

UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA -
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE
LA TERRE ET DE L'UNIVERS

Département des Sciences de la Terre et de l'Univers.



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En Vue De L'obtention Du Diplôme de Master en Géologie

Option : hydro géologie

THEME

***ETUDE HYDROGEOLOGIQUE ET HYDROCHIMIQUE DE LA
NAPPE DU CONTINENTALE INTERCALAIRE DE LA
REGION DE IN SALAH***

Soutenu publiquement par :

BELHAMDOU NOURA

Le 01/07/2013

Devant le jury :

Président :

M. Houari .I.M

M. A. B Univ. Ouargla

Promoteur :

M. NEZLI .I E

M. C. A Univ. Ouargla

Examineur :

M. Bousalsal .B

M. A. A Univ. Ouargla

Année Universitaire : 2012/2013

Remerciements

D'abord, je remercie Fort Bien Dieu qui donne l'opportunité d'apprendre langue différente de la mienne, qui m'a permis, de rédiger ce mémoire.

Je saisis cette occasion pour remercier aussi mon promoteur :

NEZLI.I.E

Je remerciement à tous les enseignants et les étudiants du département Hydrogéologie.

Surtout BOUSALSAL.B ET HOUARI.I.M

Sans oublier toute l'équipe de l'hydraulique In Salah-Tamanrasset surtout Belmiloud Moussa et l'ANRH de Adrar.

En fin je remerciement tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail et ceux qui travaillent pour la science et le pays.

Noura

Dédicace

*J*e dédie fruit de mon travail :

Aux deux plus chère être dans ma vie, ma mère et mon père.

A Mon été une mère « ma sœur Fatima ».

A mes sœurs et mes frères.

A toute la famille BELHAMDOU, DAHMED et SABABOU surtout

Abd alsalam.

A tout mes amis.

A tout mes collègues de la promotion du master surtout de la licence.

Noura

LISTE DES ABREVIATIONS

- A.N.R.H** : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques ;
A.E.P : Alimentation en eau potable ;
C.I : Continental Intercalaire ;
S.A.S.S : Système Aquifère du Sahara Septentrional ;
OMS : Organisation Mondiale de la Santé ;
Tp : Température annuelle en (C°)
ETP : Evapotranspiration potentiel (mm)
Pr : Précipitation annuelle (mm)
ETR : Evapotranspiration réelle. (mm)
Exc : Excédante (mm)
Def : Déficit
RFU : Refis
hr : l'humidité relative (%)
TAC : Titre Alcalimétrique Complet ;
TH : Titre Hydrotimétrique ;
pH : Potentiel d'Hydrogène ;

LISTE DES UNITES

- cm** : centimètre ;
°C : Degré Celsius ;
°F : Degré français ;
m : Mètre ;
m³ : mètre cube ;
m³/s : mètre cube par seconde ;
meq/l : Milliéquivalent par litre ;
mg : milligramme ;
mg/l : Milligramme par litre ;
mS/cm : Milli siemens par centimètre ;

LA LISTE DES TABLEAUX :

Tableau01 : Les limites géographiques de la zone inventoriée	02
Tableau 02 : Débit de Foggara de la région In Salah (1960 et 1998).....	05
Tableau 03 : les caractéristiques de la station météorologique d In Salah	07
Tableau 04 : les données de température mensuelles pour la période de (1981-2012)	07
Tableau 05 : précipitation de pluies mensuelles (mm) ,pour la période 1981-2012	08
Tableau 06 : l'évaporation moyenne mensuelle (mm) de période 1981-2012.....	10
Tableau 07: les résultats des calculs de bilan hydrique de la région d'étude d'après C.W.THORNTHAITE de période (1981-2012)	11
Tableau 08 : caractères des logs des forages	20
Tableau 09 : critères de sélection des zones favorables de l'aquifère de la région	25
Tableau10 : Les forages études environ 34 forages, Ces forages sont repartis comme suite	27
Tableau 11 : Les forages des besoins aux habitants en eau potable, leur situation actuelle et la suivante.....	28
Tableau 12: les forages d'irrigation de la région, leur situation actuelle et la suivante ...	28
Tableau 13 : les réactifs des éléments chimiques.....	34
Tableau.14: Le potentiel d'hydrogène des eaux de la région	43
Tableau 15 : La conductivité des eaux de la région	43
Tableau 16 : présente la potabilité en fonction de la dureté.	44
Tableau 17 : la dureté des eaux de la région.....	44
Tableau 18 : Titre alcalimétrique complet (TAC) de la région	45
Tableau 19 : la concentration en ion calcium des eaux de la région	45
Tableau 20 : la concentration en ion Magnésium des eaux de la région	45
Tableau 21 : la concentration en ion Sodium des eaux de la région	46
Tableau 22 : la concentration en ion Potassium des eaux de la région	46
Tableau 23 : la concentration en ion Chlorure des eaux de la région	46
Tableau 24 : la concentration en ion Bicarbonate des eaux de la région	47
Tableau 25 : la concentration en ion Nitrate des eaux de la région	47
Tableau26: la concentration en ion Sulfate des eaux de la région.....	48
Tableau27 : Classification des faciès chimiques	51
Tableau 28 : Matrice de corrélation entre les éléments physicochimiques	52

Tableau 29 : résultat d'Indice d'échange de base (i e b)	57
Tableau 30 : classification de Wilcox	59
Tableau.31:les types de qualité de la région d'étude, par classification deWilcox.....	60

LA LISTE DE PHOTO :

Photo.1 : Kasria secondaire de la Foggara d'EL Meghier (Remini, 2000)	04
Photo.02 : Appareil PH mètre	33
Photo.03 : Appareil le Conductimètre.	34
Photo.04: Appareil La photométrie de la flamme	35

LA LISTE DES FIGURES :

Figure.01 : La situation géographique de la région étude (In Salah)	02
Figure.02 : Carte topographie de la région d’In Salah.....	03
Figure. 03: Schéma de fonctionnement de la foggara	05
Figure.04 : Répartition de foggaras autour de plateau Tademaït	06
Figure.05 : Température moyenne mensuelle de période 1981-2012	07
Figure.06 : précipitation moyenne mensuelle de période 1981-2012	08
Figure.07 : Diagramme pluvio-thermique de GAUSSEN	09
Figure.08 : Evaporation moyenne mensuelle de période 1981-2012	10
Figure.09 : La présentation les bilans hydrique de la région d’In Salah	12
Figure.10 :Extension géologie du SASS et zone étudiée à In Salah (OSS.2003).....	13
Figure.11 : la carte géologie de la région d’In Salah.....	14
Figure.12 : Litho stratigraphie de bassin occidental (Sonatrach et Schlumberger.2001)	18
Figure.13 : Stratigraphie synthétique de la structure de BAHAR EL HAMMAR (Sonatrach).....	19
Figure.14 : Répartition de Sondages des recherches hydrauliques dans la zone d’étude (JMP/ 4607/4006) Renensle 19 Novembre 2004	20
Figure.15 : les logs des sondages de recherche hydraulique de la région d’In Salah..	21
Figure.16: bassin occidentale de le SSAS	23
Figure.17 : Relief de la région In Salah avec superposition de la géologie (d’après G. Busson 1970)	23
Figure.18 : Coupe hydrogéologie de la région In Salah (ANRH-DRSO/2004).....	25
Figure.19 : Le Sens d’écoulement de zone d’étude (d’après G.Gonfiantini , at all.Payne,(1974)).....	27
Figure.20 : Nombre de forage exploité et non exploité d’AEP	29
Figure.21 : Nombre de forage exploité et non exploité d’Irrigation	30
Figure.22 : Localisation des points d’eau échantillonnés de la région	33
Figure.23 : La carte piézométrique de la région In Salah (2013)	33
Figure. 24: La quantité de Résidu-Sec des eaux des Forages	43
Figure.25 : la conductivité électrique des eaux des forages In Salah.....	45
Figure.26 : Le diagramme de Piper des eaux des forages d’In Salah.	50

Figure.27 : Le diagramme de Schoeller Berkaloff des eaux des forages d’In Salah ..	51
Figure. 28: Représentations graphiques de classification de faciès chimique selon Stabler	53
Figure.29 : Le couple Na –Cl	54
Figure.30 : Le couple $\text{Ca}^{+2} - \text{Mg}^{+2}$	55
Figure.31 : Le couple $\text{Ca}^{+2} - \text{Hco}_3^-$	55
Figure.32 : Le couple $\text{Mg}^{+2} - \text{So}_4^{-2}$	56
Figure.33 : Le couple $\text{k}^+ - \text{So}_2^-$	57
Figure.34 : le diagramme de «Reverside»	59
Figure.35: le diagramme de Wilcox	61

Sommaire :

INTRODUCTION GENERALE/

CAPITRE I / Bibliographie

I-1- CONTAXTE GENERALE.....	02
I-1-1- Situation géographique, Topographique	02
I-1-2- les grandes structures géomorphologies	04
I-1-3 - Les caractères généraux	04
I-1-4- L'exploitation traditionnelle (Foggara)	04
I-1-4-1- Situation des foggaras dans la région de Tidikelt (in Salah)	05
I-2- HYDROCLIMATOLOGIE DE LA REGION	07
I-2-1- Température	07
I-2-2- Précipitation	08
I-2-3- Diagramme pluvio-thermique de GAUSSEN	09
I-2-4- Evaporation	09
I-2-5- Bilan hydrique de la région	11
I-3- LA GEOLOGIE DE LA REGION D'ETUDE (IN SALAH)	12
I-3-1- la lithostratigraphie de la zone d'étude	15
I-3-1-1- Paléozoïque	15
I-3-1-1-1- Dévonien	15
I-3-1-1-1-1- Dévonien inférieur	15
I-3-1-1-1- Dévonien	15
I-3-1-1-1-1- Dévonien inférieur	15
I-3-1-1-1-2- Dévonien moyen	15
I-3-1-1-1-3- Dévonien supérieure	15
I-3-1-1-2- Carbonifère	15
I-3-1-2- le mésozoïque	16
I-3-1-2-1- Crétacés inférieur (continentale intercalaire)	17
I-3-1-2-2- Crétacés supérieure	17
I-3-1-2-2-1 - Cénomaniens	17
I-3-1-2-2-2- Turonien	17
I-3-1-2-2-3- Sénonien	17

I-3-1-3- quaternaire	17
I-3-2- les données de sondage	18
I-3-2-1- Sondages de recherches pétroliers	18
I-3-2-2- Sondages de recherches hydrauliques	20
I-4- HYDROGEOLOGIE DE LA ZONE D'ETUDE	22
I-4-1- hydrogéologie de la zone d'étude (In Salah)	23
I-4-1-1- Système aquifère local	24
I-4-1-2- la morphologie de région d'étude :.....	25
I-4-1-3- La recharge de zone d'étude (In Salah)26
I-4-1-4- Niveau statique de la nappe d'eau	27
I-4-1-5- Potentialite en eau28
I-5- Conclusion	30
CHAPITR II / Matériel et Méthodes	
II-1- Introduction	31
II-2- Conditions et mode d'échantillonnage	31
II-3-Techniques de dessin le carte piézométrique	32
II-3-1- Surfer	32
II-4- Techniques de mesures et d'analyses	32
II-4-1- Mesures In situ	32
II-4-1-1- Les pH	32
II-4-1-2- La conductivité électrique	33
II-4-2- Mesures par l'analyse au laboratoire	34
II-4-2-1- Par spectrophotométrie	34
II-4-2-2- Par spectrophotométrie à absorption atomique	34
II-4-2-3- Par photométrie de flamme	35
II-4-2-3-1- Partie théorique	35
II-4-2-3-2- Partie pratique	35
II-4-2-4- Par titrimétrie	35
II-5- Outils informatiques36
II-5-1- Statistica.v6.1	36
II-5-2- Diagramme	36
II-5-3- Diagramme de Piper	36
II-6- Conclusion	37

CHAPITRE III / Résultats et discussion

III-1- Introduction	38
III-2- HYDRODYNAMIQUE DE NAPPE DE LA REGION	38
III-2-1- La carte piézométrique de la nappe du zone d'étude	39
III-2-2- Sens d'écoulement	49
III-2-3- Gradient hydraulique	49
III-2-4 -Paramètres hydrodynamique	49
III-3- HYDROCHIMIQUE DE LA REGION	40
III-3-1- Caractéristiques des eaux	40
III-3-1-1- Caractéristiques organoleptiques	40
III-3-1-1-1- Couleur	40
III-3-1-1-2- Odeur	40
III-3-1-1-3- Le gout	41
III-3-1-1-4- Turbidité	41
III-3-1-2- paramètre physico-chimique	41
III-3-1-2-1 - Résidu sec	41
III-3-1-2-2- la température	42
III-3-1-2-3- . Potentiels d'hydrogène (pH)	43
III-3-1-2-4- Conductivité	43
III-3-1-2-5- Dureté TH	44
III-3-1-2-6- Titre alcalimétrique complet (TAC)	45
III-3-1-2-7- Calcium : Ca²⁺	45
III-3-1-2-8- le magnésium : Mg²⁺	45
III-3-1-2-9- Sodium : Na⁺	46
III-3-1-2-10- Potassium K⁺	46
III-3-1-2-11- Chlorures Cl⁻	46
III-3-1-2-12- Bicarbonates HCO₃⁻	47
III-3-1-2-13- Eléments Indésirables	47
III-3-1-2-13-1- Nitrates NO₃⁻	47
III-3-1-2-13-2- Sulfates SO₄⁻²	47
III-3-2- Interprétation des résultats des analyses chimiques des éléments majeurs...	48
III-3-2-1- Identification des faciès chimiques des eaux	48
III-3-2-1-1- Diagramme de Piper	48
III-3-2-1-2- Diagramme de Diagramme Schoeler Berkloff	49

III-3-3- Répartition des faciès chimiques	50
III-3-4- Classification des faciès chimiques	50
III-3-5- Origines du chimisme	52
III-3-6-- Indice d'échange de base (i e b)	56
III-3-7- Aptitude des eaux à l'irrigation et l'AEP	57
III-4- Conclusion	61
Conclusion générale	

Introduction général

INTRODUCTION GENERALE :

Le Sahara septentrional s'étend d'Ouest en Est entre l'Algérie, la Tunisie et la Libye, est l'un des plus grands déserts au monde. Les hydrogéologues ayant mené des investigations dans les régions désertiques reconnaissent qu'elles recèlent d'énormes réserves d'eaux souterraines, mais deux principales thèses émergentes quant à l'alimentation des nappes sahariennes. Certains s'accordent à dire que leurs eaux sont héritées de périodes plus humides, alors que pour d'autres, ces nappes peuvent encore être actuellement alimentées lorsque certaines conditions sont réunies.

Le Sahara Algérien qui s'étend sur les 2/3 de la superficie du pays avec plus de 2 millions de Km², recèle d'importantes ressources en eau souterraines emmagasinées dans les deux grands aquifères du Continental Intercalaire (CI) et du Complexe Terminal (CT).

La nappe du continental intercalaire couvre la majeure partie du territoire saharien septentrional et ce sont les limites d'extension de cette nappe qui ont servi à définir le domaine du projet d'étude des ressources en eau du Sahara septentrional.

La région d'In Salah fait partie du sous bassin hydrogéologique occidental du continental intercalaire et constitue son limite Sud-Est.

L'objectif de ce mémoire est d'étudier l'hydrogéologie et l'hydrochimie de la nappe du Continental Intercalaire de la région d'In Salah. Elle s'articule autour des chapitres suivant:
Chapitre I/ La bibliographie

1- Contexte général : Exposé la situation géographique et géomorphologie de la région d'étude et les besoin en eau de foggara.

2- Hydro climatologie : Nous nous sommes basé sur les données climatiques de la période (1981-2012) comme données récentes.

3- La Géologie de la région d'étude : on a présenté la géologie régionale et la description de la colonne stratigraphique locale et les formations susceptibles d'être aquifère.

4- Hydrogéologie : nous avons défini les différents caractères des l'aquifère de la région (Continental Intercalaire).

Chapitre II/ Matériels et méthodes, dans lequel nous avons exposé les méthodes mises en œuvre afin de réaliser ce travail

Chapitre III/ Résultat et discussion, dans ce chapitre nous avons exposé nos résultats, en commençant par l'établissement de la carte piézométrique de la nappe en question pour tirer les aspects qui se rapportent à l'hydrodynamisme de la nappe de la zone d'étude. En suite et sur la base des données physicochimiques nous avons établi une étude hydrochimique

réalisée sur des échantillons d'eau prélevés sur terrain en 2010 (effectuées par laboratoire d'hydrochimie de l'Agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH) d'Adrar) nous avons mené une étude hydrochimique en faisant le lien entre l'évolution du faciès chimique des eaux de nappe CI dans la région d'In Salah et le sens d'écoulement des eaux. Par ailleurs, nous n'avons pas oublié de tester l'aptitude de ces eaux à l'AEP et à l'irrigation dans cette oasis du Sahara septentrional algérien.

- Conclusion générale.

Chapitre I :

Bibliographie

I-1- CONTAXTE GENERALE :**I-1-1- Situation géographique, Topographique :**

La région In Salah se situe à 700 Km au du chef lieu de la wilaya de Tamanrasset et 400 Km au Sud est de la wilaya d'Adrar, Nord de Tassili externe

Elle est limitée

Au Sud Est par Amguid.

A l'Ouest la commune d'Aulef el arabe.

Au Nord El golia.

