

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Mohamed khider – Biskra

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département de Génie civil et Hydraulique

Référence : / 2020



جامعة محمد خيضر - بسكرة

كلية العلوم و التكنولوجيا

قسم الهندسة المدنية و الري

المرجع: / 2020

Mémoire de Master

Filière: Hydraulique

Spécialité: Hydraulique urbaine

Thème:

Suivi de la qualité physico-chimique des eaux des forages du champ captant d'Oued El Hai. Ville de Biskra

Étudié par:

•Rouagha Sabrina

Encadré par:

•Dr Mimeche Leila

Promotion : 2019/2020

Dédicace :

Je dédie ce travail aux personnes les plus méritantes ... qui étaient la raison de ma présence ici aujourd'hui.

À, mon compagnon et ma bien-aimée ... mon cher père

Et à la personne qui m'a entouré d'amour, d'affection et qui fait tout pour ma réussite, que dieu la garde ... ma tendre mère.

A mon mari Anoir, à ma sœur Hana et à mon frère Ali , et ma belle-mère Asia et mon beau-père Abed El Rahmane.

Votre fille vous aime énormément et elle vous dédie ce travail.

Rouagha Sabrina

Remerciements

- *Un grand merci à mon encadreur «Mímeche leíla » pour sa disponibilité, sa rigueur, son soutien qu'elle n'a cessé de me prodiguer et ses encouragements dans les moments clés, dès les premiers stades de la préparation de ce mémoire, et pour les précieuses remarques qu'elle m'a apporté lors des différents suivis, qui m'ont permis de présenter mon travail dans sa forme finale. Remerci madame.*
- *Je voudrais particulièrement remercier les membres du jury d'avoir accepté de juger ce travail.*
- *Mes remerciements et ma gratitude s'adressent enfin à tous ceux qui d'une manière ou d'une autre ont contribué à l'élaboration de ce travail, particulièrement Ms.Cherguí.Saleh , Omrani.Fatoum ,Deroues.Nadjah et Zabi.Zina, Bousaid.Madjda.*

Merci 

Résumé :

La région de Biskra se situe dans la zone Nord–Est du Sahara septentrional et recèle d'importantes ressources en eau fossiles. Ces eaux sont contenues dans les différentes nappes du complexe terminal et du continental intercalaire. Ces dernières années, un essor économique, particulièrement domestique et agricole, ce qui a entraîné, d'une part, l'accroissement des besoins en eaux.

Le champ captant Oued El Hai utilise la nappe phréatique du Oued El Hai par un ensemble de forage utilisé pour satisfaire les besoins domestique et agricole de la ville de Biskra. Ces eaux sont connues par leur manque de qualité. Nous avons donc abordé le choix de suivre les analyses physiques, chimiques et bactériologiques, qui est l'une des perspectives les plus importantes de la wilaya de Biskra en termes de besoins de la population et de sa situation géologique, généralement caractérisée par le calcaire et l'argile. Si bien que la direction de Oued El Hai est du nord au sud de l'état, de sorte qu'il se pose au nord du désert de l'Atlas dans la wilaya de Batna. Ce qui influe sur la qualité des eaux.

Les résultats obtenus par le laboratoire Algérienne Des Eaux nous ont permis d'arroser du côté qualitatif que les eaux exploités dans le champ captant du Oued El Hai est de mauvaise qualité et ne peut être utilisé pour la consommation humaine ni pour l'irrigation.

Mots clés: besoin en eau ; champ captant, Oued El Hai ; qualité de l'eau.

المخلص:

تقع منطقة بسكرة في المنطقة الشمالية الشرقية من شمال الصحراء وتحتوي على موارد مائية أحفورية كبيرة. يتم احتواء هذه المياه في طبقات المياه الجوفية المختلفة للمجمع النهائي والقاري و القاري. في السنوات الأخيرة ، حدثت طفرة اقتصادية ، خاصة على المستوى المحلي والزراعي ، أدت من جهة إلى زيادة الاحتياجات المائية.

يستخدم حوض مستجمعات مياه وادي الحي منسوب مياه واد الحي من خلال مجموعة من الحفر المستخدمة لتلبية الاحتياجات المنزلية والزراعية لمدينة بسكرة. هذه المياه معروفة بنقص جودتها. لذلك اقتربنا من اختيار متابعة التحليلات الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية ، والتي تعد من أهم وجهات نظر ولاية بسكرة من حيث احتياجات السكان ووضعها الجيولوجي ، والتي تتميز عمومًا بالحجر الجيري و طين. بحيث يكون اتجاه واد الحي من شمال إلى جنوب الولاية ، بحيث ينشأ شمال صحراء الأطلس بولاية باتنة. مما يؤثر على جودة المياه.

سمحت لنا لنتائج المتحصل عليها من طرف مخبر الجزائرية للمياه بسكرة من الناحية النوعية ، حيث أن المياه المستغلة في مستجمعات واد الحي ذات نوعية رديئة ولا يمكن استخدامها للاستهلاك البشري أو للري.

الكلمات المفتاحية: متطلبات المياه ؛ حقل مستجمعات المياه بوادي الحي؛ جودة المياه.

Sommaire

Partie bibliographique		
N°	Titre	Page
	Introduction générale	1
	Chapitre I : présentation générale du champ captant d'Oued El Hai.	
I.1	Introduction	3
I.2	Description des condition locales de la ville de Biskra	3
I.2.1	situation administrative de la commune de Biskra	3
I.2.2	Situation géologique	4
I.2.2.1	Présentation des étage géologique	4
	Quaternaire	4
	Pliocène	4
	Miopliocène	4
	Crétacé	5
	Turonien	5
	Cénomanién	5
	Albien	5
	Aptien	5
	Barrémeín	5
	Trias	6
I.2.2.2	Tectonique	6
I.2.3	Situation climatologique	6
I.2.3.1	Température	6
I.2.3.2	Pluviométrie	7
I.2.3.3	L'Humidité	10
I.2.3.4	L'évaporation	11
I.2.3.5	Le vent	12
I.2.3.6	Ensoleillement	13
I.3	Données sur le système d'alimentation en eau potable de la ville de Biskra	14
I.4	Description générale de Oued El Hai	15
I.4.1	Présentation hydrogéologique de l'aquifère d'inféro flux d'El Hai	16
I.4.2	Géologie de la cuvette de l'oued Biskra	17
I.4.3	Description hydrologique du champ captant du Oued El Hai	18
I.5	Conclusion	19
	Chapitre II : Caractérisation des eaux des forages du champ captant du Oued el Hai	
II.1	Introduction	20
II.2	Paramètre physique	20
II.2.1	Conductivité électrique	20
II.2.2	Potentiel hydrogène (pH)	21
II.3	Paramètres chimiques	22
II.3.1	Alcalinité	22
II.3.2	Dureté ou titre hydrotimétrique	22
II.3.3	Le calcium	23
II.3.4	Le magnésium	24

II.3.5	Les chlorure	25
II.3.6	Les sulfate	26
II.4	Paramètre concernant les substances indésirables	27
II.4.1	Les nitrates	27
II.4.2	Les nitrites	28
II.4.3	Le fer	29
II.4.4	Le phosphore	29
II.4.5	L'ammonium	29
II.4.6	L'aluminium	30
II.4.7	Le résidu sec	30
II.5	Normes et exigences de qualité	31
II.6	Conclusion	32
	Conclusion générale	33

Liste des figures

N°	Titre	Page
Figure I.1	Répartition mensuelle de la température	7
Figure I.2	Représentation graphique de la pluviométrie moyenne mensuelle dans la région de Biskra	9
Figure I.3	Répartition mensuelle de la pluie moyenne annuelle pour l'année 2018	9
Figure I.4	Répartition mensuelle de l'humidité relative	11
Figure I.5	Répartition mensuelle de l'évaporation	11
Figure I.6	Température et quantité de pluie (année 2018)	13
Figure I.7	Représentation graphique du temps d'ensoleillement dans la région de Biskra	14
Figure I.8	site de l'étude	15
Figure I.9	Coup hydrogéologique schématique	18
Figure II.1	Variation de la conductivité dans les forages	20
Figure II.2	Variation le pH dans les forages	21
Figure II.3	Variation d'alcalinité dans les forages	22
Figure II.4	Variation de la dureté dans les forages.	23
Figure II.5	Variation de la concentration en calcium dans les forages	24
Figure II.6	Variation de la concentration en magnésium dans les forages	25
Figure II.7	Variation de la concentration en chlorure dans les forages	26
Figure II.8	Variation de la concentration en sulfate dans les forages	27
Figure II.9	Variation de la concentration en nitrate dans les forages	28
Figure II.10	Variation de la concentration en résidu sec dans les forages	30

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
Tableau I.1	Répartition mensuelle de la température (ANRH)	7
Tableau I.2	Les températures enregistrées (l'année 2018) (ANRH)	7
Tableau I.3	Recensements pluviométrique mensuelle (bilan ANRH)	8
Tableau I.4	Répartition mensuelle de la pluie moyenne annuelle pour l'année 2018 (ANRH)	9
Tableau I.5	Quantité de pluie tombée (année 2018) (ANRH)	10
Tableau I.6	Quantité de pluie de pluie tombée (1994-2017) (ANRH)	10
Tableau I.7	Humidité mensuelles moyennes(%)(ANRH)	10
Tableau I.8	Répartition mensuelle de l'évaporation. (ANRH)	11
Tableau I.9	Vitesses moyennes mensuelles du vent. (ANRH)	12
Tableau I.10	Fréquence moyenne interannuelle des vents par leur direction (ANRH)	12
Tableau I.11	les facteurs climatiques (année 2018) (ANRH)	12
Tableau I.12	Fréquence moyenne interannuelle de l'ensoleillement. (ANRH).	13
Tableau II.1	Normes algériennes de potabilité des eaux de consommation(6360 -1992)	32

Liste des acronymes des symboles et des sigles

ANRH	Agence National des Ressources Hydriques
ADE	Algérienne Des Eaux
DRE	Direction des Ressources en Eaux
ISO	Organisation Internationale de Normalisation
T	Température
CE	Conductivité électrique
PH	Potentiel hydrogène
AL	Aluminium
B	Le Bore
F	Le fluor
TH	La dureté
THT	La dureté totale
MO	Les matières organiques
Ca+	Le calcium
Mg	Le magnésium
Cl-	Chlore
HCO3-	Hydrogénocarbonate
Fe2+	Le fer
PO4	Phosphore
NO3-	Nitrate
NO2	Nitrite
NH4+	L'Ammonium

NH	Le sodium
SO4	Le Sulfate
TA	Titre alcalimétrique simple
TAC	Titre alcalimétrique complet
R, Sec	Le résidu sec

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

INTRODUCTION GENERAL

La wilaya de Biskra connaît un développement économique considérable, axé principalement sur l'activité agricole. Ce développement appelle par ailleurs à un accroissement considérable de la demande en eau. Pour répondre aux besoins de la population que pour satisfaire ceux de l'activité économique.

Par conséquent la ville de Biskra, chef lieu de la wilaya, connaît ces dernières années un accroissement de la population. Elle compte actuellement 262054 habitants.

Il convient donc actuellement d'intensifier les travaux en vue de mobiliser plus de ressources hydriques afin de satisfaire les besoins en eau de cette population en croissance.

Dans cette région les aquifères les plus sollicités sont ceux du Complexe Terminal avec la Nappe des Calcaires dans le Zab el Gharbi, et celle des Sables dans le Zab el Chergui, les calcaires maestrichiens de Droh et la nappe d'inféro-flux de Oued Biskra.

En effet, les eaux de cette nappe sont de meilleure qualité que celles déjà exploitées. La charge chimique des eaux des autres aquifères est souvent élevée (eaux moyennement à fortement chargées), ce qui constitue une inquiétude permanente pour la population en absence de moyens de traitement et/ou d'adoucissement efficaces.

Notre travail portera sur l'aspect qualitatif des eaux, une étude chimique des eaux des aquifères de Oued El Hai. L'étude portera aussi sur l'aspect bactériologique des eaux.

La qualité chimique de ces eaux n'étant en réalité que le résultat final d'un ensemble de processus naturels liés au contexte hydrogéologique et géochimique des différents aquifères.

Quant à l'aspect bactériologique, il y a souvent intervention des facteurs anthropiques. En effet une contamination par des germes pathogènes est souvent due à l'activité humaine.

Introduction générale

La comparaison concernera surtout les variations spatio-temporelles de la chimie des eaux, grâce à l'exploitation des données brutes et des analyses que nous nous proposons d'effectuer sur les eaux des deux nappes étudiées.

Notre travail contient :

Une introduction générale dans laquelle on a posé l'importance des ressources en eau dans le secteur urbain et agricole et l'objectif du travail.

Un premier chapitre de synthèse bibliographique, où nous présenterons, en premier lieu, le milieu d'étude (les aquifères) avec ses caractéristiques géologiques, climatologique et hydrologique du champ captant de Oued El Hai.

On y passera dans le deuxième chapitre aux caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques de quelques forages du champ captant d'Oued El Hai. Dans ce chapitre seront présentés respectivement ; les analyses réalisées par les secteurs responsables et, les résultats obtenus des propriétés chimiques et bactériologiques des différentes eaux.

Notre travail était de faire des analyses physico-chimique et bactériologique des eaux de quelques forages du champ captant du Oued El Hai mais la situation sanitaire nous a empêché de le faire, dans le but d'améliorer la qualité des eaux mobilisées.

CHAPITRE I

Présentation générale du champ captant de Oued el Hai

I.1 Introduction :

Les habitants de la ville de Biskra sont alimentés à partir des forages se trouvant dans la nappe alluviale du champ captant d'Oued Biskra, au nord de la ville. A l'Ouest de la ville, se trouve la nappe des calcaires du champ captant El Magloub. Ces deux nappes refoulent leurs eaux vers plusieurs réservoirs, elles constituent les ressources principales et l'essentiel des stations de pompage du système d'alimentation en eau potable. Aussi sont considérées comme une source importante de l'irrigation.

I.2. Description des conditions locales de la ville de BISKRA :**I.2.1 Situation administrative de la commune de Biskra :**

La Wilaya de Biskra, située dans une zone charnière entre le Tell et le Sahara, occupe la partie Nord de la région Sud-Est du pays. Elle est limitée au Nord par la Wilaya de Batna, à l'Est par Khenchela, à l'Ouest par M'Sila et Djelfa et au Sud par la Wilayas de Ouargla et Eloued.

La wilaya de Biskra s'étendant sur une superficie de 21.671,20 km², compte actuellement 12 Daïras et 33 communes dont le CLW Biskra.

Sur le plan administratif, Biskra qui était de tout temps un important centre économique et intellectuel (commerce, agriculture, université, primère), dépendant durant la colonisation du territoire militaire du Sud, est passée en 1878 au rang de commune de plein exercice. En 1957, Biskra devint commune mixte et rattachée au Nord de l'Algérie.

A l'indépendance, Biskra est une Daïra dépendant de l'ex. Wilaya des Aurès pour enfin être hissée au rang de Wilaya suite au découpage administratif de 1974. Le CLW s'étendant sur une superficie totale de 127,55 km² est limitée au Nord par la commune de Branis, au Nord/Ouest par la commune d'El Outaya, à l'Est par la commune de Chetma, au Sud /Est par la comme de Sidi Okba, au Sud par la commune d'Oumache et à l'Ouest par la commune d'El Hadjeb(**SARL.Elbahdja**, Achèvement de l'étude du schéma directeur d'AEP de la ville de BISKRA a moyen et long terme).

I.2.2. Situation géologique :

La géologie de la région à la région le caractère Kiriassi, et surtout dans les zones montagneuses du coté nord de la Wilaya, El kantara, Djemoura, Branis, El outaya. Et du coté nord ouest de la Wilaya : Foughala, Tolga, Chaiba, Ras El miaad et Besbes, elle se compose essentiellement du Miopliocène. Le reste des régions se composent de sédiments de période Quadrilene.

I.2.2.1 Présentation des étages géologique :

D'une manière générale, la région de Biskra est formée des terrains suivants :

a. Quaternaire :

Le quaternaire s'étend largement dans la plaine en couvrant les dépressions, les vallées. Il est caractérisé par une érosion des dépôts pliocènes ainsi que par un alluvionnement important (sables et argiles) dans les grandes plaines.

- Quaternaire récent :

Il est formé de cailloutis et éboulis sur les pentes et éboulis sur les pentes et au pied des montagnes, des dunes de sable éoliens, et des alluvions sableux et caillouteux (graviers) dans les lits actuels des oueds.

