



République algérienne populaire et démocratique
Ministère de l'enseignement supérieur et la
recherche scientifique
Université Larbi Tébessi - Tébessa
Faculté des sciences exactes et des sciences de la
nature et de la vie
Département des sciences de la terre et de l'univers



Mémoire de master :
Domaine: Sciences de la terre et de l'univers.
Filière : Géologie
Spécialité: hydrogéologie

Présentée par :

Chenatlia Souad

Hamaili Ikhlass

Theme:

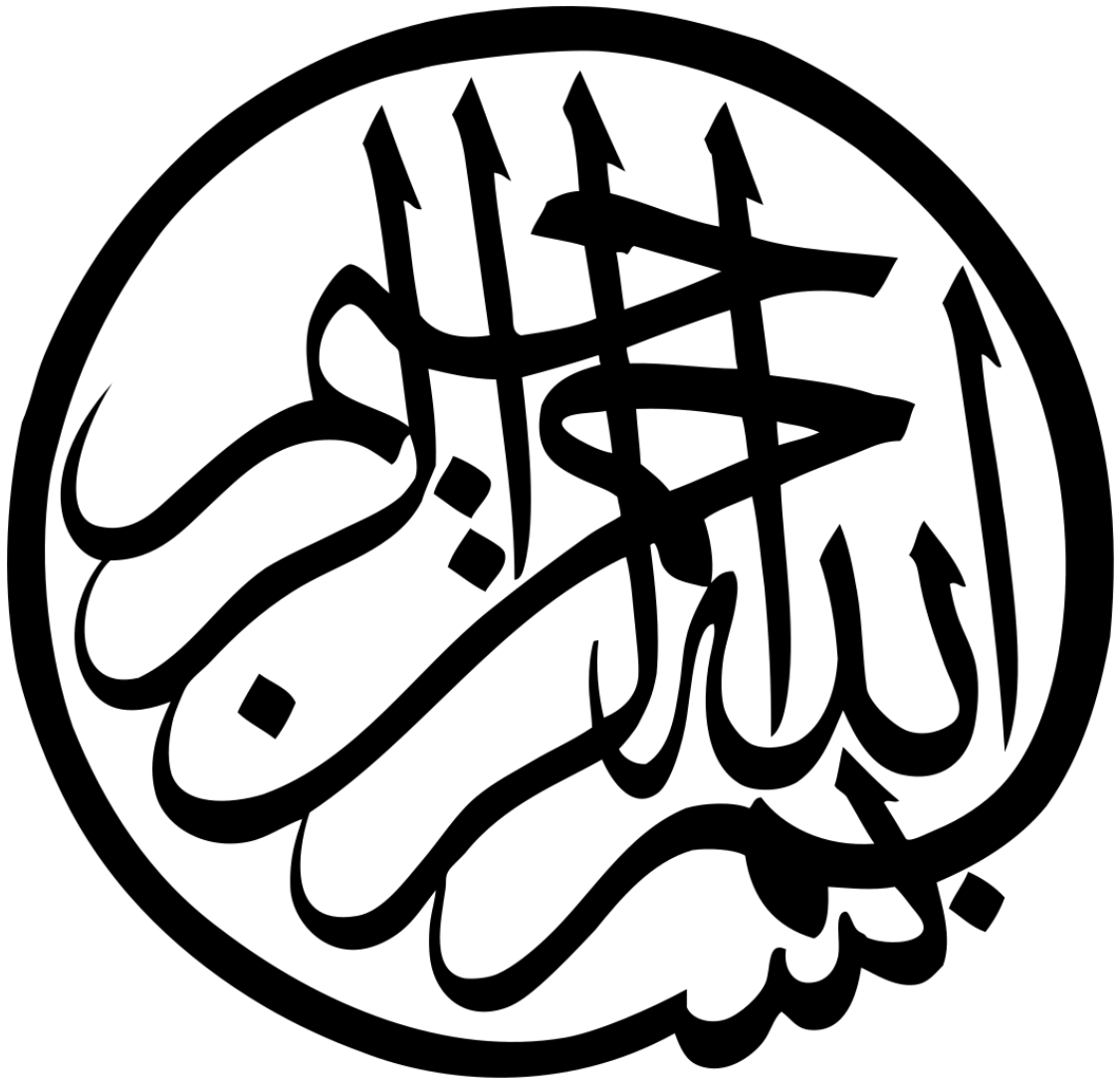
Actualisation des données hydrogéologique et
hydrochimiques du bassin versant Tébessa-Morsott

Date de soutenance

07/07/2020

Devant le jury

Président	Fehdi Chems Eddine	Pr
Examineur	Guefaifia Omar	M.C.A
Encadreur	Baali Fathi	Pr



الملخص:

الماء عنصر أساسي ومورد طبيعي ثمين للغاية في الاستخدامات المنزلية والزراعية والصناعية والحضرية والترفيهية.

المياه ضرورية ليس فقط للنمو الزراعي والصناعي والاقتصادي ولكنها أيضًا أهم عنصر في البيئة، مع تأثيرها الكبير على الصحة والحفاظ على الطبيعة. في الوقت الحالي، أثر توسيع المناطق المروية والنمو السريع للسكان، وكذلك التنمية الصناعية على الجوانب الكمية والنوعية للنظام الطبيعي.

الحوض المائي تبسة_مرسط الممتد في منطقة تبسة خاصة حول القرى تبسة ، بكارية والحمامات ؛ يشكل وعاءً ، ممدود في اتجاه الشمال الغربي - الجنوب الشرقي. فيما يتعلق بدراستنا ، فإنها تتمثل في متابعة تطور مستويات المياه ونوعيتها الكيميائية ، والواقع أن التطور الديموغرافي والصناعي والزراعي خاصة في العقد الماضي قد أدى إلى تدهور جودة المياه الجوفية في سهل تبسة.

Abstract

Water is a basic element and a very precious natural resource, used generally in domestic, agricultural, industrial, urban and leisure purposes.

Water is essential not only for agricultural, industrial and economic growth, but it is also the most important element of the environment, with a significant impact on health and nature conservation. Currently, the extension of irrigated areas and the rapid growth of the population, as well as industrial development have stressed the quantitative and qualitative aspects of the natural system.

Tébessa_Morssot watershed extends in length in the Tebessa leaf, especially around the villages: Tebessa, Bekkaria and Hammamet; it forms a bowl, elongated in a north-west - south-east direction. Concerning our study is to visualize the evolution of water levels and its chemical quality to understand the functioning of the surface and deep-water table. Indeed, the demographic, industrial and especially agricultural development of the last decade has degraded the quality. Groundwater from the Tebessa plain aquifer.

Résumé:

L'eau est un élément de base et une ressource naturelle très précieuse, dont les usages domestiques, agricoles, industriels, urbains et de loisirs sont devenus considérables.

L'eau est essentielle non seulement pour la croissance agricole, industrielle et économique, mais aussi elle est l'élément le plus important de l'environnement, avec un impact important sur la santé et la conservation de la nature. Actuellement, l'extension des superficies irriguées et la croissance rapide de la population, ainsi et le développement industriel ont stressés les aspects quantitatifs et qualitatifs du système naturel.

Le bassin versant de Tébessa_Morssot qui s'étend en longueur dans la feuille de Tébessa notamment autour des villages : Tébessa, Bekkaria et Hammamet; il forme une cuvette, allongée selon une direction Nord-Ouest – Sud-Est. Concernant notre étude est de visualiser l'évolution des niveaux d'eau et sa qualité chimique pour comprendre le fonctionnement de nappe d'eau superficielle et profonde. En effet, l'essor démographique, industriel et surtout agricole de la dernière décennie a dégradé la qualité des eaux souterraines de l'aquifère de la plaine de Tébessa.

Mots clés : bassin versant, évolution, niveaux d'eaux, agricole, aquifère.

Dédicace

« DE L'EAU, NOUS AVONS CREE TOUTE CHOSE VIVANTE »

CORAN, XXI, 30

« Le voyage d'une goutte d'eau qui s'exhale de l'océan et après avoir tout animé sur son passage, revient à l'océan et recommence à décrire sans cesse un cercle

bienfaisant » .Tissandier

(L'eau, Hachette, 1869)

Je dédie ce travail ;

A ma très chère mère

La source de tendresse, honorable, aimable, Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études. Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de me donner depuis ma naissance, durant mon enfance et même à l'âge adulte, merci.

A mon très cher père

Tu as toujours été pour moi un exemple du père respectueux, honnête, de la personne méticuleuse, je tiens à honorer l'homme que tu es. Grâce à toi papa j'ai appris le sens du travail et de la responsabilité. Je voudrais te remercier pour ton amour, ta générosité, ta compréhension... Ton soutien fut une lumière dans tout mon parcours. Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour l'estime et le respect que j'ai toujours eu pour toi.

A mes très chers frères Akram et Amrou

Mes chers frères, les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte pour vous. Merci pour votre appui et encouragement.

A ma très chère amie Souad

A mon soutien morale et source de joie, je te remercie pour ton amitié chère à mon cœur pour tout encouragement quand fatigue et désespoir tu as terrassés d'avoir toujours à mes côtés ; je te souhaite tout le bonheur du monde.

A mes chers amis:

A ma sœur May, Marwa et Douaa a tous mes collègues groupe de l'hydrogéologie ; En souvenir de notre sincère et profonde amitié et des moments agréables inoubliables que nous avons passés ensemble, je vous remercie vivement.

A tous ceux que j'aime.

Ikhlass

Dédicace

« DE L'EAU, NOUS AVONS CREE TOUTE CHOSE VIVANTE »

CORAN, XXI, 30

« Le voyage d'une goutte d'eau qui s'exhale de l'océan et après avoir tout animé sur son passage, revient à l'océan et recommence à décrire sans cesse un cercle bienfaisant » .Tissandier
(L'eau, Hachette, 1869)

A toi ma chère mère

Mon grand regret est que vous soyez parti très tôt avant d'avoir bénéficié des fruits de mes efforts, mais tu es toujours dans mon cœur et tout grâce a toi et pour toi.

A Mon père,

Qui peut être fier, et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations,
Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.

A mon oncle pour les encouragements et les soutiens moral.

A mes frères et mes sœurs

Qui a me donner de l'amour et de l'encouragement durant ces années d'études.

A ma chère copine Ikhllass

Pour tous les efforts que nous avons passés ensemble et les obstacles que nous avons franchis,
pour le soutien moral et d'être toujours a ma coté.

A mes très chers amis

Marwa B & Douaa & Marwa pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire et les beaux moments que nous avons passée j'espère que notre amitié restera toujours.

A tous ceux que j'aime.

Merci

Souad

Remerciement :

Nous tenons, tout d'abord, à remercier Allah le Tout Puissant de nous avoir donné la foi, la volonté, et le courage afin d'arriver à réaliser ce modeste travail.

Nous tenons également à remercier et à exprimer nos profondes gratitude, nos reconnaissances et nos vifs remerciements à notre encadreur **Monsieur Baali.Fethi** d'avoir accepté de diriger notre travail et pour toutes les informations et les précieux conseils qu'il nous a donné, ainsi que sa gentillesse et l'attention soutenue qu'il consacré au bon déroulement de ce travail.

Nos vifs remerciements vont aussi a nos enseignants qui nous ont accompagnés durant notre parcours universitaire

Nous remercions également le professeur et chef de département de science de la terre de l'univers **Monsieur Guefaifia Omar** d'avoir toujours été là. Il n'a jamais épargné un effort, à nous faire profiter de son expérience. Ses encouragements ont été nécessaires au bon chemin de nos travaux de recherche.

Nous vifs remerciements vont aussi pour **Monsieur Fehdi.Chemseddine** pour sa modestie, ses idées et encouragements.

Nos sincères remerciements **Monsieur Hemaidia.hacen** pour le soutien et ses efforts.

Nous remercions **Monsieur Brahim. Ismail** pour sa patience et ses encouragements sur terrain.

Nous remercions **Monsieur Berrah.Yasine** pour son aide et ses conseils.

Merci également a tous ceux qui de près ou de loin ont collaboré autant à la réussite de nos parcours universitaires qu'à l'élaboration de ce mémoire de recherche.

Table de matière

Remerciement	
Dédicace	
Sommaire	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction Général.	1
Chapitre I : Cadre général.	
1-Situation géographique de la région d'étude.	3
2-Topographie de la région.	4
3-Géomorphologie.	5
3.1 Les monts de Tébessa.	5
3.2 Les monts septentrionaux.	5
3.3 Les monts méridionaux.	5
4- couverture végétale.	6
5-Hydrographie.	7
6-Conclusion.	7
Chapitre02 : Géologie.	
I. Introduction.	9
II. STRATIGRAPHIE ET DESCRIPTION DES FACIES.	9
A. Secondaire.	11
1. Le Trias.	11
2. CRETACE.	11
2-1. Aptien.	11
2-2- Cénomaniens.	11
2-3-Turonien.	11
2.3.1. Turonien inférieur.	11
2.3.2. Turonien supérieur.	11
2-4-Coniacien-Santonien.	12
2-5-Campanien.	12
2-6-Maestrichtien.	12
2.6.1. Maestrichtien inférieur.	12
2.6.2. Maestrichtien supérieur.	12
3-Tertiaire.	13
3.1. Pliocène inférieur.	13
3.1.1. Paléogène.	13
3.2. Éocène.	13
3.3. Néogène.	13
3.3.1. Miocène.	13
3.4. Pliocène.	13
4-Le Quaternaire.	13
a- Villafranchien supérieur (Pléistocène inférieur).	13
b- Pléistocène moyen.	13
c- Pléistocène supérieur.	13
d- Holocène.	13

e- Eboulis actuels.	13
III-Tectonique de la région.	14
III-1 Les Phases de l'orogénèse.	14
1.1. La phase fini-lutétienne.	14
1.2. La phase distensive du Miocène Inférieur.	14
1.2.1 La phase compressive du Miocène Supérieur.	14
1.2.2 La phase compressive du Pliocène Inférieur.	14
1.2.3. La phase compressive du Pliocène Supérieur.	14
III Conclusion.	15
CHAPITRE III : HYDRO – CLIMATOLOGIE.	
A-HYDROLOGIE :	18
1. Introduction.	18
2. Délimitation des sous bassins versants.	18
3. Etude du bassin versant :	18
3.1. Caractéristiques géomorphologiques du bassin.	18
3.2. Les surfaces des sous bassins versants.	19
3.3. Les paramètres géométriques.	19
3.3.1 Le périmètre, la surface et l'indice de compacité.	19
3.3.2 Rectangle équivalent.	19
3.3.3 Paramètres du relief.	20
3.3.4 La courbe hypsométrique.	20
3.3.5 Vitesse d'écoulement de l'eau (Ve).	21
3.3.6 Densité de drainage Dd.	21
3.4. La végétation.	21
3.5. Coefficient d'allongement (K).	22
3.6. Réseau hydrographique.	22
4. Estimation des apports annuels .	22
4.1.-Module spécifique moyenne.	22
4.2. L'apport annuel moyen A_0 bassin versant.	23
5. Conclusion.	23
B-Climatologie.	24
1-Introduction.	24
2-Le type de climat de la région d'étude.	24
2-1-Indice d'aridité annuelle.	24
3. Etude des facteurs climatiques.	26

3.1. Les précipitations.	26
3.1.1. Précipitations moyenne mensuelles.	26
3.1.2 Précipitation moyenne annuelle.	27
3.1.3. Répartition saisonnière des précipitation	28
3.2. La température.	29
3.2.1 Température moyenne mensuelle.	30
3.2.2 Diagramme Pluvio-thermique.	31
3.3. La neige.	32
3.4. Le vent.	32
4. Le Bilan Hydrique.	32
4.1. Etude de l'évapotranspiration.	33
4.1.1. Estimation de l'évapotranspiration potentielle (ETP).	33
4.1.2. Estimation de l'évapotranspiration réelle (ETR).	34
4.2. Ruissellement(R).	35
4.3..L'infiltration(I).	35
4.4. Réserves facilement utilisables (R.F.U).	36
4.5. Estimation du bilan hydrologique selon la méthode de C.W.Thornthwaite	36
4.5.1. Résultats de calculs du bilan hydrologique par la méthode de Thornthwaite.	37
4.5.2. Interprétation des résultats du bilan hydrique (1997-1998/2017-2018).	39
5. Conclusion.	39
Chapitre IV: Hydrogéologie.	
1 – Introduction.	42
A-Géométrie de l'aquifère.	43
1. Essai de corrélation entre la géologie et la géophysique :	43
2-Description générale.	
B-Hydrogéologie.	46
1. Conditions aux limites.	46
2. La piézométrie.	47
3. Inventaire des points d'eau.	48
4. Etablissement d'une carte piézométrique.	50
4.1. Interprétation de la carte piézométrique.	52
4.2.L'évolution des niveaux piézométriques dans le temps et dans l'espace.	52

4. Conclusion.	53
Chapitre 5 : Hydrochimie.	
1. Introduction :	55
2. Méthodologie et stratégie de travail.	55
3. Les paramètres physiques et chimiques.	57
3.1. Les paramètres mesurés sur le terrain.	57
3.2. Les paramètres mesurés au laboratoire.	59
4. Les méthodes d'analyse.	59
4.1. Dosages des chlorures.	59
4.2. Dosages des bicarbonates.	59
4.3. Dosages de la dureté ou hydrométrie.	59
4.4. Dosage du sodium et potassium (Na et K).	59
4.5. Dosages des sulfates.	59
5. Interprétation graphique et identification des faciès chimique.	60
5.1. Diagramme de piper.	61
5.2. Diagramme de SCHEOLLER –BERKALLOF.	61
6. Aptitude des eaux à l'irrigation.	64
7. La cartographie chimique.	66
8. L'évolution chimique de la région d'étude.	70
9. Conclusion.	73
Conclusions générale & recommandations	75
Bibliographie	77
Les annexes	

Liste des figures :

Figure 1 : La situation géographique de la région d'étude (in.Chikha et Debbar 2016).	03
Figure 2 : Topographie de la zone d'étude (in.Zerag S 2018).	04
Figure 3 : Croquis géomorphologique de la région de Tébessa (in.Gherieb L 2007).	05
Figure 4 : carte de végétation de la zone d'étude (in.Zerag S 2018).	06
Figure 5 : Le réseau hydrographique de la région d'étude. (In. Gherieb A 2011).	07
Figur 6 : Colonne stratigraphique synthétique de la région de Tébessa.(in. Gherieb L 2007).	10
Figure 7 : esquisse tectonique des environs de Tébessa W.M.KOWALSKI. 1997 .	15
Figure 8 : Carte des conditions aux limites de la plaine de Tébessa (in. Abbad S 2018)	18
Figure 9 : Courbe hypsométrique et des fréquences altimétriques/Tébessa.(in. Maafa C 2017)	21
Figure 10 : Abaque de l'Indice d'aridité Annuel de DE.Martone 1923.(in.Debbez M 2019)	25
Figure 11 : Variation des précipitations moyennes mensuelles (station de Tébessa 1997-2018). (in. Debbez M 2019).	27
Figure 12 : variation des Précipitations annuelle à la Station de Tébessa (1997-2018).(in.Debbez M 2019)	28
Figure 13 : Répartition saisonnière des précipitations dans la station de Tébessa (1997-2018).(in. Debbez M 2019).	29
Figure 14 : variation des températures moyennes mensuelles (1997/1998-2017/2018). (in. Site web Nasa).	30
Figure 15 : diagramme Ombro-Thermique station de Tébessa (1997/1998-2017/2018).	31
Figure 16 : Coupe hydrogéologique à travers la plaine de la Merdja. Rouabhia et al. 2009 (in.Bouteraa Moufida 2009).	41
Figure 17: Localisation des profils électriques à la plaine de Tébessa CGG, 1970 Djabri l, 1987 (in.Abbad S 2018).	42
Figure 18 : Coupes géo électriques à travers la plaine de Tébessa selon les profils (J, K, L et M) (in.Bouteraa Moufida).	43
Figure 19: Coupes géoélectriques à travers la plaine de Tébessa selon les profils (R, S, T et U) Djabri L. 1987.(in.Bouteraa M 2009).	44
Figure 20 : Coupes géo électriques à travers la plaine de Tébessa selon les profils (V, W, X et XY) (in.Bouteraa Moufida 2009).	45
Figure 21: Carte des conditions aux limites de la zone d'étude (in. Zerag S 2018).	46
Figure 22 : Mesure de niveau piézométrique sur la plaine de Tébessa Février 2020.	47
Figure 23 : la carte d'inventaire des puits sur la plaine (Tébessa_Morssot) (in. Google Earth).	48
Figure 24 : des puits abandonnées	49
Figure 25 : Carte piézométrique de la zone étudié	50
Figure 26 : la courbe d'évolution a l'échelle spatiale et temporelle.	52
Figure 27 : Les prélèvements d'eau sur les forages	55
Figure 28: Les échantillons d'eau a analysé.	56
Figure 29 : mesure des paramètres physique par valise multi-paramètres	57
Figure 30 : Les analyses des chlorures au laboratoire d'université de tebessa	59
Figure 31 : Diagramme de piper de La plaine Tébessa_Morssot	60
Figure 32-a: Diagramme de Schoeller Berkaloff (puits 1-puists13) de la plaine Tébessa_Morssot	61
Figure 32-b:Diagramme de Schoeller Berkaloff (puits 14-puists25) de la plaine Tébessa_Morssot	62
Figure 33: Diagramme de WILCOX de la plaine Tébessa_Morssot (Février 2020)	64

Figure 34 : carte de répartition des concentrations des chlorures	65
Figure 35 : carte de répartition des concentrations de lithium	66
Figure 36 : carte de répartition des concentrations de sodium	67
Figure 37 : carte de répartition des concentrations de calcium	67
Figure 38 : carte de répartition des concentrations de sulfates	68
Figure 39 : : carte de répartition des concentrations des bicarbonates	68
Figure 40 : Carte des écarts d'estimations de la Conductivité électrique Hautes eaux (in. Gherieb L 2007).	69
Figure 41 : Carte des écarts d'estimations de la Conductivité électrique Basses eaux (in. Gherieb L 2007).	69
Figure 42 : Carte de répartition de la conductivité électrique de décembre.2009 (in.Bouteraa M 2009).	70
Figure 43 : la carte répartition de la conductivité électrique de Février 2020.	70
Figure 44 : La courbe d'évolution spatiale des concentrations des conductivités électriques (CE mS.cm) de la plaine Tébessa_Morssot.	71

Liste des tableaux

Tableau 1: Répartition des surfaces en fonction des altitudes du sous bassin versant. (In. Maafa.C 2017).	20
Tableau 2: Paramètres du sous bassin versant de la plaine de la Merdja. (In Bouteraa. M 2012)	22
Tableau 3: L'indice d'aridité annuelle D. Martonne.	25
Tableau 4: Précipitations moyenne mensuelles en (mm) de Tebessa sur la période de 21 ans (1997/1998-2017/2018) (in. Debbez M 2019).	26
Tableau 5: Précipitations moyennes interannuelles (station de Tébessa 1997-2018). (in. Debbez M 2019).	27
Tableau 6: variations des températures moyennes mensuelles (1997/1998-2017/2018). (in. Site web Nasa).	29
Tableau 7 : Répartition saisonnière des précipitations dans la station de Tébessa pendant période (1997-1998/2017-2018).(in. Debbez M 2019).	30
Tableau 8: Données du diagramme Ombro-Thermique station de Tébessa sur une période de 21 ans.	31
Tableau 9: hydrique du l'année la plus sèche (2000-2001). (données in.Bouteraa M 2012).	37
Tableau 10: bilan hydrique de l'année la plus humide 2003-2004(données in.Bouteraa M 2012).	38
Tableau 11: Bilan hydrique de la période de 21 ans (1997/1998-2017/2018).	38

Introduction générale



L'eau est un élément de base et une ressource naturelle très précieuse, dont les usages domestiques, agricoles, industriels, urbains et de loisirs sont devenus considérables.