Tableau01 : Les limites géographiques de la zone inventoriée

Borne N	Latitude (N)	Longitude (E)
A	26°42'28"	1°43'28"
B	26°42'28"	3°
C	27°30'	1°43'28"
D	27°30'	3°

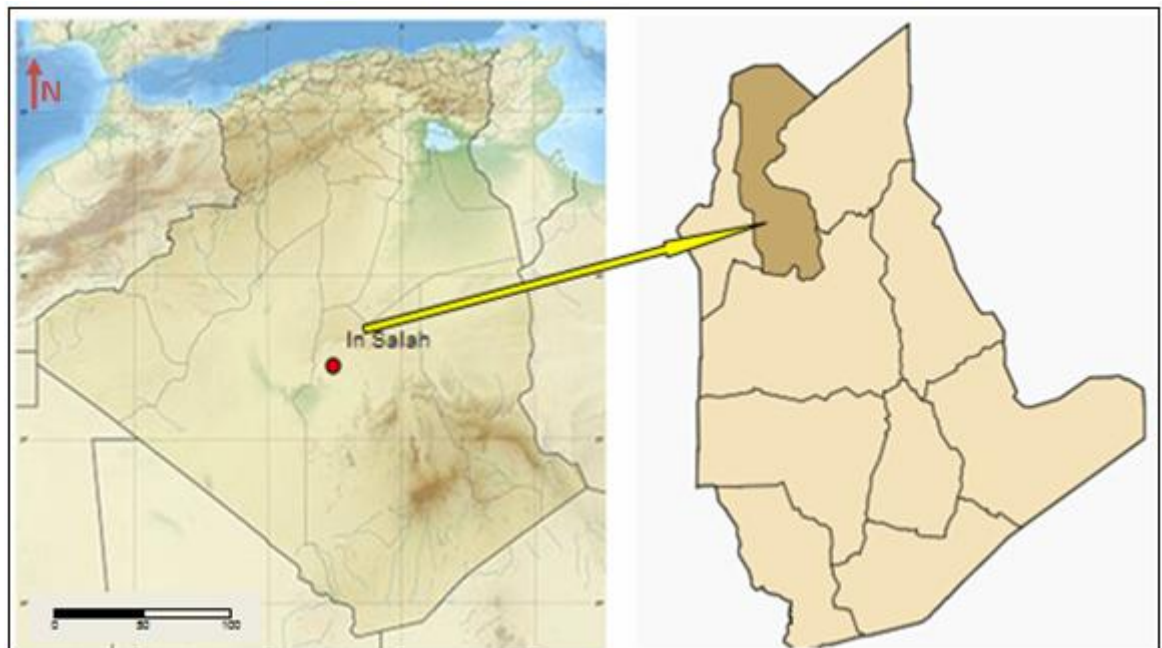


Figure.01 : La situation géographique de la région étude (In Salah)

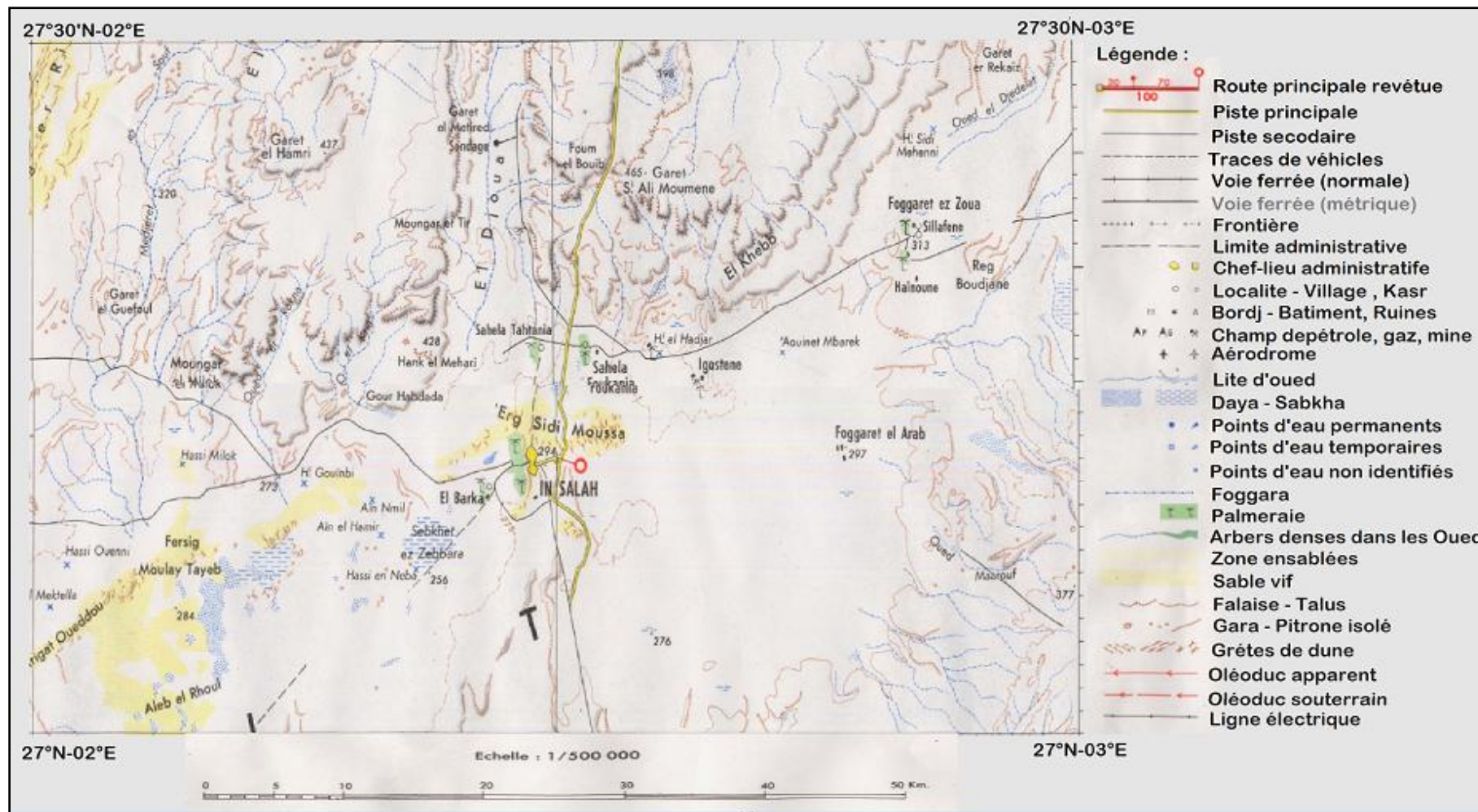


Figure 02. : Carte topographique de la région In SALAH

I-1-2- les grandes structures géomorphologies

La région d'In Salah constitue la limite sud du grand plateau de Tidikelt. Elle est caractérisée par deux traits morphologiques

- le plateau (Reg) : c'est une vaste plaine allongée sensiblement NE – SO, limitée au sud par les affleurements du primaire et au nord par les falaises des formations du crétacé supérieur.
- Les altitudes du plateau sont limitées par la courbe de niveau 275 et 300 m.
- La pente est généralement très faible, elle est de l'ordre 1% et le pendage est vers le Sud Ouest.
- La dépression : elle marque la limite sud ouest du plateau de Tidikelt et caractérise l'extrémité occidentale des palmeraies
- Sebkhass : Les sebkhass sont des successions de petites sebkhass qui marquent la limite sud du bassin occidental (zone Tidikelt) et constituant l'exutoire naturel des eaux de la nappe aquifère.

Exemple : sebkhass ez zebbara.

I-1-3 - Les caractères généraux :

In Salah caractère par

- une ville située à 1 300 km au sud d'Alger et 700km nord de Tamanrasset.
- superficie de 13.800 m².
- Population de la capitale du Tidikelt estimée à plus de 34.000 âmes.
- la densité de population est de 0.63 /km²
- Nombre de ksour : 2 (KASER EL ARAB, KASER EL MORABITINE)
- Nombre de mairie : 2 (IN SALAH, FOGGARAT EZOUA).

I-1-4- L'exploitation traditionnelle: des eaux dans la région se fait par les fameuses Foggaras de Tidikelt comme au Touat :



Photo.1 : Kasria secondaire de la Foggara d'EL Meghier (Remini, 2000)

Le terme foggara désigne une galerie souterraine qui consiste à drainer les eaux de la nappe aquifère du plateau vers les terrains irrigués situées dans la dépression.

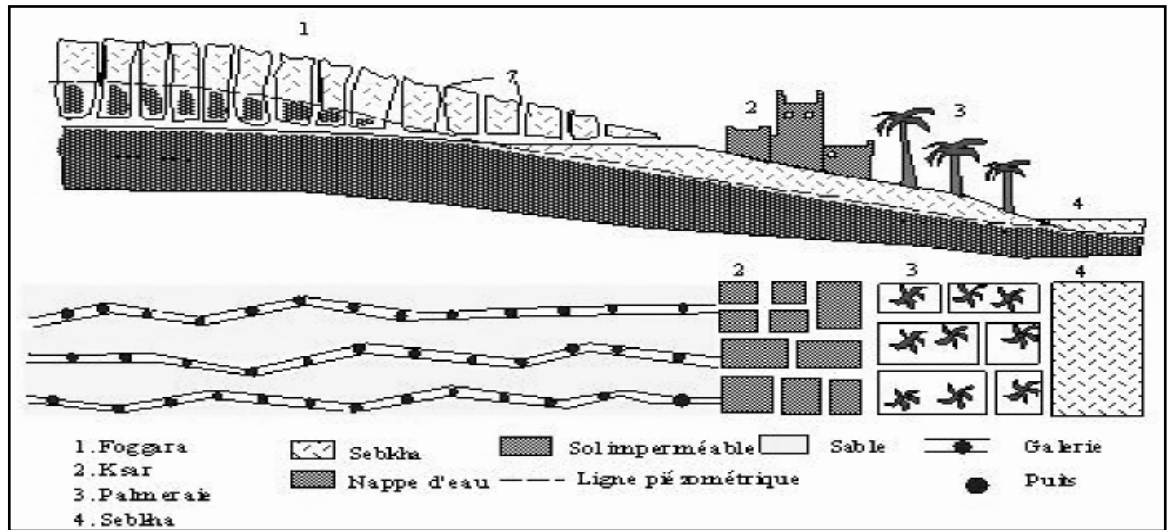


Figure. 03: Schéma de fonctionnement de la foggara

I-1-4-1- Situation des foggaras dans la région de Tidikelt (in Salah) :

La zone d’In Salah est située en limite sud du bassin occidental, dans les affleurements du CI

La palmeraie de Tidikelt (in Salah) possède un réseau de captage traditionnel (foggaras) Très faible.

Les débits unitaires de chaque foggara variaient, les débits globaux par palmeraie restaient à peu près constants ». Ces débits, par région, sont indiqués sur le tableau :

Tableau 02 : Débit de Foggara de la région In Salah (1960 et 1998).

Région	Débit 1960 (m ³ /s)	Débit 1998 (m ³ /s)
In Salah	0,693	0,345

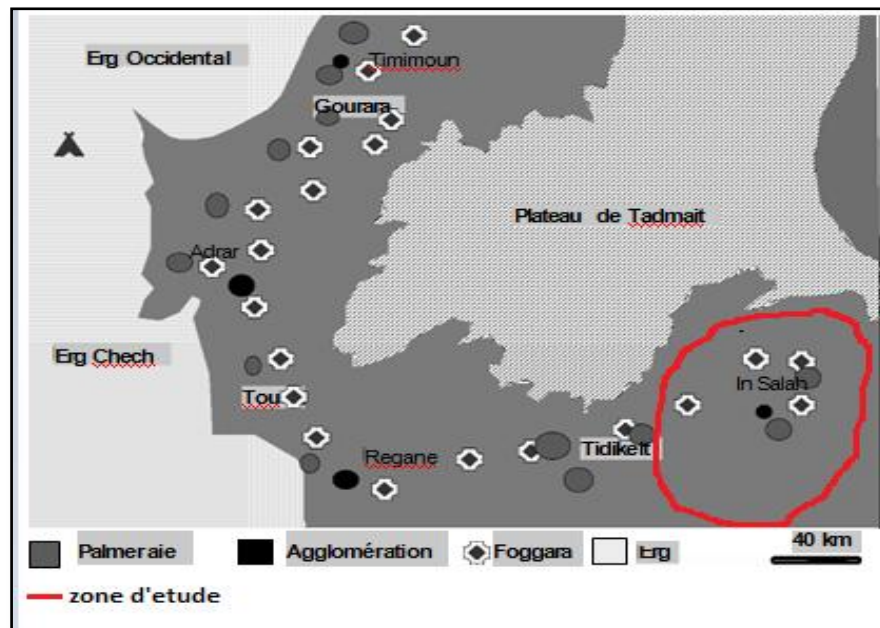


Figure.04 : Répartition de foggaras autour de plateau Tademaït

Il est à signaler que certaines Foggaras captent les eaux de la nappe phréatique du Grand Erg Occidental. Cependant, en raison du tarissement de la nappe, de l'effondrement des galeries et de l'ensablement des Foggaras, le nombre de Foggaras ne cesse de diminuer chaque année.

- La question posée actuellement est pourquoi les foggaras déclinent dans In Salah ?

Pour la détection des contraintes cause diminue ou cesse de réseau de la foggara dans In Salah on va baser sur les cause ce décline

- a- Nature de la nappe aquifère exploitée des foggaras :

Les foggaras drainent les eaux de la nappe d'eau du continental intercalaire, les ressources de cet étendu système aquifère sont non renouvelables, c'est-à-dire que chaque volume d'eau extrait influe sur le volume global et qui est traduit ensuite par le rabattement contenu du niveau statique de la nappe aquifère.

-b- L'influence des forages d'eau sur la foggara (l'interférence Réciproque) :

Le problème de l'interférence réciproque soit entre les forages ou entre les forages et la foggara est mal .avec trou exploitation pour forage dans in Salah a aboli action de foggara.

-c- Répartition et augmente de agriculture dans la région et besoins de l'eau irrigation que n'abonde pas le réseau de foggara.

I-2- HYDROCLIMATOLOGIE DE LA REGION :

La région d'étude est située le saharien d'Algérie est caractérisée par un climat sec (chaud et aride).

Les objectifs des analyses climatologiques (P, T et Ev) sont :

Donne une idée précise sur le climat qui caractérise la région étudiée

Pour l'analyse hydro climatique, nous avons utilise les données relatives à office notionnelle de la météorologie (ONM) la station est située à l'Aéroport (7Km de la ville de in Salah.

Tableau 03 : les caractéristiques de la station météorologique d In Salah :

station	Coordonnée		Altitude (m)	Période des données
	X	Y		
In Salah	27°15'N	02 31'E	268	1981-2012

I-2-1- Température :

C'est l'un élément essentiels pour la détermination du régime climatique de la région d'étude

Tableau 04 : les données de température mensuelles pour la période de (1981-2012)

	Sep	Oct	Nov	Des	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Ann
T (°C)	33.4	26.9	19.8	14.6	13.8	16.9	21.1	25.5	30.6	35.8	37.4	36.7	26.1

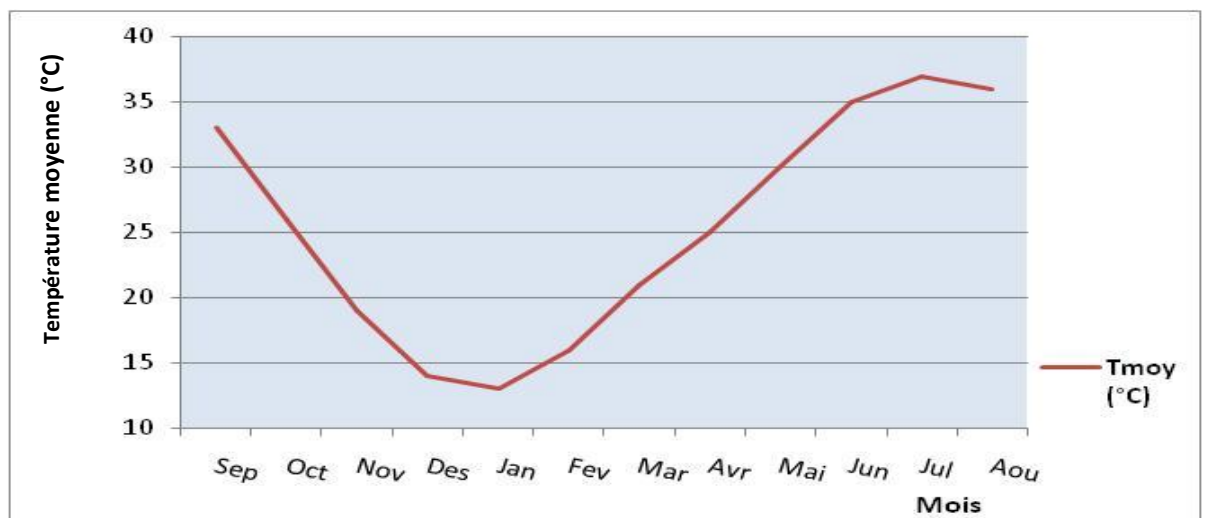


Figure.05 : Température moyenne mensuelle de période 1981-2012

Selon la (figure 05) de variation des températures moyenne mensuelle marque.

Un maximum 39°C en mois de Septembre puis décroît lentement jusqu’au mois de Janvier 13°C puis après se commence par croissant lentement jusque le mois de Juillet la température est maximum 45°C jusque Aout se d2croissent très lente.

On remarque la température élevée (en Eté) et la température basse (en Hiver).

Il ya d’autre facteur qui influent sur la variation des températures comme l’absence de végétation, les travaux pétroliers ...

I-2-2- Précipitation :

La connaissance de la pluviométrie de la région est très difficile à étudier à cause de d’irrégularité des précipitations d’une part, et l’absence des stations pluviométriques d’autre part.

Tableau 05 : précipitation de pluies mensuelles (mm) ,pour la période 1981-2012 :

	Sep	Oct	Nov	Des	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Ann
P (mm)	0.4	1.6	1.5	2.6	3.1	2.0	1.2	1.3	0.4	0.1	0	0.6	15.4

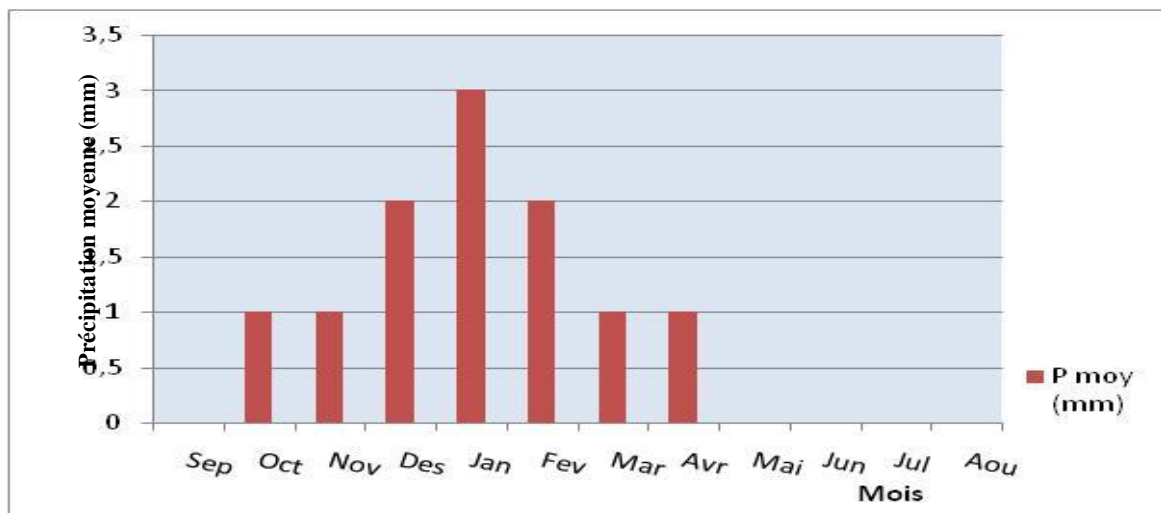


Figure.06 : précipitation moyenne mensuelle de période 1981-2012.

L’histogramme (figure06) représentation la répartition des pluies mensuelle sur une période 1981-2012 le maximum de ces précipitation est enregistre au mois Janvier 3.1mm et décroisse l’autre mois jusqu’ à le mois Juillet se nul (0mm). On remarque de cette histogramme on a la période humide et la période sèche de la région, les mois Hiver les

pluies est existe mais moine (période humide) et les mois Eté elle environ nul (période sèche).