- Quaternaire moyenne :

Il est caractérisé par des couche de deb-deb ou croute calcaire-gypseuse, des travertins des sources thermales et des alluvions sablonneuses et argileuses dans les grandes plaines.

- Quaternaire ancienne :

Il est formé de poudingues près des montagnes.

b. Pliocène :

Il se représente sous forme de vastes affleurements près des montagnes. On peut distinguer les poudingues blancs de grés et argiles sableux, les marnes rouges sableuses et gypseuses, les croutes calcaire-gypseuse de quelque mètres d'épaisseur dite (croute saharienne). La pliocène repose sur le miocène marneux avec une légère discordance.

c. miopliocène :

Le Miopliocène est représenté part une épaisseur d'environ 250 m, il est constitué par des grés, sables, argiles, marnes, et gypses.

- **Miocène supérieur continental :**

Le miocène supérieur continental est représenté par des argiles, des marnes multicolores, des sables et des graviers, au nord de Biskra, il est plutôt marneux discontinu.

- **Eocène moyen :**

C'est une formation très épaisse, constituée par des argiles, des marnes rouges et blanches et du gypse, d'anhydrite et des dépôts exclusivement lagunaires.

- **Eocène inférieur :**

Il est représenté par des calcaires blancs riches en silex, d'une épaisseur variant entre 150 et 200 m.

d. Crétacé :

- **Sénonien supérieur :**

Le sénonien supérieur englobe le maestrichtien et le campanien, il est représenté par des calcaires cristallins et dolomitiques.

- **Sénonien inférieur :**

Il est représenté par des dolomies, calcaires massifs et marnes. Cette formation a une épaisseur variant de 300 à 400m.

e. Turonien :

Il est de 200 à 300m d'épaisseur, formé essentiellement par des calcaires marneux et dolomitiques. Il affleure uniformément dans toute la zone montagneuse.

f. Cénomaniens :

Il est représenté par des calcaires cristallins et calcaires marneux, il affleure sur les flancs.

g. Albien :

Il est constitué, principalement, par des grès rouges ou gris, d'une épaisseur d'environ 250m. Il affleure dans la dépression de l'anticlinal de Djebel Boughzel, et au Nord-Est de Chaiba.

h. Aptien :

D'une épaisseur environ 60m, représenté par un faciès lagunaire avec intercalations marines, des argiles et marnes multicolores, d'anhydrites, des calcaires dolomitiques, et des dolomies.

i. Barrémien :

Le barrémien est caractérisé par des dépôts gréseux rouges avec intercalation d'argile, il affleure seulement à Chaiba.

j. Trias :

Son épaisseur dépasse les 1000m, il est représenté par des argiles et marnes gypsifères. Il affleure au nord de Biskra dans la région d'Eloutaya au djebel Elmeleh.

I.2.2.2.Tectonique :

La région de Biskra est montagneuse au nord, tandis qu'au sud elle fait partie du Sahara septentrional. Le passage entre ces deux domaines distincts se fait par l'intermédiaire d'un ensemble de flexures, de plis-failles orientées en est-ouest appelé flexure saharienne.

Il existe deux systèmes de failles de direction différente N.W-S.E et S.W-N.E. Au Sud de Biskra la dépression est le siège d'un important remplissage très épais en certains endroits. C'est là que s'accumulent des matériaux détritiques de différentes tailles résultant de l'érosion intense du massif des Aurès.

I.2.3. Situation climatologique:

Le climat de la ville de Biskra est considéré sec ou presque. L'état se manifeste par une forte chaleur accompagnée de sécheresse, l'hiver est froid et sec. La température atteint un maximum de 48 en été et un minimum de 02 en hiver à la chute des neiges dans les hauteurs nord de l'Atlas Saharien.

Le climat subit des changements depuis des années, caractérisés par des pluies fortes pendant le mois de Septembre et Octobre jusqu'au mois d'Avril et Mai, la quantité des pluies a atteint (282,3mm) en 2011, et (294,1mm) en 2004, la dernière valeur représente le maximum des pluies enregistré pendant les vingt-un dernières années.

I.2.3.1 Température :

Le climat de cette région est de type méditerranéen continentale froide en Hiver, chaude et sec en Eté; cette région est une zone de transition entre deux étages bioclimatique : semi-aride au Sud, caractère du Sahara septentrional, humide au Nord est typique du massif de l'Aurès, de là on peut affirmer qu'au cours de l'année la région de Biskra est soumise aux influences conjuguées de ces deux milieux.

Les mois les plus chauds sont mai, juin, juillet, août et septembre où la température moyenne varie entre 25,2°C et 34,1°C, les mois les plus froids sont décembre, janvier et février, où la température moyenne oscille entre 12,3°C et 13,5°C.

L'écart de températures entre l'été (Juillet) et l'Hiver (Janvier) et environ de 21°C.

Tableau I.1 : Répartition mensuelle de la température(ANRH).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	moyenne
Température min	9,6	8,1	10,5	15	19,3	22,3	26	27,7	21,5	15,2	11,1	7,6	16,1
Température max	17,4	16,5	21,1	26	31,2	34,2	39	40,6	32,7	26,8	22,2	18,4	27,2
Température moy	13,5	12,3	15,8	20,1	25,3	28,3	32,5	34,2	27,1	21,0	16,7	13,0	21,7

Tableau I.2 : Les températures enregistrées (l'année 2018) (ANRH).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	moyenne
Température	11	16	19	21,6	28,3	32,1	34,9	34,3	28,3	22,8	16,5	11,4	23

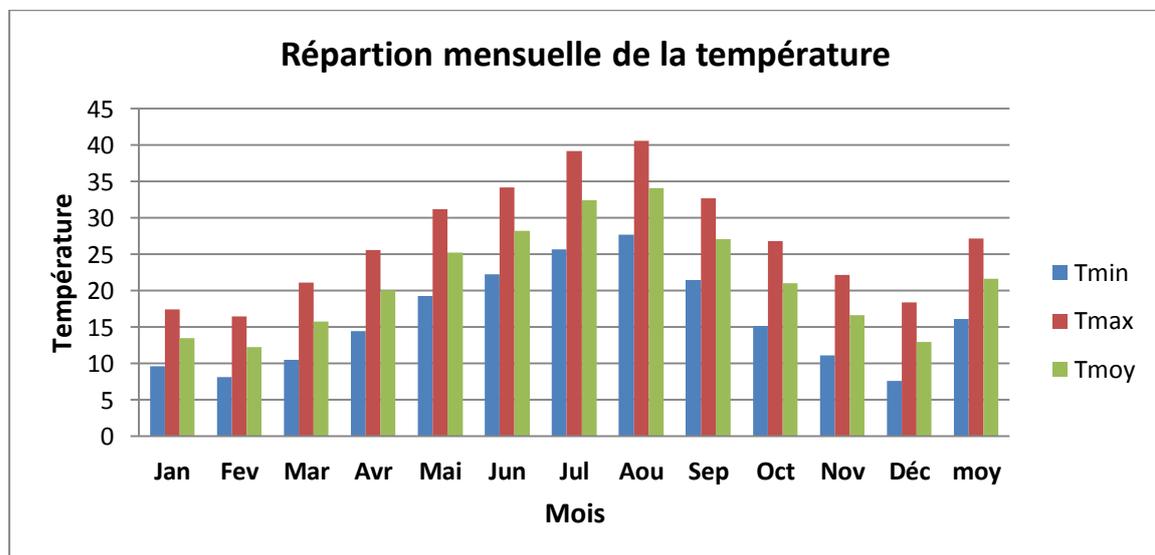


Figure I.1 : Répartition mensuelle de la température.

I.2.3.2 Pluviométrie :

Comme on peut affirmer qu'au cours de l'année la région de Biskra soumise aux influences conjuguées de ces deux milieux, l'hypothèse de 200mm passe d'ailleurs exactement par Biskra, de part et d'autre part la pluviométrie est fortement contrastée/ le Djebel Fouchi (à quelque Km du chef lieu reçoit entre 300 et 400 mm/an alors que la station de Biskra reçoit entre 100 et 200 mm/an soit une moyenne annuelle de 143 mm/an.

Mais au cours des cinq dernières années, nous remarquons des variations importantes d'une année à une autre, sur la base d'une série pluviométrique de 10 années d'observations, on a déterminé ce qui suit :

- La moyenne de 83 mm de pluie par an pour les années sèches.
- La moyenne de 131 mm de pluie par an pour les années moyennement humide.
- La moyenne de 195 mm de pluie par an pour les années les plus arrosées.
- L'année la plus pluvieuse est celle de 1992 avec une pluviométrie totale de 200 mm.
- L'année la plus sèche est celle de l'an 2000 avec pluviométrie de 64 mm.

Tableau I.3 : Recensements pluviométrique mensuelle(bilan ANRH).

Année	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	totale annuel
1990	40,80	0,00	6,70	25,70	38,50	2,80	1,50	29,70	3,10	0,00	22,50	23,00	194,30
1991	11,60	14,80	35,80	2,40	41,10	1,10	0,10	8,70	9,10	32,00	4,00	9,10	169,80
1992	25,50	4,30	22,10	10,00	11,70	0,50	4,10	0,60	27,50	1,00	90,70	2,80	200,80
1993	0,00	63,20	9,00	0,00	7,40	0,10	0,00	1,10	3,10	0,00	12,10	7,30	103,30
1994	21,70	5,70	22,60	0,10	0,00	1,70	1,90	2,40	51,30	47,90	1,10	0,00	156,40
1995	4,00	1,80	6,50	4,10	0,00	2,80	0,00	1,70	24,90	3,80	16,60	23,50	89,70
1996	64,50	22,80	39,30	0,40	2,80	5,50	0,70	8,10	10,60	0,70	0,00	3,00	158,40
1997	4,00	4,60	7,50	76,30	0,00	8,90	0,00	6,00	14,40	7,90	44,10	17,10	190,80
1998	0,40	15,00	1,20	46,10	9,60	12,40	0,00	1,10	2,20	3,40	2,00	1,40	94,80
1999	66,80	1,80	3,00	3,30	7,60	5,20	0,00	4,20	8,80	12,30	44,30	35,70	193,00
2000	0,00	0,00	2,50	5,10	15,80	0,00	0,00	0,00	27,40	4,40	1,40	7,90	64,50
2010	8,4	24,1	29,4	28,4	7,0	27,3	0	5,6	11,6	12,4	37,1	0	191,30
2011	7,9	0,6	52,1	60,8	69,5	0	0	0	6,3	89,0	7,1	0	293,30
2012	0,0	3,3	8,7	6,9	0	0	0	0	0	18,4	40,3	3,8	81,40
Moyenne	18,26	11,57	17,60	19,26	15,07	4,88	0,59	4,94	14,31	16,66	23,09	9,61	

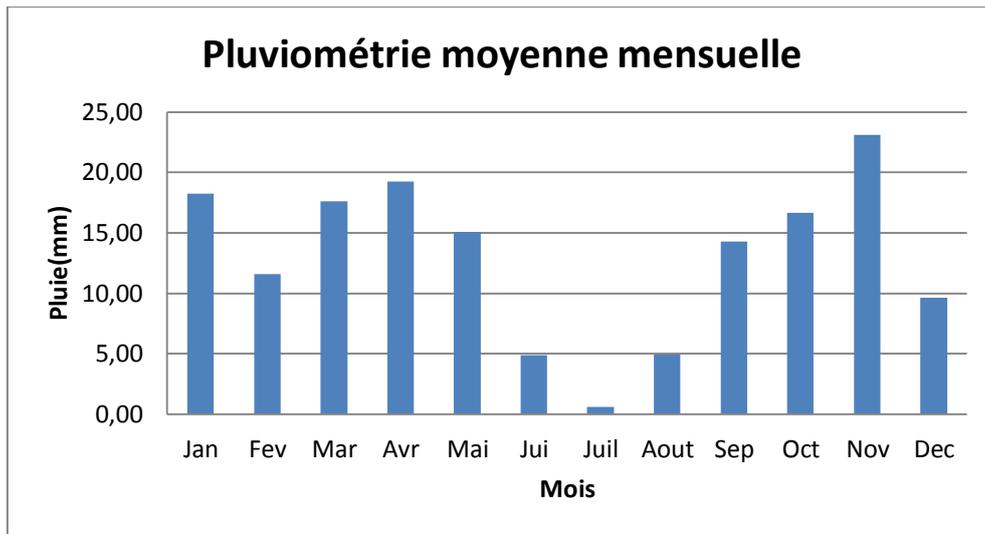


Figure I.2 : Représentation graphique de la pluviométrie moyenne mensuelle dans la région de Biskra.

Tableau I.4 : Répartition mensuelle de la pluie moyenne annuelle pour l'année 2018(ANRH).

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Total
pluie	13,8	10,49	17,23	9,71	17,3	10,42	15,13	13,68	10,47	4,89	0,49	2,19	125,76

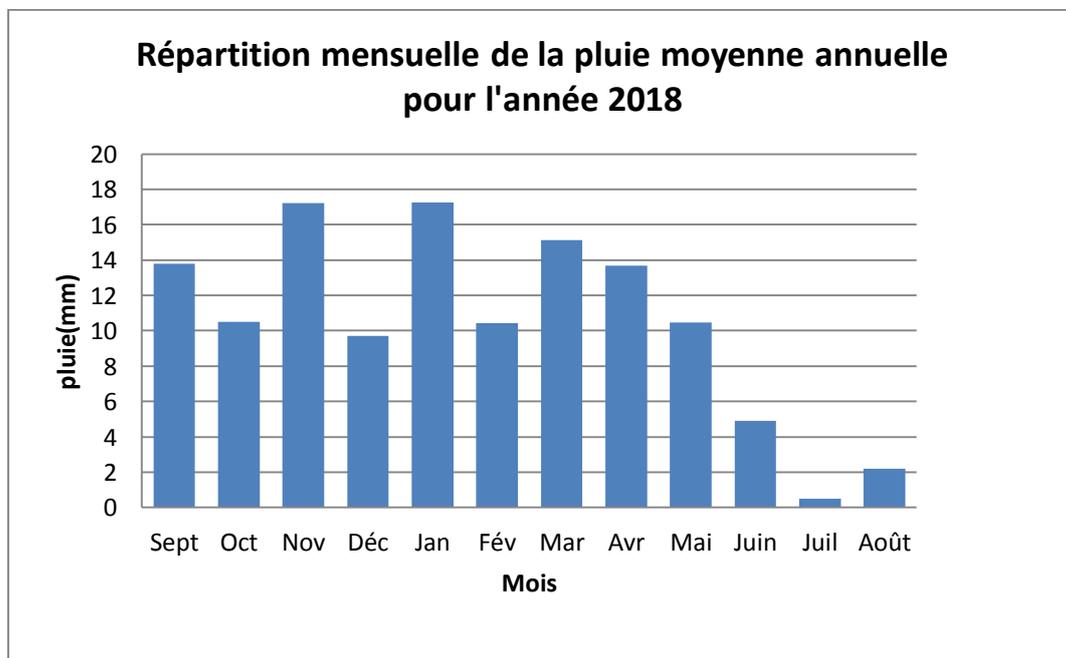


Figure I.3 : Répartition mensuelle de la pluie moyenne annuelle pour l'année 2018.

Tableau I.5 : Quantité de pluie tombée(année 2018) (ANRH).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	La somme
Quantité de pluie tombée(mm)	3,4	0,1	4,5	13,6	0,6	2,8	1,4	0	9,4	10,2	0,4	3,6	50

Tableau I.6 : Quantité de pluie de pluie tombée (1994-2017) (ANRH)

:Les années	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Quantité de pluie	156	90	153	155	51	190	55	88,8	39,6	159	294,1	58,8	173	98,8	118,4	139,8	185,5	282,3	54,5	143,5	45,3	106,7	95,1	50

I.2.3.3.L’Humidité :

C’est un élément important du cycle hydrologique contrôlant l’évaporation du sol et la couverture végétale et qui représente un degré de saturation de l’air en vapeur d’eau.

Tableau I.7 : Humidité mensuelles moyennes(%)(ANRH).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
Humidité %	60	49	42	38	33	29	26	30	40	46	54	60	42

La moyenne annuelle de la région est de 42%. Ses valeurs maximales sont atteintes en Novembre, Décembre, Janvier et Février (49 à 60%) et minimales en Mai, Juin, Juillet, et Août (26 à 33%).