L'eau est essentielle non seulement pour la croissance agricole, industrielle et économique, mais aussi elle est l'élément le plus important de l'environnement, avec un impact important sur la santé et la conservation de la nature. Actuellement, l'extension des superficies irriguées et la croissance rapide de la population, ainsi et le développement industriel ont stressés les aspects quantitatifs et qualitatifs du système naturel.

Le bassin versant de Tébessa-Morssot qui s'étend en longueur dans la feuille de Tébessa notamment autour des villages : Tébessa, Bekkaria et Hammamet ; il forme une cuvette, allongée selon une direction Nord-Ouest – Sud-Est. Concernant notre étude est de visualiser l'évolution des niveaux d'eau et sa qualité chimique pour comprendre le fonctionnement de nappe d'eau superficielle et profonde. En effet, l'essor démographique, industriel et surtout agricole de la dernière décennie a dégradé la qualité des eaux souterraines de l'aquifère de la plaine de Tébessa.

Afin d'arriver à cet objectif, le mémoire est organisé comme suit :

Le premier chapitre, concerne le cadre général de notre région d'étude (situation géographique, étude socio-économique, description des caractéristiques géomorphologique).

Le second chapitre, nous présentons les différentes phases lithologiques, et tectoniques liées à l'histoire géologique de la région.

Le troisième L'hydro climatologie qui entraîne des observations et des relevés d'un maximum de paramètres possibles telle que la température, les précipitations ; ces observations et ces relevés doivent avoir été fait sur une période de 21 ans pour avoir une idée précise sur le climat de la région de Tébessa.

Le quatrième chapitre a traité la géométrie de l'aquifère, la piézométrie et l'évolution piézométrique par rapport aux différentes années.

Le dernier chapitre est l'hydrochimie ; il résume les différents résultats de mesure des paramètres physico-chimique, la cartographie chimique et les facies chimique.

Et enfin une conclusion générale synthétise les résultats de cette étude.

Chapitre I :

Cadre générale

1-Situation géographique de la région d'étude :

Tébessa occupe une position stratégique à l'extrême Est de l'Algérie, c'est une ville carrefour à la frontière du désert et de la Tunisie à environ 230 km au Sud de Annaba sur la côte méditerranéenne. Elle est limitée :

- au nord : par la commune de Boulhef Dyr.
- au sud : par la commune d'El Malabiod.
- a l'est : par la commune de lhwijbet.
- a l'ouest : par les communes de Bir Mokkaddem et El Hammamet.

La Zone d'étude Tébessa-Morsott fait partie du bassin versant de Mejerda et du sous bassin d'Oued Mellégue dont l'altitude moyenne varie de 750m au Nord et 900m au Sud.

Elle est allongée grossièrement Nord-Ouest/ Sud-est et correspond a une vaste dépression fermé d'une superficie de 600 km² (figure 1).

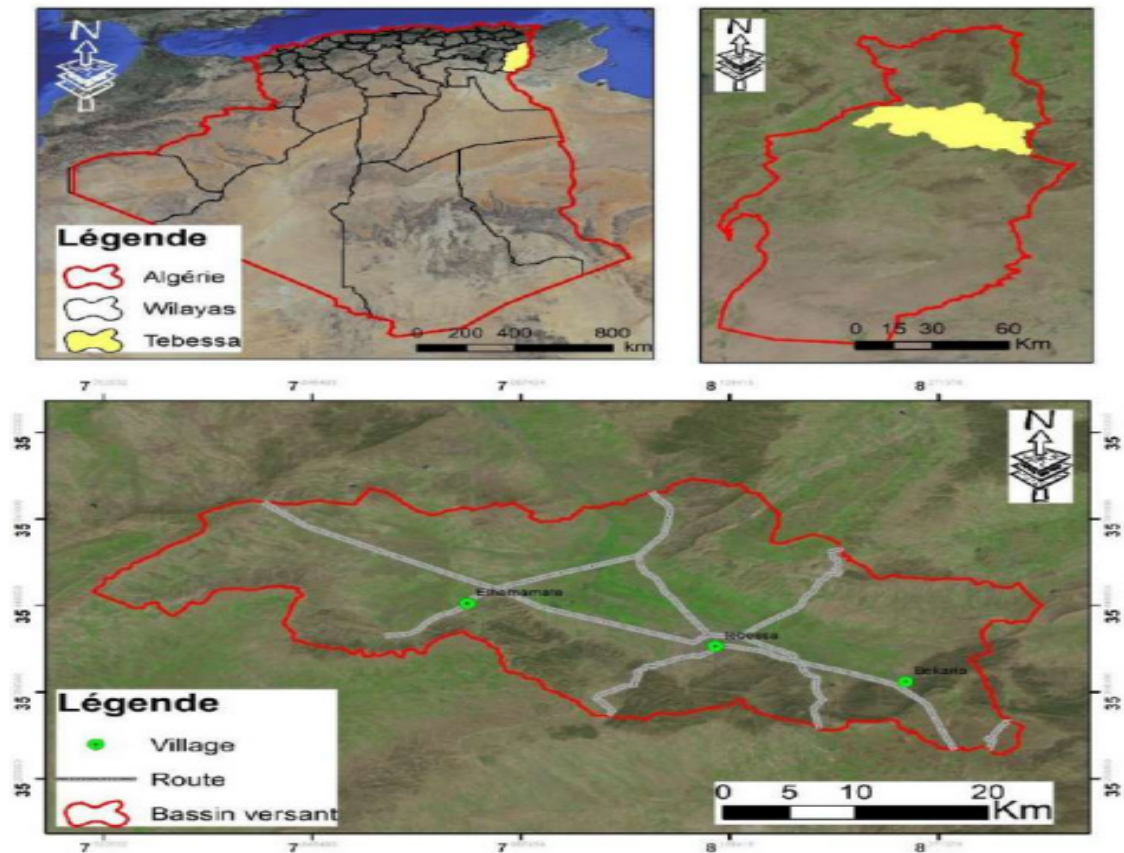


Figure 1 : La situation géographique de la région d'étude (in.Chikha et Debbar 2016).

2-Topographie de la région :

La région d'étude est une plaine composée a une topographie plus ou moins plate, sous forme de cuvette juxtaposé et entouré par des massifs montagneux, l'altitude varie de 1712 m, qui est le sommet le plus haut de la région (Djebel Doukkane) à 900 m qui est l'altitude la plus basse, sur la plaine de Tébessa (figure 2).

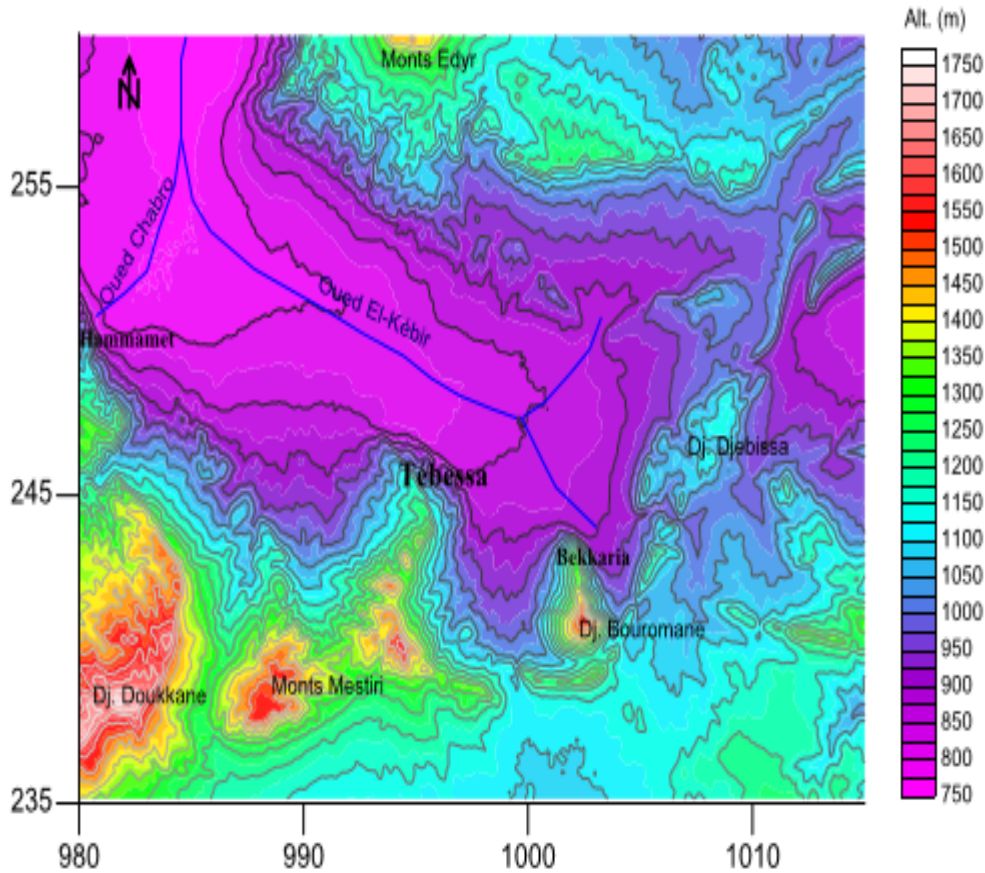


Figure 2 : Topographie de la zone d'étude (in.Zerag S 2018).

vues précédemment, leur correspondent assez étroitement: aussi le haut val perché du Djebel Serdies dans l'axe de l'Houd Est Sghir.

Il n'en est plus de même à l'Est du Djebel Doukkane, où le relief est à la fois plus complexe et original. Entre Tébessa et El Ma El Abiod se dresse, une barrière orientée d'Ouest en Est avant de s'incliner en direction Nord-est où elle ferme la plaine de la Merdja. La chaîne montagneuse se morcelle en petits massifs (Dj. Anoual, Dj. Ozmor, Dj. Bouroumane et Dj. Djebissa).

4- couverture végétale :

Concernant le couvert végétal, La plaine de Tébessa qui appartient au sous bassin versant de Medjerda est caractérisée par une couverture claire, caractéristique de l'étage bioclimatique dont elle appartient, les montagnes et les piedmonts en bordure de la peine sont occupés par la ceinture verte réalisée dans le cadre du barrage vert au années 70, à dominance pin d'Alep, suivi par des terres de parcours dans les zones caillouteuses; l'intérieur dans les terres plates et accessibles pour les machines agricoles c'est la céréaliculture qui domine.

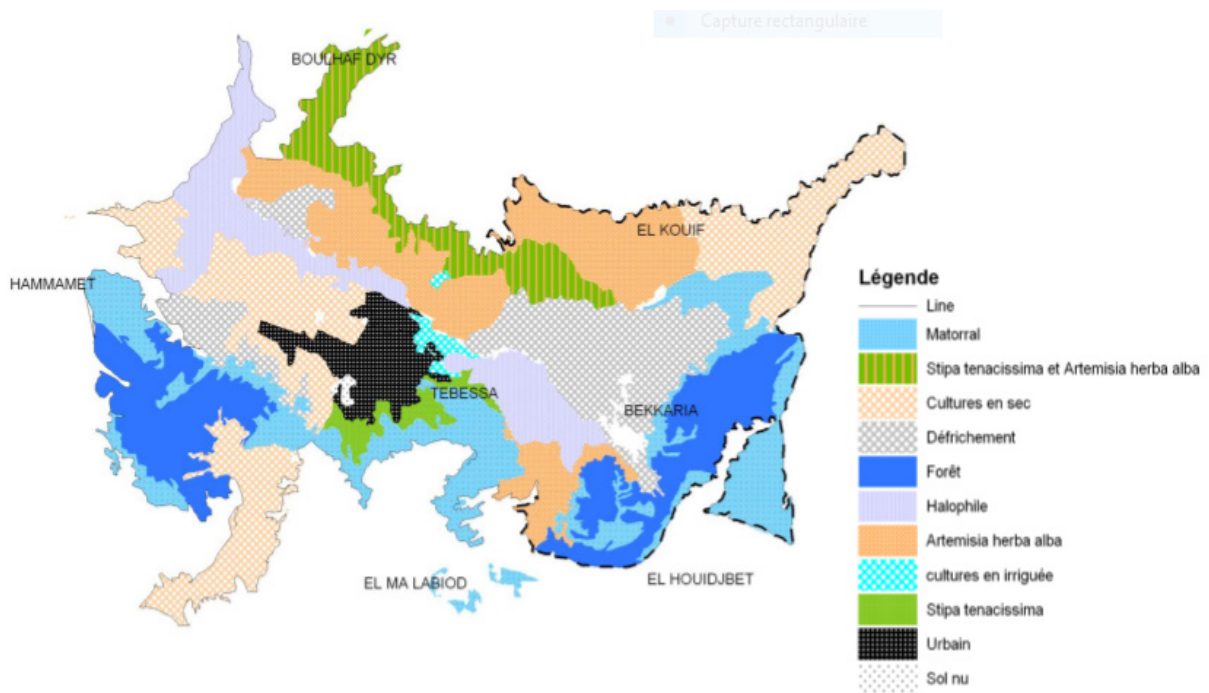


Figure 4 : carte de végétation de la zone d'étude (in.Zereg S 2018).

5-Hydrographie :

La plaine de Tébessa est drainée par l'Oued Kébir à écoulement vers le nord, est considéré Comme limite administrative pour plusieurs communes qui les traverse, il prend naissance à L'est de la plaine entre El-Kouif (rive nord) et Bekkaria (rive sud), au centre il traverse entre la Commune de Boulhef Eddir (rive nord) et les communes de Tébessa, Hammamet et Bir D'hab. (Rive sud). Le réseau est traversé par les grands Oueds : Oued Ksob, Oued Serdiess, Oued Bouakous, Oued Chabro. L'oued Bou Akous rejoint L'oued Ksob qui se jette dans oued Mellégue, lequel s'inscrit dans le grand bassin de Mejerda.

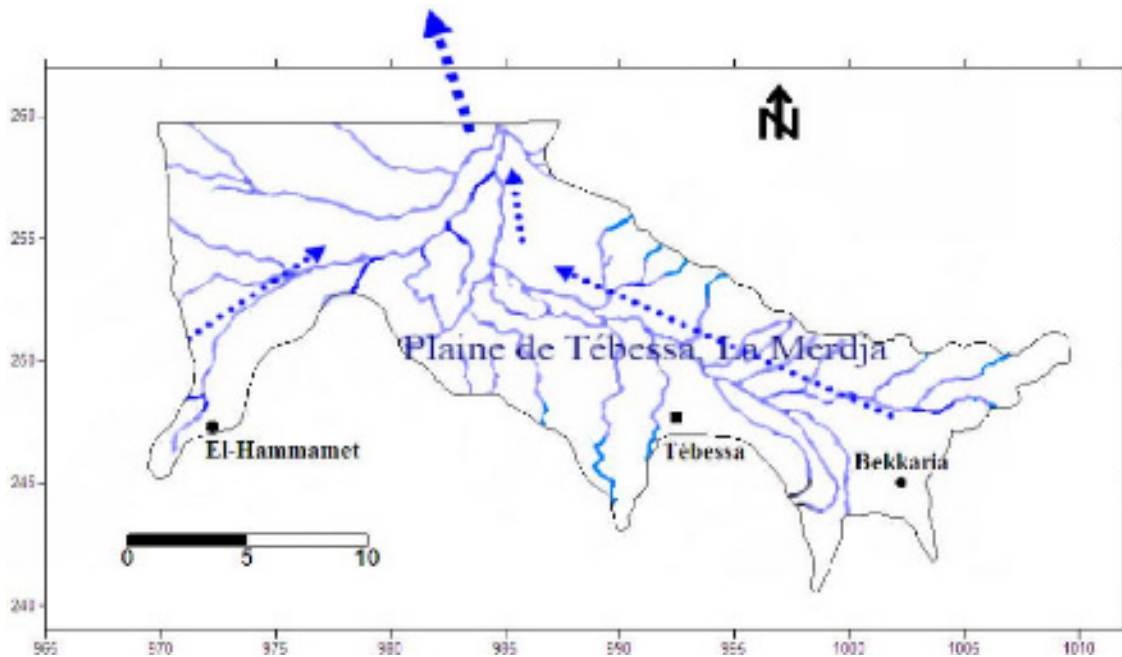


Figure 5 : Le réseau hydrographique de la région d'étude. (In. Gherieb .A 2011).

6-Conclusion :

La région d'étude fait partie de l'atlas saharien, elle est à forte vocation agropastorales, avec Une topographie raide en bordure et douce à l'intérieurs sous forme de plaines, la Végétation est claire où les zones de parcours dominant, la mise en valeur de l'irrigation des terres par la mobilisation des ressources hydriques souterraine prend de l'ampleur d'une année à une autre en l'absence de suivis rigoureux par les instances concernés, ainsi une menace sérieuse sur le plan quantitatif et qualitatif de ces ressources, surtout quand la zone est classé dans les zones affectées par dégradation progressive des ressources naturelles sous l'effet de la désertification et la pollution.

Chapitre II :

La géologie

I-Introduction :

Les travaux de **G.DUROZOY (1956), BLES, FLEURY (1970), J.M.VILA (1974) et W.M.KOVALSKI al. (1995, 96,97)** ont permis de distinguer deux grands ensembles :

- Une formation triasique diapirique disloquant des formations subjacentes au niveau du Jebel Djebissa.
- Des formations carbonatées représentées par d'importantes couches calcaires marneuses et De marnes d'âge Crétacé à Tertiaire. Certaines de ces formations sont observées au niveau Des bordures de la plaine de Tébessa.
- Un important dépôt alluvionnaire Mio-Plio-Quaternaire repose en discordance avec les formations précédentes et forme ainsi le remplissage de la dépression. Cette formation est observable surtout au piedmont des reliefs accidentés.

II-STRATIGRAPHIE ET DESCRIPTION DES FACIES :

Une synthèse sur les travaux litho stratigraphiques dans la région de Tébessa a été donnée Par Salmi-Laouar (2004). Présentée dans la figure 6 (la lithologique synthétique).

