



République Algérienne Démocratique et Populaire



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de Larbi Tébessa-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

Filière : Géosciences

Spécialité : Hydrogéologie

Mémoire de Master

Thème :

Etude de la variabilité du régime pluviométrique en milieu semi-aride et son impact sur les fluctuations piézométriques : Cas de la nappe superficielle de Meskiana, Nord –Est algérien.

Présenté par :

Senouci Chaima.

Iken Fatima el Zahra.

Devant le jury :

Président

Prof.

DEFAFLIA NABIL

Rapporteur

Prof.

GOUAIDIA LAYACHI.

Examineur

Dr.

GUEFAIFIA OMAR.

Année universitaire : 2021/2022



الملخص:

يعد سهل مسكيانة من أحد السهول الواقعة في الشمال الشرقي الجزائري ، حاليا هو مزود بمصادر مياه محدودة و متمثلة أساسا في المياه الجوفية ، حيث عرف هذا الأخير نموا اقتصاديا ملحوظا في السنوات سعى من خلال هذا البحث العلمي إلى دراسة تغيرات نظام تساقط الأمطار في منطقة شبه جافة و = الأخيرة . مدى تأثيرها على التغيرات البيزومترية.

سطح المياه الجوفية لسهل مسكيانة مكون من الطي الرملي الحصى مع بعض الطبقات الصلصالية . كما يتميز سهل مسكيانة بعناصر تكتونية بسيطة اتجاه العام للطيات هو جنوب-غرب.شمال شرق اما المناخ السائد في المنطقة هو المناخ شبه الجاف.

Résumé :

La plaine de Meskiana fait partie d'une série de plusieurs plaines qui se situe au Nord-Est de l'Algérie. La nappe de Meskiana est alimentée par des sources d'eau provenant des bordures limitant le bassin. Cette plaine a connu une croissance remarquable ces dernières années.

Nous visons à partir de cette recherche scientifique d'étudier la variation de régime pluviométrique en milieu semi-aride et son impact sur les fluctuations piézométriques : cas de la nappe superficielle de Meskiana Nord-Est Algérien.

La lithologie de la nappe alluviale étudiée est constituée par des alluvions sableuses, gréseuses et conglomératiques avec des passages argileux.

Abstract :

The plain of Meskiana part of series of several plains that is located in the north east of Algeria , the Meskiana aquifer is fed by water sources from the edges limiting the basin. This plain has experienced remarkable growth in recent years, we aim from this scientific research to study the variation of rainfall regime in semi arid environment and this impact on piezometric fluctuation ; case of the surface aquifer of Meskiana north east algeria.

The lithology of sandy sandstone and conglomerate alluvium with clay passages.

Remerciements

Tous d'abord nous tenons à remercier le bon Dieu tout puissant et miséricordieux de nous avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.

Nous exprimons nos profondes gratitude et respectueuses reconnaissances à notre encadrant Prof Gouaidia Layachi pour son encadrement, conseils et sacrifices afin de donner le meilleur et pour son suivi durant la période de préparation de notre mémoire d'afin d'étude.

Nos remerciements vont aux membres du jury : monsieur Dr Guefaifia Omar et monsieur Prof Defafia Nabil qui nous ont fait l'honneur d'accepter de jurer notre travail.

Nous adressons nos sincères remerciements à tous les professeurs de département de sciences de la terre, surtout monsieur Fehdi Chamese edine, qui par leurs conseils et leurs efforts durant toutes les années de notre cursus nous sommes là, vraiment un grand remerciement pour leur qualité d'enseignement qui nous a été dispensé.

Nous s'adresse également nous plus vifs remerciements à tous mes collègues de promotion (2ème année Master hydrogéologie 2022) pour leur soutien et leur encouragement.

Chaima , fatima



Dédicace

En témoignage d'amour et d'affection, je dédie ce modeste travail avec une grande fierté à tous ceux qui me sont chers :

**Ma très chère mère qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie.*

Mon chère frère **Marouane et ma belle-sœur **Khaoula** puisse Dieu vous donner santé, bonheur et réussite.*

Ma belle cousine **Imen et son marié **Rafiq** qui m'a aidée moralement mon modèle merci pour tous ce que tu me donne.*

** Ma cher binôme **Fatima** ma deuxième sœur que dieu vous protège je souhaite à vous plaine de succès bonheur et réussite.*

*A tous ce qui ont enseigné moi au long de ma vie universitaire surtout monsieur **Fehdi Chames Eddine** pour leur aide et encouragement.*

*A toute mes chères ami (e)s : **Aya, Amina, Ghaida, Hddjer et Yasmine** .Merci de votre présence, soutien et de m'avoir encouragée à aller plus loin.*

و اخيرا نهدى هذا العمل لروح الفقيد الزميلين بو علي جابر و صحوي ابراهيم رحمهما الله.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à mes plus chers êtres au monde :

À mes chers parents : ma mère et mon père pour leur amour.

Et pour leur soutien durant toutes les étapes de ma vie. J'espère qu'un jour, je pourrai leur rendre un peu de ce qu'ils ont fait pour moi, que Dieu leur prête tout le bonheur.

*À mon chère frère **Abdou** et mes belles sœurs **Khadija et Maïssoun** Pour leurs encouragements.*

*À mon chère et belle binôme : **Chaïma** je te souhaite une vie pleine de succès, une bonne santé merci pour tout ce que tu fais pour moi pendant ces années.*

*À mes chères amis et mes sœurs **Aya , Rachida, Amani** pour leur encouragement, amour, et leur vrai amitié.*

À tous ce qui ont enseigné moi au long de ma vie universitaire surtout monsieur Fehdi chames Eddine pour leur aide et encouragement.

Merci de votre présence, soutien et de m'avoir encouragée à aller plus loin.

و اخيرا نهدي هذا العمل لروح الفقيدين الزميلين بو علي جابر و صحوي ابراهيم رحمهما الله

Liste des tableaux

N	TITRES	P
Tab 01	Caractérisation morphologiques du bassin versant de l'oued Meskiana.	06
Tab 02	Indice d'aridité mensuel (I) à la station de Meskiana.	26
Tab 03	Bilan hydrique à la station de Meskiana	32
Tab 04	Les classes de sécheresse d'humidité selon l'ISP à la station de Meskiana.	49
Tab 05	Position des forages.	50

Listes des figures

N	TITRES	P
Figure 01	Situation géographique du bassin de Meskiana. (Thèse Gouaidia 2008).	04
Figure 02	le cours d'eau principal qui alimente Meskiana (partie avale du l'oued (Meskiana 2008)	05
Figure03	Carte géologique schématique du bassin de l'oued Meskiana. (Thèse Gouaidia 2008)	09
Figure04	Coupe géologique dans le bassin de Meskiana. (Thèse Gouaidia2008)	13
Figure 05	Schéma lithostratigraphique des formations géologiques.(Thèse Gouaidia2008).	15
Figure 06	Esquisse tectonique de la région de Meskiana .J.M(1980).(Thèse Gouaidia2008).	17
Figure 07	Carte de position des profils de sondage électriques.(Thèse Gouaidia 2008).	20
Figure 08.1	Coupes géo-électrique du profils B.(Thèse Gouaidia 2008).	22
Figure 08.2	Coupes géo-électrique des profils E et H.(Thèse Gouaidia 2088).	22
Figure 09	Abaque de l'indice d'aridité de DE. Martonne	26
Figure 10	Variation des températures moyennes mensuelles (1997/1998-2017/2018).(Im.Site Web.NASA).	27
Figure 11	Evolution de la température moyenne annuelle à la station de Tébessa la période (1997/1998-2017/2018).	28
Figure 12	Evolution de la précipitation moyenne annuelle à la station de Meskiana pour la période (1998/199-2018/2019).	29
Figure 13	Variation des précipitations moyennes mensuelles à la station Meskiana pour la période (1998/1999-2018/2019).	29
Figure 14	Carte piézométrique de la nappe de Meskiana, mars 2017.	37
Figure 15	Carte des conditions aux limites de la nappe de la plaine de Meskiana.	39
Figure 16	Graphe de l'indice de l'écart à la moyenne (EM)	45
Figure 17	Graphe de rapport à la normale des précipitations (RN).	46

Figure 18	Graphe de l'indice de déficit pluviométrique.	48
-----------	---	----

Suite tableaux :

Figure 19	Graphe de l'indice de précipitations standardisé (SPI) à la station de Meskiana.	49
Figure 20	Variation des niveaux piézométriques des forages (Avril 1987-juillet 2017)	50
Figure 21	Graphe de la piézométrie et pluviométrie des puits (Mars 1989 –Janvier 2019)	52
Figure 22	L'évolution du niveau piézométrique de la nappe de Meskiana pendant la période d'observation (Mars 1986-janvier2019).	53
Figure 23	Etat piézométrique de la nappe Meskiana en mars 1986.	55
Figure 24	Etat piézométrique de la nappe de Meskiana en janvier 2019.	56

Table de matières

Introduction générale.	01
Cadre Général :	
I. Situation hydrographique.	04
II. Réseau hydrographique.	05
III. Paramètres morphologiques.	05
IV. Activités économiques.	06
V. Couverture végétale et végétation.	06
Chapitre I : Géologie	
I. Géologie.	08
I.1.Introduction.	08
I.2.Description lithologique des formations.	08
I.2.1 : Trias.	08
I.2.2 : Crétacé.	09
Aptien.	09
Albien et cénomanien inférieur.	09
Cénomanien moyen et inférieur.	10
Turonien.	10
Emschérien (conicien ; santonien).	10
Campanien.	10

Maestrichtien.	11
I.2.3 : Paléogène.	11
Paléocène.	11
Eocène.	11
I.2.4 : Néogène.	12
Miocène.	12
I.2.5 : Quaternaire.	12
Villafranchien.	12
Glacés polygéniques nappant les reliefs.	12
Alluvions actuelles et récentes.	12
I.3.Hydrogéologie et Stratigraphie	14
A : formations perméables.	14
B : formations imperméables.	14
I.4.Géomorphologie.	16
A : la topographie.	16
B : la plaine.	16
I.5.Aperçu tectonique.	16
Conclusion	18
Chapitre II : Géophysique.	
I : Introduction.	20

I.1 Prospection électrique.	21
I. 1.Interprétation des résultats de la prospection électrique.	21
I.2 Apport de la prospection électrique.	21
I.3 Apport des forages mécaniques.	22
Conclusion.	23
Chapitre III : hydroclimatologie	
I. Introduction	25
II. Caractéristique de climat	25
1. Indice d'aridité mensuelle	25
2. Etudes des facteurs climatiques	25
1. Température	27
A .Variation des températures moyennes mensuelles	27
B. variation des températures moyennes annuelles .	27
2. Précipitations	28
A. Variation interannuelle des précipitations.	28
B. variation des précipitation moyennes mensuelles .	29
IV.Estimation de l'évaporation	30
1. Introduction.	30
A. Évapotranspiration réelle (ETR)	30
B. Évapotranspiration potentielle (ETP).	31

Commentaire sur le bilan hydrologique .	33
Conclusion .	34
Chapitre IV : Hydrogéologie.	
I. Introduction.	36
II. Géométrie de l'aquifère.	36
III. Piézométrie.	36
1. Etude piézométrique.	36
2. Interprétation des cartes piézométriques.	37
IV. Conditions aux limites.	38
V. Etude des caractéristiques hydrodynamique .	39
A. Le coefficient d'emmagasinement.	39
B. La transmissivité	39
C. La perméabilité.	39
D. Détermination de la transmissivité .	39
a. Méthode de JACOOB .	40
b. Méthode de la remonté de Theis JACoOB.	41
Conclusion	42
Partie spéciale	
I. Introduction .	44
II. Acquisition et traitement de données pluviométrique .	44
1. Indice de l'écart à la moyenne .	45

Table de matières

2. Indice de rapport à la moyenne des précipitation .	46
3. Indice de déficit pluviométrique .	47
4. Indice de précipitation standradisé ISP .	48
III. Mesure et interprétation des variation du niveau piézométrique .	50
1. Variation piézométrique des forages .	50
2. Variation piézométrique des puits .	52
Conclusion	57
Conclusion générale	59
Références	62
annexes	

Liste des symboles

ANRH : Agence nationale des ressources hydriques.

DA : Déficit Agricole (mm).

Da : Densité apparente du sol.

ETP : Evapotranspiration potentielle (mm)

ETR : Evapotranspiration Réelle (mm)

EX : Excédent en eau du sol (mm)

I : Indice d'aridité

I : Infiltration de l'eau dans le sol (mm).

K : Perméabilité (m/s).


P : Précipitations (mm).

R : Ruissellement (mm).

RFU : Réserve Facilement Utilisable (mm).

T : Température (°C).

T : Transmissivité (m^2/s).



Introduction
Générale

I. Introduction :

L'importance de l'eau en tant que support de vie et de facteur régulateur du développement d'un pays est universellement reconnue. Elle est nécessaire de la quantifier et de la gérer aussi rigoureusement que possible. L'eau est importante pour d'innombrables activités humaines. Elle peut être rare dans certains endroits comme les zones arides et semi-arides, l'augmentation de la demande en eau pour les activités humaines accentuera les contraintes sur cette ressource aussi les facteurs naturels comme la sécheresse ont un effet sur l'approvisionnement en eau potable et sa distribution.

Les bassins versants de l'Algérie en général, et le bassin versant du Meskiana en particulier, souffrent d'un manque d'eau. Les différents aménagements hydriques réalisés jusqu'à maintenant sont des progrès incomplets car ils ont été confrontés aux problèmes liés aux conditions naturelles. La nappe de Meskiana est influencée par plusieurs facteurs sont :

- ❖ Conditions climatiques : milieu semi-aride.
- ❖ La lithologie qui est caractérisée par les formations triasiques, évaporitique.
- ❖ La surexploitation aléatoire de la nappe.

Quelques études sont réalisées sur la plaine de Meskiana (thèses de doctorat, mémoires d'ingénieur, mémoire de Master). La plaine de Meskiana se caractérise par un climat semi-aride très sévère qui provoque une forte évapotranspiration. Les eaux souterraines se caractérisent par une salinité importante qui pourrait engendrer la salinisation des sols lors de l'irrigation. Ce phénomène commence à prendre de l'ampleur suite à la sécheresse qui perdure depuis de quelques décennies combinées, notamment, quand l'Oued de Meskiana se trouve à sec.

Dans cette étude nous allons essayer de mieux comprendre la variabilité de régime pluviométrique en milieu semi-aride et son impact sur les fluctuations piézométriques de la nappe.

Le programme d'action pour la réalisation de ce travail doit répondre aux préoccupations suivantes :

Quel est l'état actuel de la nappe de Meskiana ?

Quel est l'impact du manque de la pluviométrie sur la variation du niveau piézométrique de Meskiana ?

Pour concrétiser ce programme de travail, un suivi piézométrique de nappe a été effectué sur une longue période (basses et hautes eaux).

Nous avons utilisé des logiciels comme Excel et Surfer ont a aussi utilisé la cartographie

Nos travaux sont illustrés dans les différents chapitres qui constituent la structure de ce mémoire.

- Premièrement le cadre général de notre région d'étude (situation géographique, le réseau hydrographique, activités économiques, et couverture végétale).
- Le premier chapitre présente la géologie : une description lithologique des formations, stratigraphie, la géomorphologie. Aperçu tectonique et hydrogéologie.
- Le deuxième chapitre est réservé pour reconnaissance géophysique : la prospection électrique, interprétation des résultats de la prospection électrique, apport de la prospection électrique, Apport des forages mécaniques.
- Le troisième chapitre illustre l'hydroclimatologie de la région : les paramètres hydroclimatologiques.
- Le quatrième chapitre concerne l'hydrogéologie : la géométrie de l'aquifère et son hydrodynamique.
- Le cinquième concerne la partie les spéciaux.
- Une conclusion générale suivie de quelques recommandations.



Cadre Général

I. Situation géographique :

Le bassin de Meskiana qui fait l'objet de la présente étude se situe au Nord –Est du territoire algérien à mi-chemin entre la méditerranée et le début du domaine saharien, ce qui lui confère un climat caractérisé par un régime climatique semi-aride où les précipitations moyennes interannuelles enregistrées ne dépassent pas 350 mm. Sa superficie est de 1722 km². Ce bassin héberge les agglomérations de Bellala, Dalâa, Meskiana, Rehia et Zebar, pour une population de plus 14500 habitants, selon un recensement fait en 2020.

Les limites géographiques du bassin de Meskiana sont présentées comme suit :

- Limite Nord : Argoub El Mnachirr, et, et Djebel Masloulou et Djebel Khannaga.
- Limite Nord-Ouest : Djebel Ahmar Djebel Chettaya, Djebel Bou Thokhma.
- Limite Nord-Est : Djebel Belkfif.
- Limite Sud-Est : Djebel Gouriguer, Djebel Es Stih, et Djebel Khemalal
- Limite Sud-Ouest : Djebel Boutoukhma et Chott Esbikha.

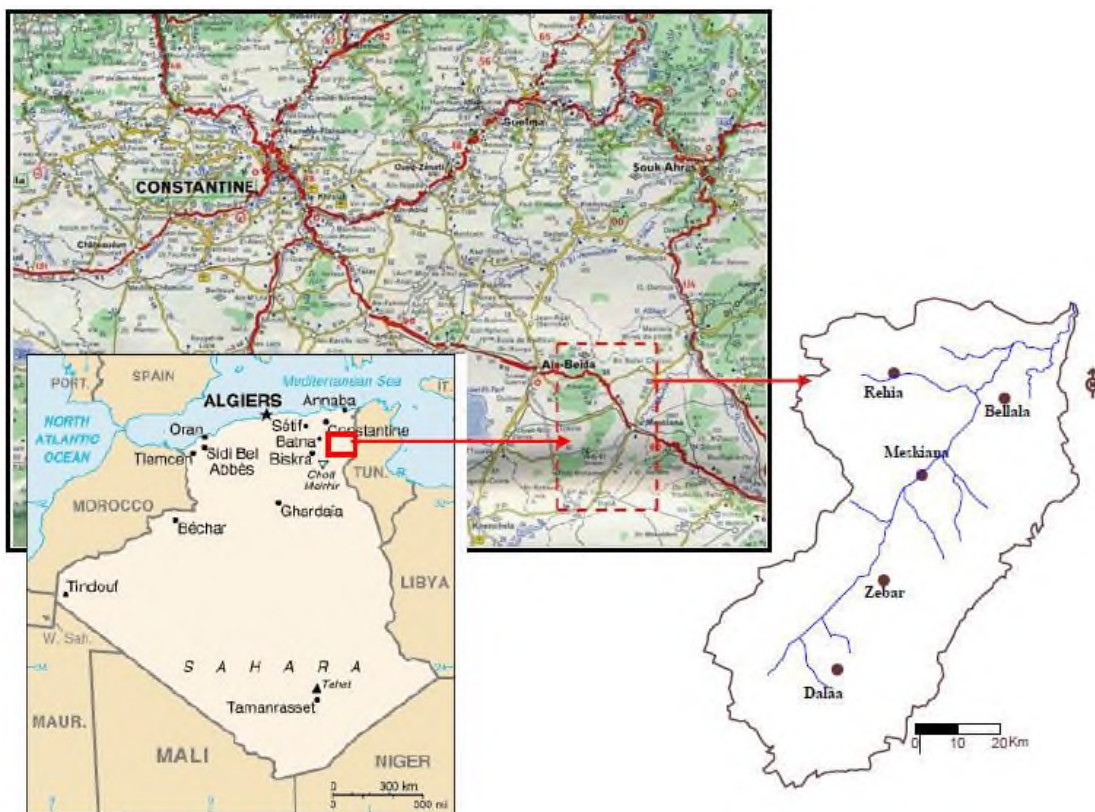


Figure 01 : Situation géographique du bassin de Meskiana.

II. Réseau hydrographique :

Le réseau hydrographique est l'ensemble d'affluents dont leur rôle est d'assurer l'écoulement de tous les courants du ruissellement de surface vers l'exutoire du bassin. Le bassin versant de Meskiana est traversé par un seul cours d'eau principal qui est l'oued Meskiana. Il est considéré comme un collecteur des eaux de ruissellement qui affluent sur ses deux rives.

- Sur la rive droite, les principaux affluents (temporaires) prenant naissance à partir des montagnes et se déversant dans l'Oued Meskiana sont : l'Oued Rbâa, l'Oued Hmadjra, l'Oued Smar El Houd et l'Oued El Mallah.
- Sur la rive gauche, on compte l'Oued Djédida et l'Oued Ain Sedjra.



Figure 02 : le cours d'eau principal qui alimente Meskiana (partie aval de l'oued (Meskiana)).

III. Paramètres morphométriques :

En se basant sur l'assemblage des cartes topographiques au 1/50000 (Dalâa feuille n° 204, Meskiana feuille n°177, El Aouinet feuille n° 150, Youkous Les Bains feuille n°205, F'kirina feuille n° 176 et Ain Beida feuille n° 149), on a pu délimiter le bassin versant de l'Oued Meskiana, dont les caractéristiques morphométriques se résument dans le tableau 01 :

Tableau 01 : Caractéristiques morphométriques du bassin versant de l'Oued Meskiana.

