

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبو بكر بلقايد- تلمسان

Université ABOUBEKR BELKAID – TLEMSEN

كلية علوم الطبيعة والحياة، وعلوم الأرض والكون

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

Département DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS



MÉMOIRE

Présenté par

Par

AMIRAT BACHIR et BENCHOUHRA SOUMIA

En vue de l'obtention du

Diplôme de MASTER

En : Hydrogéologie

Thème

Gestion des ressources en eau souterraines dans une zone semi-aride :
Cas du bassin Maâder -Tiout- Monts des Ksour-Algérie

Soutenu le **27/09/2022** devant le jury composé de :

Président : HEBIB HAKIM

MAA Université Abou Bekr Belkaïd Tlemcen

Encadreur : KACEMI ALI

MCB Université Abou Bekr Belkaïd Tlemcen

2 ème Encadreur : RAHMANI ABDERRAHMAN MCB Université Salhi Ahmed Naâma

Examineur : BOUDJEMAA ABDERRAZZA MCA Université Abou Bekr Belkaïd Tlemcen

Année universitaire 2021/2022

REMERCIEMENTS

Quelques mots en préambule à ce mémoire où, nous remercions « ALLAH » qui nous a aidé et donné la patience et le courage durant. Au terme de la réalisation de ce modeste travail, nous tenons à exprimer toute reconnaissance à monsieur KACEMI ALI qui a accepté de diriger ce travail, nous le remercions pour avoir bien voulu nous faire profiter de ces connaissances et pour les conseils qu'il nous a donnés et de nous avoir accompagné sur le terrain. Comme nous remercions également monsieur RAHMANI ABDERRAHMANE d'avoir encadré ce travail et de nous avoir accordé beaucoup de son précieux temps pour suivre notre travail et d'avoir lui aussi nous accompagné sur le terrain qui, sans lui ce travail n'a pu être achevé. Nous tenons à remercier très chaleureusement monsieur BENCHOUK MUSTAPHA pour nous avoir honoré de sa présence et accepter de présider ce jury. Nos remerciements s'adressent à monsieur BOUDJEMAA ABDERRAZZAK pour avoir accepté de juger ce mémoire. Enfin, nos sincères remerciements sont destinés à tous ceux qui ont contribué à ce travail.

Dédicace

À tous ceux qui ont échangé mon véritable amour.

Dédicace

mes remerciements vont enfin à ma famille surtout à mes chères parentes qui m'ont permis de réaliser se travail dans les meilleurs conditions,qui m'ont soutenu et encouragée.Mes remerciements s'adresse également à mes deux frères et ma soeur.

Soumia.

Résumé :

La région de Maâder (Tiout), zone située au Sud-Ouest Algérien, s'intègre dans les zones à climat semi-aride.

Du point de vue hydrogéologique, le synclinal de Maâder se distingue par des ressources en eau souterraines, caractérisées par un système aquifère des grès crétacés inférieurs.

En plus de l'alimentation en eau potable, l'agriculture représente la première activité socio-économique dans la région et la plus consommatrice des ressources hydriques.

De nombreux forages ont été créés et le nombre n'a cessé d'augmenter d'une année à l'autre avec une demande croissante pour la création de forages de moyenne profondeur 50 à 100m.

Ces ressources requièrent une gestion qui nécessite une connaissance des différents éléments du bilan d'eau et des processus hydrogéologiques : la ressource et la demande, leur distribution spatiale et leur qualité, ainsi qu'une carte hydrogéologique de la région.

Mots clé : Synclinal « Maâder » - Ressources en eau - Grès – Crétacé inférieur – Gestion – Hydrogéologie.

Abstract:

The region of Maâder (Tiout), an area located in southwestern Algeria, is integrated into the semi-arid climate zones.

From the hydrogeological point of view, the Maâder syncline is distinguished by groundwater resources, characterized by a cretaceous sandstone aquifer system.

In addition to drinking water supply, agriculture is the main socio-economic activity in the region and the biggest consumer of water resources. Many boreholes have been created and the number has continued to increase from one year to the next with a growing demand for the creation of medium-depth boreholes 50 to 100m.

These resources require management that requires knowledge of the elements of the water balance and hydrogeological processes: the resource and demand, their spatial distribution and their quality, as well as a hydrogeological map of the region.

Key words: Synclinal "Maader" - Water resources - Sandstone – Lower Cretaceous – Management –hydrogeology.

الملخص

- حوض منطقة المعدر (بلدية تيوت) وهي منطقة تقع في جنوب غرب الجزائر مقاطعة العين الصفراء ولاية النعامة ، فيالمناطق المناخية شبه القاحلة.
 - من وجهة النظر الهيدروجيولوجية ، يتميز حوض المعذبموارد لمياه جوفية مخزنة في الطبقة الجيولوجية الحجر الرملي الطباشيريالأدنى.
 - هذا المخزون يستعمل في إمدادات مياه الشرب لكن الزراعة هي النشاط الرئيسي والمستهلك الأكبر لهذا المورد الطبيعي
 - ونظرا للحركية الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة وتزايد استهلاك الموارد المائية تم إنشاء العديد من الآبار واستمر العدد في الزيادة من سنة إلى أخرى حيث أنشأت عدة آبار متوسطة العمق من 50 إلى 100 متر.
 - ومنه يتطلب تسيير هذه الموارد إدارة ومعرفة مختلفة من عناصر التوازن المائي والعمليات الهيدروجيولوجية: المورد والطلبالخاص بالمنطقة ثم التوزيع المكاني لهذه المياه وجودتها وكذلك خريطة هيدروجيولوجية للمنطقة.
- الكلمات المفتاحية:

الإدارة - الجيولوجيا المائية- حوض - الموارد المائية - الحجر الرملي - العصر الطباشيري السفلي " " معادر

SOMMAIRE :	
Dédicaces	
Remerciements	
Résumé.	
الملخص	
PREMIER CHAPITRE :GENERALITES	
I.CADRE GEOGRAPHIQUE.....	08
I.1 Situation géographique du secteur d'étude (Fig.1)	08
II. CLIMATOLOGIE.....	09
II.1. CADRE CLIMATIQUE	09
II.1.1 Précipitations	09
II.1.2. Précipitations annuelles 1991-2021	10
II.1.3. Précipitations moyennes mensuelles :.....	10
II.1.4 Température.....	11
II.2. ESTIMATION DU BILAN HYDROLOGIQUE (1991 - 2021).....	12
III. Conclusion :.....	13
DEUXIEME CHAPITRE : GEOLOGIE DE LA REGION D'ETUDE	
I- CADRE GEOLOGIQUE GENERALE :.....	15
I.1-L'accident Nord atlasique.....	15
II.2-L'accident Sud atlasique.....	15
II- CADRE GEOLOGIQUE DU SECTEUR D'ETUDE :.....	17
III. GEOLOGIE DU SYNCLINAL DE MAADER DE TIOUT.....	17
IV- CONCLUSION :	20
TROISIEME CHAPITRE : ETUDE HYDROGEOLOGIQUE	
I.HYDROLOGIEDU BASSIN VERSANT DE MAADER	22
II.CADRE HYDROGEOLOGIQUE:.....	23
III.HYDRODYNAMIQUE :	27
III.1 Piézométrie :.....	27

III.2 Transmissivité.....	27
IV. BILAN HYDROGEOLOGIQUE :.....	29
➤ Essai d'estimation du bilan de la nappe	30
➤ HYDROCHIMIE	31
V 1. Contrôle des analyses par balance ionique :	32
V.2 Les paramètres physico-chimiques :	32
La minéralisation :	32
V.3 Aptitudes des eaux à l'irrigation :	33
• Le pourcentage en sodium (% Na)	37
V. CONCLUSION :	38
CONCLUSION GENERALE.....	40
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	41
LISTE DES FIGURES:.....	44
LISTE DES TABLEAUX.....	45

Introduction générale

Les Monts des ksour sont constitués par de vastes synclinaux à fond plats. Une première partie de ces synclinaux se situe entre El Hendjir et Aïn Séfra, le flanc Sud étant fortement masqué par les dunes d'Aïn Séfra. Une deuxième partie se trouve à l'Est-Nord-Est d'Aïn Séfra dans la région de Tiout, connue sous le nom de Maâder (qui fait l'objet de notre étude). Il s'agit d'un synclinal typique des Monts des Ksour à fond plat affectant l'Albien encadré par deux anticlinaux celui de Djebel Aïssaou NW et Djebel Djara au SE.

A l'instar des villes situées en milieu semi-aride et aride, la disponibilité de l'eau a toujours été au centre des préoccupations des collectivités locales.

Les premiers habitants ont fait leur prospérité à partir des adductions conçues gravitairement pour la distribution en eau potable et l'irrigation, ainsi que l'abreuvement du cheptel, à partir des plus anciennes sources (la source de Tiout).

Le but de travail est de comprendre et modéliser les flux d'eaux souterraines dans la région de Maâder pour une meilleure gestion des ressources en eau dans la région.

Le présent de travail a été scindé en trois chapitres ;

Nous présenterons dans le premier chapitre, l'étude climatique qui permet de déterminer le type de climat régnant dans la zone concernée et les éléments du bilan hydrologique bilan à partir des données de températures et de précipitations.

Dans le deuxième chapitre nous intéressons à la géologie de la région, pour déterminer les différentes formations.

Dans le troisième chapitre, une étude hydrogéologique a permis d'identifier les principaux aquifères, préciser la géométrie du réservoir d'âge Albien du synclinal de Maâder et de déterminer les paramètres hydrodynamiques de l'aquifère qui nous conduiront à une meilleure compréhension de l'écoulement souterrain et à établir un bilan hydrogéologique pour une meilleure gestion.

Enfin, ce mémoire est clôturé par une conclusion générale.

Chapitre I

Généralité et cadre climatique

I-CADRE GEOGRAPHIQUE

I.1 Situation géographique du secteur d'étude (Fig.1)

Les Monts des Ksour font partie de l'Atlas Saharien occidental, limités au Nord par les Hautes plaines Oranaises, au Sud par la plateforme saharienne, à l'Ouest par le Haut Atlas marocain et à l'Est par Djebel Amour (Atlas saharien central). Ils constituent une région montagneuse assez élevée avec certains sommets qui dépassent souvent les 2000 m.

La région de Tiout est située dans la partie centrale des Monts des Ksour. Elle est limitée :

- Au Nord-Ouest par Djebel Aïssa.
- Au Nord-Est Djebel Afezzouz.
- Au Sud-Ouest Djebel Mekther et Ain Séfra.
- Au Sud-Est par Djebel Djara.

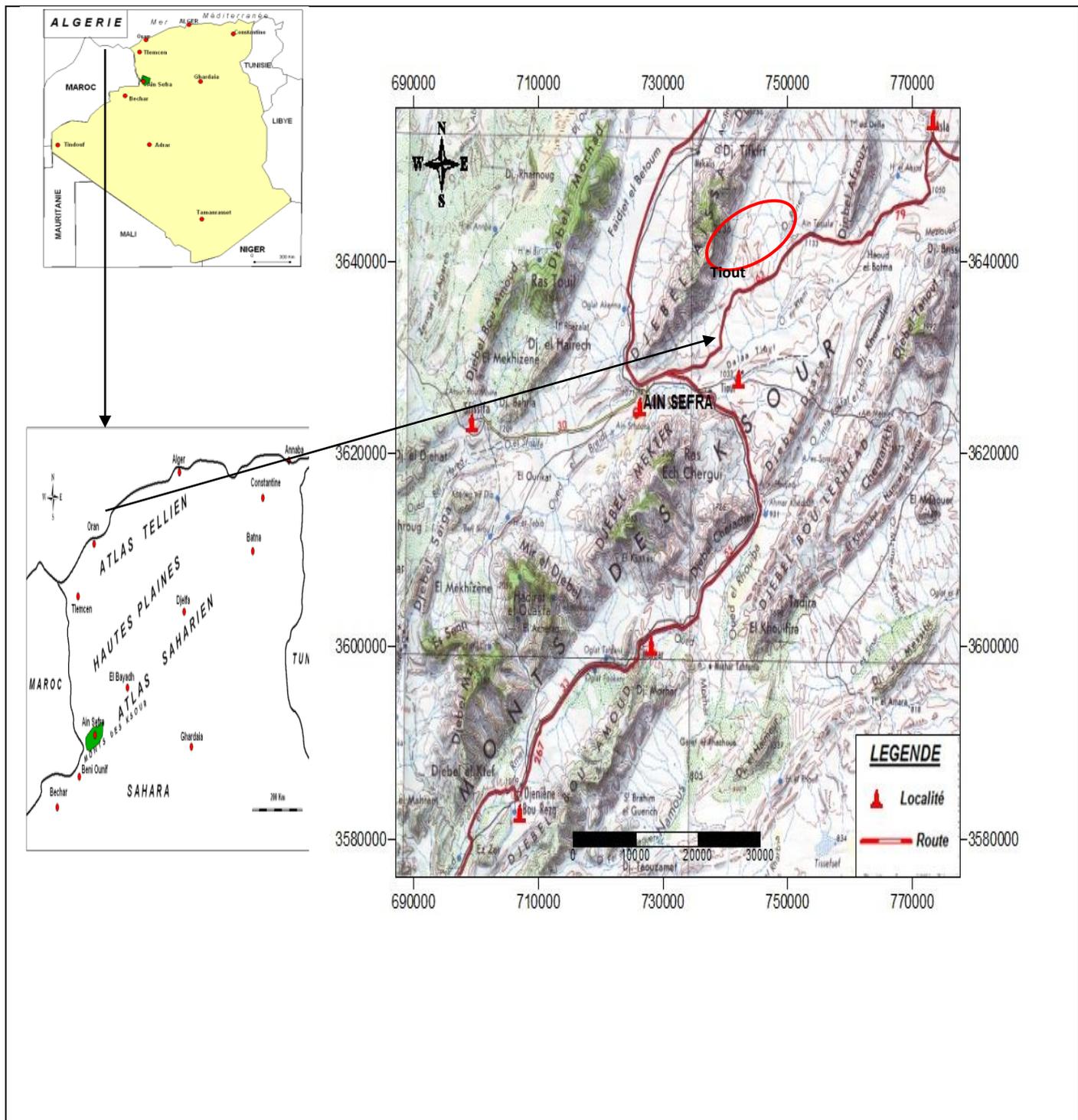


Fig. 1 - Situation du secteur d'étude (Carte topographique d'Aïn Séfra au 1/200 000^{ème})

II. CLIMATOLOGIE

II.1. CADRE CLIMATIQUE

Les paramètres hydroclimatologiques ont une grande importance pour toute étude hydrogéologique. L'étude climatique sera effectuée à partir des données météorologiques : températures et précipitations de la station météorologique d'Aïn Séfra (période 1995-2021), dont les caractéristiques sont représentées dans le tableau1

Station	Code	X (UTM)	Y (UTM)	Altitude
Aïn Séfra	605600	724838,035	3626956,25	1058 m

Tableau1 : station météorologique d'Aïn Séfra

II.1.1 Précipitations Les précipitations moyennes annuelles enregistrées à la station d'Aïn Séfra pour la période allant de 1991-2021 sont mentionnées au **tableau2**.