		Lithologie	Epaisseur (m)	Description lithologique		
CENOZOIQUE	Quaternaire		⑥ 10-30	Dépôts clastiques d'origine continentale.		
	Paléogène	Miocène		⑤ 10-150	Conglomérats à grains variés avec un ciment carbonaté, grès quartzeux et calcaire sableux avec intercalations d'argilites.	
		Eocène		200	Calcaires marneux à silex et intercalations de phosphates par endroits dans le mur.	
	MÉSOZOIQUE	CRAÏE	Maest.		250-300	Calcaires gris clairs, calcaires crayeux et marnes argileuses avec intercalation d'argiles dans la partie supérieure.
			Campan.		500-600	Marnes argileuses gris-foncées et des calcaires blancs dans la partie moyenne et supérieure.
		SÉPTEMIEN	Con-Sant.		500-600	Marnes argileuses grises et grises bleuâtres.
			Turo		④ 180-250	Calcaires en bancs, partiellement marneux à teinte noire et gris-foncée.
		SÉPTEMIEN	Cénom.		900-1000	Marnes gris-verdâtres et grises dans la partie supérieure, avec intercalations de calcaires marneux.
			Vracon.		② 500-600	Marnes et marnes-argileuses avec intercalations de calcaires argileux et argilites.
		INFÉRIEUR	Albien		480-600	Marnes grises et gris-foncées, noires dans la partie supérieure avec de minces intercalations de calcaires argileux.
			Clans		100-200	Marnes grises, gris-jaunes partiellement avec des intercalations de calcaires.
			Apûien		① 300-600	1- Faciès clastique, marnes argileuses avec intercalations de marnes sableuses et grès calcaires. 2- Faciès carbonaté, calcaires organo-détritiques, bioclastes, ooclastes et interclastes.
		MÉSOZOIQUE	Barrém.		< 250	Calcaires et dolomies, argilites et argiles dans la partie supérieure (Grès à Mesloul).
	Jurassique					
	Trias		< 700	Formations marno-gypsifères bariolées avec peu d'intercalations de grès à grains fins, dolomies et calcaires marno-dolomitique.		

Figur 6 : Colonne stratigraphique synthétique de la région de Tébessa (D'après Dubourdiou 1956, 1959; David 1956; Madre 1969; Fleury 1969; Thibieroz et Madre 1976; Chikhi 1980; Otmanine 1987; Bouzenoune 1993 ; Vila et al., 2000; Salmi-Laouar, 2004).(in. Gherieb L 2007).

A. Secondaire :

1. Le TRIAS :

Les terrains les plus anciens connus dans "la zone de diapirs" de la région de Tébessa Appartiennent au Trias. Dans cette région, le Trias affleure sous forme d'extrusions et occupe Généralement le cœur des structures anticlinales (Perthuisot et Rouvier, 1992 ; Aoudjehane et al. 1990 ; 1992), Au cours de la période triasique s'est déposée une puissante série de Dépôts évaporitiques et argilo-gypsifère, Il s'agit de marnes bariolées à gypse, de dolomies, Calcaires dolomitiques, de gré (in. Gherieb L 2007)

2. CRETACE :

2-1. Aptien :

Il est représenté par des gros bancs massifs et épais de calcaires bréchiques à ciment dolomitique, de calcaires graveleux et bioclastiques à Orbitolines et de Mollusques.

Parfois, on rencontre des intercalations de quelques niveaux de marnes feuilletées de couleur rouge violacée ou verte. On note la présence de quelques Lamellibranches, de moules internes De Gastéropodes au niveau du Djebel Bouroumane. Cette formation peut atteindre 450 m d'épaisseur.

2-2- Cénomanien :

Au sommet, environ 300m de marnes grises à verdâtres, intercalées de calcaires contenant des Lumachelles à Huîtres, Echinodermes et Ammonites. Vers la base on rencontre 200 à 250m de marnes grises, peu verdâtres sans intercalations calcaires. Il est présent à l'Est de Djebel Djebissa et marqué par l'abondance de la microfaune.

2-3-Turonien :

Il constitue la falaise de Tébessa et sur tout Dj Belkif et DJ Essen a une épaisseur totale de 250m.

2.3.1. Turonien inférieur : Elle constitue de gros bancs de calcaires gris, Et aussi affleurement des niveaux de calcaire plus argileux moins épais.

2.3.2. Turonien supérieur : est présenté par une formation marneuse de 150 m d'épaisseur et par des marnes calcaires grises en plaquettes avec des alternances blanchâtres.

2-4-Coniacien-Santonien :

Ils sont représentés par des marnes argileuses gris verdâtre, caractérisé par des intercalations des calcaires avec des filons de calcite au coniacien à épaisseur de 150m, Au santonien les calcaires sont rares à épaisseur de 200m

2-5-campanien :

Il est formé par calcaires blancs à gris claires, crayeux en gros bancs, et une série des marnes grises a épaisseur de 200m.

2-6-Maestrichtien :

Il est marqué par des calcaires blancs bien lité, d'environ 60 mètres d'épaisseur, recouverts par une très forte accumulation de marnes argileuses grises à noires. Ces dernières admettent à leur base quelques intercalations de calcaires (Dubourdiou, 1956).

Le régime sédimentaire au Campanien supérieur et au Maestrichtien, indique toujours la continuité des mêmes conditions de dépôts dans un milieu peu profond et de mer chaude (Chevenine et al, 1989) avec une prédominance de calcaires crayeux rarement récifaux.

D'après la région d'étude on distingue deux étages de Maestrichtien :

2.6.1. Maestrichtien inférieur : Il est marqué également par des calcaires massifs grisâtres, renfermant parfois de nombreuses empreintes d'Inocérames et Globigérinidés.

2.6.2. Maestrichtien supérieur : Il s'agit d'une puissante série de marnes noires montrant quelques intercalations calcaires à la base et On note la présence de quelques passages gypseux.

3-Tertiaire :**3.1. Pliocène inférieur :**

3.1.1. Paléogène : (Dano-Montien et Tanetien) : Il se caractérise par une formation marneuse couverte au sommet par des marno-calcaires, refermant plusieurs couches phosphatées sur une épaisseur de 10 à 15m.

3.2. Éocène : Des calcaires à silex et d'autres à nummulites caractérisent l'Eocène inférieur et moyen, près des périmètres de la région de Tébessa. Leur puissance est de 200 mètres.

3.3. Néogène :

3.3.1. Miocène : les formations miocènes comportent des conglomérats contenant des éléments de calcaires variés, de silex gris, des galets ferrugineux et des éléments empruntés au Trias, témoignant d'une activité diapirique (Bouzenoune, 1993).

3.4. Pliocène : Il est composé par des argiles et des conglomérats, et il affleure près de Dj. Belkif, et dans la partie orientale du fossé de Morsott, ainsi que dans la partie orientale du fossé de Hammamet au sud de l'embranchement de la route vers Bir D'heb.

4-Le Quaternaire :

Les dépôts quaternaires sont d'origine continentale et sont distribués dans les parties basses des reliefs et couvrent des surfaces importantes, Il est représenté par le remplissage du fossé de Hammamet et de Tébessa, et occupe une surface importante principalement dans les plaines et aux pieds des montagnes. Il s'agit de :

A- Villafranchien supérieur (Pléistocène inférieur) : qui se caractérise par des galets.

B- Pléistocène moyen : représenté par des argiles sableuses.

C- Pléistocène supérieur : formé par des galets et des graviers.

D- Holocène : composé essentiellement par des matériaux visibles dans les vallées de Youkous.

E-Eboulis actuels : Ils existent au pied de tous les grands reliefs calcaires, mais ils se confondent, la plupart du temps, avec les éboulis anciens.

III-Tectonique de la région :

III-1 Les Phases de l'orogénèse :

Les différentes études sur la tectonique de la région ont permis de mettre en évidence la chronologie de la sédimentation, du plissement, du diapirisme et de la fracturation ainsi que, localement, les stades successifs d'effondrement du fossé de Morsott-Tébessa (Fig. 5). Cette région a subi les cinq phases de l'orogénèse alpine (Kowalski et al. 2002). (in. Gherieb L 2007)

1.1. La phase fini-lutétienne :

Elle se manifeste par des plis de direction atlasique N50-60°E (Durozoy.1956).

1.2. La phase distensive du Miocène Inférieur :

Au cours de cette phase s'est produit la formation du bassin d'El Malabiod et celui de Kasseriene-Foussana en Tunisie.

1.2.1 La phase compressive du Miocène Supérieur : Elle ne se manifeste que dans la zone de Sebkhia Sellaoua et plus au Nord. Dans la zone d'étude, ces manifestations sont amorties, en accord avec Vila., 1980. Les dernières manifestations de la compression miocène vers le sud, ont été observées dans les monts de la Haute Mejerda.

1.2.2 La phase compressive du Pliocène Inférieur :

Elle a une contrainte maximale N 0°-20° E responsable de la formation des plis orientés N90°-110°S (l'anticlinal de Bled Tebaga, le synclinal de Draa Es Snouber, l'anticlinal de Bir Salem et les replissements de l'anticlinal fini-Lutétien de Bou Roumane. Avec la formation de l'anticlinal de Bou Roumane-Tella-Djebel Anoual) sur la carte de Tébéssa la présence de la formation du synclinal de Draa Snouber sur la carte de Meskiana.

L'effondrement du fossé de Morsott provoquée par la composante senestre de la contrainte N 0°-20°E au cours du stade distensif, était accompagné par le percement du diapir de Belkl'if Hameimat (diapirisme mio-pliocène), qui s'effondrait partiellement dans le fossé. La composante dextre facilitait la réactivation du

diapirisme du Djebel Djebissa, qui se manifestait comme un diapirisme sous-marin à l'Aptien-Albien, provoquant la réduction drastique du profil Aptien-albien de ce Djebel (Vila, 1994). (in.Gherieb L 2007).

1.2.3. La phase compressive du Pliocène Supérieur :

Elle est responsable de la formation des structures plissées plus Jeunes que le fossé de Morsott qui lui sont parallèles. A cette phase appartient l'anticlinal de Djebel Belkfif, le synclinal Faïd Al Obbiz (Morel 1957) et l'anticlinal d'Oued Annba-Djebel Stah. Ces plis, orientés N 160-170 E sont formés par la contrainte maximale N 80 E et détectés par Blés (1969) à El Kouif. La composante dextre de cette contrainte est responsable de l'effondrement du fossé de Tébessa lié avec l'effondrement et basculement d'une partie des structures plicatives du Pliocène inférieur (comme une partie de l'anticlinal du Bled Tebaga, et du synclinal draa Snouber) (in.Gherieb L 2007).

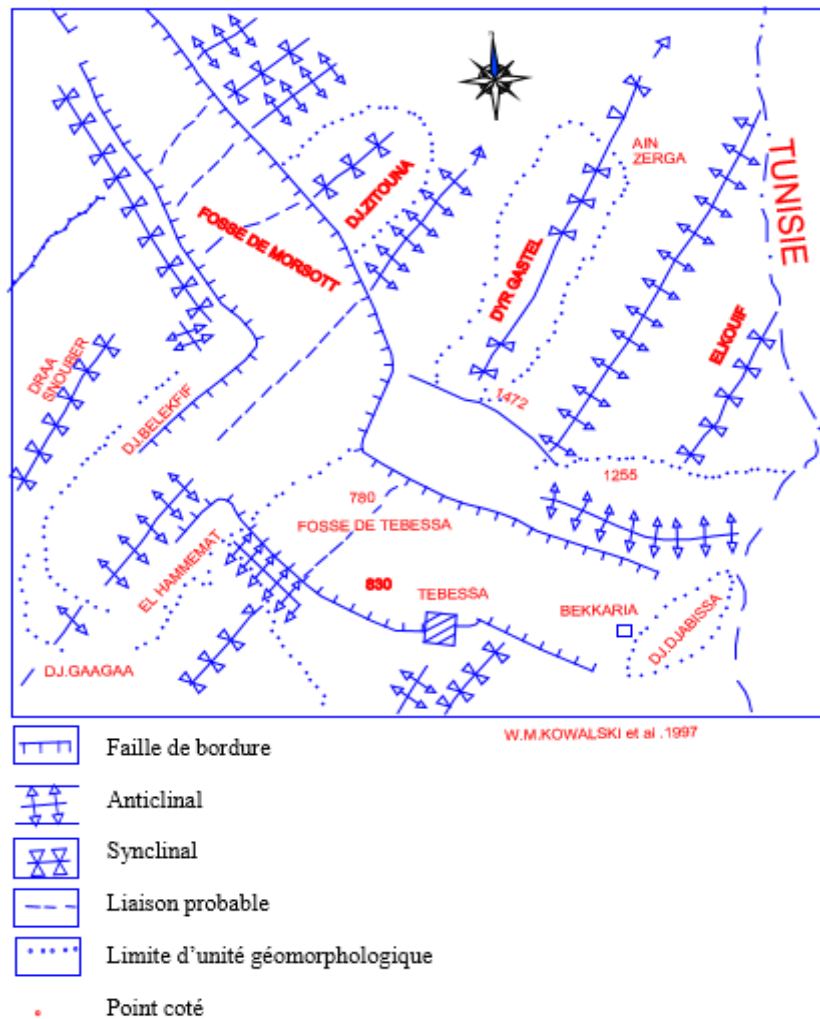


Figure 7 : esquisse tectonique des environs de Tébessa W.M.KOWALSKI. 1997(in.Bouterraa M 2012).

Conclusion :

A partir de cette synthèse géologique, il est clair que les calcaires du Maestrichtien, Turonien et de l'Eocène constituent des niveaux d'une perméabilité en grand. La présence de failles au niveau de ces formations leur confère l'aptitude de jouer le rôle d'important magasin d'eaux souterraines. En effet ces fractures peuvent constituer au sein de ces assises des réseaux prêts à emmagasiner ou faire circuler d'importantes quantités d'eau. Ces formations bordant la plaine de la Merdja aussi bien au Nord qu'au sud.

A l'intérieure de la plaine les formations alluvionnaires sont d'une perméabilité en petit qui se constituent à partir des sédiments de la série plio-quadernaire, ces formations bénéficient d'un grano classement de la bordure vers l'axe de la plaine. En bordure on rencontre des gros cailloutis, voire des galets calcaires et au centre des limons récents qui sont peu perméables.

CHAPITRE III :
HYDRO – CLIMATOLOGIE

A-HYDROLOGIE

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.

2. Délimitation des sous bassins versants :

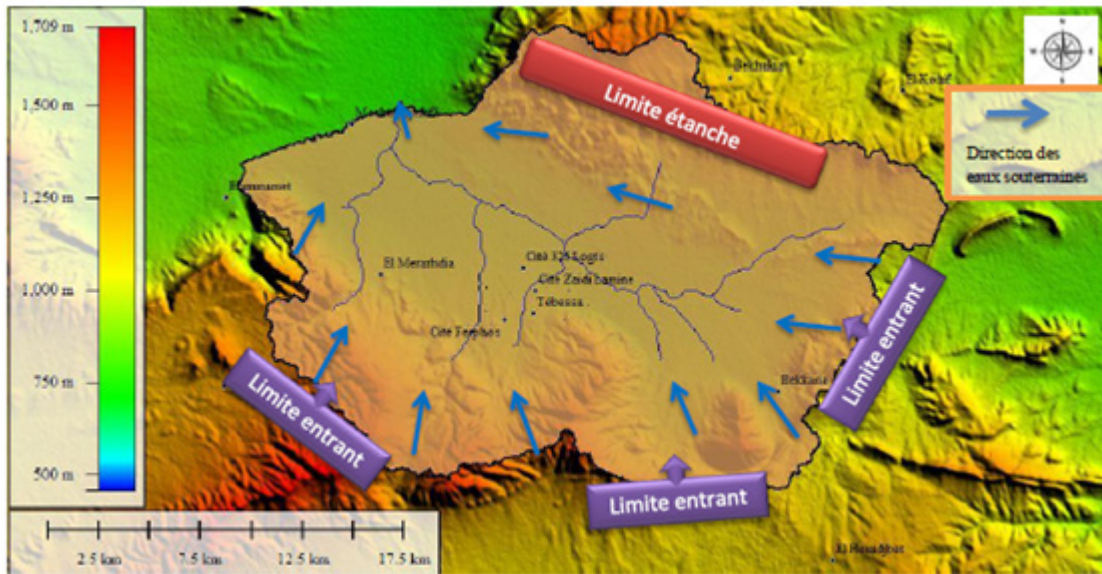


Figure 8 : Carte des conditions aux limites de la plaine de Tébessa (in. Abbad S 2018)

3. Etude du bassin versant :

Le sous bassin versant de la plaine de Tébessa, la Merdja, s'étend sur une superficie de 288 km² 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.

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.

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 469km².

3.3. Les paramètres géométriques :

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 = 288Km²

L'indice de compacité (K_C) 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 (km²)

P : périmètre du B.V (km)

Selon la valeur de K_C, on peut caractériser la forme du bassin versant comme suit :

K_C ≤ 1 : bassin en forme circulaire.

K_C = 1.12 : bassin de forme carrée.

K_C > 1.12 bassin versant de forme allongée.

Ce qui donne par application numérique

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

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 :

La longueur équivalente : (L)
$$L = \frac{K_C \sqrt{S} \left[1 + \sqrt{1 - \left[\frac{1.12}{K_C} \right]^2} \right]}{1.12}$$

Application numérique :
$$L = \frac{1.27 \sqrt{288} \left[1 + \sqrt{1 - \left[\frac{1.12}{2.02} \right]^2} \right]}{1.12} \Rightarrow L = 72,02 Km.$$

La largeur équivalente :
$$l = \frac{K_C \sqrt{S} \left[1 - \sqrt{1 - \left[\frac{1.12}{K_C} \right]^2} \right]}{1.12}$$

Application numérique :

$$l = \frac{1.27 \sqrt{288} \left[1 - \sqrt{1 - \left[\frac{1.12}{2.02} \right]^2} \right]}{1.12} \Rightarrow l = 3,99 \text{ Km}$$

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

Tranche d'altitude (m)	Surface partielle Si (km2)	Surface partielle Si / St (%)	Surface cumulée Si (km2)	Surface cumulée Si / St (%)
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

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.

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.

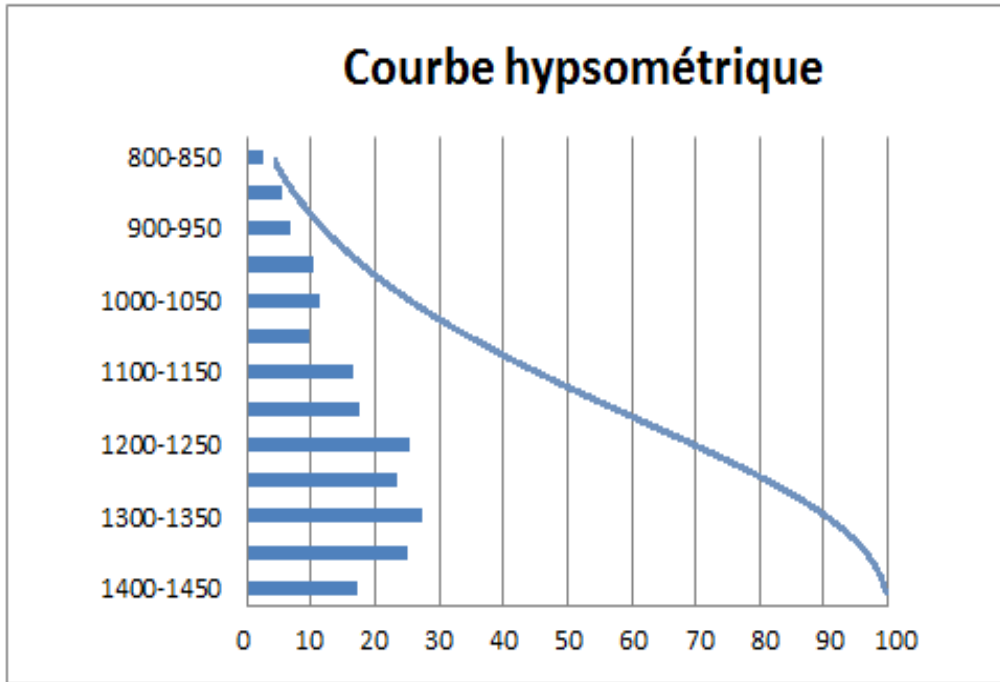


Figure 9 : Courbe hypsométrique et des fréquences altimétriques/Tébessa. (in Maafa.C 2017).

3.3.5 Vitesse d'écoulement de l'eau (Ve) :

Donner par la formule suivante :

$$Ve = Lp/Tc \text{ en m/s.}$$

Avec L : longueur de talweg principal =32Km =3200m

$$Ve = 3200 / 10,12 \times 3600s = 0,080m/s.$$

3.3.6 Densité de drainage Dd :

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 :

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

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

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

3.4. 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.

3.5. 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).

Paramètres	symbole	valeur	unité
Surface	S	288	Km ²
Périmètres	P	123	Km
Indice de compacité	K _C	2,02	/
Langueur équivalente	L	72,02	Km
Largeur équivalente	l	3,99	Km
Altitude maximale	H _{max}	1400	m
Altitude minimale	H _{min}	780	m
Altitude moyenne	H _{moy}	930	m
Indice de pente moyenne	Ip moy	0,05	%
Indice de pente globale	Ig	0,05	%
Dénivelé	D	430	m
Temps de concentration	T _C	10,12	H
Vitesse d'écoulement	Ve	0,080	m/s
Coefficient d'allongement	K	60,5	/

3.6. 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. 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.

4.1.-Module spécifique moyenne : M₀ en (l/s. Km²),

En fonction de P₀ en (m)

$$M_0 = 11.8 \times P_0^{2.82}$$

-P₀=pluviométrie en (m).