La faible quantité des précipitations est due à l'influence de deux facteurs ;

- Les facteurs géographiques : situation géographique la l'altitude de la région, latitude et l'éloignement de la mer
- Les facteurs météorologiques : la région est influencée par une masse d'air tropical continentale qui provient de la direction Sud et Sud -Est, ces masses d'air ce caractérise par la haute température et donne les plus sauvant des vents
- Les faibles valeurs du nombre des jours des pluies dans la région d'In Salah est du probablement à la forte température

I-2-3- Diagramme pluvio-thermique de GAUSSEN :

Selon la définition de Gausсен, une période sèche est une période pendant la quelle les précipitations totales du mois sont inférieures ou égales au double de la température du même mois. Ce diagramme montre que pour un climat de notre région (climat saharien), il n'existe pas de période humide

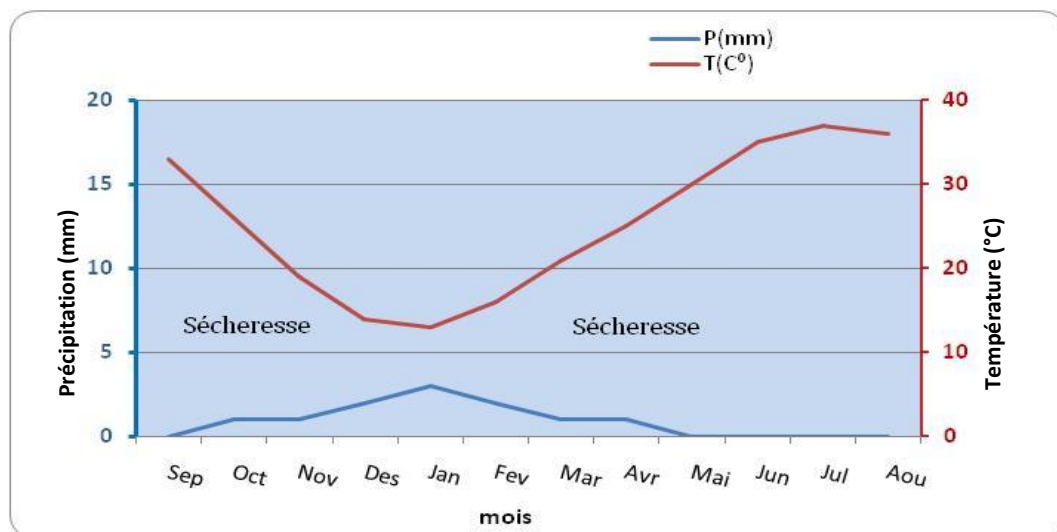


Figure.07 : Diagramme pluvio-thermique de GAUSSEN

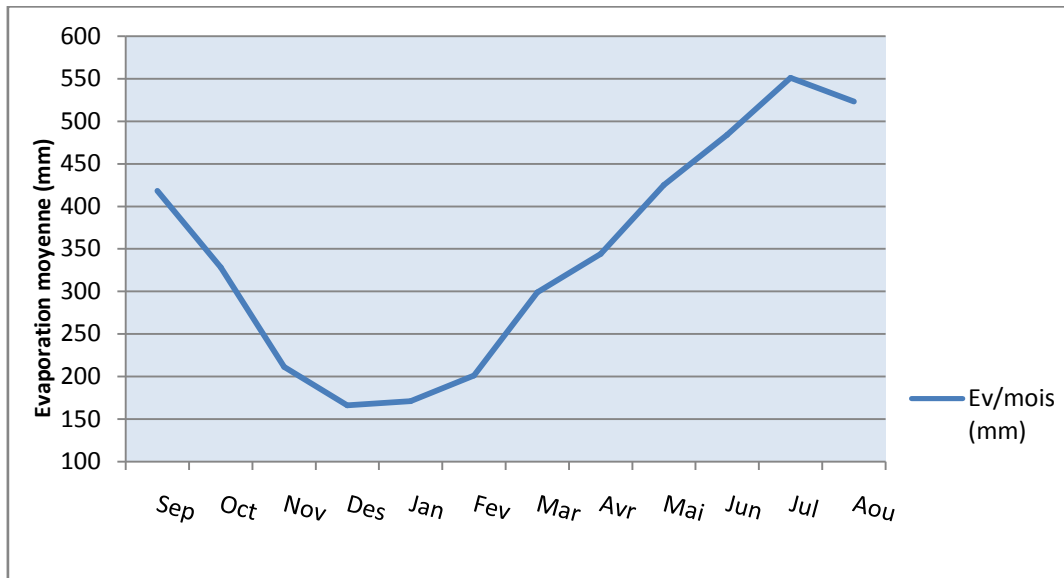
Solon le diagramme on a Un période dans la région, période sèche dans tous saison mais par pourcentage différence. La saison hiver est en peu sèche par rapport les autres saisons.

I-2-4- Evaporation :

C'est le facteur principal qu'influe sur l'efficacité de la précipitation, car au Sahara généralement cet élément joue un rôle négatif sur les réservoirs.

Tableau 06 : l'évaporation moyenne mensuelle (mm) de période 1981-2012.

	Sep	Oct	Nov	Des	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Ann
Ev(mm)	418	328	211	166	171	201	299	344	425	484	551	523	4120

**Figure.08** : Evaporation moyenne mensuelle de période 1981-2012

La courbe représente d'évaporation mensuelle moyenne (mm) de période 1981-2012, notons de cette courbe évaporation de région très forte, le évaporation maximum de mois Juillet 551mm puis décroisse d'autre mois jusqu'à les mois Novembre, Décembre et Janvier sont minimum évaporation 211,166 et 171mm.

L'évaporation de la région est très élevée à cause de l'élévation de la température, donc cette évaporation permet de sécher de grandes quantités d'eau de précipitation (d'ailleurs elle est trop faible) et celles contenues dans les réservoirs superficiels.

I-2-5- Bilan hydrique de la région :

Tableau 07: les résultats des calculs de bilan hydrique de la région d'étude d'après C.W.THORNTHAITE de période (1981-2012) :

	Tp	i	K	ETPC	Pr	BH	CH	VR	RFU	ETR	Def	Exc
S	33,4	17,7	1,30	209,0	0,4	-208,6	-1,0	0,0	0,0	0,4	208,6	0,0
O	26,9	12,8	1,21	103,4	1,6	-101,8	-1,0	0,0	0,0	1,6	101,8	0,0
N	19,8	8,0	1,08	37,6	1,5	-36,1	-1,0	0,0	0,0	1,5	36,1	0,0
D	14,6	5,1	0,96	13,7	2,6	-11,1	-0,8	0,0	0,0	2,6	11,1	0,0
J	13,8	4,7	1,01	12,2	3,1	-9,1	-0,7	0,0	0,0	3,1	9,1	0,0
F	16,9	6,3	1,13	24,6	2	-22,6	-0,9	0,0	0,0	2,0	22,6	0,0
M	21,1	8,8	1,19	50,0	1,2	-48,8	-1,0	0,0	0,0	1,2	48,8	0,0
A	25,5	11,8	1,27	93,1	1,3	-91,8	-1,0	0,0	0,0	1,3	91,8	0,0
M	30,6	15,5	1,32	164,1	0,4	-163,7	-1,0	0,0	0,0	0,4	163,7	0,0
J	35,8	19,7	1,41	277,3	0,1	-277,2	-1,0	0,0	0,0	0,1	277,2	0,0
J	37,4	21,0	1,41	316,8	0	-316,8	-1,0	0,0	0,0	0,0	316,8	0,0
A	36,6	20,4	1,36	286,9	0,6	-286,3	-1,0	0,0	0,0	0,6	286,3	0,0
An	26,0	151,8		1588,8	14,8	-1574				14,8	1574,0	0,0

On remarque de cet tableau n (07): $p < ETP$ dans ce cas puisera dans les réserve du sol jusqu'à ce que l'ETR sera à égale de précipitation annuelle (14.8mm/an) donc $(ETR = P)$.

Le déficit agricole (DA) est existe à toute l'année, notamment la saison d'Eté, il est diminué jus qu'a la saison Hiver où le déficit est très faible.

On a aussi l'excédent égale RFU (00) c'est-à-dire que la précipitation plus faible et température plus élève.

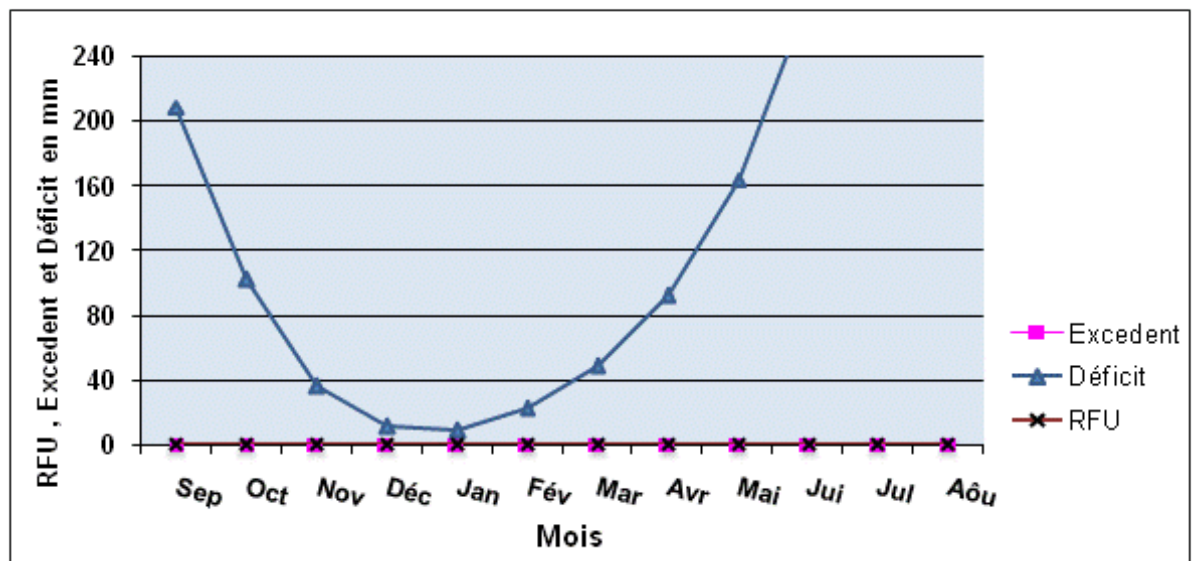


Figure.09 : La présentation les bilans hydrique de la région d'In Salah

I-3- LA GEOLOGIE DE LA REGION D'ETUDE (IN SALAH) :

L'histoire géologique de l'Algérie s'inscrit dans une longue évolution géodynamique.

Dans son état actuel, l'Afrique du Nord correspond à une zone ayant subi plusieurs phases de déformation et de sédimentation depuis le Précambrien. La géologie de la partie septentrionale de l'Algérie est marquée par l'empreinte de l'orogénèse alpine (domaines tellien et atlasique). Le linéament majeur du pays correspond à la flexure sud-atlasique qui sépare l'Algérie alpine au Nord de la plate-forme saharienne au Sud, constituée pour l'essentiel de terrains du Précambrien et du Paléozoïque. Cette plate-forme a peu évolué depuis la fin du Paléozoïque et correspond à un domaine carbonique relativement stable (Fabre, 1976 ; Ries, 2003).

Le but de l'étude géologie c'est la détermination de la lithologie d'aquifère de continental intercalaire(CI) dans la région d'étude.

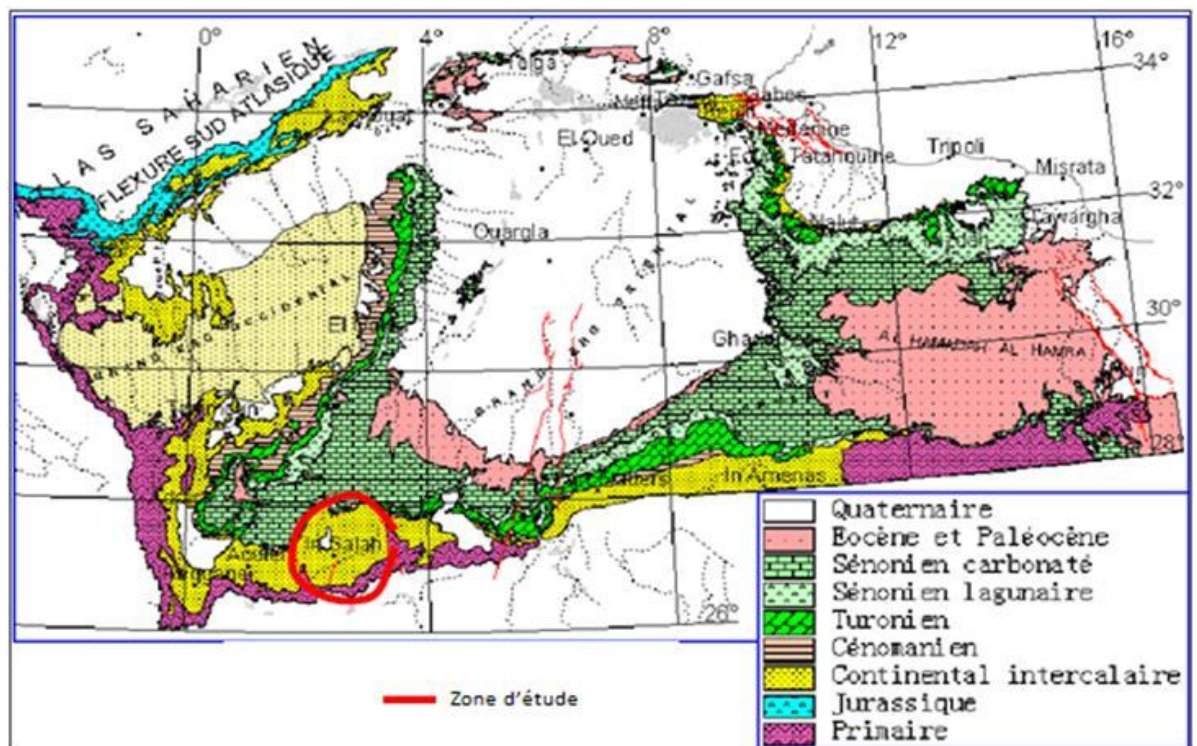


Figure.10 : Extension géologie du SASS et zone étudiée à In Salah (OSS.2003).

La zone d'étude est intégrée dans l'ensemble de la plateforme saharienne.

Cette dernière est relativement stable (peu déformée) et caractérise par la présence de terrains primaires qui sont affectée par des plissements, ils sont surmontés par les séries du continental intercalaire (crétacé supérieure) se terminant par des formations du tertiaire continental.

La couverture de la plateforme saharienne est constituée par le Protérozoïque supérieur ou l'Infracambrien, le paléozoïque et le mésozoïque.

La zone est située au Nord du bassin de l'Ahnet, ce dernier s'est formé pendant le Silurien, mais son évolution s'est transformée en un élément tectonique indépendant, puis s'est poursuivie jusqu'à la fin du Paléozoïque où cette dépression a été bien structurée et individualisée.

Il existe une importante érosion des séries paléozoïque qui se trouvaient dans une position haute. La discordance hercynienne matérialise cette surface d'érosion et sépare ainsi. Les séries paléozoïques de séries mésozoïques.

Sur la majeure partie du bassin de l'Ahnet, la couverture sédimentaire est représentée par les séries paléozoïques. La sédimentation essentiellement détritique est liée à des environnements très variés (continentale, glaciaire, marin et marin littoral).

Au mésozoïque, elle est surtout continentale et marine (Mézine, 1992).

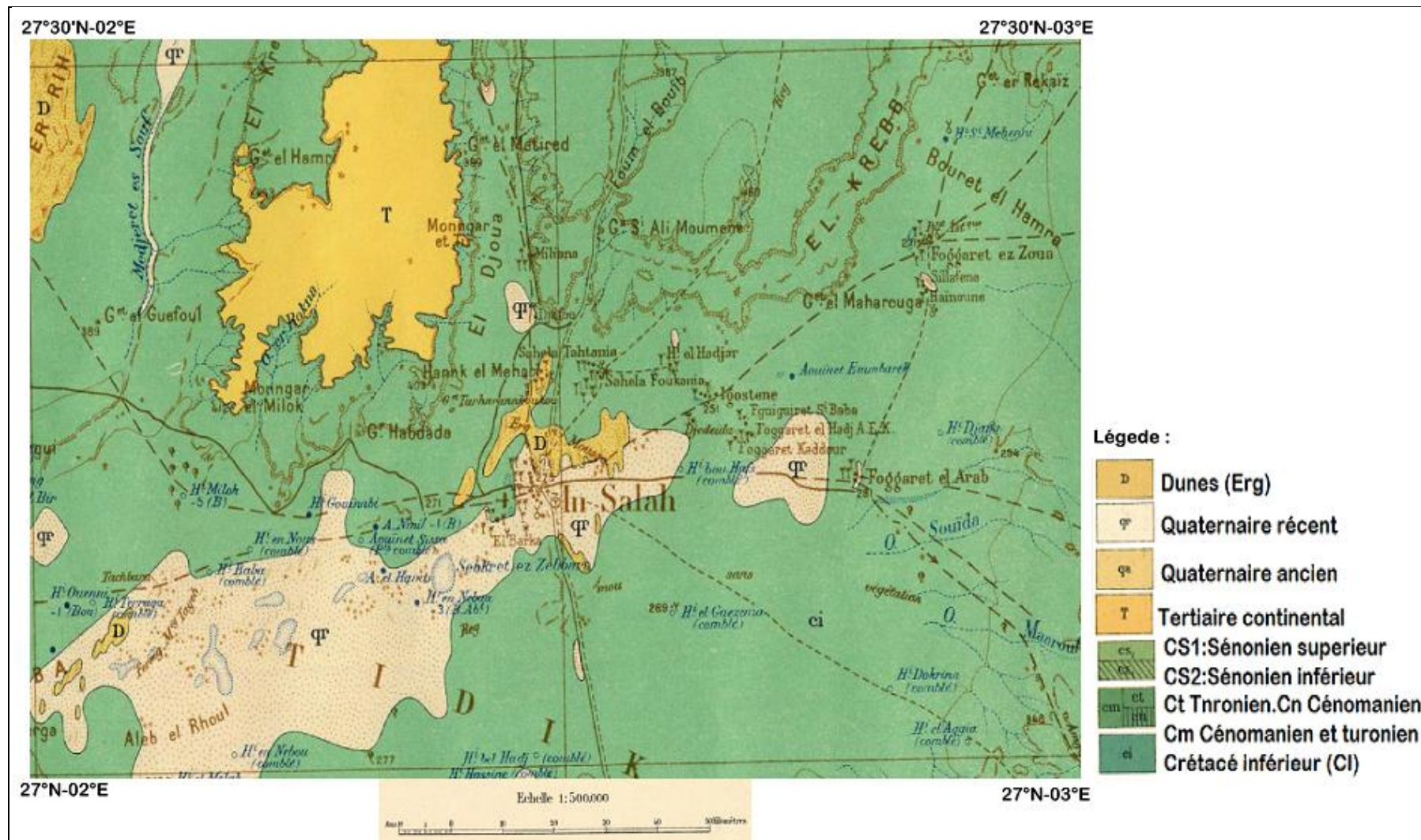


Figure.11 : Carte géologique de la région In Salah

I-3-1- la Lithostratigraphie de la zone d'étude:

On se basant sur la carte géologique d'In Salah et les informations fournies par les forages pétroliers

Le log lithostratigraphique des formations géologiques sera comme suivant :

I-3-1-1- Paléozoïque :

Les sédiments du paléozoïque sont largement développés dans le Sahara. Mais dans la zone d'étude on remarque que le paléozoïque est profond et moins affleurant par rapport à d'autres régions au sud de la zone d'étude et aux terrains du bassin de l'Ahnet et cela est dû à l'élargissement du continental intercalaire.

I-3-1-1-1- Dévonien :**I-3-1-1-1-1- Dévonien inférieur :**

Il est généralement constitué par des argiles gréseuses avec des passages de grés au sommet (zone de passage). La radioactivité à la base de ces argiles constitue un bon repère stratigraphique, donc la succession de bas en haut des formations se présente comme suit :

- l'ensemble argilo-gréseux, il est par des argiles plus ou moins silteuses et micacées, des grés fins à très fins

- essentiellement quartzique ou siliceux quartzique compacte.

- constituée à la base par des argiles silteuses et au sommet par un banc de grés propre, fin et moyen (réservoir hydrocarbure).

I-3-1-1-1-2- Dévonien moyen :

Moins épais que l'inférieur et dominé par les faciès marins, composé de bas en haut par :

- Des argiles carbonatées et marnes avec des passages de calcaire et de grés.

- calcaire compacte et passées d'argile.

I-3-1-1-1-3- Dévonien supérieure :

Formé par Frasnien, Famennien et Strunien. Il est caractérisé essentiellement par la présence d'argile schisteuse et argiles versicolores dans tous les niveaux.

- A la base, on trouve des argiles schisteuses riches en matière organique surmontées par des argiles gréseuses, quelques graviers et gypses

- Au milieu, il y a un ensemble gréseux à stratification variée, avec un mélange de gravier ou d'argile et gypse.

I-3-1-1-2- Carbonifère

Le Carbonifère correspond au cycle sédimentaire paléozoïque final. On peut l'observer dans les domaines occidentaux et orientaux, séparés par le rôle d'Amguid-El Biod Messaoud

d'où les dépôts sont absents. Les faciès varient, de marin profond jusqu'à continental. De même, les épaisseurs varient de 900m à l'est pour atteindre 2800m à l'ouest

Caractérisé par une importante présence du Viséen, en général les forages d'eau montrent que cet âge est constitué essentiellement par des formations imperméables argileuses avec intercalations des faciès gréseux. Donc :

- A la base ; on remarque le passage argilo-gréseux plus ou moins épais
- Au milieu, on observe quelques blocs de calcaires associés avec les argiles, graviers fins et gypses
- les sommets sont formés par des grès fins, sables fins, gyps, des poches continentales et argiles plastiques.

I-3-1-2- le mésozoïque :

Discordant sur le Paléozoïque, il est représenté par les dépôts salifères du Trias et argilo-gréseux du Crétacé. Le Mésozoïque est développé dans les zones les plus déprimées des bassins sahariens, principalement dans le Sahara septentrional.

