

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université d'Oran 2
Faculté des Sciences de la Terre et de l'Univers

MEMOIRE
Pour l'obtention du diplôme de Master II
En Hydrogéologie

**SYNTHESE HYDROGEOLOGIQUE DE LA REGION D'AIN
SKHOUNA**
(Wilaya DE SAIDA) NW Algérie

Présentée et soutenue publiquement par :

M. GUEBLAOUI Hamza Abdelssamed

M. MESSAOUD Charef

Devant le jury composé de :

SAFA Aissa
MANSOUR Hamidi
FOUKRACHE Mohamed

Professeur
Professeur
Professeur

Président
Examineur
Encadreur

Année : 2021-2022

Sommaire

Introduction générale	1
Chapitre I : Considérations générales	
1. Présentation de la région d'étude	4
1.1. Situation géographique générale	4
1.2. Situation géographique de secteur d'étude	4
2. Contexte géologique.....	6
2.1. Cadre géologique générale	6
2.2. Cadre géologique de la région d'Ain Skhouna.....	7
2.3. Série Stratigraphique	9
2.3.1. Le Primaire.....	9
2.3.2. Le Secondaire.....	9
2.3.3. Le Tertiaire Continental.....	10
2.3.4. Quaternaire.....	10
2.4. Les formations d'intérêt hydrogéologique	11
2.4.1. Aaléno-Bathonien	11
2.4.2. Sénonien.....	12
3. cadre structurale	13
Chapitre II : Climatologie	
Introduction	16
1. Les précipitations	16
1.1. Régime pluviométrique annuel.....	16
1.2. Variabilité saisonnière des précipitations	17
2. Températures	17
3. Diagramme ombrothermique	19
4. Régime climatique.....	19
4.1. Méthode DE. MARTONNE	20
4.2. Quotient pluviométrique d'EMBERGER.....	21
5. Eléments du bilan	22
5.1. Méthode de TURC.....	22
5.2. Méthode de COUTAGNE	23
5.3. Estimation des écoulements.....	23
6. Conclusion.....	24

Chapitre III : Hydrogéologie

Introduction	26
1. Contexte général des principaux aquifères.....	26
1.1 Dolomies Aaléno-Bathoniennes	26
1.2. Calcaires sénoniens.....	28
2. Etude des nappes de l'Aaléno-Bathonien et sénonien	28
2.1. La nappe du Sénonien.....	28
2.2. La nappe de l'Aaléno-Bathonien.....	29
2.2.1. Piézométrie	29
2.2.2. Hydrodynamique.....	33
3. Conclusion.....	37

Chapitre IV : Hydrochimie

Introduction	39
1. Paramètres physico- chimiques.....	39
1.1. Température.....	39
1.2. Conductivité.....	39
1.3. pH	40
1.4. Minéralisation	40
2. Caractérisation des points d'eau analysés	40
2.1. Chronique des analyses effectuées ultérieurement	41
2.2. Evolution de la chimie des eaux souterraines.....	43
2.2.1. Mode de prélèvement et analyse	43
2.3. Résultats et interprétation	44
2.3.1. Campagnes de prélèvement	44
2.3.2. Caractéristiques physico-chimiques.....	47
3. Détermination des faciès hydrochimiques	50
3.1. Le diagramme de Schoëller- Berkaloff	51
3.2. Le Diagramme de Piper	51
4. Potabilité des eaux.....	54
5. Qualité des eaux pour l'irrigation selon le S. A. R	54
6. Comparaison entre les eaux des nappes du Sénonien et Aaléno-Bathonien	55
7. Conclusion.....	56
Conclusion général.....	58

Référence bibliographiques.....	60
Les annexes.....	63

Introduction générale

Introduction

Les ressources naturelles en eau sont constituées d'eaux souterraines et superficielles. Elles sont prélevées pour être destinées à la consommation dans toutes les activités.

Cette substance est un bien précieux, rare puisqu'il ne représente que 0,26 % d'eau douce sur la surface du globe et est de plus en plus coûteux, elle est indispensable à la vie et aux nos comforts, comme elle peut être la raison de la mort si elle n'est pas soumise à des normes qu'elle que soit son domaine d'utilisation, industrie, irrigation et consommation.

L'Algérie est confrontée à la rareté de l'eau, les pénuries d'eau, par exagération, ont été plus souvent associées à certains phénomènes naturels (désertifications, changements climatiques) qu'à des erreurs humaines comme le souligne un expert: « il existe aujourd'hui une crise de l'eau mais cette crise n'est pas due à son insuffisance à satisfaire nos besoins ; elle résulte plutôt d'une si mauvaise gestion de cette ressource que des milliards de personnes-et l'environnement-en souffrent grandement » (J. Burton, 2001 in S. AFFOUN, 2006).

La protection de cette ressource nous amène à évaluer les paramètres qui jouent un rôle important dans le cycle de l'eau en général et l'écoulement des eaux superficielles en particulier.

La région d'Ain Skhouna qui contient plusieurs forage et une seul source principale (la source d'Ain Skhouna), fait objet de notre étude.

La région d'Ain Skhouna (Wilaya de Saïda) ; située sur les hautes plaines steppiques de la région Ouest, comprise entre 34°25 et 34°30 de longitude N, 0°45 et 0°55 de latitude E. fait partie du bassin versant du Chott Chergui (27000 km²) ; a une superficie de 404,4 km².

Le but de ce travail est de faire une étude hydroclimatologique, et hydrochimique des eaux de la région de notre étude afin de dégager les différents potentiels relatifs à cette région.

Notre travail sera divisé en quatre chapitres :

- Le premier chapitre synthétisera la géologie, les descriptions litho-stratigraphiques et structurales.
- Le deuxième chapitre est basé sur une étude climatologique de la région ayant pour but de dégager les caractéristiques climatiques.
- Nous abordons en troisième chapitre, L'étude hydrogéologie de la région et de localiser les zones favorables pour l'implantation des forages et captages.
- Le quatrième chapitre est consacré à l'interprétation des paramètres hydro-chimiques basée sur les analyses des eaux, afin de suivre la qualité physico-chimique des eaux de

la région étudiée ainsi que l'évolution des différents faciès chimiques pour connaître la qualité des eaux et leurs aptitudes aux différentes utilisations.

Enfin, une conclusion générale mettra le point sur les différents résultats sous forme de synthèse

Chapitre I

Considérations générales

1. Présentation de la région d'étude

1.1. Situation géographique générale

Les monts de Saïda forment à la limite nord des hautes plaines oranaises le prolongement vers l'Est des monts de Tlemcen et des monts de Daïa. Constituant une unité géologique et géographique assez précise, ils sont limités au Nord par les chaînes telliennes (Monts de Beni Chougrane), au Nord-est les Monts de Mina formant l'extrémité occidentale des Monts de l'Ouarsenis et au Sud par la dépression du Chott El Chergui. Et à l'Ouest les Monts de Tlemcen et Monts de Daïa.

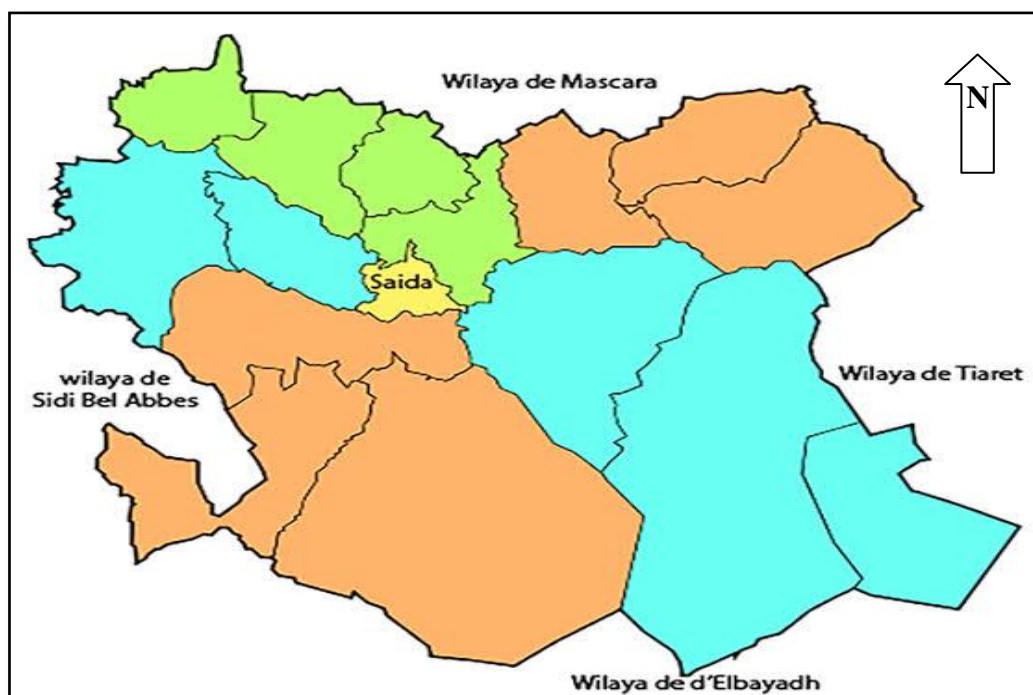


Fig. 01 : Localisation géographique de wilaya Saïda (Internet)

1.2. Situation géographique de secteur d'étude

La région d'Aïn Skhouna (Wilaya de Saïda) ; située sur les hautes plaines steppiques de la région Ouest, fait partie du bassin versant du Chott Chergui (27000 km²) ; à une superficie de 404,4 km². Administrativement, elle est limitée au Sud par la commune de Roggassa (wilaya d'El Bayadh), à l'Est et au Nord-est par la wilaya de Tiaret et à l'Ouest et au Nord-ouest par la commune de Maâmora (Wilaya de Saïda). Géographiquement, d'une altitude de 900 m, cette région est comprise entre 34°25 et 34°30 de longitude N, 0°45 et 0°55 de latitude E (Fig.02).

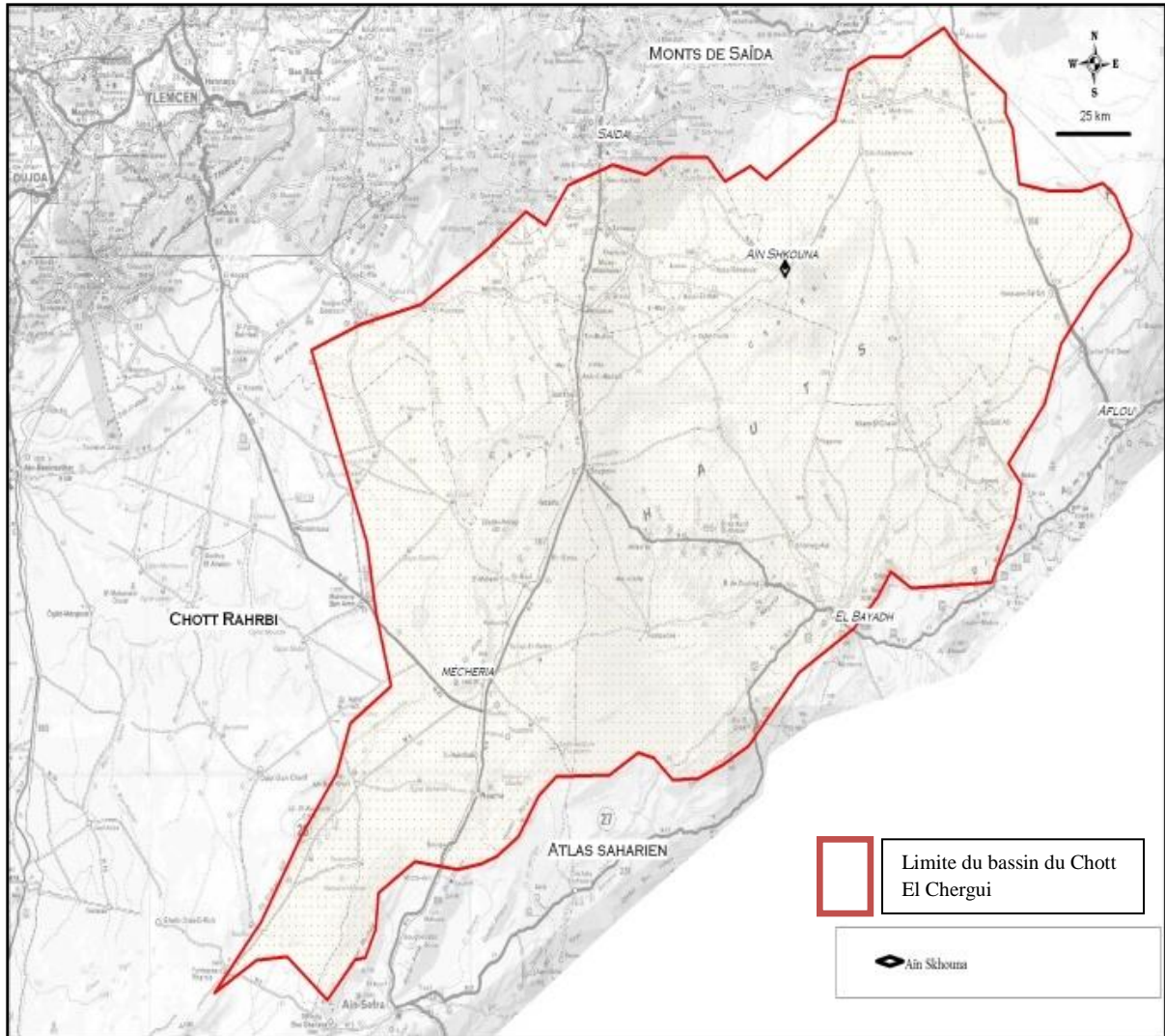


Fig. 02 : Carte de situation géographique de la région d'Ain Skhouna

Le comportement hydrogéologique du Chott el Chergui et par la suite notre région d'étude d'Ain Skhouna est mal connu, et n'a subi aucune actualisation dès les travaux de la période coloniale spécialement de CLAIR (1956).

Observons les données existantes, on rencontre des lacunes dans la compréhension du système aquifère de cette région tel que :

- La considération que les deux horizons aquifères du Sénonien et de l'Aaléno- Bathonien ne constituent qu'un seul horizon d'Aaléno-Bathonien.
- Les fautes méthodologiques durant la réalisation des forages notamment l'installation des tubages, cimentation et le diamètre des forages qui atteint jusqu'à 1.50 m.

- La répartition hiérarchique de l'emplacement des forages qui été d'une densité assez élevée autour de la région d'Aïn Skhouna et moins fréquente lorsqu'on s'éloigne de (Fig.04).

Cette étude intitulée : actualisation de l'étude hydrogéologique et hydrochimique de la région d'Aïn Skhouna basée sur la synthèse bibliographique essentiellement des travaux de GAUTIER, ACHARD et CORNET in CLAIR rehaussée par une étude physico-chimique de quelques points d'eaux de la région, a pour but de prouver que les horizons aquifères de l'Aaléno-Bathonien et du Sénonien ne constituent pas le même horizon de l'Aaléno-Bathonien.

Puisque l'alimentation en eau potable de la ville de Saïda est faite par les eaux de la région, on a vérifié la potabilité des eaux de point de vue physico- chimique.

2. Contexte géologique

2.1. Cadre géologique générale

Les monts de Saïda forment, à la limite Nord des Hautes Plaines Oranaises, le prolongement vers l'Est des monts de Tlemcen et des monts de Daïa.

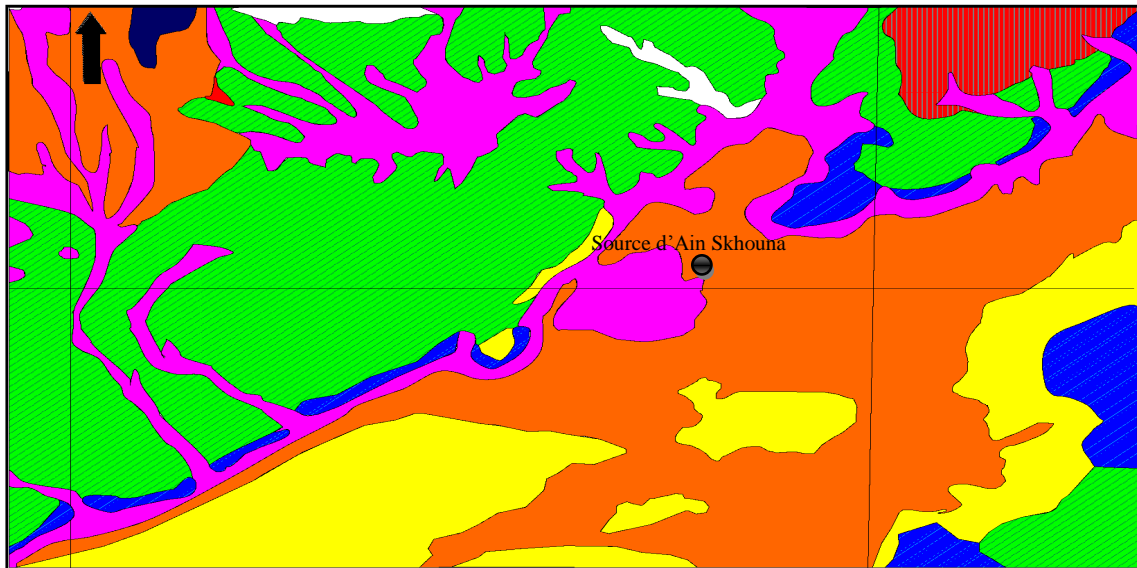
Constituant une unité géologique et géographique assez précise, ils sont limités au Nord par les chaînes telliennes (monts de Beni Chougrane), au Nord-est par les Monts de la Mina formant l'extrémité occidentale des Monts de l'Ouarsenis et au Sud par la dépression du Chott el Chergui et à l'Ouest par les Monts de Tlemcen et les Monts de Daïa.

On subdivise généralement l'Algérie en trois domaines structuraux qui sont du Nord au Sud, le domaine tellien, le domaine atlasique et le domaine de la plateforme saharienne.

Le domaine atlasique comprend la Mesta Oranaise et l'Atlas saharien. La Mesta Oranaise étant subdivisée en domaine tlemcénien et Hautes Plaines. Le domaine tlemcénien c'est l'avant-pays du tell. C'est une zone d'altitude moyennement élevée. Il débute par le massif de Ghar Rouban. A l'Est de ce massif on peut distinguer les Monts de Tlemcen, des Daïa, de Saïda, de Tiaret avec le Bougheddou, les Monts de Frenda et djebel Nador.

2.2. Cadre géologique de la région d'Ain Skhouna

La géologie a été prise des travaux de CLAIR 1956 et de CORNET, 1951 et KARPOFF in CLAIR et SOGREAH 1960 et 2007. Les investigations géologiques ont été menées grâce à l'exécution de nombreux forages de reconnaissance, répartis en 129 puits et sondages sur l'ensemble du bassin du Chott Chergui avec une assez grande densité aux environs d'Aïn Skhouna (Fig.03).



Echelle 1 /500 000°

LEGENDE					
A	Alluvion récentes	Cc	Carapace calcaire	S	Sénonien
q	Alluvion anciennes	Tc	Tertiaire continental	B_h	Bajo- Bathonien
ds	Dépôts sales				

Fig. 03 : Carte géologique de la région d'Ain Skhouna (C.T.H.Tlemcen, 2003).

La structure géologique paraît commandée par de grands accidents ou cortèges d'accidents, principalement longitudinaux et de direction SW-NE, traduisant les déformations d'un socle hercynien.

L'essentiel des grandes dispositions profondes devait être acquis vers la fin du secondaire, quitte à rejouer peut être par la suite. Cette suite est ici caractérisée à travers le Tertiaire et le Quaternaire par la formation et le remplissage d'une cuvette endoréique. Les terrains de remplissage sont de faciès continentaux (C. T. H, 2003) (Fig. 04).