4.2. L'apport annuel moyen A_0 bassin versant : (in Maafa.C. C 2017).

$$A_0 = M_0 \times S \times 31.54 \times 10^3 \text{ (m}^3\text{/ans)}$$

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

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

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

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

-Module spécifique moyenne :

$$M_0 = 11.8 \times P_0^{2.82}$$

$$P = 380 \text{ mm.}$$

$$M_0 = 11.8 \times 0.380^{2.82} = 0.77 \text{ L/S.Km}^2$$

-L'apport annuel moyen :

$$A_0 = M_0 \times S \times 31.54 \times 10^3 \text{ (m}^3\text{/ans)}$$

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

$$A_0 = 0.77 \times 469 \times 31.54 \times 10^3 = 11400037,54 \text{ m}^3\text{/ans}$$

-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 :

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

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

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 430m.

- 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/Km².
- 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 atteigne 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 :

1-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 calculer.

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

2-1-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 :

$$I = P / (T + 10) \quad \text{où :}$$

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 hyperaride.

$5 < I < 7,5$: climat désertique.

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

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

$20 < I < 30$: climat tempère.

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

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

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

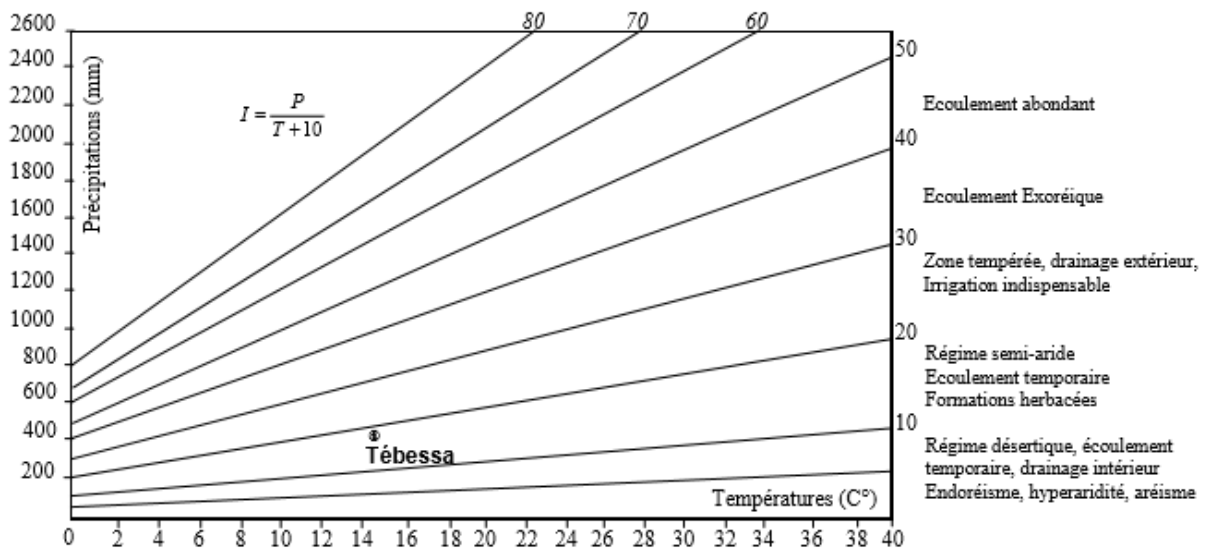


Figure 10: Abaque de l'Indice d'aridité Annuel de DE.Martone 1923.(in.Debbeez M 2019).

3. Etude des facteurs climatiques :

3.1. 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 1997/1998-2017 / 2018.

3.1.1. Précipitations moyenne mensuelles :

En se basant sur les données recueillies à la station de Tébessa durant vingt et un ans allant de 1997-2018 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 21 ans (1997/1998-2017/2018) (in. Debbez M 2019).

MOIS	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	TOT
P (mm)	46,4	38,64	33,75	33,49	32,94	22,28	31,75	37,68	47,36	26,15	15,94	28,56	394.98

Les variations pluviométriques des mois (septembre –Aout) de la station de Tébessa ; indiquent que la valeur maximale est marquée dans le mois de Mai avec une moyenne de 47.36 et une valeur minimale pour le mois de juillet avec une moyenne de 15.94.

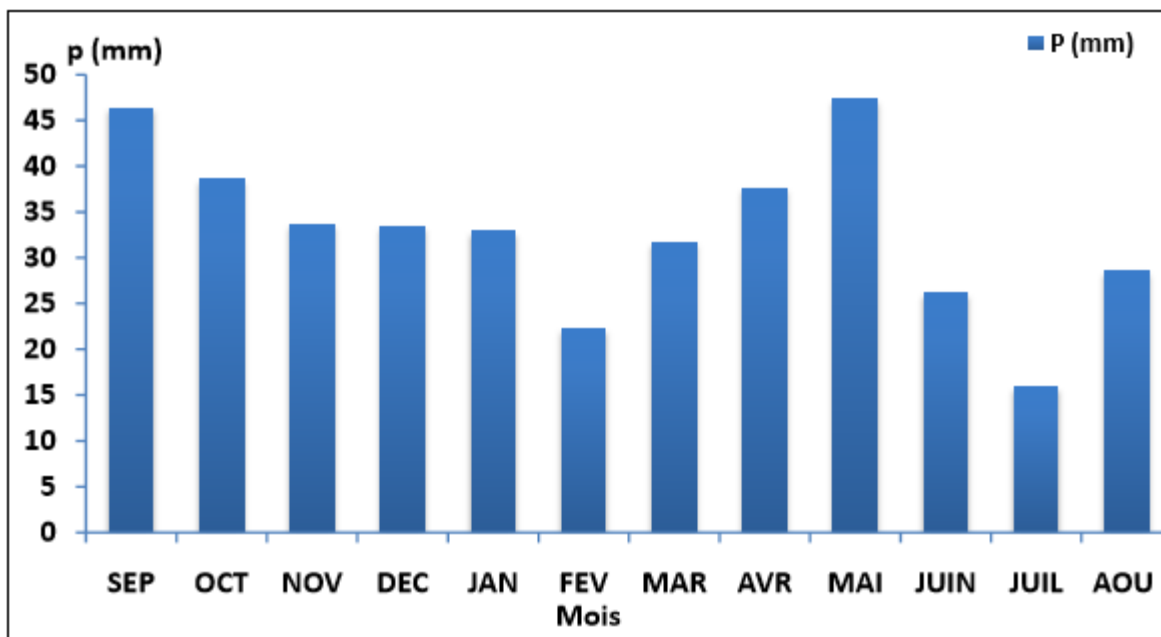


Figure 11 : Variation des précipitations moyennes mensuelles (station de Tébessa 1997-2018). (in. Debbez M 2019).

3.1.2 Précipitation moyenne annuelle :

L'étude des précipitations annuelles dans notre région montre une grande variation dans le temps à l'échelle (1997-2018) présentées dans le tableau suivant :

Tableau 5 : Précipitations moyennes interannuelles (station de Tébessa 1997-2018). (in. Debbez M 2019).

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

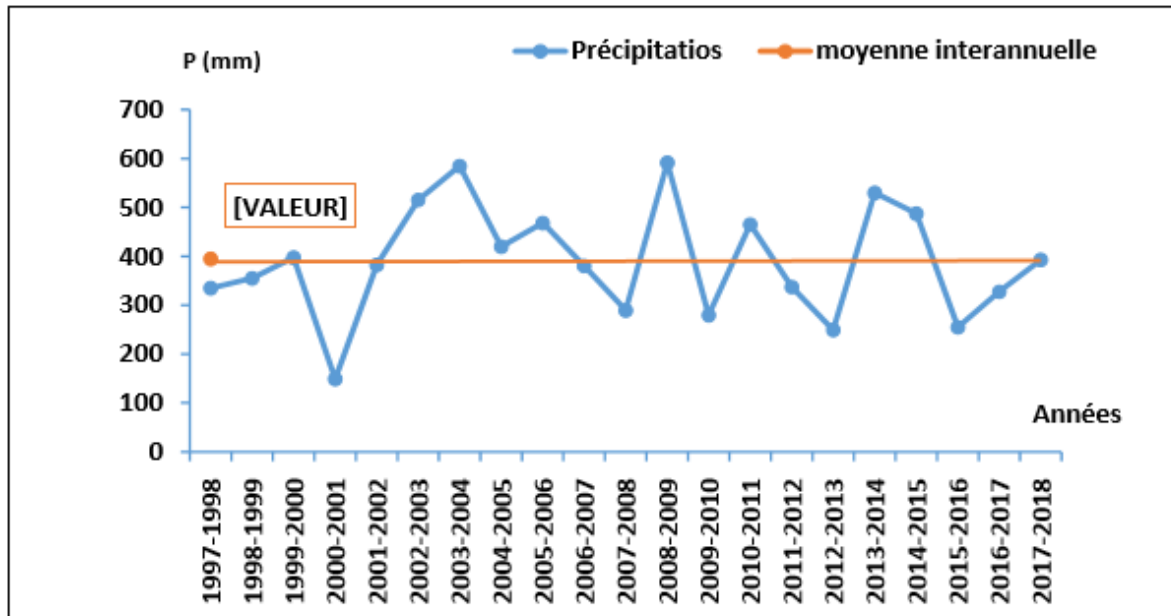


Figure 12 : variation des Précipitations annuelle à la Station de Tébessa (1997-2018). (in. Debbez M 2019).

3.1.3 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 (1997-1998/2017-2018).(in. Debbez M 2019).

station de Tébessa		
Saison	Moyenne saisonnière (mm)	Pourcentage %
Automne	39,61	30,09
3 Hiver	29,57	22,46
Printemps	38,93	29,57
Eté	23,55	17,89

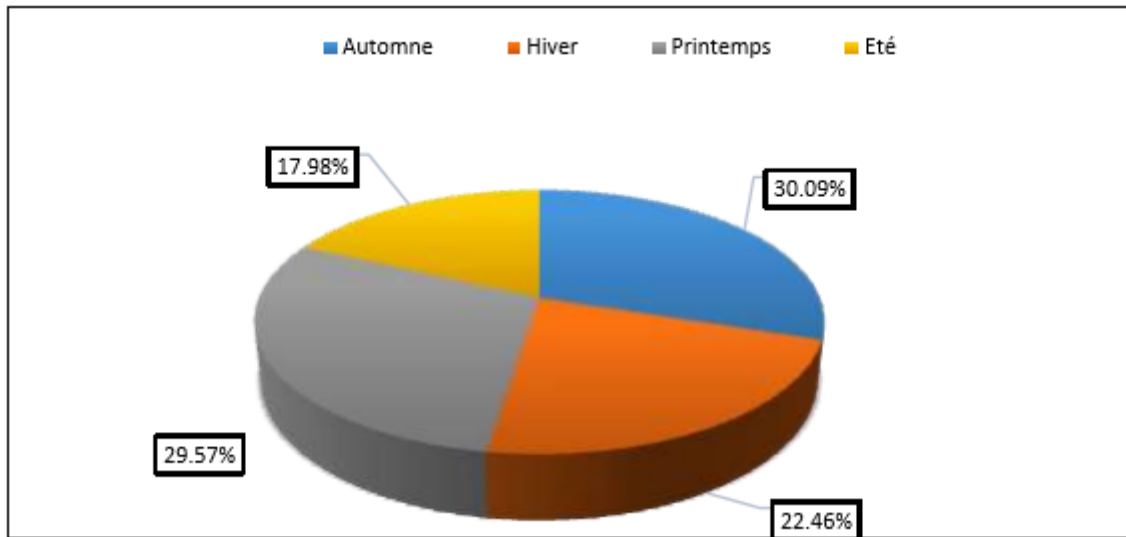


Figure 13 : Répartition saisonnière des précipitations dans la station de Tébessa (1997-2018).(in. Debbez M 2019).

- le graphe montre Une forte précipitation saisonnière est enregistrée pendant l’automne avec une valeur 39.61mm qui représente 30.09%, Une faible précipitation saisonnière est enregistrée pendant l’été avec une valeur 23.55mm qui représente 17.98%.

3.2. 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.

3.2.1 Température moyenne mensuelle (1997/1998-2017/2018) :

Les variations des Températures moyennes mensuelles de la station de Tébessa 1997-2018 sont enregistrées dans le tableau suivant :

Tableau 7: variations des températures moyennes mensuelles (1997/1998-2017/2018). (in. Site web Nasa).

MOIS	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	MOY
T (°C)	23.6	17.8	10.6	6.2	5.22	6.4	10.5	15.04	20.2	25.6	29.7	29.1	16.6

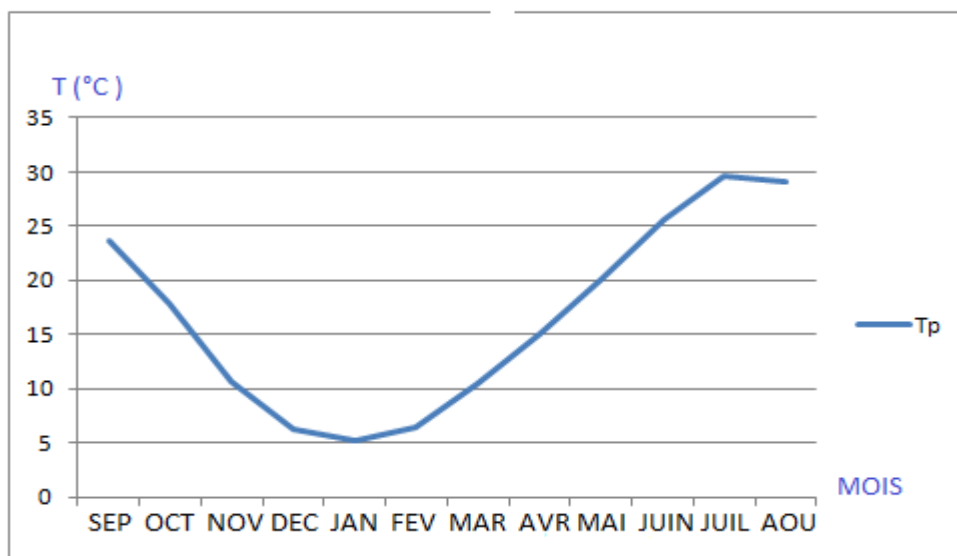


Figure 14 : variation des températures moyennes mensuelles (1997/1998-2017/2018). (In. Site web Nasa).

Le graphe indique que

- Le mois le plus froid est le mois Janvier avec une valeur de 5.22°C.
- Le mois le plus chaud est celui de Juillet avec une valeur de 29.7°C.
- La température moyenne annuelle de cette période est de 16.6°C.

3.2.2 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 Gausse, 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.

Tableau 8 : Données du diagramme Ombro-Thermique station de Tébessa sur une période de 21 ans.

MOIS	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOUT
P (mm)	46,4	38,64	33,75	33,49	32,94	22,28	31,75	37,68	47,36	26,15	15,94	28,56
T(C)	23.6	17.8	10.6	6.2	5.22	6.4	10.5	15.04	20.2	25.6	29.7	29.1

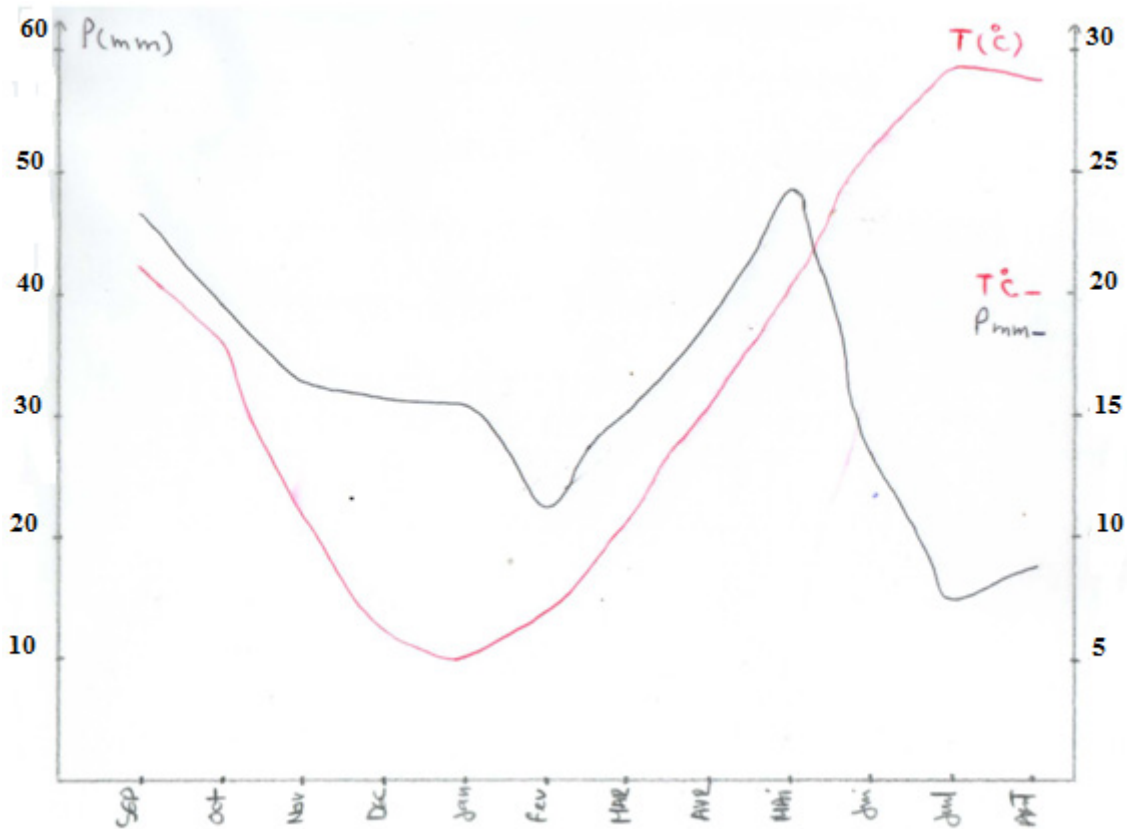


Figure 15 : diagramme Ombro-Thermique station de Tébessa (1997/1998-2017/2018).

L'établissement des diagrammes pluviothermique pour la station de Tébessa mentionné dans la figure 13, 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.

3.3. 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 au les débits des exurgences bordant le sous bassin sont fortement influencés.

3.4. 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. 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 sub-humide 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) :

$$P = ETR + R + I \quad \text{Avec :}$$

ETR : l'évapotranspiration annuelle (mm).

I : infiltration.

P : précipitation (mm).

R : ruissellement.

4.1. 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).

4.1.1. 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: indice thermique annuel.

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

4.1.2. 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.

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

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

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.

Ce bilan repose sur l'hypothèse suivante :

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

4.2. 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 :

$$R = P^3 / 3 \cdot (ETP)^2$$

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 **Tixeront Berkallof** 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).

4.3. 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 Thornthwaite :

$$P = R + I \quad \text{-----} > \quad I = P - (ETR + R)$$

Selon la méthode rationnelle :

$$P = ETR + R + I$$

Avec :

I : L'infiltration (mm).

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

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

4.4. 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**) :

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

R.F.U : Réserve facilement utilisable.

Da : Densité apparente du sol.

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

4.5. Estimation du bilan hydrologique selon la méthode de C.W.Thornthwaite :

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 :

I : Indice thermique ;

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**.

4.5.1. Résultats de calculs du bilan hydrologique par la méthode de Thornthwaite :

Tableau 9 : Bilan hydrique de l'année la plus sèche (2000-2001).(données in.Bouteraa 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 :

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

$$\Sigma ETP = \Sigma ETR + \Sigma DA \rightarrow 911.5 = 225 + 685.8.$$

Tableau 10: 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 :

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

$$\Sigma ETP = \Sigma ETR + \Sigma DA \longrightarrow 855.6 = 453.3 + 402.3.$$

Tableau 11 : Bilan hydrique de la période de 21 ans (1997/1998-2017/2018)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	TOT
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	
T(C)	23.6	17.8	10.6	6.2	5.22	6.4	10.5	15.04	20.2	25.6	29.7	29.1	
I	10.5	6.8	3.1	1.4	1.1	1.4	3.1	5.3	8.3	11.8	14.8	14.4	82
P	46,4	38,64	33,75	33,49	32,94	22,28	31,75	37,68	47,36	26,15	15,94	28,56	394.98
ETP	110.5	62.6	21.8	7.8	6.2	8.7	25.7	52.4	98.1	151.5	201.2	181.4	927.9
ETR	46.4	38.64	21.8	7.8	6.2	8.7	25.7	52.4	61.64	26.15	15.94	28.56	339.93
RFU	0	0	12.01	29	29	29	29	14.28	0	0	0	0	142.29
DA	64.1	23.96	0	0	0	0	0	0	36.46	125.35	185.26	152.84	587.97
EXC	0	0	0	8.7	26.74	13.58	6.05	0	0	0	0	0	55.05

Vérification du bilan hydrique :

$$\Sigma P = \Sigma ETR + \Sigma EX \longrightarrow 339.93 + 55.05 = 394.98.$$

$$\Sigma ETP = \Sigma ETR + \Sigma DA \longrightarrow 339.93 + 587.97 = 927.9.$$

4.5.2. Interprétation des résultats du bilan hydrique (1997-1998/2017-2018) :

L'établissement du bilan hydrique a pour but de comprendre le fonctionnement des systèmes hydrauliques de surface.

D'après le bilan établi on a pu tirer les quelques conclusions qui suivent :

-Les hauteurs de précipitation atteignent leur maximum au mois de Mai (47.36mm) où l'ETP atteint en Janvier un minimum (6.2 mm)

-L'ETP atteint son maximum au mois de juillet (201.2 mm) où les précipitations atteignent (15.4 mm).

