dans la grande vallée de l'Oued Kebir.

### **2.3.6 Alluvions actuelles ou récentes : a2**

Leurs présences est rare c'est pourquoi elles sont peu importantes. Elles sont constituées des cailloutis calcaires

### **2.3.7 Eboulis actuels :**

A cette formation existe au pied de tous les grands reliefs calcaires.

résumé schématique de la géologie dans la région de Tébessa  
Figure 6.5

IND	ETAGE	ÉPAISSEUR MOYENNE (m)	COLONNE GÉOLOGIQUE	NATURE DES TERRAINS	
q <sup>4</sup>	Alluvions-actuelles				QUATÉRNAIRE
q <sup>3</sup>	Limons récents			Limons	
q <sub>1</sub>	Alluvions anciennes			Argileuse ou caillouteuse	
q <sub>II</sub>	Épandage ancien en terrasse			Argile et gravier	
q <sub>III</sub>	Villa Francheuse	Supérieur à 20		Argile rouge et brune à gypse conglomérat	MIOCÈNE
p	Pliocène	0 à 50		Argile rouge Sable quartzifère Blocs calcaires	
m <sup>a</sup>	Pontien	100		Marne rouge et bariolée	
m <sup>a+b</sup>	Vindobanien Burdigalien	150 à 300		grès Marnes gréseuses Conglomérats	ÉOCÈNE
e <sup>a+b</sup>	Éocène moyen	60		Calcaires blanc à silex	
e <sup>c</sup>	Éocène inférieur Massenien Sarrasinien (Boussin)	300		Marnes noires et jaunâtres	CRÉTACÉ
c <sup>10</sup>	Messinien Moyen	80 - 200		Calcaires blanc massifs Inocerames	
c <sup>9a</sup>	Messinien inférieur	30		Marnes grises	
c <sup>8</sup>	Compiègnien	60-300		Marnes grises, calcaire marneux Crayons blanc	
c <sup>7</sup>	Emschévien (Santonien + Coniacien)	250		Marnes noires et vertes + Lamelles	
c <sup>6a</sup>	Turonien supérieur	150		Marnes noires et marne calcaires	
c <sup>6b</sup>	Turonien moyen	100		Calcaires à rudistes Calcaires dolomitiques	
c <sup>6a</sup>	Turonien inférieur	70		Calcaires marneux	
c <sup>5b</sup>	Cenomanien supérieur	200		Marnes jaunes + bancs de calcaire	
c <sup>5a</sup>	Cenomanien moyen	150		Marnes jaunes et noires à gypse Lumachelle	
c <sup>4a</sup>	Albien Vraconien	200-500		Calcaires et marne-calcaires Marnes, calcaires bruns	
c <sup>4</sup>	Zone de Clansay	100		Calcaires massifs grès	
c <sub>3</sub> c <sub>2</sub>	Aptien	400-500		Calcaire massif ; dolomie	
T	Trias			Diapir argile, brèche, dolomie	

Figure 2 : résumé schématique de la géologie dans la région de Tébessa

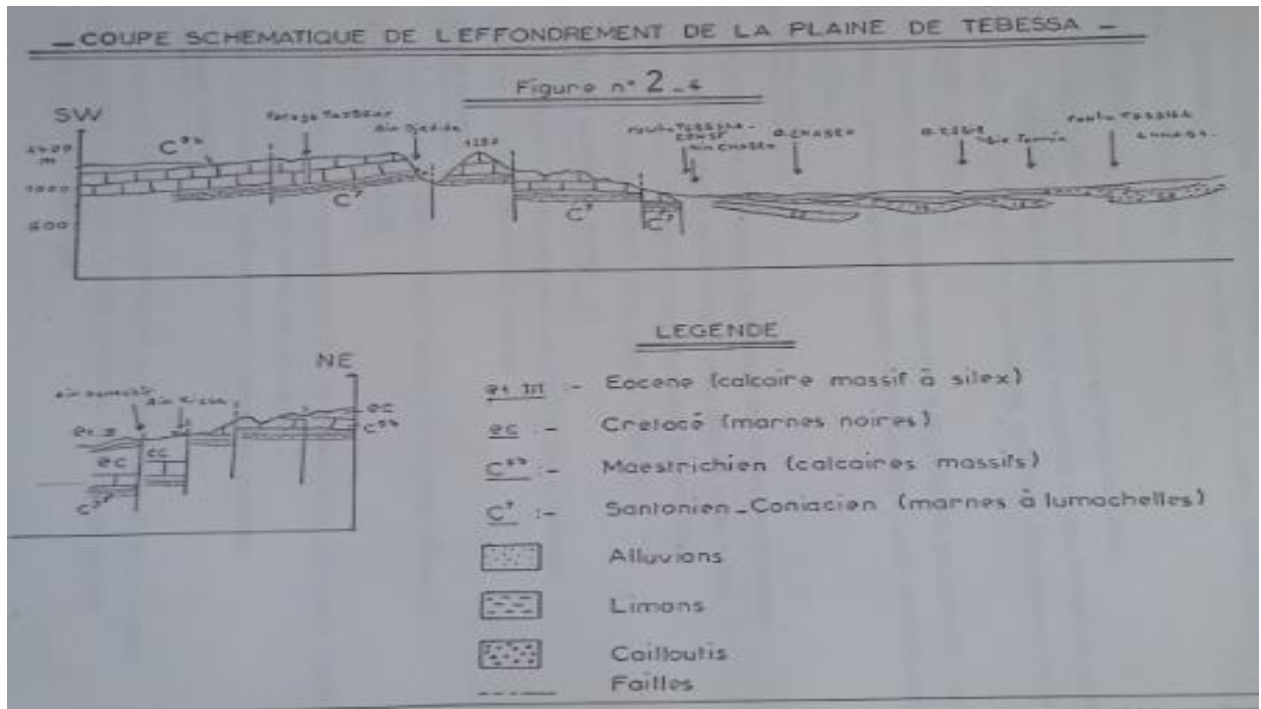


Figure 3 : coupe schématique de l'effondrement de la plaine de Tébéssa

## 2.4 GEOMORPHOLOGIE :

En se référant de la carte topographique de Tébéssa feuille 206 échelle 1 / 50 000, La morphologie du bassin étudiée est très variée.

Elle est caractérisée par les formes morphologiques suivantes :

### 2.4.1 : Bassin Versant :

Comme on a mentionné précédemment, la région d'étude fait parti du sous Bassin versant du Mellegue, qui est caractérisé en sa totalité par une violente déformation tectonique.

### 2.4.2 : Les montagnes :

Aux bordures de la plaine sont répartis plusieurs montagnes d'altitudes variables, les plus grandes sont localisées vers, le Sud (Djebel – Bouroumane 1545 m) et vers l'Est (Djebel – Djebissa qui est constitué par une formation triasique sous forme diapirique correspondant aux argiles rouges, bariolés et gypseuses avec des bancs de calcaires dolomitiques. Toutes les montagnes sont recouvertes par une végétation très importantes de broussailles et de pins.

### **2.4.3 : Les murs tectoniques :**

En quelques point, la région est recoupée par des murs tectoniques bien visibles au Nord et Sud, les murs tectoniques sont les témoins de l'effondrement de la plaine.

### **2.4.4 : Les vallées d'érosion :**

En générale sur le bassin versant, les vallées sont observables avec des grandes pentes en particulier sur les massifs horsts

### **2.4.5 : Les vallées de failles :**

Sont localisées sur les différentes zones affectées par les failles

### **2.4.6 : Les cônes de déjection**

Ils sont répartis au pieddes reliefs, formés par des dépôts caillouteux (colluvions) de bonne perméabilité.

### **2.4.7: Les zones d'éboulis :**

Elles recouvrent les massifs horsts au Sud, elles sont liées à la grande tectonique et de broyage dues aux failles.

### **2.4.8 : Quaternaire Récent :**

Il est formé par le pliocène remanie qui couvre presque la totalité de la cuvette.

### **2.4.9 : Les alluvions :**

Elles sont représenté faiblement dans la région et se localisent près des Oueds, on observe seulement un niveau de terrasse formé de pliocène remanié et des cailloutis.

## **2.5 TECTONIQUE :**

Le fait marquant est la présence de la fosse d'effondrement de TEBESSA qui est la conséquence de mouvement récent du socle, prolongeant celui de Kasserine à L'Est en Tunisie, se poursuivant au Nord-Ouest par celui de Morsott.

--- Un grand accident de direction N.E – S.O. semble couper et décrocher la plaine de TEBESSA. Il s'agit d'une faille inverse le compartiment S.E chevauché le compartiment N.O. ceci est visible au Djebel Chemla lorsqu'on empreinte la piste qui joint la route de Morsott-Tébessa à la future station hydrométrique de l'Ain Erkell.

--- Le graben recoupe d'anciennes structures orientées S.O., N.E (plie de couverture), mais visible dans les limites de la feuille anticlinal du Djebel Es-séne passant un peu au Nord du KodiatSafra; synclinal du Dyr passant par le Djebel Mestiri, anticlinal du Djebel Djebissa. Ces structures sont anti-miocènes (Les mouvements ont commencé au campanien pour atteindre leur paroxysme au Lutétiensupérieur). Les failles datant de cette époque sont simples et rares : faille de TENOUKLA, faille de GOURAYE.

--- Les effondrements post-miocènes probablement post-pliocènes allongés N.O – S.E sont accompagnés de grandes cassures de même direction constituant un système générale dans la region.

--- A la limite du Sudse fait sentir la tendance à flexure qui se généralise plus au Sud (flexuresaharienne) et qui liées à des plis S.O. anti miocène mais ayant rejoue ensuite. Le horst du Djebel bouroumane dont il avait probablement commencé lors des premiers mouvements, pour se poursuivre ensuite, probablement jusqu'au villafranchien inclus. Le mouvement de subsidence du fossé de Tébessa s'est poursuivi très tardivement puisque les dépôt villafranchiens sont plissées sur les bords (d'après G. DUROZOY 1956) (**Souahi H 1993**)



Figure 4 : Carte géologique de la région de TEBESSA et Kasserine(**Hamad A2019**)

# **Chapitre 3 : Etude géophysique**

### 3.1 Introduction

--la plaine de Tébessa-MORSOTT a été couverte par une prospection électrique assez importante à l'aide de 242 sondage électrique avec une ligne AB = 2000 m, et 105 sondages avec une ligne AB = 6000 m, réalisé par la compagnie générale de la géophysique en (1970)

--A la suite de cette étude des forages ont été entrepris, ces derniers s'adressent uniquement aux formations de remplissage quaternaires plus au moins perméable ; c'est pourquoi il utile de donner quelques indications concernant les relations entre les couches géologiques et les résistivités électriques pour la région étudiée

\*\* De 1 à 5 Ohm : Argile avec cailloutis calcaire.

\*\* De 10 à 20 Ohm et plus : formations relativement résistante.

--A laide de ces forages, qui ont participé à l'étude et d'autres existant dans la plaine nous avons pu établir trois coupes géo électriques transversales et deux coupes que sont géo électrique longitudinales.



Figure 4 : Carte géologique de la région de TEBESSA et Kasserine



## 3.2 Tracage des coupes géoélectrique et son interpretation :

### 3.2.1 / coupe transversale (SE-NE): (figure6)

Sur la coupe géo électrique transversale établit sur le profil de la coupe hydrogéologique ( Z-1 Bis – Békkaria X-4 – OgletR'baib ) ; de direction SE-NE, on note l'existence de quatre horizons dont un résistant ; deux moyennement résistants et le dernière conducteur

- **L'horizon résistant:** S'étend le long de la surface topographique, formé par succession des lentilles résistantes d'une résistivités comprise entre 15 et 80 Ohm et une épaisseur varie de 10 m, il est traversé par les forages Z-1Bis, X-4,OG
- **L'horizon supérieur de résistivité moyenne :** s'étend sur une partie de la coupe ; allongé un peu vers le centre ou il se limite par le forage de 06, puissant de 40 à 80 m, et d'une résistivité comprise entre 10 et 30 Ohm, cet horizon est traversé par les trois forages ; ou on note la présence d'une lentille résistante( 80 Ohm ). Aux environs de forage Z-1Bis d'une épaisseur de 15 à 25 m.
- **L'horizon inférieur de résistivité moyenne :** caractérisé par une épaisseur considérable par rapport aux autres horizons de 65 à 165 m, croissant tout en approchant vers le centre de l'horizon, et décroissant à l'extrémité de la coupe, avec une résistivité de 15 à 25 Ohm. cet horizon est traversé par deux forages le Z-1 Bis et le X-4 où on note la présence d'une lentille résistante( 40 m ) au niveau du forage Z-1 Bis d'une épaisseur variée entre 10 et 65 m, cet horizon peut présenter une nappe captive limitée par le substratum et l'horizon conducteur au toit.

-- ces trois horizons sont des endroits hydrogéologiques favorables vu que

Comprise entre 20 et 80 Ohm reflète plus ou moins la nature géologique Du terrain, estimé par des graviers et des cailloutis.

**\*L'horizon conducteur :**

S'étend entre les formations résistantes et moyennement, traversé par les

Trois forages ( U-4- Z-1Bis-OG ). Sa puissance est de 40 à 75 m, cet Horizon est présenté par une résistivité inférieure à 10 Ohm.

**\*LE SUBSTRATUM :**

Constitué par une formation imperméable puisque la résistivité inférieure à 10 Ohm, formée par des marnes et des argiles.

---Elle est importante au bordure sud au environs du forage Z-1 bis d'une Valeur maximale égale à 7000 Ohm.

---puis elle diminuera graduellement vers le nord d'un minimal égale à 1300 Ohm en sondage géo électrique T- 6

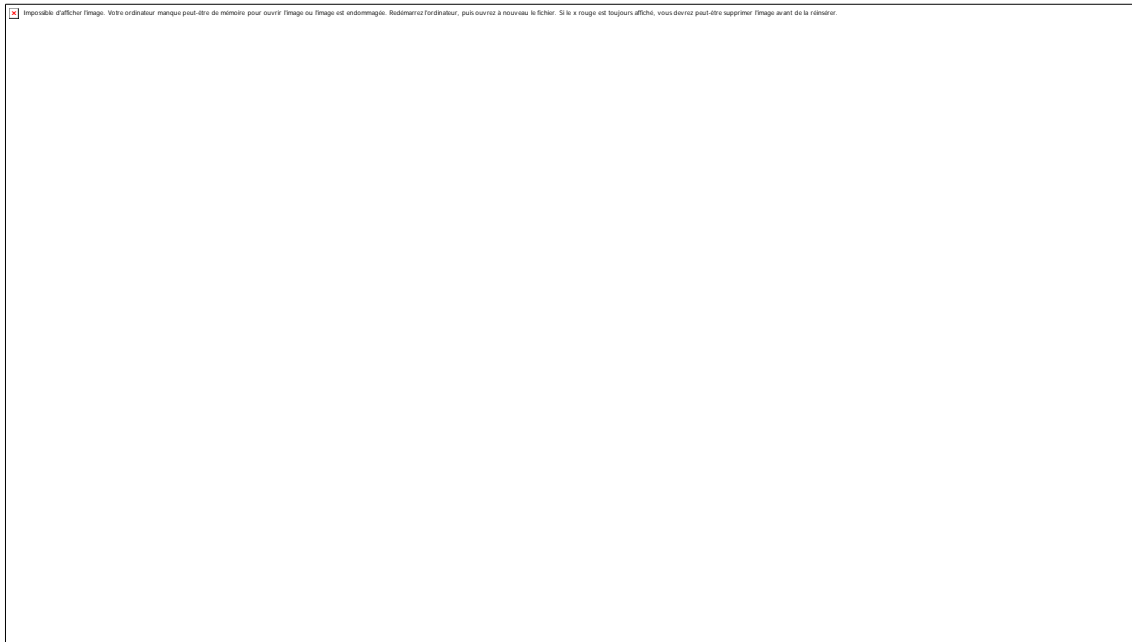


Figure 6 : coupe géo électrique transversale EST

**3 2 – 2 coupes transversales centrale : figure 7**

- Sur la coupe géo électrique établie sur le profil de la coupe hydrogéologique ( Q3-4, M1 ; P5-6 ), d'une direction Sud – Nord, on signale l'apparition d'un phénomène identifié par l'affleurement du substratum à la surface du sol au niveau du sondage géo électrique ( N-8 ) qui est peut-être réduit à un phénomène tectonique. Selon ce

phénomène on a partagé cette coupe en parties par le sondage géo électrique N-8 pour faciliter l'interprétation.

**Partie 1** : on note l'existence de deux horizons dont le premier faiblement Résistante le 2eme résistant.

\* L'horizon faiblement résistant: s'étend sur toute la partie de la coupe parallèlement à la surface topographique limitée par le sondage géo électrique N-8 d'une épaisseur varie de 20 à 60 m et d'une résistivité comprise entre 10 et 13 Ohm. Qui reflète une formation argileuse avec cailloutis calcaireux. Cet horizon est traversé par les forages Q3-4, P5-6 ; M1 où on note l'apparition d'une lentille résistante ( 50 Ohm ) aux environ des forages Q3-4 et M1 d'une épaisseur de 25 m

**Partie 2** : il possède une épaisseur considérable de 50 à 300 m, composé par des graviers cailloutis puisque la résistivité est de 20 à 50 Ohm cet horizon est traversé par les trois forages, où on note l'existence d'une lentille conductrice ( 7 Ohm ) entre les deux forages ( M1 ) et le ( P5-6 ) d'une épaisseur varie entre 10 et 50 m

**PARTIE N 2** : - formée essentiellement par un seul horizon d'une résistivité inférieure qui est conducteur, d'une résistivité inférieure à 10 Ohm et une épaisseur 10 à 175m. au niveau de cet horizon il existe trois lentilles résistantes de 30 à 50 Ohm, et d'une épaisseur plus au moins égale (10 à 50m).

- Le substratum présente par une résistivité inférieure à 10 Ohm formé par des marnes et des argiles.
- le changement de la résistivité transversale pour cette coupe est suit
- Elle très important au bordure Sud d'une maximum atteint dans le sondage géo électrique Q-3 ( 12000. )
- Elle très faible au centre de la plaine d'une valeur égal à 0 Ohm.
- Elle est moyennement importante à la bordure Nord d'une valeur égale à 6275 Ohm.

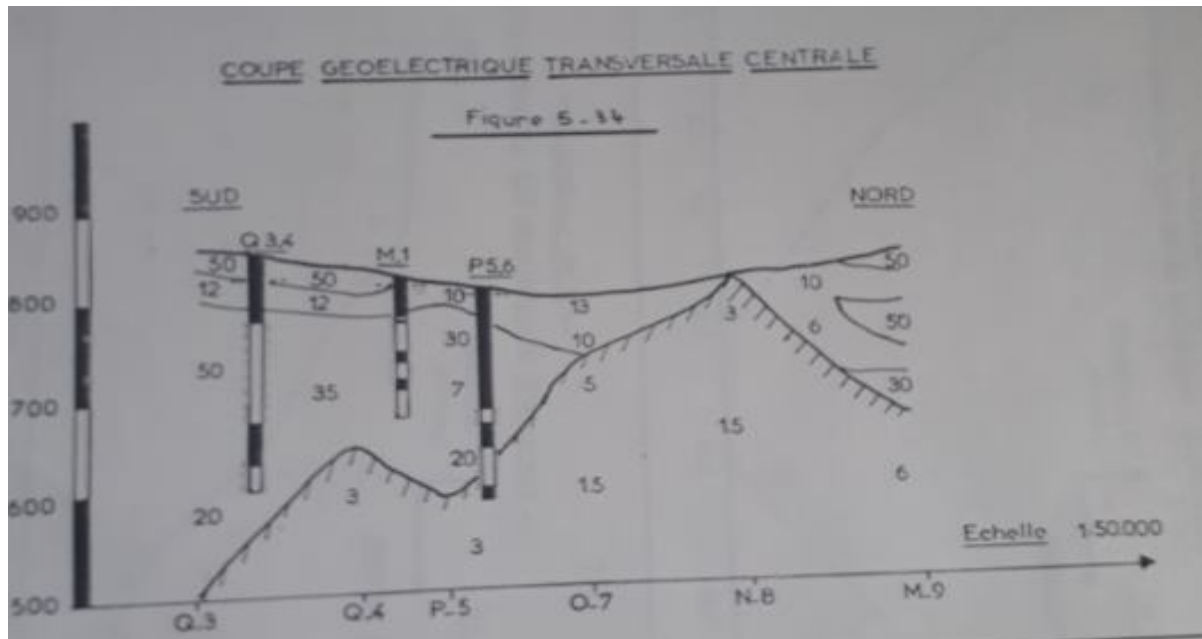


Figure 7 : coupe géo électrique transversale centrale

### 3 - 2 - 3 Coupe transversale ouest SW – NW : figure 8

-Sur la coupe géo électrique transversale établit sur le profil de la coupe hydrogéologique ( FG-1 ; AC-1 ; AC2 ) d'une direction SW-NW, on note l'existence de trois horizons dont un résistant, le second moyennement résistant et le dernière conducteur.

- **L'horizon résistant** : cette horizon est sou forme d'une lentille très résistante, s'étend à la bordure NW où elle se limite et s'intersecté avec le forage AC-2 d'une résistivité comprise entre 100 et 200 Ohm et une épaisseur et une épaisseur varie de 25 – 125m. a l'intérieur de cette lentille il existe une deuxième lentille conductrice (80Ohm), d'une épaisseur comprise entre 10 et 40m
- **L'horizon moyennement résistant** : cet horizon est allongé sur toute la coupe transverse par les trois forages ( FG-1, AC-1, AC-2 ), sa puissance est de 40 à 225 m, et sa résistivité entre 10 et 50 Ohm. A l'intérieur de cet horizon, ils existent trois lentilles de différentes épaisseurs, deux sont résistantes entre 50 et 70 Ohm, et une épaisseur de 10 à 160 m ; la troisième lentille présenté l'horizon conducteur.

- L'horizon conducteur** : Comme on a cité au-dessus, c'est une lentille imposée dans un horizon moyennement résistant, d'une épaisseur de 10 à 150m et une résistivité très faible, formant une nappe imperméable composée par des marnes et des argiles. Elle traversée par un seule forage ( AC-1 ) où il y a la présence d'une seconde lentille moyennement résistante ( 20 Ohm ) et une épaisseur égal à 50m.

