

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



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

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

# Hydrogéologie de bassin versant d'oued Saïda

Présentée et soutenue publiquement par :

KHERFI Fatima

SAHRAOUI Asmaa

Devant le jury composé de :

FOUKRACHE Mohamed

ABLAOUI Halima

MANSOUR Hamidi

Professeur

Maitre assistante

Professeur

Président

Examinatrice

Encadreur

Année : 2022-2023

## *Remerciement*

L'élaboration de ce mémoire de fin d'études est le fruit de cinq années d'études. Ce travail n'aurait pu voir le jour sans la collaboration de nombreuses personnes qu'il nous est agréable de remercier.

Nous remercions Allah le tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il nous données durant toutes ces années d'études.

Nous tenons tout d'abord à remercier mes très chers parents, qui ont toujours été là pour nous. Nous remercions notre famille moi et mon collègue et Hamza Gueblaoui notre ami pour leurs encouragement.

Nous remercions mon encadreur Monsieur MANSOUR H, pour nous avoir fait confiance, merci pour votre aide inestimable, vos précieux conseils avisés m'ont été très utiles pour améliorer et développer mon esprit critique et scientifique. Ainsi que pour vous disponibilité, patience et généreux conseils tant scientifiques qu'humains qui nous'ont été d'une grande valeur.

Nous tenons a remercier les membres du comité du jury qui ont enrichie se travail par leur bien remarques, et la pertinence de leurs analyse. C'est un honneur pour nous de voir dans mon jury Monsieur FOUKRACHE M et Monsieur BOURSALI T Qu'elles soient vivement remerciées.

Nous remercions aussi à tous l'ensemble du staff enseignant qui nous a encadre tout au long du cursus, Ainsi que le staff administratif du Département des Sciences de la Terre et de l'Univers de l'Université d'Oran

Et enfin, nous tenons à remercier tous nos amis qui nous ont aidé et encouragé pour réaliser ce mémoire.

Merci.

## Résumé :

La région d'Oued Saida se trouve dans le domaine atlasique de l'Algérie occidentale, sur le prolongement oriental des Monts de Saïda.

La région de Saida a un climat semi-aride et elle est caractérisée par la présence de deux types de nappes :

Une nappe superficielle localisée exclusivement dans la vallée de l'Oued, plus importante et plus intéressante située dans les sédiments carbonatés du Jurassique inférieure et moyen. Cette nappe comportant une partie captive dans la vallée de Saida.

Une nappe libre dans le reste du réservoir très influencée par le phénomène de fissuration et de karstification.

**Mots clés :** aquifère karstique, région d'Oued Saida, ANRH, nappe libre, formation géologique.

## الملخص:

منطقة وادي سعيدة تقع في المجال الأطلسي للجزائر الغربية، على امتداد شرقي لسلسلة جبال داية. تتمتع منطقة سعيدة بمناخ شبه جاف، وهي تتميز بوجود نوعين من الخزانات الجوفية:

- خزان جوفي سطحي يقع حصرياً في وادي سعيدة.
- خزان جوفي جوف أكثر أهمية وأكثر إثارة للاهتمام يقع في الرواسب الجيرية من العصر الجوراسي السفلي والمتوسط. يتكون هذا الخزان من جزء محاصر في وادي سعيدة وخزان حر في باقي الخزان، وهو شديد التأثير بظاهرة التشقق والكارستية.

## Sommaire :

Remerciement

Résumé

Introduction .....	1
<b>Chapitre I : Considération Générale</b> .....	2
1. Présentation de la région d'étude : .....	3
2. Contexte géologique général : .....	4
2.1 Cadre morphologique et hydrographique : .....	4
2.1.1 Morphologie : .....	4
2.1.2 Hydrographie : .....	4
2.2 Géologie et Lithologie : .....	8
2.3 Stratigraphies : .....	8
2.3.1 Socle primaire : .....	10
2.3.2 Cénozoïque: .....	13
3. Cadre structural et tectonique : .....	13
3.1 Structure générale et tectonique : .....	13
3.2 Fissuration : .....	14
4. Répartition lithologique et son influence sur l'écoulement : .....	15
<b>Chapitre II : climatologie</b> .....	16
Introduction .....	17
1. Cadre climatique: .....	17
1.1 Etude des précipitations : .....	17
1.1.1 Précipitations annuelles : .....	17
1.2 Précipitations saisonnières: .....	18
1.3 Précipitations mensuelles: .....	18
2. Températures: .....	19
3. Le vent: .....	20
4. Humidité de l'air: .....	21
5. Etude de climat: .....	22
5.1 Courbe pluviothermique (Gausсен et Bagnouls) : .....	22
5.2 Indices de De Martonne : .....	23
5.2.1 Indice annuel : .....	23
5.2.2 Indice mensuel : .....	24

6. Déficit d'écoulement:.....	25
6.1 Méthode de TURC : .....	25
6.2 Méthode de COUTAGNE : .....	25
6.3 Méthode de WUNDT : .....	26
6.4 Méthode de THORNTHWAITE: .....	27
• Evapotranspiration potentielle:.....	27
• Evapotranspiration réelle (E.T.R) :.....	28
Conclusion : .....	28
<b>Chapitre III : Hydrogéologie</b> .....	29
Introduction .....	30
1. Réserves potencieles: .....	30
2. Descriptif des équipements: .....	30
Jurassique Inférieur Aquifère: .....	30
Aquifère du Bajo_bathonien: .....	31
Aquifère du Callovo-Oxfordien: .....	31
Aquifère du Lusitanien: .....	31
Aquifère du Kimméridgen: .....	31
Aquifère sénonien: .....	31
Aquifères du Tertiaire et du Plio-Quaternaire : .....	32
Aquifère du Tertiaire continental: .....	32
Aquifères du Plio-Quaternaire:.....	32
3. Ressources en eau souterraine:.....	32
3.1 Les principaux aquifères: .....	32
➤ Le paléozoïque : .....	32
➤ Le Jurassique inférieur et moyen :.....	32
➤ Le Callovo – Oxfordien : .....	33
➤ Le Lusitanien : .....	33
➤ Le Plio – Quaternaire : .....	33
3.2 L'aquifère karstique de Saïda:.....	35
Le contexte environnemental et structural: .....	35
4. <b>La karstification</b> :.....	36
4.1 synthèse bibliographique.....	35
5. <b>Cadre géo structural de l'aquifère karstique</b> : .....	40
6. <b>Morphologie karstique de l'aquifère dolomitique</b> : .....	41
7. <b>Les exutoires</b> : .....	43

8. Piézométrie: (fig. 25).....	48
<b>Chapitre IV : Hydrochimie</b> .....	51
Introduction .....	52
1. Analyses physico-chimiques: .....	53
Paramètres physiques: .....	53
Le PH:.....	53
La conductivité:.....	53
Paramètres organoleptiques:.....	53
La Couleur:.....	53
L'Odeur :.....	54
Représentation Graphique des éléments majeurs : .....	54
Diagramme de Shoeller-Berkaloff: (fig. 27, 28). .....	54
Diagramme de Piper: (fig. 29, 30).....	57
Balance ionique (pourcentage d'erreur des analyses d'eaux) : .....	58
2.3. Qualité chimique de l'eau souterraine .....	58
Norme de potabilité:.....	58
Qualité des eaux d'irrigation: .....	59
Interprétation de la carte d'isoteneur de nitrates : .....	60
Conclusion :.....	60
<b>CONCLUSION GENERALE</b> .....	61
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b> .....	63

## Liste des tableaux :

<b>Tableau 1 :</b> Rapport de longueur .....	7
<b>Tableau 2:</b> Répartition saisonnière des précipitations .....	18
<b>Tableau 3:</b> Valeurs moyenne mensuelle des précipitations aux stations de Sidi Boubekeur, Ain El Hadjar et Saida.(2006/2005 – 1975/1974) .....	18
<b>Tableau 4 :</b> Moyennes mensuelles et annuelles des températures .....	20
<b>Tableau 5:</b> Fréquence du vent (%) .....	20
<b>Tableau 6:</b> Vitesse moyenne mensuelle du vent (m/s). Station de Saida(2012–1983) .....	21
<b>Tableau 7:</b> Humidité moyenne mensuelle en (%) Station de Saida(2012–1983) .....	21
<b>Tableau 8 :</b> Moyennes mensuelles des précipitations et des températures(2012-1983) .....	22
<b>Tableau 9:</b> Indice d'aridité mensuel à la station de Saida. ....	24
<b>Tableau 10 :</b> Valeurs de l'ETP à la station de Saida(2012/1983) .....	27
<b>Tableau 11:</b> Bilan de THORNTHWAITE (Station de Saida) .....	28
<b>Tableau 12:</b> Constantes de dissociation des principaux minéraux des roches carbonatées (Bakalowicz, 1979) .....	38
<b>Tableau 13 :</b> Quantités d'anhydrite carbonique dissous à l'équilibre pour différentes températures et pressions partielles de CO <sub>2</sub> (Bakalowicz, 2002).....	39
<b>Tableau 14 :</b> Solubilité de la calcite dans l'eau associée à une phase gazeuse contenant du CO <sub>2</sub> (Bakalowicz, 2003).....	40
<b>Tableau 15:</b> Résumé des formules caractéristiques et des faciès chimiques.....	56
<b>Tableau 16:</b> Classification de qualité des eaux en fonction des valeurs du S.A.R.....	59

## Liste des figures :

<b>Figure 1</b> : Localisation de la wilaya de Saïda (DPAT Saida, 2008) .....	3
<b>Figure 2</b> : Classification du chevelu hydrographique du bassin versant de l'Oued Saïda .....	6
<b>Figure 3</b> : Coupe litho stratigraphique de la région de Saida (In Mansour.H, 2012) .....	9
<b>Figure 4</b> : Carte géologique du bassin versant de Saïda (In Mansour. H, 2012) .....	10
<b>Figure 5</b> : Carte géologique de la région de Saïda.....	14
<b>Figure 6</b> : Variations des précipitations moyennes annuelles (période 1974/1975 – 2011/2012) .....	17
<b>Figure 7</b> : Variations saisonnières des précipitations pour la période 1974/75-2005/06 aux stations de Sidi Boubekeur, Ain El Hadjar et de Saïda .....	18
<b>Figure 8</b> : Histogramme des précipitations mensuelles pour la période 1974/75-2005/06 aux stations de Sidi Boubekeur, Ain El Hadjar et de Saïda .....	19
<b>Figure 9</b> : Variation des températures moyennes mensuelles à xlar station de Saida (1983-2012).....	20
<b>Figure 10</b> : Fréquence des vents (%) .....	21
<b>Figure 11</b> : Histogramme d'humidité relative mensuelle en % .....	22
<b>Figure 12</b> : Courbe pluvio-thermique de la station de Saida (1983-2012) .....	23
<b>Figure 13</b> : Abaque d'indice d'aridité de DE MARTONNE .....	24
<b>Figure 14</b> : Abaque de WUNDT modifiée par COUTAGNE .....	26
<b>Figure 15</b> : Log hydrogéologique (In Mansour.H, 2012) .....	34
<b>Figure 16</b> : Schéma du cause de Saïda.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>Figure 17</b> : Processus de karstification (Bakalowicz,2002) .....	37
<b>Figure 18</b> : Potentiel de karstification (Bakalowicz, 2002).....	37
<b>Figure 19</b> : coupe géo structurale du graben de Saïda (pitaud, 1973) .....	40
<b>Figure 20</b> : Dolines en entonnoir formées par dissolution des dolomies (In Mansour.H, 20...)	41
<b>Figure 21</b> : Cavité karstique affectant les dolomies (In Mansour.H, 2012) .....	42
<b>Figure 22</b> : Avens ou puits tectoniques creusés à la faveur de fissures (In Mansour.H, 2012 .)	42
<b>Figure 23</b> : Source de Ain Zerga (In Mansour.H, 2012) .....	43
<b>Figure 24</b> : Coupe synthétique du cause de Tidernatine (IFRI,1988) .....	47
<b>Figure 25</b> : Carte piézométrique (hautes eaux 2012) (In Mansour.H, 2012).....	49
<b>Figure 26</b> : Carte de localisation des points de prélèvements (Mekabret, 2013) .....	52
<b>Figure 27</b> : Diagramme de Schoeller Berkaloff pour 1ère compagne les eaux de Saida .....	55
<b>Figure 28</b> : Diagramme de Schoeller Berkaloff pour 2ème compagne les eaux de Saida .....	55
<b>Figure 29</b> : Diagramme de Piper pour la 1ère compagne des eaux de Saida .....	57
<b>Figure 30</b> : Diagramme de Piper pour la 2ème compagne des eaux de Saida .....	58
<b>Figure 31</b> : Carte d'isoteneur en nitrate (In Mansour.H, 2012) .....	60



# **Introduction générale**

## Introduction

L'hydrogéologie est une spécialité qui traite des eaux souterraines, en tenant compte des conditions géologiques, qui à leur tour comprennent 0,26% de l'eau douce à la surface du globe.

Elle est nécessaire à la vie et peut être une cause de mort si elle n'est pas soumise aux normes nécessaires.

La qualité des eaux souterraines résulte du filtre naturel constitué par les ressources géologiques, et à ce titre, son exploitation nécessite peu de traitement, et parfois elle ne nécessite aucun traitement.

En raison de la rareté de ce type d'eau, elle fait l'objet d'une attention particulière dans les zones disponibles sur celle-ci, et parmi ces zones nous avons la ville de Saïda en Algérie, qui bénéficie de la plus grande quantité et exploitation dans l'économie de la région par la Direction de l'Hydraulique qui a réalisé des études sur la région, notamment le bassin qui alimente l'Oued Saïda Approfondissant l'étude de l'hydrologiquement de la région, nous avons divisé le travail en quatre chapitres :

- Le premier chapitre dépend de l'identification du site, de l'étude morphologique et de l'identification de ses strates géologiques.
- Le deuxième chapitre est utilisé pour déterminer le climat qui prévaut dans la région et la distribution des eaux de surface et souterraines et les facteurs qui la contrôlent
- Le troisième chapitre est l'étude de l'écoulement des eaux souterraines et de la dynamique des eaux souterraines au moyen d'essais de pression.
- Le dernier chapitre traite de l'étude de la chimie du niveau de la nappe phréatique et du degré de sa portabilité et de sa servitude à l'irrigation.

# ***Chapitre I : Considérations Générales***

# 1. Présentation de la région d'étude :

La région de Saida se trouve dans le domaine atlasique de l'Algérie occidentale, sur le prolongement oriental des Monts de Daïa (fig 1)

Elle est limitée au Nord par les Béni Chougrane, à l'Est par les Monts de Frenda et au Sud par la dépression de chott-chergui.

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.

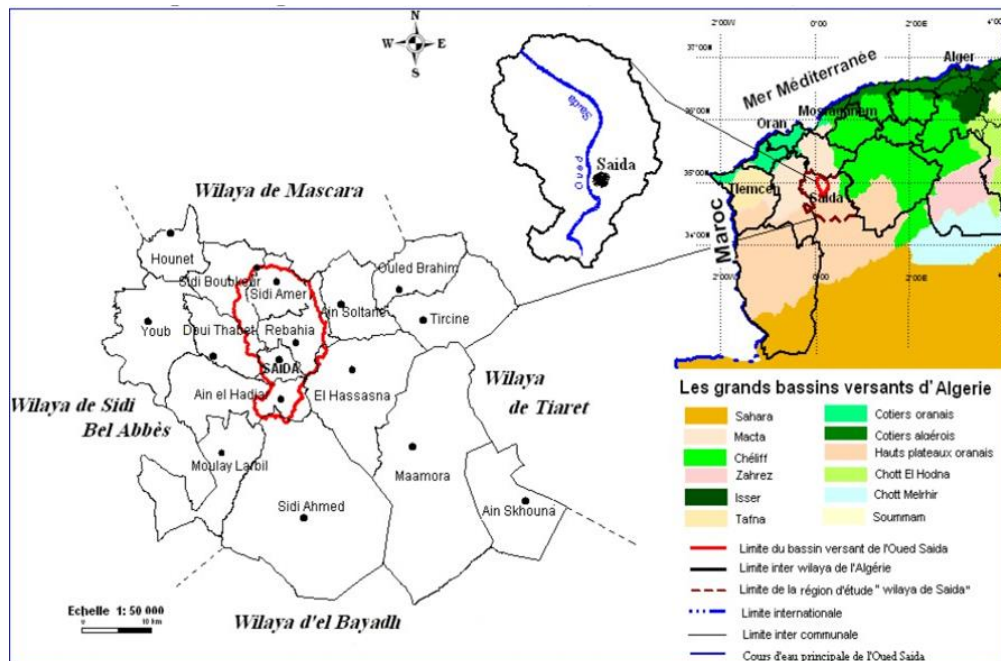


Fig 1. Localisation de la wilaya de Saïda (DPAT Saïda, 2008)

Cette position qui lui donne un rôle de relais entre les régions steppiques au sud et les régions telliennes au nord, correspond en fait à l'extension du territoire de la wilaya de Saïda sur deux domaines naturels bien distinct ; l'un est atlasique tellien (monts de Saïda) au Nord et l'autre est celui des hautes plaines steppiques au Sud.

## **2. Contexte géologique général :**

### **2.1 Cadre morphologique et hydrographique :(d'après une synthèse des travaux de madame Fellah Nawel)**

#### **2.1.1 Morphologie :**

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

- **Zones montagneuses :**

Elles sont formées essentiellement par la chaîne de Djebel Sidi Youssef d'une altitude de 1338 m et d'orientation Sud-ouest/Nord-est, des versants gauches de la vallée de Saida (Djebel Abdi El Krim, Djebel Kerroua), des versants droits de la même vallée (Djebel Hadjra El Baida, Djebel Kodjel) et du massif de Djebel Khenifer d'une altitude de 1246 m.

- **Zone platoïde :**

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

c)- Une vallée (Oued Saida)

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

#### **2.1.2 Hydrographie :**

- **Classification du 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.

- **Hiérarchisation du réseau :**

La classification topologique du réseau hydrographique (fig.2) 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.

