

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Oran 2 Mohamed Ben Ahmed



Faculté des Sciences de la Terre et de l'Univers
Département de Géologie

Mémoire
Présenté pour l'obtention du grade
Master 2

Option : **Hydrogéologie et Environnement**

Thème

Contribution à l'étude hydrogéologique de la Source
Ain Bent Soltane
Wilaya de Saïda (Nord-Ouest De l'Algérie)

Présenté par :

M^{elle} BOUTALEB Meriem

Devant la commission d'examen :

Mr. SAFA. A	MCA	Univ. Oran 2	Président
Mme. ABLAOUI. H	MAA	Univ. Oran 2	Rapporteur
Mr. BORSALI. T	MAA	Univ. Oran 2	Examineur

Oran 2020

Remercîments

Tout d'abord je tiens à remercier le bon dieu pour m'avoir donné le courage, la force et la volonté pour réussir et de m'avoir éclairci le chemin tout au long de ma vie.

Je remercie mes chers parents ; Aucune dédicace ne serait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous.

Je vous dois ce que je suis aujourd'hui grâce à vos amours, à vos patiences et vos innombrables sacrifices.

*Je tiens à exprimer mes chaleureux remerciements à mon encadreur Madame **ABLAOUI.H** d'avoir proposé le sujet et pour avoir encadré et suivi mon travail, ainsi que Monsieur **BORSSALI.T**, professeur à la faculté des Sciences de la Terre et de l'Univers de l'Université d'Oran 2 qui m'a fait l'honneur d'être parmi le jury et d'avoir examiné mon travail.*

*Je tiens à remercier Monsieur **SAFA.A**, professeur à la faculté des Sciences de la Terre et de l'Univers de l'Université d'Oran 2, qui m'a fait l'honneur de présider le jury. Et tous les Enseignants du département de géologie.*

Ainsi que tous Mes enseignants tout au long de mes études.

*Je tiens aussi à remercier Monsieur **DJABALLAH.H** chef département régional à ABH des redevances et affaires juridiques pour son aide*

*Je remercie Monsieur **BAKORA.N** pour son aide.*

Je n'oublie pas non plus tous mes amies qui m'ont toujours encouragé.

Je tiens mon remerciements à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin, à tous ceux qui m'ont encadré, à tous ceux qui m'ont encouragé, à tous ceux qui m'ont accordé leur confiance, à tous ceux qui m'ont montré leur intérêt.



À vous tous MERCI !!



Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

*À mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leurs amours, leurs tendresses,
leurs soutiens et leurs prières tout au long de ma vie,*

À ma sœur Hanene et mon frère Brahim El Khalil

Et toute ma famille

À mes collègues de Master Hydrogéologie

Années promotion 2020

Ainsi qu'à tous ceux que j'ai connu dans Ma vie

*À la fin je dédie très chaleureusement tout l'équipe pédagogique de
département géologie, l'Université Oran 2 Mohamed Ben Ahmed*

BOUTALEB MERIEM



Sommaire

Introduction Générale.....	1
----------------------------	---

Chapitre I : Considération Générale

I- Introduction	3
1. Situation Géographique Générale	3
2. Situation géographique Locale.....	4
II- Cadre géologique et stratigraphique de Saida	5
1. Le Primaire	5
2. Le Secondaire	5
a. Trias	5
b. Le Jurassique	8
b.1. Le Jurassique inférieur	8
b.2. Le Jurassique moyen	8
b.3. Le Callovo- Oxfordien et Lusitanien.....	8
b.4. Le Kimméridgien	8
3. Le Tertiaire.....	8
4. Cénozoïque	9
4.1. Le Néogène et le Quaternaire.....	9
III. La tectonique	11
IV. La géomorphologie	13
a)- Zones montagneuses	13
b)- Zone platoïde	13
c)- Une vallée (Oued Saida)	13
V. Le réseau hydrographique	14
VI. Cadre Climatique	15
1. Les paramètres climatiques	15
1.1. Précipitations moyennes mensuelles	15
1.2. La Température	16
1.3. Le vent	18
1.4. Humidité relative de l'air	19
2. Etude de climat.....	20
2.1. La courbe pluviothermique	20
2.2. Les indices climatiques.....	21
a .L'indice d'aridité de DE MARTONNE	21
b. Indice de STEWART	23
c. Indice de PAUL MORAL	23
d. Climagramme de LOUIS EMBERGER	24

3. Le bilan hydrique	26
3.1. Le déficit d'écoulement	26
3.1.1. Méthode de TURC	26
3.1.2. Méthode de COUTAGNE	26
3.1.3. Méthode de P. VERDEIL	27
3.1.4. Méthode de THORNTHWAITE	28
a. Evapotranspiration potentielle	28
b. Evapotranspiration réelle (E.T.R.)	28
VII. Conclusion	31

Chapitre II : Hydrologie et Hydrogéologie

I- Introduction	32
II. Présentation du bassin versant de l'Oued Saida	32
1. Surface et périmètre du bassin versant	34
2. Caractéristiques morphométriques de l'Oued Saida	34
3. Caractéristiques de formes	34
3.1. Coefficient de compacité de GRAVELIUS	34
4. Caractéristiques du relief	35
4.1. Courbe hypsométrique	35
5. Réseau hydrographique	36
5.1. Hiérarchisation du réseau	36
5.2. Densité de drainage Dd	38
5.3. Rapport de Longueur	39
5.4. Rapport de confluence (Rc)	39
5.5. Fréquence des cours d'eau (F)	39
5.6. Coefficient de torrencialité	39
5.7. Temps de concentration	40
5.8. Coefficient d'allongement (E)	40
III. Etude hydrogéologique de secteur d'étude	41
1. Réservoirs potentiels	41
2. Description des aquifères	42
2.1. Aquifère du Jurassique inférieur	42
2.2. Aquifère du Bajo-Bathonien	42
2.3. Aquifère du Callovo-Oxfordien	42
2.4. Aquifère du Lusitanien	42
2.5. Aquifère du Kimméridgien	42
2.6. Aquifère du Crétacé	42
2.6.1. Aquifère du Barrémien	42
2.6.2. Aquifère du Sénonien	42
2.7. Aquifères du Tertiaire et du Plio-Quaternaire	43
2.7.1. Aquifère du Tertiaire continental	43

2.7.2. Aquifères du Plio-Quaternaire	43
3. Hydrogéologie de l'aquifère karstique de Saida	45
3.1. Conditions aux limites.....	45
a)- Limites latérales	45
b)- Limites verticales	45
4. La recharge et la décharge de la nappe	47
4.1. La recharge de la nappe karstique de Saida	47
4.2. La décharge de la nappe karstique de Saida.....	47
5. Les paramètres hydrodynamiques	47
5.1. La transmissivité	47
5.2. Coefficient d'emmagasinement.....	48
6. Piézométrie de la nappe karstique de Saida	48
7. Localisation des sources drainantes par la nappe karstique	52
8. Caractéristiques hydrogéologiques de la source Ain Bent-Soltane	54
8.1. Le système drainant.....	54
8.2. Les galeries captantes.....	55
 IV. Conclusion	 57

Chapitre III : Hydrochimie

I. Introduction.....	59
 II. Principaux paramètres de potabilité des eaux souterraines	 59
1-Caractéristiques Organoleptiques	59
1.1. La Couleur.....	59
1.2. L'Odeur	59
1.3. L'électro-neutralité des eaux de la source Ain Bent-Soltane	60
2. Les paramètres Physico-chimiques	61
2.1. Paramètres physiques	61
2.1.1. La température.....	61
2.1.2. Le PH	62
2.1.3. La conductivité.....	62
2.2. Les paramètres chimiques	63
2.2.1. Dureté ou Titre hydrométrique (<i>TH</i>)	63
2.2.2. Caractéristiques des éléments chimiques majeurs	64
a. Les cations	64
b. les anions	64
2.2.3. La qualité de l'eau pour l'irrigation	65
III. Représentations graphiques.....	65
1. Le diagramme de PIPER	65
2. Le diagramme de SCHOELER	66
3. Diagramme de Stabler	67
4. Diagramme de Stiff	68
 IV. Etude des rapports caractéristiques	 68
 V. Les indices de saturations.....	 69

VI. Etude comparative de la source Ain Bent-Soltane et les autres sources avoisinantes	70
1. Les Paramètres organoleptiques	70
a. La couleur	70
b. L'odeur	70
2. Les paramètres physico-chimiques	70
a. Le Ph	70
b. La température	70
c. Balance ionique et faciès chimiques des points d'eaux	71
d. La dureté	72
3. La qualité des eaux en fonction de l'alcalinisation et salinisation	73
4. Représentations graphiques	73
a. Diagramme de Piper	73
b. Diagramme de Scholler	74
c. Diagramme de Stabler	74
d. Diagramme de Stiff	75
5. Etude des rapports caractéristiques	75
6. Etude des cartes iso-teneurs	76
1. Les cations	76
1.1. Calcium	76
1.2. Magnésium	78
2. Anions	79
2.1. Chlorure	79
2.2. Les Bicarbonate	80
2.3. Sulfates	81
2.3. La teneur en nitrates	82
VII. Etude Statistique	83
1. Etudes des éléments majeurs	83
2. Matrice de corrélation	83
3. Analyses en composantes principales	84
IX. Conclusion	85
Conclusion Générale	86

Introduction Générale

L'eau est devenue, ces dernières années pour de nombreux pays dont l'Algérie, une problématique d'ordre stratégique. En effet, l'Algérie est confrontée aujourd'hui à un manque d'eau important dû à la semi-aridité de son territoire, aux faibles précipitations et à la sécheresse qui sévit d'année en année. L'érosion hydrique en Algérie, varie d'une région à l'autre. La partie ouest du pays est la plus érodée, où l'érosion touche 47% de l'ensemble des terres, suivie du centre 27% et de l'est 26%. La forme la plus grave de l'érosion en Algérie est l'érosion par ravinement du réseau d'écoulement qui peut représenter à elle seule plus de 50 % de l'apport solide annuel.

La rareté de l'eau douce et son inégale répartition géographique provoquent des conflits juridiques et politiques entre de nombreux pays et bien des communautés humaines. Elle est tellement précieuse que l'or a pris la couleur bleue.

L'eau recouvre 70% de la surface de la Terre, d'où elle vient de son nom « la planète bleue » de cela l'eau est convoitée plus qu'une autre ressource, elle est disponible en quantités strictement fixes, sa rareté maintient des populations entières dans des trappes à pauvreté, et alimente des conflits politiques qui peuvent aller éventuellement jusqu'aux conflits armés.

L'Algérie est classée parmi les pays qui ont les ressources en eau les plus limitées au monde (le rapport de Banque Mondiale, 2015) et avec la mauvaise gestion des ressources actuelles et la crise climatique "la chasseresse", L'Algérie risque d'affronter le stress hydraulique d'ici 2040, de plus de ça, le problème de la pollution des eaux représente sans aucun doute un des aspects les plus inquiétants de la crise globale de l'environnement.

L'hydrogéologie c'est l'une des sciences essentielle dans l'estimation globale des ressources en eaux, afin de procurer à leur planification, aménagement et leur protection.

La mobilisation de la ressource hydrique pour les différents secteurs (alimentation en eau potable, irrigation et industrie) nécessite la mise en place de nouveaux barrages et retenues collinaires ainsi que l'étude des émergences surtout par rapport à leurs caractéristiques hydrogéologiques (recharge), hydrochimique (qualité de l'eau et potabilité) et hydrodynamique (mesure de débits).

La wilaya de Saida surnommée la ville des eaux à cause de ses sources. La source "Ain Bent-Soltane" l'un des exutoires de l'eau souterraines dans la commune de Saida.

Dans le cadre de cette étude, l'objectif est de mieux comprendre les caractéristiques géologiques, hydrologiques, hydrogéologiques et hydrochimiques de cette source.

- Le mémoire s'articule en trois chapitres :
 - ✓ Le premier chapitre relatif aux généralités, expose la situation géographique, géologique et les caractéristiques climatiques de la région d'étude.
 - ✓ Nous abordons le deuxième chapitre "contexte hydrologique et hydrogéologique" qui a été consacré aux caractéristiques hydrologique (forme du bassin, et le chevelu hydrographique) et la cartographie piézométrique qui montre la dynamique des eaux souterraines ainsi que la direction générale de l'écoulement.
 - ✓ Le dernier chapitre "hydrochimie" traite le chimisme de l'eau de la source ainsi que son degré de potabilité par comparaison avec d'autres points d'eaux avoisinantes.
 - ✓ Et le travail se clôture avec une conclusion générale.

I-INTRODUCTION

La région de Saïda satisfait une grande partie de ses besoins en eau de l'exploitation des formations aquifères carbonatées des terrains jurassiques.

Les manifestations des phénomènes climatiques extrêmes de ces dernières années, sécheresses et crues, ont notablement altéré la quantité et la qualité des eaux emmagasinées.

1. Situation Géographique Générale (Fig.1)

Notre région d'étude se situe dans la wilaya de Saida, qui couvre une superficie totale de 6765 km², localisée au Nord-ouest de l'Algérie.

- Le territoire de la région de Saida est délimité par les wilayas suivantes :
 - Au Nord : wilaya de Mascara.
 - Au Sud : wilaya d'El Bayadh.
 - A l'Est : wilaya de Tiaret.
 - A l'Ouest : wilaya de Sidi Bel Abbés.
- La wilaya de Saida est constituée de six daïras et de seize communes, qualifiée de territoire hybride, Elle est surnommée la ville des eaux, à cause de ses sources.



Fig.1 : Localisation de la région d'étude (BRIZINI.Z.BEDDANE.Y, 2019).

2. Situation géographique Locale: (Fig.2)

La source Ain Bent-Soltane est une source d'écoulement qui alimente partiellement la ville de Saïda. Elle est située dans le bassin versant de l'Oued de Saïda.

Ce bassin est Orienté Sud-Nord, en exceptant la partie la plus au Nord qui est de direction (SE-NW). Il constitue une limite naturelle entre les monts de Daïa et ceux de Saïda. C'est un domaine de hauts plateaux, formant l'avant-pays de la chaîne alpine d'Algérie.

➤ La source Ain Bent-Soltane a les coordonnées suivantes :

$$X(m) = 268,250 ; Y(m) = 173,050 ; Z(m) = 829$$

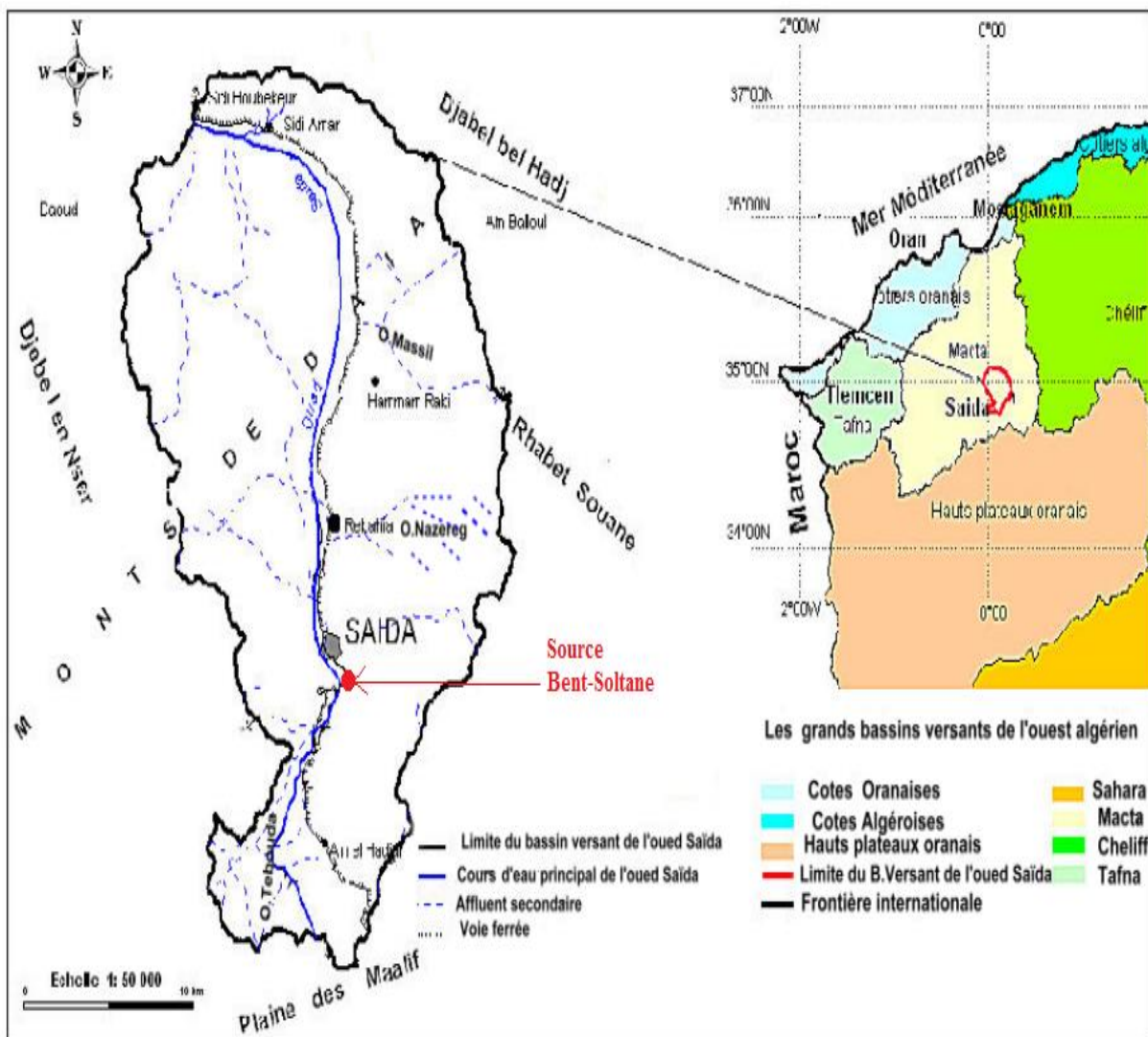


Fig.2 : Localisation de la zone d'étude (ANTEUR.D. LABANI.A.2014).

II. Cadre géologique et stratigraphique de Saida : (Fig. 3,4 ,5 et 6)

La géologie joue un rôle essentiel dans toutes les phases d'exécution d'un programme de mise en valeur des ressources en eaux. Elle permet de traiter la composition, la structure, l'histoire et l'évolution des couches externes de la Terre.

La région de Saida est caractérisée par une géologie diversifiée, représentée par des terrains allant du Primaire au Plio-Quaternaire. Elle est constituée principalement de formations du Jurassique (dolomies, argiles gréseuses, marnes, calcaires ...) avec quelques roches éruptives et des formations d'âge primaire; les dépressions sont constituées par des alluvions du Quaternaire. (In *FELLE.N*, 2018).

Les roches (principalement des dolomies et des calcaires) sont très karstifiées d'après *Decamps (1973)*. Elles sont recouvertes par l'épaisse formation « argilo gréseuse » du Callovo-Oxfordien au niveau de la vallée de l'Oued Saïda, et par endroits, par des formations non consolidées plus récentes (Quaternaire et Plio-Quaternaire).

1. Le Primaire :

Il est représenté par des schistes et quartzites avec la présence d'intrusions granitiques et granulitiques et de coulées de laves basaltiques. Les schistes et quartzites de Tifrit sont divisés en 3 groupes :

- quartzites multicolores, noires, rouges en bancs de 10 à 20 cm d'épaisseur surtout développés vers la base de la formation schisteuse de Tifrit ainsi que Ain Soltane.

- schistes plus au moins siliceuse se développant particulièrement dans les zones concentriques des massifs granitiques qui affleurent dans la vallée de Oued Tifrit et dans les grandes vallées.

- schistes noirs, en contact souvent avec le jurassique. (In *FELLAH.N*, 2018).

2. Le Secondaire :

Les formations du Secondaire sont représentées par un complexe de roches volcaniques et sédimentaires.

a. Trias :

Il repose en discordance sur les terrains primaires, la série du Trias est recouverte par différents niveaux du Jurassique et des dépôts du Plio-Quaternaire. Il dessine le môle de Tifrit. Le Trias est formé de trois membres ; dont deux sont sédimentaires et le troisième basaltique.

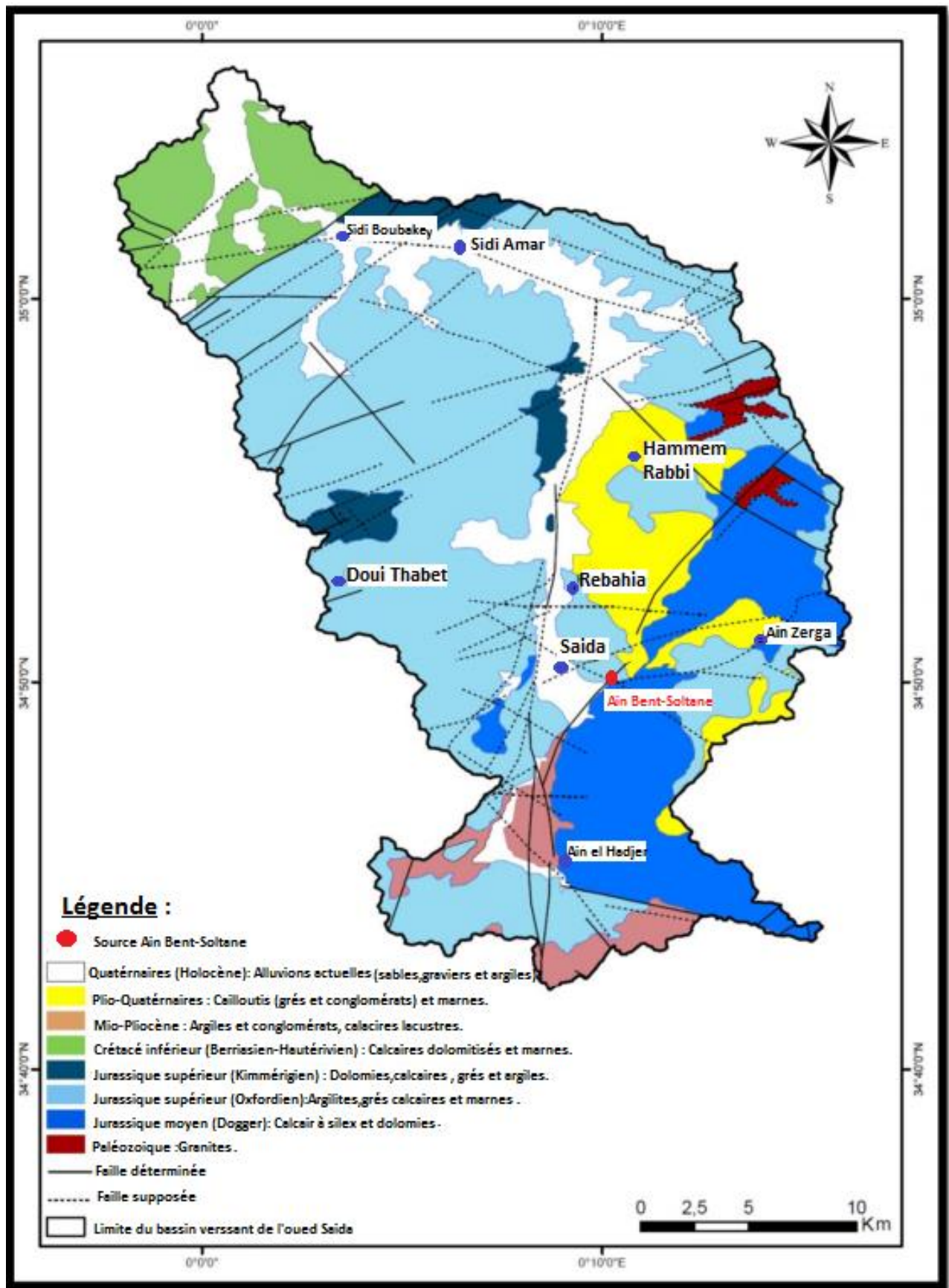


Fig.3 : Carte Géologique du bassin versant de l'oued Saida.
 (D'après la carte géologique de l'Algérie au 1/200 000 établie par l'ANRH, 2008).

Âge	Log	Epaiss- eur	Description lithologique
Quaternaire		20 m	Limons plus ou moins schisteux et travertins
Tertiaire		75 m	Argiles briques sableuses ou gypseuses intercalés de calcaires et de graviers ou galets
Crétacé		100 m	Calcaires gris clairs à pâte fine très altérés à la partie superficielle
		30 à 40 m	Grès de Youb (ex. Berthelot)
JURASSIQUE		30 m	Dolomies de Sidi Boukeur Marno-calcaires de Basserat Calcaires de Stah Dolomies de Tiemen Calcaires de Zarfit
		180 m	Grès de Sidi Amar (ex. Franchetti) avec de rares passées carbonatées et des argiles sableuses.
		180 à 350 m	Argiles de Saida : série argilo-gréseuse à dominance argileuse
		110 à 150 m	Dolomies supérieures ou Calcaires de Balloul ; Dolomies cristallines et calcaires fissurés
		15 à 25 m	Marno-calcaires de Keskes
		30 à 50 m	Dolomies de Tiffrit ou Dolomies inférieures: Dolomies cristallines bréchiques avec argiles
Trias			Argiles salines, Grès- argileux, Basalte
Primaire			Schistes-granite- rhyolites-diorites

Fig.4 : Log-lithostratigraphique de la région de Saida. (MEDJBER.A, 2016).

b. Le Jurassique :

La couverture jurassique est subdivisée en trois membres (*G.PITAUD.1973*);

1- Membre carbonaté inférieur d'âge Jurassique inférieur et moyen dolomitique.

2- Membre détritique intermédiaire d'âge Callovo-oxfordien argileux gréseux et du Lusitanien gréseux.

3-Membre carbonaté supérieur d'âge Kimméridgien dolomitique.

b.1. Le Jurassique inférieur:

Il est largement répandu et constitue l'aquifère le plus important. Cette formation est mieux connue sous le nom de "dolomies de Tifrit".

b.2. Le Jurassique moyen (Dogger) :

Il affleure dans la partie orientale de Saida, où il couvre des superficies considérables aux environs des localités d'Ain Al Hadjar, Ain Zerga et Nazareg.

b.3. Le Callovo- Oxfordien et Lusitanien :

Le Callovo-Oxfordien est constitué par les "argiles de Saida" qui comportent quelques bancs gréseux. Cette formation est très répandue dans les vallées et principalement dans celle de l'Oued Saïda. En outre, cette formation apparaît en reliefs mous plus ou moins isolés sur le plateau et les flancs des vallées. (*BENCHERKI. A, 2008*).

Le Lusitanien est une formation de grès et d'argiles sableuses. Désignée sous le nom de «Franchetti» ou de «Sidi Amar», cette formation se présente en stratifications entrecroisées. Elle est considérée comme étant équivalente aux grès de Boumediene dans la région de Tlemcen (*BENCHERKI. A, 2008*).

b.4. Le Kimméridgien :

Il est très peu représenté dans la région, il affleure sous forme d'escarpements rocheux sur les versants des monts de Daïa.

La série est aussi appelée «dolomies de Sidi Boubekour», elle est équivalente aux dolomies de Tlemcen (Ouest d'Algérie) (*BENCHERKI. A, 2008*).

3. Le Tertiaire :

Il est constitué d'argiles de couleur brique sableuses ou gypseuses où s'intercalent des niveaux de calcaires lacustres et des niveaux à graviers ou galets plus ou moins lenticulaires. Il comble la dépression de chott chergui (épaisseur 75m). Le Miocène apparaît au sud et au sud-est de Saida, dans la plaine des Maalif.

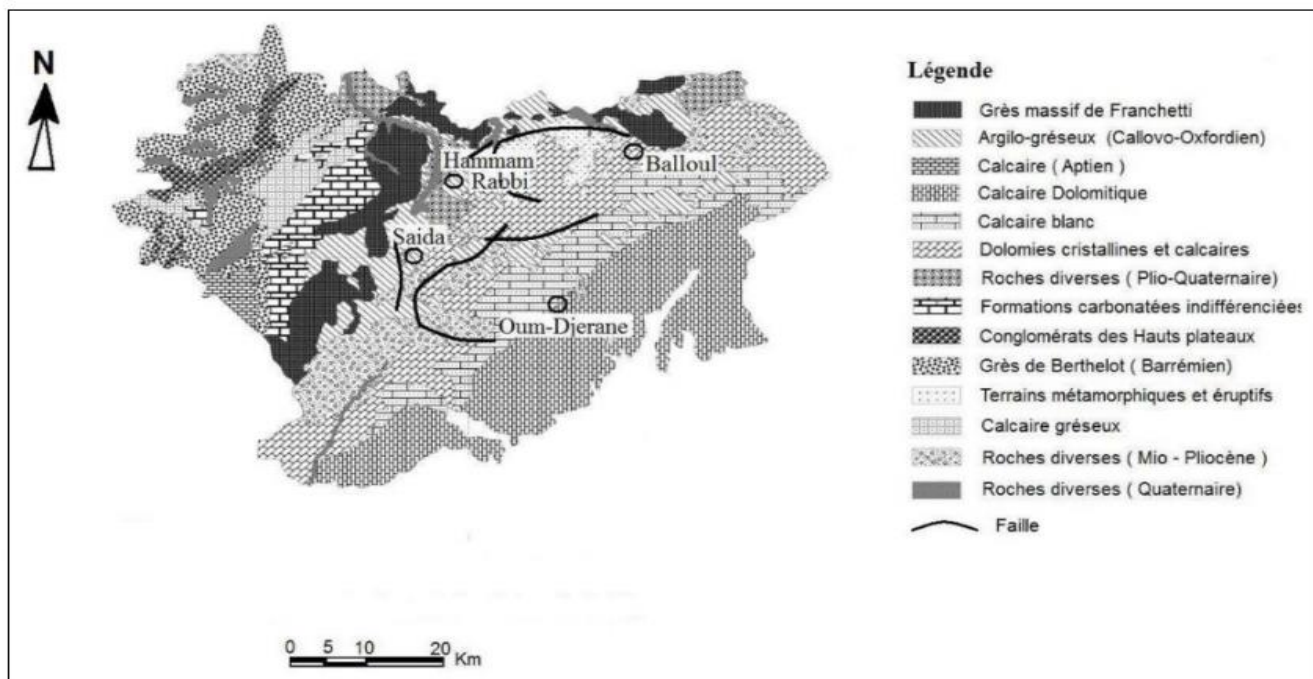


Fig.5 : Carte géologique de la région de Saida. (BERKANE.F, 2016).

4. Cénozoïque :

4.1. Le Néogène et le Quaternaire :

Les dépôts du Néogène et du Quaternaire sont représentés par des conglomérats, d'argiles, et de limons de croûtes calcaires remplissant les vallées des oueds de la région. Les dépôts quaternaires continentaux apparaissent le long de l'oued Saida constitués d'éléments grossiers ou limoneux. (In *DAHMANI.M.N*, 2016).

La vallée de l'oued Saïda représente la zone la plus complexe du bassin versant, qui est caractérisée par la grande faille de Saida qui atteint près de Saida 150m de profondeur ainsi en contact de la base des dolomies Bajo-Bathoniennes avec la série argilo-gréseuse du Callovo-Oxfordien vers l'Ouest et, donne naissance à de belles sources tell que la source d'Ain Bent-Soltane.

L'Aïn Bent-Soltane est une source d'écoulement située à l'Est de Saïda au contact faillé des dolomies Bajo-Bathoniennes et des argiles Callovo-Oxfordiennes, qui limite le fossé d'effondrement du Causse de Tidernatine., cette source alimente partiellement la ville de Saïda. (Fig.6).