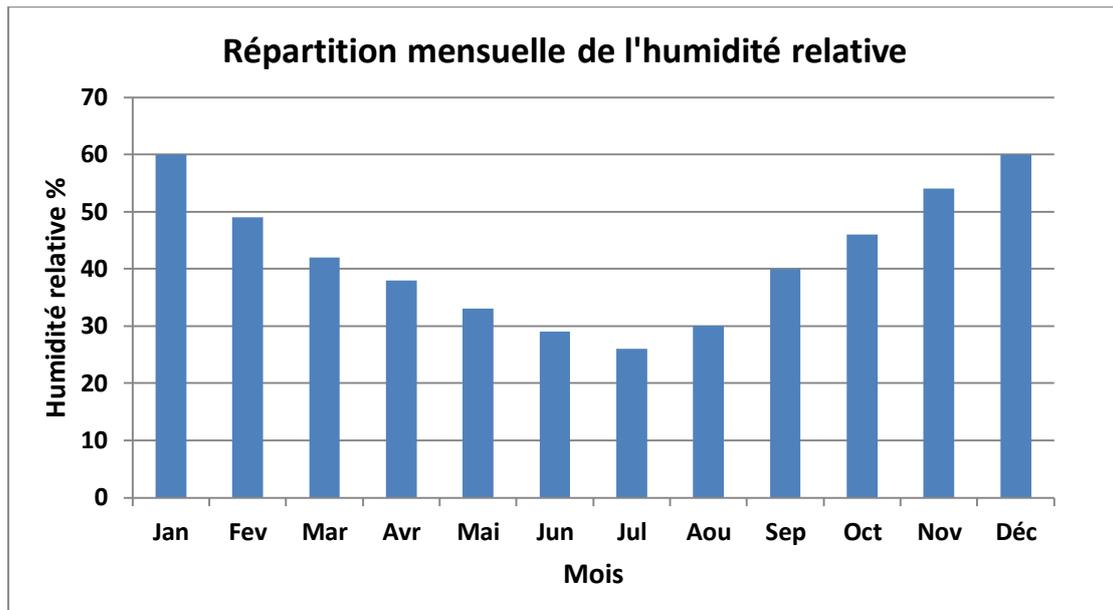


Figure I.4 : Répartition mensuelle de l'humidité relative.

I.2.3.4 L'Évaporation :

Tableau I.8 : Répartition mensuelle de l'Évaporation(ANRH).

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	moyenne
Évaporation	276	202	137	103	105	131	188	246	310	363	407	375	237

L'évaporation moyenne annuelle retenue est donc de 237mm, comme on le remarque dans le tableau précédent, elle est minimale durant les mois d'Hiver (Décembre et Janvier), alors qu'elle est maximale pour les mois d'été (Juillet et Août).

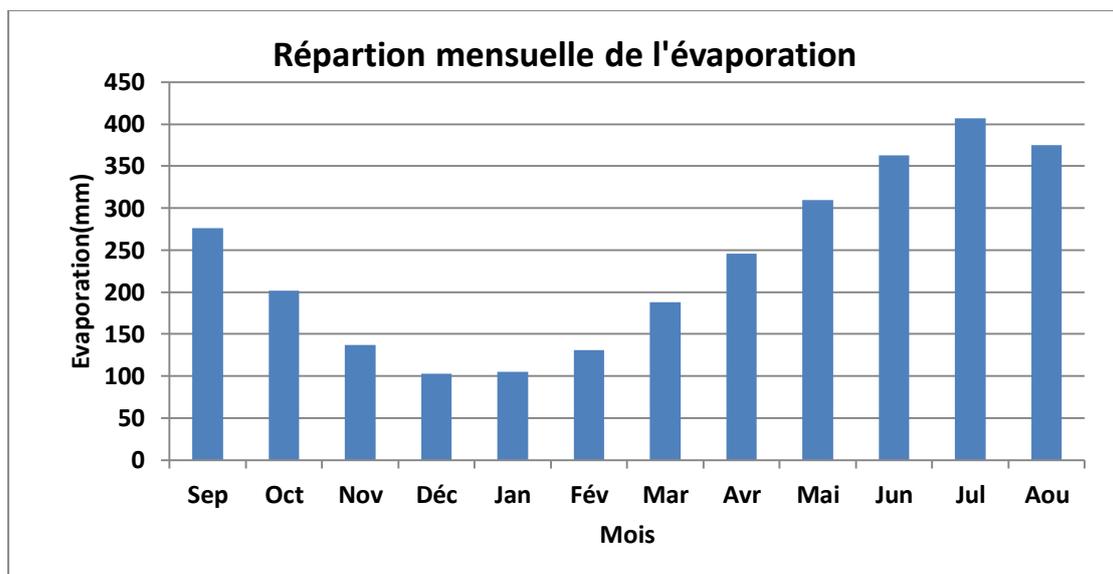


Figure I.5 : Répartition mensuelle de l'évaporation.

I.2.3.5 Le vent :

Le vent se détermine par sa vitesse et sa direction. Les vitesses mensuelles moyennes des vents enregistrées à la station de Biskra.

Tableau I.9 : Vitesses moyennes mensuelles du vent(ANRH).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Moyenne
vent(m/s)	4,5	4,5	4,7	6,2	5,8	4,9	4,3	4,1	4,4	4	4,5	4,3	4,7

L'analyse du tableau (I.9) montre une variabilité relative des vitesses tout le long de l'année. Elles restent moyennes durant les mois toute l'année sans les mois d'avril et mai les plus fort. En ce qui concerne la direction des vents et leur fréquence, nous constatons selon les données observées à la station de Biskra que les vents prédominants sont ceux de l'est et nord, et avec des fréquences respectivement de 10,2% et 9,6%.

Tableau I.10 : Fréquence moyenne interannuelle des vents par leur direction(ANRH).

Direction	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Fréquence %	22	15	8,06	1,9	11,1	2,95	9	30,1

Tableau I.11 : les facteurs climatiques(année 2018)(ANRH).

Mois	Température moyenne C°	Pluie(mm)	L'humidité	Vent(m/s)
Jan	11	3,4	60	4,9
Fev	15,5	0,1	48	4,5
Mar	19	4,5	37	4,9
Avr	21,6	13,6	37	4,3
Mai	28,3	0,6	34	3,7
Jun	32,1	2,8	32	4
Jul	34,9	1,4	29	3,8
Aou	34,3	0	32	3,2
Sep	28,3	9,4	44	3,3
Oct	22,8	10,2	49	2,6
Nov	16,5	0,4	48	4,1
Déc	11,4	3,6	55	4,1
la moyenne annuel	23	4	42	3,95

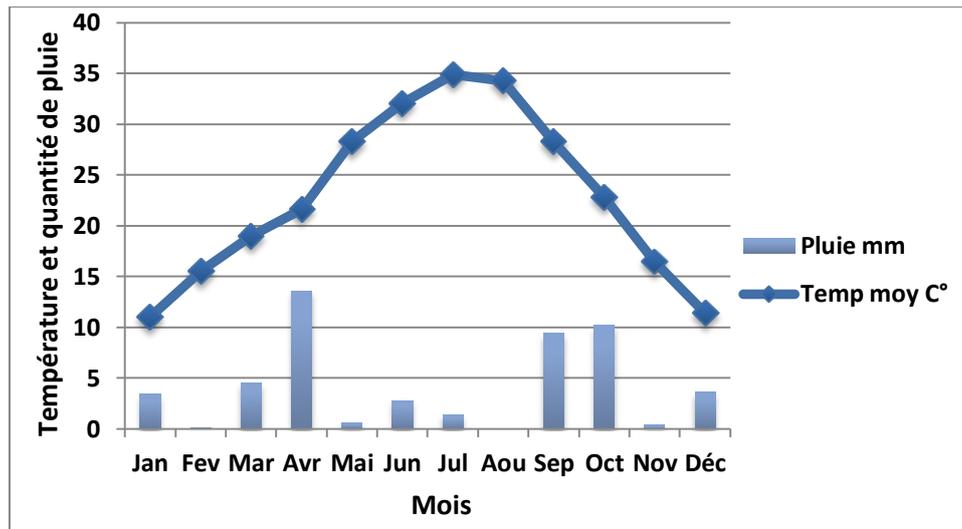


Figure I.6 : Température et quantité de pluie (année 2018).

I.2.3.6 Ensoleillement :

L’histogramme de temps d’ensoleillement fait remarquer une croissance presque linéaire de nombre d’heures de soleil de Janvier à Juillet. Le nombre d’heures moyen d’ensoleillement par jour est de 9,28 heures.

- La valeur maximale est enregistrée au cours du mois de Juillet (12h/jour).
- La valeur minimale est enregistrée au cours du mois de Janvier (7,09h/jour).

Tableau I.12 : Fréquence moyenne interannuelle de l’ensoleillement(ANRH).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
Temps (heures)	220	248	266	294	324	336	368	341	272	263	228	226

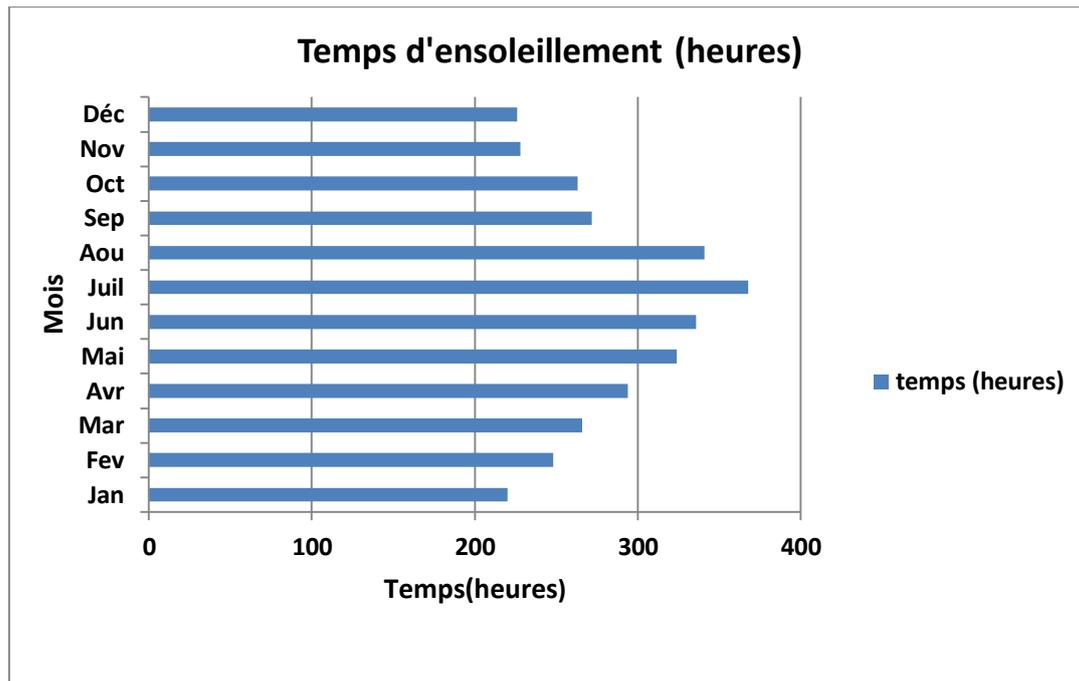


Figure I.7 : Représentation graphique du temps d'ensoleillement dans la région de Biskra.

I.3. Données sur le système d'alimentation en eau potable de la ville de Biskra :

Actuellement, le réseau de la ville de Biskra est divisé en 6 grandes zones de distribution, la configuration générale de ce réseau est de type mixte :

1. Centre ville, Rivière Nord, Lotissement Ferhat, Lotissement Khobzi et Star M'louk, cette zone a un réseau type mixte (maillé et ramifié).
2. Rivière Sud, Zone Sud, (Vieux Biskra), le réseau est ramifié.
3. Zone Ouest, le réseau est mixte.
4. 1000 logements, le réseau est ramifié.
5. Haï El Moudjahidine, le réseau est maillé.
6. El Alia Nord, El Alia Sud (Zone Est), le réseau est mixte (maillé et ramifié).

I.4. Description générale d'Oued El Hai :

L'écoulement d'eau à travers un exutoire obéit aux conditions du bassin versant qui est le siège de toute étude hydrologique. Les limites d'un bassin sont formées par les lignes de partage des eaux ; qui le séparent des bassins adjacents. L'inclinaison du terrain définit la trajectoire des écoulements et l'organisation du réseau hydrographique. Le terme de bassin hydrographique est parfois remplacé par celui du bassin versant ; qui désigne la surface d'interception des précipitations alimentant un cours d'eau.

Le bassin versant de Oued Biskra fait parti du bassin Chott Melghir couvre une superficie de 2718,60 km², limité au Nord par djebel Metlili (1496m) et la chaîne montagneuse de Bellezma (2091m), au sud par les montagnes de Aurès et Djebel Azreg (1937m) à l'Est par Djebel EL Mahmel (2321m), Djebel Asker (1679m) et Djebel Ich Ali (1815m).



Figure I.8 : site de l'étude.

Oued Biskra est un cours d'eau sec et à écoulement saisonnier, il prend sa source au Nord de l'Atlas Saharien, soit dans la Wilaya Batna. Cependant, ces dernières années une grande partie de ses apports est dérivée par le réservoir du barrage Fontaine des Gazelles. Ainsi, l'Oued de Biskra n'est alimenté que par les eaux en provenance de Oued Djemoura, les eaux déversées par l'évacuateur de crue du barrage Fontaine des Gazelles et affluents limitrophes en amont de la ville de Biskra. L'Oued Biskra traverse la ville de Biskra du nord au sud, ainsi il partage la ville en deux parties.

La partie Est qui regroupe les quartiers d'Alia qui contient 10119 logements, partagé entre Hai El Houda, Hai El Nour, Hai El Saada, Hai El Fadjer, Hai 8 mai 1945, avec 65682 habitants.

La partie Ouest qui regroupe les quartiers de Hai El Oued avec 2492 logements selon les statistiques de 2012, présenté par : Hai Al Oued Nord, Sud Hai Jwada, Hai Bilal, Hai Jenane Ben Yaakoub, Hai Salam, Hai M'sallah , avec 16049 habitants.

Le développement démographique dans la ville de Biskra est arrivé à 216161 habitants en 2013 avec 30972 logements.

Il est à constater que l'Oued El Hai présente un vrai danger à long terme sur la société et l'activité économique dans le cas de son débordement qui engendre une inondation des quartiers riverains à l'Oued. Le risque est plus accentué à cause de l'aménagement des ponts multi-ponceaux.

I.4.1-Présentation hydrogéologique de l'aquifère d'inféro flux d' Oued El Hai :

La nappe alluviale de l'Oued El Hai s'étend sur une superficie de 5 Km² avec une épaisseur moyenne de 20 m, le volume d'alluvions étant de 100 millions de m³, déduit par des études géophysiques.

L'aquifère est de forme allongée et de direction générale N-S. Cette forme à été façonnée par l'écoulement de l'Oued El Hai creusé dans les marnes imperméables du Miocène et remblayé par des dépôts alluvionnaires perméables, constitués de galets, graviers et sables, avec de faibles intercalations d'argiles sableuses très discontinues.

Ce réservoir se repartit en deux parties distinctes :

- Une zone amont, large, de transmissivité très élevée. Elle s'éteint sans discontinuité jusqu'aux cluses de l'Oued Besbes.

- A l'aval, le lit se rétrécit principalement au niveau de la cluse miocène. Cette partie est l'exutoire naturel de la partie amont.

- La limite avale du réservoir est formée par la barre pliocène qui ferme en partie le réservoir.

La direction générale de l'écoulement est du Nord vers le Sud. Les niveaux piézométriques varient de 155 m d'altitude à 115 m à l'aval. La nappe à l'amont a une épaisseur variant entre 10 m à 20 m, puis s'épaissit sensiblement avec des valeurs atteignant 40 m juste après la confluence des oueds Biskra et Laftah.

Vers l'aval, le réservoir présente une épaisseur d'environ 20 m au niveau de l'axe central de l'oued et 10 m vers les berges.

Les plus hautes transmissivités sont observées à l'amont de l'aquifère atteignent ($6.10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$). Elles diminuent sensiblement vers les berges à $10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ (**Haoussa.N.**,2013, Etude de la qualité des eaux des mélanges « Eau d'oued Biskra- Eau de Droh ».Département d'hydraulique de Biskra.).

Vers le Sud, les valeurs maximales sont localisées au milieu de l'Oued selon l'axe longitudinal ($2.10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$) et diminuent vers les berges pour attendre une valeur de ($10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$) (**Haoussa.N.**,2013, Etude de la qualité des eaux des mélanges « Eau d'oued Biskra- Eau de Droh ».Département d'hydraulique de Biskra.).

Notons que ces transmissivités ne sont pas actualisées, et il est fort probable qu'elles ont diminué suite à l'abaissement du niveau piézométrique général de la nappe.