Superficie (km ²)	Périmètre (km)	Indice de compacité	Dénivelé global (m)	Indice de Pente de Roche	Longueur du Rectangle Équivalent (km)	Largeur du Rectangle Équivalent (km)
1722	217.25	1.48	440	0.08	89.4	18.85

IV. Activités économiques :

La plaine de Meskiana appartient aux haut plateaux orientaux à un domaine subsaharien qui bénéficie d'un climat semi-aride avec une faible pluviométrie explique la pauvreté de la couverture végétale. Les agglomérations n'ont été dotées d'aucune infrastructure industrielle, à l'exception d'une usine de laines et textiles actuellement à l'arrêt, alors que l'agriculture et l'élevage se sont bien développés, En fait, cette région appartient, d'un point de vue écologique, aux plaines céréalières intérieures de l'Est. Algérien.

- Ces dernières années, le secteur de l'agriculture et de l'élevage a connu un épanouissement important suite au lancement des programmes de PNDA en 2000 et celui du FNRDA en 2001. Ces programmes ont provoqué l'extension des terres irriguées et multiplié les cycles cultureux, ce qui a engendré une surexploitation de la ressource.

V. Couvert végétal et végétation :

Les plantes jouent un rôle important dans la protection du sol, et cette relation directe se manifeste en minimisant l'effet de l'érosion des tissus. En revanche, la végétation dont l'activité est très complexe interfère efficacement avec des facteurs climatiques tels que :

L'équilibre hydrique par évaporation ainsi que l'infiltration. Son rôle est plus important surtout dans la zone à forte pente, ce qui réduit l'effet des pluies intense en protégeant le sol contre l'érosion ce qui réduit les sédiments dans les cours d'eau.



Chapitre I :
Géologie

I. Géologie :

I.1. Introduction :

La carte géologique du bassin versant de Meskiana est un assemblage de 9 cartes géologiques : J.M. VILA (1977) qui a réalisé la carte de Dalâa, la carte de F'kirina, la carte d'Ain Beida au 1/50000, D.KUSCER et al. (1985), qui ont réalisé la carte de Meskiana au 1/50000 et S. DOZET (1985), qui a réalisé la carte d'El Aouinet au 1/50000. La zone Nord-Est, qui fait partie de la carte de Youks-Les Bains, a été cartographiée par W.M. KOWALSKI (2002).

Ces travaux sur le bassin de Meskiana ont montré qu'il s'agit des terrains sédimentaires Autochtones Nord-Aurasiens (J.M. VILA, 1980) qui se trouvent dans la partie orientale des hautes plaines constantinoises. Les bordures sont des formations carbonatées d'âge crétacé et la plaine et d'une formation détritique d'âge plio-quadernaire. Ces formations sont constituées de :

- Terrains anciens représentés par le Trias à faciès lagunaire, apparaissant en diapirs.
- Très importantes assises calcaires d'âge crétacé (Aptien et Maestrichtien) formées de marnes et du calcaire.
- Des grès et des calcaires gréseux marins formant la base du Miocène.
- Divers recouvrements continentaux représentant le Mio-Plio-Quadernaire.

I.2. Description lithologique des formations :

I.2.1. Trias :

Le Trias est représenté par des masses chaotiques sans stratification (J.M. VILA, 1977), dans lesquelles divers éléments sont reconnaissables tels que des cargneules jaunâtres, des dolomies noires, des calcaires, des gypses marneux et fibreux. Tous ces éléments sont couverts par des argilites vertes, marquant ainsi le Trias du constantinois. Ces roches triasiques forment des diapirs, qui sont partout en contact anormal avec les couches plus récentes. :

- Au Nord, à proximité d'El Aouinet, au niveau de Mesloula, Argoub Ez Zitoun et Argoub El Houra, le Trias se trouve en contact anormal avec les récifs albo-aptiens.
- Au Nord-Est (Djebel Belkefif), le Trias est en contact anormal avec les mêmes récifs et également avec le Cénomaniens et le Turonien.

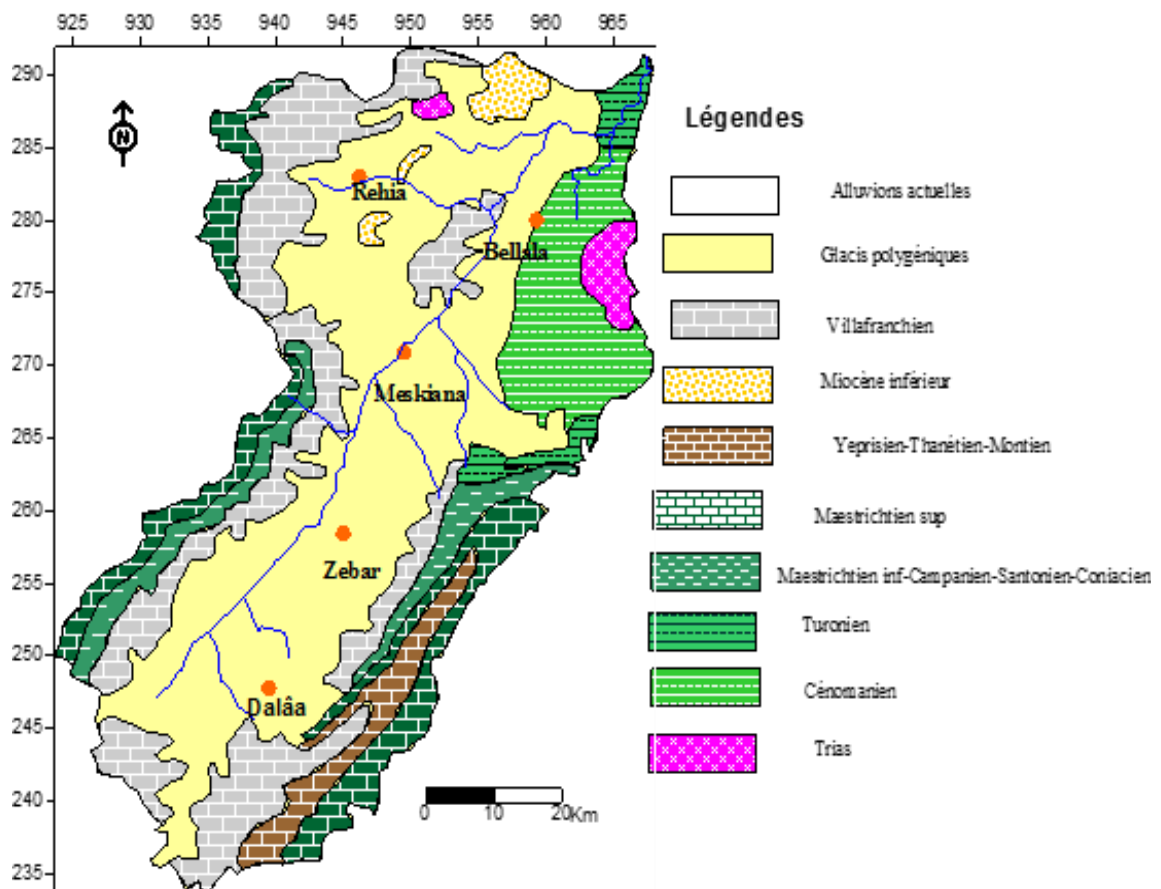


Figure 03 : Carte géologique schématique du bassin de l'oued Meskiana (thèse Gouaidia 2008).

I.2.2. Crétacé :

Aptien :

Il s'agit de formations de dimensions assez réduites affleurant au Nord, qui sont en contact anormal avec des pointements triasiques, au niveau de Mesloul, Djebel Belkefif, Argoub Ez Zitoun et Kodiat El Hadjel. Ces formations sont représentées par des assises carbonatées qui sont recouvertes par le Miocène. Les formations aptiennes comprennent deux faciès :

- Le premier marno-calcaro-gréseux d'où on rencontre des marnes jaunâtres et verdâtres des calcaires gris à orbitolines et des grès quartzeux jaunes.
- Le second à calcaires récifaux (DOZET, 1985) des calcaires gris à grains fins, des calcaires à Huîtres, des calcaires à Orbitolines, des calcaires coralliaires, des calcaires bréchiques, des calcaires oolithiques et des dolomies.

Albien et Cénomaniens inférieurs :

Ces formations sont observées au Djebel Belkefif et à Mesloula avec des épaisseurs très réduites n'excédant pas 100 m. L'Albien et le Cénomaniens inférieurs sont représentés par des calcaires noirs.

Cénomaniens moyens et inférieurs :

Cet étage se présente à la limite Nord-Est de la plaine (région de Bellala) sous forme d'une série très puissante dont l'épaisseur varie de 600 m à 1000 m. Cette série est formée de marnes argileuses grises à verdâtres et parfois jaunâtres. Elle comprend des intercalations de marnes grises et gris claires et des marno-calcaires.

Le Cénomaniens inférieurs est caractérisé par la présence de fossiles de foraminifères, et le Cénomaniens supérieurs renferme des Lumachelles, des Huîtres, des Lamellibranches, des Gastéropodes, des Oursins et des Ammonites.

Turonien :

Il est observé au Nord-Est à Douar El Machtab et est représenté par :

- Turonien basal qui est formé d'une série épaisse de marnes grises, des marnes calcaires en plaquettes, des marno-calcaires, des calcaires marneux brunâtres avec une épaisseur pouvant atteindre 270 m.
- Turonien moyen et supérieur : sont représentés par des marnes beiges à grises, qui alternent avec des calcaires zoogènes noduleux.

Emschérien (Coniacien – Santonien) :

Le long des bordures Est et Ouest, l'Emschérien se présente par :

- Le Coniacien qui est formé par des alternances de marnes beiges ou grises et des calcaires gris bio détritiques et grumeleux. L'épaisseur du Coniacien est de 90 m.
- Le Santonien se compose de marnes grises et de calcaires marneux à Inocérames avec une épaisseur d'environ 100 m.

Campanien :

Il affleure sur les deux bordures occidentales à Djebel Bou Thokma, et orientale à Djebel Gourigueur.

- Le Campanien inférieur : à sa base, se présente par une unité lithologique de couches marneuses composées essentiellement de marnes argileuses. Cette dernière est d'une puissance de 100 m. Le sommet du Campanien inférieur est représenté par une unité lithologique la plus caractéristique et la plus marquante du Campanien, qui se compose de calcaires crayeux gris et biomicrites, bien stratifiée avec de nombreuses intercalations de marnes. Des empreintes d'Inocérames sont renfermées dans ces calcaires et ces marnes. Les couches constituant le sommet du Campanien inférieur ont une épaisseur qui varie de 45 m à 100 m.
- Le Campanien supérieur : dans la partie inférieure, sur une puissance de 25 m, alternent des couches de marnes calcaires et de marnes. Ces dernières sont surmontées par une série d'environ 130 m d'épaisseur constituée de marnes argileuses gris verdâtres

Maestrichtien :

Les calcaires maestrichtiens forment les monts du Djebel Gourigueur, Djebel Bou Tokhma et Djebel Garne Lahmar. Le Maestrichtien inférieur est marqué par une dominance marneuse où la série ne dépasse pas 40 m d'épaisseur. Le Maestrichtien supérieur est représenté par une formation calcaire.

I.2.3. Paléogène :

Paléocène :

Il est observé seulement à la limite orientale, entre Djebel Guerigueur et Djebel Serdies. Il est représenté par une série de 50 m d'épaisseur, constituée de marnes gris foncées qui sont parfois argileuses.

Eocène :

Il a été reconnu sur les flancs Est et Ouest du vaste anticlinal de Meskiana, notamment à Djebel Gourigueur et au synclinal de Ain Dalâa. Il est caractérisé par :

- Des formations montiennes composées de marne gris -verdâtre, constituant la base de l'Eocène.
- Des formations thanétio-yprésiennes qui se disposent au-dessus des formations précédentes. Elles se composent d'alternances de marnes gris -beiges et de biomicrites finement gréseuses et noduleuses et en bancs décimétriques.

1.2.4 Néogène :

Miocène :

Les affleurements du Miocène sont de dimensions réduites et se répartissent dans la partie Nord de la plaine surtout à Mesloula, Argoub El Manchar, Argoub Ez Zitoun, Kodiat El Agab, Kodiat Rehia et Kodiat Naga.

- Le Miocène inférieur est représenté par des conglomérats avec des galets de calcaires maestrichtiens à ciment sableux.
- Le Miocène supérieur est représenté par le Tortonien qui affleure particulièrement à Kodiat Mami. Il est marqué par une série de couches épaisses, constituées de grès quartzeux mal cimenté à grains grossiers

1.2.5 Quaternaire

Villafranchien

L'aspect le plus fréquemment rencontré est celui des croûtes calcaires massives et blanches. Ces formations perchées par rapport aux surfaces précédentes sont faciles à repérer probablement karstifiées ou dissoutes. Ces faciès représentent habituellement le Villafranchien.

Glacis polygéniques nappant les reliefs :

Ces glacis s'étendent sur de grandes surfaces de la plaine en pente douce, ils recouvrent le cycle antérieur de glacis, qui est facile à reconnaître car il est constitué de croûtes calcaires massives.

Alluvions actuelles et récentes :

Ces alluvions ont une extension limitée à la vallée de Meskiana. Elles sont constituées de limons fins, de sables fins, de graviers et d'alluvions argileuses qui se déposent des deux côtés de l'Oued Meskiana.

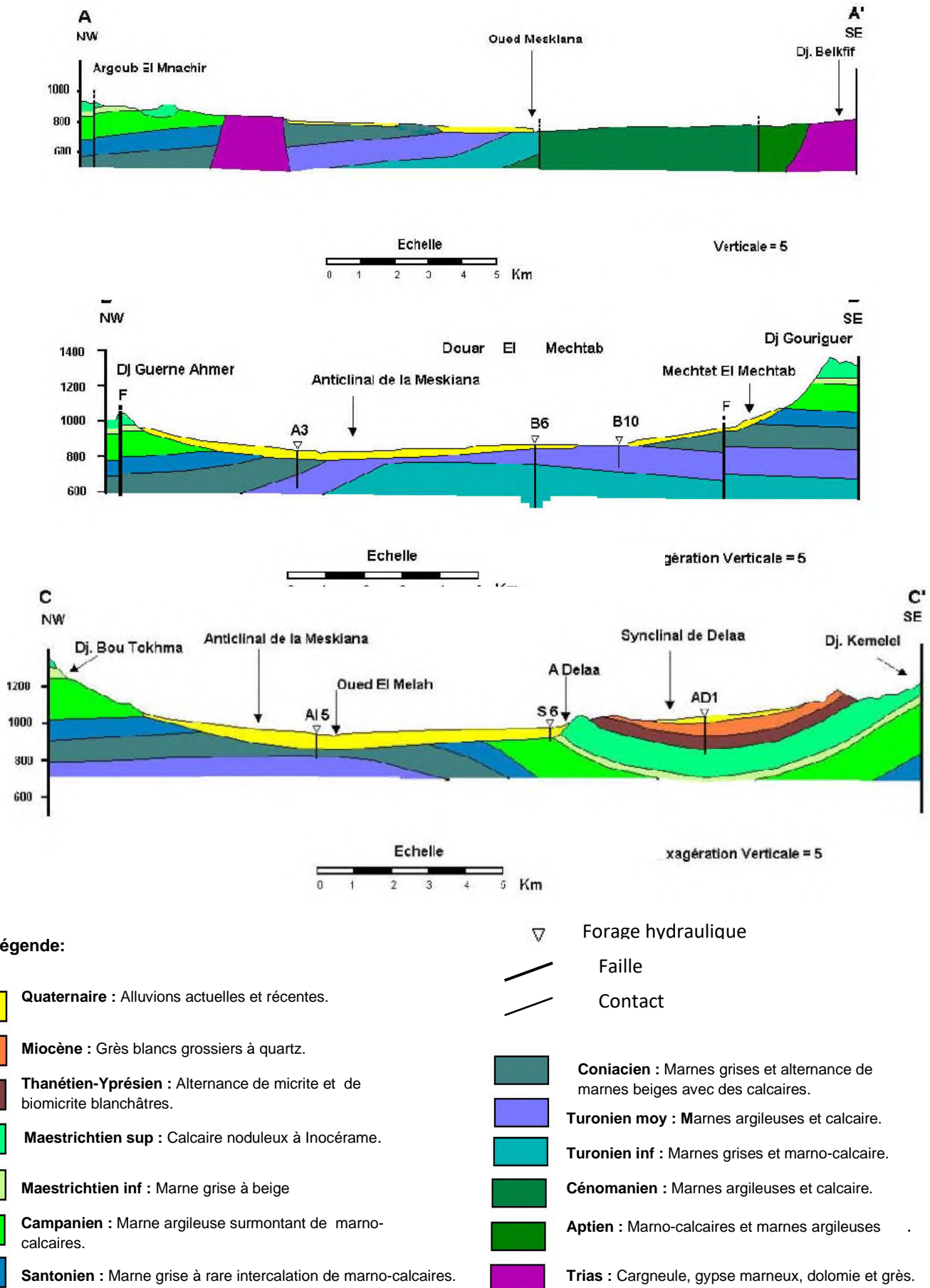


Figure 04 : Coupes géologiques dans le bassin de Meskiana.

I. 3 Hydrogéologie et stratigraphie :

D'après l'examen de la série litho stratigraphique décrite plus bas on se permet d'identifier quelques formations perméables susceptibles d'être aquifères, présentant un intérêt hydrogéologique, et d'autres imperméables pouvant jouer le rôle de substratum imperméable :

A. Formations perméables :

On peut citer :

- Les calcaires turoniens.
- Les calcaires du Maestrichtien supérieur.
- Les calcaires de l'Eocène, qui constituent le synclinal perché de Zoui- Ain Dalâa.
- Les formations plio-quaternaires qui sont très perméables et se rapprochent progressivement de la surface du sol du Sud-Ouest au Nord-Est, suite à la remontée du substratum.

B. Formations imperméables :

On peut citer :

- Les marnes aptiennes-albiennes.
- Les marnes cénomaniennes.
- Les marnes genschériennes.
- Les marnes campaniennes.
- Les marnes du Maestrichtien inférieur.
- Les marnes montiennes.

	Etage	Epaisseur (m)	Lithostratigraphie	Lithologie
QUATERNAIRE	Quaternaire			Limons gris et des graviers
				Croûtes rosâtres feuilletées
				Croûtes calcaires blanches
NEOGENE	Tortonien- Langhien	60		Grès blancs grossiers à quartz
PALEOCEN	Thanétien- Yprésien	200		Alternances de micrites décimétriques gris-blanchâtres et biomicrites décimétriques ou métriques blanchâtres.
	Montien	70		Marnes grises verdâtres
CRETACE	Maestrichtien sup	150		Calcaires noduleux ocres avec quelques nodules de silex de couleur blanchâtre.
	Maestrichtien inf	50		Marnes gris-beiges.
	Campanien	230		Marnes noires Marnes et micrites
	Santonien	100		Marnes grises ou beiges à rares intercalations marno-calcaires.
	Coniacien	150		Marnes grises et alternances de marnes beiges et calcaires gris.
	Turonien moy et sup	150		Alternances de marnes grises à beiges et calcaires zoogènes noduleux.
	Turonien inf	200		Marnes grises ou noires avec des intercalations de marno-calcaires blanchâtres.
	Cénomaniens sup et moy	800		Marnes argileuses à plaquettes de calcites et rares intercalations de marnes, de marno-calcaires et de calcaires.
	Albien et Cénomaniens inf	55		Calcaires et marnes argileuses noires
Aptien	10		Marnes grises, biomicrites et dolomies.	
TRIAS	Trias			Cargneules jaunâtres, dolomies noires, grès, gypses mameux et gypses fibreux.

Figure 05 : Schéma lithostratigraphique des formations géologiques du bassin de Meski ana.

I. 4 Géomorphologie :

A. La topographie :

En se basant sur l'assemblage des cartes topographiques au 1/50000 (Meskiana feuille n°177, El Aouinet feuille n°150), on a pu délimiter le bassin versant de l'Oued Meskiana. On y trouve : Le sol squelettique, sol argileux calcaire.

B. La plaine :

Le bassin versant de l'Oued Meskiana est généralement formé par : des massifs de bordures limitant la plaine, d'une vallée se situant en bordure Nord d'un anticlinal crétacé. En général, les sols des régions à climat semi-aride sont caractérisés par :

- La présence d'accumulation calcaire réduisant la profondeur de sol utile.
- La faible teneur en matière organique et en éléments biogènes.
- Une forte sensibilité à l'érosion.

Parmi les sols les plus rencontrés on y trouve : Le sol squelettique, sol argileux calcaire, sol brun forestier.