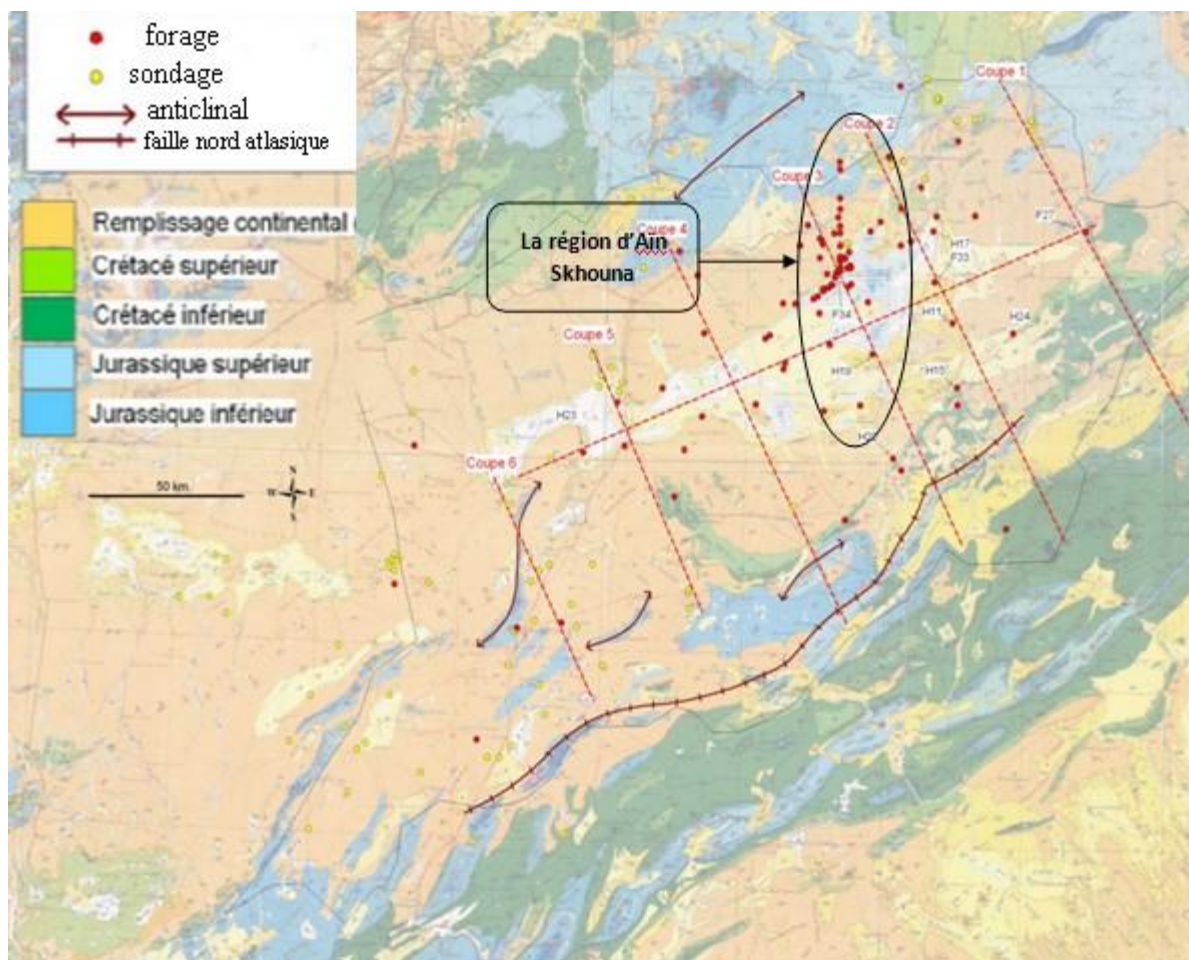


Fig. 04 : Emplacement des coupes transversales et longitudinales sur le bassin du chott chergui, et l'emplacement des sondages (SOGREAH, 2007)

2.3. Série Stratigraphique

2.3 .1.Le Primaire

Il est constitué par des schistes et des quartzites dont l'épaisseur peut dépasser le millier de mètres.

2.3.2. Le Secondaire

• L'Infra-Lias

Il est constitué par des poudingues noirs ou rouges à éléments de quartzite et de schistes. A la partie supérieure, on passe à des roches feldspathiques qui sont surmontées par des argiles jaunes ou grises, parfois par des calcaires.

• Le Lias

Il est représenté, par des dolomies calcareuses épaisses d'une trentaine de mètres.

• L'Aalénien-Bajo-Bathonien

A Tiffrit, dans la vallée de l'Oued El Abd et au vieux Saïda, les marno-calcaires du Toarcien sont surmontées par une épaisse série de dolomies, elles constituent le cause de Tidernatine. Elles peuvent atteindre une épaisseur de 150 mètres.

Ces dolomies sont surmontées par des calcaires et des marnes.

• Le Callovo-Oxfordien

Il est constitué par une épaisse série argilo-gréseuse pouvant atteindre 250a 300mètres d'épaisseur. Il est formé d'argile grise, verte ou jaunâtre et des gris verdâtre souvent en plaquettes ou en bancs plus épais.

• Le Kimméridgien et le Portlandien

Surmontant les assises dolomitiques et gréseuses du Lusitanien, vient une épaisse série de dolomies construites par des grands bancs représentant le Kimméridgien d'une puissance de 80a 100 mètres. Au-dessus se trouve une série de calcaires récif correspondant au Portlandien.

Le Lusitanien constitue un aquifère intéressant.

• **Le Crétacé inférieur**

Il correspond a des assises gréseuses épaisses d'une cinquantaine de mètres, mélangées a du calcaire. Le Sénonien est représenté par des calcaires a pate fine renfermant des foraminifères.

2.3.3. Le Tertiaire Continental

Il est discordant sur les formations sous-jacentes en comblant la dépression du Chott lui donnant une surface sub-tabulaire, sa base est formée par un niveau grossier a éléments peu ronds, il repose sur le substratum calcaire ou dolomitique.

A sa partie terminale, on rencontre une carapace (calcaire lacustre) qui peut atteindre une épaisseur de 10 à 20m. En bordure du Chott, la puissance du Tertiaire peut dépasser les 350m.

2.3.4. Quaternaire

Il forme des terrasses en bordure du Chott et recouvre parfois la carapace calcaire sous forme de limons plus ou moins sableux.

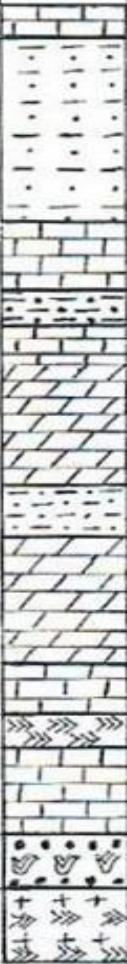
Profondeur (m)	Age		Log	Description géologique
65m	Quaternaire			Croûte calcaire
	Tertiaire			Argiles sableuses à gypse
				Calcaire lacustres
				Marne à gypse
				Calcaire
	Sénonien	Secondaire		Formations carbonatées
	Jurassique			Formations marneuses
				Formation carbonatées
				Membre supérieur
	Trias			Membre supérieur basaltique
Membre inférieur				
Schistes et Quartzites				
100 m	Primaire		Laves basaltique	

Fig. 05: Log litho stratigraphique de la région d'Aïn Skhouna (BENAMEUR et MELLAL, 2007).

2.4. Les formations d'intérêt hydrogéologique

2.4.1. Aaléno-Bathonien

Au Nord, près de Saïda et Takhmaret (ex TAGREMARET), immédiatement au Nord de l'axe des monts de Saïda, l'Aaléno-Bathonien est formé par 150 m de dolomies souvent très cristallines et altérées, affleurant entre les dolomies argileuses ou les marno-calcaires du Toarcien et les argiles et grès du Callovo-Oxfordien.

Très rapidement vers le Sud, on voit apparaître au sein de cette série dolomitique un niveau argileux d'abord dolomitisé, puis plus franc et plus épais, tandis que la partie supérieure des dolomies passe latéralement à des calcaires blancs.

Dans l'axe des monts de Saïda, à la bordure Nord du bassin du Chott Chergui, ces calcaires blancs alternent avec des niveaux argileux ou argilo-dolomitiques, et l'Aaléno-Bathonien est formé par 100 à 150 m de dolomies de base surmontées par 150 m d'alternances d'argile, de calcaire et de dolomie (CORNET, 1951 in CLAIR).

Dans la région d'Aïn Skhouna, l'Aaléno-Bathonien a été rencontré sous ce même Faciès:

- 120 à 150 m de dolomies de base,
- 150 à 200 m d'alternances où l'on rencontre des niveaux gypseux et des niveaux argileux d'une épaisseur de l'ordre de 20 m au niveau des sondages F.34, H.35 à 10 km au Sud-ouest d'Aïn Skhouna (CLAIR, 1956).

À 20 km au Nord de la source d'Aïn Skhouna, immédiatement au Nord de la chaîne du Guenatis Cheraga, on retrouve une avancée de l'Aaléno-Bathonien son faciès essentiellement dolomitique (entre les sondages F.35 et F.37), tandis que son épaisseur peut décroître et ne pas dépasser 120 m (CLAIR, 1956).

Au Sud, au Sud-est et Sud Ouest de la région d'Aïn Skhouna, l'Aaléno-Bathonien, rencontré par une dizaine de forages, est essentiellement dolomitique ou calcaréo-dolomitique, et n'a été traversé qu'au sondage F.33 (32 km à l'Est de la source d'Aïn Skhouna), où son épaisseur atteint 180 m.

2.4.2. Sénonien

Le Sénonien qui affleure au Nord-est de la région d'Aïn Skhouna est constitué par des calcaires blancs parfois oolithiques ou crayeux. A la base, ces calcaires deviennent bréchiques à délits argileux et peuvent montrer des intercalations de poudingues plus ou moins importantes.

Les calcaires sénoniens sont transgressifs et discordants sur le Jurassique moyen (Aaléno-Bathonien, Callovo-Oxfordien ou Lusitanien) et deviennent plus argileux et jaunâtres au Nord-est d'AïnKermes.

Ces calcaires, qui ont 163 m d'épaisseur au niveau du sondage H.43 (35 km au Nord- est de la source d'Aïn Skhouna), ont été recoupés par la majorité des sondages effectués dans la région d'Aïn Skhouna où ils forment une lentille très altérée à sa partie supérieure, pour une puissance d'une centaine de mètres, atteignant les 150 m au sondage H.43 au Sud-est de la région d'Aïn Skhouna.

3. cadre structurale

Cette étude est établie à l'aide des coupe géologiques longitudinales et transversales, le bassin du Chott Chergui où se trouve notre région, est formé par un grand synclinal dissymétrique orienté de l'Ouest - Sud-ouest vers l'Est -Nord-est, dont l'axe se situe très au Sud, à la bordure des derniers affleurements de l'Atlas Saharien.

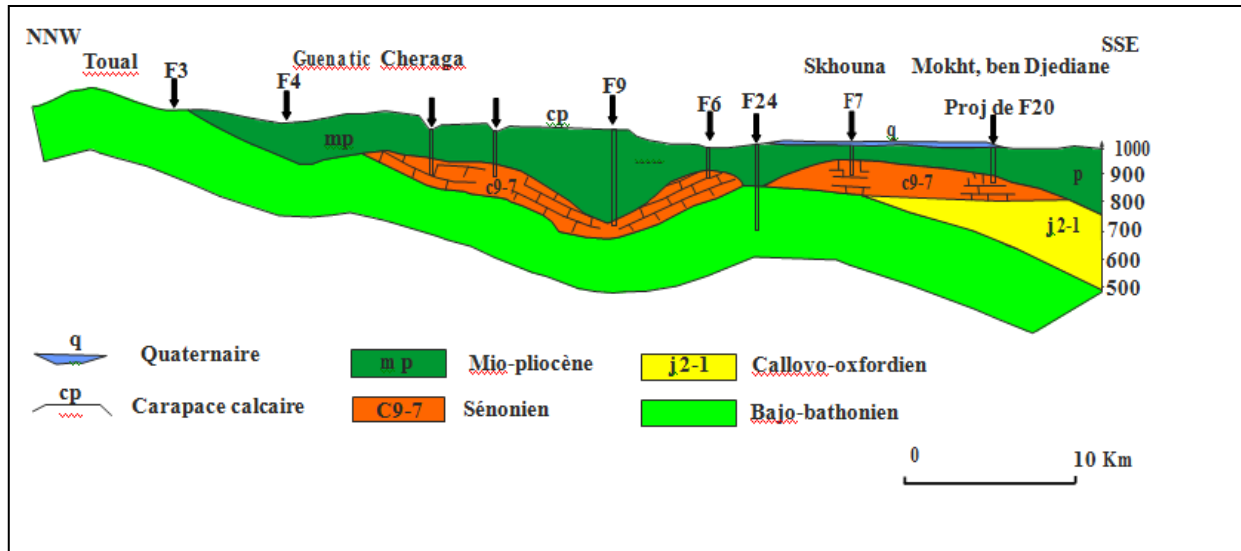


Fig.06 : Coupe SSE-NNW passant par la région d'Aïn Skhouna

La coupe transversale (Fig.06) montre que Le flanc Nord de ce synclinal prolonge en pente douce le flanc Sud de l'anticlinal surbaissé des monts de Saïda. Si dans l'axe des monts de Saïda on retrouve de nombreuses petites failles dont le rejet ne dépasse d'ailleurs pas 100 à 150 m (CORNET, 1951 in CLAIR, 1956), ces accidents semblent devenir de plus en plus rares sur le flanc Sud de cet anticlinal. Quelques failles ont pu être relevées sur les affleurements de bordure de la dépression, par contre elles sont masquées par les atterrissements en bordure du Chott. Selon CLAIR, rien n'autoriserait à tracer une grande faille passant par El Klieither, Aïn Skhouna et Ain Saouss, souvent invoquée pour expliquer facilement l'alignement des plus grosses résurgences de la bordure Nord du Chott.

Le flanc Nord du synclinal est, au Nord du chott, marqué par des petites rides anticlinales de direction parallèle à l'ensemble de la dépression. Ces rides, au Nord-est du Chott, sont soulignées par des affleurements jurassiques et sénoniens.

Sous les atterrissements, ces rides sont souvent recouvertes par des lambeaux de calcaires sénoniens épargnés par l'érosion. Les plus importantes de ces rides sont, l'anticlinal qui borde au Sud la dépression de la Daïet Ez Zraguet et le " haut fond " de la région d'Aïn Skhouna, accusé par les calcaires sénoniens transgressifs. Ces deux rides jouent un rôle hydrogéologique important.

Le flanc sud du synclinal, au contraire, se relève brusquement et est recoupé par une série de failles dont la plus importante peut avoir un rejet supérieur à 1000 m (CORNET, 1951 in CLAIR, 1956). Elles constituent le grand accident nord-atlasique très marqué au sud et au sud-ouest, mais s'atténuant vers le Sud-est et qui limite la structure typique de l'Atlas saharien.

Le synclinal du Chott Chergui se présente comme un grand synclinorium très dissymétrique, ou même comme un monoclinal prolongeant vers le Sud le flanc Sud des monts de Saïda, affecté de mouvements secondaires, et bordé au Sud par un accident qui limite la structure typique de l'Atlas Saharien. La dépression du Chott Chergui, représentant le Chott proprement dit, se situe dans la partie moyenne du flanc Nord de ce synclinal. Au Nord de la dépression affleurent le Jurassique des monts de Saïda et les différents termes du Crétacé. À l'Ouest, en bordure des monts de Daïa, on retrouve le Jurassique supérieur. Le Sénonien transgressif est observé à l'Est, en bordure des Monts de Frenda.

La partie centrale de la dépression est formée par le remplissage tertiaire continental qui, du Nord au Sud, recouvre successivement les différents termes du Jurassique moyen et supérieur, puis du Crétacé inférieur, moyen et supérieur, qui du Callovien au Turonien viennent se terminer en biseau. Le Sénonien transgressif se trouve seulement à la partie Nord et Nord-est de la dépression où il repose sur le Jurassique moyen et supérieur.

L'ensemble des atterrissements, recouvert par la carapace calcaire ou les terrasses récentes en bordure du Chott, a une pente douce vers le centre de la dépression occupée par le Chott, ou au Nord vers la la Daïet Zraguet qui topographiquement semble former un petit bassin indépendant de celui du Chott Chergui.

Chapitre II

Climatologie

Introduction

Dans le présent chapitre, on s'intéresse par l'étude du régime climatique de la région d'Aïn Skhouna, cette région est mal présentée ces dernières années, car la seule station de la région est non fonctionnelle depuis 1998, cette station météorologique a des coordonnées Lambert (X : 329 Km, Y : 136 Km) et la période d'observation est comprise entre 1960 et 2012 (A. N. R. H., 2000).

Ce travail est basé sur les données consultées de l'A. N. R. H on a ajouté l'établissement et les calculs pour établir le diagramme ombrothermique, le climagramme de DE. MARTONNE ainsi que le climagramme d'EMBERGER pour confirmer le type du climat de cette région.

1. Les précipitations

Globalement, la région d'Aïn Skhouna a des précipitations moyennes annuelles assez régulières avec une moyenne de 238.2 mm (Annexe 1, Tab. 1).

1.1.Régime pluviométrique annuel

L'histogramme de variabilité des précipitations moyennes mensuelles (Fig.07) révèle de légères nuances dans la répartition des pluies au cours de l'année. Cependant, une individualité nette marque la saison sèche d'été pour la station (durant les mois de juin, juillet et août).

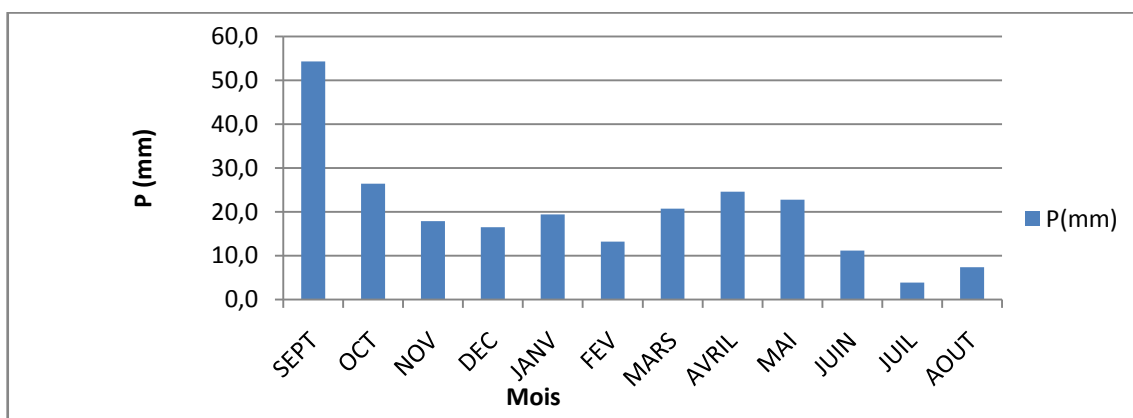


Fig. 07 : Histogramme des précipitations moyennes mensuelles durant la période 1960 à 2012.

1.2. Variabilité saisonnière des précipitations

Cette variabilité saisonnière se caractérise à travers les fluctuations des précipitations durant les différentes saisons de l'année comme le montrent le tableau et la figure ci-dessous.