En utilisant un coefficient d'infiltration égal à 0.4, l'apport annuel arrivant à l'oued a été estimé à environ 30 millions m^3 dont 12 millions m^3 s'infiltrant vers la nappe. Le débit de la nappe serait de l'ordre de 380 l/s (**Haoussa.N.**, 2013, Etude de la qualité des eaux des mélanges « Eau d'oued Biskra- Eau de Droh » Département d'hydraulique de Biskra.).

I.4.2 Géologie de la cuvette de l'oued Biskra :

La cuvette de l'Oued Biskra est limitée au Nord par la barre calcaire turonienne, au Sud par la barre des poudingues pliocènes, à l'est par les argiles miocènes.

Au Nord-Est, au passage de l'Oued el-Besbes, une épaisseur probable de 10m d'alluvions sur 120m de largeur, recouvre le miocène, et au Nord-Ouest le miocène n'est pas apparent.

Les formations alluvionnaires de l’Oued Biskra reposent sur les formations d’argiles miocènes, pratiquement imperméables. Ce sont les produits de l’érosion des reliefs amont qui ont subi un transport conséquent à partir du Nord. Leur nature est généralement calcaire et argileuse. La granulométrie est variable. Elle devient plus fine vers le Sud ou les dépôts deviennent plus argileux.

A l’amont, les dépôts sont décimétriques et forment une vaste zone d’épandage à haute perméabilité.

Les matériaux les plus grossiers sont concentrés au milieu de l’Oued selon l’axe de la cuvette, vers les berges, ils deviennent plus fins.

I.4.3 Description hydrologique du champ captant de l’Oued El Hai :

Cette nappe se localise généralement dans les accumulations alluvionnaires, elle est alimentée essentiellement par les eaux des précipitations, d’infiltration des Oueds et des eaux d’irrigation. Cette nappe est trop sollicitée dans la ville de Biskra, elle est utilisée pour l’alimentation en eau potable. Sa profondeur est comprise entre 20m et 150 m, avec un débit oscillant entre 05L /s et 20 L/s et une qualité chimique qui se situe de bonne à mauvaise, selon les zones (SDRE, 2010).

L’alimentation de la nappe du Mio-Plio-Quaternaire se fait par deux origines différentes. L’autre origine est souterraine, l’alimentation est par les couches calcaires sous-jacentes (Aidaoui.S, 1994).

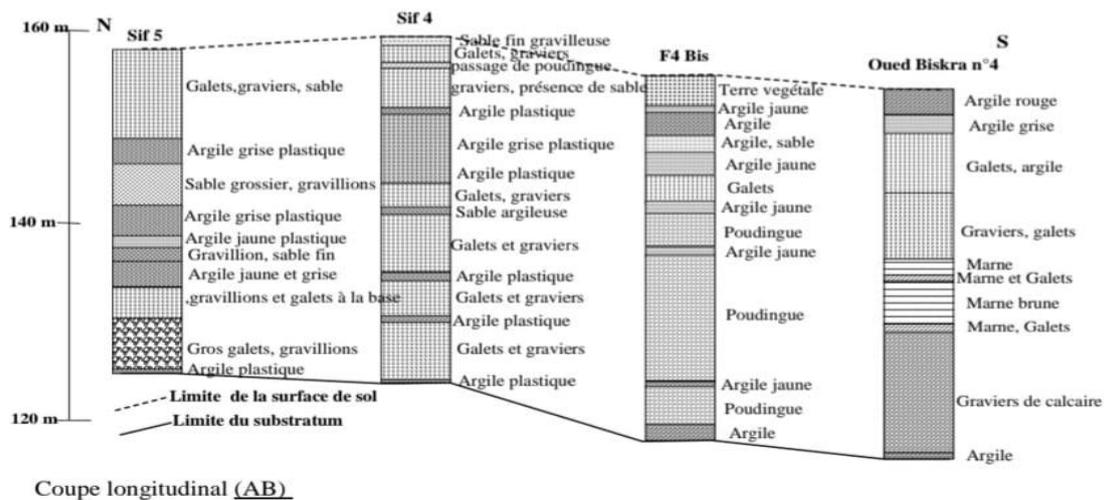


Figure I.9 : Coup hydrogéologique schématique.

La coupe AB (fig I.9), indique que la nappe des alluvions repose sur un substratum argileux d'âge Miocène, son épaisseur varie entre 37 à 40m, sa lithologie est homogène dans sa globalité, elle est constituée de galets, de graviers avec alternance de niveaux d'argiles. Vers le Sud, particulièrement au niveau du forage Oued Biskra n°4, apparait une épaisse couche d'argile le long des premiers mètres du forage, elle s'intercale avec des marnes (Sedrati.N, Alayat.H., 2011 : Origines et caractéristiques physico-chimiques des eaux de la wilaya de Biskra –Sud Est Algérien. Mémoire de Magister en hydrogéologie, option :hydrogéologie. Université Badji Mokhtar-Annaba).

I.5. Conclusion :

La région étudiée est caractérisée par un climat aride, avec une température moyenne annuelle de 22.57°C et une précipitation moyenne annuelle de 173.05 mm. A l'échelle saisonnière, on constate qu'on a deux saisons : une relativement pluvieuse, de Septembre à Mai et une autre sèche, pour le reste de l'année. En résumé, tous les facteurs par lesquels se manifeste l'aridité à savoir; les faibles moyennes annuelles de la pluviométrie avec une irrégularité dans l'espace et dans le temps ainsi que les fortes évaporations sont réunis dans le climat de cette région.

L'étude géologique et hydrogéologique ont permis de faire ressortir les principales caractéristiques de l'aquifère, renfermant la nappe de Oued Biskra. L'analyse des deux coupes hydrogéologiques de la nappe de l'Oued Biskra montre que la circulation des eaux souterraines se fait du Nord-Ouest vers le Sud- Est. Oued Biskra coïncide avec l'axe de drainage principal de la nappe. On note aussi, la présence d'une ligne de partage des eaux, due au soulèvement du substratum de la nappe.

CHAPITRE II

***Caractérisation des eaux des forages du
champs captant du Oued El Hai***

II 1. Introduction :

La qualité des eaux est caractérisée par des paramètres physico-chimiques et bactériologiques. Nous détaillerons les principes et paramètres de caractérisation des eaux, ainsi que les normes et exigences de leur qualité. On y présentera tous les paramètres utilisés pour évaluer la qualité des eaux.

Dans les normes, sont explicités les marges de tolérance envers chaque paramètre, quelque soit sa nature.

II.2. Paramètres physiques :

II.2.1. Conductivité électrique :

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 à 2 cm² de surface et de distance 1cm. La détermination de la conductivité électrique peut évaluer approximativement la teneur en sels dissous (**Dupont**, 1981).

Selon la réglementation française, si la conductivité est comprise entre 666 et 1000 us/cm, la minéralisation est excessive (**Rodier.J**, 2009. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer).

- Variation de la conductivité :

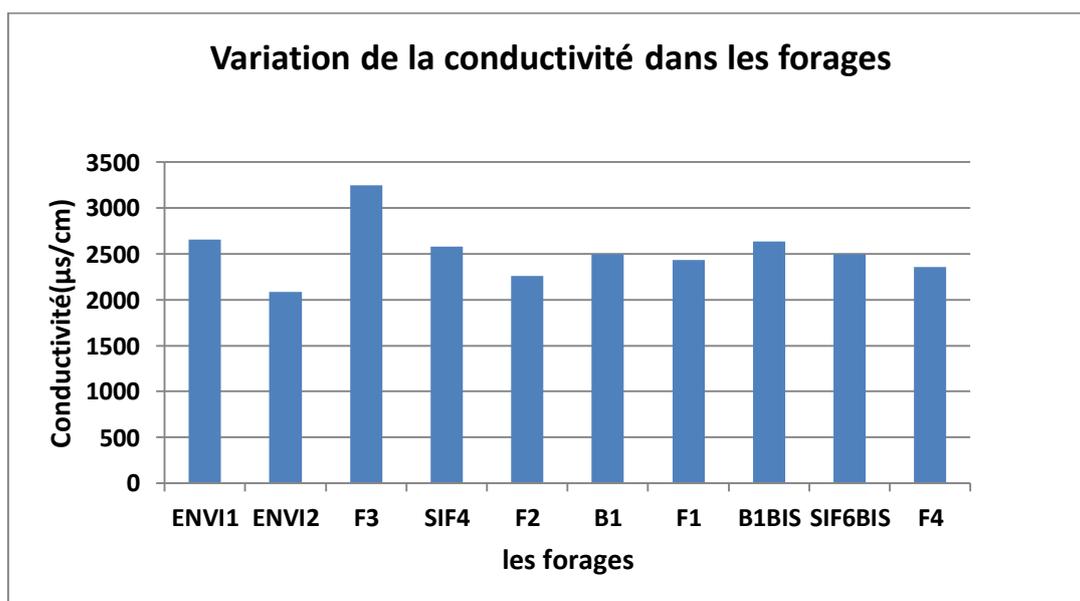


Figure II.1: Variation de la conductivité dans les forages(Laboratoire : l'ADE.Biskra).

Nos échantillons ont une conductivité très forte qui dépasse 1000 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Cette conductivité provoque une augmentation dans le taux de la salinité des eaux. La forte conductivité des eaux, issues du champ captant d'Oued Biskra, peut être due soit à la nature des couches géologiques de la nappe, soit à la présence d'éléments minéraux indésirables dans nos eaux de consommation et résultant d'une pollution exogène. (voir l'annexes)

II.2.2. Potentiel hydrogène (pH) :

Le pH est en relation avec la concentration en ions hydrogène H^+ présents dans l'eau(Rejseck,2002). Les eaux naturelles sont des solutions ionisées, elles peuvent être acides, basiques ou neutres. Le pH des eaux destinées à la consommation publique est un paramètre très important car il agit sur le goût et l'efficacité des procédés de traitement (coloration, coagulation, ...etc.) ainsi que sur les phénomènes de corrosion, agressivité et entartrage des canalisations(Geujons, 1995).

La plupart des pays n'ont pas proposé des limites particulières pour le pH des eaux d'alimentation ; on peut considérer cependant comme intervalle de pH acceptable, des valeurs comprises entre 7,00 et 8,50 et comme limites supérieures des valeurs de 6,50 et 9,00 (Bermond et Vuichaud, 1973).

- Variation du pH :

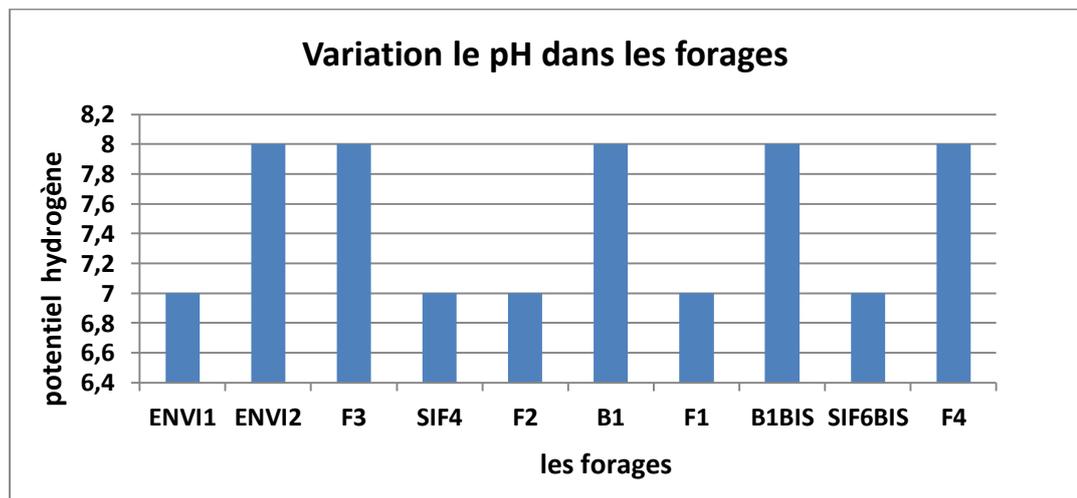


Figure II.2 : Variation le pH dans les forages(Laboratoire : l'ADE.Biskra).

Le pH est compris entre 6,90 et 8.00. Selon l'OMS (2004), le pH d'une eau potable doit être compris entre 6,5 et 8,5 les eaux de Biskra ont donc un pH voisin de la neutralité.(voir l'annexes)

II.3. Paramètres chimiques :

II.3.1 Alcalinité :

Selon Chevale(1972) et Gamrasni(1986) dans une eau naturelle, les ions responsables de l'alcalinité sont : l'ion hydroxyde (OH^-), l'ion carbonate (CO_3^-) et l'ion hydrogénocarbonaté (HCO_3^-).

En chimie des eaux ont défini deux titres alcalimétriques :

- TA (Titre alcalimétrique simple) = $(\text{OH}^-) + \frac{1}{2} (\text{CO}_3^-)$.
- TAC (Titre alcalimétrique complet) = $(\text{OH}^-) + (\text{CO}_3^-)$.

Toutefois, la présence d'anhydride carbonique donne une saveur agréable à l'eau et ne présente aucun inconvénient pour la santé. Par ailleurs, il n'existe pas de normes relatives à l'alcalinité (Rodier, 2009). (voir l'annexes)

-Variation d'alcalinité :

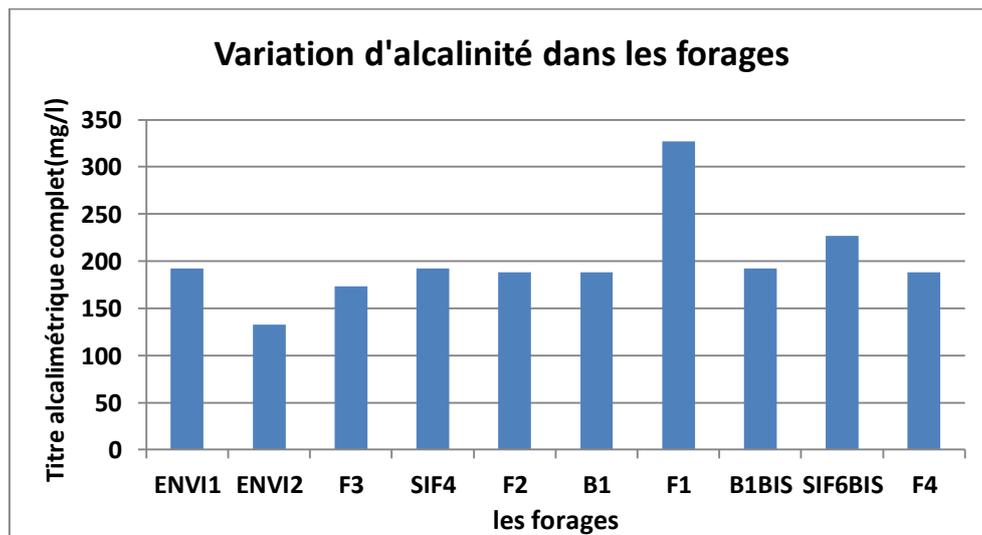


Figure II.3 : Variation d'alcalinité dans les forages(Laboratoire : l'ADE.Biskra)

II.3.2. Dureté ou titre hydrotimétrique :

La dureté ou titre hydrotimétrique (TH) correspond à la somme des concentrations en cations de Ca^{++} et Mg^{++} à l'exception des alcalins.

Une eau est dite douce, lorsqu'elle est pauvre en ces cations et elle est dite dure lorsqu'elle en est riche (Ledler, 1986).