Année	Précipitations annuelles (mm)	Année	Précipitations annuelles (mm)
1991	376.94	2006	158.23
1992	91.23	2007	279.17
1993	190.56	2008	417.37
1994	161.33	2009	256.28
1995	163.1	2010	207.52
1996	148.87	2011	227.34
1997	112.83	2012	215.45
1998	130.6	2013	107.44
1999	13.21	2014	233.15
2000	214.66	2015	143.27
2001	82.06	2016	218.65
2002	161.33	2017	190.30
2003	184.42	2018	160.12
2004	188.62	2019	129.56
2005	117.88	2020	110.35
		2021	86.35

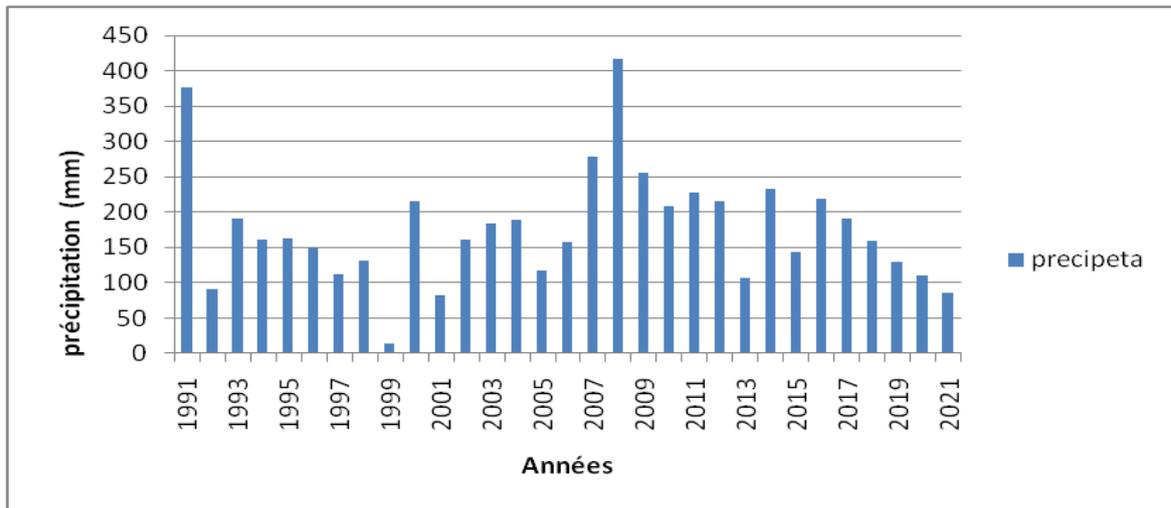


Fig.2 : Variation des précipitations annuelles (1991-2021)

II.1.2. Précipitations annuelles 1991-2021 : La courbe de la variation de la précipitation (fig. 3) montre que la lame d'eau tombée varie entre 417.4 mm (2008) et 13.2 mm (1999). La valeur moyenne annuelle est 167mm.

II.1.3. Précipitations moyennes mensuelles :

Les valeurs moyennes mensuelles des précipitations de la période 1991-2021 (tableau 3) montrent que :

- La pluviométrie moyenne annuelle est de 167mm.
- Le mois le plus pluvieux est celui du mois d'Octobre avec une valeur de 29.9 mm
- Le mois le plus sec est celui du mois de Juillet, avec une valeur de 3.9 m(Fig.5).

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Total
P(mm)	21.8	29.9	14.2	8.1	8.6	12.4	20.9	11.4	18.2	7.9	3.9	9.7	167

Tableau 3 : Données des précipitations moyennes mensuelles (1991-2021)

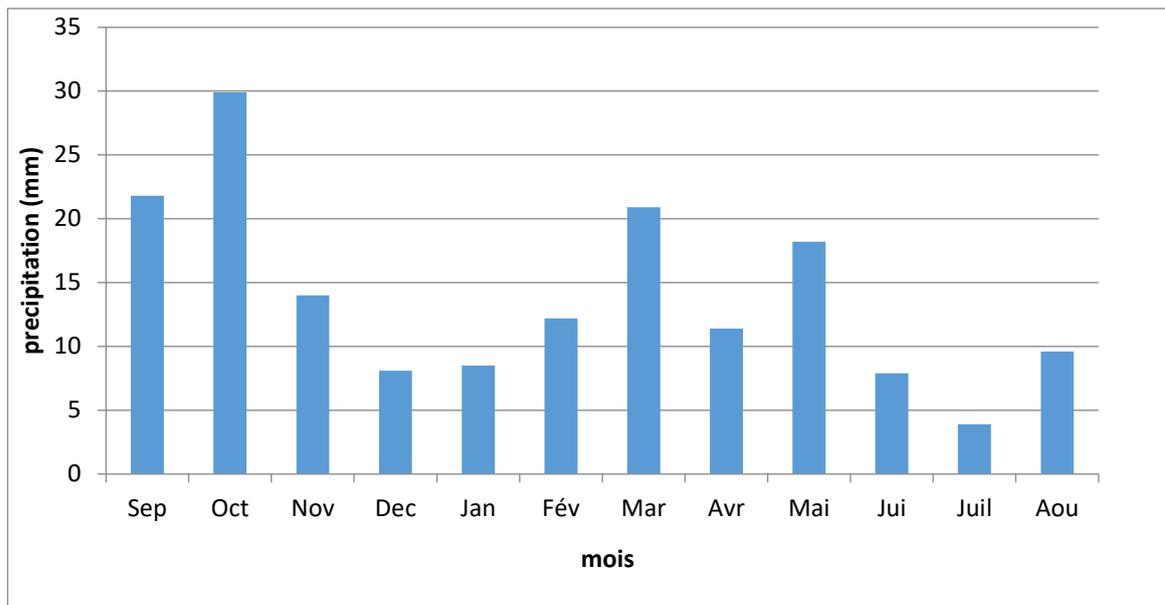


Fig. 3 : Précipitations moyennes mensuelles (1991-2021)

II.1.4 Température

La température est l'un des éléments fondamentaux dans l'établissement du bilan hydrologique et dans la détermination du caractère climatique d'une région. Le tableau 5 nous donne les minima et maxima ainsi que les températures moyennes pour la période 1991-2021(Fig.6) :

- Les moyennes $T_{moy} = (T_{max} + T_{min}) / 2$ (tableau 5).

La répartition de la température moyenne mensuelle permet de considérer le mois de janvier comme le plus froid (7.6°C) et le mois de juillet comme le plus chaud (29.8°C).

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou
Tmax (°C)	31.5	32.1	18.7	14.5	13.7	16	19.3	22.9	27.4	33.5	37.6	36.6
Tmin (°C)	17.1	12.3	6.5	2.9	1.5	3.2	6.5	9.6	13.7	18.7	22.1	21.2
Tmoy (°C)	20	22.2	12.6	8.7	7.6	9.6	12.9	16.3	20.5	26.1	29.8	28.9

Tableau 4 : Températures mensuelles : minimum, maximum et moyenne (1991-2021).

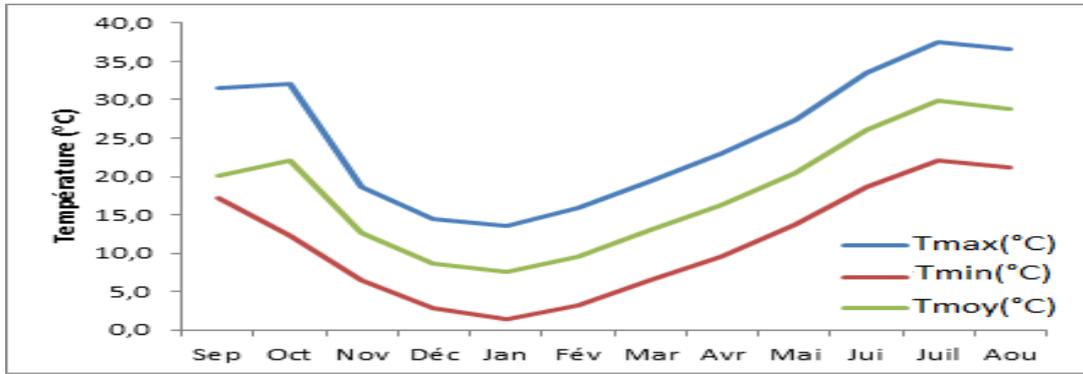


Fig. 4 : Variation des températures moyennes mensuelles (1991-2021)

II.2. ESTIMATION DU BILAN HYDROLOGIQUE (1991 - 2021)

- **L'évapotranspiration potentielle ETP** : est la quantité d'eau nécessaire à la transpiration non ralentie d'un tapis végétal couvrant entièrement le sol et alimenté régulièrement en eau. Elle commande les excès et les déficits des régions humides et arides.

On calcule l'évapotranspiration potentielle par la méthode de Thornthwaite :

$$ETP = 1.6 \left(\frac{10 \cdot T}{I} \right)^a$$

Avec: $a = (1.6I/100) + 0.5$ **a=1.89**

I: somme des 12 indices mensuelles (i) avec : $i = (T_m/5)^5$ 1,514

T_m : températures moyennes mensuelles

Les valeurs d'ETP non corrigées ainsi que les valeurs d'ETP corrigées sont reportées dans le **tableau suivant**

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	ANN
T°(C)	7.14	8.96	12.76	15.77	20.76	26.12	29.72	28.31	24	18.42	12.06	8.29	17.69
i	10.75	7.20	3.79	2.15	1.71	2.39	4.13	5.69	8.63	12.21	14.85	13.80	87.30
ETP (Cm)	1.09	1.68	3.28	4.89	8.22	12.69	16.20	14.78	10.82	6.56	2.94	1.45	84.60
Facteur	1.03	0.97	0.88	0.86	0.80	0.86	1.03	1.08	1.19	1.19	1.21	1.15	-
ETP Corrigé (mm)	11.22	16.29	28.86	42.05	65.76	109.13	166.86	159.62	128.76	78.06	35.57	16.67	858.85

On obtient pour la région d'Ain Sefra une évapotranspiration potentielle annuelle corrigée de 858.85 mm/an. Cette méthode permet d'évaluer l'ETR et d'établir un bilan hydrique.

On peut distinguer les cas suivants :

*P > ETP: Dans ce cas, l'ETR est égale à l'ETP et l'excédent des précipitations sur l'ETP est stocké dans le sol sous forme d'humidité.

Thornthwaite admet que la saturation est atteinte lorsque les réserves superficielles cumulées atteignent 100mm d'eau. Le surplus va s'écouler en profondeur (infiltration) ou en

surface vers les Oueds (ruissellement) ce qui constitue l'excédent du bilan.

* $P < ETP$: L'ETR est égale aux précipitations du mois considéré. Le sol restitue l'eau emmagasinée jusqu'à épuisement des réserves.

Le stock épuisé, l'ETR=P. Comme l'ETP est plus forte par rapport à P il y aura un déficit du bilan égale à ETP-ETR.

Dans notre cas on a : $P < ETP$. **ETR=P=172.2mm.**

3- Déficit d'écoulement :

Le déficit d'écoulement est la différence entre la pluviométrie tombée sur un bassin versant et le total de la quantité d'eau écoulée. La méthode de Verdeil (1988) (**figure 5**), donne une valeur proche de la réalité du déficit d'écoulement. Pour la station d'Ain Sefra le déficit d'écoulement est égal à 164 mm soit 95.91 % des précipitations.

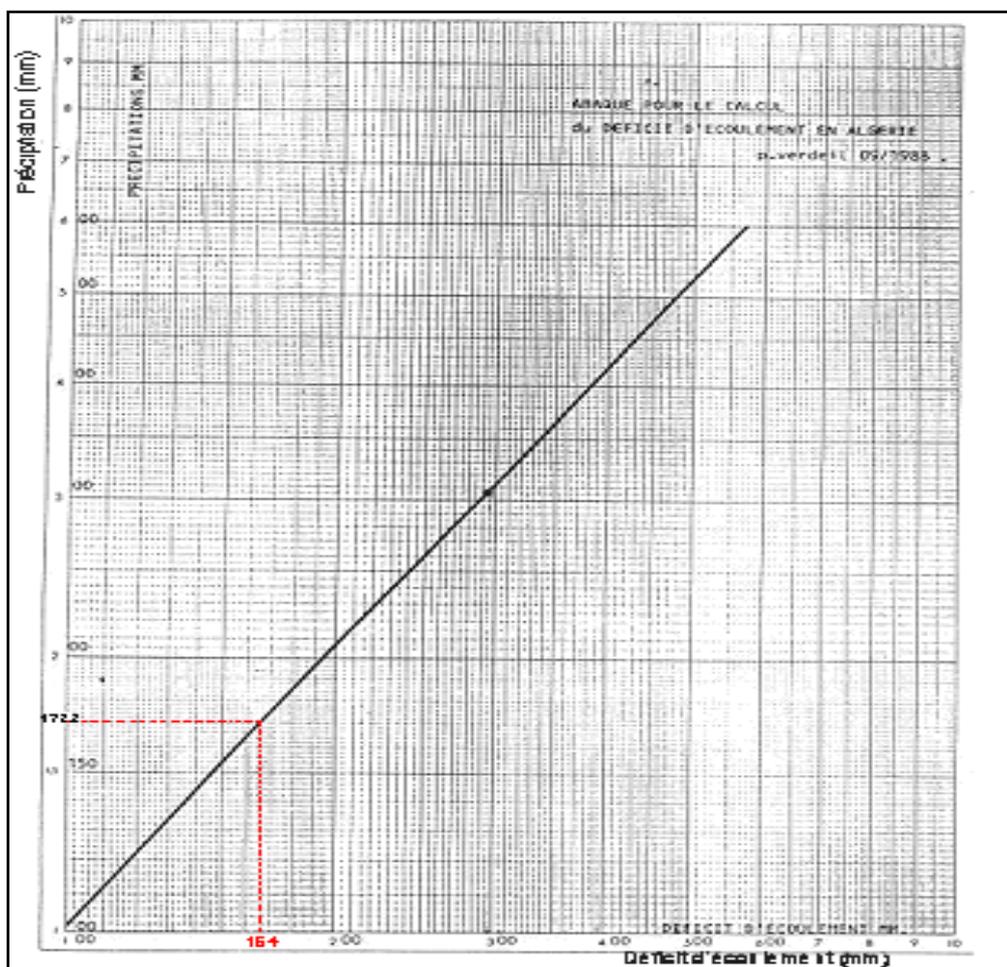


Figure 5 : Abaque de VERDEIL (1988) Calcul du déficit d'écoulement en Algérie.