Tab. 01 : Variabilité saisonnière des précipitations

Station	Précipitations saisonnières en (mm)			
	Automne	Hiver	Printemps	Été
AÏN SKHOUNA	98.6	49.1	68.1	22.4

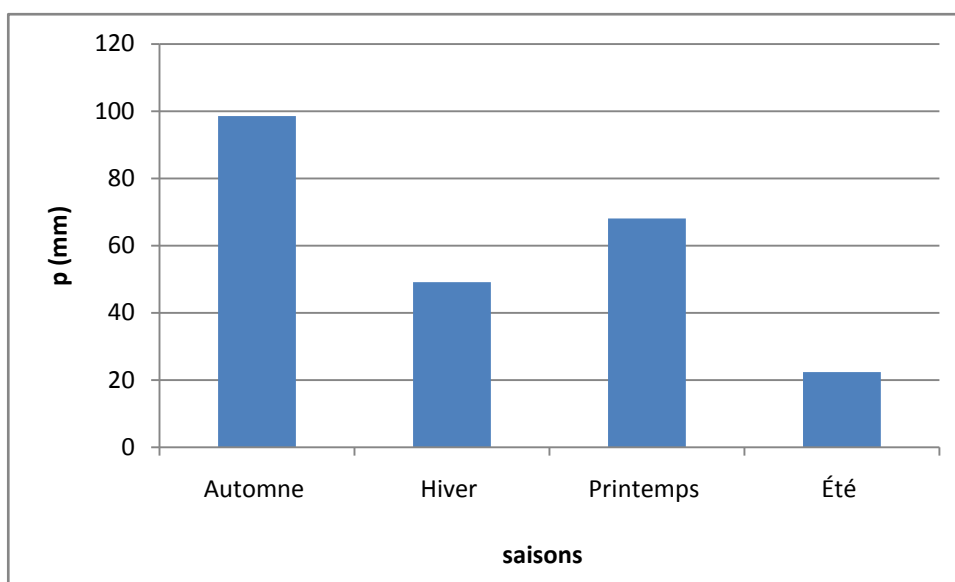


Fig.08 : Histogramme de précipitations saisonnières en (mm) d'Aïn Skhouna

D'après cette distribution des précipitations, on peut constater que l'indice saisonnier est de type « APHE », où l'Automne est la saison la plus pluvieuse et l'été est la plus sèche. Cette répartition des précipitations montre que la recharge des nappes est à l'abri des fortes pertes par l'évapotranspiration.

2. Températures

Les températures représentent un facteur important dans la détermination du type de climat d'une région. Ces températures sont caractérisées par des observations moyennes minimales et maximales (Tab.02).

Tab.02 : Températures Minimales, Moyennes, Maximales (°C) pour la station d'Aïn Skhouna (A.N.R.H.2000)

	J	F	M	A	M	J	J	O	S	O	N	D
Température Mini (°C)	0.1	1	3,2	4.8	9.1	11.9	16.5	16.3	12,5	7,5	3.2	0.5
Température max. (°C)	11.2	10.9	17.0	21.9	30.6	32.8	34.0	33.7	30,7	22,8	15.4	11.0
Température moy. (°C)	5.7	6	5.5	13.3	20.0	24.5	26.3	25.5	21,7	16,0	9.3	5.8

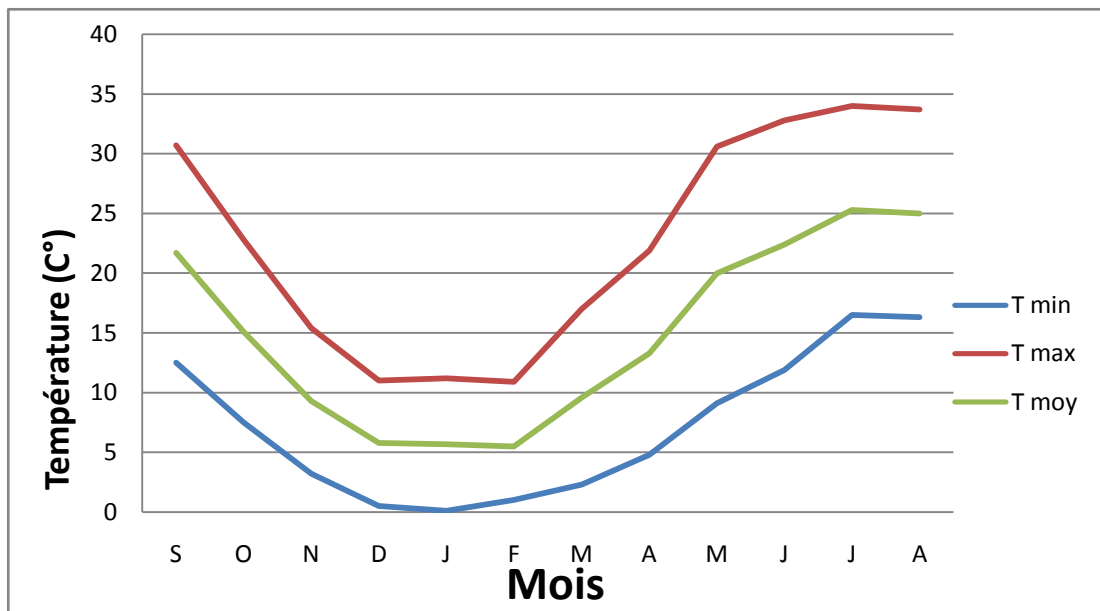


Fig.9 : Courbe des températures maximales, moyennes et minimales pour la station d'Aïn Skhouna

Il est clairement apparu que la température la plus basse est au moi de Janvier (0 °C) tandis que la plus élevée (34 °C) est enregistrée au moi d'Août (Fig.9).

3. Diagramme ombrothermique

Ce graphique est régi par des règles strictes. Les mois sont figurés en colonnes regroupées selon les quantités saisonnières de précipitations. La saison sèche ou pluvieuse débute rarement en janvier. La pluviométrie mensuelle et les températures moyennes sont représentées de telle façon que le rapport $(P/T=2)$ (M. TABEAUD, 1998).

La courbe pluviométrique passe sous la courbe thermique lorsque le mois est "sec", ainsi $(P < 2T)$ (M. TABEAUD, 1998).

Cependant, il nous semble que la pluviométrie enregistrée au mois de septembre soit une valeur anormale ; cela peut être dû à une erreur par inscrite par l'observateur.

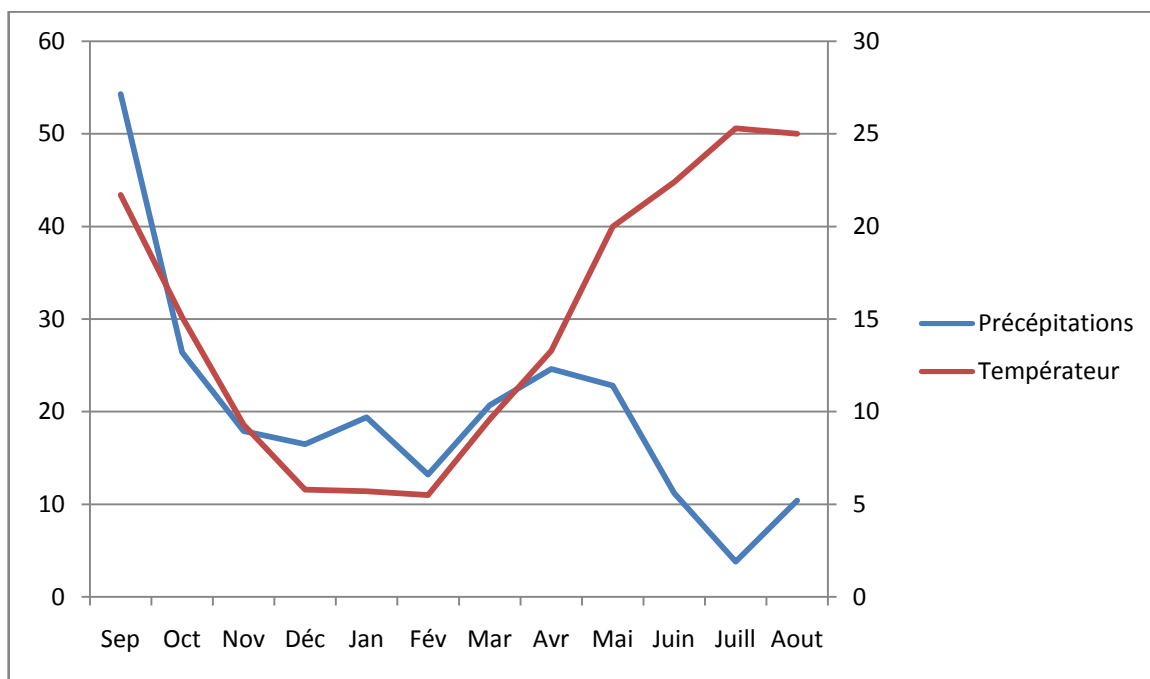


Fig. 10 : Diagramme ombrothermique pour la région d'Aïn Skhouna

4. Régime climatique

Après avoir défini tous les facteurs climatiques caractérisant la région d'Aïn Skhouna, principalement la pluviométrie et la température, on doit déterminer le type de climat régnant.

Dans ce contexte, plusieurs méthodes peuvent être employées.

4.1. Méthode DE. MARTONNE

En 1923, DE. MARTONNE a défini un indice d'aridité I correspondant au rapport entre la moyenne mensuelle des précipitations P en (mm) et la moyenne annuelle des températures. Elle est donnée par la relation :

$$I = \frac{P}{T+10}$$

Où:

I, Indice d'aridité annuel ;

P : Précipitation moyenne annuelles (mm).

T : Température moyenne annuelle (°C).

Une fois L'indice d'aridité calculé, il y a lieu de le reporter sur le climagramme de DE.MARTONNE pour déduire le type de climat correspondant à la station (Fig. 11).

Après calcul numérique on obtient : $I=11,56$ pour la région d'Aïn Skhoua.

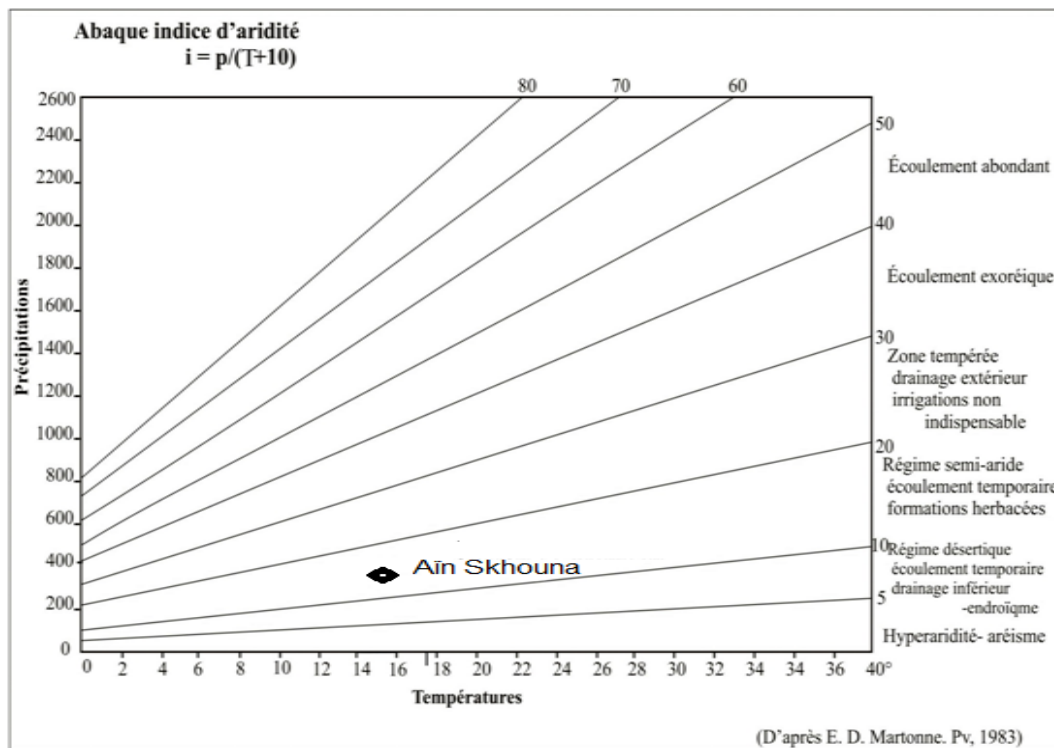


Fig. 11 :Indice d'aridité d'après le climagramme de DE.MARTONNE.

Donc la région d'Aïn Skhoua est caractérisée par un climat de type semi-aride.

4.2. Quotient pluviométrique d'EMBERGER

Cette méthode consiste à la détermination d'un quotient pluviométrique, noté Q₂, ce dernier est reporté sur le climagramme d'EMBERGER (Fig. 12) pour déterminer le type du climat .

$$Q_2 = \frac{P}{\frac{(M+m)}{2} \times (M+m)} \times 1000$$

Où:

P, précipitations moyennes annuelles en mm.

M : Moyenne des températures maxima du mois le plus chaud en Kelvin (°K) ;
(1°K = 1°C + 273).

m : moyenne des températures minima du mois le plus froid en valeur Kelvin.

Après application numérique, on obtient : Q₂ = 29,87 pour la région d'Aïn Skhouna.

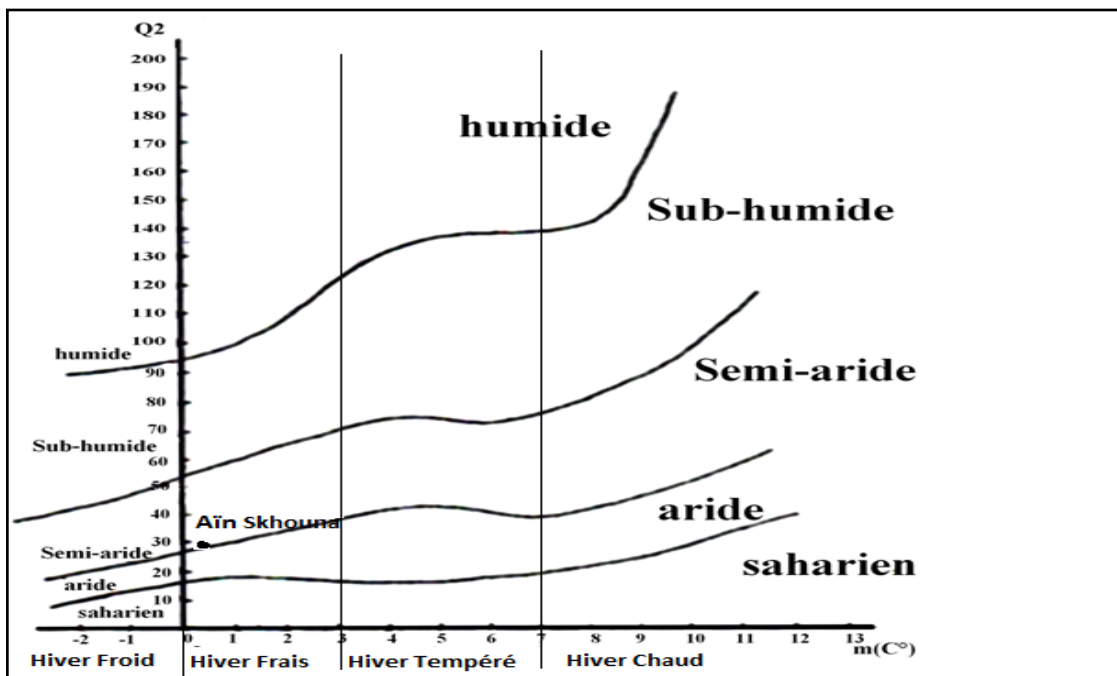


Fig. 12 : Détermination du type de climat d'après le climagramme d'EMBERGER.

Tableau 3 : détermination du type de climat d'après EMBERGER

Station	P (mm)	M (K°)	m (K°)	Q ₂	Type du climat
Ain Skhouna	238.2	307,0	273,1	29,87	semi-aride

5. Eléments du bilan

Nous avons tenté un essai du bilan hydrique en se basant sur les paramètres climatiques représentés par les précipitations et les températures de la région d'Ain Skhouna

A cet effet, nous avons recouru à plusieurs méthodes pour déterminer les éléments du bilan.

5.1. Méthode de TURC

Cette méthode est applicable sous tous les climats. Elle fait intervenir les précipitations moyennes et les températures moyennes annuelles.

Cette formule est définie par l'équation suivante :

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

Avec

ETR: Evapotranspiration réelle en mm.

P = Précipitations moyennes annuelles (mm). Elle est égale à=249.4mm

T = Température moyenne annuelle (14.95°C)

L: Pouvoir évaporant avec

$$L = 300 + 25T + 0,05T^3$$

L'application numérique donne :

$$L=840.82$$

Nous obtenons le résultat suivant :

$$ETR=251.91 \text{ mm}=\mathbf{252mm}$$

Remarque : Remarque : L'ETR obtenue par l'application de la formule de TURC est exagéré car supérieure aux précipitations, ce qui ne correspond pas réellement aux observations que l'on peut faire sur le terrain. En faite ce calcul doit se faire sur la période où il pleut et dont tenir compte de la durée de la pluie.

5.2. Méthode de COUTAGNE

Le déficit d'écoulement déduit de la hauteur moyenne des précipitations et de la température moyenne annuelle est donné par la relation :

$$D = P - \lambda P^2$$

D : déficit d'écoulement (m/an).

P : précipitations moyennes annuelles (m/an).

T : température moyenne annuelle (°C).

Le paramètre λ a pour expression :

$$\lambda = \frac{1}{0,8 + 0,14T}$$

$$\frac{1}{8\lambda} \leq P \leq \frac{1}{2\lambda}$$

Dans notre cas, les P sont supérieures à la limite supérieure donc cette formule est par conséquent inadaptée à ce type de climat.

5.3. Estimation des écoulements

Par référence aux travaux réalisés à l'échelle du bassin versant de la région étudiée, nous avons pris en considération les données des paramètres climatique pour ensemble du bassin versant considère ainsi en considération la méthode de thorthwaite nous avons estimé l'ETR a 201 mm.

Nous avons début les écoulements (R+I) qui donne de l'ordre (238-201)=37 mm de ruissellement à été calculé par méthode empirique selon la relation suivante :

$$r = \frac{p^3}{3 \cdot ETP^2}$$

Le résultat obtenu est égal à 8.5 mm selon ces considérations, l'infiltration peut être calculée par simple soustraction des écoulements ou aurait donc pour l'infiltration (I)

$$I = 37 - 8.5 = 28.5 \text{ mm}$$

$$P = ETR + I + R$$

6. Conclusion

L'analyse climatologique, établie dans le présent chapitre, nous a permis de revoir tous les paramètres conditionnant le climat, de quantifier et de caractériser les facteurs relatifs à la région d'Aïn Skhouna.

A l'échelle mensuelle, les précipitations sont marquées par une irrégularité temporelle de l'évolution pluviométrique ; comme le montre le nombre important d'observations enregistrées durant la période de la série considérée. La moyenne annuelle est d'environ 238mm.

Pour le régime thermique, on a noté une moyenne mensuelle de température de 15 °C, le maximum a pu atteindre 34 °C, tandis que le minimum avoisine 0 °C.

L'association des deux paramètres (précipitations et températures) a permis d'établir un diagramme ombrothermique où on a constaté que la période humide s'étale du mois de Septembre au mois de Mai.

L'étude du régime climatique a conduit à conclure que la région d'Aïn Skhouna se caractérise par un climat semi-aride où l'hiver est froid et l'été est sec et chaud. Cela est bien traduit par les résultats obtenus par les différentes méthodes des indices climatiques mises en œuvre.

En effet, la station d'Aïn Skhouna se caractérise par un climat semi-aride tendant vers l'aridité ; ce qui semble être influencé par la proximité des monts de Saida au Nord du bassin du Chott Chergui.

Le ruissèlement représente 3.6% des P, alors que l'infiltration est de l'ordre de 12 % des P ces valeurs nous semblent en harmonie avec contexte hydrogéologique de la région qui comporte des terrains carbonatés fissurés et karstifiés (calcaire, dolomies) qui favorisent l'infiltration au profit de l'écoulement de surface. Ces conditions sont favorables pour une meilleure recharge des nappes.

Chapitre III

Hydrogéologie

Introduction

D'après la synthèse des travaux de CLAIR 1956, A. N. R. H. 1992, B. I. R. H. d'A. N. R. H. 1999, C. T. H. Tlemcen 2003 et S OGRE AH (1960 et 2007), les principaux horizons aquifères mis en évidence sont :

- Les dolomies de l'Aaléno-Bathonien,
- Les calcaires du Sénonien.

Les deux horizons aquifères de l'Aaléno-Bathonien et du Sénonien semblent comme étant un seul système aquifère ; malgré leurs caractéristiques hydrochimiques nettement différentes. Ceci sera développé par la suite.