I. 5 Aperçu tectonique :

La plaine de Meskiana appartient à l'Atlas saharien (J.M. VILA, 1980). Elle est caractérisée par des éléments tectoniques simples, tels que les plis de direction NE-SW et les dislocations qui ont souvent un cours transversal à la direction de ces plis. On rencontre également des structures particulières, qui se sont survenues sous l'influence de la tectonique diapirique. La période crétacée a été, du point de vue tectonique, assez calme (DOZET, 1985). Des grandes activités qui se sont déroulées durant cette période, on cite une subsidence continue au Sud du bassin et les soulèvements relatifs de quelques parties septentrionales de ce dernier.

Entre le Crétacé et le Miocène, deux principales phases tectoniques ont eu lieu pour former de nombreuses structures :

- La première phase, de vastes plissements se sont produits en donnant naissance aux anticlinaux et synclinaux suivants : les plis de l'Oued Smara, El Houd, le synclinal de Djebel Belkefif, le synclinal de Kodiat Zennbaât, le synclinal de Reguibet El Assel, le synclinal de Djebel Gourigueur et l'anticlinal de Kessar El Tir.

- La phase des plissements fut suivie de la phase de la tectonique cassante où de nombreuses fortes failles et dislocations longitudinales et transversales sont survenues telles que celle de Djebel Gourigueur Ain Dalâa, dont le rôle du point de vue hydrogéologique semble très important

Le fossé tectonique de Morisot est d'âge post-Miocène, il a un cours perpendiculaire à la direction des plis. Les diapirs forment les noyaux des

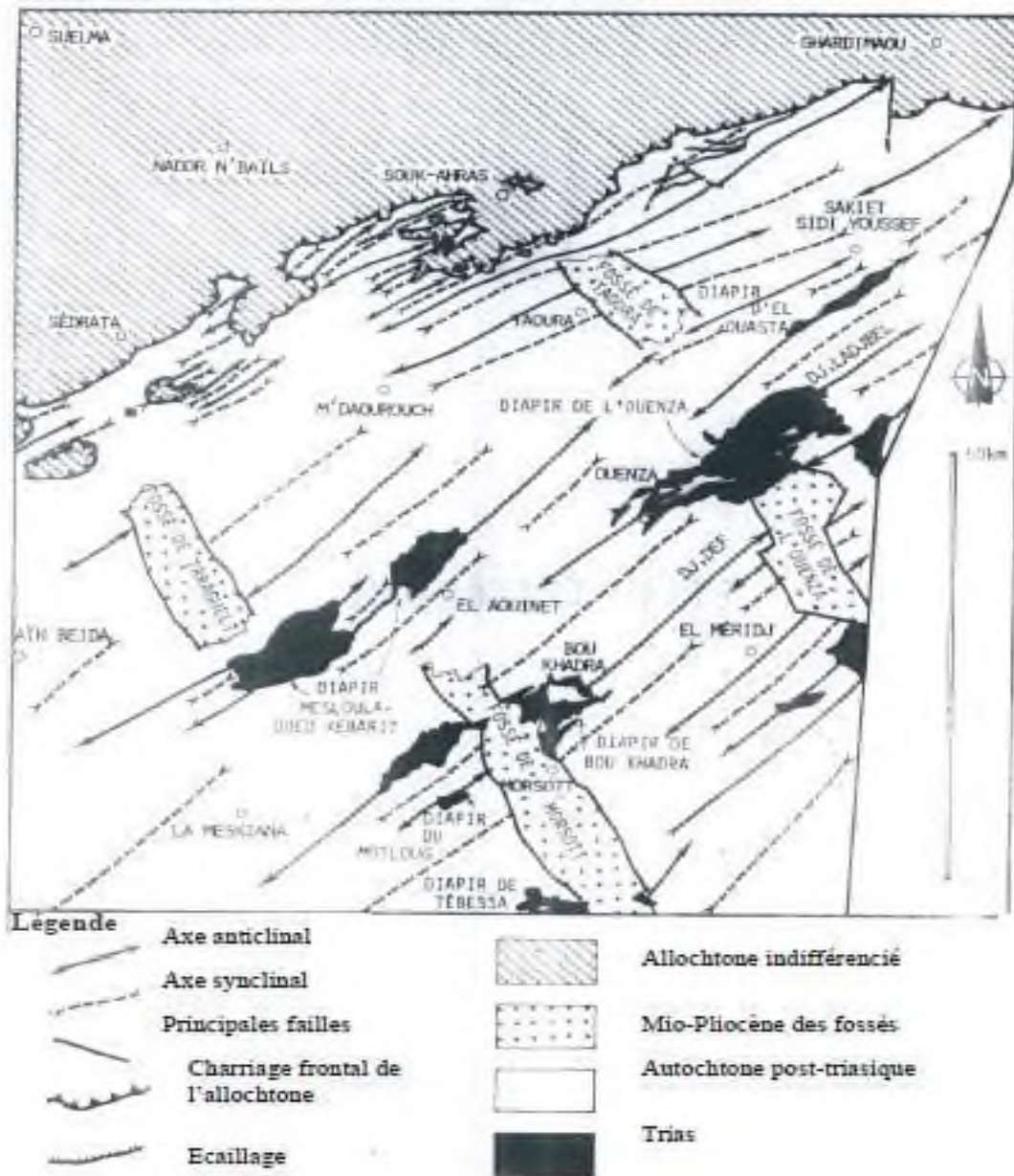


Figure 06 : Esquisse tectonique de la région de Meskiana, J.M. VILA (1980).

- ❖ Entre le Crétacé et le Miocène, deux phases tectoniques principales ont eu lieu pour former de nombreuses structures. La première phase, de vastes plissements se produits en donnant naissance aux anticlinaux et synclinaux comme suite :
- ❖ Les plis de l'Oued Smara, El Houd, le synclinal de Djebel Belkefif, le synclinal de Kodiat Zenana, le synclinal de Réguise El Assela, le synclinal de Djebel Gourigueur et l'anticlinal de Ksar El Tir.
- ❖ La phase des plissements est suivie par une phase de tectonique cassante avec une présentation des failles et dislocations longitudinales et transversales
- ❖ Les noyaux des anticlinaux sont formés par les diapirs et peuvent également remplir les fractures les plus importantes. Ils ont été en action au Crétacé, au Miocène, au Pliocène et probablement au Quaternaire ancien.

Conclusion :

Le bassin de l'Oued Meskiana se caractérise géologiquement par :

- Sa localisation dans la partie orientale des hautes plaines constantinoises avec des affleurements de bordure d'âge Crétacé, à cause de l'activité tectonique des plis de direction NE-SW ont produit avec un accompagnement d'une série de failles de direction perpendiculaire. Le substratum imperméable constitué par les assises marneuses, que ce soit au niveau des bordures ou au centre de la plaine.
- A l'intérieur de la plaine, on a des formations alluvionnaires qui se composent de galets de cailloutis, de graviers, de sables et de limons, qui pourraient avoir une porosité primaire et former des nappes alluviales.
- A partir de la lithologie des formations géologiques, on peut avoir une idée sur la minéralisation des eaux souterraines. Ainsi, Les calcaires donnent un faciès généralement bicarbonaté calcique ou magnésique.
- Les marnes sont à l'origine des faciès sulfatés, les alluvions donnent plusieurs faciès non salés. On note que la présence du Trias peut provoquer la salure des eaux.



*Chapitre II:
Géophysique*

I. Introduction :

L'exploration et l'exploitation des couches aquifères pour une formation géologique spécifique étroitement lié à la connaissance de la nature lithologique de cette composition. La détermination de la géométrie des aquifères nécessite des moyens de reconnaissance comme la prospection électrique et le forage mécanique par exemple. L'utilisation de ces méthodes de reconnaissance permettra de connaître les dimensions de ces réservoirs ce qui permet d'assurer une bonne gestion de ces ressources en eau.

I.1. Prospection électrique :

Une campagne de prospection électrique, couvrant une grande partie de la plaine de Meskiana, a été réalisée par la Compagnie Générale de Géophysique (C.G.G.) en 1974, au profit de la Direction de l'Hydraulique de la Wilaya de Constantine. Une deuxième campagne a été effectuée en 1980 au Sud de Ain Dalâa et elle a été réalisée par la Compagnie ALGEO.

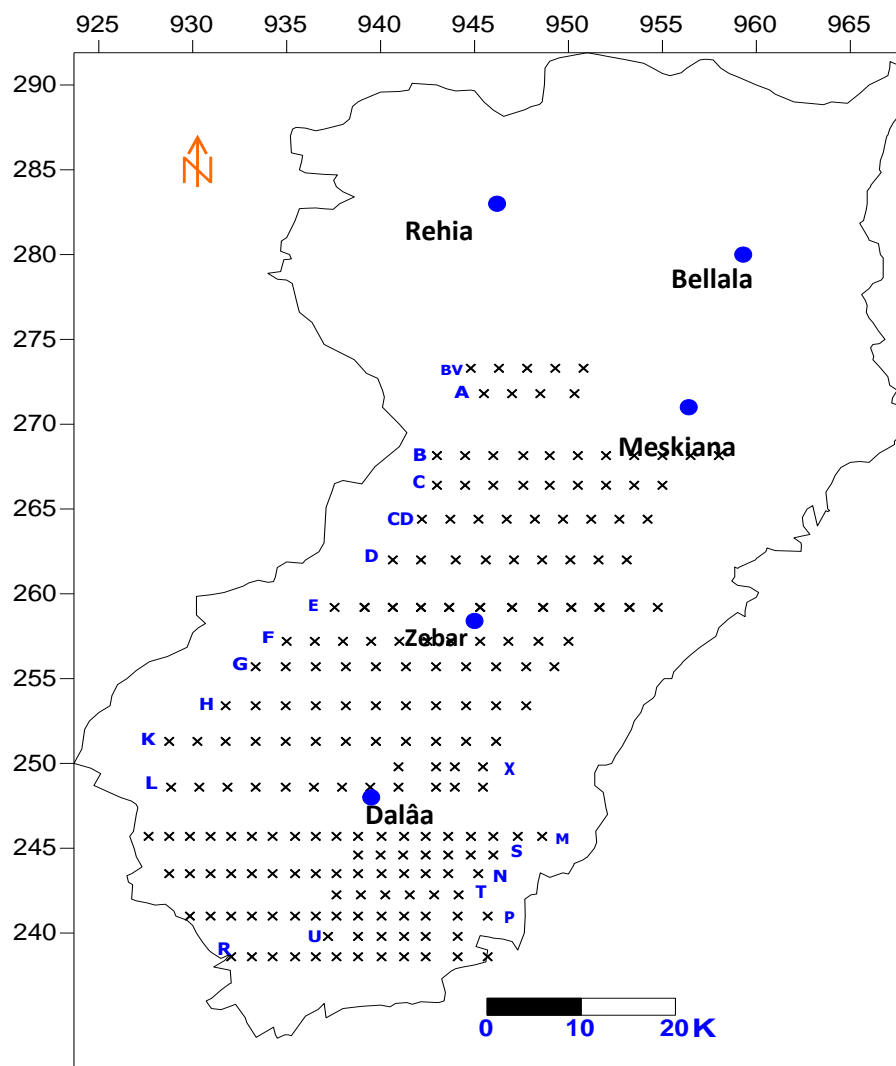


Figure 07 : Carte de position des profils de sondages électriques.

I.1.1. Interprétations des résultats de la prospection électrique :

Ces deux campagnes géo électriques, basées sur 25 profils de différentes longueurs AB40 m 3000 m, 2000 m, 600 m et 100 m, visaient à atteindre les objectifs suivants :

- Reconnaître l'allure de l'anticlinal crétacé de Meskiana et celle du synclinal éocène perché de Dalâa.
- Identifier la géométrie du remplissage alluvial et déterminer les zones de meilleures transmissives dans ce dernier.
- Reconnaître la profondeur de la couche de calcaire du crétacé inférieur sous le couvert de marne et de calcaire du Cénomaniens.

L'interprétation est l'études des coupes géoélectrique indique que la structure de la vallée de Meskiana est une structure anticlinale mise en évidence à partir des profils G H K, elle est perturbée par le recouvrement Mio-plio quaternaire, caractérisé par la présence de faciès conducteurs très épais, qui s'intercalent avec des niveaux résistants de fortes résistivités (70 à 300 $\Omega.m$).

I. 2 Apport de la prospection électrique :

La confrontation des données résultant de la prospection électrique et celles présentées par les forages mécaniques a permis d'identifier le remplissage alluvial de la plaine de Meskiana. Ce dernier se caractérise par :

- Des épaisseurs variables, allant de 5 m en bordures à 155 m au centre de la plaine.
- Des résistivités variables de 3 à 150 $\Omega.m$; - une lithologie très hétérogène.

Les coupes géo électriques ont permis d'identifier deux niveaux résistants, dont la résistivité varie de 30 à 100 $\Omega.m$ et ayant une épaisseur de 5 à 40 m. On note que le premier niveau se présente avec une certaine discontinuité, probablement due à l'érosion.

I. 3 Apport des forages mécaniques:

La plaine de Meskiana contient Plusieurs forages qui ont été réalisés au niveau de cette dernier, l'interprétation a permis de préciser la lithologie et la géométrie des dépôts du Mio-Plio-Quaternaire. Il s'agit des forages et des piézomètres qui ont été réalisés par Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH), les forages d'exploitation programmés par

la Direction de l'Hydraulique de la Wilaya (DHW) d'Oum El Bouaghi, ainsi que le forage de reconnaissance MKN-1 réalisé par la SONATRACH (d'une profondeur totale de 3100 m)

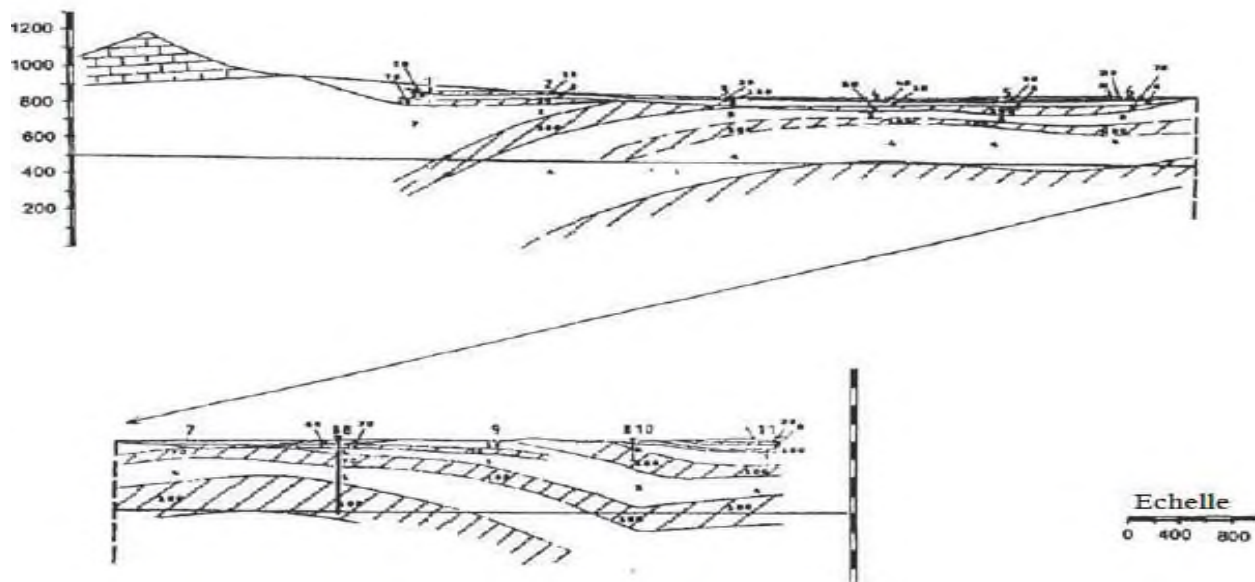


Figure 08 -1 : Coupe géo électrique du profil B.

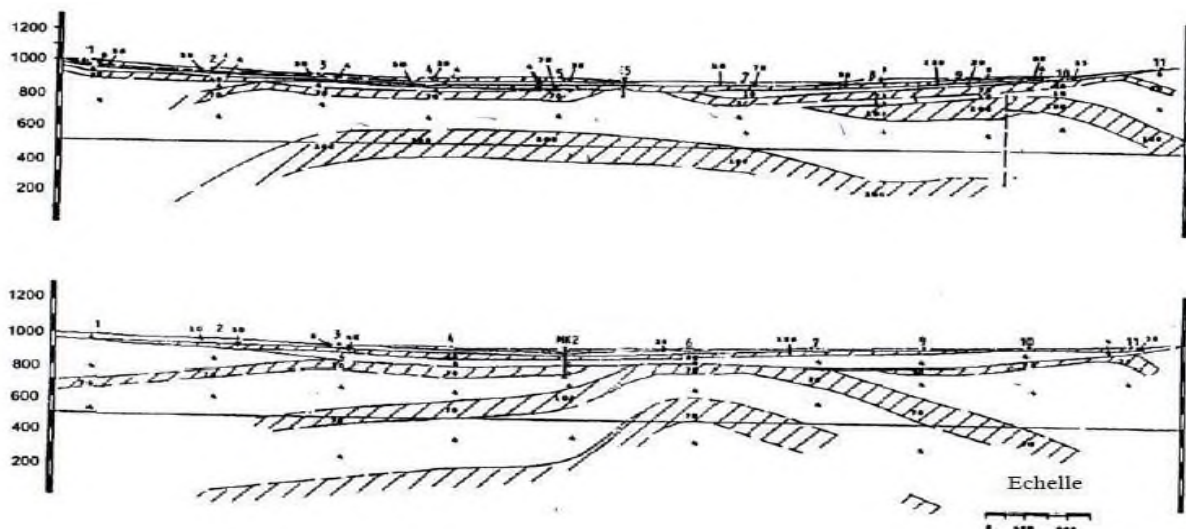
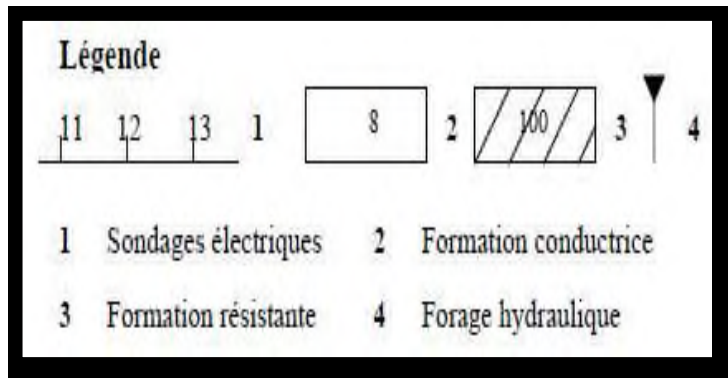


Figure 08-2 : Coupes géo électriques des profils E et H.

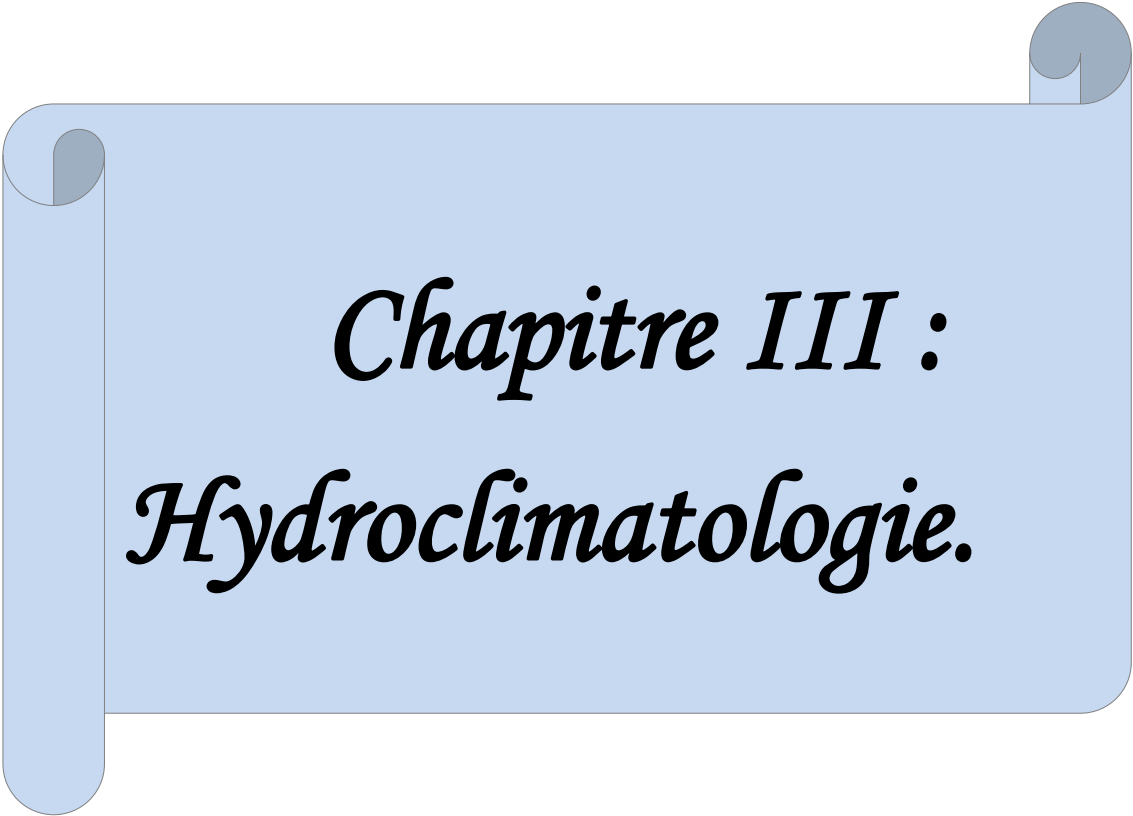


D'après la comparaison des résultats des sondages électriques et de la lithologie déduite des forages il a permis de caller les données géophysiques sur la lithologie. Ainsi, les couches résistantes du remplissage sont constituées de sables, de gravier, de cailloutis et de galets, par contre celles qui sont conductrices sont constituées par des limons et des argiles.