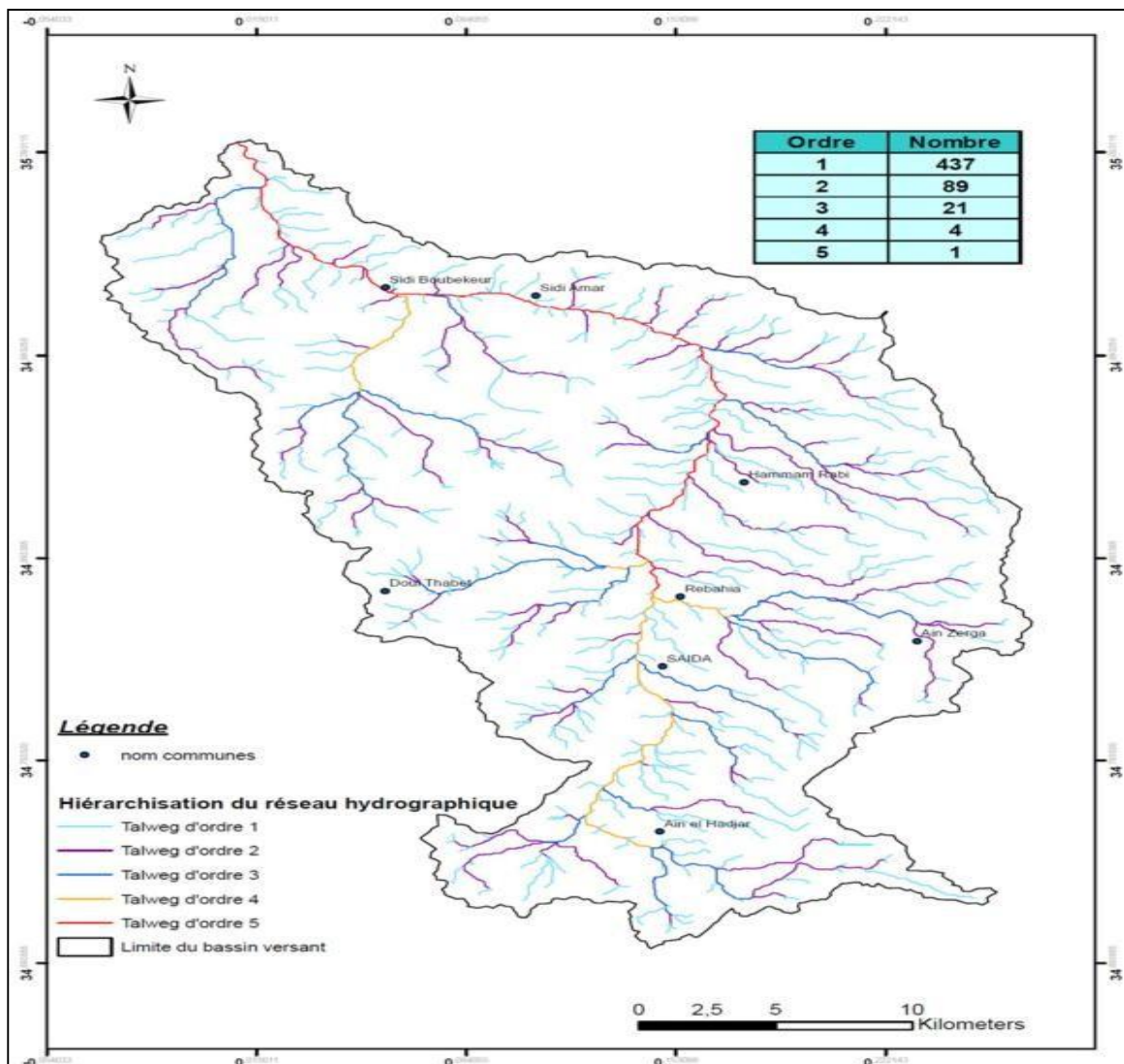


Fig 2 Classification du chevelu hydrographique du bassin versant de l'Oued Saïda(In Fellah.N,2018)

• **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.

$$Dd = \sum Li / A$$

$$Dd = 1,19 \text{ Km /Km}^2$$

Avec : Dd : Densité de drainage (Km/Km<sup>2</sup>),

Li : Longueur cumulée des thalwegs (Km),

A : Surface du bassin versant (Km<sup>2</sup>).

- **Fréquence des cours d'eau (F) :**

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

$$F = \sum N_n / A$$

$$F = 0,85 \text{ Km}^{-2}$$

Avec :  $N_n$  : nombre des cours d'eau (552) ;

A : la surface (Km<sup>2</sup>).

- **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 :

$$R_c = N_n / N_{n+1}$$

Tableau 1 : Rapport de confluence

Ordre (n)	1	2	3	4	5	Moyenne
Rc	4,91	4,24	5,25	4	4,6	Rc

$$\text{Donc } R_c = 4,6$$

- **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 2).

$$R_l = L_{n+1} / L_n$$

Tableau 2 : Rapport de longueur

Ordre (n)	Nombre (Nn)	Longueur Ln	Longueur	Rapport de longueur Rl



		(Km)	moy.(Ln / Nn)	
1	437	397,88	0,91	2,5
2	89	203,65	2,28	2,02
3	21	96,87	4,61	1,58
4	4	29,20	7,3	5,26
5	1	38,40	38,40	
	$\Sigma = 552$	$\Sigma = 766$		Moy. = 2,84

**Donc RI= 2,84**

## 2.2 Géologie et Lithologie :

La géologie joue un rôle primordial dans toutes les phases d'exécution d'un programme de mise en valeur des ressources en eaux. En effet, la lithologie des terrains, les structures géologiques et la tectonique sont parmi les facteurs qui conditionnent :

- Le ruissellement de surface et l'écoulement.
- L'alimentation naturelle et la vidange de nappes.
- La constitution et le renouvellement des ressources en eaux souterraines.
- Les possibilités d'implantation et l'exécution d'ouvrages hydrauliques.

## 2.3 Stratigraphies :

La litho stratigraphie de la région de Saida se présente comme la montre la figure 3

Ere / Période		Log	Épais	Description lithologique
Quaternaire			20 m	Limons plus ou moins schistoux et travertins
Tertiaire			75 m	Argiles briques sableux ou gypseuses intercalés de calcaires et de graviers ou galets
Crétacé	Sénonien		100 m	Calcaires gris claires à pâte fine très altérée à la partie superficielle
	Barrémien		30 à 40 m	“ Grès de Youb”(ex. Berthelot)
JURASSIQUE	Kimméridjien		30 m	Dolomies de Sidi Boubekeur Marnes et calcaires de Raourai Calcaires de Stah Dolomies de Tlemcen Calcaires de Zarifet
	Lusitanien		180 m	“ Grès de Sidi Amar” (ex. Franchitti). Équivalents des “ Grès de Boumédienne” avec de rares passées carbonatées et des argiles sableuses. Ils présentent une stratification entrecoupée.
	Callovo-oxfordien		180 à 350 m	“ Argiles de Saida”:puissante série argilo-gréseuse à dominance argileuse avec des passées calcaires
	Aaléno-bajo-bathonien		110 à 150 m	“ Dolomies supérieures” ou “ Calcaires de Balloul”; Dolomies cristallines et calcaires fissurés
	Toarcien		15 à 25 m	“ Marno-calcaires de Keskes”
	Domérien		30 à 50 m	“ Dolomies de Tffrit” ou “ Dolomies inférieures” Dolomies cristallines bréchiqes avec argiles
	Trias			Argiles salines grès argileux basalte
Primaire			Schistes-granite- rhyolites-diorites	

Fig 3. Coupe litho stratigraphique de la région de Saida (In Mansour.H, 2012)

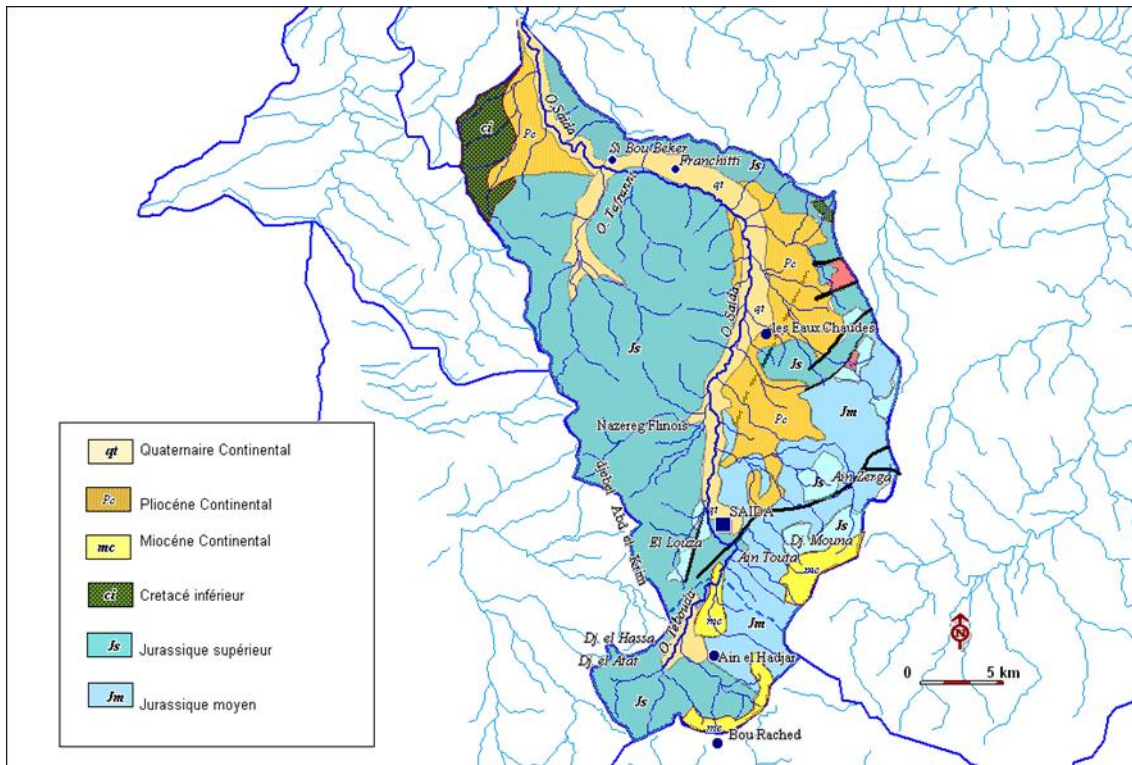


Fig 4. Carte géologique du bassin versant de Saïda (In Mansour. H, 2012)

### 2.3.1 Socle primaire :

Il affleure dans le môle de Tiffrit et à l'Est de Hammam Rabbi au djebel Modzbab. Il est représenté par des schistes et quartzites avec la présence d'intrusions granitiques et granulitiques et de coulées de laves basaltiques.

- **Mésozoïque :**

Les dépôts du Mésozoïque se rencontrent sur l'ensemble de la région et recouvrent les roches du Paléozoïque. Les formations du Secondaire sont représentées par un complexe de roches volcaniques et sédimentaires.

- **Trias :**

Reposant transgressivement sur une couche bigarrée du Paléozoïque, la série du Trias est recouverte par différents niveaux du Jurassique et des dépôts du Plio-Quaternaire. Il dessine le môle de Tiffrit.

L'ensemble du Trias est formé de trois membres dont deux sont sédimentaires et le troisième qui est le plus important est basaltique. Les formations à gypse sont relativement peu

importantes. L'ensemble, de nature volcano-détritique est imperméable et a une épaisseur d'environ 100 m. (Pitaud, 1973)

Le Trias n'apparaît pas dans notre bassin versant.

- **Le Jurassique :**

Il est constitué de trois membres principaux successifs (G. Pitaud, 1973) :

- Groupe carbonaté inférieur constitué du Jurassique inférieur et moyen dolomitique.
- Groupe détritique intermédiaire constitué du Callovo-Oxfordien argileux gréseux et du Lusitanien gréseux.
- Groupe carbonaté supérieur constitué du Kimméridgien dolomitique.

- **Le Jurassique inférieur et moyen :**

Il est largement répandu et constitue l'aquifère le plus important. Cette formation est mieux connue sous le nom de "dolomies de Tif frit". Plusieurs membres peuvent être distingués (Pitaud, 1973) :

- Formation carbonatée de BOU LOUAL (Hétangien - Plienbachien)
- Formation des marnes d'ES SAFEH (Toarcien)
- Formation carbonatée d'AIN DEZ (Aalénien-Bajocien)
- Formation des argiles bigarrées de SIDI YOUSSEF (Bajocien)
- Formation carbonatée de ZERZOUR (Bathonien)
- Formation des marnes de MODZBAB (Bajo-Bathonien) qui se substitue progressivement par variation latérale de faciès aux deux dernières formations vers le Nord-Ouest.

- **Le Jurassique moyen (Dogger) :**

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

- **Le Callovo- Oxfordien et Lusitanien :**

Le Callovo-Oxfordien est constituée par les "argiles de SAIDA" qui comportent quelques bancs gréseux. Elle est très répandue dans les vallées et principalement dans celle de l'Oued Saïda. En outre, cette formation apparait en reliefs mous plus ou moins isolés sur le plateau et les flancs des vallées.

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, 2008)

- **Le Kimméridgien :**

Il est très peu répandu au Nord-Ouest de la région, il affleure sous forme d'escarpements rocheux sur les versants des monts de Daïa La série est aussi appelée « dolomies de Sidi Boubekeur », elle est équivalente aux **dolomies** de Tlemcen (Ouest d'Algérie) (A. BENCHERKI, 2008).

- **Crétacé :**

Comparativement aux formations du Jurassique, les dépôts de cet étage ont un développement limité.

Ils sont représentés par des calcaires cristallins, une alternance de marnes et de calcaires argileux (A. BENTABET, 2008). Cet étage n'est représenté que dans la partie Nord-Ouest du bassin Cénozoïque.

- **Le Néogène et le Quaternaire :**

Les dépôts du Néogène et du Quaternaire sont représentés par des conglomérats, d'argiles, 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.

### 2.3.2 Cénozoïque:

- **Le Néogène et le Quaternaire :**

Les dépôts du Néogène et du Quaternaire sont représentés par des conglomérats, d'argiles, de limons de croûtes calcaires remplissant les vallées des oueds de la région.

Les dépôts quaternaires continentaux apparaissent le long de l'oued Saïda constitués d'éléments grossiers ou limoneux.

## 3. Cadre structural et tectonique :

### 3.1 Structure générale et tectonique :

Sur le plan structural, l'observation de la carte géologique de la région de Saïda révèle un nombre important de failles, dont les rejets peuvent atteindre parfois 150 m, mettant ainsi en évidence la tectonique cassante des terrains carbonatés avec constitution de blocs dolomitiques.

D'après Elmi et Benest (1978), les plissements de la chaîne tellienne qui forme le socle de la région de Saïda ont résulté de mouvements verticaux du socle, ce qui a provoqué d'importantes fractures. Ces mouvements tectoniques sont aussi responsables de la formation des dômes (le plus important est celui de Tiffrit) et des différents fossés d'effondrement. La surrection de môle a aussi provoqué la déformation de la couverture dolomitique du Jurassique alors qu'un fossé d'effondrement d'axe N-S s'est développé dans la vallée de Saïda.

Ces différents mouvements de surrection ont engendré une tectonique cassante à la région. Les directions privilégiées sont approximativement SW-NE à NNE-SSW. Les accidents tectoniques sont subverticaux pour la plupart (**Fig.5**)

Saïda est située entre celle l'Atlas tellien au nord et celle des Hauts plateaux Oranais au sud. Pour cette raison, Lucas (1952) la désignait sous le nom " Bordure Nord des Hautes plaines oranaises"

Les couches d'allure tubulaire sont fracturées et parfois plissées. Elles présentent même des structures chevauchantes dont les plus manifestes, orientées N60, sont affectées par des déclenchements N10-N20, parallèle aux " transversales de Glandeaud" (1952) :

## La transversale de Aïn sefra - Saïda La transversale d'El Bayad - Tiaret

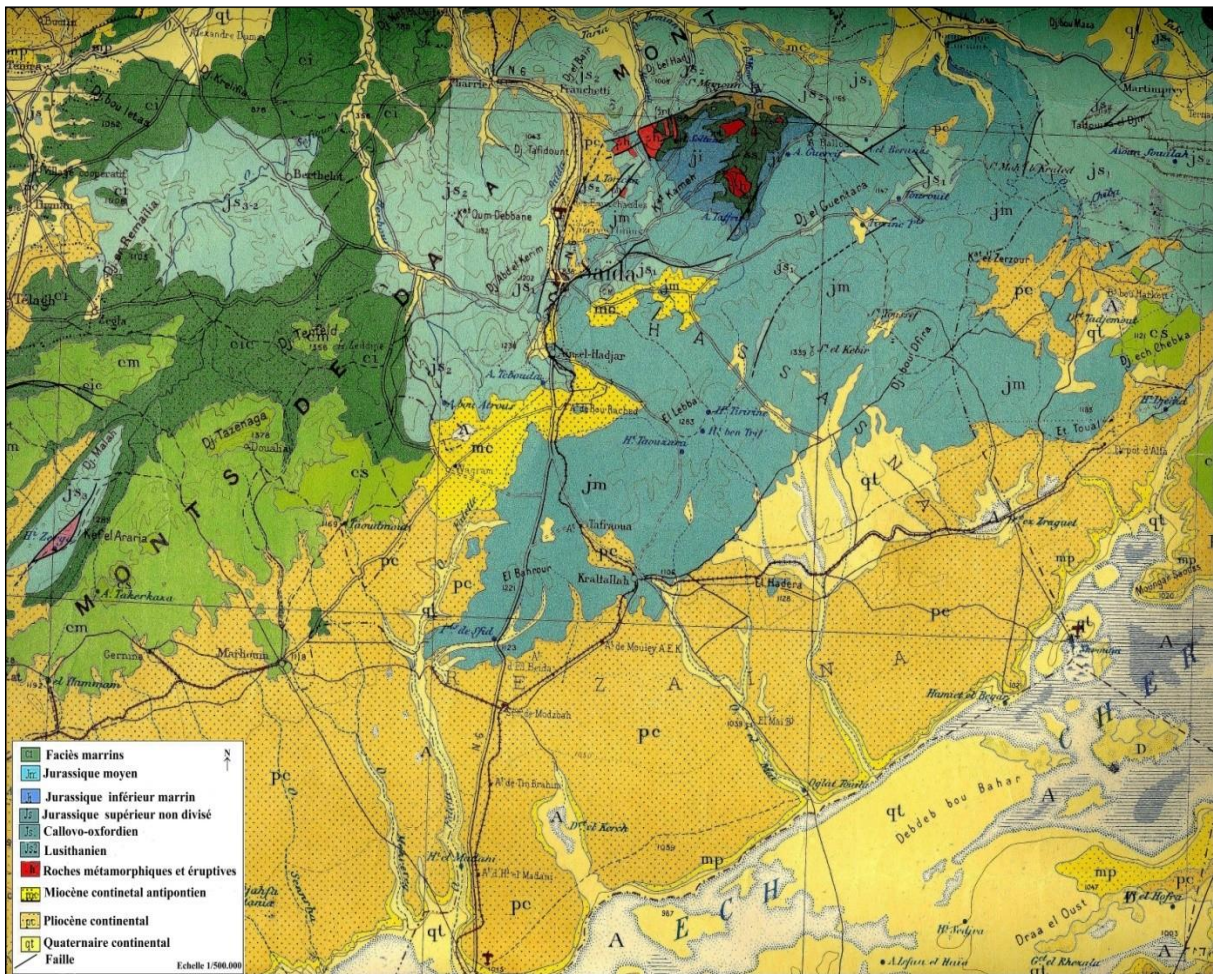


Fig 5. Carte géologique de la région de Saïda (In Djidi.k, 2015)

### 3.2 Fissuration :

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 Sub parallèles orientés NNE-SSW.