1. Contexte général des principaux aquifères

1.1 Dolomies Aaléno-Bathoniennes

L'Aaléno-Bathonien, et plus particulièrement les dolomies de base, constituent la formation perméable la plus ancienne et certainement la plus importante (fig14. F34)









Pfondeur	Coupe	Facies	Age
0		Marno-calcaire et argile brique claire Argile brique Galets calcaires, rayons siliceux colmatée à leur partie supérieure	Quaternaire Tertiaire continental
100		Calcaire blanc à pâte fine parfois crayeux détritique ou pseudo-oolithique altéré à sa partie supérieure Niveau de brèche calcaire à ciment argileux	Senonien
200		Marne grise ou lit de vin. calcaire argileux souvent rubifiés. Argile grise verts. calcaire argileux à gypse en filonnets, en tache massif Dolomitic. calcaire dolomitique gris rose.	Bathonien
		Calcaire gris parfois argileux ou détritique à joints stylolithique. niveau argileux.	Bajorien
		Dolomies cristallines grises ou rouges fracturées	Aalénien
500		Gypse massif souvent argileux à ntercalation de grès argileux ou d'argile marneuse détritique de 537 à 550 m. Chlorure de sodium souvent bien cristallisé, argile détritique ou gres argileux rouge vif. Sulfo-carbonate gris Chlorure de sodium massif, gypse. Basalte à nodules de Cl Na Gypse massif finement libre Chlorure de sodium gris massif	Jurassique Inférieur et Trias indifférencies
800		Argile brique foncée	
		Granite	SoCle

Fig.13 : coupe géologique de F34

Celles-ci reposent soit sur la série saline, soit sur la série marno-calcaire du Toarcien qui forme le substratum imperméable de l'ensemble des nappes du Chott Chergui. Les dolomies sont recouvertes soit par les formations argilo-gréseuses du Jurassique supérieur ou en contact direct avec la formation argileuse du Tertiaire Continental (Daïet Ez Zraguet) (CLAIR, 1956).

Cet horizon aquifère, d'une centaine de mètres d'épaisseur, s'étend sur une grande partie du bassin, avec une perméabilité très variable et une énorme réserve aquifère. Ces dolomies affleurent largement au Nord sur le flanc Sud des monts de Saïda avec une perméabilité importante. Vers l'Est, les alternances calcaires-dolomies-argiles de la partie sommitale de l'Aaléno-Bathonien, montrent une perméabilité plus faible.

1.2. Calcaires sénoniens

Le Sénonien calcaire transgressif, le plus souvent très altéré, est très perméable. Il affleure sous forme de lentilles assez largement au Nord-est (Aïn Skhouna) du bassin, mais semble alors en lambeaux qui ne présentent pas de communication facile les uns avec les autres. De part sa position stratigraphique, recouvrant en discordance des terrains variés, altérés et remaniés en surface, le Sénonien peut jouer le rôle important d'un drain et mettre en liaison des horizons aquifères d'âge différent. En raison de son altération, le Sénonien constitue en outre une réserve aquifère importante, bien que beaucoup plus faible que celle des dolomies Aaléno-Bathoniennes sous-jacentes.

2. Etude des nappes de l'Aaléno-Bathonien et sénonien

2.1. La nappe du Sénonien

À Aïn Skhouna, les eaux contenues dans la lentille des calcaires sénoniens, qui s'allonge de part et d'autre de la région de la source sur une longueur de 25 km, se stabilisent à une cote voisine de 992 m. Des différences importantes sont relevées dans la température de ces eaux, celles du Sud-ouest étant les plus chaudes (Tab.04), et entraînant de faibles différences des niveaux piézométriques (ACHARD, 1952 in CLAIR).

Tab.04: Différence des températures et niveaux piézométriques (nappe du Sénonien).

Paramètres	Sondage H6	Sondage P65 bis	Sondage F12
Température (°C)	34	28	22
Niveau piézométrique (m)	992,33	992,06	992,02

Les calcaires sénoniens s'allongeant au Nord suivant l'anticlinal des Guenatis contiennent des eaux encore moins chargées (beaucoup moins chlorurées) et froides. La nappe contenue dans ces calcaires, qui communiquent difficilement avec les dolomies Aaléno-Bathoniennes et sont isolés des calcaires sénoniens de la source d'Aïn Skhouna, mais sont recouverts par les calcaires lacustres, forage FI5, légèrement au-dessus du niveau piézométrique de la nappe de l'Aaléno-Bathonien, et semble être alimentée par les calcaires lacustres affleurant dans l'axe des Guenatis (CORNET, 1951 in CLAIR).

2.2. La nappe de l'Aaléno-Bathonien

2.2.1. Piézométrie

L'Aaléno-Bathonien, et en particulier le faciès dolomitique, contient une importante nappe qui, dans la région d'Aïn Skhouna, se stabilise à la même cote ou à une cote légèrement supérieure à celle de la nappe du Sénonien (992,91 m au sondage H37 près de la source Aïn Skhouna, tandis que la nappe du Sénonien au même point se stabilise à la cote 992,09 m) (CORNET, 1951 in CLAIR).

Au Sud-ouest de la région d'Aïn Skhouna, les niveaux piézométriques vers le Sud sont plus faibles suivant l'axe du Chott qui semble marquer, dans l'Aaléno-Bathonien, une zone très perméable.

Ces eaux du Sud-ouest provenant des dolomies des monts de Méchéria ont sensiblement les mêmes caractéristiques que celles de la source d'Aïn Skhouna, bien que leur teneur en sels dissous soit faible et croit au-fur et à mesure que l'on se rapproche de la source (CORNET, 1951 in CLAIR).

Au Nord-Ouest, entre la bordure du Chott et les affleurements de la bordure sud des monts de Saïda, la nappe se manifeste rapidement, avec des eaux qui sont souvent plus chargées en sels dissous. Cela est vraisemblablement dû principalement à la relation directe de cet aquifère avec la nappe superficielle ;et accessoirement à la faible perméabilité des dolomies Aaléno- Bathoniennes dans cette région.

Au Nord, entre la source d'Aïn Skhouna et l'axe des Guenatis, le refroidissement des eaux la nappe de l'Aaléno- Bathonien est dû à la pente extrêmement faible de sa surface piézométrique (Tab 05).

Tab.05 : Variation de la température des eaux en fonction de la pente.

Paramètres	Sondage H.37	Sondage H.36
Température (°C)	33,5	22
Niveau piézométrique (m)	992,91	990,82

Par ailleurs, au Nord de l'axe des Guenatis, la nappe de l'Aaléno-Bathonien accuse une baisse très brutale (ACHARD, 1952 in CLAR) (Tab .06).

Cette chute du niveau piézométrique coïncidant sensiblement avec la limite sud de l'extension du Lias marin semble provenir de l'existence probable d'un accident affectant la formation des dolomies Aaléno-bathoniennes dans l'axe des Guenatis.

Tab .06 : Variation brutale du niveau piézométrique au Nord de l'axe des Guenatis.

Paramètres	Sondage H.36	Sondage H.35
Niveau piézométrique (m)	990,82	956,33

La carte piézométrique ci-dessus (Fig. 14) de l'aquifère de l'Aaléno-Bathonien a été réalisée en avril 1954 lors des premières études hydrogéologiques réalisées dans le Chott Chergui. Cette carte a été établie à partir de 40 points de référence nivelés.

D'après cette carte, les exutoires naturels de la nappe Aaléno-Bathonienne sont principalement la source d'Aïn Skhoua avec un débit en 1954 de 550 L/s (CLAIR, 1952) qui a fortement baissé à 130 L/s (A. N. R. H., juin 2003). Cette baisse est probablement liée à la diminution de la recharge due à un déficit pluviométrique très marqué et l'augmentation des prélèvements des ouvrages captant ces dernières années.

Au Nord-ouest du bassin, vers les monts de Saïda, les niveaux piézométriques se révèlent rapidement jusqu'à la cote 1030 m. Les eaux souterraines sont fortement minéralisées avec des résidus secs d'environ 5 000 mg/L (SOGREAH, 2007).

Au Sud-est, les courbes hydroisohypses se resserrent soulignant un front d'alimentation des contreforts de l'Atlas Saharien.

L'allure des courbes piézométriques montre que le principal axe d'écoulement de la nappe s'opère du sud-ouest vers le nord-est marqué par un important axe de drainage.

En ce qui concerne la carte établie par CLAIR, celui-ci a considéré les deux horizons aquifères du Sénonien et de l'Aaléno-Bathonien comme étant un seul système de nappe. Cependant, il s'agit là de systèmes fracturés dans une zone à aspect compartimenté.

Au terme du schéma de la cartographie piézométrique, on constate une morphologie régulière des nappes traduisant la relation intime entre la nappe du Sénonien et celle de l'Aaléno-Bathonien.

En effet, selon (CORNET, 1951 in A. CLAIR), il distingue deux zones de contact

- l'une au Sud entre les sondages H34 et H25, où les eaux sont chaudes et légèrement plus chargées en sels dissous par rapport à Aïn Skhouna,
- l'autre à l'Ouest entre les sondages H50 et H18, où les eaux sont plus froides et moins chargées en sels dissous.

Cela peut expliquer les températures plus faibles observées immédiatement au Nord- est de la région d'Aïn Skhouna par un diffus du Sénonien avec l'Aaléno-Bathonien du Nord- est peu profond. (SOGREAH, 2007)

Les zones d'alimentation de l'Aaléno-Bathonien (Fig.14) son donc :

Au Nord-est, par les affleurements sénoniens.

Au Sud-ouest, les affleurements dolomitiques des monts de Méchéria, d'une superficie de 250 à 350 km², communiquant facilement, par la zone très perméable suivant l'axe du Chott, avec le Sénonien au Sud-est et au Sud-ouest d'Aïn Skhouna.

Au Nord-Ouest, les affleurements de la bordure sud des monts de Saïda.

Au Nord, l'Aaléno-Bathonien peu perméable n'affleure pas, mais il est recouvert par le Sénonien et les calcaires lacustres du Guenatis. Il semble qu'il n'y ait, dans cette région, ni alimentation ni fuite notable. (CLAIR, 1956)

Au Sud-est, la nappe de l'Aaléno-Bathonien se limite à la zone d'alimentation en bordure des monts de Saida.

Bien que le substratum imperméable des dolomies Aaléno-Bathoniennes (formé par les marno- calcaires toarciens ou la série saline liasique-triasique) ne montre pas de fermeture autour du bassin du Chott ; la nappe de l'Aaléno-Bathonien converge en majeure partie vers le Sénonien où la source d'Aïn Skhouna constitue l'exutoire principal.

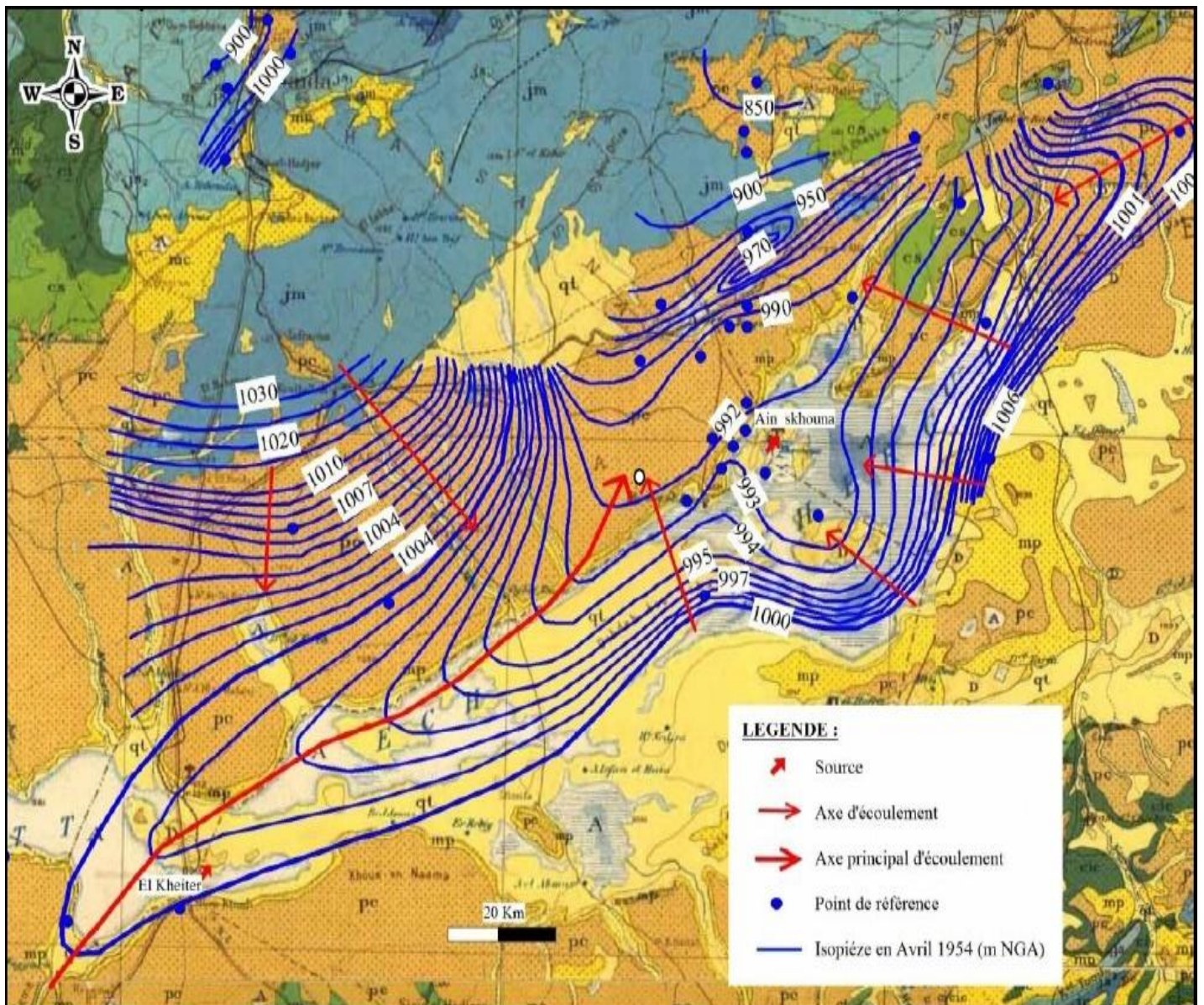


Fig.14: Caret piézométrique de la nappe de l'Aaléno-bathonien (ANDRE CLAIR, 1954)

2.2.2. Hydrodynamique

a. Pompage d'essai dans le forage C 3 et C5

En 1999 et dans le cadre de la réhabilitation des forages anciens la direction de l'hydraulique de la wilaya de Saida a confié à l'entreprise nationale Steppe forage la réhabilitation de deux forages C03, C05 dans la région d'Ain SKHOUNA pour l'alimentation de la ville de Saida à partir de ces deux forages. La période des travaux s'étale du 17/08/99 au 12/10/99. Les premiers travaux concernent essentiellement la réinstallation d'une pompe pour le lavage et le nettoyage du puits à l'aide d'un compresseur jusqu'à obtention de l'eau claire.

Ces deux forages d'une profondeur d'environ 100m captent les formations carbonatées du Sénonien, cette formation joue le rôle de drain.

a.1. Forage C3

- Date 08/10/1999 à 9h
- La durée de pompage a été de 72h pour la descente et 24 heures pour la remontée ;
- Niveau statistique 5.00 m ;
- Niveau dynamique 5.79 ;
- Débit 529 l/s ;
- Côte d'aspiration : 41.80m

• Interprétation des graphiques

- La descente (figure n°15)

Les premiers points constituent une droite de faible pente. Cette droite révèle un appel d'eau contenue dans les fractures et cavités de souterraines. Au bout de 66mn, une deuxième droite de pente exprime un accroissement brusque et rapide du rabattement. Le pompage fait appel à l'eau contenue dans les fissures fines de Transmissivité. Ensuite au bout de 12 h, un palier de pente plus forte exprime toujours l'accroissement du rabattement, le pompage fait appel à l'eau contenue dans les fissures fines et éloignées de transmissivité

Enfin, au bout de 27 h de pompage apparaît un palier de pente zéro, une stabilisation du niveau d'eau à 5.80m qui indique que la nappe fournit la quantité d'eau pompées.

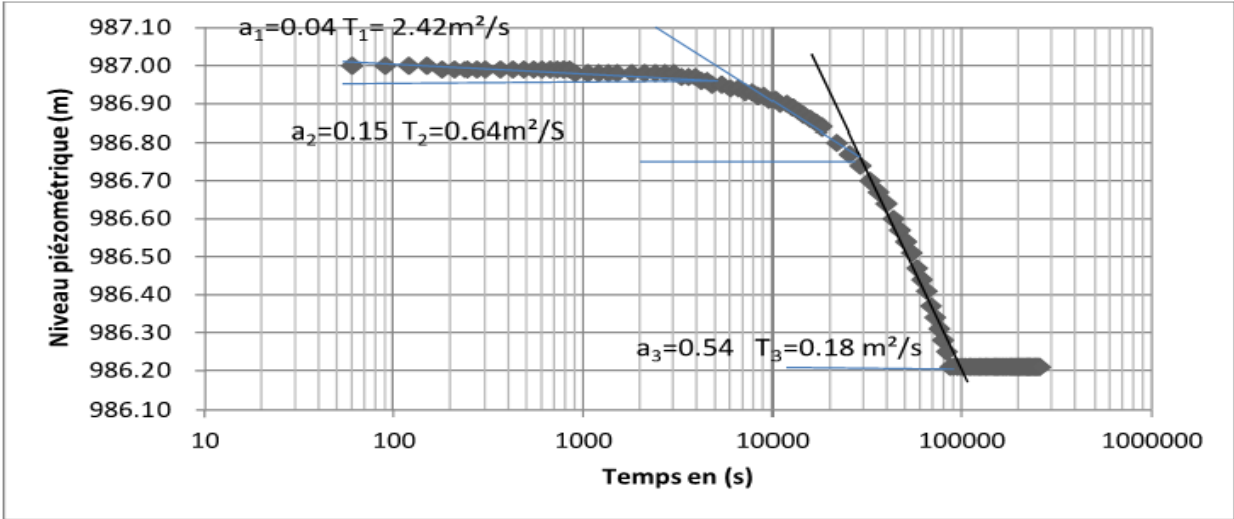


Figure.15: Descente dans le forage C3

- La remontée (figure n°16)

Le premier tronçon de droite accuse une pente faible exprimant une remontée lente où l'eau Commence à remplir les fissures et les cavités souterraines.

Après, une droite de pente forte révèle une remontée plus rapide qui marque la contribution de l'aquifère profond à l'origine de transfert de venue d'eau vers la nappe du Sénonien.

Enfin, au bout de 6h de remontée apparaît un début de rétablissement du niveau piézométrique initial.

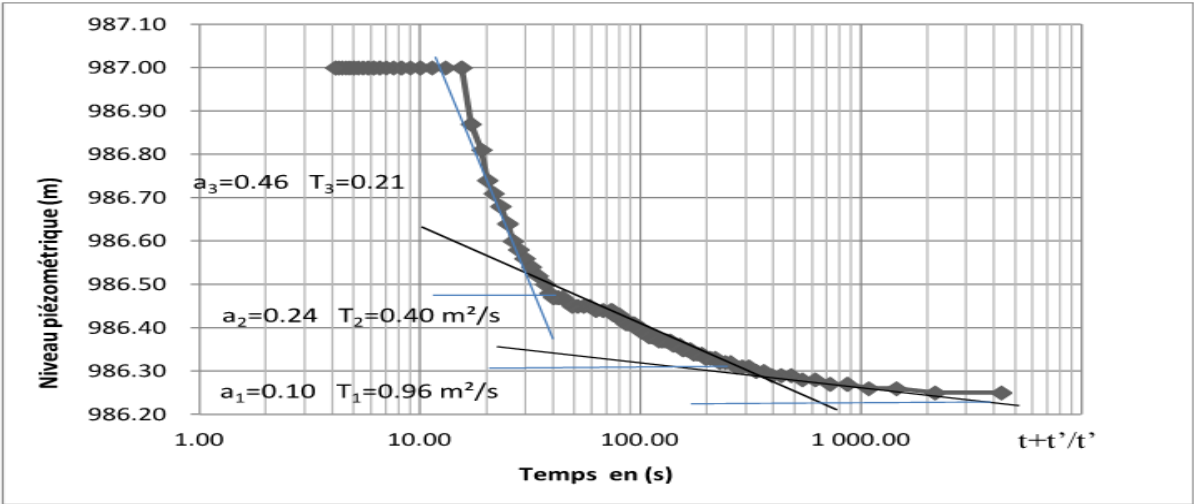


Fig.16: Remontée dans le forage C3

a.2. Forage C5

- Date 03/09/1999 ;
- Durée 24 heures ;
- Niveau statistique 5.00 m ;
- Niveau dynamique 8.00m ;
- Débit 529 l/s ;
- Côte d'aspiration : 41.80m.