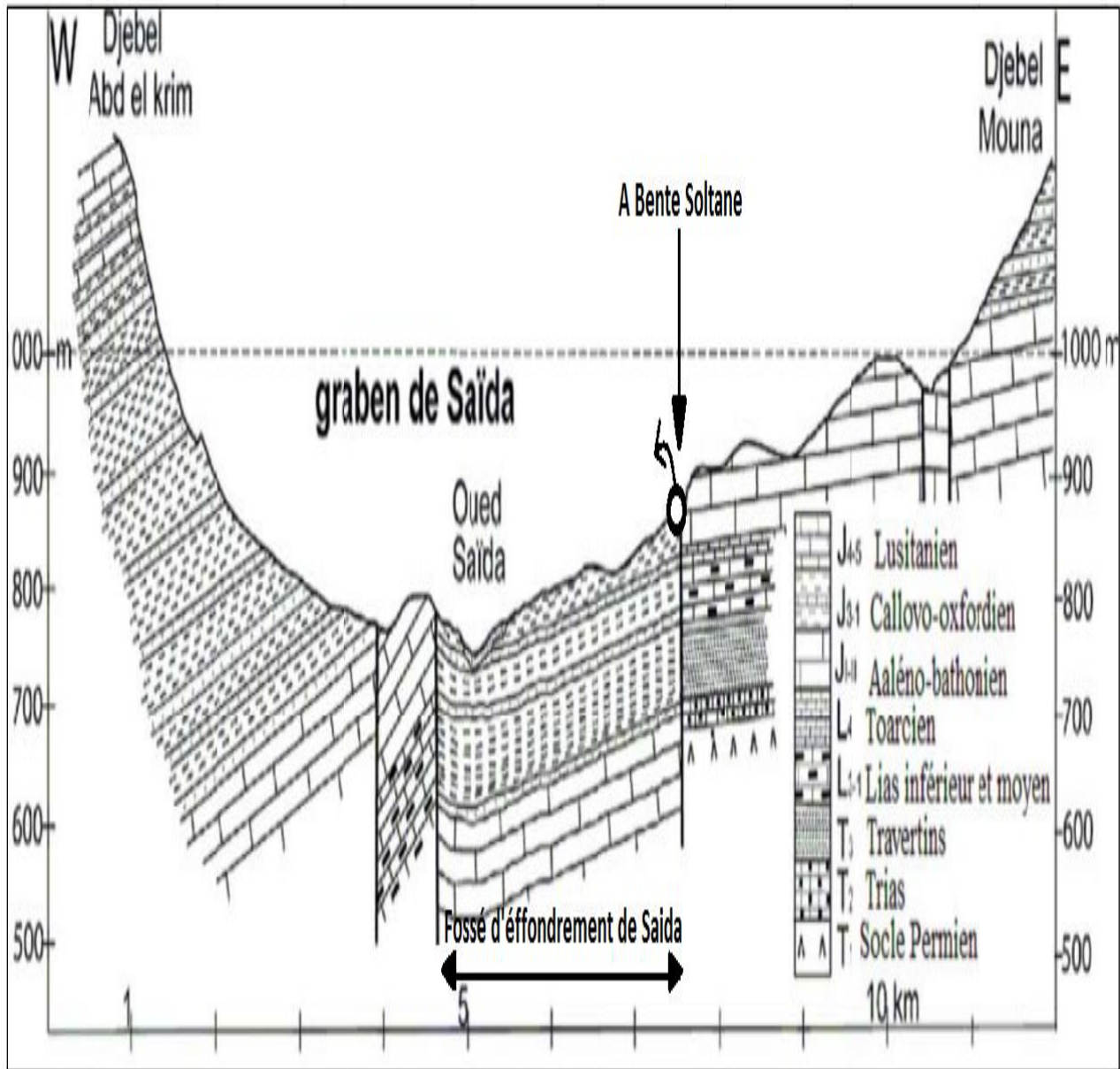


Fig.6: Coupe géologique au niveau de la vallée de l'oued Saïda (In DJIDI.K.2015).

III. La tectonique : (Fig.7, 8)

De très nombreuses failles sont distinguées par la géologie et la géophysique mettant en évidence la tectonique cassante des terrains carbonatés avec constitution des blocs dolomitiques de dimensions et de formes extrêmement variées, décalés les uns par rapport aux autres dans tous les plans.

Certaines zones tectoniques plus riches en failles peuvent être dégagées. Elles ont une forme générale allongée Nord–Sud dans la vallée de Saïda et Sud–Ouest - Nord–Est sur le reste de la région.

La vallée de l'oued Saïda correspond à un vaste anticlinal faillé de direction atlasique (E-W à WSW-ENE) se noyant au Nord et au Sud. Un réseau de failles découpe la région en de nombreux panneaux parallélépipédiques, à la faveur d'accidents subparallèles orientés NNE-SSW.

Les roches du flanc S-E de l'anticlinal des monts de Saïda sont affectées par un pendage très faible et vont s'enfoncer sous le Tertiaire de Chott Chergui (Elmi et Benest, 1978). Par contre les roches du flanc N-E sont affectées par un pendage faible et des accidents subverticaux d'orientation générale NE-SW laissant apparaître les dolomies du Bajo-Bathonien.

Les plissements de la chaîne tellienne ont engendré aussi une tectonique cassante qui affecte les roches carbonatées. Elle a eu comme résultat la constitution de blocs dolomitiques de dimensions et de formes extrêmement variées. Certains de ces blocs se sont effondrés, alors que d'autres apparaissent sous forme de horst. La nappe karstique est libre au niveau des horsts et captive dans les vallées, sous les terrains de recouvrement plus récents. (BENCHERKIA, 2008).

Cette tectonique assez développée accentue le taux d'infiltration des eaux souterraines. Par ailleurs, le système de fracturation très développé est en grande partie à l'origine du développement du karst caractérisant la zone de Saïda. (BENCHERKIA, 2008).

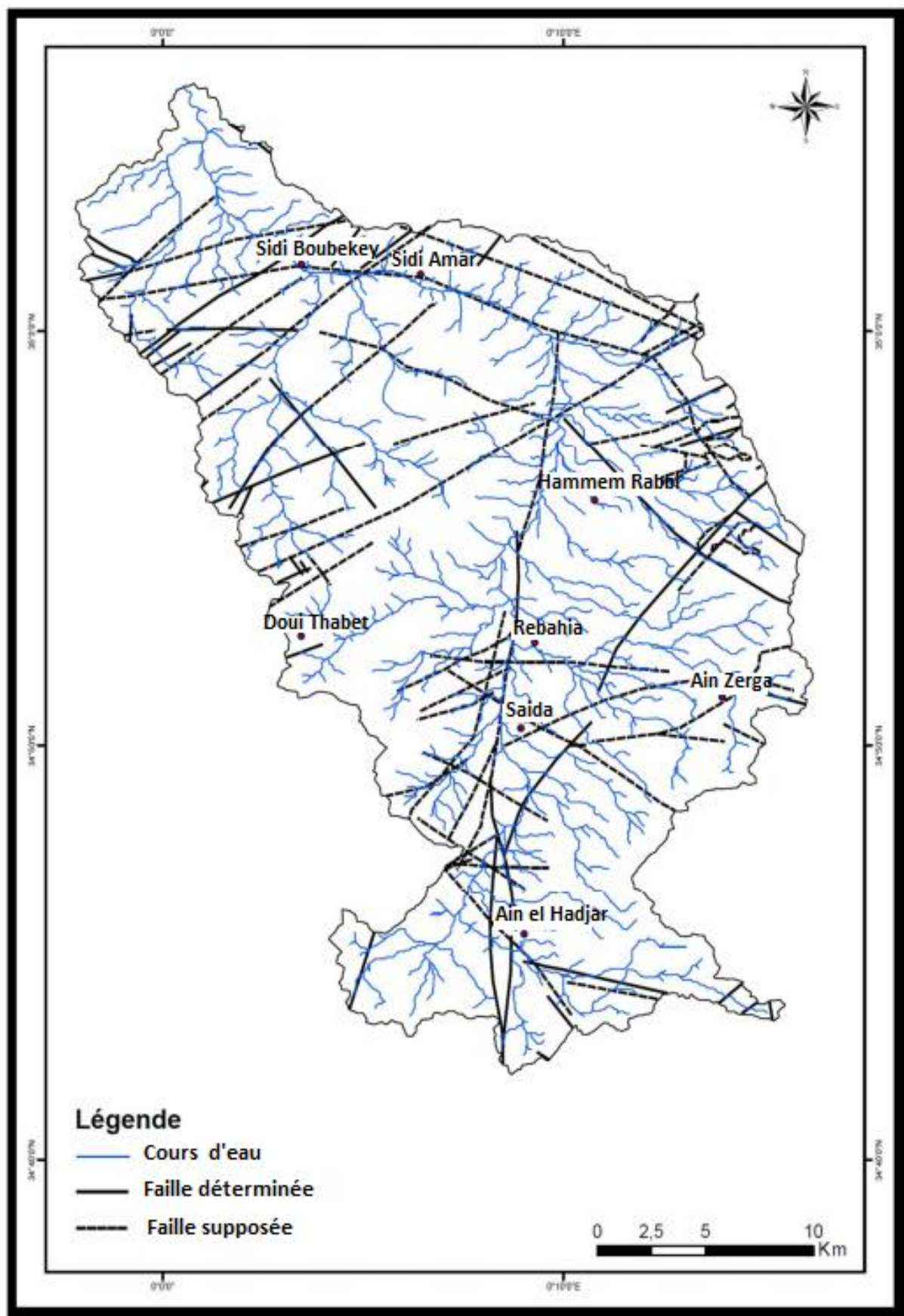


Fig.7: Carte structurale du bassin versant de l’oued Saida (d’après la carte géologique de l’Algérie au 1/200 000 établie par l’ANRH, 2008).

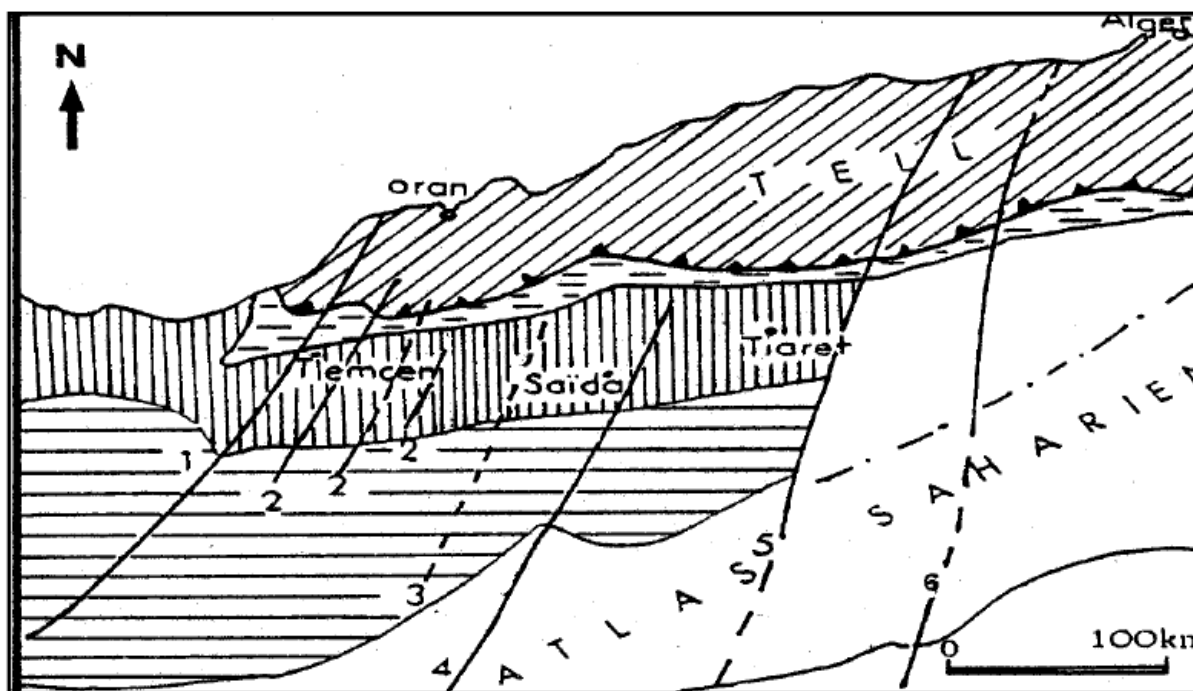


Fig.8 : Grands traits de la structure de l'Algérie du NW, in ELM I (1971).

(1) Transversale de la Tafna, (2) Décrochements des Monts de Tlemcen, (3) Transversale d'Ain Tellout, (4) Transversale d'Aïn Sefra-Saïda (5) Transversale d'El Bayadh- Tiaret, (6) Transversale de Teniet El Had.

IV. La géomorphologie:

Le relief propose une diversité considérable. Il est à distinguer trois types de terrains d'après leur aspect géomorphologique.

a)- Zones montagneuses

Elles sont formées essentiellement par la chaîne de Djebel Sidi Youssef d'une altitude de 1338m et d'orientation Sud-Ouest Nord-Est, une légère concavité apparaît dans la région d'Oum Djerane et de Ghar Amira. Elle abrite un bassin topographique connectée, à la perte de Ghar Amira.

b)- Zone platoïde

Elle englobe les plateaux d'Ain Sultane, de Tidernatine, les plaines d'Oum-Djane et de Tamesna.

c)- Une vallée (Oued Saïda)

La vallée de l'Oued Saïda est d'orientation Sud-Nord et d'une altitude de 800 m (hormis la partie la plus au Nord orientée Sud-Est / Nord-Ouest).

V. Le réseau hydrographique : (Fig.9)

Le réseau hydrographique se définit comme l'ensemble des cours d'eau naturels ou artificiels, permanents ou temporaires, qui participent à l'écoulement. Le réseau hydrographique, est sans doute une des caractéristiques les plus importantes du bassin. Il peut donc prendre une multitude de formes.

On remarque une forte densité du réseau hydrographique(Fig.9) qui se justifie par l'existence des pentes plus fortes et une formation superficielles moins perméables, accroissant les grandes exportations des terres qui sont liées aux ruissellements.

On distingue quatre principaux cours d'eaux sont : l'Oued Hasna qui aboutit à l'Oued Guernida au Nord et l'Oued Tifrit qui aboutit à oued Sidi Mimoun à l'Est et au Nord-Est.

D'autre Oueds de moindre importance parcourent l'espace communal : il s'agit d'Oued Chaaba, d'Oued Belguerinat, d'Oued Ain Soltane. Ces Oued sont intermittents et constituent les affluents pour les principaux Oueds, notamment en période de crue.

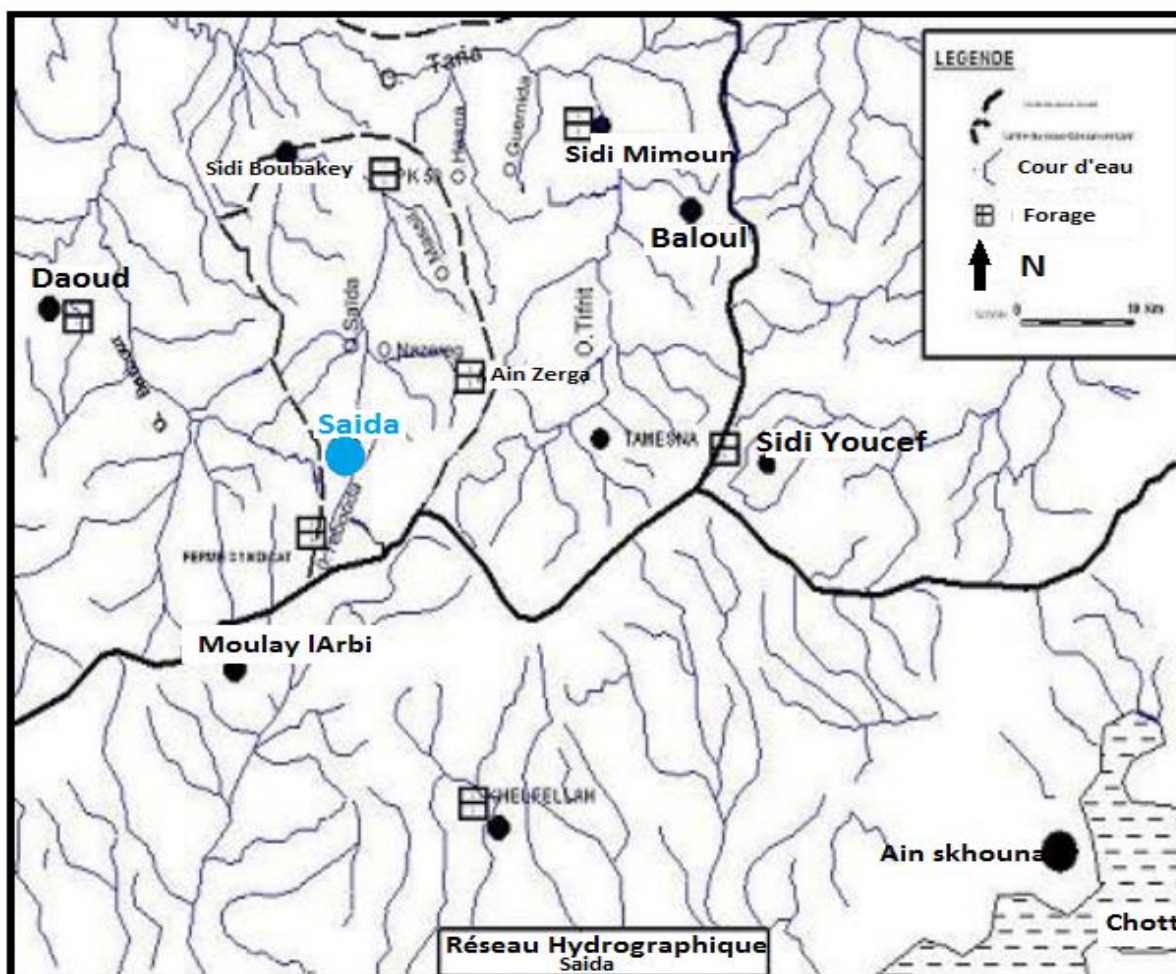


Fig.9 : Réseau hydrographique du bassin versant de l'Oued Saïda (A N R H ,1994).

VI. Cadre Climatique :

La climatologie est l'étude du climat et de l'état moyen de l'atmosphère, c'est-à-dire la succession des conditions météorologiques sur de longues périodes dans le temps. Elle a un rôle très important dans l'étude hydrogéologique.

La pluviométrie demeure le paramètre le plus important, elle conditionne l'écoulement saisonnier, le régime des cours d'eau et l'alimentation des nappes d'eau souterraines.

Les données climatologiques ont été recueillies au niveau des services de l'A.N.R.H et l'O.N.M de Saida.

Les données pluviométriques mensuelles dans la période (1984- 2013) ont été procurées au niveau de la station météo Saida, cette dernière a les coordonnées suivantes :

Tableau N°1 : Caractéristique de la station météorologique de Saida.

Station	Code	Latitude	Longitude	Altitude	Coordonnées Lambert	
					X (Km)	Y (Km)
Saida	111104	34°55'00"Nord	00°09'00"Est	750 m	268,4	173,3

1. Les paramètres climatiques :

1.1. Précipitations moyennes mensuelles : (Fig.10)

L'étude des variations inter-mensuelles des précipitations s'avère essentielle, voire déterminante sur l'écoulement fluvial saisonnier et le comportement hydrologique annuel d'un bassin versant.

Tableau N°2 : Les précipitations moyennes mensuelles (1984-2013).

Mois	sept	Octo	Novem	Decem	Janv	Féври	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout	Année
P (mm)	24	41	46	35	41	37	40	39	32	11	6	12	364

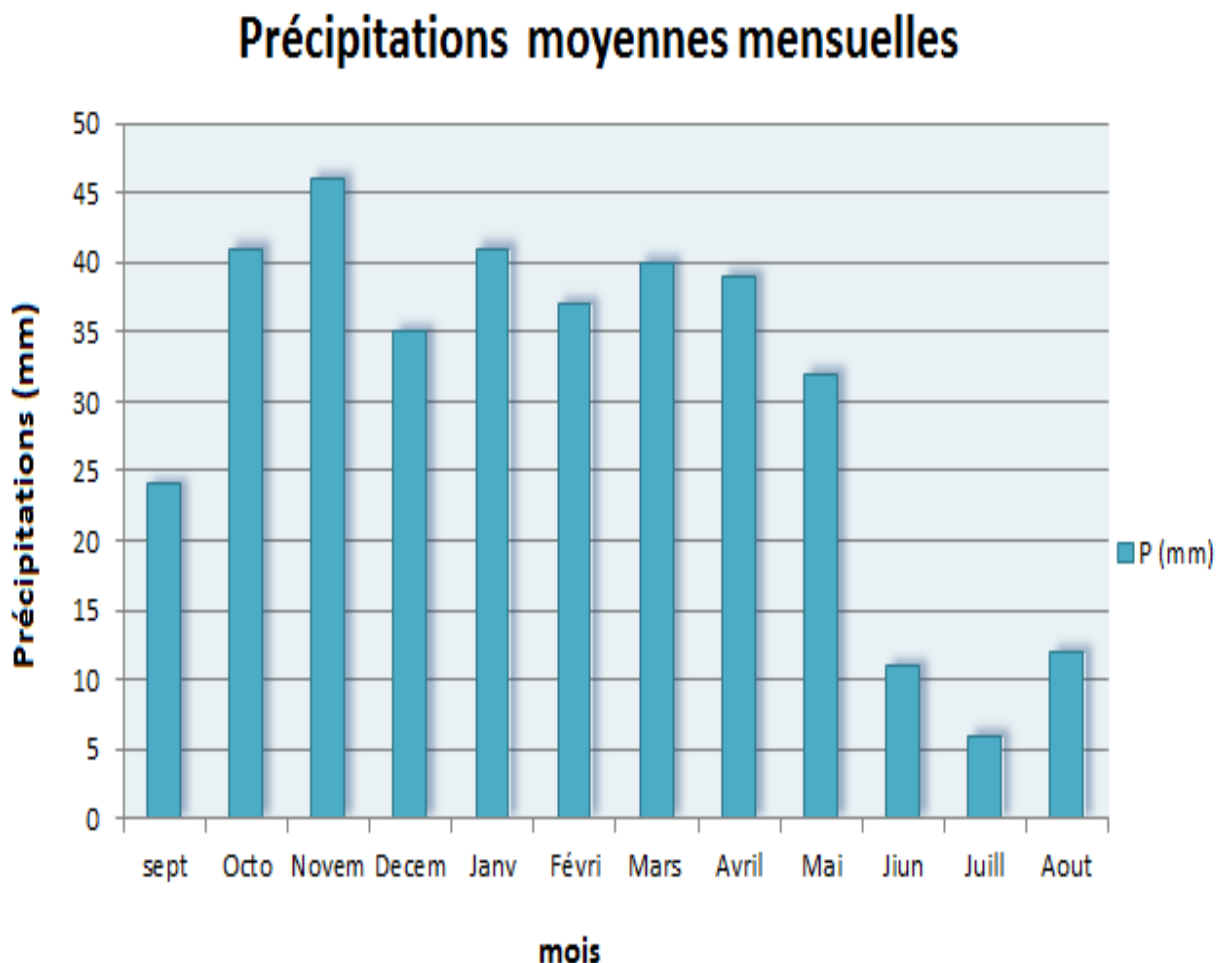


Fig.10 : Histogramme des précipitations moyennes mensuelles (1984-2013).

D'après l'histogramme (**Fig.10**) on remarque que la distribution des pluies mensuelles montre que le maximum est atteint au mois de novembre (de 46 mm) alors que les minimales sont observées au mois de juillet (6 mm).

1.2. La Température : (Fig.11)

La température est un facteur très important, qui conditionne les phénomènes et les paramètres du bilan hydrologique en particulier. L'étude des températures moyennes mensuelles et annuelles est primordiale, car c'est elles qui nous permettent d'évaluer les déficits d'écoulement des bassins versants.

Tableau N°3 : Température moyenne mensuelle enregistrée (1984-2013), Météo Saida.

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fév	Mars	Avri	Mai	Juin	Juill	Aout	Année
T min	15,00	12,00	7,00	4,00	3,00	3,00	5,00	7,00	10,00	15,00	18,00	19,00	9,83
Tmax	30,00	25,00	18,00	15,00	14,00	15,00	18,00	21,00	26,00	32,00	36,00	36,00	23,83
T moy	22,50	18,50	12,50	9,50	8,50	9,00	11,50	14,00	18,00	23,50	27,00	27,50	16,83

- T_{min} : Température minimale moyenne en °C.
- T_{max} : Température maximale moyenne en °C.
- T_{moy} : Température moyenne en °C.

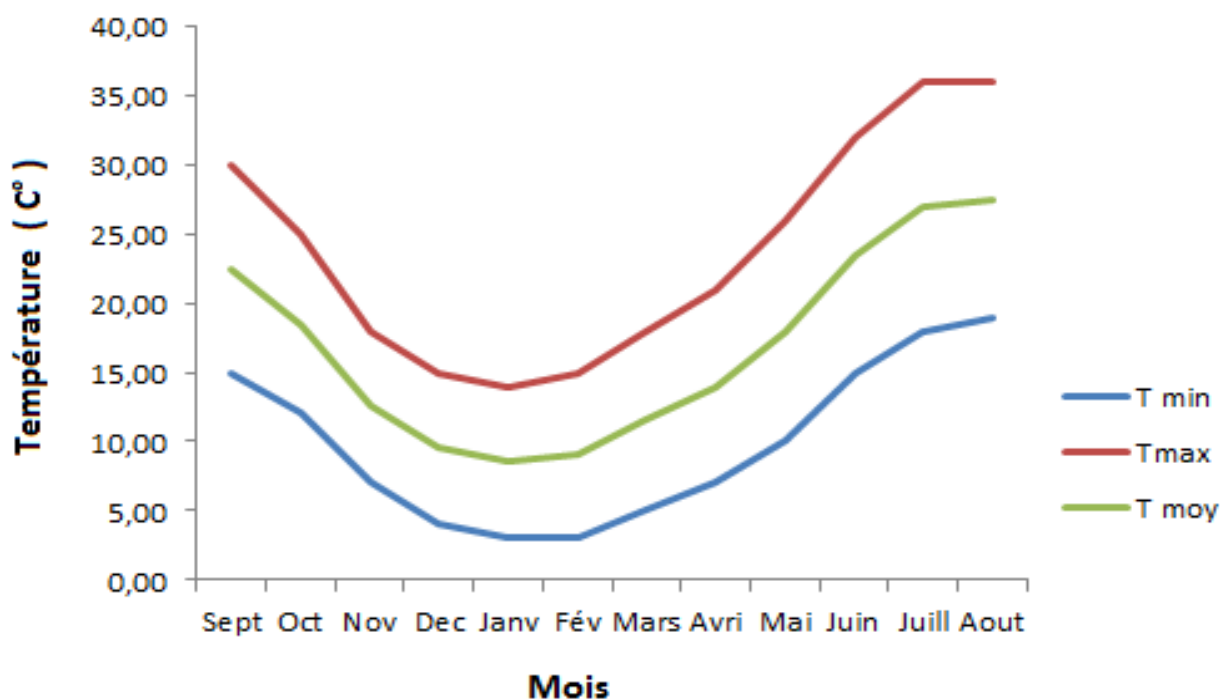


Fig.11 : Répartition des températures maximales, minimales et moyenne, station de Saida (1984-2013).

D'après l'allure des courbes(Fig.11), l'un des points essentiels qu'il faut retenir c'est la division de l'année en deux saisons thermiques :

- La saison chaude de mai à octobre, mais pendant lesquels les températures moyenne sont supérieures à la moyenne annuelle qui est de 16,83°C avec un maximum en juillet ou aout, qui atteint la valeur de 36°C.

- La saison froide correspond à novembre à avril avec un minimum en janvier de 8,5°C.

1.3. Le vent : (Fig.12)

La région de Saida, est une région ventée surtout pendant la saison hivernale, durant laquelle les vents dominants sont ceux qui soufflent du Nord et Nord-Ouest.

Tableau N° 4 : Fréquence du vent (%).

Direction	Nord	Nord Est	Est	Sud Est	Sud	Sud-Ouest	Ouest	Nord-Ouest
Fréquence(%)	14,7	2,2	1,4	2,9	10,6	3,2	7,2	8,9

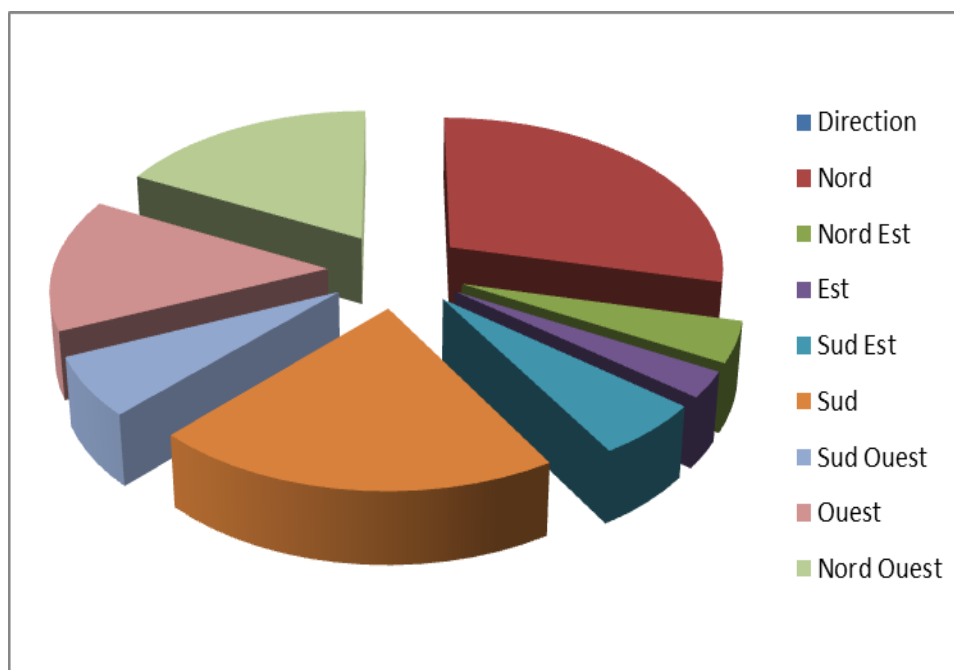


Fig.12 : Fréquence des vents (%)station de Saida (1984-2012).

La région de Saida est caractérisée par un maximum de la force du vent au mois de Janvier, Février et un minimum au mois de Septembre, Octobre. Selon la classification ci-dessous, nous pouvons dire que les vents de Saïda sont des **vents modérés**. (FELLAH.N, 2018).

- Vents faibles avec une douzaine de km/h ;
- Vents modérés pouvant atteindre une trentaine de km/h ;
- Vents assez forts frôlant au maximum une cinquantaine de km/h ;
- Vents forts pouvant atteindre une vitesse d'environ 75 km/h ;
- Vents violents avec plus 80 km/h.

1.4. Humidité relative de l'air :(Fig.13)

C'est le rapport de la tension de vapeur réelle (observée) « e » à la tension de vapeur saturante « es » à la même température, exprimé en pourcentage (%).

$$\varepsilon = \frac{e}{e_s} \cdot 100$$

- e: La tension de vapeur réelle (observée).
- es : La tension de vapeur saturante a la même température en pourcentage.

Elle indique que l'état de l'atmosphère est plus ou moins proche de la condensation.

Tableau N°5 : Répartition mensuelle de l'humidité relative- Station de Saida (1984-2013).

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Joins	Juillet	Aout	Année
H%	54	61	67	71	70	67	35	32	58	47	40	41	643

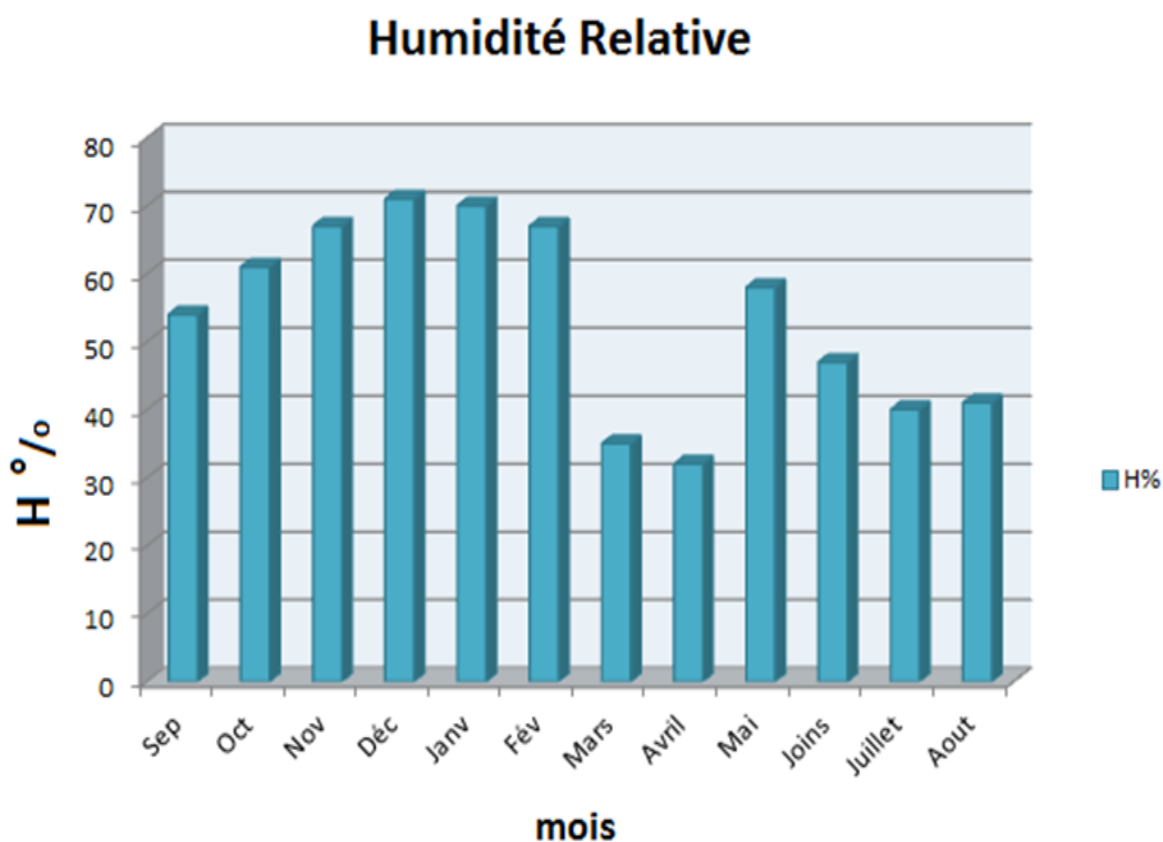


Fig.13 : Répartition mensuelle de l'humidité relative, Station de Saida (1984-2013).