- Bilan hydrologique :

Eléments du bilan : $P=R+I+E$

$I=P-R-D$

P : Précipitation moyenne annuelle = 172.2mm = 0.1722m

R : Ruissellement de surface (mm).

I : infiltration (mm).

E : évapotranspiration réelle ou déficit d'écoulement (mm).

D : déficit d'écoulement (abaque de Verdeil) = 164mm= 0.164 m

Détermination des éléments du Bilan (1991/2021) :

a) Apports:

$P \times S = \text{apports}$

$P = 0.1722\text{m}$

S: surface du bassin versant =1358 Km²

Apports= 234 Hm³

b) Ruissellement:

Sa valeur sera donnée par la relation de TIXERONT-BERKALOFF:

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

R= 2.30 mm soit **1.33 % des précipitations.**

Pour le bassin : **3 Hm³**

c) déficit d'écoulement :

D=164 mm soit **95.24% des précipitations**

Pour le bassin : **223 Hm³**

d) Infiltration:

$I=P-D-R$

I=5.90 mm soit 3.43 % des précipitations

Pour le bassin: **8 Hm³**

Les résultats des éléments du bilan sont classés dans le **tableau N° 5**

Elément du bilan	mm	%
Apports	167	100
Ruissellement	2,23	1,33
Déficit	161	96,4
Infiltration	3,77	2,26

III. Conclusion :

Les différentes méthodes d'étude du climat de la station d'Ain Sefra indiquent que la région de Tiout jouit d'un climat semi-aride à aride avec des étés chauds et des hivers froids.

Elle se caractérise par :

- des pluies souvent à caractère orageux.
- une irrégularité dans la répartition saisonnière et mensuelle des pluies.
- une précipitation moyenne annuelle de l'ordre 167 mm.

Parmi les méthodes de calcul de l'ETR (déficit d'écoulement) seule la méthode de VERDEIL donne 96,4 %. Un ruissellement et une infiltration respectivement de 2,23 mm et 3,77 mm représentant 1,33% et 2,27% des précipitations.

CHAPITRE II

Géologie

I- CADRE GEOLOGIQUE GENERALE :

Les Monts des Ksour (Atlas Saharien Occidental) font partie de l'Atlas Saharien. Ce dernier est un ensemble structural étendu depuis le Maroc à l'Ouest jusqu'en Tunisie à l'Est. Il s'agit d'une chaîne intracontinentale formée au Tertiaire.

Les Monts des Ksour s'étendent de la frontière Algéro-marocaine à l'Ouest (région d'Aïn Séfra) jusqu'à Djebel Amour à l'Est, Ils sont limités au Nord par les Hautes plaines Oranaises, et au Sud par la plateforme Saharienne. Cette chaîne est comprise entre deux grands accidents : l'accident Sud Atlasique au Sud et l'Accident Nord Atlasique au Nord.

I.1-L'accident Nord atlasique

D'une orientation SW-NE, il représente la frontière entre l'Atlas Saharien et les Hautes plaines Oranaises (Galmier, 1951). C'est une ligne tectonique que l'on suit de Bouarfa au Maroc jusqu'à Zahrez-Chergui (Guiraud, 1985 ; Kazi Tani, 1986) voire plus à l'Est de Boussaâda (Emberger, 1960) (Guiraud, 1985).

Il correspond à des tronçons à changement rapide de direction. L'interruption de cet accident est liée à la discontinuité d'un socle affecté par des cassures au Nord de la chaîne atlasique (Laffite, 1939 ; Galmier, 1952).

Cet accident est apparu dès le Jurassique, voire le Trias (Kazi Tani, 1986), en : Sillon atlasique et préatlasique.

II.2-L'accident Sud atlasique

C'est la flexure saharienne (Laffite, 1939), il s'agit d'une ligne tectonique au Sud de l'Atlas Saharien (Fig.03), qui le sépare de la Plateforme Saharienne qui correspond à plusieurs tronçons allant d'Agadir au Maroc, jusqu'à Gabès en Tunisie (Galmier, 1970).

Au cours de son histoire tectonique les monts des Ksour ont acquis des structures complexes. Elles sont le résultat de plusieurs phases tectoniques qui ont débuté au Permo-Trias, donnant une architecture en horsts et grabens selon un contexte géotectonique global distensif (Kacemi, 2013).

Les monts des Ksour sont constitués de plis en échelon de direction générale NE-SW. Ces structures possèdent un style tectonique caractérisé par des anticlinaux allongés à flancs redressés quelques fois déversés, parfois étroits (Dj. Djara, Dj. Souiga, Dj. Mélah, Dj. Zerga, etc.), parfois larges et très allongés à voûte plus ou moins horizontale donnant d'impressionnants plis coffrés tel que Dj.

II- CADRE GEOLOGIQUE DU SECTEUR D'ETUDE :

Ain Séfra est située entre deux anticlinaux l'un au Nord et l'autre au Sud encadrent le synclinal, ils y affleurent des terrains gréseux plus anciens : Jurassique supérieur et Crétacé inférieur, ces anticlinaux ont donné naissance aux Djebel Aïssa et Djebel Mekther.

La limite SW du synclinal d'Ain Séfra est bien marquée, il s'agit de la zone disloquée NS renfermant les ophites et le Trias d'El Hendjir. La zone reliant Tiloula à Koudiat Tiourtalt constitue une séparation structurale avec le synclinal de Tiourtalt (rahmani 2010).

La première partie de ce synclinal se situe entre El Hendjir et Ain Séfra le flanc étant fortement masqué par les dunes d'Ain Séfra.

La deuxième partie du synclinal se trouve à l'ENE d'Ain Séfra dans la région de Tiout plus connue sous le nom de Maâder (objet de l'étude), c'est un synclinal typique des monts des Ksour à fond plat affectant l'Albien encadré par les anticlinaux jurassiques des djebels Aïssa et Djara.

III. GEOLOGIE DU SYNCLINAL DE MAADER de TIOUT

La région de Tiout fait partie des Monts des Ksour. Sa géologie est plus ou moins connue. Elle a fait l'objet de plusieurs études ; parmi elles, celles de Galmier ; 1972 Bassoullet ; 1973, Douihasni ; 1976, Aït Ouali ; 1990 ; Mekahli, 1995 ; Meddah, 2000 ; Kacemi, 2005 ; Kacemi, 2014, etc. La série stratigraphique de la région des monts Ksour s'étend du Trias au Quaternaire récent comme suit :

- Le Trias est constitué d'un complexe argilo-gypso-salin, et de basaltes (Bassoullet, 1973, Meddah, 2000).
- Le Jurassique dans les monts des Ksour est carbonaté à la base, puis carbonaté marneux, qui devient carrément marneux au Lias supérieur (Aït Ouali, 1990, Mekahli, 1995, et Kacemi, 2014). A partir du Dogger, les apports silicoclastiques commencent et la sédimentation devient carrément terrigène à partir du Jurassique supérieur (Malm) jusqu'au Crétacé inférieur (Albien), (Bassoullet, 1973, Douihasni, 1976 ; Kacemi, 2005 et Kacemi, 2014
- Le Néocomien formé de grès blancs et verdâtres, avec des intercalations de gypse et d'argiles.
- Le Barrémien-Aptien-Albien dit « Formation de Tiout », d'une épaisseur moyenne de 1065 m (Kacemi, 2005), ce massif de grès présente des faciès assez caractéristiques, mais pas toujours différenciables des autres terrains gréseux. Ce sont des grès rouges massifs continus, parfois chenalisés, dont la stratification nous donne une idée sur la vitesse d'écoulement de l'époque. laisse apparaître des niveaux parfois lenticulaires de grès, entrecoupés de couches argileuses.

Dans les montagnes des Ksour, la « Formation de Tiout » occupe le cœur des synclinaux. Dans la région d'étude ces synclinaux débutent par la « Formation de Tiloula » (Néocomien).

- Les gypses, la dolomie, les calcaires et les marnes du Cénomane-Turonien (Douihasni, 1976).
- Les roches mio-pliocènes, constituées d'argilo-gréseux rouges entrecoupées de niveaux gypseux.
- Le Quaternaire formé d'alluvions, de piémonts et de formations dunaires.

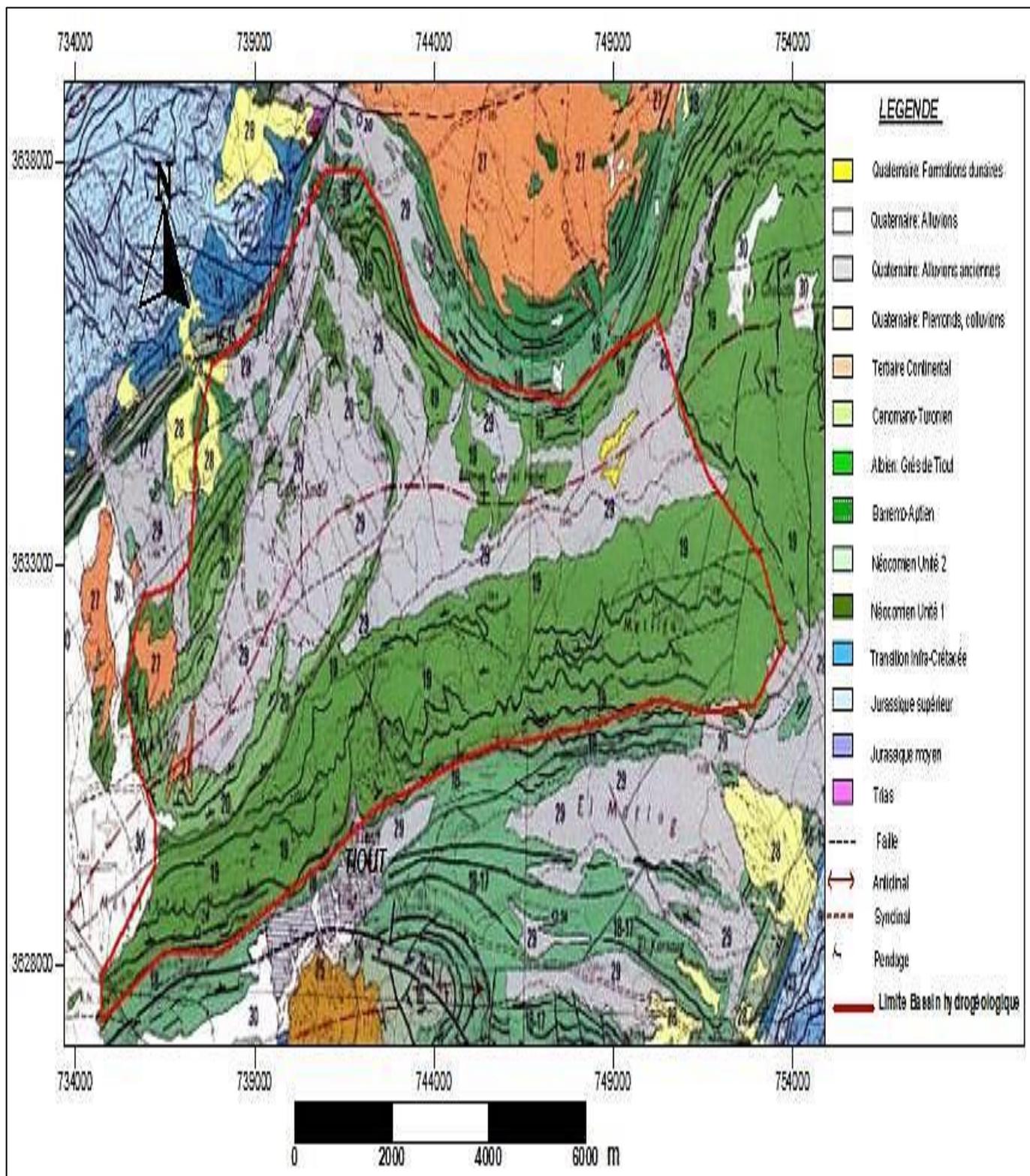


Fig. 06 : carte géologique du sous-bassin du Maâder extraite de la carte photogéologique géologique d'Aïn Séfra au 1/100.000^{ème} (Galmier, 1972)

La structure de la région de Maâder est un synclinal typique des monts des Ksour à fond plat affectant l'Albien encadré par les anticlinaux Jurassiques de Djebel Aïssa et Djara. (Coupe ci-jointe).

Les gouttières synclinales sont représentées principalement par la formation de Tiout, attribuée au Barrémo-Albo-Aptien, appelée « groupe des grès à dragées de quartz » par Douihasni, 1976, représenté par un faciès caractéristique, bien différenciés des autres étages gréseux.

Ce sont des grès massifs rouges à stratifications obliques, entrecoupés par des niveaux d'argiles rouges. Les forages recoupant en partie la formation de Tiout permettent de bien mettre en relief l'hétérogénéité de la distribution spatiale de ce faciès du Continental Intercalaire.

Dans une Coupe levée à Tiout du SSE au NNW, traversant le village de Tiout et selon l'organisation de dépôt, la composition lithologique et la géomorphologie, Kacemi 2005, 2013 a subdivisée la formation de Tiout en trois membres : Un membre inférieur (115m), un membre médian (790m) et un membre supérieur (160m).

- **Le membre inférieur : « Le membre des grès inférieurs de Tiout » (115m)**

Formé de grès grossiers à dragées de quartz, à ciment argileux avec à leur base un niveau graveleux. Au-dessus, les argiles sont parfois intercalées de grès d'épaisseur décimétrique à grains moyens à fins de couleur rosâtre. Il s'agit bien d'une séquence fluviatile.

