الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Ibn Khaldoun –Tiaret-

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Domaine : "Sciences de la Terre et de l'Univers"

Filière : "Géologie"

Spécialité : "Hydrogéologie et Environnement"

Thème :

Approche Hydrogéologique Hydrochimique des eaux souterraines dans une zone semi aride: Cas de la nappe de SAIDA

Présentés et soutenues publiquement par :**1- M^lle^. Abbas Yamina**

2- M^lle^. Brahim Amel

3- M^lle^. Oguiba Malika

JURY:

-Président : M. AMEUR M. Maitre Assistant A

-Promoteur : M. MOUCHARA N. Maitre Assistant A

-Co-Promoteur : M. AIDOUNI A. Maitre Assistant A

-Examinateur : M. SABOUA T. Maitre Assistant A

Année universitaire : 2017 -2018

Dédicaces

Je remercie mon Dieu le tous et le puissant.

Je dédie ce modeste travail :

A ma chèremère source de tendresse.

A mon cher père source de sacrifice.

Mes remerciements les plus chaleureux vont à mes chers parents qui m'ont soutenue durant mes études, pour leur présence à côté de moi tout le temps et particulièrement pour leur attention.

A mes chers frères : Mohamed, Ben Hattab, Djilali, Mourad, Hafid.

A mes belles sœurs : Naima, Fella, Hafsa, Chahinez.

A mes chères amies : Soumia, Souàd, Hanane, Djamila, Wafae,

Om Djilali.

Et à amie(e)s.

Je tient à remercier mes binômes Brahim Amel et Oguiba Malika pour les échanges, cette année nous a permis de construire une forte amitié, pour le soutien mutuel que nous avons pu m'apporter dans ce travail d'équipe, sans qui le mémoire n'aurait pu prendre cet aspect.

Yamina

Dédicaces

Je remercie mon Dieu le tous et le puissant.

Je dédie ce modeste travail :

A ma chère mère source de tendresse.

A mon cher père source de sacrifice.

Mes remerciements les plus chaleureux vont à mes chers parents qui m'ont soutenue durant mes études, pour leur présence à côté de moi tout le temps et particulièrement pour leur attention.

A mon cher frère : Abdelkrim.

A mes belles sœurs : Rahma, Zahia, Hadjer, Amina.

A mes chères amies : Noria, Soumia, Nadjet, Djamila

Et à amie(e)s.

Je tient à remercier mes binômes Abbas Yamina et Oguiba Malika pour les échanges, cette année nous a permis de construire une forte amitié, pour le soutien mutuel que nous avons pu m'apporter dans ce travail d'équipe, sans qui le mémoire n'aurait pu prendre cet aspect.

Amel

Dédicaces

Je remercie mon Dieu le tous et le puissant.

Je dédie ce modeste travail :

A ma chère mère source de tendresse.

A mon cher père source de sacrifice.

Mes remerciements les plus chaleureux vont à mes chers parents qui m'ont soutenue durant mes études, pour leur présence à côté de moi tout le temps et particulièrement pour leur attention.

A mes chers frères : Tayeb, Mohamed, Fathi, Larbi.

A mes belles sœurs : Dhiba, Mimona, Fatima.

A mes chères amies : Djamila, Djihad, Amel, Kholoud, Naima.

Et à amie(e)s.

Je tient à remercier mes binômes Abbas Yamina et Brahim Amel pour les échanges, cette année nous a permis de construire une forte amitié, pour le soutien mutuel que nous avons pu m'apporter dans ce travail d'équipe, sans qui le mémoire n'aurait pu prendre cet aspect.

Malika

Remerciements

Nous remercions avant tous, **ALLAH** qui nous a montrées le chemin du savoir et nous a inspirée le courage et la volonté d'achever ce modeste travail et notre premier éducateur notre prophète **MOHAMED** que la salut soit sur lui.

Nous tenons à exprimer notre profond respect à notre promoteur Monsieur **MOUCHARA NABIL** pour avoir accepté de nous encadrer et nous soutenir tout au long de ce travail par: ses conseils, ses orientations, surtout pour sa gentillesse et sa disponibilité.

Nos remerciements s'adressent aussi aux personnels de l'A.N.R.H SAIDA pour leurs aides .

Nous adressons aussi nos sincères remerciements à Mr Aziz et Mr Meskine de la DRE Saida pour leurs aides .

Nous remercions également toute l'équipe de laboratoire centrale de l'unité ADE de Saida .

Ainsi qu'aux membres de jury qui nous ferons l'honneur de juger et examiner ce travail .

Nous adressons aussi notre sincères remerciements à l'ensemble des enseignants du département Sciences de la Terre et de l'Univers qui ont contribué à notre formation .

Merci infiniment à nos familles et tous les amis et collègues grâce aux quels nous avons pu atteindre ce niveau de connaissances .

Pour vous tous **MERCI.**

Sommaire

Approche hydrogéologique hydrochimique des eaux souterraines dans une zone semi aride: Cas de la nappe de SAIDA

Sommaire

Introduction général…………………..……………………………………….……..02

Chapitre 01

Cadre physique et géologique

- Introduction…………………………….……………………………..……04

I. Cadre physique

1) Situation géographique de la zone d'étude …………………………..…04
2) L'agriculture …………………………………………….………….....…05
3) Les réseaux hydrographiques……………………..…………….….05
4) Les forets ………………………………………………………..…07
5) Relief ……………………………………………….………....…07

II. Cadre géologique

1) Stratigraphe……………………………….…………………..……10
- Paléozoïque……………………….…………………….………....10
- Mésozoïque………………………………………………...……..10

Trias……………………………………………………….………10

Le jurassique……………………………….……………..………..10

Le Jurassique inférieur et moyen………………………………...……...11

- Callovo-oxfordien et lusitanien……………………………….…..…..11
- Le kimméridgien…………………….…………………………..11
- Plio-quaternaire………………………………………………..……12

2) Tectonique………………………………………………...……..13
- Conclusion ……………………………………………….……….….…15

Chapitre 2

Hydro climatologie

- Introduction :……………… ………………………………………..… …..…17

I. Les facteurs climatiques……………………………..………………17

1) précipitation ………………………….…….………..………17

- précipitation mensuelles …………………………………………17

- régimes saisonniers des précipitations……………………………………19

- précipitation moyenne interannuelles et coefficient pluviométrique(Cp)...19

2) Les Températures…………………………...……..…………21

3- classification du climat de la région d'étude …………………………...22

1) Diagramme ombrothermique de GAUSSEN……………….……....22
2) Détermination de L'humidité du sol (méthode d'Euverte)…………. …23
3) L'indice de l'aridité DE MARTONNE……………..….….…………23
4) Le diagramme d'Emberger………………………...…..…………..25

4- bilanhydrique ……………………………………….………….……..26

1) Etude d'évapotranspiration ……27
a)- Estimation de l'évapotranspirationpotentielle(ETP)…….. …..28
- formule de Thornthwaite (bilan d'eau……..……28
-évapotranspiration réelle(ETR)……...…….…..28
* formule du Turc ……..……..28
b)- Estimation de ruissellement……..…….…28
* méthode de Tixeront et Berkaloff…….……..…….29
c) Estimation de l'infiltration…….……..……..29
-Interprétation du bilan hydrique……..…..……31
Conclusion…….……..……..……31

Chapitre 03

Hydrogéologie

Introduction……...……..……33
1-Reservoir potentiels ……..……33
2-Les ressources de l'eau souterraine……..……35
2-A-Source Ain El Baida…….……35
2-B-Source Sidi Maamar…….…….……35
2-C-Source vieux Saida……35
3-Description des aquifères…….……38
3-1-Aquifére du jurassique inférieur……...……38
3-2-Aquifére du Bajo-Bathonien……..……..……38
3-3-Aquifére du Callovo-oxfordien ……...…….39
3-4-Aquifére du Lusitanien……..……39
3-5-Aquifére du kimméridgiens……..…….…39
3-6-Aquifére du Crétacé…….……..…39
3-6-a-Aquifère du barrémien…….…….……39
3-6-b- Aquifère du sénonien ……..……39
3-7-Aquifére du tertiaire et du plio-quaternaire……...……40
3-7-a- Aquifère du tertiaire continental……...……40
3-7-b-Aquifère du plio-quaternaire……..……40
4-Principale des nappes……...……42
A-Nappe Superficiel…….42
B-Nappe Karstique……..……..…42
Conclusion…….……..……43

Chapitre 04
Hydrochimie

Introduction……45
4-1 L'objectif de travail ……45
4-2-Mode echantillonage……46
4-3-Transport et conversation au laboratoire pour les analyses……47
4-3-1-les paramétres physiques……47
4-3-2-les éléments majeurs……47
4-3-3-les éléments de pollution……47
4-2 Protocole expérimental ……48
4-6-Resultats et discussion……52
4-6-1 Discussion des paramètres physiques……52
-Température ……52
-pH……53
-conductivité électrique……53
-Turbidité……54
-Salinité……54
-Calcium……55
-Magnésium……56
-Bicarbonate (HCO^-_3)……56
-Chlorures (Cl^-)……57
-Sulfates (SO_4^-)……57
-TDS……58
-Matières organiques……58
-TH……59
-L'azote Ammoniacal (NH^+_4)……60
-Nitrates (NO^-_3)……60
-PO_4^{-3}……61
-Nitrite (NO_2^-)……62
4-7-Détermination des faciès chimiques des eaux des points de prélèvement…62
4-8-L'aptitude des eaux de Saida à l'irrigation ……64
1-Risque salinité……64
2-Evalution temporelle de la salinité……64
3-Risque de sodicidité……66
4-9- Diagramme de Richards……66
-Conclusion ……69
Conclusion générale……71

Liste des figures

Approche hydrogéologique hydrochimique des eaux souterraines dans une zone semi aride: Cas de la nappe de SAIDA

Liste des figures

N° Page

Figure№ 01 : La carte situation géographique de la région de Saida(TH.DAHMANI.M.2016).. **4**

Figure № 02 : La carte de réseau hydrographique de la région de Saida(BOUDIA _BOUAMEU (2016/2017)…….. **5**

Figure № 03 : Localisation de la région d'étude(image LANDSAT,prise en 2012)**(DAHMANI M ,2016)**…… **6**

Figure№ 04 : Carte de la répartition des forets dans la région de Saida (**labani 2005)** …… **7**

Figure № 05 : Modèle numérique du terrain(M.N.T) du bassin versant de l'oued Saida(**DAHMANI M.,2016)**…… **8**

Figure № 06 : La carte géologie du bassin versant de Saida(**DAHMANI M .2016)** …… **9**

Figure № 07 : Log stratigraphie de la région de Saida**(DJIDI.K.2005)**…… **12**

Figure№ 08 : Lithologie et tectonique de la région de Saida**(DJIDI.K.2005)**…… **14**

Figure № 09 : Coupe géologique N-S et E-W de la région de Saida**(pitaud ,1973)(DJIDI K .2005)**…….. **15**

Figure № 10 : Histogrammes de précipitations moyennes mensuelles(mm)de la station de Saida**(1992-2017)**…… **18**

Figure № 11 : Variation moyenne de la température mensuelle de période (1992-2017)de la Station de Saida…… **21**

Figure № 12: Courbe ombrothermique selon Gaussen de Saida (1992-2017) …… **22**

Figure № 13 : L''abague de l'indice d'aridité de MARTONE de la station de Saida (1992-2017) …… **24**

Figure № 14 : Climagramme d'EMBERGER de station de Saida (1992-2017)…… **26**

Figure № 15 : La carte hydrogéologie interprétative de la région de Saida (A.N.R.H 2008)…… **34**

Figure № 16 : Position géographique des points d'eau analysés (campagnes 1992_2010)**(DJIDI K .2005)**…… **38**

Figure № 17 : Coupe des caractéristiques hydrogéologique de la région de Saida(**D'après clai ,(1952)et(Pitaud,(1973).....** **41**

Figure№18 : Carte du localisation des points de prélévelment de la zone d'étude…… **46**

Figure№19: Schéma du protocole exprémental…… **48**

Figure№ 20 : Histogramme des résultats température en (c°) des points de prélèvement…… **52**

Figure№ 21 : Histogramme des résultats pH en des points de prélèvement…… **53**

Figure№ 22 : Histogramme des résultats CE (µs/cm) des points de prélèvement…… **53**

Figure№ 23 : Histogramme des résultats turbidité en (NTU) des points de prélèvement…… **54**

Figure№ 24 : Histogramme des résultats salinité en (g/l) des points de prélèvement…… **54**

Figure№ 25 : Histogramme des résultats Ca^{2+} (mg/l) des points de prélèvement…… **55**

Figure№ 26: Histogramme des résultats Mg^{2+} (mg/l) des points de prélèvement…… **56**

Figure№ 27 : Histogramme des résultats HCO^{-}_{3}(mg/l) des points de prélèvement…… **56**

Figure№ 28: Histogramme des résultats Cl^{-}(mg/l) des points de prélèvement…… **57**

Figure№ 29 : Histogramme des résultats SO^{-2}_{4}(mg/l) des points de prélèvement…… **57**

Figure №30 : Histogramme des résultats TDS (mg/l) des points de prélèvement…… **58**

Figure№ 31: Histogramme des résultats MO (mg/l) des points de prélèvement……. **58**

Figure №32 : Histogramme des résultats TH (mg/l) des points de prélèvement…… **59**

Figure№ 33 : Histogramme des résultats NH^{+}_{4} (mg/l) des points de prélèvement …….. **60**

Figure№ 34 : Histogramme des résultats NO^{-}_{3} (mg/l) des points de prélèvement…..... **60**

Figure№ 35 : Histogramme des résultats PO_{4}^{-3} (mg/l) des points de prélèvement…… **61**

Figure№ 36 : Histogramme des résultats NO^{-}_{2} (mg/l) des points de prélèvement..... **62**

Figure№ 37 : Diagramme de piper des points de prélèvement de la région de Saida 2017…… **63**

Figure№ 38 : Classification des eaux de la nappe de saida de l'année 2017 dans le diagramm wilcox ……..…… **65**

Figure№ 39 : Classification des eaux de la nappe de Saida dans le diagramme de Richards….. **68**

Liste des tableaux

Approche hydrogéologique hydrochimique des eaux souterraines dans une zone semi aride: Cas de la nappe de SAIDA

Liste des tableaux

N° Page

Tableau № 01 : Caractéristiques météorologique de station de Saida …… **17**

Tableau № 02 : La précipitation moyenne mensuelle de la station de Saida …… **17**
(1992-2017)

Tableau № 03: Régimes saisonnière des précipitations de station Saida …… **19**

Tableau№ 04 : Le coefficient pluviométrie de station Saida (1992-2017)…… **20**

Tableau *№ 05* : Température moyenne mensuelles de Saida (1992-2017)…… **21**

Tableau *№ 06:* Montre les valeurs de rapport P/T (Saida, 1992-2017)…… **23**

Tableau *№ 07 :* Les valeurs de rapport P/T (1992-2017) station de Saida…… **23**

Tableau *№ 08 :* Comparaison entre les deux méthodes de calcul « ETR »…… **28**

Tableau № 09 : Estimation de ruissellement selon les formules de Tixeron-Berkaloff dans la station de Saida (1992-2017)…… **29**

Tableau № 10 : Les valeurs de l'infiltration efficace (1) en mm pour Saida (1992-2017)…… **30**

Tableau № 11 : Bilan hydrique de la station de Saida C-W Thornthwaite…… **30**

Tableau № 12 : Localisation des ressources de la région de Saida…… **35**

Tableau № 13 : Liste des ressources de la région Saida…… **36**

Tableau № 14 : Les forages exploitent de la région de Saida …… **37**

Tableau № 15 : Parametres de qualité de l'eau du consomation humaine avec valeur limites… **50**

Tableau № 16 : Parametres de qualité de l'eau du consomation humaine avec valeur inducativ **51**

Tableau № 17 : Classe de salinité selon Richards (Fabry) …….. **64**

Tableau № 18 : Classification des eaux par degrés d'aptitude à l'irrigation(méthode de SAR).. **67**

Liste Des Abréviations

A.N.R.H : Agence **N**ationale des **R**essources **H**ydrique

A.B.H : **A**gence des **B**assin **H**ydrographie

A.D.E : **A**lgérienne **D**es **E**aux

C° : Degré Celsius

Ca^{+2}: Calcium

CE : Conductivité électrique

Cl^{-} : Chlorure

CMA : Concentration Maximal Admissible

D.R.E : Direction des **R**essources en **E**au

F° : Degrés Français.

K^{+} :poustaiume

M.E.S : **M**atières **E**n **S**uspension

Mg/l : Milligramme par litre.

Mg^{+2} : Magnésium

MO : Matière Organique

NA : Norme algériennes

NO_3 : **N**itrates

NO_2 : **N**itrites

N.T.U : **N**éphélométrie **T**urbidité **U**nit

O.M.S : **O**rganisation **M**ondial de la **S**ante

PH : Potentiel d'Hydrogène.

T° : Température.

T.A : **T**itre **A**lcalin

T.A.C : **T**itre **A**lcalin **C**omplet

T.H : **T**itre **H**ydrométrique

TDS : Taux des Substances Dissous

µs/cm : Micro Siemens par Centimètre.

SO_4^{-2} : Sulfates.

PO_4^{-3} : phosphates.

NO_3^- : Nitrates.

Introduction générale

Approche Hydrogéologique et Hydrochimique dans une zone Semi-aride : Cas de la nappe de Saida

INTRODUCTION

La région de Saida occupe une position central dans l'ouest de l'Algérie. Couvre une superficie de 6631km^3.Administrativement, elle est limitée au Nord par la wilaya de Mascara, le Sud d'El Bayadh, l'Ouestle Sidi Bel Abbés, l'Est Tiaret.

Les ressources en eaux de surface et souterraines sont l'une des richesses capitales du pays.

Les pénuries d'eau, ont été plus souvent associées à certains phénomènes naturels (désertification, changement climatique) qu'a des erreurs humains comme souligne un expert (il existe aujourd'hui une crise de l'eau n'est pas due à son insuffisance a satisfaire nos besoins, elle résulté plutôt d'une si mauvaise gestion de cette ressources que des milliards de personne et l'environnement-ou souffrent grandement) **(J-Burton, 2001 in S.AFFOUN, 2006)**

Les problématiques que nous allons aborder concerne plus particulièrement la compréhension du système aquifère de cette région, elle s'articule sur :

-L'évaluation de la qualité physico-chimique des eaux souterrains de la nappes de Saida et les comparer avec les normes algériennes de potabilité et mettre une corrélation entre le faciès chimique dominant des eaux souterraines et les formations géologiques caractérisant la zone d'étude.

-Le but visé dans cette étude est l'actualisation de l'étude hydrogéologique et hydro chimique de la nappe de Saida qui est basé essentiellement sur une étude physico-chimique de quelque points d'eau de la région.

-L'alimentation d'eau potable de la ville de Saida provenant de ces points de prélèvement, ou a accentué notre intervention sur le volet physico-chimique et bactériologique pour vérifier leur potabilité.

Le travail est structuré en quatre chapitres à savoir :

-1^{ére} chapitre : cadre physique et géologique : donne un aperçu sur la géologie de la région.

-2^{éme} chapitre : Hydro climatologie : caractérisant le climat de la région d'étude.

-3^{éme} chapitre : Hydrogéologie : donne les ressources et le substrat, les différents aquifères au niveau de la nappe de Saida.

-4^{éme} chapitre : Hydro chimie :Evaluer la qualité des eaux des points de prélèvement et les comparer avec les normes algériennes de potabilité et vérifier l'aptitude de ces eaux d'être utiliser en secteur agricole.

Chapitre 1 :

Cadre physique et géologique

Approche Hydrogéologie et Hydrochimie dans une zone Semi-aride : Cas de la nappe de Saida

Introduction :

Dans ce chapitre comporte deux parties :la première englobe une étude géographique à travers la présentation de la région de Saïda .La deuxième partie : la géologie de la région d'étude .

I.CADRE PHYSIQUE

I.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA ZONE D'ETUDE:

La wilaya de Saida occupe une position centrale dans l'Ouest de l'Algérie, elle est limitée(Fig. 1) :

.Au Nord, par la wilaya de Mascara,

.Au Sud, par la wilaya d'El Bayadh,

.A l'Ouest, par la wilaya de Sidi Bel Abbès,

.A l'Est, par la wilaya de Tiaret.

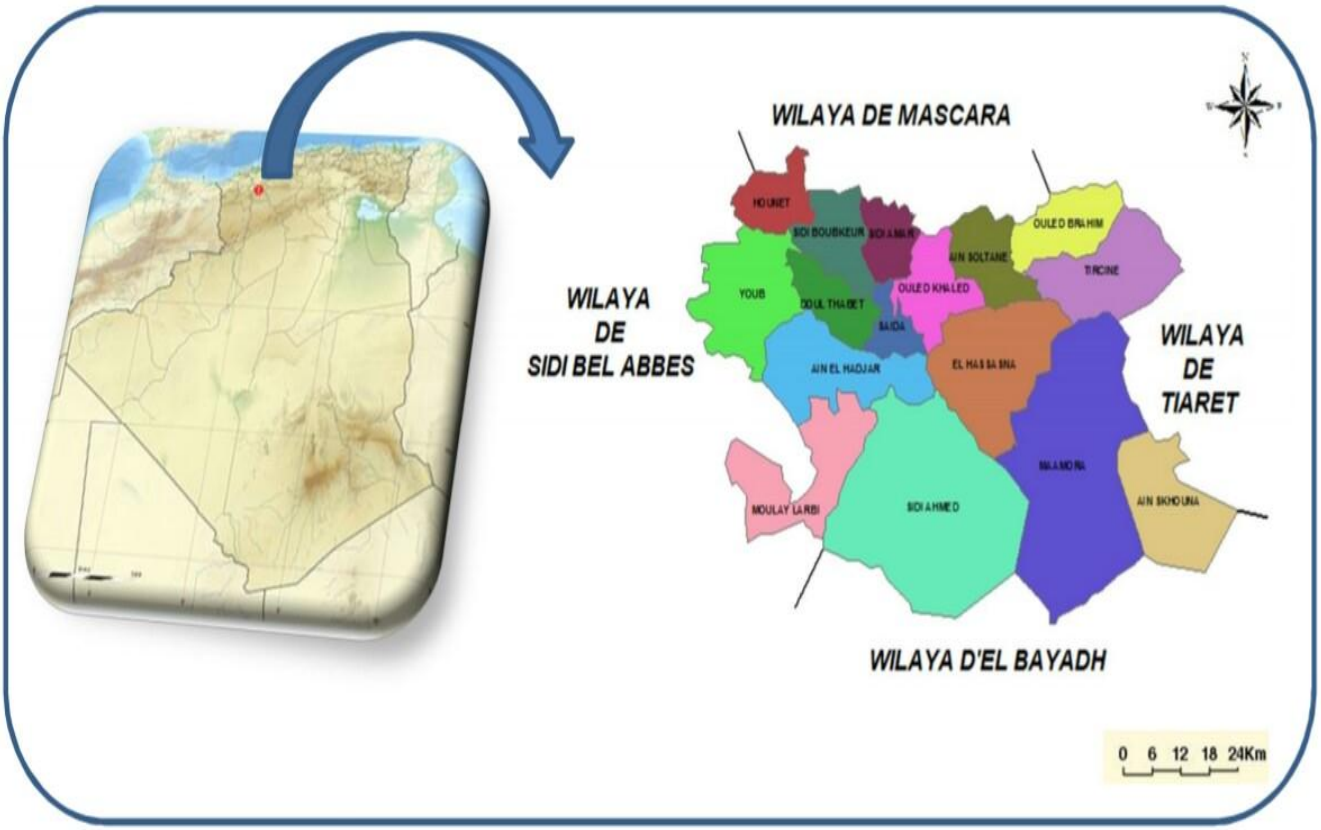


Figure N°01 : Carte de situation géographique de la wilaya de Saida**.**
(in DAHMANI M., 2016) .

Saida est le chef- lieu d'une wilaya de 330 641 habitants (Recensement Général de la Population et de l'Habitat, RGPH 2008) composée de 16 communes regroupées en 06 daïras et d'une superficie de 6 613 km^2. Elle est surnommée la ville des eaux, à cause de ses sources.

I.2. L'AGRICULTURE :

Ceci dit, ne perdons jamais de vue la spécificité agricole de la région: sur une surface totale agricole de 344050 hectares la surface agricole utile est de 307013 hectares.

I.3. LE RESEAU HYDROGRAPHIQUE :

Les ressources en eau se caractérisent par la présence de deux principaux bassins-versants ayant un écoulement vers le Nord. Les ressources en eau mobilisable pour la population et l'agriculture se résument en 16 sources naturelles réparties à travers le territoire de la commune avec un débit variant entre 0,5 et 30 l/s, il y a aussi deux forages assurant un débit moyen de 42 l/s **(Labani et al, 2006)**

Potentialités totales annuelles : environ 109 Mm^3.

- Dont eaux souterraines: 79 Mm^3.

Ressources mobilisées : 97 Mm^3.

o Dont eaux souterraines: 90 Mm^3.

Dotation unitaire moyenne par habitant : 135l/ hab./jour .