D'après l'histogramme on remarque que le totale d'humidité maximale de l'air enregistré est de 71% (décembre), le totale d'humidité minimale enregistré est de 32% (avril).

2. Etude de climat :

2.1. La courbe pluviothermique (GAUSSEN et BAGNOULS) :

Pour GAUSSEN et BAGNOULS, un mois sec est celui pour lequel le totale moyen des précipitations exprimées en mm est inférieur ou égal au double de la température exprimées en degré Celsius. Cette relation permet d'établir les diagrammes pluviométriques sur les quels la température est à une double échelle de celle des précipitations (Fig.14).

Tableau N°6 : Moyennes mensuelles des précipitations et des températures (1984-2013).

Mois	sept	Octo	Novem	Decem	Janv	Févri	Mars	Avril	Mai	Jiun	Juill	Aout	Année
P (mm)	24	41	46	35	41	37	40	39	32	11	6	12	364
T (C°)	22,5	18,5	12,5	9,5	8,5	9	11,5	14	18	23,5	27	27,5	16.83

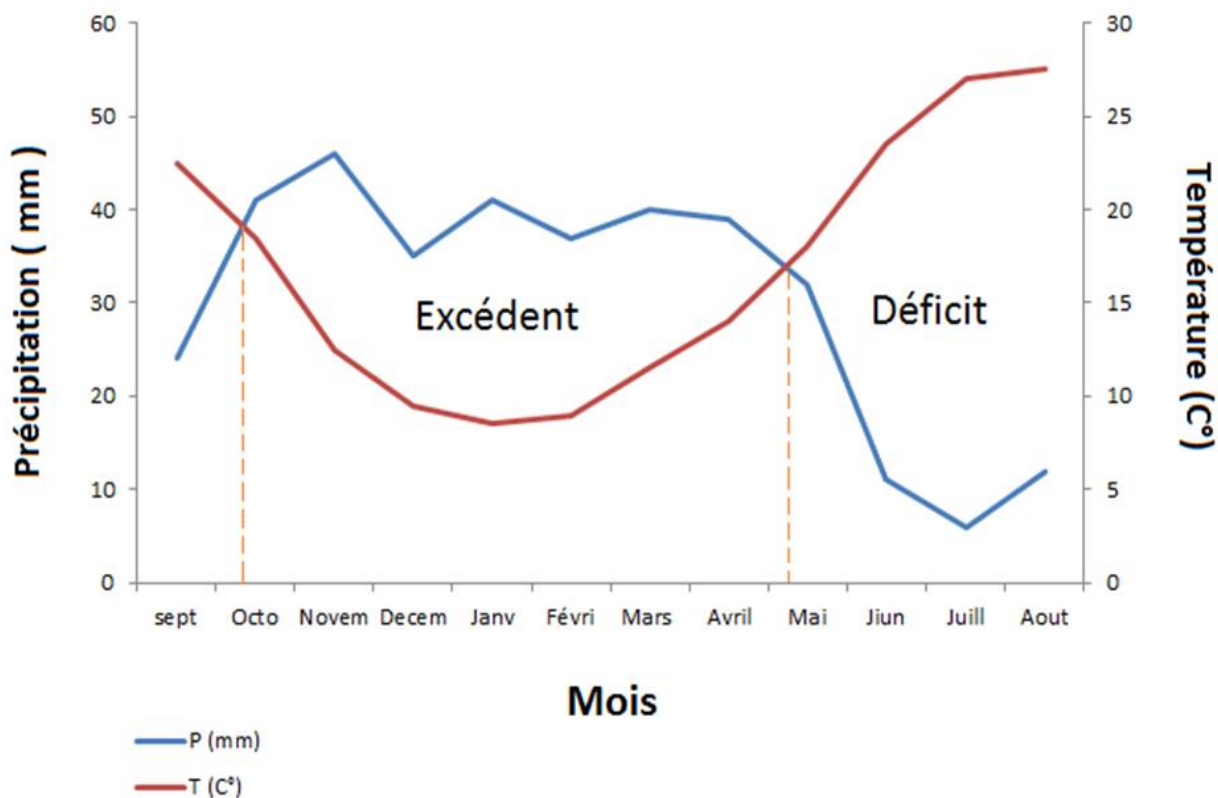


Fig.14 : Courbe pluvio-thermique de la station de Saida (1984-2013).

On observe que pour la station de Saida, la courbe des températures passe au-dessus de celle des précipitations de Mai à Septembre définissant ainsi **la période sèche et déficitaire**, tandis que **la période humide et excédentaire** s'étale d'Octobre à avril.

2.2. Les indices climatiques :

a .L'indice d'aridité de DEMARTONNE :

L'indice d'aridité de DE MARTONNE. Cet indice, conçu en 1923 pour expliquer et délimiter les dégradations des réseaux hydrographiques, est le rapport de la pluie annuelle (en mm) à la température moyenne (en °C):

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

Où

- P : Précipitations annuelles en millimètres.
- T : Température moyenne annuelles en °C.

De-Martonne a proposé ainsi la classification des climats en fonction des valeurs de cet indice cette classification du climat est donné dans le tableau N°7.

Tableau N°7: Classification des climats selon la valeur de l'indice d'aridité.

Valeur de l'indice	Type de climat
$0 < I < 5$	Hyper- aride
$5 < I < 10$	Aride
$10 < I < 20$	Semi- aride
$20 < I < 30$	Semi- humide
$30 < I < 55$	Humide

Tableau N°8: Résultats du calcul de l'indice d'aridité pour la zone d'étude.

	Température °C	Précipitation (mm)	Indice d'aridité (I)	Type du climat
Station de Saida (1984-2013)	16,83	364	13,56	Semi-aride

Nous remarquons à travers les valeurs obtenues (**tableau N°8**) que l'indice d'aridité que la région jouit d'un climat semi-aride, ce qui est conforme à ce l'abaque(**Fig.15**).

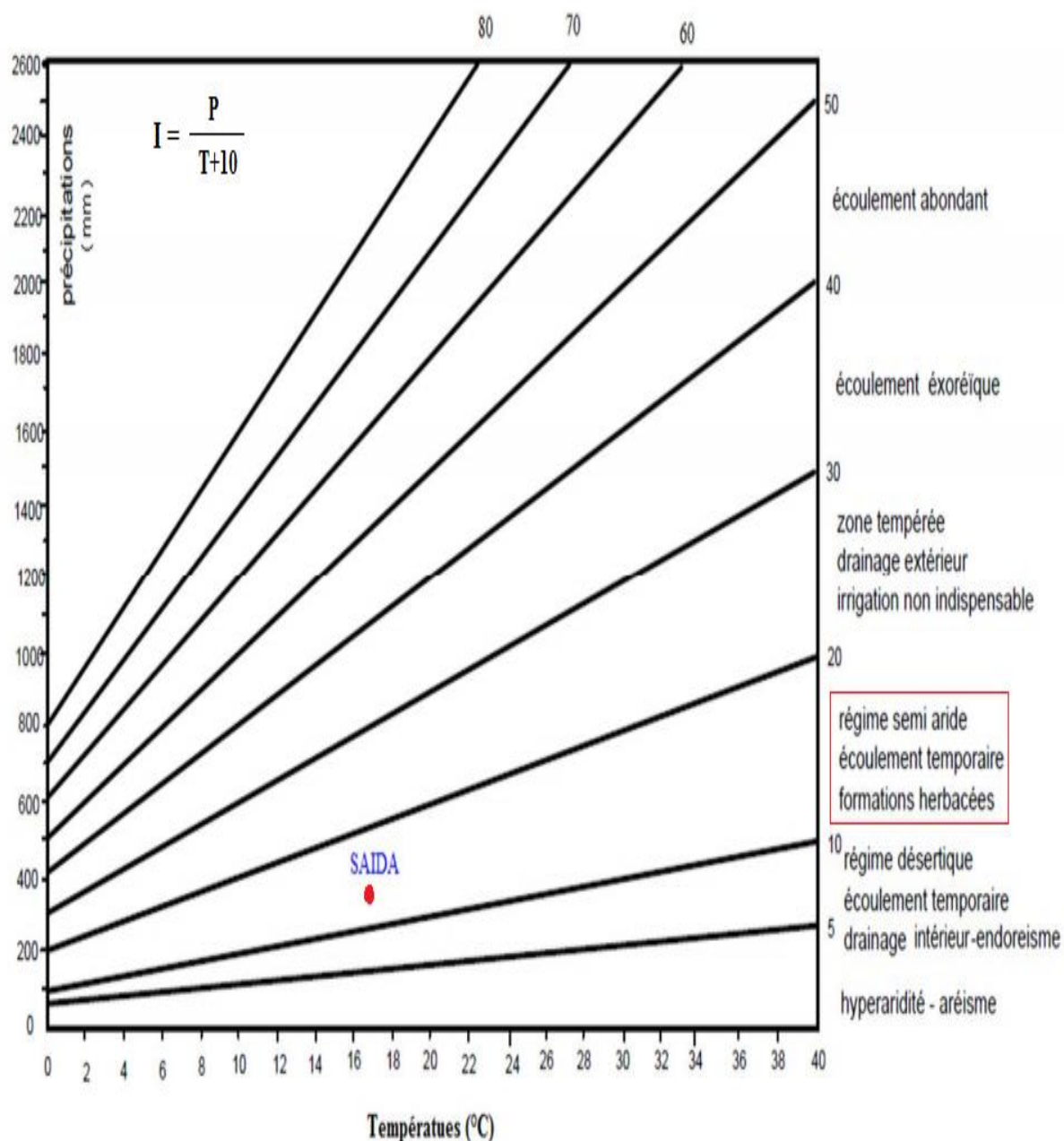


Fig.15 : Abaque d'indice d'aridité de DE MARTONNE (1983).

b. Indice de STEWART

STEWART propose la relation suivante :

$$Q_2 = \frac{3,43P}{M - m}$$

Avec :

P : précipitation moyenne annuelle (mm)

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud C°

m: moyenne des minima du mois le plus froid °C

Ainsi que la classification :

$Q_2 < 2$: climat insaturé

$2 < Q_2 < 10$: climat désertique

$10 < Q_2 < 50$: climat semi-aride

$$Q_2 = \frac{3,43 (364)}{36 - 3} = 37,83$$

D'après le résultat trouvé nous pouvons dire que la station de Saida se caractérise par un climat semi-aride.

c. Indice de PAUL MORAL :

Les résultats précédents sont confirmés par l'indice pluviométrique de MORAL (IM), qui utilise aussi la hauteur annuelle des précipitations (en mm) et les températures moyennes annuelles en °C.

$$IM = \frac{P}{(T^2 - 10T + 200)}$$

- Cet indice permet de dire :

Si $IM < 1$ on a un climat sec

Si $IM > 1$ on a un climat humide.

$$IM = \frac{364}{(16,83)^2 - 10(16,83) + 200} = 0,98$$

Pour l'indice de Paul Moral la valeur obtenue est proche de 1 ($IM \approx 1$) définissant ainsi un climat semi-aride

d. Climagramme de LOUIS EMBERGER : (Fig.16)

La méthode est basée sur les limites des aires occupées par les différentes associations végétales, et consiste à reporter sur un climagramme établi par Louis Emberger, en ordonnée la valeur de Q2 et en abscisse, la moyenne des minima du mois le plus froid en °C.

$$Q2 = \frac{2000 P}{M^2 - m^2}$$

Avec :

Q2 : quotient pluviométrique d'EMBERGER.

P : précipitations moyennes mensuelles (mm).

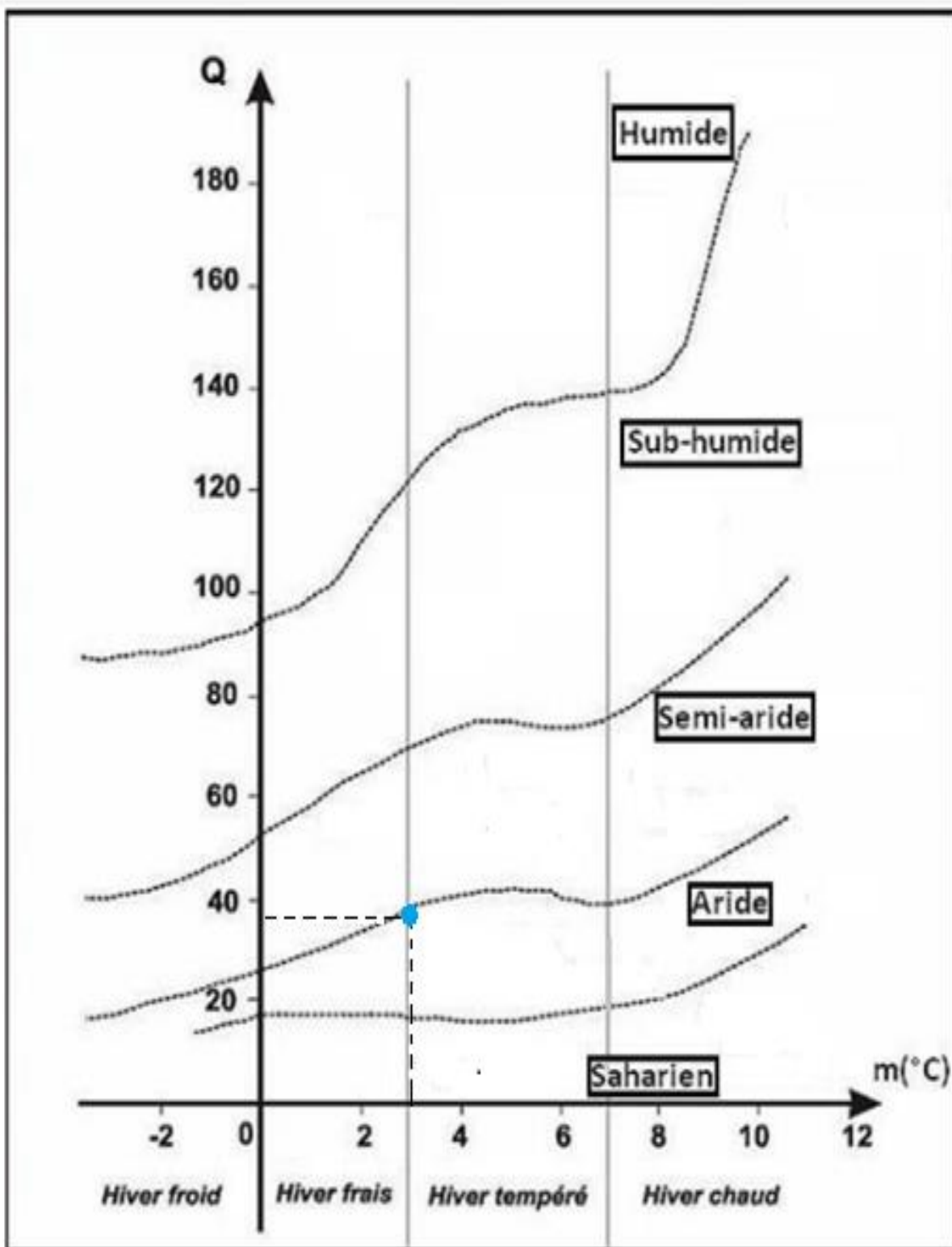
m : moyenne des minima du mois le plus froid (degrés/Kelvin).

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud (degrés/Kelvin).

$$Q2 = \frac{2000 (364)}{(276.15)^2 - (309.15)^2} = 37.69$$

$$\Rightarrow Q2 = 37,69$$

En reportant cette valeur du Q2 sur le climagramme nous constatons que Saida jouit d'un climat aride à semi-aride à hiver tempéré.



Climagramme d'Emberger

Figure 16: Abaque le climagramme d'EMBERGER.

3. Le bilan hydrique

3.1. Le déficit d'écoulement :

Facteur fondamental du bilan hydrique, il est représenté essentiellement par l'évapotranspiration définie comme étant la quantité d'eau évaporée (du sol et de la surface d'eau libre) et transpirée par les plantes. Le calcul de l'évapotranspiration réelle ou déficit d'écoulement peut être effectué par diverses méthodes.

3.1.1. Méthode de TURC :

L'évapotranspiration réelle est calculée à partir de la formule suivante :

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

Avec

P = Précipitations moyennes annuelles (mm). (364mm)

T = Température moyenne annuelle (°C). (16.83°C)

L = pouvoir évaporant. $L = 300 + 25T + 0.05T^3$

L = 959.10

ETR = 356.51mm

3.1.2. Méthode de COUTAGNE

Le déficit d'écoulement est calculé à partir de la relation :

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

P : précipitations moyennes annuelles (m/an).

T : température moyenne annuelle (°C).

Le paramètre λ a pour expression : $\lambda = \frac{1}{0.8 + 0.14T}$

Cette formule n'est applicable que pour :

$$\frac{1}{8\lambda} \leq P \leq \frac{1}{2\lambda} \lambda = 0.317$$

$$\frac{1}{8\lambda} = 0.394 \quad \frac{1}{2\lambda} = 1.577 \quad \Rightarrow \quad 0.394 \leq 0.364 \leq 1.577$$

Pour la station de Saida la méthode n'est pas applicable car $P < \frac{1}{8\lambda}$

3.1.3. Méthode de P. VERDEIL

Le report des précipitations annuelles sur l'abaque représentatif du phénomène en Algérie (Fig.17) donne la valeur $D=350\text{mm}$.

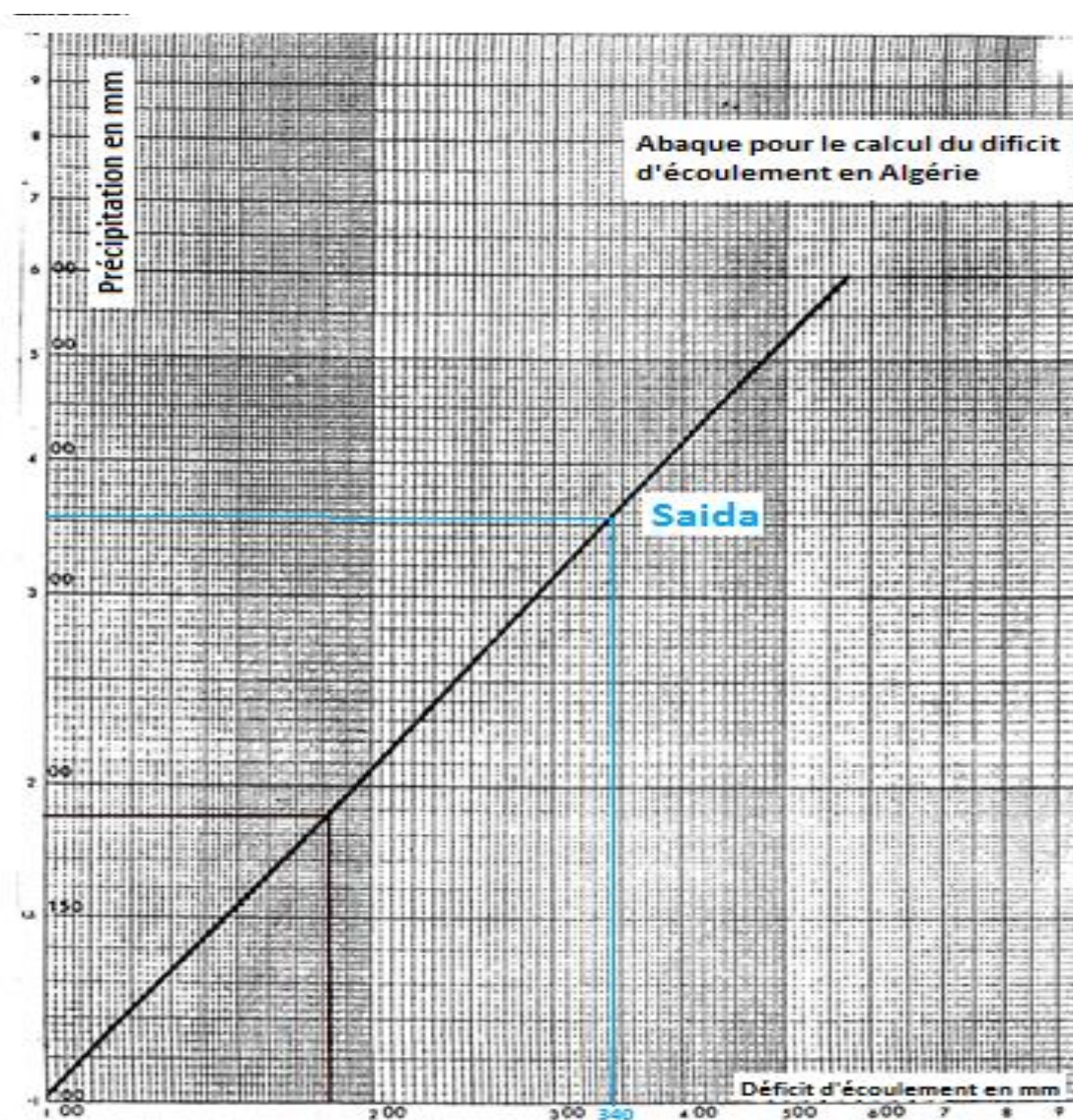


Fig.17 : Abaque pour le calcul de déficit d'écoulement en Algérie. (P.VERDEIL, 1988)

3.1.4. Méthode de THORN THWAITE

a. Evapotranspiration potentielle

Les valeurs de l'évapotranspiration potentielle (ETP) relatives aux 12 mois de l'année sont consignées au tableau suivant : ($a=1.78$ et la station a une latitude 34°N)

Tableau N°9 : Valeur de l'ETP à la station de Saida (1983-2013)

Mois	T°C	I	ETP non cor. (mm)	Facteur de correc.	ETP Corr. (mm)
Septembre	22.5	9.75	100.77	1.03	103.79
Octobre	18.5	7.25	71.12	0.97	68.99
Novembre	12.5	4	35.39	0.87	30.79
Décembre	9.5	2.64	21.72	0.86	18.68
Janvier	8.5	2.23	17.82	0.88	15.68
Février	9	2.43	19.72	0.85	16.76
Mars	11.5	3.53	30.51	1.03	31.43
Avril	14	4.75	43.30	1.09	47.20
Mai	18	6.95	67.73	1.20	81.28
Juin	23.5	10.41	108.87	1.20	130.65
Juillet	27	12.85	139.40	1.22	170.06
Aout	27.5	13.21	144.03	1.16	167.07
Annuel	16.83	80.02	800.38	/	882.38

L'évapotranspiration potentielle ainsi calculée et corrigée par la formule de Thorn thwaite donne une valeur de **882.38 mm**, Elle montre un maximum en Juillet et un minimum en Janvier.

b. Evapotranspiration réelle (E.T.R.)

Le bilan de THORN THWAITE fait intervenir d'une part l'E.T.R. et d'autre part les précipitations. Pour le calcul de l'E.T.R., deux cas sont considérés :

- Si les précipitations du mois sont supérieures à l'E.T.P, l'E.T.R. est égale à l'E.T.P.
- Si les précipitations mensuelles sont inférieures à l'E.T.P, l'E.T.R. sera égale à l'E.T.P. aussi longtemps que les réserves en eau du sol seront capables d'équilibrer la balance. Au-delà, il y a déficit.

Tableau N°10 : Bilan de THORN THWAITE (Station de Saida).

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Jun	Juit	Aout	annuel
P (mm)	24	41	46	35	41	37	40	39	32	11	6	12	364
ETP(mm)	103,79	68,99	30,79	18,68	15,68	16,76	31,43	47,20	81,28	130,65	170,06	167,07	882,38
Var(pp- etp)	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	/

Ainsi le tableau devient (**RFU =100mm**)

Mois	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Jun	Juit	Aout	Sep	Oct	annuel
P(mm)	46	35	41	37	40	39	32	11	6	12	24	41	364
ETP(mm)	30,79	18,68	15,68	16,76	31,43	47,20	81,28	130,65	170,06	167,07	103,79	68,99	882,38
Var(pp- etp)	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	/
RFU(mm)	15.21	31.53	56.85	77.09	85.66	77.46	28.18	0	0	0	0	0	/
ETR(mm)	30.79	18.68	15.68	16.76	31.43	47.20	81.28	11	6	12	24	41	335.82
Déficit agricole (mm)	0	0	0	0	0	0	0	119.65	164.06	155.07	79.79	27.99	546.56
Excédent (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Pour la station de Saida, l'E.T.R. annuelle est de **335,82mm**. Le déficit agricole est de **546.56mm** allant de Juin à Octobre avec un maximum en Juillet. La réserve utile se constitue de Novembre à Mai. De ce fait aucun excédent n'est dégagé.

Les valeurs de l'évapotranspiration potentielle et réelle obtenues par les différentes méthodes sont résumées dans le tableau n°11

Tableau 11 : Résultats de l'E.T.R. d'après les différentes méthodes.

Paramètres	Méthode	Valeur
ETP	Thorn thwaite	882.38mm
ETR	Turc	356.51mm
	Verdeuil	350 mm
	Thorn thwaite	335.82 mm

Afin d'établir le bilan hydrique du bassin nous avons estimé le facteur évapotranspiration par plusieurs méthodes empiriques et le ruissellement par la formule de TIXERONT-BERKALOFF.

$$R = P^3/3ETP^2$$

Avec :

R= Ruissellement (m)

P= Précipitations moyennes annuelles (m).

ETP= Evapotranspiration potentielle (m).

L'infiltration ne peut être que déduite de l'équation du bilan hydrique (tableau 12)

Tableau 12 : Bilan hydrique du bassin versant de Saida.

Méthode	P (mm)	ETR (mm)	P-ETR= R+I	R(mm)	I(mm)
Thorn thhwaite	364	335.82	28.18	20.55	7.63
Turc	364	356.51	7.49	20.55	-
Verdeil	364	340	24	20.55	4.55

I moy (mm)
= 6.1 mm

Ces résultats restent plus au moins fiable qui nous donnent une idée sur la quantité d'eau qui s'infiltré et qui ruisselé.

VII. Conclusion :

D'un point de vue géologique, les monts de Saida sont caractérisés par des affleurements carbonatés sur une surface de 2500 à 3000 km². Ces formations sont constituées d'épaisses séries de dolomies et calcaires du Bajo-bathonien très karstifiées, qui constituent le réservoir principal de la région. Elles sont recouvertes par l'épaisse formation argilo gréseuse du Callovo-oxfordien au niveau de la vallée de l'oued Saida, là où la source Ain Bent-Soltane affleure.

D'après l'aspect géomorphologique la région de Saida est caractérisé par trois types de terrains : Zones montagneuses, zone platoïde et une vallée (Oued Saida)

La région de Saïda est caractérisés par un climat Aride à Semi-aride qui se traduit par un hiver relativement froid et pluvieux et un été très chaud et sec, la saison humide s'étale depuis le mois d'octobre jusqu'à Avril et la saison sèche s'étend sur le restant de l'année.

I-INTRODUCTION

Le bassin versant d'Oued Saida (codé 11-11) fait partie du grand bassin de la Macta qui s'étend au Nord-Ouest de l'Algérie dans les derniers contre forts tabulaires du versant sud de l'Atlas Tellien qui est formé par les monts de Tlemcen, de Daïa et de Saida, au seuil des hautes plaines steppiques des hauts plateaux. L'altitude des crêtes du bassin varie entre 1150m et 520m, culminant à plus de 1238m au Djebel d'El-Hassa au Sud-Ouest de Saida.

La partie hydrologique de ce mémoire a été faite sur la base d'une synthèse des travaux de DAHMANI N,(2016) et YLES.F,(2014)

II. Présentation du bassin versant de l'Oued Saida

Le bassin versant de l'Oued Saida est limité à l'est par les sous-bassins de l'Oued Hounet et Berbour, au Nord par le sous-bassin de Fergoug est à l'ouest par le sous-bassin de l'Oued Taria. Il occupe la partie sud-est de la Macta, sa structure est celle d'une vallée entaillée du sud au nord.

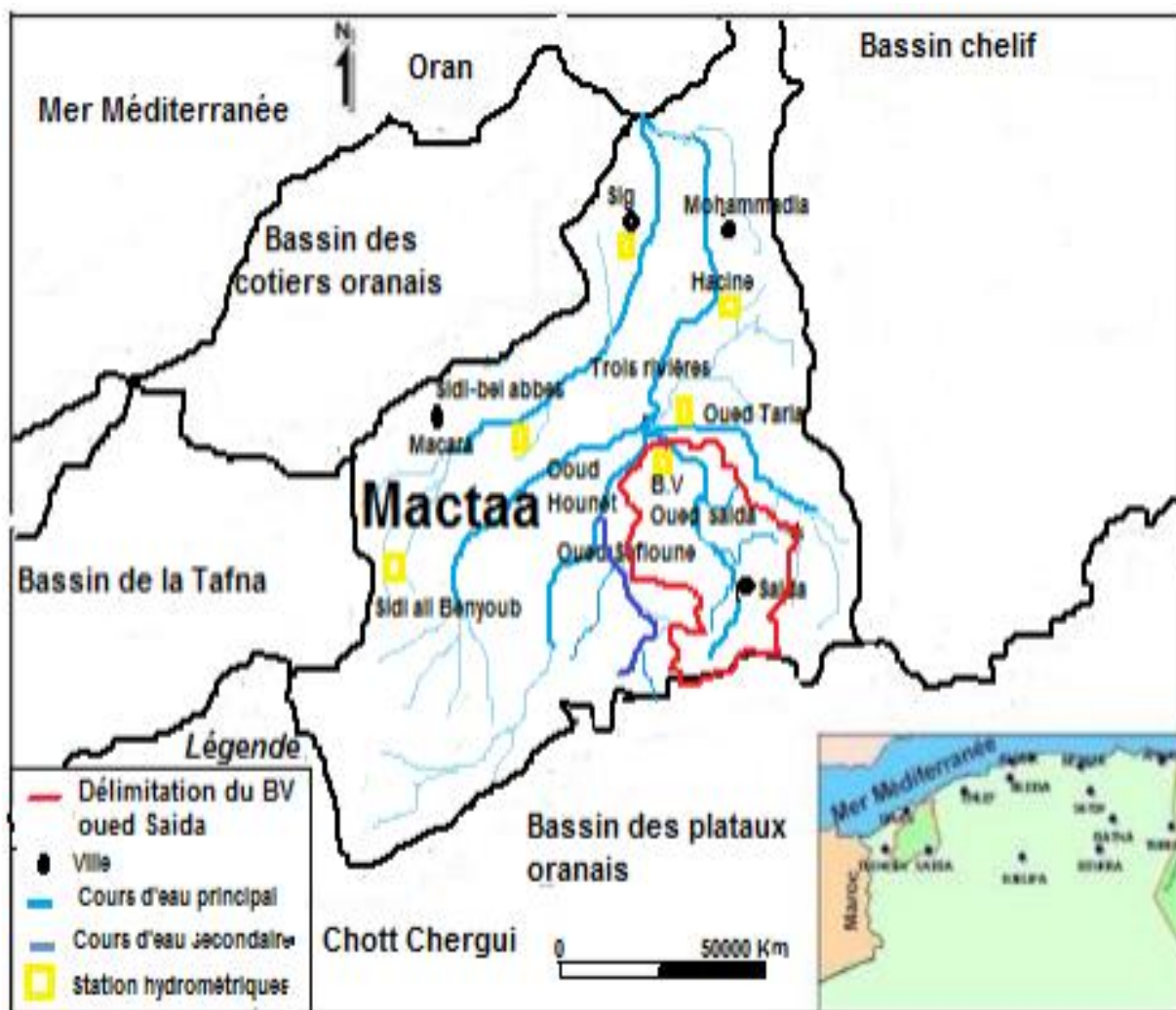


Fig.18:Situation du bassin versant de l'Oued Saida (ABH OCC, 2006).

L'oued Saida prend naissance au niveau des massifs calcaires des Monts de Daïa à une altitude de 1150m. Le long de son parcours, l'oued Saida reçoit plusieurs affluents dont les plus importants : l'Oued Tebouda, l'Oued Nazreg et l'Oued Massil. Certains sont permanents et ne tarissent jamais en occurrence, Oued Tebouda et Oued Nazreg. L'oued Massil est temporaire, non alimenté par les sources ne dépend que des précipitations. Ces différents cours d'eau confluent en amont et se déversent dans le barrage de Wizert. Le bassin versant est constitué d'un vaste plateau dont la lithologie est composée de calcaires dolomitiques et d'argiles gréseuses qui affleurent de l'Est à l'Ouest de l'oued Saida. D'épaisses couches calcaire-dolomitiques forment les plus importants aquifères de la région. Ils sont très karstifiés, la présence de failles et fissures facilite l'infiltration massive des eaux.