Les roches du flanc sud-est 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**). Les roches du flanc nord-est de ce même anticlinal sont affectées par un pendage faible et des accidents subverticaux d'orientation générale NE-SW, visibles de la vallée de l'oued Saïda et 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.

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

#### **4. Répartition lithologique et son influence sur l'écoulement :**

Au niveau d'un bassin versant, la nature lithologique des formations géologiques a une influence sur l'écoulement superficiel. La densité de drainage est faible quand les terrains sont perméables favorisant ainsi l'infiltration des eaux de surface, inversement, les eaux ruissellent lorsque les formations sont faiblement perméables, induisant une densité de drainage élevée.

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) localisés essentiellement en rive droite de l'Oued Saïda. Ces faciès favorisent l'infiltration de surface par rapport à l'écoulement des eaux là où ils sont karstifiés et fracturés.
- Des argiles, des marnes, des grès calcaires et des calcaires attribués au Dogger-Malm (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. Ces faciès auront un comportement différent des dolomies et calcaires et seront plus sensibles aux phénomènes d'érosion et de transport en suspension.

Des grès carbonatés, dolomies gréseuses, dolomies, grès quartzeux et calcaires du Malm (Kimméridgien), qui favorisent également l'infiltration de surface plutôt que l'écoulement là où les karsts sont bien développés.



# ***Chapitre II***

## ***climatologie***

# Introduction

Ce chapitre présenté par l'étude de madame Fellah Nawel.

Avant toute exploitation de l'eau, celle-ci doit être prise en compte et maîtrisée, ainsi que l'impact du climat sur celle-ci, car le climat est un élément important pour évaluer la quantité d'eau dans une zone Il s'agit donc, à partir des paramètres climatiques (les précipitations, températures, vent et évaporation) de faire une synthèse et d'essayer de dégager les caractéristiques climatiques à l'échelle de la région.

Il joue également un rôle majeur dans la détermination du comportement des eaux de surface.

## 1. Cadre climatique:

### 1.1 Etude des précipitations :(cette étude présentée par madame Fellah Nawel)

#### 1.1.1 Précipitations annuelles :

Le diagramme de la figure 7 illustre la distribution des précipitations moyennes annuelles aux différentes stations (période 1974/1975 – 2011/2012). On remarque sur les mêmes stations une grande irrégularité des moyennes annuelles en relation avec l'influence de plusieurs facteurs : Altitude, éloignement par rapport à la mer, pluviométrie exposée ou non aux vents humides.

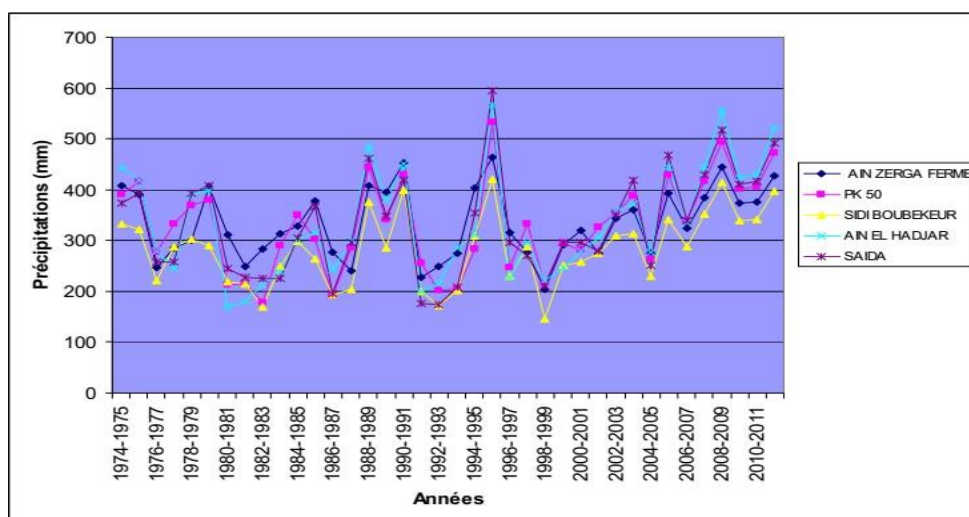


Fig 6. Variations des précipitations moyennes annuelles (période 1974/1975 – 2011/2012)(In Fellah.N,2018)

## 1.2 Précipitations saisonnières :

Le report de la distribution des précipitations saisonnières (fig. 7) montre que, malgré la grande variabilité des précipitations, les pluies d'hiver sont toujours les plus importantes (tableau 3).

Tableau 3: Répartition saisonnière des précipitations

Stations	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A	Année	Indice Saisonnier
	Automne(A)		Hiver (H)		Printemps (P)		Eté (E)							
	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%						
SIDI BOUBEKEUR	84,2	31,4	92,4	34,5	78,7	29,4	12,5	4,7					<b>267,9</b>	H.A.P.E.
AIN EL HADJAR	90,7	28,8	124,2	39,5	85,0	27,1	14,4	4,6					<b>314,2</b>	H.A.P.E.
SAIDA	94,5	30,1	107,8	34,3	93,8	29,9	17,9	5,7					<b>314,0</b>	H.A.P.E.

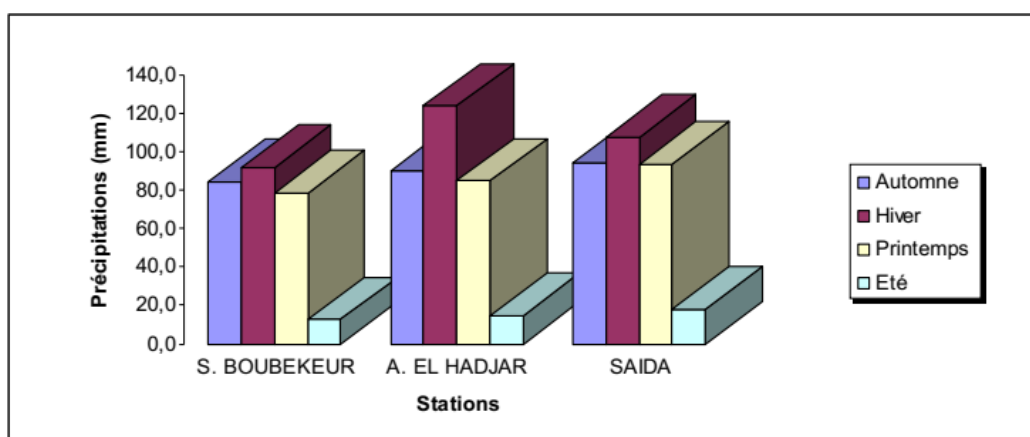


Fig 7. Variations saisonnières des précipitations pour la période 1974/75-2005/06 aux stations de Sidi Boubekeur, Ain El Hadjar et de Saïda (In Fellah.N,2018)

## 1.3 Précipitations mensuelles :

Nous avons étudié la répartition des précipitations à l'échelle mensuelle sur une période allant de 1974/75 – 2005/06.

Cette étude s'intéressera uniquement aux stations de Sidi Boubekeur, Ain El Hadjar et Saïda.

Tableau 4 : Valeurs moyenne mensuelle des précipitations aux stations de Sidi Boubekeur, Ain El Hadjar et Saïda.(2006/2005 – 1975/1974) .

Station	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Ma r	Avr	Mai	Juin	Jt	Aou	année
Sidi Boubkeur	14 ,0	27,4	42,8	28,4	31,7	32,3	29,3	26,0	23,3	5,8	3,3	3,5	267,9
Ain el Hajdar	17,2	31,3	42,2	40,3	46,8	37,0	28,6	31,2	25,2	8,3	2,4	3,7	314,2

<b>Saida</b>	14,6	38,7	41,2	34,8	38,4	34,7	34,8	32,5	26,5	7,7	2,4	7,8	314,0
--------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-----	-----	-----	-------

L'analyse de la variabilité moyenne mensuelle des précipitations (**fig.8**) pour la période 1974/75-2005/06 montre l'existence d'une saison froide et humide s'étalant d'Octobre à Mai avec un maximum en Novembre à l'exception de la station d'Ain El Hadjar où le maximum s'observe au mois de Janvier et une saison sèche entre Juin et Septembre où les plus faibles précipitations sont enregistrées au mois de Juillet.

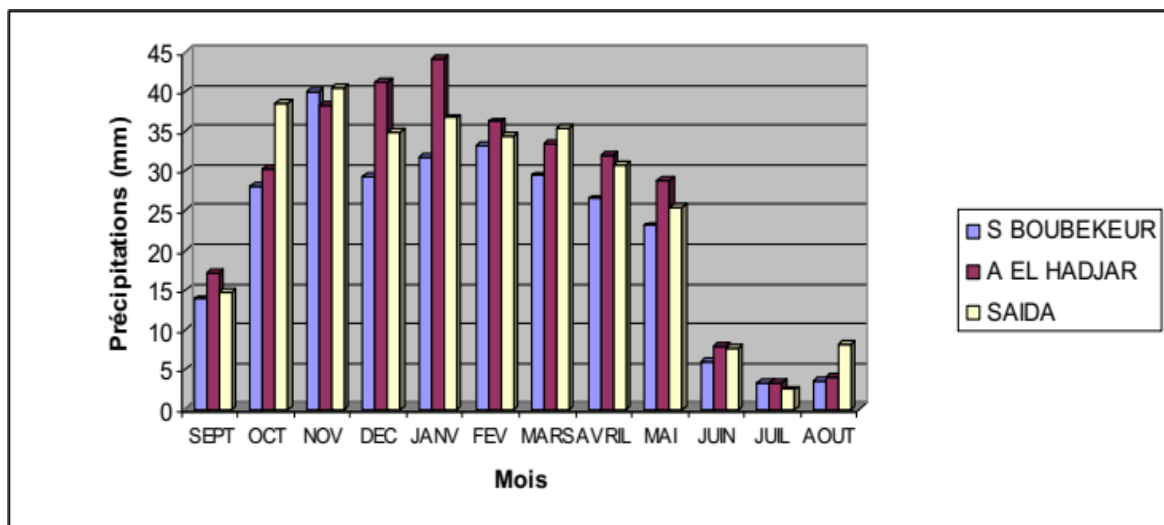


Fig 8. Histogramme des précipitations mensuelles pour la période 1974/75-2005/06 aux stations de Sidi Boubekeur, Ain El Hadjar et de Saïda(In Fellah.N,2018)

## 2. Températures :

La région de Saida se caractérise principalement par deux périodes bien distinctes (tableau 5 - fig. 9) :

- Une période froide et humide durant laquelle la température moyenne est de 9 °C et une humidité relative moyenne de 69 %.
- Une seconde période chaude et sèche avec une température moyenne de 28 °C et une humidité relative moyenne de 41 %.

Tableau 5 :Moyennes mensuelles et annuelles des températures

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jut	Aou	Anné
<b>T (°C)</b>													
<b>Tmin (°C)</b>	15	12	7	4	3	3	5	7	10	15	18	19	8,5
<b>Tmax (°C)</b>	30	25	18	15	14	15	18	21	26	32	36	36	27,5
<b>Tmoy (°C)</b>	22,5	18,5	12,5	9,5	8,5	9	11,5	14	18	23,5	27	27,5	16,83

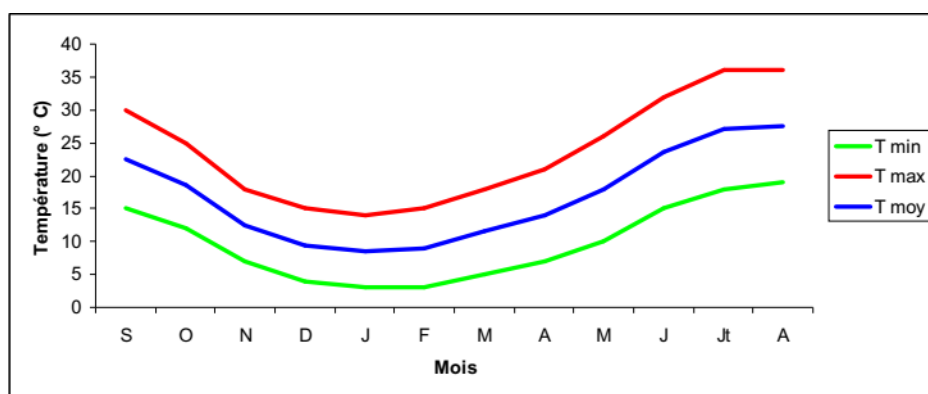


Fig 9. Variation des températures moyennes mensuelles à xlar station de Saida (1983- 2012)

### 3. Le vent :

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 6).

Tableau 6: Fréquence du vent(%)

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

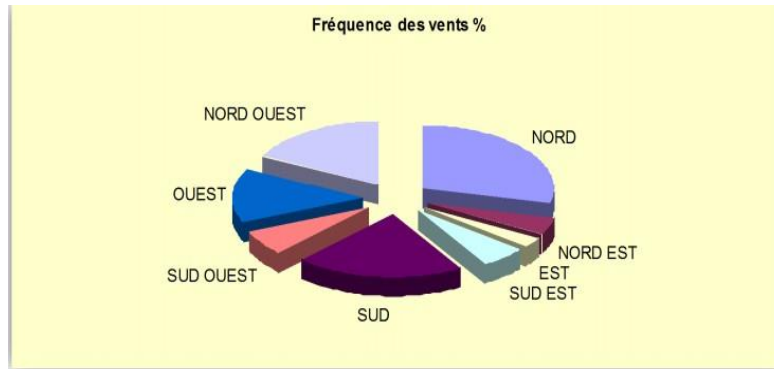


Fig10. Fréquence des vents (%)

Tableau 7 : Vitesse moyenne mensuelle du vent (m/s). Station de Saïda(2012–1983)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jt	Aout
<b>Vent moyen (m /s)</b>	2,3	2,3	2,6	2,6	2,8	2,8	2,8	3,0	2,8	2,8	2,6	2,6

Ces données indiquent un maximum de la force du vent au mois de Janvier et Février et un minimum au mois de Septembre et Octobre. Selon la classification ci-dessous, nous pouvons dire que les vents de Saïda sont des vents modérés.

- 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.

#### 4. Humidité de l'air:

L'humidité de l'air est rapport exprimé en % de la tension maximum correspondant à la température(C°).

Tableau 8 :Humidité moyenne mensuelle en (%) Station de Saïda(2012–1983) .

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jt	Aout
<b>Humidité Moyenne [%]</b>	53	60	67	71	69	67	64	61	58	47	39	41

La plus grande humidité relative de l'air pendant la période hivernale peut atteindre 71% au mois Décembre et la plus petite valeur est 39% en juillet (fig. 11).

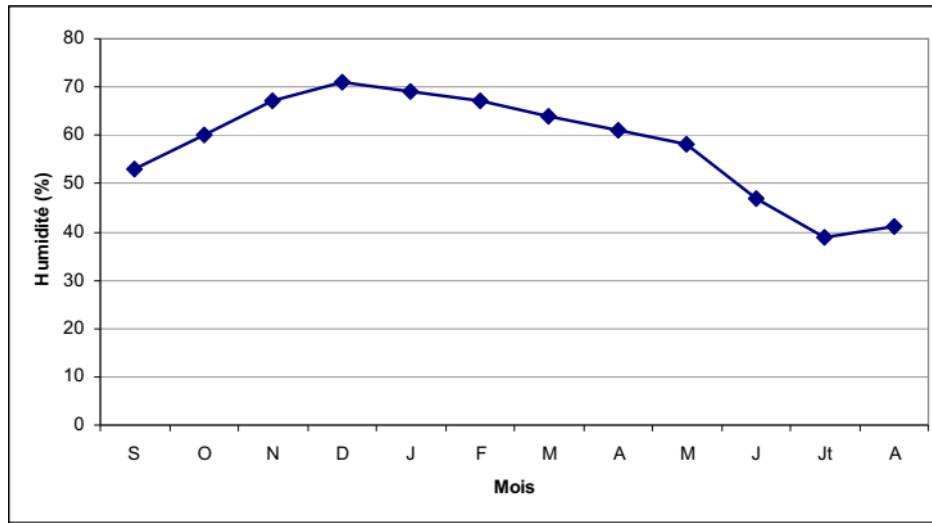


Fig11. Histogramme d'humidité relative mensuelle en %

## 5. Etude de climat :

### 5.1 Courbe pluviothermique (Gausсен 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 exprimée en degré Celsius ; c'est-à-dire  $P < 2T$ . Cette relation permet d'établir les diagrammes pluviométriques sur les quels la température est à une double échelle de celle des précipitations (fig. 12).

Tableau 9 Moyennes mensuelles des précipitations et des températures (2012-1983)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jt	Aou
<b>P (mm)</b>	19,8	42,1	44,2	33,2	42,0	34,9	36,6	38,3	31,4	8,8	3,5	9,7
<b>T (°C)</b>	22,5	18,5	12,5	9,5	8,5	9	11,5	14,0	18,0	23,5	27	27,5

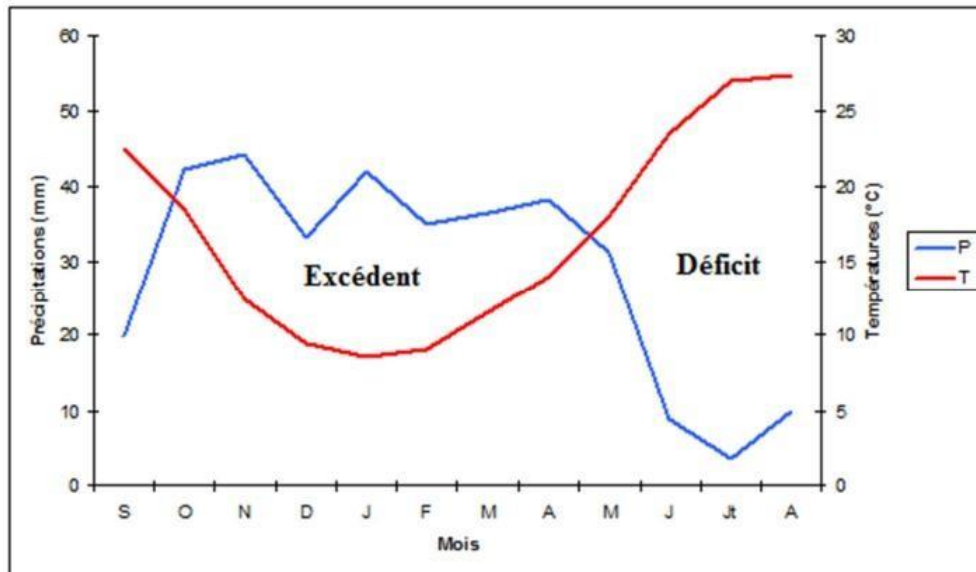


Fig12. Courbe pluvio-thermique de la station de Saida (1983-2012)(In Fellah.N,2018)

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.