-Le déficit agricole coïncide avec la période sèche de l'année ; marqué durant les mois Septembre et Octobre ; et à partir du mois Mai jusqu'à le mois d'Août avec une valeur totale de 587.97 mm, l'excédent est estimé par une valeur totale de 55.05mm.

- les réserves sont saturées au mois de décembre, Janvier, Février et Mars les demandes pour l'irrigation sont satisfaisantes.

le bilan hydrique est déficitaire, c'est-à-dire que les précipitations qui tombent finiront par retourner à l'atmosphère sous forme d'évapotranspiration, induisant un déficit agricole important.

5. Conclusion :

A travers l'étude climatique la région fait partie de l'étage bioclimatique semi-aride confirmée par le calcul de l'indice d'aridité de De Martonne à l'ordre de **12.53**. les précipitations sont très variables dans le temps, les températures présentent une légère augmentation progressive traduisant le réchauffement climatique avec une moyenne de 16.6°C .

L'évapotranspiration potentielle est importante à l'échelle de la région traduisant un déficit agricole important. A l'issue du calcul du bilan hydrique, il ressort que la recharge de la nappe aura lieu essentiellement dans des conditions extrêmes de fortes précipitations.

CHAPITRE IV :

Hydrogéologie

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.

2-DESCRIPTION GENERALE :

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. (in.Bouteraa M 2012).

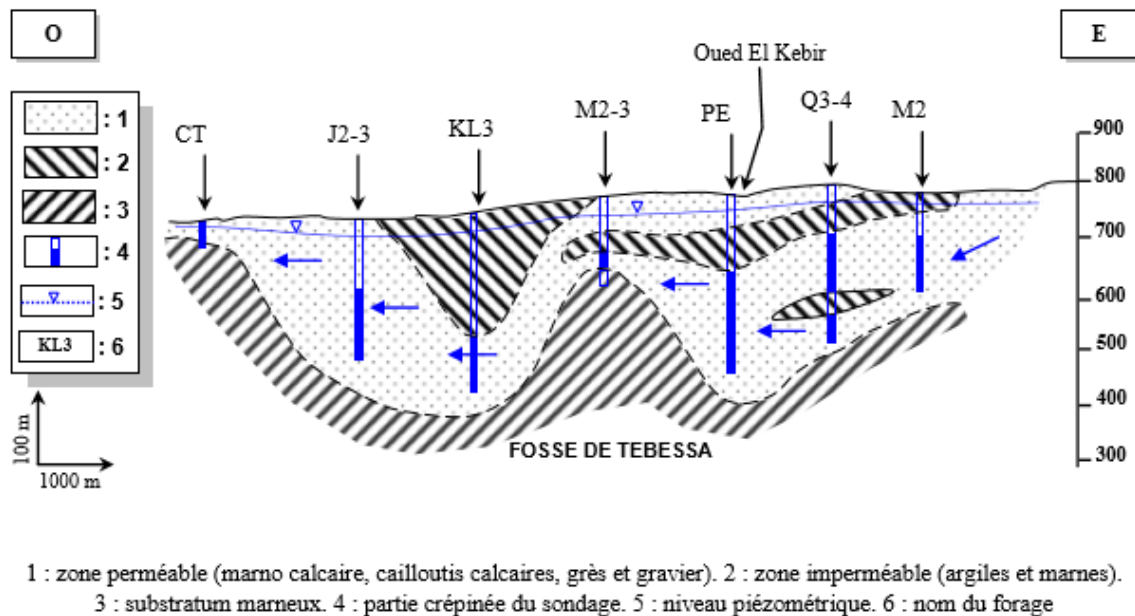


Figure 16 : Coupe hydrogéologique à travers la plaine de la Merdja. Rouabhia et al. 2009 (in.Bouteraa M 2012).

A-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 (**in. Zerag S**).

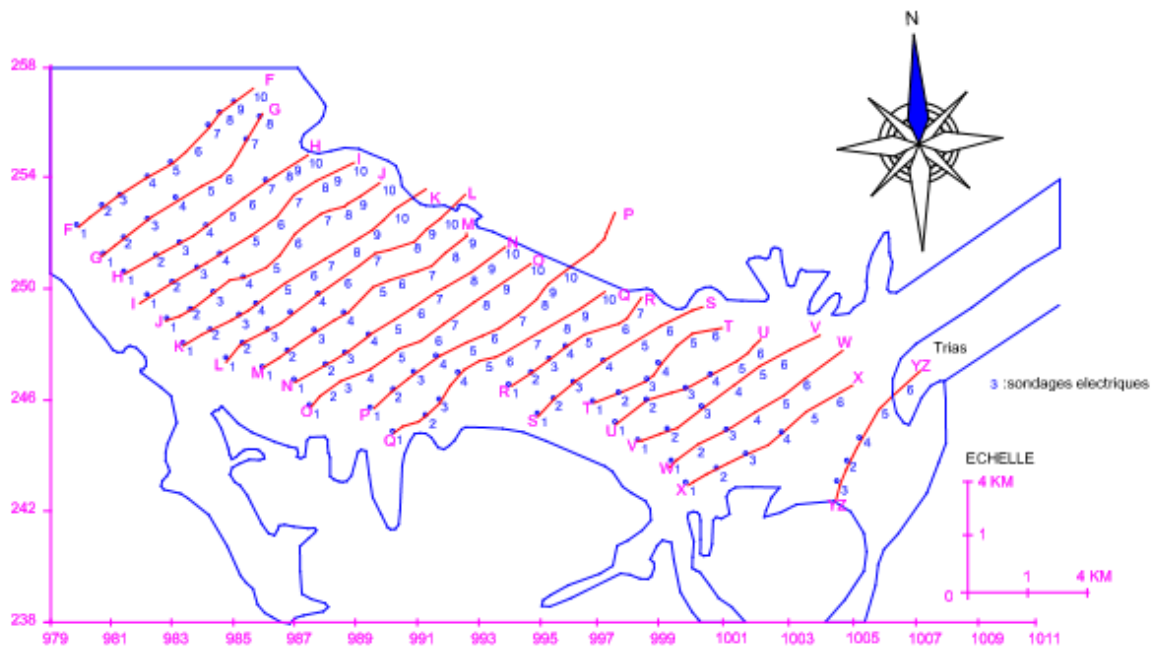


Figure 17 : Localisation des profils électriques à la plaine de Tébessa CGG, 1970 Djabri I, 1987 (in.Abbad S 2018).

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 :

- **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.

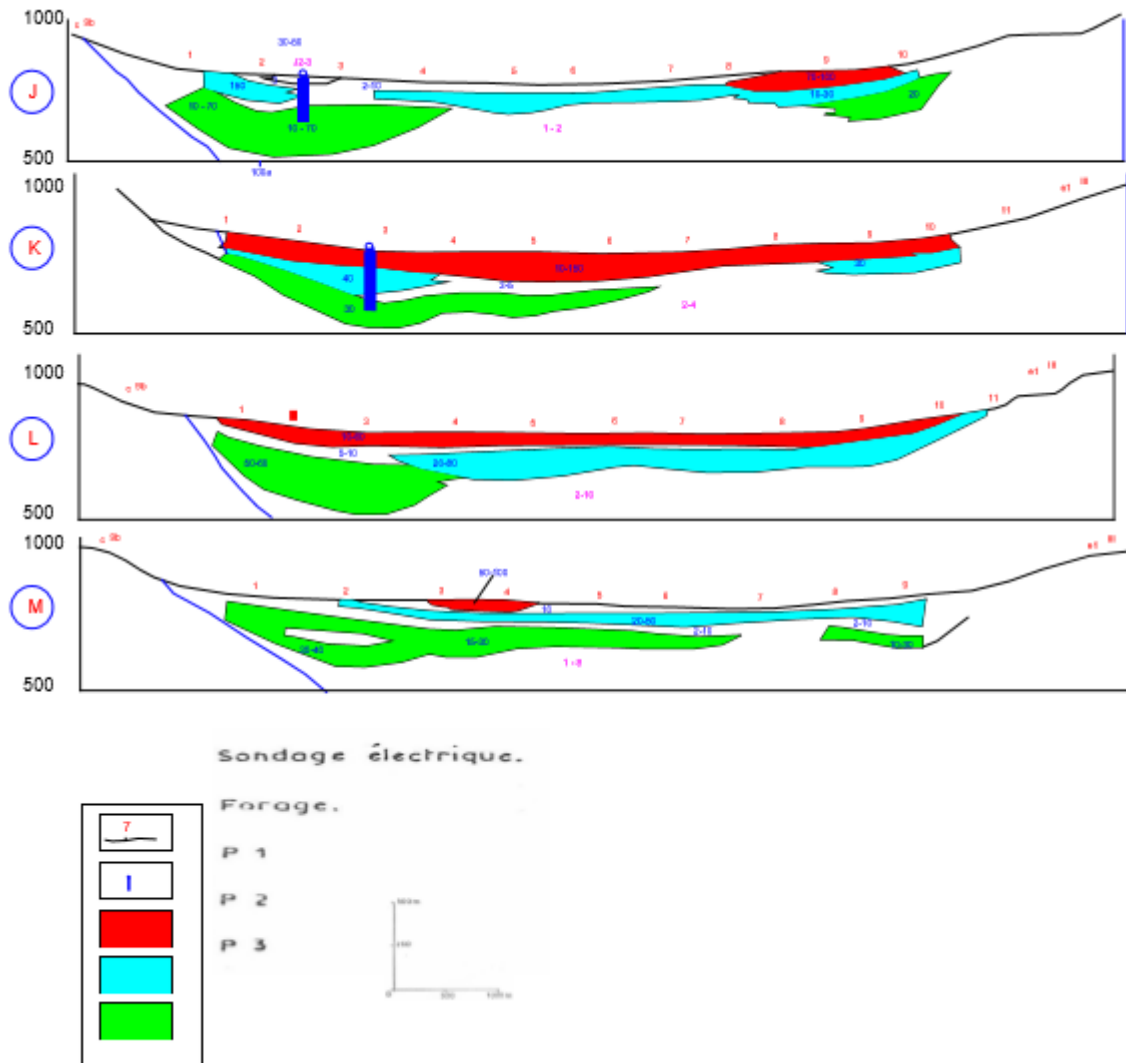


Figure 18 : Coupes géo électriques à travers la plaine de Tébessa selon les profils (J, K, L et M) (in.Boutraa.M 2012).

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.

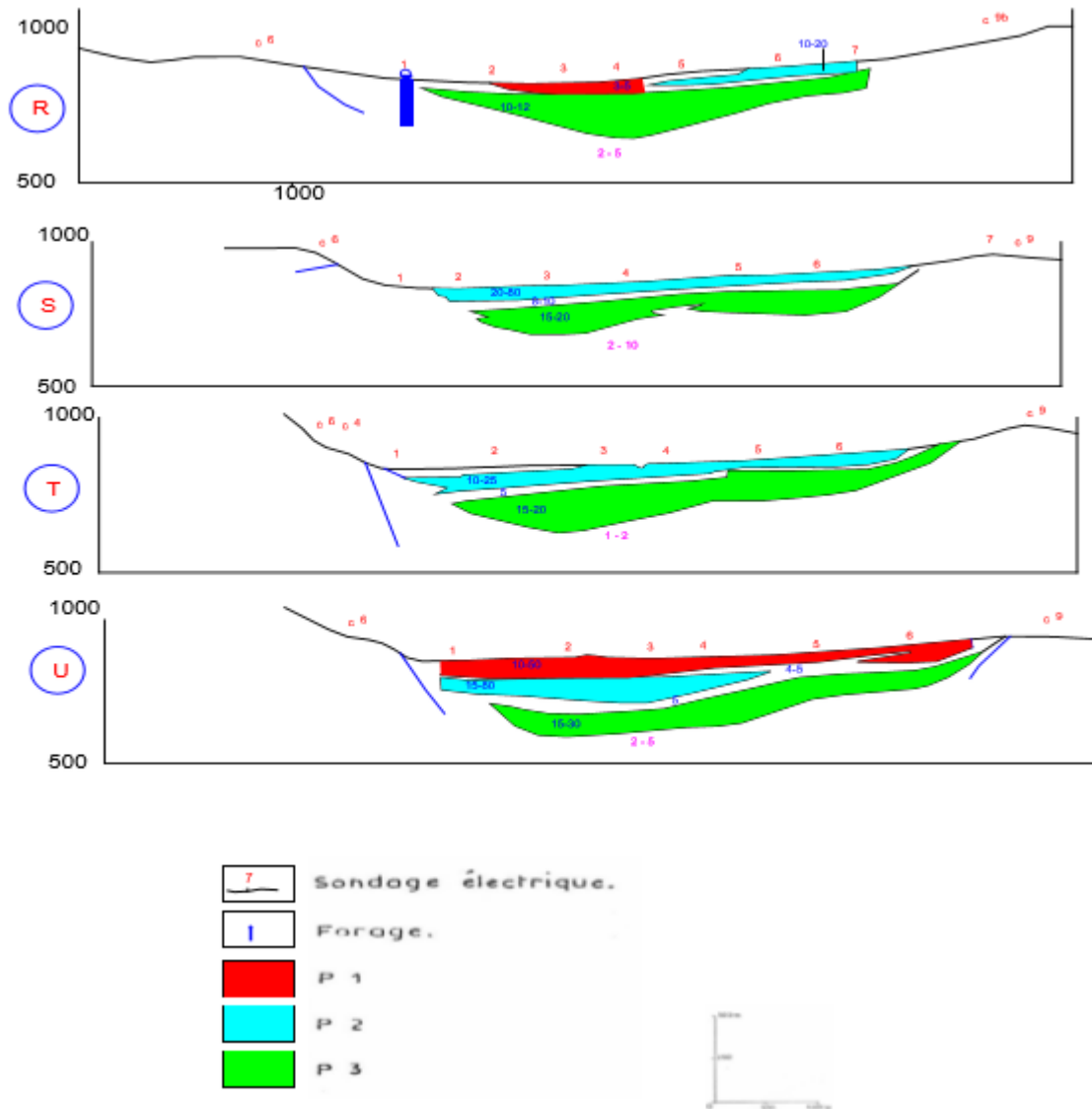


Figure 19: Coupes géoélectriques à travers la plaine de Tébessa selon les profils (R, S, T et U) Djabri L. 1987.(in.Bouteraa M 2012).

- **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.

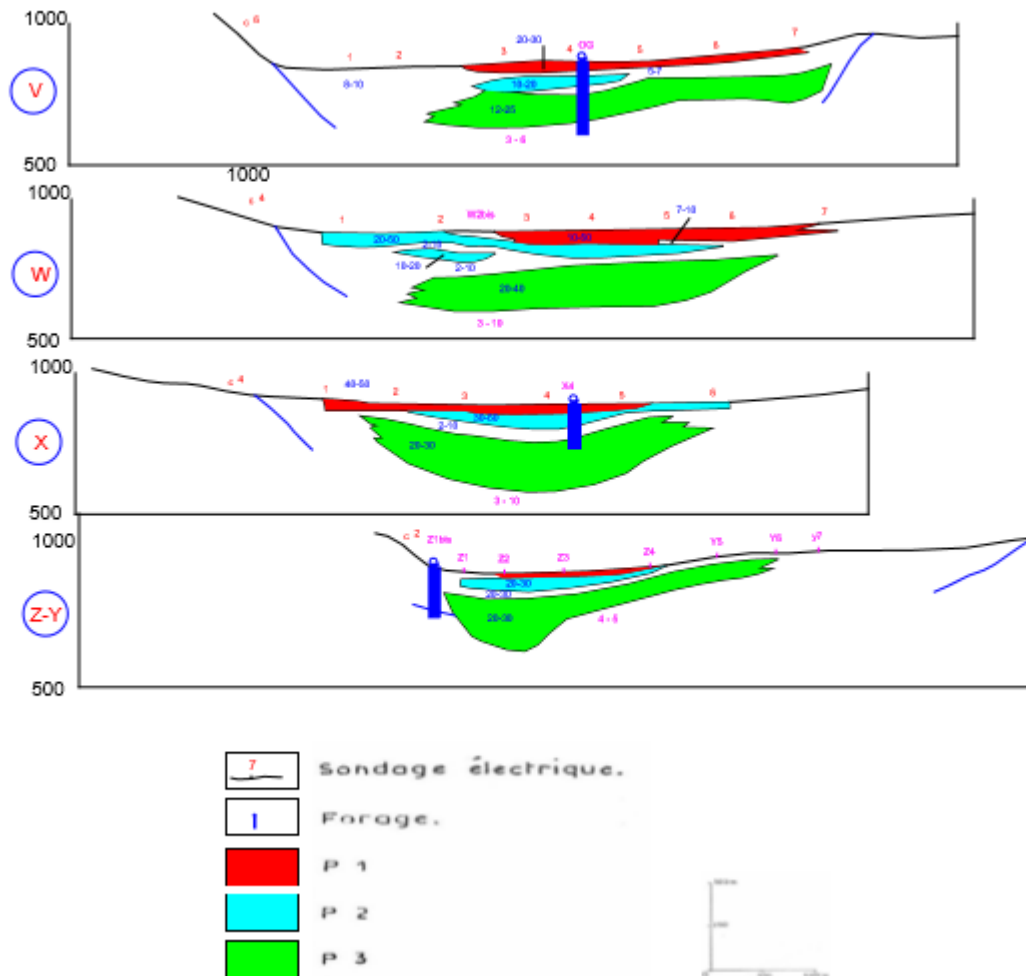


Figure 20 : Coupes géo électriques à travers la plaine de Tébessa selon les profils (V, W, X et XY) (in. Bouteraa.M 2012).

B-Hydrogéologie :

1. Conditions aux limites :

La figure 19 représente une synthèse des travaux antérieurs (Djabri, 1987 ; Gherieb, 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.

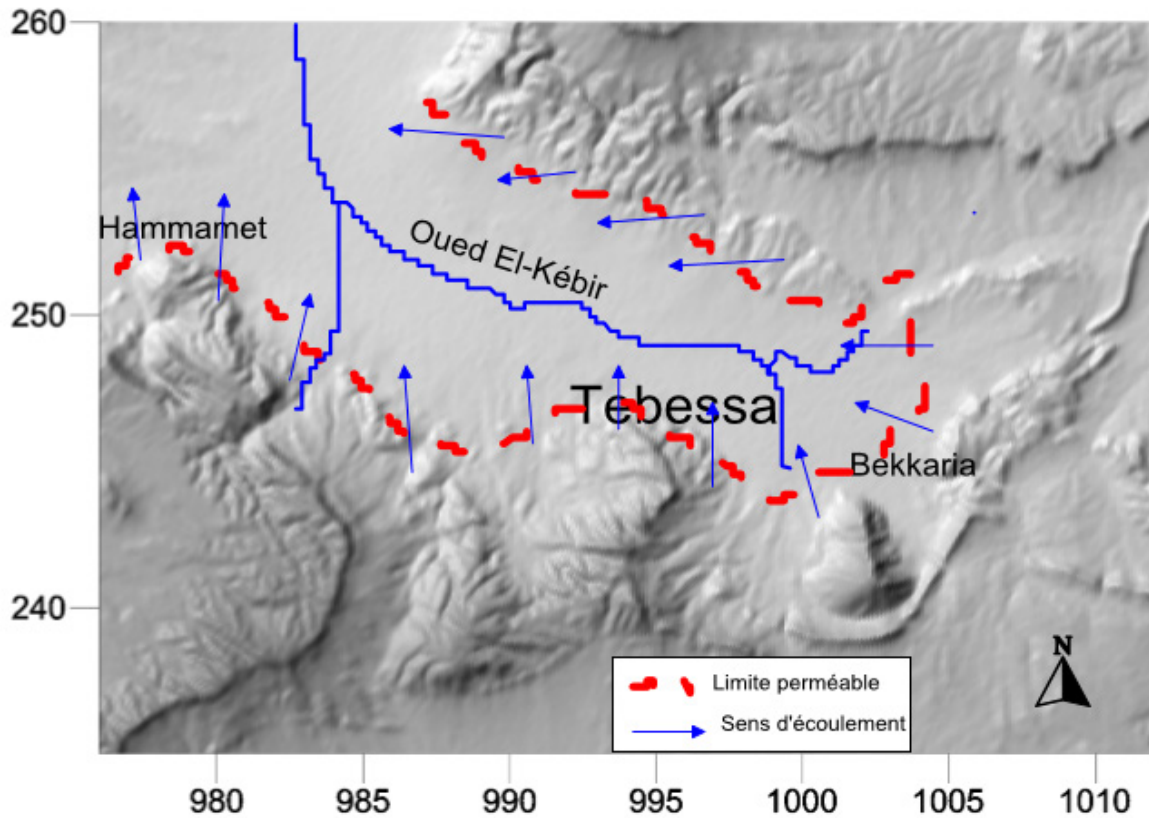


Figure 21 : Carte des conditions aux limites de la zone d'étude (in. Zereg S 2018).

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 atteinte le niveau de l'interface air/eau, un contact électrique est établi entre deux tiges métalliques, déclenchant un signal sonore et lumineux.



Figure 22 : Mesure de niveau piézométrique sur la plaine de Tébessa Février 2020.