II. Conclusion :

Les résultats de la prospection électrique et les informations tirées à partir des forages mécaniques ont permis d'aboutir aux constatations suivantes :

- Les dépôts du remplissage Mio-Plio-Quaternaire sont très hétérogènes. Ils sont représentés d'une part par des couches conductrices constituées par des marnes et des argiles, et d'autre part par des couches résistantes formées de sables, de graviers, de galets et de cailloutis. Ces dernières couches constituent la nappe phréatique du remplissage alluvial de la plaine de Meskiana.
- Une structure anticlinale se manifeste au niveau de la zone de Meskiana. Elle est constituée par des formations marneuses et marno-calcaires attribués au Cénomancien jusqu'au Campanien. Le cœur de cet anticlinal est d'âge Turonien.
- Une structure synclinale, qui se manifeste au niveau de la zone de Dalâa, est constituée par des formations résistantes de calcaires et de calcaire marneux du Maestrichtien et de l'Eocène. L'épaisseur de ces formations est importante et peut atteindre 155 m. On pense que ces formations constituent de bons réservoirs aquifères.



Chapitre III :
Hydroclimatologie.

I. Introduction :

Le bassin de Meskiana se situe au Nord-Est du territoire algérien, se localisant à mi-chemin entre la Méditerranée et le début du domaine saharien, ce qui lui confère un climat se caractérisant par un régime climatique aride et semi- aride.

II. Caractérisation du climat :

1. Indice de Martonne :

Cet indice est fonction des températures et des précipitations (2017/2018) ; il est calculé par la relation Suivante : $I = P/T + 10$.

I : indice d'aridité.

P : précipitations moyennes annuelles en mm.

T : températures moyennes annuelles en °C.

Application :

$P = 400$ mm

$T = 27.88$ °C.

Ce qui donne $I = 10.55$.

Suivant les valeurs de (I), De Martonne a établi la classification suivante :

$I < 5$: climat hyperaride

$5 < I < 7,5$: climat désertique.

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

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

$20 < I < 30$: climat tempéré.

La station de Meskiana est caractérisée par un climat semi-aride.

2. Indice d'aridité mensuel :

L'indice d'aridité mensuel est défini par la relation suivante :

$$I = 12. P/T + 10$$

I : Indice d'aridité mensuel

P : Précipitations moyennes mensuelles en mm

T° : Température moyenne mensuelle en °C.

L'application de cette formule a permis de dresser le tableau 02 :

Tableau 02 : Indices d'aridité mensuels (I) à la station de Meskiana.

MOIS	I	Etage bioclimatique
Septembre	14.62	Semi-aride
Octobre	13.89	Semi-aride
Novembre	15.59	Semi-aride
Décembre	19.63	Semi-aride
Janvier	19.59	Semi-aride
Février	13.07	Semi-aride
Mars	15.16	Semi-aride
Avril	15.45	Semi-aride
Mai	16.33	Semi-aride
Juin	7.61	Steppique
Juillet	4.23	Hyperaride
Aout	7.85	Steppique

Selon la classification précédente par de De Martonne, les mois de septembre, octobre, novembre décembre, janvier, février et avril et mai présentent un climat semi-aride. Les mois de juin et aout sont caractérisés par un climat steppique, alors que le mois de juillet devient hyperaride.

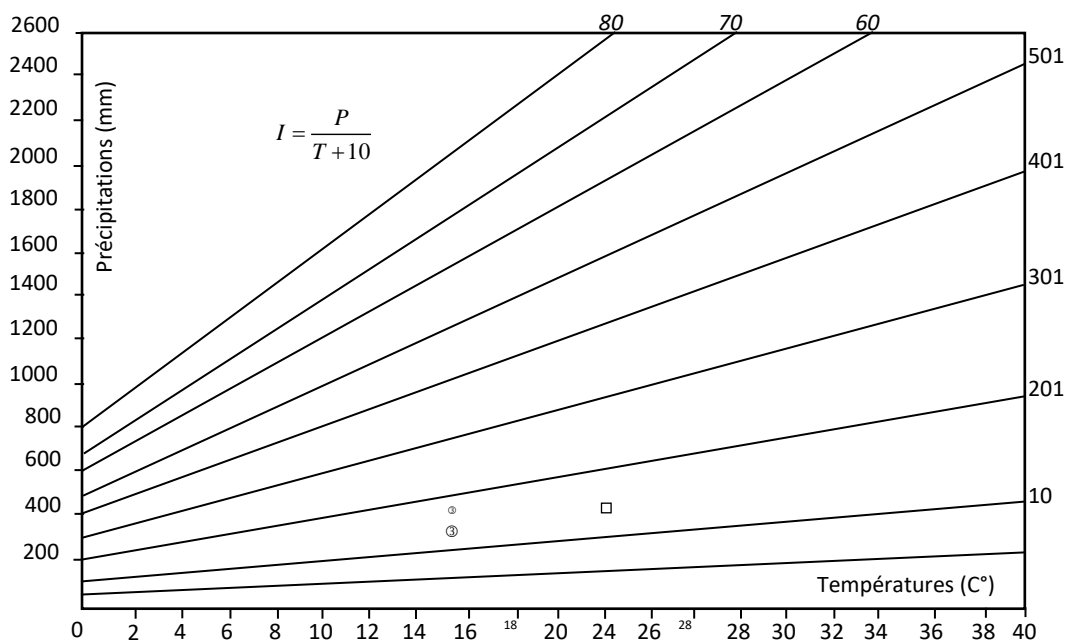


Figure 09 – Abaque de l'Index d'aridité annuel de DE Martonne 1923

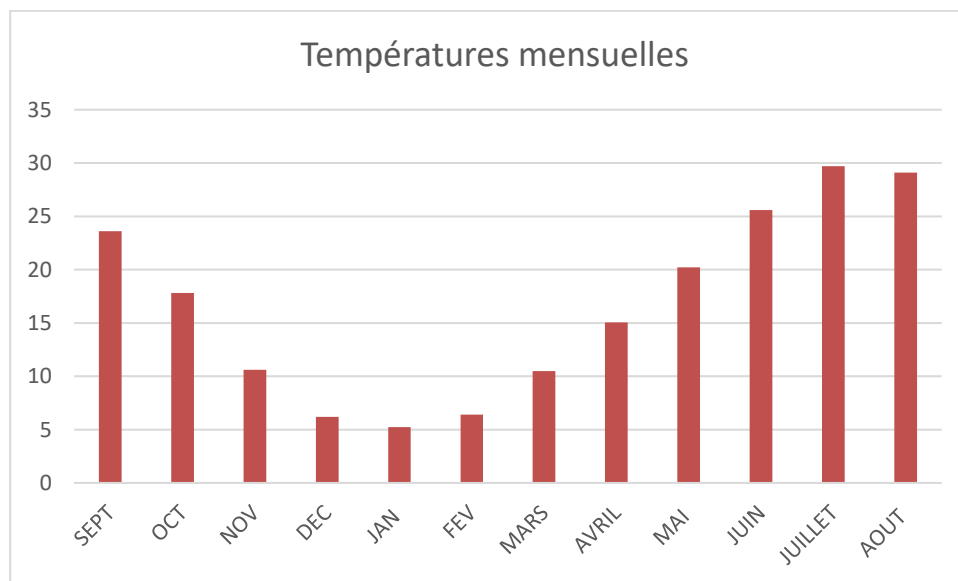
III. Etude des facteurs climatiques :

1. 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

A- Variation des Températures moyennes mensuelles (1997/1998-2017/2018) :

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



. Figure 10 : 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.

B -Variations des températures moyennes annuelles :

Le graphique représente le changement de température annuel, sur 21 (1997 /2018), on à observer que l'année la plus froide et 2014/2015 avec une moyenne de 3.19 °C, et l'année la plus chaud est 2015/2016 avec une moyenne de 30.05 °C.

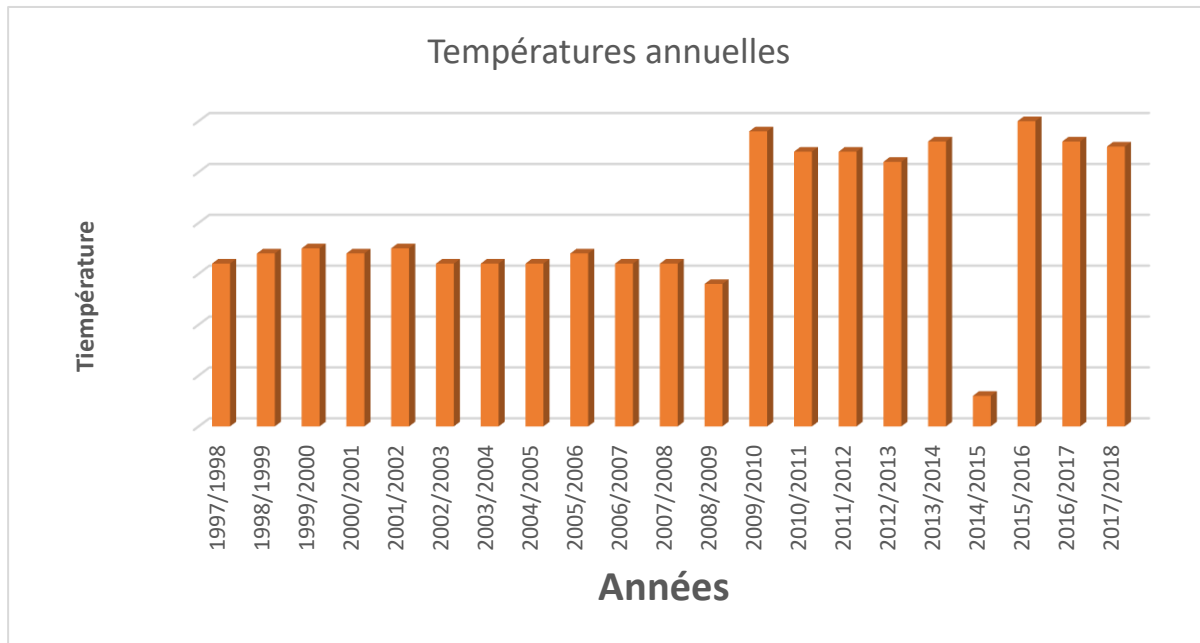


Figure 11 : Evolution de la température moyenne annuelle à la station de Tébesa pour la période (1997/1998-2017/2018).

2. Précipitations :

La précipitation est un facteur climatique très important qui conditionne le régime d'écoulement des cours d'eaux et influençant directement sur les réserves des nappes aquifères. En se basant sur les données recueillies à la station de Tébesa durant 21 ans de 1997/2018.

A- Variations interannuelles des précipitations :

D'après une analyse faite sur l'histogramme de variation interannuelle des précipitations durant une période de 21 ans 1998/2019, on a vu que l'année la plus sèche et 2011-2012 avec une moyenne de 269 mm, et la plus humide (pluviale) 2007-2008 avec une moyenne de 444.85 mm.

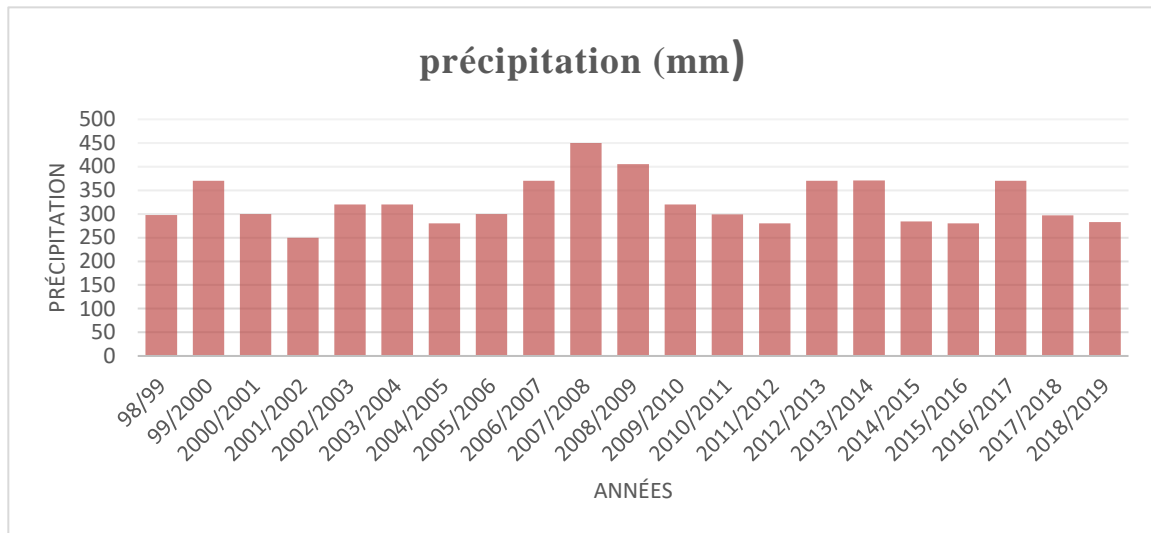


Figure 12 : Evolution de la précipitation moyenne annuelle à la station de Meskiana pour la période (1998/1999-2018/2019).

B. Variation des précipitations moyennes mensuelles :

D’après une analyse faite sur l’histogramme de variation moyenne mensuelle des précipitations durant une période de 21 ans 1998/2019, on a remarqué que le mois le plus sec est juillet avec une moyenne de 10.07 mm et le mois le plus pluvieux est le mois de septembre, avec une moyenne de 38 mm.

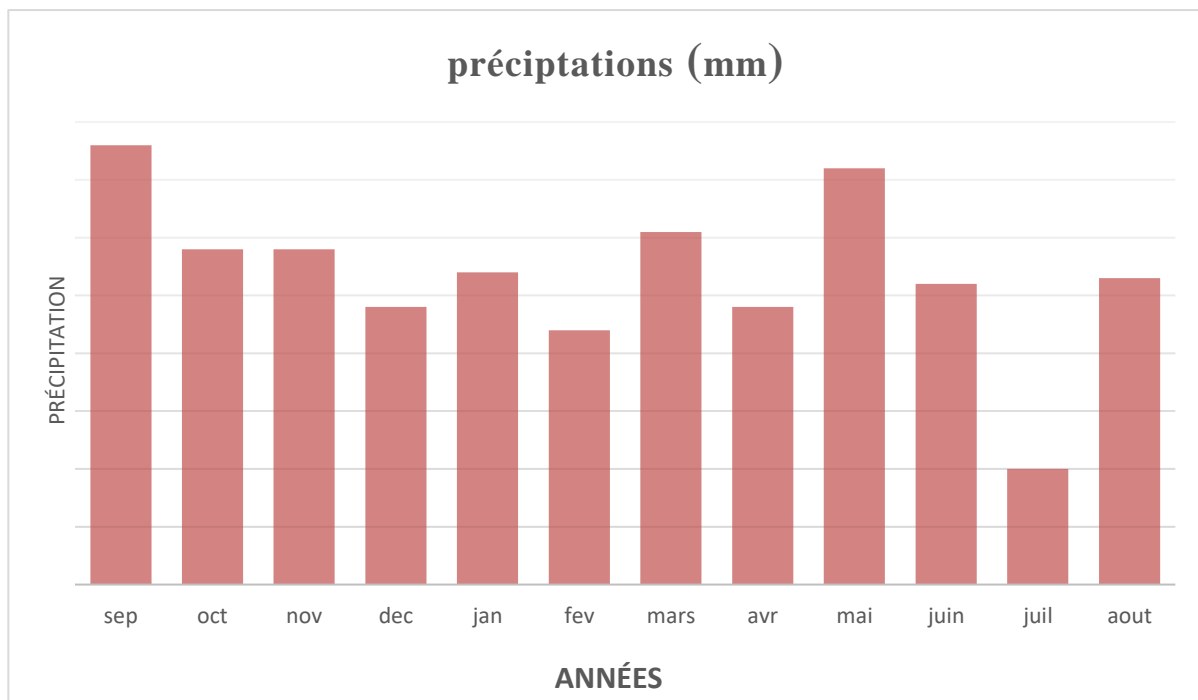


Figure 13 : Variation des précipitations moyennes mensuelles à la station Meskiana pour la période (1998/1999-2018/2019).

IV. Estimation de l'évapotranspiration :

1. Introduction :

L'évapotranspiration peut être considérée comme étant la somme des eaux en termes :

- La transpiration végétale.

-L'évaporation du sol.

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.

L'intensité de l'évapotranspiration est en fonction de la radiation solaire, la température, l'humidité relative de l'air, l'humidité du sol, le vent, et la couverture végétale.

La méthode de G.W. Thornthwaite est utilisée pour l'estimation de l'ETP.

A. Évapotranspiration réelle (ETR) :

L'évapotranspiration réelle est la quantité de l'eau déjà évapotranspirée elle représente la quantité de vapeur d'eau émise dans l'atmosphère par le sol et la végétation. Des méthodes sont proposées telles que la méthode de Turc et celle de G.W. Thornthwaite.

On a choisi la méthode de TURC afin de déterminer l'évapotranspiration réelle annuelle (ETR)

- Formule de TURC :

$$ETR = \frac{p}{\sqrt{0.9 + p^2/12}}$$

ETR : évapotranspiration réelle annuelle (mm).

P : précipitation moyenne annuelle en (mm).

L : $300 + 25T + 0.05T^3$ où

T : la température moyenne annuelle en °C.

P = 400.10 .mm

T = 27.88 C

- Application numérique :

$$ETR = 360.46 \text{ (mm)}$$

B. Evapotranspiration potentielle (ETP) :

Pour estimer l'évaporation potentielle, nous utilisons des méthodes basées sur des variables conditions climatiques. Cependant, le choix dépend principalement du type de données climatiques Disponible et le type de climat dans la région.

▪ Formule de Thornthwaite

L'agronome américain G.W. THORNTWHAITE proposa en 1948 une expression pour L'estimation de l'évapotranspiration potentielle en tenant compte seulement de la température mensuelle. Le développement de cette expression donne la formule suivante :

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

ETP : évapotranspiration potentielle en (mm)

T : température moyenne du mois en (°C).

Les valeurs de l'ETP ne sont pas corrigées, donc il faut faire le coefficient de correction « K » qui dépend de l'altitude, prend en considération la durée d'insolation thermique tirée d'un abaque, notre station se trouve à une altitude de 1063 m.

$$ETP \text{ corrigé} = ETP \cdot K$$

Les résultats obtenus sont : I=302.40.

Tableau 03 : Bilan hydrologique à la station de Meskiana (1990/2018).

Mois	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU	totale
P(mm)	46.44	38.46	33.75	33.49	32.94	22.28	33,92	31.75	37.68	47.36	26.15	15.94	400.1
T(C°)	22,29	17,93	11,54	8,27	6,63	7,53	11,22	14,23	19,49	24,29	27,52	26,95	197,90
K	1,03	0,97	0,86	0,84	0,87	0,85	1,03	1,09	1,21	1,21	1,23	1,16	
ETP(mm)	103,78	66,94	27,65	15,16	10,68	13,04	31,51	50,39	96,51	141,47	178,65	162,47	898,25
P-ETP(mm)	-57.34	-28.48	6,1	18.33	22.26	16,34	2,40	-18.64	-58,83	-94.11	-152.5	-146.53	
RFU(mm)	0,00	0,00	6,1	24.43	25,00	25,00	25,00	00	0,00	0,00	0,00	0,00	148,43
ETR(mm)	46.44	38.46	27,65	15,16	10,68	13,04	31,51	50.39	37.68	47.36	26.15	15.94	360.46
EX(mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	21.69	16.43	2,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	40.53
DA (mm)	56,64	34,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,86	121,66	168,49	144,24	538,85

$$P = ETR + EX \implies 400.1 = 360.46 + 40.53$$

$$P = ETR + EX$$

$$P = 400.1 \text{ mm.}$$

$$ETP = ETR + Da$$

$$ETP = 901.31.$$

-Interprétation du bilan hydrique :

Le rapport $\frac{ETP}{P} = 0.09$ mm.

Alors 88% des précipitations seront évaporées.

Le rapport $\frac{Da}{p} = 1.34$

Alors le déficit agricole égal 56 % des précipitations

Le rapport $\frac{ETR}{ETP} = 0.40$ mm.