Selon (Rodier, 2009), dans l'eau sont déterminées :

- La dureté totale (THT) correspondant à la concentration totale en Ca^{++} et en Mg^{++} .
- La dureté calcique qui correspond à la teneur globale en Ca^{++} .
- La dureté magnésienne qui correspond à la teneur globale en Mg^{++} .
- La dureté permanente (THP) ou dureté non carbonatée qui exprime la teneur en Ca^{++} .
- et Mg^{++} restant soluble après ébullition prolongée de l'eau ; elle correspond aux sulfates de Ca^{++} et Mg^{++} .

$$\text{THP} = \text{TH} - \text{THT}$$

- **Variation de la dureté :**

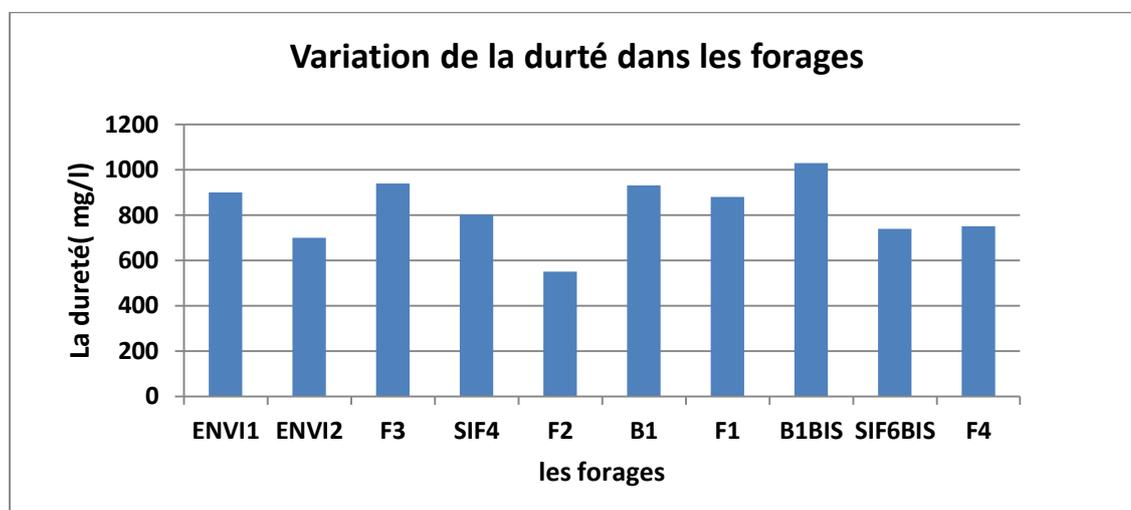


Figure II.4: Variation de la dureté dans les forages(Laboratoire : l'ADE.Biskra)

La dureté de l'eau (TH) montre que les eaux de consommation sont très dures avec des TH supérieurs à la norme de 50°F. La dissolution du Ca^{2+} et du Mg^{2+} résulte principalement de l'infiltration des eaux de surface à travers les formations rocheuses calcaires et dolomitiques. Cette dissolution est accrue par la présence dans l'eau de gaz carbonique provenant de l'atmosphère. (voir l'annexes)

II.3.3. Le calcium :

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonate. Ses sels se rencontrent dans presque toutes les eaux naturelles. Leur teneur dans l'eau est directement liée à la nature géologique des terrains traversés, obtenus en majorité lors de l'attaque des roches calcaires par l'anhydride carbonique dissous (CO_2). Le calcium est l'élément principal de la dureté de l'eau, et est évalué par la méthode de spectrométrie d'absorption atomique ou par dosage titrimétrique à l'E.D.T.A.(Potelon et Zysman, 1998).

- Variation de la concentration en calcium :

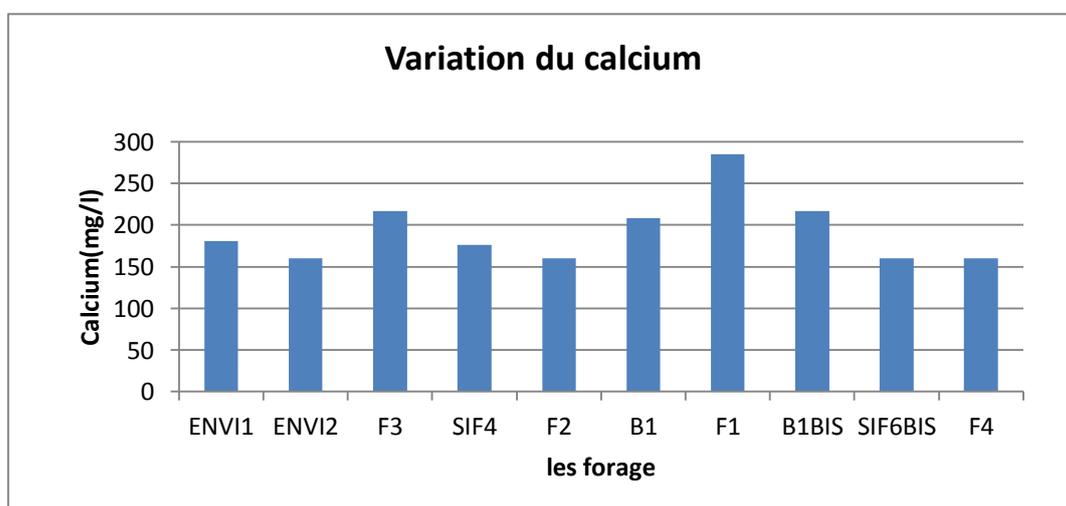


Figure II.5 : Variation de la concentration en calcium dans les forages(Laboratoire : l'ADE.Biskra)

La teneur en calcium dans les eaux de la nappe libre d'Oued El Hai dépasse la norme de l'eau potable (200 mg/l), elle varie entre 160 mg/l et 280 mg/l. (voir l'annexes)

II.3.4. Le magnésium :

Le magnésium est aussi très répandu dans la nature, sa concentration dans l'eau est liée à la nature géologique des couches traversées. Le magnésium dans l'eau provient de l'attaque par l'acide carbonique des roches magnésiennes et de la mise en solution de magnésium sous forme de carbonate (MgCo_3) et de bicarbonates ($\text{Mg } 2\text{HCO}_3$) (Potelon et Zysman.K, 1998).

- Variation de la concentration en magnésium :

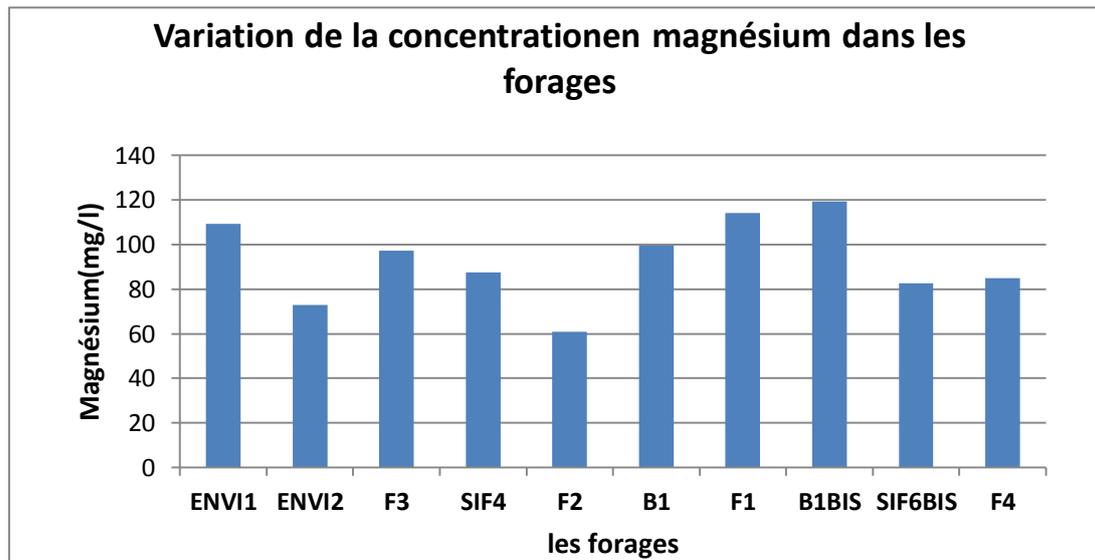


Figure II.6 : Variation de la concentration en magnésium dans les forages (Laboratoire : l'ADE.Biskra)

Les eaux de la nappe libre d Oued El Hai renferment des concentrations élevées de magnésium dépassant dans la majorité les de l'eau potable (150mg/l) ; la teneur maximale est de l'ordre de 120 mg/l alors que la valeur minimale est de 60 mg/l. (voir l'annexes)

II.3.5. Les Chlorures :

Fréquent dans la nature, généralement sous forme de sel de sodium (Na Cl), de potassium (KCl), et de calcium (CaCl₂). L'eau contient presque toujours des chlorures mais en proportions très variables. Ainsi, les eaux provenant des régions granitiques sont pauvres en chlore alors que les eaux de régions sédimentaires en contiennent d'avantage. D'ailleurs, la teneur en chlorure augmente généralement avec le degré de minéralisation de l'eau.

Indépendamment de la nature de la formation géologique traversée, la présence des chlorures peut être attribuée aux effluents des industries chimiques, à l'exploitation des puits de pétrole, des mines de potasse, aux drainages d'irrigation...etc. (Potelon et Zysman, 1998 ; Meghzili, 2003). (voir l'annexes)

- variation de la concentration en chlorure :

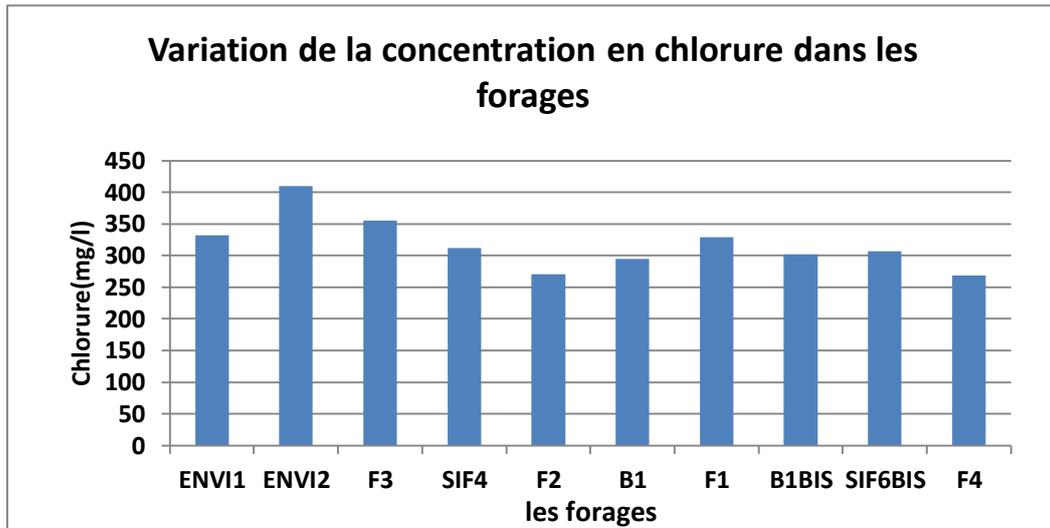


Figure II.7 : Variation de la concentration en chlorure dans les forages(Laboratoire : l'ADE.Biskra)

II.3.6. Les sulfate :

Les eaux naturelles contiennent pratiquement des sulfates en proportion très variables, mais ne dépassent généralement pas les grammes par litre, leur présence résulte de la solubilité du sulfate de calcium des roches gypseuses et l'oxydation des sulfures répandus dans les roches.

Une eau destinée à la consommation humaine ne doit pas contenir plus de 400 mg/l de sulfate. Mais des teneurs supérieures à 300 mg/l peuvent contribuer à la corrosion des systèmes de distribution, surtout avec les eaux faiblement alcalines (**Potelon et Zysman, 1998 ; Meghzili, 2003**).

- Variation de la concentration en sulfate :

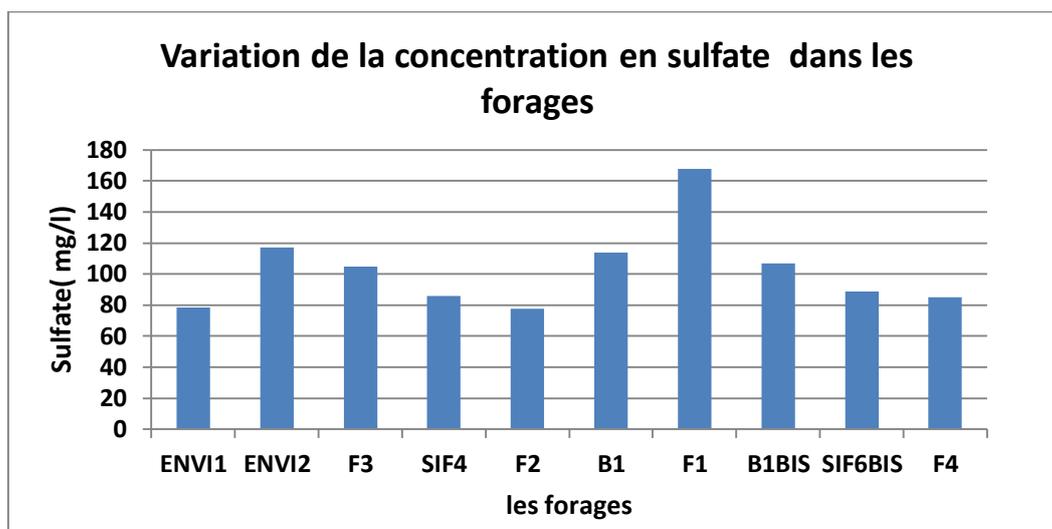


Figure II.8 : Variation de la concentration en sulfate dans les forages (Laboratoire : l'ADE.Biskra)

Nous observons une forte concentration en chlorures et en sulfates. Ces deux éléments provoquent un goût désagréable dans nos eaux de consommation et la rendent corrosive vis-à-vis des conduites. Ils sont aussi nocifs pour les plantes. Notons, que ces deux éléments provoquent aussi l'augmentation du chlore résiduel lors de la chloration de l'eau chargée en matière organique (Sedrati.N, Alayat.H., 2011 : Origines et caractéristiques physico-chimiques des eaux de la wilaya de Biskra –Sud Est Algérien. Mémoire de Magister en hydrogéologie, option :hydrogéologie. Université Badji Mokhtar-Annaba). (voir l'annexes)

II.4 Paramètres concernant les substances indésirables :

II 4.1. Le nitrate :

Les nitrates constituent le stade final d'oxydation de l'azote organique, ils sont solubles dans l'eau, se retrouvent naturellement en faible concentration dans les eaux souterraines et superficielles.

Le nitrate présent dans le sol a diverses origines ; telles que les déjections animales ou humaines stockées, ou les apports d'amendement organique. Mais, ce sont surtout les engrais et les rejets d'eaux usées qui donnent des doses importantes (Potelon et Zysman, 1998 ; Grosclaude, 1999).

- Variation de la concentration en nitrate:

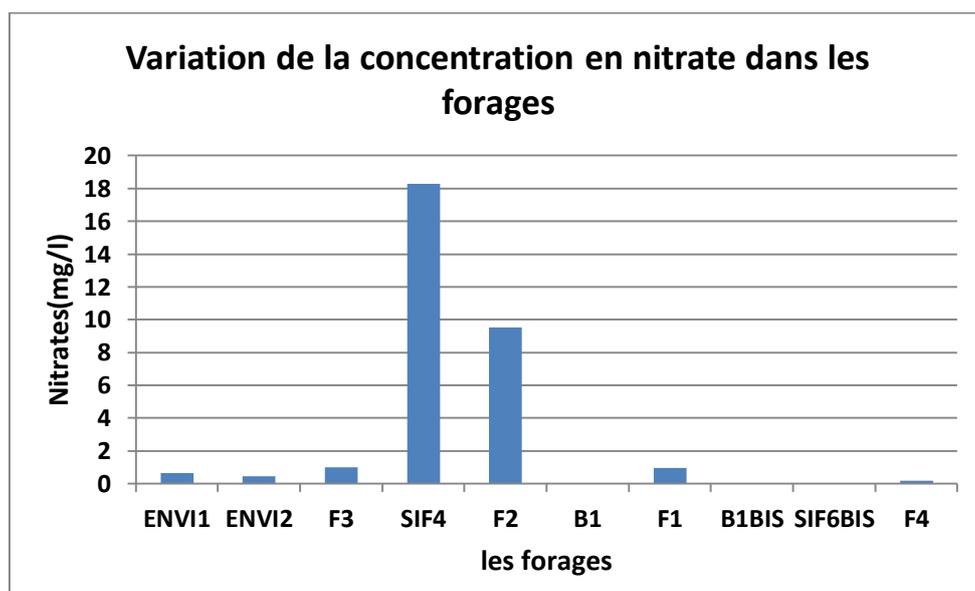


Figure II.9 : Variation de la concentration en nitrate dans les forages (Laboratoire : l'ADE.Biskra)

La raison principale de la présence des nitrates dans les eaux souterraines pourrait être due à la pratique agricole qui consiste à appliquer abondamment des engrais industriels ou du fumier. Sa présence excessive peut provoquer un problème de santé publique important tel que la méthémoglobinémie. Enfin, si on compare nos échantillons aux normes de qualité multi usages, (Bontoux, 1983), on constate qu'elles sont situées entre la 2eme et la 3eme classe (passable à médiocre). En conséquence, nous pouvons dire que les eaux de la ville de Biskra nécessitent un traitement poussé pour diminuer la minéralisation avant qu'elles ne soient distribuées aux usagers. (voir l'annexes)

II.4.2. Les nitrites :

Les nitrites constituent une étape importante dans la métabolisation des composés azotés, ils s'insèrent dans le cycle de l'azote entre l'ammoniaque et le nitrate. Leur présence est due, soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniaque, soit à la réduction des nitrates. Ils ne représentent qu'un stade intermédiaire et sont faiblement oxydés en nitrate. Leur présence dans l'eau est donc rare et en faibles quantités.