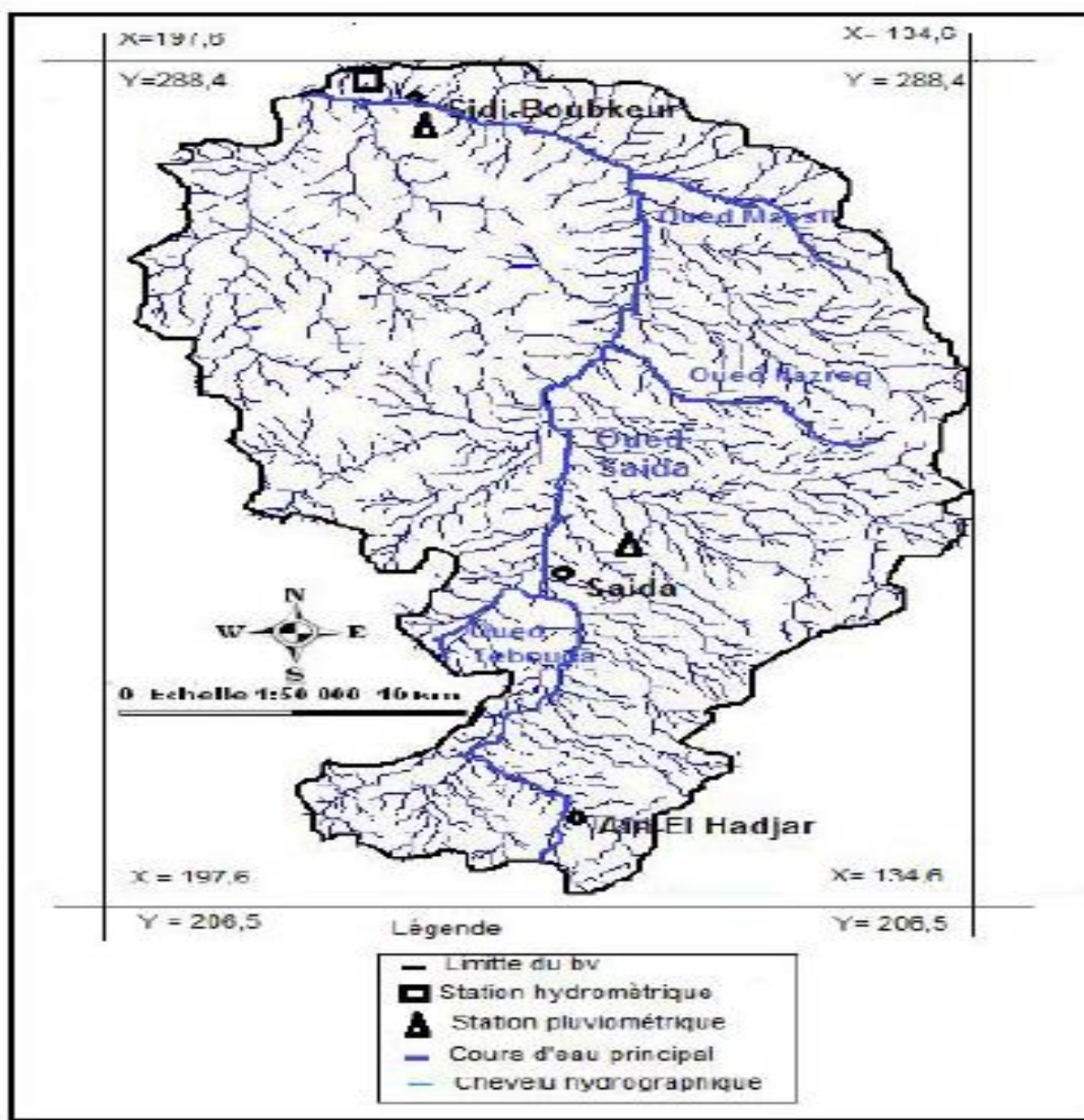


Fig.19 : Réseau hydrographique du bassin versant de l'oued Saida.

1. Surface et périmètre du bassin versant.

Le bassin versant étant l'aire de réception des précipitations et d'alimentation des cours d'eau, les débits d'écoulement sont en partie reliés à sa surface. La détermination de la surface du bassin versant ainsi que son périmètre ont été déterminés par la technique de digitalisation de quatre cartes topographiques (Oran NI-30-XXIV, Mostaganem NI-31-XIX, Telagh NI-30- XVIII, Saida NI-31-XIII) établies à l'échelle 1/200 000 à l'aide du logiciel ArcGIS 9. Cette technique nous a permis de déterminer avec précision la surface de notre bassin versant qui est **644 km²** et un périmètre de **164,5 km**. (DAHMANI.M.N.2016).

2. Caractéristiques morphométriques de l'Oued Saida :

L'identification des caractéristiques morphométriques est nécessaire pour déterminer et analyser le comportement hydrologique d'un bassin versant (lame d'eau précipitée, débit, etc.). Leurs variations ont une influence sur le comportement hydrologique du bassin versant et leurs analyses permettent une meilleure compréhension des causes des variations des régimes hydrologiques. Dans le cadre de notre étude, nous avons utilisé les images ASTER d'une résolution de 30 m (CTS), leur utilisation est nécessaire pour élaborer une mise à jour du chevelu hydrographique.

3. Caractéristiques de formes

3.1. Coefficient de compacité de GRAVELIUS

La forme du bassin versant a une grande influence sur l'écoulement global et surtout sur l'allure de l'hydrogramme résultant d'une pluie donnée, cette caractéristique est donnée par l'indice de GRAVELIUS (1914) appelé aussi le coefficient de compacité, il est défini par le rapport du périmètre du bassin à celui d'un cercle de même surface :

$$K_G = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Avec :

P : périmètre du bassin versant = 164,5 km.

A : surface du bassin versant = 644 km².

On obtient : KG = 1,81 (KG > 1)

D'après cette valeur de KG, on peut dire que notre bassin est de **forme allongée**, ce qui favorise les faibles débits de pointe de crue, ceci en raison des temps d'acheminement de l'eau vers l'exutoire sur une distance plus importante.

4. Caractéristiques du relief

L'influence du relief sur l'écoulement se conçoit aisément, car de nombreux paramètres hydrométéorologiques varient avec l'altitude (précipitations, températures, etc.) et la morphologie du bassin. En outre, la pente influe sur la vitesse d'écoulement. Le relief se détermine lui aussi au moyen d'indices ou de caractéristiques suivants :

4.1. Courbe hypsométrique

La courbe hypsométrique fournit une vue synthétique de la pente du bassin, donc du relief. Cette courbe représente la répartition de la surface du bassin versant en fonction de son altitude (Fig. 20).

Tableau 13 : Répartition hypsométrique du bassin versant de l'Oued Saïda.

Tranches d'altitudes (m)	Surface (Km ²)	Surface cumulée (Km ²)	pourcentage de la surface du bassin (%)	pourcentage cumulé de la surface du bassin (%)
1216 – 1150	9,71	9,71	1,51	1,51
1150 – 1000	124,81	134,52	19,38	20,89
1000 – 850	170,82	305,34	26,52	47,41
850 – 700	171,10	476,44	26,57	73,98
700 – 550	127,72	604,16	19,83	93,81
550 – 433	39,84	644	6,19	100

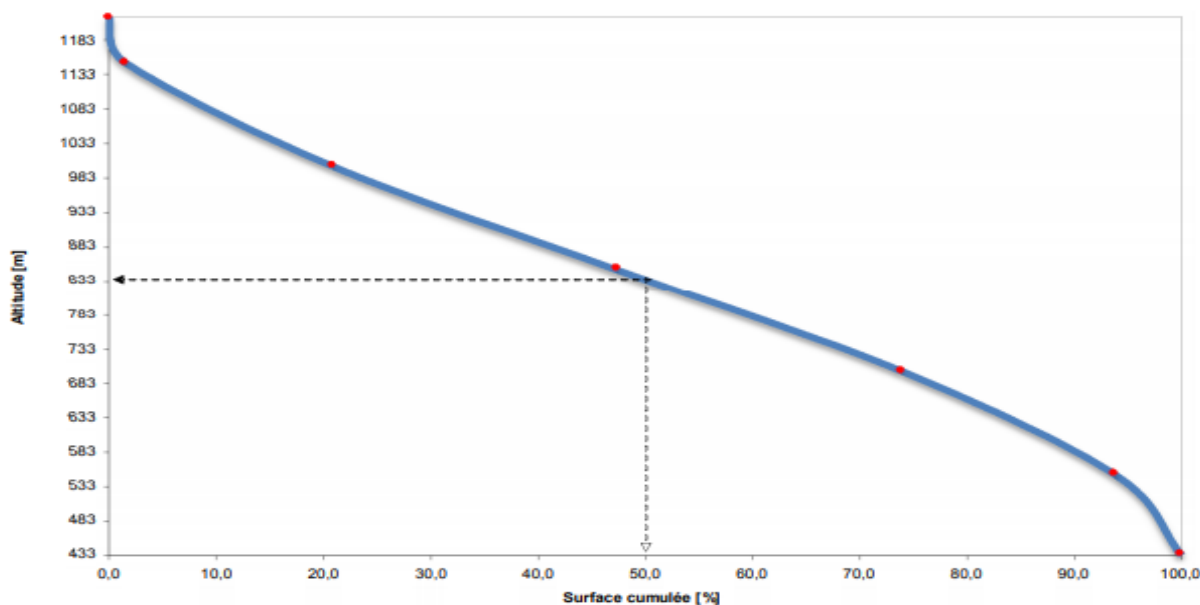


Fig.20 : Courbe hypsométrique du bassin versant de l'Oued Saïda.

La concavité de la courbe hypsométrique montre que la forme du bassin présente un état de maturité (équilibre) où le potentiel érosif est moyen.

5. Réseau hydrographique :

Le réseau hydrographique se définit comme l'ensemble des cours d'eau naturels ou artificiels, permanents ou temporaires, qui participent à l'écoulement. Le réseau hydrographique, est sans doute une des caractéristiques les plus importantes du bassin. Il peut donc prendre une multitude de formes. La différence du réseau hydrographique d'un bassin est due à quatre facteurs principaux.

- Géologie : La nature du substratum influence la forme du réseau hydrographique.
- Climat : Le réseau hydrographique est dense dans les régions montagneuses très humides et tend à disparaître dans les régions désertiques.
- Pente du terrain : Elle détermine si les cours d'eau sont en phase érosive ou sédimentaire.
- Cours d'eau : Dans les zones plus élevées, les cours d'eau participent souvent à l'érosion de la roche sur laquelle l'écoulement est présent. Contrairement, dans les plaines les cours d'eau s'écoulent sur un lit où la sédimentation prédomine.

Le réseau hydrographique du bassin versant de l'oued Saida (**Fig.19**), a été réalisé par la digitalisation des courbes de niveau, à partir de la carte d'état-major avec une échelle de 1/50000.

5. 1. Hiérarchisation du réseau :

La classification topologique du réseau hydrographique (**Fig.21**) est basée sur une méthode proposée initialement par HORTON en 1945 puis modifiée par STRAHLER en 1947. Elle est la plus utilisée aujourd'hui, son principe est comme suit :

- tout cours d'eau n'ayant pas d'affluent est dit d'ordre 1.
- au confluent de deux cours d'eau de même ordre n , le cours d'eau résultant est d'ordre $n + 1$.
- un cours d'eau recevant un affluent d'ordre inférieur garde son ordre.

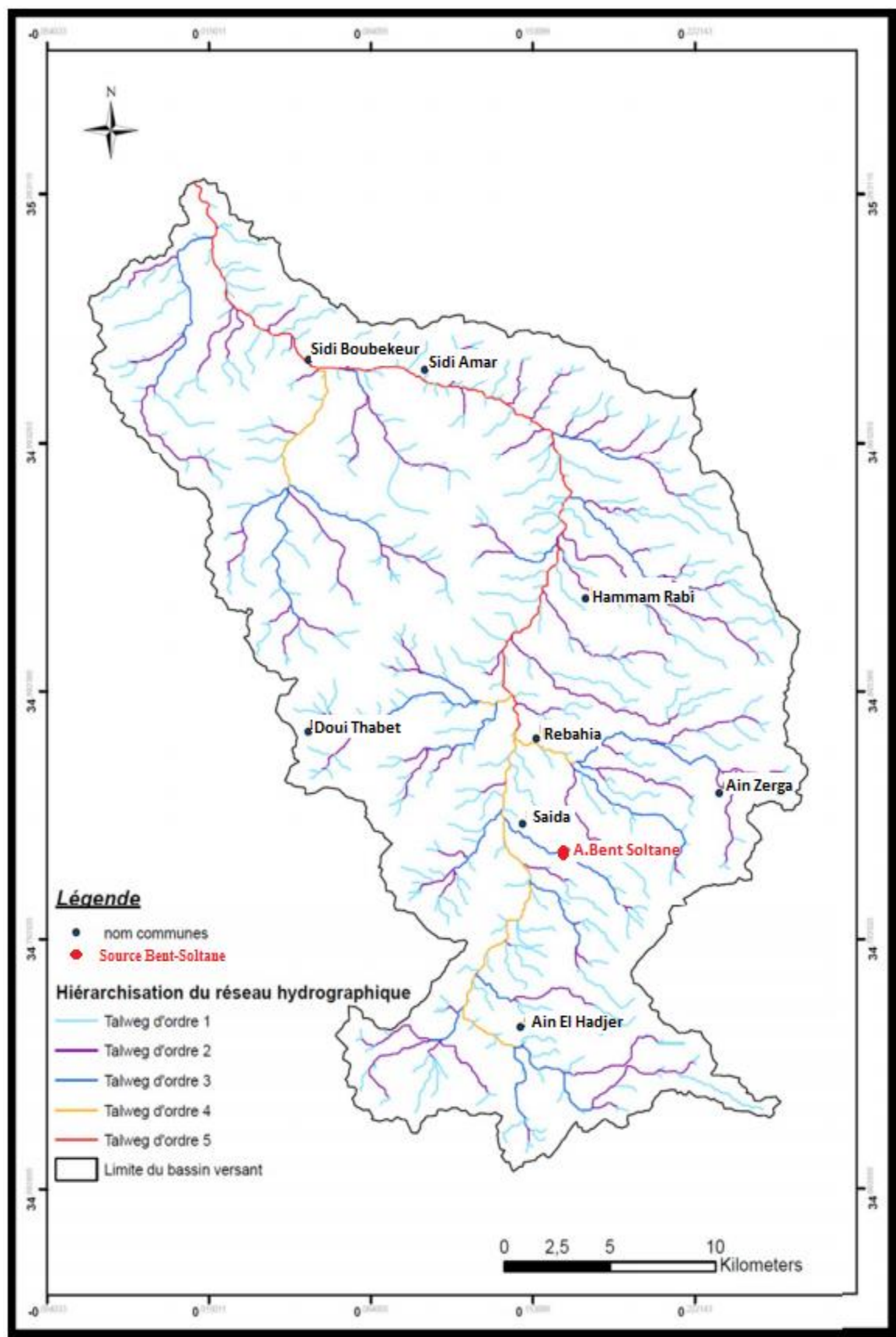


Fig.21 : Classification du chevelu hydrographique du bassin versant de l'Oued Saïda. (ANRH ,2008)

Le réseau hydrographique, est sans doute une des caractéristiques les plus importantes du bassin. Il peut donc prendre une multitude de formes, selon la carte (Fig.21) le réseau hydrographique de l’oued Saida est d’ordre 5, le talweg principal d’ordre 5 ramifié à plusieurs talwegs d’ordre 1,2, 3,4.

Tableau N°14: Rapport de longueur et de confluence

Ordre (n)	Nombre (Nn)	Longueur (La) (Km)	Rapport de longueur (Rl)	Rc
1	437	397,88	2,50 2,02 1,58 5,26	4,91
2	89	203,65		4,24
3	21	96,87		5,25
4	4	29,2		4
5	1	38,4		
	$\Sigma = 552$	$\Sigma = 766$	Moy = 2,84	Moy = 4,6

Divers paramètres sont utilisés pour définir le réseau hydrographique parmi, les plus important nous citons, la densité de drainage (Dd), le rapport de confluence (Rc), le rapport des longueurs (Rl), la fréquence des cours d’eau (Fs) et le temps de concentration (Tc).

5.2. Densité de drainage Dd

C’est le paramètre le plus important qui caractérise le chevelu hydrographique, il correspond au rapport entre la longueur totale des cours d'eau à la surface du bassin.

$$D_d = \frac{\sum L_l}{A} \quad \Rightarrow \quad D_d = 1,19 \text{ Km/Km}^2$$

Avec :

Dd : Densité de drainage en km/km²

L : Longueur cumulée de tous les thalwegs du bassin en km.

A : Aire du bassin en km²

5.3. Rapport de Longueur

Il est défini comme le rapport entre la longueur moyenne des thalwegs d'ordre (n+1) par celui des thalwegs d'ordre (n). (Tableau N°14).

$$R_l = \frac{L_{n+1}}{L_n}$$

$$\Rightarrow R_l = 2,84$$

5.4. Rapport de confluence (Rc)

C'est un nombre sans dimension exprimant le développement du réseau de drainage. Il est défini comme étant le quotient du nombre de thalwegs d'ordre n par celui des thalwegs d'ordre supérieur n+1. (Tableau N°14).

$$R_c = \frac{N_n}{N_{n+1}}$$

$$\Rightarrow R_c = 4,6$$

5.5. Fréquence des cours d'eau (F)

Représente le nombre de cours d'eau par unité de surface.

$$F = \frac{\sum N_n}{A} \Rightarrow F = 0,85 \text{ Km}^{-2}$$

Avec :

Nn : nombre des cours d'eau (552) ;

A : la surface (Km²)

5.6. Coefficient de torrentialité

C'est un coefficient qui tient compte à la fois de la densité de drainage et celle des thalwegs élémentaires d'ordre 1 :

$$CT = F1 \times Dd$$

Avec :

Dd: densité de drainage ;

F1: La fréquence des talwegs d'ordre 1 ($F1 = \frac{N1}{A} = \frac{437}{644} = 0.68$)

$$\Rightarrow CT = 0,81$$

Ce paramètre permet l'estimation de la grandeur de l'énergie érosive du cours d'eau.

5.7. Temps de concentration

C'est le temps que met la particule d'eau provenant de la partie du bassin la plus éloignée pour arriver à l'exutoire, il se calcule par la formule de GIONDOTTI

$$TC = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_{moy} - H_{min}}}$$

Avec :

Tc : temps de concentration (heure),

A : superficie du bassin (km²),

L : longueur du talweg principal (km),

H_{moy}: altitude moyenne (m),

H_{min}: altitude minimale (m).

$$\Rightarrow Tc = 12,35 \text{ heures}$$

5.8. Coefficient d'allongement (E) :

Il est donné par la relation suivante :

$$E = \frac{2\sqrt{A/\pi}}{L_0} \quad \text{et} \quad L_0 = \frac{\sum l}{n}$$

Avec :

A : Surface totale du bassin versant (Km²),

L₀ : Longueur axiale du bassin (Km),

n : Nombre d'ordre supérieur (n=5),

l : Longueur moyenne des thalwegs (Km).



$$E = 2,67$$

L'exploration du résultat trouvé, montre que la valeur du **coefficient de torrentialité Ct** est relativement faible (0.81). Ceci est dû essentiellement à la faiblesse des précipitations, où encore à la forte perméabilité des structures lithologiques. D'autre part, **le temps de concentration** s'avère assez important (12h35), en raison de la forme et du relief qui caractérise le bassin. La valeur de **densité de drainage** (1.19 Km/Km²) et **la fréquence des cours d'eau** (0.85) indiquent que le

bassin versant est assez bien drainé. L'importance du drainage est due principalement à la nature des formations qui forment le bassin (présence de faille qui favorisent la genèse des cours d'eau), ainsi qu'aux pentes assez fortes des versants d'une part et d'autre part au régime climatique, caractérisé par des pluies irrégulières et violentes. **Le rapport de confluence** de (4.6), indique que le réseau hydrographique est bien organisé. On considère alors, que le réseau hydrographique, de notre bassin témoignent d'un chevelu hydrographique bien hiérarchisé moyennement dense, mais assez ramifié.

III. Etude hydrogéologique de secteur d'étude :

La nappe karstique binaire de Saida est contenue dans les sédiments carbonatés du jurassique inférieur et moyen. Ce réservoir karstique, constitué souvent de dolomies, renferme un potentiel en eau de l'ordre de 38,50 à 50 hm³ /an couvrant une superficie de 1253 km². La nappe karstique est libre, alors que dans les compartiments effondrés de la vallée de Saïda, elle est captive. (PITAUD (1973).

La nappe karstique localisée dans les formations Calcaire-Dolomitiques du Bajocien-Bathonien du secondaire à une épaisseur totale qui atteint 150 m. Le substratum imperméable est représenté par les marnes, les argiles et les calcaires du Toarcien. (MEDJBER. A et BERKANE .F, (2016).

1. Réservoirs potentiels :

Les Marno-calcaires du Toarcien constituent l'assise de retenue d'une nappe très importante situées à un côté supérieur à 1000m au Sud-Est et voisine de 900m au Nord-Ouest. Donnant naissance à des belles résurgences tell que la source d'**Ain Bent-Soltane**. (In FELLEHN, 2018).

D'après les études de Clair (1952) et de PITAUD (1973), huit réservoirs ont été mis en évidence, se trouvant le plus souvent dans des formations du Lusitanien (les grés) ou s'intercalant dans les formations du Callovo-Oxfordien(les bancs gréseux).

Par contre la partie Nord-Ouest de la région étudiée, est de nature gréseuse. L'ensemble du territoire est caractérisé par un réservoir généralement artésien.

Les nappes souterraines des monts de Saida sont à l'origine de plusieurs résurgences, dont les plus importantes sont **Ain Bent-Soltane (Q=45 l/s)** et **Poirier (Q= 100 l/s)**.

2. Description des aquifères : (Fig.22)

A partir de la nature et de l'âge des roches composantes (*CLAIR, (1952) et PITAUD, (1973)*) nous pouvons définir le log hydrogéologique suivant :

2.1 .Aquifère du Jurassique inférieur:

Cet aquifère est un réservoir dolomitique très perméable. Le substratum Schisteux subhorizontal constitue l'assise d'une nappe importante alimentant plusieurs sources telles: Ain Tifrit (qui dessert les centres d'Oum Djerane), Djida, ainsi que Ain Manaa et **Ain Bent-Soltane**. Une partie de l'eau qui s'infiltré à travers les fissures réapparaît à Hammam Rabi. Le toit de ce réservoir souterrain est constitué par les marnes d'Essafah qui datent du Toarcien. (*In DAHMANI M.N, 2016*)

2.2 .Aquifère du Bajo-Bathonien:

Fortement karstique, il constitue le réservoir essentiel pour l'A. E. P de la ville de Saida. Cet aquifère qui est libre dans les régions où les dolomies et calcaires affleurent (plateau d'Oum Djerane et de Tidernatine, à l'Est de la ville), devient captif lorsqu'il est surmonté par le Callovo-Oxfordien, argilo-gréseux, qui constitue le toit. Le mur est représenté par les marno-calcaires du Toarcien, formant l'assise d'une nappe importante qui donne naissance à de nombreuses résurgences tel **qu'Ain Bent - Soltane**. (*In FELLAH.N, 2018*).

2.3. Aquifère du Callovo-Oxfordien:

Les bancs de grès formant ce réservoir, peu aquifères où les débits mobilisés n'excèdent pas 2 L/s, seuls les bancs en contact avec le Bajo-Bathonien qui sont près de la zone faillée offrent des débits intéressants.

.2.4. Aquifère du Lusitanien:

Ce réservoir est représenté par des grès qui sont peu aquifères. La nappe est libre alors que les murs sont constitués par les argiles de Saida datant du Callovo-Oxfordien.

2.5. Aquifère du Kimméridgien:

Cet aquifère est dolomitique. On le retrouve à Sidi Boubekeur.

2 .6. Aquifère du Crétacé:

2.6.1. Aquifère du Barrémien:

Le réservoir de cet aquifère est gréseux. Tous les forages qui y ont été réalisés au nord-ouest de la ville de Saida ont offerts des débits excédant 30 l/s. (*BENCHERKI. A, 2008*).

2.6.2. Aquifère du Sénonien:

Le réservoir de cet aquifère est calcaire. On le trouve en trois lambeaux:

- Le niveau d'Ain Skhouana: ce lambeau important est capté par un forage d'une puissance de 100 mètres. Il est alimenté par l'aquifère de l'Aaléno-Bathonien.

- Le niveau de la bande étroite: ce lambeau stérile longe l'axe des Guenatis Cheraga.
- Le prolongement de Rem El Haïfa: il affleure au Nord-est et renferme des réserves saisonnières.

2.7. Aquifères du Tertiaire et du Plio-Quaternaire:

2.7.1. Aquifère du Tertiaire continental:

Il couvre la partie médiane de Chott Chergui. On y trouve les formations suivantes: Le niveau grossier de base constitué d'un aquifère important dans la zone d'Ain Skhouna. Il est parfois difficile de le distinguer de la partie supérieure très altérée des calcaires sénoniens.

Des calcaires lacustres très altérés et perméables, le plus souvent lenticulaires. Ces calcaires ne communiquent que très difficilement entre eux. Par ailleurs, ils affleurent au-dessus de la carapace calcaire recouvrant le Tertiaire continental et alimentant les points bas des résurgences, comme c'est le cas de la source d'**Ain Bent-Soltane**.

Les niveaux sableux ou conglomératiques, intercalés dans les argiles du remplissage du Tertiaire, peuvent être très perméables, s'ils ne sont pas isolés dans les argiles ou colmatés par un ciment marneux.

La carapace calcaire qui recouvre presque toute la surface du remplissage Tertiaire sauf dans la partie centrale de la dépression où sa surface est recouverte de petites daïas.

2.7.2. Aquifères du Plio-Quaternaire:

Les atterrissements du Tertiaire et du Quaternaire qui combler les dépressions, bien que d'origine très diverses, forment une seule unité hydrogéologique. Cet aquifère est alimenté, par leur impluvium propre, ou des nappes importantes, en drainant parfois les eaux des massifs qui les bordent.

Le substratum constitué par le Paléozoïque métamorphique et igné plus ou moins plissé et altéré et par le trias Volcano-Détritique constitue un ensemble imperméable sur lequel repose le membre carbonaté inférieur ou «Dolomies de Tifrit» dont la Karstification est assez avancée et qui est à l'origine de toutes les sources importantes.

Le Paléozoïque lorsqu'il affleure dans les vallées, Guernida et Tifrit est plus ou moins altéré mais sur une très faible épaisseur de l'ordre du mètre. Il ne peut être un aquifère exploitable (*G. PITAUD, 1973*).

Epaisseur en mètre	Age	Log	Formations géologiques	Caractéristique aquifère
75	Tertiaire et plio Quaternaire		Alluvions	Perméabilité d'interstices et/ou de fissures
100	Sénonien		Calcaires	Perméabilité de fissures et cavitaires(karst)
300	Barrémien		Gres	Perméabilité d'interstices
310	Kimmeridgien		Dolomies et calcaires	Perméabilité de fissures
180	Lusitanien		Gères à passages argileux	Perméabilité d'interstices
250	Callovo-oxfordien		Alternances d'argiles et de gères	Perméabilité d'interstices et parfois de fissures (en zones faillées)
150	Aaléno-bajo-Bathonien		Dolomies supérieures	Perméabilité de fissures et cavitaires(karst)
25	Toarcien		Marnes	Imperméable
30	Domérien		Dolomie inférieur	
90	Trias		Argile, gères, basalte	Imperméable
30	Primaire		Terrains métamorphiques	Imperméable

Fig.22 : Coupe des caractéristiques hydrogéologiques de la région du Saïda. (CLAIR, (1952) et PITAUD, (1973)). (In FELLEH.N ,2018).

3. Hydrogéologie de l'aquifère karstique de Saida

Notre secteur d'étude se localise dans les Monts de Saida (**Fig.2, Chap.1**), d'où l'importance d'exposer les différentes caractéristiques de ce bassin.

3.1. Conditions aux limites : (Fig.23)

L'identification du comportement d'une nappe aquifère repose essentiellement sur une définition rigoureuse des conditions aux limites, les limites de la nappe karstique des Monts de Saida peuvent être définies comme suit :

a)- Limites latérales

La nappe karstique de Saida est limitée, au Sud-Ouest par un contour imperméable engendré par deux failles perpendiculaires, à l'Ouest des failles à rejets importants forment une limite imperméable provoquée par une série de failles qui limite la nappe à sa partie Nord-Ouest. Au Nord, la nappe est limitée par une ligne de décharge le long du contact nappe socle triaso-paléozoïque et la bordure des plateaux d'Ain Soltane et d'Ain Balloul, et un contour imperméable dans la zone de Djebel Mozdbab avec une coupure de la nappe dans le secteur Nord du horst de Mozdbab par une faille. Au Nord-Est, la faille diagonale du flanc Est du môle de Tifrit est une limite imperméable. (In *DAHMANI M.N, 2016*)

b)- Limites verticales

La vallée de l'Oued Saida constituée géologiquement au Sud par les marnes du Callovo-Oxfordien et au Nord par celle du Bathonien (Mozdbab) et du Callovo-Oxfordien (Saida) où la nappe est captive, la nappe est libre dans toute sa surface et ne comporte pas de véritable toit. Les marnes du Toarcien (Es Saféh) dans la partie sud et centrale du réservoir et le socle triasopaléozoïque dans la partie nord forment le substratum de la nappe. (*K.DJIDI, 2015*). La recharge du système est assurée par la pluie dans la partie libre de l'aquifère. Par contre, dans la vallée et le plateau, les terrains de recouvrement imperméables constituent un obstacle à la percolation des eaux de pluies. Localement, cette alimentation est aussi assurée par les pertes. Les eaux thermales contribuent aussi à cette recharge. (*K.DJIDI, 2015*).

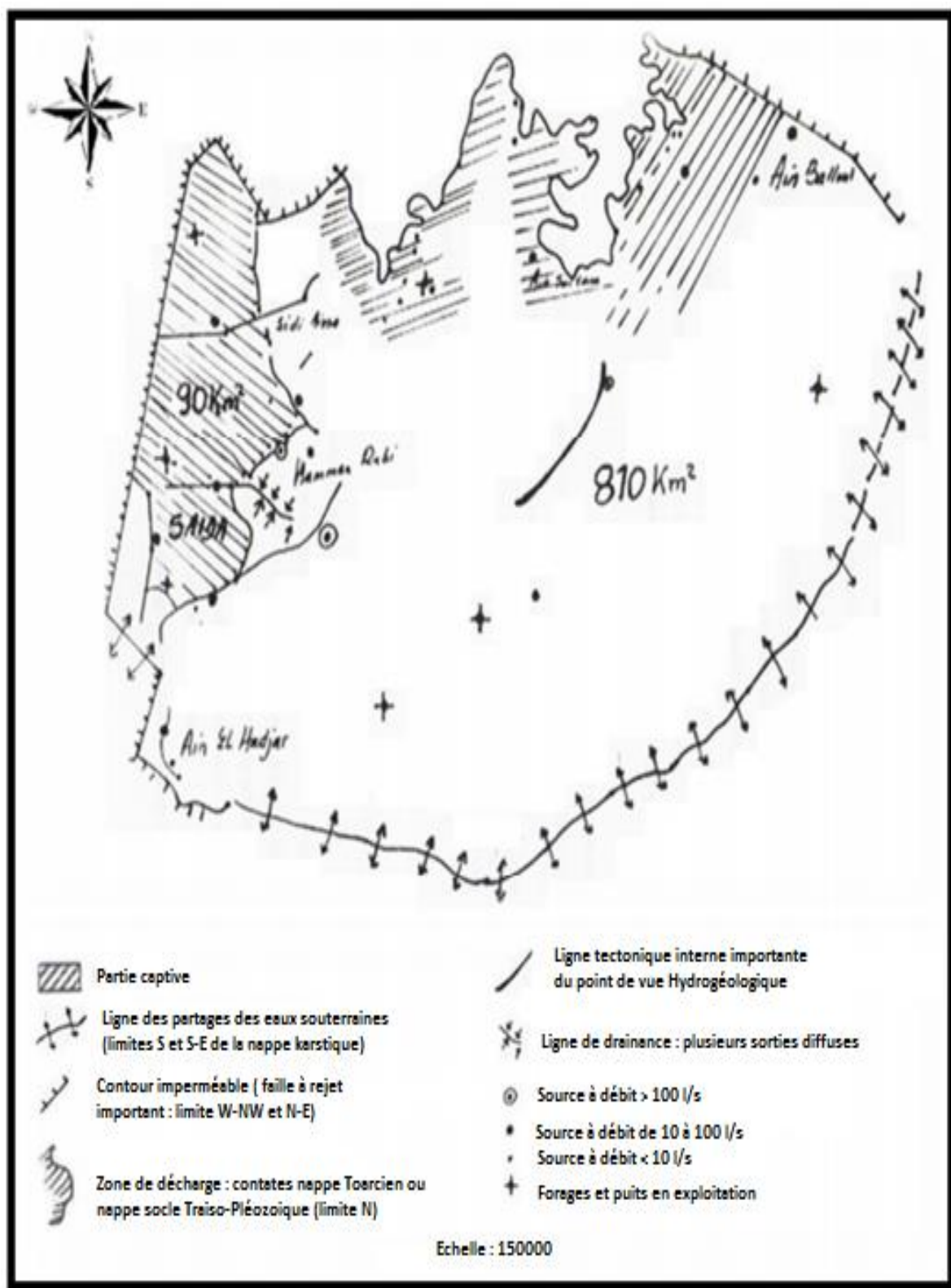


Fig.23 : Synthèse hydrogéologique de la nappe karstique des monts de Saida (DHW).