- **Le membre médian : « Le membre argileux » ou « membre des alternances argilo-gréseuses » (790m)**

Il est formé d'une alternance de grès, de dolomie et de quelques lits gypseux intercalés dans des argiles. On note la présence de grès de couleur verdâtre qui présentent des indices cuprifères.

- **Le membre supérieur : « Le membre des grès supérieurs de Tiout » (160m)**

Il s'agit de séquences typiquement fluviatiles. Il est caractérisé par la présence de grès rougeâtres à dragées de quartz, intercalés des bancs d'argiles.

Cette formation occupe le cœur des grands synclinaux à fond plat dont celui de Maâder.

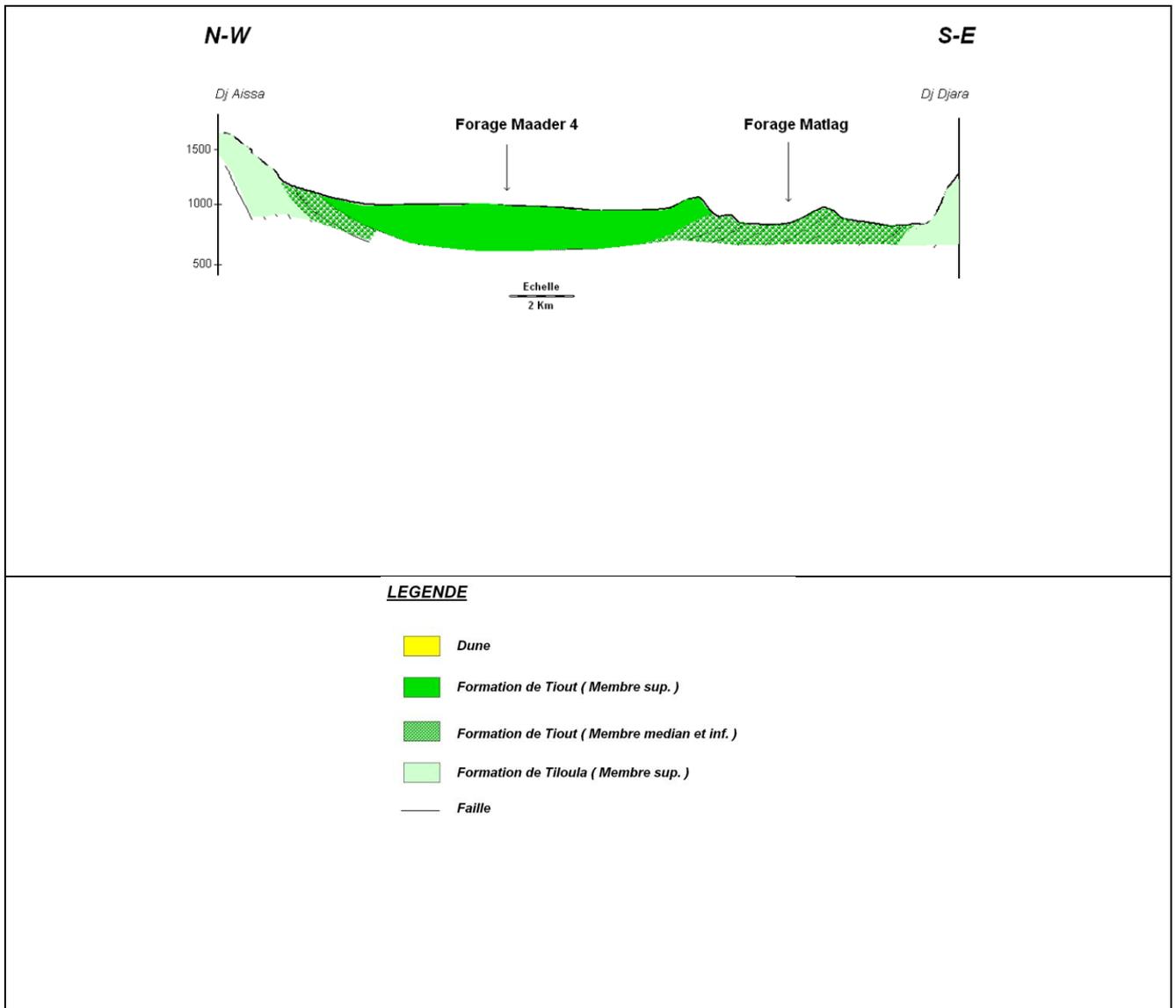


Fig.07 : coupe géologique montrant le synclinal de Maâder (de Djebel Aïssa au NW à Djebel Djara au SE)

IV- CONCLUSION :

Ce secteur est caractérisé dans sa terminaison périclinale SW par des dépôts triasique infra-liasique (Kacemi, 2005) et par des grès de couleur claire (SSE d'Aounet El Menndil, l'anticlinal de Djebel Djara au SSW, le flanc nord de l'anticlinal de Djebel Mekther. Ce sont les dépôts de la «Formation d'Aïssa» et une partie de la « Formation de Tiloula ». Le cœur du synclinal est caractérisé par une large extension des dépôts détritiques rougeâtres correspondant à une partie de la «Formation de Tiloula» et la «Formation de Tiout».

CHAPITRE III

HYDROGEOLOGIE

TROISIEME CHAPITRE : ETUDE HYDROGEOLOGIQUE DE LA REGION D'ETUDE

I-HYDROLOGIE DU BASSIN VERSANT DE MAADER :

L'Oued Tiout est la principale ressource superficielle dans la région d'étude avec un relief qui favorise l'infiltration. Du fait de la présence de nombreux massifs, les oueds sont canalisés dans les dépressions contournant les monts des Ksour pour se diriger vers le Sud.

L'Oued de Tiout reçoit les eaux d'Oued Elhasseii, Oued Tiourtelt, Oued el Rnhem qui draine les versants Sud du Djebel Aïssa, et Oued El Rhem qui draine les eaux du Djebel Affezouz. Sa superficie est estimée à 528 Km² (calculée à partir d'Arc GIS).

Pour le calcul du bilan hydrologique : (d'après l'étude climatologique)

Précipitations (P) : 167 mm/an

- Le volume annuel tombé dans le bassin hydrologique Maader :

$$528.10^6 \times 0.167 = \mathbf{88 \text{ Hm}^3}$$

Le volume annuel infiltré dans le bassin (Infiltration : 3,77 mm/an soit 2,26%) = **2 Hm³**

Le

volume
annuel
ruisselé:
Hm³

1,17

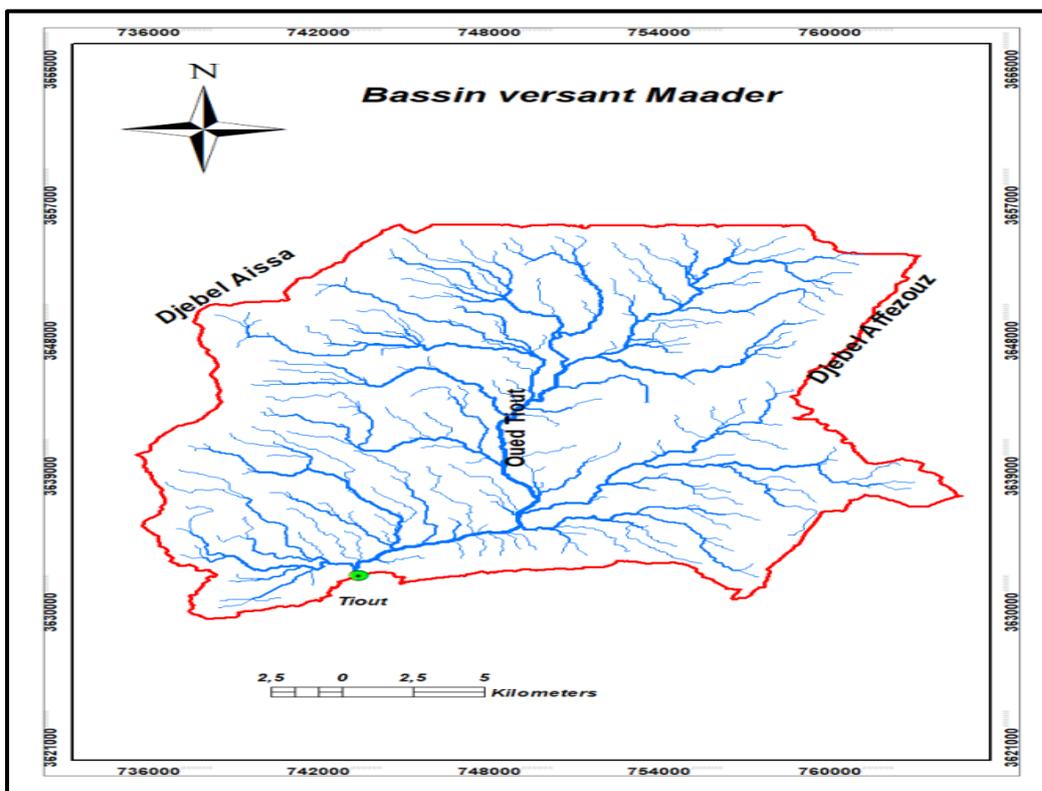


Fig 08 : Bassin versant Maâder (par Arc GIS)(Dr Rahmani 2010)

II-CADRE HYDROGEOLOGIQUE:

L'alimentation en eau potable la localité de Tiout ainsi que l'irrigation du périmètre agricole de Maâder , est assurée par une série de forages d'une profondeur allant de 45 à 250 m, avec un niveau statique qui varie entre 16 et 33 m. Leurs débits d'exploitation varient entre 3 et 40 l/s.(tableau 6).

N°	Points d'eau	X	Y	Z	NS	N piezo	Prof	Q (l/s)
1	F1	737577	3629575	1069	33,00	1036,00	200	15
2	F6	737055	3630404	1076	24,50	1051,50	70	5
3	F7	737601	3630467	1076	20,00	1056,00	70	5
4	F8	740492	3631660	1055	20,41	1034,59	75	5
5	F9	739452	3630310	1058	21,83	1036,17	80	5
6	F11	739192	3630290	1056	22,00	1034,00	85	5
7	F12	739357	3630027	1059	22,00	1037,00	65	5
8	F21	737138	3629902	1066	22,42	1043,58	70	5
9	F3	738947	3630908	1051	22,47	1028,53	200	15
10	F4	738066	3629548	1056	23,40	1032,60	250	18
11	S3	741870	3630123	1021	0,00	1021,00	0	5
12	F44	737829	3630931	1066	20,35	1045,65	65	5
13	F45	738146	3631816	1072	19,70	1052,30	65	5
14	F47	739927	3634177	1060	16,10	1043,90	45	3
15	F5	742737	3632636	1050	20,90	1029,10	200	40

Tableau 6 : Inventaire des points d'eau de la région Maader (september 2008)

La coupe hydrogéologique schématisée établie sur la base de l'étude géophysique (CGG 1974), montre l'existence de 02 systèmes aquifères, en plus de la nappe Quaternaire, constituée de dépôts alluvionnaires et de terrasses de sable exploités par de nombreux puits à des fins d'irrigation.

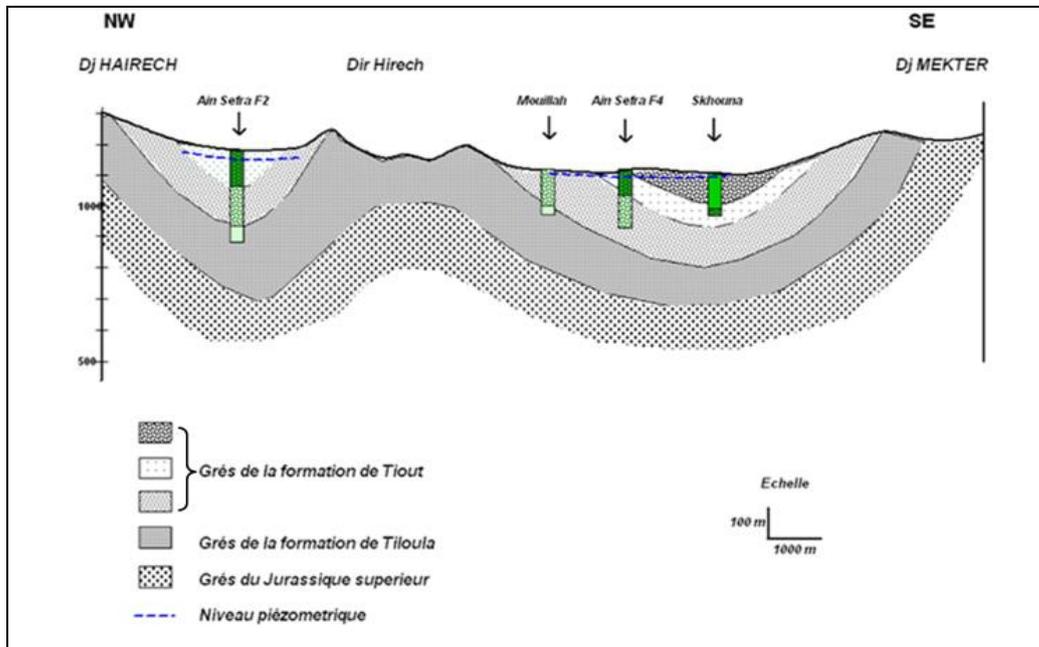


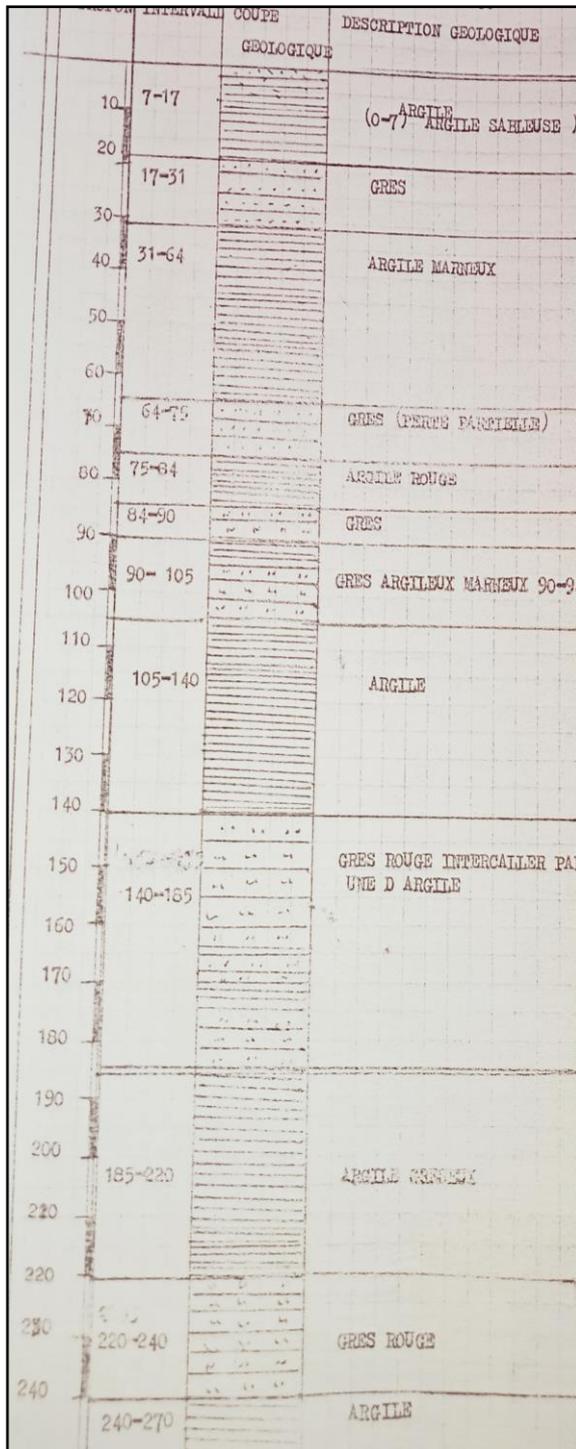
Fig. 09 : Coupe hydrogéologique schématique (RAHMANI 2010)

1. *les grès du Jurassique supérieur* : affleurant généralement aux piedmonts des Djebels (Aïssa – Mekther). Dans la zone de Tiout, cette nappe se trouve au cœur des cuvettes synclinales à des profondeurs de plus de 500 m (d'après l'étude géophysique CGG 1974).
2. *Les grès massifs du Crétacé inférieur* : C'est dans ces grès aquifères que les ressources en eau sont les plus importantes.