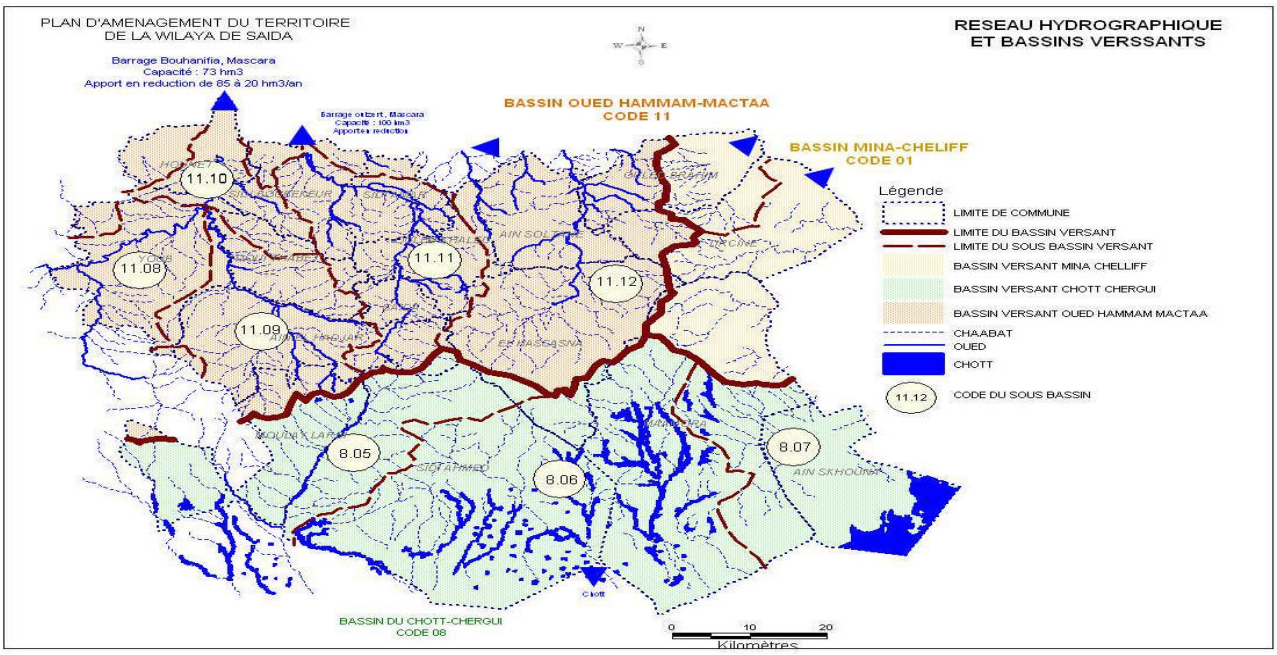


Figure N° 02 : Le réseau hydrographique de la wilaya de Saida (ABH, Oran).**(BOUDIA .A , BOUAMEUR .A- 2017).**

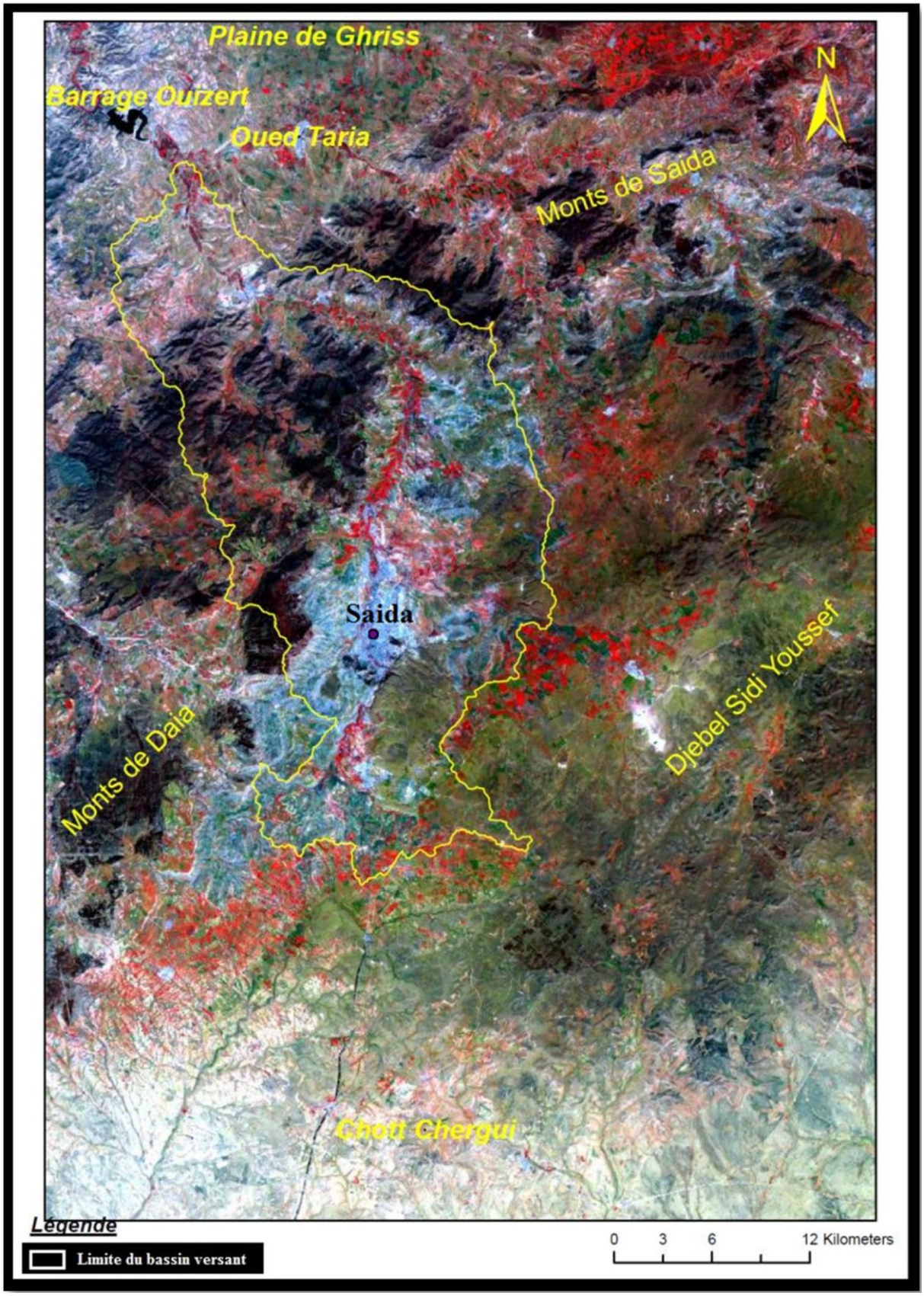


Figure N°03: Localisation de la région d'étude
(Image LANDSAT, prise en 2012) **(in Dahmani M., 2016).**

I.4. LES FORETS :

On trouve à Saida l'une des zones forestières parmi les plus importantes de l'ouest algérien. Il faut y ajouter 120.000 hectares de steppes dont29.000 de nappes alfatières potentiellement exploitables pour les besoins industriels et artisanaux.

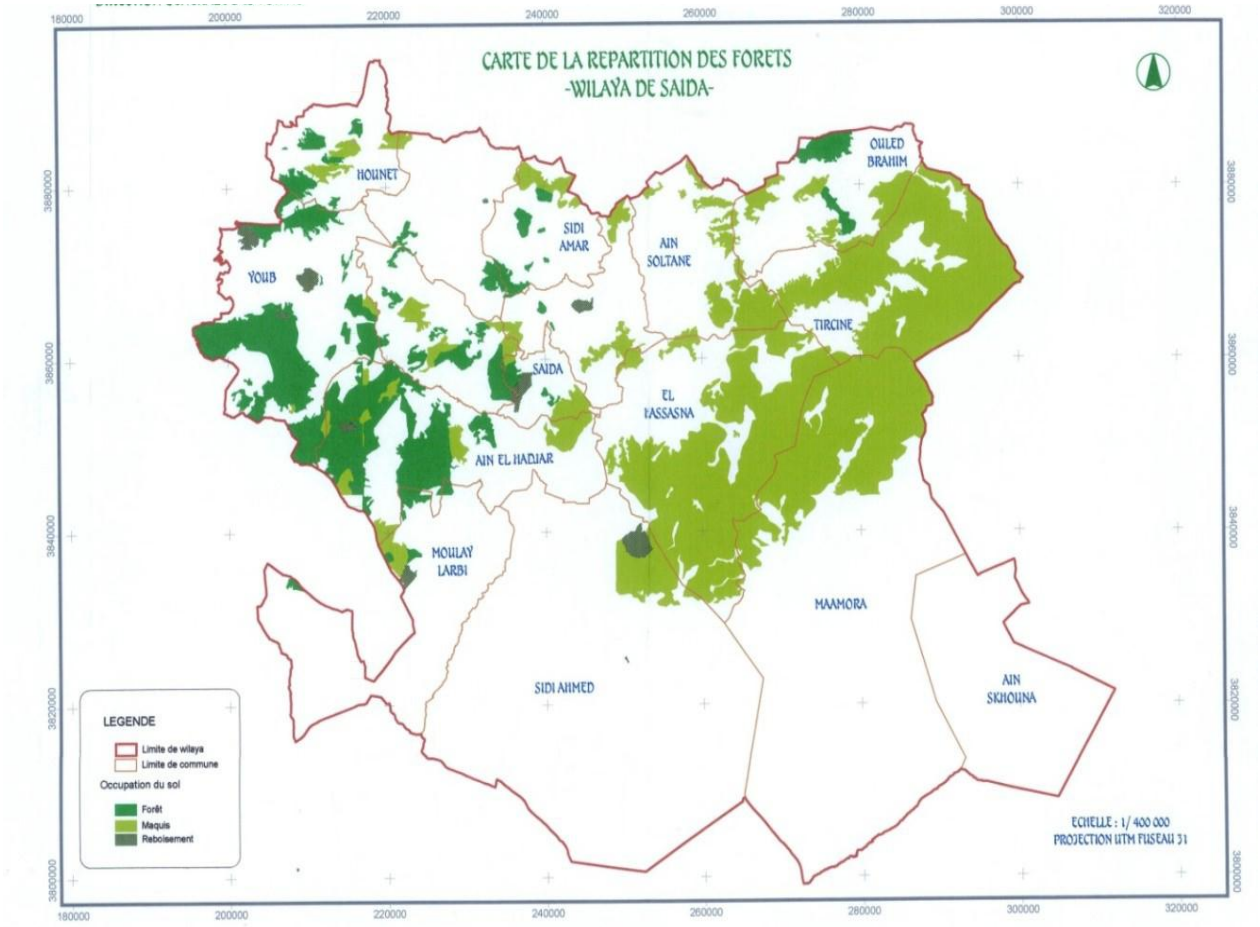


Figure N°04 : Carte de la répartition des forets dans wilaya de Saida (**Labani 2005).**

I.5. RELIEF :

Située entre l'extrémité des monts de Dahia au nord et la région des Hauts-Plateaux au sud, la wilaya de Saïda s'étend au pied de ces deux massifs de l'Atlas tellien que traverse l'oued Saïda ; la vallée est recouverte d'une vaste superficie forestière de 156 401 ha, soit 23.5% de la superficie globale de la wilaya.

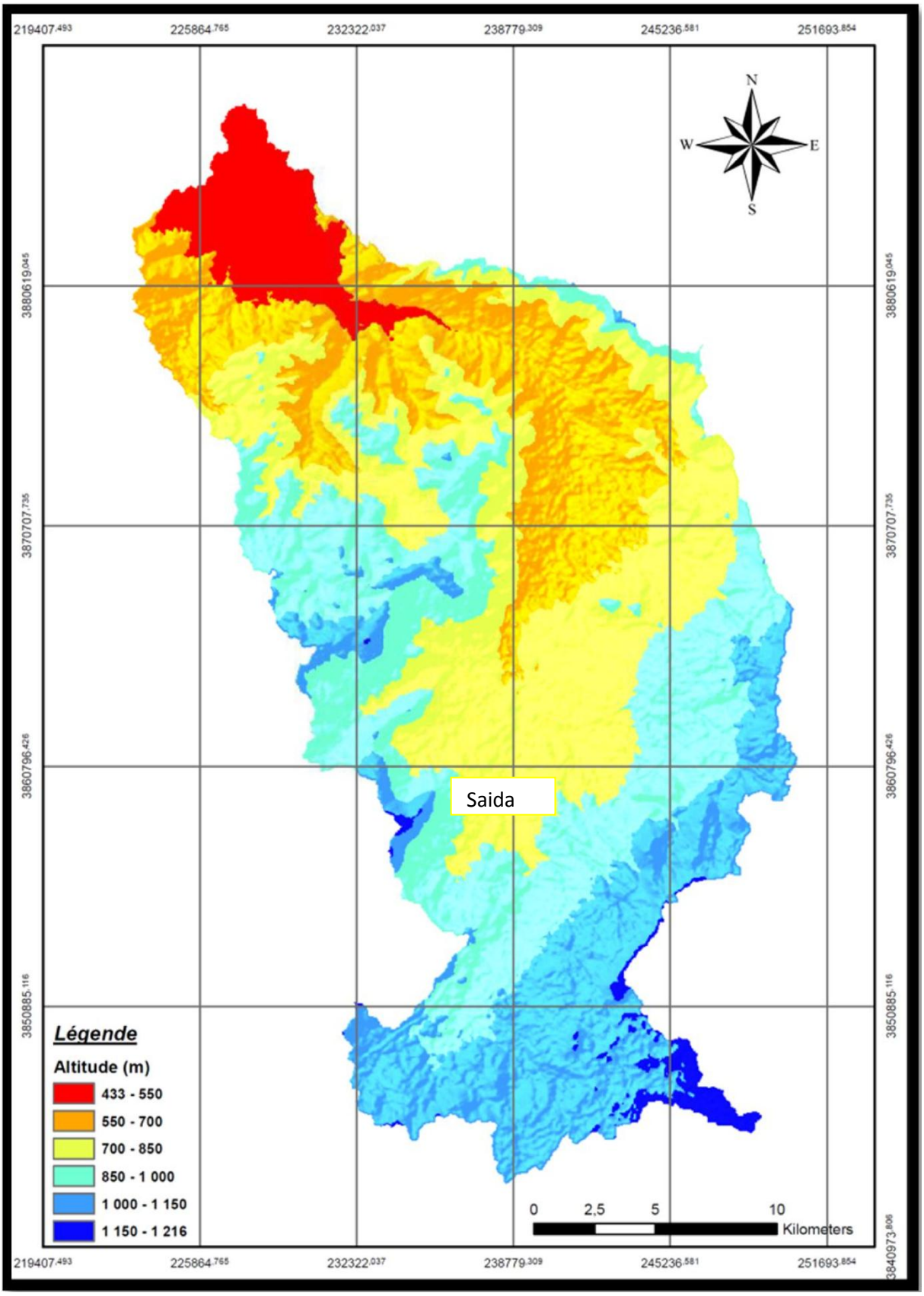


Figure N°05: Modèle numérique du terrain (M.N.T) du bassin versant de l'Oued Saïda **(in Dahmani M., 2016).**

II. CADRE GEOLOGIQUE

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,

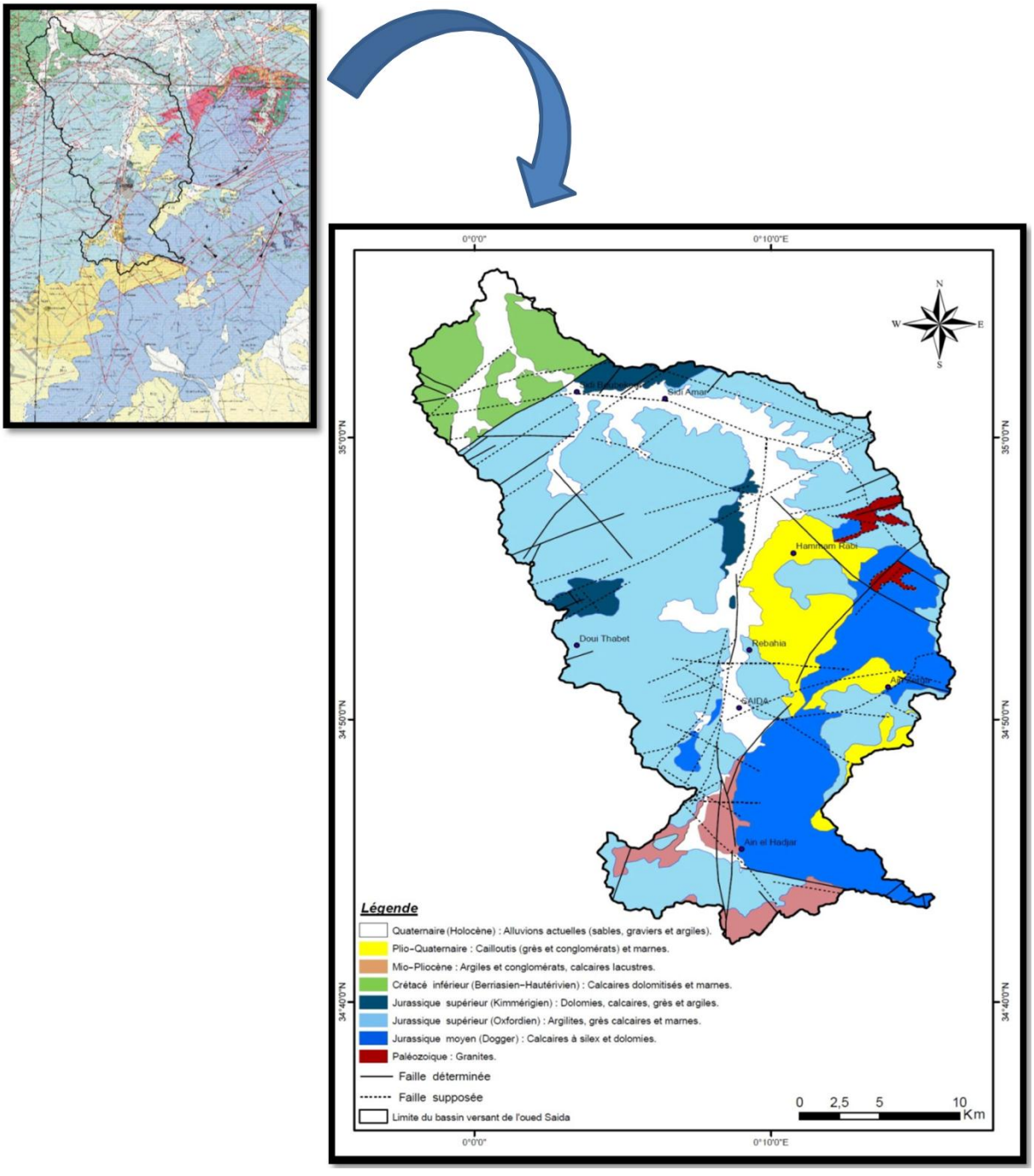


Figure N°06: Carte Géologique du bassin versant de Saida **(in Dahmani M., 2016).**

II.1. Stratigraphie :

Le plateau de Saïda qui fait partie des Monts Saïda, est constitué essentiellement de terrains jurassiques. Quelques terrains primaires ainsi que des terrains éruptifs qui apparaissent seulement dans la région de Tiffrit -Balloul, limitent le bassin versant de l'Oued Saïda dans la partie Est.

Dans les dépressions ainsi que les vallées et les lits d'Oueds , on trouve des terrains d'origine continentale (fluviatiles et éoliens) d'âge Tertiaire souvent indifférencié :Mio-Pliocène et Quaternaire. Le continental est également caractérisé par la présence de tufs et travertins calcaires plus ou moins récents et correspondants à d'anciens griffons de sources.

II.1.1.Le Paléozoïque

Cet ensemble ancien (Silurien), très plissé, affleure dans la vallée de l'Oued Tiffrit et les vallées affluentes. Il dépasse certainement 100 m d'épaisseur et l'on ne connaît pas son substratum. C'est à l'intérieur de cet ensemble que l'on peut noter la présence d 'intrusions granitiques, ainsi que des coulées de laves basaltiques. Les schistes et quartzites de Tiffrit constituent un substratum imperméable.

II.1.2.Le Mésozoïque

II.1.2.1.Le Trias

Cet ensemble repose en discordance sur les terrains primaires et affleure en constituant une frange qui suit le bord sinueux des vallées creusées dans les terrains paléozoïque.

L'ensemble de Trias est formé de trois membres :

1. Membre inférieur (faciès carbonaté) ;

2. Membre basaltique (supérieur) ;

3. Membre supérieur.

Dont les deux premiers sont sédimentaires et le troisième (le plus important) est basaltique.

Les formations à gypse sont relativement imperméable et a une épaisseur d'environ100 m.

II.1.2.2. Le Jurassique

La couverture jurassique peut être subdivisée en un certain membre de formation agencée au sein des trois grands groupes sédimentaires superposés et bien distincts ;

1. Membre carbonaté inférieur constitué du Jurassique inférieur et moyen dolomitique

2. Membre détritique intermédiaire constitué du Callovo-Oxfordien argileux gréseux et du Lusitanien gréseux ;

3. Membre carbonaté supérieur constitué du Kimméridgien dolomitique.

a. 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 Tiffrit ", plusieurs membres peuvent être distingués :

_La formation carbonatée de Balloul (Hétangien - Plienbachien) ;

– La formation des marnes d'Es Safeh (Toarcien) ;

– La formation carbonatée d'Ain Dez (Aaléno- Bajocien) ;

– La formation des argiles bigarrées de Sidi Youssef (Bajocien) ;

– La formation carbonatée de Zerzour (Bathonien) ;

– La formation des marnes de Om-Debab (Bajo-Bathonien).

L'épaisseur de cet ensemble est très variable. Elle atteint 400 m au Sud de la région pour s'annuler vers le Nord au contact du Trias.

II.1.2.1.Callovo - Oxfordien et Lusitanien

Cette formation est constituée par les " Argiles de Saïda " qui comportent quelques bancs gréseux. Elle est très répandue dans les vallées et principalement dans celle de l'Oued Saïda. En outre, cette formation apparaît en reliefs non plus ou moins isolés sur le plateau et les flancs des vallées. Son épaisseur totale est de 250 m environ .

Le Lusitanien est représenté par les " Grés de Franchetti (Sidi Amar) " qui dominent les vallées au Nord de Guernida et Sidi Mimoun et sur le flanc Ouest de la vallée de l'Oued Saïda jusqu'à la latitude de cette ville. Cette formation perméable et située en altitude .Elle est, effectivement drainée ainsi que cela est rapporté par les auteurs déjà cités.

- **Le Kimméridgien**

Il est très peu représenté dans la région et constitué par les " Dolomies de Tlemcen " qui dominent toutes les autres formations. Toutefois, au Nord-Ouest de la vallée de l'Oued Saïda, cette formation est complètement drainée par le Lusitanien.

II.1.3.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.

II.2.Cénozoïque

II.2.1. Le Néogène et le Quaternaire

II.2.1.1.Le Plio-Quaternaire

Ces sédiments apparaissent par faibles épaisseurs dans les creux des vallées et dans les dépressions du plateau. Ils sont constitués de conglomérats, d'argiles, de limons de croûtes calcaires. Des massifs de travertins apparaissent au bord de certaines falaises dolomitiques (Tiffrit, Saïda) et constituent des témoins produits par l'ancien ruissellement superficiel sur les terrains carbonatés avant la karstification L'ensemble de ces formations est argileux et vraisemblablement peu perméable .

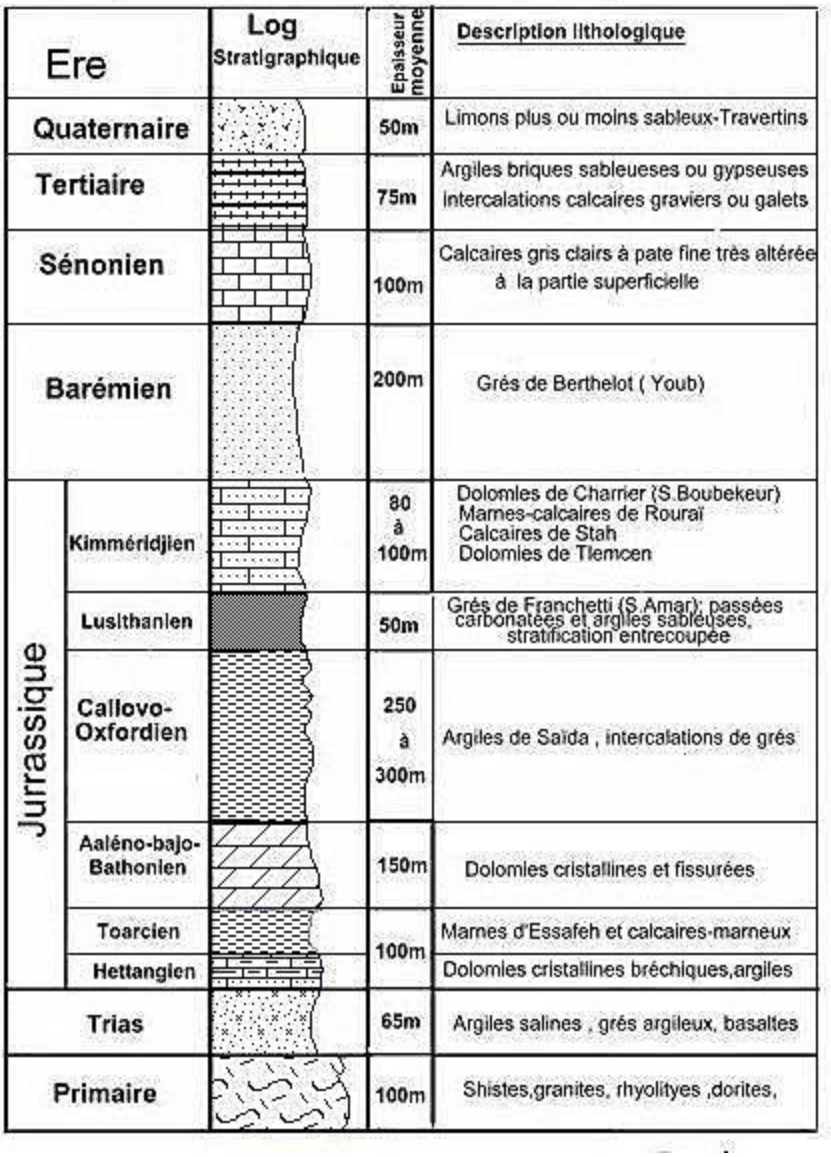


Figure N°07 : Log stratigraphique de la région de Saida **.(DJIDI M.2005)**

II.2. Tectonique

En géologie, une faille est un plan où une zone de rupture le long de laquelle la déformation est cisaillante. Ce plan divise un volume rocheux en deux compartiments qui ont glissé l'un par rapport à l'autre. Ce déplacement et la déformation cisaillante sont dus aux forces exercées par les contraintes tectoniques, qui résultent de la tectonique des plaques, et à leur interaction avec les forces de volume telles que la gravité. Les très nombreuses failles reconnues par cette géologie mettent en évidence la tectonique cassante des terrains carbonatés avec constitution des blocs dolomitiques des dimensions et des formes extrêmement variées, décalés les uns par rapport aux autres dans tous les plans.

Ces failles sont réparties selon des lignes tectoniques qui traduisent les lignes de force qui ont été mises en jeux. Les failles sont fréquemment associées à des circulations de fluides comme c'est le cas de notre bassin où la faille principale affleure sur le long de l'Oued Saïda. Elle présente un danger et un éventuel problème si on ne prend pas des mesure pour préservé cette partie de l'Oued.

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

Ces alignements sont reliés entre eux par des zones tectoniques secondaires orientées perpendiculairement avec notamment un plexus important au niveau de la région dans la partie Sud-Est

Certains ensembles de blocs dolomitiques sont effondrés.

Il est possible de distinguer principalement par ordre d'importance :

– Le fossé d'effondrement de la vallée de Saïda ;

– Le relatif affaissement de la région située entre la ligne tectonique Saïda-Oum Djerane-Tiffrit et l'axe du djebel Sidi Youssef.

Au Nord, apparaît le horst de Tiffrit, constitué par un butoir Paléozoïque limité au Nord par une importante faille en forme d'arc de cercle orienté Est- Ouest et au Sud par les affleurements du Trias.

Vers le Nord, ce horst est en contact direct avec le Jurassique supérieur et il plonge vers le Sud selon un pendage mal déterminé sous le trias volcano-détritique et la dolomie du Jurassique inférieur et moyen.

Cette tectonique paraît traduire les mouvements du support en profondeur et l'effet ultérieur du plissement Tellien contre le horst de Tiffrit : Les formations du Jurassique inférieur et

moyen de nature carbonaté constituent un ensemble rigide qui ne réagi aux mouvements sous-jacents et aux pressions latérales que par cassures et ondulations à très grand rayon de courbure. La masse dolomitique du plateau de Saïda paraît donc subir en son milieu la poussée profonde du support qui constitue plus au Nord le horst de Tiffrit. Ce horst retient en provenance du Nord la poussée des plissements Telliens. Cette poussée sub-verticale du support avec une faible inclinaison vers le Sud provoquant la surélévation de la " dalle " dolomitique avec un effondrement d'axe Nord-Sud au niveau de la vallée de l'Oued Saïda et apparition de deux axes principaux tectoniques plus oumoins perpendiculaires orientés Sud - Ouest - Nord - Est et de façon moins nette - Nord- Ouest - Sud- Est.
Ces deux axes se croisent au Sud du horst de Tiffrit dans la région d'Oum Djerane et s'appuient vers le Nord sur les bords Est et Ouest de ce horst.