Une eau qui renferme les nitrites est considérée comme suspecte car cette présence est souvent liée à une détérioration de la qualité microbiologique (Rejsek, 2002 ; Potelon et Zysman, 1998). On observe une absence totale des nitrites. (voir l'annexes)

II.4.3. Le fer :

Le fer se retrouve de manière importante dans les eaux souterraines car c'est un élément de la croûte terrestre à raison de 4,5 à 5%. Sa présence dans l'eau dépend des conditions physiques et hydrologiques. Dans les terrains de faible perméabilité ou ceux situés dans les couches imperméables, les eaux contenant moins d'oxygène se chargent en fer. La mise en solution du fer est due à l'activité microbienne du sol qui nécessite des conditions de pH et de potentiel de l'oxydo- réduction particulières.

Il existe deux types de méthodes de dosage de fer : celle par absorption atomique, et celle par spectrophotométrie (**Rejsek**, 2002).

Les limites de potabilité sont basées sur les effets esthétiques, (sur le seuil gustatif). C'est pour cela qu'il ne doit pas dépasser 0,3 mg/l d'eau destinée à la consommation humaine (**Potelon et Zysman**, 1998). Aussi on observe absence totale du fer dans tous les points de prélèvement. (voir l'annexes)

II.4.4. Le Phosphore :

Le phosphore existe sous forme minérale ou organique. Les formes chimiques sous lesquelles se rencontre le phosphore dépendent de l'acidité du milieu. Dans les eaux naturelles, de pH compris entre 5 et 8, seules les formes $H_2PO_4^-$ et HPO_4^{2-} existent en quantités appréciables dans les eaux de surface. La teneur naturelle en phosphate ou ortho phosphate est de l'ordre de 0,1 à 0,3 mg/l. La présence de phosphore dans les eaux souterraines est généralement un indice de pollution.

Les méthodes de référence pour l'analyse sont : le dosage du phosphore total par spectrophotométrie après formation d'un complexe ou par chromatographie ionique (**Potelon et Zysman**, 1998). Aussi pour le phosphore ; on observe une absence dans tous les points étudiés. (voir l'annexes)

II.4.5. L'Ammonium :

L'ammonium est souvent rencontré dans les eaux et traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique. Il constitue un des maillons du cycle de l'azote. L'ammoniac est un gaz soluble dans l'eau, mais suivant les conditions de pH, il se transforme soit en composé non combiné, soit sous forme ionisée.

Les eaux souterraines sont pauvres en azote ammoniacal. Mais des eaux issues de sols riches en substances humiques ou riches en fer peuvent présenter des teneurs de l'ordre de 1 à 3 mg/l. La présence d'azote ammoniacal en quantités relativement importantes peut être l'indice d'une pollution par des rejets d'origine humaine ou industrielle.

Les méthodes de référence pour l'analyse sont le dosage par acidimétrie après distillation ou bien par spectrophotométrie (au bleu d'indo phénol ou au réactif de Nessler) (Potelon, et Zysman, 1998). Même observation pour l'ammonium. (voir l'annexes)

II.4.7. L'aluminium :

Sa présence est due au traitement de l'eau par des sels d'aluminium comme agent de coagulation pour éliminer la couleur et la turbidité. Il ne représente aucun inconvénient pour l'organisme humain à des concentrations inférieures à 0.2 mg /l (Potelon, et Zysman, 1998 ; Anonym.a, 2007). Comme les trois éléments l'élément aluminium est aussi absent dans les eaux des forages du champ captant de Oud El Hai. L'absence de ces élément est peut être du au manque du matériels.

II.4.9. Le résidu sec :

-Variation de la concentration en résidu sec :

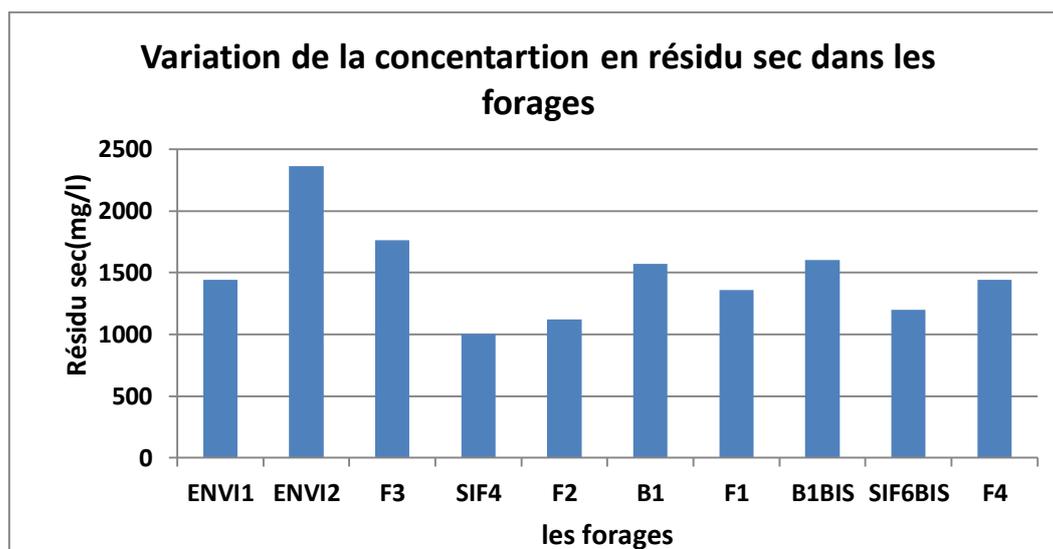


Figure II.10: Variation de la concentration en résidu sec dans les forages (Laboratoire : l'ADE.Biskra)

Le résidu sec correspond à la totalité des sels dissous contenus dans l'eau après évaporation à 110 °C. Elle donne une idée sur la minéralisation globale de l'eau. Les eaux de la nappe libre d'Oued El Hai affichent des conductivités électriques très élevées dépassant la norme algérienne de l'eau potable (2000mg/l). (voir l'annexes)

II.5. Normes et exigences de qualité :

L'eau potable doit obéir aux normes définies par la réglementation nationale. Si un des paramètres dépasse les concentrations limite autorisées, il y a absence de conformité aux normes établies. Mais si on est en présence d'un faible dépassement limité dans le temps et en absence de pollution accidentelle importante, le dépassement de la norme ne doit pas être systématiquement considéré comme introduisant un risque significatif pour la population (**Rodier J.**, 1998. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Edition : bordas, Paris. p1365.).

Dans le tableau suivant sont présentées les normes de potabilité des eaux de boisson. Elles sont inspirées des normes ISO.

Paramètres	Unités	Niveau guide	Concentration maximale admissible
Paramètres organoleptiques			
Odeur	Seuil de perception à 25 °C	0	4
Saveur	Seuil de perception à 25C°	0	4
Couleur	mg / l échelle Pt / Co	-	25
Turbidité	NTU	1	5
Paramètres physico-chimiques			
pH	-	6,5 à 8,5	-
Conductivité	µs / cm à 20 °C	-	2 800
Résidu sec	mg / l après	-	2 000

	séchage à 105 °C		
Dureté totale	mg / l CaCo3	100	500
Calcium	mg / l	75	200
Magnésium	mg / l	-	150
Sodium	mg / l	-	200
Potassium	mg / l	-	20
Sulfate	mg / l	200	400
Chlorure	mg / l	200	500
Nitrate	mg / l	-	50
Nitrite	mg / l	-	0,1
Ammonium	mg / l	0,05	0,5
Phosphate	mg / l	-	0,5
Bore	mg / l	-	1
Matière organique	mg / l	-	3
Oxygène dissous	mg / l	5	8
Aluminium	mg / l	-	0.2
Résidu sec	mg / l	-	2000

Tableau II.1: Normes algériennes de potabilité des eaux de consommation

II.6. Conclusion :

L'interprétation des analyses chimiques des eaux du champ captant du Oued El Hai montre que les eaux de l'aquifère libre sont non potables, elles sont très minéralisées et présentent une dureté très élevés dépassant les normes les normes algérienne pour l'eau potable. Ces eaux sont de mauvaise qualité pour la consommation domestique.

CONCLUSION GENERAL

CONCLUSION GENERALE

Les eaux souterraines sont traditionnellement les ressources en eau privilégiées pour l'eau potable, car plus elles sont à l'abri des pollutions que les eaux de surface. Toutefois, certaines caractéristiques minimales sont exigées pour qu'elles puissent servir à la production d'eau potable qui doit-elle même satisfaire à des normes de qualité physico-chimique et biologique. La fabrication d'eau potable à partir des eaux naturelles nécessite en général un traitement adapté aux paramètres de qualité à corriger. Notons que la ville de Biskra est alimentée en eau de consommation à partir de forages dans la nappe alluviale du champ captant d'Oued Biskra et dans la nappe des calcaires du champ captant d'El Magloub qui refoulent leurs eaux vers plusieurs réservoirs. A cela s'ajoute l'injection directe de plusieurs eaux de forage dans le réseau de distribution.

La région de Biskra se trouve dans une zone de transition, au nord les formations plissées du crétacé, au sud l'ouverture sur les plaines sahariennes. Le contraste entre ces deux domaines est limité par l'accident sud atlantique, ensemble de failles, d'orientation générale NE-SW.

Un milieu fissuré et un milieu poreux. Ces aspects vont influencer sur l'écoulement souterrain et sur la chimie des eaux. En effet dans le milieu poreux, la vitesse d'écoulement étant plus faible, le temps de contact des eaux avec les roches sera beaucoup plus grand, ce qui favorisera les échanges de base et le lessivage. Nous retenons pour notre cas, les dépôts alluvionnaires du Quaternaire de Oued El Hai.

D'autre part, du point de vue lithologique, dans les dépôts de l'Oued, on a relevé la présence de gypse, minéral dont la solubilité est beaucoup plus grande que celle du calcaire. Les propriétés chimiques des eaux en seront donc affectées.

Dans un premier temps, nous présenterons donc une brève synthèse sur le champ captant de Oued El Hai en passant sur les caractéristiques climatologique, géologique et hydrogéologiques de la région.

Dans un deuxième temps nous avons essayé de présenter les caractéristiques physico-chimiques de quelques forages du champ captant du Oued El Hai afin de montrer si elles peuvent être utilisées directement pour consommation.

CONCLUSION GENERALE

Les résultats montrent de grandes différences entre les paramètres physicochimiques entre les forages étudiées. Les eaux d'Oued El Hai sont beaucoup plus chargées et leur potabilité est médiocre. Leur faciès, sulfaté chloruré sodique, est déterminé par la lithologie des dépôts alluvionnaires contenant du gypse (sulfate de calcium) assez soluble.

Pour les chlorures, généralement de sodium, leur origine sont les crues de l'Oued chargées en sels. En effet dans le bassin versant qui alimente l'Oued affleure le diapir triassique, connu sous le nom de Djebel El Melh. Les eaux de ruissellement, souvent torrentielles, lessivent de vastes surfaces de roches salifères et se chargent en chlorure de sodium. Le résidu sec et la conductivité électrique de la nappe s'en trouvent affectés.

Selon les enquêtes qui ont été faites par les entreprises, elles montrent que les caractéristiques physico-chimiques des eaux de consommation de la ville de Biskra exigent un traitement plus au moins poussé (adoucissement par exemple) avant qu'elles ne soient distribuées aux usagers.

Quant à la qualité bactériologique, les réservoirs souterrains sont naturellement protégés. Les risques de contamination ne concernent que les aquifères libres, tel l'inféoflux de Oued El Hai. En outre, une contamination est possible au cours du transfert ou du stockage de l'eau.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

.Archive de l'A.N.R.H de Biskra.

.Archive de l' D.R.E de Biskra.

.Données A.D.E de Biskra (2020).

.**Freeze,R.Allen,et john A.Cherry** ;(1979). Groundwater. Ed; Prentice-Hall:

-Englewood Cliffs N.J., 604 pp.

.**Gérin M., Gosselin P., Cordier S., Viau C., Quénel P., Dewailly E.** (2003)
Environnement et sante publique –Fondements et pratiques. Tch&Doc, , Canada ,
1023 pages.

.**Guemaz.F** ; 2006 : Analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux usées
des trois sites de la ville de Biskra (Chaabat Rooba, Oued Biskra, et Oued Zmour).

.**Haoussa.N.**,2013, Etude de la qualité des eaux des mélanges « Eau d'Oued Biskra-
Eau de Droh ». Département d'hydraulique de Biskra.

.**Hireche.O.**, 2014, Etude : Diagnostic et aménagements de Oued El Hai
« BISKRA ». Département d'hydraulique de Biskra.

.Hydrogéologie de la région de Biskra.

.**Le tourneur.J.**(1971),géologie de génie civil.

.**MEF,(1995)**, Etude hydrogéologique de la nappe alluviale de Biskra et essai de
simulation numérique).institut d'hydraulique de Biskra.

.**Meneeley, R.N., Neimanis , V.P., et L. Dwyer.** (1980) : Références sur la qualité
des eaux : Guide des paramètres de la qualité des eaux, Direction générale des eaux
intérieures, Direction de la qualité des eaux, ed ; Ottawa., 100p.

.**Rahal I.**, 2008, Etude comparative du chimisme des eaux de Biskra, mémoire de fin
d'études. Département d'hydraulique de Biskra.

.**Rodier J.**, 2009. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer.

Edition : bordas, Paris. p1365.

.**SARL.Elbahdja**, Achèvement de l'étude du schéma directeur d'AEP de la ville de Biskra a moyen et long terme.

Sedrati.N, Alayat.H., 2011 : Origines et caractéristiques physico-chimiques des eaux de la wilaya de Biskra –Sud Est Algérien. Mémoire de Magister en hydrogéologie, option :hydrogéologie. Université Badji Mokhtar-Annaba.

.**Sodexur**, (1967), (Oued Biskra, eau souterraines : Etude des ressources exploitables sur analyseur électrique a réseaux R.C.).