•Interprétation des graphiques

- La descente (figure n°17)

Elle est représentée par trois droites :

- La première, de faible pente traduit une variation très faible dans le niveau d'eau qui est dû essentiellement à l'appel d'eau existante dans les grandes fissures. Au bout de 33 mn, la première droite de faible pente apparait traduisant un pompage qui exprime un accroissement lent, l'appel d'eau dans le forage concerne les fissures et les cavités de faible transmissivité.
- La deuxième droite de pente plus accentuée exprime un accroissement rapide du rabattement pendant une durée de 11h depuis le début du pompage, l'appel d'eau concerne les fissures les plus éloignées de transmissivité.
- Enfin un palier de pente plus forte exprime toujours l'accroissement du rabattement, le pompage fait appel à l'eau contenue dans les fissures fines et éloignées de transmissivité.

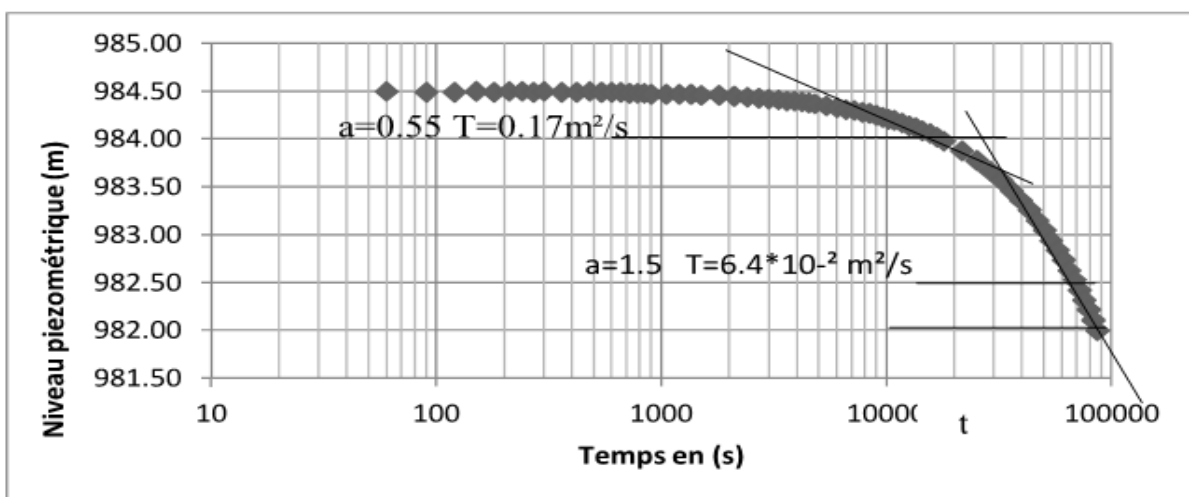


Fig.17 : Descente dans le forage C5

- La remontée (figure n°18)

Elle est caractérisée essentiellement par deux paliers

Le premier de pente faible traduit une remontée lente des rabattements résiduels, l'eau remplit les fissures et cavités de taille importante à forte transmissivité

Le second palier, est de pente accentuée ce qui reflète une remontée plus rapide, l'eau remplit les fissures de petites dimensions de transmissivité

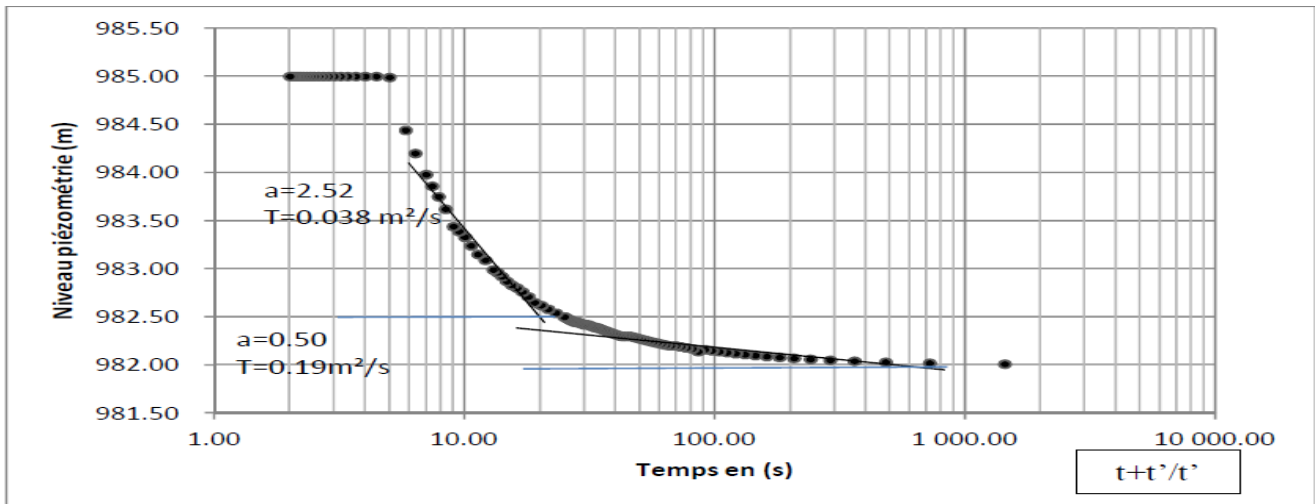


Fig. 18 : remontée dans forage C5

Nous concluons pour ces deux essais (C3, C5) que les droites représentatives de descente et de remontée se caractérisent par des variations de pentes brusques puis progressives qui finissent par se stabiliser. Cependant, le forage C5 de durée de pompage courte (24h) n'a pas manifesté le phénomène de stabilisation.

Les graphiques évoluant en pentes croissantes illustrent l'existence de limites hydrogéologiques, la présence de failles et l'extension latérale limitée des formations sénoniennes.

L'apparition des paliers de stabilisation au bout de temps relativement court met en évidence des apports d'eau de suralimentation. Cette dernière est due essentiellement à la présence des formations carbonatées de l'Aaléno-Bathonien en profondeur qui constituent une importante réserve en eau dans le bassin.

Tab. 7 : récapitulatif des résultats de pompage

Forages	Transmissivité m²/s	Perméabilité m/s
C3	$5,2 \cdot 10^{-1}$	$2.6 \cdot 10^{-3}$
C5	$3,8 \cdot 10^{-2}$	$4.8 \cdot 10^{-2}$

Ces valeurs (tableau n°7) de transmissivité correspondent à une perméabilité moyenne de $2.5 \cdot 10^{-2}$ m/s, on admet une épaisseur de dolomies égale à 200 m.

3. Conclusion

La nappe de l'Aaléno-Bathonien peut être suralimentée par celle du remplissage sableux et par la nappe des niveaux gréseux de la base du Lusitaniens Sud, ou encore par la nappe des affleurements sénoniens au Nord-est d'Aïn Skhouna.

Au Nord du Chott, dans la région des Guenatis, où les niveaux piézométriques s'abaissent brusquement, l'alimentation de la nappe des calcaires sénoniens par celle de l'Aaléno-Bathonien donne naissance à la source d'Aïn Skhouna,

Les relations hydrodynamiques sont précisées entre aquifères profonds et superficiels.

En dehors d'une zone très limitée autour d'Aïn Skhouna, le remplissage tertiaire continental constitue, en profondeur, une couverture étanche qui empêche la remontée, par drainance inverse et diffuse, des eaux de l'Aaléno-Bathonien vers la surface du chott.

Ces relations restent circonscrites à la zone d'Aïn Skhouna. Ceci s'explique essentiellement par la relative bonne perméabilité des dépôts travertineux mais également par la faible épaisseur du remplissage marneux et l'importance du niveau détritique de base dans cette zone.

À côté d'Aïn Skhouna, les eaux en charge de l'aquifère Aaléno- Bathonien sont drainées par l'ensemble calcaires sénoniens, niveaux grossiers, et remontent à la surface à travers la faible épaisseur du remplissage tertiaire pour alimenter l'important débit de la source et le chott lui-même sur une superficie de 100 km² ; ces eaux issues des précipitations directes et du ruissellement, constituent un volume d'eau supplémentaire qui finit par être repris par la forte évaporation affectant le bassin versant du Chott Ech Chergui.

Chapitre IV

Hydrochimie

Introduction

L'étude hydrochimique des eaux souterraines permet de confirmer les résultats de la prospection hydrogéologique, de connaître la qualité, la potabilité, l'aptitude de l'eau à l'irrigation et les faciès des eaux.

Il est évident que le chimisme des eaux souterraines dépend, principalement, de la composition lithologique des couches traversées et du temps de séjour des eaux dans le sol. Cette interaction influe sur la teneur des éléments majeurs (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- ...). Les concentrations de ces éléments naturels sont conditionnées par divers facteurs tels que les paramètres climatiques, l'activité anthropique, les échanges entre horizons aquifères et les eaux de surface.

Dans le présent chapitre, on s'intéresse à l'étude qualitative des eaux de la région d'Aïn Skhouna, à travers l'analyse d'une série de prélèvements effectués au niveau des principaux points d'eau existants, pour arriver aussi à déterminer l'origine des eaux du Sénonien et l'Aaléno-Bathonien.

1. Paramètres physico- chimiques

Pour l'analyse de la qualité de l'eau, différents paramètres peuvent être recherchés, entre autres : le pH, la conductivité, les résidus secs, les ions majeurs, la dureté totale et les caractéristiques bactériologiques.

1.1. Température

La température de l'eau est un paramètre de confort pour les usagers. Elle permet également de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment). De plus, en mettant en évidence des contrastes de température de l'eau sur un milieu, il est possible d'obtenir des indications sur l'origine et l'écoulement de l'eau.

La température doit être mesurée in situ. Les appareils de mesure de la conductivité ou du pH possèdent généralement un thermomètre intégré.

1.2. Conductivité

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés

électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau.

1.3. pH

Le pH (potentiel Hydrogène) mesure la concentration en ions H^+ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, 7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques, et dépend de facteurs multiples, dont la température et l'origine de l'eau.

1.4. Minéralisation

La minéralisation de l'eau peut être déterminée soit par conductivité électrique (méthode rapide), soit par la teneur en ions dissous obtenue par sommation des concentrations des anions et des cations car celles-ci sont fortement corrélées dans toutes les formations aquifères (en première approximation on peut lier la force ionique à la concentration ionique).

2. Caractérisation des points d'eau analysés

L'étude de la qualité physico-chimique des eaux souterraines issues de la région d'Aïn Skhouna s'effectue à travers des prélèvements réalisés au niveau de la source d'Aïn Skhouna des forages C5, C6, F17 et F34 (Tab. 08).

Ces points d'eau ne représentent pas un seul horizon aquifère, car les forages concernés captent plusieurs horizons de nappe.

Tab. 08 : Localisation des points d'eau

Dénomination du point d'eau	Coordonnées			Débit (L/s)	Remarques
	X(m)	Y(m)	Z(m)		
Aïn Skhouna	327,1	126,0	984,0	200	Utilisée comme un patrimoine touristique
Forage C5	328,3	433,1	989,0	515	A.E.P. de la ville de Saida
Forage C6	332,6	436,1	995,1	/	Forage artésien, se déverse toute l'année dans la nature
Forage FI7	328,2	433,1	986,0	75	Fermé par A.N.R.H.
Forage F34	327,2	431,0	997,3	40	Forage qui atteint le socle

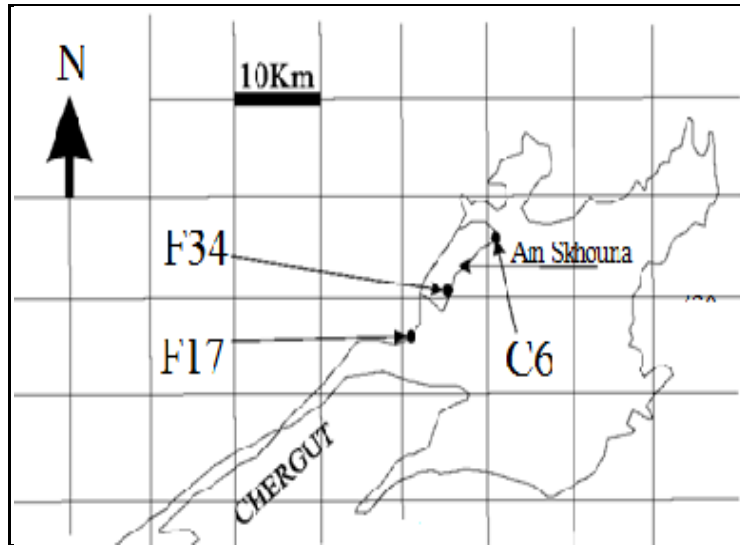


Fig. 19 : Coupe des forages F17, F34 ET C6 et leur emplacement dans la région d'Ain Skhouna

2.1. Chronique des analyses effectuées ultérieurement

Afin d'estimer l'évolution chimique des eaux souterraines de la région d'Ain Skhouna, on a présenté les différentes analyses et leurs résultats obtenus durant plusieurs années dans les tableaux ci-dessous.

Tab. 09 : Représentation des résultats d'analyses physico-chimiques d'Ain Skhouna

Paramètres	PH	Cond. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	T_H (meq/L)	Ca^{2+} (mg/L)	Mg^{2+} (mg/L)	Na^+ (mg/L)	K^+ (mg/L)	Cl^- (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)	HCO_3^- (mg/L)	NO_3^{2-} (mg/L)
1997	/	1985	16,16	195,46	123,98	262 ,0	9,00	408,25	316,0	229,36	/
2005	7,3	1964	12,50	155,2	56,88	/	/	447,02	388,3	/	/
2012	7.25	2120	/	163.42	46	248	8.58	440.2	304	244	16.74
2014	7.1	2300	/	165.41	63.78	/	/	418.9	480	305	/
2015	7.2	2300	/	199	62	176	6	381	410	214	0.1
2019	7.16	1850	/	174	57.1	121.37	3.41	390.5	404.96	/	1.32

Tab. 10 : Représentation des résultats d'analyses physico-chimiques du forage F 34 en 1954

Paramètre	pH	T _H (meq/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	R.S.(mg/L)
F 34	6,5	12,56	168	50	261	416	98	1470

Tab.11 : Représentation des résultats d'analyses physico-chimiques du forage C5

Paramètres	pH	Cond. (μS/cm)	T _H (meq/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	So ₄ ²⁻ (mg/L)	HCO ₃ ⁻ (mg/L)
1997	7,4	-	17,53	168,34	109,39	258,00	009,00	390,50	337,00	231,80
2003	7,8	-	19,34	180,35	123,98	269,19	006,70	411,80	-	225,70
Juin 2004	7,9	-	19,34	180,40	123,90	169,20	006,70	411,80	366,00	225,60
Avril 2005	7,6	1981	12,56	158,00	055,92	-	005,70	452,00	366,00	-
Mai 2008	7,8	2020	23,80	176,00	179,89	286,00	00,900	422,45	369,40	225,70

Tab. 12 : Représentations des résultats d'analyses physico-chimiques du forage C6 Mai 2008

Paramètres	H	Cond. (μS/cm)	T _H (meq/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	HCO ₃ ⁻ (mg/L)
C6	7,35	1985	22,18	184,36	155,58	278,20	5,88	426,0	366,5	219,6

Tab. 13 : Représentation des résultats d'analyses physico-chimiques du forage FI7

Paramètres	pH	T _H (meq/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	CO ₃ ²⁻ combiné	R.S (mg/L)
25-06-1951	7,1	11,88	96,0	42,0	168,0	266,0	184,0	128,0	939,0
Avril 2005	8,2	8,3	85,0	30,6	/	342,1	146,5	/	/

Cette chronique des résultats des analyses, nous a permis de déduire que les eaux de la région d'Aïn Skhoua n'ont subi qu'une faible évolution physico-chimique, le plus souvent due au nombre énorme de pompage et/ou à l'évolution climatique de ces dernières années et ceci peut être due aussi aux erreurs faites par les différents opérateurs.

2.2. Evolution de la chimie des eaux souterraines

Nous présentons le suivi du déroulement de prélèvement des échantillons d'eau analysés et les résultats obtenus dans but de déterminer les conditions de l'évolution chimique des eaux de la nappe du Sénonien ; mais toujours en relation avec l'aquifère profond de l'Aaléno-Bathonien.

Dans ce contexte, on a aussi abordé la potabilité des eaux ainsi que leurs aptitudes pour l'irrigation, étant donné que nos forages sont destinés et à l'A. E. P. de la ville de Saida et à l'irrigation.

2.2.1. Mode de prélèvement et analyse

Le principal objectif de l'échantillonnage est d'obtenir des prélèvements représentatifs de l'élément que l'on désire analyser. L'eau doit être prélevée dans des bouteilles particulièrement propres et rincées plusieurs fois avec l'eau à analyser.

Certains paramètres peuvent évoluer pendant la conservation des échantillons et il est toujours préférable de faire des mesures sur le terrain tel que le pH, la température et par conséquent la conductivité, ainsi les paramètres organoleptiques. La mesure de ces paramètres repose souvent sur des méthodes de précision inférieure à celle des méthodes de laboratoire, mais l'intérêt de la mesure immédiate peut être prépondérant compte tenu des variations susceptibles d'intervenir.

Pour les analyses organoleptiques des eaux de points étudiées sont caractérisées par :

- Une eau unicolore et limpide ; absence des ions métalliques qui vont changer la couleur,
- Une eau ne présente aucune odeur ; absence des matières organiques en décomposition et de produits chimiques,
- Une eau claire, qui répond à la norme algérienne

En ce qui concerne les mesures effectuées au laboratoire pour les différents paramètres analysés, il existe plusieurs méthodes, la plus simple et la moins coûteuse c'est la méthode volumétrique (dosage des solutions), mais le problème qu'on a pas assez d'équipements et produits pour faire tous les paramètres physico- chimiques, pour cela on fait appel à d'autres méthodes mathématiques et empiriques pour déduire les autres paramètres manquants (Annexe 3).

Une série de prélèvement a été effectuée ayant pour cible les points d'eau déjà décrits. Ces campagnes ont été réalisées selon la chronologie suivante :

- Première campagne : durant le mois d'Avril au niveau des points C5 et la source d'Aïn skhouna, leur analyse a été faite au niveau de laboratoire d'auto-contrôle des eaux (E.P.Algerienne des eaux, zone de Saida) (Annexe 3, Tab.4).
- Deuxième campagne : durant le mois de Mai au niveau des points C5, C6, et la source d'Aïn Skhouna, leur analyse on l'est fait au niveau de laboratoire de recherche n°25.