## 5.2 Indices de De Martonne :

### 5.2.1 Indice annuel :

De Martonne en 1953, a proposé pour la détermination d'un régime climatique un indice annuel basé sur la hauteur moyenne annuelle des précipitations et la température moyenne annuelle.

$$I = P / T + 10$$

I : indice d'aridité annuel. (Si  $10 < I < 20$  : Climat semi-aride). Pour Saida l'indice annuel est égal à  $I = 12,84$ .

« I » Etant compris entre 10 et 20, témoigne d'un climat semi-aride, avec un écoulement temporaire, formation herbacée.



### 5.2.2 Indice mensuel :

Pour préciser les conditions de semi aridité, les élèves de De Martonne devraient proposer l'utilisation d'un indice d'aridité mensuel qui a pour expression :

$$I = 12P / (T + 10)$$

P : les précipitations du mois considérées, multipliées par 12 pour rendre cet indice comparable à l'indice annuel.

T : température moyenne mensuelle en °C.

Le calcul des indices d'aridité mensuels de De Martonne montre :

Tableau 10: Indice d'aridité mensuel à la station de Saida.

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jt	Aou
I	7,31	17,73	23,57	20,43	27,24	22,04	20,43	19,15	13,46	3,15	1,14	3,10

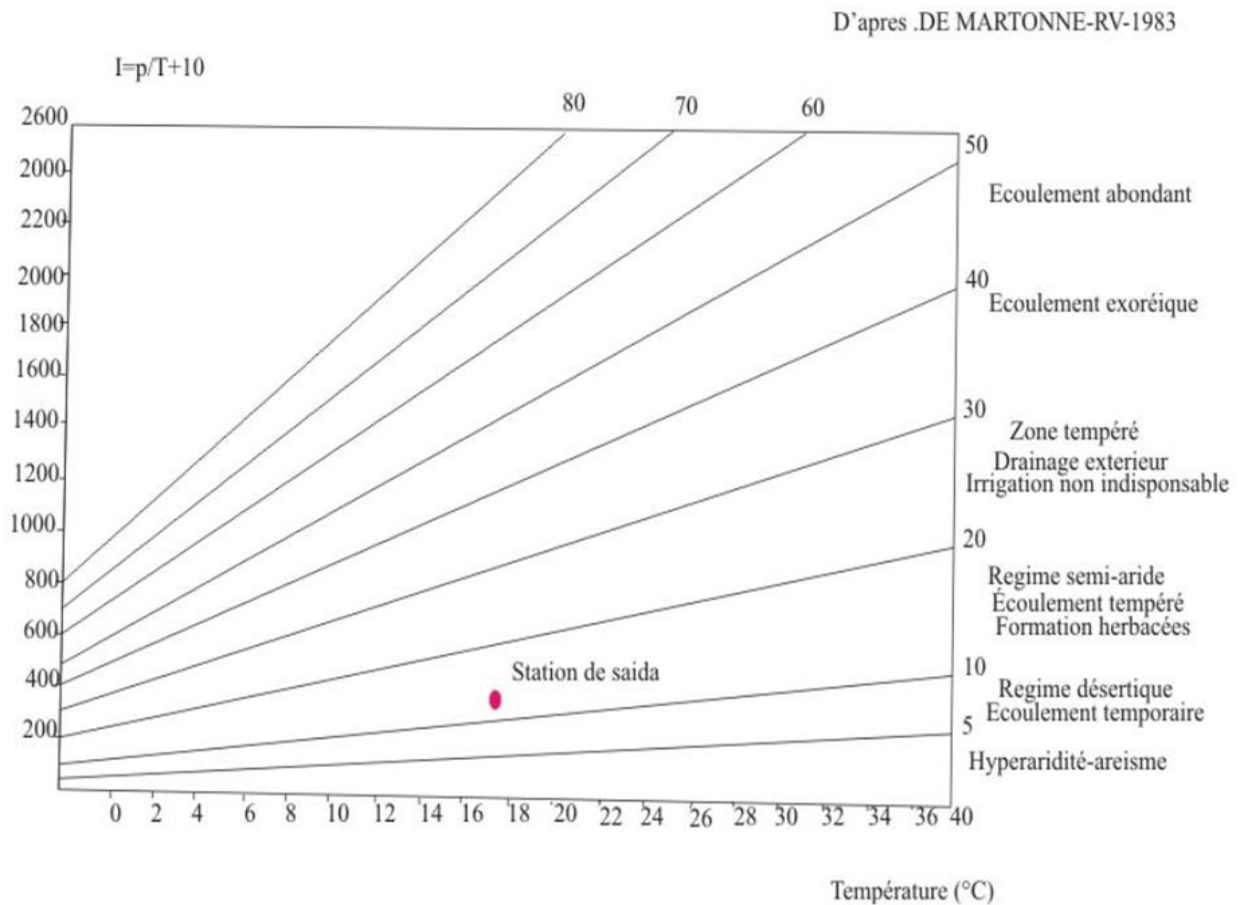


Fig13. Abaque d'indice d'aridité de DE MARTONNE

## 6. Déficit d'écoulement :

Le déficit d'écoulement que l'on peut assimiler à l'évapotranspiration est un phénomène qui fait intervenir l'évaporation physique et la transpiration par les végétaux.

Plusieurs méthodes fondées sur des relations empiriques ou directes ont été mises au point pour estimer ce phénomène, ces méthodes prennent en compte les précipitations et les températures.

### 6.1 Méthode de TURC :

Elle basée sur le calcul de l'évapotranspiration réelle et donnée par la relation :

$$ETR = P / \sqrt{(0,9 + P^2/L^2)}$$

Avec : ETR : évapotranspiration réelle.

P : précipitations moyennes annuelles.

L : pouvoir évaporant ( $L = 300 + 25T + 0,05T^3$ ). T : température moyenne annuelle.

Les valeurs suivantes :

$$L = 344,5 + 25 \times (16,83) + 0,05(16,83)^3 \quad L = 943,7$$

Donc :  $ETR = P / (0,9 + P^2/L^2)$  ETR TURC = 344,5 mm

### 6.2 Méthode de COUTAGNE :

D'après COUTAGNE, Le déficit d'écoulement est calculé à partir de la relation :

$$ETR = P - (\lambda \times P^2)$$

D : déficit d'écoulement (m/an).

P : précipitations moyennes annuelles (m/an). T : température moyenne annuelle (°C).

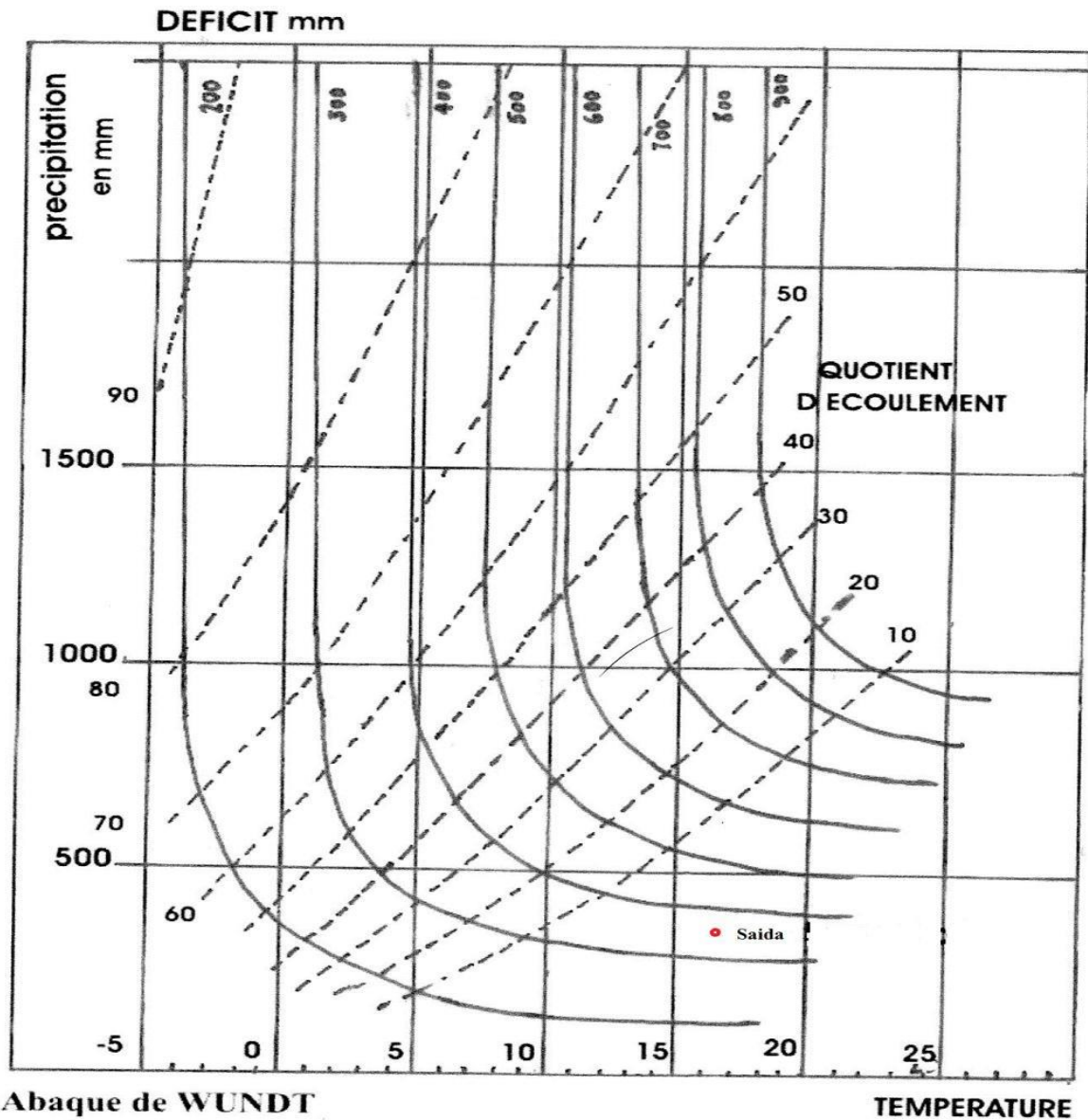
Le paramètre  $\lambda$  a pour expression :  $\lambda = 1 / (0,8 + 0,14T)$

Cette application est applicable si le P

comprise entre  $1/8 \lambda$  et  $1/2 \lambda$  On a :  $\lambda = 0,317$

$$1/8 \lambda = 0,394 \quad 1/2 \lambda = 1,577$$

La méthode n'est pas applicable parce que  $P < 1/8 \lambda$  donc le déficit d'écoulement est égal aux précipitations.



Abaque de WUNDT  
Modifiée par COUTAGNE

### 6.3 Méthode de WUNDT :

L'abaque de Wundt permettant d'obtenir une valeur du déficit d'écoulement en fonction de la température moyenne annuelle et des précipitations (fig. 15).

Le déficit d'écoulement à Saida est :  $D = 330 \text{ mm/an}$

Fig14. Abaque de WUNDT modifiée par COUTAGNE

## 6.4 Méthode de THORNTHWAITE :

- **Evapotranspiration potentielle :**

Cette méthode consiste à calculer pour chaque mois une évapotranspiration potentielle à partir de la relation suivante : **ETP= 1,6× (10×T /I) a**

Avec : ETP : évapotranspiration potentielle.

T : température moyenne mensuels en (C°) du mois considéré. I : somme de tous les indice mensuelle i, avec  $i=(T/5)^{1,514}$ .

$$A= (6,75.10^{-9} .I -771 .10^{-7} .I+1792.10^{-5} .I+0,49239)$$

Tableau 11 :Valeurs de l'ETP à la station de Saida(2012/1983)

	T (°C)	I	E.T.P. non corrigées (cm)	coefficient de correction	E.T.P. corrigées (cm)
<b>Septembre</b>	22,5	9,75	10,02	1,03	10,32
<b>Octobre</b>	18,5	7,25	7,08	0,97	6,87
<b>Novembre</b>	12,5	4,00	3,53	0,87	3,07
<b>Décembre</b>	9,5	2,64	2,17	0,86	1,87
<b>Janvier</b>	8,5	2,23	1,78	0,88	1,57
<b>Février</b>	9	2,43	1,97	0,85	1,68
<b>Mars</b>	11,5	3,53	3,05	1,03	3,14
<b>Avril</b>	14	4,75	4,32	1,09	4,71
<b>Mai</b>	18	6,95	6,74	1,2	8,09
<b>Juin</b>	23,5	10,41	10,82	1,2	12,99
<b>Juillet</b>	27	12,85	13,85	1,22	16,89
<b>Aout</b>	27,5	13,21	14,31	1,16	16,59
<b>Annuel</b>	16,83	80,02			87,79

L'évapotranspiration potentielle, calculée et corrigée par la formule de Thornthwaite donne une valeur de 877,9 mm, Elle montre un maximum en Juillet et un minimum en Janvier.

A partir des valeurs d'ETP nous aidons à évaluer le bilan hydrologie par la méthode de Thornthwaite, et de déterminer ainsi ETR réelle.

- **Evapotranspiration réelle (E.T.R) :**

Pour le calcul de l'E.T.R, deux cas sont considérés :

- Si les précipitations du mois sont supérieures à l'ETP, l'ETR sera égale à l'ETP l'excédent sera emmagasiné dans le sol sous forme d'humidité, et servira à l'augmentation des réserves jusqu'à saturation. Au-delà, l'eau disponible alimentera soit l'infiltration vers les nappes profondes, soit l'écoulement de la surface.
- Si les précipitations sont inférieures à L'ETR, L'ETR sera encore égale à L'ETP aussi longtemps que les réserves seront en mesure de fournir la quantité d'eau complémentaire.

Lorsque la réserve deviendra insuffisante, il y aura un déficit et ETR sera inférieure à l'ETP.

Tableau 12 :Bilan de THORNTHWAITE (Station de Saida)

	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jt	Aout	Sep	Oct	Annuel
<b>P (mm)</b>	44,2	33,2	42	34,9	36,6	38,3	31,4	8,8	3,5	9,7	19,8	42,1	344,5
<b>ETP (mm)</b>	30,7	18,7	15,7	16,8	31,4	47,1	80,9	129,9	168,9	165,9	103,2	68,7	877,9
<b>RFU (mm)</b>	13,5	28	54,3	72,4	77,6	68,8	19,3	0	0	0	0	0	
<b>ETR (mm)</b>	30,7	18,7	15,7	16,8	31,4	47,1	80,9	28,1	3,5	9,7	19,8	42,1	344,5
<b>Déficit agricole(mm)</b>	0	0	0	0	0	0	0	101,8	165,4	156,2	83,4	26,6	533,4
<b>Excédent(mm)</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

RFU = 100 mm

l'E.T.R. annuelle est de 344,5mm.

Le déficit agricole est de 533,4 mm allant de Juin à Octobre avec un maximum en Juillet.

## Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons identifié les principales caractéristiques hydrologiques et climatiques de la région, la valeur des précipitations annuelles, et les mesures de température. Il en résulte que le climat de la région est semi-aride, caractérisé par une sécheresse estivale qui résiste à l'hiver pluvieux. Saison, et la situation montagneuse de la région lui donne un caractère distinctif Fortes précipitations dues à la zone caractérisée par le ruissellement de surface plutôt que par l'infiltration.

***Chapitre III :***  
***Hydrogéologie***

## **Introduction**

Les dolomies Bajo-Bathoniennes forment au Sud-est de Saida un grand plateau s'élevant vers l'Est à 1100m et vers l'Ouest jusqu'à la côte 950m, limité à l'Ouest et au Nord par la grande faille de Saida qui atteint près de Saida 150 m ainsi en contact de la base des dolomies Bajo-Bathoniennes avec la série argilo-gréseuse du Callovo-Oxfordien vers l'Ouest.

Ain Bent el soltane, alimentant Saida, sont toutes deux situées au contact faillé des dolomies Bajo-Bathoniennes et des argiles Callovo-Oxfordienne, les sources du vieux Saida dans les gorges de l'oued Saida, sourdent à la base des dolomies. Les Marno-calcaires du Toarcien constituent l'assise de retenue d'une nappe très importante situées à un côté

Supérieure à 1000 au Sud-Est et voisine de 900m au Nord-Ouest. Les dolomies de Tidernatine ont été le siège de circulations importantes du réseau très complexe de fissure qui drainent ce plateau.

### **1. Réserves potentielles:**

D'après l'étude de Clair (1952) et de Pitard (1973) huit réservoirs sont distingués, souvent trouvés dans des formations gréseuses homogènes (grès lusitaniens) ou fragments dans une formation rocheuse différente (grès kalovo\_oxford).

L'ensemble de la zone d'étude caractérisé par un réservoir artésien. Les nappes souterraines sont à l'origine de plusieurs résurgences, dont les plus importantes sont Ain El Hadjar, Ain Sultane, Ain El Hallouf et Poirier.

### **Les aquifères du bassin versant d'oued Saida :**

A partir de la nature et de l'âge des roches caractérisées, il est possible de définir les aquifères suivants :

#### **Aquifère du jurassique inférieur :**

Cet aquifère est un réservoir dolomitique très perméable. Le substrat schisteux subhorizontal constitue l'assise d'une nappe importante alimentant plusieurs sources telles :

Ain Tiffrit (qui dessert les centres d'Oum Djerane), Djida, ainsi que Ain Manaa et Ain Sultane. 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.

### **Aquifère du Bajo\_bathonien :**

Ce réservoir est une couche karstique et constitue le principal réservoir d'eau de la ville de Saïda. Il est libre sur le plateau d'Oum d'Jran et de Tidermatine à l'est de la ville, lorsqu'il est surmonté par le kalofou oxfordien argilo-gréseux qui constitue le toit.