Alors que les réserves d'eau insuffisante que 61% de la demande en eau (évapotranspiration potentielle).

On à 3 mois qui sont excédentaire : Jan, février, Mars est 6 déficitaires : Sep, Oct., Mai, Juin, Juillet.

▪ Répartition de l'excédent :

L'application de la formule de Tixeront- Berkaloff pour une année moyenne donne le Résultat suivant : $R = p3/3.ETP2$

R : Ruissellement (m).

P : Précipitations moyennes mensuelles (m).

ETP : Evapotranspiration potentielle (m).

L'application numérique donne : **R=26.46 mm.**

▪ L'Infiltration (I) :

$$I = E_x - R \quad I = 14.07 \text{ mm.}$$

I. Commentaire sur le bilan hydrologique :

D'après Le calcul du bilan hydrologique ont à permet de faire les constatations suivantes :

-La pluie ne permet pas un stockage permanent de l'eau dans le sol, ce qui induit un déficit agricole plus ou moins long. Ainsi, la saturation de la RFU, pour une année moyenne, ne dure que 03 mois de janvier, Février, mars. Cette saturation ne dure que 02 mois pour une année sèche et peut atteindre 07 mois pour une année humide. Cette situation induit un déficit agricole pendant 06 mois (Septembre Octobre, mai, juin, juillet, aout).

Conclusion :

D'après ce chapitre on a constaté que la plaine de Meskiana possède un climat méditerranéen de type semi-aride, avec un hiver froid et pluvieux, et un été chaud et sec, influencé par des facteurs géographiques (éloignement de la mer, altitude et orientation des reliefs).

- La température moyenne annuelle qui y règne est de 26.88°C.
- Les précipitations moyennes annuelles, sur une période de 21 ans (1997 – 2018), sont estimées à 400.1 mm. L'évapotranspiration réelle est estimée à 898.25 mm.
- Le ruissellement ne représente que 6.61 % des précipitations, ce qui représente 26.46 m
- L'infiltration ne laisse percoler que 14.07 mm, ce qui ne représente que 3.51% des précipitations.



Chapitre IV :
Hydrogéologie

I. Introduction :

L'hydrogéologie constitue un outil de base pour connaître les différents éléments qui nous permettent de définir les caractéristiques d'une nappe. Au niveau de ce chapitre nous avons essayé de délimiter et d'identifier le système formé par le remplissage alluvial ainsi, ce travail a pour but d'étudier la variation du régime pluviométrique en milieu semi-aride et son impact sur les fluctuations piézométriques : cas de la nappe superficielle de Meskiana.

II. Géométrie de l'aquifère :

L'interprétation des résultats de la prospection électrique (CGG, 1974) et des données acquises suite aux sondages mécaniques et les reconnaissances géologiques ont permis de visualiser la répartition du matériel du remplissage dans la nappe alluviale de Meskiana, et ils ont confirmé que les formations géologiques qui recouvrent presque la totalité de la plaine sont des formations alluvionnaires.

III. Piézométrie :**1. Etude piézométrique :**

La surface piézométrique de la nappe phréatique est déterminée par les caractéristiques de son écoulement qui, dépend de différents facteurs :

- les conditions géomorphologiques et structurales de la nappe (géométrie de l'aquifère) ;
- Le niveau et la pression piézométrique ;
- Le type de nappe et son profil de dépression ;
- Les caractéristiques hydrodynamiques de la couche aquifère (perméabilité, transmissivité...) ;
- Les conditions d'alimentation et de drainage.

Dans la présente étude, seuls les ouvrages captant la nappe du remplissage alluvial nous ont intéressés, la plupart des puits, de faible profondeur mais de grand diamètre, ont été creusés mécaniquement, seuls quelques autres situés à proximité des bordures sont profonds.

Pour la réalisation de la cartographie piézométrique et hydrogéochimique, on a choisi un réseau représentatif de toute la nappe.

2. Interprétation des cartes piézométriques :

L'observation de la carte montre une certaine irrégularité la morphologie des courbes iso pièzes indique un écoulement de la direction prédominante SW-NE (presque parallèle à la direction de l'Oued).

Au Sud-Est (Ain_Dalâa), l'espacement des courbes presque régulier, avec un gradient hydraulique variant de la région centrale (Meskiana), est caractérisée par des courbes serrées de gradient hydraulique de l'ordre 0.007 qui indique un écoulement rapide, l'alimentation de cette zone se fait probablement par Dj. Gouriguer.

Au Nord, on remarque, une morphologie des courbes isopièzes plus ou moins espacées.

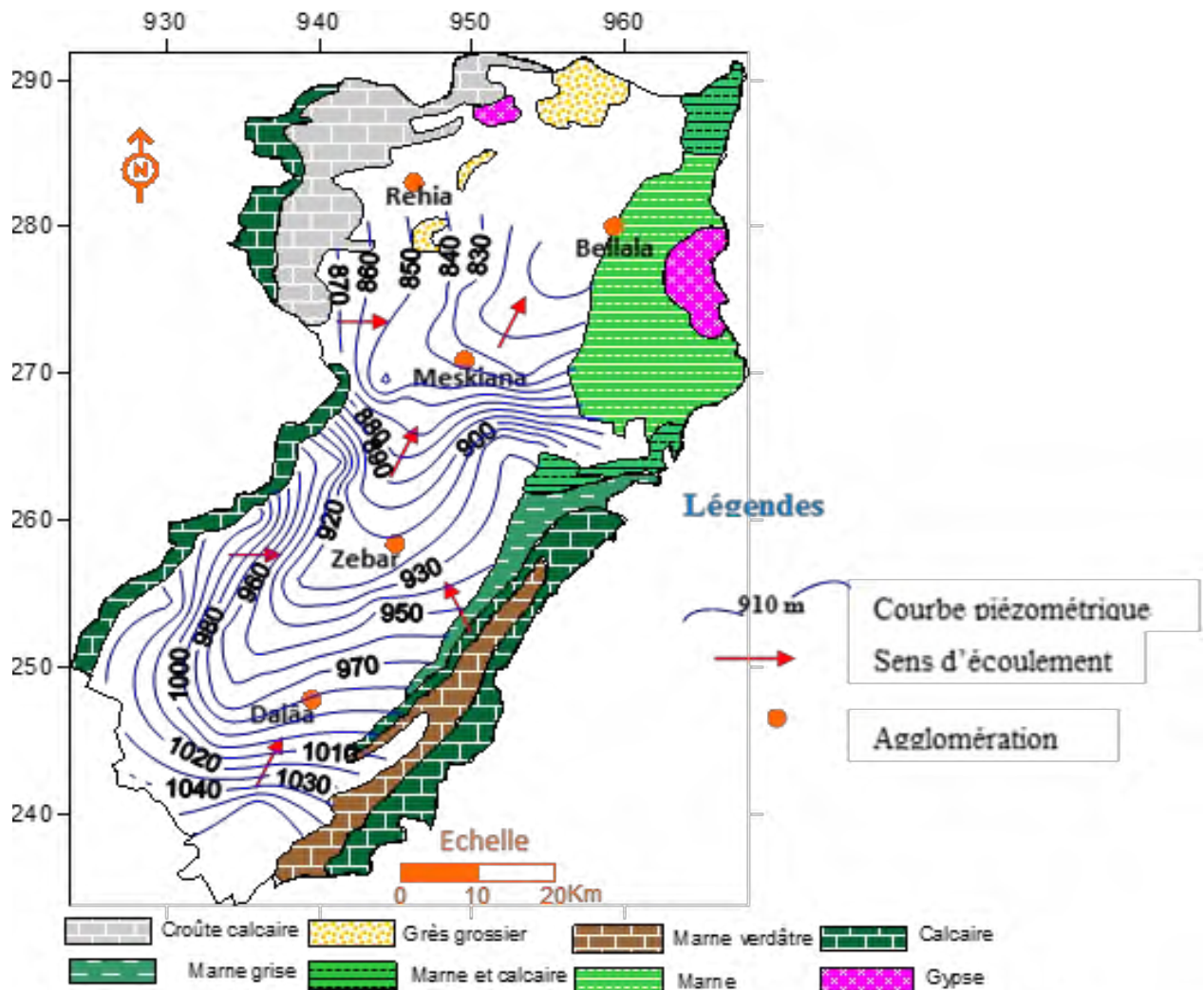


Figure 14 : Carte piézométrique de la nappe de Meskiana, juillet 2016.

IV. Conditions aux limites :

Dans le but de mieux comprendre le fonctionnement hydraulique de la nappe, on a établi la carte des conditions aux limites de la nappe aquifère de Meskiana (figure 15) Cette carte a été établie en se basant sur les caractéristiques lithologiques des formations géologiques, les propriétés géophysiques de celles-ci et les relevés piézométriques.

La bordure orientale de Dj Guerigueur, formée essentiellement par des calcaires fracturés d'âge Maestrichtien, constitue une limite perméable, car elle alimente latéralement la nappe alluviale. La bordure occidentale de Dj Bou Tokhma et Dj Guern Ahmar, formée de calcaires perméables d'âge Maestrichtien, constitue une limite à flux entrant. Vu leur nature lithologique, les marnes cénomaniennes, affleurant au Nord-Est de la plaine, forment une limite étanche.

Les marnes et les argiles emscheriennes constituent le substratum imperméable, empêchant ainsi les eaux d'infiltration de pénétrer en profondeur. Ces dernières s'écoulent gravitairement vers l'aval. Au Nord, le substratum imperméable surgit en surface, ce qui rend la quasi-totalité de cette limite imperméable, avec une zone centrale à flux imposé sortant.

L'Oued Meskiana draine la nappe alluviale en période des basses eaux, comme il peut l'alimenter en période de hautes eaux, et correspond par conséquent à une limite à potentiel imposé. Les pluies efficaces sont pratiquement nulles, comme on l'a vu lors de l'étude.

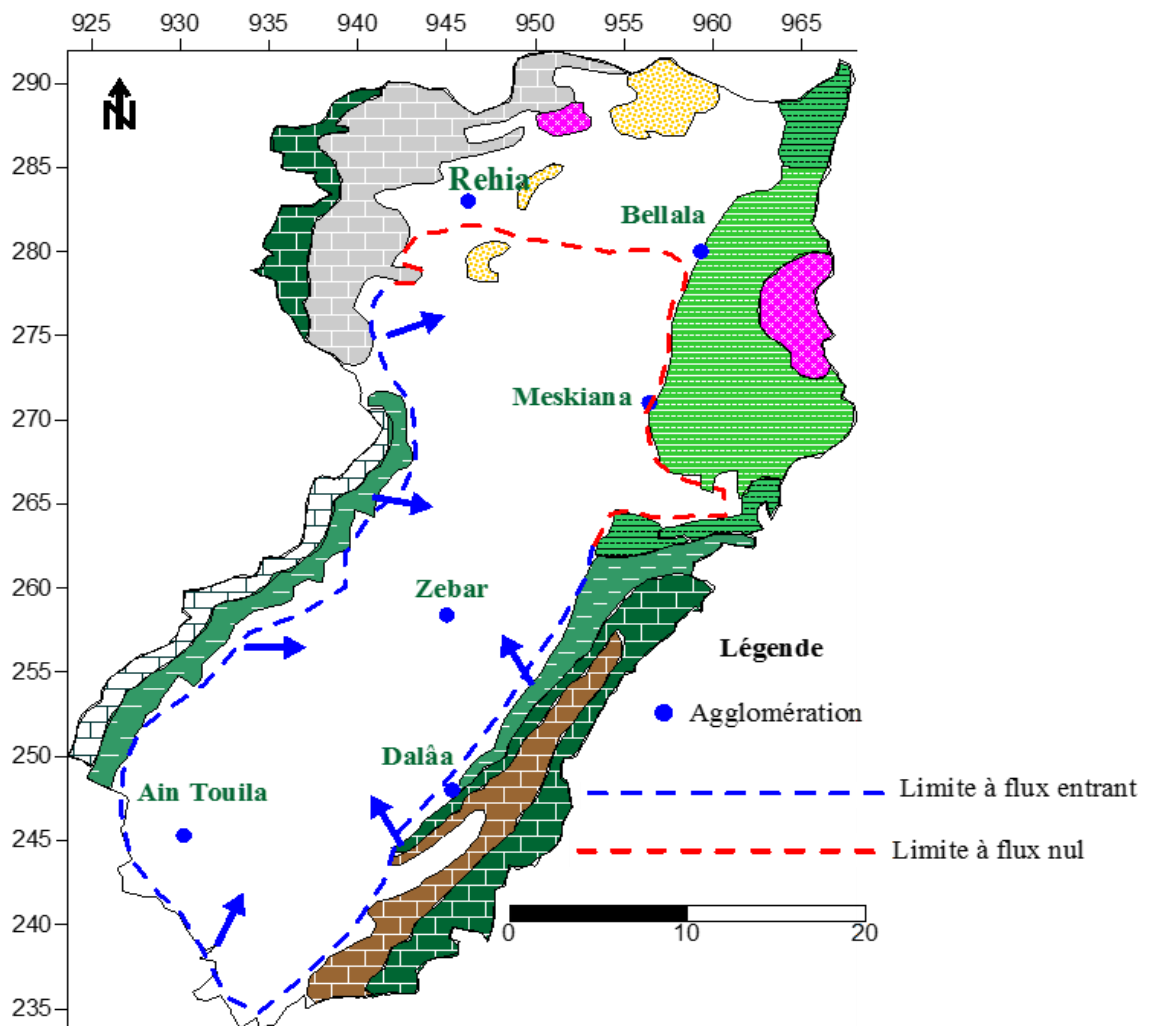


Figure15 : Carte des conditions aux limites de la nappe de la plaine de Meskiana. Juin 2022.

V. Études des caractéristiques hydrodynamiques :

Les principales caractéristiques hydrodynamiques sont : la transmissivité T , le coefficient d'emmagasinement S et le coefficient de perméabilité K .

Définition des caractéristiques hydrodynamiques :

A. Le coefficient d'emmagasinement :

Noté S , sans dimension, est le rapport du volume d'eau libéré où emmagasiné, par unité de surface de l'aquifère (m^2) à la variation de charge, h correspondante.

Dans un aquifère captif ce paramètre est lié à la compressibilité et à l'expansibilité de l'eau et du milieu aquifère, ainsi qu'à la puissance de la couche aquifère. Dans un aquifère libre, il équivaut en pratique à la porosité efficace.

B. La transmissivité :

Elle est égale au produit du coefficient de perméabilité K , par l'épaisseur de l'aquifère h . elle s'exprime en m^2/s . elle régit l'effet d'une unité de largeur L , d'un aquifère, sous l'effet d'une unité de gradient hydraulique i . elle évalue la fonction conduite de l'aquifère.

C. La perméabilité :

Notée K , est définie par la loi de DARCY. C'est le volume d'eau gravitaire en m^3 , traversant en unité de temps, sous l'effet d'une unité de gradient hydraulique, une unité de section on en m^2 , orthogonale à la direction de l'écoulement. Elle s'exprime on m/s . Dans cette étude, le seul paramètre calculé est la transmissivité lors de la descente et la remontée.

D. Détermination de la transmissivité :

Les essais de pompages interprètes sont des essais de longue durée comprenant les mesures de la descente et de la remontée du niveau dynamique. Ces mesures sont effectuées dans des forages pompés. La méthode utilisée pour la détermination de la transmissivité est celle de JACOB

a. Méthode de JACOB

Cette méthode s'appuie sur la formule de THEIS. Cependant les conditions de son application sont plus restrictives que celle de la méthode de THEIS. Lorsque le temps de pompage est suffisamment grand et par simplification le développement en série de l'équation de THEIS se réduit à la formule de JACOB qui s'écrit :

$$D = \frac{2.3Q}{4\pi T} \log \frac{2.25tT}{R^2S}$$

❖ Mode opératoire :

Sur un diagramme semi-log, nous portons on abscisse logarithmique les temps de pompage et en ordonnée arithmétique les rabattements correspondant. On devrait trouver une droite moyenne matérialisée par l'alignement des points portés sur le graphe. Cette droite est de la forme

$$y = ax + b \text{ avec :}$$

$$c = \frac{0.183Q}{T}$$

Représentant la pente du rabattement pour un cycle logarithmique :

$$T = \frac{0.183Q}{c}$$

Application :

Cette méthode a été appliquée sur deux forages , les temps de pompages supérieurs à 24heurs sont assez longs et permettent l'application de la méthode de JACOOB.

b.Méthode de la remontée de THEIS-JACOOB :

Une fois le pompage achevé ; le niveau d'eau cesse de descendre pour remonter vers son point d'origine. On mesure la remontée par le rabattement résiduel D' . C'est-à-dire la différence entre le niveau R original de l'eau avant le pompage et le niveau mesuré depuis :

-l'arrêt du pompage.

-Cette méthode permet ce calcul seulement de T .

-Le rabattement résiduel s'exprime alors :

$$D'' = D - D' = \frac{0.183Q}{T} \left(\frac{\ln 2.25tT}{R2S} - \frac{\ln 2.25t'T}{R2S} \right)$$

S et S' , sont respectivement les coefficients d'emménagement au cours du pompage et lors de la remontée. En admettant que $S = S'$ On a :

$$D'' = \frac{0.183Q}{T} \log t/t'$$

Avec :

D = Rabattement à la fin du pompage.

D' = Rabattement durant la remontée par rapport au niveau statique.

t = temps depuis le début de pompage.

t' = temps depuis l'arrêt du pompage.

❖ Mode opératoire :

Sur une feuille semi-logarithmique, nous reportons en ordonnées arithmétiques les rabattements résiduels et en abscisse logarithmique t/t' . Nous traçons la droite moyenne passant par l'ensemble des points. Pour un cycle logarithmique de temps, la pente de la droite est égal

à : $\frac{0.183Q}{T}$ d'où $\frac{0.183Q}{C}$.

Conclusion :

D'après ce chapitre nous pouvons indiquer les constatations suivantes :

L'écoulement souterrain se fait en général, selon une direction Sud-Ouest - Nord-Est, avec un axe de drainage qui coïncide sensiblement avec le parcours de l'Oued Meskiana. Il se caractérise par des vitesses variables. Cet écoulement est rapide en amont avec un gradient hydraulique élevé, devient au centre relativement lent, pour se ressaisir en aval.

Le niveau piézométrique présente une évolution régulière, caractérisée par une baisse durant la période des basses eaux sous l'effet de l'évaporation et de la surexploitation, et une remontée pendant la période des hautes eaux, suite à la recharge de la nappe on signale l'évolution irrégulière de quelques puits, qui sont surexploités à des fins d'irrigation.

La nappe superficielle Mio-Plio-Quaternaire de Meskiana semble être fortement contaminée par des nutriments d'origine agricole, suite à l'utilisation de fertilisants plus que nécessaire pour les plantes. D'autre part, les rejets urbains, déversés sans aucun traitement préalable dans le réseau hydrographique, sont une source importante de pollution.



Partie spéciale

I. Introduction :

L'étude des caractéristiques hydroclimatologiques de l'ensemble d'un bassin versant en particulier, joue un rôle important dans la reconnaissance du comportement hydrologique des cours d'eau ; les précipitations et les températures, sont les facteurs les plus importants dans l'identification du régime d'écoulement, elles conditionnent : la sécheresse ainsi que l'alimentation des nappes aquifères.

Dans ce chapitre nous allons essayer d'étudier la variation du régime pluviométrique et son impact sur les fluctuations piézométriques de la nappe superficielle de Meskiana. Cette étude est réalisée sur les données pluviométriques de la station de Meskiana qui ont fait l'objet d'une correction en se basant sur celles de la station de Tébessa, car la série d'observation de la station de Meskiana ne comporte pas une série très longue et parfois comporte des lacunes.

II. Acquisition et traitement de données pluviométriques :

Les facteurs climatiques sont d'une grande importance dans la détermination des fluctuations du niveau piézométrique de la nappe phréatique. Comme le bassin de Meskiana se trouve en zone semi-aride, les stations disposant de longues séries d'observations pluviométriques sont rares. Ceci limite le nombre de stations à utiliser dans la présente étude. Ainsi, les données des précipitations de trois stations : Meskiana, Dalâa et Ain Touila sont fournies par l'ANRH (Agence Nationale des Ressources Hydrauliques) de Constantine. Les données de la station de Tébessa ont été obtenues auprès de l'antenne de l'ONM de Tébessa ('Office national de la Météorologie). L'acquisition d'une série pluviométrique dont les données sont fiables au sens statistique du terme est rare, vu les nombreuses erreurs qui peuvent être commises et qui sont de différentes natures. Donc, il est indispensable de corriger ces séries de données avant leur utilisation.

Après analyses des données pluviométriques disponibles, on a remarqué que ces séries présentent des hétérogénéités relatives à la fiabilité des mesures et à la durée d'observation, ce qui impose un traitement statistique pour les rendre homogènes et représentatives.

Pour que nous obtenions une série de données homogènes dans le temps et pour que les résultats soient fiables il est nécessaire de faire un comblement de la série de la station de Meskiana (les lacunes de 5 ans) en se basant sur la série de la station de Tébessa qui se trouve à 50 km à l'extérieur du bassin à une altitude de 890 m.