Ce sont les grès massifs de la formation de Tiout: à porosité d'interstices et de fissures, intercalés par des passées argileuses rougeâtres, lui conférant *une semi captivité de la nappe*.

Appelée le Barremo-Albo-Aptien par quelques auteurs, c'est la plus importante nappe de la région, et de nombreux points d'eau de la région l'exploitent dont les forages Maader 3 et 4 (Fig) d'une profondeur respective 250 ml et 200 ml.

Forage Maader 3



Forage Maader 4

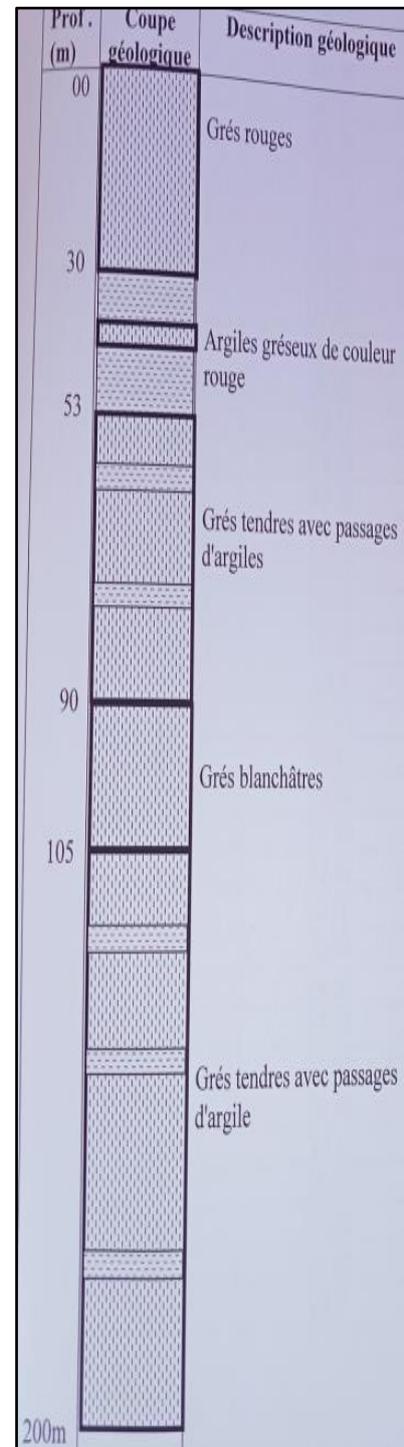


Fig. 10 : Coupes des forages Maader 3 et 4 (d'érection de l'hydraulique naama 2004)

Cette formation se divise en 03 membres: Inférieur, Médian et Supérieur

C'est dans les grès du membre supérieur de la « Formation de Tiout », que l'on trouve la source de Tiout constituant l'exutoire naturel de cette nappe de Maâder(Fig11).

Elle émerge d'un niveau aquifère contenu dans la masse des grès, qui structurellement forment des synclinaux d'une direction SW-NE.

Elle affleure dans le lit de l'oued Tiout. Leur débit dépassaitles 15 l/s, et depuis il a diminué après la mise en service des forages dans la région de Maâder.

Elle émerge par plusieurs griffons répartis en 02 niveaux et séparés par une dalle de grés compacte de 12 mètres d'épaisseur. Les deux groupes d'émergence sont distants de 300 mètres. Les grés Albiens à cet endroit ont un pendage de 10° vers le Nord-Ouest et forment un des exutoires du synclinal de Maâder, (Mansour 2007).

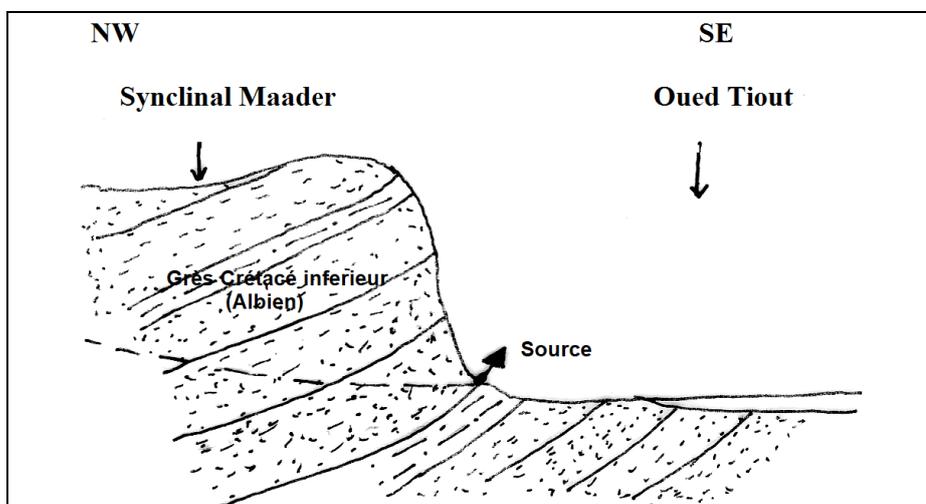


Fig. 11 :L'exutoire du système aquifère grès Albiens du synclinal Maâder.(Rahmani 1994)

L'alimentation du système aquifère des grès Albiens se fait par l'infiltration des précipitationsefficaces, et par crue des oueds (Breidj, Tirkount, Tiout) lorsque celles-ci sont assezimportantes et que les eaux arrivent à recouvrir une certaine étendue de terrainsperméables. Il n'est malheureusement pas possible de chiffrer cette réalimentation.

Il y a aussi l'alimentation par drainance, du fait que le système aquifère repose directement sur les formations gréseuses du Jurassique supérieur affleurant sur lespiémonts des Djebels, Aïssa, Mekther, Affezouz et Djara.



Fig. 13 : image montrant la source de Tiout.

I. HYDRODYNAMIQUE

De nombreux forages sont exploités dans la région pour les besoins en alimentation en eau potable (AEP), irrigation et pastoralisme.

Le système aquifère de la région est représenté par des eaux circulant dans des terrains hétérogènes gréseux, argileux plissés et affectés par des failles.

III.1 PIEZOMETRIE :

La carte piézométrique a été établie par (Rahmani 2018) sur la base d'un inventaire des points d'eau (tableau 7), captant les grès du membre supérieur de la « Formation de Tiout ».

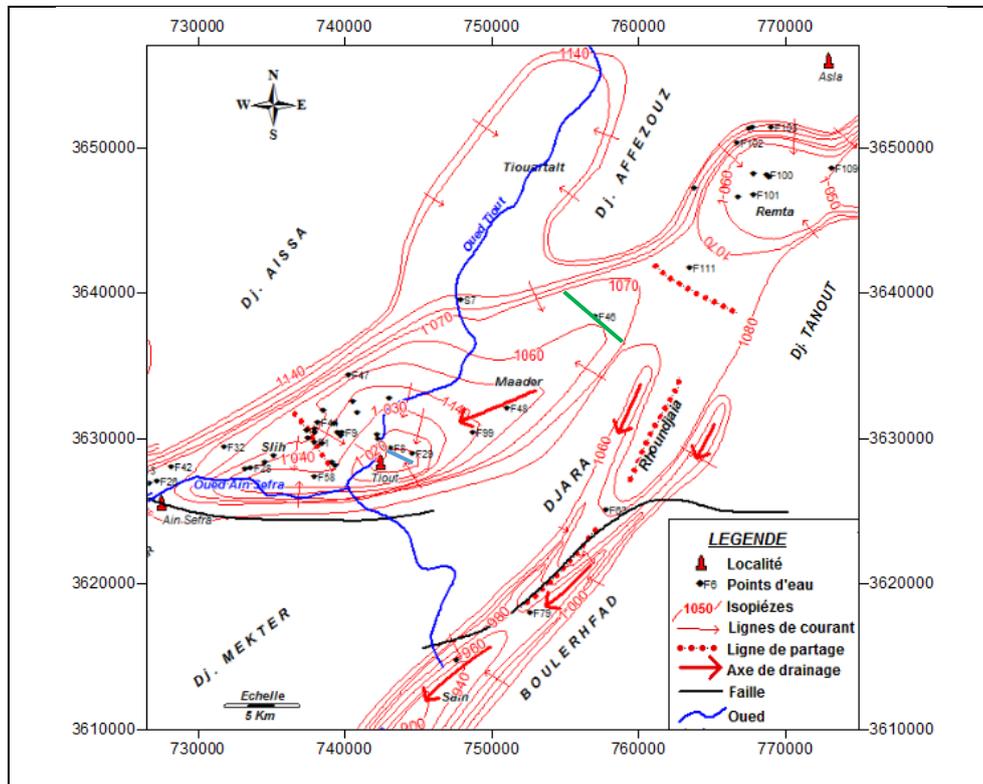


Fig. 13 : Piézométrie « Slih-Maader-Asla » (Octobre 2018)

La zone de Slih – Maâder

- Du côté du synclinal de Tiourtalt, l'écoulement de la nappe se fait suivant une direction Nord Est –Sud Ouest. De part et d'autre de cet axe, les lignes de courant montrent que les eaux drainées proviennent du Nord-Ouest de Djebel Aïssa et du Sud-Est de Djebel Affezouz. A ce niveau, l'oued Tiourtalt draine la nappe.
- Au niveau de la région de Slih-Maâder, on observe une cuvette piézométrique dont l'exutoire n'est autre que les sources de Tiout qui émergent le long de l'oued Tiout.

Remarquons que la ligne de partage des eaux structurale correspond à une faille qui limite le synclinal de Maâder et Asla.

Pour les gradients hydrauliques, on notera des valeurs de 3 % à 11 % dans la région de Tiout. Cette augmentation est due à une diminution de la section d'écoulement ainsi qu'au drainage des eaux à partir des formations Jurassiques du Djebel Aïssa.

III.2 Transmissivité

Des essais de pompage de longue durée (48 h à 72 h) à débit constant ont été effectués sur les 04 forages (Maâder 1,2,3 et 4) captant les grès crétacés inférieurs.

A partir des courbes de descente nous avons calculé des transmissivités par l'expression de la pente de la droite représentative ΔS , déterminée par l'accroissement des rabattements, au cours d'un cycle logarithmique, à partir de la formule de Jacob.

$$T = \frac{0.183.Q}{\Delta S}$$

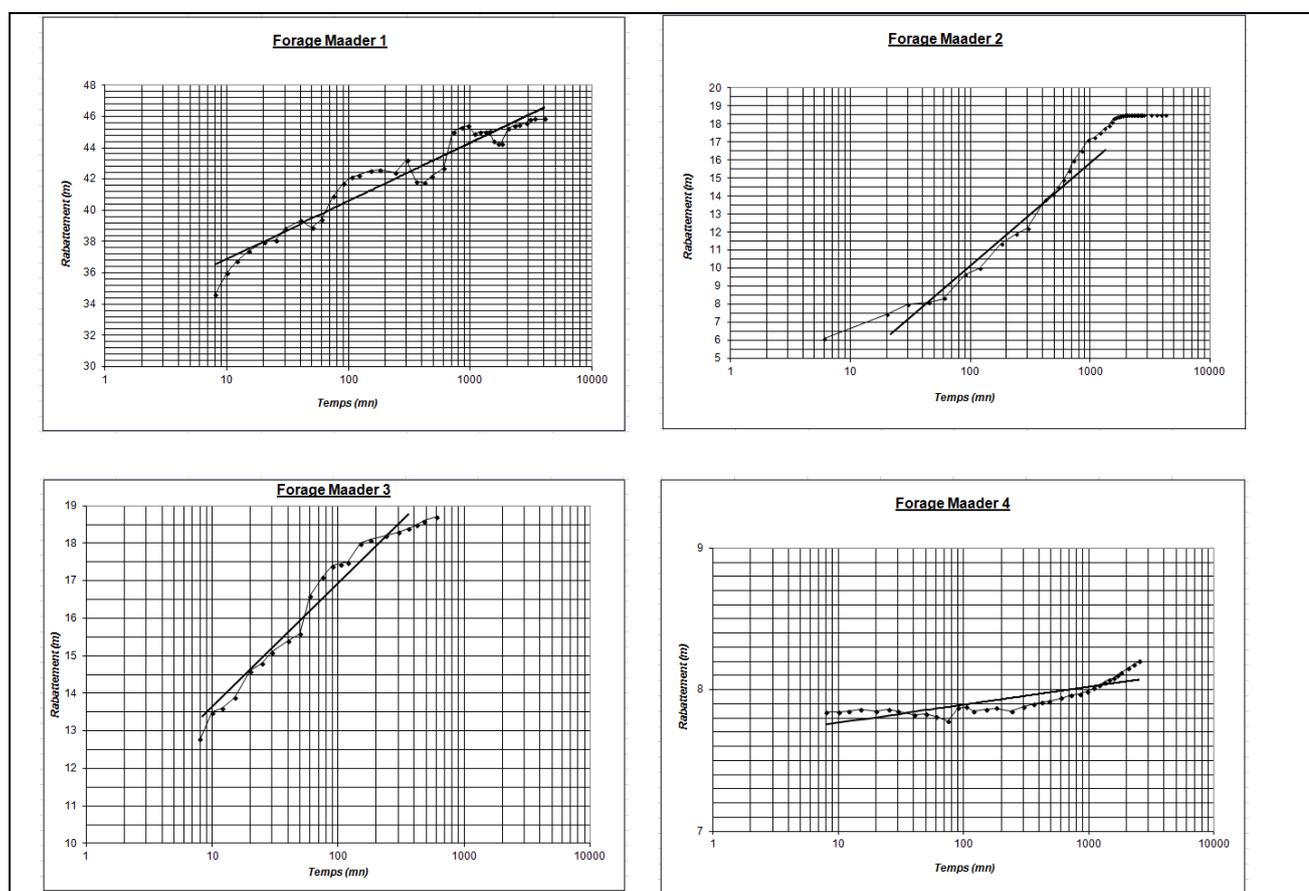


Fig 14 : Courbes de descente

Les grès crétacés inférieurs de la région d'Ain Sefra présentent une double perméabilité d'interstices, et par endroit de fissures.