2.3. Résultats et interprétation

2.3.1. Campagnes de prélèvement

La première campagne d'échantillonnage a concerné le forage C5 et la source d'Aïn Skhouna et s'est déroulé au début du mois d'Avril 2012. Les résultats d'analyses obtenus au niveau de l'A. D. E. Saida sont décrits dans le tableau (Tab.14), malheureusement ces résultats d'analyse sont incomplet spar manque de paramètres comme tels que Cl^- , Na^+ et le K^+

Tab. 14. Résultats de l'analyse des prélèvements de la première campagne (Avril 2012)

Paramètres	Forage C5	La source d'Aïn Skhouna	Norme Algérien
T au labo (°C)	18,5	18,5	-
pH au labo	7,06	6,90	6,5-8,5
Cond. Labo ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	2060	2070	<2880
Turbidité (NTU)	0,567	0,264	<5
TDS(mg/L)	1156	1161	-
Minéralisation (mg/L)	1162,60	1570,20	-
Salinité ⁰ / ₀₀	1,2	1,2	-
TAC(°F)	19	19,5	-
TA(°F)	00	00	-
TH (meq/L)	12,20	13,80	<10
Ca ²⁺ (mg/L)	160,32	168,33	<200
Mg ²⁺ (mg/L)	51,03	65,61	<150
HCO ₃ ⁻ (mg/L)	231,80	237,90	>50
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	484,00	482,50	200-400
PO ₄ ²⁻ (mg/L)	0,041	0,047	<5
NO ₂ ⁻ (mg/L)	0,013	0,023	<0,1
NH ₄ ⁺ (mg/L)	0,012	0,017	-

D'après les résultats obtenus des différents paramètres chimiques on constate une similitude des éléments chimiques pour les deux sites analysés. Cependant, la minéralisation des eaux de la source A. Skhouna manifeste une concentration plus élevée en ions dissous par rapport à l'eau du forage C5. Cela nous semble dû au contact de la nappe sénonienne avec l'aquifère superficielle formé par le remplissage tertiaire.

La deuxième campagne a touché plus de points que la première, dans l'objectif de mieux cerner la qualité physico- chimique des eaux souterraines issus à partir de la région d'Aïn Skhouna. Les résultats obtenus sont résumés au tableau (Tab. 15).

Tab. 15 : Résultats de l'analyse des prélèvements de la deuxième campagne (Mai 2012)

Paramètres	Forage C5	Forage C6	Source d'Aïn Skhouna	Norme Algérien
T de l'air (°C)	23	22	22	-
T au terrain (°C)	32	32	31	-
T au labo. (°C)	21,2	21,4	21,3	-
pH au terrain	7,32	7,22	7,25	-
pH au labo.	7,32	7,35	7,47	6,5-8,5
Cond. au terrain (S/cm)	2130	2140	2120	-
Cond. Labo. (µS/cm)	2330	2350	2300	<2800
Minéralisation (mg/L)	1767,40	1782,50	1744,65	< 1500
Résidu sec (mg/L)	1148,81	1158,67	1134,02	< 2000 à 180 °C
T _H (meq/L)	12,48	12,80	12,00	<10
Ca ²⁺ (mg/L)	135,12	137,30	163,42	<200
Mg ²⁺ (mg/L)	64,44	64,68	46,00	< 150
Na ⁺ (mg/L)	243,80	241,18	248,00	<200
K ⁺ (mg/L)	8,58	8,34	8,58	<20
Cl ⁻ (mg/L)	450,40	461,10	440,20	<500
HCO ₃ ⁻ (mg/L)	244,00	292,80	244,00	> 50
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	306,00	336,00	304,00	200-400
NO ₃ ²⁻ (mg/L)	15,81	12,4	16,74	< 50

Ces nouveaux résultats confirment la stabilité de la chimie des eaux des niveaux aquifères captés dans la région d'Aïn Skhouna.

2.3.2. Caractéristiques physico-chimiques

a. La température

En générale, la température des eaux régionales est très proche de la température des eaux du sol et de sous-sol suivant les variations de la température de l'air avec un décalage temporel et un amortissement qui augmente avec la profondeur au-delà de 1.50 m les variations temporelles sont assez faibles et rapidement en dessous de cette profondeur, la température peut être considérée comme constante sauf cas particulier comme certain système karstique (TABOUCHE et ACHOUR, 2004), tel que notre cas où on voit clairement la différence entre la température des eaux de la source d'Aïn Skhouna (31°C), les forages C6 et C5 (32°C), même qu'ils ont capté le même horizon aquifère du Sénonien.

b. Le pH

La mesure du pH reflète le degré d'acidité ou alcalinité d'une eau. Les eaux naturelles non influencées par les activités humaines sont rarement à l'état neutre mais ont des pH compris entre 6,0 et 8,5 (RODIER, 2009). Les eaux analysées dans la présente étude sont caractérisées par un pH qui varie entre 7,06 à 7,73 respectant ainsi les normes de potabilités en vigueur (6,5 -8,5).

c. Conductivité et Minéralisation

La minéralisation correspond à la totalité des sels dissous contenus dans l'eau. Nous l'avons déterminé à partir de la conductivité des échantillons prélevés. Toutes les valeurs mesurées de la conductivité indiquent une minéralisation élevée car elles sont toutes globalement supérieures à 1000 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

d. Dureté totale

C'est la quantité métallique bivalent, pour l'eau, elle représente principalement l'expression du contenu en ion calcium et en magnésium. Dont la dureté (12 meq/L) ne dépend pas à la norme Algérienne (10 meq/L),

D'après les normes de l'O. M. S. (Tab.16), on remarque que pour tous les échantillons prélevés, ce qui montre que l'eau de la région d'Ain Skhouna est très dure dans une zone et dure dans une autre zone.

Tab. 16 : Norme pour la dureté des eaux de boisson d'après l'O. M. S. (1972)

Point d'eau	T _H (°F)	Classification de la dureté de l'eau				
		Douce (0-7)	Modéré douce (7-22)	Assez douce (22-32)	Dure (32-54)	Très dure (+54)
La source d'Aïn Skhouna	60,0					-
C5	62,4					-
C6	64,5					-

e. Ion calcium (Ca²⁺)

Les résultats obtenus reflètent la nature lithologique de l'aquifère avec des teneurs élevés notamment la source d'Ain Skhouna (163,42 mg/L) mais dans les normes (< 200 mg/L).

f. Ion magnésium (Mg²⁺)

Toutes les valeurs obtenues dépendent aux nonnes, et pour ce paramètre on ne voit pas une grande différence entre les différents points d'eaux.

g. Ion Sodium (Na⁺)

Le sodium est généralement peu présent dans les systèmes karstiques, leur origine est hors des systèmes karstiques, il provient d'apport essentiellement météorique, ou il peut aussi fourni

par des échanges de cations avec les minéraux argileux présents dans la formation (Bouroubi, 2009).

Les teneurs en sodium des eaux de notre région d'étude sont globalement dépassés les normes (+ 200 mg/L).

h. Ion Potassium (K^+)

Le potassium est généralement peu présent dans les eaux d'origine karstique (concentration voisine de 1 mg/L, voire inférieure) (Bouroubi, 2009) Les concentrations élevées en potassium dans les eaux de notre région (environ 8,6 mg/L, dans la norme) peuvent être également attribuées à la nature du sol du Chott et/ou les formations géologique qui ont traversé lors de la remontée des eaux.

i. Les chlorures (Cl^-)

C'est l'agent responsable du caractère saumâtre des eaux de la région d'Aïn Skhoua, ils sont associés à la présence des minéraux évaporitiques ($NaCl$, KCl , $MgCl_2$...), pour nos échantillons tous les points d'eaux ont des valeurs (400 mg/L) dépasse les normes de l'O.M.S. (< 250 mg/L) et confondre, mais ils sont admissibles pour les normes Algériens.

j. Les sulfates (SO_4^{2-})

La présence des sulfates indique que l'eau passe par des formations évaporitiques essentiellement le gypse. Les résultats d'analyse montre que les sulfates pour les forages C6, C5 et la source d'Aïn Skhoua enregistrent environ 330 mg/L ; conformément à la norme Algérienne (200-400 mg/L). Cependant les analyses faites au niveau de l'A. D. E Saida pour le forage C5 et la source d'Aïn Skhoua dépassent les normes avec un teneur d'environ 440 mg/L, cette différence de résultats peut être due à la méthode empirique qu'on a utilisée.

k. Les hydrogencarbonates (HCO_3^-)

Les ions bicarbonate majoritairement présents dans les eaux naturelles ont pour origine la dissolution du carbonate de calcium par l'intervention de l'anhydride carbonique dissous dans l'eau et proviennent de l'air atmosphérique (RODIER, 2009).

Nos prélèvements ont un teneur moyen de 265 mg/L, cette valeur reflète directement la nature lithologique de l'horizon aquifère du Sénonien.

1. Les nitrates (NO₃⁻)

La teneur naturelle des eaux souterraines en nitrates est faible ; elle dépend des types de sols, de la végétation qui les recouvre ainsi que du taux d'oxygénation dans la zone noyée. Les eaux de notre région ont une valeur moyenne de 12 mg/L (répond aux normes).

3. Détermination des faciès hydrochimiques

La détermination des faciès hydrochimiques a pour but de décrire la composition des eaux et connaître la nature de l'horizon aquifère et les formations traversées par l'eau durant sa circulation souterraine. Les faciès sont représentés dans le tableau ci-dessous (Tab.17).

Tab. 17 : Présentation des faciès hydrochimiques

Echantillons	Formules caractéristiques	Faciès hydrochimiques
Forage C5	$r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r\text{Ca}^{2+} > r\text{Mg}^{2+}$ $r\text{Cl}^- > r\text{SO}_4^{2-} > r\text{HCO}_3^-$	Chlorurée- sodique
Forage C6	$r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r\text{Ca}^{2+} > r\text{Mg}^{2+}$ $r\text{Cl}^- > r\text{SO}_4^{2-} > r\text{HCO}_3^-$	Chlorurée- sodique
La source d'Aïn Skhouna	$r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r\text{Ca}^{2+} > r\text{Mg}^{2+}$ $r\text{Cl}^- > r\text{SO}_4^{2-} > r\text{HCO}_3^-$	Chlorurée- sodique

Ces résultats sont confrontés avec d'autres méthodes de représentation des faciès hydrochimiques, telles que celle du diagramme de Schoëller- Berkaloff et le diagramme de Piper.

Pour ces représentations on a utilisé un logiciel appelé DIAGRAMME de : Roland SIMLER (Laboratoire d'Hydrogéologie d'Avignon).

3.1. Le diagramme de Schoëller- Berkaloff

Le diagramme de Schoëller- Berkaloff permet de représenter le faciès chimique de plusieurs échantillons d'eaux. Chaque échantillon est représenté par une ligne brisée. La concentration de chaque élément chimique est figurée par une ligne verticale en échelle logarithmique. La ligne brisée est formée en reliant tous les points qui représentent les différents éléments chimiques. Un groupe d'eau de minéralisation variable mais dont les proportions sont les mêmes pour les éléments dissous, donnera une famille de lignes brisées parallèles entre elles. Lorsque les lignes se croisent, un changement de faciès chimique est mis en évidence.

Il s'avère d'après la représentation graphique (fig. 20) une homogénéité chimique des eaux indiquant ainsi une même origine.

3.2. Le Diagramme de Piper

Ce type de diagramme permet de représenter plusieurs échantillons d'eau simultanément. Il est composé de deux triangles, permettant de représenter le faciès cationique et le faciès anionique, et d'un losange synthétisant le faciès global. Les nuages de points concentrés dans un pôle représentent pour les différents échantillons la combinaison des éléments cationiques et anioniques. Le diagramme de Piper est particulièrement adapté à l'étude de l'évolution des faciès des eaux lorsque la minéralisation augmente, ou bien pour comparer des groupes d'échantillons entre eux et indiquer les types de cations et anions dominants (Fig. 21).

D'après ce diagramme ces eaux accusent un même faciès chimique où l'on peut distinguer l'identité chimique de la nappe carbonatée. En effet, l'apparition du pôle de l'ensemble (Ca+Mg) confirme l'originalité des issues des formations calcaires et dolomies. Alors que le pôle sulfaté marque la contribution de nappe superficielle.

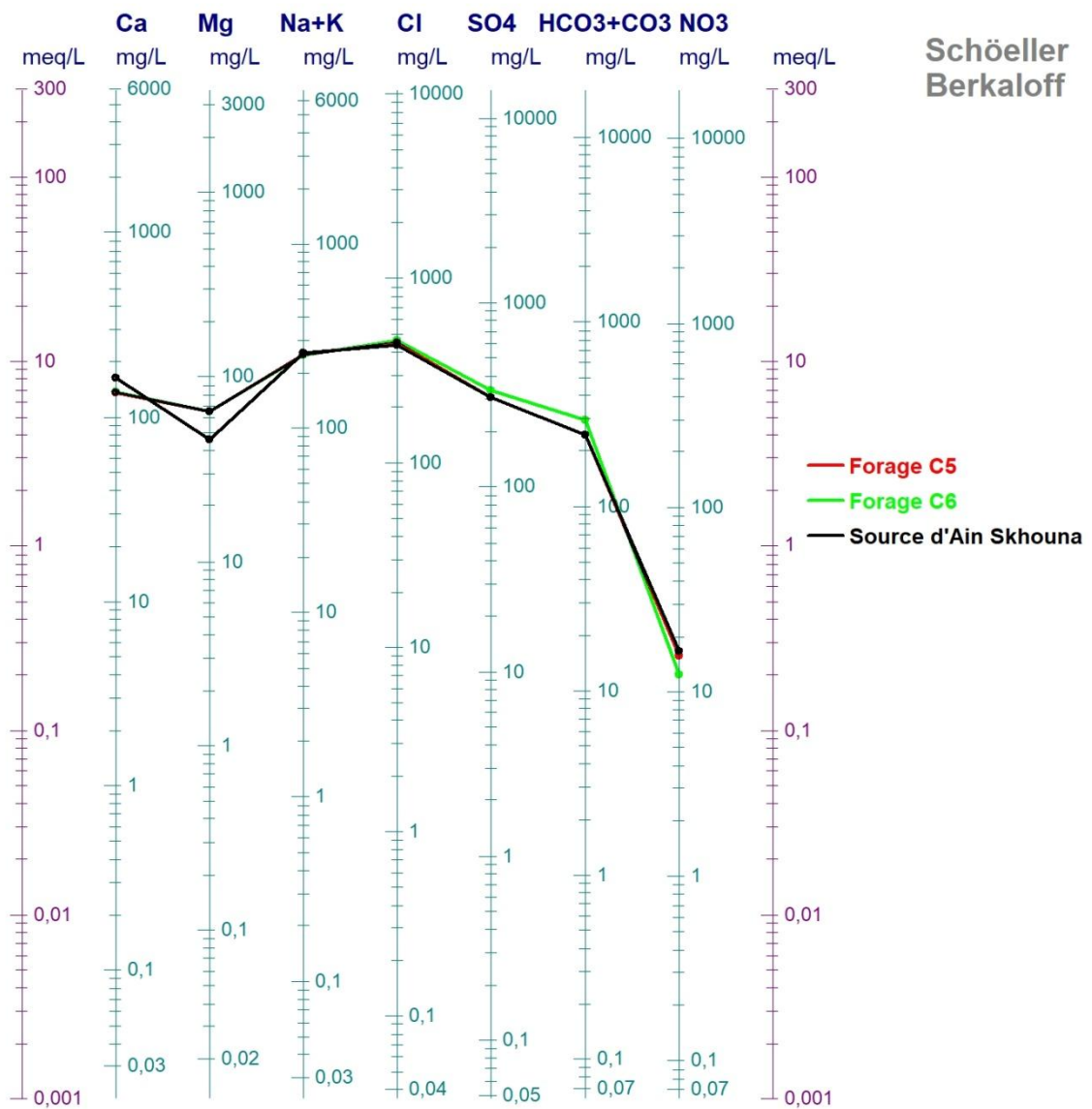


Fig. 20 : Présentation graphique des faciès chimique des eaux de la région d'Aïn Skhouna suivant le diagramme de Schoëller-Berkaloff

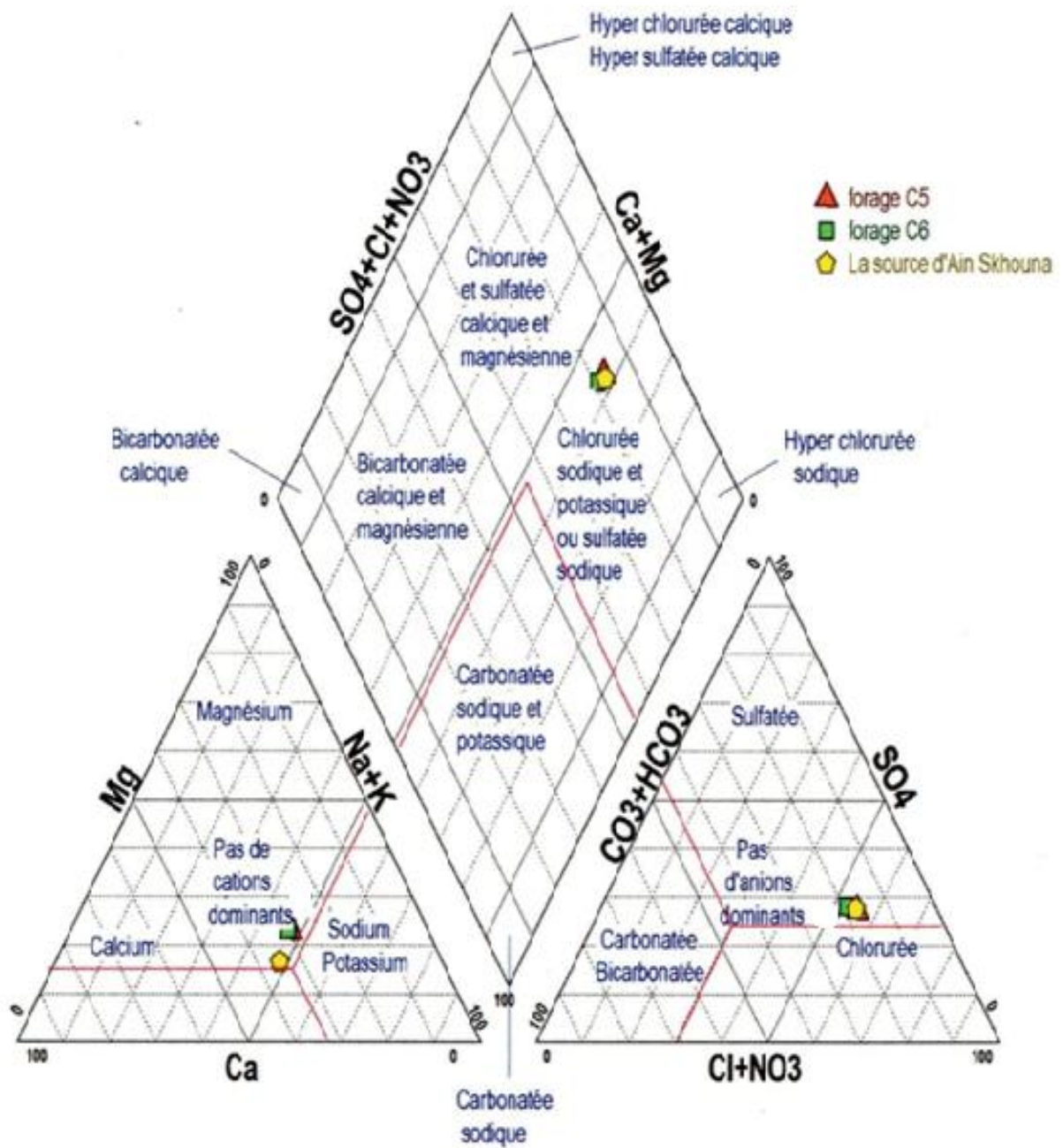


Fig. 21 : Présentation graphique des faciès chimique des eaux de la région d'Aïn Skhouna suivant le diagramme de piper

4. Potabilité des eaux

Les analyses physico- chimiques des eaux des forages ont dépassé les normes algériennes (Annexe 3, Tab. 3) pour plusieurs paramètres tels que le sodium, les chlorures, la dureté et à degré moindre les sulfates.

5. Qualité des eaux pour l'irrigation selon le S. A. R

- S. A. R. c'est l'abréviation de : Sodium Alcalinité Ratio

Puisque les eaux de nos forages étudiés sont utilisés pour divers services en particulier l'irrigation, on a jugé utile de déterminer l'aptitude des eaux de la région d'Ain Skhouna à l'agriculture.

Le S. A. R. est utilisé comme étant un outil de mesure du ratio échangeable du sodium (E. S. R.), pour estimer la convenance d'une eau à l'irrigation par la formule suivante :

$$SAR = \frac{rNa^+}{\sqrt{rCa^{2+} + rMg^{2+}/2}}$$

rCa^{2+} , rNa^+ , rMg^{2+} (exprimés en meq/L).