ANNEXES

ANNEX 1

Forage B1 :

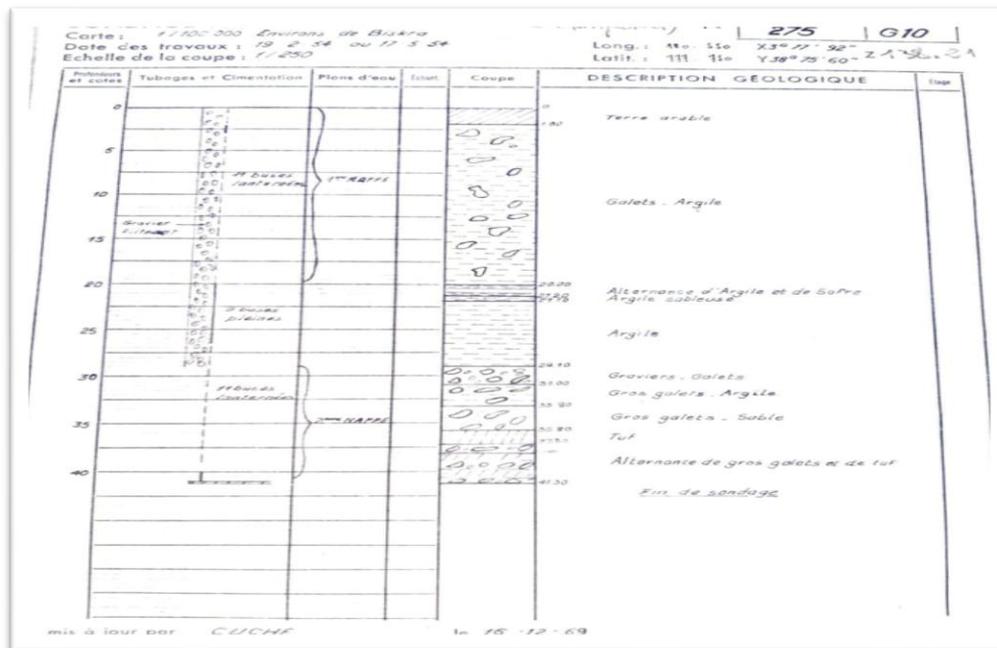
Description technique de forage B1 (champ captant Oued El Hai) :

Année de réalisation	Coordonnées	Profondeur (m)	Débit L/S	N.D	N.S	Observation
1978	34° 52' 49,8'' 05° 44' 06,8''	150	Q1=47	/	/	Forage en service

En 2019 :

Mois	Débit pondéré (l/s)	Volume produit (m3)	Débit exploité (l/s)	Volume perdu (m3)
Janvier	47	121050	45,19	4835
Février	47	111830	46,23	1872
Mars	47	116945	43,66	8940
Avril	47	120029	46,31	1795
Mai	47	120851	45,12	5034
Juin	47	118450	45,7	3374
Juillet	47	122880	45,88	3005
Août	47	122890	45,88	2995
Septembre	47	120750	46,59	1074
Octobre	47	119970	44,79	5915
Novembre	47	107478	41,47	14346
Décembre	47	119240	44,52	6645

Coup géologique :



ANNEX 1

Forage B1-BIS :

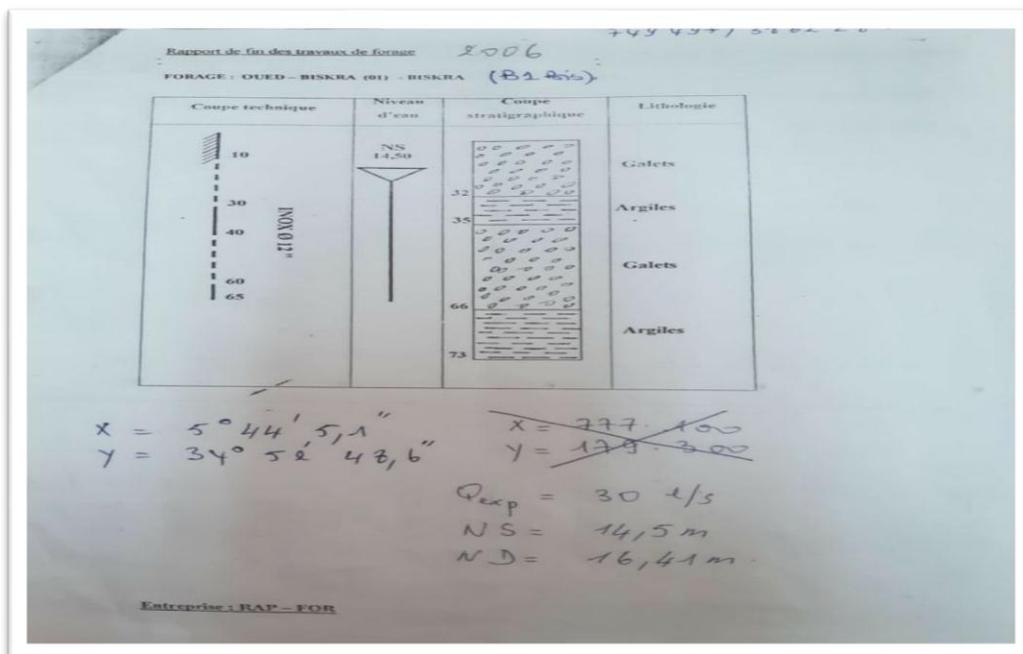
Description technique de forage B1-BIS (champ captant Oued El Hai) :

Année de réalisation	Coordonnées	Profondeur (m)	Débit L/S	N.D	N.S	Observation
2006	34° 52' 48,6'' 05° 44' 05,4''	73	Q1=24	17,2	15	Forage en service

En 2019 :

mois	Débit pondéré (l/s)	Volume produit (m3)	Débit exploité (l/s)	Volume perdu (m3)
Janvier	24	52803	19,71	11479
Février	24	42307	17,49	15754
Mars	24	40028	14,94	24254
Avril	24	57355	22,13	4853
Mai	24	59886	22,36	4396
Juin	24	56578	21,83	5630
Juillet	24	51471	19,22	12811
Août	24	47949	17,9	16333
Septembre	24	44798	17,28	17410
Octobre	24	41130	15,36	23152
Novembre	24	30563	11,79	31645
Décembre	24	48958	18,28	15324

Coup géologique :



ANNEX 1

Forage F1:

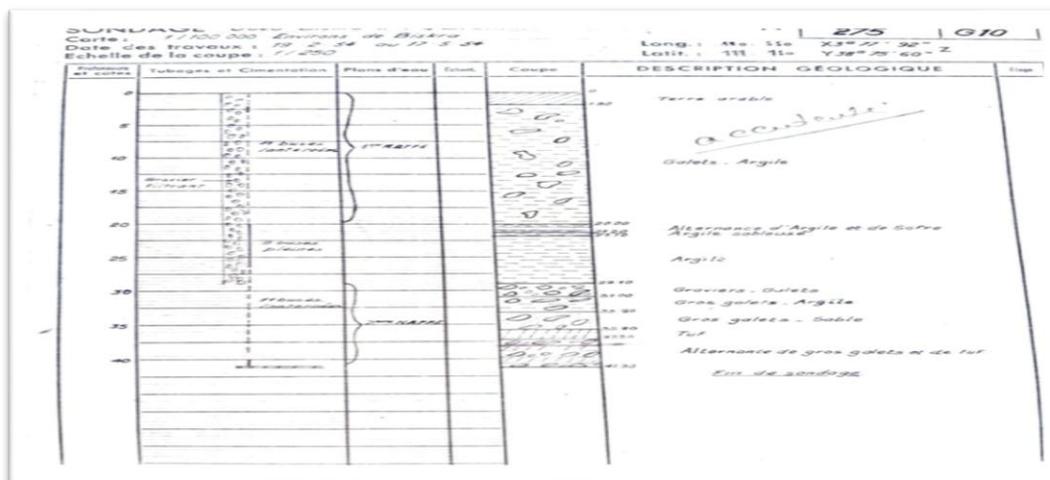
Description technique de forage F1 (champ captan Oued El Hai) :

Année de réalisation	Coordonnées	Profondeur (m)	Débit L/S	N.D	N.S	Observation
1980	34° 52' 59,8'' 05° 44' 17,8''	40	Q1=28	70	14	Forage en service

En 2019 :

mois	Débit pondéré (l/s)	Volume produit (m3)	Débit exploité (l/s)	Volume perdu (m3)
Janvier	28	34340	12,82	40655
Février	28	28620	11,83	39118
Mars	28	20820	7,77	54175
Avril	28	44574	17,2	28002
Mai	28	41386	15,45	33609
Juin	28	29600	11,42	42976
Juillet	28	19060	7,12	55935
Août	28	20180	7,53	54815
Septembre	28	12160	4,69	60416
Octobre	28	14560	5,44	60435
Novembre	28	15050	5,81	57526
Décembre	28	16650	6,22	58345

Coup géologique :



ANNEX 1

Forage F2 :

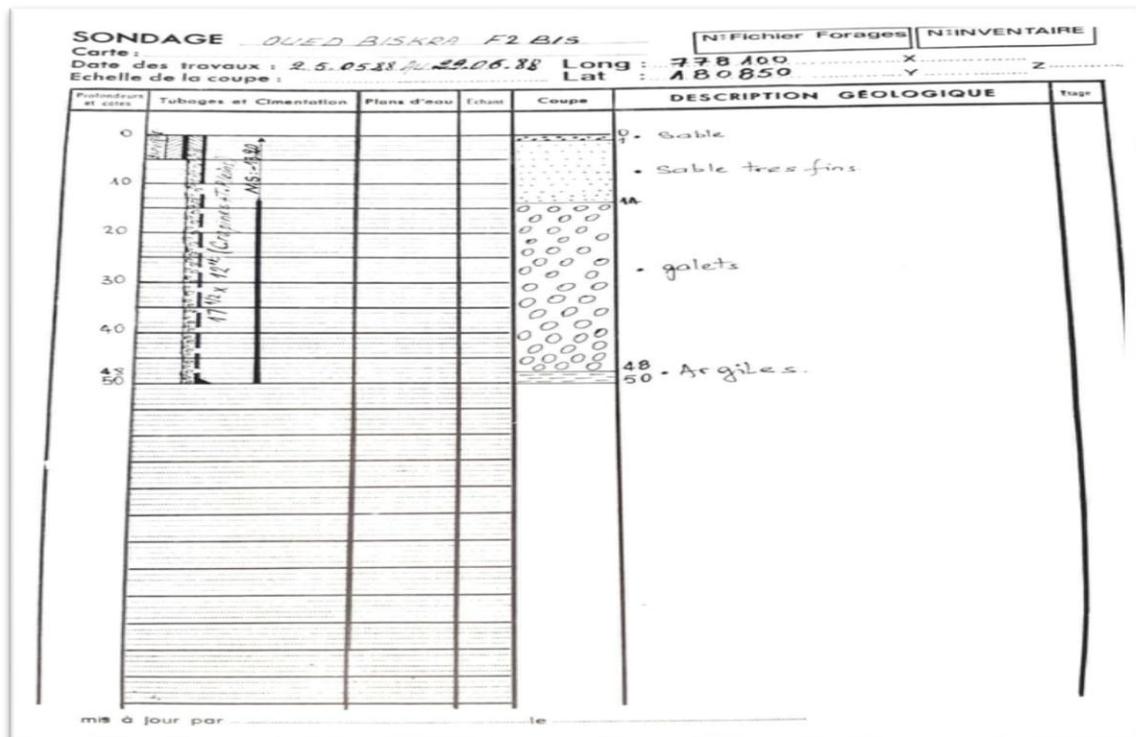
Description technique de forage F2 (champ captant Oued El Hai) :

Année de réalisation	Coordonnées	Profondeur (m)	Débit L/S	N.D	N.S	Observation
1988	34° 53' 07,8'' 05° 44' 24,4''	50	Q1=27	65	13,2	Forage en service

En 2019 :

mois	Débit pondéré (l/s)	Volume produit (m3)	Débit exploité (l/s)	Volume perdu (m3)
Janvier	27	53600	20,01	18717
Février	27	46704	19,31	18614
Mars	27	44572	16,64	27745
Avril	27	50630	19,53	19354
Mai	27	51325	19,16	20992
Juin	27	44284	17,08	25700
Juillet	27	46273	17,28	26044
Août	27	43428	16,21	28889
Septembre	27	68700	26,5	1284
Octobre	27	66056	24,66	6261
Novembre	27	52640	20,31	17344
Décembre	27	67990	25,38	4327

Coup géologique



ANNEX 1

Forage F3:

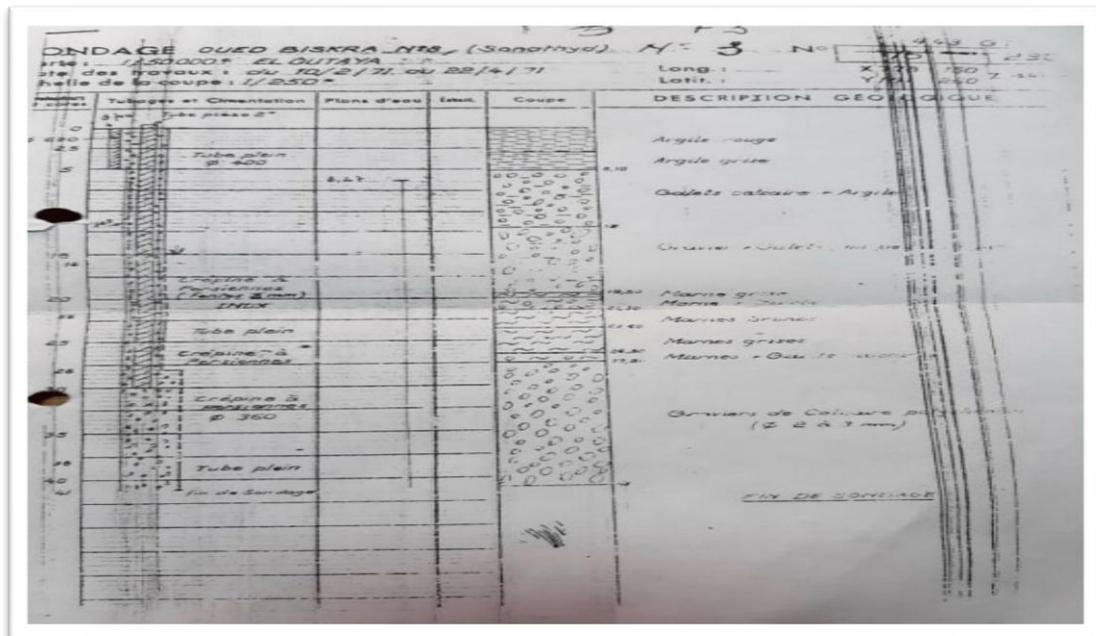
Description technique de forage F3 (champ captant Oued El Hai) :

Année de réalisation	Coordonnées	Profondeur (m)	Débit L/S	N.D	N.S	Observation
1971	34° 53' 21,1'' 05° 44' 28,5''	41	Q1=29	70	14	Forage en service

En 2019 :

Mois	Débit pondéré (l/s)	Volume produit (m3)	Débit exploité (l/s)	Volume perdu (m3)
Janvier	29	36000	13,44	41674
Février	29	31369	12,97	38788
Mars	29	28114	10,5	49560
Avril	29	33995	13,12	41173
Mai	29	34480	12,87	43194
Juin	29	29746	11,48	45422
Juillet	29	31102	11,61	46572
Août	29	29677	11,08	47997
Septembre	29	27973	10,79	47195
Octobre	29	0	0	77674
Novembre	29	0	0	75168
Décembre	29	0	0	77674

Coup géologique :



ANNEX 1

Forage F4 et F4BIS:

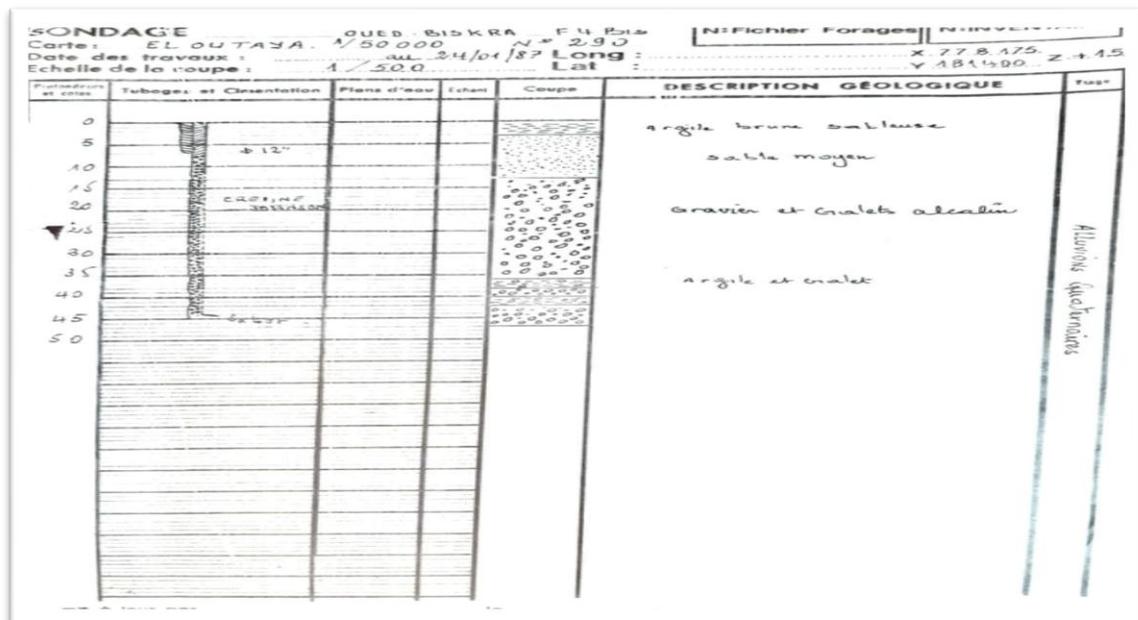
Description technique de forage F4 et F4BIS (champ captant Oued El Hai) :

Année de réalisation	Coordonnées	Profondeur (m)	Débit (L/S)	N.D	N.S	Observation
F4	34° 53' 00,0'' 05° 44' 00,0''	/	/	/	/	Abandonnée
F4BIS	34° 53' 25,9'' 05° 44' 28,4''	/	49	/	/	Forage en service

En 2019 :

Mois	Débit pondéré (l/s)	Volume produit (m3)	Débit exploité (l/s)	Volume perdu (m3)
Janvier	49	0	0	131242
Février	49	0	0	118541
Mars	49	0	0	16934
Avril	49	0	0	118541
Mai	49	0	0	131242
Juin	49	64800	15,86	122774
Juillet	49	72910	27,22	131242
Août	49	0	0	131242
Septembre	49	0	0	127008
Octobre	49	0	0	131242
Novembre	49	0	0	127008
Décembre	49	0	0	131242

Coup géologique :



ANNEX 1

Forage SIF4:

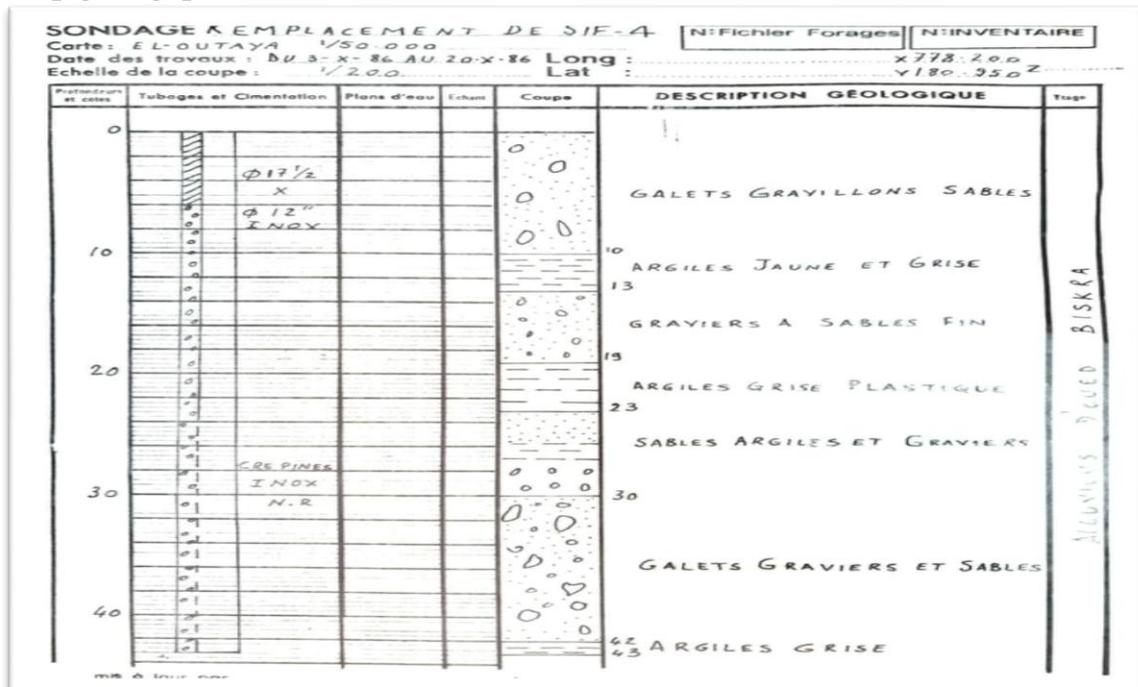
Description technique de forage SIF4 (champ captant Oued El Hai) :

Année de réalisation	Coordonnées	Profondeur (m)	Débit L/S	N.D	N.S	Observation
1986	34° 53' 10,5'' 05° 44' 32,9''	43,5	Q1=34	70	14	Forage en service

En 2019 :

Mois	Débit pondéré (l/s)	Volume produit (m3)	Débit exploité (l/s)	Volume perdu (m3)
Janvier	34	84550	31,57	6516
Février	34	69610	28,77	12643
Mars	34	81525	30,44	9541
Avril	34	85461	32,97	2667
Mai	34	88539	33,06	2527
Juin	34	83210	32,1	4918
Juillet	34	90290	33,71	776
Août	34	84680	31,62	6386
Septembre	34	85460	32,97	2668
Octobre	34	87032	32,49	4034
Novembre	34	71871	27,73	16257
Décembre	34	86330	32,23	4736

Coup géologique :



ANNEX 1

Forage SIF6 BIS:

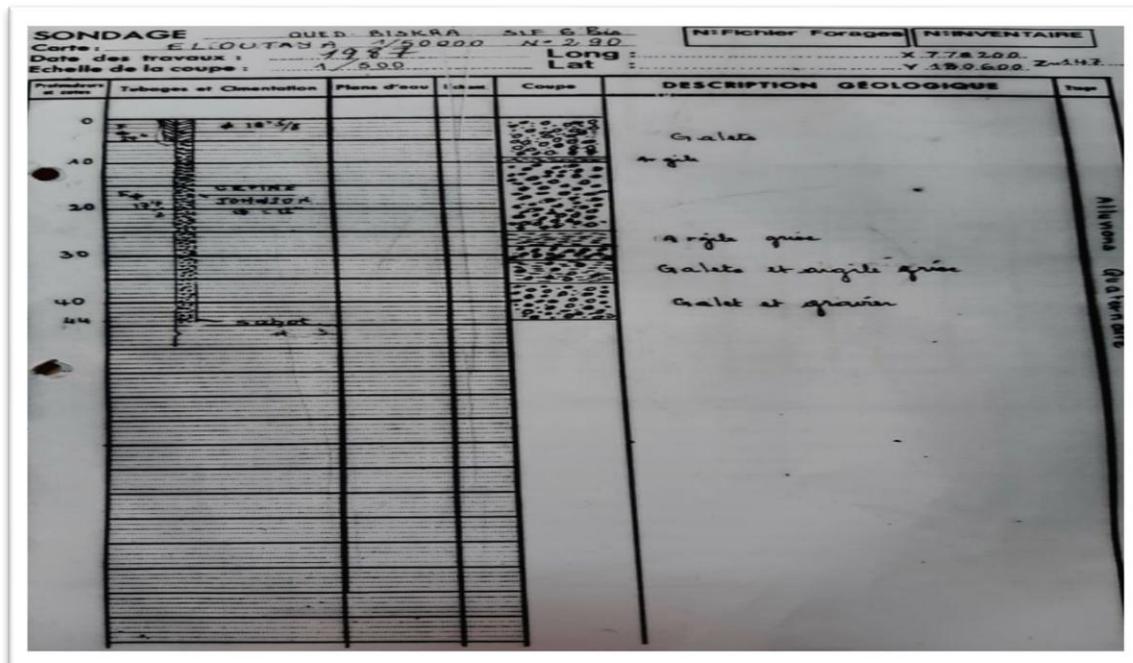
Description technique de forage SIF6 BIS6 (champ captant Oued El Hai) :

Année de réalisation	Coordonnées	Profondeur (m)	Débit L/S	N.D	N.S	Observation
1987	34° 52' 58,3'' 05° 44' 22,0''	70	Q1=22	70	13	Forage en service

En 2019 :

Mois	Débit pondéré (l/s)	Volume produit (m3)	Débit exploité (l/s)	Volume perdu (m3)
Janvier	22	0	0	58925
Février	22	0	0	53222
Mars	22	0	0	58925
Avril	22	0	0	57024
Mai	22	0	0	58925
Juin	22	0	0	57024
Juillet	22	0	0	58925
Août	22	0	0	58925
Septembre	22	0	0	57024
Octobre	22	0	0	58925
Novembre	22	0	0	57024
Décembre	22	0	0	58925

Coup géologique :



ANNEX 2

1. Variation de potentiel hydrogène (pH) :

Champ captant	Point d'eau de production (point de prélèvements)	Normes	Années				
			2017	2018 (1)	2018 (2)	2019 (1)	2019 (2)
Oued Alhai	Forage environnement 1	6,5-8,5	7	7	8	8	8
	Forage environnement 2		8	8	/	8	
	Forage Oued Alhai F3		8	8	7	8	8
	Forage Oued Alhai sif 4		8	7	/	8	8
	Forage Oued Alhai F2		7	7	/	8	8
	Forage Oued Alhai B1		7	8	8	8	8
	Forage Oued Alhai F1		8	7	/	8	/
	Forage Oued Alhai B1 bis		8	8	8	8	8
	Forage Oued Alhai sif 6 bis		7	7	8	8	/
	Forage Oued Alhai F4		8	8	/	7	/
	Nombre d'analyses	10	13	6	10	6	

ANNEX 2

2. Variation de la conductivité $\mu\text{s}/\text{cm}$:

Champ captant	Point d'eau de production (point de prélèvements)	Normes	Années				
			2017	2018 (1)	2018 (2)	2019 (1)	2019 (2)
Oued Alhai	Forage environnement 1	2800		2658	2105	3120	2690
	Forage environnement 2			2086	/	3170	/
	Forage Oued Alhai F3			3250	2571	3250	2940
	Forage Oued Alhai sif 4			2576	/	3180	3200
	Forage Oued Alhai F2			2257	/	2700	2780
	Forage Oued Alhai B1			2497	2445	2720	2790
	Forage Oued Alhai F1			2433	/	2665	/
	Forage Oued Alhai B1 bis			2633	2400	2603	3080
	Forage Oued Alhai sif 6 bis			2497	1874	2988	/
	Forage Oued Alhai F4			2355	/	2380	/
	Nombre d'analyses	10	13	6	10	6	

ANNEX 2

3. Variation de la dureté (TH) mg/l :

Champ captant	Point d'eau de production (point de prélèvements)	Normes	Années				
			2017	2018 (1)	2018 (2)	2019 (1)	2019 (2)
Oued Alhai	Forage environnement 1	500	1190	900	700	950	880
	Forage environnement 2		1300	700	/	950	/
	Forage Oued Alhai F3		920	940	940	940	930
	Forage Oued Alhai sif 4		670	800	/	920	950
	Forage Oued Alhai F2		880	550	/	750	780
	Forage Oued Alhai B1		1050	930	940	700	800
	Forage Oued Alhai F1		1200	880	/	830	/
	Forage Oued Alhai B1 bis		1000	1030	650	850	870
	Forage Oued Alhai sif 6 bis		1130	740	600	880	/
	Forage Oued Alhai F4		710	750	/	840	/
	Nombre d'analyses	10	13	6	10	6	

ANNEX 2

4. Variation du calcium (Ca⁺⁺) mg/l :

Champ captant	Point d'eau de production (point de prélèvements)	Normes	Années				
			2017	2018 (1)	2018 (2)	2019 (1)	2019 (2)
Oued Alhai	Forage environnement 1	200	236	180,4	120,2	212,4	196,4
	Forage environnement 2		393	160,3	/	228,5	/
	Forage Oued Alhai F3		200,4	216,4	208,4	216,4	192,4
	Forage Oued Alhai sif 4		160	176,4	/	200,4	200,4
	Forage Oued Alhai F2		200	160,3	304,1	160,3	176,4
	Forage Oued Alhai B1		164	208,4	/	168,4	180,4
	Forage Oued Alhai F1		408,8	285,1	/	188,4	/
	Forage Oued Alhai B1 bis		144	216,4	140,3	188,4	184,3
	Forage Oued Alhai sif 6 bis		348,7	160,3	108,2	180,4	/
	Forage Oued Alhai F4		180	160,3		180,4	/
	Nombre d'analyses	10	13	6	10	6	

ANNEX 2

5. variation du magnésium (Mg++) mg/l :

Champ captant	Point d'eau de production (point de prélèvements)	Normes	Années				
			2017	2018 (1)	2018 (2)	2019 (1)	2019 (2)
Oued Alhai	Forage environnement 1	150	145	109,4	97,24	102,1	94,92
	Forage environnement 2		78	72,94	/	92,36	/
	Forage Oued Alhai F3		102,1	97,25	102,1	97,25	109,4
	Forage Oued Alhai sif 4		66	87,52	/	102,1	109,4
	Forage Oued Alhai F2		92	60,78	/	85,09	82,66
	Forage Oued Alhai B1		156	99,67	107	68,07	85,09
	Forage Oued Alhai F1		39	114,3	/	87,62	/
	Forage Oued Alhai B1 bis		155,6	119,3	72,94	87,62	99,68
	Forage Oued Alhai sif 6 bis		63,21	82,6	80,23	104,5	/
	Forage Oued Alhai F4		63	85,09	/	94,82	/
	Nombre d'analyses	10	13	6	10	6	

ANNEX 2

6. Variation d'Alcalinité (TAC) mg/l :

Champ captant	Point d'eau de production (point de prélèvements)	Normes	Années				
			2017	2018 (1)	2018 (2)	2019 (1)	2019 (2)
Oued Alhai	Forage environnement 1	/	212	192	125	169	188
	Forage environnement 2		216	133	/	176	/
	Forage Oued Alhai F3		173	173	188	173	192
	Forage Oued Alhai sif 4		184	192	/	173	196
	Forage Oued Alhai F2		196	188	/	157	188
	Forage Oued Alhai B1		204	188	188	227	188
	Forage Oued Alhai F1		207	327	/	173	/
	Forage Oued Alhai B1 bis		208	192	137	165	167
	Forage Oued Alhai sif 6 bis		161	227	122	169	/
	Forage Oued Alhai F4		192	188	/	188	/
	Nombre d'analyses	10	13	6	10	6	

ANNEX 2

7. variation des Chlorures (Cl⁻ mg/l) :

Champ captant	Point d'eau de production (point de prélèvements)	Normes	Années				
			2017	2018 (1)	2018 (2)	2019 (1)	2019 (2)
Oued Alhai	Forage environnement 1	500	259	332	358	340,6	271,1
	Forage environnement 2		438	410	/	344,1	/
	Forage Oued Alhai F3		337	355	267	354,5	298,9
	Forage Oued Alhai sif 4		559	312		337,2	319,8
	Forage Oued Alhai F2		406	270		277,3	267,6
	Forage Oued Alhai B1		616	295	297	287,7	277,1
	Forage Oued Alhai F1		417	329		281,3	/
	Forage Oued Alhai B1 bis		569	302	271	271,1	278,1
	Forage Oued Alhai sif 6 bis		434	307	282	274,6	/
	Forage Oued Alhai F4		647	268	/	250,3	/
	Nombre d'analyses	10	13	6	10	6	

ANNEX 2

8. variation de la variation des sulfates (SO₄) mg/l :

Champ captant	Point d'eau de production (point de prélèvements)	Normes	Années				
			2017	2018 (1)	2018 (2)	2019 (1)	2019 (2)
Oued Alhai	Forage environnement 1	250	124	78,5	84,98	107,2	95,23
	Forage environnement 2		123	117,3	/	111,9	/
	Forage Oued Alhai F3		94,14	105	120	105	113
	Forage Oued Alhai sif 4		108,2	85,88	/	94,14	149,1
	Forage Oued Alhai F2		112	77,49	/	100,1	92,24
	Forage Oued Alhai B1		114,2	114	99,74	84,85	174,5
	Forage Oued Alhai F1		90,13	167,8	/	109,3	/
	Forage Oued Alhai B1 bis		138	107	75,29	88,71	95,37
	Forage Oued Alhai sif 6 bis		100	88,88	145,8	97,31	/
	Forage Oued Alhai F4		111,8	85,21	/	104,2	/
	Nombre d'analyses	10	13	6	10	6	

ANNEX 2

9. variation des nitrates (NO₃⁻) mg/l :

Champ captant	Point d'eau de production (point de prélèvements)	Normes	Années				
			2017	2018 (1)	2018 (2)	2019 (1)	2019 (2)
Oued Alhai	Forage environnement 1	50	28,6	0,664	10,63	0,31	22,98
	Forage environnement 2		29,2	0,443	/	1,32	/
	Forage Oued Alhai F3		0,07	0,98	0,714	0,98	24,96
	Forage Oued Alhai sif 4		8,9	18,3	/	0,07	26,77
	Forage Oued Alhai F2		31	9,53	/	0,057	34,73
	Forage Oued Alhai B1		30,1	0,035	0,434	0,708	27,69
	Forage Oued Alhai F1		18,5	0,974	/	0	/
	Forage Oued Alhai B1 bis		26,5	0,035	10,63	0	28,37
	Forage Oued Alhai sif 6 bis		10,2	0,02	/	0	/
	Forage Oued Alhai F4		21	0,177	/	3,119	/
	Nombre d'analyses	10	13	6	10	6	

ANNEX 2

10. Variation du résidu sec (mg/l):

Champ captant	Point d'eau de production (point de prélèvements)	Normes	Années				
			2017	2018 (1)	2018 (2)	2019 (1)	2019 (2)
Oued Alhai	Forage environnement 1	/	2500	1440	2280	1880	1400
	Forage environnement 2		1750	2360	/	3130	/
	Forage Oued Alhai F3		1660	1760	1420	1760	1500
	Forage Oued Alhai sif 4		1700	1000	/	1660	1640
	Forage Oued Alhai F2		3000	1120	/	1480	1500
	Forage Oued Alhai B1		2400	1570	1400	1500	1300
	Forage Oued Alhai F1		1800	1360	/	1500	/
	Forage Oued Alhai B1 bis		1800	1600	2280	1400	1500
	Forage Oued Alhai sif 6 bis		2000	1200	/	1500	/
	Forage Oued Alhai F4		1800	1440	/	1200	/
	Nombre d'analyses	10	13	6	10	6	