(In DAHMANI M.N, 2016).

4. La recharge et la décharge de la nappe :

4.1. La recharge de la nappe karstique de Saïda :

La zone d'alimentation est dans la partie libre de l'aquifère, se situent à l'Est de Saïda. Elle est constituée par le plateau des Hassasnas à l'Est et le causse de Tidernatine au Sud –Est, là où les dolomies et les calcaires du Bajocien-Bathonien affleurent très largement. L'infiltration dans cette région doit être importante et rapide car la plus grande partie de l'infiltration doit absorber l'eau qui ruisselait lorsque la dolomie était compacte. Elle est compartimentée. Le compartiment le plus important en termes de débits est celui correspondant au fossé d'effondrement de Saïda. Cette alimentation est aussi assurée par les pertes.

4.2. La décharge de la nappe karstique de Saïda :

La vidange de la nappe karstique se réalise exclusivement par les sources. Deux zones de décharge se distinguent : - Zone Ouest drainant le bassin hydrogéologique de Saïda. - Zone Nord drainant les trois autres bassins hydrogéologiques de Tifrit, d'Ain Soltane et de Balloul. (BOUDJEMAA, 2006).

5. Les paramètres hydrodynamiques :

Selon MEDJBER. A et BERKANE .F(2016) ,(Fig.26), les paramètres hydrodynamiques principaux : **transmissivité** et **coefficient d'emmagasinement** de cette nappe karstique ont été déterminés par des essais de pompage exécutés sur les forages les plus importants de la vallée de Saïda.

5.1. La transmissivité :

Les valeurs obtenues de la transmissivité sont très variées, traduisant l'hétérogénéité hydrodynamique de l'aquifère. Ces valeurs sont de l'ordre de $1.10^{-3} \text{ m}^2 / \text{s}$ en moyenne. Les fortes valeurs ($1.10^{-2} \text{ m}^2 / \text{s}$) se rencontrent le plus souvent dans la vallée de Saïda dans certains forages et plus rarement sur le plateau (Nord-Est). Des valeurs plus faibles, de l'ordre $1.10^{-4} \text{ m}^2 / \text{s}$ et parfois $1.10^{-5} \text{ m}^2 / \text{s}$ apparaissent dans certains forages au nord dans la vallée de Saïda. Ceci est dû au changement latérale de l'épaisseur de l'aquifère.

Les valeurs de la transmissivité se répartissent en fonction de :

* Degré de la karstification lié à la densité des fissures et des failles, donc à l'intensité de la tectonique.

* Epaisseur de l'aquifère suffisante en comparaison des rejets pour que les communications hydrodynamiques entre les blocs ne soient pas gênées malgré le désordre des masses carbonatées.

5.2. Coefficient d'emmagasinement :

Les valeurs du coefficient d'emmagasinement sont de l'ordre de 1.10^{-5} au niveau de la nappe captive (vallée de Saida) et de 1.10^{-3} vers l'Est, là où la nappe n'est plus artésienne mais encore en charge. Les valeurs du coefficient d'emmagasinement manquent pour la partie libre de la nappe pour des raisons techniques. Elles devraient être de l'ordre de 1.10^{-3} à 1.10^{-2} . (*BERKANE.F et MADJBER.A, 2016*).

6. Piézométrie de la nappe karstique de Saida : (Fig.24, 25 et 26)

L'étude de la piézométrie de la nappe est basée sur des données collectées au près de :

- la direction de l'Hydraulique de la wilaya de Saida (inventaire des points d'eau établi au mois de Février 1992) ;

- l'A.N.R.H. (inventaire des points d'eau réalisé au mois de Mars 2001). L'élaboration des cartes piézométriques par la technique d'interpolation d'ARCGIS nous a permis de marquer les grands axes d'écoulement et les zones d'alimentations latérales.

La carte piézométrique établie par *MEDJBER* (Mars ,2016) donne la réponse à toute une série de questions importantes concernant la circulation et la répartition des eaux souterraines de la nappe karstique de Saida.

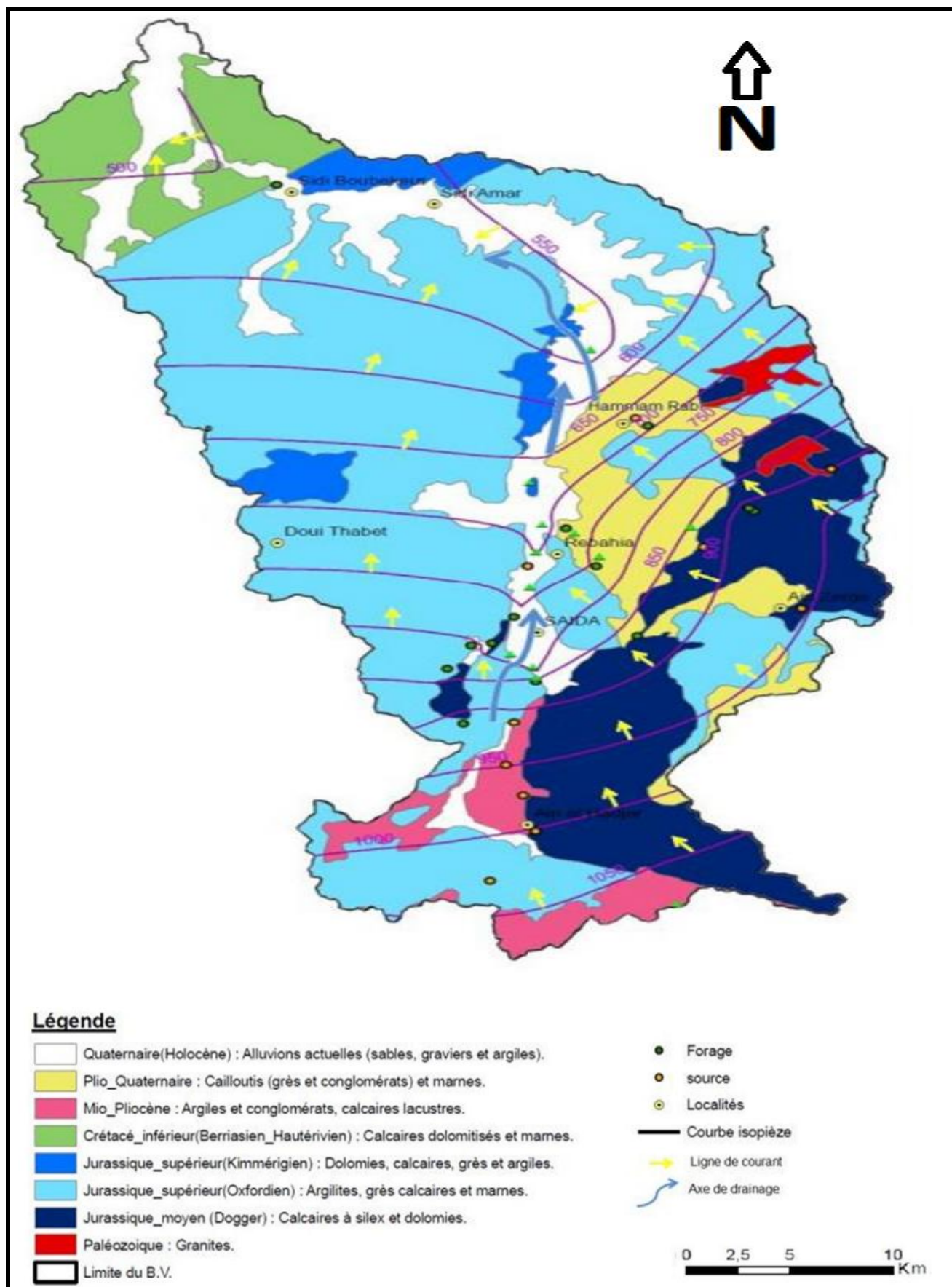


Fig.24 : Carte piézométrique de la zone d'étude (Campagne Février. ANRH, 1992)

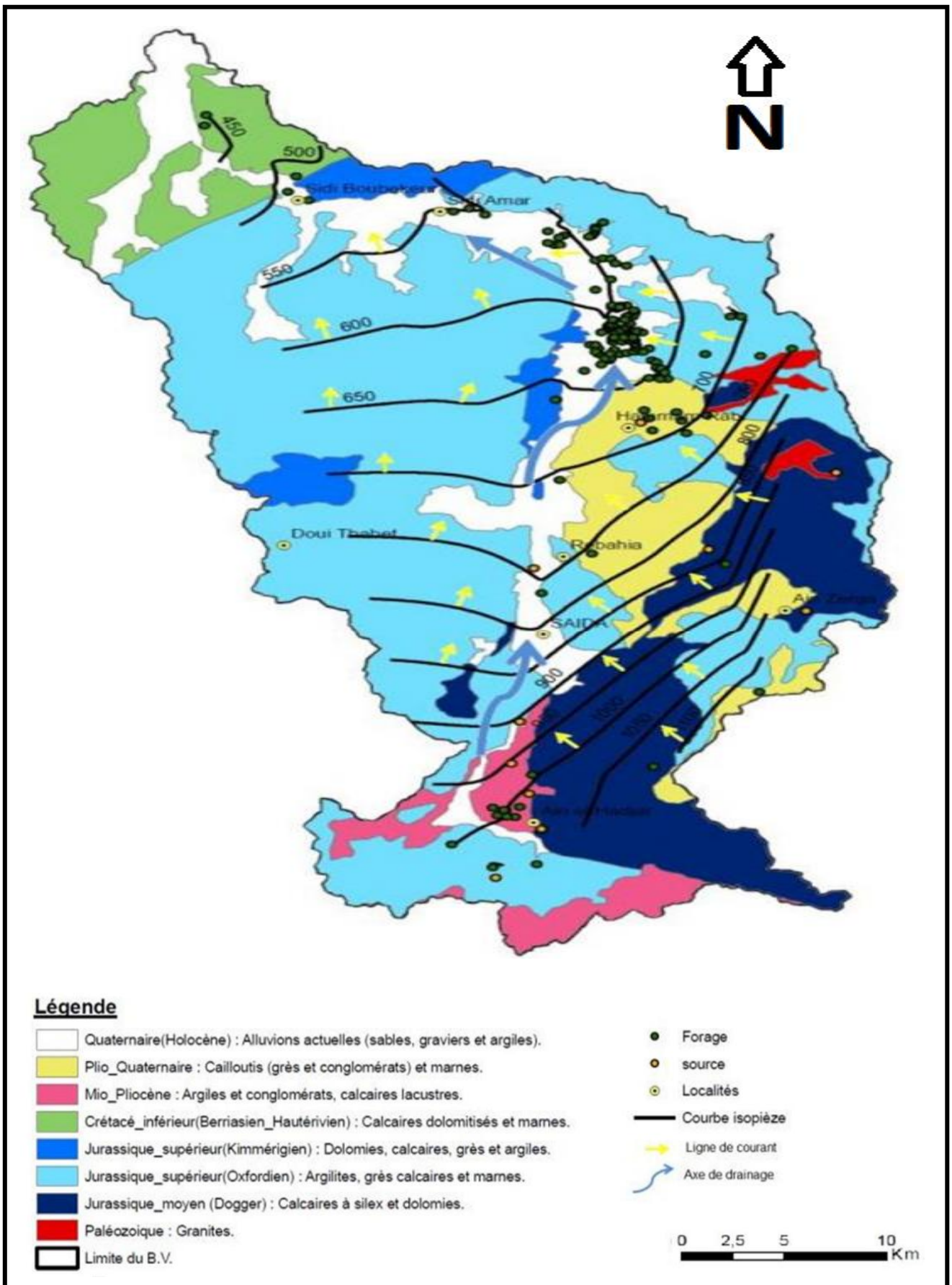


Fig.25 : Carte piézométrique de la zone d'étude (Campagne Mars. ANRH, 2001)

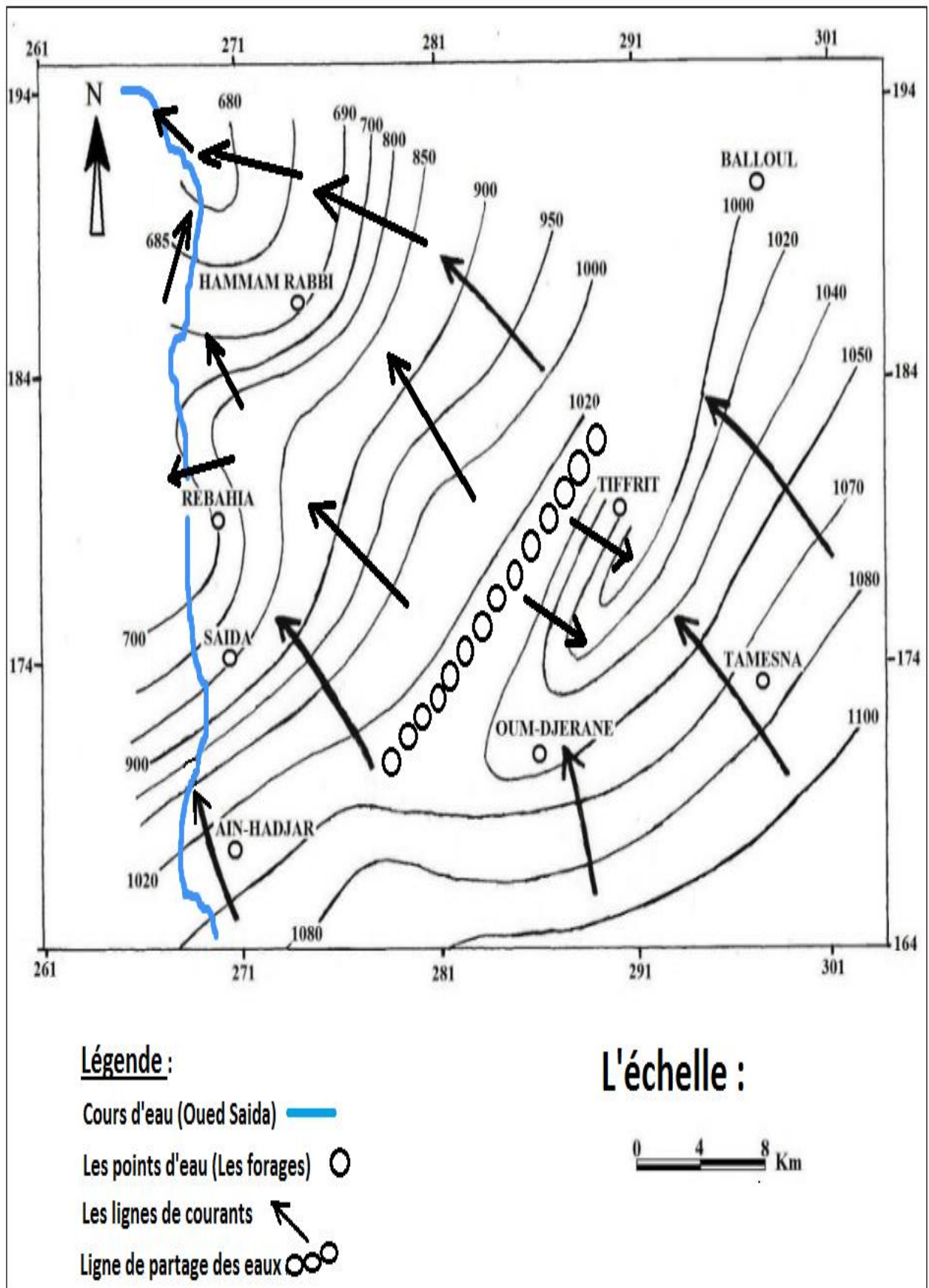


Fig.26 : Carte en hydro-isohypses de la nappe karstique de Saida. (In MEDJBER. A, Mars 2016).

La carte en courbe isopièze montre que l'écoulement se fait d'une manière générale du **Sud-Est** vers le **Nord-Ouest** suivant un **axe de drainage** correspondant aux thalwegs de l'Oued Saida. La **ligne principale de partage des eaux** souterraines suit approximativement la limite topographique Sud du bassin versant. Au sud de cette ligne de partage, l'écoulement souterrain est dirigé vers la dépression du Chott Chergui plus loin ce qui n'est pas visible sur cette carte. En général les lignes de courant convergent vers les sources.

Les courbes hydro-isohypses ont une concavité tournée vers l'aval. Toutes les eaux se rassemblent et sont drainées par l'Oued Saida, (action nappe-oued), c'est-à-dire dans notre cas **la nappe alimente l'oued**.

7. Localisation des sources drainantes par la nappe karstique : (Fig.27)

Plusieurs sources affleurent dans cette nappe. Les plus importantes sont : Ain - Zerga qui est une source de trop-plein dont le débit d'étiage dans les années 1950 et même 1970 avoisinait les 100 l/s et plus ; actuellement il est de 45-50 l/s, **Ain- Bent-Soltane dont le débit était de 40 l/s actuellement il est à 18 l/s**, la source du Poirier 120 l/s nous ne disposons pas du débit actuel, mais celui-ci a certainement diminué. (MEDJBERA. BERKANE.F, 2016)

Le point d'eau concerné par notre étude est la source d'**Ain Bent-Soltane** ($X(m) = 268,250$; $Y(m) = 173,050$; $Z(m) = 829$). Elle est située au contact faillé des dolomies Bajo-Bathonniennes et des argiles Callovo-Oxfordienne. (Fig.2 Chap.1)

Cette source alimente partiellement la ville de Saïda, et est caractérisée par un régime variable ; elle réagit immédiatement aux pluies et parfois on peut avoir de véritables crues. D'un débit moyen de 45 l/s. Le coefficient de tarissement α , calculé en 1973 (T.E.S.) était évalué à 0,0011j⁻¹. (DJIDI.K, 2015).

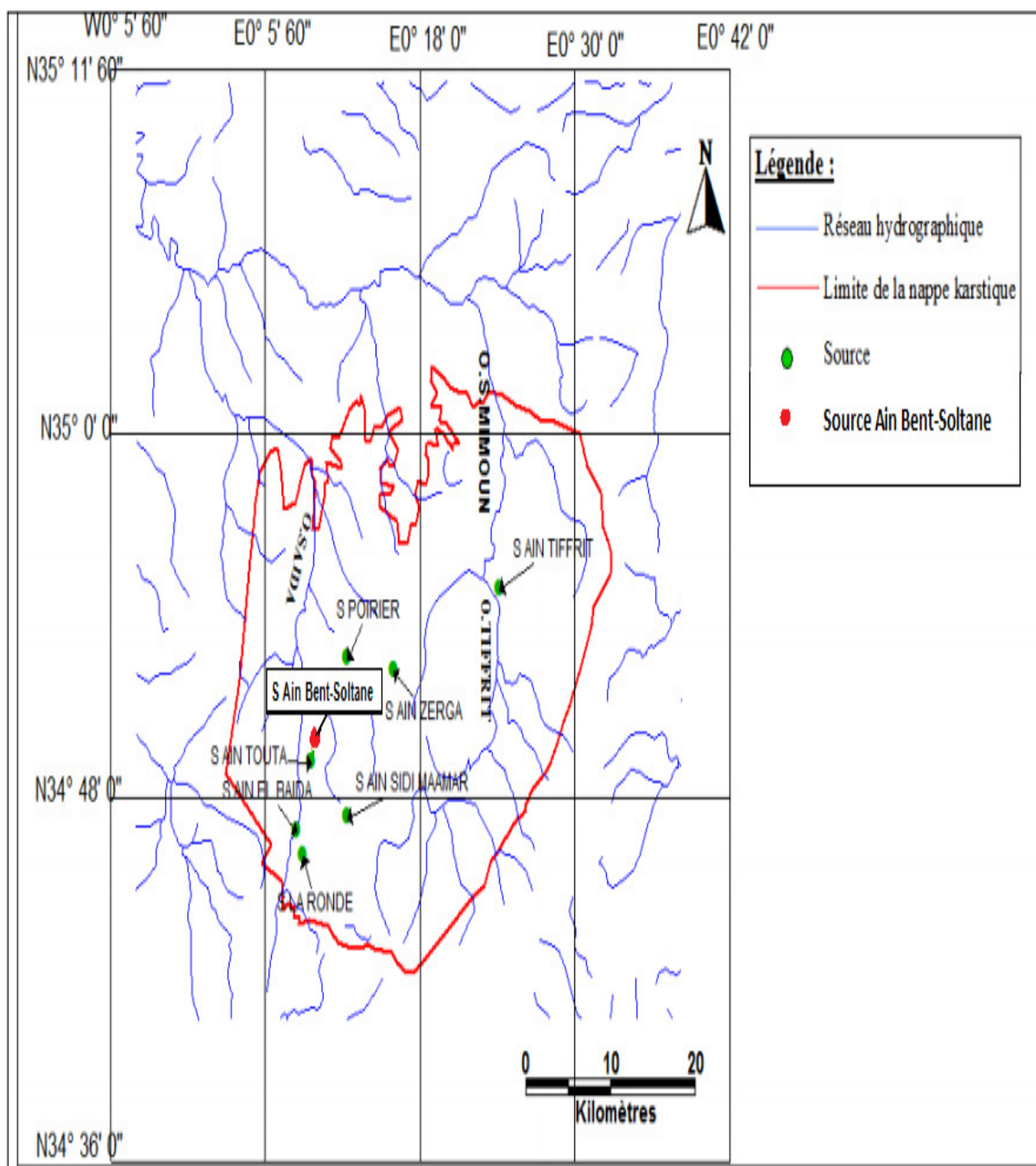


Fig.27 : Localisation des sources drainantes par la nappe karstique (In ANTEUR.DJ et all, 2015)

8. Caractéristiques hydrogéologiques de la source Ain Bent-Soltane : (Fig.28)

La source Ain Bent-Soltane est une source captée par un système drainant. Elle émerge à la faveur d'une faille qui met en contact des dolomies Bajo-Bathoniennes et des argiles Callovo-Oxfordiennes (Fig.6. Chap.1). Le système drainant permet de soutirer de l'aquifère le maximum de débit.

Les drains acheminent l'eau vers la boîte de captage de la source. Installés dans des tranchées, ils recueillent l'eau qui s'y écoule pour l'acheminer vers cette boîte de captage. Disposés de façon adéquate pour capter le maximum de filets d'eau, ils sont posés sur des lits de graviers si l'eau n'est pas trop boueuse.

Le drain est généralement posé lorsqu'on creuse une tranchée dans un sol saturé en eau. Le tranché à vocation à accueillir un drain, se produit un effet de « rabattement de nappe ». L'eau diffuse présente dans le terrain a alors tendance à s'écouler naturellement par gravité vers le drain.

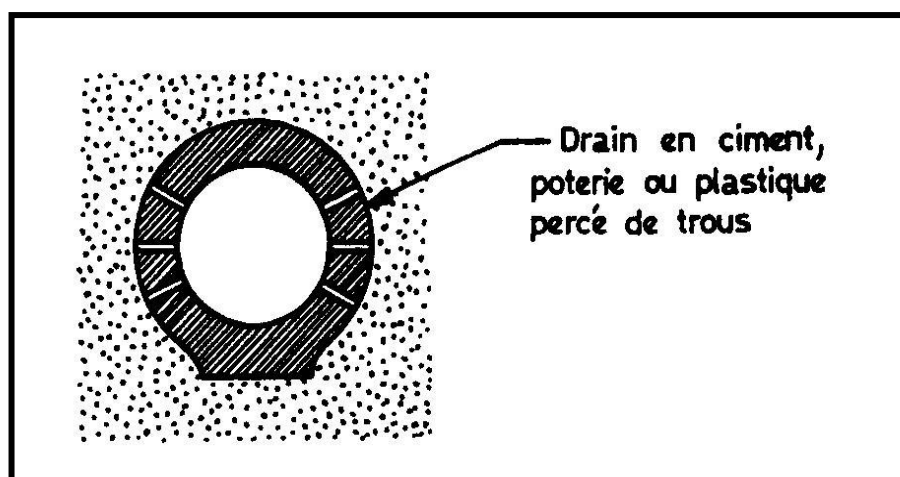


Fig.28 : schéma d'un drain.

8.1. Le système drainant

C'est une méthode de captage avec drainage sur grande surface. Celle-ci est utilisée lorsque la zone d'émergence de la source est étendue et diffuse, donnant souvent au terrain un aspect marécageux. Il faut alors capter l'eau à l'aide de plusieurs drains.

Ces drains sont des conduits enterrés perforés permettant de capter l'eau d'un aquifère par simple gravité. Ils sont le plus souvent préfabriqués mais peuvent être réalisés sur le chantier à partir de tuyaux en PVC en les sciant partiellement ou en les perforant et en fermant l'une des extrémités en la faisant fondre. Ils peuvent être aussi réalisés avec des poteries ou des roches. A noter que de tels drains sont posés pour accroître la capacité d'un bassin de captage simple.

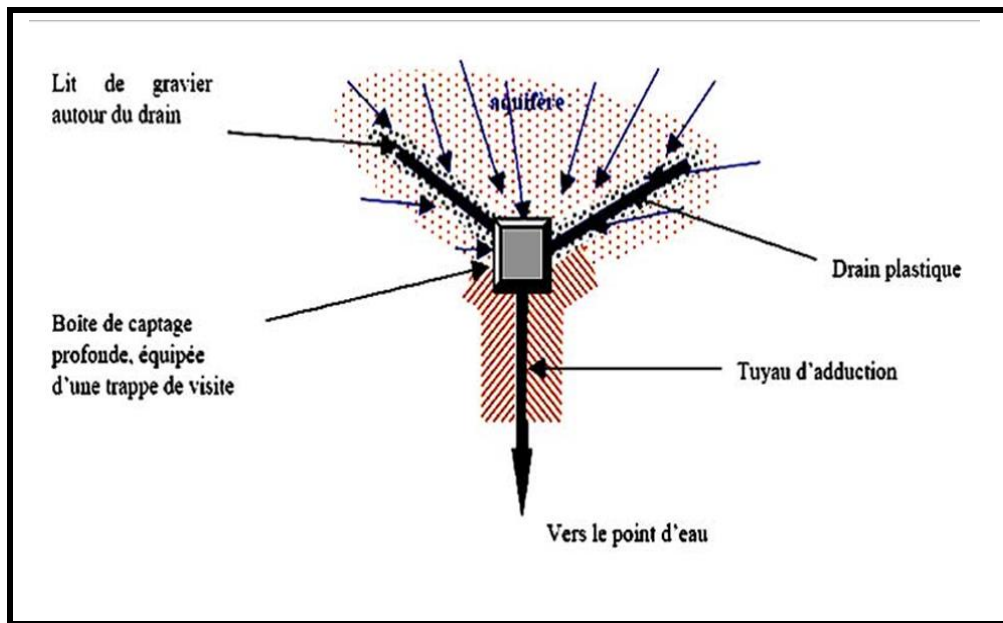


Fig.29 : schéma simplifié la méthode de système drainant.



Fig.30 :L'aménagement de la source Ain Bent-Soltane par le système drainant.

8.2. Les galeries captantes :

Sont des ouvrages de dimensions plus importantes, le plus souvent visitables. Exécutées en maçonnerie ou en béton, elles comportent une voûte, un radier étanche et des parois percées de barbicanes. Elles sont protégées extérieurement par des corrois d'argiles avec lits de béton ou de sables intercalés. Intérieurement, leur étanchéité et leur protection sont réalisées par une chape étanche.

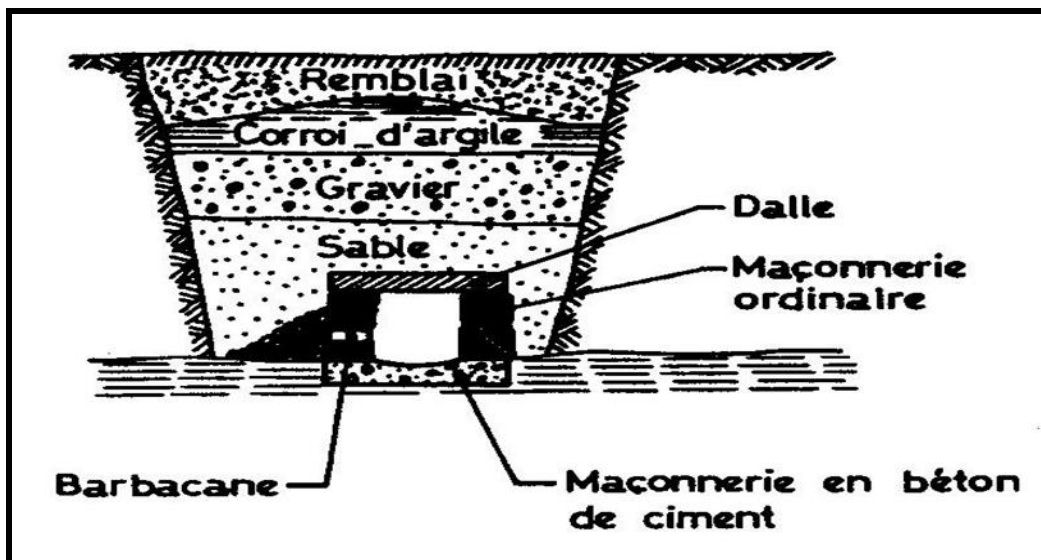


Fig.31: schéma d'une galerie captant



Fig.32: Galerie captant de la source Ain Bent-Soltane (Saida).

IV. Conclusion :

Le réseau hydrographique de l'oued Saida est d'ordre 5, le talweg principal d'ordre 5 ramifié à plusieurs talwegs d'ordre 1,2, 3,4.

La nappe karstique binaire de Saida présente une grande importance pour la région car elle alimente en eau la population et les unités économiques.

Cette nappe Karstique est captive dans la majeure partie du secteur d'étude sous la formation argileuse de Saïda et libre à l'Est où les dolomies forment en grand plateau connu sous le nom de "Causse de Tidernatine".

La vidange de la nappe karstique de Saida se réalise exclusivement par les sources. La source d'Ain Bent-Soltane l'un des exutoires de la nappe karstique des monts de Saida, cette source est issu d'un aquifère Bajo-Bathonien. Elle est aménagée par un système drainant afin de soutirer le maximum des filets d'eaux.

I. Introduction :

L'étude Hydrochimique est indispensable de toute étude hydrogéologique, elle nous permet d'étudier les caractéristiques et la qualité des eaux souterraines.

Notre étude hydrochimique est portée sur l'échantillon prélevé aux niveaux du captage de la source. Ce prélèvement a été fait par l'ANRH au mois de Novembre 2012.

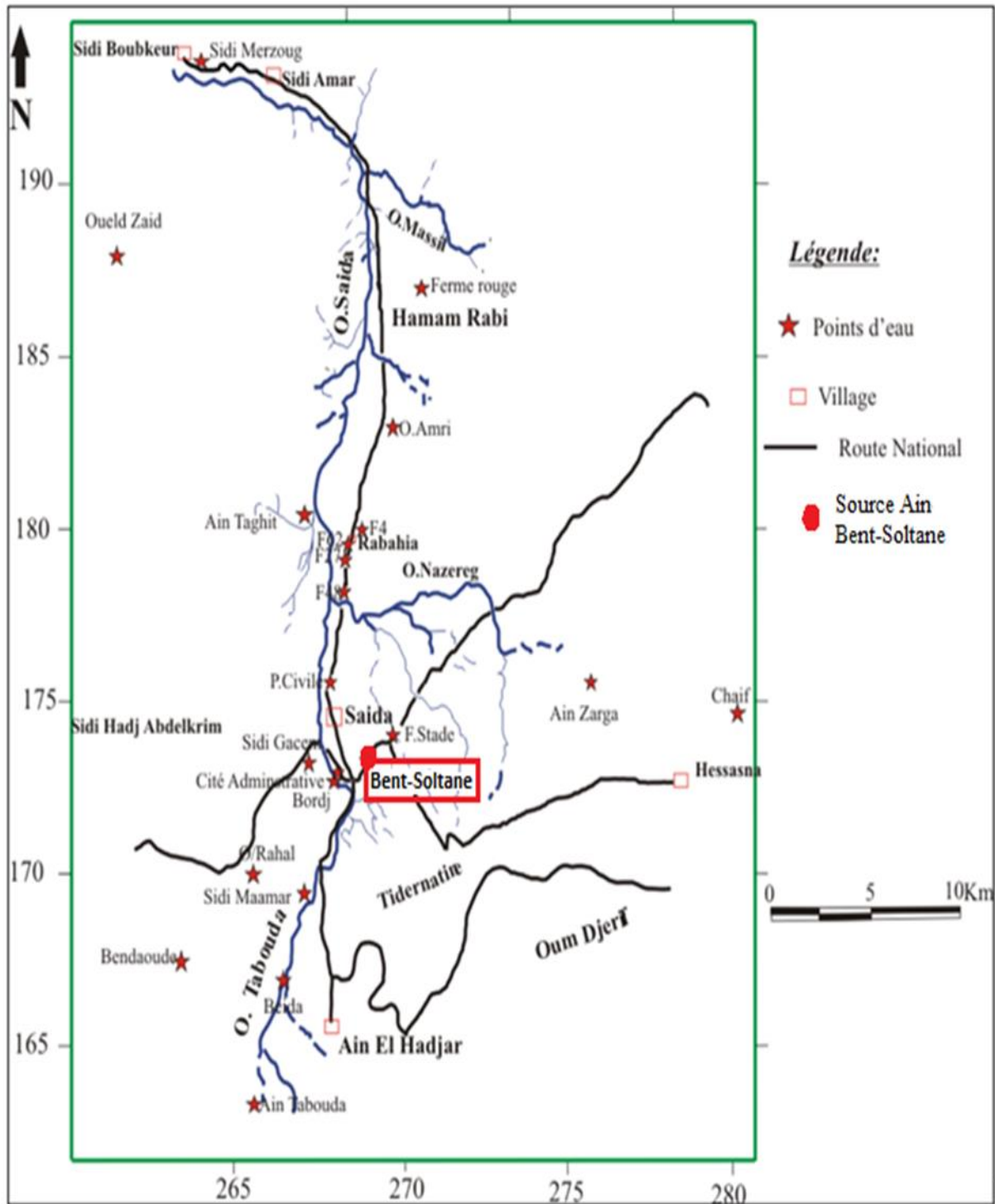


Fig.33 : Carte de localisation de la source Ain Bent-Soltane (In MEKABRET.I, 2013).