I-3-1-2-1- Crétacés inférieur (continentale intercalaire) :

Il est partout transgressif et discordant sur la série du paléozoïque. Il est épais de 1620 m de la base au sommet

Le continentale intercalaire dans la zone d'étude est épais et large à cause de son affleurement important sur le paléozoïque.

En géologie, le continentale intercalaire désigne les formations continentales qui sont déposées entre le cycle marin du paléozoïque clôt par l'orogénèse hercynienne et la transgression marine du cénomaniens. Elle couvre une large période du trias à l'Albien.

Les logs des forages d'exploitation et de reconnaissance montrent que le continentale intercalaire dans la zone d'étude est constitué, de la base au sommet, par les formations suivantes :

- une série d'épaisseur variant de 20 à 90m. Elle est constituée par des Sables fins argileux.
- Des séries de grès à gravier fin parfois siliceux, et des intercalations d'argiles gréseuses, avec une épaisseur variant de 15 à 150m.
- une série de 20 à 200 m d'argiles rouges parfois pressées ou légèrement sableuses, avec la présence de minces niveaux de calcaire dur.
 - mélange épais 30 à 120m des formations gréseuses avec le gravier moyen et des intercalaires de (calcaire siliceux ou quartzique durs, gravier fin siliceux sable grossier et grès argileux).

- des bancs gréseux durs à très dure de 5 à 150 m épaisseurs avec des sables siliceux et argiles limoneuses.

I-3-1-2-2- Crétacés supérieure :**I-3-1-2-2-1 - Cénomaniens:**

Le Cénomaniens constitue la couverture sédimentaire du continental intercalaire.

La zone d'étude constitue par la dolomie finement cristallisée et argile plastique brun et rouge.

I-3-1-2-2-2- Turonien:

D'épaisseur variant de 70 à 120 m, il est formé d'alternance de calcaires dolomitiques et crayeux.

La zone d'étude constitue par la Dolomie et craie dolomitique bariolée.

I-3-1-2-2-3- Sénonien:

Epais de 465 m il s'agit d'une sédimentation marno-calcaire. La zone d'étude constitue par :

Sénonien supérieur : Calcaire, calcaire à silex et argile.

Sénonien inférieur : Argile à gypse, calcaire à silex rubané et grès.

I-3-1-3- quaternaire :

Le quaternaire est le résultat de la destruction des roches par les phénomènes naturels (érosion – l'écoulement à cause de la température). Il est caractérisé essentiellement par Alluvion argileux sableuse. Les dépôts du Quaternaire sont formés de couches de sables d'épaisseurs de 0 à 20 m

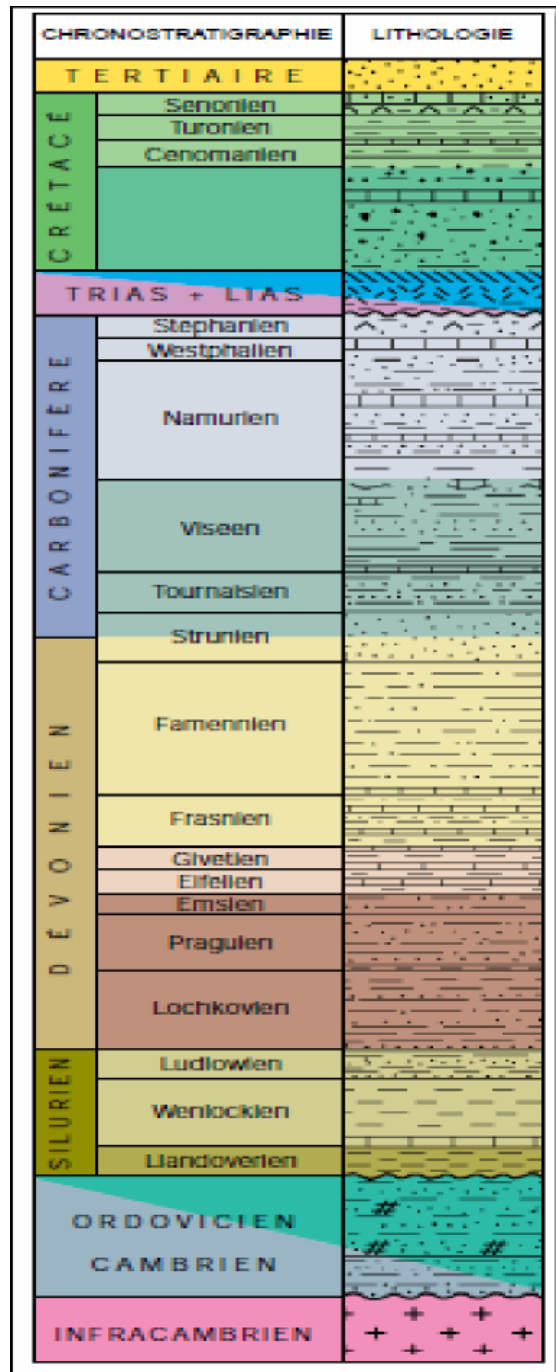


Figure.12 : Litho stratigraphie de bassin occidental (Sonatrach et Schlumberger.2001)

I-3-2- les données de sondage :

I-3-2-1- Sondages de recherches pétroliers :

Dans la région d'étude les recherches pétroliers est concentrée a oust de la série érodée du continental intercalaire.

Le bassin de Ahnet sur le bloc 338a du permet Tidikelt. Il se trouve à environ 155km au sud de la ville d'In Salah (W. Tamanrasset)

Les parallèles : 26° 06' 07" 07174N

Les méridiens : 02° 59' 04" 02244 E

La coupe stratigraphique de la région de BAHAR EL HAMMAR est représentée par des terrains d'âge Paléozoïque

FORMATIONS GEOLOGIQUES				
AGE	ETAGE	STRAT	PROF	LITHOLOGIE
DEVONIEN	Frasnien		0	Argile gris-noir indurée, micacée, avec passées de calcaires
	Givetien		611	Calcaire gris-blanc, localement gréseux et
	Efelien		631	Argile gris-noir indurée, micacée,
	Emsien		701	Grès gris-noir argilo-silt eux à passées d'argiles et calcaire
	Siegenien		782	Grès gris-clair siliceux et argiles grises et calcaires
	Gédinnien		849	Alternance de grès gris-blanc et d'argiles grises silteuses
SILURIEN	Argilo-Silteux		986	Argiles grises à gris foncé avec passées de grès fin et siltstones au sommet.
	Radio-actif			Argiles noires radioactif
ORDOVICIEN	DMK		1680	grès gris-blanc
	GEG		1688	Grès fins à grossiers siliceux parfois quartzitiques
	GOS		1740	Alternance de grès gris-blanc et d'argiles grises
	AAT		1800	Argiles grises à gris foncé avec passées de grès fins siltstones au sommet.
	Q,HAMRA		1855	Grès quartzitiques
	GAT		1900	Grès quartzitiques et Argiles
CAMBRIEN			1930	Grès fins à grossiers
Profondeur Finale (m)			2000	

Figure.13 : Stratigraphie synthétique de la structure de BAHAR EL HAMMAR (Sonatrach)

I-3-2-2- Sondages de recherches hydrauliques :

Les forages de La recharge hydraulique de projet d'alimentation en eau potable de la ville de Tamanrasset à partir d'In Salah.

Tableau 08 : caractères des logs des forages

Le nom de forage	Echelle de la coupe	Log (x)	Latit (y)	z (m)
1- EL HASSENE	1/1,000	2°39'E	27°54'N	430
2- FZ 101	1/2 500	27°20'30"N	2°52'E	301,76
3- PK 30	1/ 500	0°36'66"N	29°94'15"	900

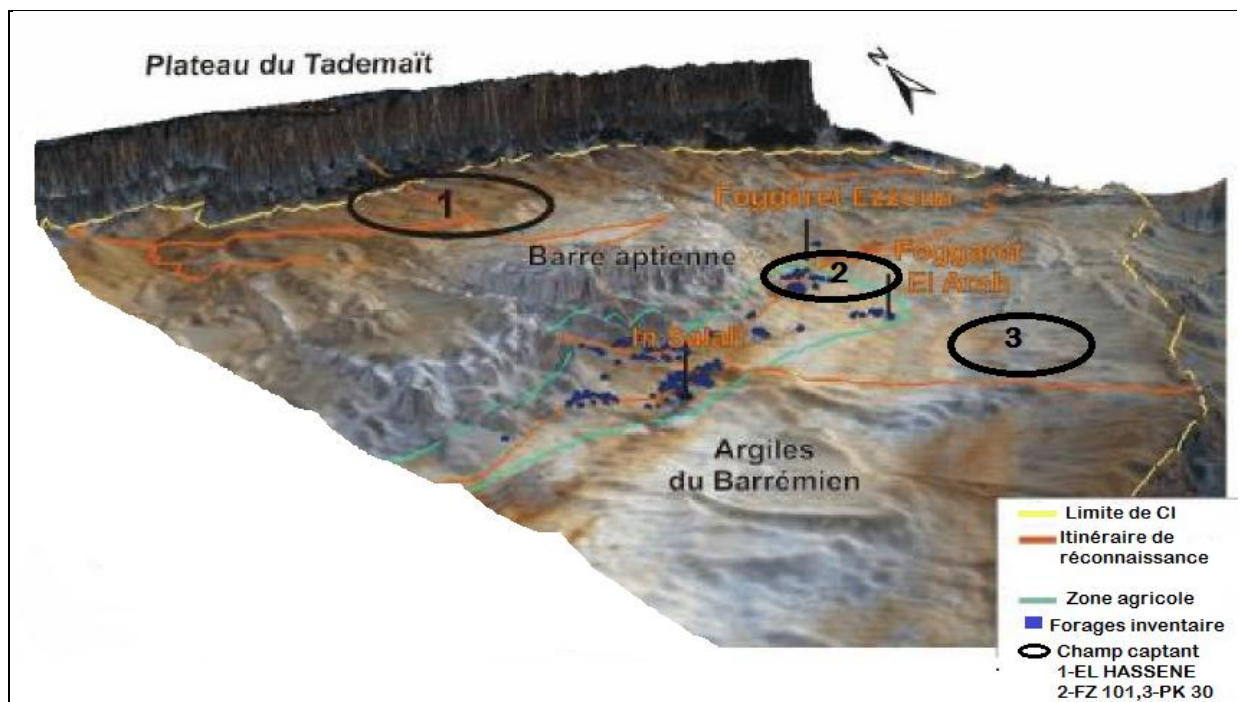


Figure.14 : Répartition de Sondages des recherches hydrauliques dans la zone d'étude (JMP/ 4607/4006) Renensle 19 Novembre 2004.

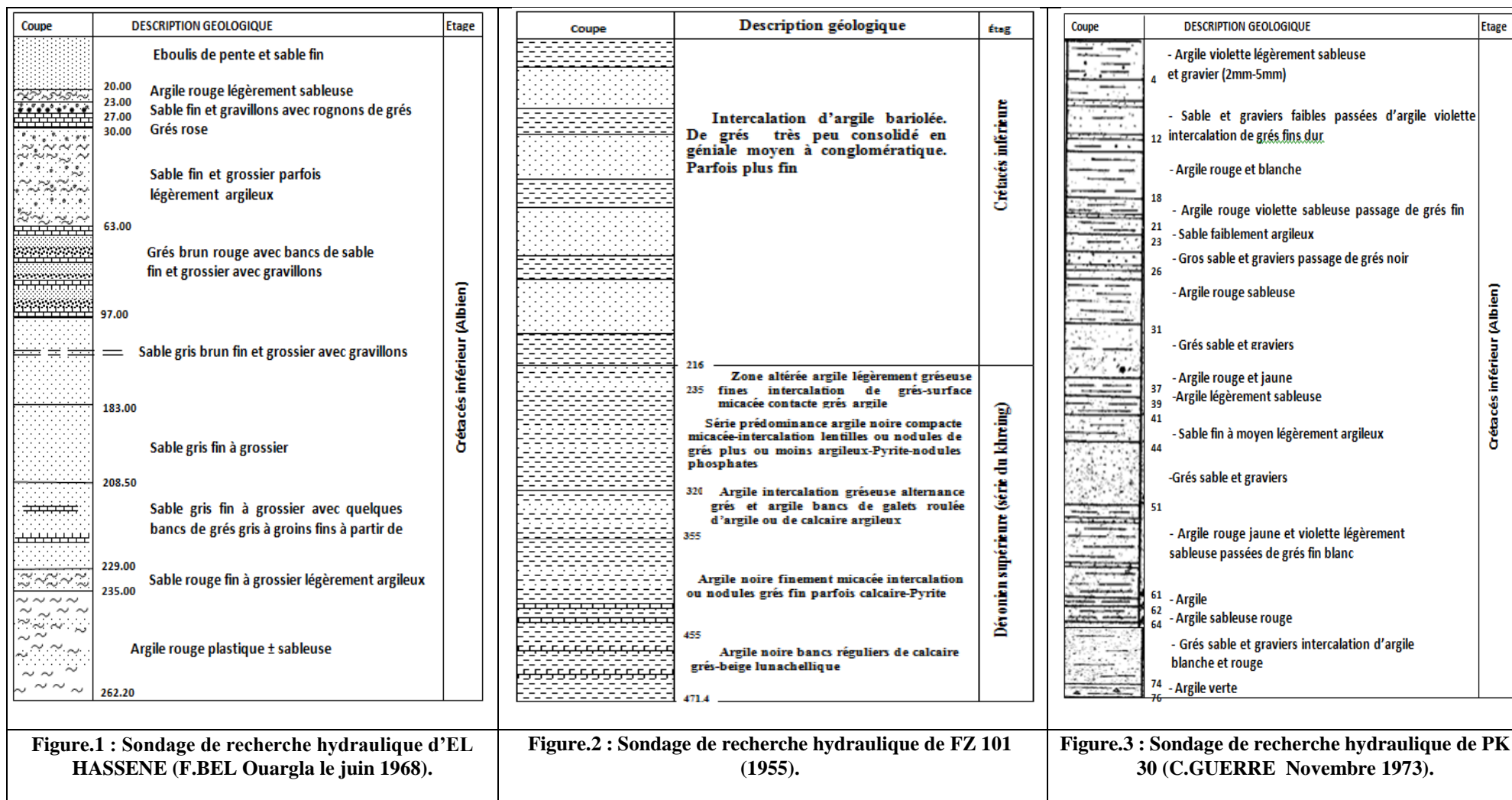


Figure.15 : les logs des sondages de recherche hydraulique de la région d'In Salah.

I-4- HYDROGEOLOGIE DE LA ZONE D'ETUDE :

Le SASS occupe une superficie de plus d'un million de km², dont 60 % en Algérie, 30 % Libye et 10 % en Tunisie.

Allant, dans le centre du bassin, du Crétacé au Mio-Pliocène, il constitue une alternance de grès, sables, sables argileux et d'argiles, de calcaires, dolomies et de marnes, ainsi que d'évaporites. Cette série comporte deux grands ensembles perméables auxquels correspondent deux grands systèmes aquifères: le CT et le CI.

Les formations du Complexe Terminal sont très hétérogènes. Elles englobent les assises perméables du Sénonien calcaire et du Mio-Pliocène. Il est possible d'y distinguer trois corps aquifères principaux, séparés localement par des horizons semi-perméables ou imperméables. Ces trois corps sont représentés par les calcaires et dolomies du Sénonien et de l'Eocène Inférieur, par les sables et graviers du Pontien, et par les sables du Mio-Pliocène. Leur puissance moyenne est de l'ordre de 300 m. En 2000 elles étaient exploitées par environ 5300 points d'eau.

La formation du Continental Intercalaire est représentée par des dépôts continentaux sablogréseux et sablo-argileux du Crétacé Inférieur dont la profondeur atteint localement 2000 mètres et dont la puissance varie entre 200 et 1000 m. En 2000 elle était exploitée par environ 3500 points d'eau.

Le SASS peut être subdivisé en trois bassins :

- le Bassin occidental, comprenant le secteur des foggaras au Sud, le Grand Erg Occidental et l'Atlas Saharien au Nord (Algérie).
- le Bassin central, limité à l'ouest par la dorsale du M'Zab et à l'Est par le plateau de la Hamada el Hamra (Algérie, Tunisie, Libye)
- le Bassin oriental caractérisé par l'effondrement du graben de Hun (Algérie, Libye)

Les affleurements du CI et du CT, correspondant à des zones de nappe libre, sont respectivement en vert clair et en hachuré (Sénonien carbonaté, Eocène et Paléocène).

La zone d'In Salah est située en limite sud du bassin occidental, dans les affleurements du CI.

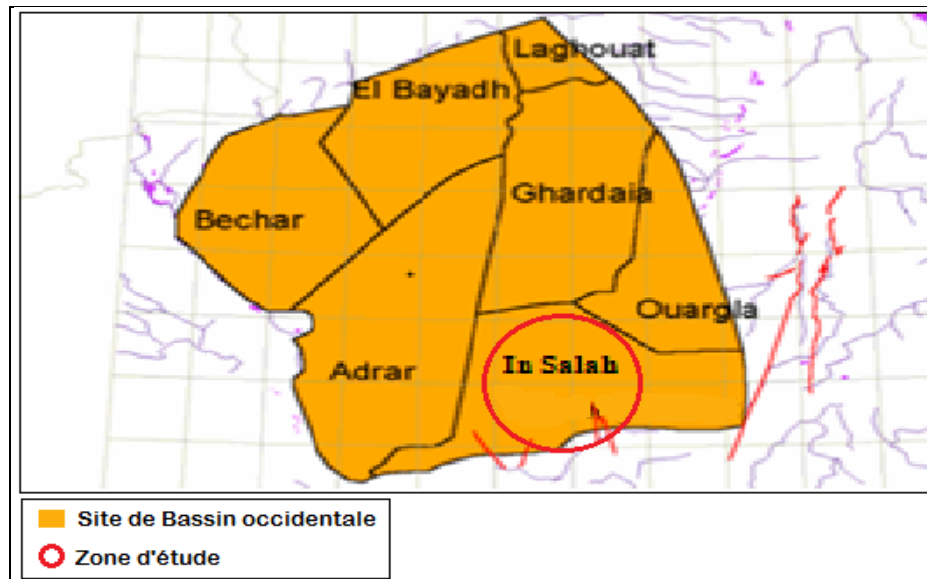


Figure.16: bassin occidentale de le SSAS.

I-4-1- hydrogéologie de la zone d'étude (In Salah) :

La région d’In Salah est située à la limite sud du Bassin occidental du Système Aquifère du Sahara Septentrional (SASS) dans les affleurements du Continental Intercalaire (CI) (figure16).

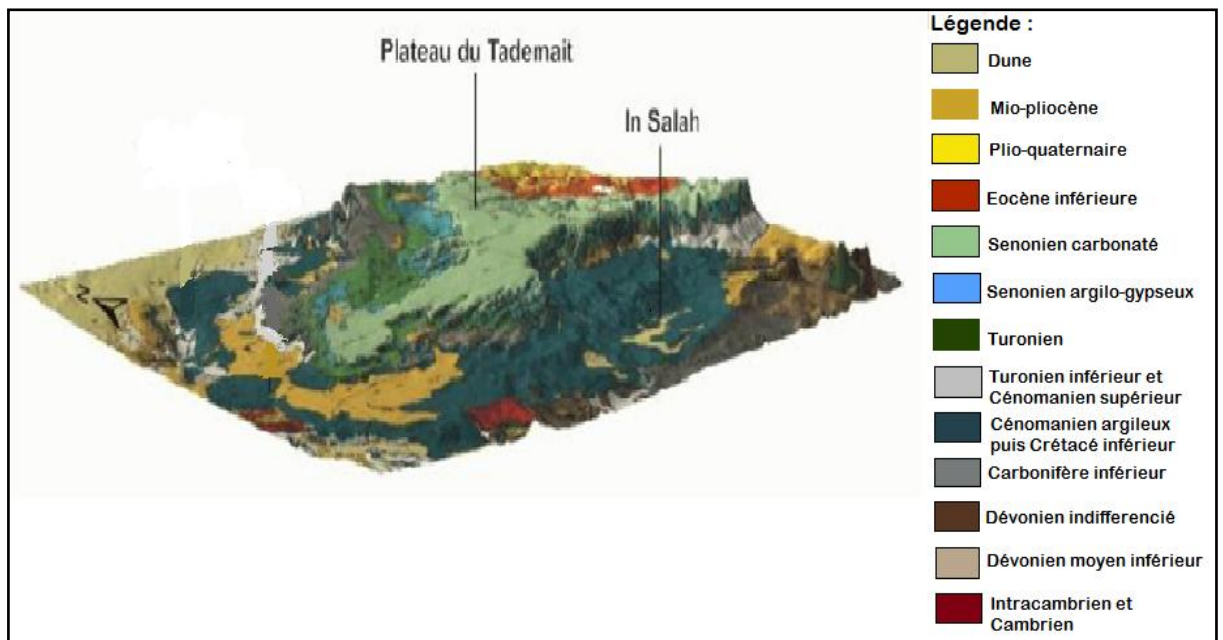


Figure.17 : Relief de la région In Salah avec superposition de la géologie (d’après G. Busson 1970)

La région est caractérisée par une série d’oasis alimentées anciennement par des foggaras et depuis le début du 20ème siècle, par des forages artésiens jaillissants. L’cartésianisme ayant diminué, la plupart des forages sont aujourd’hui exploités par pompage.