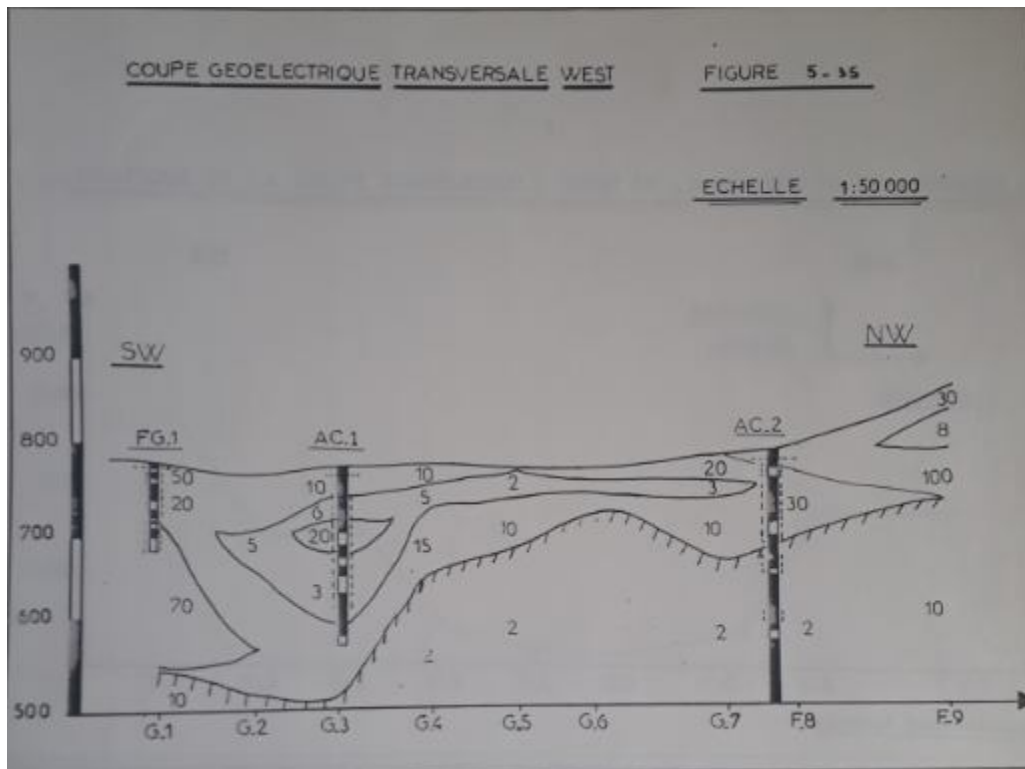


Figure 8 : coupe géo électrique transversale WEST

- Le substratum** : Formé par des marnes et des argiles d'une résistivité inférieure à 10 Ohm.
- La coupe transversale Ouest correspond au profil géo électrique ( G ), reflète la même allure de la coupe transversale centrale d'une maximum égale à 11000 Ohm. m. au sondage géo électrique G-1 et un minimum au sondage géo électrique G-6 égale à 400 Ohm. m.

### 3. 3 Traçage des coupes géo électrique longitudinales :

#### 3 .3 .1 / Coupe géo électrique longitudinale ( A ) :

■ Sur la coupe géo électrique longitudinale obtenue d'une direction Est – Ouest au centre de la plaine avec un maximum des sondages géo électrique( 21 sondages ), on distingue l'existante de quatre horizons dont :

- Un horizon résistant d'une résistivité varie entre 30 et 80 Ohm.
  - Un horizon moyennement résistant d'une résistivité varie entre 10 et 40 Ohm.
  - Deux horizons conducteurs d'une résistivité inférieur à 10 Ohm.
  - L'horizon résistant : s'étend à la partie Est de la coupe d'une épaisseur très faible entre 10 et 25 m et une résistivité comprise entre 30 et 80 Ohm, qui reflète une formation perméable composée par des calcaires, des sables , des graviers, et des galets.
- Les deux horizons conducteurs : Il s'étend sur la partie centrale de la coupe et la partie Est sous forme de deux lentilles parallèlement à la surface topographique, d'une résistivité inférieur à 10 Ohm.
- Horizon conducteur supérieur : s'étend sur épaisseur très faible de 10 à 25 m. alors que l 'horizon conducteur inférieur possède une épaisseur très important par rapport au premier de 25 à 100 m, et on note l'apparence de deux lentilles moyennement résistantes de 10 à 20 Ohm et une épaisseur à peu près égal ( 50 et 60 m. )
- L'horizon moyennement résistant : S'étend sur toute la coupe d'une épaisseur très considérable de 75 à 250 m et une résistivité de 10 à 40 Ohm, à cet horizon on note la présence de l'horizon conducteur inférieur, partageant cet horizon en deux parties, qui peut être dû à un phénomène tectonique, aussi on distingue la présence de quelques lentilles marneuse argileuse qui s'étalent dans toutes les parties ( Est-centrale – Ouest ) d'une épaisseur à peu près égal de 25 à 50m, et une résistivité inférieur à 10 Ohm.
- Le substratum : Il est constitué par des marnes et des argiles vu que la résistivité inférieur à 10 Ohm.

--- La résistivité transversale est très importante au bordure Est, précisément à la région de BEKKARIA d'un maximum égal à 5320 Ohm, au sondage géo électrique W-4, cet augmentation est dû à la présence des cônes de déjection formées par les affluents de Oued EL-Kebir comme Oued Djebissa, Oued rherab.

---Elle faible, moyenne respectivement au centre de la plaine et Ain chabroldû à l'éloignement aux Oueds, ( Kebir et Chabro ).

### 3. 3. 2 Coupe géo électrique longitudinale ( B )

Sur la coupe géo électrique longitudinale établit sur le profil de la coupe hydrogéologique ( Z-1 Bis –W-2-ED-M-2 Bis –M-2-3-KL-3-J2- CT-FG-1, EF-1, quoi sont tous des forages imparfaits ), d'une direction Sud-est – Sud-ouest le long de la route nationale, on distingue l'existence de cinq horizons dont :

- Un horizon très résistant d'une résistivité comprise entre 70 et 400 Ohm.
- Deux horizons résistants (N° 1 ; N° 2)
- Un horizon moyennement résistant
- Un horizon conducteur

--- **L'horizon très résistant:** S'étend dans la partie Sud- Ouest, avec une épaisseur de 10 à 75 m. et une résistivité comprise entre 50 et 400 Ohm, traversé par les forages ( j-2-3, CT, PEF-1, FG-1 ), au niveau de cet horizon, présente une lentille moyennement résistant ( 30 Ohm. ) d'une épaisseur de 10 à 50 m. au niveau du forage J-2-3.

--- **L'horizon résistant N°1** : S'étend dans la partie Sud-ouest où il se limité par le forage M-2-3, possède une épaisseur considérable, croissant à l'extrémités-Ouest et décroissant au centre de l'horizon varie de 165 à 250 m. et une résistivité comprise entre 50 et 100 Ohm, traversé par les forages (M-2-3, KL-3, PEF-1).

D'après ces deux horizons qui sont situés à Ain Chabro, on constate qu'ils sont les zones favorables ( perméable ) justifiées par le nombre des forages implantés ( J-2-3, CT, EF-1 ;FG-1), qui sont minces au centre ( 165 m ), et épaisses à la bordure Est de la plaine ( 250 m ), ce qui nous permet de dire qu'il s'agit probablement d'une formation composées par des cailloutis calcaires ou des galets vu que la résistivité comprise entre 50 et 400 Ohm.

--- **L'horizon résistant N°2** : S'étend à la partie Sud-est, d'une épaisseur varié entre 10 et 35 m. Et une résistivité comprise entre 20 et 80 Ohm, traversé par les forages Z-1Bis et W-2,

où il ya une lentille faiblement résistante (10 Ohm.) d'une épaisseur de 5 à 30 m au niveau du forage Z-1 BIS.

--- **L'horizon moyennement résistant** : S'étend dans la partie Sud-est jusqu'à la partie centrale de la coupe avec une épaisseur considérable de 50 à 80 m. Et une résistivité comprise entre 20 et 50 Ohm, traversé par le forage W-2 ; Z-1 ; ED ; M-1Bis, on distingue la présence de trois lentilles dont deux sont conductrices d'une résistivité inférieure à 5 Ohm. Et une faible puissance de 15 à 35m, et la troisième faiblement résistante d'une résistivité égale à 10 Ohm. et épaisseur de 15 m.

--- **L'horizon résistant N° 2** :

Et la partie Sud- Est de l'horizon moyennement résistant est située à la région de BEKKARIA, avec une résistivité comprise entre 20 et 80 Ohm, qui reflète une formation géologique estimées par des calcaires, sables, graviers et des galets.

--- **L'horizon faiblement résistant** : S'étend dans la partie centrale jusqu'à la partie Sud-ouest avec une épaisseur considérable du centre et faible, à la partie Sud-ouest de 10 à 180 m, et une résistivité de 8 à 40 Ohm. Traversé par les forages M-2-3, KL-3, J-2-3, CT, FG-3, EF-1.

--- **Les deux parties** : La partie centrale de l'horizon faiblement résistant et la partie centrale de l'horizon moyennement résistant sont situés à TEBESSA, d'où la géologie est représentée par des cailloutis calcaires, des graviers, calcaires, et des sables.

--- **L'horizon conducteur** : S'étend à la partie Sud-est sous forme d'une lentille comprise entre l'horizon résistant N°2 et l'horizon moyennement résistant, allongé un vers le centre, intersecté par les forages Z-1 Bis, W-2, ED, possède une épaisseur de 10 à 125 m. et une résistivité varie entre 5 et 10 Ohm.

--- Le substratum constitué de marnes et d'argiles présente une résistivité inférieure à 10 Ohm

--- La résistivité transversale est très importante à Ain Chabro d'une valeur maximale égale à 23500 Ohm. m. au sondage géo électrique F-1 dû à la présence de l'Oued Chabro provoquant la formation des cônes de déjection.

--- Elle est moins importante à TEBESSA. D'un maximum égal à 8150 Ohm. m. au sondage géo électrique 0-5.



---Elle est moyenne à BEKKARIA, d'un maximum égal à 7050 au sondage géoélectrique Z-1.

### **3. 3. 3 CONCLUSION :**

Le changement de la résistivité d'une région à l'autre est dû à son rapprochement ou son éloignement par rapport aux Oueds, qui peuvent provoquer des cônes de déjections considérables formés par dépôts perméables (dépôts de calcaires, cailloutis ; graviers ..... ) ces dernières peuvent résulter un certain changement de la résistivité transversale ; et tout dépend de son pourcentage d'accumulation.

## **3. 4 corrélation entre la géologie et la géophysique :**

### **3 .4 . 1 Coupes transversales :**

La comparaison entre les données géophysique et les résultats des sondages d'exploitation est comme suit :

#### **3.4.1.1 Coupes transversales Est: ( Z-1-Bis-X-4-V-4 )**

- Au niveau du sondage Z-1 Bis la formations perméable présente par une résistivité égal à 80 Ohm, par contre une deuxième formation résistante ( perméable ) d'une résistivité égal à 40 Ohm. présentée par les hydrogéologues comme formation imperméable donc il existe une certaine correspondance.
- Au niveau du sondage X-4 il existe une intercalation des couches perméables et imperméables marquées par des résultats géophysiques raisonnables, d'ou la formation perméable présente par une résistivité égale à 30 – 40 Ohm. Et la formation imperméable d'une valeur entre 8 et 10 Ohm, donc les données géophysiques confirment les résultats hydrogéologiques.
- Pour le sondage de OgletR'baib, aussi existe une intercalation des couches perméables et imperméable, celles-ci qui possèdent des épaisseurs importantes par rapport aux couches perméable. Donc ce sondage à confirmer les résultats de la géophysique d'ou la formation perméable est présentée par une résistivité comprise entre 20 – 80 Ohm. Et la formation imperméable par une résistivité entre 5 – 80 Ohm.

#### **3.4.1.2 Coupes transversales centrales : ( Q3-4, M-1, Q5-6 )**

- Pour le forage Q3-4, il existe une intercalation des couches perméable et imperméable avec des épaisseurs considérables, pour la comparaison entre les

résultats des études géophysiques et la coupe des sondeurs, il ya une correspondance, sauf pour la partie supérieur du forage qui est considérée par les hydrogéologue imperméable malgré qu'elle est située dans une lentille résistante( 50 Ohm ).

- Pour le forage M-1, la correspondance entre la géophysique et la coupe est bonne car les couches perméable sont présentées par une résistivité comprise entre 30 – 35 Ohm, et les couches imperméables par une résistivité entre 7 et 12 Ohm.
- Pour le forage P5-6, on note l'existence d'une intercalation entre des couches perméables et imperméables avec des épaisseurs très considérables de ces dernières par rapport aux perméables, la correspondance entre la géophysique et la géologie et assez bonne.

### **3.4.1.3 Coupes transversale Ouest** : (forages FG-1, AC-1, AC-2 ).

- Le forage FG-1 présente aussi par une intercalation de plusieurs couches perméables et imperméables, d'une épaisseur presque égale. Les résultats de la géophysique coïncident avec les travaux des hydrogéologues.
- Le forage AC-1 formé par une intercalation de couches perméables et imperméables avec des épaisseurs de ces dernière très importantes. La correspondance entre géophysique et la coupe sondeur est bonne, car les couches perméables sont présentées par une résistivité entre 20 et 30 Ohm, et les couches imperméables par une résistivité variée entre 6 et 10 Ohm.
- Pour le forage AC-2, ce qui est remarquable, il est le seul forage parfait, les autres forages, aussi les épaisseurs des couches imperméables sont très importantes par contre les couches perméables possèdent des épaisseurs faibles.

### **3 . 4 . 2 Coupes longitudinale B** :

La corrélation entre la géophysique et la géologie de la coupe longitudinale B est faite suivant les trois régions(BEKKARIA, TEBESSA, AIN-CHABRO).

#### **3.4.2.1 BEKKARIA:(forage Z-1 Bis, W-2 )**

- Le forage Z-1 Bis est composé par une seul formation perméable présenté par une résistivité égal à 80 Ohm, la correspondance entre les résultats de la géophysique et la géologie est assez bonne, sauf dans la partie inférieur du forage qui est

considérée par les hydrogéologues imperméables est par les géophysiciens comme favorable.

- Le forage W-2 est sous formes d'une succession des couches perméables et imperméables ; avec des épaisseurs très considérables de ces dernières, les résultats des géophysiques sont assez corrects.

#### **3.4.2.2 TEBESSA : (forages Edouamis, M-2 Bis ; KL-3- M-2-3 )**

- Le forage Edouamis composé par une mince couche imperméable et le reste une couche perméable, la correspondance entre la géophysique et la géologie est très bonne car la formation perméable présente une résistivité égale à 50 Ohm.
- Le forage M-2 Bis est composé par une épaisseur des couches perméables importantes présentées par une résistivité comprise entre 25 et 50 Ohm, la corrélation entre la géophysique et la géologie est très bonne.
- Le forage KL-3 composé par deux couches : dont une couche imperméable avec épaisseur très importante et la deuxième perméable avec une épaisseur aussi considérable, elle est présentée par une résistivité égale à 50 Ohm.
- Le forage M-2-3 est présenté par une succession de plusieurs couches perméables et imperméables, la résistivité de ces deux formations est de l'ordre de 10 et 30 Ohm. la correspondance entre la géophysique et géologie est quasi-correcte.

#### **3.4.2.3 AIN-CHABRO: (Forages J-2-3 ; C.T ; EF-1 ; FG-1)**

Généralement la corrélation entre la géophysique et la géologie est bonne.

#### **3.4.3 CONCLUSION :**

- Cette synthèse nous permet de dire, qu'il y a une correspondance générale entre la géologie, et la géophysique, avec un certain décalage observables, qui peuvent être imputés aux techniques de sondages (Rotary, battage et mode de récupération des échantillons, ou bien des erreurs dû à la géophysique.

### **3 . 5 Tracage de la carte de la résistivité transversale : (figure 9)**

- L'établissement de la carte de la résistivité transversale à l'échelle 1/ 50 000, effectuée d'après les données géophysiques par les mesures de la résistivité transversale (c'est à dire le produit de l'épaisseur de l'horizon par sa résistivité

- réelle), jusqu'à le niveau du substratum, pour chaque sondage géo électrique prisent pour établir les coupes géo électrique transversales et longitudinales, d'ou les calcules sont présentés sur un tableau,
- Cette carte nous a permit d'estimer le changement relatif de ce paramètre en fonction de la région d'étude et de conclure que :
    - Un minimale et un maximale ont été observés respectivement aux sondages géo électrique G-6 (3950 Ohm. m) et au F-1 (23500 Ohm. m),
    - Une répartition moyenne est marquée généralement sur toute la plaine comprise entre 200 – 6000 Ohm. m, expliquée la profondeur faible du substratum (100 et 200 m), le long de l'axe de la vallée.
    - La résistivité transversale est dans l'ordre décroissant tout en approchant vers le centre de la plaine, expliquée qu'aux bordures, les formations alluviales sont très grossies d'ou l'appariation d'un grand classement vers l'axe de la plaine, en bordures on rencontre de gros cailloutis noire des galets calcaires et au centre des limons récents argileux très fins des Oueds Kebir, Chabro, et Ksob.
    - Un rétrécissement des courbes accentué est marqué visuellement aux parties S–W d'un maxi, égale à 23500 Ohm. m, qui est peut être expliquer par la présence des cônes de déjections formés par des dépôts charriés par l'Oued Chabro, ainsi que suivant la carte de substratum, la profondeur importante de ce dernier est présentée à cette région ( 270 m ).
  - Donc comme une interprétation générale, on peut faire une zonation selon la forme des courbes :
    - Partie Centrale: Elle est présentée par une résistivité faible (2000 Ohm.m), cette zone est bien visible, allongée le long de l'axe de vallée SE- NE
    - Partie Nord: Allongée le long des bordures Nord avec une résistivité transversale varie entre 2000 et 6000 Ohm.m.
    - Partie Sud: Allongée le long des bordures Sud avec une résistivité transversale varie entre 2000 et 23500 Ohm.m. Cette zone à été formé par les cônes de déjections des Oueds, dirigeant du Djebels Bouroumane, Anoual vers la plaine de la Merdja.

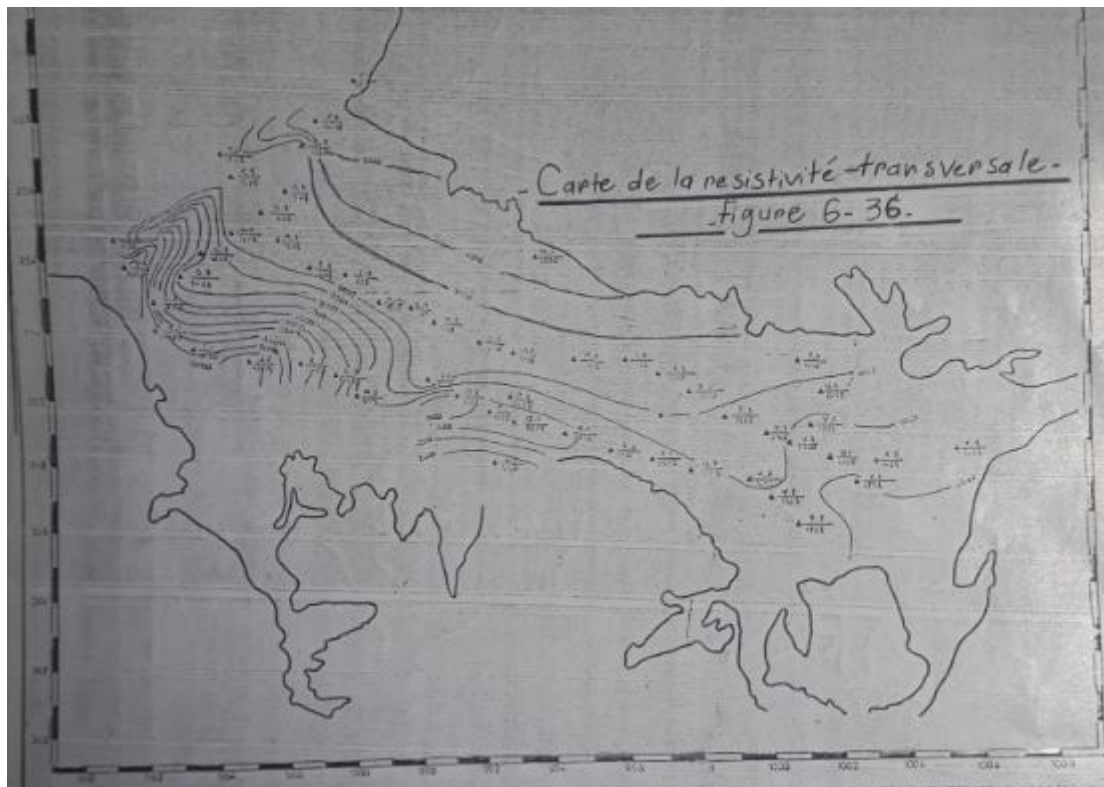


Figure 9 : carte de la résistivité transversale

### 3 .6tracage de la carte des iso profondeur du substratum: Figure 10

- La carte d'iso-substratum est déteu à l'échelle 1: 50 000, par les mesures de la profondeur du substratum pour chaque sondage géo électrique( E.....Y )
- L'établissement de cette carte nous à permit d'estimer le changement de la profondeur du substratum le long de la plaine, ainsi que de tirer les conclusions suivantes
  - la répartition du profondeur moyenne du substratum comprise entre 100 et 200 m, recouvre toute la région d'étude.
  - La profondeur minimale est de l'ordre de 30 m, signalées au niveau des sondages géo électriques K-H, W-7 situés respectivement au près de la bordure Nord-Centrale de la partie Nord- Est,
  - La profondeur maximale est de l'ordre de 320 m, au niveau du sondage géo électrique P3-4 au près de la bordure Sud Centrale de la plaine.
  - La profondeur supérieure à 200 m, est localisée principalement à L'Est et l'Ouest de la plaine.

- La profondeur inférieure à 100 m, prédominé principalement à la partie West.
- Le changement de la propagation de la profondeur du substratum à confirmé l'existence de la faille principale du fossé d'effondrement orientée SE - NW. (Souahi H 1993)



Figure 10 : carte d'iso substratum

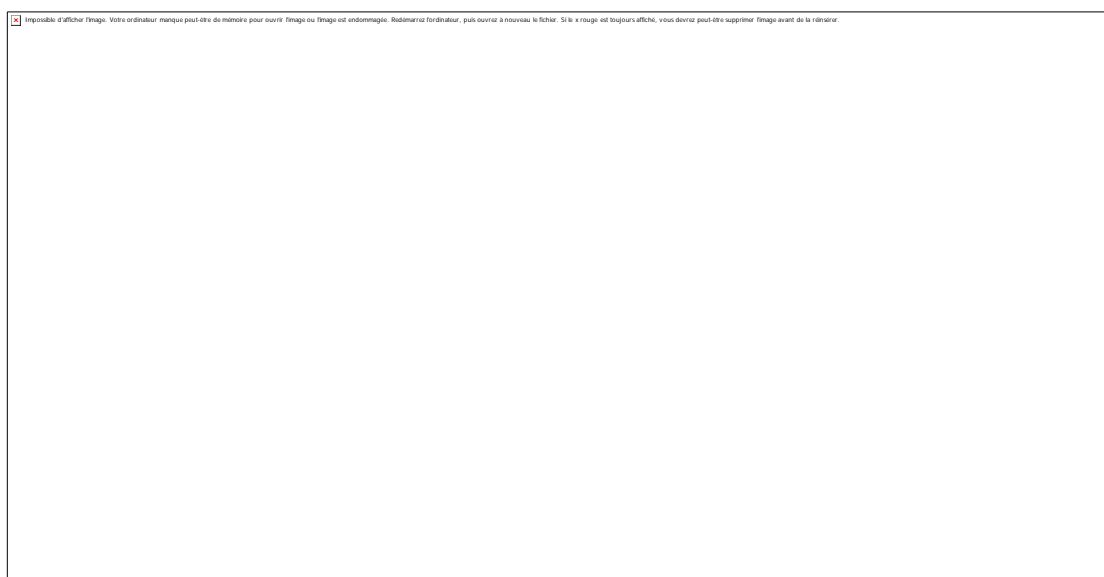
# **Chapitre 4 : climatologie**

# A - HYDROLOGIE

## 4. 1. Introduction :

Sur la base d'une bonne étude hydrologique résulte un bon dimensionnement et une bonne exploitation de la ressource hydrique, ainsi que la sécurité à l'intérieur d'un bassin versant. L'une des premières parties essentielles de cette étude est la détermination de la géométrie du bassin versant.