II. Principaux paramètres de potabilité des eaux souterraines

Les exigences de la qualité en vigueur sont fixées par un arrêté ministériel, relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine.

Il convient de distinguer deux types de paramètres ou d'exigences définies par une réglementation : Les paramètres Organoleptiques et les paramètres physico-chimiques.

1-Caractéristiques Organoleptiques:

Ces différents caractères doivent être appréciés au moment du prélèvement : certaines odeurs peuvent, par exemple, disparaître pendant le transport, ou l'aspect de l'échantillon se modifie au cours du stockage (apparition d'une coloration, de précipités, etc.).

Parmi les paramètres organoleptiques pris en considérations dans notre étude, nous avons :

1.1. La Couleur :

L'eau colorée présente des inconvénients : indépendamment des problèmes esthétiques, les substances naturelles qui donnent la coloration à l'eau peuvent, en formant des complexes avec des ions métalliques.

Bien qu'elle puisse par ailleurs satisfaire aux normes bactériologiques et chimiques, une eau présentant une certaine coloration, sans être dangereuse, est peu engageante et sera suspecte au consommateur.

Suivant les analyses faites par l'ANRH (2012), l'échantillon prélevé au niveau de la source (Mars 2012) (In FELLEH.N) est incolore.

1.2. L'Odeur :

L'eau potable doit être sans odeur, toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matière organique de décomposition.

Les odeurs proviennent, soit des produits chimiques, soit de matières organiques en décomposition, soit de protozoaires, soit d'organismes aquatiques.

Suivant les analyses faites par l'ANRH (2012), l'échantillon prélevé au niveau de la source (Mars 2012) (In FELLEH.N) est inodore donc il n'y a aucun signe de pollution.

1.3. L'électro-neutralité des eaux de la source Ain Bent-Soltane

Tableau N° 15 : Les éléments hydrochimiques du point d'eau Ain Bent-Soltane (ANRH 2012).

Eléments chimiques	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺⁺	k ⁺	CL ⁻	SO ₄ ⁻²	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻
Eau Ain Bent-Soltane (mg/l)	65,13	39,01	24,83	1,95	40,77	90,77	236,77	42,78
r (meq/l)	3,25	3,21	1,08	0,05	1,15	1,89	3,88	0,69

La balance ionique Permet de vérifier la qualité des analyses chimiques, et de déterminer le pourcentage d'erreur à partir de la relation suivante :

$$e\% = \left\{ \frac{\sum r \text{ cations} - \sum r \text{ anions}}{\sum r \text{ cations} + \sum r \text{ anions}} \right\} * 100.$$

Ou : r cation : somme des cations en meq/l

r anions : sommes des anions en meq/l.

- Si $e < 2\%$: une très bonne analyse.
- Si $2 < e < 5\%$: analyse acceptable.
- Si $e > 5\%$: c'est une mauvaise analyse et à refaire.

➤ Les résultats obtenus sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau N°16: Résultats de la balance ioniques des point d'eau Ain Bent-Soltane (Saida)

Points d'eau	$\sum r \text{ cation}$	$\sum r \text{ anion}$	e %	L'analyse
Ain Bent-Soltane	7,59	7,61	0,13	Très bonne analyse

- Le tableau N°16 montre que l'analyse est très bonne.

➤ Le tableau suivant (n° 17) résume la formule caractéristique ainsi que le faciès chimique du point d'eau Ain Bent-Soltane (Saida).

Tableau N°17 : La formule caractéristique et faciès chimique de la source Ain Bent-Soltane.

Nom	Formule caractéristique	faciès chimique
Ain Bent-Soltane	$r \text{HCO}_3^- > r \text{SO}_4^- > r \text{Cl}^- > r \text{NO}_3^-$ $r \text{Ca}^{++} > r \text{Mg}^{++} > r \text{Na}^+ > r \text{K}^+$	Bicarbonatée calcique

L'eau de la source Ain Bent -Soltane est Bicarbonatée Calcique.

2. Les paramètres Physico-chimiques:

L'analyse d'une eau naturelle doit donner la concentration des éléments caractéristiques et la valeur des grandeurs physiques et chimiques (pH, T°, Turbidité, Conductivité, la dureté,.....).

2.1. Paramètres physiques :

Parmi les paramètres mesurés, nous avons :

Tableau N°18 : Les paramètres physiques de point d'eau Ain Bent-Soltane (ANRH, 2012).

Le point d'eau	PH	T (C°)	TH (F°)	Min (mg/l)
Ain Bent-Soltane	7,3	21,4	32	507

2.1.1. La température :

La température joue un rôle important dans la solubilité et la dissolution des sels dissous, dans la solubilité des gaz, sur la conductibilité électrique et dans la détermination du pH. La température permet parfois d'obtenir des indications sur l'origine de l'écoulement de l'eau. En rapport avec les normes de potabilités de l'eau fixées par l'OMS (1994), l'eau est :

- Excellente lorsque la température varie entre 20 et 22°C ;
- Passable lorsque la température oscille dans l'intervalle de 22 à 25°C
- Médiocre lorsqu'elle est comprise entre 25 et 30°C

➤ Pour la source Ain Bent-Soltane, la température a été mesurée sur le terrain à l'aide d'un thermomètre, la température de l'eau est comprise entre 19,3°C et 23,5°C (une moyenne de 21.4°C). (ANRH, 2012). Selon les normes de l'OMS, l'eau de la source Ain Bent-Soltane dans la région de Saida est excellente.

2.1.2. Le PH :

Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend des facteurs multiples dont l'origine de l'eau. Le pH détermine l'acidité, l'alcalinité et la neutralité des solutions. Il est lié à la nature du terrain.

A partir du pH, on peut classer les eaux de la manière suivante :

- pH inférieur à 5 : acidité forte
- pH égale à 7 : neutralité
- pH de 7 à 8 : neutralité rapprochée
- pH supérieur à 8 : alcalinité, évaporation intense, eau basique.

Il a été mesuré à l'aide d'un PH-mètre sur le terrain et au laboratoire $\text{PH} = \text{Log} (\text{H}_3\text{O}^+)$. Le PH de l'eau représente son acidité ou son alcalinité, sa valeur est souvent liée à la minéralisation totale.

- Pour la source Ain Bent-Soltane, le pH est égal à 7,3. L'eau de la source est neutre ou à peine basique. (ANRH, 2012).

2.1.3. La conductivité :

Elle mesure la capacité de l'eau à conduire le courant électrique. Sa variation permet de suivre l'évolution d'une pollution chimique. La conductivité permet d'apprécier le degré de minéralisation de l'eau dans la mesure où la plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement.

La conductivité d'une eau mesurée en μ siemens/cm ou le μ mhos/cm augmente avec sa teneur en sels dissous. Elle permet donc l'estimation de la minéralisation.

La classification des eaux en fonction de la conductivité se présente de la manière suivante :

Tableau N°19 : Représentation de la relation entre la conductivité et la minéralisation

Conductivité en $\mu\text{s/cm}$	La minéralisation
100 $\mu\text{s/cm}$ < Conductivité < 200 $\mu\text{s/cm}$	Faible
200 $\mu\text{s/cm}$ < Conductivité < 333 $\mu\text{s/cm}$	Moyenne accentuée
333 $\mu\text{s/cm}$ < Conductivité < 666 $\mu\text{s/cm}$	Moyenne
666 $\mu\text{s/cm}$ < Conductivité < 10000 $\mu\text{s/cm}$	Importante
Conductivité 10000 $\mu\text{s/cm}$	Excessive

Tableau N°20 : La conductivité et la minéralisation de point d'eau Ain Bent-Soltane (Saida).

Points d'eaux	Conductivité ($\mu\text{s/cm}$)	Facteur minéralisation	Minéralisation (Mg/l)
Ain Bent-Soltane	708	0.715	506

On remarque que l'eau de la source Ain Bent-Soltane a une minéralisation importante.

2.2. Les paramètres chimiques :

L'organisation mondiale de la santé (O.M.S) a défini pour les eaux destinées à l'alimentation en eau potable, un ensemble de normes, pour examiner la qualité chimique des eaux prélevées en les comparant suivant ces normes internationales retenues par l'O.M.S :

2.2.1. Dureté ou Titre hydrométrique (TH) :

On détermine la potabilité chimique d'une eau en calculant sa dureté, ou titre hydrométrique, dû à la présence des sels de **Calcium** et de **Magnésium** qu'elle renferme.

Où: $TH = Ca^{2+} + Mg^{2+}$ (meq/l).

$TH = (Ca^{2+} + Mg^{2+}) * 5$ (degré Français).

Tableau N°21 : Norme de potabilité en fonction de la dureté.

TH (°F)	0 à 7	7 à 22	22 à 32	32 à 54	< 54
Eau	Douce	Modérément douce	Assez douce	Dure	Très dure

Tableau N°22 : La dureté de point d'eau Ain Bent-Soltane (Saida).

Les points d'eaux	TH (°F)	Interprétation
Ain Bent-Soltane	32	Assez douce

- l'eau d'Ain Bent-Soltane (Saida) offre une dureté de 32 °F. elle est assez douce, donc l'eau de la source est potable.

2.2.2. Caractéristiques des éléments chimiques majeurs

a. Les cations

Teneur en Ca^{2+} : l'eau de la source Ain Bent-Soltane a une teneur en Ca^{++} de 65,13 mg/l, cet élément chimique provient du lessivage des formations calcéro-dolomitiques du Aaléno-Bajo-Bathonien.

Teneur en Mg^{2+} : la teneur en magnésium est faible que celle en Ca^{++} , elle est de 39,01 mg/l, elle provient du lessivage des formations dolomitique du Domérien.

Teneur en Na^+ : la teneur en sodium est moyennement faible comparant aux deux autre cations précédents elle est de 24,83 mg/l. sa provenance est le lessivage des formations argileuses du Callovo-Oxfordien.

Teneur en k^+ : le potassium est toujours présent dans les eaux karstiques mais avec des teneurs très faibles (1.95mg/l pour notre source). Il provient de la roche évaporitique.

b. les anions :

Teneur en Cl^- : les eaux du bassin versant de Saida sont assez chargées en chlorures. Pour notre source la valeur du Cl est de 40.77mg/l indiquant sa provenance de formations salifère du Primaire.

Teneurs en SO_4 : la teneur en sulfates des eaux de la source sont égales à 90,77 mg/l témoignant l'existence des formations gypseuse du Tertiaire.

Teneur en NO_3^- : selon les normes internationales de potabilité et pour notre source la teneur en nitrates est inférieure à 50mg/l témoignant l'absence probable de pollution.

2.2.3. La qualité de l'eau pour l'irrigation :

Les eaux de la source Ain Bent-soltane sont utilisées non seulement pour l'alimentation en eau potable mais aussi pour l'irrigation. Pour cela nous avons jugé indispensable de calculer le SAR (Risque d'alcalinisation et de salinisation).

Avec :

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{(Ca + Mg)/2}}$$

Si le :

S.A.R < 10 : eaux excellentes.

10 ≤ S.A.R ≤ 18 : eaux bonnes.

18 ≤ S.A.R ≤ 26 : eaux convenables.

S.A.R > 26 : eaux médiocres.

Tableau N°23 : Classification de la qualité de l'eau en fonction de valeur du S.A.R.

Points d'eau	% Na+	S.A.R	Qualité d'eau
Ain Bent-Soltane	20,61	3,46	Excellente

- L'eau de la source Ain Bent-Soltane est excellente pour l'irrigation.

III. Représentations graphiques :

L'analyse graphique est réalisée par le logiciel diagramme, qui traite les données hydrochimiques sur la base d'un fichier Excel.

1. Le diagramme de PIPER

Le diagramme de Piper permet de voir l'évolution d'une eau, passant d'un faciès à un autre, grâce à des analyses espacées dans le temps et dans l'espace. Il est très utile pour représenter toutes autres sortes de groupes d'analyses, ainsi il est composé de deux triangles et un losange.

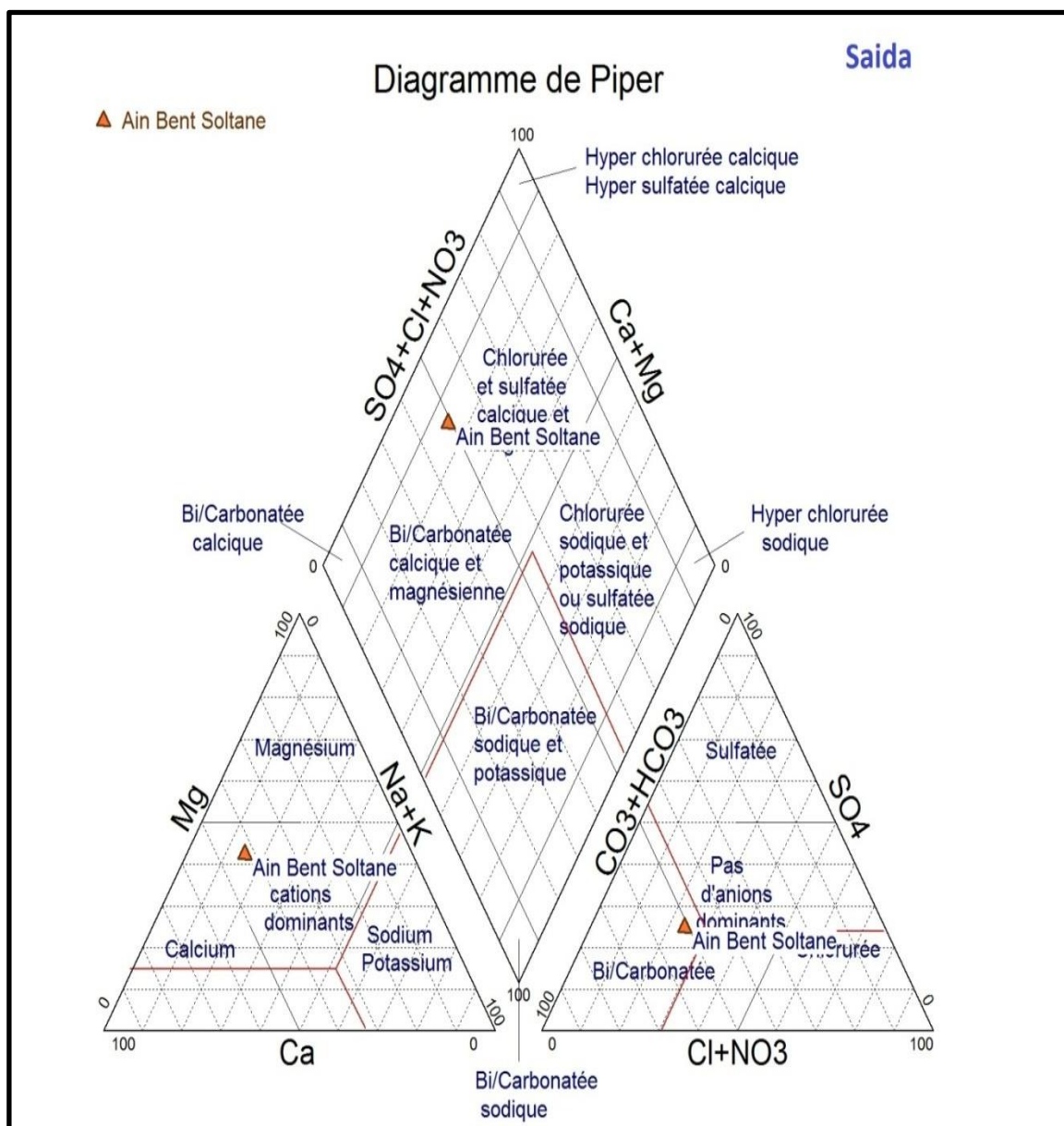


Fig.34 : Diagramme de Piper de point d'eau Ain Bent-Soltane.

-d'après le diagramme de Piper, la source Ain Bent-Soltane est Bicarbonatée Calcique.

2. Le diagramme de SCHOELER

Il permet entre autres de reconnaître simplement le faciès d'une eau souterraine, en utilisant les concentrations des éléments majeurs et en les reportant sur un graphique en colonnes à échelles logarithmiques.

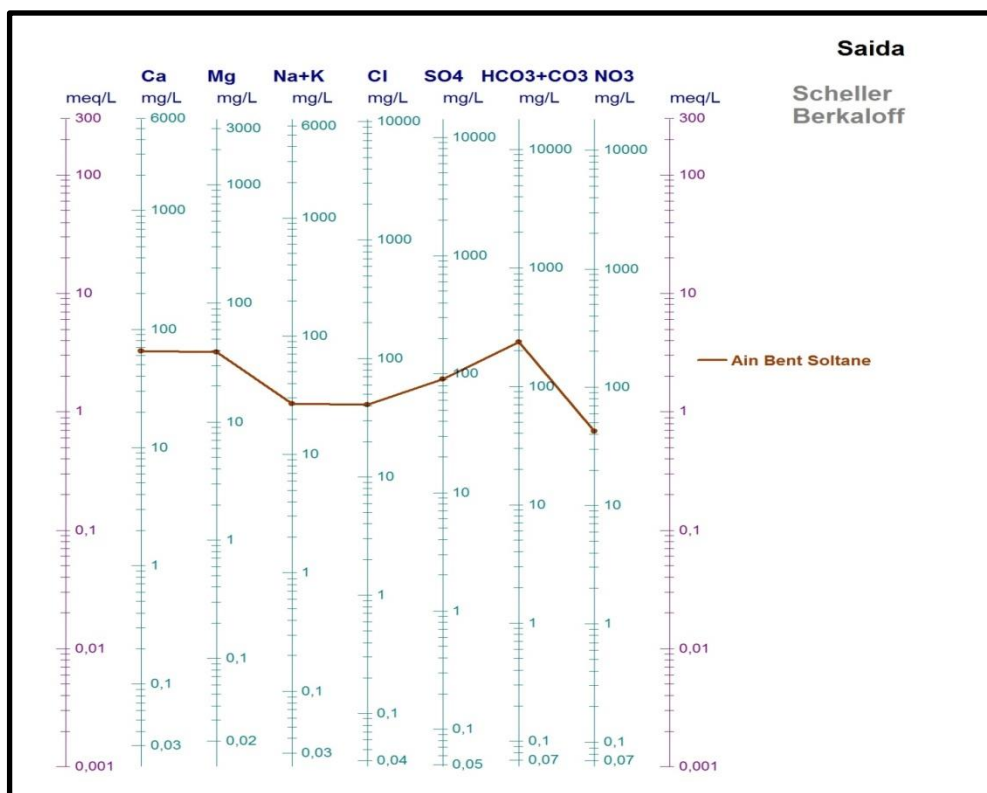


Fig.35 : Diagramme de Schoeller Berkaloff du point d'eau Ain Bent-Soltane(Saida).

D'après la présentation graphique de Scholler Berkaloff (Fig.35), on remarque le pic de la courbe est élevé au bicarbonate et au calcium, ce qui confirme que les eaux de la source Bent-Soltane est Bicarbonatée Calcique.

3. Diagramme de Stabler :

Le diagramme de Collins ou Stabler(Fig.36) est utilisé pour déterminer rapidement les différents titres d'une eau (titre d'alcalimétrie, titre en sels d'acides forts et titre d'hydrotimétrie). Pour cela les concentrations en meq.

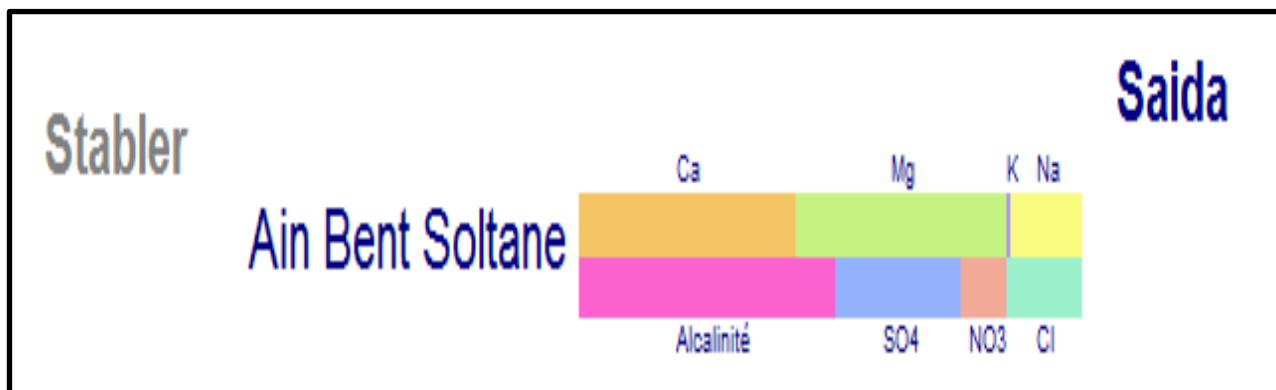


Fig.36 : diagramme de Stabler de point d'eau Ain Bent-Soltane (Saida).

-Selon le diagramme de Stabler (Fig.36), on remarque que parmi les anions la quantité des bicarbonates est grande, parmi les cations le Calcium est dominant, ce qui montre que la source Bent-Soltane est Bicarbonatée calcique.

4. Diagramme de Stiff :

Le diagramme de Stiff permet d'obtenir une figure géométrique polygonale caractéristique d'une famille d'eau donnée. Les données d'analyse des ions majeurs sont reportées sur des axes horizontaux de part et d'autre de l'axe vertical d'origine.

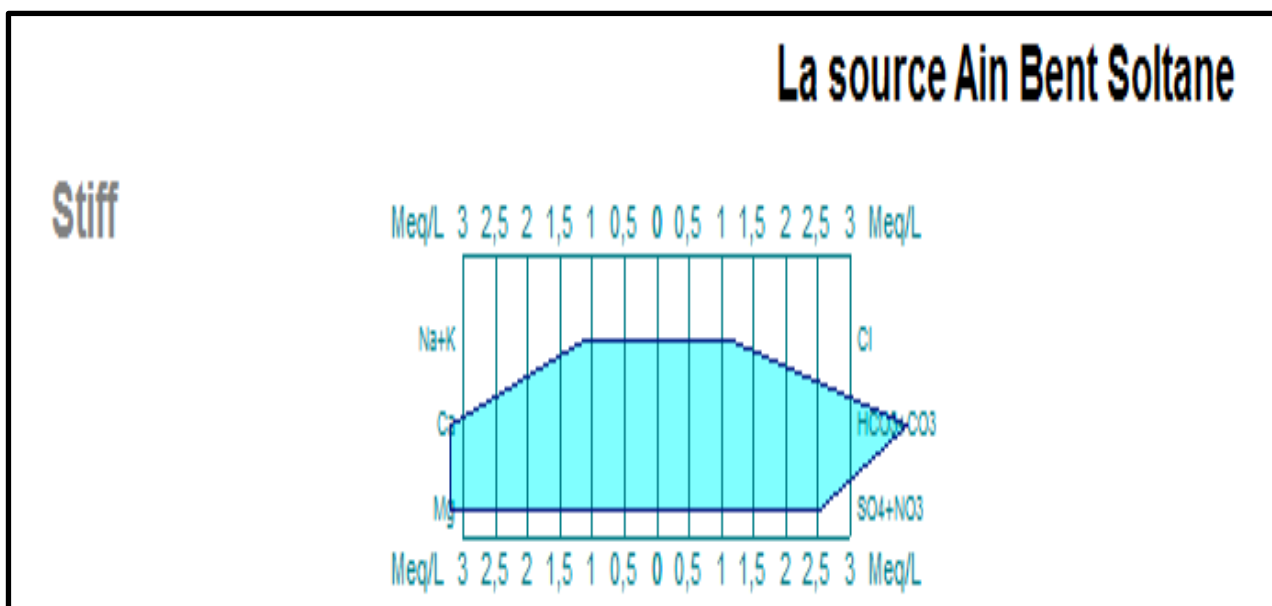


Fig.37 : Le diagramme de Stiff de point d'eau Ain Bent-Soltane (Saida).

Selon le diagramme de Stiff (Fig.37), on remarque que le pôle est clairement aux Bicarbonates et au Calcium, ce qui montre que la source Ain Bent-Soltane est Bicarbonatée Calcique.

IV. Etude des rapports caractéristiques:

Tableau N° 24: Calcul des rapports caractéristiques

Points d'eau	$r \text{ SO}_4^{2-} / r \text{ Cl}^-$	$r \text{ Na}^+ / r \text{ Cl}^-$	$r \text{ Mg}^{2+} / r \text{ Ca}^{2+}$
Ain Bent-Soltane	1,64	0,94	0,99

- Rapport $r \text{SO}_4^{2-} / r \text{Cl}^-$:

La valeur de ce rapport de la source d'Ain Bent-Soltane est inférieure à l'unité ce qui montre que les chlorures dominent par rapport aux sulfates, s'expliquant par le lessivage des roches salifères du Quaternaire.

- Rapport $r \text{Na}^+ / r \text{Cl}^-$:

Pour ce rapport le point d'eau Ain Bent-Soltane présente un rapport $\text{Na}^+ / \text{Cl}^-$ supérieur à l'unité, caractérisé par la prédominance du sodium expliquant le lessivage des formations argileuses du Callovo-Oxfordien.

- Rapport $r \text{Mg}^{2+} / r \text{Ca}^{2+}$:

Le point d'eau Ain Bent-Soltane, présente une valeur inférieure à l'unité, ce qui montre la prédominance du calcium par rapport aux Magnésium. Le calcaire provient du lessivage des formations carbonatées du Bajo-batonien

V. Les indices de saturations

L'indice de saturation est un modèle d'équilibre extrait de la notion de saturation théorique et fournit un indicateur du degré de saturation de l'eau.

- Si $\text{IS} > 0$: L'eau est sur saturation
- Si $\text{IS} < 0$: L'eau est sous saturation
- Si $\text{IS} = 0$: l'eau est saturée

Tableau N°25 : Les indices de saturation de la source Ain Bent-Soltane .

Les indices de Saturation	IS Calcite	IS Aragonite	IS Dolomite	IS Gyps	IS Anhydrite
Ain Bent-Soltane	-0,27	-0,42	-0,42	-1,55	-1,77

D'après le tableau n°25, on remarque que toutes les valeurs de **IS** sont inférieures à zéro (0), donc l'eau de la source Ain Bent-Soltane est sous saturée s'expliquant par le temps de séjour court, ce qui montre que l'aquifère est très karstifié.

VI. Etude comparative de la source Ain Bent-Soltane et les autres sources avoisinantes (Fig 33)

L'étude comparative consiste à comparer les eaux de la source Ain Bent-Soltane et les sources : Sidi Gacem , El Bordj, F48, F Stade , O/Rahal, Protection Civile.

1. Les Paramètres organoleptiques

Parmi les paramètres mesurés, on a :

- a. **La couleur** : D'après l'observation, nos échantillons sont incolores. (ANRH, 2012).
- b. **L'odeur** : Les échantillons sont inodores qui indiquent l'absence de pollution. (ANRH, 2012).

2. Les paramètres physico-chimiques :

- a. **Le Ph** : le pH varie de 7,1 et 8.3 les eaux sont neutres ou à peine basique. (ANRH, 2012).
- b. **La température** : les températures des eaux sont comprises entre 15,8°C et 23,5°C. (ANRH, 2012). Selon les normes de l'OMS, les eaux de la région de Saida sont excellentes à passables.

Tableau N° 26 : Les éléments physico chimiques des points d'eaux en mg/l.

Les points d'eaux	rCa ⁺⁺ (mg/l)	rMg ⁺⁺ (mg/l)	rNa ⁺ (mg/l)	rK ⁺ (mg/l)	rCl ⁻ (mg/l)	rSO ₄ ⁻ (mg/l)	rHCO ₃ ⁻ (mg/l)	rNO ₃ ⁻ (mg/l)
Sidi Gacem	39,08	38,04	36,36	0,78	56,72	73,96	0,00	202,80
El Bordj	52,1	62,95	22,99	1,95	34,03	59,08	336,20	21,70
F 48	43,09	99,04	31,96	0,78	54,95	51,87	515,00	40,92
F Stade	190,4	108,20	126,9	7,82	263,80	245,90	630,90	173,60
O/Rahal	179,4	91,02	418,60	10,95	341,40	140,00	151,90	4,96
Protection Civile	31,06	57,00	22,99	0,78	56,72	35 ,06	250,8	35,96
Ain Bent-Soltane	65,13	39,01	24,83	1,95	40,77	90,77	236,77	42,78

Tableau N° 27:les quantités en réaction des éléments hydrochimiques des points d'eaux meq/l.

Les points d'eaux	rCa ⁺⁺ (meq/l)	rMg ⁺⁺ (meq/l)	rNa ⁺ (meq/l)	rK ⁺ (meq/l)	rCl ⁻ (meq/l)	rSO ₄ ⁻ (meq/l)	rHCO ₃ ⁻ (meq/l)	rNO ₃ ⁻ (meq/l)
Sidi Gacem	1,95	3,13	1,39	0,02	1,60	1,54	0,00	3,27
El Bordj	2,6	5,18	1,00	0,05	0,96	1,23	5,51	0,35
F 48	2,15	8,15	1,39	0,02	1,55	1,08	8,44	0,66
F Stade	9,5	8,90	5,52	0,20	7,44	5,12	10,34	2,80
O/Rahal	8,95	7,49	18,21	0,28	9,63	21,66	2,49	0,08
Protection Civile	1,55	4,69	1,00	0,02	1,60	0,73	4,11	0,58
Ain Bent-Soltane	3,25	3,21	1,08	0,05	1,15	1,89	3,88	0,69

C. Balance ionique et faciès chimiques des points d'eaux :

Tableau N°28 : Résultats de la balance ioniques des points d'eaux.

Points d'eau	$\sum r$ cation	$\sum r$ anion	e %	L'analyse
Sidi Gacem	6,47	6,41	0,62	Très bonne analyse
El Bordj	8,83	8,05	4,62	Analyse acceptable
F48	11,71	11,73	0,08	Très bonne analyse
F Stade	24,12	25,7	3,17	Analyse acceptable
O / Rahal	34,93	33,86	1,55	Très bonne analyse
Protection Civile	7,26	7,02	1,68	Très bonne analyse
Ain Bent-Soltane	7,59	7,61	0,13	Très bonne analyse

Le tableau N°28 montre que la majorité des résultats des analyses sont très bonnes.

Tableau N°29 : La formule caractéristique et le faciès chimique des points d'eaux.

Nom	Formule caractéristique	faciès chimique
Sidi Gacem	$r \text{Cl}^- > r \text{SO}_4^{--} > r \text{HCO}_3^- > r \text{NO}_3^- > r \text{Mg}^{++} > r \text{Ca}^{++} > r \text{Na}^+ > r \text{K}^+$	Chloruré magnésien
El Bordj	$r \text{HCO}_3^- > r \text{SO}_4^{--} > r \text{Cl}^- > r \text{NO}_3^- > r \text{Mg}^{++} > r \text{Ca}^{++} > r \text{Na}^+ > r \text{K}^+$	Bicarbonaté Magnésienne
F48	$r \text{HCO}_3^- > r \text{Cl}^- > r \text{SO}_4^{--} > r \text{NO}_3^- > r \text{Ca}^{++} > r \text{Mg}^{++} > r \text{Na}^+ > r \text{K}^+$	Bicarbonaté calcique
F Stade	$r \text{HCO}_3^- > r \text{Cl}^- > r \text{SO}_4^{--} > r \text{NO}_3^- > r \text{Ca}^{++} > r \text{Mg}^{++} > r \text{Na}^+ > r \text{K}^+$	Bicarbonaté calcique
O/Rahal	$r \text{SO}_4^{--} > r \text{Cl}^- > r \text{HCO}_3^- > r \text{NO}_3^- > r \text{Na}^+ > r \text{Ca}^{++} > r \text{Mg}^{++} > r \text{K}^+$	Sulfaté sodique
Protection Civile	$r \text{HCO}_3^- > r \text{Cl}^- > r \text{SO}_4^{--} > r \text{NO}_3^- > r \text{Mg}^{++} > r \text{Ca}^{++} > r \text{Na}^+ > r \text{K}^+$	Bicarbonaté Magnésienne
Ain Bent-Soltane	$r \text{HCO}_3^- > r \text{SO}_4^{--} > r \text{Cl}^- > r \text{NO}_3^- > r \text{Ca}^{++} > r \text{Mg}^{++} > r \text{Na}^+ > r \text{K}^+$	Bicarbonaté calcique

- On remarque que la majorité des eaux sont des eaux Bicarbonatées calcique ou magnésienne.

d. La dureté (TH) : D'après les valeurs calculées, la plupart des échantillons prélevés présentent une dureté supérieure 50° F (sont des eaux dures à très dures), ce qui rend l'usage de ces eaux très difficile, et le reste sont des eaux assez douces.