### **Aquifère du Callovo-Oxfordien :**

Des bancs de grés forment ce réservoir bas où les débits mobilisés ne dépassent pas 2l/s. Seuls les bancs en contact avec le bajo\_bathonien offrent des débits intéressants.

### **Aquifère du Lusitanien :**

Cette réserve est représentative des grains dont vous êtes équipé. La nappe est libre alors que les murs sont constitués par les argiles de Saïda datant du Callovo-Oxfordien.

### **Aquifère du Kimméridgien :**

La réserve associée à cette installation est dolomitique. Sur la rétrospective de Sidi Boubekeur.

### **Aquifère sénonien :**

Le réservoir de ce aquifère est calvaire on le trouve 3 pièces :

- Le niveau d'Ain skhouna : capté par un forage sur une puissance de 100 mètres. Il est alimenté par l'aquifère de l'Alio\_bathonien
- Le niveau de la bande étroite : ce lambeau stérile longe l'axe des Guenatis Cheraga.
- Le prolongement de Rem El Haffa : il affleure au Nord-Est et renferme des réserves saisonnières



## **Aquifères du Tertiaire et du Plio-Quaternaire :**

### **Aquifère du Tertiaire continental :**

Il couvre la partie médiane de Chott Chergui On trouve les formations suivantes :

Le niveau grossier de base constitue d'un aquifère important dans la région d'Ain Skhouna. La partie supérieure très variable des calcaires de sénonien est parfois difficile à distinguer.

Les niveaux sableux ou conglomératiques, intercales 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 de remplissage Tertiaire sauf dans la partie centrale de la dépression ou sa surface est recouverte de petite daïas.

### **Aquifères du Plio-Quaternaire :**

Les atterrissements du Tertiaire et du Quaternaire qui comblent les dépressions, bien que d'origine très diverses, forment une seule unité hydrologique.

Cet aquifère alimenté, par leur impluvium propre, des nappes importantes, en drainant parfois les eaux des massifs qui les bordent.

## **3- Ressources en eau souterraine :**

### **3.1 Les principaux aquifères :**

Le substratum est constitué par le paléozoïque métamorphique et igné plus ou moins plissé et altéré par le Trias volcano - détritique constituant un ensemble imperméable sur lequel repose le membre carbonaté inférieur aux « dolomies de Tiffrit » dont la karstification est assez avancée et qui est à l'origine de toutes les sources importantes

On peut résumer ce contexte comme suit (Fig. 15) :

- **Le paléozoïque :** les terrains sont métamorphiques peu altérés et forment un ensemble imperméable
- **Le Jurassique inférieur et moyen** où on distingue :
  - Un membre inférieur dit dolomies inférieures à perméabilité de fissures

- Un membre intermédiaire par les marnes d'Essafah qui constituent un niveau imperméable
- Un membre supérieur dit dolomies supérieures à perméabilité de fissures

- **Le Callovo – Oxfordien** : ensemble peu perméable formé par les argiles de Saida intercalées de bancs gréseux.
- **Le Lusitanien** : grés de Franchetti constituant une formation très perméable.
- **Le Plio – Quaternaire** : comporte des niveaux de conglomérats qui sont perméables.

La litho stratigraphie a permis de préciser l'existence de plusieurs niveaux aquifères, mis à part le socle primaire constitué par les schistes et quartzites affleurant à Tiffrit, les principaux niveaux aquifères sont comme suit :

- Les grés de Franchetti du Lusitanien.
- Les dolomies supérieures et inférieures du Jurassique inférieur moyen.

Les niveaux imperméables d'épaisseur importante sont :

- Les argiles de Saida du Callovo – Oxfordien
- Les marnes d'Essafah (Toar)

ETAGE	EPAISSEUR	FORMATION LITHOSTATRTIGRAPHIQUE	CARACTERISTIQUES AQUIFERES
Plio – Quaternaire	--	--	Perméable
Lustitanien	180 m	Grès de Franchetti	Peu perméable
Paléozoïque Callovo – Oxfordien Paléozoïque	350 m	Argiles de Saida intercalées de bancs gréseux	Perméable
Bathonien – Aaléno – Bajo – Bathonien	150m	Dolomies	Perméable
	25 m	Marnes d'Essafah	Imperméable
Hetan –	15 m	Dolomies	Perméable
		Terrains métamorphiques	Imperméable

Fig15. Log hydrogéologique (In Mansour.H, 2012)

La distribution lithologique permet de diviser Les formations dolomitiques du Jurassique moyen et inférieur en deux horizons aquifères, celui des dolomies supérieures et celui des dolomies inférieures. Les couches marno – calcaires laissent la possibilité de communication entre les 02 aquifères.

- Aquifère des dolomies inférieures : cet aquifère est contenu dans les dolomies de Bouloual qui affleurent dans la vallée de l'oued Saida et Tiffrit sur une superficie de plus de 100 km<sup>2</sup>. Le mur est constitué par les formations du paléozoïque, le toit par les marnes d'Essafah. Cet aquifère alimente de nombreuses sources, dont les plus importantes sont : Tiffrit, Ain Manaa et Ain Sultane.
- Aquifère des dolomies supérieures : il appartient aux dolomies et calcaires du Jurassique moyen. Cet horizon aquifère alimente tous les forages et sources situés dans la vallée

de l'oued Saïda. Il constitue le réservoir principal de la région. Cette nappe est libre dans les zones d'affleurement des dolomies : plateau de Tidermatine et Oum Djerane, à l'est de la ville de Saïda. Elle est captive sous les argiles de Saïda qui en constituent le toit. Le substratum de cet aquifère est constitué par les marnes d'Essafeh attribuées au Toarcien.

### 3.2 L'aquifère karstique de Saïda :

#### Le contexte environnemental et structural :

Le contexte environnemental et structural des formations carbonatées du plateau de Saïda (fig. 16), tel qu'il ressort de l'exposé précédent, est manifestement celui d'une formation géologique qui a acquis une nature aquifère au cours de sa genèse compte tenu des contraintes tectoniques à l'origine de la porosité secondaire représentée par les innombrables fissures, diaclases, fractures, failles, ... Leur élargissement par dissolution du carbonate de calcium a abouti à la formation de zones karstifiées à porosité relativement élevée, là où elles n'ont pas été partiellement colmatées par les résidus de dissolution ou par l'apport solide des eaux de ruissellement. Le développement de cette karstification a abouti à la formation d'un réseau de conduits frayant le passage à de véritables rivières souterraines.

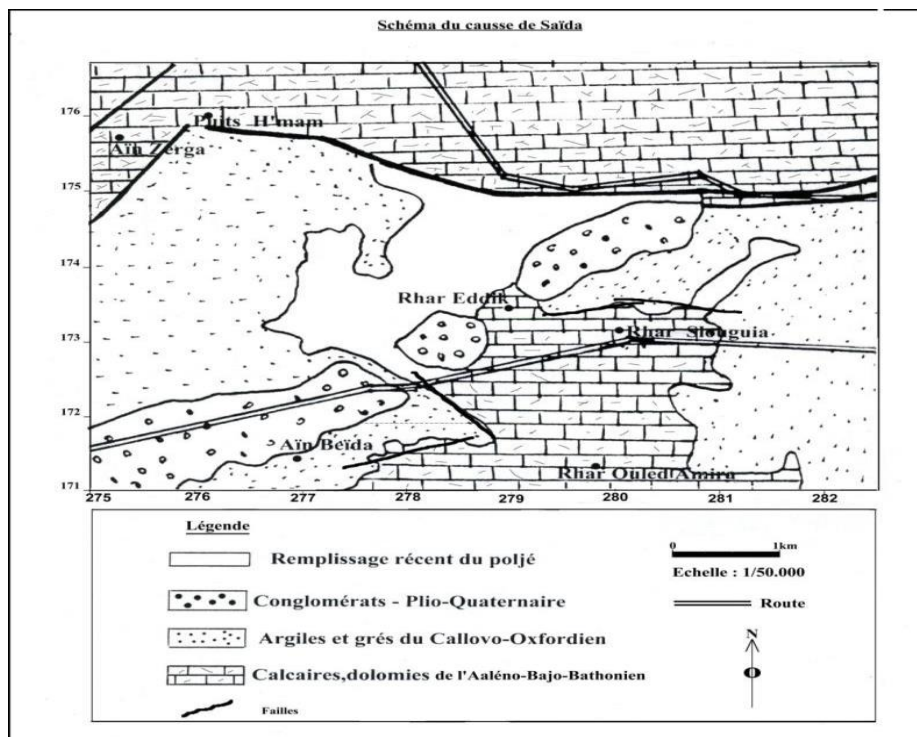


Fig16. Schéma du causse de Saïda (In Djidi.K,2015)

Cet état de fait des formations dolomitiques du plateau de Saida avait déjà été reconnu par Flamant qui relève : « Parfois l'analyse de la structure s'accompagne d'un aperçu sur le relief qu'elle entraîne. Causses de la région de Saïda –Tifrit où l'on retrouve les formes et le sol même des Causses françaises : les grandes surfaces ondulées à peine praticables avec leur champ de silex, les têtes de chat, les paysages dolomitiques ruiniformes, les sotchs, les avens, les canons, les cavernes ; Causses morcelées du pays des Hassasna, où l'érosion a souligné le réseau des accidents tectoniques ».

Les processus à l'origine de ce phénomène sont maintenant bien mieux connus grâce à une meilleure connaissance des mécanismes physico-chimiques ; au développement de nouveaux outils d'analyse et à la disponibilité d'un modèle conceptuel dont la fonctionnalité rend compte de la structure du système karstique (Mangin, 1975). Cette évolution de l'état de l'art offre l'opportunité de réhabiliter les données disponibles de sorte que leur ré-interprétation apporte une plus-value incontestable à la connaissance du karst de Saida

#### **4- La karstification :**

##### **4.1 synthèse bibliographique :**

Le mémoire de Plagnes (1997) a le mérite de condenser l'état des connaissances sur les processus à l'œuvre dans la chimie des carbonates. La karstification est un processus dynamique en perpétuelle évolution, conditionné par deux facteurs :

- le potentiel de karstification il est fixé par des paramètres climatiques (quantité d'eau et de CO<sub>2</sub> disponible), par la géométrie externe du massif (différence de charge hydraulique entre les points hauts et le niveau de base) et par la structure géologique du massif carbonaté. - l'état du massif : structure interne (fracturation, porosité, lithologie) et son degré de karstification

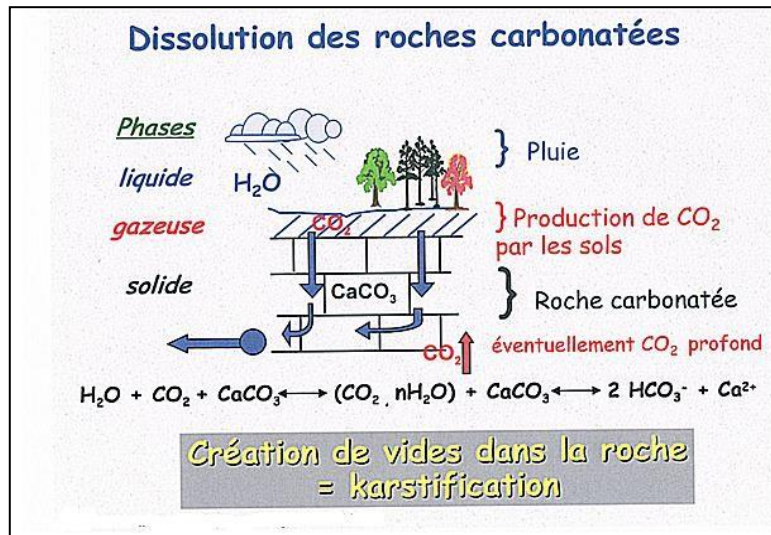


Fig17. Processus de karstification (Bakalowicz,2002)

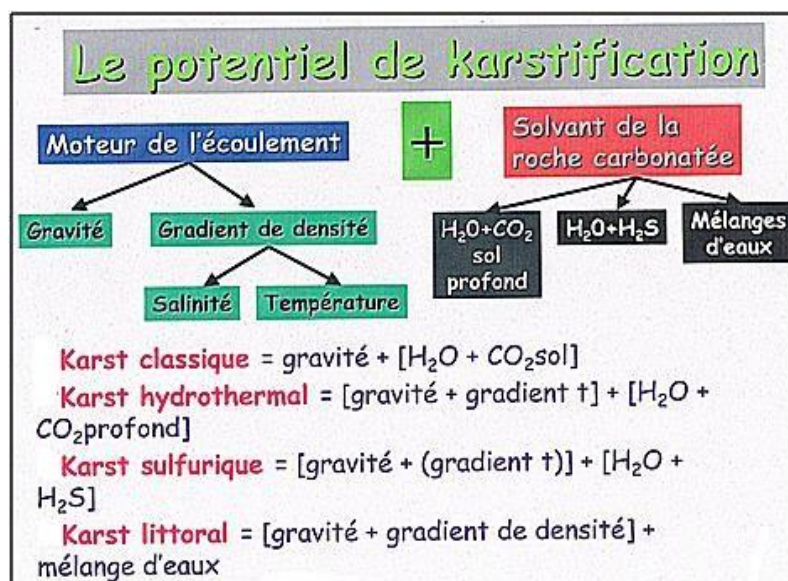


Fig18. Potentiel de karstification (Bakalowicz, 2002)

## 4.2 Sur la dissolution spécifique :

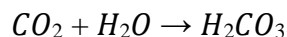
La karstification en tant que processus est un phénomène dynamique lié à la capacité des roches calcaires à être soluble dans l'eau. Cette solubilité, exprimée par la constante de dissociation, caractérise la réaction de dissolution des minéraux qui composent la roche : calcite – aragonite – magnésite – dolomite (tableau 13).

Tableau 13 : Constantes de dissociation des principaux minéraux des roches carbonatées (Bakalowicz, 1979)

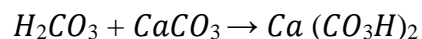
Minéral	Composition	Constante de dissolution (Ks)	Solubilité (mg/l)
Calcite	CaCO <sub>3</sub>	3,80.10 <sup>-9</sup>	5
Aragonite	CaCO <sub>3</sub>	6,09.10 <sup>-9</sup>	5,5
Dolomite	CaMg (CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	10 <sup>-17</sup>	1,5
Magnésite	MgCO <sub>3</sub>	5,75.10 <sup>-9</sup>	5,5
Gypse	(CaSO <sub>4</sub> , 2H <sub>2</sub> O)	2,5. 10 <sup>-5</sup>	1500
Anhydrite	CaSO <sub>4</sub>	2,83.10 <sup>-5</sup>	2200

Remarque : Les minéraux carbonatés et les roches qu'ils constituent sont bien moins solubles que les évaporites (Bakalowicz, 2005).

Cette quantité de CO<sub>2</sub> dissous est proportionnelle à sa pression dans l'atmosphère (0.03%) de sorte que, lorsque la pression partielle en CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère est élevée, l'air cède du CO<sub>2</sub> à l'eau et inversement, si la pression du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère est faible, l'eau lui en restitue. Comme, par ailleurs, une partie de ce CO<sub>2</sub> se présente sous l'état d'acide carbonique H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> de par la réaction :



Qui transforme, à son tour, le carbonate de calcium en hydrogénocarbonate de calcium (bicarbonate de calcium) soluble dans l'eau :



Le reste du CO<sub>2</sub> dissous restant en équilibre avec le CO<sub>2</sub> de l'air. Ce rôle imparti au CO<sub>2</sub> dans les phénomènes de dissolution du CaCO<sub>3</sub> dans l'eau, est puisé soit du carbonate de calcium (Ca) lié au carbonate, soit du bicarbonate de calcium Ca (CO<sub>3</sub>H)<sub>2</sub> associé au carbonate en présence d'excès de CO<sub>2</sub>, soit encore du CO<sub>2</sub> d'équilibre ou CO<sub>2</sub> libre dissous physiquement voire du CO<sub>2</sub>

libre agressif ou en excès, régi par les mêmes lois que le CO<sub>2</sub> d'équilibre soit encore de l'insuffisance de calcaires ou des échanges.

Et c'est l'équilibre entre, d'une part, la pression du CO<sub>2</sub> dans l'air et celle du CO<sub>2</sub> dissous dans l'eau et, d'autre part, la teneur en bicarbonate de calcium qui détermine le pouvoir dissolvant de l'eau en carbonate de calcium : toute augmentation de CO<sub>2</sub> engendrant.

Une dissolution et toute diminution une précipitation. C'est dire que la dissolution du calcaire est fonction de facteurs physico-chimiques et biologiques qui modulent la teneur en CO<sub>2</sub> dissous. Le Tableau 14 donne.

Une illustration de l'influence de la température sur la teneur en CO<sub>2</sub> dissous pour différentes pressions partielles de CO<sub>2</sub>.

A l'échelle du massif karstique, la quantité de matière ainsi dissoute, et donc susceptible d'être exportée par les eaux, est de l'ordre de 20 à 200 m<sup>3</sup> .km<sup>-2</sup> an<sup>-1</sup> (Bakalowicz, 1992). Ces valeurs de la dissolution spécifique varient en fonction de paramètres comme le climat, la géologie, la géomorphologie et l'évolution des caractères régionaux.

*Tableau 14: Quantités d'anhydrite carbonique dissous à l'équilibre pour différentes températures et pressions partielles de CO<sub>2</sub> (Bakalowicz, 2002).*

T (°C)	Pco <sub>2</sub> (atm)				
	3.10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup>	5.10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-2</sup>	5.10 <sup>-2</sup>
0	1.00	3.35	16.74	33.47	167.4
15	0.78	2.59	12.95	25.89	129.5
10	0.70	2.32	11.60	23.19	116.0
15	0.58	1.94	9.70	19.40	97
20	0.51	1.69	8.44	16.89	84.4
25	0.43	1.45	7.25	14.50	72.5
30	0.37	1.23	6.25	12.50	62.5

Les roches, constituées de carbonate de calcium ou de carbonate de calcium et de magnésium, sont dissoutes par de l'eau possédant une certaine acidité. En effet, les carbonates, très peu solubles dans l'eau pure (12 mg/l de carbonate de calcium), le sont beaucoup plus dans une eau possédant des caractères acides. Dans la nature, l'acide le plus fréquent est produit par la dissolution du gaz carbonique (CO<sub>2</sub>), existant dans l'atmosphère et, surtout, dans les sols. L'eau en équilibre avec l'atmosphère terrestre (pression partielle en CO<sub>2</sub> (pCO<sub>2</sub>), de l'ordre de 3.10<sup>-4</sup> atm.) dissout 50 mg/l de carbonate de calcium. Lorsqu'elle traverse le sol (pCO<sub>2</sub> de l'ordre de



10<sup>-2</sup> atm.), elle peut dissoudre alors environ 300 mg/l de carbonate de calcium. La dolomie est moins soluble que le calcaire (Tableau 15). Pour cette raison les formes karstiques typiques sont plus fréquentes et plus spectaculaires dans les calcaires que dans les dolomies.