Les valeurs importantes de la transmissivité (de l'ordre de 10^{-2} à 10^{-3} m²/s) peuvent s'expliquer par la présence du faciès gréseux du membre supérieur de la formation de Tiout au niveau des axes des synclinaux. Par contre les plus faibles valeurs (de l'ordre de 10^{-4} à 10^{-5} m²/s) s'expliquent par la

présence du faciès argileux appartenant au membre médian et inférieur de la formation de Tiout qui prend de l'importance par rapport au grès.

La stabilisation atteinte dans le forage Maâder 2, après 30 heures de pompage, dénote ainsi une bonne réalimentation. Pour les autres forages où la stabilisation s'est fait sentir après 04 heures de pompage, elle s'explique par le fait que les essais ont été réalisés avec des débits très inférieurs aux débits critiques.

Le tableau 8 résume les différents résultats obtenus.

N°	Forage	X (m) UTM	Y(m) UTM	Débit Q (l/s)	T (m ² /s)
1	Maâder 1	737577	3629575	18	9,3.10 ⁻⁴
2	Maâder 2	738947	3630908	18	5,8.10 ⁻⁴
3	Maâder 3	738066	3629548	15	2.10 ⁻³
4	Maâder 4	742737	3632636	40	2,3.10 ⁻²

Tableau 7 : Données débits et transmissivité

VI. BILAN HYDROGEOLOGIQUE

Dans le but de fournir un support commun pour une meilleure gestion des ressources en eau dans cette région, on a pu délimiter le bassin hydrogéologique des grès du membre supérieur de la formation de Tiout par les Systèmes d'Information Géographique, à partir de la carte piézométrique et géologique.

- Sa superficie est de 110 Km²
- l'épaisseur saturée moyenne de la nappe (Grès Albiens) est estimée à 65 m , à partir des coupes des forages (Maâder 1-2-3-4) :

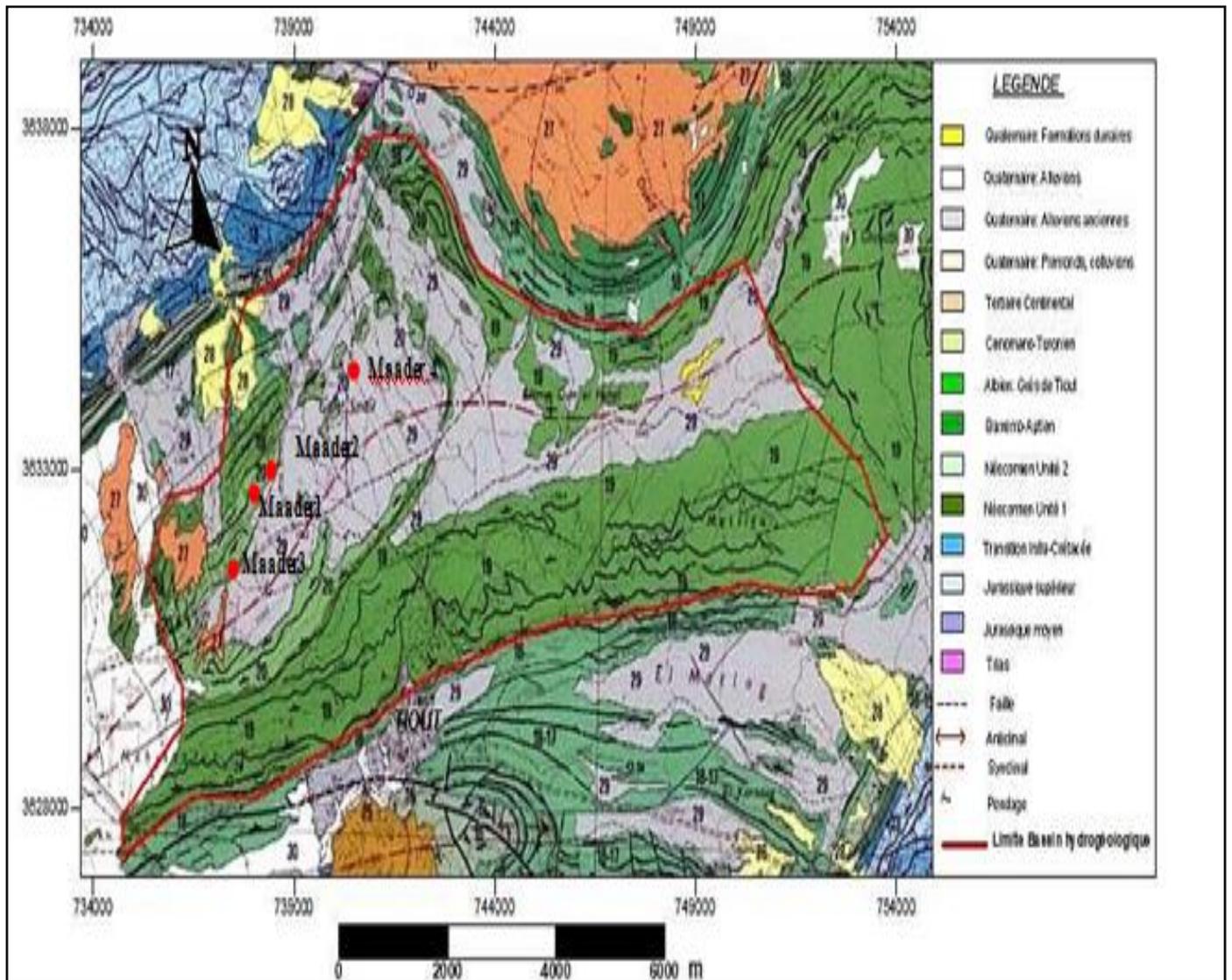


Fig. 15 : Limite du bassin hydrogéologique de l'aquifère des grès Albiens

➤ **Essai d'estimation du bilan de la nappe** à partir de la carte piézométrique (gradient hydraulique) (Rahmani 2018) et les paramètres hydrodynamiques (transmissivité) résultant des interprétations des essais de pompage de longue durée des 04 forages (Maâder 1-2-3-4). La transmissivité moyenne dans le bassin Maâder est de l'ordre de $2,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$.

- **Pour les entrées :**

- Le volume annuel infiltré est calculé sur la base des précipitations, de la superficie et le coefficient d'infiltration qui est de 2,26 %.

$$Q = 110 \cdot 10^6 \times 0,167 \times 0,0226 = 13,3 \text{ l/s} = 0,42 \text{ Hm}^3$$

- L'alimentation par le front Nord – Ouest (à partir de Remtha) :

$$Q = T.L.i$$

$$T = 2,5.10^{-2}$$

L : front d'alimentation passant par l'isopieze 1070 = 2500m

i : Gradient hydraulique entre l'isopieze 1070 m et 1060 m : $(10/2500) = 0,004 = 4 \%$

$$Q = 250 \text{ l/s} = 7,8 \text{ Hm}^3$$

Le volume annuel total alimentant la nappe est $Q = 7,8 + 0,42 = 8,22 \text{ Hm}^3$.

Ce chiffre n'inclut pas le drainage des oueds.

- **Pour les sorties :**

- Ecoulement souterrain : le flux de transit annuel vers l'exutoire (d'après la loi de Darcy)

$$Q = T.L.i$$

$$T = 2,5.10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$$

L : front de transit passant par l'isopieze 1010 = 500m

i : Gradient hydraulique entre l'isopieze 1040 m et 1010 m : $(30/4500) = 0,0066 = 6,6 \%$

$$Q = 82 \text{ l/s} = 2,60 \text{ Hm}^3$$

- Les volumes produits :

Pour l'alimentation en eau potable concernant les forages Maâder 4 et Maâder 3, le volume annuel produit est de : **0,7 Hm³** (source : Algérienne Des Eaux et la Direction des Ressources en Eau Naâma)

Pour l'irrigation concernant une trentaine de forages exploités par les fellahs de la région au nombre de 30 (d'après enquête sur terrain), le volume moyen annuel produit est de : **0,55 Hm³** avec un volume moyen produit de 50 m³/Jour pour chaque fellah.

Le volume annuel des sorties en Hm³ est de : 0,7 (AEP) + 0,55 (Irrigation) + 2,6 (le flux vers l'exutoire) = **3,85 Hm³**.

Le bilan hydrogéologique de la nappe des grès Albiens (membre supérieur de la formation de Tiout) :

$$5,12 \text{ Hm}^3 \text{ (Volume des entrées)} - 3,85 \text{ Hm}^3 \text{ (Volume des sorties)} = + 1,27 \text{ Hm}^3$$

Le bilan est excédentaire.

VII. HYDROCHIMIE

L'étude hydrochimique est basée sur l'interprétation des analyses chimiques des échantillons prélevés par la Direction des Ressources en Eau de la wilaya de Naama au niveau de 04 points d'eau appartenant au bassin Maâder.

Les analyses chimiques ont été effectuées au laboratoire de l'ANRH d'Oran elles sont représentées dans le tableau annexe, elles concernent les paramètres suivant : Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻.

V 1. Contrôle des analyses par balance ionique :

Les analyses peuvent être contrôlées par la formule suivante :

$$BI = \left| \frac{\sum r^+ + \sum r^-}{\sum r^+ - \sum r^-} \right| \times 100$$

Avec : BI : Balance ionique en (%)

r : quantités en réaction en méq/l.

Expression des résultats : Si BI > 5% => erreur dans l'analyse.

Si 2 > BI > 5% => l'analyse est acceptable.

Si BI < 2 => bonne analyse.

Point d'eau	Ca (Mg/l)	Mg (Mg/l)	Na (Mg/l)	K (Mg/l)	BI	Conductivité mhos/cm	Minéralisation Mg/L
Maader2	112	46	60	4	1,96	900	630
Maader3	108	51	138	7	2,36	1400	1008
Maader4	91	29	54	4	0,53	800	560
Source Tiout	108	47	78	5	2,40	1000	720

Tableau 8: valeurs de la balance ionique et les paramètres physico-chimiques.

Les valeurs de la balance ionique des points d'eau sont comprises entre 0,53 % et 2,4 %, donc elles sont acceptables.

L'étude des faciès hydrochimiques des eaux souterraines de la région, montre que celles-ci sont de manière générale, de nature Bicarbonaté Calcique (Maâder 4) à Sulfaté Calcique et Sodique (Maâder 2 et 3).

V.3 Aptitudes des eaux à l'irrigation :

La qualité de l'eau et sa composition sont des facteurs qui ne peuvent certainement pas être sous-estimés; en fait, ils affectent le développement de la plante, la structure du sol et le système d'irrigation lui-même. La qualité de l'eau d'irrigation se rapporte principalement à la composition physico-chimique de l'eau, ou plus précisément à la composition minérale de l'eau et à la présence de substances solides ou organiques dans l'eau. Les critères de qualité pour l'eau d'irrigation sont complètement différents des critères pour l'eau potable ; en outre, les critères de qualité peuvent varier d'une culture à l'autre, car différentes cultures ont une sensibilité différente à certains minéraux ou à certaines propriétés de l'eau.

Les besoins en eau d'irrigation dépendent du type de sol, des plantes et de la qualité de l'eau. Le degré de salinité de l'eau d'irrigation est généralement exprimé par des classes de convenance relative: une eau très minéralisée peut présenter un danger de salinisation et d'alcalinisation des sols, par remplacement des ions de calcium et de magnésium par l'ion de sodium.

L'eau destinée à l'irrigation, peut être évaluée par quelques indices qui peuvent donner des indications pertinentes sur sa qualité ainsi que sur l'usage auquel elle est destinée:

- **Le pourcentage en sodium (% Na) :** Il est connu que le développement des plantes est très faible ou nul dans les sols saturés en sodium.

Le pourcentage en sodium (% Na) est donné par :	$\%Na = \frac{Na^{+} + K^{+}}{Na^{+} + K^{+} + Ca^{2+} + Mg^{2+}} * 100$
---	--

Les concentrations en (meq/L).

Point d'eau	SAR	Na%
Maader2	6.75	28.83
Maader3	15.48	47.70
Maader4	6.84	32.20
Source tiout	8.86	34.87

%Na	< 20	20 - 40	40 – 60	60 – 80	>80
Classe	Excellente	Bonne	Admissible	Médiocre	Mauvaise
Points d'eau		Maader 4 Maader 2 Source Tiout	Maader 3		

Tableau 9 : Classification des eaux d'irrigation, selon les (% Na)

La classification des eaux, selon le pourcentage du sodium, et le diagramme Wilcox permet de déduire que : Les eaux des 04 points d'eau de la région analysées sont *bonnes* pour l'irrigation.