Tableau N°30 : Les paramètres physico-chimiques des points d'eaux.

Les points d'eaux	TH (F°)	Interprétation	Cond (µs/cm)	Facteur minéralisation	Min (mg/l)
Sidi Gacem	25,4	Assez douce	460	0.758	349
El Bordj	38,9	Dure	654	0.758	496
F48	51,5	Dure	935	0.758	709
F Stade	92	Très dure	1740	0.758	1319
O/Rahal	82,2	Très dure	2770	0.758	2100
Protection Civile	31,2	Assez douce	500	0.715	358
Ain Bent-Soltane	32	Assez douce	708	0.715	506

Selon le tableau n°30 on remarque que les eaux dans la région de Saida ont une minéralisation importante.

3. La qualité des eaux en fonction de l'alcalinisation et salinisation :

Tableau N°31 : Classification de la qualité de l'eau en fonction de valeur du S.A.R.

Points d'eau	% Na+	S.A.R	Qualité d'eau
Sidi Gacem	30	5,16	Excellente
El Bordj	17,86	3,03	Excellente
F48	18,86	3,8	Excellente
F Stade	31,18	10,40	Bonne
O/Rahal	61,43	36,06	Médiocre
P. Civile	21,43	3,47	Excellente
Ain Bent-Soltane	20,61	3,46	Excellente

Nous remarquons que la plus part des eaux présentées une qualité d'eau d'irrigation bonne à excellente.

4. Représentations graphiques :

a. Diagramme de Piper :

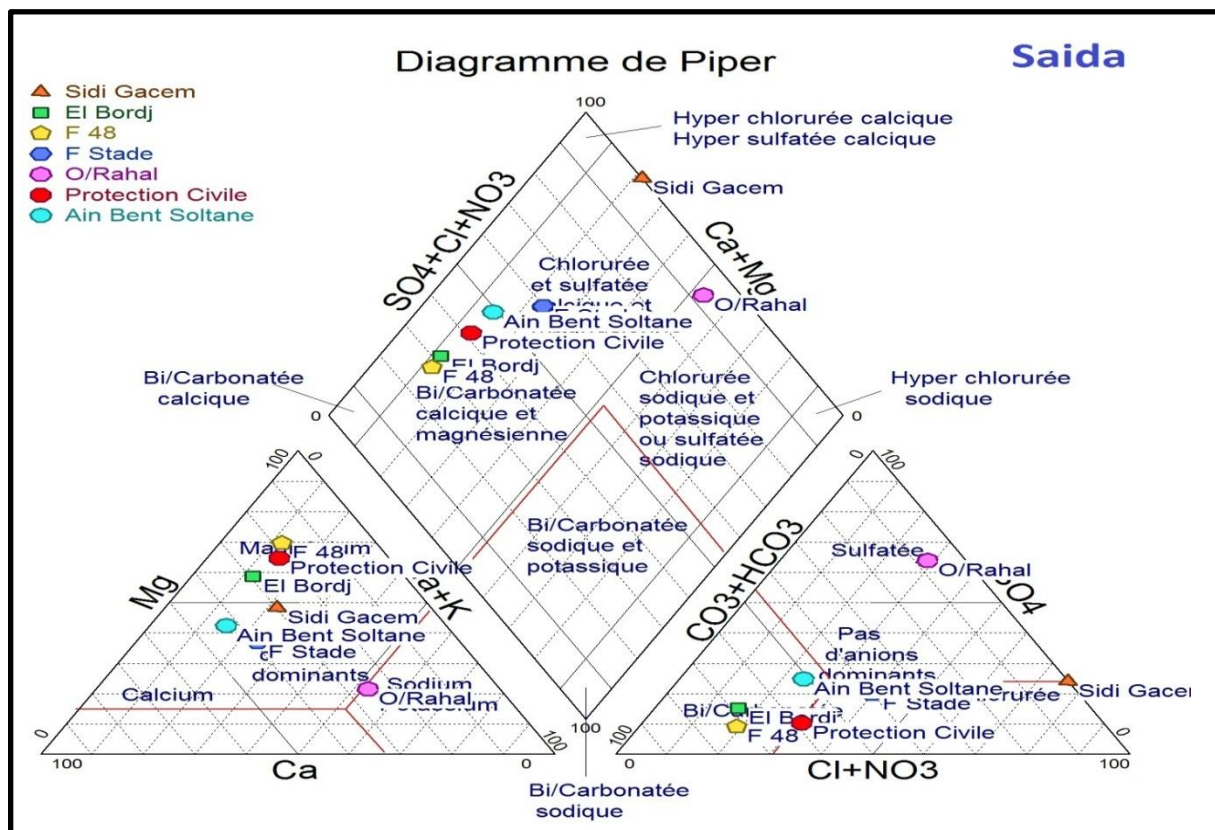


Fig.38 : Diagramme de Piper des points d'eau dans la région de Saida.

b. Diagramme de scholler :

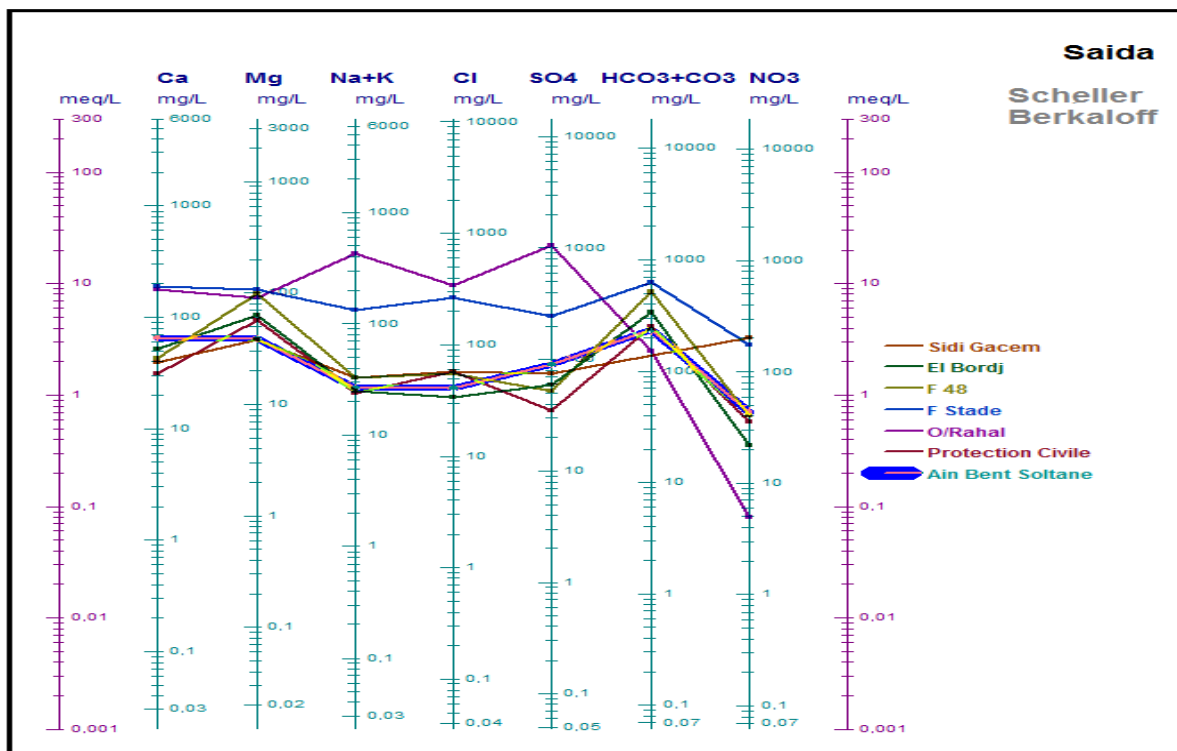


Fig.39: Diagramme de Schoeller Berkaloff des points d’eaux dans la région de Saida.

c. Diagramme de Stabler :

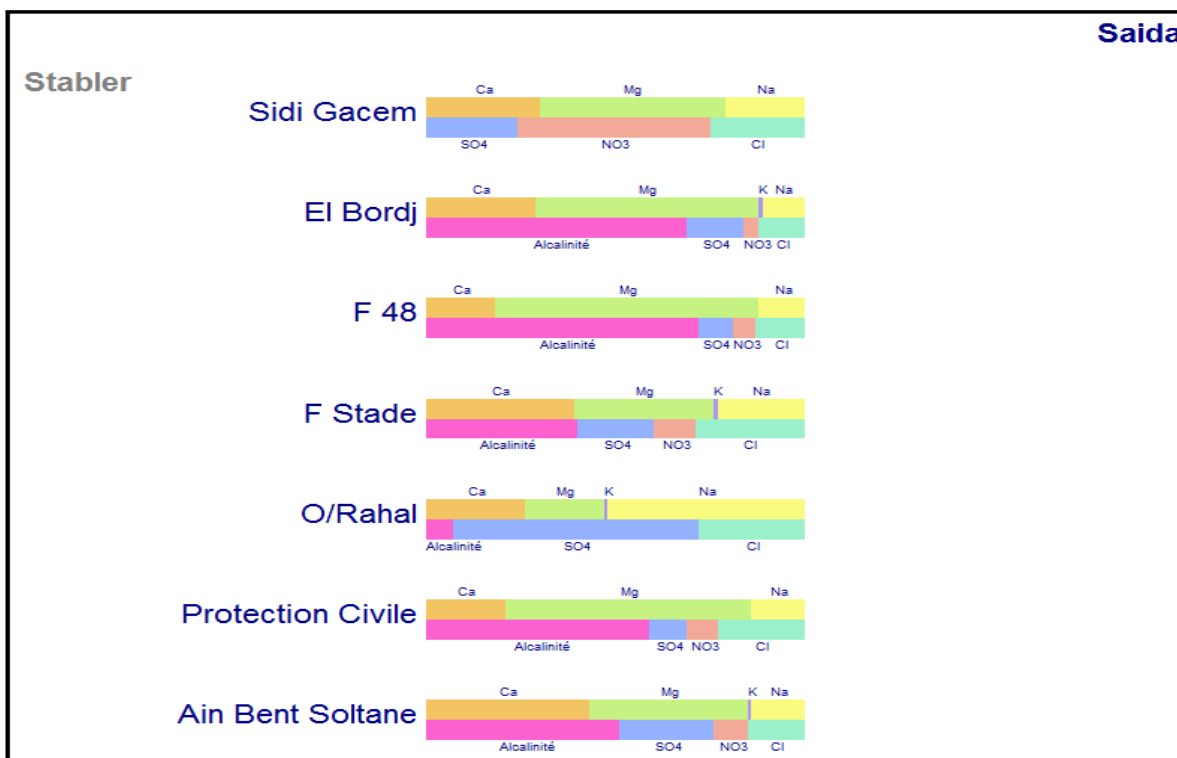


Fig.40 : diagramme de Stabler des points d’eaux dans la région de Saida.

d. Diagramme de Stiff

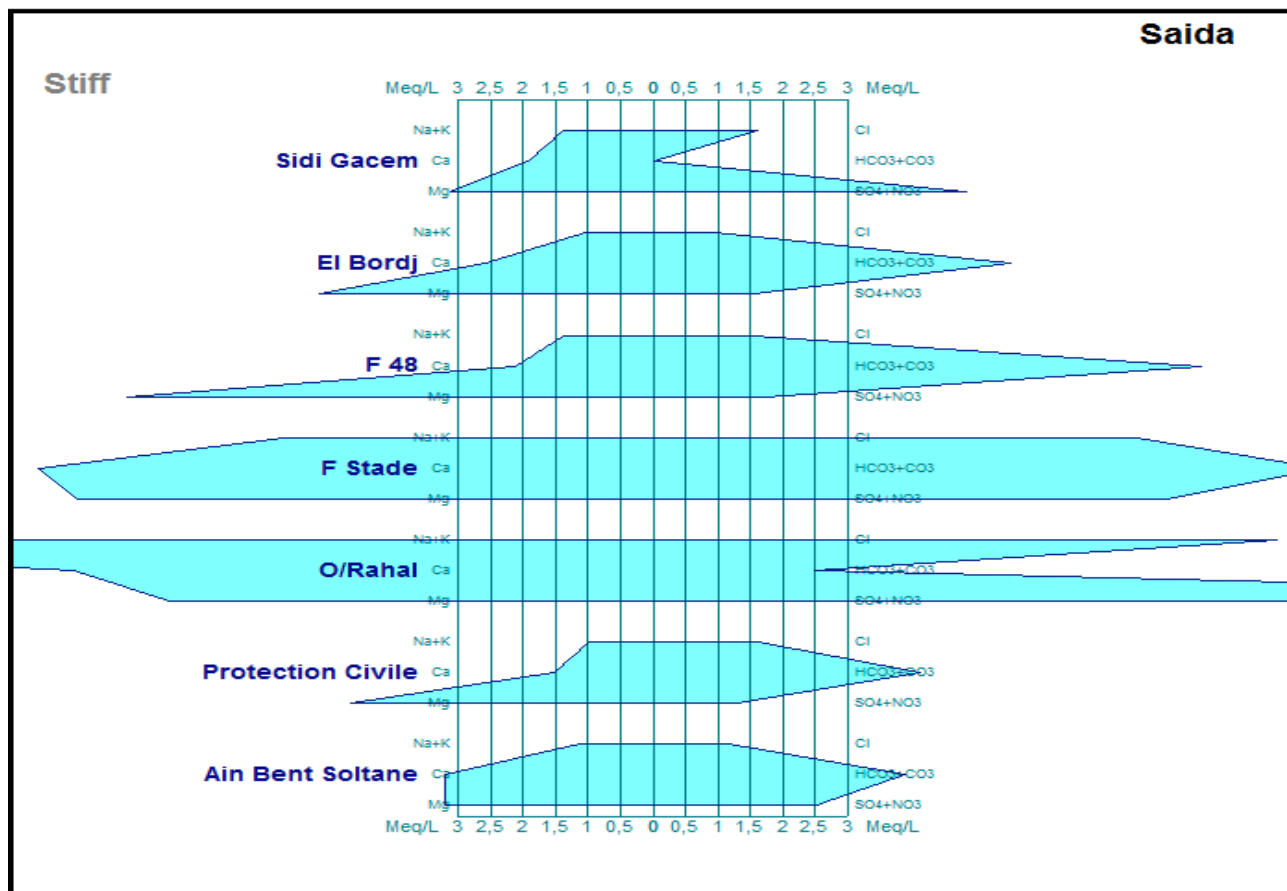


Fig.41: Le diagramme de Stiff des points d’eaux dans la région de Saida.

5. Etude des rapports caractéristiques:

Tableau N° 32 : Calcul des rapports caractéristiques.

Points d’eau	$r \text{ SO}_4^{2-} / r \text{ Cl}^-$	$r \text{ Na}^+ / r \text{ Cl}^-$	$r \text{ Mg}^{2+} / r \text{ Ca}^{2+}$
Sidi Gacem	0,96	0,87	1,6
El Bordj	1,28	1,04	1,99
F48	0,7	0,91	3,79
F Stade	0,69	0,74	0,94
O/Rahal	2,45	1,89	0,84
P. Civile	0,46	0,62	3,02
Ain Bent-Soltane	1,64	0,94	0,99

- Rapport $r \text{SO}_4^{2-} / r \text{Cl}^-$:

76,19% sont inférieures à l'unité ce qui montre que les chlorures dominent par rapport aux sulfates, s'expliquant par le lessivage des roches salifères.

- 23,8% des valeurs sont supérieures à l'unité ce qui prouve que les sulfates dominent aux chlorures. Cela est lié au lessivage des formations gypsifères du Tertiaire.

- Rapport $r \text{Na}^+ / r \text{Cl}^-$:

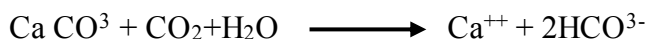
Pour ce rapport la majorité des points d'eau présentent un rapport $\text{Na}^+ / \text{Cl}^-$ supérieur à l'unité, caractérisé par la prédominance du sodium expliquant le lessivage des formations argileuses. Et pour le reste des points d'eau qui sont inférieurs de l'unité, ils ont un faciès plus chloruré que sodique.

- Rapport $r \text{Mg}^{2+} / r \text{Ca}^{2+}$:

La plupart des points d'eau présente des valeurs supérieures à l'unité, ce qui montre la prédominance de Magnésium par rapport aux calciums, Cette prédominance est liée à la dissolution des formations dolomitiques du Domérien.

6. Etude des cartes iso-teneurs :**1. Les Cations :****1.1. Calcium (Fig.42) :**

Cet élément est fréquent dans les roches sédimentaires, il provient essentiellement de la dissolution des roches carbonatées suite à la présence du gaz carbonique. Le calcium peut provenir des formations gypsifères ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), qui sont facilement solubles selon l'équation :



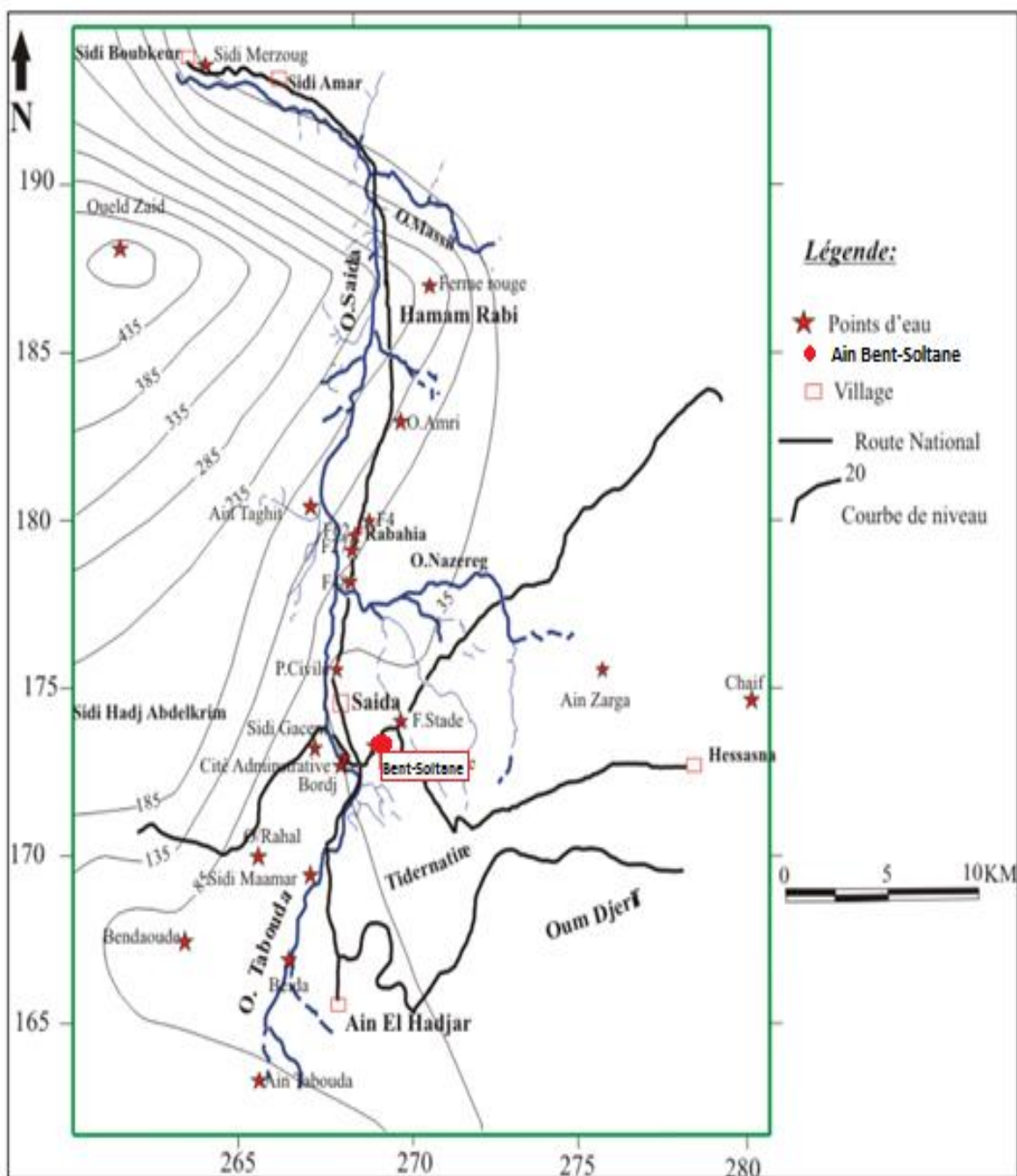


Fig.42 : Carte en courbe isoteneur du Calcium Ca^{++} (Mekabbret.I, 2013).

D'après la carte (Fig.42), on remarque que les isoteneurs en calcium présentent des valeurs élevées à l'extrême Nord-Ouest du l'oued Saida (509mg/l), les valeurs minimales sont observées au Sud-Est du bassin. Cette variation suit la direction générale de l'écoulement.

1.2. Magnésium (Fig.43) :

Le Mg^{2+} vient des roches dolomitiques, il est en concentration variables dans les eaux naturelles.

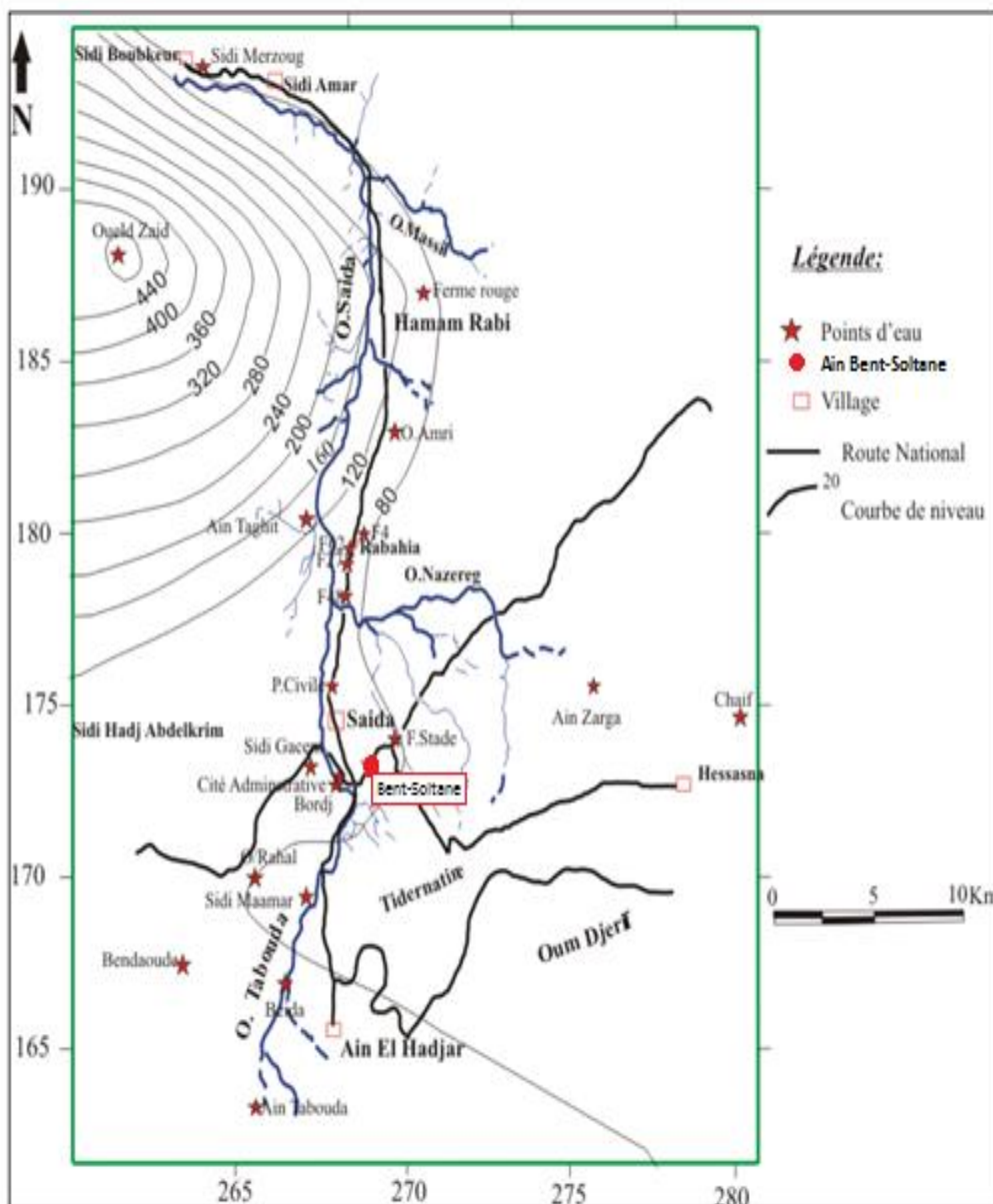


Fig. 43: Carte en courbe isoteneur en Magnésium Mg^{2+} (MEKABRET.I, 2013)

Selon la carte (Fig.43), on remarque que les valeurs varient entre 16 Mg/l à l'Est et 500 Mg/l au Nord-Ouest suivant la direction de l'écoulement.

2. Les Anions

2.1. Chlorure :

Les chlorures peuvent avoir une origine multiple :

- Ils peuvent provenir d'une intrusion d'eau marine, ou suite à l'action humaine à partir du soulage des routes, ou par contamination par les eaux usées.
- Ils peuvent provenir de la dissolution des sels par lessivage des terrains salifères.

Les chlorures donnent un goût désagréable et posent le problème de corrosion des canalisations et des réservoirs à partir de 50 mg/l (norme de l'O.M.S).

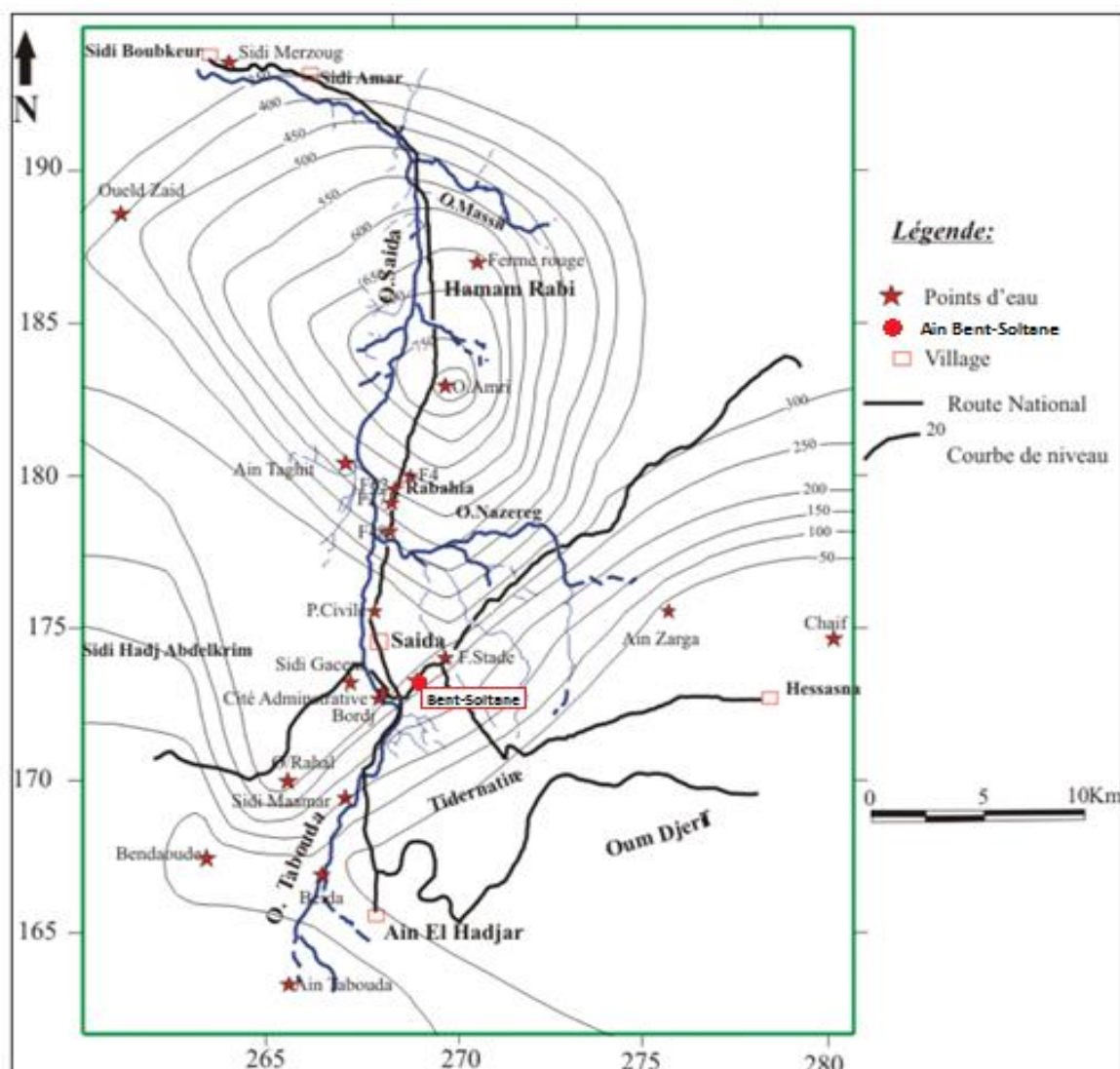


Fig.44 : Carte en courbe isoteur des Chlorures Cl (MEKABRET.I, 2013).

D'après la carte (Fig.44), la concentration maximale était observée au niveau de points d'eau Ouled Amri avec 818mg/l et pour la concentration minimale au niveau de forage Ain Zarga avec 21 mg/l. Ces valeurs varient du NW au SE suivant la direction générale de l'écoulement.

2.2. Les Bicarbonate :

Les bicarbonates proviennent de la dissolution des roches carbonatées ou de CO₂ de l'air l'eau, sous forme d'acide carbonate.

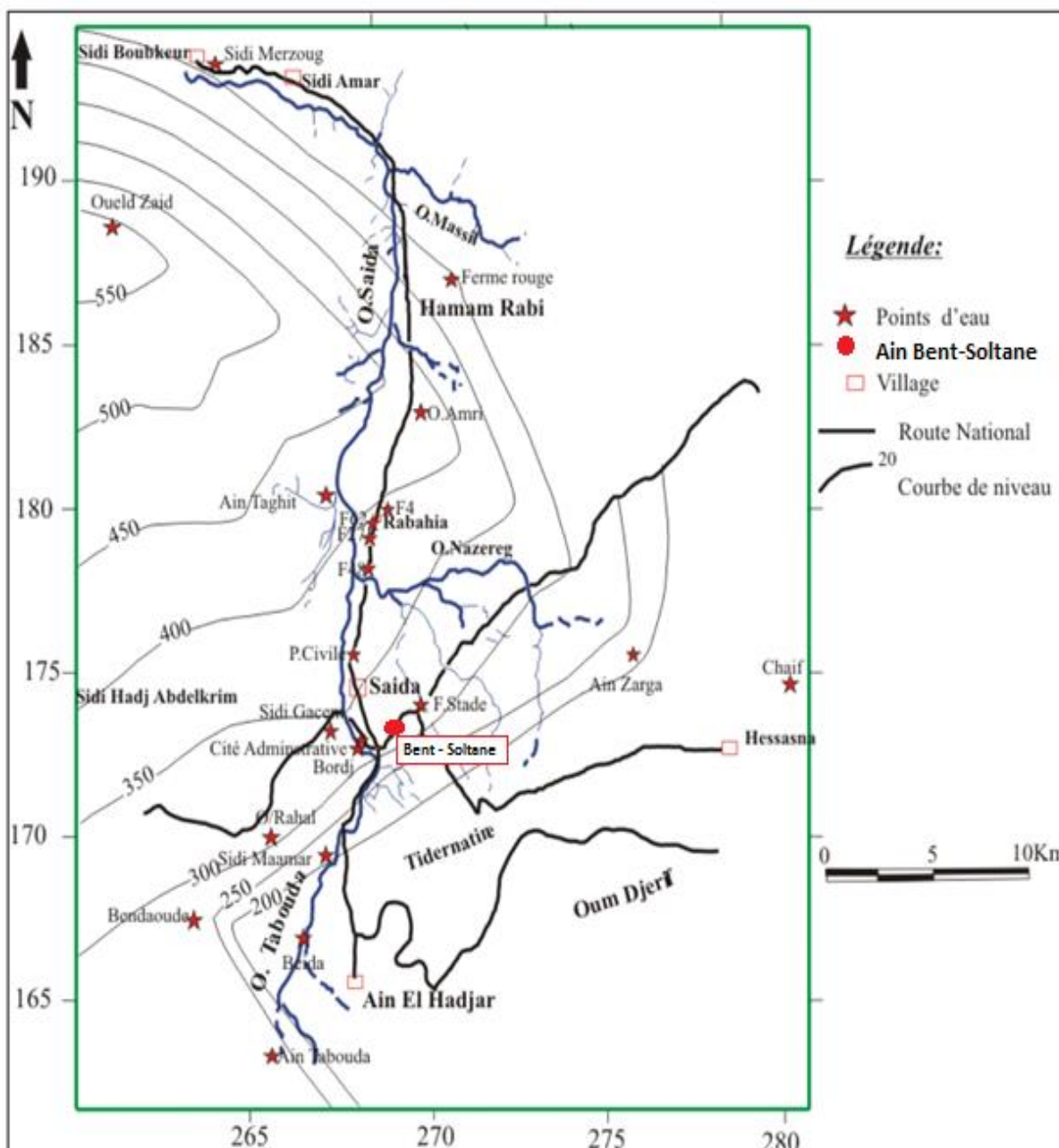


Fig.45 : Carte en courbe isoteneur des bicarbonates HCO₃⁻ (Mekabret.I, 2013).