Tableau 15 : Solubilité de la calcite dans l'eau associée à une phase gazeuse contenant du CO<sub>2</sub> (Bakalowicz, 2003)

pCO <sub>2</sub>	Solubilité de la calcite
pCO <sub>2</sub> = 0	5 mg/l
0,03 10 <sup>-2</sup> (atmosphère)	50 mg/l
0,1 10 <sup>-2</sup> (sol de montagne)	115 mg/l
1 10 <sup>-2</sup> (sol, climat tempéré)	215 mg/l
3 10 <sup>-2</sup> (sol, climat méditerranéen)	315 mg/l
10 10 <sup>-2</sup> (production de CO <sub>2</sub> profond)	650 mg/l

## 5- Cadre géo structural de l'aquifère karstique :

La structure générale de l'aquifère karstique du Jurassique inférieur et moyen est constitué essentiellement de dolomies et de calcaires reposant sur le substratum triasique imperméable. Cet aquifère comporte une partie libre sur le plateau et captive dans la région de la vallée de l'oued Saïda sous les terrains plus récents du Callovo – Oxfordien et du Plio – Quaternaire.

A l'Ouest l'aquifère n'est pas complètement interrompu par le système de failles Nord – Sud descendant vers l'Ouest et dont le rejet global est de l'ordre de 300 m. Ce système de failles met en évidence les blocs carbonatés avec les formations callovo – oxfordiennes (fig.19). Les liaisons hydrauliques (karst contre les argiles de » Saïda) sont difficiles et peu importantes mais pas nulles. Elles sont à l'origine de quelques sources dans la vallée au niveau des terrains détritiques (Pitaud, 1973).

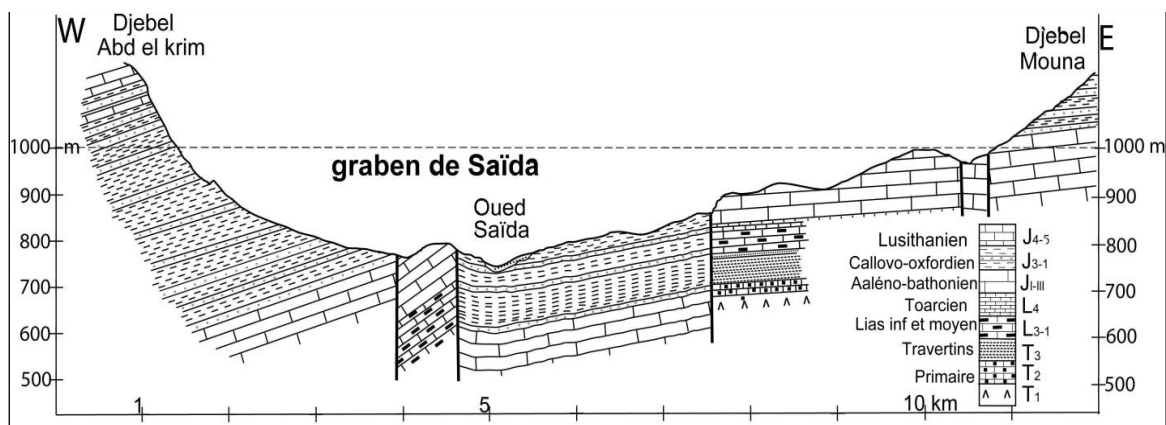


Fig19. oupe géo structurale du graben de Saïda (pitaud, 1973)

L'aquifère karstique est faillé selon des zones tectoniques décrites en géologie :

- Le long de la vallée de l'oued Saida.
- Sur le plateau selon deux directions plus ou moins perpendiculaires avec un "plexus" au niveau d'Oum Djerane.

Les deux zones tectoniques, vallée et plateau, communiquent dans la région de Saida – Nazareg où apparaissent les sources les plus importantes. Les rejets sont tels que les communications hydrauliques doivent toujours être possibles entre les différents membres dolomitiques. L'ensemble de ces membres se comporte comme un aquifère unique, dans toute la région, limité en profondeur par le substratum triasique imperméable.

## **6- Morphologie karstique de l'aquifère dolomitique :**

### **6.1 Le karst de surface :**

- *Les dolines –pertes* sur le causse de Tidernatine, les dolines sont nombreuses, ce sont surtout les dolines en entonnoir qui se forment par dissolution progressive de la roche au fond de la crevasse et les dolines pertes, où se concentrent les écoulements superficiels. Ces dernières sont parfois pénétrables et spectaculaires telles que celles de Ouled Amira, Rhar Slouguia, et Rhar dick (fig 20 et 21).



*Fig20. Dolines en entonnoir formées par dissolution des dolomies (In Mansour.H, 2012)*



*Fig21. Cavité karstique affectant les dolomies (In Mansour.H, 2012)*

- Les avens et les puits ou puits tectoniques, creusés à la faveur des fissures, sont généralement imperméables et très colmatés : cas de Bir Skarif totalement obstrué par des blocs rocheux et de la terre vers 8 m de profondeur.



*Fig22. Avens ou puits tectoniques creusés à la faveur de fissures (In Mansour.H, 2012)*

## 6.2 Karst profond :

- La région la plus connue et prospectée par les spéléologues est celle qui est drainée par le système karstique d'Aïn Zerga (fig 23), la rivière souterraine de Bir H'mam et la célèbre perte de Rhar Ouled Amira.



*Fig23. Source de Aïn Zerga (In Mansour.H, 2012)*

La rivière de Bir H'mam constitue le collecteur principal du système karstique du causse de Tidernatine. En effet les pertes explorées sur ce dernier pourraient bien alimenter la rivière et la résurgence d'Aïn Zerga (dont le débit a diminué fortement de 100l /s en 1999 à 30 -40l /s actuellement. Le captage et le mode d'exploitation actuelle ne permettent pas d'estimer le débit actuel, ni de suivre la rivière souterraine, seuls des traçages artificiels permettraient d'avoir une idée sur le schéma de fonctionnement hydraulique de l'aquifère.

En tout état de cause, la karstification, se fait surtout dans les directions dominantes de la fracturation, qui sont généralement celles des failles et fissures associées à la tectonique régionale ayant joué durant les temps géologiques récents.

## 7- Les exutoires :

Les sources très nombreuses dans la région se divisent en deux groupes.

- Sources permanentes,
- Sources de trop-plein.

Il s'agit de sources de trop plein à fonctionnement saisonnier et de sources de débordement sur contact imperméable. Les unes apparaissent soit au mur de l'aquifère libre, soit au niveau d'une barrière moins perméable, les autres au toit de l'aquifère captif. La plupart de ces sources ont un débit moyen compris entre 1 et 10 l/s. Cependant, quelques-unes ont un débit très important : Aïn Zerga, Aïn Soltane, Source du Poirier, Aïn Fakroun, Aïn Tifrit

### **7.1 Aïn Zerga :**

X = 175,150 ; Y = 175,650 ; Z = 1000 m

La source jaillit d'une grotte, faisant partie d'un vaste réseau karstique qui relie directement la source avec la zone des pertes (Rar Amira, Rar Ed Dick), cette émergence est la plus importante de la région avec un débit (1272l/s en 1970) qui a diminué beaucoup, il serait de 40l/s actuellement. Son régime est étroitement lié aux précipitations du fait de la perméabilité "en grand" de l'aquifère et de son temps de réponse très faible. La source d'Aïn Zerga présente en période de pluie de véritables "pointes de crues" pouvant atteindre 400 l/s et même plus. Située au pied de la falaise dolomitique de l'unité de Tidernatine, la source draine une partie des eaux qui se sont infiltrées sur le plateau des Hassasnas et cheminées à travers le karst. Elle jaillit à la faveur d'un contact d'une faille perpendiculaire au sens général de l'écoulement souterrain, mettant en contact les dolomies de Zerzour (Bajo-bathonien) et les 25 formations détritiques du mio-pliocène. Le sens d'écoulement s'effectue le long d'une large fissure de direction sud-ouest. L'hydrogramme d'Aïn Zerga étudiée par P. Decamps pour la période de Juillet-Aout 1970 a donné un coefficient tarissement  $\alpha = 0,00244j^{-1}$ .

### **7.2 Aïn Fakroun :**

X = 271,100 ; Y = 177,200 ; Z = 850 m.

Située dans l'unité de Saïda-Nazreg, qui émerge des dolomies a un débit moindre que l'Aïn Zerga (35 l/s). L'Aïn Fakroun est une source de trop plein. Son régime est plus régulier que celui de l'Aïn Zerga. Le coefficient tarissement (TES, 1973) est  $\alpha = 0,00255j^{-1}$ .

### **7.3 La source du Poirier :**

X= 272,100 ; Y = 178,650 ; Z = 878m.

Située dans l'unité de Saïda-Nazereg, la source du Poirier avait un débit moyen de 100 l/s. C'est une source légèrement artésienne. Située à la limite des dolomies de l'AalénoBathonien et des marnes du Callovo-Oxfordien, la nappe commence à être légèrement en charge. Les variations de débits sont plus lentes et moins brusques que celles d'Aïn Zerga. Ici l'on ne rencontre pas de véritables points de crues comme sur les sources d'Aïn Zerga ou Aïn Fakroun.

### **7.4 Aïn Tifrit :**

X = 286,55 ; Y=1.72 ,80.

Située en amont des "Cascades", la source est ascendante ; l'eau jaillit à travers les alluvions. Sa température est 19°C. L'Aïn Tifrit possède une vaste zone d'alimentation, son débit est relativement stable. Les jaugeages effectués par la TES au cours de l'été 1972, quoique peu nombreux, permettent de trouver un coefficient de tarissement  $\alpha=0,005j^{-1}$ . La source d'Aïn Tifrit est partiellement exploitée pour irriguer les petits périmètres en aval, mais la plupart des eaux reste inutilisée à présent.

### **7.5 Aïn Soltane :**

X = 268,250 ; Y = 173,050; Z = 829m.

D'un débit moyen de 45 l/s, cette source alimente partiellement la ville de Saïda. L'Aïn Soltane est une source d'écoulement située le long de la faille, à l'Est de Saïda, qui limite le fossé d'effondrement du Causse de Tidernatine. La source est caractérisée par un régime variable ; elle réagit immédiatement aux pluies et parfois on peut avoir de véritables crues. Le coefficient de tarissement  $\alpha$ , calculé en 1973 (T.E.S.) était évalué à  $0,0011j^{-1}$ .

**7.6 La Source ronde** X = 266,450 ; Y = 166,800 ; Z = 1018m. C'est le principal exutoire dans le secteur d'Aïn El Hadjar. Située au contact des dolomies avec la formation de Saïdaelle a un débit moyen de 25l/s et un coefficient de tarissement  $\alpha=0,00141j^{-1}$ (TES, 1973).

Outre la Source Ronde, plusieurs exutoires existent encore dans le secteur d'Aïn El Hadjar. Parmi eux, il faut rappeler la source d'Aïn Hadjar ("La Piscine"). D'autres sources ont un débit non négligeable. C'est le cas des sources d'Aïn El Hadjar ( $X = 266, 800$  ;  $Y = 165,100$  ;  $Z = 1032m$  ;  $Q_{moy} = 15l/s$ ) et d'Aïn Beïda qui présentent presque les mêmes conditions hydrogéologiques que la Source ronde. Ces sources se trouvent à la limite des dolomies, dans la partie sud de l'unité du Causse de Tidernatine et contribuent à l'alimentation de l'Oued Saïda.

Une synthèse des études comparatives du régime des trois principales sources (Clair, 1970 ; Decamps, 1972 ; Pitaud, 1973) a permis d'en tirer les conclusions suivantes :

- Le régime de l'Aïn Zerga est très irrégulier et présente de véritables pointes de crues. Cette source draine une partie de l'impluvium du plateau des Hassasnas (bassin versant du Rhar Amira) à travers un réseau karstique bien développé (perméabilité en grand). Le temps de réponse de la source est très court, ce qui laisse supposer que l'eau doit circuler à grande vitesse au travers de grands chenaux (écoulement turbulent).

Afin de connaître avec plus de précision le régime de cette source, il serait intéressant de comparer les hydrogrammes du Rhar Amira et de l'Aïn Zerga (débit entrant dans la perte et débit de source)

. Le régime est différent en saison sèche et en saison humide. Il sera aussi intéressant de comparer les courbes de tarissement des hydrogrammes de crues de saison sèche à ceux enregistrés au cours de la saison humide.

- Le cycle hydrologique de l'Aïn Fakroun est décalé par rapport à celui de l'Aïn Zerga. La période des hautes eaux (avec des pointes de crues peu marquées) se situe en saison sèche (Juin-Septembre), la période des basses eaux en saison humide. Dans l'état actuel des connaissances on ne peut émettre d'hypothèses sur les directions de circulation des eaux du karst.

Un traçage artificiel (coloration) et une exploration spéléologique seraient très intéressants. Le débit de la source du Poirier est presque constant et que les amplitudes entre saison humide et saison sèche sont très faibles. Cette source ne dépend pas du même système d'alimentation que les deux autres. C'est un exutoire de l'aquifère captif. L'eau remonte à la faveur d'une faille et diffuse au travers du Plio-quatenaire. Les sources Ain Soltane et la "source Ronde" qui drainent un même secteur (le plateau de Tidernatine) ont des coefficients de tarissement très proches :  $\alpha = 0,0011$  et  $0,0014j^{-1}$ . Les sources drainant le secteur de Rhar Amira - Aïn Zerga - Nazreg,

montrent des valeurs un peu plus grandes (Aïn Zerga:  $\alpha = 0,00244j-1$ , Ain Fakhroun :  $\alpha = 0,00255j-1$ ). La source d'Aïn Tifrit concerne un autre bassin hydrogéologique :  $\alpha = 0,005j-1$ .

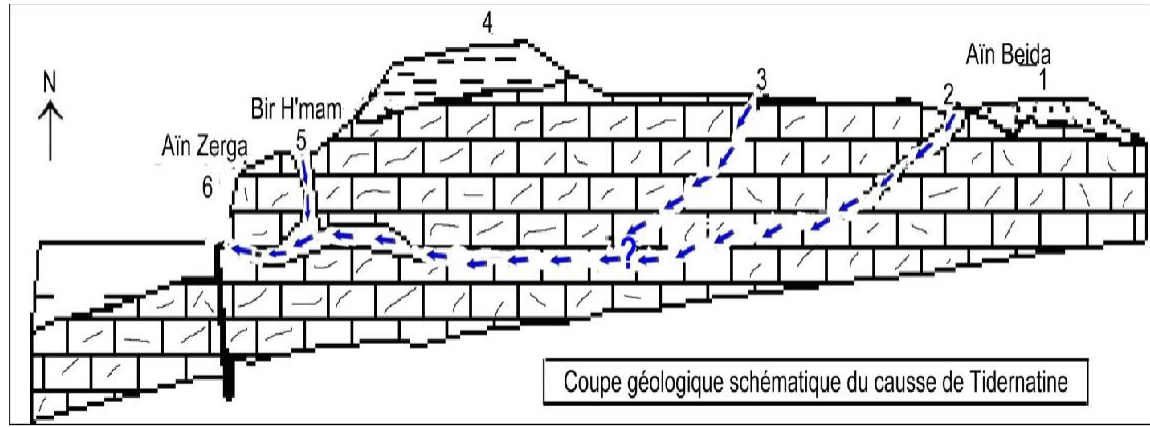


Fig24. Coupe synthétique du causse de Tidernatine (IFRI,1988)

Remarque : les hauteurs et les pentages ont été exagérés pour plus de lisibilité

1 : Dépôts néogènes continentaux comprenant quelques niveaux grossiers d'où jaillissent de petites sources comme Aïn Beida.

2 : Les écoulements de surface se concentrent parfois dans des « pertes » pénétrables (Rhar slouguia, Rhar O.Amira).

3 : Les argiles résiduelles masquent parfois le karst avec formation de poljés. Les exutoires sont souvent impénétrables (Rhar Eddick).

4 : Les couches peu perméables du Callovo-oxfordien recouvrent les calcaires et dolomies du Bajobathonien ; mais cela n'empêche pas la circulation des eaux souterraines.

5 : Quelques gouffres (Bir H'mam) constituent un regard sur les collecteurs souterrains.

6 : Plusieurs résurgences (Aïn Zerga) jaillissent là où une faille met en contact deux formations différentes (Callovo-oxfordien et Bajo-batathonien).

- Les sorties diffuses

Dans la nappe libre contenue dans les unités hydrogéologiques (2) et (3) et une partie de l'unité (1), les sorties diffuses sont de deux sortes :

- écoulement vers le réservoir captif non chiffré actuellement,



- diffusion dans les réservoirs tertiaires et quaternaires comme par exemple ceux d'Aïn ElHadjar et de Nazereg.

Dans la nappe captive, les sorties diffuses, apparemment faibles, sont très difficilement chiffrables. Il faut noter qu'une remontée de l'eau peut se faire à la faveur de certaines failles jusqu'à la surface (source du Poirier) ou alimenter l'Oued d'une manière diffuse (source de Nazereg).

#### Source thermale de Hamam Rabbi

C'est une source thermominérale dont l'eau est caractérisée par une température élevée (plus de 42°C). Les eaux thermales de Hamam Rabbi se trouvent à 11 km environ au nord de Saïda sur la nationale (RN6) Saïda-Mascara, aux coordonnées géographiques X= 270,00 ; Y=180,00 ;Z =705,00. Cette source émerge des marnes du Callovo-oxfordien à la faveur de profondes cassures qui révèlent le paysage probable d'une faille. La source jaillit à une altitude de 700 m d'environ ; en 1952 son débit était de 8 L/s jusqu'à la réalisation du complexe thermal, période après laquelle il a été estimé à 6 L/s. Ces pertes de débit se sont aggravées à tel point que la source ne débitait plus le 29 Juin 1990 qu'un filet d'eau de 0.3 L/s, suite à la réalisation de plusieurs puits dans les environs immédiats. Il s'agit d'une émergence chargée de minéraux, provenant d'une profondeur de plusieurs centaines de mètres. Au niveau du secteur des « Eaux Chaudes », la nappe du Lias butte contre les formations imperméables du Callovien - Oxfordien de la partie nord du fossé d'effondrement de Saïda, et remonterait en surface grâce à un jeu de faille, donnant ainsi naissance aux sources de Hammam Rabbi, Sidi Aïssa, Kerkeb, ...