L'ensemble de la région est donc formé d'un plateau pourvu de deux axes principaux tectoniques riches en failles formant un plexus au centre. L'inclinaison générale des formations est orientée vers le Nord et vers le Sud à partir de l'axe du Djebel Sidi Youcef.

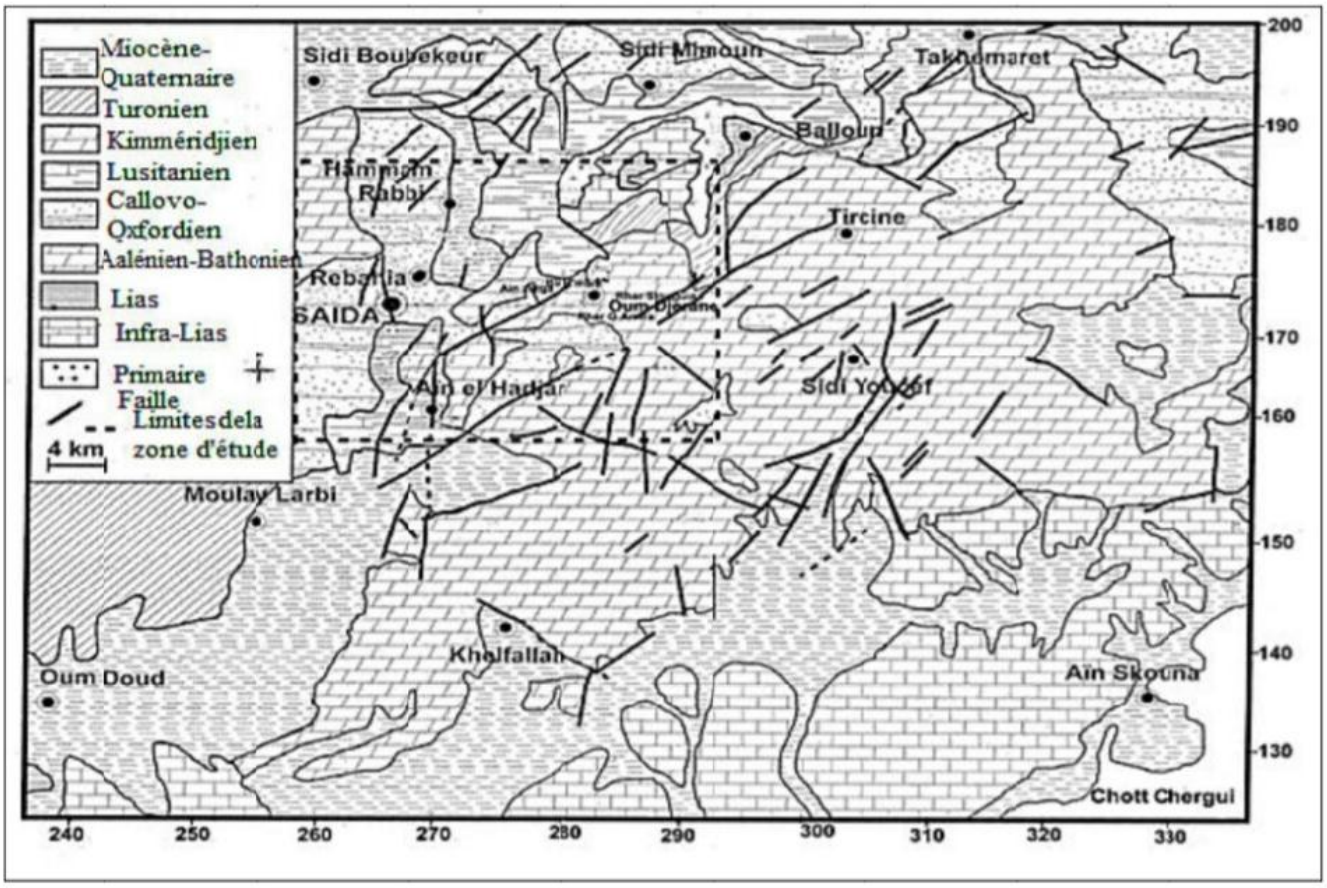


Figure N° 08 : Lithologie et tectonique de la zone d'étude**.(DJIDI K 2005).**

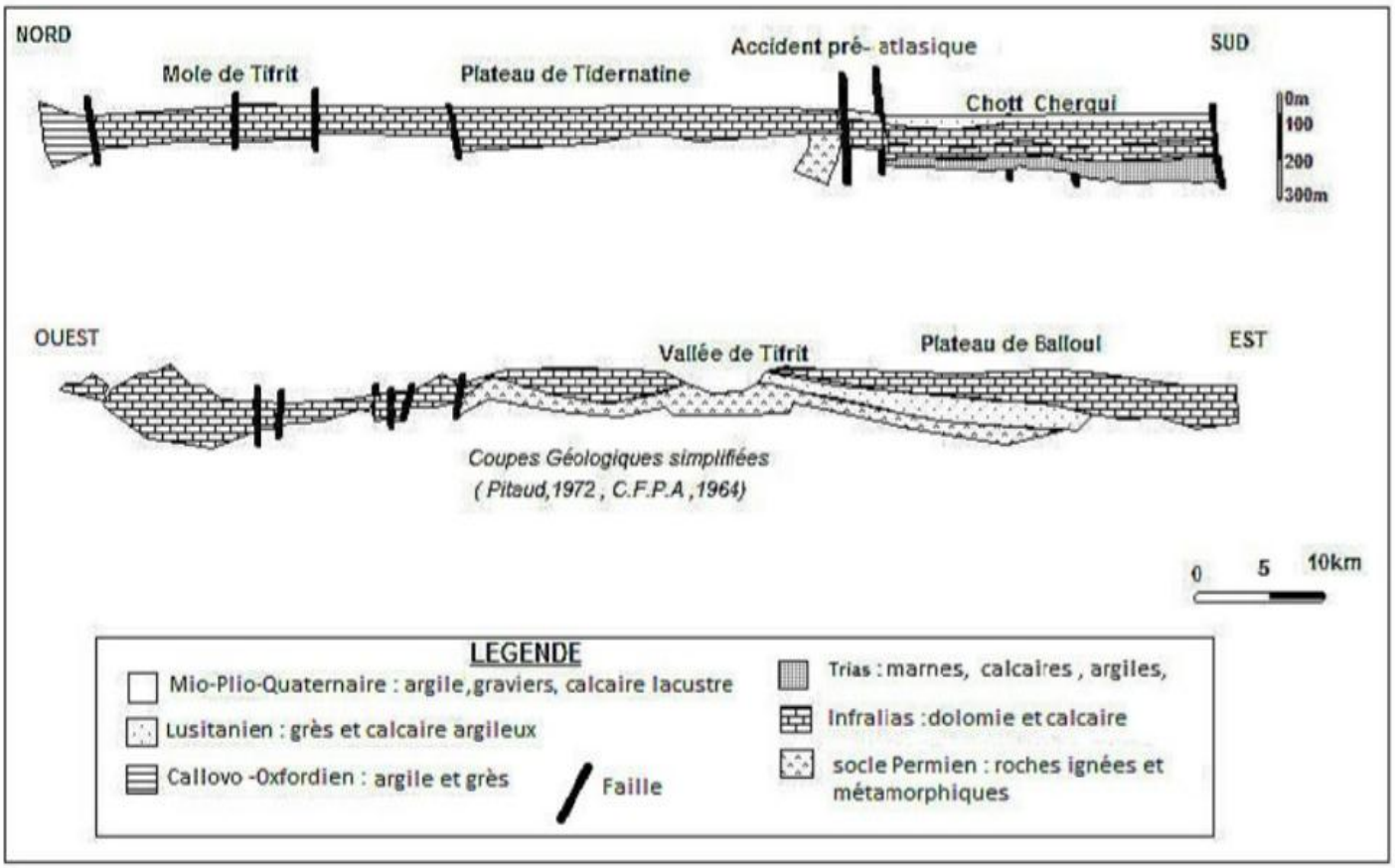


Figure N°09 : Coupes géologique N-S et E-W **(Pitaud, 1973)**.(**DJIDI K.,2005).**

Conclusion :

L'étude physique et géologique dans ce présent chapitre nous a permis de voir les caractéristiques de la zone d'étude .

Entre l'Atlas Tellien au Nord, d'âge tertiaire et les Hauts Plateaux oranais au Sud, d'âge également tertiaire, se dessine une unité géologique d'âge secondaire, orientée sensiblement vers l'Est-Ouest et constituant, les Monts de Saïda, les Monts de Frenda et les Monts du Djebel Nador. Dans toute cette zone, le substratum secondaire profondément enfoui sous la dépression des Chotts, se relève progressivement avant de disparaître de nouveau, brusquement cette fois au Nord, contre l'Atlas Tellien.

Chapitre 2
HYDROCLIMATOLOGIE

Approche Hydrogéologique et Hydrochimique dans une zone Semi-aride : Cas de la nappe de Saida

Introduction

Dans le présent chapitre, on s'intéresse par l'étude de régime climatique de la région de Saida.

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

Les caractéristiques météorologiques sont consignées au **(tableau n°01)** suivant :

Tableau n°01: Caractéristiques de la station météorologique de Saida

Station	Les cordonnées géographiques		Z (m)	Code
Saida	**X(m)**	**Y(m)**	858	111104
	0°09′06″ Est	34°49′49″ Nord		

II.1.Les facteurs climatiques :

II.1.1. Les précipitations :

La pluie est un facteur climatique très important qui conditionne l'écoulement saisonnier et par conséquent le régime des cours d'eau ainsi que celui des nappes .La variabilité interannuelle des précipitation est exprimée par le coefficient pluviométrique (CP).**(LAADJ.H ,LOT.A)**Le tableau n° représente les précipitations moyennes mensuelles.

II.1.1.1 Les Précipitations moyennes mensuelles :

L'analyse des données pluviométriques moyennes mensuelles permet de mieux approcher la distribution des quantités d'eau enregistrées pour tous les mois de l'année.

Les précipitations moyennes mensuelles dans Saida représentées sur le tableau n°02

. **Tableau n°02:**Les Précipitations moyennes mensuelles de Saida(1992-2017)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Total
P Moy Mensuelle en (mm)	22.20	31.00	35.10	36.10	34.10	36.10	45.10	32.10	25.10	13.00	5.10	3.11	**327.11**

Les données des Précipitations moyennes mensuelles sont reportées sur l'histogramme de la figure n° 08 ci-dessous :

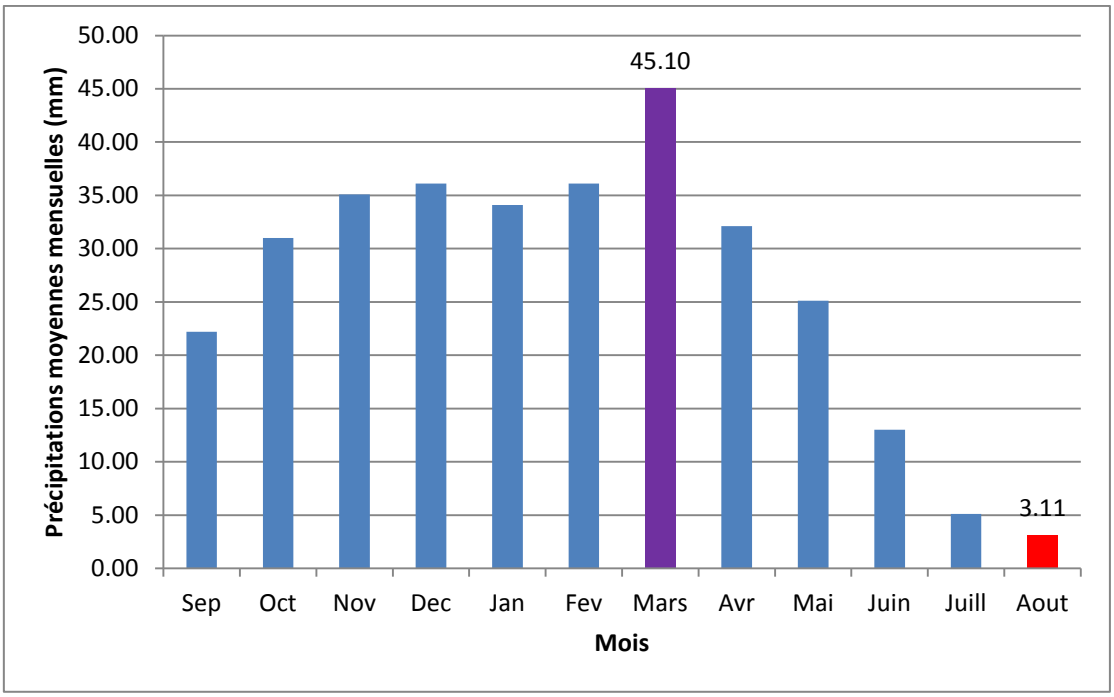


Figure10: Histogrammes des précipitations moyennes mensuelles (mm) de la station de Saida **(1992-2017)**

Une première exploration des données relatives aux précipitations, nous laisse affirmer que, dans cette localité, on peut distinguer deux grandes périodes nettement égales mais irrégulières **:**

– Période sèche : qui coïncide avec la période estivale où les précipitations sont faibles (Juin, Juillet, et Août). Cette période s'étend du mois de Mai au mois de Septembre ;La valeur la plus faible est observée au mois d'Aout avec seulement 3.11mm

– Période pluvieuse : qui correspond au mois de la saison d'Automne (Octobre et Novembre), de la saison d'Hiver (Décembre, Janvier et Février) et de la saison de Printemps (Mars, Avril et Mai).Les précipitations moyennes mensuelles les plus élevées correspond au mois de Mars (45.1 mm).

II.1.1.2 Régimes saisonniers des précipitations

Les répartitions des précipitations selon les saisons représentées sur le tableau n°03 ci-dessous

Tableau n°03: Régimes saisonniers des précipitations de la station de Saida **(1992-2017)**

Saison	Automne	Hiver	Printemps	Eté	Total
	Sep-oct–nov	Déc- Jan- Fév	Mar- Avr- Mai	Juil- Juil- Aout	
précipitation en (mm)	120.62	90.50	100.6	15.41	327.11
%	36.87%	27.66%	30.75%	4.71%	100%

Le tableau montra deux périodes :

- Une période humide s'étendant du mois de septembre au mois de mai, c'est-à-dire pendant les trois saisons automne, hiver et printemps avec une moyenne maximale de 120.62 mm en hiver
- Une période sèche qui correspond aux mois de juin, juillet et aout (La saison estivale) avec une précipitation moyenne de 15.41mm
- Il en découle que près de ¾ des précipitations tombent en une période humide avec un maximum de pluviométrie de 36.87% en hiver et un minimum en été soit 5.65% des précipitations annuelles.

II.1.1.2. Précipitations moyennes interannuelles et Coefficient pluviométrique (Cp) :

Le coefficient pluviométrique annuel Cp est un paramètre très important pour la détermination des années excédentaires et des années déficitaires,le coefficient pluviométrique est en relation proportionnelle avec la pluviométrie.

Il est déterminé par la formule suivante :

$$CP = \frac{P}{Pmoy}$$

Sachant que :

CP : coefficient pluviométrique.

P : pluviométrie interannuelle en (mm).

P_{moy} : pluviométrie moyenne annuelle de la période considérée en (mm).

- Si **Cp** > 1 : Année excédentaire (AE).

- Si **Cp** <1 :'Année déficitaire (AD).

Les valeurs du coefficient pluviométrique sont présentées dans le tableau n°04 suivant :

Tableau n°04 : coefficient pluviométrique de Saida (1992-2017)

Paramètres / Années	Précipitation moyenne interannuelle en (mm)	CP	Observation
1992-1993	320.2	0.97	**AD**
1993-1994	317.55	0.97	**AD**
1994-1995	352	1.07	**AE**
1995-1996	314.6	0.96	**AD**
1996-1997	375.45	1.14	**AE**
1997-1998	372.6	1.13	**AE**
1998-1999	376.05	1.14	**AE**
1999-2000	344	1.05	**AE**
2000-2001	305.2	0.93	**AD**
2001-2002	348.55	1.46	**AE**
2002-2003	360.4	1.01	**AE**
2003-2004	350.6	1.07	**AE**
2004-2005	310.1	0.94	**AD**
2005-2006	300.50	0.91	**AD**
2006-2007	310.30	0.94	**AD**
2007-2008	310.05	0.94	**AD**
2008-2009	310.07	0.94	**AD**
2009-2010	330.05	1.00	**AE**
2010-2011	313.45	0.95	**AD**
2011-2012	300	0.91	**AD**
2012-2013	301.01	0.92	**AD**
2013-2014	308.3	0.94	**AD**
2014-2015	340.50	1.04	**AE**
2015-2016	330.05	1.00	**AE**
2016-2017	300.50	0.91	**AD**

D'après le tableau n°**04,**on a une moyenne pluviométrique de327.11mm sur une période de 25ans (1992-2017). On distingue 11 années présentant un coefficient pluviométrique annuel supérieur à 1 où l'année (1998-1999) est la plus pluvieuse avec 376.05mm/an, donc elles sont excédentaires et 14 années présent un coefficient pluviométrique annuel inférieure à 1, elles sont déficitaires où l'année (2011-2012) représente l'année la plus sèche avec 300mm.

II.1.2.Les Températures.

La température de l'air est l'un des effets le plus important de la radiation solaire et un grand nombre de phénomènes physique(évaporation ,gel de l'eau ,gelée blanche ,dilatation..). Cette dernière est aussi un paramètre indispensable pour l'estimation du bilan hydrologique**.(MAHFOUF F. et DJEMIL S., 2015)**

Le tableau montre les variations de la température moyenne mensuelle à la station de Saida durant la période 1992 – 2017

Tableau n° 05 : Températures moyennes mensuelles de la station de Saida **(1992-2017)**

	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	M.A
Min	15,2	10,9	7,4	4,2	3,6	2,9	5,11	6,6	9,9	14,2	17,7	18,3	9,67
Max	30,3	23,9	18,4	14,5	13,4	15,1	17,9	20,4	25,2	31	35,7	35,3	23,42
Moy	22,4	17,2	12,5	8,9	7,6	9,11	11,3	13,3	17,4	22,6	26,6	22,7	16

- T° Moy: désigne la température moyenne mensuelle (°C).

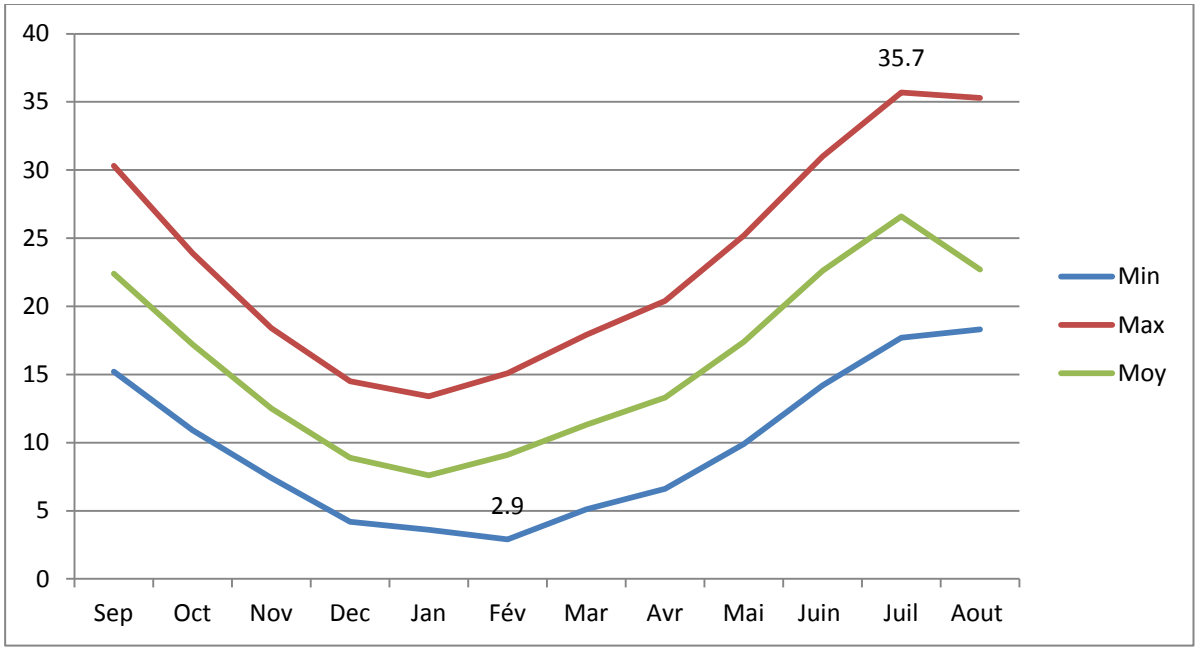


Figure n°11: Variation des températures mensuelles à la station de Saida de la période (1992-2017)

Les moyennes mensuelles des températures confirment que le mois le plus froid est le décembre et janvier avec une température moyenne mensuelle de 7.4°C par contre le mois le plus chaud est le mois juillet avec une température moyenne mensuelle de 28.1°C.

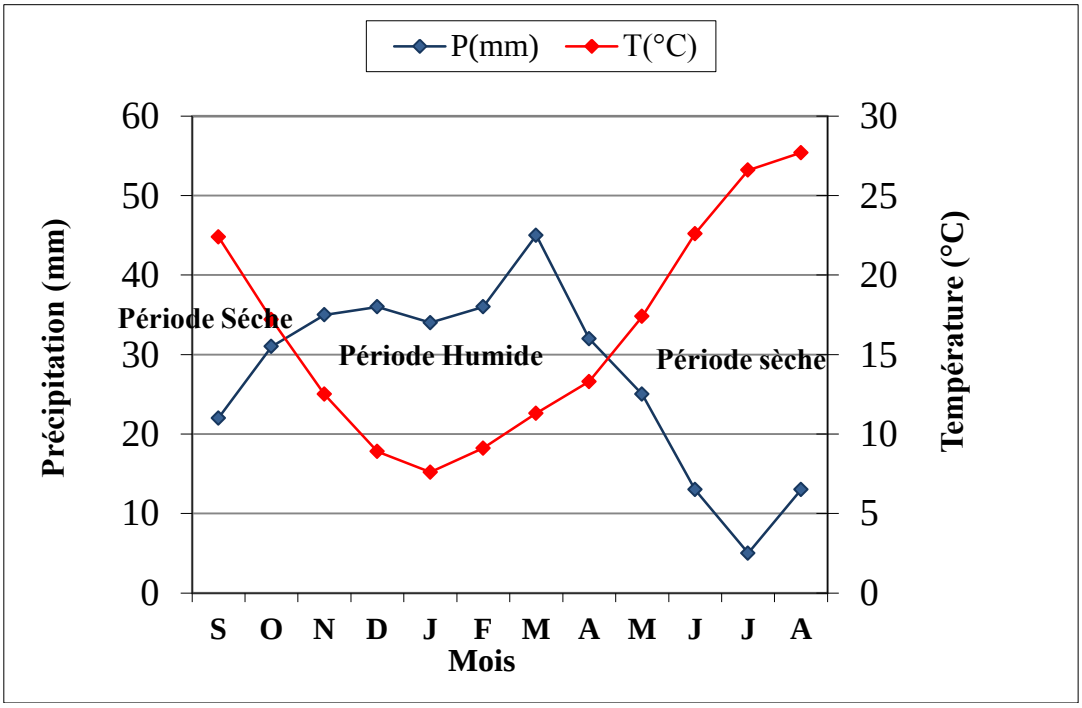
Classification du climat de la région :

La région d'étude est caractérisée par des conditions climatiques qui seront précisées on utilisant plusieurs méthodes :

L'indice d'aridité de De Martonne, le diagramme L. Emberger, la méthode de H. Gaussen F.Bagnouls et la méthode de G .Euvert.

1. Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN:

Le diagramme Ombrothermique permet de calculer la durée de la saison sèche et humide sur un seul graphe .Pour cela , on conforme des courbes de pluies (courbes ombriques) et de la température (courbe thermique) ; on admettant que le mois est sec lorsque « P est inférieur ou égal à 2T ».



Figue n°12 .Courbe Ombro-thermique de Gaussen de la station de Saida **(1992-2017)**

La courbe Ombrothermique de la station de Saida, montre que la région de Saida est caractérisée par deux périodes climatiques :

- Période humide : c'est la surface limitée par les deux intersections des courbes, de précipitation et de température. Cette période allant du mois d'octobre au mois d'Avril ;
- Période Sèche : s'étalant du mois Mai au mois de Septembre.

2. Détermination de l'humidité du sol (méthode d'Euverte) :

Cette méthode est basée sur l'établissement d'un rapport entre les précipitations et les températures moyennes mensuelles (P/T) d'une même période.

Le rapport (P/T) donne la valeur de l'humidité du sol et permet de définir 4 types de régimes :

Tableau n°06 : Valeurs du rapport P/T (Saida. 1992-2017).

Rapport (P/T)	**P/T < 1**	**1< P/T <2**	**2 < P/T<3**	**P/T > 3**
Régime	Très sec	Sec	Subhumide	Humide

Tableau n°07 : Valeurs du rapport P/T (Saida, 1992-2017).

Mois	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Déc**	**Jan**	**Fév**	**Mar**	**Avr**	**Mai**	**Juin**	**Juill**	**Aout**
P (mm)	22	31	35	36	34	36	45	32	25	13	05	13
T (°C)	22.4	17.2	12.5	8.9	7.6	9.1	11.3	13.3	17.4	22.6	26.6	22.7
P/T	**0.98**	**1.80**	**2.80**	**4.04**	**4.47**	**3.95**	**3.98**	**2.40**	**1.43**	**0.57**	**0.18**	**0.57**

Les valeurs du rapport P/T représentées dans le Tableau n° 07 permettent de connaitre l'évolution de l'humidité du sol pendant l'année :

- Pour les mois de Septembre et Mai le régime est sec.
- Les mois de Juin, Juillet, et Aout caractérisés par un régime très sec.
- Les mois Octobre, Mars ,le régime subhumide .
- Un régime **humide** durant les mois de Novembre, Décembre, Janvier, Février, Avril.

3. Indice d'aridité de DE MARTONNE

En 1926 a défini un indice d'article utile pour évaluer l'intensité de la sécheresse exprime par la relation suivante:

$$I=P/T+10$$

Où :

A : Indice d'aridité annuel ;

P : précipitation moyenne annuelle en mm ; P = 327.11mm.

T : Température moyenne annuelle °C ; T = 16°C.

$$\begin{cases} P = 327.11 \text{ mm} \\ T = 16\ (°C) \end{cases} \longrightarrow I = 12.57$$

Selon De Martonne :

- Si A<5 : il s'agit d'un climat hyper aride ;
- Si 5<A<10 : il s'agit d'un climat très sec (Désertique) ;
- Si 10<A<20 : il s'agit d'un climat sec (Semi-aride) ;
- Si 20<A<30 : il s'agit d'un climat tempéré ;
- Si A>30 : il s'agit d'un climat humide (écoulement abondant).

D'après l'indice d'aridité de DE MARTONE, on peut dire que notre région d'étude se caractérise par un climat semi-aride 10< I < 20, la figure montre la station de notre région.