## 4. 2. Délimitation des sous bassins versants :



**Figure 11 : Carte des conditions aux limites de la plaine de Tébessa (Hamaili I 2020)**

## 4. 3. Etude du bassin versant :

Le sous bassin versant de la plaine de Tébessa, la Merdja, s'étend sur une superficie de  $288 \text{ km}^2$  et un périmètre de 123 km avec une longueur de Talweg de 32 km, la superficie a été déterminée par planimètre.

- les longueurs de talweg d'ordre 1 sont de 301 km.
- les longueurs de talweg d'ordre 2 sont de 191 km.
- les longueurs de talweg d'ordre 3 sont de 98 km.
- les longueurs de talweg d'ordre 4 sont de 12 km.



#### 4.3.1. Caractéristiques géomorphologiques du bassin versants :

L'étude des caractéristiques morphologiques associées à une analyse hydrologique d'un Bassin versant constitue une plate-forme très importante pour la compréhension du comportement hydrologique.

#### 4.3.2. Les surfaces des sous bassins versants :

La surface d'un bassin versant est la première et la plus importante des caractéristiques, qui permet de déterminer plusieurs paramètres hydrologiques. Elle est calculée par le programme Arc Gis à partir d'un modèle numérique de terrain (MNT). la surface de ce bassin est 469km<sup>2</sup>.

#### 4.3.3. Les paramètres géométriques :

##### 4.3.3.1 Le périmètre, la surface et l'indice de compacité :

Par curvimètre et par plan métrage on a déterminé :

- Le périmètre (P) du sous bassin : P = 123Km

- La surface (S) : S = 288Km<sup>2</sup>

L'indice de compacité (K<sub>c</sub>) du sous bassin versant est donné par la formule suivante

$$KC = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} \Rightarrow KC = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

A : surface du B.V (km<sup>2</sup>)

P : périmètre du B.V (km)

Selon la valeur de K<sub>c</sub>, on peut caractériser la forme du bassin versant comme suit :

K<sub>c</sub> ≤ 1 : bassin en forme circulaire.

K<sub>c</sub> = 1.12 : bassin de forme carrée.

K<sub>c</sub> > 1.12 bassin versant de forme allongée.

Ce qui donne par application numérique

Le bassin de Tébessa, dont la valeur de **KC = 1.6**, présente donc une forme **allongée**.

### 4.3.3.2 Rectangle équivalent :

Il s'agit d'une représentation géométrique, ayant une forme rectangulaire qui a le même Périmètre et la même surface que ceux du bassin versant.

Le but du rectangle équivalent est de comparer les sous bassins entre eux, du point de vue influence de la forme sur l'écoulement et la détermination de l'indice de forme pour chaque sous bassin.

Les dimensions du rectangle équivalent :

$$L = \frac{K_C \sqrt{S} \left[ 1 + \sqrt{1 - \left[ \frac{1,12}{K_C} \right]^2} \right]}{1,12}$$

La longueur équivalente : (L)

$$L = \frac{1,27 \sqrt{288} \left[ 1 + \sqrt{1 - \left[ \frac{1,12}{2,02} \right]^2} \right]}{1,12} \Rightarrow L = 72,02 \text{ Km.}$$

Application numérique :

$$l = \frac{K_C \sqrt{S} \left[ 1 - \sqrt{1 - \left[ \frac{1,12}{K_C} \right]^2} \right]}{1,12}$$

La largeur équivalente :

$$l = \frac{1,27 \sqrt{288} \left[ 1 - \sqrt{1 - \left[ \frac{1,12}{2,02} \right]^2} \right]}{1,12} \Rightarrow l = 3,99 \text{ Km}$$

**Tableau 1 : Répartition des surfaces en fonction des altitudes du sous bassin versant. (In. Maafa.C 2017).**

<b>Tranche d'altitude (m)</b>	<b>Surface partielle Si (km2)</b>	<b>Surface partielle Si / St(%)</b>	<b>Surface cumulée Si (km2)</b>	<b>Surface cumulée Si / St (%)</b>
1400-1450	40,5	8,64	40,52	8,64
1350-1400	58,52	12,48	8,98	0,25
1300-1350	64,1	13,67	11,58	0,33
1250-1300	55,19	11,77	64,1	4,05
1200-1250	59,57	12,70	792,18	22,35
1150-1200	41,25	8,80	743,65	20,98
1100-1150	38,51	8,21	725,45	20,46
1050-1100	22,84	4,87	428,56	12,09
1000-1050	26,98	5,75	298,52	8,42
950-1000	24,15	5,15	150,58	4,25
900-950	16,25	3,46	62,41	1,76
850-900	12,48	2,66	50,15	1,41
800-850	9,86	2,10	89,58	2,53

#### **4.3.3.3 Paramètres du relief :**

L'établissement de la courbe hypsométrique et de la courbe de fréquence altimétrique, nous conduit vers l'analyse du relief qui est un facteur influençant le comportement du sous bassin, en ce qui concerne le ruissellement, l'infiltration et l'évapotranspiration.

#### **4.3.3.4 La courbe hypsométrique**

Cette courbe se fait en portant en abscisse les tranches d'altitudes et en ordonnées les superficies en pourcentage (%) comprise entre les tranches d'altitude d ou on peut tirer les paramètres suivants :

L'altitude maximale :  $M_{\max} = 1400\text{m}$ .

L'altitude minimale :  $M_{\min} = 780\text{m}$ .

L'altitude moyenne :  $M_{\text{moy}} = \frac{\sum H_i S_i}{S} = H_{\text{moy}} = 930 \text{ m}$ .

D'après l'étude :

$I_g = 0,005 \Rightarrow 0,005 < I_g < 0,01$  et  $D = 430 \Rightarrow 250 < D < 500\text{m}$ .

Dans ce cas, on peut classer le relief du sous bassin de la plaine de la Merdja, dans la classe du relief Assez faible

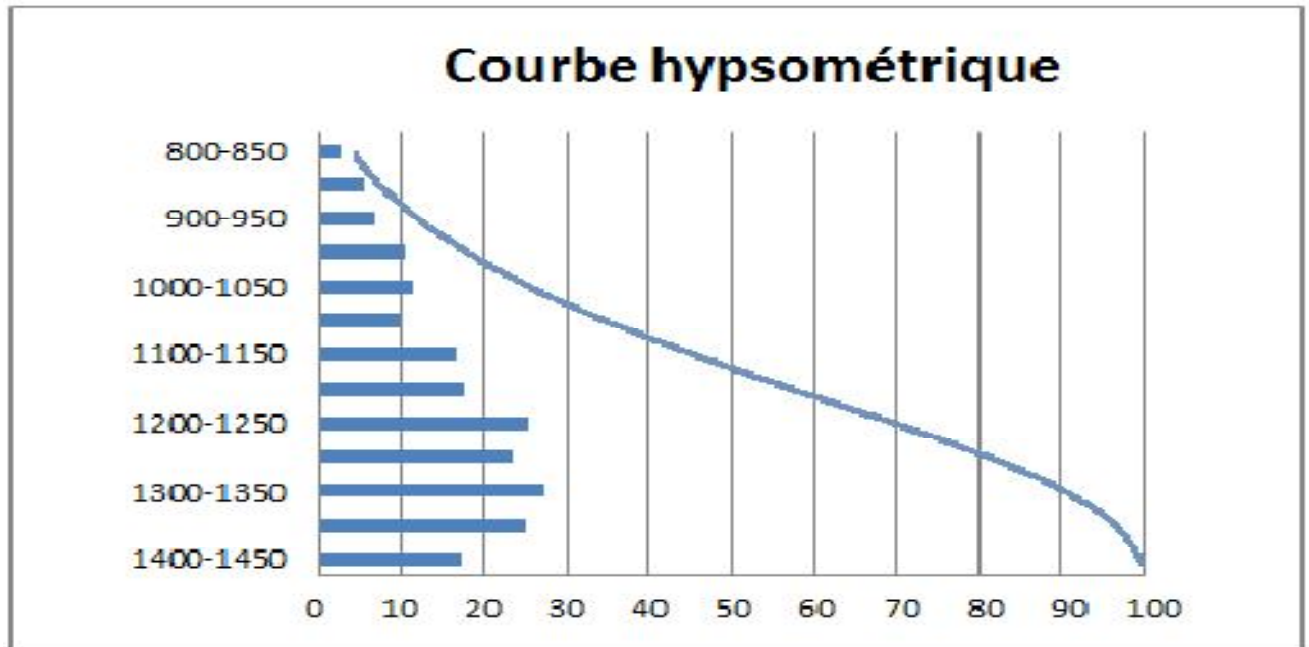


Fig. 12 Courbe hypsométrique et des fréquences altimétriques Tébessa. (Hamaili I2020).

#### 4.3.3.5 Vitesse d'écoulement de l'eau ( $V_e$ ) :

Donner par la formule suivante :

$$V_e = L_p / T_c \text{ en m/s.}$$

Avec L : longueur de talweg principal = 32 Km = 32000 m

$$V_e = 3200 / (10,12 \times 3600) = 0,080 \text{ m/s.}$$

#### 4.3.3.6 Densité de drainage $D_d$ :

Elle est déterminée comme étant le rapport entre la longueur totale des cours d'eau de tous Ordres sur la surface du bassin versant

La densité de drainage, introduite par *Horton*, est définie par la longueur totale des cours d'eau rapportée à la surface du bassin. C'est un paramètre qui renseigne sur le degré de densité ou de lâcheté du chevelu hydrographique.

L'expression suivante aide à lui donner une grandeur :

$$Dd = \frac{\sum L_i}{A} = 2.09 \text{ (km/km}^2\text{)}.$$

$Dd > 2$  dans ce cas le bassin est bien drainé.

Toutefois, il faut signaler que les valeurs de la densité de drainage restent approximatives.

#### **4.4. La végétation :**

Le rôle de la végétation est très important dans le comportement hydrologique du bassin versant, la densité et la hauteur de la végétation déterminent largement la quantité interceptée et évaporée et diminuant le ruissellement et l'érosion.

Le sous bassin versant de la plaine de la Merdja est caractérisé par un couvert végétal faible qui présente 14,5 de la surface totale du bassin versant.

##### **4.4.1. Coefficient d'allongement (K) :**

$$K = P^2/S.$$

Application numérique :  $123^2 / 288 = 60,5$

**Tableau 2 : Paramètres du sous bassin versant de la plaine de la Merdja. (In Bouteraa. M 2012).**



##### **4.4.2. Réseau hydrographique:**

Les formes des réseaux hydrographiques constituent un caractère fondamental en géologie.

Elles sont liées à la fois à la lithologie de leur substratum et à la structure géologique.

L'Oued El-Kébir collecte tous les affluents de la plaine, constitue un important tracé dans la région et il traverse la plaine avec une direction prédominante SE-NW

#### 4.4.3. Estimation des apports annuels :

En l'absence de station hydrométrique pour la mesure des débits et le suivi des hauteurs d'eau on a utilisé des formules empiriques utilisées dans les zones semi-arides.

#### 4.4.4. -Module spécifique moyenne : $M_o$ en (l/s. Km<sup>2</sup>),

En fonction de  $P_o$  en (m)

$$M_o = 11.8 \times P_o^{2.82}$$

- $P_o$ =pluviométrie en (m).

#### 4.4.5. L'apport annuel moyen $A_o$ bassin versant : (in Maafa.C. C 2017).

$$A_o = M_o \times S \times 31.54 \times 10^3 \text{ (m}^3\text{/ans)}$$

C- A cette correspond une lame d'eau ruisselée :

$$\gamma = \frac{A_o}{S \times 10^3} \text{ en (mm)}$$

D- le coefficient d'écoulement « Ce » est donnée par la formule :

$$Ce = \frac{\gamma}{P_o} \text{ en (\%)}$$

-Module spécifique moyenne :

$$M_o = 11.8 \times P_o^{2.82}$$

$P = 380\text{mm.}$

$$M_o = 11.8 \times 0.380^{2.82} = 0.77\text{L/S.Km}^2$$

-L'apport annuel moyen :

$$A_o = M_o \times S \times 31.54 \times 10^3 \text{ (m}^3\text{/ans)}$$

$S = 469\text{km}^2.$

$$A_o = 0.77 \times 469 \times 31.54 \times 10^3 = 11400037,54\text{m}^3\text{/ans}$$

-Lame d'eau ruisselée :

$$\gamma = \frac{A_0}{S \times 10^3} (\text{mm})$$

$$\gamma = \frac{11400037.54}{469 \times 10^3} = 24.31 (\text{mm})$$

-le coefficient d'écoulement :

$$C_e = \frac{\gamma}{P_0} \text{ en } (\%)$$

$$C_e = \frac{24.31}{469} = 0,063966096 = 0.39(\%).$$

#### **4. 5. Conclusion :**

L'étude des caractéristiques physiques du bassin versant nous a mené à déterminer des valeurs selon lesquelles :

- L'allongement du bassin versant est remarquable avec un C égal à 1.6.
- La longueur du rectangle équivalent est de : 72,03 Km avec une largeur de : 3,99Km.
- Une altitude moyenne de 930 m ainsi qu'un dénivelé spécifique de 430- La courbe hypsométrique montre une prédominance des faibles pentes caractérisant les plaines ou les altitudes sont très peu élevés et 28% de la surface du bassin dépassant 1000m, 72% de la surface du bassin est située dans la tranche de l'altitude 780 à 1000m, cela montre le caractère relativement plat du bassin.
- Un indice de pente relativement élevée et indice de pente globale de 5,97 m/km et 10 m/km qui montrent que notre bassin présente un relief assez faible.
- Densité de drainage est de 2,04 Km/Km<sup>2</sup>.
- La végétation du bassin est faible est de 1,5 % de la totalité de la surface du bassin versant.
- On remarque que la vitesse d'écoulement atteint leurs valeurs minimales au niveau de la région d'Ain Chabro et les valeurs maximales seront au niveau de la région de Bekkaria à cause de la variation de la pente de l'oued.

## B-Climatologie :

### 4. 6 -Introduction :

L'étude des caractéristiques climatiques joue un rôle important dans la connaissance des variations des paramètres climatiques qui ont une influence directe sur les réserves des eaux souterraines, de ce fait il est impératif de connaître leurs évolutions dans le temps et dans l'espace.

L'objectif de l'étude de ce chapitre est de connaître la variation des paramètres climatique, et pour calculer le bilan hydrologique annuel. Les précipitations moyennes mensuelles, les températures correspondantes, l'évaporation et le ruissèlement sont important pour le calcul.

- Le type de climat de la région d'étude :

-Indice d'aridité annuelle :

L'indice d'aridité est une formule climatologique proposé par **(De Martonne, 1923)** pour déterminer le type de climat. Définit par la formule et la classification suivantes :

$$I = P / (T + 10) \text{ où :}$$

I : indice d'aridité annuelle De. Martonne.

P : précipitations annuelles moyennes (mm)

T : températures annuelles moyennes (c°)

Dans le cas de la station de Tébessa  $I = 14.8$  ; tel que  $P = 394.98$  mm et  $T = 16.6$  °C

Selon de Martonne :

$I < 5$  : climat hyper aride.

$5 < I < 7,5$  : climat désertique.

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

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

$20 < I < 30$  : climat tempère.



Tableau 3 : L'indice d'aridité annuelle D. Martonne.

Station	P (mm)	T (°C)	I	Type du climat
Tébessa	394,98	16.6	14.8	<b>Semi-aride</b>

D'après le calcul de l'indice d'aridité (I) égale 14.8, La région de Tébessa correspondant a un climat **Semi-aride**.

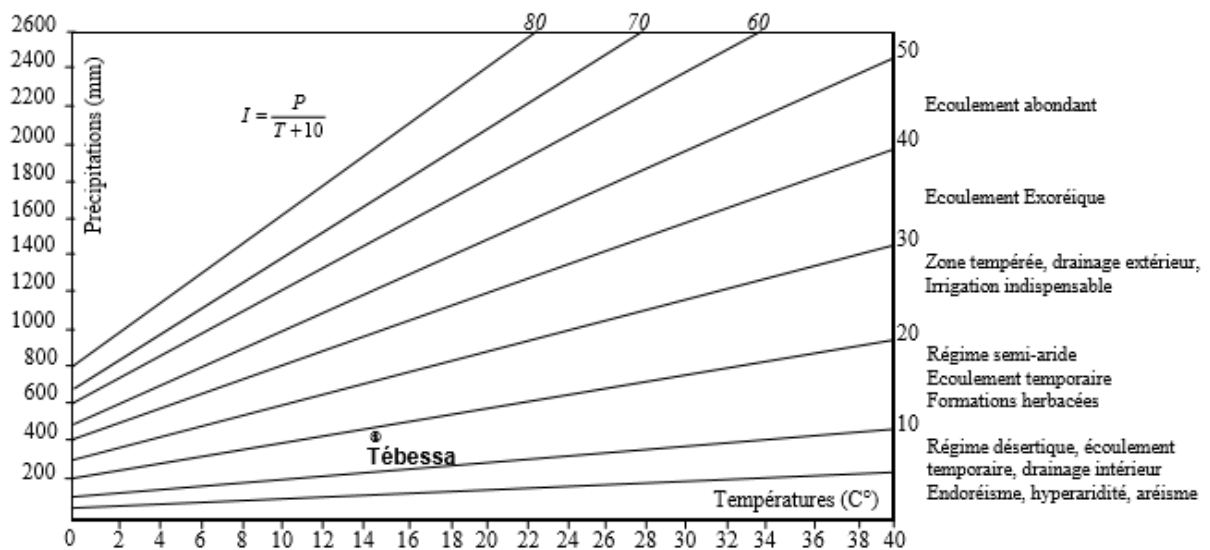


Figure 13: Abaque de l'Indice d'aridité Annuel de DE.Martone 1923.(Hamaili I 2020).

#### 4. 6. 1 . Etude des facteurs climatiques :

#### 4 . 6. 2 . Les précipitations :

La précipitation est la quantité d'eau météorique, totale, liquide ou solide qui tombe sur une surface horizontale déterminée, appelée la section pluviométrique ou impluvium. La pluie est un facteur climatique très important conditionnant l'écoulement saisonnier et par conséquent le régime des cours d'eau ainsi que celui des nappes.

L'étude pluviométrique présente un intérêt considérable en hydrogéologie afin d'évaluer la lame d'eau tombée sur l'ensemble du bassin versant et son influence sur l'alimentation, ainsi que son rôle dans le changement de comportement hydrodynamique de la nappe.

Notre étude est donc basée sur les données enregistrées pendant une période 1997/1998-2019/2020

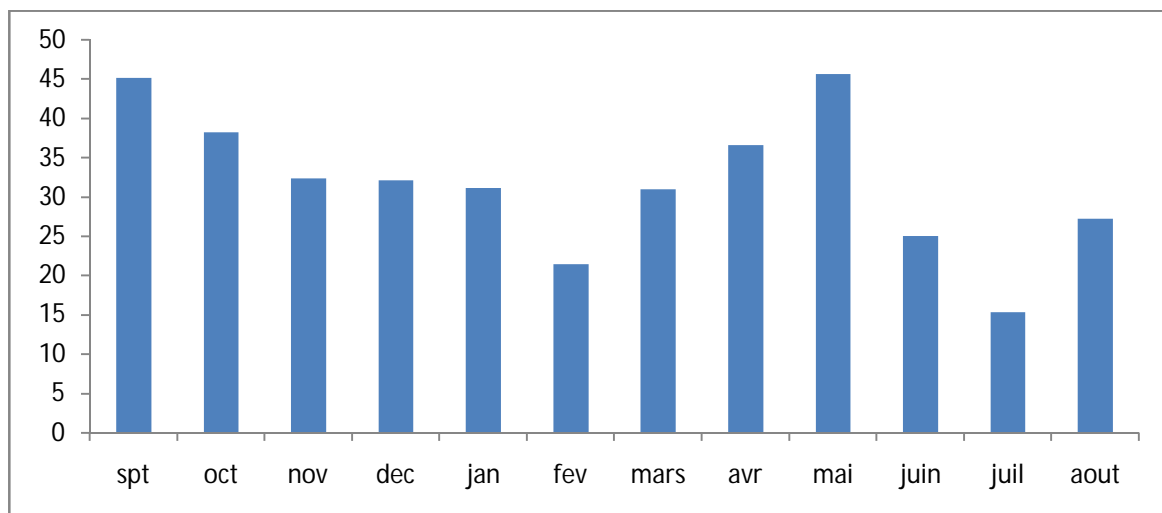
En se basant sur les données recueillies à la station de Tébessa durant vingt et trois ans allant de 1997-2020 les valeurs moyennes mensuelles des précipitations sont représentées sur le tableau suivant :

Tableau 4 : Précipitations moyenne mensuelles en (mm) de Tébessa sur la période de 23 ans (1997/1998-2019/2020) (**Hamaili I 2020**).