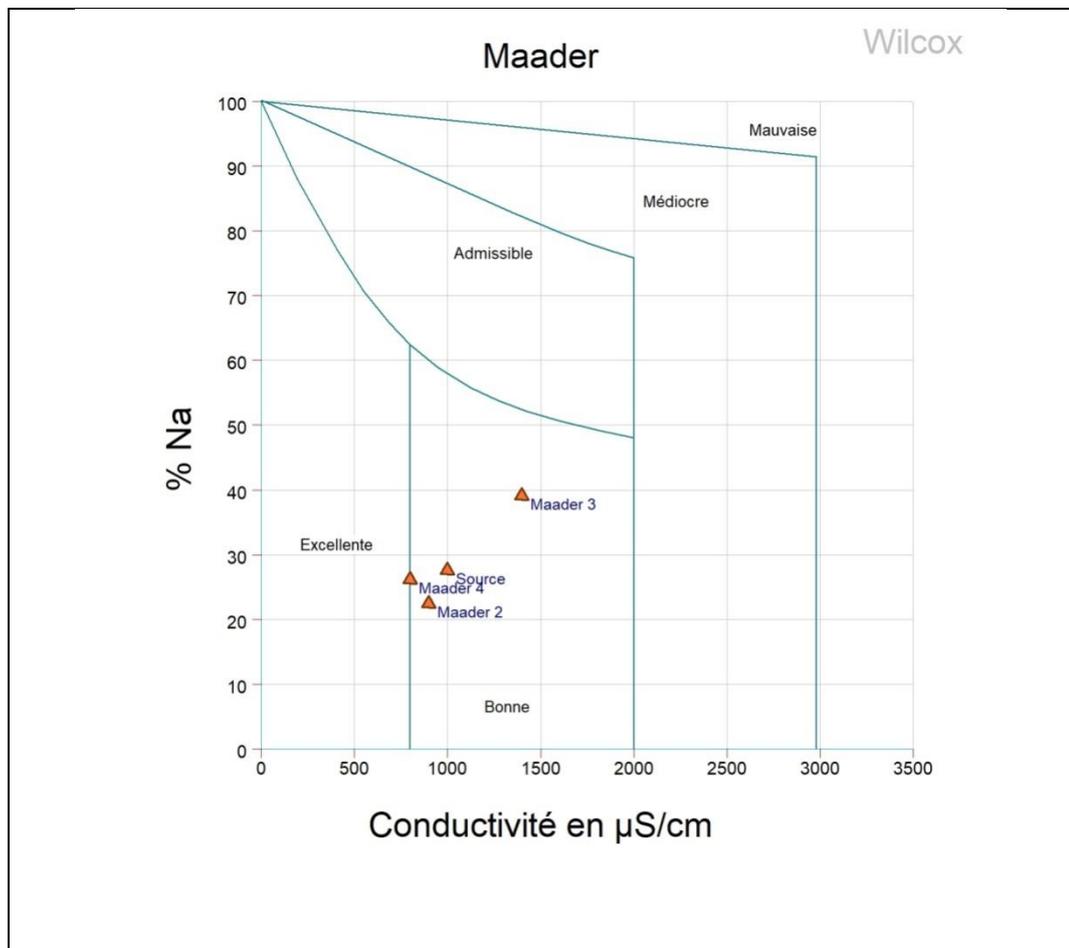


Fig. 17: Qualité des eaux d'irrigation (diagramme de Wilcox).

Interprétation fig. 17 :

La CLASSIFICATION DE WILCOX Analyse de la classification de Wilcox fondée sur la conductivité électrique et la teneur en sodium dans l'eau. Cette classification définit cinq classes d'eau : excellente, bonne, admissible, médiocre, mauvaise

La figure 17 tracé montre que la totalité des points d'eau sont dans le classement C3S1, où les eaux présentent un pouvoir d'alcalinité faible, cette classe dont une bonne qualité d'eau.

- **Le SAR (Sodium Adsorption Ratio):** étudié par U.S.S.L (United State of Salinity 1954). Les teneurs élevées en Sodium dans l'eau d'irrigation provoquent la détérioration de la structure du sol le rendant imperméable à l'eau et à l'air, donc un manque d'infiltration dans le sol.

En raison de l'effet de leurs éléments minéraux sur les végétaux, la méthode du taux d'absorption du sodium, mis au point en 1969 par le Geological Survey a été appliquée. Cette méthode fait intervenir la salinité et le risque d'alcalinisation des sols.

Le SAR est un paramètre de qualité de l'eau d'irrigation qui aide à estimer le potentiel du sodium dans l'eau à absorber les particules du sol, en relation avec le calcium et le magnésium. L'irrigation avec de l'eau avec une forte valeur du SAR peut entraîner une perte de la structure du sol et de sa capacité d'infiltration. Cela est particulièrement vrai pour les sols à concentration relativement élevée d'argile.

Le S.A.R est donné par la formule :	$S.A.R. = \frac{rNa^+}{\sqrt{(rCa^{2+} + rMg^{2+})/2}}$
-------------------------------------	---

Classification des eaux d'irrigation.

SAR	SAR < 10	10 < SAR < 18	18 < SAR < 26	SAR > 26
Classe	excellente	bonne	convenable	médiocre
Points d'eau	Maader 4 Maader 2 Source Tiout	Maader 3		

Tableau 10 : Classification des eaux d'irrigation, selon le SAR

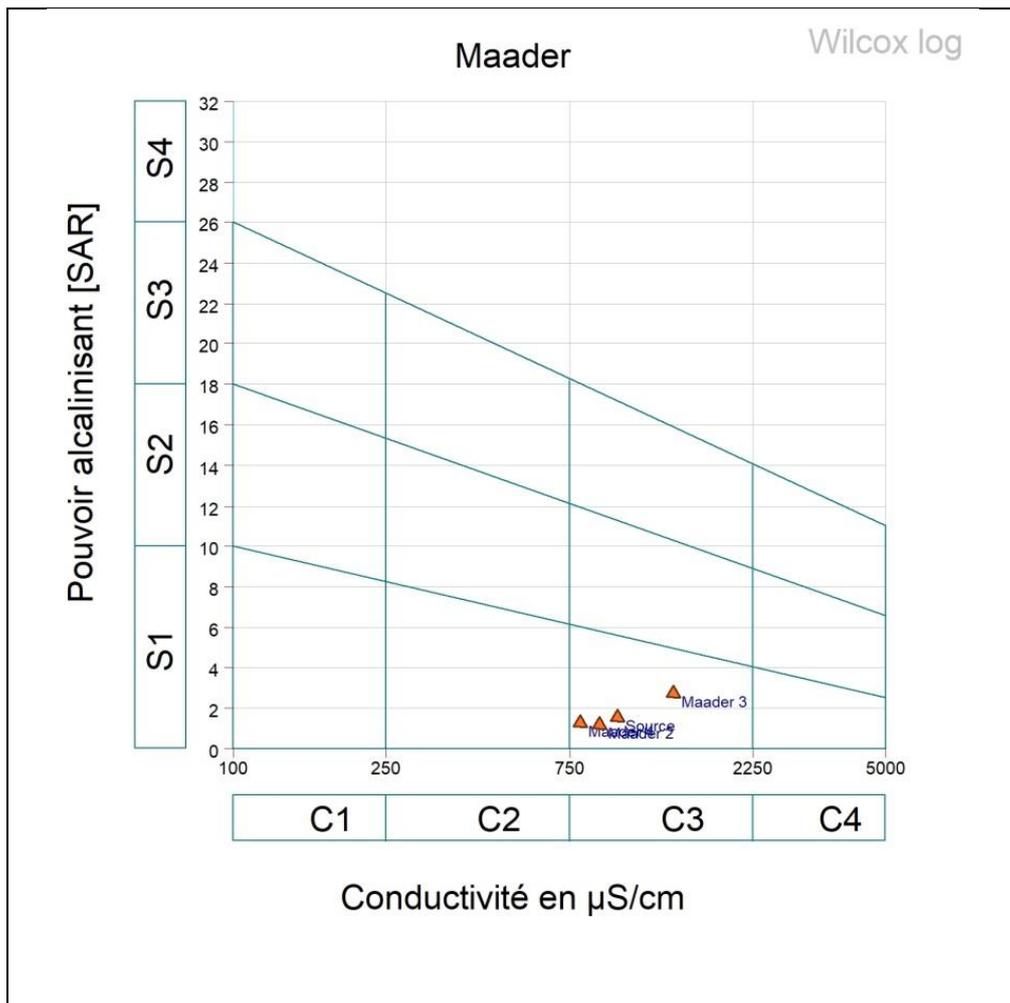


Fig.18 : Qualité des eaux d’irrigation, calculée par le S.A.R (Diagramme de Wilcox log)

Classification des eaux d'irrigation d'après J. Servant, 1975, (U.S.Salinity L.A.B.)

Degré	Qualité	Classes	Description
1	Excellente	C1- S1	Eau utilisable sans danger pour l'irrigation de la plupart des cultures, sur la plupart des sols
2	Bonne	C2 – S1 C2 – S2	En général, eau pouvant être utilisée sans contrôle particulier pour l'irrigation de plantes moyennement tolérantes au sel, sur sols ayant une bonne perméabilité. Principaux problèmes dus aux plantes trop sensibles, au sodium et aux sols à fortes capacités d'échange d'ions (sols argileux).
3	Admissible	C3 – S1	En général, eau convenant à l'irrigation de cultures tolérantes au sel, sur des sols bien drainés. L'évolution de la salinité doit cependant être contrôlée. Principaux problèmes dus aux plantes trop sensibles, au sodium et aux sols à faible perméabilité.
4	Médiocre	C4 – S1 C4 – S2 C3 – S3	En général, eau fortement minéralisée pouvant convenir à l'irrigation de certaines espèces bien tolérantes au sel et sur des sols bien drainés et lessivés.
5	Mauvaise	C3 – S4 C4 – S3 C4 – S4	Eau ne convenant généralement pas à l'irrigation, mais pouvant être utilisée sous certaines conditions : sols très perméables, bon lessivage, plantes tolérant très bien le sel.

Interprétation du tableaux :

a partir de diagramme de WILOX LOG et le tableaux et le **figure N°18**, on remarque que la plupart des points d'eau sont inclus dans

la classe C3-S1, elles doivent être utilisées avec précaution, nécessité de drainage, et avec des doses de lessivage et des apports de gypse.

Ces eaux possèdent une qualité admissible pour l'irrigation.

VIII. CONCLUSION :

L'étude piézométrique de l'aquifère du synclinal Albien d'El Maâder montre un écoulement Nord Est - Sud Ouest.

Le sens de l'écoulement permet de confirmer que l'exutoire de la nappe pour ce synclinal est la source de Tiout (Ain Messaoud).

L'alimentation de la nappe se fait par infiltration des eaux de pluie et à partir des massifs du Djebel Aïssa.

Les valeurs du gradient hydraulique mettent en évidence un changement de faciès et une alimentation par les formations Jurassiques du Djebel Aïssa .La faible valeur du gradient hydraulique peut s'expliquer par une faible alimentation sur la partie latérale de la nappe.

Le calcul du bilan hydrogéologique à partir de la carte piézométrique, et les paramètres climatologiques et hydrodynamiques montre un bilan excédentaire.

Du point de vue hydrochimique, l'interprétation analyses physico-chimiques des différents points d'eau concernés, indiquent que les eaux de la région sont admissibles à l'alimentation en eau potable, ainsi que pour l'irrigation.

Conclusion générale

- Ces dernières décennies, l'Algérie a souffert d'un manque d'eau sans précédent. Les sécheresses répétées à travers l'ensemble du pays et la croissance de la population dans les grands centres urbains. A cette effet, il est indispensable d'adopté une politique de gestion et protection de ces ressources, pour objet la mise en disponibilité d'une eau propre et potable pour le citoyen.
- En étude climatique et âpres les différentes méthodes d'étude du climat de la station d'Ain Sefra indiquent que la région de Tiout jouit d'un climat semi-aride à aride avec des étés chauds et des hivers froids.
- Par sa constitution géologique, le bassin versant du Maâder est très riche en potentialités en eau. En effet les formations albiennes du synclinal de Maâder qui constituent les principaux réservoirs d'eau souterraines et par conséquent rendre une modélisation des écoulements est indispensable pour une meilleure gestion.
- L'étude piézométrique de l'aquifère du synclinal Barrémo-Albo-Aptien d'El Maader montre un écoulement N-S.

Les sens de l'écoulement permettent de confirmer que l'exutoire de la nappe pour ce synclinal est la source de Tiout (Ain Messaoud).

L'alimentation de la nappe se fait par infiltration des eaux de pluie et à partir des massifs du Djebel Aissa.

La valeur du gradient hydraulique met en évidence un changement de faciès et une alimentation par les formations Jurassiques du Djebel Aissa .La faible valeur du gradient hydraulique peut s'expliquer par une faible alimentation sur la partie latérale de la nappe.

L'analyse des paramètres géométriques et hydrodynamiques de l'aquifère nous ont permis de réaliser une bonne répartition spatiale des paramètres (piézométrie, transmissivité, coefficient d'emménagement, mur toit et épaisseur de l'aquifère), ainsi que l'estimation d'un bilan hydrogéologique, qui s'est avéré excédentaire.

- Du point de vue hydro chimique etb apartire de l'étude des faciès hydrochimiques des eaux souterraines de la région, montre que cellesci sont de manière générale, de nature Sulfaté Calcique à Magnésienne et Chlorurée Sodique à Calcique.

Le Faciès Sulfaté calcique : qui englobe la majorité des points d'eau, ce faciès est le résultat de la dissolution des interlits gypseux localisés au Sud de Tiout.