Inventaire des points d'eau :

Elle sera basée sur les relevés effectués sur les 25 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 à la fois des cartes piézométriques et des analyses hydro chimiques, 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.

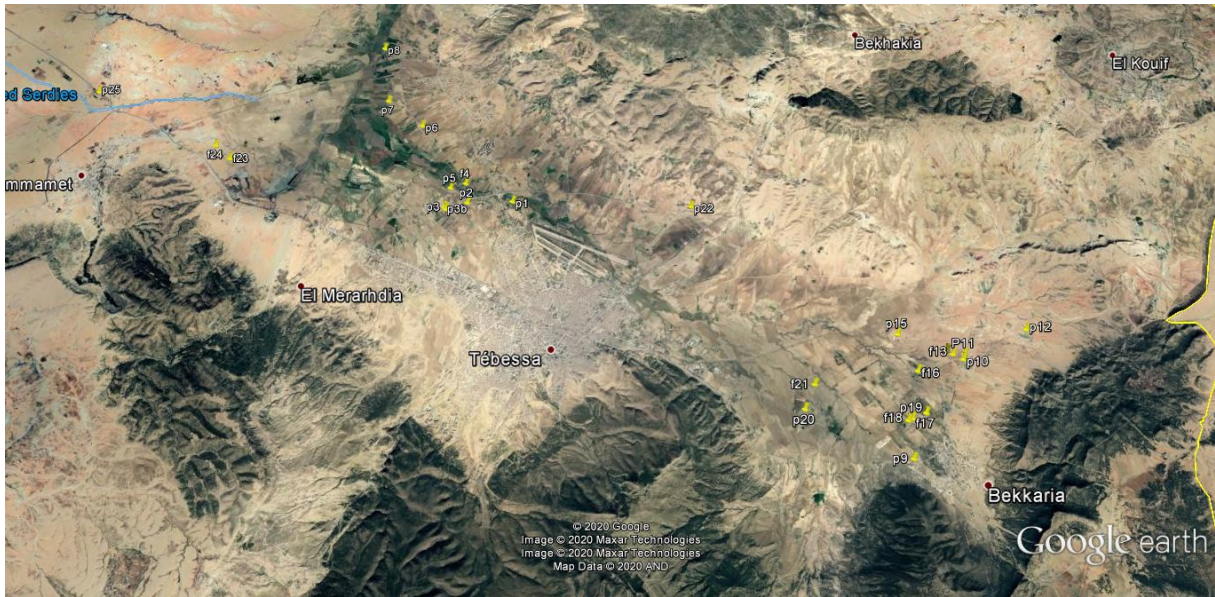


Figure 23 : la carte d'inventaire des puits sur la plaine (Tebessa-Morsot) (in. Google Earth).



Puit non protégée a profondeur de 7 m (foyer de pollution).



Forage abandonné à cause de salinité a profondeur de 70m.



Puits domestique pollué a profondeur de 4m.

Figure 24 : des puits abandonnés.

3. 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 février 2020.

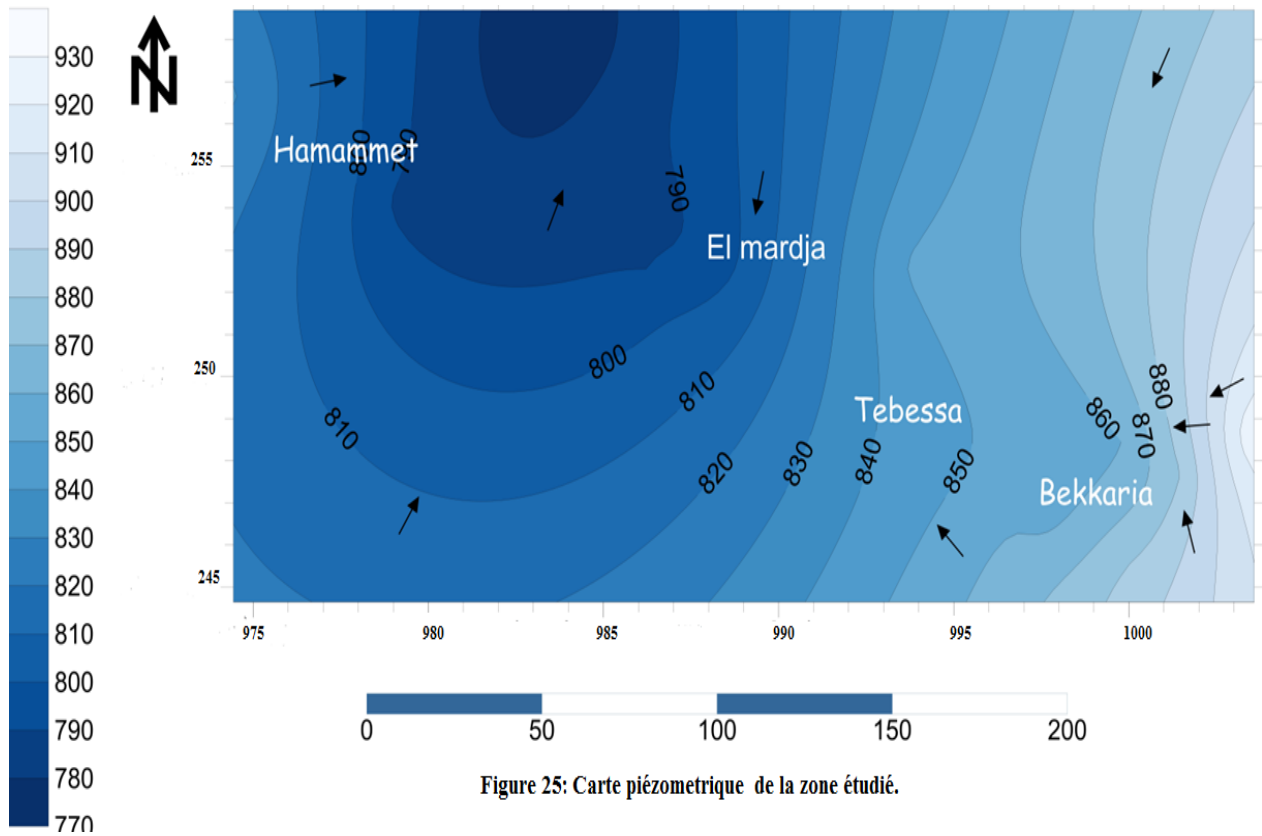


Figure 25: Carte piézométrique de la zone étudié.

3.1. Interprétation de la carte piézométrique :

Nous avons mesuré plus de **21 puits** au niveau de La plaine de Tébessa la majorité des puits sont des ouvrages récents et 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 **4m à 70m**.

La carte piézométrique figure 23 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 de l'ordre de 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 Maistrechtien de Hammamet avec un gradient hydraulique de l'ordre 0.01.

***Zone de BEKKARIA** : l'espacement des courbes sont serrées, 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.

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

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

3.2. L'évolution des niveaux piézométriques dans le temps et dans l'espace :

L'établissement de courbe d'évolution a partir des différentes niveaux piézométriques des années (2007 jusqu'à 2020) a pour objectif de visualiser les variations de niveau des eaux souterraines de la plaine dans l'espace et dans le temps.

La réalisation de la courbe se fait Selon une échelle 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.

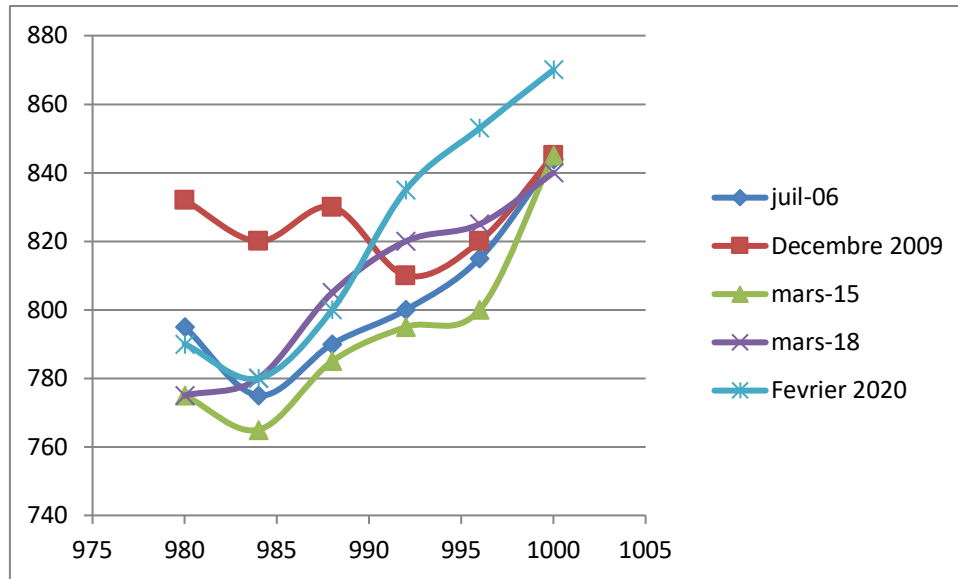


Figure 26 : la courbe d'évolution à l'échelle spatiale et temporelle.

La courbe d'évolution montre une fluctuation important dans la direction Nord-Ouest ; à cause du manque de la réalimentation durant les périodes (2006-2015/2018-2020) la nappe superficielle été très touché jusqu'à l'épuisement traduisant une surexploitation de la nappe en cette période, par contre le niveau d'eau dans l'année 2009 est 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 direct et importante par l'eau de l'oued à travers les puis domestique en cet endroit) (in.Bouteraa M 2012)
 -Sur une direction Sud-Est le niveau de la nappe profond 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 profond est très importante Due à la recharge par la précipitation.

4. 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 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 Février 2020 on peut dire que les réserves de la nappe profonde sont considérables par rapport aux années précédentes.

CHAPITRE V :

Hydrochimie

10. Introduction :

La composition chimique d'une eau joue un rôle important dans la détermination de sa qualité et du domaine de son utilisation ; dans Notre étude on se basant sur les variations et l'évolution spatiale et temporelle des éléments physico-chimiques des eaux souterraines de la plaine Tébéssa-Morsot

. Les puits de cette aquifère sont à un usage quotidien surtout l'activité agricole, d'où il faut faire des suivis rigoureux de leur composition chimique et leur degré de potabilité ou de pollution.

A travers des travaux sur le terrain et sur laboratoire on a pu avoir des résultats concernant l'hydrochimie de cette région.

11. Méthodologie et stratigie de travaille :

Les prélèvements sont effectués en deux compagnes pendant deux jours au moi de février selon une répartition et une fréquence différente d'un site à un autre. On a choisi notre échantillons d'une façon à ce que tous les puits avoisinants a l'Oued Kébir qui présente le cours d'eaux principal et collecte toute les eaux drainées vers l'exutoire de la plaine.

On a effectué Les analyses chimiques des échantillons d'eau au laboratoire de l'hydrogéologie à l'université de tebessa et d'autres ont été analysés par les laboratoires du (ferfos- Bir el Ater).



Figure 27 : Les prélèvements d'eau sur les forages



Figure 28: Les échantillons d'eau a analysé.

12. Les paramètres physiques et chimiques :

12.1. 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.



Figure 29 : mesure des paramètres physique par valise multi-paramètres.

12.2. Les paramètres mesurés au laboratoire :

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

- Anions: NO_2^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , HCO_3^-
- Cations : Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Li, Ba.

4. Les méthodes d'analyse :

Les méthodes analytiques groupées permettent de concourir à une appréciation de la qualité de l'eau par voie chimique. Il convient cependant, d'attirer l'attention de l'hygiéniste sur le fait que ces déterminations, considérées séparément, peuvent conduire à des interprétations erronées.

4.1. Dosages des chlorures :

Principe : les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent, en présence de bicarbonate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge, caractéristique du bicarbonate d'argent.

4.2. Dosages des bicarbonates :

a. Détermination de l'alcalinité (TA et TAC) :

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bicarbonates, carbonates hydroxydes.

Ces déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré.

4.3. Dosages de la dureté ou hydrométrie (totale, calcique et magnésienne) :

La dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH) correspond à la somme des concentrations calcique et magnésienne.

Cette méthode est utilisée lorsque l'indicateur donne avec le cation à doser un complexe trop peu stable qui conduit à un irae peu net. Il est alors possible de sensibiliser le virage de l'indicateur en ajoutant une trace de complexomate d'un autre cation qui donne un complexe plus stable avec l'indicateur.

4.4. Dosage du sodium et potassium (Na et K) :

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

4.5. Dosages des sulfates (Méthode néphélométrique) :

Les sulfates sont précipités en milieu chlorhydrique à l'état de sulfate de barym, le précipité ainsi obtenu est stabilisé à l'aide d'une solution de (TWEEN 20).

Les suspensions homogènes sont mesurées par spectrophotométrie.



Figure 30 : Les analyses des chlorures au laboratoire d'université de Tébessa.

5. 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.

5.1. 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 %

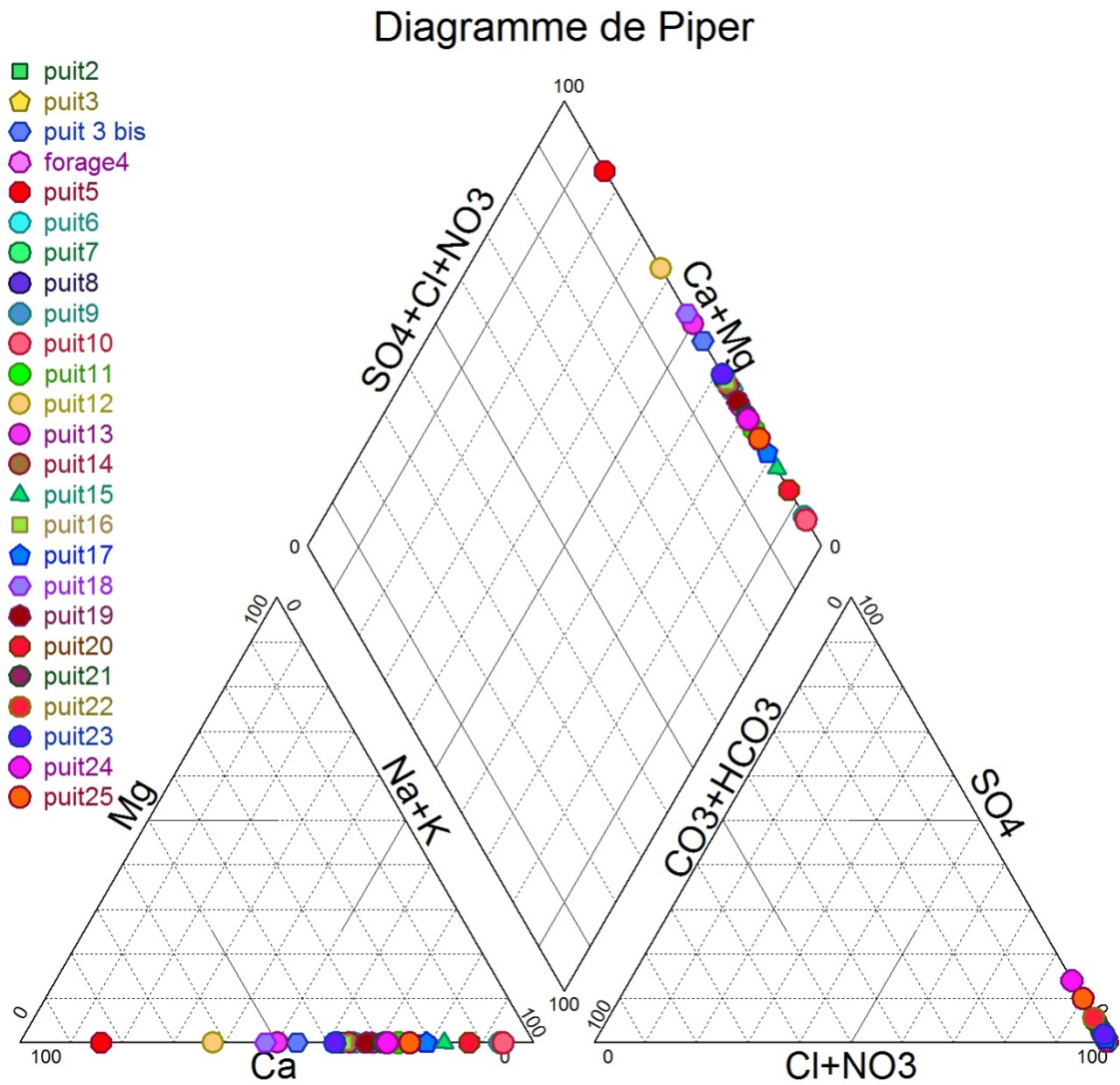


Figure 31 : Diagramme de piper de La plaine Tébessa_Morsot

Selon la distribution des points des concentrations des éléments chimiques dans le diagramme de Piper (fig.30) ; on observe qu'il y a deux faciès dominants qui sont les chlorurés calcique et chloruré sodique.

5.2. Diagramme de SCHEOLLER –BERKALLOF:

Le diagramme de Schoeller 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.

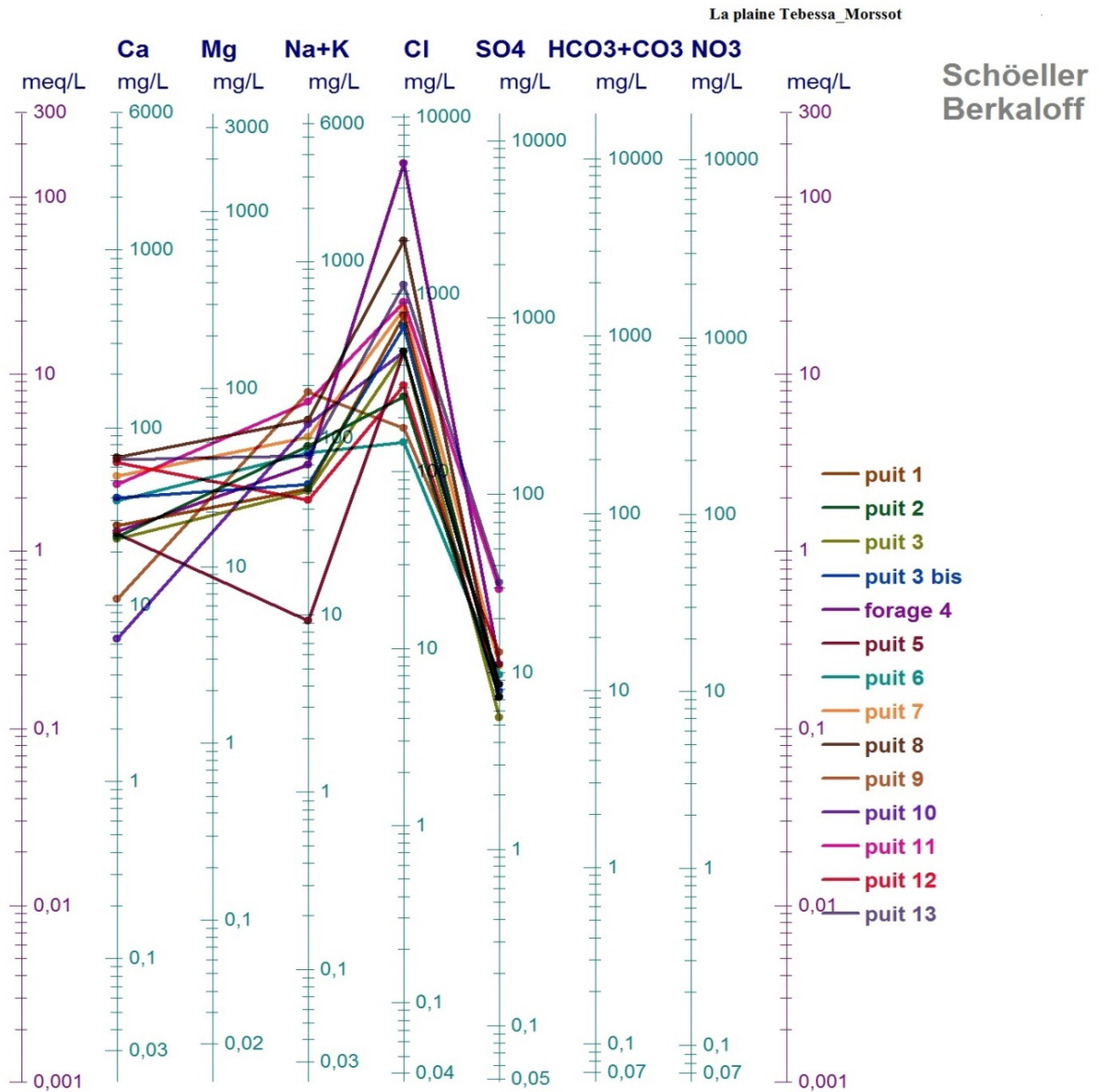


Figure 32-a: Diagramme de Schoeller Berkaloff (puits 1-puits13) de la plaine Tébéssa_Morsot