Mois	sept	oct	nov	dec	jan	fev	mars	avr	mai	juin	juil	aout	total
P (mm)	45.10	38.21	32.33	32.09	31.14	21.42	30.94	36.60	45.63	25.03	15.33	27.16	380.98

la valeur maximale est marquée dans le mois de Mai avec une moyenne de 45.63 et une valeur minimale pour le mois de juillet avec une moyenne de 15.33

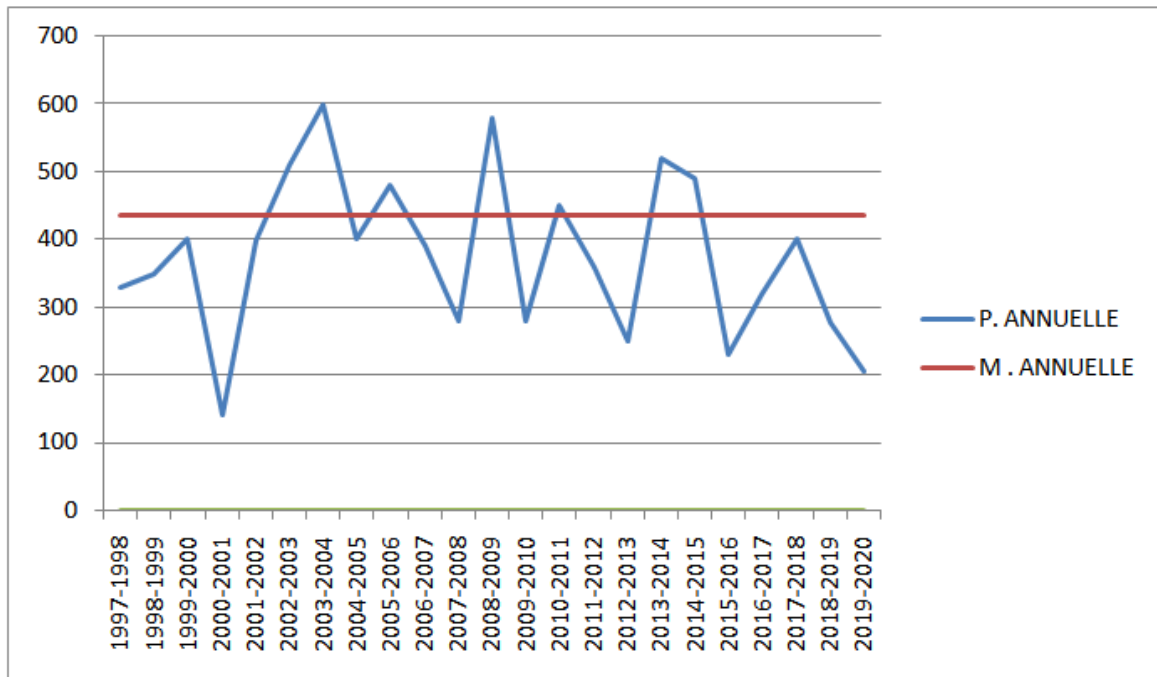
Tableau5: Variation des précipitations moyennes mensuelles (station de Tébessa 1997-2018 . et site web2019-2020)



#### 4 . 6. 3 Précipitation moyenne annuelle :

L'étude des précipitations annuelles dans notre région montre une grande variation dans le temps à l'échelle (1997-2020) présentées dans le tableau suivant: Tableau5 : Précipitations moyennes interannuelles (station de Tébessa 1997-2020). (**Hamaili I 2020**).et (**site web**)

Station	Minimum	Année d'observation	Maximum	Année d'observation	P Moy(mm)
tebessa	149,1	2000 /2001	650.44	2003/2004	394,98



**Figure 14 : variation des Précipitations annuelle à la Station de Tébessa (1997-2020). (Hamaili I 2020). Et site web**

#### **4.6.4 Répartition saisonnière des précipitations :**

Les précipitations saisonnières correspondant aux quatre saisons de l'année :

- Hiver : Décembre, Janvier, Février.
- Printemps : Mars, Avril, Mai.
- Été : Juin, Juillet, Août.
- Automne : Septembre, Octobre, Novembre.

Le but de ces détails c'est de visualiser les saisons pour lesquelles les sources reçoivent des entrées efficaces.

Tableau 6: Répartition saisonnière des précipitations dans la station de Tébessa pendant période (1997-1998/2019-2020).(Hamaili I 2020). Et site web

Station tebessa et site web		
Saison	Moyenne saisonnière (mm)	Pourcentage %
Automne	38.54	30.35
Hiver	28.21	22.21
Printemps	37.72	29.70
Eté	22.50	17.72

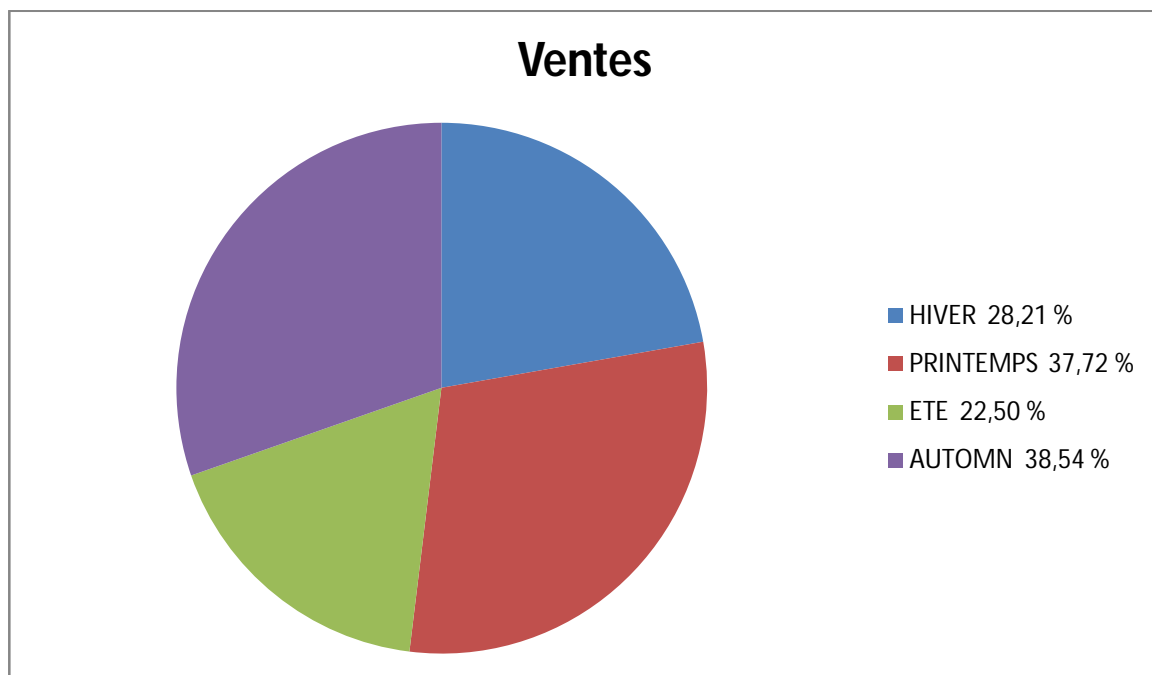


Figure 15: Répartition saisonnière des précipitations dans la station de Tébessa (1997-2020).(Hamaili I 2020). Et site web

-le graphe montre Une forte précipitation saisonnière est enregistrée pendant l'automne avec une valeur 38.54 mm qui représente 30.35 %, Une faible précipitation saisonnière est enregistrée pendant l'été avec une valeur 22.50 mm qui représente 17.72%

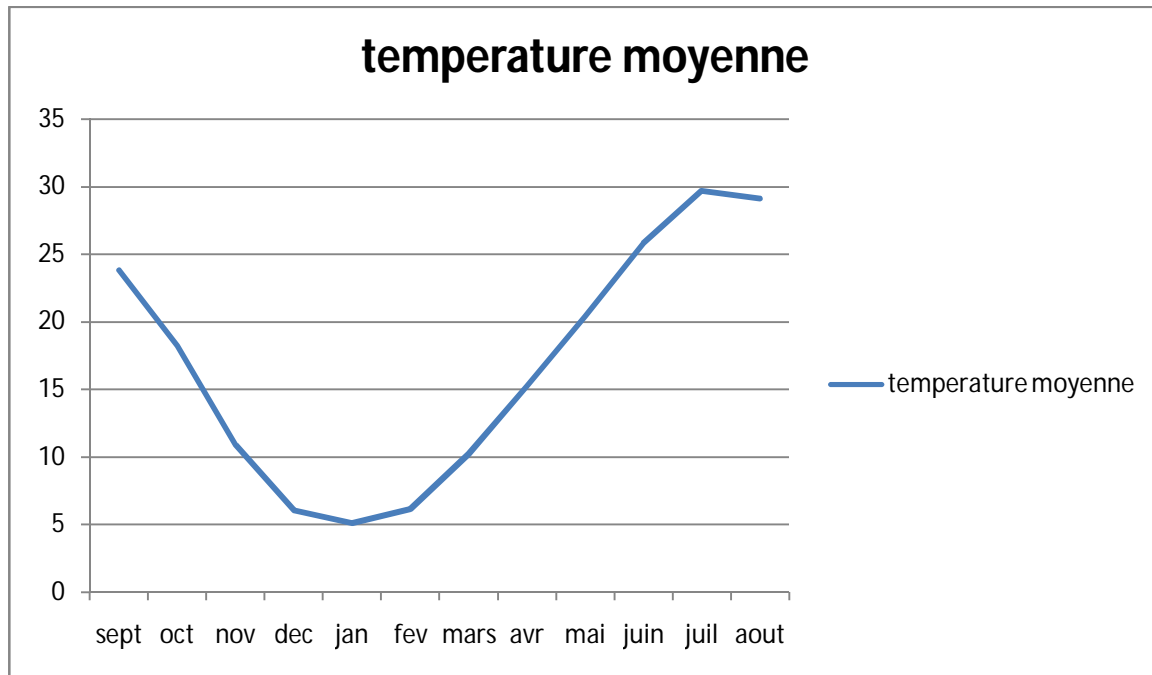
#### 4. 7 . La température :

La température demeure le paramètre le plus déterminant dans la caractérisation du climat. Qui joue un rôle déterminant pour le bilan hydrique nous avons pris les données de température de la station de Tébessa pour la période d'étude 1997\_2018. etdu site web pour la periode 2018\_2020.

#### 4.7.1 Température moyenne mensuelle (1997/1998-2019/2020) :

Les variations des Températures moyennes mensuelles de la station de Tébessa 1997-2018 sont enregistrées dans le tableau suivant ,ainsi que les donner du site web Nasa (2018\_2020) :

MOIS	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	MOY
T (°C)	23.83	18.20	10.89	6.05	5.11	6.14	10.23	15.25	20.40	25.80	29.68	29.43	16.75



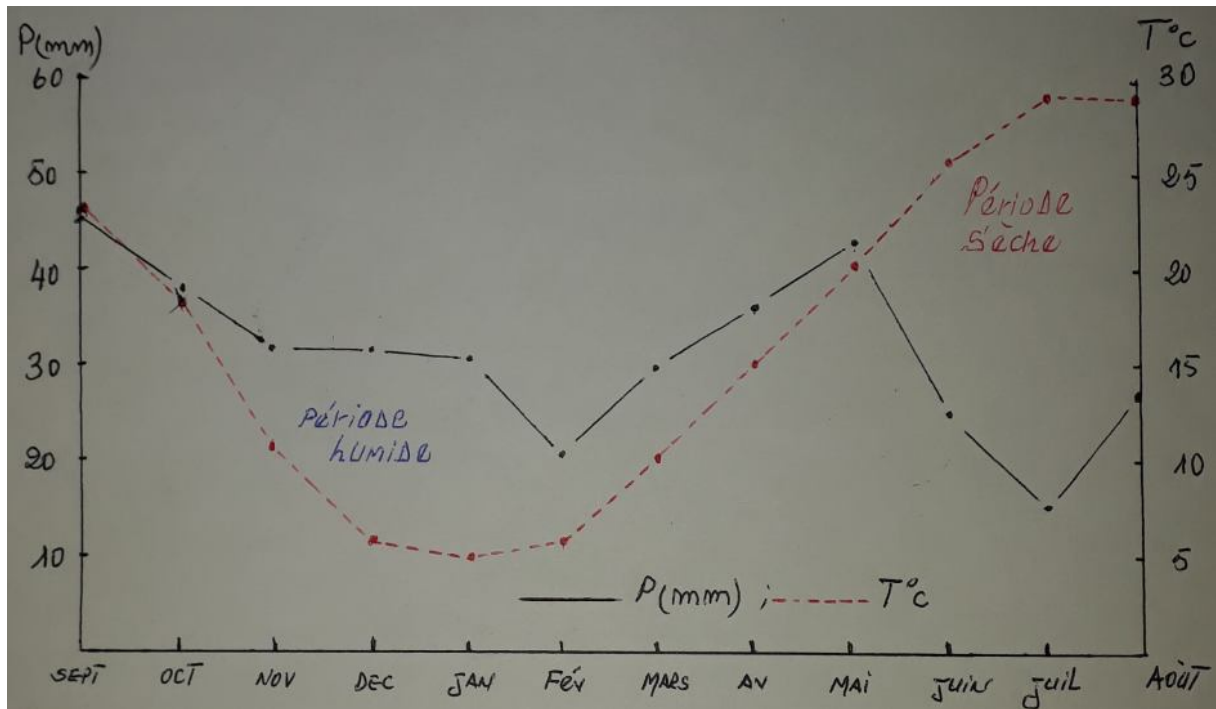
**Figure 16 : variation des températures moyennes mensuelles (1997/1998-2019/2020). (In. web Nasa).**

Le graphe indique que

- Le mois le plus froid est le mois Janvier avec une valeur de 5.11 °C.
- Le mois le plus chaud est celui de Juillet avec une valeur de 29.68 °C.
- La température moyenne annuelle de cette période est de 16.16.75 °C.

#### 4.7.2 Diagramme Pluviothermique :

Le diagramme Ombro-Thermique est établi en portant les précipitations et les températures en fonction des mois de l'année Selon (Bagnouls et Gausсен, 1953, 1957) ; le mois le plus sec est celui ou le total moyen des précipitations est inférieur ou égal au double de la température moyenne.



**Figure17 : diagramme Ombro-Thermique station de Tébessa (1997/1998-2017/2018). site web (2018/2019-2019/2020)**

L'établissement des diagrammes pluviothermique pour la station de Tébessa mentionné dans la figure 17, Met en évidence deux périodes bien distincts :

- La Période de **sècheresse** s'étale du mois Mai jusqu'au mois d'Aout.
- La période **humide** s'étale du mois de novembre jusqu'au mois de Avril.

#### 4 .7 .3 . La neige :

Les sommets de la bordure sud du bassin versant de Tébessa sont enneigés en ligne droite Est-ouest depuis le djebel Doukkane, Mestiri et Tazbent et leurs prolongements. Ces précipitations neigeuses peuvent être parfois importantes.

Ce phénomène a un rôle important si l'on considère la superficie des montagnes bordant la zone d'étude. Les précipitations neigeuses suivies par une lente fonte favorisant les débits des exurgences bordant le sous bassin sont fortement influencés.

#### 4 .7 .4 . Le vent :

Les vents sont caractérisés par leur vitesse et leur intensité. Les vents prédominants sont de direction Ouest Nord – Nord-Ouest et jouent un rôle important dans les précipitations en Hiver. Les vents du Nord-Ouest sont souvent secs et froids. En été les vents du Sud sont

fréquents (le sirocco) qui peuvent être chaud et sec d'où l'augmentation de l'évaporation, et une sécheresse qui diminue l'humidité et augmente le déficit d'écoulement.

#### **4.7.5. Le Bilan Hydrique :**

Le bilan hydrique exprime le processus que peut suivre une quantité d'eau arrivant au sol par précipitation avant de retourner à l'atmosphère. Il permet le calcul de la répartition des précipitations reçues par la surface du sol (Castany G. 1968). Cette méthode est utilisée pour les climats subhumide et semi-aride, basée sur la notion de réserve d'eau facilement utilisable (RFU). On admet que cette réserve d'eau stockée dans le sol qui est reprise par l'évapotranspiration est de l'ordre de 100 mm en moyenne (Laborde, 2000).

Le bilan hydrologique naturel peut se calculer par la formule suivante (Castany, 1982) :

**P = ETR + R + I** Avec :

ETR : l'évapotranspiration annuelle (mm).

I : infiltration.

P : précipitation (mm).

R : ruissellement.

#### **4.7.6. Etude de l'évapotranspiration :**

L'évaporation représente le processus au cours duquel l'eau se transforme en vapeur. L'ensemble des processus d'évaporation et de transpiration est connu sous le nom d'évapotranspiration. Cette dernière est l'une des composantes fondamentales du cycle hydrologique.

Les facteurs qui conditionnent l'évapotranspiration sont nombreux et mal connus, on en citera quelques-uns, à savoir les facteurs climatiques :

- La température de l'air.
- La vitesse et turbulence du vent.
- Le degré d'insolation.
- L'humidité relative de l'air.

- Les facteurs géographiques.
- L'état de la surface évaporant du sol.
- L'altitude.
- Les facteurs biologiques.
- Les espèces végétales.
- La profondeur des racines.

**On peut distinguer deux types d'évapotranspiration :**

- L'évapotranspiration potentielle (E.T.P)
- L'évapotranspiration réelle (E.T.R).

**4.7.7. Estimation de l'évapotranspiration potentielle (ETP) :**

Défini comme l'ensemble des pertes en eau par évaporation et transpiration sur une surface donnée et pendant une période bien définie, en considérant des apports d'eau suffisants. Pour estimer ce facteur climatique nous avons utilisé la méthode de

THORANTWAITE :

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

Avec :

ETP : Evapotranspiration potentielle en mm

T : Température moyenne mensuelle en °C.

K : Coefficient d'ajustement.

a : indice lié à la température.

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

I: indicethermiqueannuel.

$$I = \sum_{i=1}^{12} i_i = (T/5) 1.514$$



#### **4.7.8. Estimation de l'évapotranspiration réelle (ETR) :**

Définir par la somme des quantités de vapeur d'eau évaporées par le sol et par les plantes quand le sol est à son humidité spécifique actuelle et les plantes à un stade de développement physiologique et sanitaire réel.

Pour estimer ce facteur climatique nous avons utilisé les deux méthodes **Turc** et **Thornthwaite**.

##### **A. Formule de Turc :**

Cette formule permet d'évaluer directement l'ETR annuelle d'un bassin à partir de la hauteur annuelle de pluie et de la température moyenne annuelle.

$$\text{ETR} = P / (0.9 + P^2 / L^2)^{1/2} \text{ (mm/ans).}$$

$L = 300 + 25T + 0.05 T$  (Facteur qui tient compte des échanges de chaleur).

##### **B. Formule de Thornthwaite :**

Pour l'établissement du bilan mensuel on utilise l'évapotranspiration potentielle et réelle moyenne par la méthode de C.W. Thornthwaite.

Si :  $P - ETP > 0$  ; c'est-à-dire  $P > ETP \Rightarrow ETR = ETP$

Si :  $P - ETP < 0$  ; c'est-à-dire  $P < ETP$  ; ce cas est subdivisé en deux cas :

.Si :  $P + RFU > ETP \Rightarrow ETR = ETP$ .

. Si :  $P + RFU < ETP \Rightarrow ETR = P + RFU$ .

#### **4.8. Ruissellement (R) :**

Le ruissellement est donné par la formule empirique de TIXERONT BERKALOFF qui s'appliquerait beaucoup plus aux grands bassins hydrologiques en climat semi-aride à aride.

Cette formule est basée sur la relation :

$$\mathbf{R} = \mathbf{P}^3 / \mathbf{3. (ETP)}^2 \text{ Avec :}$$

**R** : Ruissellement en m.

**P** : Précipitation moyenne mensuelle en m.

**ETP** : L'évapotranspiration.

Les précipitations enregistrées dans la région d'étude sont inférieures à 600 mm, la formule utilisée est celle de **TixerontBerkallof** modifiée par **Romantchouk (1974)**.

La lame d'eau ruisselée des précipitations de la station de Tébessa est comme suivie :  
**P** = 0.3599 m, **ETP** = 1.18231 m, **R** = 0.111 m (**Période 1997/1998-2017/2018**).

#### **4.8.1. L'infiltration(I) :**

On est appelé d'avoir recours à l'équation générale du bilan qui permettrait d'avoir d'admissibles approches du paramètre, puisque tous les composants de l'équation sont connus.

Selon la méthode de **Thorntwaite** :

$$\mathbf{P = R+I} \iff \mathbf{I = P - (ETR+R)}$$

Selon la méthode rationnelle :

$$\mathbf{P = ETR+R+I}$$

Avec :

**I** : L'infiltration (mm).

Si  $I > 0$  : Les entrées sont supérieures aux sorties.

Si  $I < 0$  : Les entrées sont inférieures aux sorties.

#### **4.8.2. Réserves facilement utilisables (R.F.U) :**

Elle présente la quantité d'eau emmagasinée dans le sol, son degré de saturation dépend de plusieurs facteurs :

- La nature, la lithologie et l'épaisseur de la couche superficielle.
- La profondeur du niveau piézométrique de la nappe aquifère.
- Le climat de la région.
- Le type de la couverture végétale.

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

$$\mathbf{RFU = 1/3(Da. He .P)} \quad \text{Où:}$$

**R.F.U** : Réserve facilement utilisable.

**Da** : Densité apparente du sol.

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

### **4. 8. 3. Estimation du bilan hydrologique selon la méthode de C.W.Thornthwaite**

**I** : Indice thermique ; Pour établir un bilan hydrique mensuel on base sur les données d'évapotranspiration potentielle (ETP) et évapotranspiration réelle (ETR) moyenne et les précipitations (P). La quantité d'eau stockée dans la RFU sont bornées par 0 (la RFU vide) et RFU max (capacité maximale de la RFU qui est de l'ordre de 0 à 200 mm suivant les sols et sous-sols considérés, avec une moyenne de l'ordre de 100 mm). On admet que la satisfaction de l'Etp a la priorité Sur l'écoulement, c'est-à-dire qu'avant qu'il n'y ait d'écoulement, il faut avoir satisfait le pouvoir évaporant (Etp = Etr). Par ailleurs, la complétion de la RFU est également prioritaire Sur l'écoulement (**J.P. Laborde, 2000**).

L'établissement du Bilan hydrique nous permet de calculer :

**K** : Coefficient de latitude ;

**RU** : Réserve utile ;  $RU = VR$  accumulée, mais lorsqu'elle devient égale à la **RFU = 29**, la Quantité restante c'est l'excédent.

**Def**: Déficit agricole en (mm).  $Def = ETP - ETR$ .

**Exc**: Excédent en (mm).

Pour estimer le bilan hydrique il faut suivre les conditions suivantes :

\* **Si  $P > ETP$** , alors :  **$ETR = ETP$**

Il reste un excédent ( **$P - ETP$** ) va alimenter la RFU jusqu'à son maximum (**29 m**), et si elle dépasse cette valeur il y aura un excès qui va partir soit sous forme d'infiltration efficace vers la nappe, soit sous la forme de ruissellement.

\* **Si  $P < ETP$** , la valeur de  **$ETR = P + RFU$** , jusqu'à égalisation avec **ETP**.

\***Si  $RFU = 0$** , il va se produire un déficit agricole  **$DEF = ETP - ETR$** .