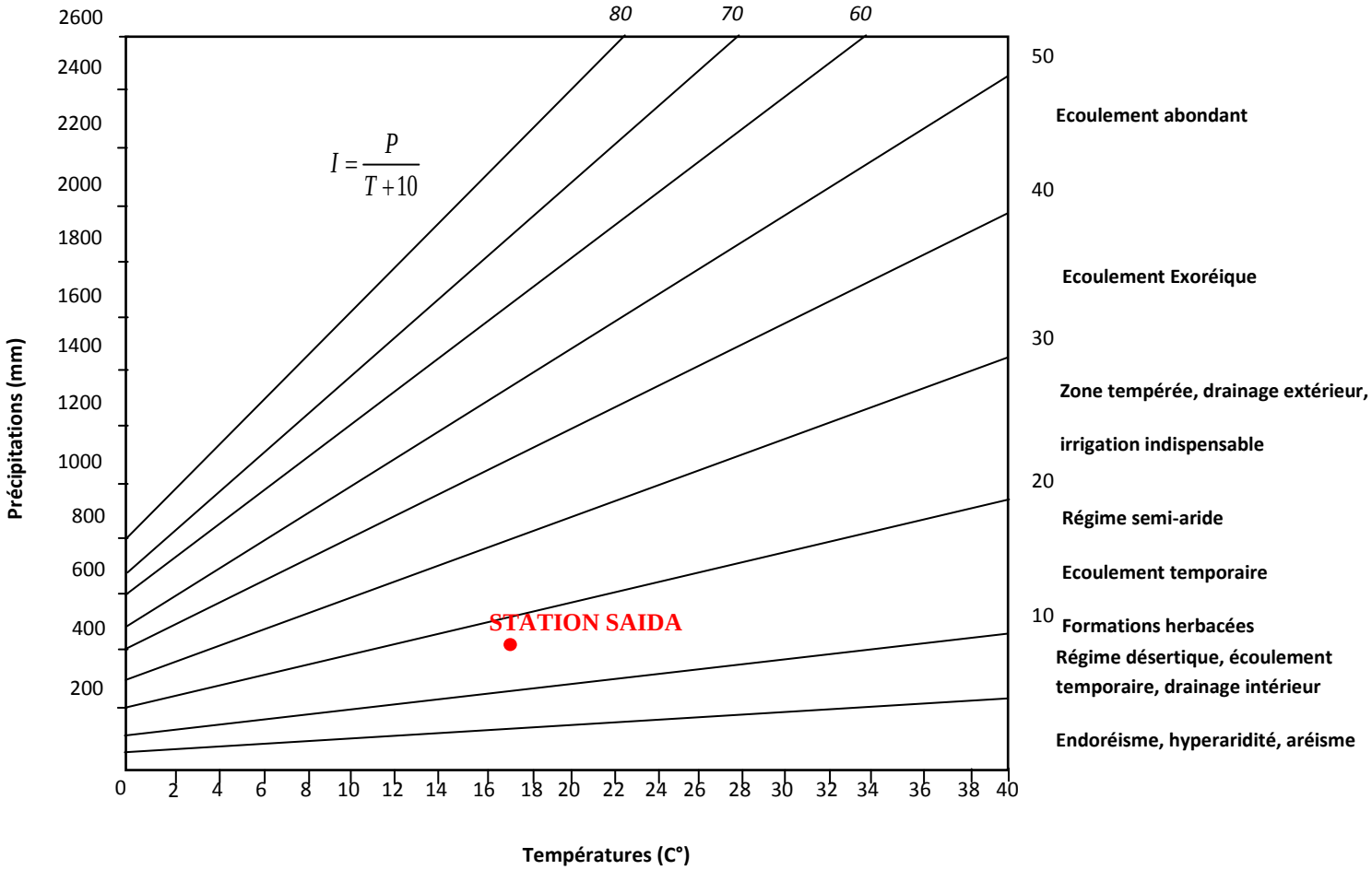


Figure n°13: Abaque de l'Indice d'aridité Annuel de DE Martone, 1923. de la station de Saida (1992-2017).

4. Le diagramme d'Emberger

Pour préciser le climat de la région nous allons utiliser le climagramme de L. Emberger sur lequel nous avons reporté les données des stations choisies, avec en abscisse la moyenne des températures minimales de la saison froide (en °C), et en ordonnée *Q2* donné par la formule suivante :

$Q2 = \frac{P}{(M+m)(M-m)/2} * 1000$ Ou encore $Q^2 = \frac{2000P}{M^2\_m^2}$

Où :

Q^2 : quotient pluviométrique d'Emberger.

M^2 : moyenne des maxima du mois le plus chaud en degré absolu (°K).

m^2 : moyenne des minima du mois le plus froid en degré absolu (°K).

P : précipitations moyennes annuelles en (mm).

Ce diagramme est utilisé pour la situation du climat de la région étudiée, où nous avons :

$$\begin{cases} M = 26.6 + 273{,}15 = 299.75°K. \\ m = 7.6 + 273{,}15 = 280.81°K. \\ P = 327.11mm \\ T = \frac{7.6+9.1+8.90}{3} = 8.53°C. \end{cases} \Longrightarrow Q^2 = 59.47$$

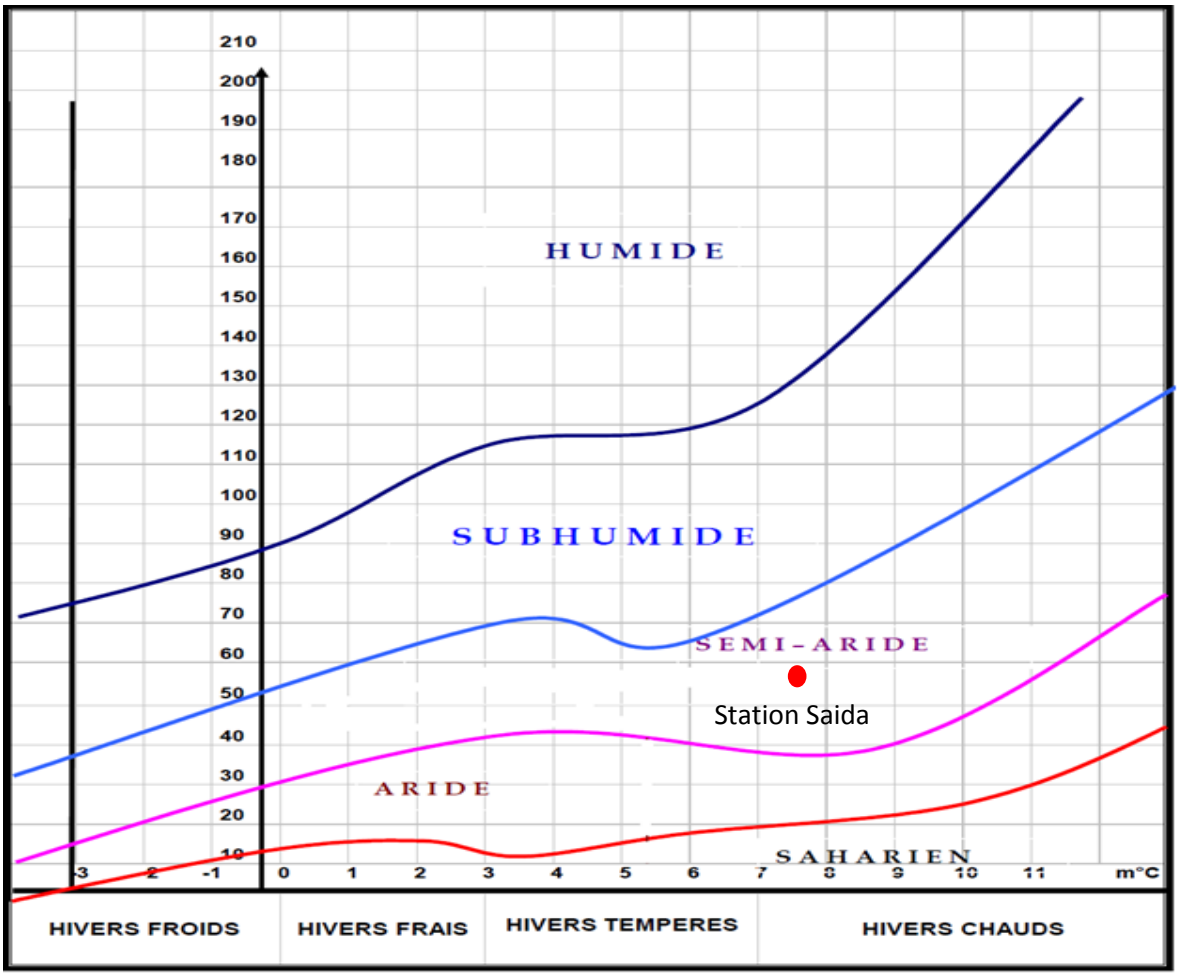


Figure n°14: Climagramme d'EMBERGER de station de Saida

Donc la région de Saïda a un climat de type Semi-aride

5.Le Bilan hydrique :

Le bilan hydrique est l'étude comparée de la lame d'eau précipitée sur une surface donnée et des différentes forme de transfert de cette eau :soit par écoulement ,infiltration ou évaporation.**(LAADJ H. et LOT A., 2016)**

Le bilan hydrologique naturel peut se calculer par la formule suivante (**Castany, 1982**) :

$$P=ETR+R+I$$

ETR : l'évapotranspiration annuelle (mm).

I : infiltration annuelle (mm)..

P : Précipitation annuelle (mm).

R : ruissellement annuel (mm)..

5.1. Etude de l'évapotranspiration

C'est un terme important du cycle hydrique qui résulte de deux phénomènes, l'un physique (l'évaporation), l'autre biologique (la transpiration) ; l'évapotranspiration est fonction de plusieurs facteurs (l'humidité, la température, l'insolation et la couverture végétale.

5.1.1. Estimation de l'évapotranspiration potentielle (ETP) :

C'est la quantité maximale d'eau susceptible d'être perdue en phase vapeur ,sous un climat donné ,par un couvert végétal continu spécifie bien alimenté en eau et pour un végétal sain en plaine croissance .Elle comprend donc l'évaporation de l'eau du sol et la transpiration du couvert végétal pendant le temps considéré pour un terrain donné.**(LAADJ.H,LOT.A, 2016)**

5.1.2.Formule de Thornthwaite (bilan d'eau).

Cette méthode est basée sur la notion de **RFU** (réserve en eau dans le sol facilement utilisable par les plantes). On admet que la hauteur d'eau stockée dans le sol qui est reprise par l'évaporation est de 110mm comme valeur maximale.

Outre que les données pluviométriques et la température, cette méthode introduit le coefficient thermique **K** et l'indice de température mensuel **i** pour l'estimation de l'**E.T.P.**selon la relation suivante :

$$ETP = 16\,(10T/I)^{a}\,K$$

$$i = (T/5)^{1.5}$$

$$I = \Sigma\, i \qquad a = (1.6/100)\, I + 0.5$$

Avec :

T : Température moyenne du mois considère en ^{0}C

ETP : Évapotranspiration potentielle du mois considéré en mm

K : coefficient de correction de la latitude, I : indice thermique annuel.

i : indice thermique mensuel.

L'ETP est estimée à 893,02mm/an (voir tableau bilan).

- si pour un mois **P > ETP** on pose que l'ETP = ETR, la quantité d'eau qui reste (P-ETR) va alimenter la RFU jusqu'à son maximum (50 mm) et si elle dépasse cette valeur il y aura un

excès (WS) qui va partir soit sous forme d'infiltration efficace vers la nappe, soit sous la forme de ruissellement.

- si **P < ETP**, la valeur de ETR = P + RFU, jusqu'à égalisation avec ETP. Si la RFU est nulle, il va se produire un déficit agricole Da = ETP – ETR, ce dernier paramètre représente alors le besoin des cultures à l'irrigation.

Cette méthode a été appliquée à Saidaconférer au tableau n°12

a. Évapotranspiration réelle (ETR).

Elle est aussi appelée déficit d'écoulement, l'ETR représente la quantité de vapeur effectivement exportée vers l'atmosphère par les sols et les végétaux. Elle fait intervenir la réserve facilement utilisable (RFU), la quantité d'eau nécessaire aux plantes est retenue dans le sol par les forces capillaires. Elle est déterminée par plusieurs formules entre autres celles de Thornthwaite et Turc.

L'ETR est également calculée par la méthode du bilan hydrique mensuel de Thornthwaite qui est une adaptation de la méthode de calcul de l'ETP.

- **La formule de Turc :**

M. Turc a établi la formule suivante :

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

Avec : $L = 300 + 25t + 0{,}05t^3$

Où : P : pluie moyenne annuelle, en mm
L : paramètre de température, en mm
t: température moyenne annuelle, en C°.

Selon les deux formules précédentes de l'évapotranspiration réelle de Saida on obtient :

Tableau n°08 : Comparaison entre les deux méthodes de calcul de l'ETR

Station	ETR TURC (mm/an)	ETR CW.Tornthwaite (mm/an)
Saida	177.71	224.01

1. Estimation du ruissellement.

C'est la quantité d'eau qui s'écoule à la surface du sol par unité de temps sans s'évaporer avant de garder une masse d'eau. Il existe plusieurs méthodes pour le calcul du ruissellement. On utilise la méthode de Tixeron et Berkaloff.

- **Méthode de Tixeront et Berkaloff :**

Tixeron et Berkaloff ont établi une formule permettant d'estimer le ruissellement moyen annuel :

$R = P^3 / 3(ETP)^2$ si **P <600 mm**

Avec :

R : Ruissellement en (mm) ;

P : Précipitations moyennes annuelles en (mm) ;

ETP : L'évapotranspiration potentielle annuelle en (mm).

Tableau n°09 : Estimation du ruissellement selon les formules de Tixeron-Berkaloff de la station de Saida Période (1992-2017)

Paramètres / Station	P (mm/an)	ETP	R (mm/an)
Saida	327.11	893,02	14.61

La lame d'eau ruisselée pour la période 1992-2017 à la station de Saida est de 14.61mm pour une pluie moyenne annuelle de 327mm

2. Estimation de l'infiltration.

L'équation du bilan hydrique nous permet de déterminer l'infiltration efficace (Ie).

P= ETR +R +I → I= P- ETR- R

Avec :

- P : précipitation moyenne annuelle en mm
- ETR : évapotranspiration réelle annuelle en mm.
- R : ruissellement en mm.
- I : l'infiltration efficace en mm.
- Si I > 0 : les entrées sont supérieures aux sorties.
- Si I < 0 : les entrées sont inférieures aux sorties.

Tableau n°10: Valeurs de l'infiltration efficace (I) en mm de Saida (1992-2017).

Station	P	ETR	R	I
Saida	**327.11**	**224.01**	**14.61**	**88.38**

L'infiltration efficace calculée à la station de Saida est égale à 88.38mm D'après la valeur, nous constatons que l'infiltration à la station de Saida est supérieure à zéro, donc les entrées sont supérieures aux sorties.

Tableau n° 11: **Bilan hydrique de la station de Saida selon C.W Thornthwaite.**

Mois	T(°C)	IT	CL	ETPC	P(mm)	BH	RFU	ETPR	Def	Exc
S	**22 .4**	9,48	1,03	100 ,94	22	-78.94	0,0	22	78.94	0,0
O	**17.2**	6,38	0,97	61,52	31	-30.52	0,0	31	30.52	0,0
N	**12.5**	3,95	0,86	22,86	35	12.14	12.14	22.86	0,00	12.14
D	**8.9**	2.37	0,81	9,75	36	26.25	38.39	9.75	0,00	0.53
J	**7,6**	1.87	0,87	10,48	34	23.52	50,0	10.48	0,00	11.91
F	**9.1**	2,45	0,85	13,88	36	22.12	50,0	13,88	0,00	22.12
M	**11.3**	3,39	1,03	26,04	45	18.96	50,0	26.04	0,00	18.96
A	**13.3**	4 .33	1,10	50,29	32	-18.29	31.71	32	0,00	31.71
M	**17.4**	6.49	1,21	98,00	25	-73	0,0	25	41.29	0,0
J	**22.6**	9.60	1,22	132,68	13	-119.68	0,0	13	119.68	0,0
J	**26.6**	12.27	1,24	185,38	05	-180.38	0,0	05	180.38	0,0
A	**22.7**	9.67	1,16	181,20	13	-168.20	0,0	13	168.20	0,0
Annuel	**-**	**72.18**	**-**	**893,02**	**327.11**	**-566.02**	**-**	**224.01**	**619,9**	**102.99**

- T : température mensuelle en C_0
- P : précipitation mensuelle en (mm)
- IT : indice thermique
- RFU : réserve facilement utilisable en (mm)
- CL : coefficient de latitude
- ETR : évapotranspiration réelle en (mm)
- ETP : évapotranspiration potentielle en (mm)
  Def : déficit agricole en (mm)
- BH: Bilan Hydrique
- EXC : excèdent en (mm)

Formules de vérification :

$P=\sum ETR+\sum EX$ ***A.N :*** P= 224.01+102.99=327.0mm

$ETP=\sum ETR+\sum DA$ ***A.N :*** ETP= 224.01+619,9=893,02mm

5.3. Interprétation du bilan hydrique.

Nous constatons qu'à partir du mois de Novembre jusqu'au mois de Avril les précipitations deviennent supérieur à ETP ce qui permet la reconstitution de la R.F.U. qui est à son maximum (50 mm) au mois de Décembre jusqu'au mois de Avril.

Le déficit agricole débute à partir du mois de Septembre avec une valeur78.94mm et Octobre avec une valeur 30.52mm jusqu'à et atteint son maximum au mois Mai jusqu'au mois d'Août avec une valeur de 168.20mm.

La période déficitaire en eau commence à partir du mois de Mai et se termine au mois d'Octobre, et la période humide débute au mois de Novembre jusqu'au mois d'Avril.

Conclusion

- L'étude des facteurs climatiques révèle un climat semi-aride avec un hiver froid et humide et un été chaud et sec.
- Les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 327.11mm à la station de Saida.
- La température moyenne annuelle est de 16°C à la station de Saida
- L'E.T.P moyen calculé est de 893,02 mm
- L'ETR ou déficit d'écoulement qui est égale à 224.01mm.
- Le ruissellement et l'infiltration (R+I) =102.99mm.
- L'étude de type de climat a conduit à conclure que la région de Saida se caractérise par un climat semi-aride ou' l'hiver est froid et l'été sec et chaud .

Chapitre 3

Etude hydrogéologique

Approche Hydrogéologie et Hydrochimie dans une zone Semi-aride : Cas de la nappe de Saida

Introduction

Le présent chapitre permet de connaître le substrat, l'affleurement et l'existence des différentes nappes au niveau de la région de Saida, la construction et la morphologie de l'aquifère, ainsi que la perméabilité du sol.

III.1 Réservoirs potentiels :

D'après les études de Clair (1952) et de Pitaud (1973), Huit réservoirs ont été mis en évidence, se présentant le plus souvent soit en formation litho-stratigraphique homogène (les grés du lusitanien) ou s'intercalent dans une formation à lithologie différente (les bancs gréseux du callovo-oxfordien). Mis à part le nord ouest ou la nature des réservoirs est gréseuse, ailleurs, ce sont les réservoirs karstiques du Bajo-Bathonien et du Sénonien qui offrent des débits importants. Ils sont généralement artésiens.

Les nappes du Bajo-Bathonien et du Jurassique inferieur sont à l'origine de plusieurs résurgences dont les plus importantes sont : Ain El Hadjar, Ain Bent Soltane, Ain Hallouf, Ain Zerga, poirier, Balloul et Tiffrit.

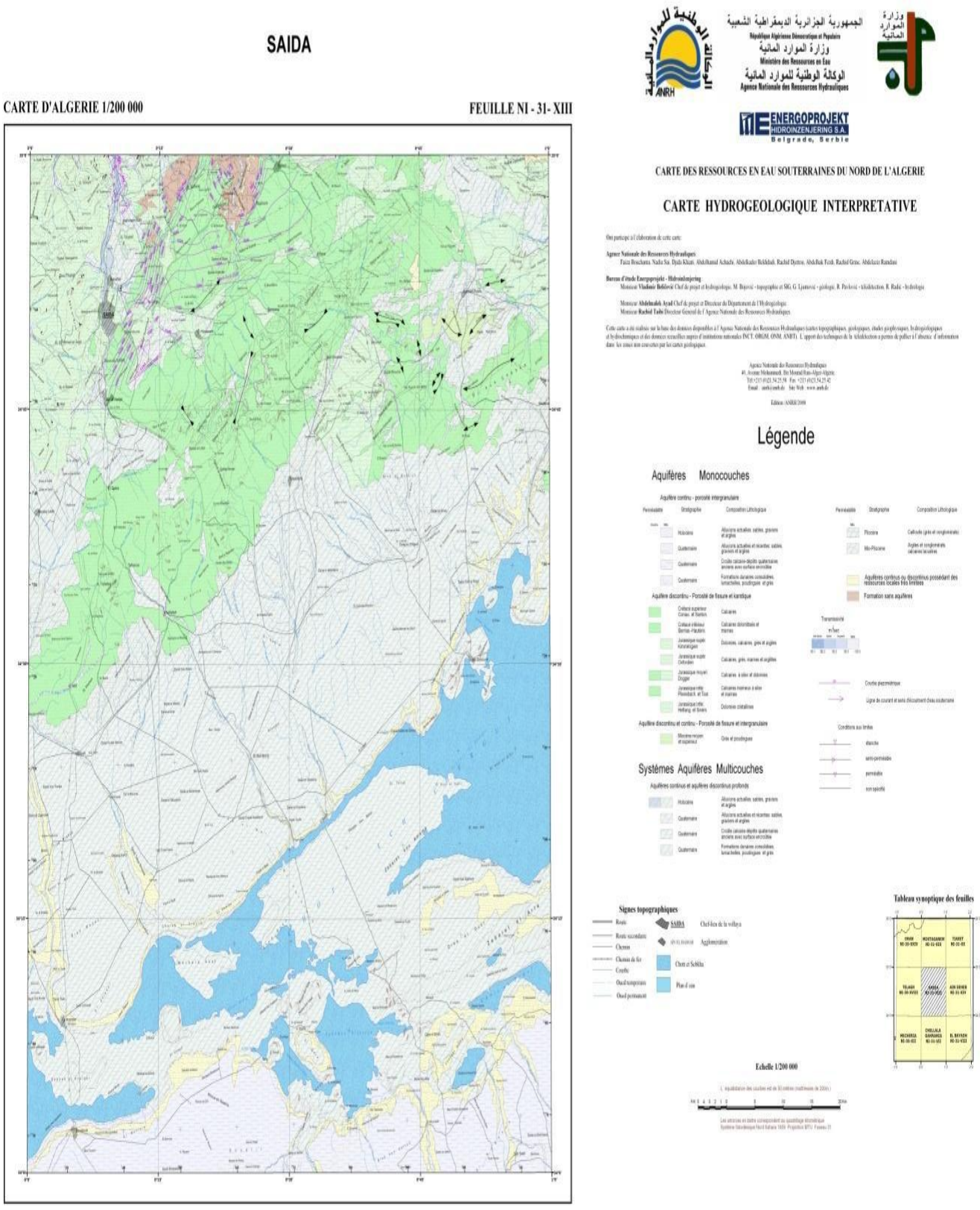


Figure N° 15 : Carte hydrogéologique interprétative de Saida **(A.N.R.H, 2008).**

III.2. Les ressources en eaux souterraines :

III.2.1.Source Ain El Baida

Elle est située entre les communes de Saida et Ain El Hadjar, à 7 Km au Sud du chef lieu. Elle est un projet pour l'alimentation de l'étage bas de la commune de Saida. Elle est utilisée aussi pour l'irrigation

III.2.2. Source Sidi Maamar (cimetière)

Elle est implantée à 5 Km au Sud de la commune de Saida. Elle est localisée à coté du grand cimetière

III.2.3. Source Vieux Saida

Elle est localisée dans la sortie Sud du chef lieu de la wilaya.

Elle est utilisée pour l'alimentation en eau potable, en alimentant l'hôtel touristique d'El Forsan et est caractérisée par un sol rouge hydro morphe alluvionnaire.

Les coordonnées de ces sources sont représentées dans le tableau suivant :

Sources	Localisation	
	Longitude : X	Latitude : Y
Ain El Baida	265,850	168,250
Sidi Maamar	264,150	165,300
Vieux Saida	265,750	164,555

Tableau n°12 : Localisation des sources de la région Saida(A.N.R.H).

-La vidange de la nappe de Saida se réalise exclusivement par les sources. Deux zones de décharge se distinguent :

- Zone Ouest drainant le bassin hydrogéologique de Saida .

-zone Nord drainant les trois autres bassins hydrogéologiques de Tiffrit, d'Ain Soltane et de Balloul d'après Boudjemmaa(2006).

Outre les sources se trouvant dans les zones citées, il existe encore des lignes décharge diffuses (suintement) dont le débit est mesurable uniquement à base des jaugeages

différentiels sur le tronçon correspondant. Dans le tableau n° nous présentons la liste des sources de la région de Saida.

Tableau n°13 : Liste des Sources de la région de Saida (**BOUDIA.A ,BOUAMEUR.A).**

Bassin Hydrogéologique	Sources
Bassin Hydrogéologique de Saida	Ain-zerga,Source de poirier,Ain-Moussoualuf, Ain-Ben Soltane, Source Ronde , Ain-Fakhroun , Source Tièda , Source de la Tranchée, Ain-Hadjar,Ain-Tagourarelt,Ain-Tameshooum,Ain-beida,Ain-Said Fatah,Ain-Touta,Ain-Es Shirat,Ain-Mathnia,Ain Massaoud , Ain Karma,Ain-Fakroun.
Bassin Hydrogéologique de Tiffrit	Tiffrit Toufout
Bassin Hydrogéologique du Plateau d'Ain-Sultane	Ain-Yahia, Ain-sultane, Ain-M'Nir, Ain-Fertas, Ain-Kerma
Bassin Hydrogéologique du Plateau d'Ain-Balloul	Ain-Bou Amar, Ain-Balloul, Ain-Seridj, Ain-Souig, Ain-Ras Guersif, Ain-Mizraf, Ain-Tefaha, Ain-El-Hadjel.

La plupart de ces sources ont un débit moyen compris entre 1 à 10 l/s. cependant, il existe quelques unes dont le débit est très important telles que les Sources d'Ain-El zerga, Ain-sultane, source du poirier , Ain-Fakroun et Tiffrit.