Dans le but de caractériser la série d'observation et détecter les épisodes de sécheresse, on a fait recours à l'utilisation de quelques indices climatiques qui sont les suivants :

1. Indice de l'écart à la moyenne (Em) :

C'est l'indice le plus utilisé pour estimer le déficit pluviométrique à l'échelle de l'année. L'écart à la médiane est le plus utilisé par les agrométéorologues. L'écart à la moyenne est la différence entre la hauteur de précipitation annuelle (P_i) et la hauteur moyenne annuelle de précipitation (P_m).

$$E_m = P_i - P_m$$

L'écart est positif pour l'année humide, et négative pour les années sèches. On parle d'année déficitaire quand la pluie est inférieure à la moyenne et d'année excédentaire quand la moyenne est dépassée. Cet indice permet de visualiser et de déterminer le nombre d'années déficitaires et leur succession.

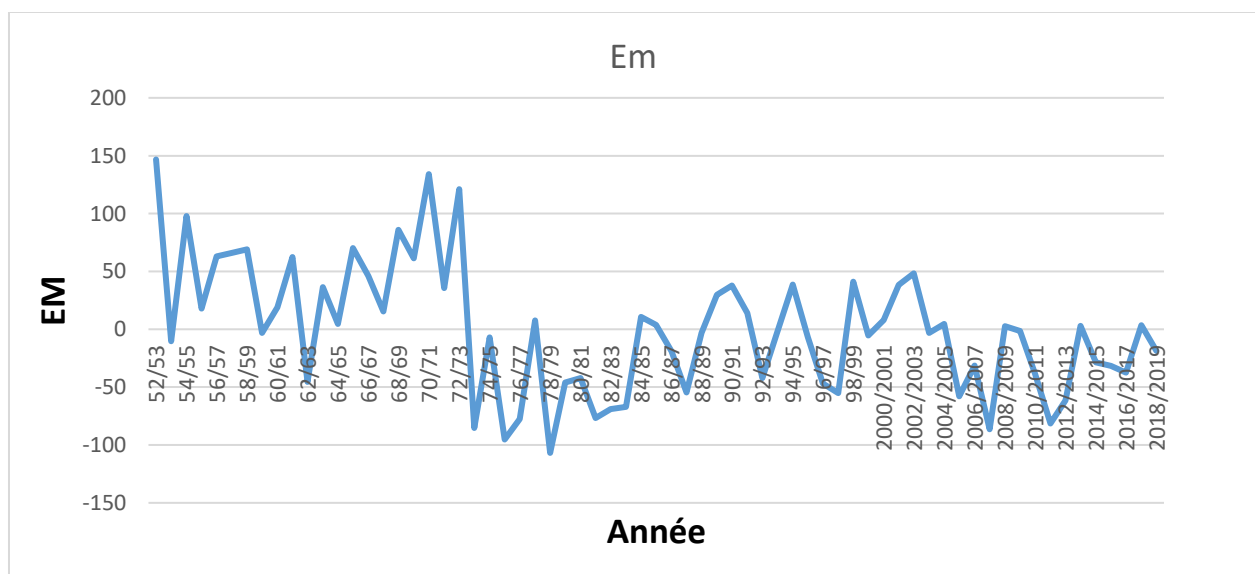


Figure 16 : graphe de l'Indice de l'écart à la moyenne (Em). Meskiana (1952/2019).

D'après l'analyse de la figure 16, on peut tirer les constatations suivantes :

- ✚ Depuis 1952/1973, une période très humide caractériser par un nombre important d'évènement pluvieux avec des valeurs positive (146.76_4.66).
- ✚ Depuis 1974/1989, une période de sécheresse caractériser par des valeurs négatives (-106.84_-3.24).

- ✚ Depuis 1989/2019, une période normale (équilibrée) caractérisée par des valeurs positives (+48.26_+2.76) et négatives (-86.34_-1.54).

2- Rapport à la normale des précipitations (RN) :

Cet indice est exprimé mathématiquement en pourcentage comme suit :

$$RN\% = \frac{p_i}{p_m} \times 100$$

Pi est la précipitation de l'année i et Pm est la précipitation moyenne pour la même période de temps étudiée. Ce rapport permet une estimation ponctuelle des précipitations par rapport à la normale : Une année est classifiée comme sèche si la pluviométrie se situe au-dessous de la normale ; c'est-à-dire lorsque le RN est inférieur à 100 %.

L'indice de pluviosité est une méthode très utilisée pour caractériser les années sèches et les années humides. Elle présente le rapport entre la hauteur de précipitation annuelle à la hauteur moyenne de précipitation.

Une valeur supérieure à 1 de cet indice caractérise les années humides par contre s'il est inférieur a 1 les années sont qualifiées de sèches.

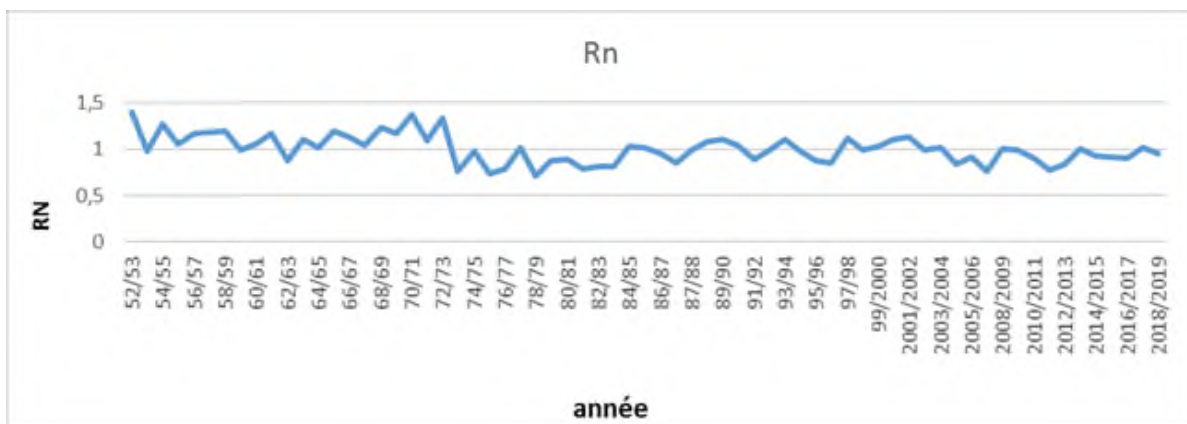


Figure 17 : le graphe de Rapport à la normale des précipitations. Meskiana (1952/2019).

D'après l'analyse de la figure 17, on peut faire les remarques suivantes

Le graphique ci-dessus montre que au cours de la période (1952/2019) la nappe de Meskiana a été passer par des périodes humides et des périodes de sécheresse et aussi des périodes équilibrer.

D'après l'analyse de l'indice de rapport à la moyenne des précipitations (RN) de la série pluviométrique de station du Meskiana on a montré que :

- Une période très humide de 1952/1973 elle est représentée par un nombre important d'événements pluvieux avec des valeurs supérieures à 1 (1.4_1.09).
- Une période de sécheresse de 1974/1989, représentée par des indices inférieurs à 1 (0.90_0.70) et par un nombre faible d'événement pluvieux.
- Une période considérée comme normale (période d'équilibre) 1990/2019 caractérisée par des valeurs supérieures à 1 et des valeurs inférieures à 1 (1.13_0.78).

3- Indice de déficit pluviométrique :

Pour situer une pluviométrie dans une longue série de relevés pluviométriques, on utilise l'écart proportionnel à la moyenne. Elle s'exprime par la formule suivante :

$$\text{IDP (\%)} = \frac{pi - pm}{pm} \times 100$$

Où :

IDP : Indice de déficit pluviométrique (en pourcentage).

Pi : précipitation annuelle (en mm).

Pm : précipitation moyenne (en mm).

Une année est qualifiée d'humide si cet indice est positif de sèche lorsqu'il est négatif.

Le cumul des indices d'années successives permet de dégager les grandes tendances en faisant abstraction des faibles fluctuations d'une année à l'autre.

Quand le nombre des écarts croît, il s'agit d'une tendance humide. La tendance est de type « sèche » dans le cas contraire.

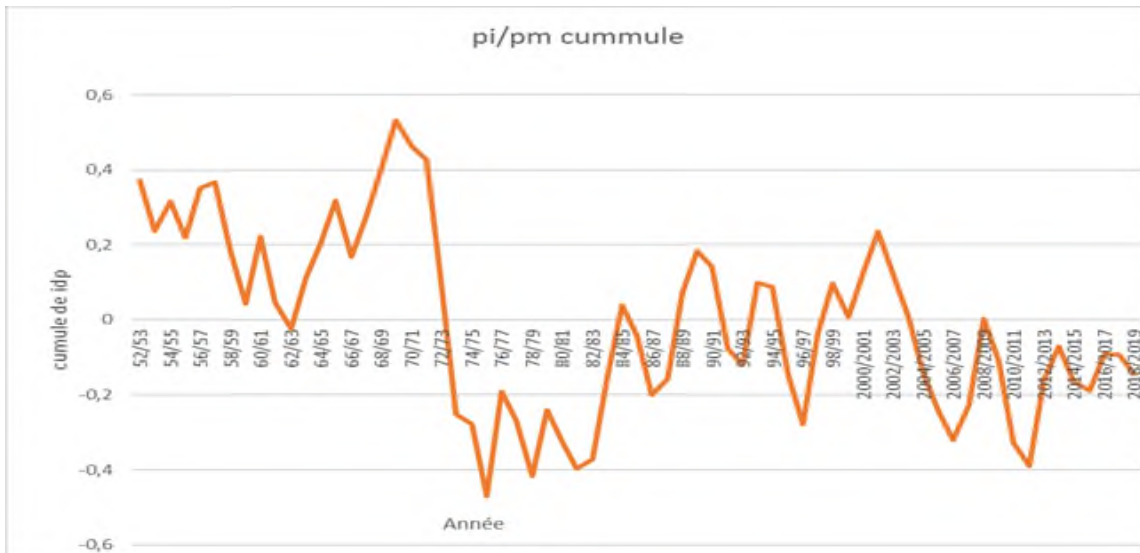


Figure 18 : graphe de l'Indice de déficit pluviométrique. Meskiana (1952/2019).

D'après l'observation de la figure 18, on peut tirer les constatations suivantes :

- ✚ Depuis 1952/1973 une période très humide caractériser par un nombre important d'élément pluvieux avec des valeurs positives (0.53_0.043).
- ✚ Depuis 1974/1989, une période de sécheresse caractériser par des valeurs négatives (-0.47_ -0.19).
- ✚ Depuis 1990/2019 une période équilibrer caractériser par des valeurs positives (+0.08_+0.23) et négatives (-0.38_-0.06).

4- Indice de Précipitations standardisé : IPS

L'Organisation météorologique mondiale (OMM) a adopté l'Indice de précipitations normalisé (SPI) en 2009 comme instrument mondial pour mesurer les sécheresses météorologiques. L'Indice de précipitations normalisé est un indice simple, puissant et souple à la fois basé sur des données pluviométriques et il permet tout aussi bien de vérifier les périodes humides que les périodes sèches.

La formule mathématique de SPI est la suivante :

$$ISP = \frac{Pi - Pm}{\sigma}$$

Pi : Précipitation de l'année.

Pm : Précipitation moyenne.

σ : Ecart type.

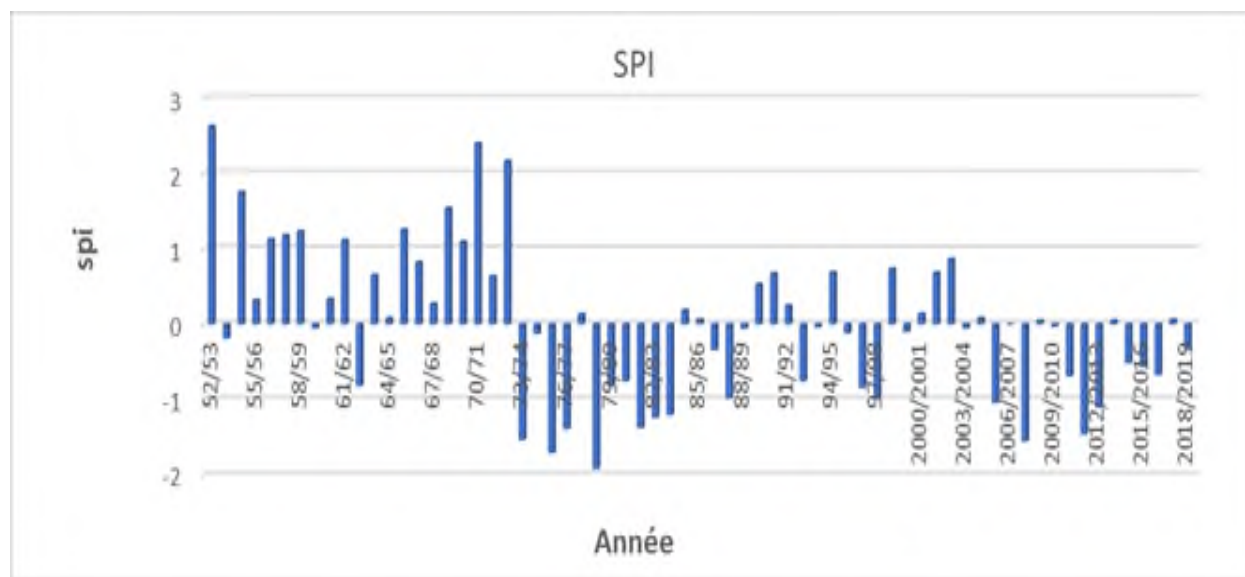


Figure 19 : Graphe de l'Indice de Précipitations Standardisé (SPI) à la station de Meskiana. (1952/2019).

Dans le but de déterminer les épisodes de sécheresse et leur sévérité à la station de Meskiana, le calcul de l'indice standardise de précipitations (ISP) s'avère nécessaire (tableau 04). La variation des valeurs de cet indice fait sortir les constatations suivantes :

- ❖ Une période très humide :(1952/1973) matérialisée par des valeurs positives de ISP (+2.63_+2.40) et par un nombre important d'évènement pluvieux.
- ❖ (1974/1989) : une période sèche représenté par des indices négatifs (-1.70 à -0.75) et par un nombre très faible d'évènements pluvieux symbolisant par des sécheresses fortes, sécheresse légère et modérée.
- ❖ (1990/2019) : une période équilibré (normal) où on a enregistré des évènements pluvieux (humidité légère) avec une sécheresse légère. Les valeurs négatives de cet indice varient de (-1.56 à -0.02) et les valeurs positives évoluent de (+0.05 à + 0.86).

Tableau 04 : Les classes de sécheresse et d'humidité selon l'ISP à la station de Meskiana.

Station de Meskiana	Humidité extrême (He %)	Humidité modérée (Hm %)	Humidité forte (Hf %)	Humidité légère (Hl%)	Sécheresse légère (Sl %)	Sécheresse modérée (Sm%)	Sécheresse forte (Sf%)	Sécheresse extrême (Se%)
	4.48%	8.96%	2.98%	32.84%	34.33%	10.45%	5.97%	00%

III. Mesure et interprétation des variations du niveau piézométrique :

1. Variation piézométrique des forages :

L'évolution de l'état de la nappe de Meskiana a été identifié par l'observation de sa fluctuation d'un nombre de forages, comme la nappe de Meskiana ne dispose pas de piézomètres on a sélectionné 04 forages : MK1, MK2, M13, et CD7 (voir tableau xxx) qui contrôlent la variation du niveau piézométrique au sein de la nappe en question.

Tableau 05 : Positions des forages.

Forages	X(m)	Y(m)	Z(m)
MK1	947.8	272.8	860
CD7	948.4	264.85	900
MK2	939.75	256	929
M13	940.2	247.2	990

Afin de suivre l'évolution des niveaux piézométrique dans la plaine de Meskiana effectuée pour 4 forage (MK1_M13_CD7_MK2), on observe que c'est 4 forage on presque le même changement du niveau piézométrique.

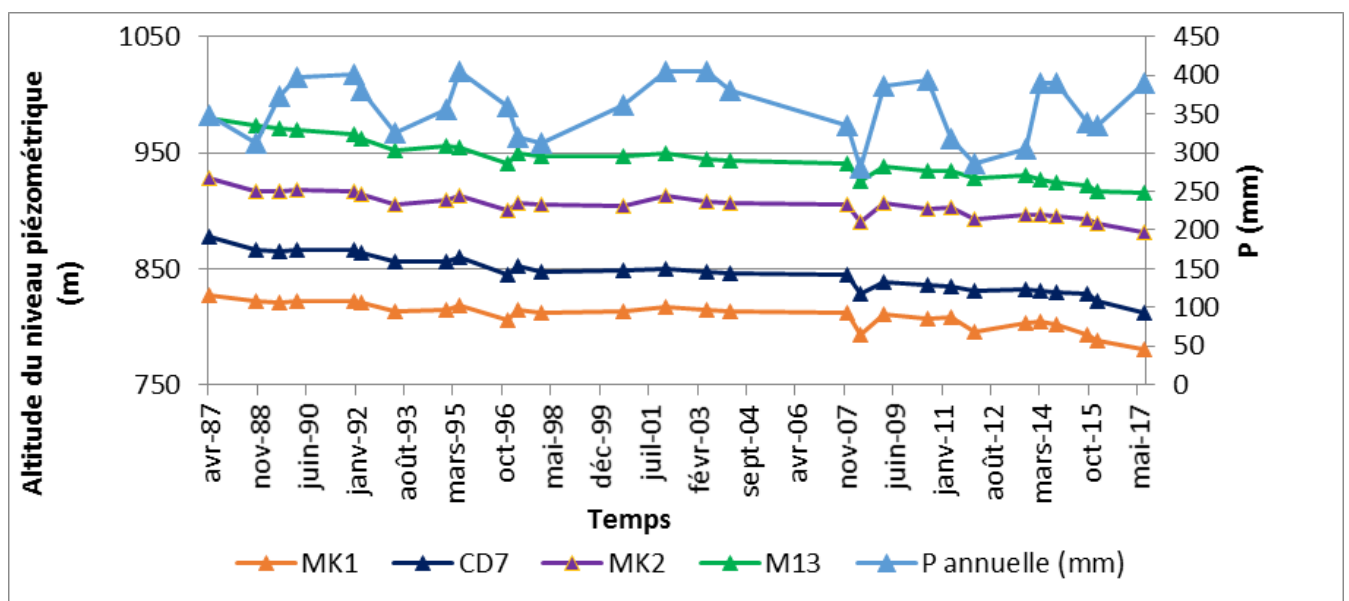


Figure 20 : variation des niveaux piézométriques des forages (Avril 1987 /Juillet 2017)

Interprétation du graphe de la variation du niveau piézométrique des forages :

L'analyse de l'évolution du niveau piézométrique dans ces forages d'eau a révélé une baisse relativement importante au mois de décembre 1996 (figure 20), due à la surexploitation de la nappe, car la pluviométrie enregistrée durant cette année est de 360.43 mm qui avoisine la moyenne interannuelle 348.13 mm. Au mois de mai 2008, on remarque une baisse similaire, due au déficit pluviométrique où les précipitations affichées sont de 281mm. Le niveau piézométrique a connu une certaine stabilisation durant la période allant de 1997 au 2007, en dépit des précipitations importantes relevées (405 mm) ce qui témoigne de la surexploitation de la nappe. Durant la dernière décennie (2009-2017), le niveau piézométrique poursuit sa baisse d'une manière continue, résultant à la fois aux faibles précipitations et à la surexploitation de la réserve.

On signale que les deux forages CD7 et M13, sont implantés à proximité de la bordure calcaire orientale, à flux entrant, où on a enregistré le rapprochement des courbes piézométriques indiquant une différence de charge hydraulique assez importante. Ces forages ont connu une baisse importante atteignant respectivement 65,7 m et 64,5 m. Les forages MK1et MK2, se localisent au niveau de l'axe central de la plaine, dans la formation alluvionnaire, où les courbes de niveau sont assez espacées montrant une faible dénivelée spatiale de la charge hydraulique et ont enregistré une baisse respective de 47,5 m et 46,6 m.