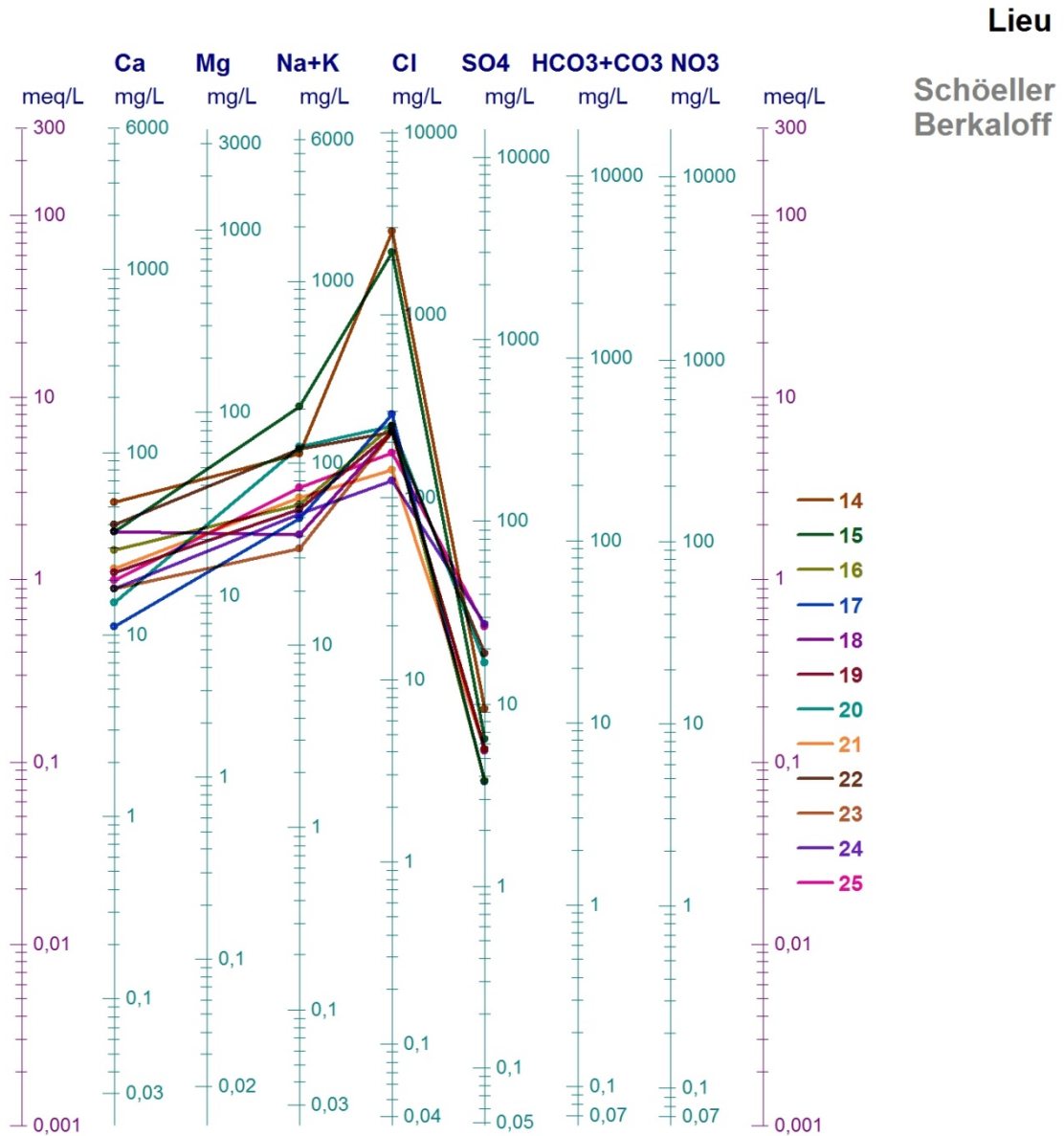


Figure 32-b: Diagramme de Schoeller Berkaloff (puits 14-puits25) de la plaine Tébessa_Morssot

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

6. Aptitude des eaux a l'irrigation :

Les eaux d'irrigation quel que soit souterraine ou superficielle renferment des sels qui tends a s'accumules 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).

-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.

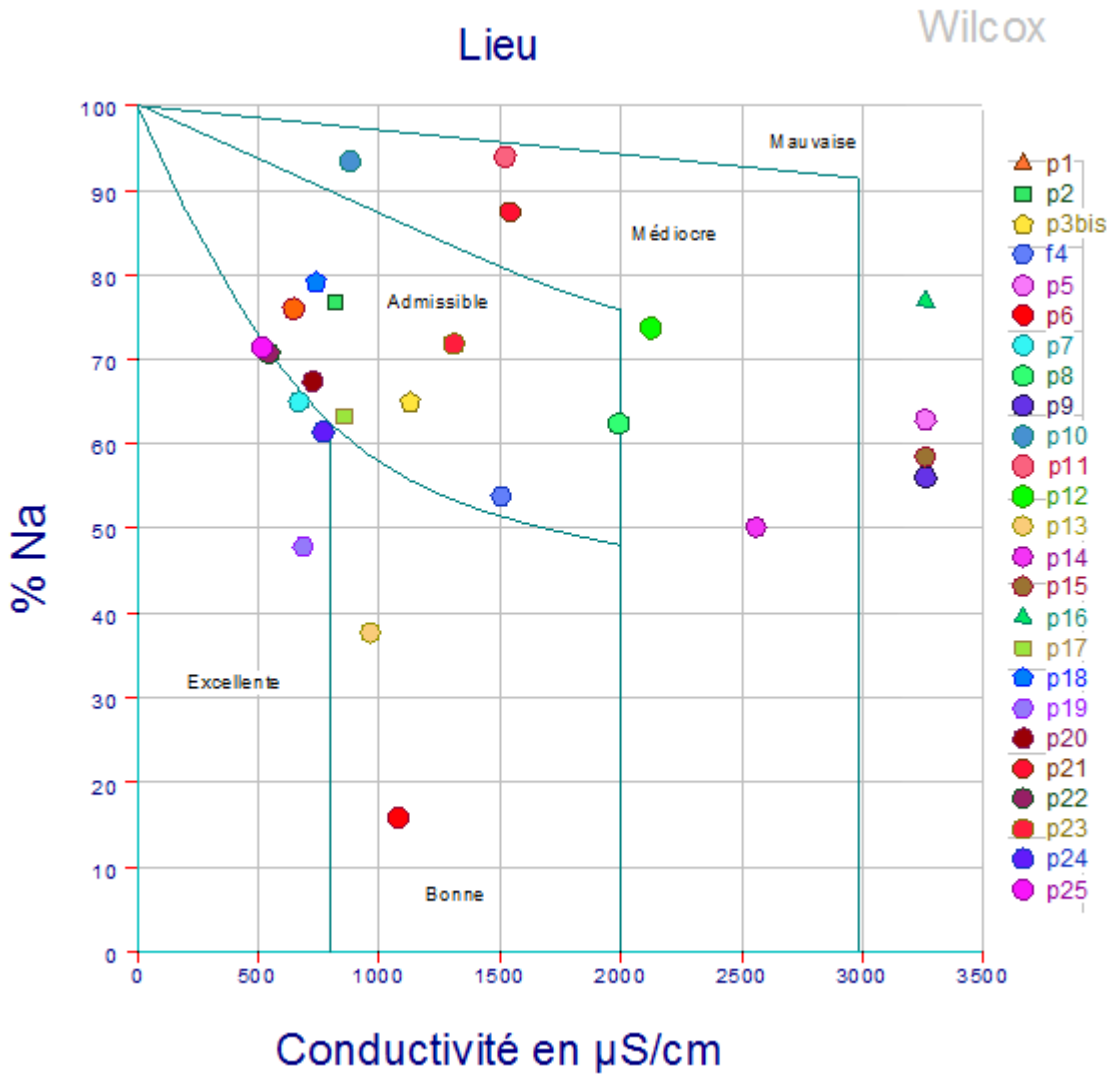


Figure 33: Diagramme de WILCOX de la plaine Tébessa_Morssot (Février 2020)

On remarque sur le diagramme de Wilcox que :

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

7. La cartographie chimique :

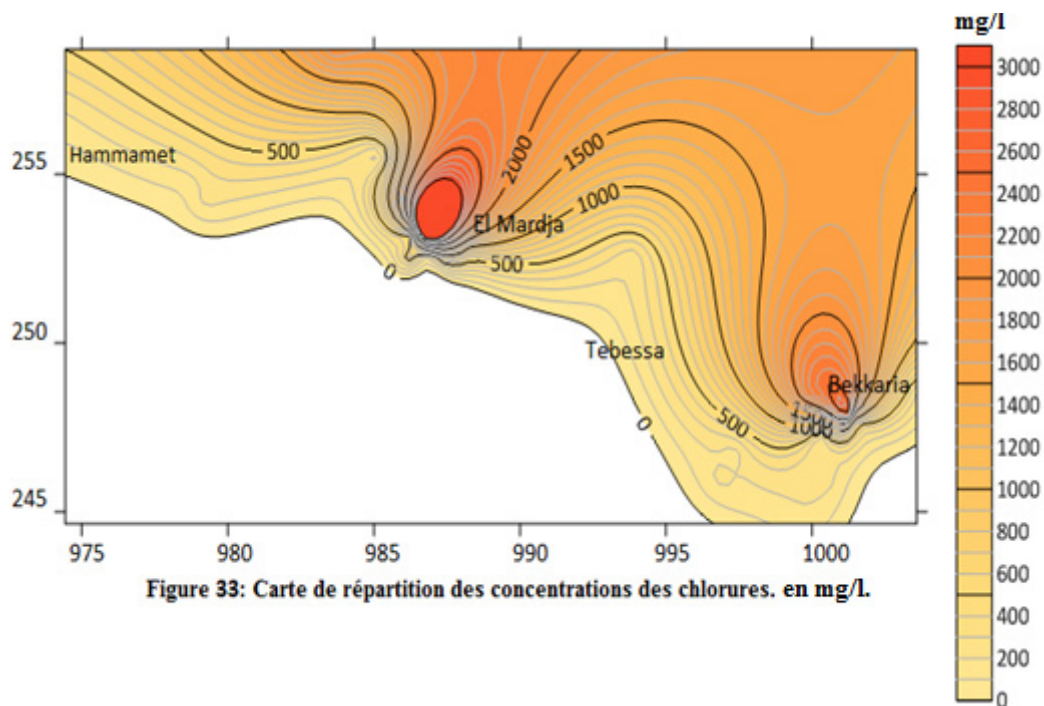
L'outil cartographique, même dans l'aspect qualitatif des eaux, reste un outil très appréciable, dans la vision de l'évolution spatiale d'un constituant chimique quelconque, ou d'un polluant.

A cet effet, nous avons dans notre cas, choisi également ce mode de représentation, pour la variabilité des éléments chimiques qui ont le plus de rapport avec la présente problématique.

7.1. LES 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 (p1, p3, f4, p5, p7, p8), et de Bekkaria sur les puits (p13, p14, p15) 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 (p23, p24, p25).



7.2. Le Lithium :

Une forte concentration observée à la région d’El Mardja sur le forage 4

L’augmentation du temps de contact entre l’eau souterraine et la roche aquifère favorise la dissolution de cette dernière et par conséquent, l’augmentation de Li⁺. (La salinité d’eau)

Sur la région de Hammamet et Tébéssa la carte montre des faibles concentrations de Li⁺.

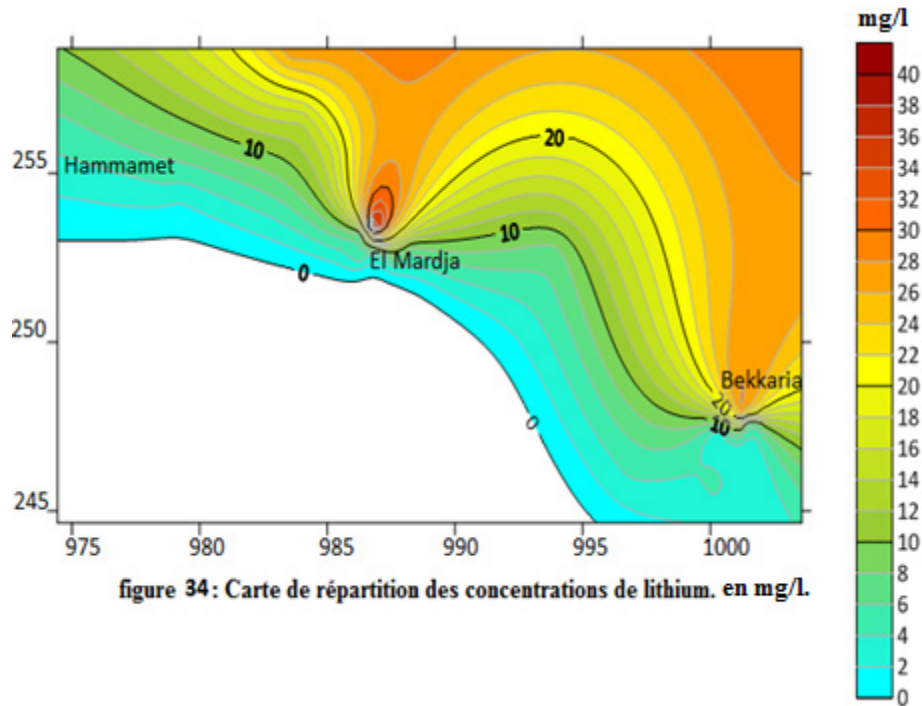
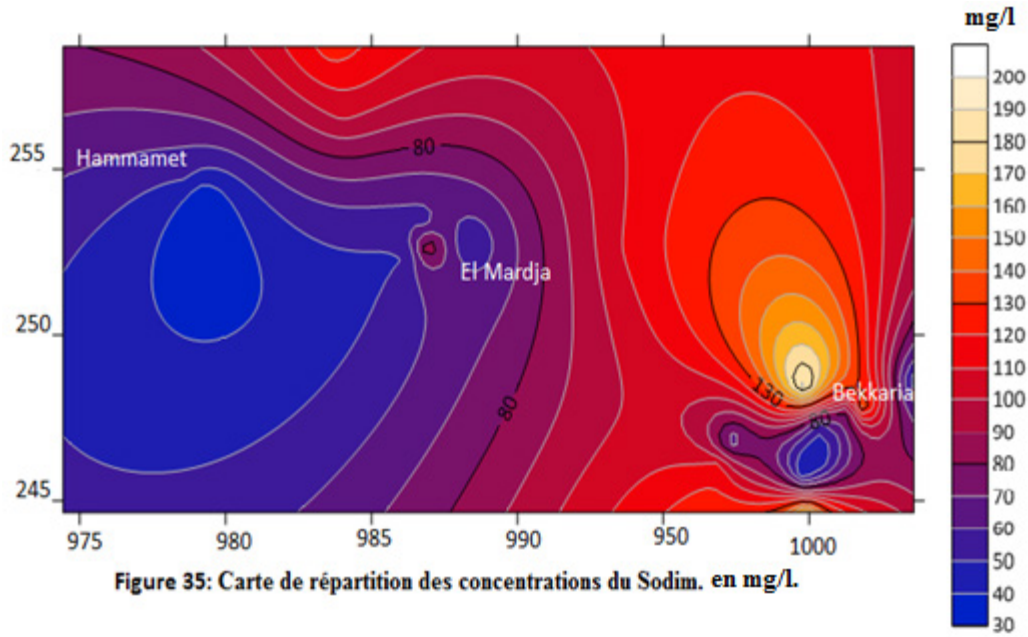


figure 34: Carte de répartition des concentrations de lithium. en mg/l.

7.3 Le sodium :

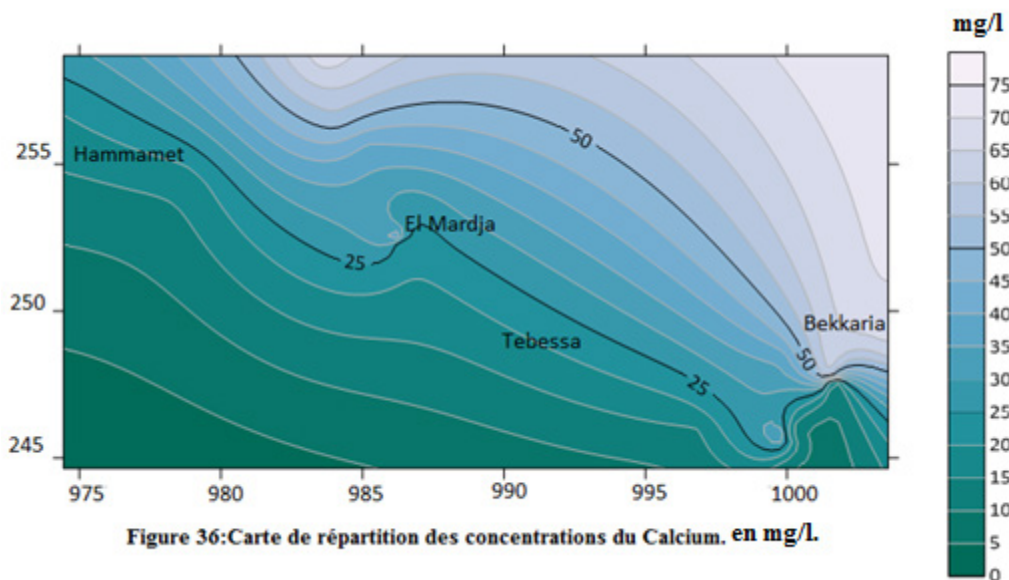
Une forte concentration de Na⁺ marquée dans la zone de Bekkaria sur le puits numéro 15 avec une valeur de 195.5 mg/l, et des concentrations moyenne d’El Mardja vers El Hammamet ; les fortes concentrations de Na sont liés à la recharge de l'aquifère, à partir des formations calcaires latérales et par échange de base de la part des argiles.



7.4 Le calcium :

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 Tébéssa vers El Hammamet La répartition des calciums est presque faible.



7.5. Les sulfate :

Au niveau de la région d'étude les concentrations des sulfates SO_4^{2-} sont très variables d'une zone à une autre. La répartition est marque une

teneur importante 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.

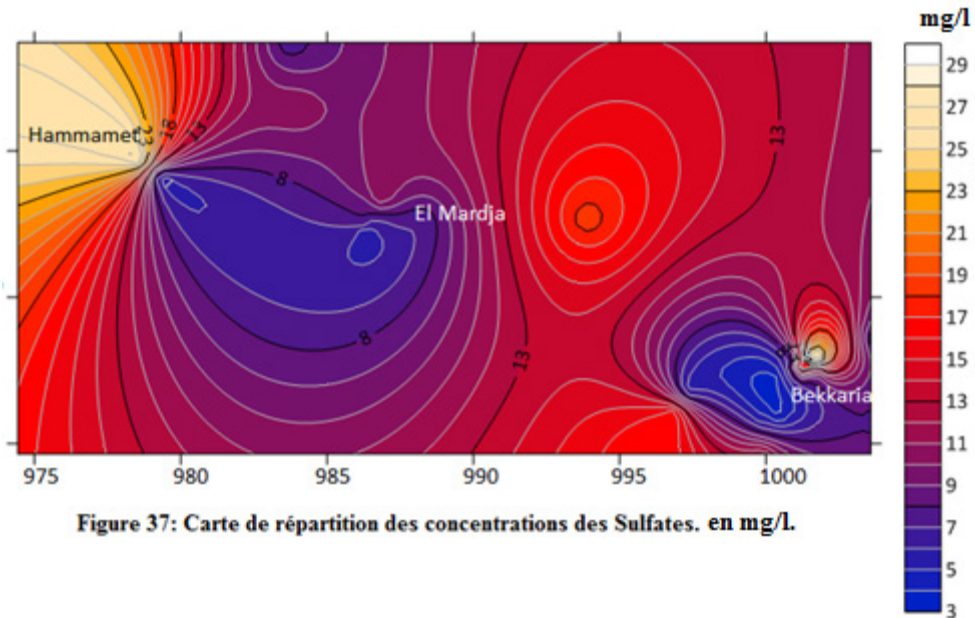


Figure 37: Carte de répartition des concentrations des Sulfates. en mg/l.

7-6-Les bicarbonates :

Des teneurs des bicarbonates sont marquées sur les bordures des calcaires dues à la dissolution des roches carbonatées par le (CO₂).

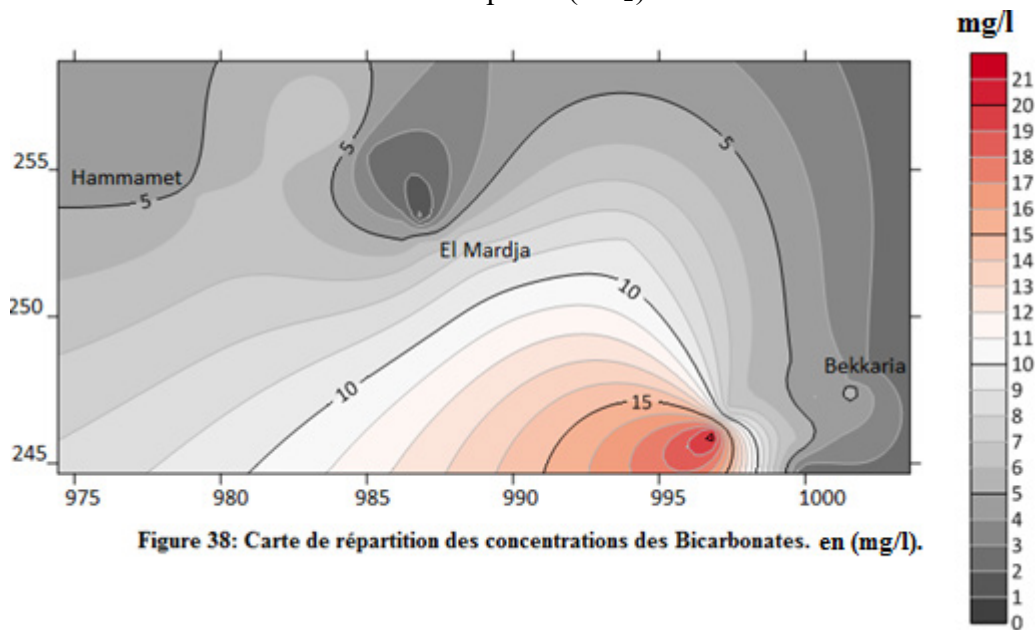


Figure 38: Carte de répartition des concentrations des Bicarbonates. en (mg/l).