Tableau N°14 : Forages exploités dans la région de Saida (D.R.E. Saida 2018)

N°	Nom du forage	Aquifére	X	Y	Z	PRO (m)	N.S. (m)	Débit (l/s)	V prélevé (m 3/an)
1	Ben-adouane	Dolomie Bajo-bathonien	262 . 30	168,60	945	250	00	7	57.000.00
2	F62	Dolomie Bajo-Bathonien	267.00	179.70	727	180	Jaillissant	90	2.700.000.00
3	F4	Dolomie Bajo-bathinien	267.60	180.00	750	320	Jaillissant	14	320.000.00
4	F27	Dolomie Bajo-bathonien	266.80	179.40	727	200	Jaillissant	20	1.280.000,00
5	Hammam Rabbi	Aalien Bajocien	271.90	185.95		140	6.5	5.7	Thermalisme

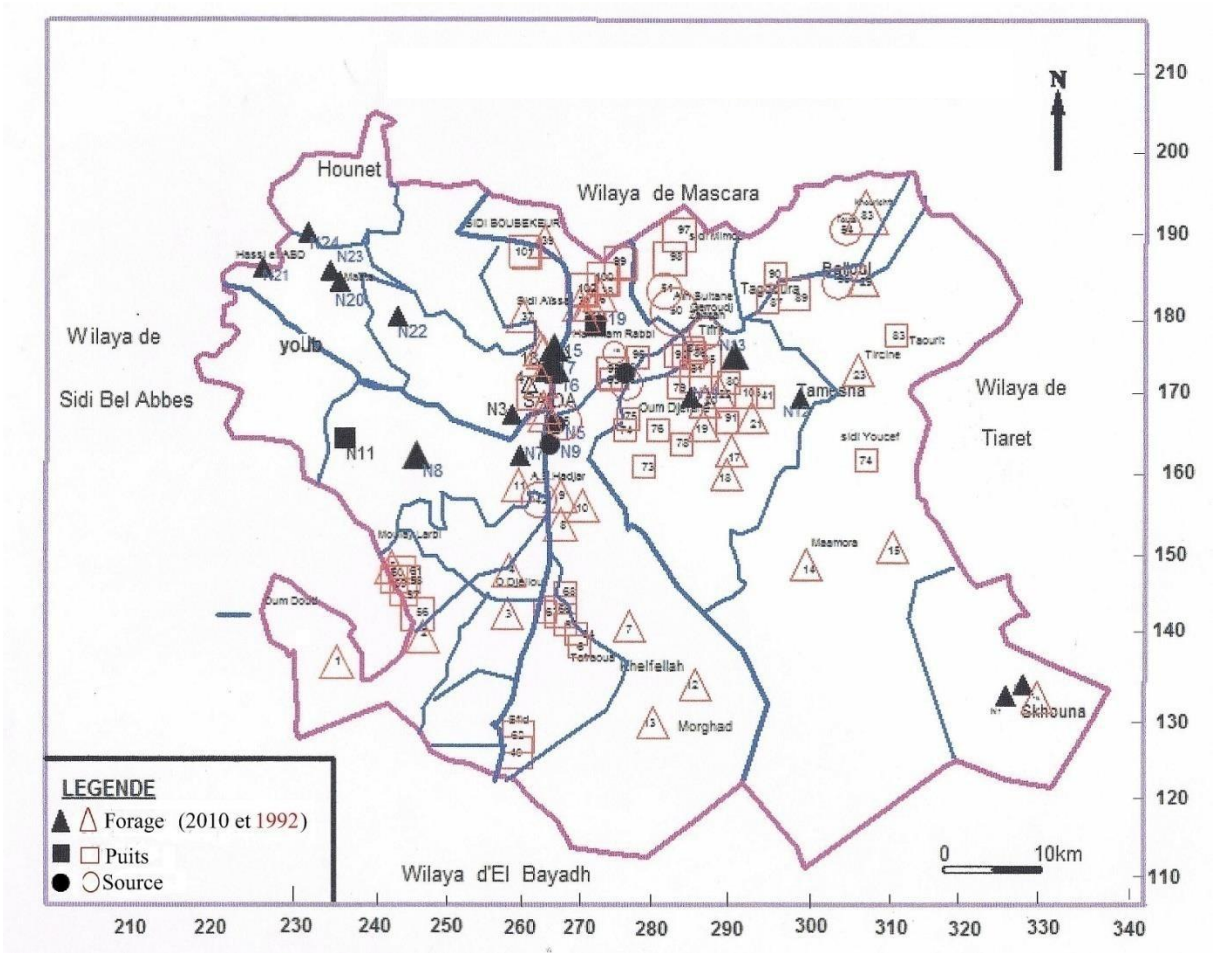


Figure N°16 :position géographique des points d'eau analysés (**companges 1992-2010)(DJIDI K. 2005).**

3.2 Description des aquifères :

1.3.2.1 Aquifère du Jurassique inférieur :

Le réservoir est dolomitique et est très perméable. Le substratum schisteux, sub horizontal, constitue l'assise d'une nappe importante qui alimente de nombreuses sources telle Ain Tiffrit qui dessert les centres d'Oum Djrane et Djida. Une partie de l'eau qui s'infiltre à travers les fissures réapparait à Hammam Rabi. Le toit est constitué par les marnes d'Essafaah du toarcie.

1.3.2.2 Aquifère du Bajo- Bathonien :

Il est karstique et constituait le réservoir essentiel pour l'A.E.P de la ville de Saida. Cet aquifère qui est libre dans les régions ou les dolomies et calcaires affleurent (plateau d'Oum Djrane et de Tridentine, à l'est de la ville) devient captif lorsqu'il est surmonté par le Callovo-Oxfordien, argilo-gréseux, qui constitue le toit.

Le mur est représenté par les marna-calcaires du toarcien qui constitue l'assise d'une nappe importante donnant naissance à de nombreuses résurgences.

1.3.2.3 Aquifère du Callovo-Oxfordien :

Les bancs de grés sont peu aquifères. Les débits mobilisés n'excédent pas 21/s. Seuls les bancs en contact avec le Bajo-Bathonien, dans la zone faillée, offrent des débits intéressants (le forage de Benadouane donne 131/s).

1.3.2.4 Aquifère du Lusitanien :

Il est représenté par des grés qui sont peu aquifères. La nappe est libre, le mur est constitué par les argiles de Saida, du callovo-oxfordien.

1.3.2.5 Aquifère du Kimméridgien :

Le réservoir est dolomitique. On le retrouve à Sidi Boubekeur. Deux forage y ont été réalisés, l'un est sec (180m) et l'autre donne 131/s (100 m de profondeur).

1.3.2.6 Aquifères du Crétacé :

a. Aquifère du Barrémien :

Le réservoir est gréseux. Tous les forages qui y ont été réalisés ont offert des débits excédant 301/s (au Nord-Ouest de la ville de Saida).

b. Aquifère du Sénonien :

Le réservoir est calcaire. On le retrouve en trois lambeaux :

- Au niveau d'Ain Skhouna, le lambeau le plus important est capté par forage sur une puissance de 100m. il est alimenté par l'aquifère Aeléno-Bathonien.
- Au niveau de la bande étroite longeant l'axe des Guernatis Cheraga, il est stérile.
- Il affleure au Nord-est dans le prolongement de Rejm El Halfa. Il renferme des réserves saisonnières.

1.3.2.7 Aquifères du tertiaire et du Plio-Quaternaire :

a. Aquifère du Tertiaire continental :

Le Tertiaire continental couvre la partie médiane du Chott Chergui, on retrouve :

- Le niveau grossier de base : il constitue un aquifère important dans la zone d'Ain Skhouna. Il est parfois difficile de le distingue de la partie supérieure très altérée des calcaires Sénoniens.
- Les calcaires lacustres : ils sont parfois très altérée et perméables. Ils sont le plus souvent lenticulaires et ne communiquent que difficilement entre eux. Ils affleurent au dessus de la carapace calcaire recouvrant le tertiaire continental et alimentant en leurs points bas des résurgences telles que la source Ain Souaane.
- Les niveaux sableux ou conglomératique : ils sont intercalés dans les argiles de eaux des massifs qui les bordent. remplissage Tertiaire. Ils peuvent être très perméables s'ils ne sont pas isolés dans les argiles ou colmatés par un ciment marneux.

□□La carapace calcaire : elle recouvre sur presque toute sa surface le remplissage Tertiaire, sauf dans la partie centrale de la dépression. Sa surface est recouverte de petites Daïas.

b. Aquifère du Plio-Quaternaire :

Les atterrissements du tertiaire et du quaternaire qui comblent les dépressions, bien que d'origine très diverses, forment une seule unité hydrogéologique et alimentent souvent par leur impluvium propre des nappes importantes, mais drainent en outre parfois les eaux des massifs qui les bordent.

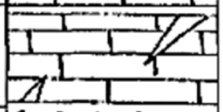
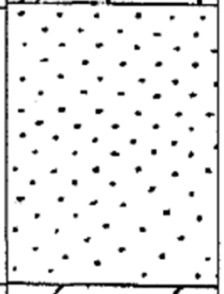
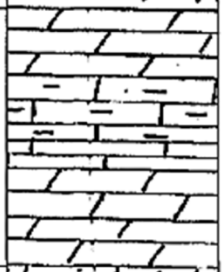
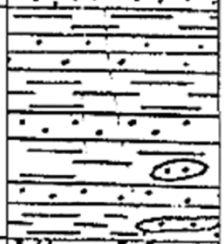
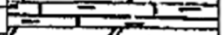
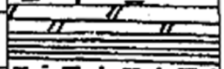
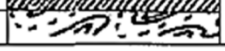
Épaisseur en mètre	Âge	Log	Formations géologiques	Caractéristique aquifère
75	Tertiaire et Plio Quaternaire		Alluvions	Perméabilité d'interstices et/ou de fissures
100	Sénonien		Calcaires	Perméabilité de fissures et cavitaires (karst)
300	Barrémien		Grès	Perméabilité d'interstices
310	Kimméridgien		Dolomies et calcaires	Perméabilité de fissures
180	Lusitanien		Grès à passages argileux	Perméabilité d'interstices
250	Callovo-Oxfordien		Alternances d'argiles et de grès	Perméabilité d'interstices et parfois de fissures (en zones faillées)
150	Aaléno-Bajo-Bathonien		Dolomies supérieures	Perméabilité de fissures et cavitaires (karst)
25	Toarcien		Marnes	Imperméable
30	Domérien		Dolomie inférieure	Perméabilité de fissures
90	Trias		Argiles, grès, basalte	Imperméable
30	Primaire		Terrains métamorphiques	Imperméable

Figure n°17 : Coupe des caractéristiques hydrogéologiques de la région de Saida.
(D'après Clair, (1952) et Pitaud, (1973)).

Principales nappes

Du point de vue hydrogéologique la vallée de Saida est caractérisée par la présence de deux (2) grands types de nappes aquifères : la nappe superficielle et la nappe karstique.

A) Nappe superficielle

C'est une nappe localisée exclusivement dans la vallée du l'oued Saida dont l'aquifère est formé par les couches supérieures de la formation de Saida et leur couverture plio-quaternaire, avec altération de la partie supérieure (argilo-gréseuse) de cette formation constituant avec les dépôts récents du Plio-Quaternaire un réservoir commun, peu profond drainé par plusieurs exutoires sous forme de sources (Ain Bourached, Ain Sidi Ali, Abid Belabane). Elle est alimentée exclusivement par les précipitations sur toute sa surface découverte, certaines failles (celle de Hammam Rabi par exemple) la mettent en communication avec la nappe karstique, ce qui rend possible un déversement des eaux karstiques au réservoir superficiel. La vidange quant à elle, s'effectue par de nombreuses sources telles que : Ain Tebouda, Ain Bourached et Ain Sidi Ali.

B) La nappe karstique

C'est la nappe la plus importante et la plus intéressante pour l'alimentation des agglomérations, de l'industrie et de l'agriculture. Elle est localisée dans les sédiments carbonatés du Jurassique inférieur et moyen (formation carbonatée de Nador principalement). Elle comporte une partie captive dans la vallée de Saida et une partie libre dans le reste de l'aquifère.

Elle présente aussi une discontinuité et une hétérogénéité dans son comportement géologique suite aux perturbations locales provoquées par la présence de couches argileuses et les nombreuses failles tectoniques, qui jouent un rôle important dans :

- Les effondrements profonds qui marquent les limites imperméables de la nappe à l'Ouest, Nord-Ouest et au Nord-Est,
- la création de lignes de partage des eaux souterraines à l'intérieur de l'aquifère,
- présence de lignes de décharge de la nappe auxquelles sont rattachées la plupart des sources.

Conclusion

De point de vue hydrogéologique, la région des Monts de Saida est caractérisée par la présence de deux types de nappes, une nappe superficielle localisée exclusivement dans la vallée de l'Oued Saida, et une autre, plus importante et plus intéressante située dans les sédiments carbonatés du Jurassique inférieur et moyen (formation des carbonates de Nador : l'Aaléno-Bathonien). Cette nappe qui fait l'objet de notre étude comportant une partie captive dans la vallée de Saida et une autre libre dans le reste du réservoir est très influencée par le phénomène de fissuration et de karstification.

Chapitre 4

ETUDE HYDROCHIMIQUE

Approche hydrogéologique hydrochimique des eaux souterraines dans une zone semi aride: Cas de la nappe de SAIDA

Introduction :

Le but de cette étude hydro-chimique est de déterminer les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques des eaux et d'étudier la qualité des eaux souterraine vis-à-vis de la potabilité et leur aptitude à l'irrigation.

Pour cela, un certain nombre des diagrammes ont été élaborés et qui serviront de base pour l'interprétation des résultats des analyses physico-chimique.

.L'objectif de travail

L'objectif de notre travail est l'évaluation de la qualité bactériologique et physico-chimique des eaux souterraines de la région Saida.

.La localisation des points de prélèvement dans la zone d'étude :

La figure n° ci-dessous montre la localisation des points de prélèvement dans la zone d'étude

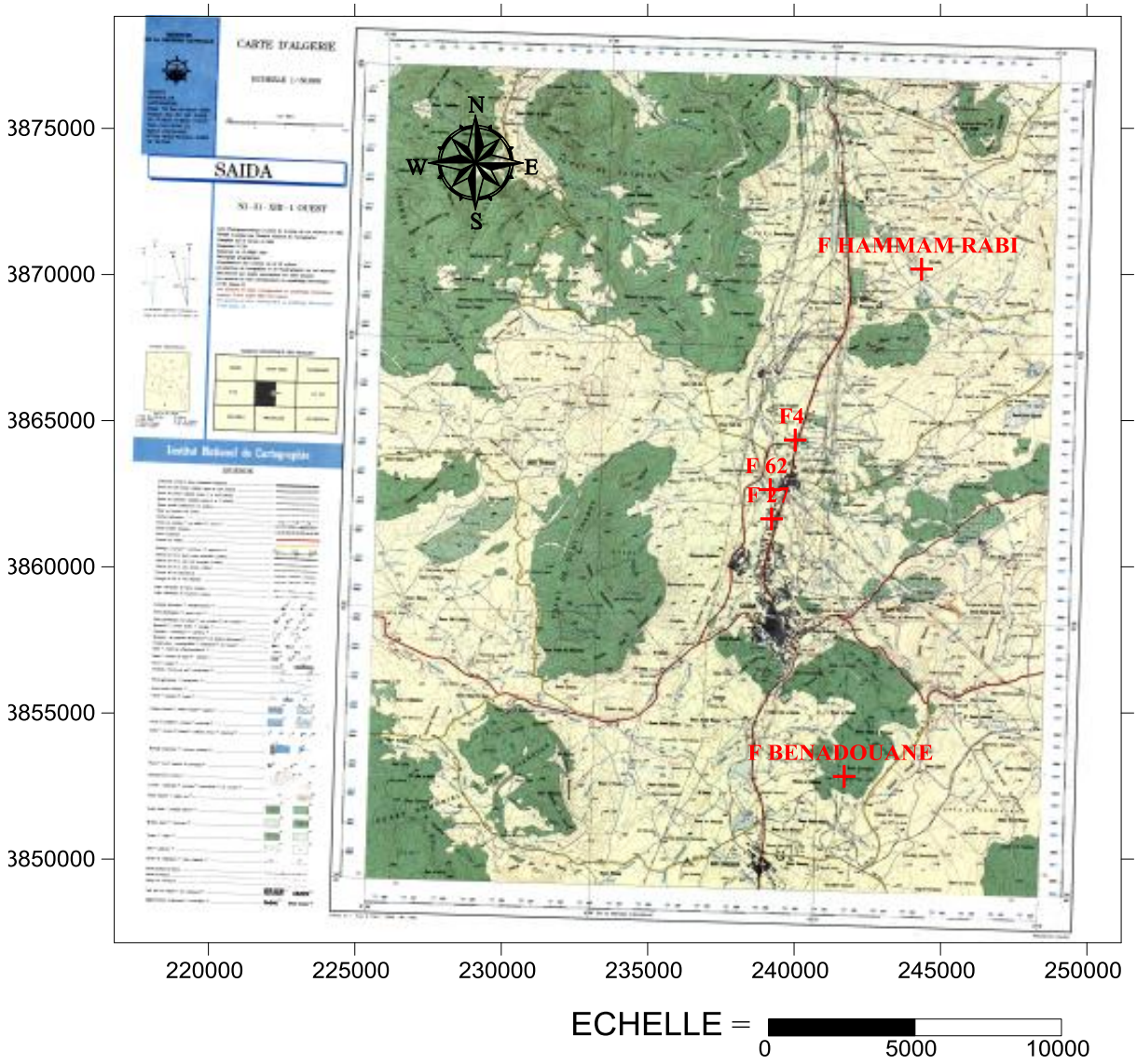


Figure n°18 : Carte de localisation des points de prélèvement de la zone d'étude

II.5.Mode de prélèvement

Le prélèvement doit s'effectuer dans des conditions d'asepsie rigoureuse, les techniques de prélèvement sont variables en fonction du but recherché et de la nature de l'eau à analyser.

(Guiraud .J –P, 1998)

II.5.1.Echantillonnage

Le premier objectif de l'échantillonnage est d'obtenir des prélèvements représentatifs de l'élément que l'on désire à analyser .D'après leur destination ; les échantillons sont prés dans

des flacons en verres ou dans des bouteilles en plastique. Le matériel de prélèvement doit faire l'objet d'une attention particulière

.2.Transport et conservation au laboratoire pour les analyses :

Les échantillons sont soumis dans des flacons en verre stérilisés de 1000ml pour ne pas modifier la microflore naturelle de l'eau, et doivent être transportés dans une glacière portative ($+4^0$ C), à l'abri de la lumière dont les analyses surtout microbiologique doivent être exécutées dans les 6heures au maximum qui suivent les prélèvements. Après la prise d'essai, ilest recommandé de placer le reste du prélèvement non utilisé au réfrigérateur. **(Rodire .J, et al 2005).**

Parmi les paramètres chimiques généralement étudiés, on cite :

A- **Paramètres physiques**

- La température (T°).
- Le potentiel d'Hydrogène (pH).
- La conductivité électrique (CE)
-Turbidité

B - Les éléments majeurs :

- ✓ Les cations : Ca^{+2}, Mg^{+2}, K^{+}, Na^{+}.
- ✓ Les anions: HCO_3^{-}, SO_4^{-2}, Cl^{-}, NO_3^{-}.
- ✓ **TA, TDS, TAC.**

C - Les éléments de pollution :

- ✓ Les éléments nutritifs : NO_3^{-}, NO_2^{-}, NH_4^{+}, PO_4^{3-}
- ✓ les éléments organiques : Matières organiques

Pour bien interpréter ces analyses, on utilise les courbes etles diagrammes qui peuvent mettre en évidence l'évolution des différents éléments chimiques et leurs origines.

II.1.Le protocole expérimental :

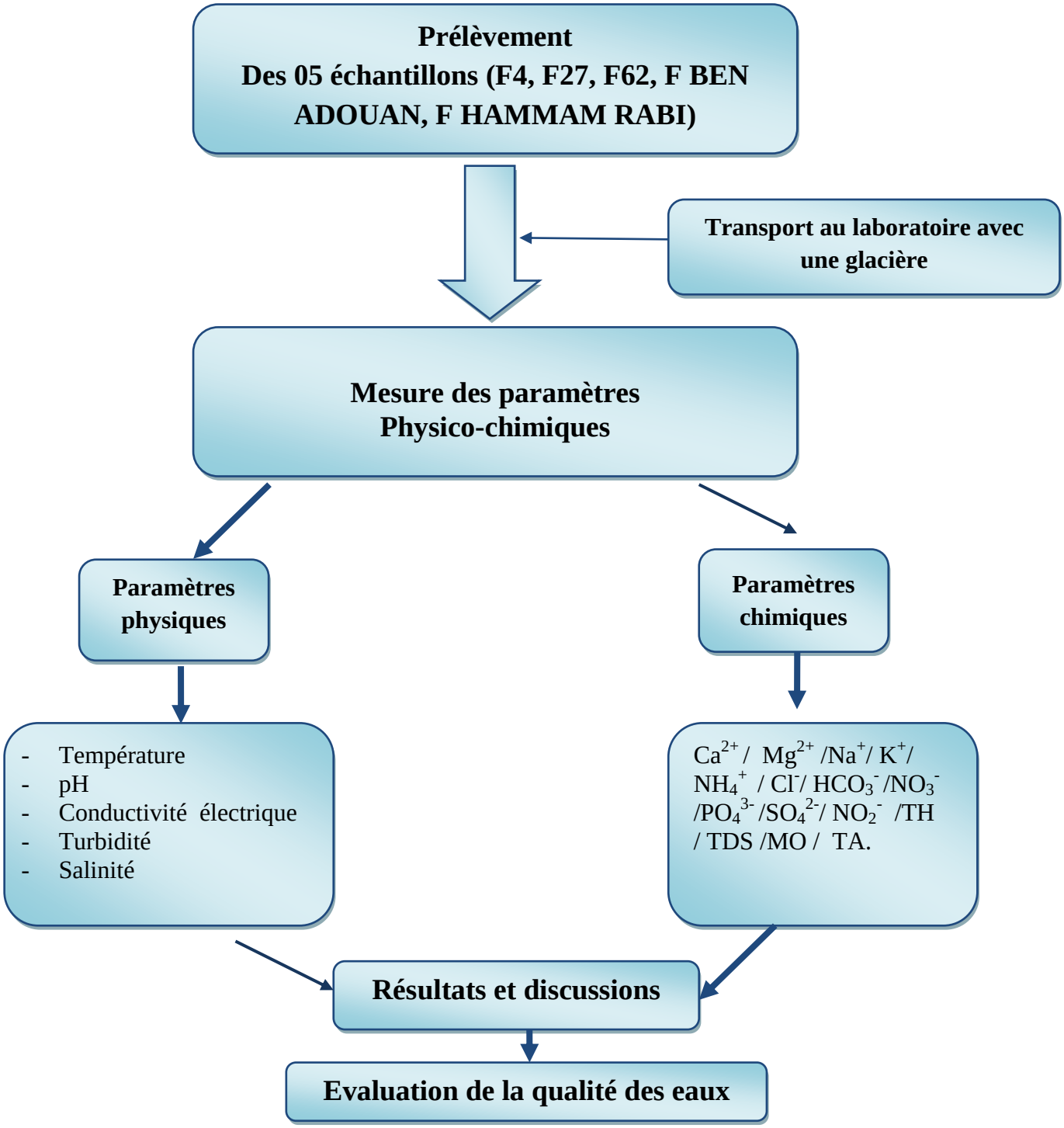


Figure N^0 19:Schéma du protocole expérimental

Notre étude expérimentale a été réalisée au niveau du laboratoire l'Algérienne des eaux (ADE) de la wilaya de Saida.

IV-3.Etude hydro chimique

La qualité des eaux des forages de la nappe de Saida (F4 ,F27,F62, F Hammam Rabi ,F Benadouane) est évaluée (2017) grâce à la mesure de certains paramètres physico-chimiques reflétant la qualité d'eau. Elle est déterminée en comparant les résultats aux normes algériennes des eaux de consommation humaine.

Tableau N° 15 : PARAMETRES DE QUALITE DE L'EAU DE CONSOMMATION HUMAINE AVEC VALEURS LIMITES (Décret exécutif n° 11-125 du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine.)

GROUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS LIMITES
Paramètres chimiques	Aluminium	mg/l	0,2
	Ammonium	mg/l	0,5
	Baryum	mg/l	0,7
	Bore	mg/l	1
	Fer total	mg/l	0,3
	Fluorures	mg/l	1,5
	Manganèse	µg/l	50
	Nitrates	mg/l	50
	Nitrites	mg/l	0,2
	Oxydabilité	mg/l O2	5
	Phosphore	mg/l	5
	Acrylamide	µg/l	0,5
	Antimoine	µg/l	20
	Argent	µg/l	100
	Arsenic	µg/l	10
	Cadmium	µg/l	3
	Chrome total	µg/l	50
	Cuivre	mg/l	2
	Cyanure	µg/l	70
	Mercure	µg/l	6
	Nickel	µg/l	70
	Plomb	µg/l	10
	Sélénium	µg/l	10
	Zinc	mg/l	5

Tableau N° 16 : PARAMETRES DE QUALITE DE L'EAU DE CONSOMMATION HUMAINE AVEC VALEURS INDICATIVES (Décret exécutif n° 11-125 du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine.)

GROUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS INDICATIVES
Paramètres organoleptiques	Couleur	mg/l Platine	15
	Turbidité	NTU	5
	Odeur à 12°C	Taux dilution	4
	Saveur à 25°C	Taux dilution	4
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	Alcalinité	mg/l en $CaC0_3$	500
	Calcium	mg/l en $CaC0_3$	200
	Chlorures	mg/l	500
	Concentration en ions hydrogène	Unité pH	≥ 6,5 et ≤ 9
	Conductivité à 20°C	µS/cm	2800
	Dureté	mg/l en $CaC0_3$	200
	Potassium	mg/l	12
	Résidu sec	mg/l	1500
	Sodium	mg/l	200
	Sulfates	mg/l	400
	Température	°C	25

Les résultats des analyses physico-chimiques des eaux de la nappe de Saida sont représentée dans l'Annexe n°01.

III. Résultats et discussions

III.1.Discussions des paramètres physiques

III.1.1.Température (T°) :

Les valeurs mesurées de la température (°C) des échantillons d'eau de chaque prélèvement sont exprimés dans la figure ci-dessous :

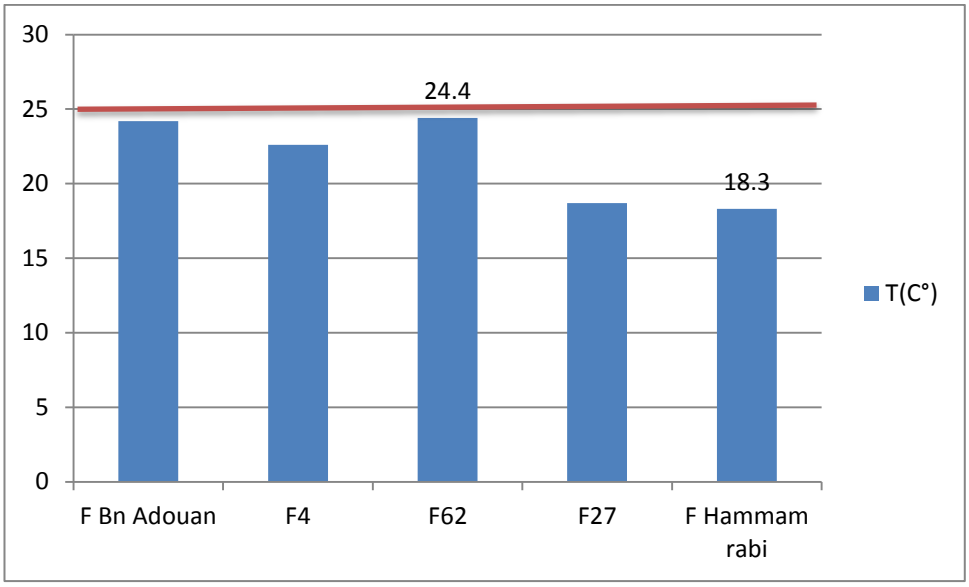


Figure N°20 : Histogramme des résultats de la température (°C) des points de prélèvement

Selon les résultats obtenus de la température de l'eaudes trois points de prélèvement qui varient entre 24,4 et 18,3°C, cette différence est due au changement de la température atmosphérique .Ces valeurs de température sont inférieures aux normes algériennes qui sont fixés à 25°C.