- Selon la carte (Fig.45), On remarque que le taux des bicarbonates dans les eaux de Saida atteint un maximum de 570mg/l et un minimum 109mg/l. Cette variation suit la direction générale de l'écoulement.

• 2.3. Sulfate :

L'origine de sulfates est liée à la nature lithologique des terrains voisins de la nappe, les teneurs importantes en sulfates sont issues en contact des eaux souterraines avec les gypses et les marne gypseuses, en outre les rejets des eaux usées industrielles ainsi que le secteur agricole contribuent à l'augmentation des sulfates.

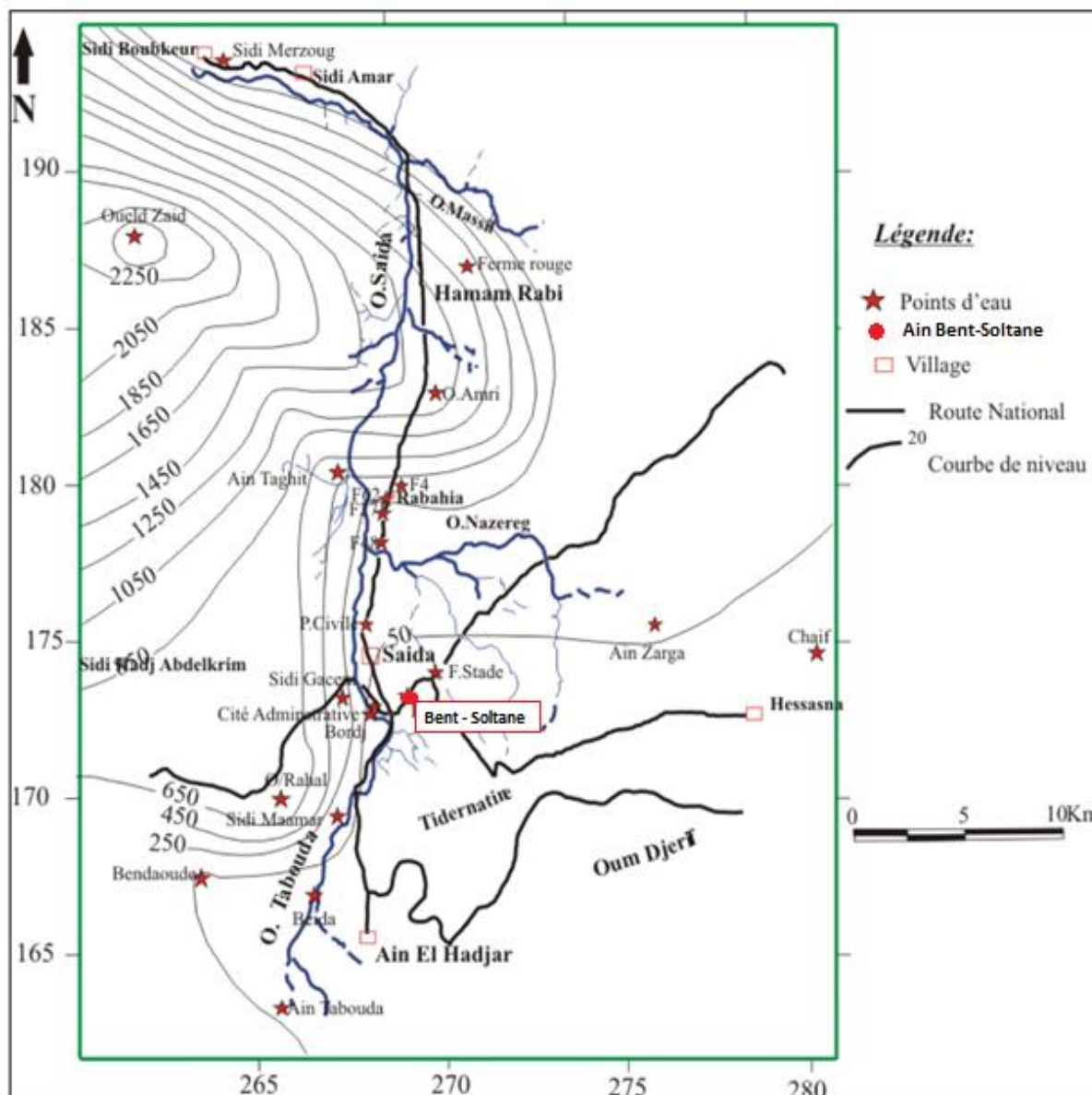


Fig. 46: Carte en courbe isoteneur des sulfates SO_4^{2-} (Mekabret.I, 2013).

Selon la carte (Fig.46), les teneurs en sulfates varient entre un minimum de 40mg/l et un maximum de 2500mg/l. La teneur la plus élevée caractérisée le forage (Ouled Zaid), elle diminue inversement vers le Sud et Sud-Est. Cette variation suit la direction générale de l'écoulement.

2.4. La teneur en nitrate

La teneur en nitrate varie entre 1mg/l et 223mg/l. Les courbes d'isoteneurs se condensent et deviennent concentriques au sud du bassin.

Cette concentration est due à une utilisation extensive de fertilisant et engrais chimique en agriculture, ce qui favorise l'infiltration des produits azotés utilisés dans ce domaine.

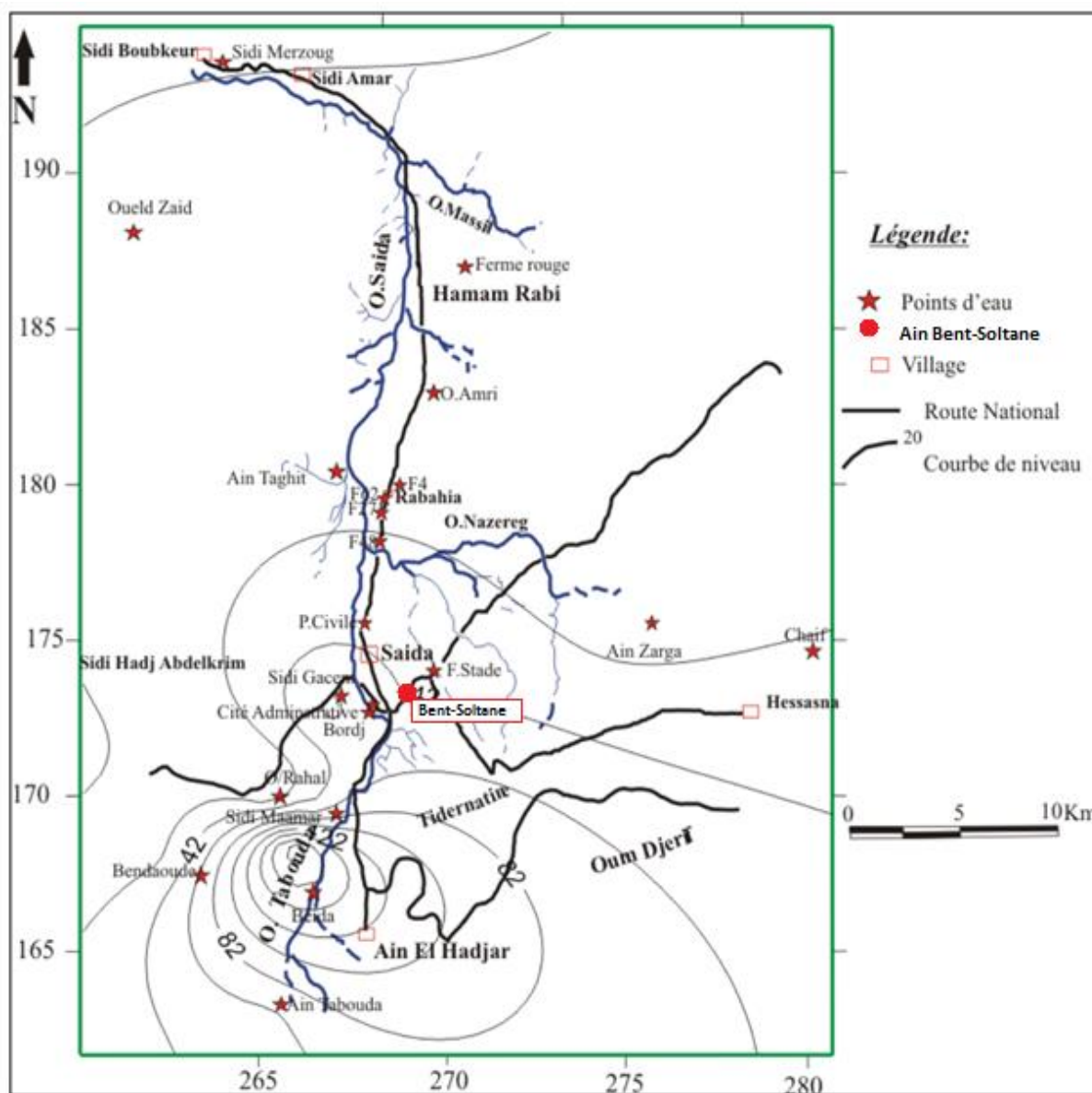


Fig.47 : Carte en courbe isoteneurs des Nitrates (Mekabret.I, 2013).

La carte d'isoteneur en nitrates (Fig.47) montre que la valeur maximale est atteinte au point d'Ain Beida avec 223mg/l, et 1 mg/l pour la valeur minimale au niveau de puits Sidi Merzoug. L'évolution de ses teneurs de fait du Nord-Ouest vers Sud-Est. Cette variation suit la direction générale de l'écoulement.

VII. Etude Statistique :

1. Etudes des éléments majeurs :

Le calcul des paramètres statistiques permet de présenter les données pour chaque variable la moyenne et l'écart type. Nous avons entrepris une étude statistique statique des éléments majeurs de 7 points d'eaux dans la région de Saida (Ain Bent-Soltane, Sidi Gacem, El Bordj ,F48 ,F Stade, O/Rahal et P. Civile).(in FELLEH.N.2018)

L'interprétation de l'analyse se fera selon l'ordre des informations données par logiciel (XLSTAT).

Le résultat est représenté dans le tableau suivant :

Tableau N°33 : Statistique descriptive des variables étudiées

Les variables	Moyenne	Ecart-type
Ca ⁺⁺	4,279	3,424
Mg ⁺⁺	5,821	2,361
Na ⁺	4,227	6,377
K ⁺	0,091	0,105
Cl ⁻	3,419	3,560
SO ₄ ²⁻	4,750	7,600
HCO ₃ ⁻	4,967	3,511
NO ₃ ⁻	1,204	1,275

Parmi les cations, le magnésium a la valeur moyenne la plus élevée. Par contre le sodium est faible.

Parmi les anions, ce sont les bicarbonates qui prédominent, par contre les nitrates présentent une valeur moyenne la plus faible.

2. Matrice de corrélation :

Une matrice de corrélation regroupe les corrélations de plusieurs variables entre elles, les coefficients indiquant l'influence que les variables ont les unes sur les autres.

Tableau N°34: Matrice de corrélation des paramètres chimiques.

	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺⁺	k ⁺	CL ⁻	SO4-2	HCO3 ⁻	NO3 ⁻
Ca ⁺⁺	1	0,660	0,780	0,961	0,952	0,743	0,322	0,118
Mg ⁺⁺	0,660	1	0,468	0,599	0,651	0,406	0,751	-0,066
Na ⁺⁺	0,780	0,468	1	0,916	0,906	0,996	-0,142	-0,237
k ⁺	0,961	0,599	0,916	1	0,980	0,893	0,139	-0,057
CL ⁻	0,952	0,651	0,906	0,980	1	0,873	0,153	0,040
SO4-2	0,743	0,406	0,996	0,893	0,873	1	-0,200	-0,276
HCO3 ⁻	0,322	0,751	-0,142	0,139	0,153	-0,200	1	-0,006
NO3 ⁻	0,118	-0,066	-0,237	-0,057	0,040	-0,276	-0,006	1

➤ Selon le tableau N°34, on remarque que la plupart des éléments sont faiblement corrélés, ainsi une bonne corrélation entre :

- Ca, Na : 0,780
- Na , Cl : 0,906
- Cl , Ca : 0,952
- SO4 ,Na : 0,996
- Cl, SO4 : 0,873

3. Analyses en composantes principales (ACP) :

L'analyse en composantes principales (ACP) est une méthode statistique essentiellement descriptive qui permet la détermination des différentes liaisons entre plusieurs variables. Cette méthode graphique admet une représentation d'un maximum d'informations contenu dans un tableau de données.

La figure n°48 représente l'espace des variables considérées. Les axes F1 et F2 regroupent 88,05% de la variance total dont 66,09% pour l'axe F1 et 21,96% pour l'axe F2.

-Selon l'axe F1, on constate que les paramètres : HCO₃, Mg, Ca, K et Cl sont positivement corrélés à NO₃.

-Selon l'axe F2, les éléments Na, SO₄, Cl et K sont corrélés négativement à HCO₃, Mg et Ca.

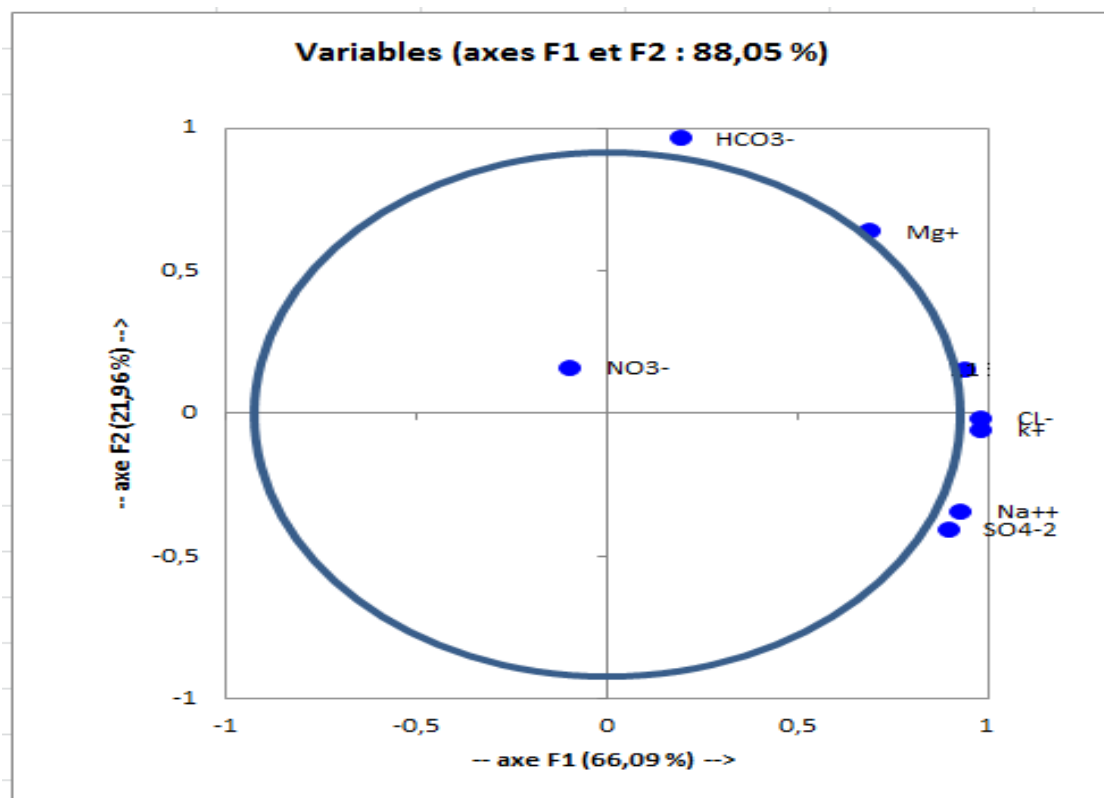


Fig.48 : Cercle de corrélation des variables.

IX. Conclusion :

L'étude hydrochimique, nous permet de dire que l'eau de la source Aine Bent-Soltane (Saida) est douce, potable à la consommation humaine, et excellente à l'irrigation selon l'analyse de S.A.R., avec un faciès **Bicarbonaté calcique** ce qui a été bien confirmé par la présentation graphique.

Conclusion Générale

Les monts de Saïda par leurs situation géographique jouent un rôle important dans l'hydrologie de la région c'est dans cette région qu'on peut trouver les principales sources karstique de la zone. L'évaluation des ressources en eau est très importante pour leur aménagement, donc il faut obligatoirement connaitre la réaction hydrologique des réservoirs vis-à-vis leur alimentation, pour leur évaluation.

La région de Saïda est caractérisée par un climat semi-aride qui se traduit par un hiver relativement froid et pluvieux et un été très chaud et sec.

La zone d'étude est formée de trois types de formations lithologiques attribuées au Jurassique il s'agit :

- Des dolomies et calcaires du Dogger (Aalénien-Bajocien) localisées essentiellement en rive droite de l'Oued Saïda. Ces faciès favorisent l'infiltration du faite de leur forte karstification.

- Des argiles, des marnes, des grès calcaires et des calcaires attribués au Dogger (Callovien-Oxfordien), localisés en rive gauche et droite de l'Oued Saïda. Ces formations faiblement perméables favorisent l'écoulement des eaux superficielles par rapport à leur infiltration.

- Des grès carbonatés, dolomies gréseuses, dolomies, grès quartzeux et calcaires du Kimméridgien, qui favorisent également l'infiltration de surface plutôt que l'écoulement souterrain.

La nappe Karstique de Saïda est captive dans la majeure partie du secteur d'étude sous la formation argileuse de Saïda et libre à l'Est où les dolomies forment en grand plateau connu sous le nom de "Cause de Tidernatine". Elle est caractérisée par un système karstique binaire.

La décharge de cette nappe se réalise exclusivement par les sources. Ain Bent-Soltane est l'une de ces sources, elle alimente partiellement la ville de Saïda. Elle est située au contact faillé des dolomies Bajo-Bathoniennes et des argiles Callovo-Oxfordienne.

Selon l'étude hydrochimique, la source Ain Bent-Soltane est caractérisée par un faciès chimique Bicarbonaté calcique .de point de vu qualitative, l'eau de cette source est douce, potable à la consommation humaine et excellente à l'irrigation.

La préservation de la santé de la population vient en premier lieu. Pour cela une protection contenue doit être garantie, une surveillance et des contrôles rigoureuses de la qualité de l'eau

de boisson depuis la source d'approvisionnement jusqu'au aux consommateurs sont impératifs et l'application des traitements appropriés des microorganismes pathogènes et des impuretés désagréables ou dangereuses sont plus que obligatoire pour assurer la qualité de l'eau de consommation et la santé humaine.

Références Bibliographiques

- **A.B.H, (2006).** Agence de bassin hydrographique, Oranie Chott Chergui. *Cadastre Hydraulique Bassin Macta.*
- **ANAT, (2008).** Plan d'Aménagement de Territoire de la Wilaya de Saida, Phase 01. Agence Nationale de l'Aménagement du Territoire, Algérie
- **A.N.R.H, (2010).** Agence Nationale des Ressources Hydriques. Direction régional de Saida (Algérie). Station Hydrométrique de Sidi Boubkeur code 11.11.02
- **ANTEUR D. LABANI A. (2014).** CONTRIBUTION À L'ÉVALUATION ET À LA CARTOGRAPHIE DE LA SENSIBILITÉ À L'ÉROSION HYDRIQUE DES SOLS DU SOUS BASSIN VERSANT DE L'OUED DE SAIDA (OUEST DE L'ALGÉRIE). E S J. vol.10, 1857 – 7881.
- **ANTEUR Dj. REMMAS H. LABANI .A . REGABA Z. (2015).** CONTRIBUTION A L'ÉTUDE HYDROLOGIQUE DANS LES MONTS DE SAIDA. E S J. vol.11, 1857 – 788p.
- **BENCHERKI A. (2008).** Réalisation d'une carte de vulnérabilité des nappes Phréatiques de la région de Saida, en Algérie, avec l'aide des Systèmes d'information géographique. Thèse de Maîtrise en études de l'environnement (MEE), Université de Moncton. 84 p.
- **BRIZINI Z.BEDDANE Y. (2018).** Etude des ressources hydriques dans la région de Saïda. Mémoire de Master. Univ-Oran2.
- **DAHMANI M.N. (2016).** Etude hydrologique et hydrogéologique du bassin versant de l'oued Saïda.. Mémoire de Magister. Univ-Oran2.
- **DJIDI K. (2015).** Contribution à l'étude de l'aquifère karstique de Saida. Thèse de Doctorat, Université d'Oran 2, 22-24p.
- **FELLAH N. (2018).** Contribution hydrogéologique du bassin versant oued Saïda (Nord-Ouest de Algérie).
- **KERRACHE.G. (2011).** Impacts du préaménagement sur les formations forestières: cas de la forêt de Fenouane (Commune de Ain El Hadjar, W de Saïda, Algérie). Mémoire de Magister. Univ-Tlemcen.

- **LUCAS G. (1950).** Présence de Psilophytales dans les schistes et microbrèches de la région de Saïda. *Compte Rendu Sommaire des Séances de la Société Géologique de France*, 94.
- **MEDJBER A. (2016).** Quantification Et Evolution Du Bilan De La Nappe Karstique De Saida (Nord-Ouest De l'Algérie). *E S J.* vol.12. 1857 – 7881.
- **MEKABRET I. (2013).** Contribution à l'étude hydrogéologique du bassin versant de l'oued Saïda. Wilaya de Saïda.
- **PITAUD G. (1973).** Etude hydrogéologique pour la mise en valeur de la vallée d'Oued Saida. Rapport de synthèse.(ANRH d'Alger).
- **ROOSE E. (1977).** Érosion et ruissellement en Afrique de l'Ouest : vingt années de mesures en petites parcelles expérimentales. *Travaux et Documents*° 78. Paris : Orstom éditions.
- **YLES F. (2014).** Hydrologie et transport solide dans le bassin versant de l'Oued Saida : Modélisation pluie-débit et débit liquide- transport solide. Thèse Doct. Univ Abou Bakr Belkaid Tlemcen.

Table du coefficient de correction.

Lat. N.	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0	1.04	.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04
5	1.02	.93	1.03	1.02	1.06	1.03	1.06	1.05	1.01	1.03	.99	1.02
10	1.00	.91	1.03	1.03	1.08	1.06	1.08	1.07	1.02	1.02	.98	.99
15	.97	.91	1.03	1.04	1.11	1.08	1.12	1.08	1.02	1.01	.95	.97
20	.95	.90	1.03	1.05	1.13	1.11	1.14	1.11	1.02	1.00	.93	.94
25	.93	.89	1.03	1.06	1.15	1.14	1.17	1.12	1.02	.99	.91	.91
26	.92	.88	1.03	1.06	1.15	1.15	1.17	1.12	1.02	.99	.91	.91
27	.92	.88	1.03	1.07	1.16	1.15	1.18	1.13	1.02	.99	.90	.90
28	.91	.88	1.03	1.07	1.16	1.16	1.18	1.13	1.02	.98	.90	.90
29	.91	.87	1.03	1.07	1.17	1.16	1.19	1.13	1.03	.98	.90	.89
30	.90	.87	1.03	1.08	1.18	1.17	1.20	1.14	1.03	.98	.89	.88
31	.90	.87	1.03	1.08	1.18	1.18	1.20	1.14	1.03	.98	.89	.88
32	.89	.86	1.03	1.08	1.19	1.19	1.21	1.15	1.03	.98	.88	.87
33	.88	.86	1.03	1.09	1.19	1.20	1.22	1.15	1.03	.97	.88	.86
34	.88	.85	1.03	1.09	1.20	1.20	1.22	1.16	1.03	.97	.87	.86
35	.87	.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	1.03	.97	.86	.85
36	.87	.86	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16	1.03	.97	.86	.84
37	.86	.84	1.03	1.10	1.22	1.23	1.25	1.17	1.03	.97	.85	.83
38	.85	.84	1.03	1.10	1.23	1.24	1.25	1.17	1.04	.96	.84	.83
39	.85	.84	1.03	1.11	1.23	1.24	1.26	1.18	1.04	.96	.84	.82
40	.84	.83	1.03	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.04	.96	.83	.81
41	.83	.83	1.03	1.11	1.25	1.26	1.27	1.19	1.04	.96	.82	.80
42	.82	.83	1.03	1.12	1.26	1.27	1.28	1.19	1.04	.95	.82	.79
43	.81	.82	1.02	1.12	1.26	1.28	1.29	1.20	1.04	.95	.81	.77
44	.81	.82	1.02	1.13	1.27	1.29	1.30	1.20	1.04	.95	.80	.76
45	.80	.81	1.02	1.13	1.28	1.29	1.31	1.21	1.04	.94	.79	.75
46	.79	.81	1.02	1.13	1.29	1.31	1.32	1.22	1.04	.94	.79	.74
47	.77	.80	1.02	1.14	1.30	1.32	1.33	1.22	1.04	.93	.78	.73
48	.76	.80	1.02	1.14	1.31	1.33	1.34	1.23	1.05	.93	.77	.72
49	.75	.79	1.02	1.14	1.32	1.34	1.35	1.24	1.05	.93	.76	.71
50	.74	.78	1.02	1.15	1.33	1.36	1.37	1.25	1.06	.92	.76	.70
Lat. S.												
5	1.06	.95	1.04	1.00	1.02	.99	1.02	1.03	1.00	1.05	1.03	1.06
10	1.08	.97	1.05	.99	1.01	.96	1.00	1.01	1.00	1.06	1.05	1.10
15	1.12	.98	1.05	.98	.98	.94	.97	1.00	1.00	1.07	1.07	1.12
20	1.14	1.00	1.05	.97	.96	.91	.95	1.00	1.00	1.08	1.09	1.15
25	1.17	1.01	1.05	.96	.94	.88	.93	.98	1.00	1.10	1.11	1.18
30	1.20	1.03	1.06	.95	.92	.85	.90	.96	1.00	1.12	1.14	1.21
35	1.23	1.04	1.06	.94	.89	.82	.87	.94	1.00	1.13	1.17	1.25
40	1.27	1.06	1.07	.93	.86	.78	.84	.92	1.00	1.15	1.20	1.29
42	1.28	1.07	1.07	.92	.85	.76	.82	.92	1.00	1.16	1.22	1.31
44	1.30	1.08	1.07	.92	.83	.74	.81	.91	.99	1.17	1.23	1.33
46	1.32	1.10	1.07	.91	.82	.72	.79	.90	.99	1.17	1.25	1.35
48	1.34	1.11	1.08	.90	.80	.70	.76	.89	.99	1.18	1.27	1.37
50	1.37	1.12	1.08	.89	.77	.67	.74	.88	.99	1.19	1.29	1.41

Les Paramètres avec valeurs indicatives

(Normes algériennes du ministre des ressources en eau depuis 22 mars 2011)

Groupe de paramètres	Paramètres	Unités	Valeurs limites
Paramètres chimiques	Aluminium	mg/l	0,2
	Ammonium	mg/l	0,5
	Baryum	mg/l	0,7
	Bore	mg/l	1
	Fer total	mg/l	0,3
	Fluorures	mg/l	1,5
	Manganèse	µg/l	50
	Nitrates	mg/l	50
	Nitrites	mg/l	0,2
	Oxydabilité	mg/l O ₂	5
	Phosphore	mg/l	5
	Acrylamide	µg/l	0,5
	Antimoine	µg/l	20
	Argent	µg/l	100
	Arsenic	µg/l	10
	Cadmium	µg/l	3
	Chrome total	µg/l	50
	Cuivre	mg/l	2
	Cyanure	µg/l	70
	Mercure	µg/l	6
	Nickel	µg/l	70
	Plomb	µg/l	10
	Sélénium	µg/l	10
Zinc	mg/l	5	
Hydrocarbures polycycliques aromatiques (H.P.A) totaux	µg/l	0,2	
Phénols	µg/l	0,5	
	Pesticides (Totaux)	µg/l	0,5
	Bromates	µg/l	10
	Chlore	mg/l	5
	Chlorite	mg/l	0,07
	Trihalométhanes (THM) (Total)	µg/l	100
Radionucléides	Particules alpha	Picocurie/l	15
	Particules bêta	Millirems/an	4
	Tritium	Bequerel/l	100
	Uranium	µg/l	15
	Dose totale indicative (DTI)	(mSv/an)	0,1

Groupe de paramètre	Paramètres	Unités	Valeurs indicatives
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	PH	Unité pH	≥ 6.5 et ≤ 9.5
	Conductivité	µS/cm à 20°C	2800
	Température	°C	25
	Dureté	mg/l en CaCO ₃	200
	Alcalinité	mg/l en CaCO ₃	500
	Calcium	mg/l en CaCO ₃	200
	Chlorures	mg/l	500
	Potassium	mg/l	12
	Résidu sec	mg/l	1500
	Sodium	mg/l	200
	Sulfates	mg/l	400
Paramètres organoleptiques	Couleur	mg/l Platine	15
	Turbidité	NTU	5
	Odeur 12°C	Taux dilution	4
	Saveur 25°C	Taux dilution	4

Abréviations

- **AEP** : L'Alimentation en Eau Potable.
- **AERMC** : Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse.
- **ANRH** : AGENCE NATIONALE DES RESSOURCES HYDRAULIQUES.
- **DHW** : Domestic Hot Water.
- **ESJ** : European Scientific Journal.
- **ETP** : Évapotranspiration Potentielle.
- **ETR** : Evapotranspiration Réelle.
- **MNT** : Modèle Numérique de Terrain.
- **OMS** : Organisation Mondiale de la Santé.
- **ONM** : Office National de la Météorologie.
- **ORSTOM** ou **Orstom**: Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer.
- **S.A.R** : Risque d'Alcalinisation et de Salinisation.
- **TES** : Times Educational Supplement
- **ABH OCC** : Agence de Bassin Hydrographique Oranie Chott Chergui

Résumé :

Dans ce travail, nous avons effectué une étude hydrogéologique sur une source d'eau "Ain Bent-Soltane". Cette source est localisée dans le Sud-Est de bassin versant de l'oued Saida (Nord-Ouest De l'Algérie).

Nous avons basé dans notre étude sur des recherches et des connaissances géologique et hydrogéologique, Nous avons utilisé des données climatiques et hydrochimiques réelle dans une période de (1983-2013), afin de découvrir les changements climatique de la région, ainsi que les changements hydrochimique de l'eau pour suivi l'évolution de point d'eau "Ain Bent-Soltane".

D'après notre recherche, la région d'étude est de climat semi-aride, ainsi que la source Ain Bent-Soltane est une source karstique, elle est issu du réservoir Bajo-Batonien, l'eau de cette source est caractérisé par un faciès chimique bicarbonaté calcique. Au point de vu qualitative, Ain Bent-Soltane est douce, potable et excellent pour l'irrigation.

Mots Clés :

Aquifère Karstique, la source Ain Bent-Soltane, Bassin versant de Saida, climat semi-aride.

Abstract:

In this work, we carried out a hydrogeological study on a water source "Ain Bent-Soltane." This source is located in the South-East of the watershed of the Wadi Saida (North-West of Algeria).

We based in our study on geological and hydrogeological research and knowledge. We used real climatic and hydrochemical data in a period of (1983-2013), in order to discover the climatic changes of the region, as well as the hydrochemical changes of water to follow the evolution of the water point "Ain Bent-Soltane".

According to our research, the study region has a semi-arid climate, as well as the Ain Bent-Soltane source is a karstic source, it comes from the Bajo-Batonien reservoir, the water from this source is characterized by a Calcium bicarbonate chemical facies. From a qualitative point of view, Ain Bent-Soltane is soft, drinkable and excellent for irrigation.

Key words :

Karst aquifer, Ain Bent-Soltane source, Saida watershed, Semi-arid climate.