Les résultats obtenus sont représentés au tableau (Tab. 18)

Tab.18 : Résultats du S. A. R obtenus pour les eaux de la région d'Ain Skhouna.

Echantillon	Forage C5	Forage C6	La source d'Ain Skhouna
S.A.R.	4,29	4,24	4,40
Cond. (µs/cm)	2330	2350	2300

Les eaux souterraines admettent une aptitude passable à bonne pour l'agriculture.

6. Comparaison entre les eaux des nappes du Sénonien et Aaléno-Bathonien

Durant la réalisation de ce travail, on a rencontré beaucoup de difficultés pour consulter les données de l'A. N. R. H de Saida et pour le prélèvement des échantillons ; pour cela on n'a pas pu faire des analyses physico- chimiques pour les forages qui captent l'horizon aquifère de l'Aaléno- Bathonien.

On a pris en considération les résultats d'analyses faites dès les premiers travaux dans la région d'Aïn Skhoua en juin 1954 pour le forage F34 qui capte l'Aaléno-Bathonien et les analyses pour le forage F17 en juin 1951 et avril 2005.

Pour comparer les résultats d'analyses entre les eaux des deux horizons et pour les eaux de même horizon aquifère, on n'a choisi que les paramètres suivants : Résidu sec, Ca^{2+} , Na^+ , Cl^- et SO_4^{2-} . Les résultats obtenus sont présentés dans l'histogramme ci-dessous (Fig. 22).

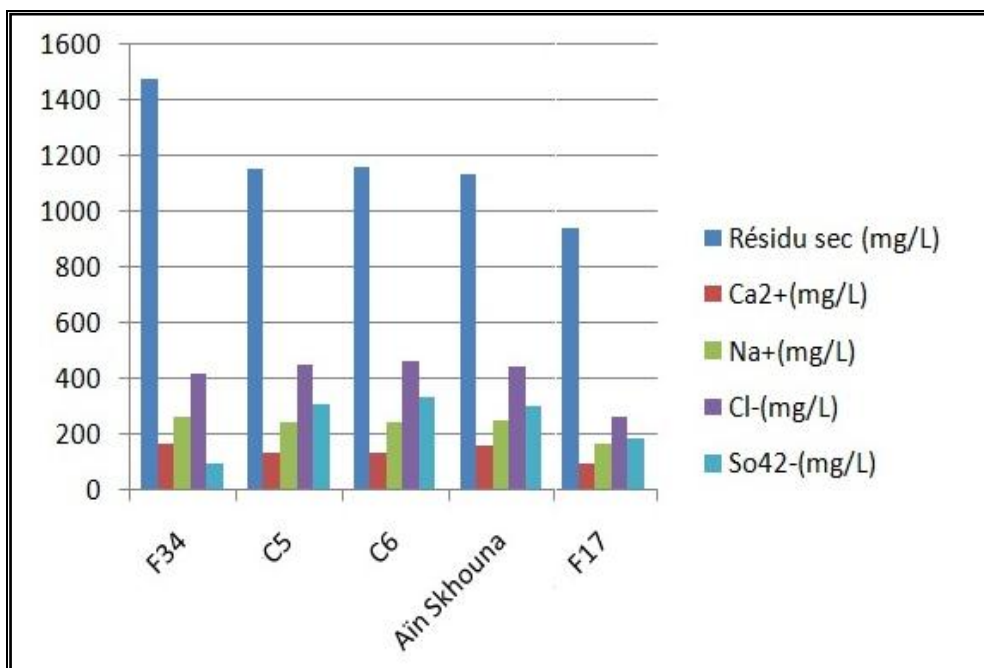


Fig. 22 : Teneur des paramètres (Résidu sec, Ca^{2+} , Na^+ , Cl^- et SO_4^{2-}) pour les différents points d'eaux au Sénonien et l'Aaléno- Bathonien.

Cet histogramme montre que les forages C5, C6 et la source d'Aïn Skhoua ont presque les mêmes valeurs pour tous les paramètres analysés.

Le forage F34 possède les mêmes teneurs que les eaux de la source d'Aïn Skhouna sauf pour deux paramètres résidu sec et les sulfates (qui sont très faibles). Ceci montre la contribution de l'aquifère profond (l'Aaléno- Bathonien) dont les eaux ascendantes viennent alimenter la nappe du sénonien.

7. Conclusion

Les eaux souterraines des points d'eaux étudiés dans la région d'Aïn Skhouna, spécialement les eaux des horizons aquifères du Sénonien et de l'Aaléno-Bathonien, présentent une minéralisation assez homogène avec un résidu sec stable compris entre 1134 mg/L et 1148 mg/L et une température comprise entre 31°C et 32°C qui présente des eaux hypo-thermales.

L'interprétation des résultats permet de distinguer une homogénéité de la composition chimique des eaux, caractérisées essentiellement par un faciès chimique chloruré-sodique.

Nos résultats physico-chimiques n'ont montré aucune évolution chimique remarquable pour les eaux de la région d'Aïn Skhouna. Au titre de cette remarque on a pris les analyses physico-chimiques du forage F34 en considération, en le prenant comme point de référence de l'horizon de l'Aaléno-Bathonien. Les résultats obtenus nous ont montré que les eaux de l'Aaléno-Bathonien et les eaux du Sénonien ont relativement la même composition chimique formant ainsi un seul système aquifère.

Les eaux, du point de vue qualité physico-chimique, présentent des paramètres qui ne répondent pas aux normes de potabilité tels que la dureté totale (624 mg/L de CaCO₃), le sodium (244 mg/L) et les chlorures (450 mg/L).

Les eaux de la région d'Aïn Skhouna sont de qualité d'irrigation admissible selon les résultats du paramètre S. A. R.

CONCLUSION GENERALE

Cette étude nous a permis d'analyser les données climatiques, géologiques et hydrogéologiques qui ont pu être collectées, rehaussée par une étude physico-chimique.

La région d'Aïn Skhouna située au Sud-ouest de l'Algérie, fait partie du bassin de Chott Chergui. L'étude du régime climatique a conduit à conclure que la région d'Aïn Skhouna se caractérise par un climat semi-aride où l'hiver est froid et l'été est sec et chaud. Cela est bien traduit par les résultats obtenus par les différentes méthodes des indices climatiques mises en œuvre, avec une moyenne de précipitations annuelles d'environ 238 mm.

La répartition des précipitations saisonnières montre que la recharge des nappes est à l'abri des fortes pertes par l'évapotranspiration.

De point de vue hydrogéologique, la région comporte des terrains carbonatés, fissurés et karstifiés (calcaire, dolomies) qui favorisent l'infiltration au profit de l'écoulement de surface. Ces conditions sont favorables pour une meilleure recharge des nappes.

La géologie du secteur, grâce à l'exécution de nombreux forages de reconnaissance devrait nous permettre de préciser les relations entre les formations aquifères qui nous intéressent : l'Aaléno- Bathonien et le Sénonien. Malheureusement ceci n'a pas pu être mené à terme vu l'indisponibilité des données des forages recensés.

À côté d'Aïn Skhouna, les eaux en charge de l'aquifère Aaléno- Bathonien sont drainées par l'ensemble des calcaires sénoniens et remontent à la surface à travers la faible épaisseur du remplissage tertiaire pour alimenter l'important débit d'exhaure de la source et le Chott lui-même sur une superficie d'environ 100 km².

A l'échelle de la surface du bassin versant, les eaux issues des précipitations directes et du ruissellement, constituent un volume d'eau supplémentaire dont une partie peut être reprise par la forte évaporation affectant le bassin versant du Chott Ech Chergui.

Au Nord du Chott, dans la région des Guenatis, la morphologie de la surface piézométrique montre l'alimentation de la nappe des calcaires sénoniens par celle de l'Aaléno- Bathonien en soutenant le débit à l'exutoire de la source d'Aïn Skhouna.

Les relations hydrodynamiques entre aquifères profonds et superficiels sont mis en évidence par l'interprétation graphique de pompages d'essai qui ont montré l'apparition de paliers de

stabilisation au bout de temps relativement court. Ce schéma traduit une suralimentation par des apports d'eau de puis les formations carbonatées de l'Aaléno-Bathonien en profondeur qui constituent une importante réserve en eau souterraine dans le bassin.

La nappe de l'Aaléno-Bathonien peut être rechargée par horizons de bonne perméabilité du remplissage sableux et les niveaux gréseux ou encore par la nappe des affleurements sénoniens au Nord-est d'Aïn Skhouna.

Les analyses physico-chimiques de la région d'Aïn Skhouna ont montré une évidente différence spatiale entre les eaux du Sénonien constituant le lambeau de la source d'Aïn Skhouna et une composition chimique relativement homogène de l'Aaléno-Bathonien.

L'interprétation des résultats permet de distinguer une homogénéité de la composition chimique des eaux, caractérisées essentiellement par un faciès chimique chloruré-sodique.

En effet, cette concordance de la qualité chimique des eaux de l'Aaléno-Bathonien et du Sénonien manifestant relativement la même composition chimique, permet de conclure que ces deux horizons forment ainsi un seul système aquifère.

Enfin, afin de mieux comprendre le comportement hydrogéologique de la région d'Aïn Skhouna, nous recommandons :

- d'actualiser les données par réalisation d'études géophysique à l'aide de méthodes sismiques pour bien déterminer l'aspect structural dans le but de connaître la relation entre les horizons aquifères.
- la réalisation de nouvelles campagnes piézométriques en prenant en considération les différents niveaux de nappe.

Références Bibliographique

ACHARD J., (1952). L'exploitation des ressources du Chott Chergui. Université d'Alger.

AÏMER II., (2005). Impact des changements climatiques dans la contribution à l'étude du système aquifère du Chott Chergui, 2^{ème} séminaire national sur les ressources en eaux et l'environnement. C. U. Saïda.

AÏMER H., (1999). Vérification et adaptation du système d'alimentation en eau potable sur la base des données hydrogéologiques de la région d'Oum-Djerane, Saïda. Mémoire d'ingénieur, C.U. de Saïda.

ARNAUD P. & BAZIN F., (1956). Note provisoire sur les essais d'interprétation des pompages au Chott Chergui.

BOUDJEMAA M. & BELHAD B., (2008), Évolution de la qualité physico-chimique des Eaux de la nappe du Chott Chergui sur l'axe : Aïn Skhoua (W. Saïda) - El Kheïter (W. El- Bayadh).

CLAIR A., (1956), Étude hydrogéologique du Chott Chergui (extrait du supplément au numéro 27 de la revue terres et eaux) (4 trim. 1955- 1 trim.1956).

CLAIR A., (1952). Etude hydrogéologique des Monts de Saïda, XIX^e Congrè international de Géologie - Alger. La géologie et les problèmes de l'eau en Algérie - Tome II - Données sur l'hydrogéologie algérienne.

CORNET A., (1951). Le problème géologique du Chott Chergui, 70e Congrè de l'A.F.A.S-Tunis.

C. T. H. Tlemcen, (2003), Etude Géotechnique du Site des 30Ha Aïn Skhoua - Saïda.

FELLAH F. & KHELIL N. (2008), Le suivie des profils de dessèchement des sols steppiques (zone d'Aïn Skhoua), mémoire d'ingéniorat, université de Saïda

GAUTIER M., (1952). La ressource aquifère du bassin du Chott Chergui (Oranie), XIXe Congrè international de Géologie - Alger. L'hydrogéologie des régions arides et subarides.

GAUTIER M., (1947). Le problème hydraulique du Chott Chergui.

GOVERNEMENT GENERAL DE L'ALGERIE-SERVICE DE COLONIALISME ET DE L'HYDRAULIQUE, (1949-1960). L'inventaire des forages réalisés dans le cadre des études hydrogéologique de la nappe du Chott Chergui.

GRANDAROVSKY G., (1965). Hydrogéologie du bassin du Chott chergui, département de Saïda.

MEDAH S., (2009), Analyse de la variation de l'humidité du sol dans un milieu steppique (Cas de la commune d'Aïn Skhouana-Wilaya de Saïda), mémoire d'ingénieur, université de Saïda.

NEYRPIC, (1949). Etude hydrogéologique du Chott Chergui.

RODIER J. L'analyse de l'eau, 9^e édition.

YASMINA BOUROUBI – OUADFEL (2009). Étude hydrogéologique du synclinal de la taoura: fonctionnement et évaluation des ressources en eaux souterraines, mémoire de magister en hydrogéologie, université de Constantine.

ZAOUI J. & SIRAND S (1960, 1961,1962 & 1963), Modèle mathématique du Chott Chergui.

SOGREAH (Algérie), (2008). Etude de Modélisation de 5 Systèmes d'Aquifères- Bassin de Chott Chergui.

CASTANY.G (1998) : Hydrogéologie principes et méthodes. Ouvrage.

IGHIL.L et BENYAMINA.M (1999) : Etablissement d'un système d'information hydrogéologique (HYGIS) appliqué à un bassin endoréique cas Chott Chergui. Mémoire d'ingénieur. Université d'Oran.

Tab .1- Précipitations moyennes mensuelles de la station d'Ain Skhouna (A.N .R.H ; 2000)

ANNEE	SEPT	OCT	NOV	DEC	JANV	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
1946	4,0	10,4	15,7	33,3	6,4	10,7	3,8	3,6	13,2	5,7	0,1	15,1
1947	3,0	2,4	5,9	16,2	50,1	17,3	5,2	3,3	60,2	8,9	9,8	1,3
1948	3,9	58,9	0,6	9,5	26,7	9,4	37,6	47,9	33,8	0,9	0,0	17,8
1949	1,1	0,0	13,5	56,0	34,6	10,1	22,6	16,4	66,9	8,5	5,3	6,2
1950	62,9	18,5	4,7	79,2	23,0	25,4	38,1	5,3	52,5	13,8	2,7	16,9
1951	16,2	70,5	39,7	30,3	11,8	3,9	15,5	46,9	33,3	10,1	8,3	31,1
1952	47,8	32,1	4,4	9,1	38,5	15,8	37,1	6,9	21,9	24,2	0,9	17,3
1953	28,9	27,4	43,5	5,3	12,7	15,3	31,5	43,8	33,5	24,1	9,5	0,5
1954	1,8	41,7	19,0	18,8	53,6	12,4	26,5	123,9	14,8	13,2	2,2	13,4
1955	23,8	53,2	18,4	24,1	43,2	28,7	32,3	61,1	15,1	11,7	0,0	2,0
1956	23,4	14,0	13,8	3,5	5,8	1,5	22,5	73,6	72,2	2,8	26,1	4,6
1957	33,3	56,5	42,6	29,6	39,0	4,5	6,9	11,0	1,5	22,0	0,0	5,1
1958	4,0	66,6	31,2	13,3	3,6	12,1	32,2	1,6	20,9	29,8	0,0	15,9
1959	46,1	30,0	20,8	19,4	23,9	22,9	3,0	19,9	47,3	32,6	0,3	0,0
1960	0,5	7,5	7,0	41,2	35,7	1,0	53,2	4,5	16,5	4,9	19,2	1,0
1961	2,1	26,5	32,8	5,3	11,4	10,6	22,4	16,5	32,8	8,6	1,0	1,0
1962	8,6	8,1	12,9	9,7	29,4	25,4	37,1	16,4	21,9	4,5	2,1	1,2
1964	62,9	18,5	4,7	79,2	23,0	25,4	38,1	5,3	0,0	0,0	2,2	15,5
1965	18,0	58,1	29,5	31,7	11,8	3,9	15,5	46,9	33,3	3,7	0,0	31,1
1966	47,8	32,1	4,4	9,1	38,5	15,8	37,1	6,9	21,9	24,2	26,1	2,0
1967	47,0	19,8	0,0	21,7	19,0	0,0	24,0	32,5	0,0	0,0	0,0	0,0
1969	62,0	59,0	10,0	29,0	31,0	1,0	10,5	38,2	11,8	0,0	0,0	2,0
1970	5,3	4,0	4,5	2,5	41,0	0,0	33,5	38,5	11,8	0,0	0,0	2,0
1971	9,0	11,0	53,2	20,7	5,8	5,0	13,3	0,0	39,3	48,3	0,0	1,0
1972	10,0	84,0	7,0	10,0	3,1	6,5	22,3	26,5	1,7	21,5	0,0	0,0

1973	0,0	0,0	14,0	39,0	3,6	33,0	28,0	26,0	1,0	31,0	0,0	17,0
1974	34,0	16,0	6,0	0,0	1,5	9,5	12,0	25,1	60,9	6,7	0,0	0,0
1975	12,5	2,9	20,5	10,2	2,4	24,0	18,4	24,0	31,0	1,2	12,0	3,9
1976	20,6	45,3	16,2	30,5	32,5	7,4	0,0	39,0	35,1	0,0	10,5	4,5
1977	11,0	27,9	50,5	4,7	25,3	5,3	17,7	23,8	21,9	0,8	0,0	3,8
1978	5,0	24,5	5,1	10,8	40,5	32,9	22,4	12,1	5,1	6,5	6,3	8,0
1979	5,7	59,8	9,3	11,5	28,0	18,8	28,0	36,2	6,4	0,0	0,0	0,0
1980	73,4	8,1	46,6	7,0	2,5	12,0	6,6	30,1	3,4	17,2	0,3	12,1
1981	3,0	4,9	0,0	1,8	13,9	25,4	15,8	112,8	20,2	27,5	0,0	0,0
1982	18,1	22,4	30,3	16,7	0,0	9,4	2,5	0,0	8,0	9,5	0,0	0,0
1983	0,0	0,0	4,5	2,5	41,0	0,0	33,5	38,6	39,4	4,0	0,3	2,0
1984	9,0	11,0	53,2	0,0	27,8	13,5	11,2	1,8	11,6	0,0	0,0	0,0
1985	3,9	6,3	7,0	16,5	15,0	5,0	19,5	1,0	5,0	5,5	0,0	0,0
1986	6,0	46,0	3,5	2,0	3,2	35,0	7,0	10,5	0,0	3,7	31,1	17,0
1987	34,0	16,0	6,0	0,0	16,7	9,9	1,6	28,5	16,5	17,5	0,0	0,0
1988	7,6	38,8	25,8	1,1	11,4	4,3	53,6	38,5	21,0	68,7	1,4	38,1
1989	11,1	15,4	6,0	6,6	35,3	0,0	6,6	5,8	45,6	7,2	0,0	0,6
1990	15,7	12,8	28,9	12,8	12,5	25,6	60,8	7,5	25,7	11,7	3,1	5,6
1991	15,8	68,3	5,7	24,9	2,5	17,0	22,7	12,9	49,6	10,5	30,9	0,8
1992	1,7	8,2	15,0	3,8	1,3	19,4	28,1	12,1	33,9	2,7	0,0	1,8
1993	25,8	27,2	21,9	28,6	7,7	21,7	32,9	1,3	0,0	2,1	0,6	16,6
1994	115,7	24,0	23,8	4,3	4,1	16,7	28,4	28,8	0,0	26,1	0,0	11,7
1995	5,6	67,2	3,3	15,7	28,7	15,1	2,5	0,0	8,0	9,5	0,0	33,9
1996	0,0	0,0	4,5	2,5	41,0	0,0	33,5	38,6	39,4	4,0	0,3	2,0
1997	9,0	11,0	53,2	0,0	27,8	13,5	11,2	1,8	11,6	0,0	0,0	0,0
1998	3,9	6,3	7,0	16,5	15,0	5,0	8,3	0,0	0,0	0,0	2,5	10,4
1999	36,6	17,6	5,5	25,1	0,0	0,0	0,8	13,6	25,9	0,0	0,4	2,5
2000	43,6	23,2	11,5	19,2	28,7	13,1	4,5	17,0	1,3	0,0	0,0	3,4
2001	41,4	17,8	7,5	8,0	0,0	6,1	16,0	55,6	75,3	0,8	8,5	8,0
2002	0,9	12,9	22,6	7,1	54,9	40,0	9,6	22,7	12,4	2,2	0,5	16,3
2003	0,9	46,2	30,1	22,6	7,7	9,8	9,4	43,8	29,9	18,2	0,7	0,8
2004	3,5	11,6	4,8	7,6	10,8	13,3	16,2	0,0	0,0	4,6	7,5	10,4
2006	2,4	5,7	5,4	37,7	18,6	22,8	25,4	33,4	11,6	0,0	5,8	0,0
2007	14,5	77,1	9,1	9,9	11,2	14,7	11,7	5,0	45,9	14,4	5,8	3,7