III.1.2.Potentiel d'Hydrogène (pH) :

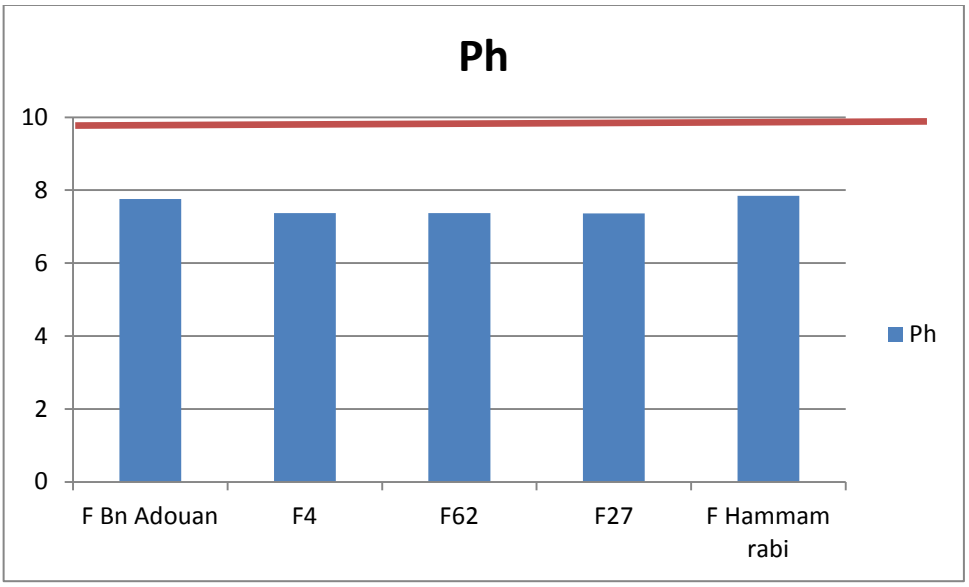


figure N°21: Histogramme des résultats du pH des points de prélèvement

Les valeurs de pH obtenues sont comprises entre 7,85 et 7,36 qui répondent effectivement aux normes algériennes des eaux de consommation fixées entre(6,5 <pH<9).

La valeur du pH est liée à la nature des terrains traversés (**Rodier, 2005).**

II.1.3Conductivité électrique (CE) :

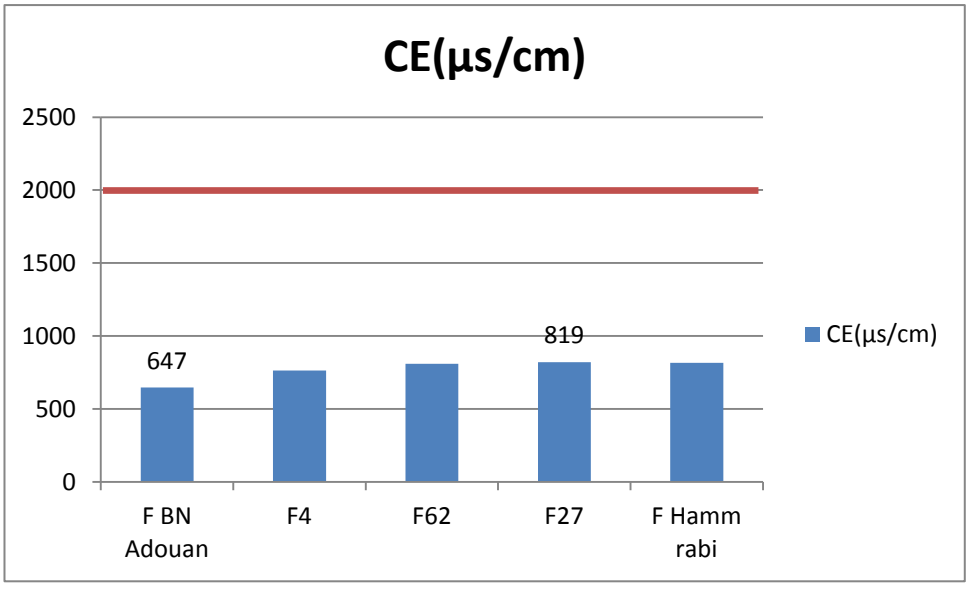


Figure N°22 : Histogramme des résultats de la conductivité électrique en (µs/cm) des points de prélèvement

La conductivité électrique est un signe de minéralisation, et selon nos résultats obtenus aux cours des mesures qui varient entre 819 et 647 µs/cm, ces valeurs sont inférieures à la norme algérienne des eaux potables fixée à (2000 µs/cm)

III.1.4.Turbidité :

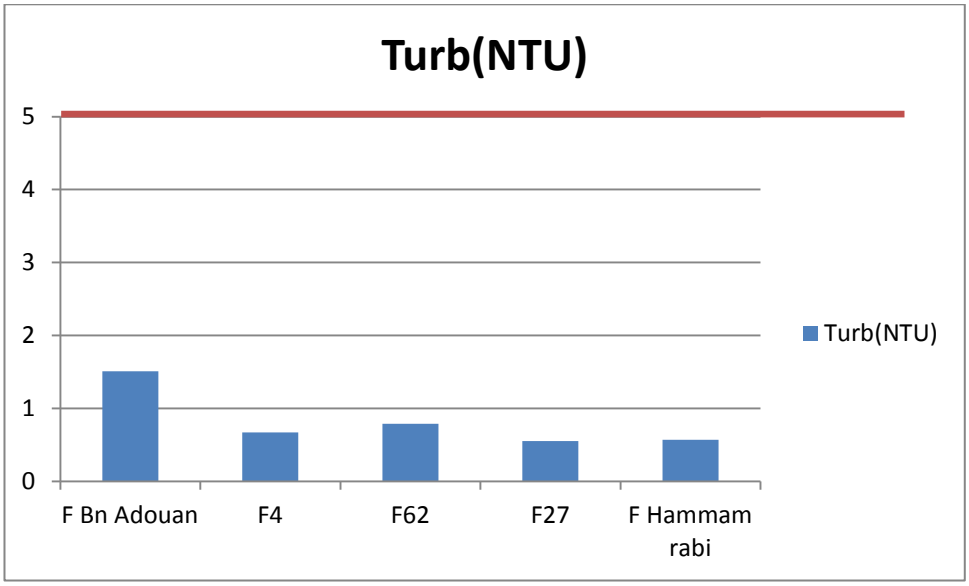


Figure N°23: Histogramme des résultats de la turbidité (en NTU) des points de prélèvement.

Nous remarquons que les valeurs de la turbidité sont comprises entre 1,51 et 0,55 NTU , et qui sont nettement inférieures à la norme algérienne fixée à 5 NTU ce qui signifie que cette eau et limpide.

III.1.5.Salinité :

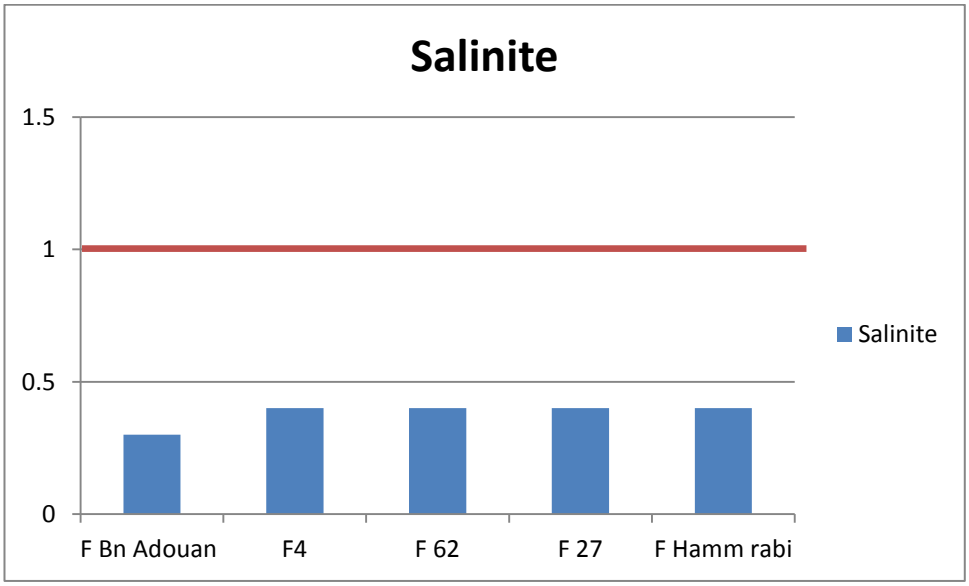


Figure N°24 : Histogramme des résultats de la Salinité(g/l) des points de prélèvement

D'après les résultats d'analyse dans la figure ci-dessus, on observe que la valeur maximale de la salinité est l'eau de forage (F4 ,F62,F27,F HAMAM RABI) avec une valeur de 0.4%, et d'une valeur de 0,3% pour le forage F BEN ADOUAN et les cinq points de prélèvement ne dépassent pas la valeur admissible fixée à 1g/l.

III.2.Discussion des résultats des paramètres chimiques :

III.2.1.Calcium (Ca^{2+}) :

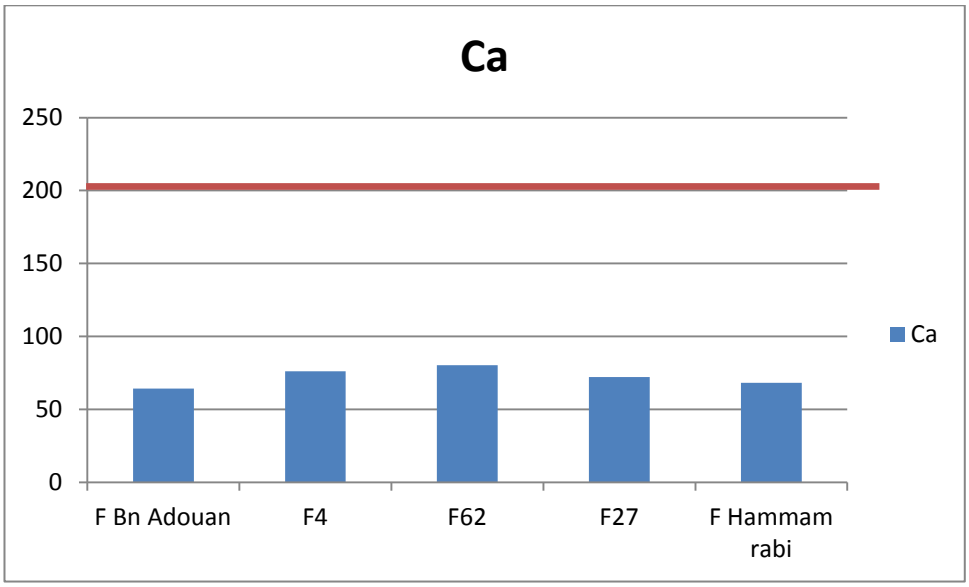


Figure N°25 : Histogramme des résultats du Calcium (mg/l) des points de prélèvement

D'après les résultats d'analyse illustré dans la figure N° 19, on observe que l'eau des points de prélèvement ont une teneur en calcium inférieure aux normes algériennes des eaux potables fixées à 200mg/l.

III.2.2.Magnésium (Mg^{2+}) :

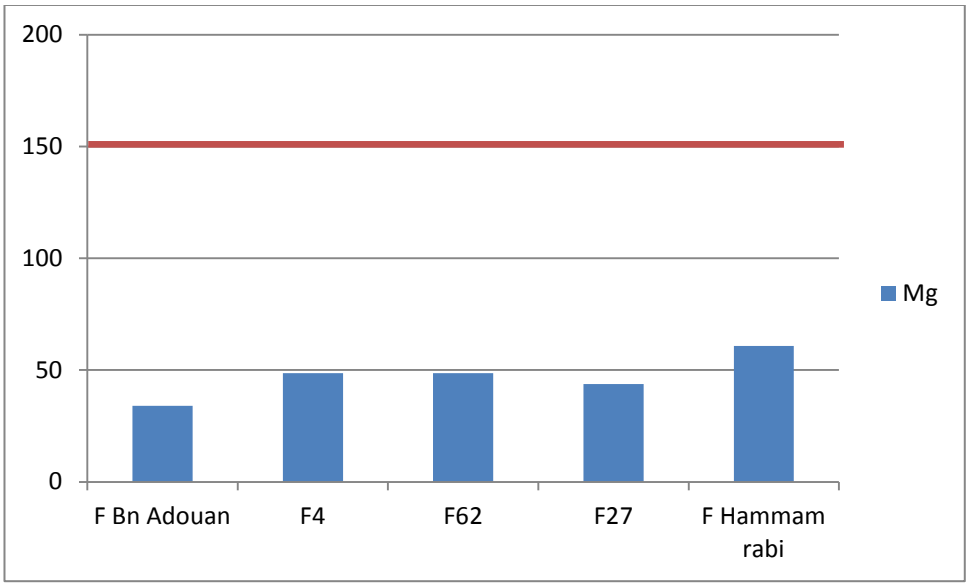


Figure N°26 : Histogramme des résultats duMagnésium (mg/l) des points de prélèvement

Le magnésium est un élément de la dureté de l'eau et sa teneur dépend des terrains traversés.

Nous remarquons que les teneurs en magnésium varient entre 34,02et 60,75mg/l pour les cinqpoints de prélèvement.

On peut dire que ces valeurs répondent aux normes algériennes des eaux potables qui sont 150mg/l.

III.2.3.Teneur en bicarbonates (HCO_3^-) :

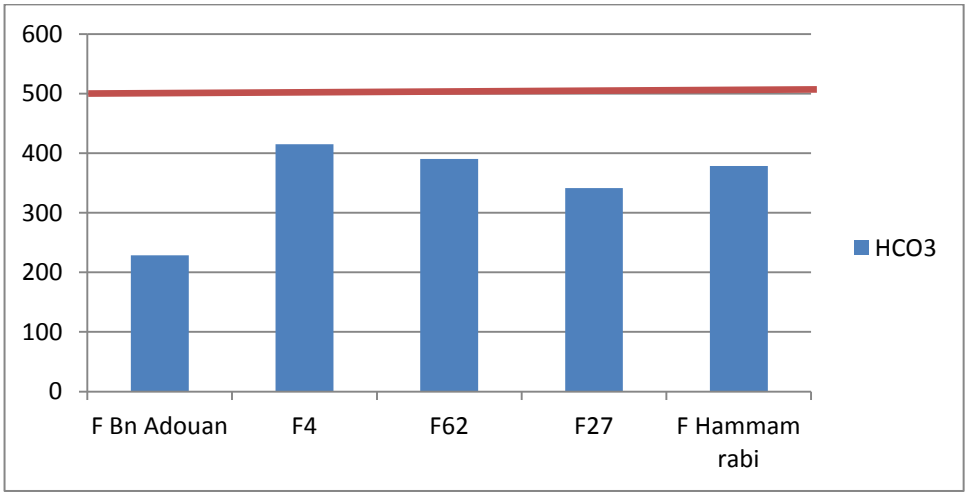


Figure N°27 : Histogramme des résultats des bicarbonates (mg/l) des points de prélèvement

Les résultats montrent que la teneur en bicarbonates (HCO_3^-) varie entre 414,8mg/l et 268,4mg /l Ces valeurs des trois échantillons restent inférieures aux normes de potabilité fixées à 500mg/l

III.2.4Chlorures (Cl^-):

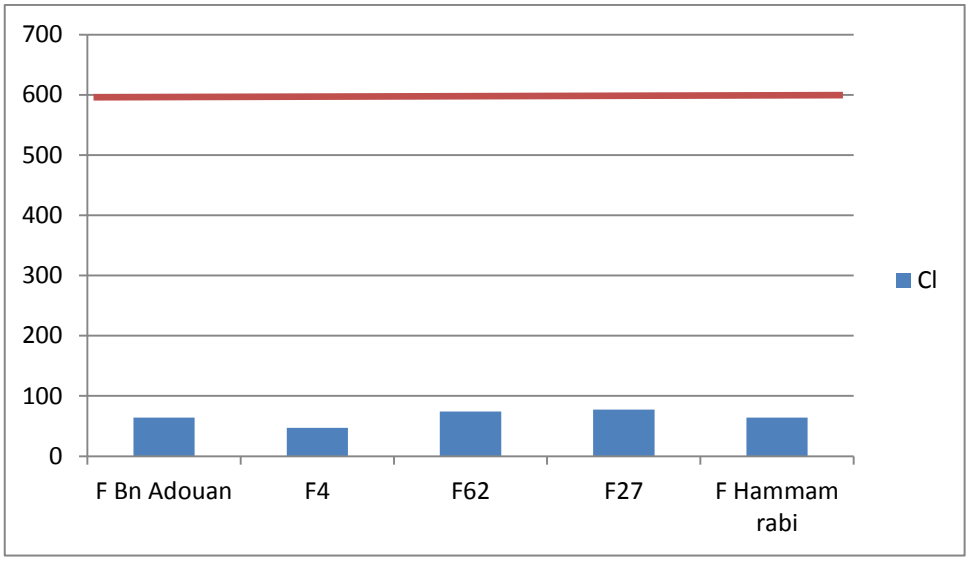


Figure N°28 : Histogramme des résultats des Chlorures (mg/l) des points de prélèvement

Les résultats obtenus montrent que la concentration en chlorures inférieure aux normes algériennes des eaux potables fixées à 600mg/l, donc les eaux des 05 points analysées : F4 ,F27 ,F62,F Ben Adouan répondent aux normes d'eau potable en chlorure respectivement variée entre 77,46 mg /l et 47,15mg /l

III.2.5. Les Sulfates (SO_4^{2-}) :

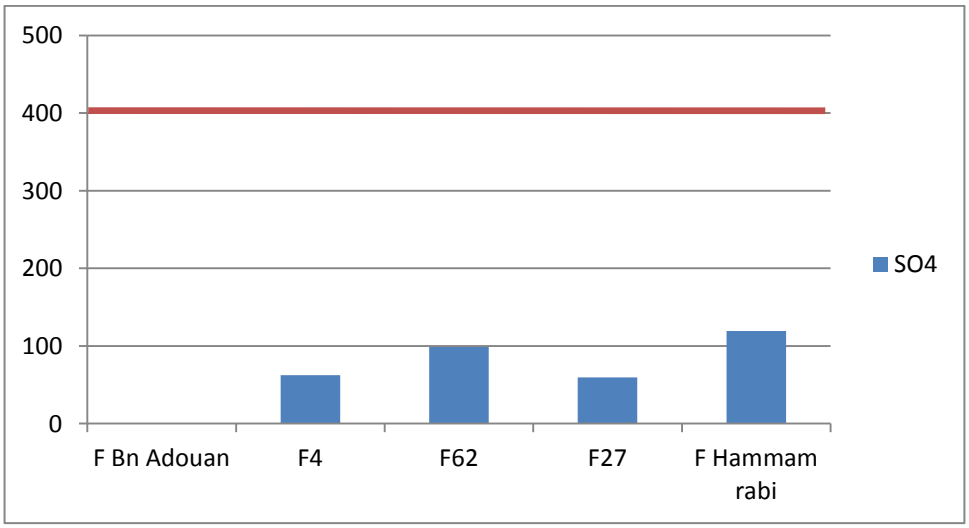


Figure N°29 : Histogramme des résultats des analyses des Sulfates (SO_4^{2-}) des points de prélèvement

La représentation graphique des résultats des concentrations des sulfates dans nos échantillons montre clairement que les valeurs des cinqprélèvements sont relativement faibles qui varient entre0,7et 119,3mg/l .Cette diminution dépend à la qualité de l'eau.

Ces valeurs faibles restent inférieures à la norme algérienne fixée à 400mg/l.

III.2.6.Taux des solides dissous (TDS)

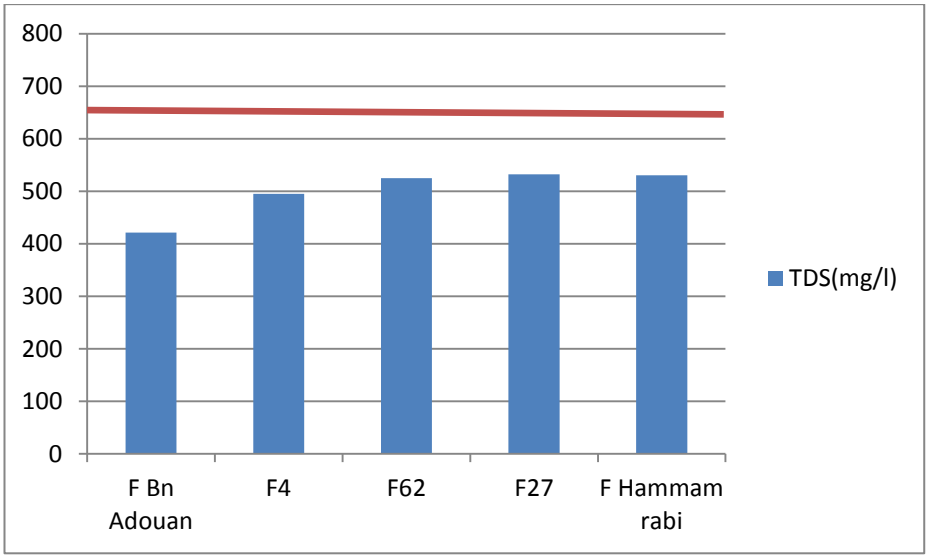


Figure N°30 : Histogramme des résultats des analyses TDS des points de prélèvement

A la lumière des résultats exprimés, nous remarquons que la valeur de taux des solides dissousa atteint une valeur maximale de l'ordre de 532 mg/l pour le forage F27 et pour les valeurs desquatres points de prélèvement atteignent respectivement 530 et 421mg/l qui restent relativement inférieuresa la norme algérienne qui recommande une valeur de 650mg/l.

III.2.8. Matière organique (MO) :

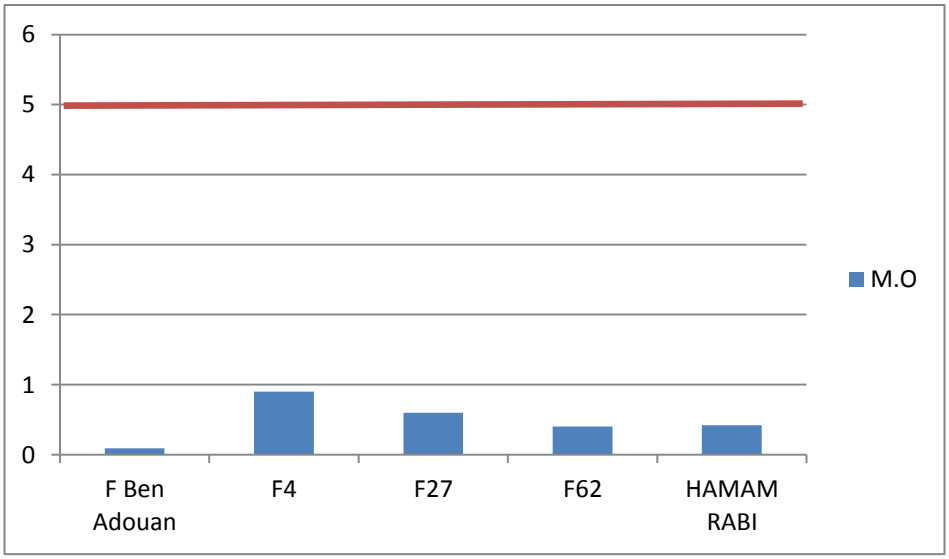


Figure N°31 : Histogramme des résultats des analyses de la matière organique (mg/l) des points de prélèvement

La présence dans une eau souterraine de MO constitue un milieu nutritif favorable au développement des microorganismes, notamment pathogènes.

La matière organique est la cause du mauvais gout, une teneur élevée de MO devra toujours suspecter une contamination microbienne.La décomposition de cette MO libère des matières nuisibles qui contaminent l'eau.

D'après les résultats obtenus et qui sont représentés dans l'histogramme de la figureci dessus nous observons que les valeurs trouvées pour l'oxydabilité de MO au $KMnO_4$ en milieu acide varient entre 0,9 et 0,092mg/l. Donc les cinq valeurs sont inférieures aux normes algériennes décrites de l'ordre de 5mg/l.

III.2.9.Titre hydrométrique (TH)

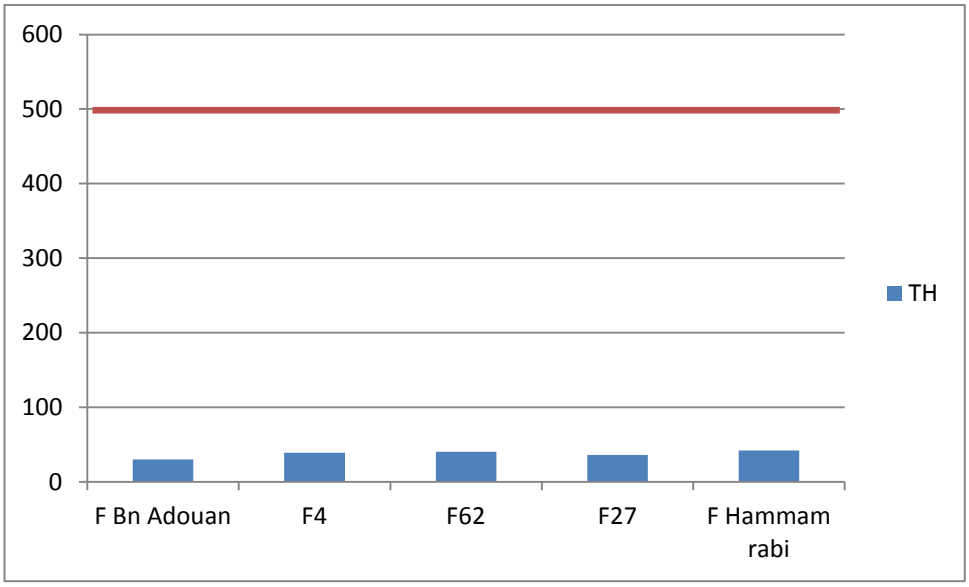


Figure N°32 : Histogramme des résultats des analyses TH (mg/l de $CaCO_3$) des points de prélèvement

Les résultats obtenus montrent que la dureté totale atteint la valeur maximale au niveau du forage Hammam Rabi avec 42mg/l de $CaCO_3$, et la valeur minimale au niveau de F Ben Adouan30mg/l de $CaCO_3$.

Les normes algériennes recommandent la valeur maximale admissible pour la dureté des eaux destinées à la consommation à 500mg/l de $CaCO_3$. Les eaux des 05 points analysés sont assez dures à dures puisque les valeurs de TH enregistrées sont comprisesentre250 à 420mg/l de $CaCO_3$.