En conclusion on peut dire que l'eau de la zone d'El Maader admissible à la consommation d'eau potable

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **ABDESSAMED DERDOUR, LAKHDAR GUERINE, MOHAMED ALLALI (2021):** Assessment of drinking and irrigation water quality using WQI and SAR method in Maâder sub-basin, Ksour Mountains, Algeria
- **BASSOULET J.P. (1973):** Contribution à l'étude stratigraphique du Mésozoïque de l'Atlas Saharien Occidental (Algérie) – *Thèse Fac Science PARIS VI*- 497 p., 50 fig., 32 Pl.
- **BENSEFIA K. et BENALI F., (2002) :** *Etude hydrogéologique et hydrochimique de la région de Tiout (Atlas Saharien Nord occidental)-Mémoire d'Ingéniorat-Université de Tlemcen.*
- **BOUANANI A., RAHMANI A., BABA-HAMED K. & ABDELBAKI C. (2010):** Apport des SIG dans la caractérisation hydrochimique de la nappe d'Aïn Sefra (Atlas saharien occidental) -Algérie- *Integrated Water Resources Management And Challenges of the Sustainable Development Second International Conference Agadir, 24–26 March 2010* 77- 83
- **CASTANY G. (1982):** Principes et méthodes de l'hydrogéologie. *Edition Dunod Paris* -238 p.
- **CHAIR A. (2008):** Contribution à l'étude hydrogéologique et hydrochimique du synclinal d'El Maader. Monts des Ksour (Atlas Saharien Occidental- Algérie-) – *Mémoire d'Ingéniorat- Université de Tlemcen.* 91 p., 35 fig.,
- **CHAÏR ABDELKADER ET SAHRAOUI AHMED (2020) :** Contribution à l'étude hydrogéologique et hydrochimique du synclinal KOUDIAT ABDELHAK-REDJIMAT (REGION D'ASLA) (Monts des Ksour – Atlas Saharien occidental)- *Université de Tlemcen*
- **COMPAGNIE GENERALE DE GEOPHYSIQUE (CGG) (1974) :** Etudes géophysiques dans la région d'El Bayadh –Zone Mekalis –Tirkount-El Hendjir- *Rapport inédit*
- **DERDOUR A. (2010):** Modélisation hydrodynamique de la nappe des grès créacé du synclinal de Remtha - Monts des Ksour- Atlas Saharien Occidental- (Algérie) *Mémoire Magister - Université de Tlemcen.* 100 p. 58 fig. 16 Tab.
- **DIRECTION DES RESSOURCES EN EAU NAAMA :** Données des analyses physico-chimique et les essais de pompage des forages.
- **DOUIHASNI M. (1976) :** Etude géologique de la région d'Aïn Ouarka – Bousseghoun (Partie centrale des Monts des Ksour). Stratigraphie et Analyse structurale. Thèse 3ème cyc., Univ. Oran, 2t., 272p., 52fig., 4 pl. (inédit).
- **FILALI K. (2011) :** Etude hydrogéologique du synclinal de Naama (Monts de Ksour - Atlas Saharien Occidental-) *Mémoire Magister Université d'Oran.* 168 p., 89 Fig., 14 Tab.

- **FILALI HADJER SALIHA MEKAHLI SANAA (2015)** : Cartographie géologique du secteur de Tiourtelt (Chebkat Tassloh) Atlas Saharien Occidental. *univtlemcen*
- **GALMIER D. (1972)**: Photogéologie de la région d'Ain Sefra (Algérie). *Thèse Doctorat d'Etat*. Faculté Sc. Paris. 320 p., 9 cartes.
- **KACEMI A. (2005)**: Cartographie et dynamique sédimentaire de la série fin Dogger début Crétacé (Djara-Rhoundjaïa) des Monts des Ksour (Atlas Saharien -Algérie-) *Mémoire Magister Université d'Oran*. 194 p., 47 Fig., 15 Pl.
- **KACEMI A. (2013)** : Evolution lithostructurale des Monts des Ksour (Atlas Saharien Algérie) au cours du Trias et Jurassique: Géodynamique, Typologie du bassin et Télégestion. *Thèse doctorat d'état, univ. Tlemcen*. 229p, 88 fig., 18 pl.
- **MANSOUR H. (2007)**: Hydrogéologie du Continental Intercalaire et du Complexe Terminal en domaine aride. Exemple des Monts des Ksour (Atlas Saharien Occidental – Algérie) *Thèse Doctorat d'Etat Université d'Oran*-407 p. 162 fig. 8 Pl.
- **MANSOUR H., ISSAÂDI A., STAMBOUL M. & ZEROUAL I. (2008)**: Apport des systèmes d'information à l'établissement d'une cartographie hydrogéologique régionale (monts des ksour, atlas saharien occidental, Algérie)- *Bulletin du Service Géologique National Vol. 19, n° 1, pp.71-85, 7 fig. 2pl.*
- **MEKAHLI L. (1996)**: Hettangien, Bajocien supérieur des Monts des Ksour. Biostratigraphie, évolution paléontologique et stratigraphie séquentielle. *Thèse Doctorat d'Etat Université d'Oran*. 358 p., 67 fig., 49 Pl.
- **MOUDJIB ALRAHMAN M.H. (2010)** : L'aptitude des eaux de la région d'Ain Sefra à des fins d'irrigation. *Mémoire d'Ingénieur- Université de Tlemcen*, 45p, 33 fig., 10 Tab.
- **MOUHIDDINE F., TOUMI M., (2012)** : Etude par imagerie satellitale LANDSAT 7 ETM+ de la zone Ouest des Monts des Ksour (Atlas Saharien, Algérie) – *Mémoire d'Ingénieur- Université de Tlemcen*.
- **RAHMANI A. (1994)**: Contribution à l'étude hydrogéologique du synclinal « El Hendjir -Ain Sefra-Tiout » Monts des Ksour (Atlas Saharien Occidental) Algérie *Mémoire d'Ingénieur- Université d'Oran*- 100 p., 55 fig.
- **RAHMANI A. (2010)** : Apport des S.I.G. dans la caractérisation hydrodynamique et hydrochimique de la nappe du Crétacé inférieur de la région d'Ain Sefra (Atlas Saharien Occidental –Algérie-) *Mémoire Magister - Université de Tlemcen* – 120 p., 74 fig. 19 tab.
- **RAHMANI A., BOUANANI A., KACEMI A. & BABA HAMED K. (2017)**: Contribution of G.I.S. for the survey and the management of water resources in the basin “Benhandjir – Tirkount” (Ain Sefra) – Mounts of Ksour - Saharian Atlas – Algeria. *J. Fundam. Appl. Sci.*, 9(2), 829-846.

- **RAHMANI A. (2018)** : Elaboration d'un SIG pour l'étude et la gestion des ressources en eau dans une région aride : Cas des bassins de la région d'Aïn Séfra -Monts des Ksour- –Algérie- *Thèse doctorat d'état, univ. Tlemcen*. 199p.105 fig. 40 tab.
- **SENINA A. & KACEMI M. (2014)**:Contribution à l'étude hydrogéologique et hydrochimique du synclinal "Garet Kheil-Tirkount" Monts des Ksour (Atlas Saharien Algérie. *Mémoire d'Ingéniorat- Université de Tlemcen* 134 p, 53 fig., 38 Tab.
- **SIMLER R. (2006)** : Logiciel d'hydrochimie. Laboratoire d'Hydrogéologie d'Avignon
- **YOUSFI S. (2014)** : Étude hydrodynamique et modélisation des écoulements souterrains dans les gouttières synclinales gréseuses du Barremo-Albo-Aptien d'Aïn Sefra (partie centrale des Monts des Ksour –Atlas Saharien, Nord-Ouest Algérie) -*Thèse Doctorat –Université d'Oran*. 100 p, 41 fig., 5 Tab.
- **YOUSFI S., MANSOUR H., MUDRY J., KERZABI R. (2013)** : Rôle de la lithologie et de la fracturation dans l'acquisition de la minéralisation des eaux d'u aquifère gréseux (exemple des gouttières synclinales du Continentale Intercalaire d'Aïn Séfra, Algérie). *Bulletin du Service Géologique National, Vol. 24 n° 3, pp 293-303 ?7 fig., 4 tab. 2013.*
- **ZENAGUI N., (2008)** : Caractérisation hydrodynamique et hydrochimique de la nappe du Crétacé inférieur de la région d'AïnSefra (Monts des Ksour – Atlas Saharien occidental)- *Mémoire d'Ingéniorat-Université de Tlemcen*

Sites internet :

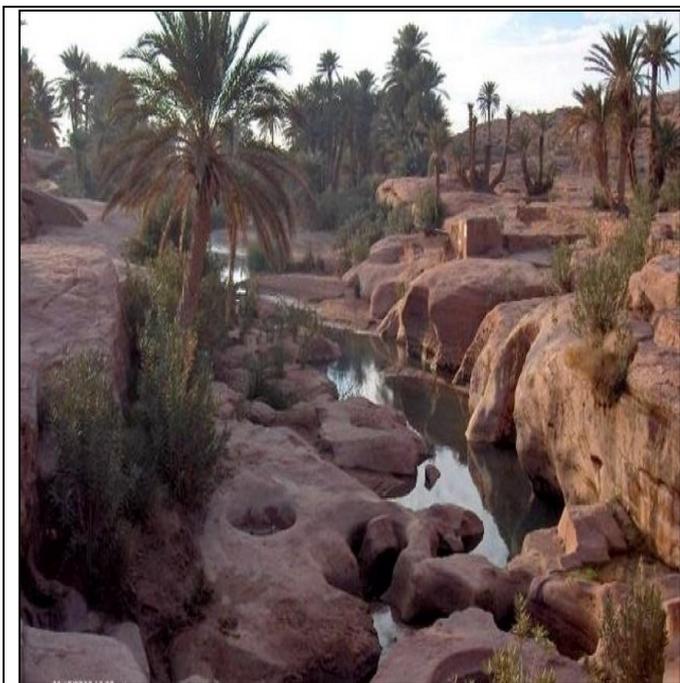
- Google.fr
- Google.fr/maps
- <http://pbil.univ-lyon1.fr/ADE-4>
- <http://www.climate Aïn Séfra.com>
- <https://fr.tutiempo.net/climat/ws-605600.html>

LISTE DES FIGURES :

- Fig 01 : Situation géographique général (Googlemaps, 2022).
- Fig2 : Cadre géographique du secteur d'étude. (Google maps, 2022).
- Fig.3 : Variation des précipitations annuelles (1991-2021)
- Fig. 4 : Précipitations moyennes mensuelles (1991-2021)
- Fig. 5 : Variation des températures moyennes mensuelles (1991-2021)
- Fig.06:Carte d'affleurement des ensembles structuraux des monts des Ksour(A. Kacemi, 2005)
- Fig. 7 : carte géologique du sous-bassin du Maâder extraite de la carte géologique d'Ain Séfra
- Fig. 08 : coupe géologique Djebel Aïssa –Maâder –Tiout
- Fig. 9 : Bassin versant Maâder (par ArcGIS)
- Fig. 10 : Coupe hydrogéologique schématique (RAHMANI 2010)
- Fig. 11 : Coupes des forages Maâder 3 et 4
- Fig. 12 : L'exutoire du système aquifère grès Albiens du synclinal Maâder, (Rahmani 1994)
- Fig. 13 : image montrant la source de Tiout.
- Fig. 14 : Piézométrie « Slih-Maâder-Asla » (Octobre 2018)
- Fig. 15 : Courbes de descente
- Fig. 16 : Limite du bassin hydrogéologique de l'aquifère des grès Albiens
- Fig. 17 : Carte de minéralisation synclinale Maâder
- Fig. 18: Qualité des eaux d'irrigation (diagramme de Wilcox).
- Fig.19 : Qualité des eaux d'irrigation, calculée par le S.A.R (Diagramme de Wilcox log)

LISTE DES TABLEAUX:

- Tableau 1 : station météorologique d'Aïn Séfra
- Tableau 2 : Précipitations moyennes annuelles
- Tableau 3 : Données des précipitations moyennes mensuelles (1991-2021)
- Tableau 4 : Températures mensuelles : minimum, maximum et moyenne (1991-2021).
- Tableau 5: éléments du bilan
- Tableau 6 : Inventaire des points d'eau de la région Maâder
- Tableau 7 : Données débits et transmissivité
- Tableau 8: valeurs de la balance ionique et les paramètres physico-chimiques.
- Tableau 9 : Classification des eaux d'irrigation, selon les (% Na)
- Tableau 10 : Classification des eaux d'irrigation, selon le SAR



Source Tiout



Synclinal Maader

Résumé

La région de Maâder (Tiout), zone située au Sud-Ouest Algérien, s'intègre dans les zones à climat semi-aride.

Du point de vue hydrogéologique, le synclinal de Maâder se distingue par des

ressources en eau souterraines, caractérisées par un système aquifère des grès crétacés inférieurs.

En plus de l'alimentation en eau potable, l'agriculture représente la première activité socio-économique dans la région et la plus consommatrice des ressources hydriques. De nombreux forages ont été créés et le nombre n'a cessé d'augmenter d'une année à l'autre avec une demande croissante pour la création de forages de moyenne profondeur 50 à 100m.

Ces ressources requièrent une gestion qui nécessite une connaissance des différents éléments du bilan d'eau et des processus hydrogéologiques : la ressource et la demande, leur distribution spatiale et leur qualité, ainsi qu'une carte hydrogéologique de la région.

Mots clé : Synclinal « Maader » - Ressources en eau - Grès – Crétacé inférieur –

Gestion – hydrogéologie.

Abstract

The region of Maâder (Tiout), an area located in southwestern Algeria, is integrated into the semi-arid climate zones.

From the hydrogeological point of view, the Maâder syncline is distinguished by groundwater resources, characterized by a cretaceous sandstone aquifer system lower.

In addition to drinking water supply, agriculture is the main activity socio-economic in the region and the biggest consumer of water resources. Of many boreholes have been created and the number has continued to increase from one year to the next with a growing demand for the creation of medium-depth boreholes 50 to 100m.

These resources require management that requires knowledge of the different elements of the water balance and hydrogeological processes: the resource and demand, their

spatial distribution and their quality, as well as a hydrogeological map of the region.

Key words: Synclinal «Maader» - Water resources - Sandstone – Lower Cretaceous – Management – hydrogeology.

الملخص

- حوض منطقة المعدر (بلدية تبوت) وهي منطقة تقع في جنوب غرب الجزائر مقاطعة العين الصفراء ولاية النعامة ، فيالمناطق المناخية شبه القاحلة من وجهة النظر الهيدروجيولوجية ، يتميز حوض المعدر بموارد لمياه جوفية مخزنة في الطبقة الجيولوجية الحجر الرملي الطباشيريالأدنى
- هذا المخزون يستعمل في إمدادات مياه الشرب لكن الزراعة هي النشاط الرئيسي والمستهلك الأكبر لهذا المورد الطبيعي
- ونظرا للحركية الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة وتزايد استهلاك الموارد المائية تم إنشاء العديد من الآبار واستمر العدد في الزيادة من سنة إلى أخرى حيث أنشأت عدة آبار متوسطة العمق من 50 إلى 100 متر
- ومنه يتطلب تسيير هذه الموارد إدارة ومعرفة مختلفة من عناصر التوازن المائي والعمليات الهيدروجيولوجية: المورد والطلبالخاص بالمنطقة ثم التوزيع المكاني لهذه المياه وجودتها وكذلك خريطة هيدروجيولوجية للمنطقة

- الكلمات المفتاحية:

الإدارة - حوض - الموارد المائية - الحجر الرملي - العصر الطباشيري السفلي "معاد الجيولوجيا المائية