2008	31.5	35.2	27.8	12.5	30,3	7,9	34,9	29,0	17,1	4,5	0,4	8,4
2009	157,5	0,0	13,0	15,3	17,7	31,9	20,1	25,2	30,1	34,3	2,2	29,1
2010	15,3	21,7	7,7	9,5	7,7	3,7	12,7	43,3	54,0	44,2	0,0	2,7
2011	8,3	57,4	52,2	10,1	7,5	13,3	41,5	33,8	1,3	7,8	0,8	0,0
2012	8,8	41,2	138,2	9,2	19,8	9,2	26,7	52,8	23,7	12,5	2,8	5,5

SONDAGE F 17 CHOTT CHERGUI

F.17

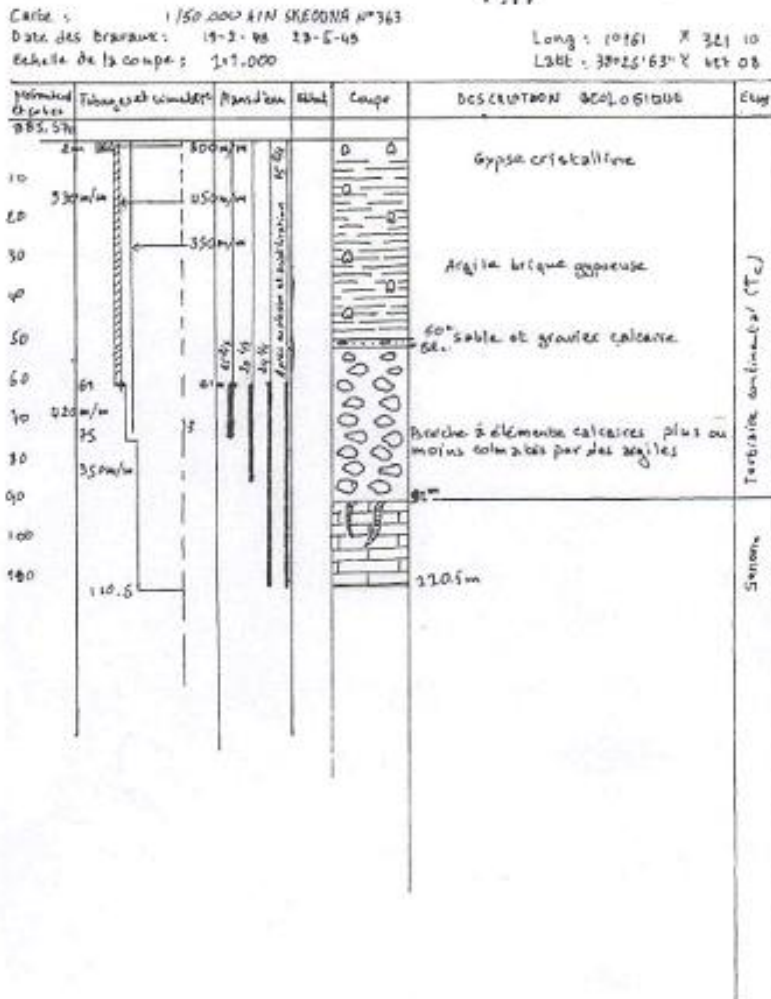


Fig.1- Coupe géologique du sondage F17

SONDAGE CHOTT CHERGUI Puits C6

Carte : Ain Sakhouna n° 363
 Date des travaux :
 Echelle de la coupe : 1/1000^e

Long : 1°42'10" X 332 600
 Latit : 38°24'55" Y 436 200

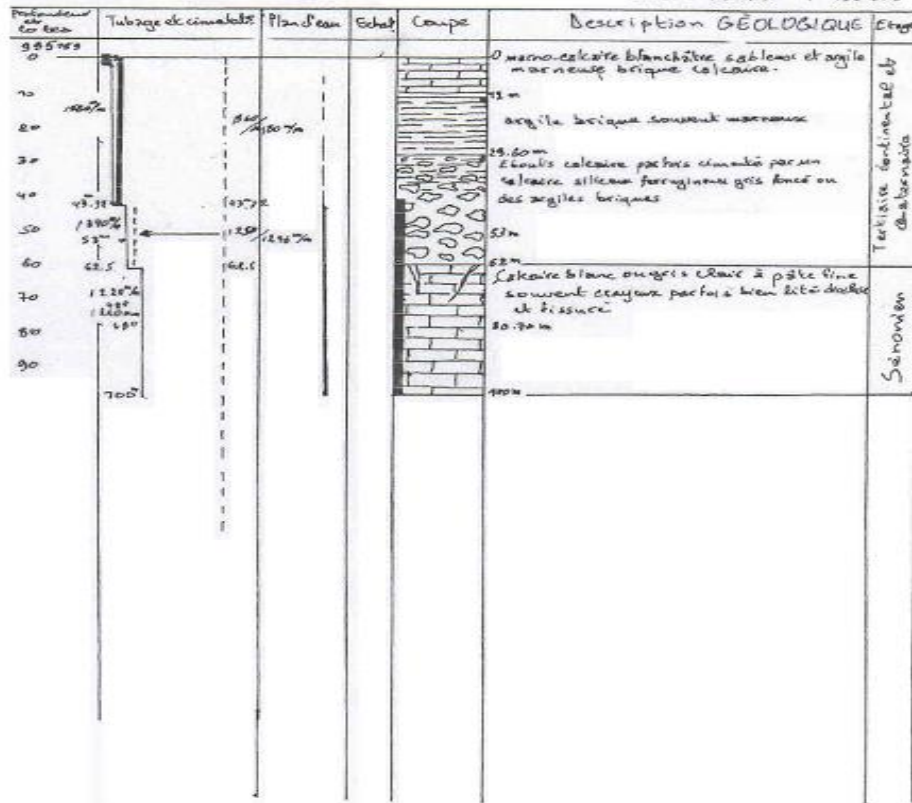


Fig.2- coupe géologique du sondage C6

Dans le cadre de la réalisation de notre mémoire de fin d'étude, on a effectué des analyses physico-chimiques des eaux de la région d'Aïn Skhouna qui été utilisé pour l'irrigation et l'alimentation de la ville de Saïda.

Plusieurs méthodes d'analyses peuvent être utilisées, mais la méthode la plus simple, est celle de dosage, puisqu'on n'a pas à notre disposition assez d'équipement et produits pour effectuer tous les dosages, on est obligé d'utiliser parfois des méthodes empiriques et par des calculs mathématiques.

I. Mode de prélèvement

Les échantillons sont prélevés dans des bouteilles en plastique des eaux minérales de 1,5L au lieu de verreries, tout d'abord, on les rince par l'eau à analyser puis on les remplit jusqu'au bout. De tel façon Le bouchon qu'il n'y ait aucune bulle d'air et qu'il ne soit pas éjecté au cours du transport.

Les échantillons prélevés doivent être clairement identifiés. Chaque bouteille porte une étiquette indiquant :

- Le nom du point d'eau ;
- La date et l'heure du prélèvement ;
- La température de l'air et de l'eau ;

N.B : On n'a pas respecté toutes les procédures de prélèvement.

II. Matériels et méthodes

II. 1 Matériels utilisés

Conductivimètre de terrain, pH mètre de terrain, multi paramètre analyseur, thermomètre, béchers, Erlen, entonnoir, pissette, burette, pipette,

11.2 Produits utilisés : E. D. T. A., bichromate du potassium, nitrate d'argent, HCl, NaOH, murexide, le NET, pH tampon 10, pH 12, $(\text{NH}_4)\text{SO}_4^{-2}$, eau distillée, vert de bromocrésol

11.3 Méthodes d'analyses

II.3.1 Tests Organoleptiques

- **Test de l'odeur**

L'odeur a été évaluée par simple sensation au lieu de prélèvement.

- Test de la température**

Il vient après le test de l'Odeur, il se fait avec une simple sensation par les mains.

- Test de la saveur :**

La saveur a été évaluée par dégustation de l'eau, mais il se fait si seulement si le test de l'Odeur est négatif. Et que la température est acceptable.

- **Test de la couleur**

La couleur a été évaluée par simple observation oculaires de plusieurs bouteilles remplies

III.2 Méthodes d'analyses physico-chimiques :

- **Mesure du pH** : Par un *multi*-paramètre analyser au laboratoire et un pH-mètre de terrain
- **Mesure de la température** : Par un multi-paramètre analyser au laboratoire et un thermomètre au terrain
- **Mesure de la conductivité** : Par un multi-paramètre analyser au laboratoire et un conductivimètre de terrain.
- **Mesure de la minéralisation** : à partir de la conductivité suivant le tableau suivant :

Tab. 2 - Détermination de la minéralisation d'après la conductivité

Conductivité (µS/cm)	Minéralisation
Conductivité inférieure à 50	1,365 079 x conductivité (µS/cm) à 20 °C
Conductivité comprise entre 50 et 166	0,947 658 x conductivité (µS/cm) à 20 °C
Conductivité comprise entre 166 et 333	0,769 574 x conductivité (µS/cm) à 20 °C
Conductivité comprise entre 333 et 833	0,715 920 x conductivité (µS/cm) à 20 °C
Conductivité comprise entre 833 et 1000	0,758 544 x conductivité (µS/cm) à 20 °C
Conductivité supérieure à 10 000	0,850 432 x conductivité (µS/cm) à 20 °C

- **Mesure de la salinité:** à partir de la minéralisation par la relation suivante :

$$\text{Salinité} = \text{minéralisation} / 10000 (\%)$$

- **Mesure du Résidu Sec :**

À partir de la conductivité par la relation suivante :

$$\text{R.sec} = 0,65 \times \text{conductivité (mg/L)}$$

- **Dosage de la dureté totale (titre hydrométrique T_H) :**

Principe

Les ions des éléments alcalino-terreux présents dans l'eau forment un complexe du type chélate avec le sel de l'acide éthylène-diamine-tétracétique (EDTA).

La dureté totale détermine la concentration en calcium et du magnésium dissous.

1. Mettre dans une burette l'EDTA N/50
2. Dans l'eren de 50 ml mettre de l'eau à analyser
3. Rendre le pH de la solution à 10 à l'aide d'une solution tampon de pH=10
4. Une pincée de NET (Noir d'Erichrom T) : indicateur coloré noir

Avant dosage coloration Violette en présence de Ca^{2+} et Mg^{2+}

5. Doser jusqu' à coloration Bleu franc.

Interprétation des résultats :

$$T_H = (1000 \times C \times V_1) / V_2 \text{ (meq/L)}$$

C : concentration d'EDTA en meq/L

V₁: chute de burette

V₂ : 50 ml.

• Dosage du Calcium Ca²⁺ :

Principe

Pour déterminer la duresse calcique on utilise l'EDTA comme complexant, auparavant on précipite le magnésium sous forme de Mg (OH)₂ vers un pH =12, par une addition de la soude, l'indicateur Utilisé est sensible aux seuls ions de calcium, c'est le murexide qui répond à cette condition.

1. Mettre dans la burette l'EDTA N/50
2. Dans l'erlen, mettre 20 ml d'eau à analyser
3. Mettre de NaOH à 10 % pour avoir un pH =12 à 13
4. Compléter par l'eau distillée.
5. Une pincée de Murexide, avant dosage coloration rose vineux
6. Doser jusqu'à coloration bleu

Interprétation des résultats :

Pour l'interprétation on Utilise l'eau de Mansourah comme un étalon :

85 mg/l de Ca²⁺, donc on 17 mg → 20 ml

La chute de la burette nous donne V₁= 3.9 mL pour 85 mg/L de Ca²⁺

$$C_2 = (V_2 \times C_1) / V_1 \text{ (mg/L)}$$

C_2 : concentration pondéral du calcium de l'eau à analyser

C_1 : concentration pondéral du Calcium pour l'eau de Mansourah (85 mg/L)

V_1 : chute de la burette pour l'eau de Mansourah (3,9 mL)

V_2 : chute de la burette pour l'eau à analyser.

Détermination du Magnésium Mg^{2+}

Connaissant la dureté totale et la dureté calcique, on déduit la dureté magnésienne

$$T_H - T_{Ca^{2+}} / T_{Mg^{2+}} \quad \Longrightarrow \quad T_{Mg^{2+}} - T_H = T_{Ca^{2+}} \text{ (meq/L)}$$

T_H : Dureté totale ;

$T_{Ca^{2+}}$: dureté calcique ;

$T_{Mg^{2+}}$: Dureté magnésienne.

$$C_P Mg^{2+} = (r Mg^{2+} \times M) / Z \text{ (mg/L)}$$

• Détermination du sodium Na^+ et du potassium K^+

Connaissant la loi : conductivité = $100 \times \Sigma r^+$, $r Ca^{2+}$ et Mg^{2+} donc :

$$r Na^1 + r K^1 = \Sigma r^1 - (r Ca^{2+} + r Mg^{2+}) \text{ et } r Na^1 \approx 98 \% , r K^1 \approx 2 \%$$

$$C_P Na^+ = 23x C_{meq} \text{ (mg/L)}$$

$$C_P K^+ = 39x C_{meq} \text{ (mg/L)}$$

• Dosage des Chlorures

1. Mettre dans la burette $AgNO_3$ N/10

2. Dans le l'eren de 250 ml d'eau à analyser, 3 gouttes de solution de chromate de potassium a 10^0 (Kr_2CrO_4), la solution à coloration avant dosage jaune

3. Doser jusqu'à coloration rouge ; la couleur rouge doit persister.

Interprétation des résultats

$$V \times 10 \times 35,5 = C_P Cl^- \text{ (mg/L)}.$$

V : chute d la burette

• Dosage du CO_2 dissout

1. Mettre dans la burette $NaOH$ N/44

2. Dans l'érlen de 100 ml mettre : 25 ml d'eau à analyser 1 à 2 gouttes de phénolphtaléine 0,1%

3. Si coloration rose pas de CO₂ si non

4 Doser jusqu'à coloration rose ; la couleur rose doit persister.

Interprétation des résultats

$$C_{CO_2} = V_{NaOH} \times 40 \text{ (mg/L)}$$

• Dosage des hydrogencarbonates HCO₃⁻

1. Mettre dans la burette HCl 0,1 mol/L

2. Dans l'érlen de 100 ml mettre : 25 ml d'eau à analyser, ajouter quelques gouttes de vert de bromocrésol. Bien mélanger

3. Doser jusqu'à coloration bleu.

Interprétation des résultats

$C_2 = (C_1 V_1) / V_2 = 0,1 V_1 / 25 \text{ (mol/L)}$ avec $M = 61 \text{ mol/L}$:

$$C_P \text{ HCO}_3^- = 1000 \times C_2 \times 61 \text{ (mg/L)}$$

• Dosage des sulfates (SO₄²⁻)

A l'aide d'une courbe d'étalonnage des sulfates on déduit les valeurs en mg/L

La courbe d'étalonnage

1. mettre dans la burette une solution de (NH₄⁺)₂ SO₄²⁻ (60, 100, 200 mg/L)

2. mettre dans un bêcher 20 ml d BaCl₂ (0,5 N)

3. mettre un arrière plan maillé

4. doser tout doucement, en agitant chaque fois et on essaye de voir les mailles de l'arrière plan à partir du bêcher

5. Doser Jusqu'à que les mailles sont disparus

N.B : il faut garder les mêmes conditions de la lumière.

6. on refait le procédure avec les différents solutions de $(\text{NH}_4^+)_2 \text{SO}_4^{2-}$ on trace la courbe d'une allure parabolique

7. on refait le même protocole pour le dosage de nos échantillons de 1 à 5 en remplaçant les solutions de $(\text{NH}_4^+)_2 \text{SO}_4^{2-}$ par l'eau à analyser

8. on projette les volumes obtenus dans la courbe d'étalonnage puis on déduit les concentrations pondérales

- **Détermination des nitrates**

$$r \text{NO}_3^- = \Sigma r^- - (r \text{Cl}^- + r \text{HCO}_3^- + r \text{SO}_4^{2-})$$

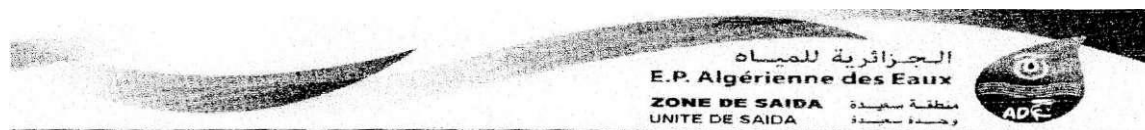
$$C_P \text{NO}_3^- = 62 \times r \text{NO}_3^- \text{ (mg/L)}$$

Tab.3- Norme algérienne (N, A) de potabilité de consommation.

Paramètres	Unité	Niveau guide	Concentration Maximale admissible
pH	-	6,5 à 8,5	-
Conductivité	$\mu\text{S/cm}$ à 20 °C	-	2880
Th	mg/L Ca CO ₃	100	500
Ca²⁺	mg/L	75	200
Mg²⁺	mg/L	-	150
Na⁺	mg/L	-	200
K⁺	mg/L	-	20
SO₄²⁻	mg/L	200	400
Cl⁻	mg/L	200	500
NO₃⁻	mg/L	-	50
NO₂⁻	mg/L	-	0,2
NH₄	mg/L	0,05	0,5
O₂	mg/L	5	8
Turbidité	N. T. U.	1	5
Résidu sec 105 °C	mg/l	-	2000

Tab. 4 - fiche d'analyse faite au niveau du laboratoire d'auto-contrôle des eaux

(A. D. E.) Saïda



**LABORATOIRE D'AUTO CONTROLE DES EAUX FICHE DES RESULTATS DES ANALYSES
PHYSICO-CHIMIQUES**

Code : FRAC/S 12/0412

PRELEVEMENT:

ANALYSES:

Date: 19/04/2012

Date: 23,04 20 ! 2

Fait Par: MrZaidi Mohamed .A

Fait Par: Mr Aissaoui. A

Ech №01: Eau Brure/ForageC5 Ain Skhouna Ech №02: Eau Brute/ Source /Ain Skhouna

Provenance : Wilaya de Saida MOTIF D'ANALYSE : pour etudes .

PARAMETRES	UNITES	RESULTATS	
		Ech №01	Ech №02
Odeur	Taux dilution à 25 C	Acceptable	Acceptable
Saveur	Taux dilution	Acceptable	Acceptable
Couleur	mg/l Platine en référence à l'échelle Pt /Co	Acceptable	Acceptable
Turbidilé (au labo)	NTU	0.567	0.264
l'Il (au labo)	Unité PH	7.06	6.90
Potentiel redox (au labo)	Millivolt	-20.0	-10:3
Température (in situ)	C ⁰	/	/
Température (au labo)	C ⁰	18,5	18.5
Conductivité (au labo)	uS/cm à 20 °C	2060	2070
TDS	mg/l	1156	1161
Minéralisation	mg/l	1562.6	1570.2
Salinité"	‰	1.2	1.2
Titre Alcalimétrique Complet (TAC)	P	19	19.5
Titre Alcali métrique (TA)	F'	00	00
Dureté Total (111)	F"	61	69
Chlorures	mg/l	/	/
Calcium	mg/l	160.32	168.33
Magnésium	Mgil	51.03	65.61
Bicarbonates	mg/l	231.S	237.9
Carbonates	mg/l	00	00
Sulfates	mg/l	•184	482.5
Phosphates	mg/l	0.041	0.047
Nitrite	mg/l	0,013	<5.023
Nitrate	mg/l	/	1
Ammonium	mg/l	0.012	0.017

Tab.5- Fiche d'analyse faite au niveau du laboratoire d'auto-contrôle des eaux (A.D.E) Saïda

Degrés	Qualité	Classes	L'utilisation
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 aux sels, sur sols ayant une bonne perméabilité. Principaux problèmes dus aux plantes trop sensibles, au sodium et aux sols à forte capacité 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	Mediocre	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.