8. L'évolution chimique de la région d'étude :

L'établissement de l'évolution chimique de la zone d'étude est basé sur les données de conductivité qui expriment la salinité, ainsi que dans notre étude nous avons essayé de faire l'interprétation de l'évolution des plusieurs éléments chimiques ; due à la situation actuelle on a rencontré plusieurs difficultés entre autres l'absence des données Dans le cas de Tébessa, le scénario de la salinité qui est présenté sur Les cartes des différentes interprétations des concentrations des conductivités électriques durant trois périodes 2007, 2009 et la carte de Février 2020.

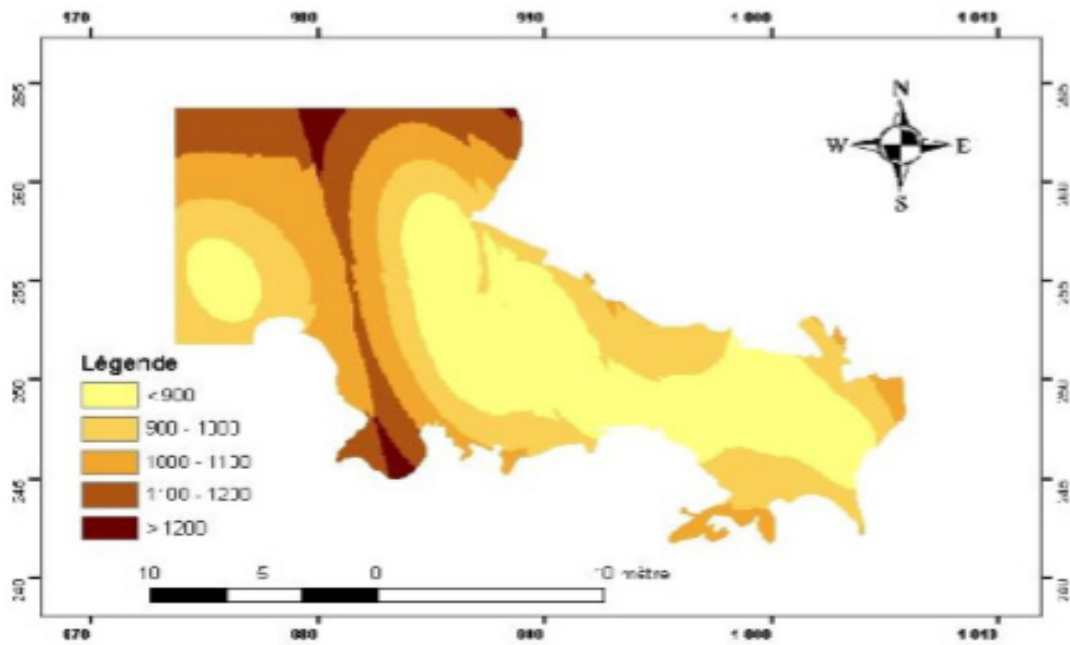
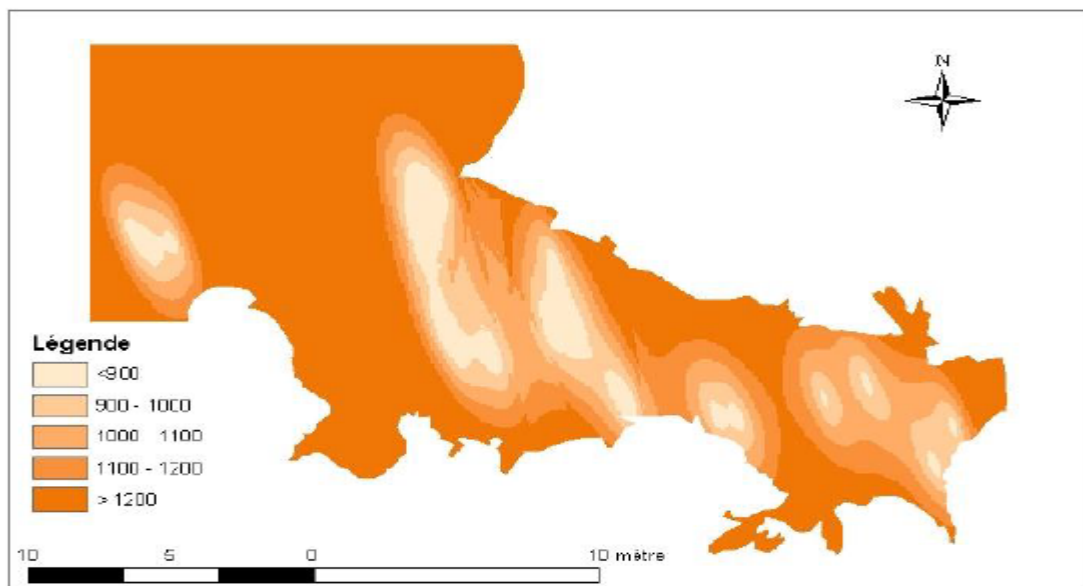


Figure 39 : Carte des écarts d'estimations de la Conductivité électrique Hautes eaux (in.



Gherieb L 2007).

Figure 40 : Carte des écarts d'estimations de la Conductivité électrique Basses eaux (in. Gherieb L 2007).

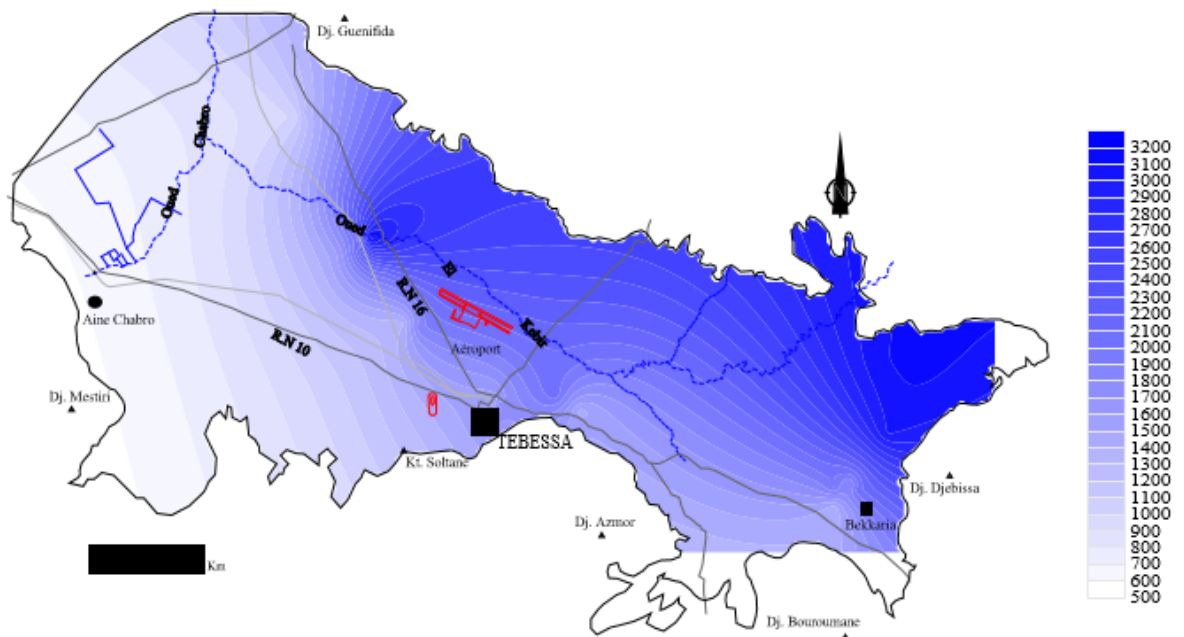


Figure 42 : Carte de répartition de la conductivité électrique de décembre.2009 (in.Bouterra M 2009).

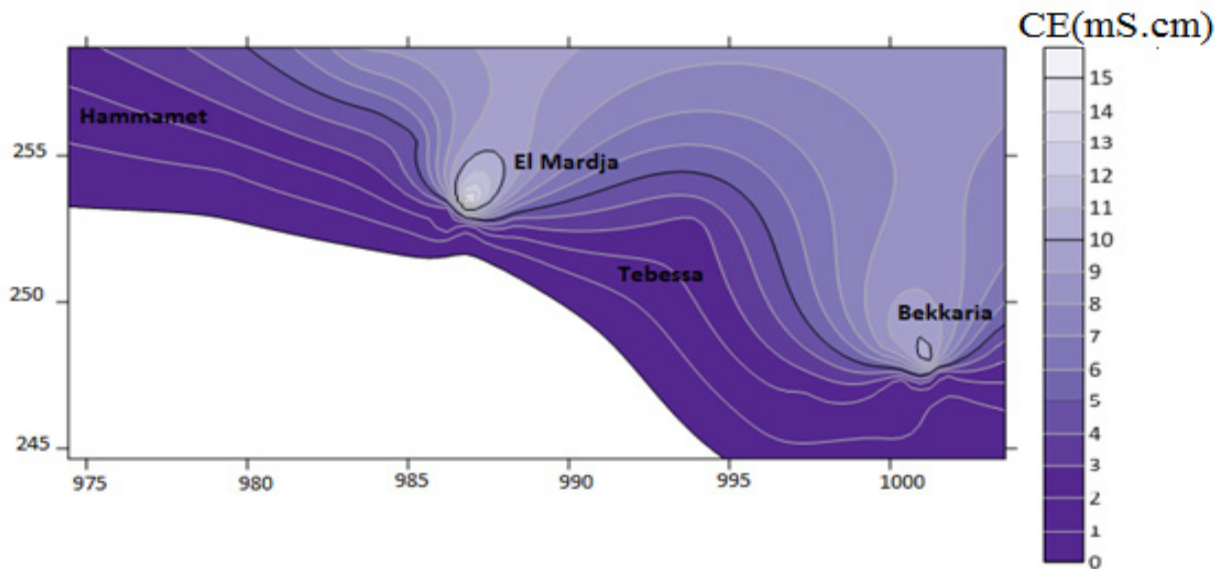


Figure 43 : la carte répartition de la conductivité électrique de Février 2020.

- Les différentes variations des conductivités électriques sont marquées sur toute la plaine durant les quatre périodes d'observation :

-La période hautes eaux de l'année 2007 (figure 39) : les fortes valeurs des conductivités sont marquées aux bordures et les moyennes sont apparait sur toute la plaine, une faible estimation sont localisées : au nord de la zone d'étude.

-La période Basses eaux de l'année 2007 (figure 40) la carte des écarts types d'estimation de la CE pour la période des basses eaux montre une nette différence sur l'ensemble de la zone d'étude où on remarque que les deux classes inférieures à 900 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et celle comprises entre 900 et 1200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et qui sont de bonne estimation sont localisées à l'Est (secteur de Djebissa) et au centre de la plaine. La classe supérieure à 1200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ avec une faible estimation se localise sur le reste de la zone d'étude et surtout sur les bordures.

-La période de décembre 2009 (figure 41): les zones de forte minéralisation sont localisées dans le secteur Est et centre de la plaine), cette situation est fortement liée aux rejets d'eaux usées, généralement caractérisés par une forte salinité, surtout au niveau des bordures Est et Nord, tandis que les faibles valeurs de minéralisation sont localisées dans la partie amont (au Ouest de la région d'étude du côté de Ain Chabro),

-La période de Février 2020 (figure 42) : Des fortes valeurs de conductivité observé sur la région El Mardja exactement sur le forage 4 (15.46 mS.cm) et Bekkaria ; et des faibles valeurs aux bordures de Tébessa et El Hammamet.

-la courbe suivant traduit clairement les différences des variations des conductivités spatiales des niveaux de la plaine a une direction S-S-est vers le N-N-ouest

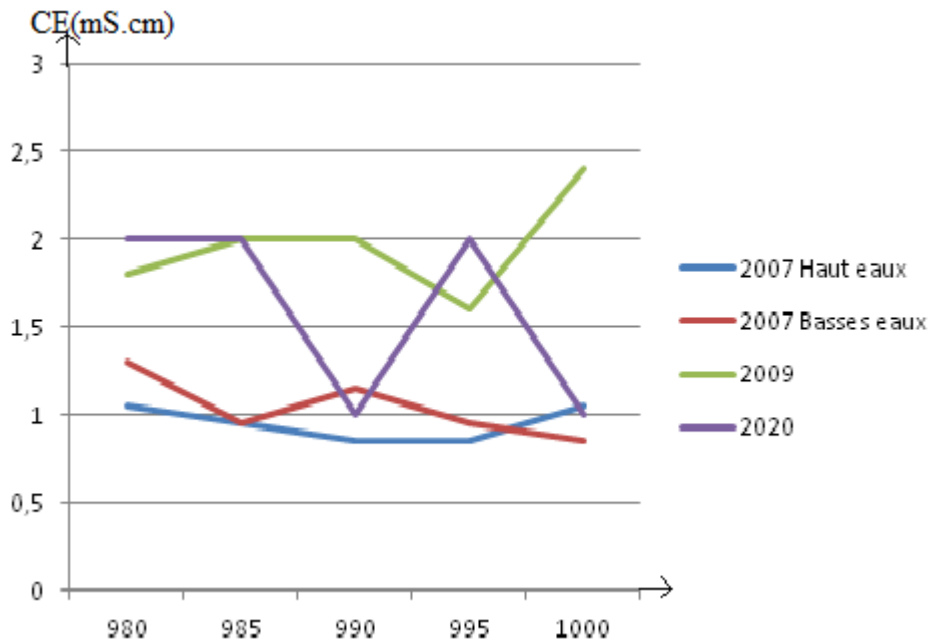


Figure 44 : La courbe d'évolution spatiale des concentrations des conductivités électriques (CE mS.cm) de la plaine Tébessa_Morssot.

9-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 celles 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.

Conclusion générale et recommandations

Conclusion général et Recommandations :

Ce travail c'est donné pour objectif l'étude de l'actualisation et l'évolution de l'hydrogéologie et l'hydrochimie de la région d'étude.

Le bassin versant de la région de Tébessa_Morssot est soumis à des conditions climatiques semi-aride (14.8) set une sécheresse aigue ce qui a appauvrit 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 de la profondeur de la surface piézométrique est faible ; ce qui facilite le contact des eaux de la surface avec les eaux souterraines et par conséquent la pollution.

L'évolution piézométrique des nappes profondes dans cette région dans le temps actuel est plus importante que les nappes superficielles sa due à les recharges et l'alimentation par les eaux de l'oued El Kébir.

Quant 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. On a remarqué que l'accroissement des concentrations se fait suivant le sens d'écoulement des eaux souterraines.

Les polluants les plus dominants sont les chlorures d'origine naturelle et artificielle, qui font aussi la cause de salinité sur la plaine.

Suite à notre étude et dans le but de trouvé des solutions on recommande :

- Il faut lutter contre la pollution entre autres les eaux usée et maitre en service la station d'épuration des eaux de Ain chabro ce qui peut permettre a remédie a la solution de ce problème.
- L'interdiction de l'irrigation par les eaux usées ou par points d'eaux au voisinage instauré les périmètres de vulnérabilité des points d'eaux.
- Réalisation d'une carte de vulnérabilité très détaillé.
- Sensibilisation des gens de l'importance de la protection de l'environnement.

Bibliographie

- Gherieb L.2007** Impact des formations triasiques sur les eaux d'une plaine en zone semi-aride CAS DE LA PLAINE Bekkaria –Tébessa (extrême Est Algérien). Mémoire de magistère Université de Badji-Mokhtar –Annaba

- Boutraa. M (2012)**.Risque de contamination des eaux souterraines par les eaux usées urbaines eu zone semi-aride. Exemple des rejets de la ville de Tébessa. Mémoire de magister. Département de la géologie de Tébessa.

- Chikha.B et Debbar (2016)**, Etude hydrogéologique région d'application de la télédétection et SIG, Mémoire de master académique université Kasdi Merbah – Ouargla

- Zerreg.S (2018)**. Impact de l'irrigation sur la qualité des eaux souterraines de la région semi-aride .Cas de la région de Tébessa. Université de Batna Mostafa Ben Boulaid.

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

- **Abbad S 2018** Ressources en eaux et leurs utilisations dans le bassin versant de l'oued Kebir-Tebessa-Ne Algérien.

- Gherieb A 2011** L'acquisition de la salinité des eaux souterraines en zone semi-aride. Cas de la nappe du bassin d'effondrement de Tébessa dans le Nord Est algérien

- Maafa.C 2017** Etude d'écoulement de surface dans quelque bassin versant et leur impact sur les réseaux routiers région de Tébessa, Chéria et Elma-Labiod

-Site Web:

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

Les annexes

Les altitudes des puits de la zone d'étude

Puits	Z
P1	795
P2	793
P3	795
P3bis	790
P4	788
P5	787
P6	788
P7	778
P8	770
P9	884
P10	883
P11	885
P12	929
P13	878
P14	877.6
P15	860
P16	869
P17	879
P18	878
P19	878
P20	863
P21	853
P22	852
P23	787
P24	795
P25	831

Annexes

Les résultats des analyses des éléments chimique

La Zone	Puits	k mg/l	Ca (mg/l)	Na (mg/l)	Cl (mg/l)	HCO3 (meq/l)	Li (ppm)	Ba (ppm)	SO4
El Mardja	P1	1.80	27,65	50,1	763,25	7,36	7	10	7.2
	P2	0.30	24,05	90,5	266,25	5,9	4,2	5	7.2
	P3	0.70	23,5	49,5	479,25	5,5	4,2	7,8	5.5
	P3bis	2.30	40,08	52,3	656,75	5,1	5,9	10	7.8
	P4	13.9	26,05	56,9	5538	0,6	41,3	44	11
	P5	9.30	25,25	>200	479,25	4,2	7	18	8.5
	P6	2.10	38,47	80,9	145,55	2,5	16	14,9	9.6
	P7	1.30	53,3	100,8	834,25	7,04	14	13	10.9
Bekkaria	P8	1.60	68,14	125,2	2014,25	5,7	28	22	7.2
	P9	11.50	10,82	170	178	2	2	12	12.9
	P10	7.60	6,41	112	479	6	4	16	8.5
	P11	13.70	48,01	146	905	3	20	36	29.5
	P12	2.060	63	42,5	310	2	20	9	7.2
	P13	6.90	66	72	1136	4	20	13	32
	P14	10.30	53	102,6	2911	5	28	44	9.4
	P15	8.80	37	195,5	2237	5	18	26	6.4
	P16	4.30	29	54,7	249	4	2	20	3.8
	P17	3.40	11	46	284	5	4	5	3.7
	P18	3.50	37	36,9	231	6	4	6	5.5
	P19	8.20	22	47,5	231	6	6	48	5.6
	P20	8.70	15	114,5	249	21	4	16	16.8
	P21	1.30	23	62,8	142	7	6	5	5.6
P22	6.70	40	112,9	231	9	7	16	18.8	
El Hammamet	P23	2.70	18	31,2	231	6	2	2	5.6
	P24	3.10	18	49,8	124	4	4	5	27.3
	P25	3.60	20	70,3	178	4	6	5	26.5

Annexes

N °	PH	CE	TDS mg /l	Salinité	T°C
P1	9	3,32	1711	1,9	18,1
P2	9,4	1557	805	0,7	18,3
P3	9,2	1814	934	0,9	18,2
P3BIS	8,9	2,82	1462	0,9	18
F4	10,4	15,46	OFL	10,2	18,1
P5	9,7	2,43	1256	1,3	18,1
P6	8,6	4,77	OFL	2,8	18,1
P7	9	5,02	OFL	3	18,1
P8	9,6	8,1	OFL	2,1	18
P9	10,5	510	263	0	17,9
P10	11,1	1858	958	0,9	17,8
P11	9,8	5,27	OFL	3,2	17,9
P12	9,5	3,77	1948	2,2	17,8
P13	9,8	5,89	OFL	3,6	18,1
P14	10	11,02	OFL	7,1	17,6
P15	9,9	8,2	OFL	5,1	18
P16	10,8	1239	640	0,5	18,2
P17	9,8	1605	828	0,7	18,2
P18	10	1286	663	0,5	17,9
P19	9,7	1391	719	0,6	17,9
P20	11,5	1736	897	0,8	17,8
P21	10	1821	940	0,9	17,7
P22	11,3	2,65	1368	1,4	17,8
P23	10,9	746	385	0,2	17,8
P24	10,3	1065	550	0,4	17,6
P25	9,7	1570	811	0,7	17,8

résultats des mesures des paramètres physique.



Les eaux d'assainissement utilisé dans l'irrigation.



Les conséquences du manque de protection des puits