Depuis la fin des années 1990 un programme de développement agricole a été mis en place, avec la distribution de 14'600 ha pour la zone d'In Salah.

La formation du Continental Intercalaire est représentée par des dépôts continentaux sablo-gréseux et sablo-argileux du Crétacé Inférieur, reposant, dans la région, en discordance sur une série détritique allant du Cambro-ordovicien au Carbonifère² comprenant essentiellement des grès (conglomératiques à la base du Cambrien) avec intercalation de marnes et d'argiles et quelques bancs calcaires.

I-4-1-1- Système aquifère local :

L'épaisseur du CI est inconnue dans cette zone. Il est possible qu'elle soit relativement faible à cause de la présence des failles et des affleurements du Primaire proche. Son extension est limitée au sud par la fin des affleurements et à l'est par les failles.

Mais la carte isopaque de la continentale intercalaire montre la variation de l'épaisseur dans le secteur étudié, l'épaisseur maximum se localise au nord et oscille entre 305 à 400 m.

Dans la partie sud de la zone est qui constitue la limite de la formation aquifère, l'épaisseur devient moins importante et ne dépasse pas 50 m (Voir coupe hydrogéologique)

L'ensemble géologique qui renferme la nappe d'eau dans la région d'in Salah est constitué par une alternance des formations détritiques continentale. Les coupes lithologiques des forages d'eaux et pétroliers réalisés dans le périmètre inventorié, montrent la répartition hétérogène dans l'espace et le temps des ces formations.

Au nord de la commune d'In Salah [Forage Djoua 107 « Miliana »] les formations aquifères débutent par des matériaux grossiers (alluvion) du quaternaire qui surmontent une épaisse couche (305 m) constituée de grés argile, gravier et sable du crétacé inférieur.

Où centre de la commune d'In Salah (Forage FS11 « Bordj IS101 ») on remarque un changement du faciès lithologique, ainsi qu'une réduction de l'épaisseur. La formation dominante est le gré tendre et l'argile rouge sableuse. Vers le sud est

(Forage IS 90 vers Tamanrasset) le pourcentage des matériaux fins devient plus important et l'argile rouge sableuse constitue la formation la plus dominante, l'épaisseur de la nappe d'eau dans cette zone ne dépasse guère 50 m.

Le réservoir utile correspond aux formations détritiques du crétacé inférieur.

A mur qui plonge du sud vers nord, et pendage du toit du substratum.

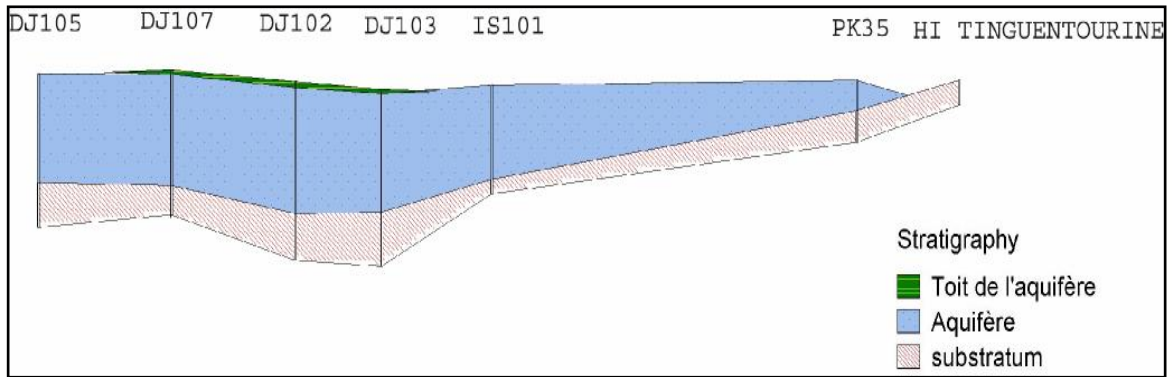


Figure.18 : Coupe hydrogéologique de la région In Salah (ANRH-DRSO/2004).

I-4-1-2- la morphologie de région d'étude :

L'un des principaux objectifs de l'étude consistant à identifier les capacités de production des régions à surface libre de la nappe, il paraît utile, avec les outils dont nous pouvons d'ores et déjà disposer, qui sont des paramètres purement géométriques et ne préjugent pas encore des Transmissivités, de tenter d'identifier quelques indices de reconnaissance des zones les plus favorables de l'aquifère. Parmi ces indices, on peut citer

- a- L'appartenance à la zone à surface libre
- b- Une valeur acceptable de la profondeur du Niveau d'eau
- c- Une épaisseur saturée du CI conséquente
- d- Une épaisseur efficace du CI suffisante

Tableau 09 : critères de sélection des zones favorables de l'aquifère de la région :

Critère	In Salah
Epaisseur saturée	> 200
Epaisseur efficace	> 100
profondeur du NS	< 60 m
Surface libre	Oui

I-4-1-3- La recharge de zone d'étude (In Salah) :

La nappe affleure dans les régions d'In-Salah est faible alimentation environ 268 mm³/an, elle alimentée de façon directe par infiltration des eaux de pluies et de ruissellements qui se produisent sur les zones d'affleurement (Gourara, Touat et Tidikelt), ces affleurements dépassent 50000 km². En considérant une pluie moyenne de 20 mm/an et un coefficient d'infiltration de 10%, il évalue le volume infiltré annuellement à 100 millions de m³ (soit 3 m³/s environ).

L'alimentation indirecte est Nord vers le Sud par cours d'eau de plateau Tademaït (Les calcaires fissurés du Sénonien) et Nord vers le Sud-est par écoulement de pluies du plateau Tademaït.

La région In Salah c'est une région exutoire de nappe continentale intercalaire par les sebkhas (exutoire naturel) et plus des foggaras et des forages qui sont les exutoires artificiels de la nappe albien avec le taux d'évaporation de la nappe superficielle.

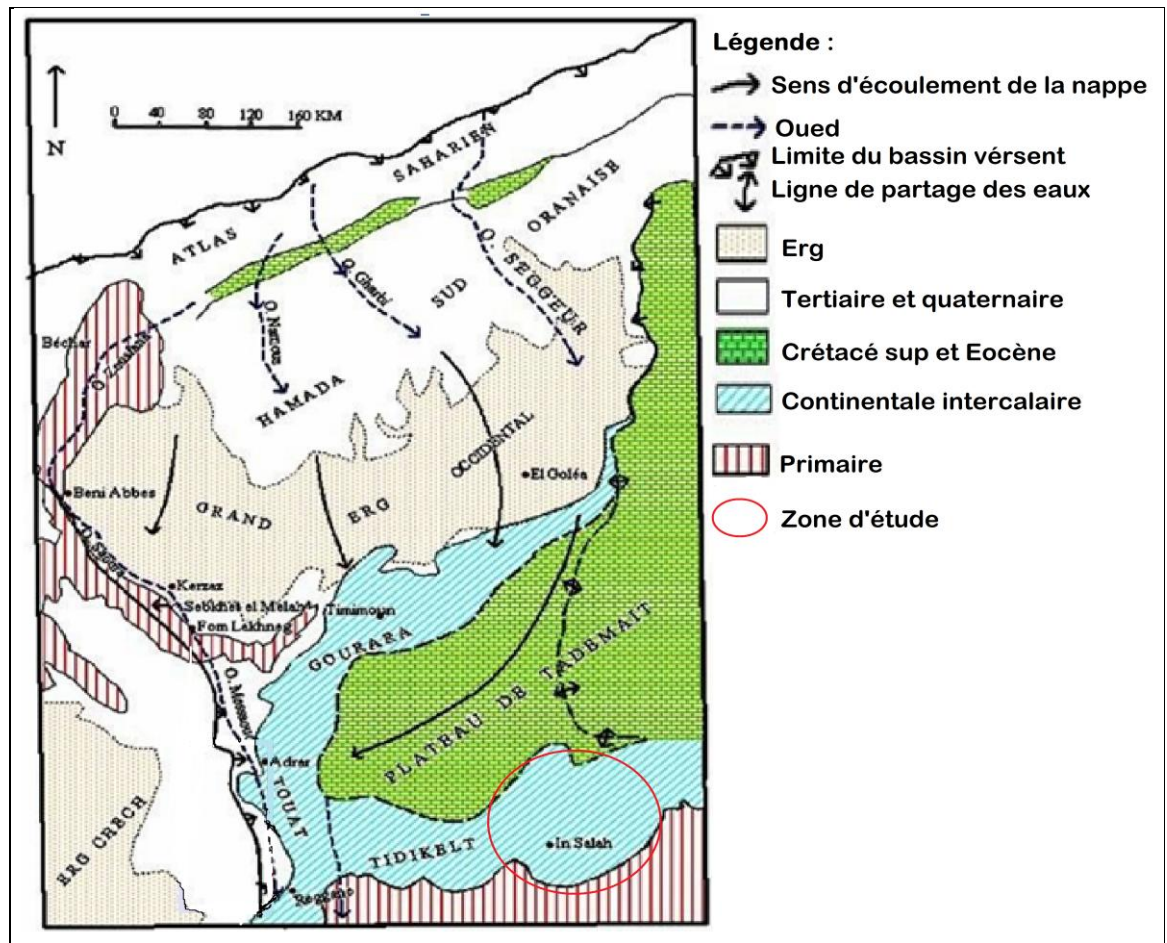


Figure.19 : Le Sens d'écoulement de zone d'étude (d'après G.Gonfiantini , at all.Payne,(1974)).

I-4-1-4- Niveau statique de la nappe d'eau :

Du fait de l'absence d'un réseau adapté à la surveillance de la nappe d'eau dans la région d'in Salah, ainsi que les mesures effectuées lors de la mission, ne donnent pas une information suffisante sur la répartition dans l'espace du niveau statique de la nappe aquifère sur toute la zone inventoriée. Généralement le niveau statique oscille entre -2 à -8 m à l'Est entre Foggaret ezoua, Foggaret el arabe jusqu'à la palmeraie d'Igostene où les points d'eaux deviennent artésiennes,

Suivant notre observation, la zone d'artésienne dans la partie Est de la commune d'in Salah, se localise entre la palmeraie d'Igostene, Sahla fogania et Sahla tahtania et s'étant sur un périmètre d'environ de 55 km.

On allant vers l'ouest, la pression de la nappe d'eau diminue progressivement et le niveau statique devient plus profond. La profondeur maximum enregistrée est de l'ordre de 17.44 m (Forage IS 15).

La pression de la nappe d'eau deviennent importante dans la dépression topographique qui occupe la partie avale de la palmeraie d'in Salah et se prolonge jusqu'à la palmeraie d'el Barka Elle est limitée entre la côte topographique 264 et 260m et occupe un périmètre d'environ de 24 km.

I-4-1-5- potentialité en eau :

La région inventoriée renferme 160 forages hydrauliques dont 81 exploités et 79 non exploités actuellement, avec le débit d'essai pompage (40-100m³/h) et débit d'exploitation (0.25-60m³/h), qui ont été réalisés entre la période 1902-2012.

Tableau10 : Les forages études environ 34 forages, Ces forages sont repartis comme suite:

Lieu	nombre	Débit d'essai pompage(m ³ /h)	Irrigation	AEP	Exploité	Non exploité	type artésien	type forage
Al Barka	7	545	6	1	6	1	5	2
In Salah (centre)	4	360	2	2	4	0	0	4
Igoston et hasi el hjar	4	340	2	2	4	0	4	0
Sahla Fogania et SahlaTahtania	10	890	8	2	9	1	9	1
Foggaret ez Zoua et Foggaret El Arab	9	720	6	3	6	3	0	9
Total	34	2855	24	10	29	5	18	16

A- Les forages d'AEP :

Tableau 11 : Les forages des besoins aux habitants en eau potable, leur situation actuelle et la suivante.

lieu	nombre	Exploité	Non exploité	Débit d'essai pompage (m ³ /h)
Al Barka	1	1	0	100
In Salah (centre)	2	2	0	200
Igoston et hasi el hjar	2	2	0	200
Sahla Fogania et SahlaTahtania	2	2	0	180
Foggaret ez Zoua et Foggaret El Arab	3	2	1	180
Total	10	9	1	860

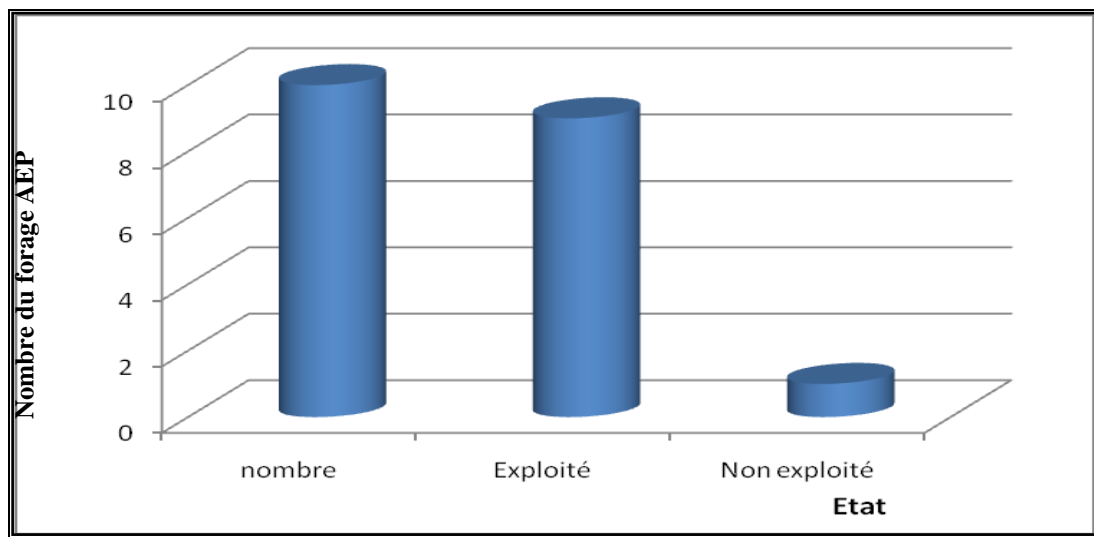


Figure.20 : Nombre de forage exploité et non exploité d'AEP.

B- Les forages d'irrigation :

Tableau 12: les forages d'irrigation de la région, leur situation actuelle et la suivante

Lieu	nombre	Exploité	Non exploité	Débit d'essai pompage (m ³ /h)
Al Barka	6	5	1	445
In Salah (centre)	2	2	0	160
Igoston et hasi el hjar	2	2	0	140
Sahla Fogania et SahlaTahtania	8	7	1	710
Foggaret ez Zoua et Foggaret El Arab	6	4	2	540
Total	24	20	4	1995

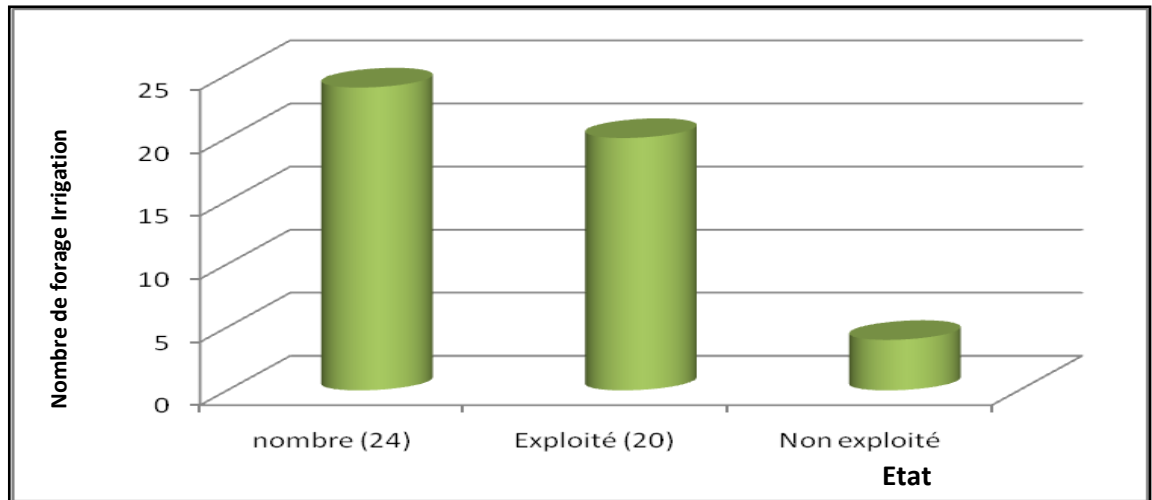


Figure.21 : Nombre de forage exploité et non exploité d'Irrigation

On remarque des ces tableaux et figures, l'exploitation d'eau est reparti à toute région mais avec des pourcentages différentes, la majorité des forages exploité et pour irrigation.

Le débit d'essai pompage très élevée par rapport le débit exploitée.

C- Foggara :

Suivant les archives que nous possédons, la région In Salah renferme plus de 97 foggaras, il ne reste actuellement à peu près 15 foggaras pérennes.

I-5- Conclusion :

La région d'in Salah est située au Tidikelt une altitude 200m, elle est située en limite sud du bassin occidental, dans les affleurements du CI.

Elle est caractérisée par climat aride, elle est la précipitation annuelle très faible et rare, (14.8mm). La température moyenne mensuelle est très élevée durant toute l'année (13.8-37.4°C) et la température moyenne annuelle est (26.0°C). L'évaporation de la région très élevée, moyenne mensuelle (166-551mm) et moyenne annuelle (4120mm).

Le déficit variant au tout l'année par ce que en peu précipitation et l'évaporation très élevée a cause de température élevée

Les rares pluies qu'atteint le sol, ont rapidement séchées par la haute température

Donc n'existe pas une vraie alimentation superficielle de aquifère et cette faible alimentation influe directement sur la profondeur du niveau piézométrique surtout en présence de nombreux points de captage c'est à dire l'alimentation des réservoirs souterrains est pratiquement nulle d'où l'intérêt de bien gérer leurs exploitation.

La géologie de la zone très varie et très importante de CI, Le Mésozoïque (crétacés inférieur) qui est couvre la grande partie de la région d'étude (center de le zone), Le

Mésozoïque (crétacés supérieur) est couverte Nord de zone, Sud de plateau Tademaït et le paléozoïque est couverte Sud de la région d'étude et Nord du Hoggar.

L'hydrogéologie de la zone d'étude est très importante dans le SSAS selon son situation de l'aquifère de SSAS.

L'alimentation de la région est partout de plateau Tademaït (Nord vers le Sud ou vers le Sud-est), elle est infiltrée par la pluie de la zone affleurement par ce que zone perméable.

La zone d'étude c'est un exutoire de SSAS par les forages et les foggaras (artificiels) et les Sebkhas (naturel). C'est-à-dire l'exploitation des nappes sans utilisation rationnelle de la ressource en eau, qui est très faiblement renouvelable (voire fossile) risque de la nappe du Continental Intercalaire (Albien).

Chapitre II :

Matériel et Méthodes

II-1- Introduction :

Pour déterminer : 1- la dynamique des eaux de la nappe de la région.

2- Apprécier les différents paramètres ayant une influence sur l'évolution du chimisme des eaux.