#### 4. 8. 4. Résultats de calculs du bilan hydrologique par la méthode de Thornthwaite :

Tableau 7 : Bilan hydrique de l'année la plus sèche (2000-2001).(données in.Bouterraa M 2012).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	TOT
P (mm)	55	18,3	17	14	27,1	15,8	15,1	2,7	49,3	2,4	7,6	1,4	225,7
T	22.1	15.9	12.8	9.4	8	7.5	15.6	14	19.6	25	28.4	27.1	205.4
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	99,1	51,3	30,7	16,5	13,2	11,5	52,6	46,2	93,6	146,9	188,3	161,7	911,5
ETR	55	18,3	17	14	13,2	11,5	33,3	2,7	49,3	2,4	7,6	1,4	225,7
RFU	0	0	0	0	13,9	18,2	0	0	0	0	0	0	32,1
DEF	44,1	33	13,7	2,5	0	0	19,3	43,5	44,3	144,5	180,7	160,3	685,8
EXC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

#### Vérification du bilan :

$$\Sigma P = \Sigma ETR + \Sigma EX \longrightarrow 225.7 = 225.7 + 0.$$

$$\Sigma ETP = \Sigma ETR + \Sigma DA \longrightarrow 911.5 = 225 + 685.8$$

Tableau 8 : bilan hydrique de l'année la plus humide 2003-2004(données in.Bouterraa M 2012).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	A	TOT
T	21.5	19.6	12.3	7	6.9	9.6	11.2	12.8	15.9	22.4	27	192.4
K	1.03	0.97	0.86	0.81	0.87	0.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.16	
P	70.2	45.4	17.5	168	20.6	3.2	72.6	22.9	39.4	91.6	44	611.8
ETP	98.7	79.5	31.9	11.5	12.1	20.7	32.6	43.7	69.4	125.4	163.8	855.6
ETR	70.2	45.4	17.5	11.5	12.1	20.7	32.6	43.7	47.6	91.6	44	453.3
RFU	0	0	0	29	29	11.5	29	8.2	0	0	0	106.7
DEF	28.5	34.1	14.4	0	0	0	0	0	21.8	33.8	119.8	402.3
EXC	0	0	0	127.5	8.5	0	22.5	0	0	0	0	158

#### Vérification de bilan :

$$\Sigma P = \Sigma ETR + \Sigma EX \rightarrow 611.8 = 453.3 + 158.$$

$$\Sigma ETP = \Sigma ETR + \Sigma DA \rightarrow 855.6 = 611.8 + 402.3.$$

#### 4. 8. 5 - Estimation des paramètres du bilan:

##### 4. 8. 5. 1 - L'évapotranspiration :

L'évapotranspiration est un élément principal du bilan hydrique, il est défini par combinaison de deux phénomènes l'un physique (évaporation) et l'autre biologique (transpiration), ils désignent les pertes en eau par retour à

l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau. Il existe deux types d'évapotranspiration: potentielle (ETP) et réelle(ETR).

#### 4. 8. 5. 2 - Estimation de l'évapotranspiration potentielle (ETP)

Ce paramètre climatique peut être mesuré directement sur le terrain par des appareils, ou estimer par des formules empiriques comme celle de Turc, Coutagne et Thornthwaite (Tab.).

- Formule de G.W.Thornthwaite:

$$\mathbf{ETP = 16(10T / I)}$$

**ETP** : évapotranspiration potentielle en mm.

**T** : température moyenne mensuelle du mois considéré enC°.

**I** : indice thermique annuel,  $I = \sum i$ , avec  $i$  (indice thermique mensuel)  $= (T/5)^{1,514}$

**a** : l'exposant climatique donné par la formule :  $a = (1.6 / 100)I + 0.5$

Pour apporter des corrections aux valeurs de l'ETP, il faut les multiplier par un coefficient K qui dépend de l'attitude.

#### 4. 8. 5. 3 - Estimation de l'évapotranspiration réelle (ETR) :

Les pertes d'eau d'un sol atteignent l'ETP si le stock d'eau de la réserve facilement utilisable (RFU) lui est supérieure ou égale, en cas d'insuffisance elles sont limitées à une quantité plus petite, cette limite est appelée l'évapotranspiration réelle (G. Castany).

L'estimation est faite à partir des formules de Turc et de Thornthwaite:

**- Formule de Turc :**

$$\mathbf{ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}}$$

**P** : hauteur annuelle moyenne des précipitations

$$\mathbf{L = 300 + 25T + 0,005 T^3}$$

**T** : température annuelle moyenne en C°.

Application :

$$P = 380.98 \text{ mm}$$

$$T = 16.75 \text{ C}^\circ$$

$$L = 742.24$$

$$\mathbf{ETR = 353.20 \text{ mm}}$$

**- Formule de G.W.Thornthwaite:**

- Si  $ETP > 0$ :  $\longrightarrow$   $P > ETP \longrightarrow ETR = ETP$
- Si  $P - ETP < 0$ :  $\longrightarrow$   $P < ETP$  Ce dernier cas est subdivisé en deux cas:

$$\begin{array}{l} P + RFU > ETP \longrightarrow ETR = ETP \\ P + RFU < ETP \longrightarrow ETR = P + RFU \end{array}$$

**4. 8. 5. 4 - Calcul du ruissellement (R):**

D'après Tixeront et Berkaloff, le ruissellement est estimé par la formule suivante:

$$R = p^3 / 3(ETP)^2$$

**R** : ruissellement (mm)

**P** : précipitation moyenne annuelle (mm)

**Etp** : évapotranspiration potentielle (mm)

Ce qui donne **R = 47.46 mm**

L'inconvénient de cette formule, c'est qu'elle ne tient pas en considération les propriétés physiques du sol ou des formations traversées.

**4. 8. 5. 5 - Calcul de l'infiltration (I) :**

L'infiltration est calculée par la formule: **I = P - (ETR + R) ou I = EX - R**

L'application numérique: **I = 51.97 - 47.46 = 4.51 mm**

**4. 8. 5. 6 - Estimation des réserves facilement utilisables (RFU):**

Elle représente la quantité d'eau emmagasinée dans le sol et son degré de saturation dépend de plusieurs facteurs :

- La nature, la lithologie et l'épaisseur de la couche parcourue par les racines;
- La profondeur de niveau piézométrique de la nappe;
- Le climat de la région;
- Le type de la couverture végétale.

J. Ricard, 1979 a évalué la RFU pour la plaine de Tébessa en tenant compte de la nature de sol et du type de culture :  $25 < RFU < 35$ , soit une moyenne de 30 mm.

D'après la formule de Hailler:  $RFU = 1 / 3 (Da.He.P)$  ou

RFU : réserve facilement utilisable enmm

Da : densité apparente du sol (pour  
plaine Da =1,4)

He : humidité équivalente du sol (He  
= 25%)

P : profondeur de la couche de la terre parcourue par les racines en  
m. (P = 0,225m) L'application numérique:  $RFU = 29mm$

Tableau 9 : calcul des valeurs de l'évapotranspiration de la période( 1997-1998/2019-2020).(Méthode de Thornthwaite)

mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	O	TOT
T°c	23.8 3	18.20	10.89	6.05	5.11	6.14	10.23	15.25	20.40	25.80	29.68	29.43	16.75
i	10.6 3	7.07	3.24	1.33	1.03	1.36	2.95	5.41	8.40	11.99	14.82	14.63	82.86
<b>I</b>	<b>82.86</b>												
<b>a</b>	<b>1.32</b>												
<b>K</b>	1.03	0.97	0.86	0.85	0.87	0.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.83	1.16	
<b>ETP</b> <b>(mm)</b>	64.52	45.20	22.94	10.56	8.45	10.77	21.13	35.79	52.55	71.65	86.20	85.25	515.01
<b>ETPc</b>	66.45	43.84	19.72	8.97	7.35	9.15	21.76	39.01	63.58	86.69	157.74	98.89	623.15

#### 4 .8 .5 . 7 - Etablissement du bilan hydrique (Tab.9):

Le bilan hydrique établi pour une période de 23 ans est déficitaire dans son ensemble à l'exception du mois de décembre, janvier; février et mars avec un excédent de 6.73, 23.79,12.27 et 9.18 mm.

Tableau 10 : Bilan hydrique de la période de 23 ans (1997/1998-2019/2020)

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	O	TOT
<b>T°c</b>	23.83	18.20	10.89	6.05	5.11	6.14	10.23	15.25	20.40	25.80	29.68	29.43	16.75
<b>i</b>	10.63	7.07	3.24	1.33	1.03	1.36	2.95	5.41	8.40	11.99	14.82	14.63	82.86
<b>I</b>	82.86												
<b>a</b>	1.32												
<b>K</b>	1.03	0.97	0.86	0.85	0.87	0.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.83	1.16	
<b>P</b>	45.10	38.21	32.33	32.09	31.14	21.42	30.94	36.60	45.63	25.03	15.33	27.16	380.98
<b>ETP</b>	64.52	45.20	22.94	10.56	8.45	10.77	21.13	35.79	52.55	71.65	86.20	85.25	515.01
<b>ETPc</b>	66.45	43.84	19.72	8.97	7.35	9.15	21.76	39.01	63.58	86.69	157.74	98.89	623.15
<b>p-ETPc</b>	-21.35	-5.63	12.61	23.12	23.79	12.27	9.18	-2.41	-17.95	-61.66	-142.41	-71.73	
<b>RFU</b>	0	0	12.61	29	29	29	29	26.59	8.64	0	0	0	163.84
<b>ETR</b>	45.10	38.21	19.72	8.97	7.35	9.15	21.76	39.01	63.58	33.67	15.33	27.16	329.01
<b>EX</b>	0	0	0	6.73	23.79	12.27	9.18	0	0	0	0	0	51.97
<b>DA</b>	21.35	5.63	0	0	0	0	0	0	0	53.02	142.41	71.73	294.14

**- Vérification:**

$$P = \sum ETR + \sum EX = 329.01 + 51.97 = 380.98 \text{ mm}$$

$$ETP = \sum ETR + \sum DA = 329.01 + 294.14 = 623.15 \text{ mm}$$

**5.9 Conclusion:**

L'analyse des paramètres climatiques observés sur une de période 23 ans (1997-1998/2019-2020) à la station de Tébessa ont permet de déduire que :

- Le climat est typiquement semi-aride de type continental (hiver froid et été chaud);
- La température annuelle moyenne est de l'ordre de 16.75 C°;
- Les précipitations annuelles moyenne est de 380.98 mm;
- L'évapotranspiration réelle est de l'ordre de 336.3 mm ce qui présente 92% des précipitations;
- Le bilan hydrique dans l'ensemble est déficitaire, mais il est excédentaire aux mois de décembre, janvier, février et mars;
- L'infiltration ne laisse percoler que 4.51 mm soit 1.18% des précipitations.



Cela, traduit que l'alimentation directe de la nappe par les eaux de précipitation est très faible, ce qui permet d'admettre d'autres sources d'alimentation indirectes. Ici, les calcaires fissurés qui bordent la plaine contribuent largement à l'alimentation de la nappe.

# **Chapitre 5 : hydrochimie**

## 5.1 Introduction

Les caractéristiques chimiques des eaux sont l'héritage de l'érosion et du lessivage des roches traversées. Elles varient donc en fonction de la nature de celles-ci. Les substances contenues dans l'eau sont sous formes de solution salines ou gazeuses d'une part et sous formes de suspensions solide ou liquide d'autre part.

Les teneurs de ces solutions et suspensions varient en fonction de quatre facteurs :

- La solubilité des minéraux qui composent les roches aquifères
- La vitesse d'écoulement de l'eau souterraine entraînant à des degrés divers l'érosion mécanique des roches aquifères,
- La température de l'eau souterraine qui dépend à la fois de la profondeur de la roche aquifère (degré géothermique) et de sa proximité éventuelle d'une zone d'activité magmatique.
- d'après la répartition des faciès des eaux au sein de la nappe, nous pouvons déduire l'influence de la lithologie de l'aquifère ou celle des bordures pour chaque type de faciès.

## 5.2 Méthodologie et stratégie de travail :

Les analyses employées dans le cadre de cette étude sont effectuées au sein du laboratoire de l'entreprise de l'algérienne des eaux ainsi que tout le prélèvement effectué. Celle-ci sont exécutées par un personnel qualifié et expérimenté.

La prise des échantillons sont exécutées d'une façon régulière sur les forages gérées par l'entreprise, qui sont réparties sur toute la surface de la plaine de Tébessa, à savoir centre ville, bekkaria, bouhedyr, Hammamet, morsott.

### 5.2.1 Les paramètres physiques et chimiques :

#### 5.2.1.1 Les paramètres mesurés sur le terrain :

Les paramètres mesurés sur le terrain sont l'ensemble des éléments qui peuvent varier entre le lieu d'échantillonnage et le laboratoire. Ils comprennent :

- la température, mesurée à l'aide de la sonde température du conductivimètre.
- la conductivité, mesurée avec le conductivimètre portatif.
- le pH, mesuré à l'aide d'un pH-mètre portatif de terrain.

- l'oxygène dissous à l'aide d'une oxymétrie de terrain.

### **5.2.1.2 Les paramètres mesurés au laboratoire**

L'analyse au laboratoire a porté sur les ions majeurs :

- Anions:  $\text{SO}_4^{2-}$  .  $\text{Cl}^-$  .  $\text{HCO}_3^-$

- Cations :  $\text{Ca}^{2+}$  ,  $\text{Mg}^{2+}$

## **5.3. Interprétation graphique et identification des faciès chimique :**

Les résultats des analyses chimique sont portée sur des graphiques permettent de voir rapidement des eaux de même nature chimique et de classée les différents faciès chimiques.

### **5.3.1. Diagramme de piper :**

Le diagramme de Piper est une représentation graphique de la chimie d'un ou plusieurs échantillons d'eau de forme triangulaire, il est subdivisé en trois zones de faciès. Les nuages de points concentrés dans une zone représentent pour les différents échantillons la combinaison des éléments cationiques et anioniques.

Le but d'utilisation de ce diagramme c'est pour représenter les différents faciès des eaux souterraines en utilisant les éléments majeurs. Les valeurs utilisées sont exprimées en %

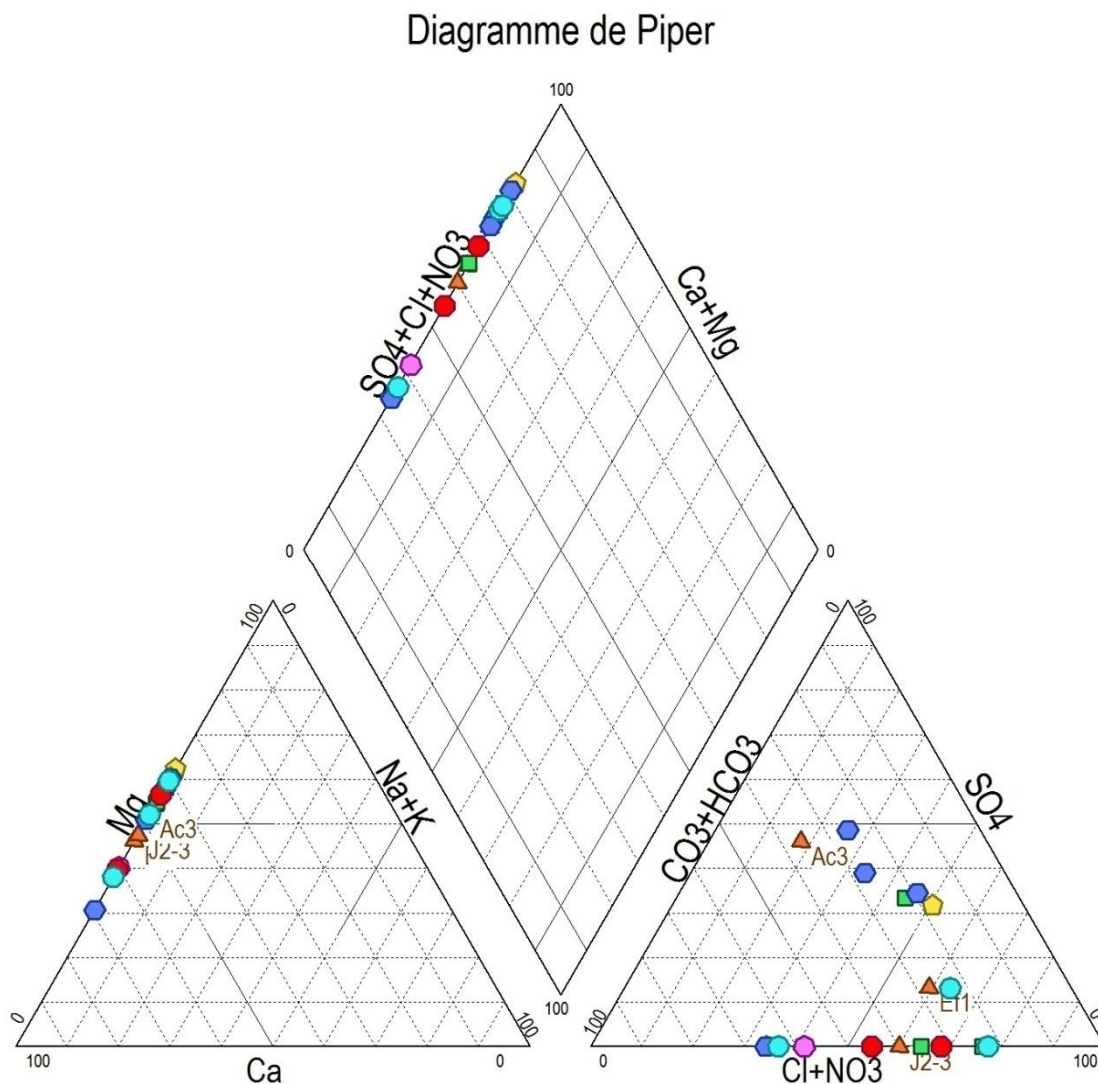


Figure : Diagramme de piper de La plaine Tébessa\_Morsott

Figure 18 : Diagramme de piper de la plaine Tébessa-morsott

Diaprès la distribution des concentrations des éléments chimiques dans le diagramme de piper (fig18) : on observe qu'il y a deux faciès dominants : qui sont les chlorurée sulfaté calcique et chloruré-magnésienne

### 5.3.2 Diagramme de SCHEOLLER –BERKALLOF:

Le diagramme de Schoeler permet entre autres de reconnaître simplement le faciès d'une eau souterraine, en utilisant les concentrations des éléments majeurs et en les reportant sur un graphique en colonnes à échelles logarithmiques.

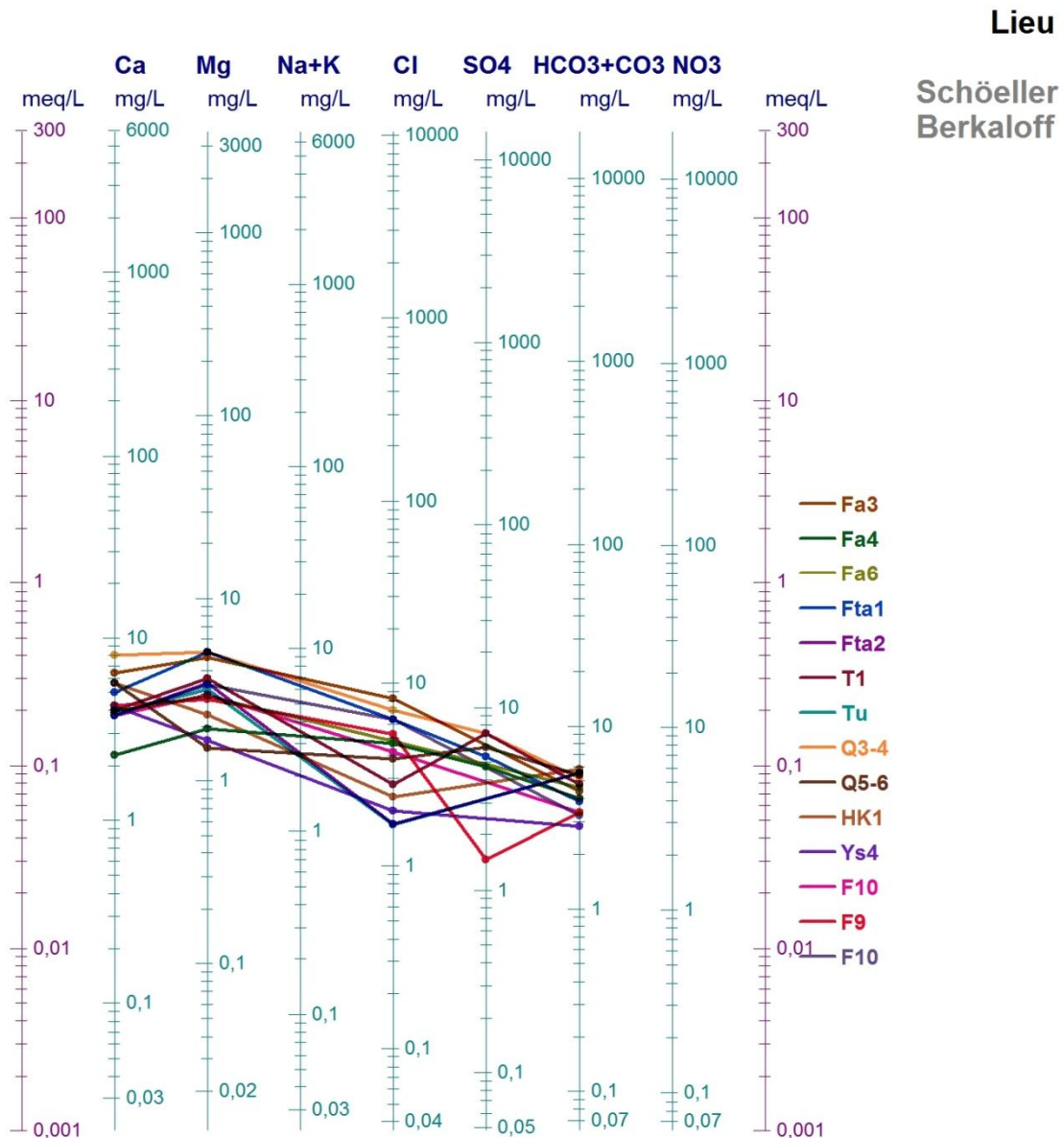


Figure 19 : Diagramme de SchoellerBerkaloff de la plaine Tébéssa\_Morssoit

### 5.3.3 . Aptitude des eaux a l'irrigation :

Les eaux d'irrigation quel que soit souterraine ou superficielle renferment des sels qui tends a s'accumulés sous l'effet de l'évaporation, l'évapotranspiration. Ces sels peuvent nuire a la croissance des plantes en limitons l'extraction de l'eau par plante en causant des changements dans la structure du sol (perméabilité et aération). (Hamaili I 2020)

### 5.3.4 -Diagramme de Wilcox :

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 on a utilisé le diagramme de Wilcox, ce diagramme est représenté par le sodium en % en ordonnées et toujours la conductivité en abscisse

Le diagramme est découpé en quatre classes :

1. Excellente : l'eau utilisée sans danger et sans un control préalable.
2. Bonne : eau pouvant être utilisé pour l'irrigation sans control particulier.
3. Admissible et Médiocre : eau convenant à l'irrigation des cultures tolérantes aux celles 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. (Hamaili I 2020)