#### La source de Hammam Rabbi

Est un apport de la nappe inférieure (aquifère dolomitique) vers la nappe supérieure libre. Ces circulations se font, comme on l'a vu ci-dessus, à la faveur de failles, jouant le rôle de drain suivant l'importance de leur rejet. D'autres sources jalonnent Rabbi.

## **8. Piézométrie : (fig. 25)**

Les travaux d'inventaire, réalisés durant le dernier trimestre 2012 se sont essentiellement axés sur les territoires des cartes topographiques au 1/50.000<sup>ème</sup> N°274 de Sidi Boubekour, N°275, N°304 de Saïda et de la carte N°305 d'El Hassasna couvrant tout le bassin versant de l'oued Saïda, s'étendant sur une largeur de près de 22 km et sur une longueur de plus de 45 km. Un

total de 173 points d'eau (puits, forages et sources) a été recensé. Les forages et les sources ont été renseignés à partir des informations recueillies auprès de la Direction des Ressources en Eau de Saida (ex DHW) et de l'Agence des Bassins Hydrographiques Oranie – Chott Chergui (ABH).

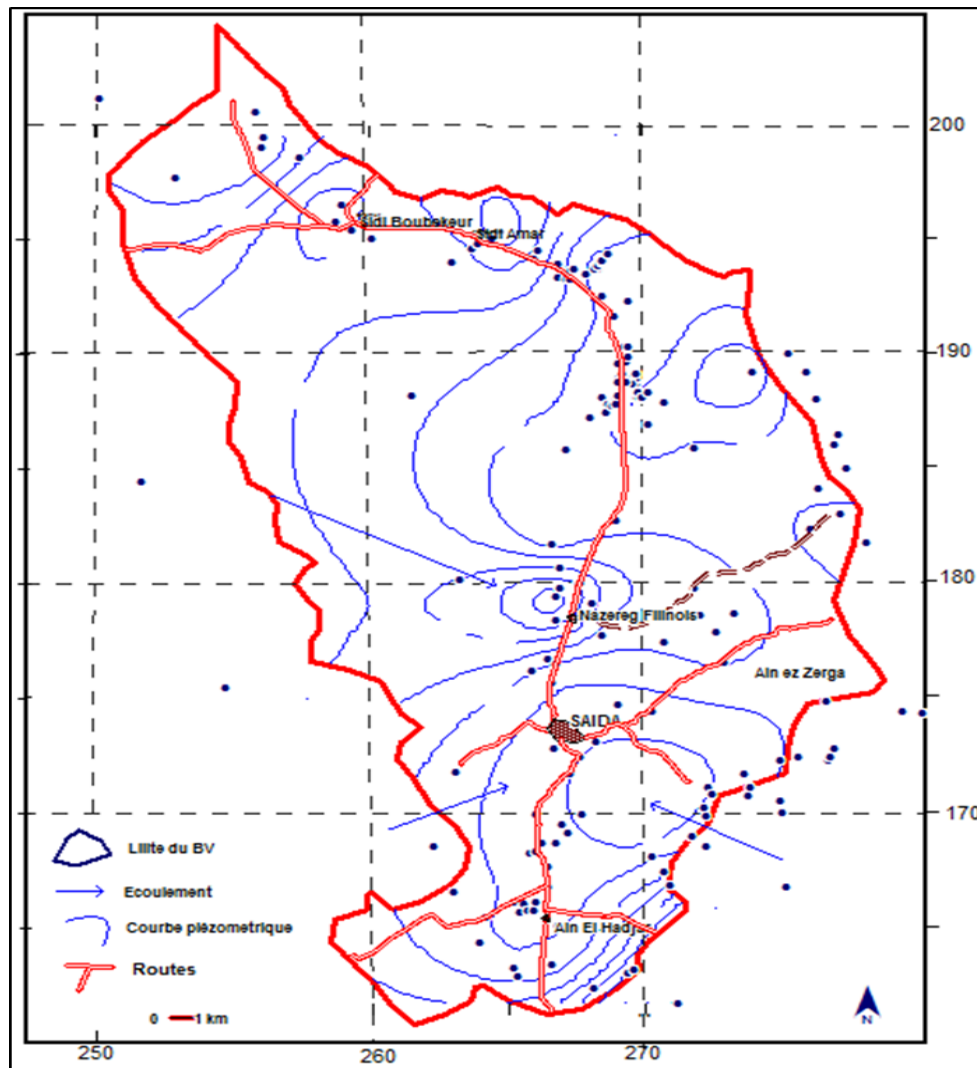


Fig25. Carte piézométrique (hautes eaux 2012) (In Mansour.H, 2012)

Le tracé des lignes de courant indique nettement une direction moyenne de l'écoulement vers l'Ouest et le Nord-Ouest (fig. 25). Elles convergent vers de nombreuses sources qui émergent aux contacts entre les dolomies et les argiles à la faveur de la faille du " vieux Saida " ou tout simplement à la base des dolomies qui affleurent à Saida.

Une zone charnière hydraulique apparaît entre Oum Djerane et Tifrit. Elle correspond à l'articulation centrale des différents bassins et des zones tectoniques du plateau. Cette zone apparaît en outre être le centre du plateau d'alimentation présentant une karstification importante, visible en surface. Cette région qui est vraisemblablement en communication rapide avec le reste du plateau constitue une des zones les plus vulnérables à toute pollution.

### **Conclusion :**

La région d'oued saïda est caractérisé par la présence de deux types des nappes une nappe superficielle localisée exclusivement dans la vallée de l'oued.

Plus importante et plus intéressante située dans les sédiments carbonatés du jurassique inférieure et moyen.

Cette nappe comportant une partie captive dans la vallée de saïda et une autre libre dans le reste du réservoir est très influencée par le phénomène de fissuration et de karstification.

# ***Chapitre IV : Hydrochimie***

## Introduction

Ce chapitre sur la synthèse de madame Fellah Nawel.

Toute étude hydrogéologique doit être complétée par une étude hydrochimie qui permet à fournir. De précieux renseignements, concernant l'aquifère, d'établir la relation géologie chimie et de déterminer des différents faciès chimiques des eaux.

Donc l'objectif de cette étude et de déterminer la qualité des eaux souterraines, ses capacités et son aptitude de la contamination de cette eau par des éléments lourds. Pour cela des cartes et des graphiques ont été élaborés dans ce chapitre afin d'interpréter les résultats des analyses Chimiques.

Notre étude hydro chimique est portée sur les échantillons prélevés aux niveaux des puits et des forages répartis sur toute la région. Les prélèvements ont été effectués au mois de novembre 2012, sauf quelques forages (fig. 26). L'analyse de ces échantillons a été faite au niveau de laboratoire de l'ANRH d'Oran.

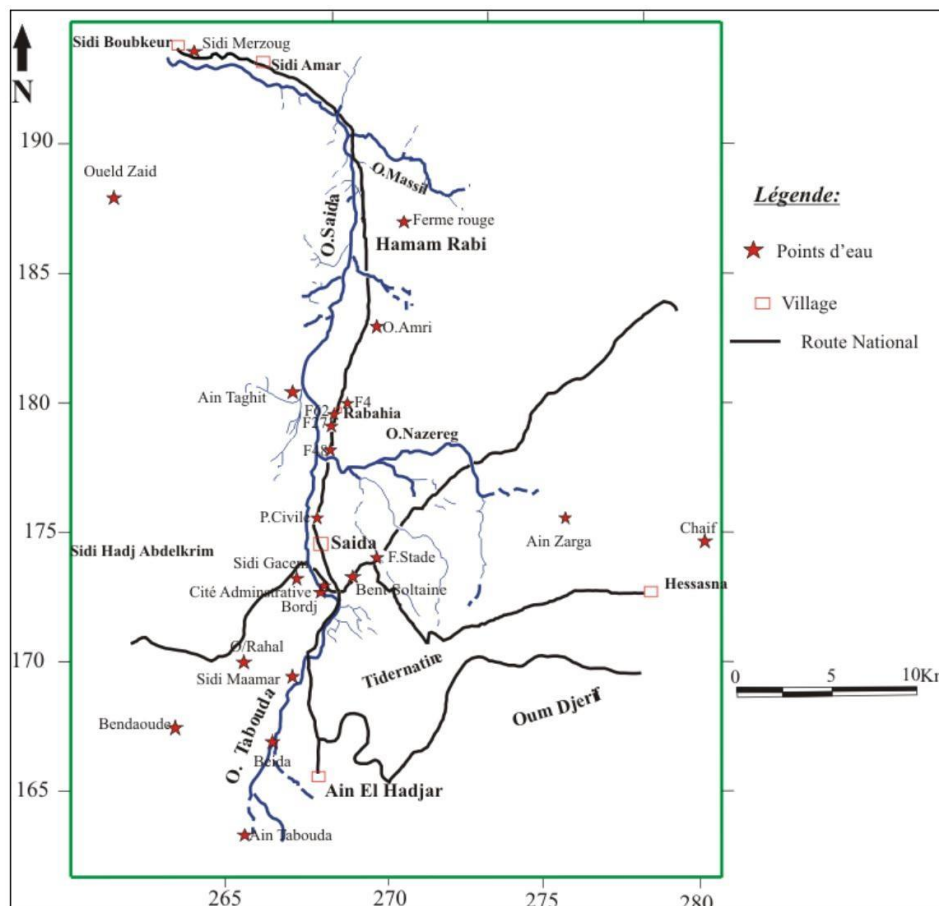


Fig26. Carte de localisation des points de prélèvements (Mekabret, 2013)

## **1. Analyses physico-chimiques:**

### **Paramètres physiques:**

Parmi les paramètres mesurés, on a :

La température : La température a été mesurée sur le terrain à l'aide du thermomètre, les températures des eaux sont comprises entre 15,8°C et 23,5°C.

### **Le PH :**

C'est le cologarithme de la concentration en ions H<sup>+</sup>, a été mesuré à l'aide d'un PH-mètre sur le terrain et au laboratoire.  $PH = \text{Log} (H_3O^+)$ , Le PH de l'eau représente son acidité ou son alcalinité, sa valeur est souvent liée à la minéralisation totale. Pour notre secteur d'étude, le pH varie de 7,1 et 8. Ces eaux sont neutres ou à peine basique.

### **La conductivité :**

La conductivité d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau prise entre d'eau électrodes métalliques de 1cm<sup>2</sup> de surface, distance de 1cm. La conductivité d'une eau mesurée en  $\mu$  siemens/cm ou le  $\mu$  mhos/cm augmente avec sa teneur en sels dissous. Elle permet donc l'estimation de la minéralisation.

## **2.Paramètres organoleptiques :**

### **La Couleur :**

La coloration d'une eau peut être soit d'origine naturelle (micro-organisme), soit associée à sa pollution.

D'après l'observation, nos échantillons ont été incolores.

## **L'Odeur :**

Toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matière organique décomposition. Nos échantillons sont inodores qui indiquent l'absence de pollution.

## **Représentation Graphique des éléments majeurs :**

Plusieurs méthodes de classification des eaux naturelles ont été proposées par divers auteurs. Dans le cadre de cette étude, seulement la classification de Piper, et la classification de Schoeller-Berkaloff ont été prises en considération.

## **Diagramme de Shoeller-Berkaloff : (fig. 27, 28).**

Le diagramme a été établi par H. SCHOELLER en 1932, et révisé par BERKALOFF en 1952, il est composé de sept échelles logarithmiques verticales correspondant aux principaux ions analysés dans l'eau.

Les diagrammes logarithmiques ont permis d'identifier les grandes familles chimiques qui sont mentionnées dans le tableau. (Tableau 16)

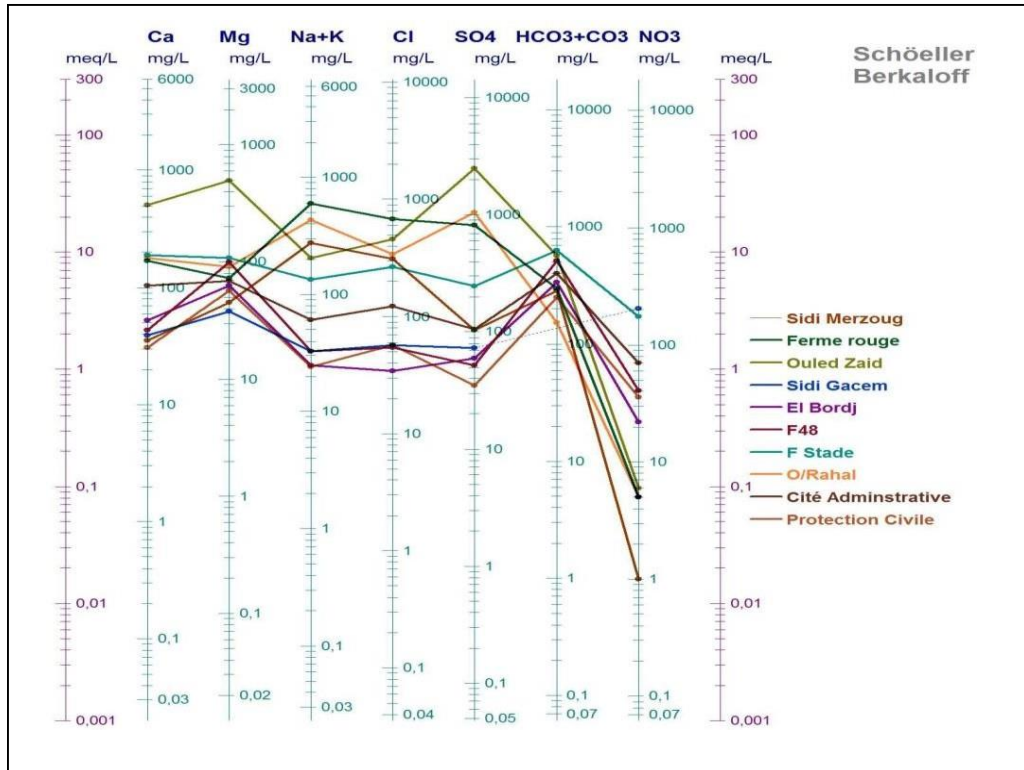


Fig 27. Diagramme de Schoeller Berkaloff pour 1ère compagne les eaux de Saida

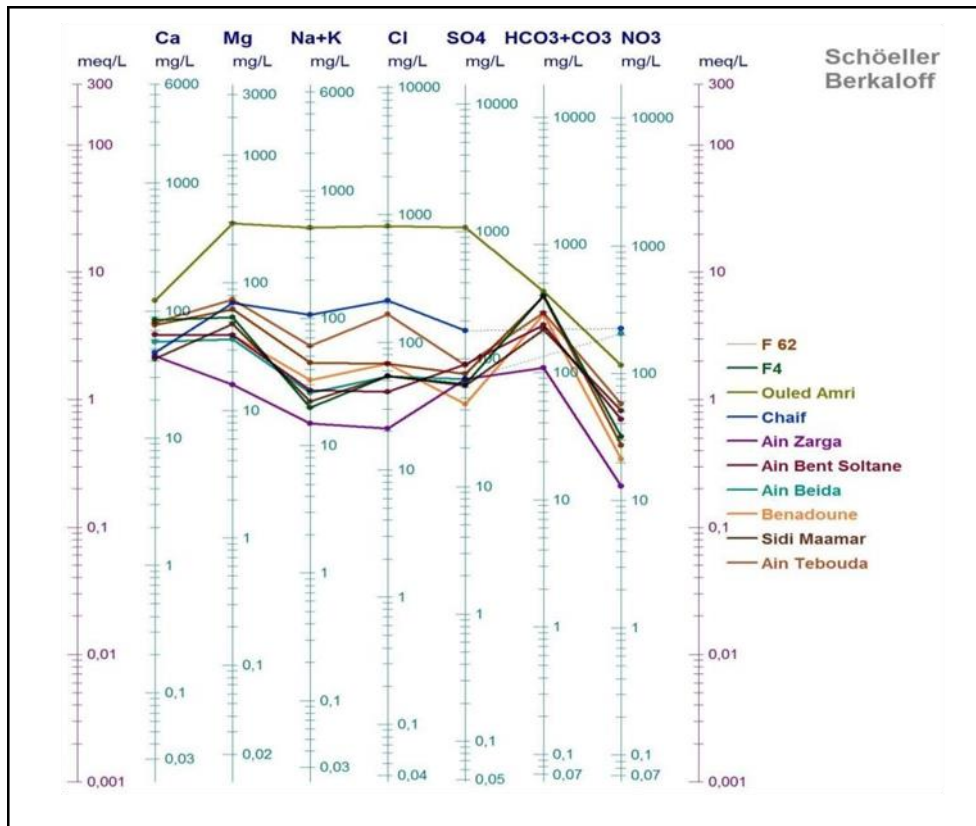


Fig28. Diagramme de Schoeller Berkaloff pour 2ème compagne les eaux de Saida



Tableau 16 :Résumé des formules caractéristiques et des faciès chimiques

Nom	Formule caractéristique	faciès chimique
Sidi Merzoug	r HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > r Cl <sup>-</sup> > r SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> > r NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> r Mg <sup>++</sup> > r Na <sup>+</sup> > r Ca <sup>++</sup> > r K <sup>+</sup>	Bicarbona té Magnésie nne
Ferme rouge	r Cl <sup>-</sup> > r SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> > r HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > r NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> r Na <sup>+</sup> > r Ca <sup>++</sup> > r Mg <sup>++</sup> > r K <sup>+</sup>	Chloruré sodique
Ouled Zaid	r SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> > r Cl <sup>-</sup> > r HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > r NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> r Na <sup>+</sup> > r Ca <sup>++</sup> > r Mg <sup>++</sup> > r K <sup>+</sup>	Sulfaté sodique
Sidi Gacem	r Cl <sup>-</sup> > r SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> > r HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > r NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> r Mg <sup>++</sup> > r Ca <sup>++</sup> > r Na <sup>+</sup> > r K <sup>+</sup>	Chloruré magnésien
El Bordj	r HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > r SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> > r Cl <sup>-</sup> > r NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> r Mg <sup>++</sup> > r Ca <sup>++</sup> > r Na <sup>+</sup> > r K <sup>+</sup>	Bicarbona té Magnésie nne
F48	r HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > r Cl <sup>-</sup> > r SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> > r NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> r Ca <sup>++</sup> > r Mg <sup>++</sup> > r Na <sup>+</sup> > r K <sup>+</sup>	Bicarbonaté calcique
F Stade	r HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > r Cl <sup>-</sup> > r SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> > r NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> r Ca <sup>++</sup> > r Mg <sup>++</sup> > r Na <sup>+</sup> > r K <sup>+</sup>	Bicarbonaté calcique
O/Rahal	r SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> > r Cl <sup>-</sup> > r HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > r NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> r Na <sup>+</sup> > r Ca <sup>++</sup> > r Mg <sup>++</sup> > r K <sup>+</sup>	Sulfaté sodique
Cité Administrative	r HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > r Cl <sup>-</sup> > r SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> > r NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> r Mg <sup>++</sup> > r Ca <sup>++</sup> > r Na <sup>+</sup> > r K <sup>+</sup>	Bicarbona té Magnésie nne
Protection Civile	r HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > r Cl <sup>-</sup> > r SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> > r NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> r Mg <sup>++</sup> > r Ca <sup>++</sup> > r Na <sup>+</sup> > r K <sup>+</sup>	Bicarbonaté Magnésienne
F 27	r HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > r Cl <sup>-</sup> > r SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> > r NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> r Mg <sup>++</sup> > r Ca <sup>++</sup> > r Na <sup>+</sup> > r K <sup>+</sup>	Bicarbonaté Magnésienne
F 62	r HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > r Cl <sup>-</sup> > r SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> > r NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> r Mg <sup>++</sup> > r Ca <sup>++</sup> > r Na <sup>+</sup> > r K <sup>+</sup>	Bicarbonaté Magnésienne
F4	r HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > r Cl <sup>-</sup> > r SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> > r NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> r Mg <sup>++</sup> > r Ca <sup>++</sup> > r Na <sup>+</sup> > r K <sup>+</sup>	Bicarbonaté Magnésienne
Ouled Amri	r HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > r Cl <sup>-</sup> > r SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> > r NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> r Mg <sup>++</sup> > r Na <sup>+</sup> > r Ca <sup>++</sup> > r K <sup>+</sup>	Bicarbonaté Magnésienne
Chaif	r HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > r Cl <sup>-</sup> > r SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> > r NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> r Mg <sup>++</sup> > r Na <sup>+</sup> > r Ca <sup>++</sup> > r K <sup>+</sup>	Bicarbonaté Magnésienne
Ain Zarga	r HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > r SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> > r Cl <sup>-</sup> > r NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> r Mg <sup>++</sup> > r Ca <sup>++</sup> > r Na <sup>+</sup> > r K <sup>+</sup>	Bicarbonaté Magnésienne
Ain Bent Soltane	r HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > r SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> > r Cl <sup>-</sup> > r NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> r Ca <sup>++</sup> > r Mg <sup>++</sup> > r Na <sup>+</sup> > r K <sup>+</sup>	Bicarbonaté calcique
Ain Beida	r Cl <sup>-</sup> > r SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> > r HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > r NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> r Ca <sup>++</sup> > r Mg <sup>++</sup> > r Na <sup>+</sup> > r K <sup>+</sup>	Chloruré calcique