3- les principaux faciès chimiques des eaux.

4- l'origine des éléments chimique des eaux de la région d'étude.

En utilise les données des échantillons (les coordonnées des forages, les analyse des eaux des ces forages, ets) et informatiques (logiciels), employés pour le traitement de nos résultats, nécessitent d'être brièvement présentés.

II-2- Conditions et mode d'échantillonnage

On a (34) échantillons d'eau ont été prélevées qui représentent 21.25% des points d'eaux inventoriés, ces les analyses de période 2013.

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté ; il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension, etc.).

En outre Le matériel de prélèvement doit faire l'objet d'une attention particulière. L'emploi de flacons neufs en verre borosilicaté ou en polyéthylène haute densité avec des bouchons en téflon lavés avec une solution détergente à chaud et rincés avec de l'eau distillée puis séchés, est recommandé. Ces flacons sont susceptibles de réutilisation après un lavage adéquat si l'échantillon n'est pas excessivement pollué. Les flacons destinés au prélèvement pour l'analyse des éléments minéraux seront traités à l'acide nitrique .tout ces étapes sont réalisés a l'aide de laboratoire d'ANRH d'Adrar , donc j'ai seulement prend les résultats de ces analyses et je les utilisé pour interpréter et démontré les différentes paramètres physico-chimique de cette région.

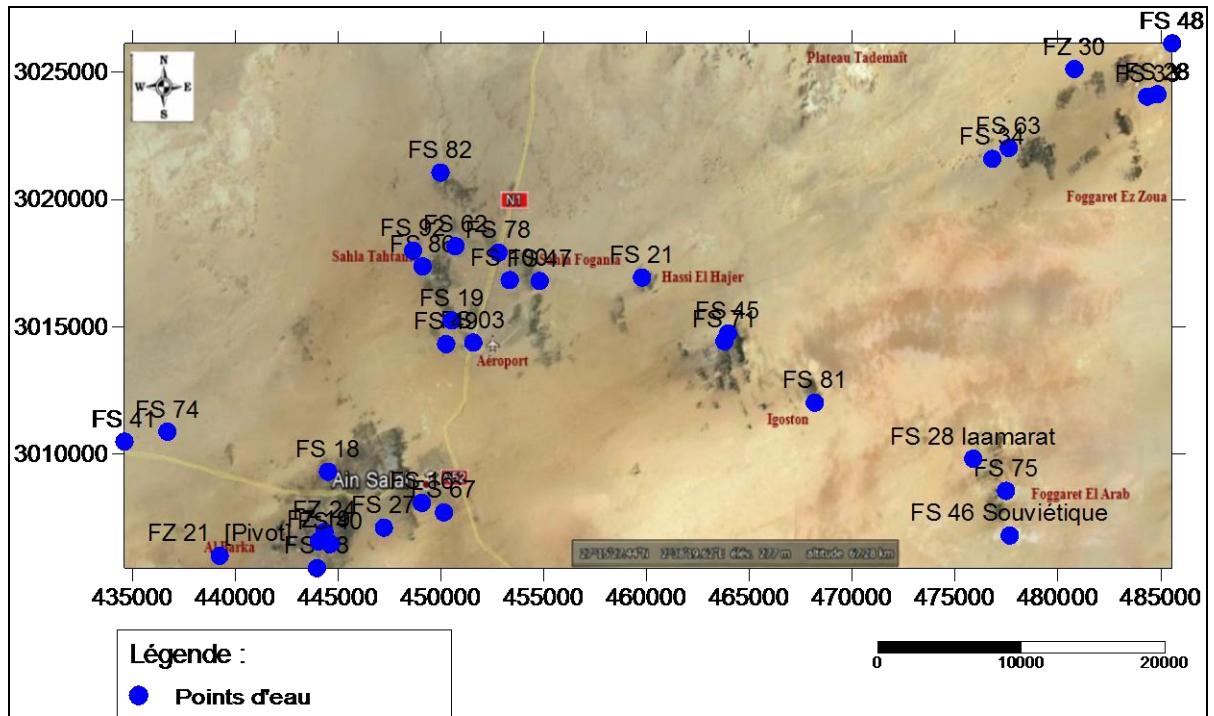


Figure.22 : Localisation des points d'eau échantillonnés de la région.

II-3-Techniques de dessin la carte piézométrique :

Pour dessin la carte piézométrique nous utilisons le logiciel de Surfer.

II-3-1- Surfer : est un logiciel de géostatistiques 2D créé par la société Golden Software.

II-4- Techniques de mesures et d'analyses

Selon la technique standard (Rodier, 2005) nous avons déterminé les paramètres suivants :

II-4-1- Mesures In situ

Les paramètres physico-chimiques : le potentiel d'hydrogène (pH), le potentiel d'oxydoréduction (Eh), la température (T°), la Conductivité électrique (CE), et l'oxygène dissous (O₂) ont été mesurés in situ, immédiatement après le prélèvement de l'échantillon.

II-4-1-1- Les pH :

Le potentiel hydrogène indique la concentration en ions H⁺ présents dans l'eau. Ou plus exactement le cologarithme décimal de cette concentration (exprimé en mole/l). Pour les eaux naturelles, le PH est fonction des concentrations en gaz carbonique dissous (CO₂ libre) et en hydrogénocarbonates dissous (HCO₃⁻).

- **Appareil** : pH Mètre
- **Electrode** : Electrode de pH combinée
- **Réactifs** : Tampon pH = 9, Tampon pH = 7, Tampon pH = 4



Photo.02 : Appareil PH mètre.

II-4-1-2- La conductivité électrique :

Toute eau est plus ou moins conductible. Cette conductivité est liée à la présence des ions dans l'eau, elle augmente avec la concentration des sels ioniques dissous et aussi avec la température. La conductivité donne une idée précise sur la minéralisation de l'eau.

L'unité de conductivité est le Siemens par mètre (S/m).

La conductivité électrique d'une eau s'exprime généralement en microsiemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$). La relation entre la résistivité et la conductivité est la suivante:

$$\text{Résistivité } (\Omega\text{cm}) = \frac{1000000}{\text{conductivité } \left(\frac{\mu\text{S}}{\text{cm}}\right)}$$

Principe :

Mesure de la conductance électrique d'une colonne d'eau délimitée par deux électrodes de platine (Pt) (ou couvertes de noir de platine) maintenues parallèles.

- **R** est la résistance de la colonne d'eau en ohms.
- **S** sa section en cm^2 et **l** sa longueur en cm.
- La résistivité électrique en ohms-cm est

$$\mathbf{P=R\frac{S}{l}}$$

$\frac{1}{S}$ Est appelé constante de l'élément de mesure

Matériel : Conductimètre.

Expression des résultats: Le résultat est donné directement en $\mu\text{S}/\text{cm}$.



Photo.03 : Appareil le Conductimètre.

II-4-2- Mesures par l'analyse au laboratoire :

Les mesures et analyses des paramètres physico-chimiques des eaux.

II-4-2-1- Par spectrophotométrie

Les sulfates, les nitrates, et les orthophosphates ont été analysés par un spectrophotomètre type DR2800, marque HACH, avec des réactifs en gélules :

Tableau 13 : les réactifs des éléments chimiques.

Element	Longueur d'onde	Réactif
Les sulfates (SO ₄ -2)	450nm	SulfaVer 4
Les nitrates (NO ₃ -)	500nm	NitraVer 5
Les orthophosphates (PO ₄ -3)	890nm	PhoVer 3

II-4-2-2- Par spectrophotométrie à absorption atomique

Le fer a été dosé par un spectrophotomètre à absorption atomique, type 11006.

II-4-2-3- Par photométrie de flamme



Photo.04: Appareil La photométrie de la flamme

II-4-2-3-1- Partie théorique :

La photométrie de la flamme est un des procédés les plus rapides et sensibles connus aujourd'hui pour le dosage des éléments alcalins et alcalino - terreux.

Les éléments à analyser (sodium, potassium lithium, calcium etc ...) sont généralement sous forme de sels. L'analyse se fait en partant de leurs solutions.

II-4-2-3-2- Partie pratique :

- **Mode opératoire :** Appareil Dr LANGE (JENWAY)

- **Préparation des étalons :**

Solution fille de sodium (Na^+) à 10 mg/l de la solution mère de Na Cl à 1000 mg/l dans 100 ml d'eau distillée.

(2,54 mg de Na Cl 1000cc d' H_2O distillée : solution mère de Na^+ à 1 g/l).

Solution fille de potassium (K^+) à 10 mg/l : 1 ml de la solution mère de Kcl à 1 g/l dans 100 ml d'eau distillée.

(1.91 g de Kcl 1000 cc d' H_2O distillée : solution mère de K^+ à 1 g/l).

- **Expression des résultats :**

Le résultat est donné directement en mg/l.

II-4-2-4- Par titrimétrie

Les Chlorures, les carbonates et les bicarbonates HCO_3^- , ainsi que le calcium ont été dosés par titrimétrie.

- Les chlorures Cl^- , selon la méthode de MOHR, basée sur le titrage d'un volume d'eau avec une solution AgNO_3 concentrée en présence de l'indicateur K_2CrO_4 , jusqu'à changement de la coloration et le début du dépôt d'un précipité rouge.
- Les carbonates CO_3^{2-} et les bicarbonates HCO_3^- , par ajustement de pH à 8.3 par H_2SO_4 . Il est à noter que CO_3^{2-} n'existe pas car le pH est supérieur à 8.3, dans tous les échantillons
- Le calcium Ca^{2+} , ajustée à un pH =13 par la soude (NaOH), avec ajout d'une pincée de murexide, puis titrage d'un volume d'eau avec une solution d'EDTA concentrée jusqu'à changement de la coloration vers le violet.

II-5- Outils informatiques

II-5-1- Statistica.v6.1 (StatSoft France, 2003)

Nous nous sommes servis de ce logiciel afin de déterminer les paramètres statistiques de nos données physicochimiques. Il s'agit de coefficient de corrélation, les valeurs max, min, ainsi que l'écart type. Une méthode de classification hiérarchique ascendante (CHA), a été réalisée par ce programme qui consiste à classer "p" variables, "n" observations, par construction d'une matrice de distances entre les variables et les observations. On définit ensuite une règle de calcul de distances entre les groupements disjoints de variables ou d'observations. Les deux groupements dont la distance est la plus faible (selon ce critère) se réunissent et on réitère le processus jusqu'au regroupement complet de classes (Saporta, 1990). On peut représenter la classification ascendante hiérarchique par un dendrogramme ou arbre de classification.

II-5-2- Diagramme (Simler, 2009)

À l'aide de ce logiciel, on peut réaliser par le diagramme de Piper de Schoeller, et Reverside pour tester le faciès chimique des eaux, leurs aptitudes à l'alimentation en eau potable, et à l'irrigation.

II-5-3- Diagramme de Piper

Le diagramme de Piper permet une représentation des anions et des cations sur deux triangles témoignant les teneurs relatives en chacun des ions par rapport au total des ions. A ces deux triangles, est associé un losange sur lequel est reportée l'intersection des deux lignes issues des points identifiés sur chaque triangle.

II-6- Conclusion :

Afin d'étude se rapportant à l'hydrodynamique et l'hydrogéochimie des aquifères du CI d'In Salah, nous avons repéré dans la mesure du possible le maximum des forages d'eau ayant une bonne répartition significative dans toute la vallée d'In Salah. Des mesures in situ et des analyses au laboratoire et des programmes informatiques ont été utilisés pour la détermination des caractéristiques hydrogéologiques et hydrochimiques de la nappe de la zone d'étude.

Chapitre III :

Résultats et discussion

III-1- Introduction :

Dans ce chapitre, nous rapportons les résultats des études hydrodynamiques et mesures et d'analyses physicochimiques que nous avons effectuées sur la nappe et les eaux échantillonnées de région d'étude (In Salah).

La carte piézométrique est la synthèse essentielle de l'étude hydrogéologique et (hydrodynamique). Elle schématise la morphologie de la surface piézométrique de la nappe et permet d'obtenir des informations importantes sur le sens d'écoulement des eaux souterraines et le comportement hydrodynamique de l'aquifère. L'établissement de cette carte repose sur des mesures piézométriques à une période donnée.

L'hydrochimie est, de plus en plus, mise à contribution dans l'étude des eaux, et l'étude hydrochimique sera basée sur l'interprétation des mesures des paramètres physico-chimiques et des analyses des échantillons de forage.

Les résultats d'étude sont portés dans les cartes, les tableaux et représentés sur les différents diagrammes.

III-2- HYDRODYNAMIQUE DE NAPPE DE LA REGION :

III-2-1- La carte piézométrique de la nappe du zone d'étude :

La carte piézométrique a été établie et réalisées à partir des données des puits d'étude :

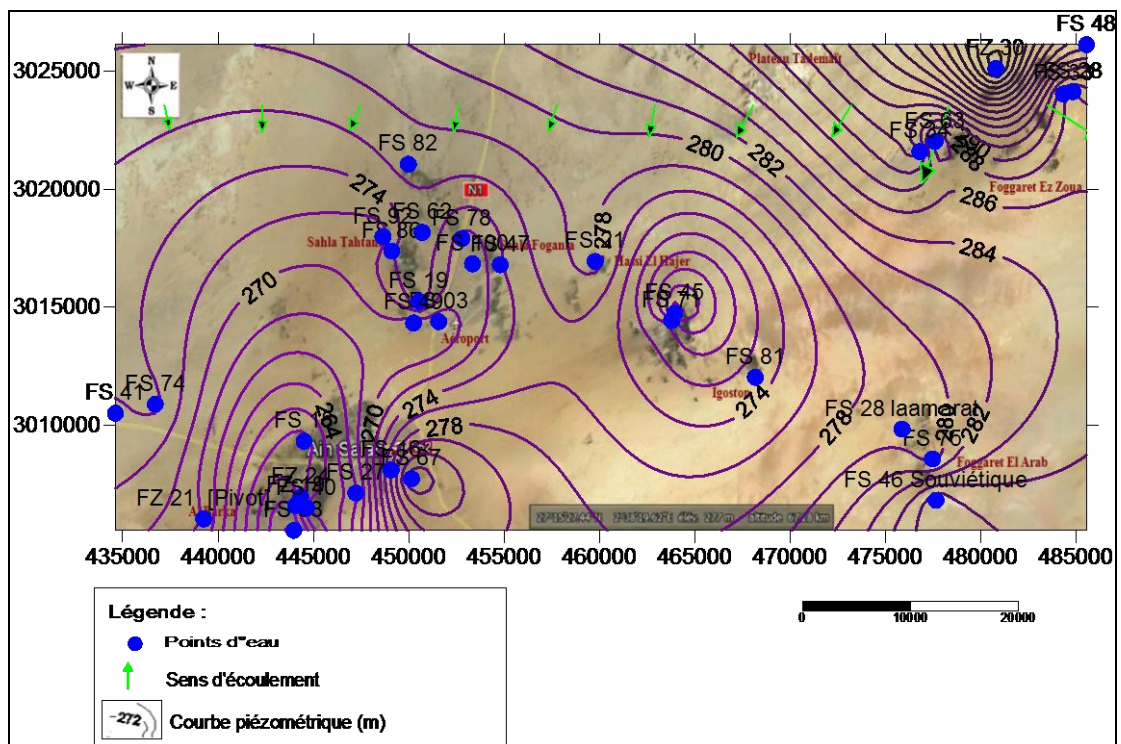


Figure.23 : La carte piézométrique de la région In Salah (2013).

III-2-2- Sens d'écoulement :

On observe de cette carte les courbe de niveau piézométrique une forme sub-Arrondie à circulaire, le niveau piézométrique très élevé dans Foggaret ez Zoua, basse dans Al Barka et Igosten et il est moy.en de Foggaret Al Arab, Sahla Tahtania et Sahla Fogania

Et également en remarque les sens d'écoulement que sont :

- Le sens d'écoulement dans la région générale se dirige du Nord vers le Sud

III-2-3- Gradient hydraulique :

La perte de charge par unité de longueur théoriquement donné par la relation (h/l) est appelée encore gradient hydraulique (I), d'après CASTANY le gradient hydraulique est déterminé par l'expérience suivante:

En plaçant 2 piézomètres distants de (L) mètres. Le gradient est le rapport entre la différence de niveau (Dh) des piézomètres et la distance (L)

Détermination du gradient hydraulique est donnée par la formule suivent :

$$L = H_2 - H_1$$

Avec :

H_1 : niveau piézométrique au point 1 (en m).

H_2 : niveau piézométrique au point 2(en m).

L : distance séparant les deux points (1, 2) (en m).

La calcule de gradient hydraulique en plusieurs points de carte piézométrique entre les niveau (296-298, 278-280, 270-272, 274-276 et 276-278) où la distance des coupes du niveau (équidistance) sont déférences ($n_1=0.1\text{cm}$, $n_2=0.3\text{cm}$, $n_3=0.6\text{cm}$, $n_4=1\text{cm}$ et $n_5=1.3\text{cm}$).

On existe des variations de gradient hydraulique de la nappe (0.023% jus qu'à 0.3%)

Cette variation est évident (visible) en les zones suivant :

En Foggaret Ez Zoua est 0.3% (Nord-est) par suite décroissent jus qu'à 0.02% vers le Sud-ouest (Foggaret El Arab, Igoston, Hassi El Hjar, Sahla Tahtania et Sahla Fogania) et croissance autre fois de Al Barka et d'In Salah (centre).

III-2-4 -Paramètres hydrodynamique :

a- Transmissivités : La Transmissivités de In Salah est $1,25 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$.

b- Coefficient d'emménagement : Le coefficient d'emménagement obtenu lors du calage du modèle est de 0.05.

Donc :

Selon ces données, ainsi que la nature lithologique des formations de la région, nous pouvons constater que la direction de le niveau piézométrique et le sens d'écoulement qui s'oriente du Nord vers le sud par ce que l'amont de la nappe se trouve aux hauteurs du plateau du Tademaït. Le niveau piézométrique est très élevé dans la foggaret Ez Zoua à cause de son situation au pied du plateau Tademaït (beaucoup près) et plus basse dans Al Barka et Igosten, à cause de l'éloignement du forage de captage par rapport à ce plateau (zone de recharge) avec coefficient d'emmagasinement qui diminue à 0.05 avec une Transmissivités très faible ($1,25 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$) selon sa lithologie et son épaisseur (Crétacé supérieure, Albien et le Carbonifère) du plateau jusqu'à la zone agricole où le gradient hydraulique est changé (0.3 à 0.02%).

III-3- HYDROCHIMIQUE DE LA REGION :**III-3-1- Caractéristiques des eaux****III-3-1-1- Caractéristiques organoleptiques :**

Ces caractéristiques englobent la turbidité, la couleur, l'odeur et le goût. Jadis, lorsque les eaux renferment ces propriétés, elles sont considérées comme potables.

III-3-1-1-1- Couleur :

La couleur de l'eau de boisson est généralement due à la présence de substances organiques colorées (principalement des acides humiques et fulviques) provenant d'humus du sol.

La couleur est fortement influencée par la présence de fer et d'autres métaux, soit sous forme d'impuretés naturelles, soit sous forme de produits de corrosion. Elle peut aussi résulter d'une contamination par les effluents industriels et être le premier signe d'une situation dangereuse.

Une couleur est environ 15 UCV (unité colorimétrique vraie). Elle est généralement acceptable (Directive de la qualité pour l'eau de boisson OMS).

III-3-1-1-2- Odeur :

L'eau potable doit être sans odeur, non seulement au moment du prélèvement, mais encore après une période de 10 jours en vase clos à la température de 26°C.

En effet, toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matière organique en décomposition.

L'odeur due à la présence simultanée dans l'eau de plusieurs produits peut être plus intense que la somme des odeurs dues à chaque constituant. (L'analyse de l'eau J.P.Rodier).

III-3-1-1-3- Le gout :

D'une façon générale, il est bien difficile de porter un jugement sur la qualité d'une eau la seule évaluation de la saveur.

En dehors de la salinité, une saveur désagréable peut révéler la présence de substance indésirable dont il importerait de préciser l'origine. C'est le cas en particulier de certaines saveurs amères, douces et sucrées décelables à la dégustation et de goût imputable à des concentrations très faibles de substances fortement sapides. (L'analyse de l'eau J.P.Rodier).