2. Variation du niveau piézométrique des puits :

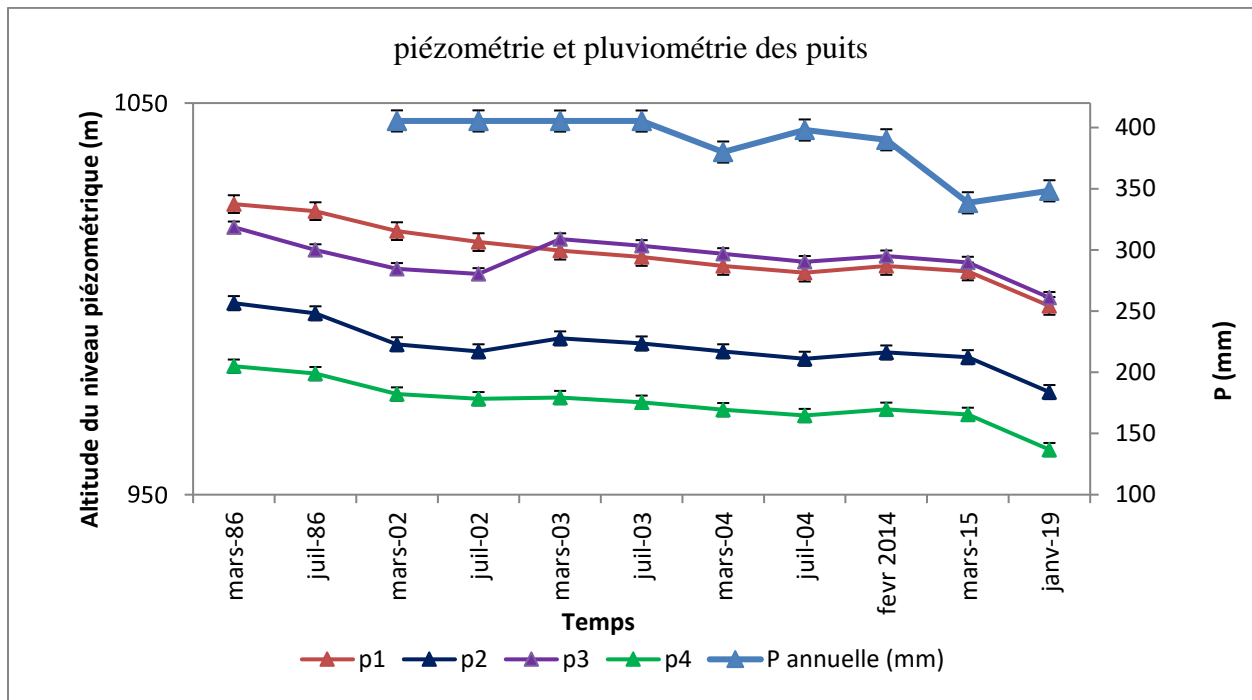


Figure 21 : graphe de la piézométrie et pluviométrie des puits.

Interprétation du graphe de la variation du niveau piézométrique des puits :

L'analyse de l'évolution du niveau piézométrique dans ces puits a révélé une baisse importante Mars 2004 à cause de la surexploitation de la nappe, car la pluviométrie enregistrée durant cette période est de 379.97 mm. Au mois de Mars 2015, on remarque une baisse similaire due au déficit pluviométrique où les précipitations affichées sont de 338.5 mm. Le niveau piézométrique a connu une certaine stabilisation durant la période allant de Mars 2003 au mois de Février 2014, en dépit des précipitations importantes relevées (405.3 mm) ce qui témoigne de la surexploitation de la nappe. Durant la dernière décennie (Mars 2015 au Janvier 2019), le niveau piézométrique poursuit sa baisse d'une manière continue, résultant à la fois aux faibles précipitations et à la surexploitation de la réserve.

On signale que le niveau piézométrique varie de 982.8 m jusqu'à 1024.2 m. Ainsi le P4 montre presque stable le long de la période d'observation depuis Mars 1986 à Janvier 2019, avec un rabattement de 42 m.

Le P2 montre un niveau plus élevé allant de 998.9 m enregistré Mars 1986, et un niveau plus bas enregistré 2019 avec une cote de 976.2 m ainsi un rabattement de 22.07 m. ces deux forages ont connu une baisse importante.

Les puits P1 et P3 ont des cotes plus élevées allant de 1024.2 m à 1003.3 m avec presque une stabilité le long de la période d'observation avec un rabattement de 21.2 m

- **Carte piézométrique des classes de la descente des puits :**

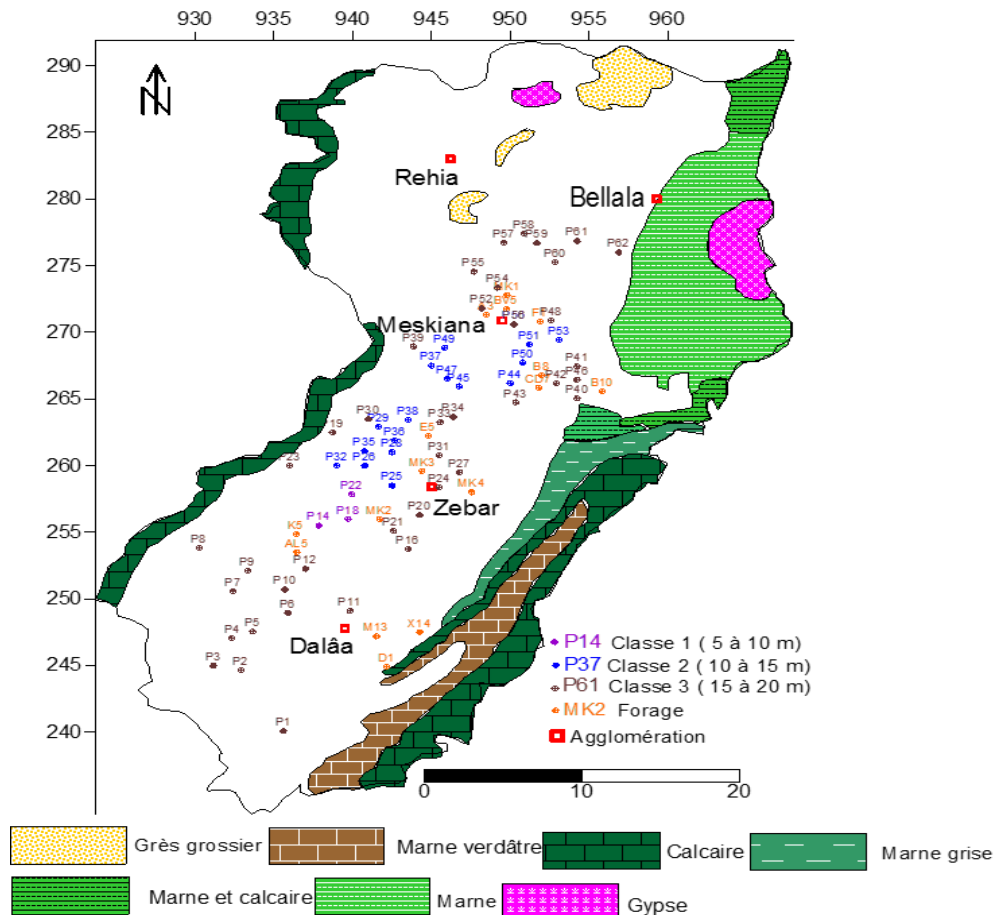


Figure 22 : L'évolution du niveau piézométrique de la nappe de Meskiana, pendant la période d'observation (Maes 1986 - jan 2019).

Pour détecter les tendances des mesures piézométriques des puits, nous avons effectué une analyse statistique en estimant le test de Mann-Kendall. Cette analyse montre que 100 % des puits présentent une tendance à la baisse, mais avec des différents degrés. Nous avons classé les puits selon leurs baisses en 03 classes (figure 22):

- Classe 1: représente les puits qui ont enregistré une faible baisse (de 5 à 10 m) qui se situent presque en amont de la nappe où les courbes piézométriques sont espacées et loin des ouvrages de captages. Cette classe représente 03 puits (5 %).

- Classe 2: représente les puits d'une baisse moyenne (de 10 à 15 m) qui se localisent tout au long de l'axe de la plaine où les valeurs de la transmissivité sont importantes, ce qui provoque le remplissage des puits rapidement. Cette classe représente 17 puits (28,33 %).

- Classe 3: représente les puits ayant une baisse importante (de 15 à 20 m), qui se situent à proximité des forages et près des bordures. Quelques puits qui se localisent en aval de la nappe où le substratum remonte en surface ont considérablement baissé à cause de la surexploitation de la nappe. Cette classe renferme 40 puits (66,33 %).

- Carte en 3D d'état piézométrique initial de la nappe de Meskiana (1986) :

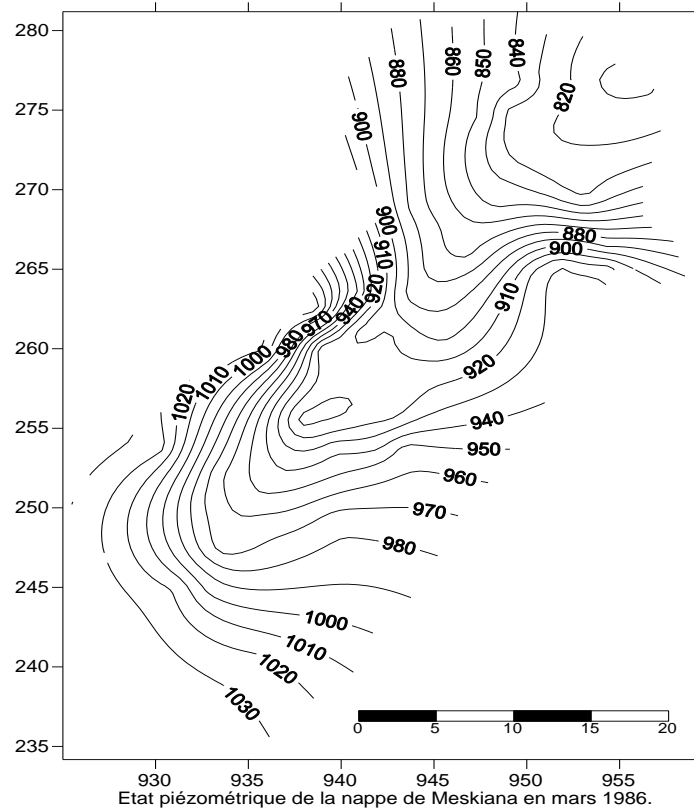
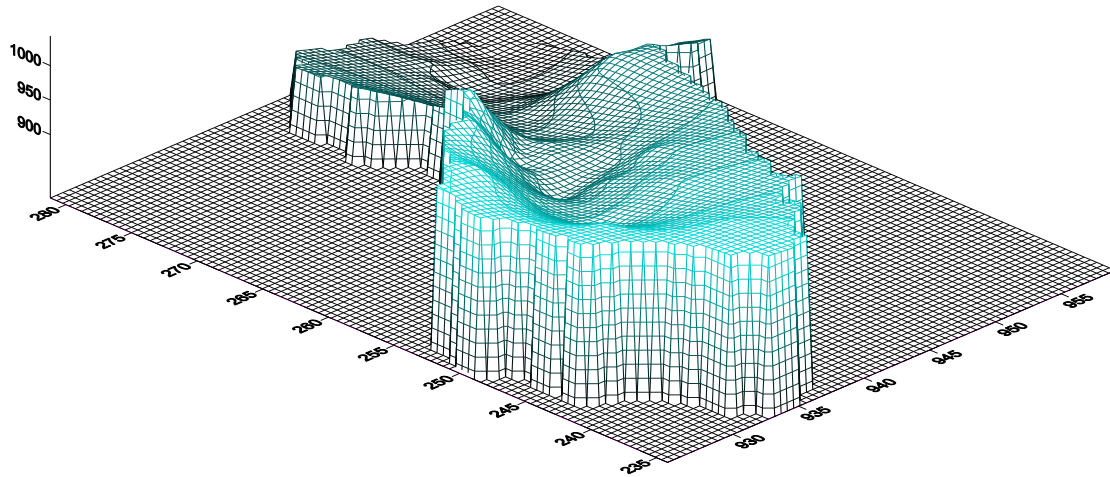
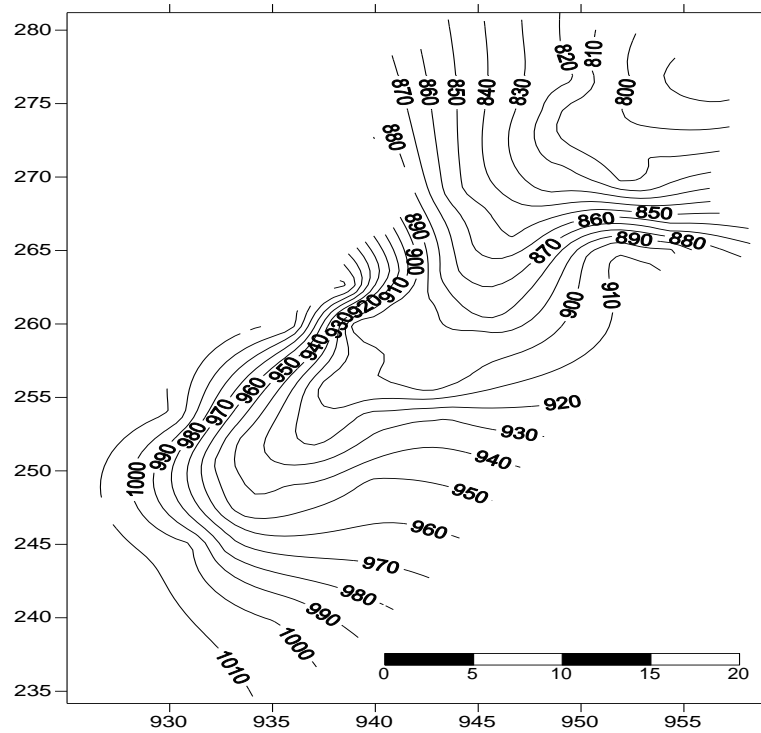
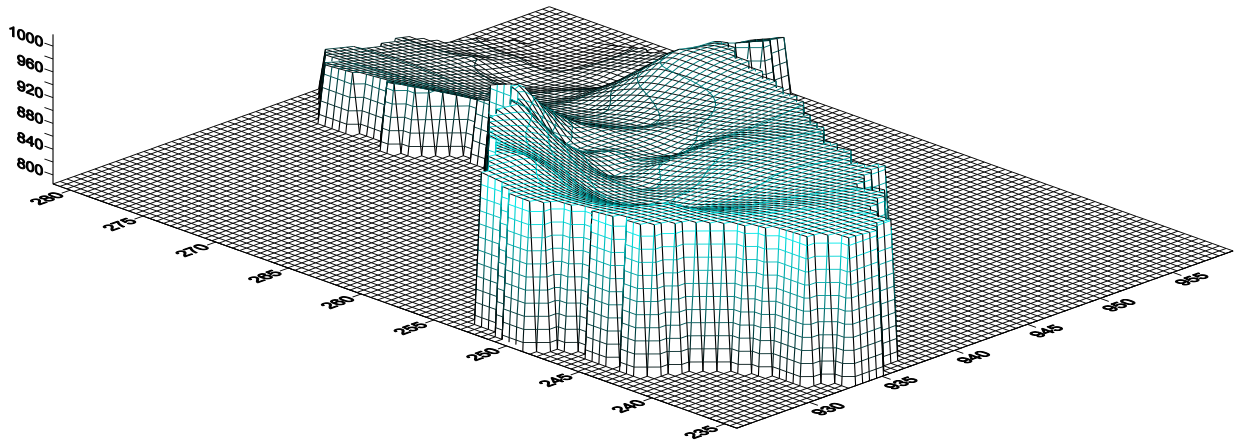


Figure 23 : Etat piézométrique de la nappe Meskiana en mars 1986.

- Carte piézométrique à l'état final de la nappe de Meskiana (2019):



Etat piézométrique de la nappe de Meskiana en janvier 2019.

Figure 24 : Etat piézométrique de la nappe de Meskiana en janvier 2019.

L'analyse est la comparaison entre les deux cartes piézométriques réalisées selon les données de relevés piézométrique enregistré en 1986 et 2019 de l'état initial et final de la nappe de Meskiana fait permis les constatations suivantes :

En amont : on remarque que les cotes piézométriques ont une faible baisse de l'ordre de 5-10 m cotée de Dalâa.

En centre : les cotes piézométriques ont connu une descente moyenne d'ordre de 10 à 15 m cotée de Zebar et Meskiana .


En aval : les cotes piézométriques ont connu une grande descente de l'ordre de 15 à 20 m cotée de Rehia et Belala .

Conclusion :

D'après notre partie spéciale est notre interprétation des cartes piézométriques et les graphes des indices de sécheresse et de la variation du niveau piézométrique ont pu ressortir les constatations suivantes :

- Durant la période d'observation, le niveau piézométrique a enregistré une baisse importante de l'ordre de 5-10 m en amont de la nappe, de 10-15 m au centre et 15-20 m en aval de celle-ci..

- La nappe de Meskiana rencontre des périodes de sécheresse qui s'accroît d'une année à l'autre .
- Les mesures piézométriques montrent une baisse considérable du niveau de la nappe superficielle et profonde.
- La sécheresse et la surexploitation des aquifères de la région de Meskiana, sont les causes qui ont fortement influencé l'état de la nappe actuelle.
- Le creusement des forages illégaux a contribué aussi à la dégradation des réserves en eau souterraines dans la région d'étude.



*Conclusion
Générale*

Conclusion générale :

Ce travail s'est donné pour objectif l'étude de la variation du régime pluviométrique en milieu semi-aride et son impact sur les fluctuations piézométriques de la nappe alluvionnaire de la plaine de Meskiana, située au Nord-Est de l'Algérie. En arrivant à terme de ce travail, on a tiré les conclusions suivantes :

- L'étude géologique du bassin de Meskiana a montré que les formations carbonatées de bordure sont d'âge Crétacé. Les formations d'âge Mio-Plio-Quaternaire occupent la totalité de la plaine. L'activité tectonique a donné naissance à des formations plissées (plis) de direction NE-SW, qui sont accompagnées d'une série de failles de direction orthogonale affectant les formations crétacées.
- L'étude géophysique Les dépôts du remplissage Mio-Plio-Quaternaire sont très hétérogènes. Ils sont représentés d'une part par des couches conductrices constituées par des marnes et des argiles, et d'autre part par des couches résistantes formées de sables, de graviers, de galets et de cailloutis. Ces dernières couches constituent la nappe phréatique du remplissage alluvial de la plaine de Meskiana.
- L'étude hydroclimatologique de la plaine de Meskiana indique qu'elle bénéficie d'un climat semi-aride qui est caractérisé par un hiver pluvieux et un été chaud et sec, avec des précipitations moyennes annuelles 400.1 mm. et des températures moyennes de 27.88 °C, et un ETP de 901.31 mm, un ruissèlement de 26.46 mm et l'infiltration 14.07 mm.
- Les mesures de précipitations de 1952- 2019 ont montré que la plaine de Meskiana a connu des périodes excédentaires telles que janvier, Mars, février avec des excédents de 21.69, 2.04, 16.43 et des périodes déficitaires telles que Septembre, octobre 56.64, 34.96
- L'alimentation se fait à partir des bordures calcaires de Dj Guerigueur à l'Est, et Dj BouTokhma et Guern Ahmar à l'Ouest.
- L'étude hydrogéologique a permis de déterminer que la surface piézométrique présente une fluctuation régulière, caractérisée par une baisse durant la période de basses eaux, sous l'effet de l'évaporation, et une remontée pendant la période de hautes eaux.

Conclusion générale

- Durant la période d'observation, le niveau piézométrique a enregistré une baisse importante de l'ordre de 5-10 m en amont de la nappe, de 10-15 m au centre et 15-20 m en aval de celle-ci.
- Ce qui concerne l'hydrochimie La nappe superficielle Mio-Plio-Quaternaire de Meskiana semble être fortement contaminée par des nutriments d'origine agricole, suite à l'utilisation de fertilisants plus que nécessaire pour les plantes. D'autre part, les rejets urbains, déversés sans aucun traitement préalable dans le réseau hydrographique, sont une source importante de pollution.
- D'après notre partie spéciale on à remarquer que la nappe de Meskiana rencontre une sécheresse qui s'accroît d'une année à l'autre.



Bibliographie :

Références

ANONYME, (1973-1975) : Fiche technique des forages : A3, AL5, B10, B8, CD7 D1, E2, E5, K5, MK2, MK4, MK5.

DUROZOY G. (1956) : Carte géologique au 1/50 000 de Tébessa feuille 206, et sa notice explicative.

DOZET S ,FERJANCIC V ,GOJKOVIC M et INVANKOVIC J (1985) carte géologique de l'Algérie au 1/50000 .feuille 150 El Aouinet .Edit service de la carte géologique l'Algérie avec notice explicative (6p) .ALGER.

Référence pour une thèse :

GOUAIDIA L et al. (2004) : Application des méthodes statistiques pour expliquer le Chimisme de la nappe alluvionnaire de Meskiana. Colloque international Terre et Eau. Université d'Annaba 04,05& 06décembre 2004.

Gouaidia, L., 2008. Influence de la lithologie et des conditions climatiques sur la variation des paramètres physico-chimiques des eaux d'une nappe en zone semi -aride, cas de la nappe de Meskiana Nord-est Algérien. Thèse de Doctorat Uni Annaba..

Références pour un article :

GOUAIDIA L.(2001) : Evolution du chimisme d'une nappe en zone semi-aride cas de la nappe alluvionnaire de Tébessa. 11eme séminaire national des sciences de la terre, Tlemcen 28- 30 octobre 2001.