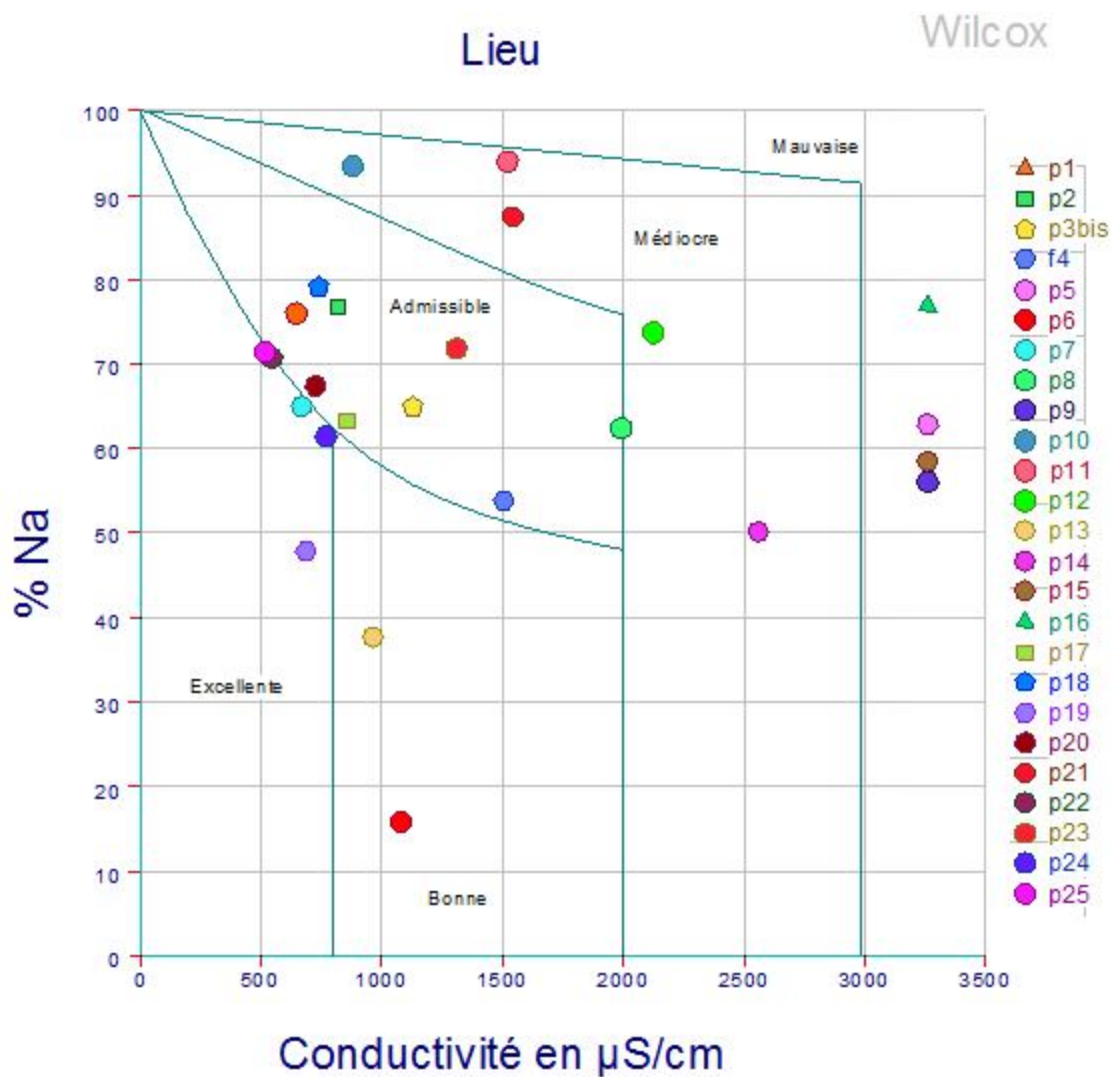


Figure 20 : Diagramme de WILCOX de la plaine Tébessa\_Morssot (Février 2020)

(Hamaili I 2020)

On remarque sur le diagramme de Wilcox que :

- 36 % des points d'eau sont classés dans la case des eaux admissibles convenant à l'irrigation de 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% classée dans les eaux mauvaise qualité qui ne conviennent pas à l'irrigation.

-20 % des eaux excellentes (l'eau utilisée sans danger et sans un contrôle préalable).

#### **5.4 La cartographie chimique**

Afin d'identifier l'origine de ces éléments chimiques qui dépendent évidemment des conditions géologiques, direction d'écoulement, zones d'alimentation et de localiser les zones à forte et faible teneur, nous avons présenté les résultats obtenus sous forme de cartes d'isoteneurs (Kachi **S 2007**)

La cartographie est un outil très apprécié dans la vision de l'évolution spatiale d'un constituant chimique quelconque, ou d'un polluant.

En effet nous avons choisi ce mode de présentation pour la variabilité des éléments chimiques, qui ont le plus de rapport avec notre étude



### 5.4.1. LES CHLORURES :

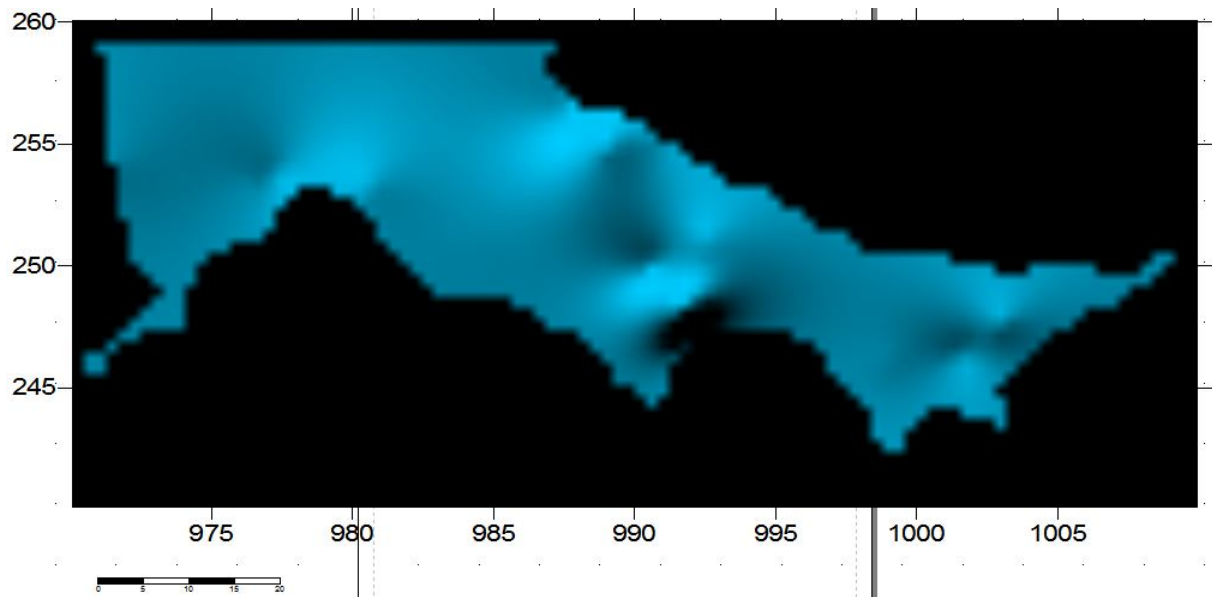


Figure 21: Carte des répartitions des chlorures

Selon la cartographie Nous allons observer la répartition de cet élément dans l'espace :

- Une forte concentration des chlorures marquée dans les régions ; de El Mardja sur les puits (fta1, fta2), et de Bekkaria sur les puits (fa3, fa4, fa) ces fortes concentrations sont dues au lessivage des marnes et le trias de Djebissa ; d'une part et d'autre part au lessivage des sédiments du Quaternaire couvrant la plaine.
- Une faible concentration dans la zone El Hammamet sur les puits (ys4, f10).

### 5.4.2 Le calcium :

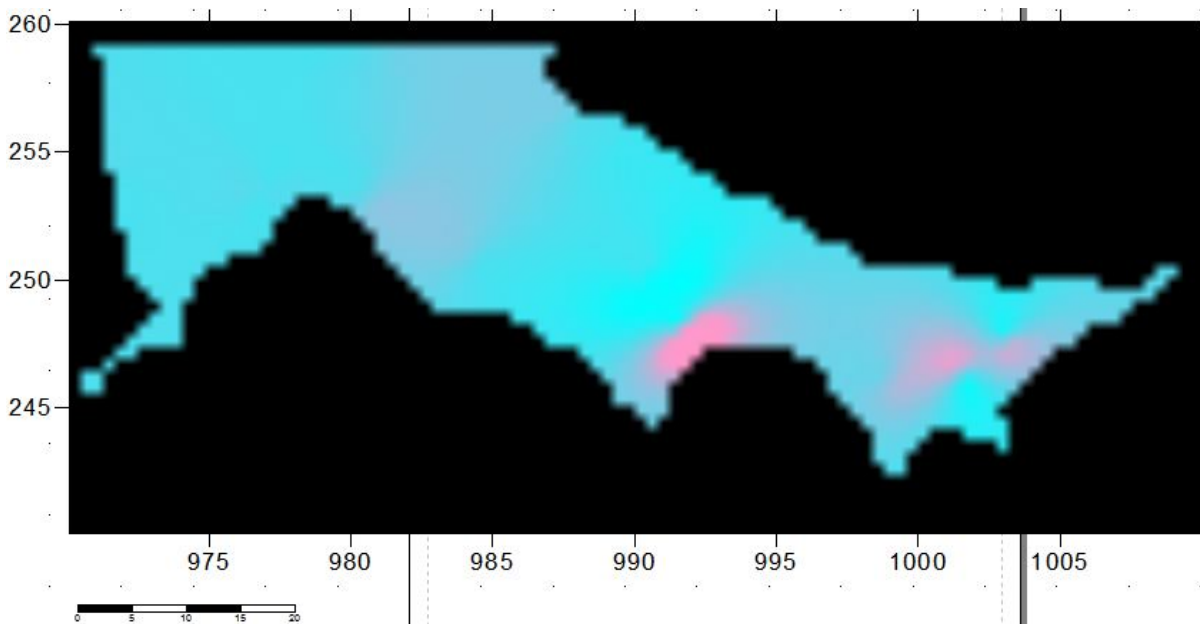
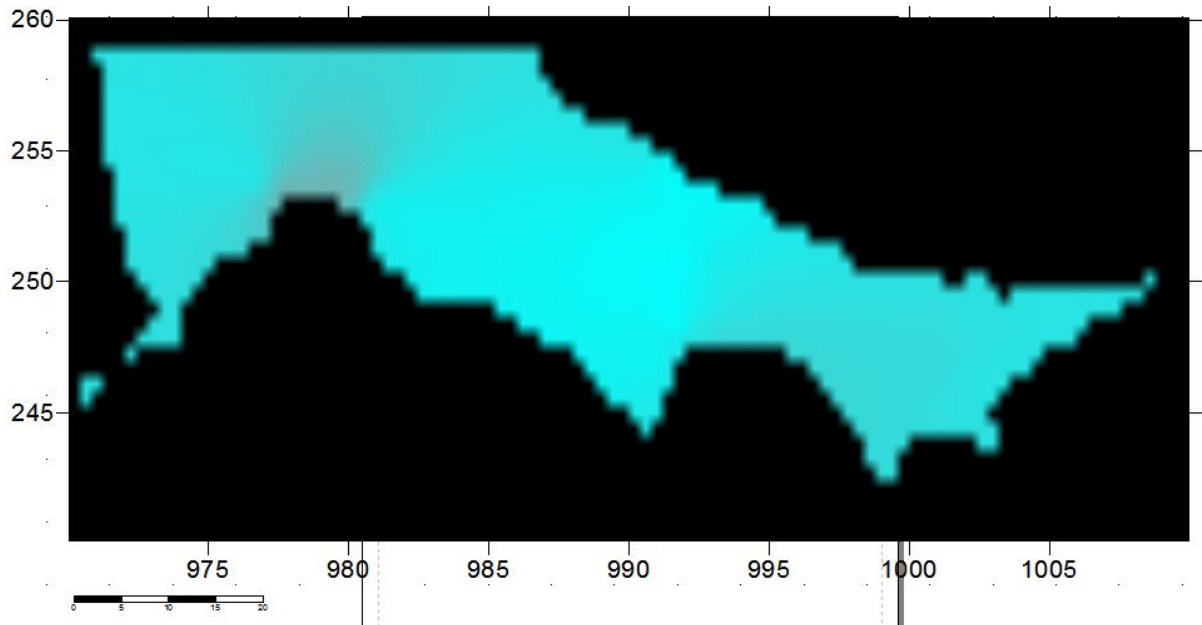


figure 22 : carte des répartitions des calciums

Des fortes concentrations sont marquée dans là-haut de Bekkaria vers le nord a Morssot peut être explique par un aquifère dans les calcaires comme on peut penser aussi à la présence du gypse.

Par contre dans la zone de Tébessa vers El Hammamet La répartition des calciums est presque faible.

### 5.4.3. Les sulfate :



**Figure 23 : carte des répartitions des sulfates so4**

Les teneurs importantes sur la région d'El Hammamet en général due à la dissolution de gypse et d'anhydrite. Une autre source de sulfates peut être attribuée à l'infiltration de sulfure utilisé comme fertilisant ou comme pesticide par les agriculteurs de la région.

#### 5.4.4-Les bicarbonates :

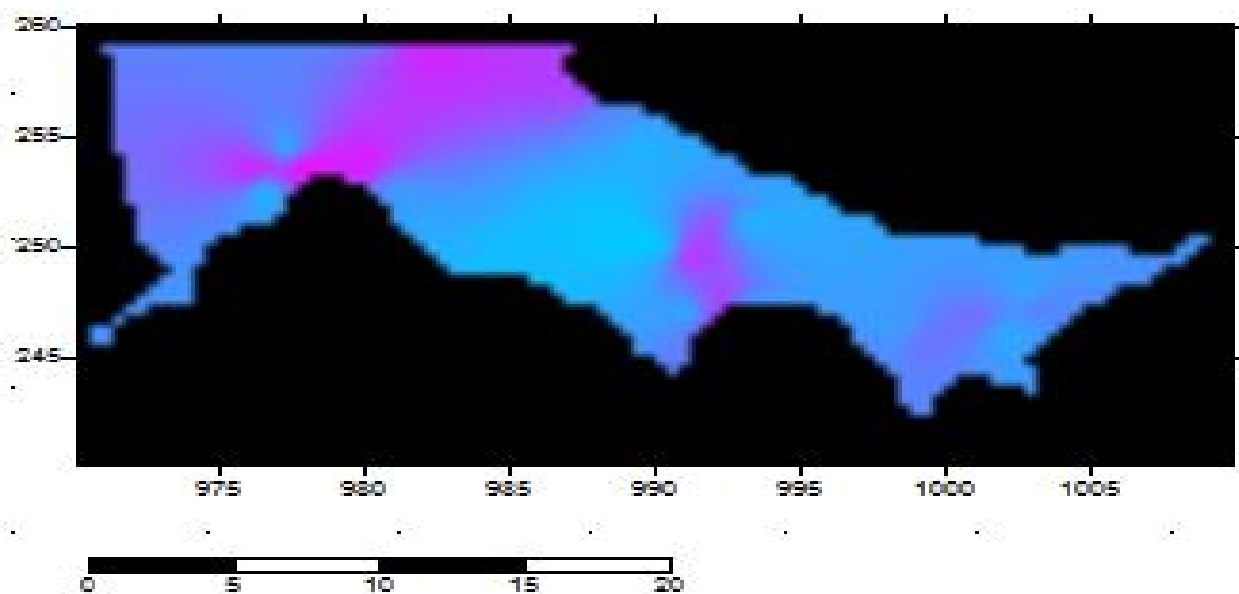


Figure 24 : carte des répartitions des bicarbonates hco3

Des teneurs des bicarbonates sont marquées sur les bordures des calcaires dues à la dissolution des roches carbonatées par le ( $\text{CO}_2$ ).

#### 5.4.5 Magnésium :

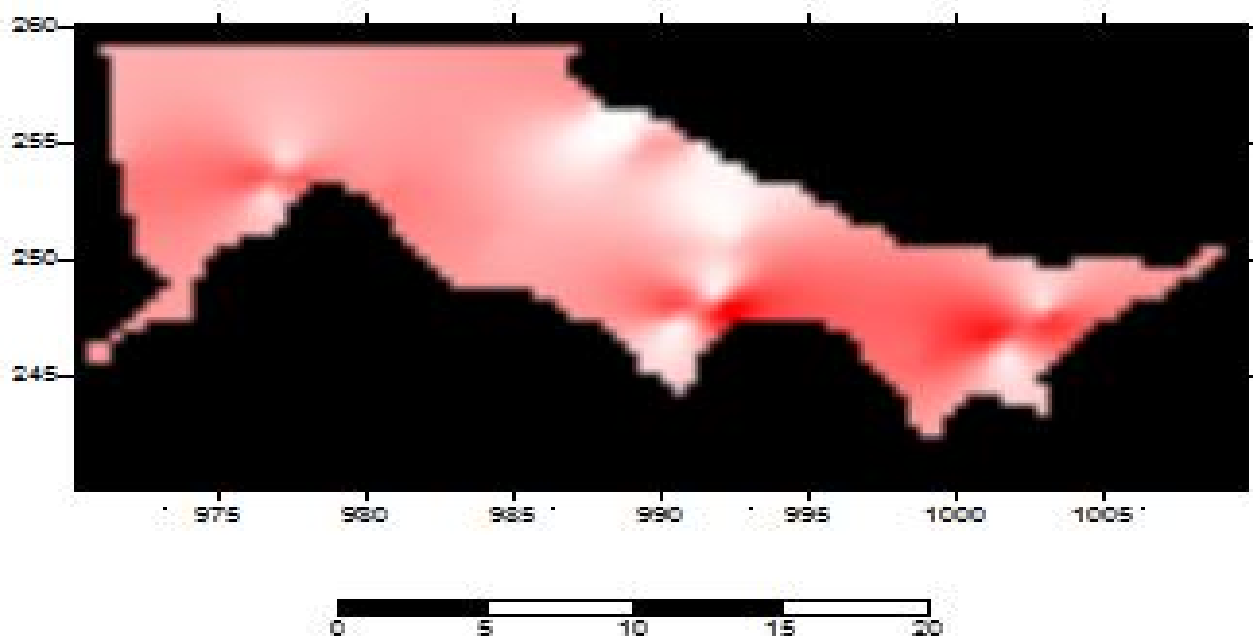


Figure 25 : carte des répartitions des concentrations des magnésiums

Au niveau de la région d'étude les concentrations des **magnésiums (mg)** sont très variables d'une zone à une autre. La répartition est marquée une teneur importante sur la région

d'ElHammamet en général due à la dissolution. Une autre source de magnésium peut être attribuée à l'infiltration de sulfate utilisé comme fertilisant ou comme pesticide par les agriculteurs de la région.

## **5.5 Conclusion :**

La qualité des eaux souterraines de la nappe dépend de plusieurs paramètres physiques et chimiques. Leurs variations spatiales sont dues soit à la lithologie des terrains traversés (dissolution des formations géologiques), soit à une contamination anthropique.

D'après les résultats du diagramme de Wilcox pour étudier l'aptitude des eaux à l'irrigation on note que 36 % des eaux figurent dans la classe Admissible qu'ils sont caractérisés par une eau convenant à l'irrigation des cultures tolérantes aux selles sur un sol ayant une bonne perméabilité.

Les faciès chimiques les plus dominants de la zone étudiée sont les chlorures calciques et les chlorures sodiques due à la dissolution des sols naturels et le lessivage des terrains salifères, les rejets des eaux usées d'origines domestiques.

L'évolution chimique de la zone d'étude est marquée sur toute la plaine par les variations des valeurs des conductivités électriques qui regroupe la totalité des éléments chimiques.

( **Hamaili I 2020** )

# **Chapitre 6 : hydrogéologie**

## 6.1 - Introduction :

L'hydrogéologie constitue un outil très important pour la connaissance des éléments permettant la définition des caractéristiques d'une nappe ; Sur la base des cartes et des coupes géologiques combinés avec les colonnes stratigraphiques des forages réalisés à travers la région, leurs profondeurs, l'altitude, et la mesure des niveaux piézométriques, des coupes hydrogéologiques et des cartes piézométriques ont été établis afin de comprendre le mécanisme de circulation de l'eau souterraine dans les différents systèmes aquifères et déterminer le sens de l'écoulement des eaux et ainsi définir les relations existantes entre les différents systèmes.

Nous entendons par le bassin d'effondrement de Tébessa - Morsott la région qui s'étend de Bekkaria au sud est à Morsott au Nord- Ouest.

## 6.2 Description générale :

D'après les travaux de Djabri L 1987 et Rouabhia 2004 et 2009 ; 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. (Hamaili I 2020)

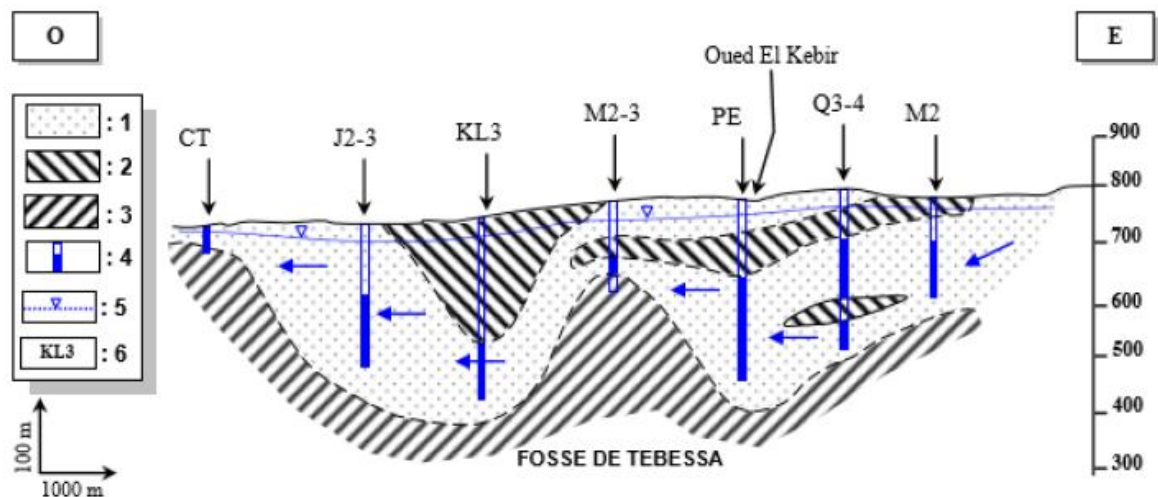


Figure 26 : Coupe hydrogéologique à travers la plaine de la Merdja. Rouabhia et al. 2009 (hamaili I 2020).

### 6.3-Géométrie de l'aquifère :

Le bassin d'effondrement de Tébessa -Morsott a été couvert par une prospection électrique assez importante, à l'aide de 242 sondages électriques avec une ligne AB =2000 m et 105 sondages avec une ligne AB = 6000m, réalisés par la compagnie générale de géophysique (CGG) (figure 15).