Benadouane	$r \text{HCO}_3^- > r \text{Cl}^- > r \text{SO}_4^{--} > r \text{NO}_3^-$ $r \text{Ca}^{++} > r \text{Mg}^{++} > r \text{Na}^+ > r \text{K}^+$	Bicarbonaté calcique
Sidi Maamar	$r \text{HCO}_3^- > r \text{SO}_4^{--} > r \text{Cl}^- > r \text{NO}_3^-$ $r \text{Mg}^{++} > r \text{Ca}^{++} > r \text{Na}^+ > r \text{K}^+$	Bicarbonaté Magnésienne
Ain Tebouda	$r \text{HCO}_3^- > r \text{Cl}^- > r \text{SO}_4^{--} > r \text{NO}_3^-$ $r \text{Mg}^{++} > r \text{Na}^+ > r \text{Ca}^{++} > r \text{K}^+$	Bicarbonaté Magnésienne

### Diagramme de Piper: (fig. 29, 30)

La présentation des analyses chimiques des différentes campagnes sur ce type de diagramme. Le diagramme de Piper permet d'avoir une approche globale de la composition chimique des eaux souterraines.

Pour les deux campagnes présentent deux familles dominantes qui sont :

- Bicarbonatée Magnésienne.
- Bicarbonatés Calcique.

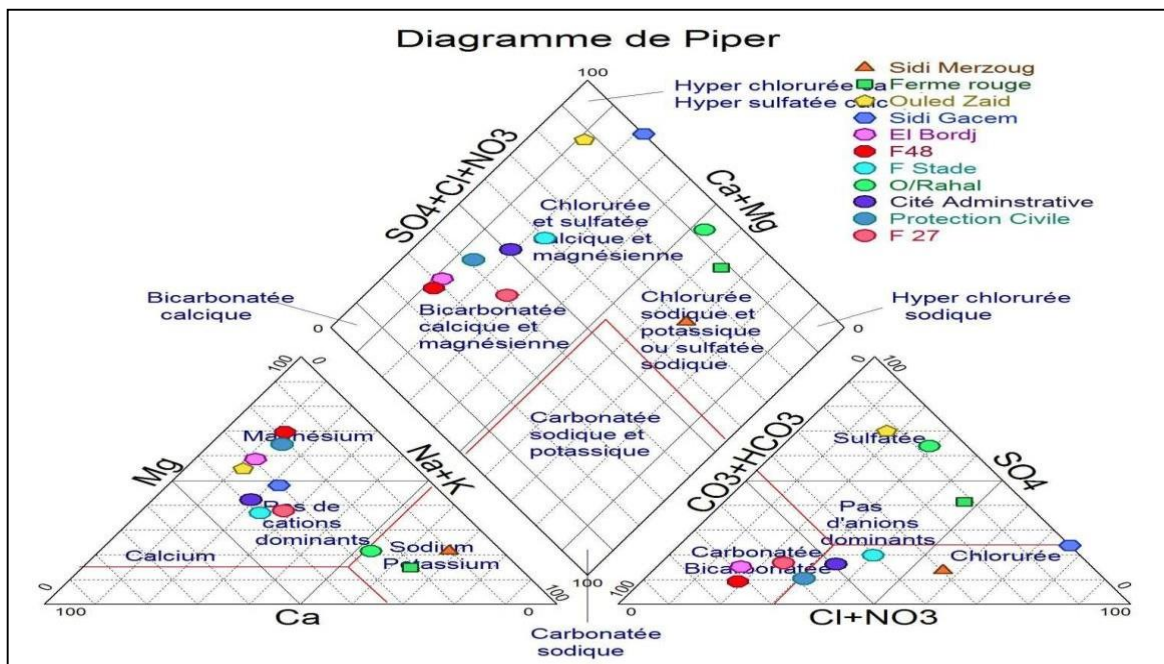


Fig 29. Diagramme de Piper pour la 1ère campagne des eaux de Saida

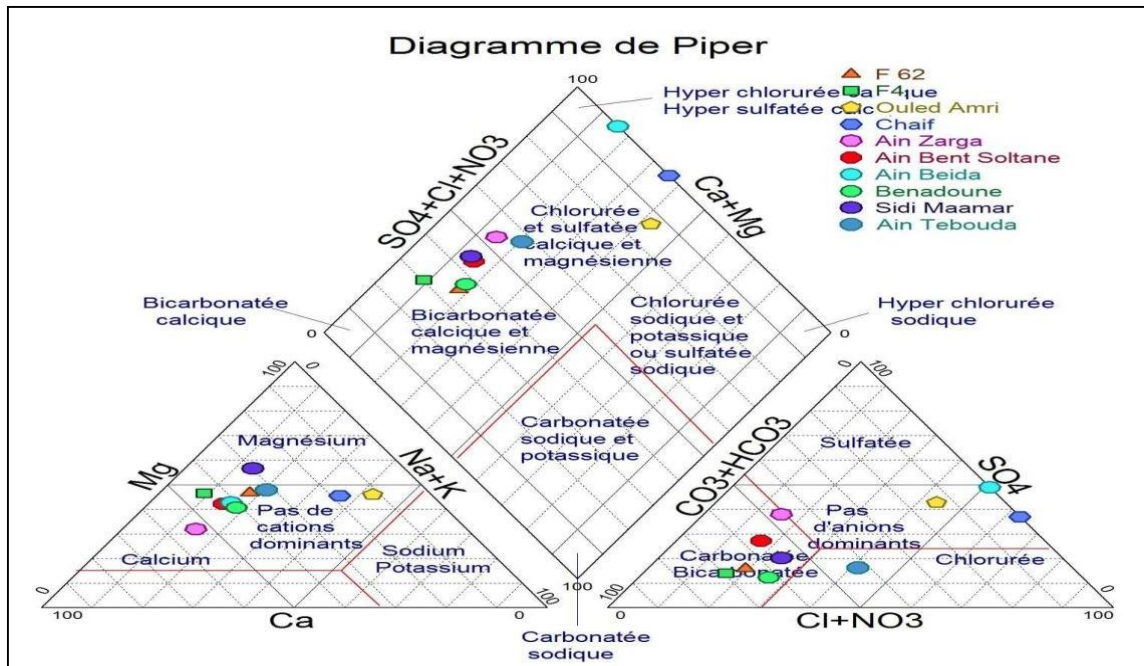


Fig30. Diagramme de Piper pour la 2ème campagne des eaux de Saida

### Balance ionique (pourcentage d'erreur des analyses d'eaux) :

- 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.

Les résultats obtenus sont donnés dans le tableau.

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

### 3. Qualité chimique de l'eau souterraine

#### Norme de potabilité :

L'organisation mondiale de la santé (O.M.S) a défini pour les eaux destinées à la consommation humaine, un ensemble des normes, on examine la qualité chimique des eaux prélevées en comparant ces dernières aux normes internationales retenues par l'O.M.S. Pour les eaux de consommation, les normes algériennes indiquent comme bonne qualité une eau dont la dureté est entre 20 °F et 50 °F. (NA752 Séminaire sur la qualité de l'eau, 1996).

## Qualité des eaux d'irrigation :

Les eaux superficielles et souterraines peuvent être utilisées aussi bien pour l'irrigation que pour l'alimentation en eau potable (AEP) ou l'industrie.

Pour l'irrigation, en raison de l'effet de leurs éléments minéraux sur les végétaux, on devra tenir compte de ce que l'on dénomme le taux d'absorption du sodium par le sol que l'on appelle S.A.R (Risque d'alcalinisation et de salinisation).

Avec :

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

Si le :

S.A.R < 10 : eaux excellentes.  $10 \leq S.A.R \leq 18$  : eaux bonnes.

$18 \leq S.A.R \leq 26$  : eaux convenables.

S.A.R > 26 : eaux médiocres.

Le tableau 20 englobe les résultats de SAR pour notre secteur d'étude, où nous remarquons que la plupart des forages présente une qualité d'eau d'irrigation bonne à excellente.

Tableau 17 : Classification de qualité des eaux en fonction des valeurs du S.A.R

Points d'eau	% Na+	S.A.R	Qualité d'eau
Sidi Merzoug	77,40	41,11	Médiocre
Ferme rouge	71,40	52,84	Médiocre
Ouled Zaid	16,95	8,59	Excellente
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
C. Administrative	26,07	6,23	Excellente
P. Civile	21,43	3,47	Excellente
F 27	35,94	8,54	Excellente
F 62	24,32	5,26	Excellente
F4	12,59	2,28	Excellente
Ouled Amri	55,38	35,26	Médiocre
Chaif	47,53	13,6	Bonne
Ain Zarga	20	2,19	Excellente
Ain Bent Soltane	20,61	3,46	Excellente
Ain Beida	21,85	3,67	Excellente
Benadoune	24,09	4,44	Excellente
Sidi Maamar	19,64	3,13	Excellente
Ain Tebouda	28,24	6,56	Excellente

## Interprétation de la carte d'isoteneur de nitrates :

La teneur en nitrate varie moins 10mg/l et plus de 50mg/l. Les courbes d'isoteneur se condensent et deviennent concentriques au sud de bassin.

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

La carte d'isoteneur en nitrate montre que la valeur maximale est atteinte au point d'Ain Beida avec plus de 50 mg/l, et moins de 10 mg/l, de puits Sidi Merzoug. L'évolution de ses teneurs de fait du Nord-coréen Ouest vers Sud-est

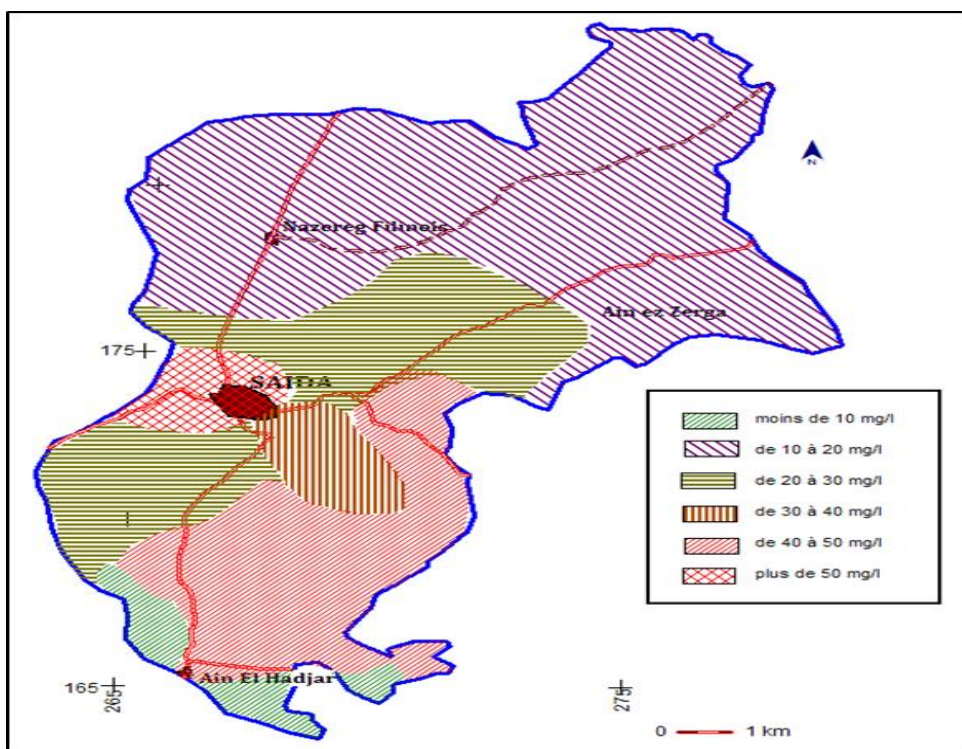


Fig31. Carte d'isoteneur en nitrate (In Mansour.H, 2012)

## Conclusion :

Les résultats obtenus d'après l'étude hydro chimique des eaux de la région de Saïda montrent que :

- Pour notre secteur d'étude ces eaux sont neutres ou à peine basique. Avec un ph moyen.
- Un faciès prédominant : les faciès bicarbonatés magnésienne, bicarbonatés calcique.

L'étude des cartes d'isoteneur des éléments chimiques nous permet à préciser la répartition quantitative des diverses éléments dissous et de suivre leur évolution dans l'espace.

Selon SAR, montre que la totalité des eaux sont bonne et acceptable pour l'irrigation.

# ***CONCLUSION GENERALE***

## Conclusion générale :

Le bassin versant de l'oued Saïda fait partie des bassins méditerranéens nord-ouest de l'Algérie. Il s'occupe la partie sud-est de la Macta avec une superficie de 543 km<sup>2</sup> pour un périmètre de 131 km. Sa structure est celle d'une vallée entaillée Sud-Nord.

D'après l'étude morphométrique ce bassin versant de l'oued Saïda est de forme modérément allongée, caractérisé par un relief assez fort.

Le climat du bassin versant de l'oued Saïda est de type semi-aride. Chaud et sec en été et froid en hiver.

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) localisés essentiellement en rive droite de l'Oued Saïda. Ces faciès favorisent l'infiltration due à leur forte karstification.
- Des argiles, des marnes, des grès calcaires et des calcaires attribués au Dogger Malm (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. Ces faciès auront un comportement différent des dolomies et calcaires et seront plus sensibles aux phénomènes d'érosion et de transport en suspension.

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

D'un côté hydrogéologique, il existe deux types de nappes: dans la région des monts de Saïda, une superficielle basée dans la vallée de l'oued Saïda, et une autre captive la plus importante située dans les sédiments carbonatés du jurassique inférieur et moyen (formation des carbonates Nador: l'Aaléno - Bathonien). Cette nappe contient une partie captive dans la vallée de Saïda et une autre libre dans le reste du réservoir est très influencée par le phénomène de fissuration et de karstification.

La partie de l'étude hydro chimique détermine que les faciès prédominants de cette région sont bicarbonate calcique ainsi que les eaux sont de très bonne qualité pour l'irrigation.

***REFERENCES***  
***BIBLIOGRAPHIQUES***



## Références :

1. **Bencherki A, (2008) :** stratigraphies Structure générale du bassin versant de l'oued saïda.
2. **Bakalowicz M. (2005)** Karst groundwater: a challenge for new resources
3. **Clair A, (1952) :** Etude hydrogéologique des monts de Saïda. Rapport de synthèse, Agence Nationale des Ressources en Eau, Alger.
4. **Djidi K, (2015) :** Contribution à l'étude De l'aquifère karstique De Saïda
5. **Decamps P, (1973) :** Étude hydrogéologique de la région de Saïda Tagrémaret, État des connaissances et des études en cours. Rapport S.E. S. Saïda
6. **DPAT Saïda, (2008) :** localisation de la wilaya de Saïda
7. **Elmi et Benest, (1978) :** stratigraphies et fissuration
8. **Fallah Nawel, (2018) :** contribution à l'étude hydrogéologique du bassin versant de l'oued Saïda.
9. **Mangin. A. (1975) :** Contribution à l'étude hydrodynamique des aquifères karstiques. 3ème partie. Constitution et fonctionnement des aquifères karstiques, Annales de Spéléologie, 30 (1) 21-124.
10. **Ladj K, (1994) :** Etat de ressource en eau de la région de Saïda et perspective l'avenir.
11. **Mekabret Imane, (2013) :** contribution à l'étude hydrogéologie de bassin versant d'oued Saïda.
12. **Monsour H, (2012) :** réseaux hydrographique et succession géologique et géologie du bassin versant de l'oued Saïda Ressource en eau souterraine.
13. **Pitaud G, (1973) :** Étude hydrogéologique pour mise en valeur de la vallée de Saïda, Étude hydrogéologique (Document ANRH)
14. - **Pitaud G, (1973) :** Etude hydrogéologique pour la mise en valeur de la vallée d'Oued Saïda. Rapport de synthèse. (ANRH d'Alger).
15. **Technoese porstroy S, (1973) :** Étude de la mise en valeur de la vallée, Étude hydrogéologique (Document ANR)