Dans le cas des eaux de la région d'In Salah la seule saveur constatée est la saveur de la minéralisation surtout pour les eaux qui ont une conductivité supérieure à 1.5 ms/cm.

III-3-1-1-4- Turbidité :

La turbidité d'une eau est due à la présence de particules en suspension, elle peut aussi être due à la présence de particules inorganiques. Une forte turbidité peut protéger les micro-organismes des effets de la désinfection et stimuler la croissance bactérienne.

Une eau dont la turbidité inférieure à 5 NTU est généralement jugée acceptable par les consommateurs.

Les eaux de la région d'In Salah présentent une turbidité inférieure à la valeur acceptable 5 UNT (unités néphelométrique), et on peut dire que 5 UNT est le maximum des eaux analysées dans cette région.

III-3-1-2- paramètre physico-chimique :

III-3-1-2-1 - Résidu sec :

Exprimé en milligramme par litre (mg/l), il représente la minéralisation totale de l'eau, c'est-à-dire la totalité des sels dissous et la matière organique contenus dans l'eau, obtenue par pesées après dessiccation de l'échantillon à 110°C.

Cette teneur en résidu sec est liée à :

- la nature lithologique des formations.
- les rejets des eaux usées d'origines industriels.

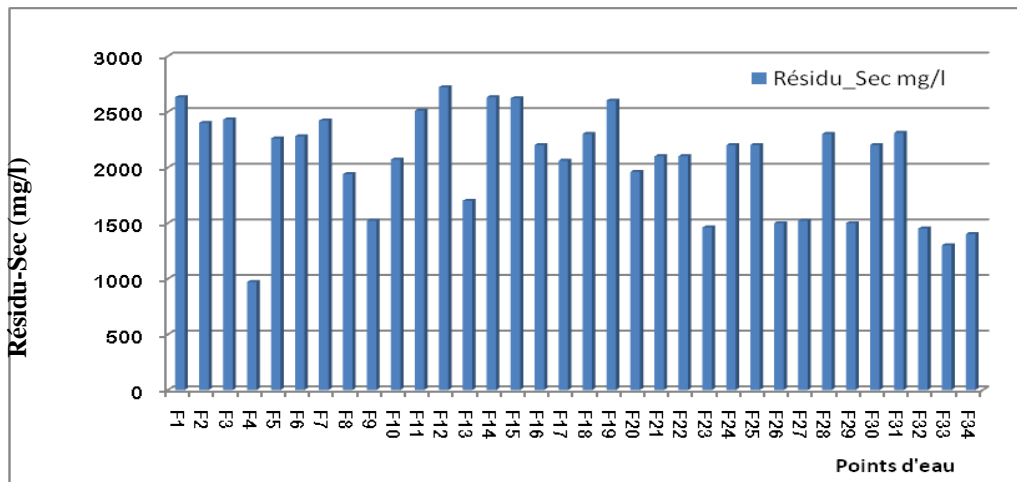


Figure. 24: La quantité de Résidu-Sec des eaux des Forages

On remarque de cet histogramme les eaux de la région possèdent le Résidu-Sec par pourcentage très élevé et déferente de les forages, la maximum quantité dans forage F12 (2720 mg/l) et minimum de quantité dans forage F4 (970 mg/l).

Cette forte Résidu Sec c'est-à-dire fortement minéralisé, par ce que la région est la faible perméabilité du terrain argileux, ce qui conduire au problème de remonter des eaux, et avec la température le plus élever en été qui favorise l'évapotranspiration des aux et la formations du Sebkha.

La forte minéralisation est due à la géologie du terrain et à la formation, la région possède des terrains argileux, surtout les couches supérieur du sol, elles peuvent atteindre par fois 3à 4 m de profondeur.

III-3-1-2-2- la température :

L'eau de boisson a une bonne fraîcheur si sa température varie de 9à12oC.

Les eaux souterraines notre cas gardent généralement une fraîcheur constante, mais la température des eaux de surface varie selon plusieurs facteurs saisonniers et autres. La température agit également sur les traitements physicochimiques des eaux.

En l'absence de données de la température dans les données que nous nous disposons, il est recommandé de rappeler que cette dernière joue un rôle très important dans la mobilité des sels et des gaz, donc sur la conductivité électrique, elle permet de différencier les eaux qui circulent en profondeur ou en surface. L'augmentation de la température est en fonction de la profondeur (1°c pour 33m). En effet de ce fait, et comme la profondeur de la nappe du CI à In

Salah est comprise entre (50 et 200m), le thermomètre, enregistre des températures des eaux qui oscillent entre 20°C en hiver et 40°C en été.

II-3-1-2-3- . Potentiels d'hydrogène (pH):

Le PH indique la concentration en ions H⁺ présents dans l'eau. Ou plus exactement le cologarithme décimal de cette concentration (exprimé en mole/l). Pour les eaux naturelles, le PH est fonction des concentrations en gaz carbonique dissous (CO₂ libre) et en bicarbonates dissous (HCO₃⁻).

Le pH influe sur les différents procédés de traitement physicochimique.

$$PH = 10 - \log [H_3O^+]$$

Le PH des eaux naturelles est généralement compris entre 6.5 et 8.5.

Tableau.14: Le potentiel d'hydrogène des eaux de la région

Variable	N Actifs	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type
PH	34	7,065294	0,250000	8,150000	1,757719

Un PH de la région est acceptable et ne dépasse pas les normes (6.5, 8.5), par tous les points prélevés. Les résultats des analyses ont montrés que les eaux de la région présentent un PH de (0.25) comme minimum et un PH de (8.15) comme maximum.

III-3-1-2-4- Conductivité :

Toutes les eaux sont plus ou moins conductrices au courant électrique.

Cette conductivité est liée à la présence des ions et augmente avec la température et la concentration en sels dissous. Les normes des eaux potable est 2800 us/cm.

Tableau 15 : La conductivité des eaux de la région

Variable	N Actifs	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type
CE (Us/cm)	34	3194,412	1550,000	4430,000	743,0290

La conductivité de la région moyenne à forte conductivité à cause de augmente la température et la concentration en sels dissous.

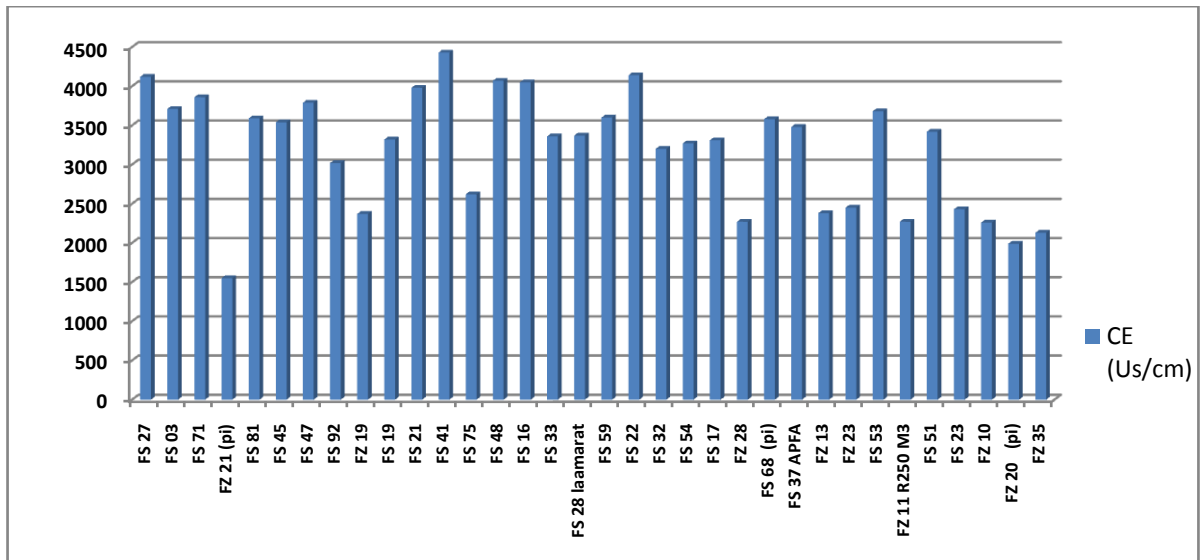


Figure.25 : la conductivité électrique des eaux des forages In Salah.

Le histogramme démontre la conductivité électrique de chaque eau de forage, on remarque la plus haute conductivité dans les forages Al Barka et la plus faible conductivité dans les forages Foggaret Ez Zoua.

III-3-1-2-5- Dureté TH :

Titre hydrotimétrique TH, représente la somme des concentrations en calcium (Ca²⁺) et magnésium (Mg²⁺), on distingue le TH total, qui est la somme de TH calcique et TH magnésique.

$$TH = (r Ca + r Mg) \text{ méq /l}$$

$$TH = (r Ca + r Mg) \times 5 \text{ °F}$$

On utilise le

Pour les besoins domestiques, le TH d'une eau doit être compris entre 80 et 150 mg/l de CO₃.

Le tableau suivant présente la potabilité en fonction de la dureté.

Tableau 16 : présente la potabilité en fonction de la dureté.

TH (°F)	0-7	7-22	22-32	32-54	>54
Qualité d'eau	Douce	Modérément douce	Assez douce	Dure	Très dure

Tableau 17 : la dureté des eaux de la région.

Variable	N Actifs	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type
TH (mg/l)	34	81,32353	12,00000	108,0000	22,12187

Les tableaux (23,24) sont expliqués à la dureté des eaux de la région, qu'est assiégré entre (12-108mg/l). Nous peu dire que les eaux de qualité dure à très dure.

III-3-1-2-6- Titre alcalimétrique complet (TAC)

Le titre alcalimétrique complet (TAC) correspond à la somme des teneurs en ions hydroxyde, bicarbonate et carbonate exprimé en degré français (°F).

$$\text{TAC} = [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-]$$

Tableau 18 : Titre alcalimétrique complet (TAC) de la région

Variable	N Actifs	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type
TAC (mg/l)	34	11,14706	2,000000	22,00000	3,534525

Le TAC est existé de la région mais an peu pourcentage (2à22mg/l)

III-3-1-2-7- Calcium : Ca²⁺

La teneur en calcium est liée directement à la nature géologique des terrains traversés par l'eau. L'ion calcium est obtenu en majorité par l'attaque par CO₂ dissous des roches calcaires (dolomie). Ou par simple dissolution sous la forme de sulfates dans le cas de gypse.

Les eaux potables de bonne qualité renferment de 100 à 140 mg/l de calcium

Tableau 19 : la concentration en ion calcium des eaux de la région

Variable	N Actifs	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type
Ca ²⁺ (mg/l)	34	155,6176	22,00000	230,0000	52,85372

Les résultats des analyses des eaux de la région d'In Salah ont montré que la concentration en ion calcium est forte à conséquence de formation géologique de la région, par attaque CO₂ dissous des roches calcaires (dolomie).

III-3-1-2-8- le magnésium : Mg²⁺

Le magnésium est l'un des éléments les plus répandus dans la nature, il constitue environ 2.1% de l'écorce terrestre. Il constitue un élément significatif de la dureté de l'eau. A partir d'une concentration de 100mg/l et pour des sujets sensibles, le magnésium donne un goût désagréable à l'eau. S'ils ne provoquent pas de phénomènes toxiques (sauf chez les personnes résultats des insuffisances rénales), les sels de magnésium, essentiellement les sulfates, peuvent avoir un effet laxatif à partir de 400 mg/l.

Tableau 20 : la concentration en ion Magnésium des eaux de la région

Variable	N Actifs	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type
Mg+2 (mg/l)	34	105,9412	16,00000	168,0000	33,08386

On existe de magnésium de la région à dû de formation lithologique de terrain (Roche Dolomitique, Carbonaté ou évaporétique de Magnésium MgSo₄).

III-3-1-2-9- Sodium : Na⁺

Le sodium est le plus abondant des éléments alcalins. Ses composés largement répandus dans la nature, représentent 26g/kg de la croûte terrestre.

Tableau 21 : la concentration en ion Sodium des eaux de la région

Variable	N Actifs	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type
Na+ (mg/l)	34	362,2353	200,0000	510,0000	88,29773

Le Sodium est abondance de la région 200à510 (mg/l) par ce que la surface de la région est sédimentaire (Halite NaCl), avec la nappe Libre.

III-3-1-2-10- Potassium K⁺ :

La teneur du potassium dans les eaux naturelles est de l'ordre de 10à15mg/l à une telle valeur, le potassium ne présente pas d'inconvénients pour la santé des individus.

Tableau 22 : la concentration en ion Potassium des eaux de la région

Variable	N Actifs	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type
K+ (mg/l)	34	31,55882	9,000000	52,00000	13,05743

La nappe superficielle de la région est constitué des argile et les grés dont est le Potassium très élevé de cette région.

III-3-1-2-11- Chlorures Cl⁻ :

Ils sont très répandus dans la nature, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl), de potassium (KCl), et de calcium (CaCl₂). La présence de chlorures dans les eaux naturelles peut être attribuée aux effluents des industries chimiques, aux rejets des égouts.

Les eaux chlorurées alcalines sont laxative, mais généralement les chlorures présents dans l'eau potable n'ont pas de conséquences toxiques pour l'homme, même à de fortes concentrations (1000 mg/l).A des concentrations élevées, ils peuvent provoquer des maladies rénales ou cardiovasculaires ou nuire le goût de l'eau en lui donnant une saveur salée.

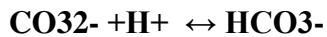
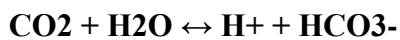
Tableau 23 : la concentration en ion Chlorure des eaux de la région

Variable	N Actifs	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type
Cl- (mg/l)	34	517,2059	101,0000	975,0000	205,1654

Le fortement de chlorures de la région il s'agit de par abondance de sels dans la région.

III-3-1-2-12- Bicarbonates HCO₃⁻

Les bicarbonates résultent de la dissolution de carbonate de calcium ou suite à l'hydrolyse de CO₂ comme le montre les équilibres chimiques suivants :



Leur concentration dépend de plusieurs facteurs tels que le pH, l'alcalinité ainsi que la température du milieu aqueux.

Tableau 24 : la concentration en ion Bicarbonate des eaux de la région

Variable	N Actifs	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type
HCO ₃ ⁻ (mg/l)	34	134,0882	24,00000	265,0000	42,19606

On a le bicarbonate est équilibre jus qu'a forte de l'eau de cette région a cause de dissolution des minérale carbonaté (la nature lithologie de la nappe de la région) dans l'eau avec existe de CO₂.

III-3-1-2-13- Eléments Indésirables :

III-3-1-2-13-1- Nitrates NO₃⁻

Un excès de nitrates dans les eaux de boisson peut provoquer une inflammation des muqueuses intestinales chez l'adulte. L'OMS considère comme limite maximale acceptable une concentration de 50mg/l de nitrates.

Tableau 25 : la concentration en ion Nitrate des eaux de la région

Variable	N Actifs	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type
No ₃ ⁻ (mg/l)	34	42,58824	0,00	102,0000	26,48169

La nature de Nitrate est moyen (0 à 102mg/l) selon site de forage qu'est du à l'azote d'agricole, la nature de drainage de la zone est joué un rôle essentiel dans leur présence.

III-3-1-2-13-2- Sulfates SO_4^{-2} :

La teneur en sulfate (SO_4^{-2}) dans l'eau est liée aux composés alcalins de la minéralisation. Selon l'intolérance des consommateurs, l'excès de sulfates dans l'eau est de l'ordre de 400mg/l

Tableau26: la concentration en ion Sulfate des eaux de la région

Variable	N Actifs	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type
So4-2 (mg/l)	34	686,9412	100,0000	1040,000	201,4749

Le sulfate de la région est par pourcentage moyenne 686.9mg/l qu'est à conséquence de formation de nappe (gypse $\text{Ca So}_4 2\text{H}_2\text{O}$ et anhydrite CaSo_4) et en fait de lessivage des terrains argileux et marneux.

III-3-2- Interprétation des résultats des analyses chimiques des éléments majeurs:

Les échantillons ont été prélevés 2013 et les mesures des paramètres physico-chimiques ont été effectuées sur 34 échantillons (puits).

Ces échantillons sont analysés au laboratoire de l'ANRH Adrar.

Le dosage a porté sur les éléments majeurs suivants:

- Cation : Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ et K^+
- Anions: Cl^- , SO_4^{-2} , HCO_3^- et NO_3^-

III-3-2-1- Identification des faciès chimiques des eaux :**III-3-2-1-1- Diagramme de Piper:**

La représentation des éléments chimiques des différents échantillons sur le diagramme de Piper (Figure.) montre que la majorité des échantillons se coïncident sur les pôles caractérisant les faciès sulfaté magnésique et sulfaté sodique, ce qui est probablement du a la dissolution des évaporites.

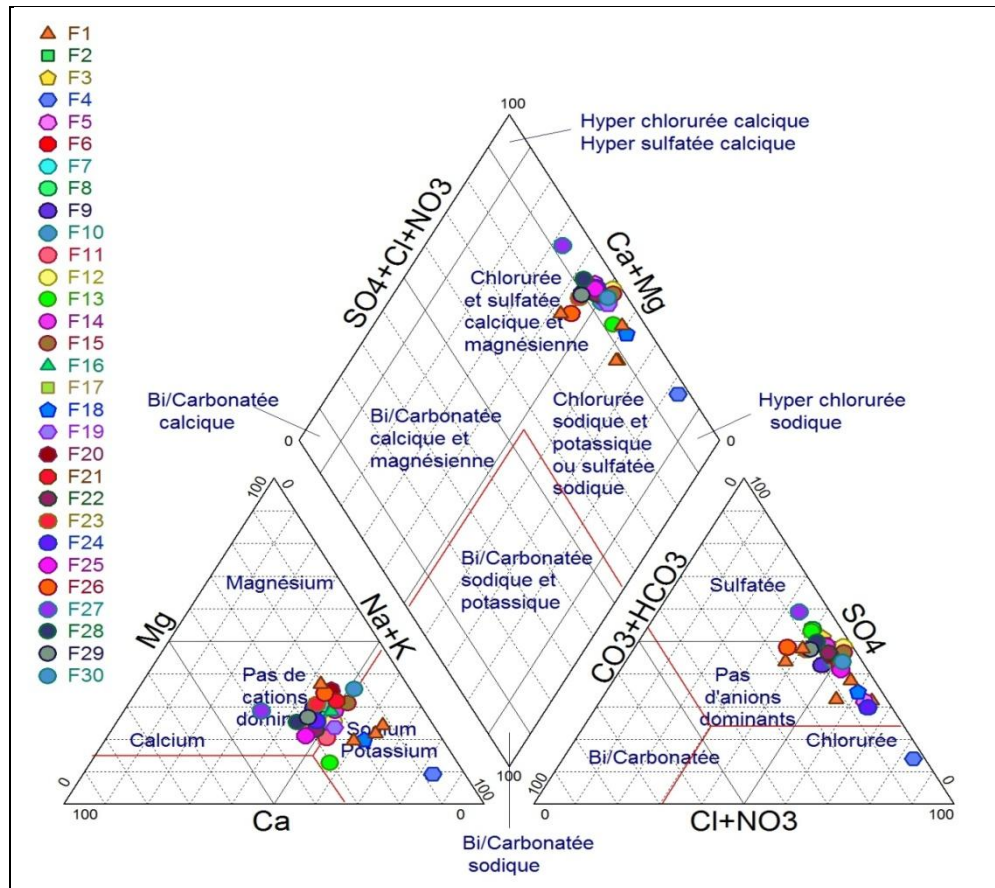


Figure.26 : Le diagramme de Piper des eaux des forages d'In Salah.

Selon de cet diagramme, on remarque la majorité des échantillons se coïncident sur les pôles

- faciès Chloruré et sulfaté calcique et magnésienne
- faciès Chlorurée sodique et potassique ou sulfatée sodique

III-3-2-1-2- Diagramme de Diagramme Schoeller Berkloff

Le diagramme de Schoeller Berkloff permet la représentation de plusieurs analyses sur le même graphique. Il y a superposition des droites obtenues si les concentrations sont identiques et décalage relatif des droites les unes au dessus des autres dans le cas contraire.