La figure 15 illustre la répartition spatiale des profils géophysiques réalisés par la (CGG) en 1970, qui ont servis pour dresser des coupes synthétiques représentatives des formations prospectées. Sur chacun des profils on donne la répartition spatiale des résistivités regroupées en trois horizons P1, P2 et P3 qui se suivent et se superposent d'une manière irrégulière (Djabri, 1987), sur les profils géophysiques réinterprétés par GOLE et RICARD en 1975, on constate une alternance des couches résistantes avec des couches non résistantes (**Hamaili I 2020**)

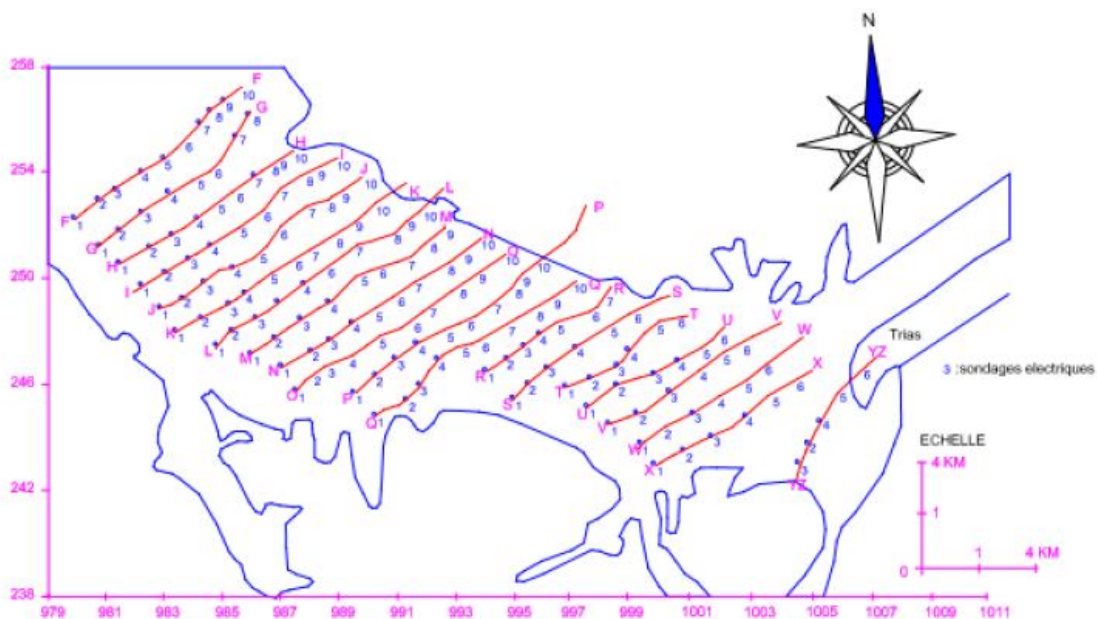


Figure 27 : Localisation des profils électriques à la plaine de Tébessa CGG, 1970 Djabri I, 1987 (**Hamaili I 2020**).

#### 6.3.1 Essai de corrélation entre la géologie et la géophysique :

L'alternance des couches résistantes avec d'autres non résistantes et la répartition spatiale des résistivités fait sortir trois (03) horizons P1, P2, et P3 qui se suivent et se superposent d'une manière irrégulière.

Chacun de ces horizons est caractérisé par ses résistivités et sa position relative sur la coupe et aux prolongements qui se répartissent comme suit :

### 6.3.1.1 Ain Chabro :

les zones résistantes (perméables) minces existe au centre (125 m) deviennent épaisses (227 m) et bien marquées sur les bordures de la plaines, sur les profils géophysiques on trouve rarement la succession P1, P2, P3 mais on trouve surtout P3 ce qui nous permet de dire qu'il s'agit probablement de cailloutis calcaires ou de galets.

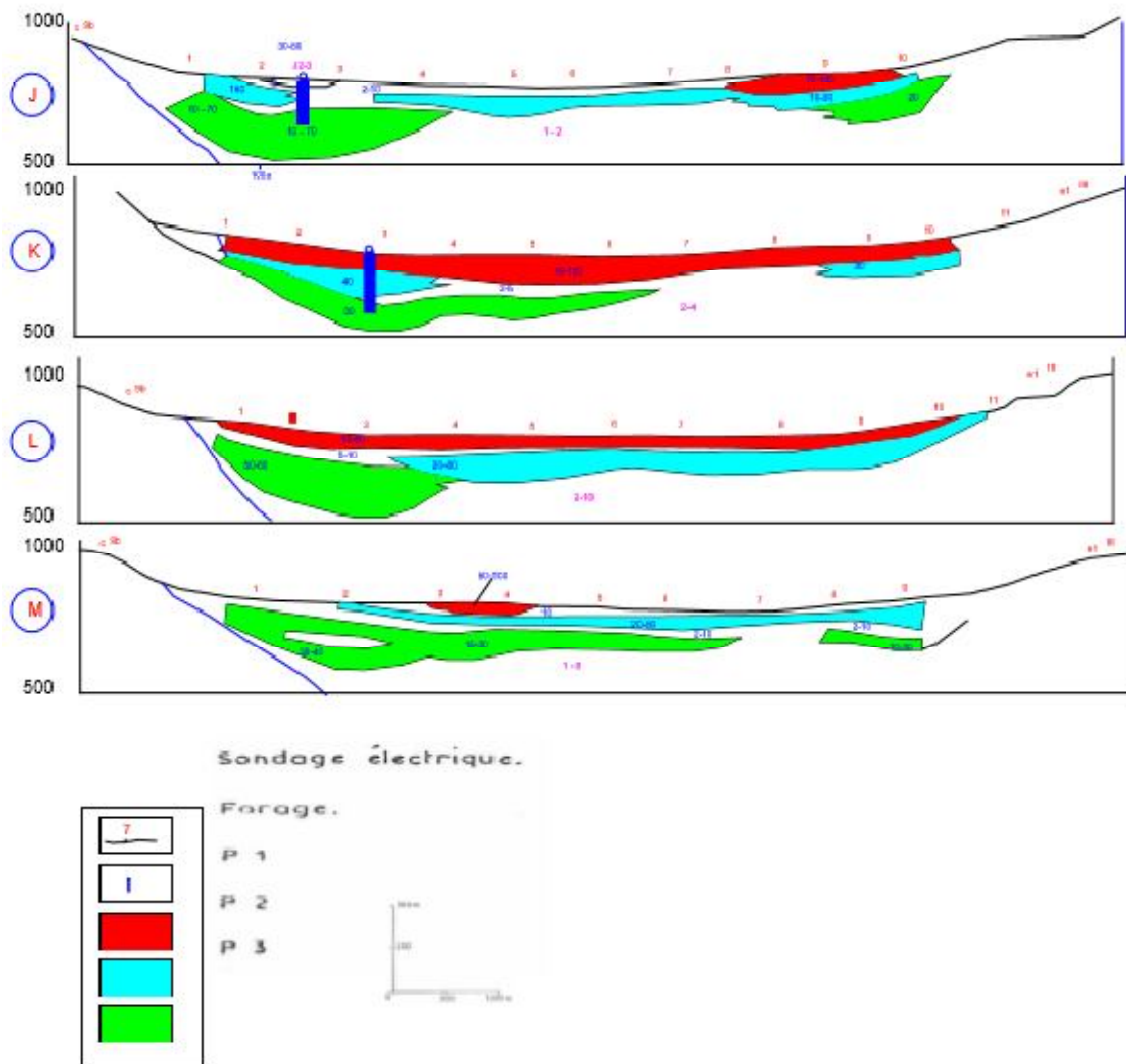


Figure 28 : Coupes géo électriques à travers la plaine de Tébessa selon les profils (J, K, L et M)(Hamaili I 2020).

### 6.3.1.2 Tébessa:



La géologie est représentée par des cailloutis calcaires, des graviers calcaires ou des sables, dans la partie centrale on observe des résistivités très basses pouvant s'expliquer par l'existence d'un niveau évaporitiques.

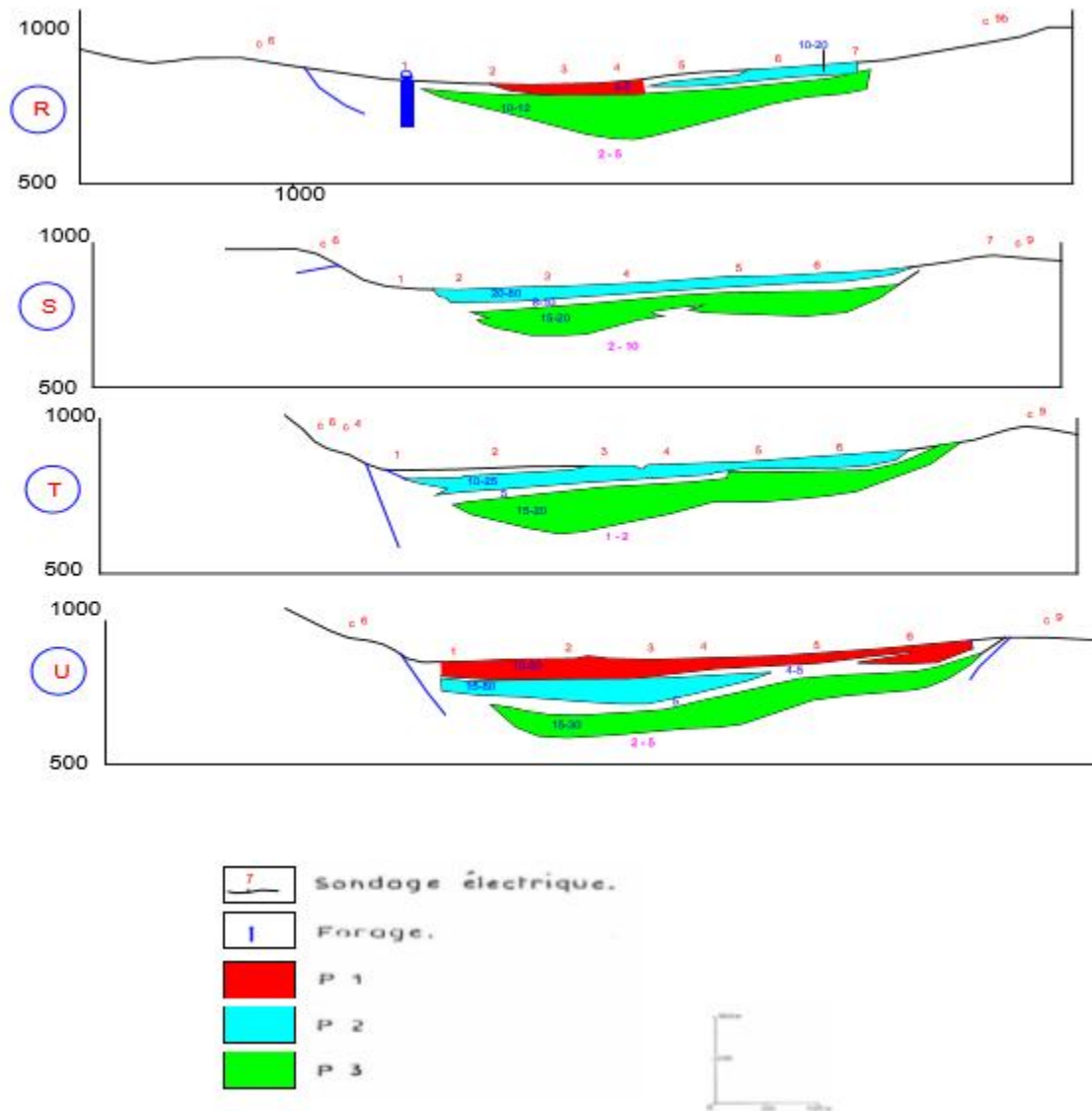


Figure 29 : Coupes géo électriques à travers la plaine de Tébéssa selon les profils (R, S, T et U) Djabri L. 1987.(Hamaili I 2020).

### 6.3.1.2 Bekkaria:

La succession des trois horizons est bien marquée, représentés sous forme d'électro-bancs, du point de vue géologique on distingue des calcaires, des sables, des graviers et des galets.

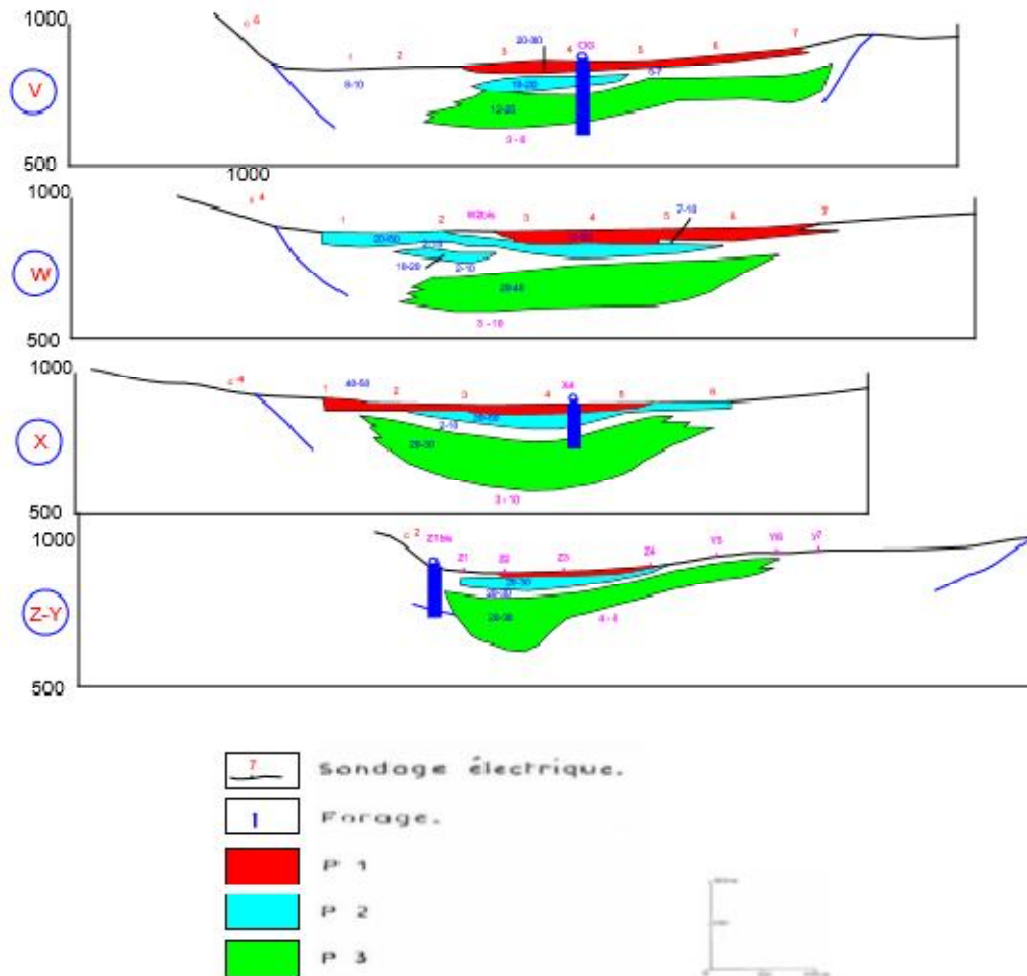


Figure 30 : Coupes géo électriques à travers la plaine de Tébéssa selon les profils (V, W, X et XY) (Hamili I 2020).

## 6.4 Hydrogéologie :

### 6.4.1 Conditions aux limites :

La figure 19 représente une synthèse des travaux antérieurs (Djabri, 1987 ; Ghuerieb, 2011), qui représente les conditions aux limites caractérisant le système aquifère de la zone objet de la présente étude. Le sens d'écoulement de l'eau souterraine suit celui d'Oued el-Kébir qui joue le rôle d'axe de drainage de la nappe superficielle sur un axe Sud-est Nord-Ouest, l'aquifère est caractérisée par une limite à flux entrant à l'Est, au Nord et au Sud-est. Une limite à flux sortant est située à l'Ouest. Au sud, la limite est à flux entrant qui constitue la limite la plus importante en matière de recharge de la nappe, car dans cette partie l'aquifère est en contact direct avec les formations carbonatées qui représente aussi un autre système aquifère voisin.

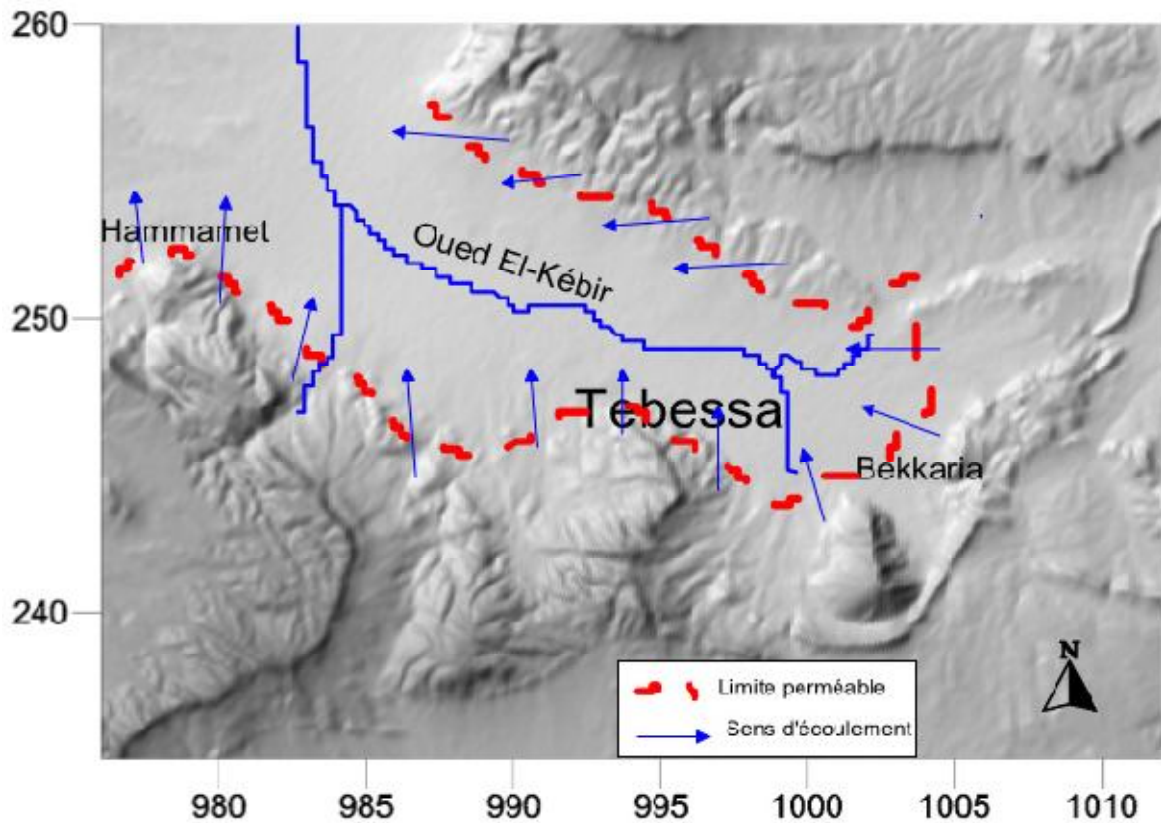


Figure 31 : Carte des conditions aux limites de la zone d'étude (Hamili I2020).

## 6.4.2 La piézométrie :

La piézométrie est la mesure de profondeur de la surface de la nappe d'eau souterraine. Ce niveau est mesuré à l'aide d'une sonde électrique. Lorsque la sonde atteint le niveau de l'interface air/eau, un contact électrique est établi entre deux tiges métalliques, déclenchant un signal sonore et lumineux.

### 6.4.2.1 Inventaire des points d'eau :

Elle sera basée sur les relevés effectués sur les 36 puits domestiques figure 14. Les mesures ont été réalisées une campagne au cours du mois de mars 2020.

Les points d'eau échantillonnés pour l'établissement des cartes piézométriques, se répartissent comme sur la carte d'inventaire, ils ont été creusés selon les moyens disponibles et qui généralement ne disposent d'aucunes protections contre les eaux de surface.

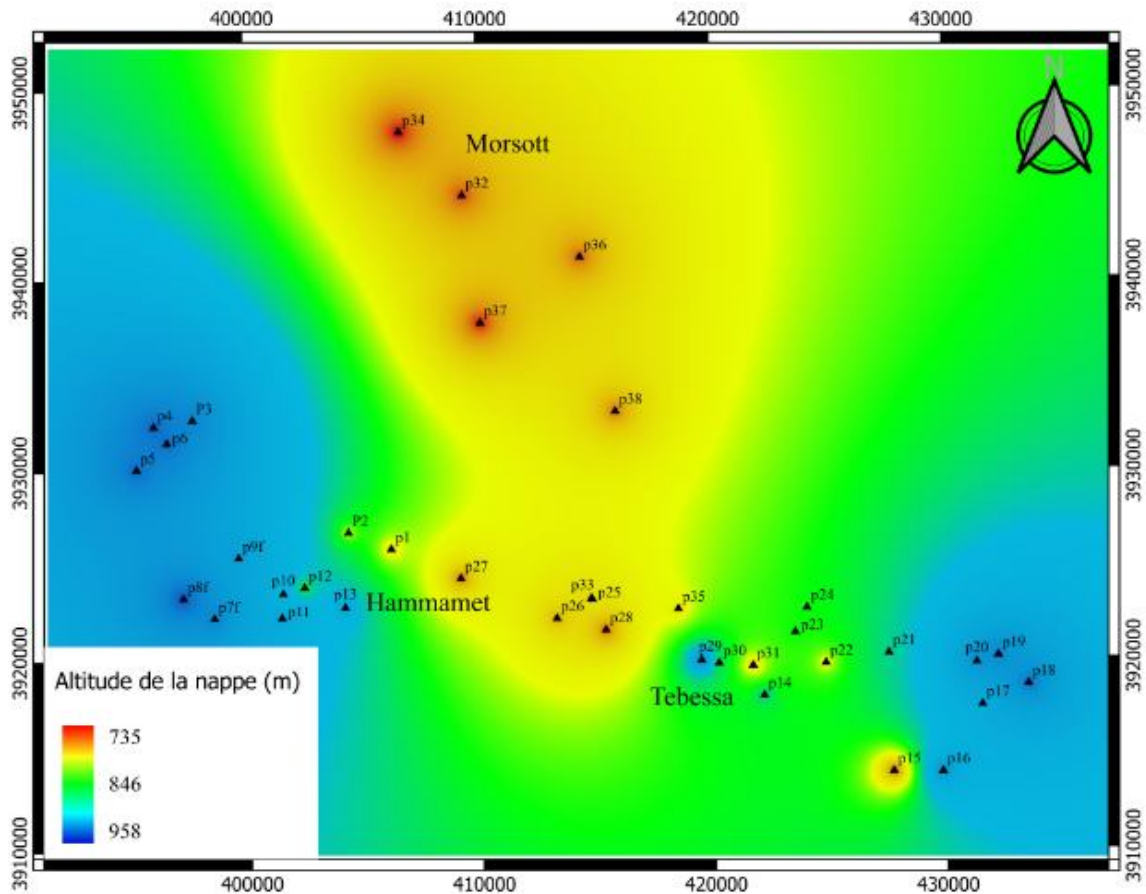


Figure 32 : la carte d'inventaire des puits sur la plaine (Tebessa-Morsot) (logiciel SIG)

#### 6.4.2.2 Etablissement d'une carte piézométrique :

La connaissance de l'état piézométrique par l'établissement de la carte piézométrique pour la plaine dans l'espace est d'une grande importance dans le cadre de la présente étude. Pour cette raison nous avons réalisé une campagne piézométrique, en moi de mars 2020.