III.3.Paramètres de pollution :

III.3.1.Azote ammoniacal (NH_4^+) :

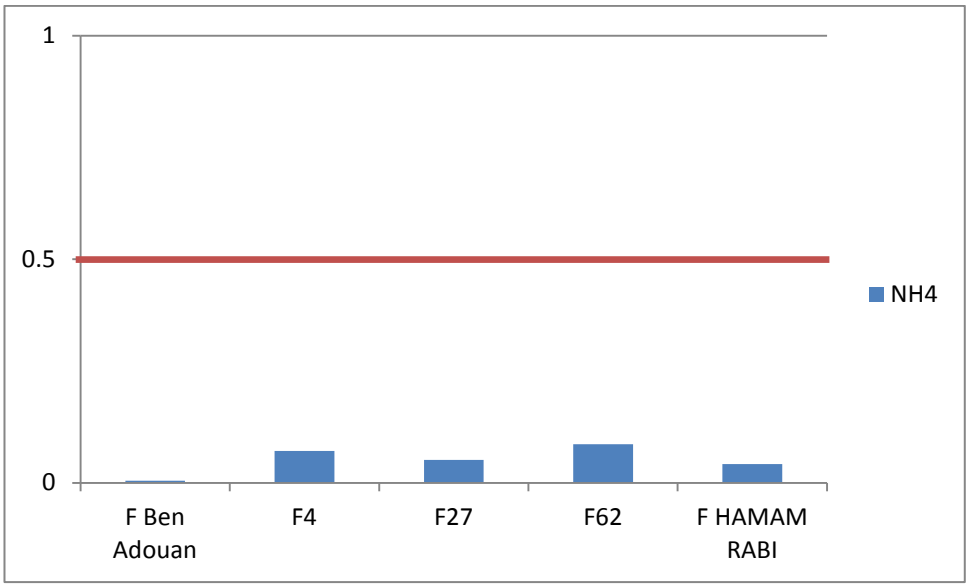


Figure N°33 : Histogramme des résultats d'azote ammoniacal (NH_4^+) (mg/l) des points de prélèvement

Les valeurs des teneurs en azote ammoniacal (NH_4^+) sont très faibles variée entre 0,042 et 0,08mg/l , qui explique que l'eau de cinq échantillonsest de bonne qualité.

III.3.2.Nitrates (NO_3^-) :

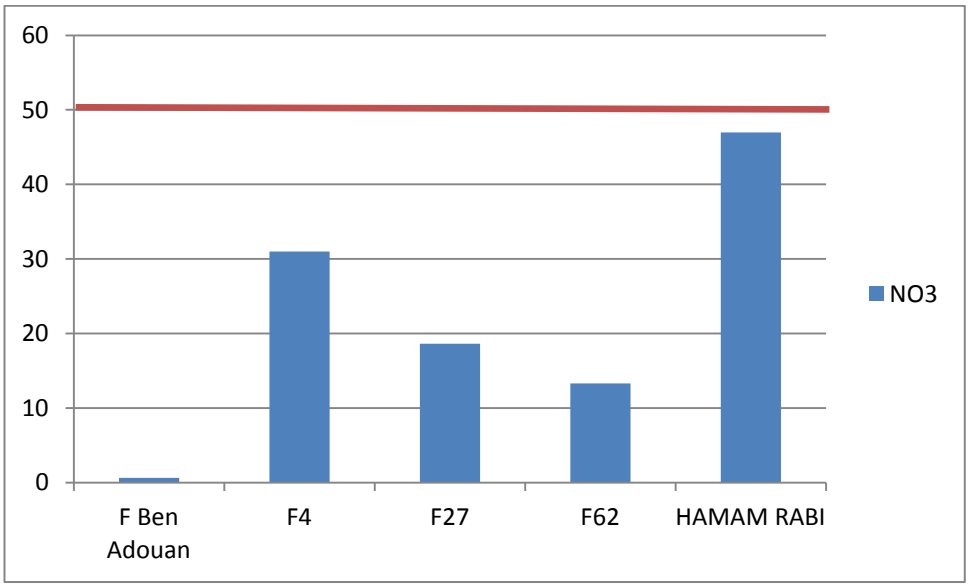


Figure N°34 : Histogramme des résultats des nitrates (NO_3^-) en mg/l des points de prélèvement.

Les nitrates sont des sels facilement entrainés en profondeurs par les eaux d'infiltration et leurs présences sont dues principalement à la présence des microorganismes. La présence desnitrates dans les eaux souterraines, résulte d'une contamination de surface liée essentiellement aux rejets d'effluents domestiques et industriels ou l'utilisation des engrais chimiques.

Les résultats obtenus montrent que les concentrations des nitrates dans les eaux des points d'eau étudiés sont comprises entre 0,64 et 46,95mg/l, ces valeurs sont inférieures aux normes de l'eau potable fixées à 50mg/l.

III.3.3.Phosphates (PO_4^{3-}) :

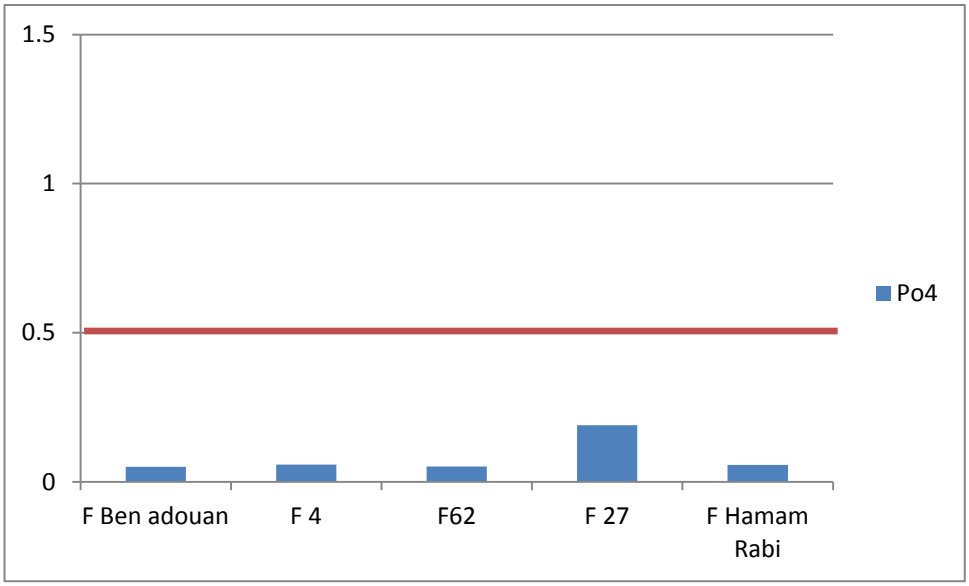


Figure N°35 : Histogramme des teneurs en phosphates (PO_4^{3-}) en mg/l des points de prélèvement.

Les valeurs trouvées pour les teneurs en phosphates (PO_4^{3-}) des points de prélèvement sont très faibles variée entre 0,050 et 0,11 . Cette valeur est conforme à la norme algérienne qui est déterminée par 0,5mg/l.

III.3.4.Nitrites (NO_2^-) :

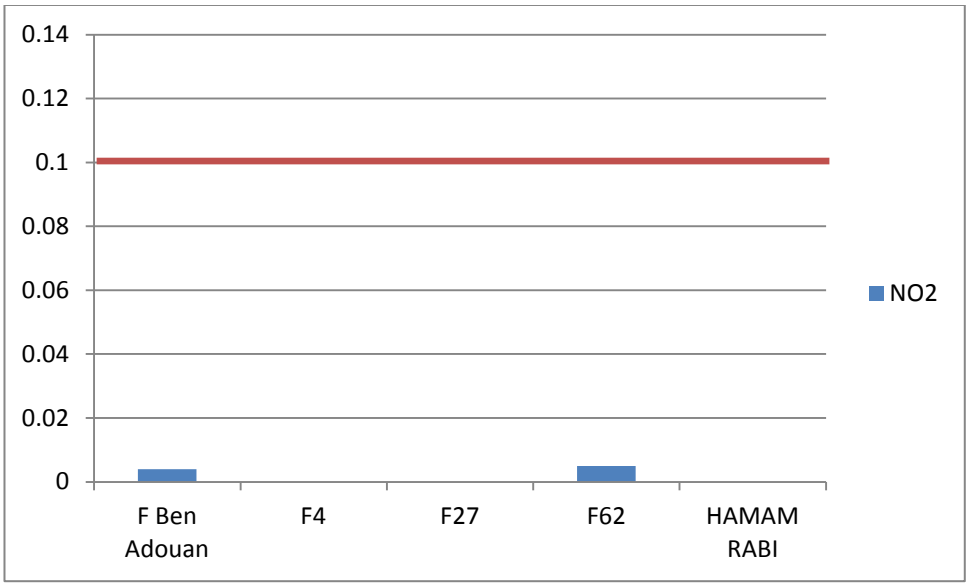


Figure N°36 : Histogramme des teneurs en nitrites (NO_2^-) (mg/l) des points de prélèvement

Les résultats obtenus par les analyses réalisées montrent que les concentrations de nitrites dans l'eau des points de prélèvements étudiées sont inferieures aux normes admises (0.1mg/l)

III.4. Détermination du faciès chimique des eaux des points de prélèvement :

Les résultats des éléments majeurs (cations et anions) sur le diagramme de Piper (figure n°32) permet de déterminer les tendances chimiques des eaux souterraines de la zone d'étude.

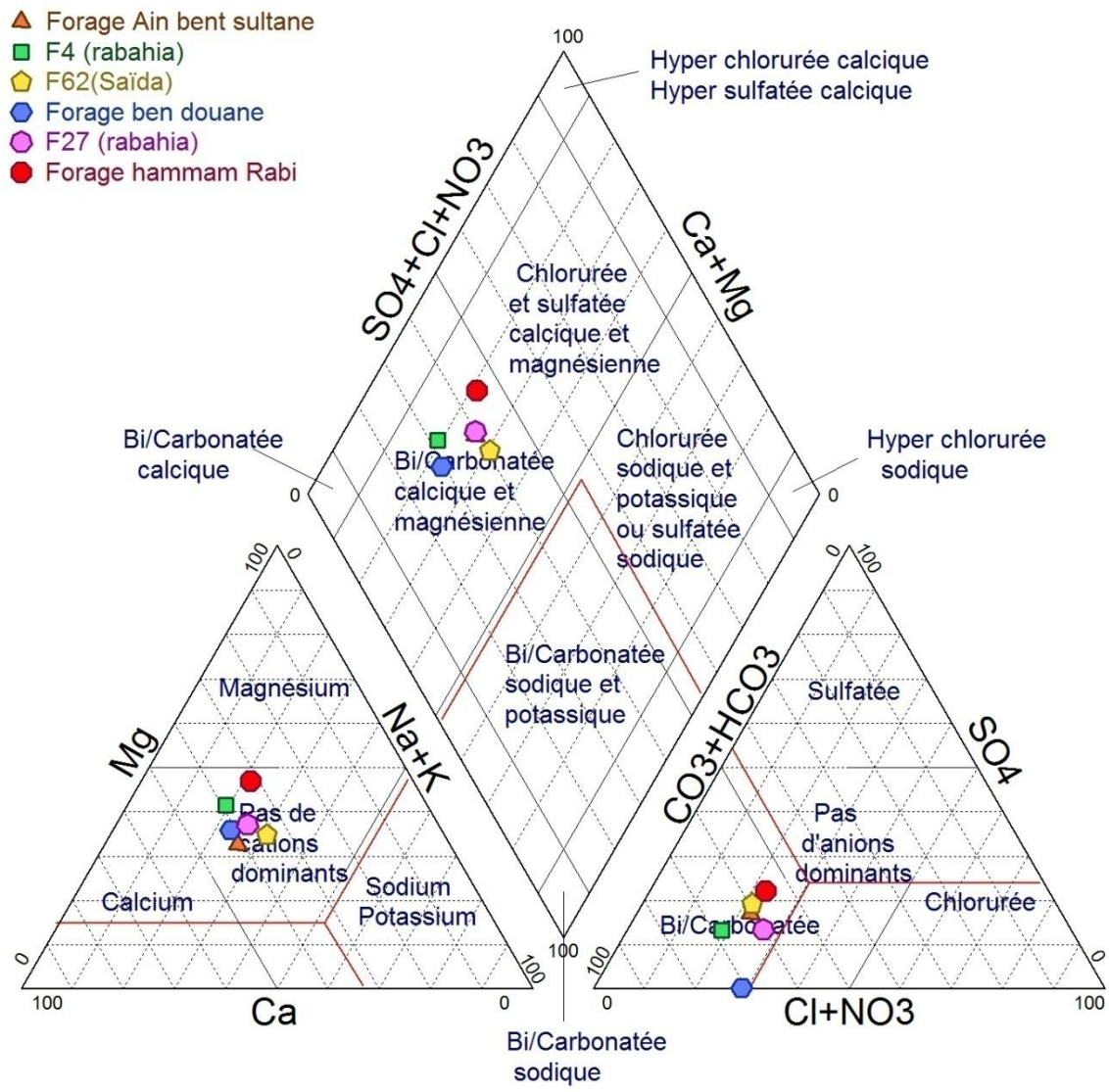


Figure N° 37: Diagramme de Piper des points de prélèvement de la nappe de Saida

Le diagramme de Piper montre que les eaux des cinq points de prélèvement: F4,F27,F62 ,F Hammam Rabi ,F Ben Adouane appartiennent essentiellement à la famille **Bicarbonatée calcique et magnésienne.**

Ce faciès qui caractérise les eaux souterraines de la région d'étude, il est à l'origine des formations géologiques traversées surtout les calcaires et dolomies.

V-2. Aptitude des eaux de la nappe de Saida à l'irrigation

V-2.1.Le risque de salinité

A côté de la rareté et la répartition temporelle défavorable du facteur de production eau, la salinité est devenue une problématique typique des régions arides et semi-arides.

L'accumulation des sels dans le sol occasionne des effets nocifs sur les végétaux et sur le sol. Il s'en suit une diminution des rendements et à long terme une stérilisation du sol. En plus de la dite salinité primaire, due en particulier à des inondations périodiques par une eau de mauvaise qualité, et à la remontée d'une nappe phréatique, la salinité est dite secondaire lorsqu'elle est induite par l'activité humaine, liée souvent à des pratiques d'irrigation.

Les plantes et l'évaporation prélèvent l'eau du sol en y abandonnant une large part des sels apportés par l'eau d'arrosage, ce qui conduit à augmenter la salinité de l'eau du sol. La pression osmotique de l'eau du sol augmentant avec sa concentration en sels dissous, la plante consacre alors l'essentiel de son énergie non pas à se développée, mais à ajuster la concentration en sel de son tissu végétal de manière à pouvoir extraire du sol l'eau qui lui est nécessaire **(Faby et al, 2000).**

V-2.2.Evolution temporelle de la salinité

Richards, en 1969 a établi une échelle de qualité des eaux d'irrigation en fonction de leur salinité évaluée par leur conductivité électrique **(D'après Faby et al, 2000).**

Tableau №17: Classes de salinité selon Richards **(Faby et al, 2000).**

Classe	Conductivité de l'eau (mmhos/cm)	Sels correspondants estimés en Na Cl (mg/l)
I- Excellente	<0,25	<160
II- Faible salinité	0,25-0,75	160-500
III- Forte salinité	0,75-2,25	500-1500
IV- Très forte salinité	2,25-5	1500-3600

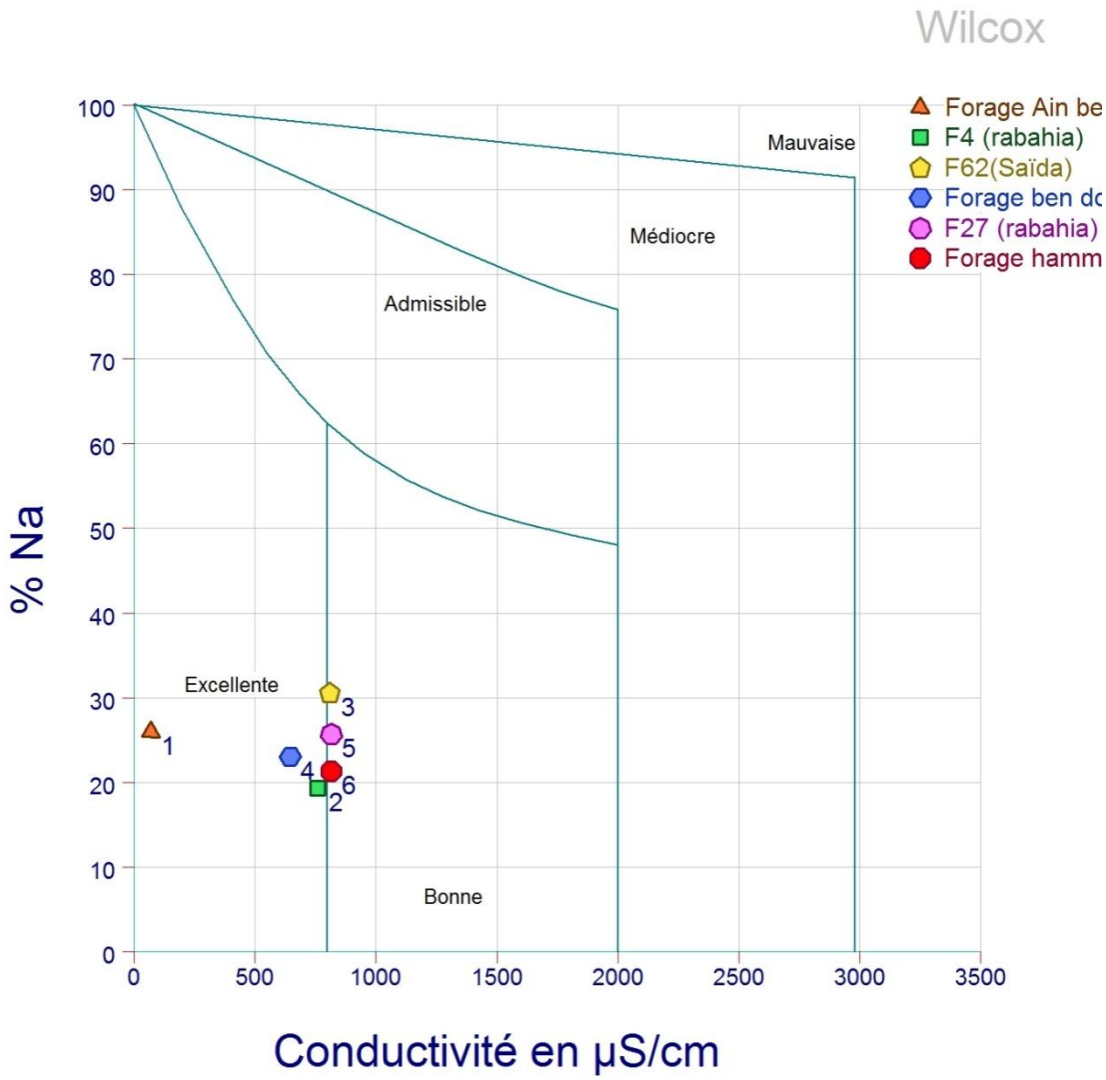


Figure N°38: Classification des eaux de la nappe de Saida dans le diagramme de Wilcox

- ✓ Les eaux de la nappe de Saida présentent une salinité forte selon la classification de Richards ,(les valeurs de la conductivité sont comprises entre 647µS/cm et 819µS/cm, cette dernière observé au niveau du forage F27

Cette salinité est due probablement aux formations géologiques qui affleurent dans le bassin versant de notre zone d'étude (origine géologique) et le lessivage des terres agricoles.

- ✓ Les eaux de la nappe de Saida appartiennent aux classes "bonne" et "excellante" de la classification de WILCOX.

V-2.3.Le risque de sodicité :

L'accumulation du sodium sur le complexe adsorbant des sols peut dégrader les propriétés physiques des sols. Leur capacité de drainage, donc leur perméabilité, conditionne la productivité des terres irriguées. Un excès de sodium par rapport aux alcalino-terreux (Ca^{+2}, Mg^{+2}, …) dans le complexe adsorbant provoque la défloculation des argiles, une destruction du sol qui se traduit par une réduction de la perméabilité et de la porosité des couches superficielles du sol. L'eau d'irrigation stagne alors à la surface du sol et ne parvient plus jusqu'aux racines. D'autre part, à proportion égale de sodium et d'alcalino-terreux dans la solution, la tendance à la sodisation du sol est d'autant plus forte que la concentration en cations totaux dans la solution est plus élevée. Ainsi, le risque de sodisation relatif à une eau d'irrigation est caractérisé par deux paramètres :

Le SAR (Sodium Adsorption Ratio) qui rend compte du rapport entre la concentration en sodium , et en alcalino-terreux, et la conductivité de l'eau appliquée **(Faby et al, 2000)**. Le SAR qui est défini par la relation suivante :

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

Les valeurs du SAR sont représentées en fonction de la conductivité électrique de l'eau sur le diagramme de Richards (Figures. №23et 24).

- **Diagramme de Richards**

Richards (1954) a élaboré une classification, en se basant sur les deux paramètres à savoir (SAR et conductivité électrique). Les classes de potabilité des eaux (C1S1,...C4S4) (tableau n°29) correspondent, dans le diagramme de Richards au SAR (en ordonnées pour la lettre S) et à la conductivité (en abscisses pour la lettre C).

Tableau № 18: Classification des eaux par degrés d'aptitude à l'irrigation (Méthode du SAR).

Degrés	Qualité	Classe	Etat d'utilisation
1	Excellente	C_1-S_1 C_1-S_2	Utilisation sans danger pour l'irrigation de la plupart des cultures sur la plupart des sols.
2	Bonne	C_2-S_1 C_2-S_2	Convenable aux plantes qui ont une tolérance aux sels, cependant son utilisation peut générer des problèmes pour les argiles.
3	Admissible	C_3-S_1, C_2- S_3, C_3-S_2	La salinité doit être contrôlée, irrigation des cultures tolérables aux sels sur des sols bien drainées.
4	Médiocre	C_4-S_1, C_4-S_2, C_3-S_3	Eau fortement minéralisée, utilisée uniquement pour des plantes très résistantes aux sels dont le sol présente une bonne perméabilité.
5	Mauvaise	C_3-S_4, C_4-S_3, C_4-S_4	Inutilisable.

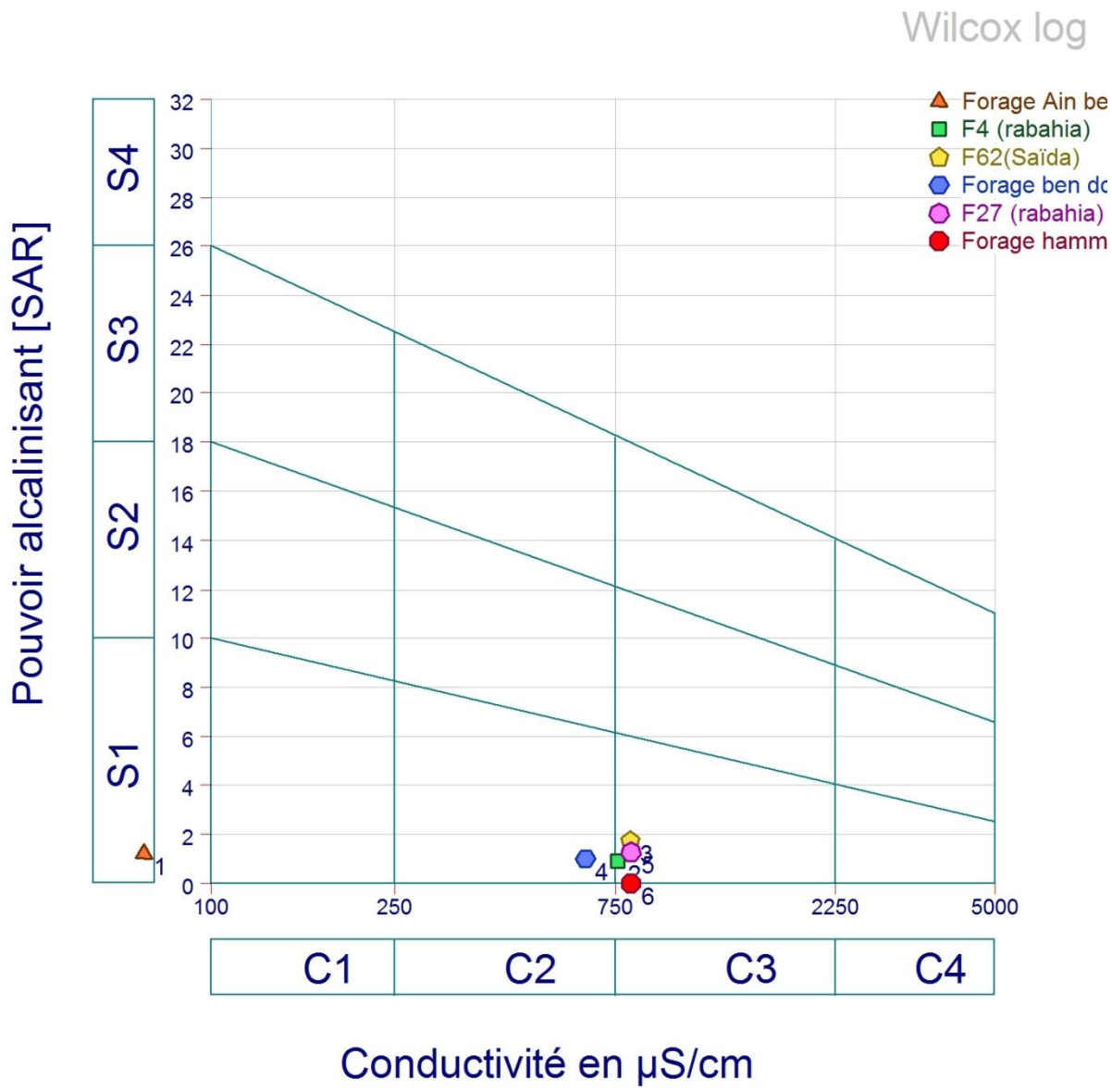


Figure N°39: Classification des eaux de la nappe de Saida dans le diagramme de Richards

D'après le diagramme de Richards (figure ci-dessus) :

- Les eaux au niveau d'oued Saida durant tous les mois de l'année 2017 appartiennent à la classe d'aptitude à l'irrigation ; classe C_2-S_1 pour le F.Ben Adouane, elle est de bonne qualité ; et les Forages (F4, F62, F27, Hammam rabi) classe C_3-S_1 sont des qualités Admissibles. En générale, eau convenant à l'irrigation des cultures tolérantes aux sels sur des sols bien drainés, l'évolution de la salinité doit cependant être contrôlée.

Conclusion :

La connaissance de certains paramétres physico-chimiques donne une appréciation préliminaire de la qualité et le degré de la pollution d'une eau .

Les analyses physico-chimiques sont effectuées par le laboratoire central de l'unité de l'ADE de Saida(Algérienne des eaux) . pour conduire cette étude,analyses ont été effectuées sur la nappe de Saida, elle portent sur les élements majeurs suivants : **Ca^{++} ,Na^{+},Mg^{++} ,K^{+} ,Cl^{-} ,SO_4^{-},HCO^{-}_3……**et **NO^{-}_3.** à travers ces résultats on peut dire que les eaux de la nappe de Saida sont de bonne qualité physico-chimique en comparant avec les normes algériennes des eaux potables.

L'étude des différents éléments chimiques des eaux souterraines de la région de Saida montre que les eaux de la nappe sont bonnes pour l'irrigation

Conclusion générale

Approche Hydrogéologie et Hydrochimie de la zone Semi-aride : Cas de la nappe de Saida

Conclusion générale :

L'eau constitue un élément essentiel pour l'organisme humain, et sa consommation journalière par tous implique une surveillance étroite des paramètres physico-chimique.

Cette initions à l'étude nous a permis d'analyser les données climatiques et géologique et hydrogéologique qui ont peut-être collectées, rechaussée par une étude hydro chimique.

Wilaya de Saida située à l'Ouest de l'Algérie, caractérisée par un climat semi-aride, avec une précipitation moyenne 327.11 mm environ.

La géologie de secteur, grâce à l'exécution de nombreux forages de reconnaissance, a permis la précision des relations entre les formations aquifères qui nous intéressent.

D'après l'étude des facteurs climatiques rélève un climat semi-aride avec un hiver froid et humide et un été chaud et sec.