GOUAIDIA L et al.(2004) : Application des méthodes statistiques pour expliquer le chimisme de la nappe alluvionnaire de Meskiana. Colloque international Terre et Eau. Université de Annaba 04,05& 06décembre 2004.

GOUAIDIA L et al.(2005) : Impact de la lithologie et la sécheresse sur le chimisme des eaux souterraines d'une nappe en zone semi-aride cas de la nappe alluvionnaire de Meskiana- Bulletin de Société des Sciences Naturelles du Pays Monbilliard. pages 245-255.

GOUAIDIA L et al.(2006) : Impact des activités agricoles et de la nature de la couche vadose sur l'évolution des nitrates dans la plaine de Meskiana (NE Algérien).-Le journal de l'IGME (Institut de Géologie et Minéralogie de l'Espagne),numéro spécial n°17.pages 37-46.

GOUAIDIA L.1, GUEFAIFIA O. 1, BOUDOUKHA A. 2 & LARBI DJABRI , Mars 2011 : évolution de la vulnérabilité d'une nappe en milieu semi-aride et comparaison des méthodes appliquées :cas de la nappe de Meskiana (Est Algérien).

GOUAIDIA L.1, GUEFAIFIA O. 1, BOUDOUKHA A. 2 & HEMIL., 2013. Evaluation de la salinité des eaux souterraines utilisées en irrigation et risques de dégradation des sols : exemple de la plaine de Meskiana, nord-est algérien.

Références pour un mémoire :

CHOUGAR RIHAB LAZREG RADIA juin 2019 : l'état de minéralisation des eaux souterraines de la nappe de Meskiana et leur aptitude à l'irrigation.

Hamad Omar ,Yousfi Rabiaa ;2004,Apport des application statistique sur l'explication du chimisme de la nappe alluviale de la plaine de Meskiana ,Nord-Est Algérien .Mémoire de fin d'étude (Magster 2hydrogéologie).Uni Tébessa.

Utilisation de la cartographie et des applications

MESSADIA SihemTOUNSSI OuanAssa juil 2020 : géochimiques pour déterminer l'origine de la salinité des eaux souterraine : cas de la nappe de Meskiana NE Algérien.

Référence pour un livre :

CASTANY, G. (1967): Traité pratique des eaux souterraines, Ed. Dunod.

CASTANY, G. (1968): Prospection et exploitation des eaux souterraines, Ed. Dunod.

CASTANY, G. (1982): Principes et méthodes de l'hydrogéologie, Ed. Dunod.

CASTANY, G. et MARGAT, J. (1977): Dictionnaire français d'hydrogéologie. Ed. BRGM,Orléans.

Sites web :

<http://www.Aureschaouia.free.fr>

<http://www.articque.com>

<http://www.CGM.com>

<http://www.cig.ensmp.fr>

<http://www.eleves.ens.fr>

<http://www.hydrogéologie.com>

<http://www.Scholar.google.com>

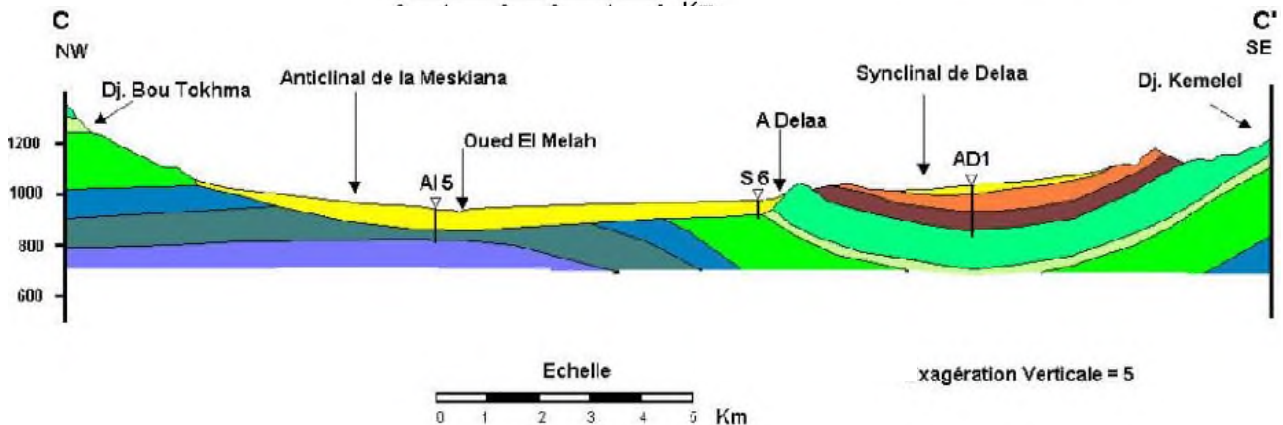
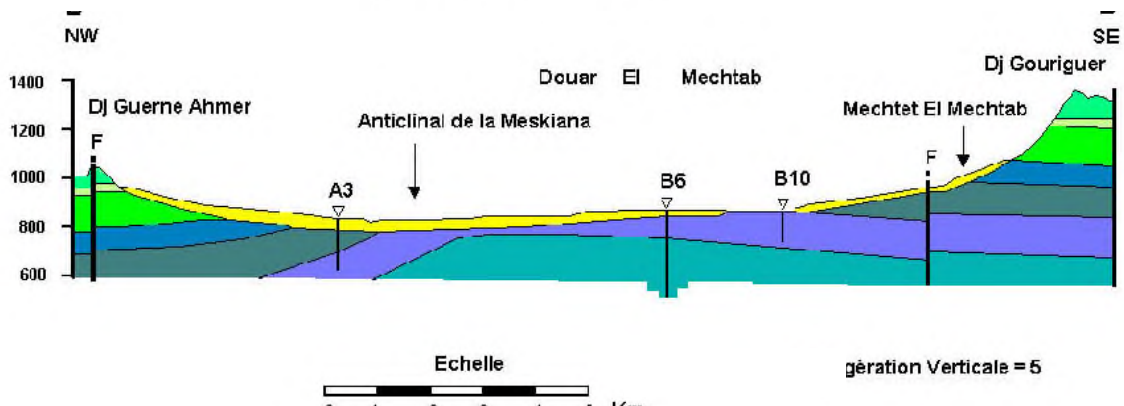
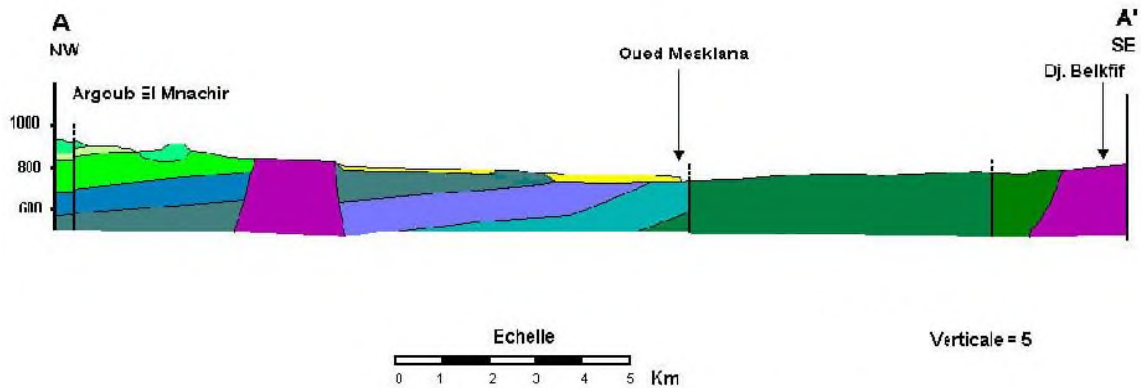
<http://www.u-picardie.fr>

<http://www.ifen.fr>



Annexes :

Annexes géologie



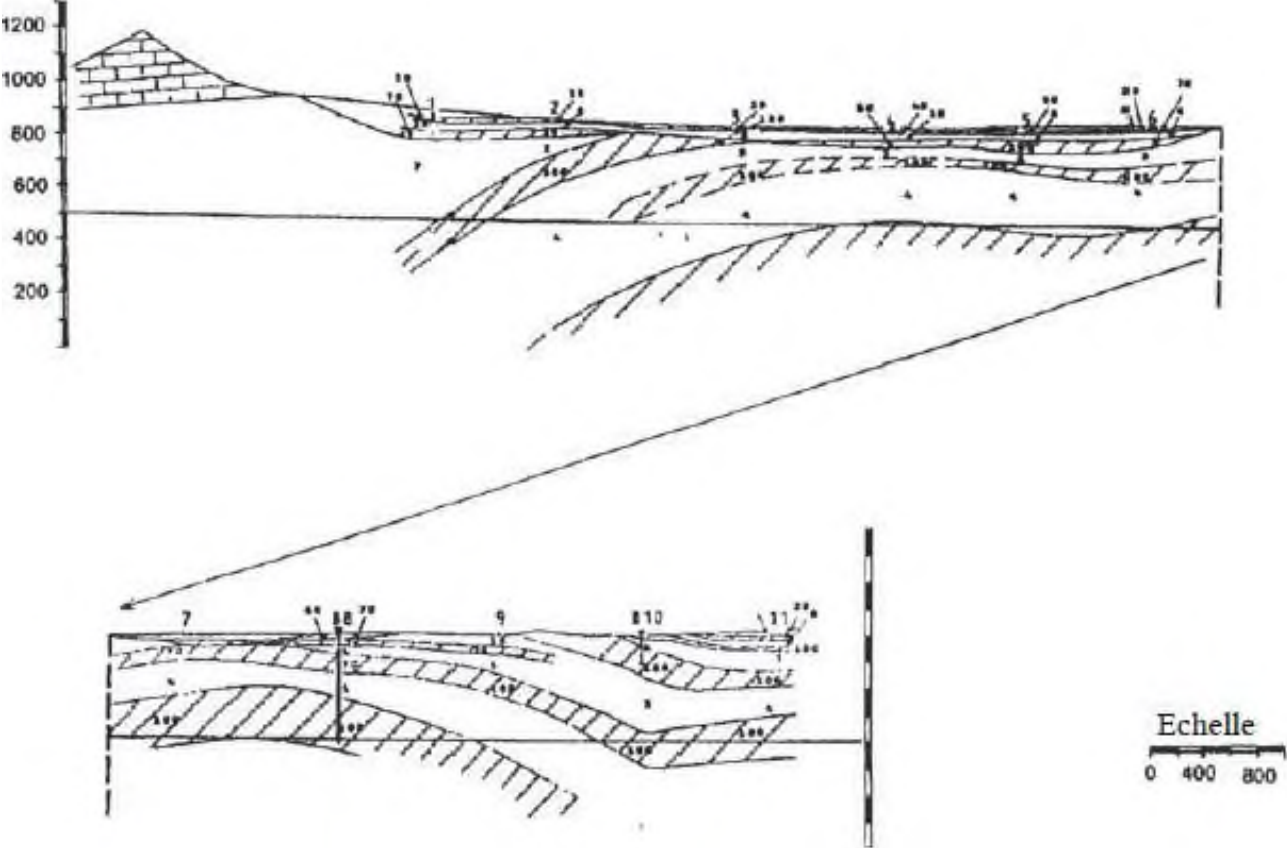
Légende:

- Quaternaire** : Alluvions actuelles et récentes.
- Miocène** : Grès blancs grossiers à quartz.
- Thanétien-Yprésien** : Alternance de micrite et de biomicrite blanchâtres.
- Maestrichtien sup** : Calcaire noduleux à Inocérame.
- Maestrichtien inf** : Marne grise à beige
- Campanien** : Marne argileuse surmontant de marno-calcaires.
- Santonien** : Marne grise à rare intercalation de marno-

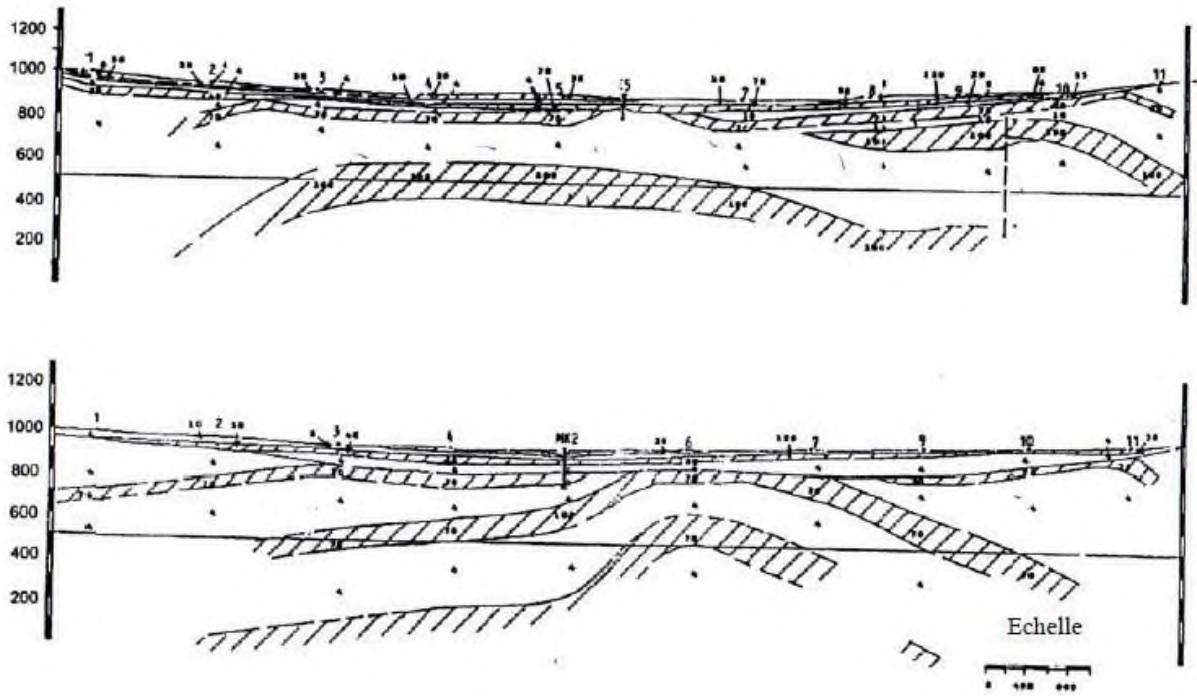
- Forage hydraulique
- Faille
- Contact
- Coniacien** : Marnes grises et alternance de marnes beiges avec des calcaires.
- Turonien moy** : Marnes argileuses et calcaire.
- Turonien inf** : Marnes grises et marno-calcaire.
- Cénomanién** : Marnes argileuses et calcaire.
- Aptien** : Marno-calcaires et marnes argileuses
- Trias** : Cargneule, gypse marneux, dolomie et grès.

Coupes géologiques dans le bassin de Meskiana.

Annexe géophysique :



Coupe géo électrique du profil B(CGG in Gouaidia,2008 Thèse de doctorat)



Coupes géo électriques des profils E et H (CGG in Gouaidia, 2008 Thèse de doctorat)

Annexe hydroclimatologique :

Série pluviométrique :

année	p(mm)	moyenne		Em	Rn	IDP	SPI
52/53	513,8	367,04		146,76	1,39984743	0,39984743	2,63316833
53/54	356,6	367,04		-10,44	0,97155623	- 0,02844377	- 0,18731451
54/55	465	367,04		97,96	1,26689189	0,26689189	1,75759859
55/56	385	367,04		17,96	1,048932	0,048932	0,32223837
56/57	430	367,04		62,96	1,17153444	0,17153444	1,12962849
57/58	433	367,04		65,96	1,17970793	0,17970793	1,1834545
58/59	436	367,04		68,96	1,18788143	0,18788143	1,23728051
59/60	364	367,04		-3,04	0,99171752	- 0,00828248	- 0,05454369
60/61	386	367,04		18,96	1,0516565	0,0516565	0,34018037
61/62	429,5	367,04		62,46	1,17017219	0,17017219	1,12065749
62/63	321,5	367,04		-45,54	0,87592633	- 0,12407367	- 0,81707881
63/64	403,6	367,04		36,56	1,09960767	0,09960767	0,65595962
64/65	371,7	367,04		4,66	1,01269616	0,01269616	0,08360973
65/66	437,3	367,04		70,26	1,19142328	0,19142328	1,26060511
66/67	413,2	367,04		46,16	1,12576286	0,12576286	0,82820285
67/68	382,5	367,04		15,46	1,04212075	0,04212075	0,27738336
68/69	453,1	367,04		86,06	1,23447036	0,23447036	1,54408876
69/70	428,3	367,04		61,26	1,16690279	0,16690279	1,09912709
70/71	501,1	367,04		134,06	1,36524629	0,36524629	2,40530489
71/72	402,7	367,04		35,66	1,09715562	0,09715562	0,63981182
72/73	488,1	367,04		121,06	1,32982781	0,32982781	2,17205886
73/74	281,6	367,04		-85,44	0,76721883	- 0,23278117	- 1,53296472
74/75	360	367,04		-7,04	0,98081953	- 0,01918047	- -0,1263117
75/76	271,9	367,04		-95,14	0,74079119	- 0,25920881	- 1,70700214
76/77	289,6	367,04		-77,44	0,78901482	- 0,21098518	- 1,38942869
77/78	374,7	367,04		7,66	1,02086966	0,02086966	0,13743574
78/79	260,2	367,04		-106,84	0,70891456	- 0,29108544	- 1,91692358
79/80	321,1	367,04		-45,94	0,87483653	- 0,12516347	- 0,82425561
80/81	325	367,04		-42,04	0,88546207	- 0,11453793	- -0,7542818
81/82	290,4	367,04		-76,64	0,79119442	- 0,20880558	- 1,37507509
82/83	298	367,04		-69,04	0,81190061	- 0,18809939	- 1,23871587

83/84	299,9	367,04		-67,14	0,81707716	- 0,18292284	- 1,20462607
84/85	377,7	367,04		10,66	1,02904316	0,02904316	0,19126175
85/86	370,7	367,04		3,66	1,00997167	0,00997167	0,06566773
86/87	348,13	367,04		-18,91	0,94847973	- 0,05152027	- 0,33928327
87/88	312,34	367,04		-54,7	0,85096992	- 0,14903008	- 0,98142755
88/89	363,8	367,04		-3,24	0,99117262	- 0,00882738	- 0,05813209
89/90	396,85	367,04		29,81	1,08121731	0,08121731	0,5348511
90/91	404,9	367,04		37,86	1,10314952	0,10314952	0,67928423
91/92	381	367,04		13,96	1,038034	0,038034	0,25047036
92/93	325	367,04		-42,04	0,88546207	- 0,11453793	- -0,7542818
93/94	365	367,04		-2,04	0,99444202	- 0,00555798	- 0,03660169
94/95	405,6	367,04		38,56	1,10505667	0,10505667	0,69184363
95/96	360,43	367,04		-6,61	0,98199106	- 0,01800894	- 0,11859664
96/97	320,06	367,04		-46,98	0,87200305	- 0,12799695	- 0,84291529
97/98	311,9	367,04		-55,14	0,84977114	- 0,15022886	- 0,98932203
98/99	408,2	367,04		41,16	1,11214037	0,11214037	0,73849283
99/2000	361,56	367,04		-5,48	0,98506975	- 0,01493025	- 0,09832218
2000/2001	375	367,04		7,96	1,02168701	0,02168701	0,14281834
2001/2002	405,4	367,04		38,36	1,10451177	0,10451177	0,68825523
2002/2003	415,3	367,04		48,26	1,13148431	0,13148431	0,86588105
2003/2004	363,97	367,04		-3,07	0,99163579	- 0,00836421	- 0,05508195
2004/2005	371,7	367,04		4,66	1,01269616	0,01269616	0,08360973
2005/2006	309,09	367,04		-57,95	0,8421153	-0,1578847	- 1,03973906
2006/2007	335,8	367,04		-31,24	0,91488666	- 0,08511334	- -0,0015271
2007/2008	280,7	367,04		-86,34	0,76476678	- 0,23523322	- 1,54911252
2008/2009	369,8	367,04		2,76	1,00751962	0,00751962	0,04951993
2009/2010	365,5	367,04		-1,54	0,99580427	- 0,00419573	- 0,02763068
2010/2011	328,6	367,04		-38,44	0,89527027	- 0,10472973	- 0,68969059
2011/2012	285,7	367,04		-81,34	0,77838928	- 0,22161072	- 1,45940251
2012/2013	305,6	367,04		-61,44	0,8326068	-0,1673932	- 1,10235665

2013/2014	370	367,04		2,96	1,00806452	0,00806452	0,05310833
2014/2015	338,5	367,04		-28,54	0,92224281	- 0,07775719	- 0,51206476
2015/2016	335,4	367,04		-31,64	0,91379686	- 0,08620314	- 0,56768497
2016/2017	329,7	367,04		-37,34	0,89826722	- 0,10173278	- 0,66995438
2017/2018	370,5	367,04		3,46	1,00942677	0,00942677	0,06207933
2018/2019	348,3	367,04		-18,74	0,94894289	- 0,05105711	- 0,33623313