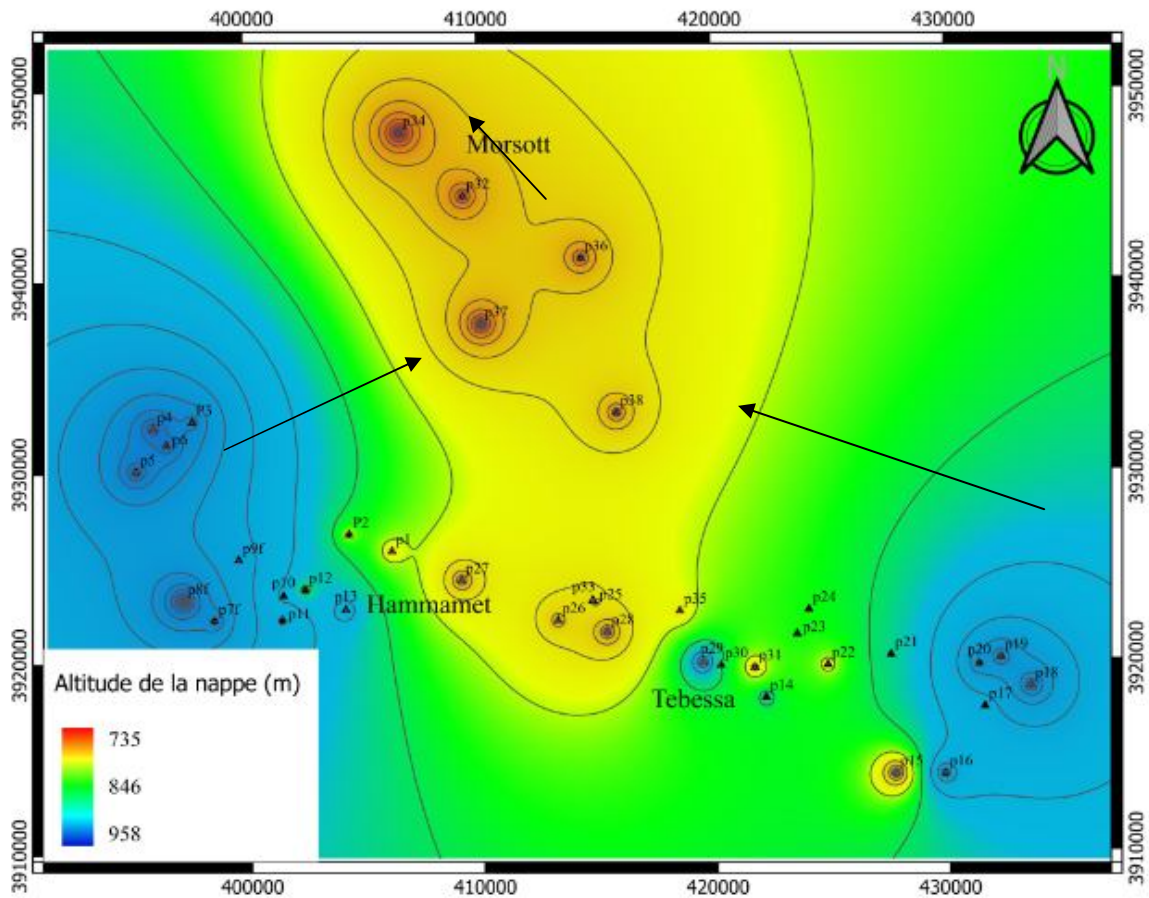


Figure 33 : carte piézométrique la zone étudié.

#### 6.4.2.3 Interprétation de la carte piézométrique :

La mesure de niveaux piézométrique de **37 puits** au niveau de La plaine de Tébéssa la majorité des puits sont des ouvrages imparfaits, répartis irrégulièrement sur toute la plaine et qui servent en grande partie à l'irrigation et aux besoins domestiques ; la profondeur de l'eau dans les puits est de **1.6 à 49.73m**.

La carte piézométrique figure 33 nous permet de visualiser un écoulement général du Sud-Sud-est vers Ain chabro et puis vers le Nord (Morsott) ce qui confirme le sens d'écoulement connu dans la région. Un écoulement rapide remarqué dans la partie Sud-Sud-est avec un gradient hydraulique estimer à 0.03 et dans la partie Sud-est un écoulement d'une direction vers le Nord qui peut être expliqué par une alimentation latérale par les calcaires de Maastrichtien de Hammamet avec un gradient hydraulique moins important.

**6.4.2.3.1 Zone de BEKKARIA:** les courbes sont serrées, et leurs espacements sont considérables, avec des lignes de courant de direction Est-Ouest ; ce qui traduit une zone d'accumulation et de drainage par l'oued El-Kébir. L'alimentation de cette zone se fait par les bordures de la plaine.

**6.4.2.3.2 Zone de Tébessa :** Les courbes piézométriques sont régulièrement espacées reflétant une zone d'accumulation et de drainage par l'oued kebir.

**6.4.2.3.3 Zone de AIN CHBRO :** les courbes deviennent espacés et traduisant une zone d'accumulation des eaux souterraines

### 6.4.3 L'évolution des niveaux piézométriques dans le temps et dans l'espace

Pour mieux visualiser les variations de niveau des souterraines de la plaine dans l'espace dans le temps on procède à l'établissement de courbe d'évolution partir des différentes niveaux piézométriques des années (2007 jusqu'a 2020)

La réalisation de la courbe se fait Selon une repère bien précisée (x-y) des cartes piézométriques (Gherieb L juillet 2007, Bouteraa M Décembre 2009, Brahmi I Mars 2015, Abbad S Mars 2018, Février 2020) ; suivant une ligne de profil S-S-Est vers le N-N-Ouest.

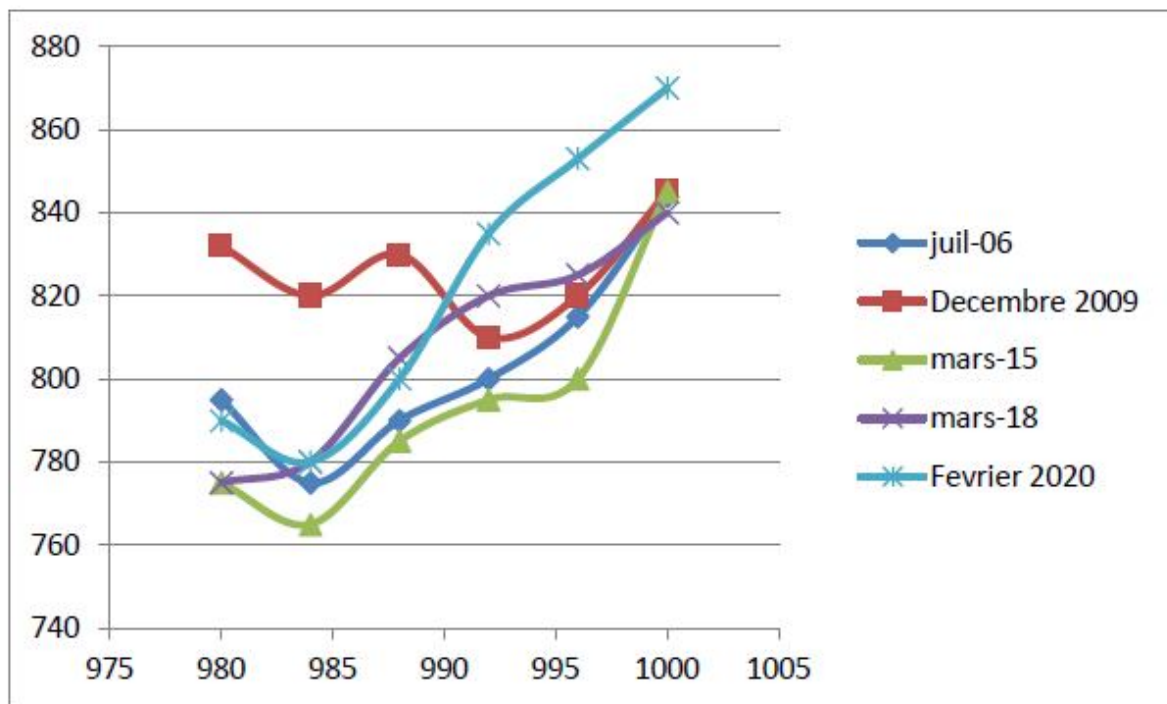


Figure 34 : la courbe d'évolution à l'échelle piézométrique spatiale et temporelle.

Le manque de la réalimentation durant les périodes (2006-2015/2018-2020), à causé une fluctuation importante de la courbe d'évolution dans la direction nord-ouest, la nappe superficielle est la plus touchée jusqu'à l'épuisement et cela peut être traduit la sur exploitation et aussi la température élevée.

L'année 2009, le niveau d'eau est très important (830m) ce qui indique que c'est une année excédentaire (Le fait le plus marquant sur cet état piézométrique est la présence d'un dôme au niveau de l'oued el kebir, cette protubérance de la surface piézométrique est due à une alimentation directe et importante par l'eau de l'oued à travers les puits domestique en cet endroit) (**hamaili I 2020**)

-Sur une direction Sud-est le niveau de la nappe profonde n'est pas encore touché 840m durant (2007-2009-2015-2018) due à l'alimentation directe par les bordures.

En Février 2020 l'évolution de l'état piézométrique de la nappe profonde est très importante Due à la recharge par la précipitation.

## **6.5. Estimation des réserves**

Les réserves représentent le volume d'eau gravifique ou libérable emmagasiné dans un horizon aquifère. Il est possible de distinguer les réserves régulatrices, les réserves géologiques et les réserves potentielles. Leur calcul nécessite la connaissance des structures hydrogéologiques et la détermination de la porosité efficace ou du coefficient d'emmagasinement. L'utilisation des courbes de tarissement permet des évaluations rapides

Réserves régulatrices: Elles correspondent au volume d'eau gravifique stocké dans l'horizon Aquifère délimité par les surfaces piézométriques maximale et minimale, dont l'amplitude détermine la puissance  $dh$

Le calcul des réserves a pour but d'évaluer le *volume d'eau libérable* par l'horizon aquifère Considère. (G.castany 1962)

### **6.5.1 Calcul de réserves potentielles**

Réserves potentielles: Elles représentent la totalité du volume d'eau gravifique stocké Dans l'horizon aquifère, du substratum à la surface piézométrique maximale. Elles sont donc Égales à la somme des réserves régulatrices et géologiques (fig. 35 ).

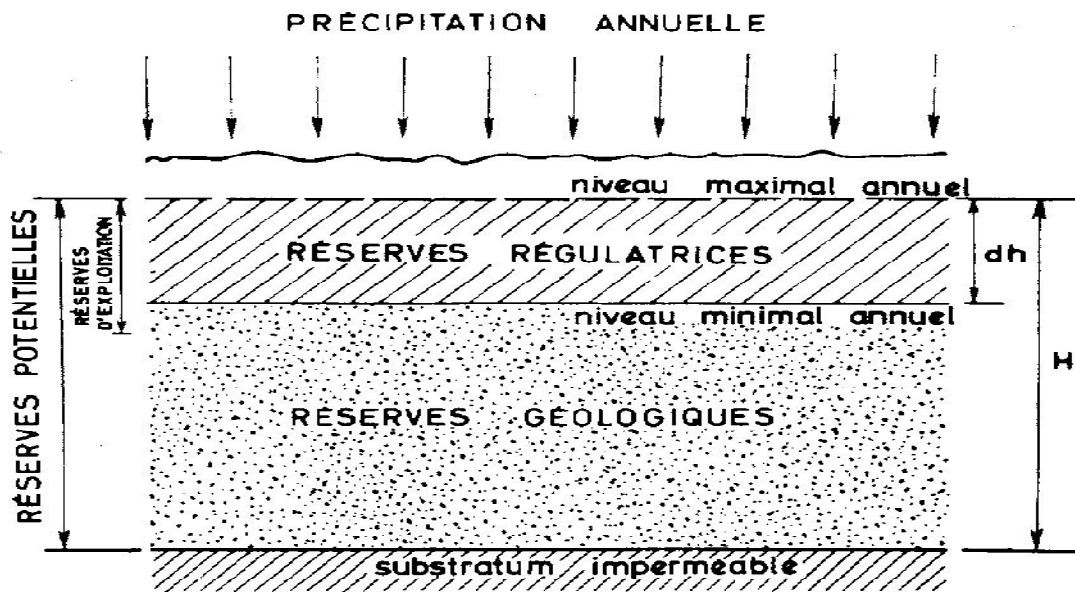


Fig. 35 - Détermination des réserves en nappe libre sur l'année hydrologique.  
 $dh$ , amplitude de la fluctuation de la surface piézométrique au cours de l'année hydrologique.

### 6.5.2 Détermination de la structure hydrogéologique

Ils'agit de déterminer le volume de terrain aquifère compris entre deux surfaces piézométriques maximale et minimale. Les mesures de niveaux, effectuées dans puits, sondages et piézomètres, but essentiel de l'inventaire des ressources hydrauliques, permettent l'établissement de cartes en courbes iso pièzes de chaque surface libre. Leur interprétation permet également de dresser des cartes iso pièzes. Le calcul se complique du fait que les déformations de la surface piézométrique ne sont pas uniformes en tous les points. Il en résulte des variations de superficie et d'amplitude de la fluctuation  $dh$ .

Dans le cas d'une nappe régulière, de plaine alluviale par exemple, nous pouvons retenir une surface moyenne et un  $dh$  moyen. Mais en général, il faut calculer la surface piézométrique

Par planimétries sur les cartes en courbes iso pièzes selon des méthodes identiques celles utilisées pour les études topographiques. L'amplitude moyenne  $dh$  est également obtenue par les cartes en courbes iso pièzes et les profils piézométriques. (G. castany 1962)

### 6.5.3 Détermination de la porosité efficace

La porosité efficace,  $m_e$ , est le rapport du volume d'eau gravifique au volume total (solide et eau). Pour les nappes libres, sa valeur est voisine de celle du coefficient d'emmagasinement  $S$ . La porosité efficace peut être déterminée en laboratoire sur échantillons ou par des essais sur le terrain. Comme il est nécessaire d'obtenir, non pas des données ponctuelles, mais une



Porosité efficace moyenne de l'horizon aquifère, les essais sur le terrain donnent des résultats plus utilisables.

Les déterminations sur le terrain sont effectuées essentiellement par les essais de débits Par pompage. (G. Castany 1962)

#### **6.5.4 Calcul de la réserve**

La puissance de l'horizon aquifère est égale à l'amplitude moyenne des fluctuations de la surface piézométrique au cours de l'année hydrologique considérée. Le volume unitaire de la réserve  $V_R$ , la porosité efficace moyenne étant  $m_e$ , sera donc :

$$V_R = \frac{Dh}{m_e}$$

Avec :

$V_R$  : le volume unitaire de la réserve

$Dh$  : l'amplitude (hauteur) moyenne

$m_e$  : porosité efficace moyenne

##### **6.5.4.1 calcul de la profondeur moyenne du substratum**

- La profondeur minimale est de l'ordre de 30 m, signalées au niveau des sondages géo électriques K-H, W-7 situés respectivement au près de la bordure Nord-Centrale de la partie Nord-Est,
- La profondeur maximale est de l'ordre de 320 m, au niveau du sondage géo électrique P3-4 au près de la bordure Sud Centrale de la plaine.

La profondeur moyenne est :  $30 + 320 = 350 \implies 350/2 = 175\text{m}$

##### **6.5.4.2 calcul de la profondeur moyenne de la piézométrie**

- La profondeur minimale est de l'ordre de 1.2 m, mesurée au niveau du puits n° P28.
- La profondeur maximale est de l'ordre de 69.7 m, mesurée au niveau du puits n° P8F

La piézométrie moyenne est :  $1.2+69.7= 70.9$   $\Longrightarrow$   $70.9/2 = 35.45$  m

Par curvimètre et par planimétrie on a déterminé :

- Le périmètre (P) du sous bassin :  $P = 123$  Km

- La surface (S) :  $S = 288$  Km<sup>2</sup>

- La surface (S) :  $S = 288\ 000\ 000$  m<sup>2</sup>

### 6.5.4.3 Le coefficient d'emmagasinement

**Définition** : rapport du volume d'eau libérée (ou emmagasiné) par unité de volume d'un aquifère pour une perte de charge hydraulique donnée, c'est-à-dire une baisse de pression, sans référence de temps.

Il est utilisé pour caractériser plus précisément le volume exploitable par un forage et se détermine lors de pompage d'essais.

Dans un aquifère libre telle que la plaine de Tébessa, sujet d'étude, l'eau est libérée par l'action des forces de gravité (drainage). Le coefficient d'emmagasinement est égal, en pratique, à la porosité efficace et sa signification indépendante du temps.

Les valeurs usuelles vont de 1% pour certains limons et jusqu'à 30 – 40 % pour les alluvions grossières. (site web : caractéristiques principales des nappes).

### 6.5.4.4 calcul numérique :

Pour une bonne précision et transmissibilité claire de la réalité, on a choisi de faire le calcul avec deux (2) variantes de coefficient d'emmagasinement. Qui expriment les deux points extrêmes de la fourchette, de variabilité de ce dernier dans les alluvions argileuses .

## 1<sup>ER</sup> variant de calcul des réserves : pour les valeurs minimale

Sol	Valeurs usuelle du porosité efficace
limon	1 %
Alluvion grossier	30 %
moyenne	$(30+1)/2 = 15.50 \% = 0.155$

$$DR = dh/me$$

$$DR = (dh*S)/ me$$

DR : volume unitaire de la réserve ( m<sup>3</sup> )

Dh : hauteur de la couche mouillée ( m )

S : superficie de la plaine ( m<sup>2</sup> )

me : porosité efficace en %

$$DR = (139.55 * 288\,000\,000) * 0.155 = 6\,229\,512\,000 \text{ m}^3$$

2<sup>eme</sup> variant de calcul des réserves: pour les valeurs maximales

Sol	Valeurs usuelle du porosité efficace
<b>Limon</b>	<b>1%</b>
<b>Alluvion grossier</b>	<b>40%</b>
<b>moyenne</b>	$(40+1)/2 = 20.50\% = 0.205$

$$DR = (139.55 * 288\,000\,000) * 0.205 = 8\,239\,032\,000 \text{ m}^3$$

## 6.6 Conclusion

L'aperçu hydrogéologique nous a montré que La direction des eaux souterraines de la région étudiée est en générales de SE vers NW et le Nord.

Le drainage de la nappe superficielle s'effectue principalement par oued el kebir et ses affluents, il est compensé par une alimentation provenant des bordures calcaires situées dans la partie sud et Nord de la région. En mars 2020 on peut dire que les réserves de la nappe profonde sont non considérables par rapport aux années précédentes. On peut conclure d'après le coefficient de la porosité théorique proposée par les recherches des laboratoires, les relevés géophysiques du substratum, et les données de la piézométrie de la plaine de Tébessa –Morsott, que le volume de la réserve géologique de celle-ci est estimée entre **6 229 512 000 m<sup>3</sup>** et **8 239 032 000 m<sup>3</sup>**.

# **7. Conclusion générale**

## 7. Conclusion générale

Le bassin versant de la région de Tébessa\_Morssot est soumis à des conditions climatiques semi-arides, et une sécheresse aigue ce qui a appauvri le bassin en réserves en eau. De surface les eaux souterraines jouent un rôle fondamental dans la stabilité des populations rurales dans la région de Tébessa. Elles sont exploitées par des puits, des sources et des forages ; drainées par différentes techniques traditionnelles et modernes utilisées pour extraire les eaux des nappes pour l'alimentation en eau potable et l'irrigation.

L'étude géologique a montré la présence de plusieurs formations qui a donné à la nappe une certaine hétérogénéité ; les calcaires fissurés affleurent sur les bordures pourraient jouer un rôle important dans les apports latéraux en eau. Les formations meubles siègent au centre de la plaine et constituent les dépôts de remplissage du bassin d'effondrement.

La cartographie piézométrique a montré que l'écoulement général est de direction Est-Ouest. Au centre la profondeur de la surface piézométrique est faible ; ce qui facilite le contact des eaux de la surface avec les eaux souterraines.

Quand à l'étude hydro chimique, elle a révélé la répartition du faciès chlorurés calciques et sodique au centre de la plaine justifiant la nature des dépôts alluvionnaires. La variation de certaines concentrations est régie par plusieurs facteurs tels que le lessivage des sols.

Il est important d'entreprendre le bilan hydrique de cette région à fin d'éviter dans le futur un déséquilibre accentué entre les débits sortant et entrant. Cette opération, bien entendu, doit être accompagnée de la réalisation des piézomètres pour un contrôle rigoureux et l'estimation des réserves de la nappe pour une meilleure gestion de notre ressource à moyen, court et long terme.

Il est également possible de penser à l'alimentation artificielle à travers oued Bouakous pour aboutir à la restauration de la nappe. Application de modèles mathématiques pour la gestion pluriannuelle des réservoirs, qui permettent de déterminer les fréquences et l'importance des pénuries en fonction d'objectifs de régulation

# Bibliographie

**Fehdi C-E 1992** étude hydrogéologique dans le bassin versant cheréa Tébessa mémoire de DEA, université de Tébessa

**Hemali I 2020** actualisations des données hydrogéologiques et hydrochimiques du bassin versant Tébessa-Morsott, université larbi tébessi- Tébessa

**Souahi H 1993** Etude hydrodynamique de la nappe alluviale de la plaine d'effondrement –de Tébessa- université de Tébessa.

**Kachi S 2007** vulnérabilité de la nappe alluviale de Tébessa-morsott faces aux polluants, présentée en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat d'état, université Badji Mokhtar Annaba.

**Debbez M 2019** Contribution à la reconnaissance de la potentialité aquifère du versant Nord de Djebel Doukane Tébessa. Mémoire de master, Université de Tébessa.

**Seghir k 2008** Vulnérabilité à la pollution, protection des ressources en eaux et gestion active du sous système aquifère de Tébessa-Hammamet (Est Algérien). Présentée en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat, université Badji-Mokhtar Annaba

**Hamad A 2018** Modélisation et intérêt hydrogéologique des réservoirs carbonatés karstiques : contributions du SIG (2D/3D), des données géophysiques et approches hydrochimiques et isotopiques - cas du bassin transfrontalier (Tébessa-Kasserine/Algérie-Tunisie).  
Présentée en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat. Université larbi Tébessa

**G- castany 1962** Réserves en eaux souterraines classification et évaluation

- site web :

. <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

. caractéristiques principales des nappes : les paramètres hydrodynamiques. (définitions)- SIEGES. Seine-Normandie-2021.