Dans le but de mieux comprendre la comportement hydrogéologique de la région de Saida, il faut actualisée l'étude par relation des études géophysique pour bien déterminer l'aspect structural afin de connaître la relation entre les horizons aquifère.

Les analyses physico-chimiques sont effectuées par laboratoire centralde l'unité de l'ADE de Saida pour conduire cette étude, lesanalyses ont été effectuée sur la nappe de Saida, elle portent sur les éléments majeurs suivants : Ca^{+2},Mg^{+2},Na^{+},K^{+},Cl^{-},So^{-}_{4},Hco_{3}^{-},……et No_{3}^{-}.les analyses de ces paramètres ont été détermination par les méthodes standard selon le guide générale pour la conservation et la manipulation décrites par Rodier(2009).

Le but de cette étude hydro-chimique est déterminer les caractéristiques physico-chimiques des eaux et d'étudier la qualité des eaux souterraines de la potabilité et leur aptitude à l'irrigation.

Les eaux des forages(F4, F27, F62, F Hammam rabbi, Ben Adouene) qui alimente les habitants de la ville de Saida en d'eau de besoin c'est potable bon qualité n'existe pas les paramètres qui dépasse les normes Algériens.

Devant des situations inquiétantes telles que le prolongement de l'urbanisation d'une part et les changements climatiques enregistrées durant les années précédentes qui déstabilisent l'équilibre écologique des forages en question ,et d'autre part des problèmes liés la gestion du réseau AEP en particulier :les fuites et l'entartage du réseau AEP nous pouvant qu'adopter une stratégie préventive pour la sauvegarde de ce patrimoine naturel.

La sensibilisation des utilisateurs (décideurs comme techniciens du domaine) aux problèmes de la surexploitation des nappes nous essentielle pour la préservation des ressources en eaux de la région de Saida.

Références bibliographiques

Approche hydrogéologique hydrochimique des eaux souterraines dans une zone semi aride: Cas de la nappe de SAIDA

Références bibliographiques

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A.D.E de Saida.

A.N.R.H de Saida.

AZZAZ RAHMANI H ;(2012).

Aridité de DEMARTONE ;(1923).

BOUDIA A et BOUAMEUR A ;(2017) ; Caractéristisation hydrochimique et qualité des eaux souterrains de la nappe Karstique de Saida ; Mémoire de master en hydraulique ; Université de Saida.

clair,(1952 et pitaud(1973).

DAHMANI M (2016) ;étude hydrologique et hydrogéologique du bassin versant de l'oued de Saida ;Mémoire de magister en hydrogéologie ; Université Oran 2.

DJIDI K(2015) ; Contribution à l'étude de l'aquifère Karstique de Saida ;Mémoire doctorat es-science en hydrogéologie ;Université Oran 2.

D.R.E de Saida .

GUID J-P ;(1998)

Google Earth (30/05/2018)

KERRACH.CHAOUTI (Labani 2005); chapitre 2 caractérisation écologique de la zone d'étude

KHELIFA .M(mars 2014);synthèse hydrogéologique de la region de Saida;A.N.R.H

HACHMAOUI. C ;(2012) ; étude et simulation de la variation et de la propagation de la pollution. Dans la nappe de Saida.

Ministère de l'aménagement du territoire de l'environnement

Méthode d'Euverte

Radier. J et a.l(2005)

Radier. J(1996)

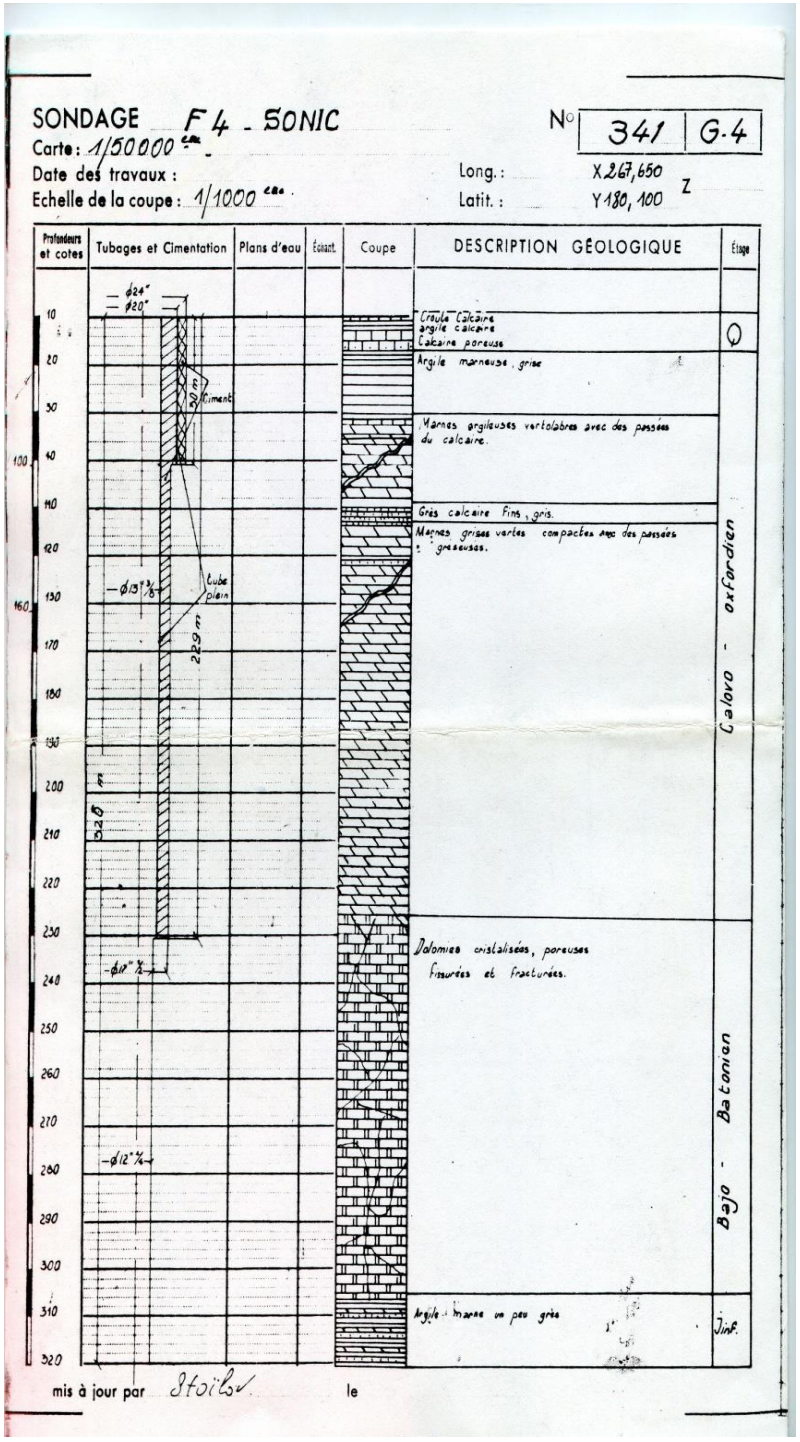
Richard ET a.l (1987)

Site Web: http//www andi.dz

Les annexes

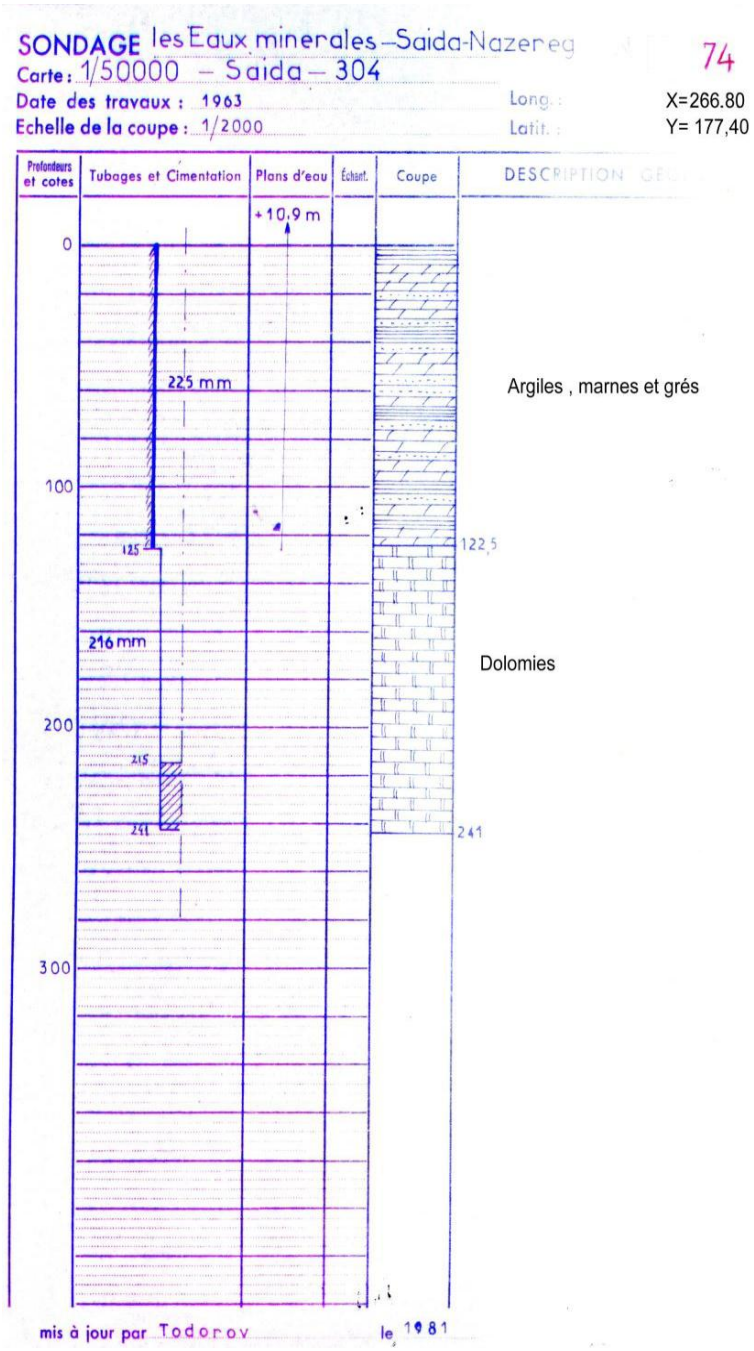
Approche hydrogéologique hydrochimique des eaux souterraines dans une zone semi aride: Cas de la nappe de SAIDA

Annexe : 01



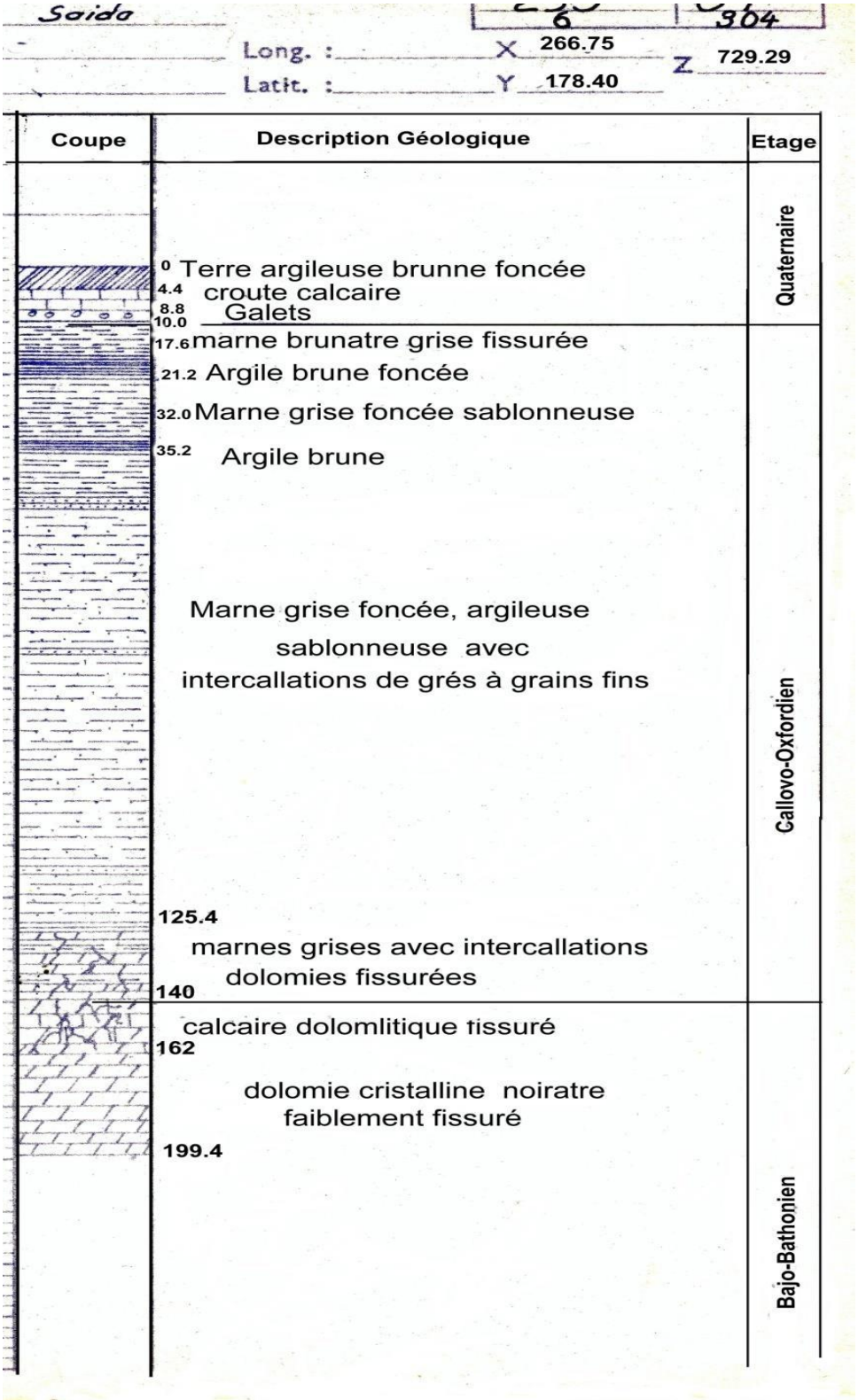
Coupe géologique de forage F4

Annexe : 02



Coupe géologique de forage F27

Annexe : 03



Coupe géologique de forage F62

Annexe : 04

Paramètre	F 27	F 62	F 4	AIN BANT SOULTAN	HAMAM RABI	BEN ADOUAN
PH	7 ,19	7 ,21	7,14	7,30	7,26	7,08
T	18,9	19,1	19,6	17,6	19,6	19,2
CND	816	799	761	745	845	764
TDS	530	520	494	484	544	49
SALINITE	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
TURBIDITE	0,39	0,24	0,21	0,61	0,49	1,75
CL	67,36	67,36	57,25	63,99	67,36	117,88
TA	0	0	0	0	0	0
TAC	29	33	30	20,5	23	24,5
HCO3	353,8	402,6	366	250,1	32	298,9
TH	37	41	42	42	390,4	31
CA	68,13	80,16	80,16	84 ,16	44	60,12
MG	48,6	51,03	53,46	51,03	68,13	38,88
SO4	68,6	79,3	59,8	115,8	65,61	51,3
PO4-	0,054	0,065	0,048	0,156	100,2	0,065
NO3	22,59	21,70	21,70	21,26	0,063	9,74
NO2	0,006	0	0	0	25,25	0,003
NH4	0,061	0,062	0,058	0,092	0	0,083
M .O	0,5	0,4	0,8	1,5	0,036	0,9
NA	50	42	75	42	51	0,6
K	5	5	5	3	3	85

Tabieau des analyses des paramétres physicochimiques

Annexe : 05

Photo satilite satellitaire google erth mentrant la répartition spatiale des points de prélévement30/05/2018)

Annexe : 06

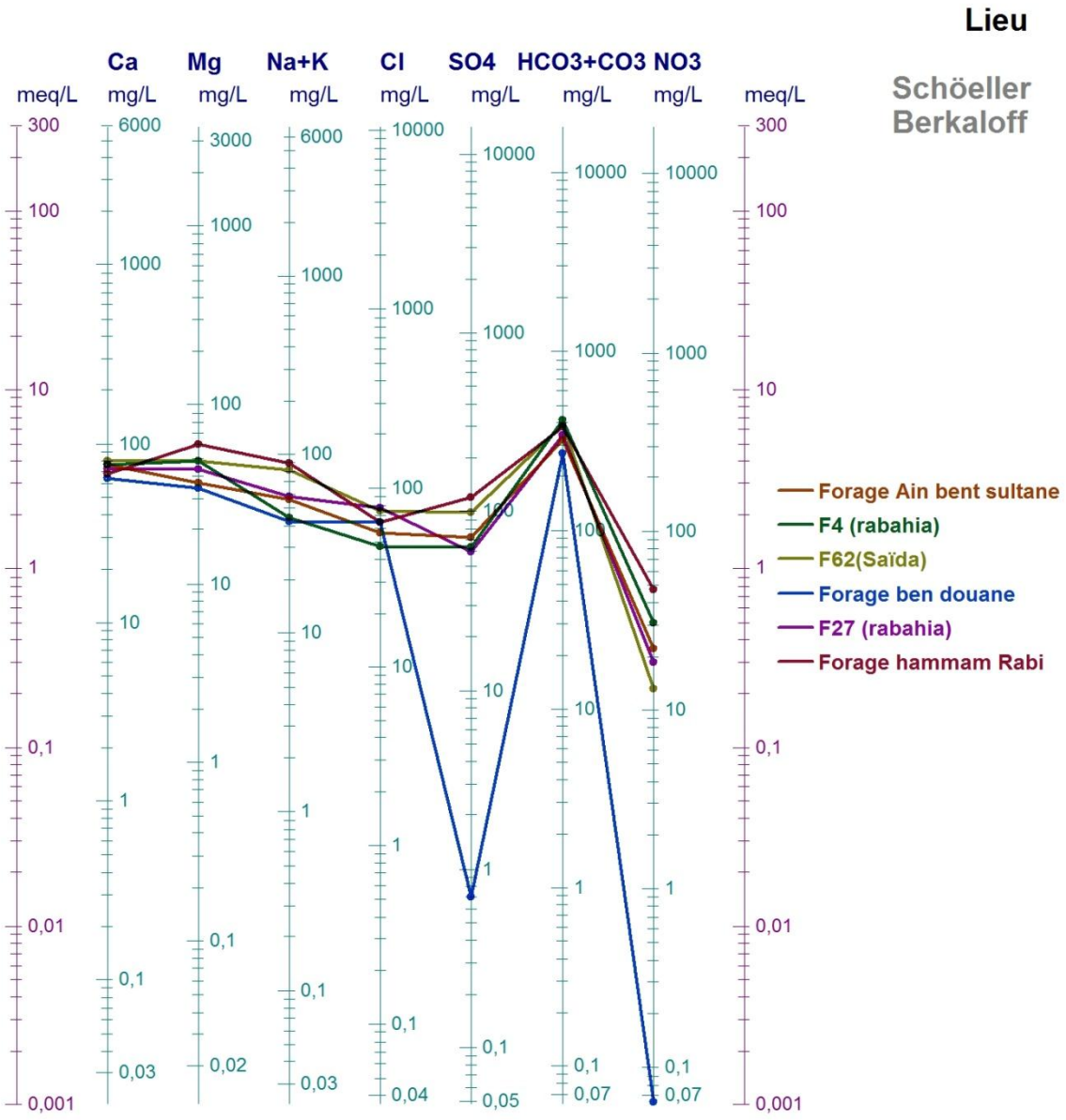
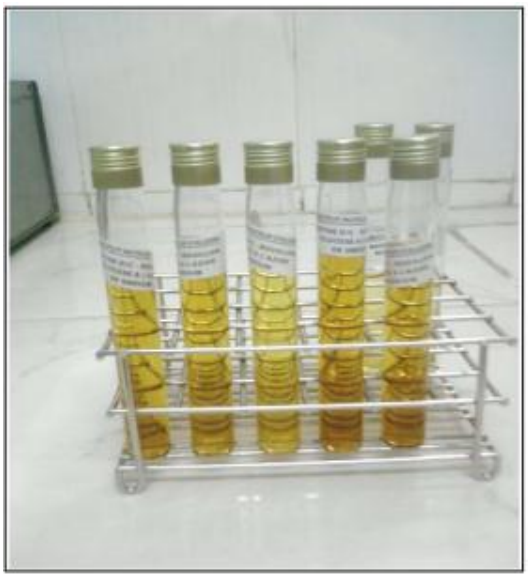


Diagramme de barkaloff de Saida 2017

Annexe : 07

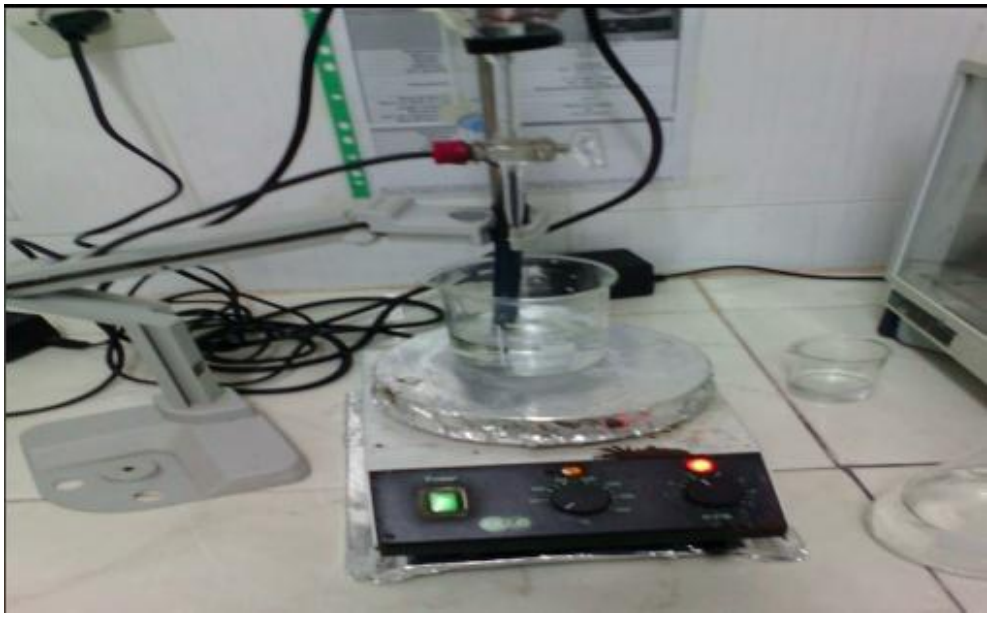


Les tubes milieu liquide Rothe

incubateur

Annexe : 08

photos de détermination la dureté totale (TH).



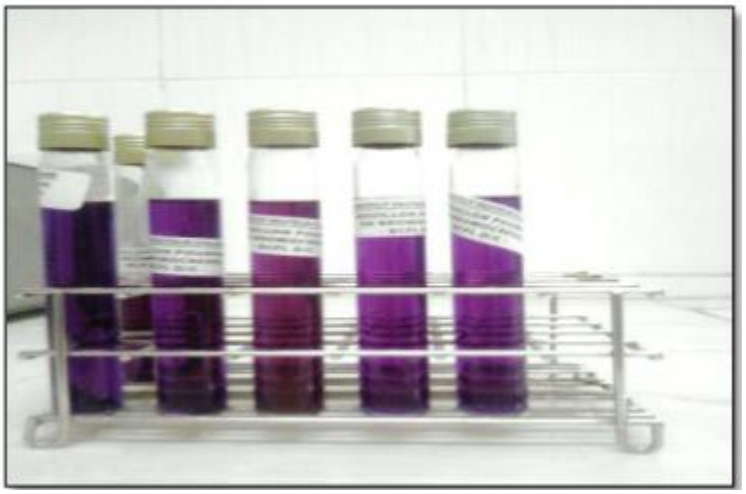


Figure III.10: Spectrophotomètre mg/l.

ملخص :

يهدف هذا العمل إلى معرفة الخصائص الهيدروجيولوجية والهيدروكيميائية للمنطقة شبه القاحلة التي تغطيها طبقة المياه الجوفية لصيدا لمعرفة نوعية المياه في الآبار حمام ربيF i، F62، F4، Fبن عدوان ، (F 27، ومصدر المياه (عين بنت السلطان) وتعريف أهم خصائصه بسبب حالة استهلاك هذه الآبار أو مصدر للشرب أو من وجهة النظر الزراعية. تحقيقا لهذه الغاية ، حاولنا استخدام العديد من الطرق على أساس هطول الأمطار وتدفق المواد ودراسة المواد الجيولوجية والمناخية (التبخر ، الجريان السطحي ، التسلل) وكذلك عوامل الهيدروكيميائية من ناحية أخرى ، ومعالجة البيانات. الهيدرومترية.

تحتوي العينات الخمسة التي لم تتم دراستها على العديد من الإجراءات الوقائية وفقا للمعايير الجزائرية

أظهرت النتائج أن البئرF4) ، F27، F62، حمام ربي F، بن عدوان (هي مياه صالحة للشرب وذات نوعية جيدة من وجهة نظر فيزيائية كيميائية.

ولذلك يجب رصدها لضمان صحتها وحماية المستهلك من مخاطر الجودة الرديئة.

الكلمات المفتاحية: المياه الجوفية ، منطقة صيدا ، الجودة الفيزيائية.

Résumé :

Ce travail que nous avons fait l'intention de connaître les caractéristiques hydrogéologiques et hydro-chimiques d'une zone semi-aride la nappe de Saida pour couvrir de voir la qualité de l'eau des forages(F Hammam rabbi, F62, F4, F Ben adouane, F 27), et la sourced'eau (AinBentSultan) Et la définition des caractéristiques les plus importantes en raison de l'état de consommation de ces forages ou de source de boire ou du point de vue agricole. À cette fin, nous avons essayé d'utiliser plusieurs méthodes basées sur les précipitations et l'écoulement et l'étude matériaux, géologiques, climatiques (évapotranspiration, ruissellement, infiltration) ainsi que des facteurs hydrochimies d'autre part, et traitement des données hydrométriques .

Les cinq prélèvements que n'a étudier contient des nombreuses mesures de protection sont prises selon les Normes Algeriens

Les résultats obtenus ont mentré que les forages (F4 ,F27,F62,Fhammam rabi ,F Ben Adouane)sont des eaux potables et bon qualité à point de vue physico-chimique.

Ils doivent donc être surveillés pour garantir leur validité et protéger le consommateur contre le risque de mauvaise qualité.

Mots clés : Les eaux souterraines, région de Saida , qualité physicochimique.

Abstract :

This work we have intended to know the hydrogeological and hydro-chemical characteristics of a semi-arid zone the Saida aquifer to cover to see the water quality of the boreholes (F Hammam rabbi, F62, F4, F Ben adouane, F 27), and the source of water (AinBentSultan) And the definition of the most important characteristics because of the state of consumption of these boreholes or source of drinking or from the agricultural point of view. To this end, we have tried to use several methods based on precipitation and the flow and study of materials, geological, climatic (evapotranspiration, runoff, infiltration) as well as hydrochemical factors on the other hand, and data processing. hydrometric.

The five samples that have not studied contains many protective measures are taken according to the Algerian Norms

The results obtained showed that the boreholes (F4, F27, F62, Fhammam Rabi, F Ben Adouane) are drinking water and good quality from a physicochemical point of view.

They must therefore be monitored to ensure their validity and protect the consumer against the risk of poor quality.

Key words: Groundwater, Saida region, physicochemical quality.