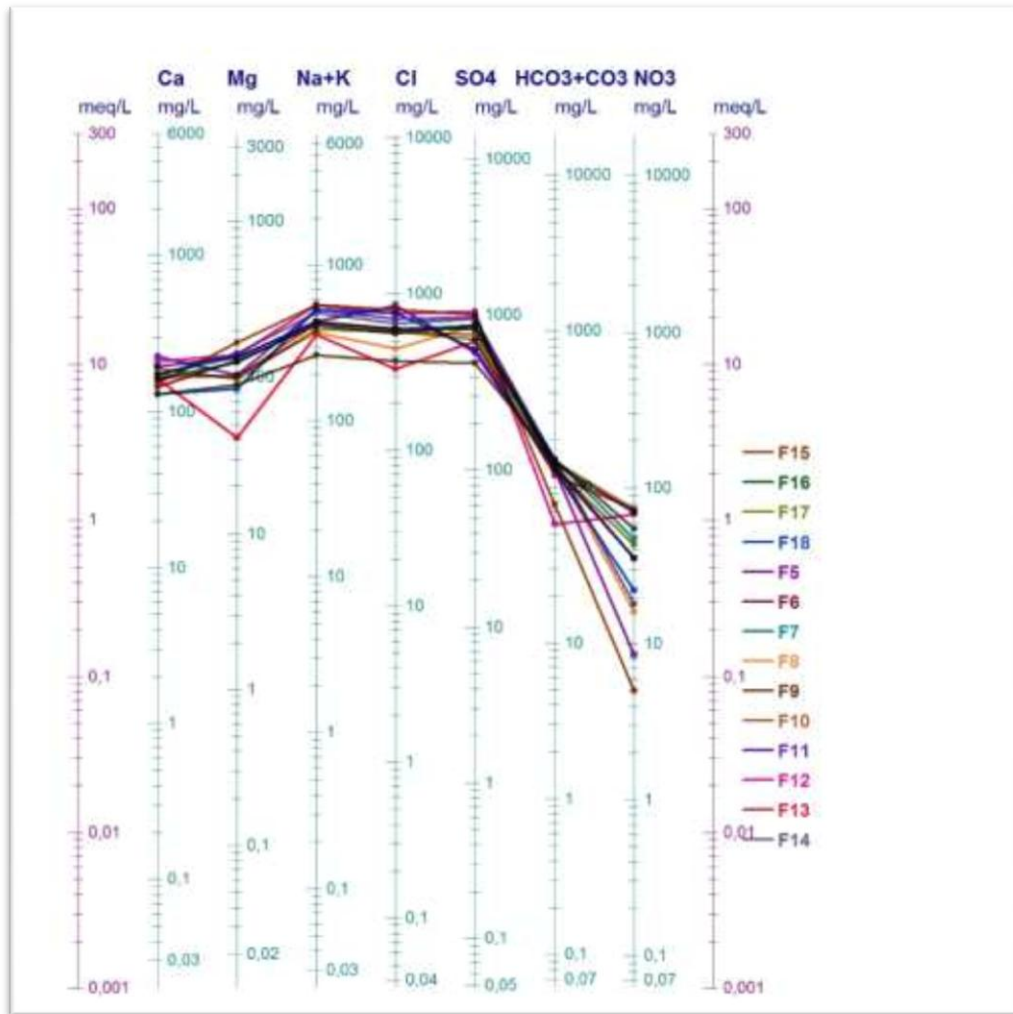


Figure.27 : Le diagramme de Schoeller Berkloff des eaux des forages d'In Salah.

Selon ce diagramme on observe que la qualité de la majorité des eaux est passable. On remarque aussi qu'on a deux types de faciès :

- Faciès sulfaté sodique
- Faciès chloruré sodique
- Faciès sulfaté calcique

III-3-3- Répartition des faciès chimiques:

Les analyses chimiques effectuées sur les 34 échantillons en 2013, montrent que :

- 15 échantillons ont un faciès sulfaté sodique.
- 18 échantillons ont un faciès chloruré sodique.
- 01 échantillon a un faciès sulfaté calcique.

III-3-4- Classification des faciès chimiques

Diagramme de STABLER Cette classification est exprimée par une formule caractéristique (formule ionique), elle consiste à calculer les quantités en réaction en pourcent par rapport à la concentration totale (50% anions, 50% cations).

$$r\% = \frac{r \cdot 100}{c}$$

Dont : $r\%$: quantité en réaction en pourcent de l'élément.

r : quantité en réaction de l'élément chimique (mg/l).

c : concentration de l'élément chimique dans l'eau.

Puis on classe de gauche à droite par ordre décroissant, les quantités en réaction en pourcent des anions et des cations pour obtenir des formules caractéristiques. Cette dernière permet d'une part de définir la relation entre le chimiste des eaux et la lithologie de l'aquifère et d'autre part de regrouper les eaux de même origine.

A l'aide de on à le tableau suivant :

Tableau27 : Classification des faciès chimiques

Faciès chimique	Formule caractéristique	%	Point de prélèvement
Chloruré sodique	$r\% \text{Cl}^- > r\% \text{SO}_4^{--} > r\% \text{NO}_3^-$ $r\% \text{Na}^{++} \text{K}^+ > r\% \text{Mg}^{++} > r\% \text{Ca}^{++}$	28,23%	F1, F2, F4, F5, F17, F18, F19, F21, F24, F25, F30 et F33
Sulfaté sodique	$r\% \text{SO}_4^{--} > r\% \text{Cl}^- > r\% \text{NO}_3^-$ $r\% \text{Na}^+ + \text{Ca}^{++} > r\% \text{Mg}^{++} > r\% \text{K}^+$	61,76%	F3, F6, F7, F8, F9, F10, F11, F12, F13, F14, F16, F20, F22, F23, F26, F28, F29, F31, F32, F33 et F34
Sulfaté calcique	$r\% \text{SO}_4^{--} > r\% \text{Cl}^- > r\% \text{NO}_3^-$ $r\% \text{Ca}^{++} > r\% \text{Na}^+ > r\% \text{Mg}^{++} > r\% \text{K}^+$	2,94%	F27

Le tableau montre que les eaux de la nappe de continental intercalaire ont les faciès chimiques suivants :

- Chlorurés sodique avec (28.23%) des échantillons.
- Sulfaté sodique avec (61.76%) des échantillons.
- Sulfaté calcique avec (2.%) des échantillons.

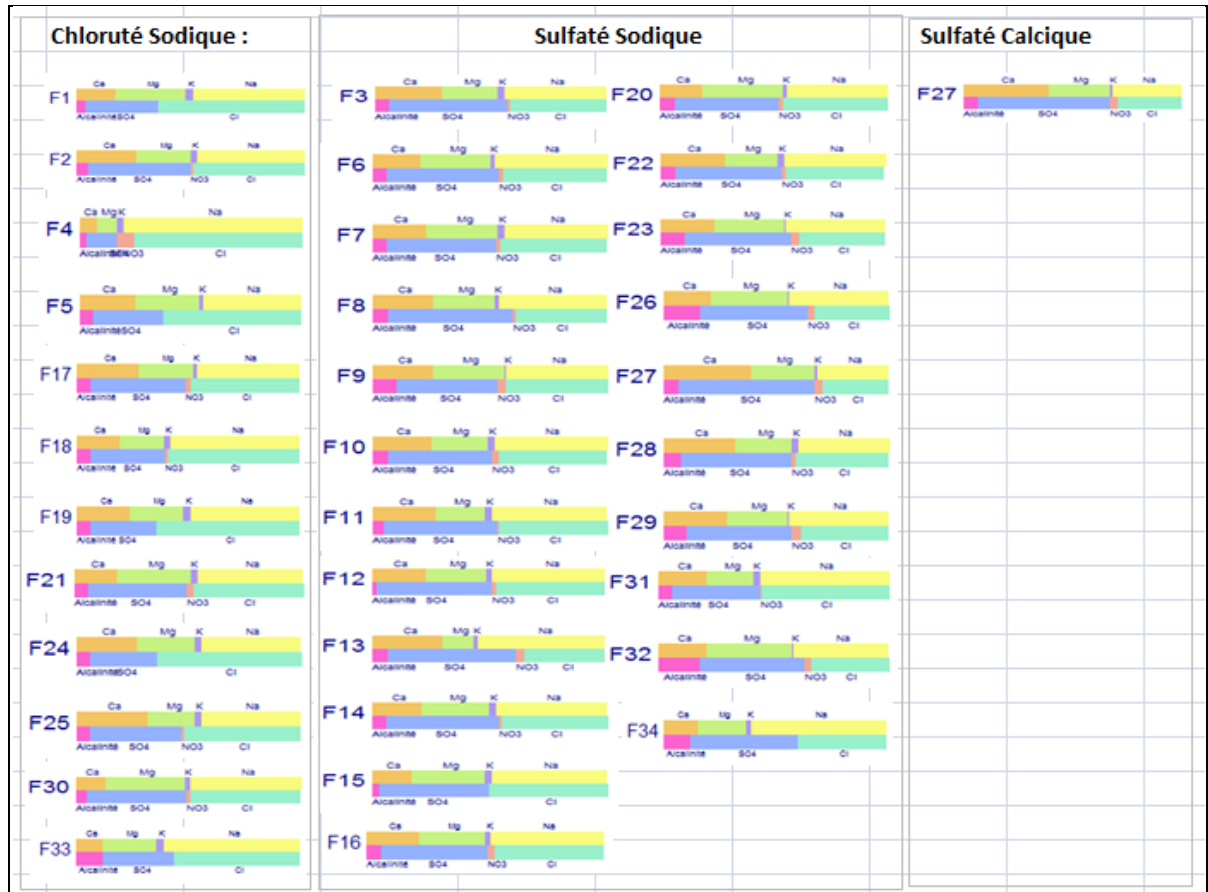


Figure. 28: Représentations graphiques de classification de faciès chimique selon Stabler

III-3-5- Origines du chimisme :

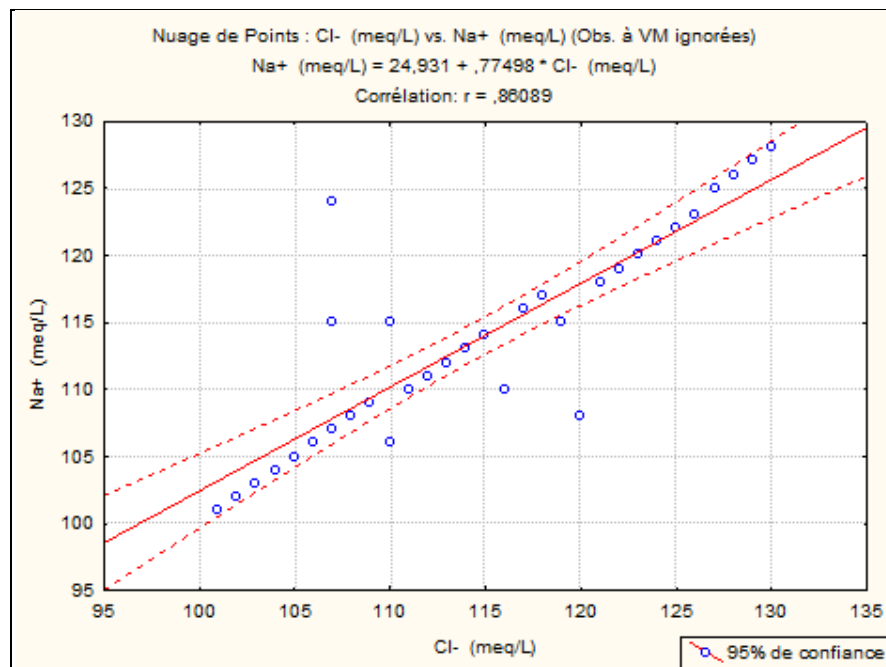
Les résultats de tableau ci-dessous montre que la majorité des éléments sont bien corrélés entre eux, voir mieux avec la conductivité.

Tableau 28 : Matrice de corrélation entre les éléments physicochimiques

Variable (meq/L)	Ca+2	Mg+2	Na+	K+	Cl-	SO4-2	NO3-	HCO3-	Si
Ca+2	1,00	0,99	0,94	0,76	0,85	0,90	0,90	0,82	-0,56
Mg+2	0,99	1,00	0,95	0,77	0,88	0,90	0,91	0,81	-0,52
Na+	0,94	0,95	1,00	0,69	0,86	0,92	0,85	0,82	-0,48
K+	0,76	0,77	0,69	1,00	0,65	0,65	0,66	0,74	-0,45
Cl-	0,85	0,88	0,86	0,65	1,00	0,78	0,76	0,79	-0,41
SO4-2	0,90	0,90	0,92	0,65	0,78	1,00	0,81	0,72	-0,47
NO3-	0,90	0,91	0,85	0,66	0,76	0,81	1,00	0,69	-0,43
HCO3-	0,82	0,81	0,82	0,74	0,79	0,72	0,69	1,00	-0,46
Si	-0,56	-0,52	-0,48	-0,45	-0,41	-0,47	-0,43	-0,46	1,00

a- Le couple Na-Cl avec (r =0.86) :

Le graphe montre un alignement ou environ alignement des points, ce qui implique la même origine des deux éléments chimiques qui est probablement la dissolution de le Halite (NaCl). Cependant, quelques points présentent un excès de sodium, d'autres un excès des chlorures. Cette relation se confirme par l'existence du faciès chloruré sodique. (Figure29)

**Figure.29** : Le couple Na –Cl

b- Le couple Mg-Ca avec (r =0.99) :

Le graphe montre un alignement ou environ alignement des points, ce qui implique la même origine des deux éléments chimiques qui est probablement les roches Carbonaté Dolomite (Ca Mg) (Co₃)₂ (Figure30)

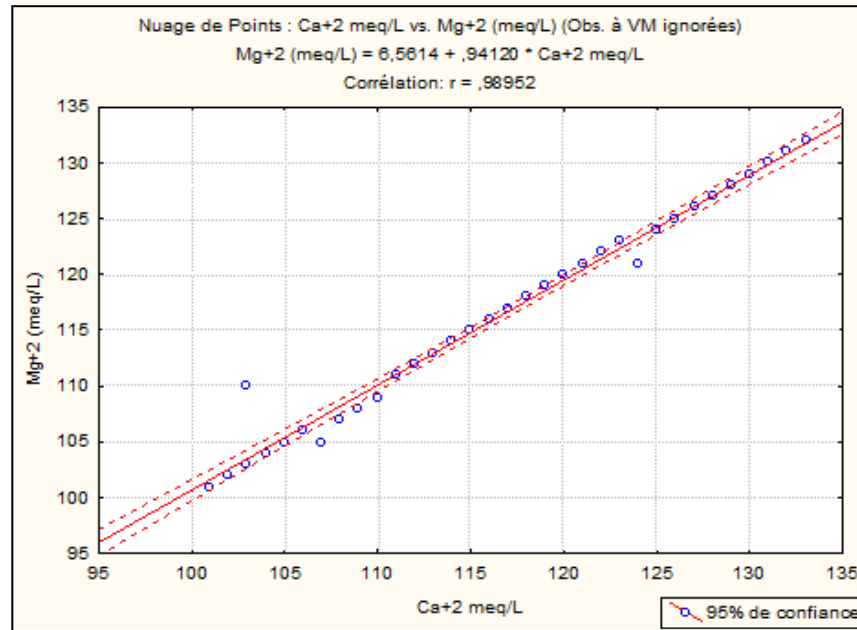
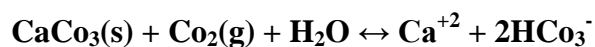


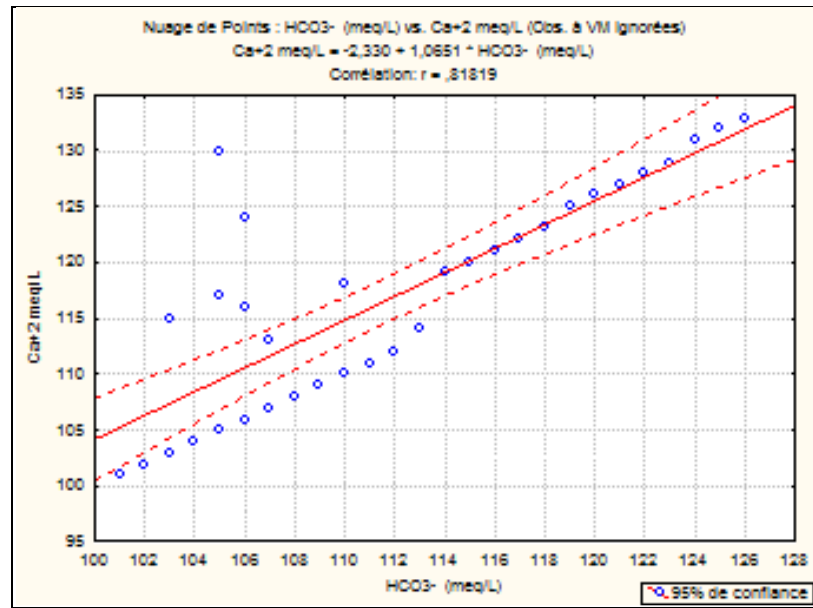
Figure.30 : Le couple Ca⁺² – Mg⁺²

c- Le couple Ca⁺²–Hco₃⁻ avec (r =0.82) :

Le graphe (Figure31) montre un alignement ou environ alignement des points, ce qui implique la même origine des deux éléments chimiques qui est probablement la dissolution des minéraux carbonaté.

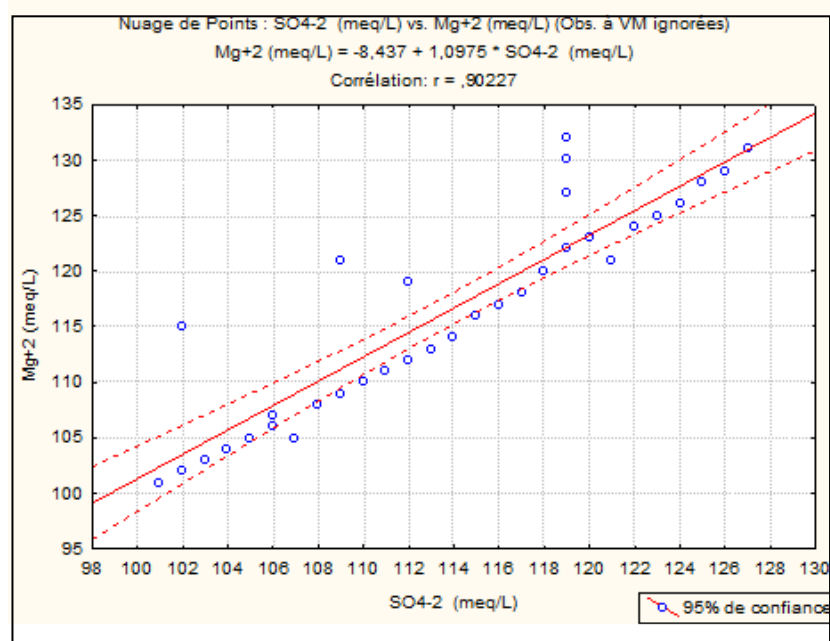


Cependant, quelques points présentent un excès de calcium qu'est probablement l'origine roches carbonatée Calcaire(CaCO₃), dolomite(CaMgCO₃) ou Jyps CaSO₄(2H₂O). C'est-à-dire la différence origine

Figure.31 : Le couple Ca⁺²-Hco₃⁻

c- Le couple Mg⁺²-So₄⁻² avec (r =090) :

Le graphe (Figure32) montre un alignement des points est concentré de coté de Sulfate, ce qui implique l'origine de Sulfate est probablement la évaporétique de Magnésium (MgSo₄).

Figure.32 : Le couple Mg⁺²-So₄⁻²

e- Le couple $k^+ - SiO_2^-$ avec ($r = -0.45$) :

Le potassium effectue un alignement suivant les Silicium, selon deux droites (nuages des points) de différentes pentes (Figure33), ce qui traduit par le fait que ces deux éléments ont la même origine les Argiles. Mais par relation inversive.

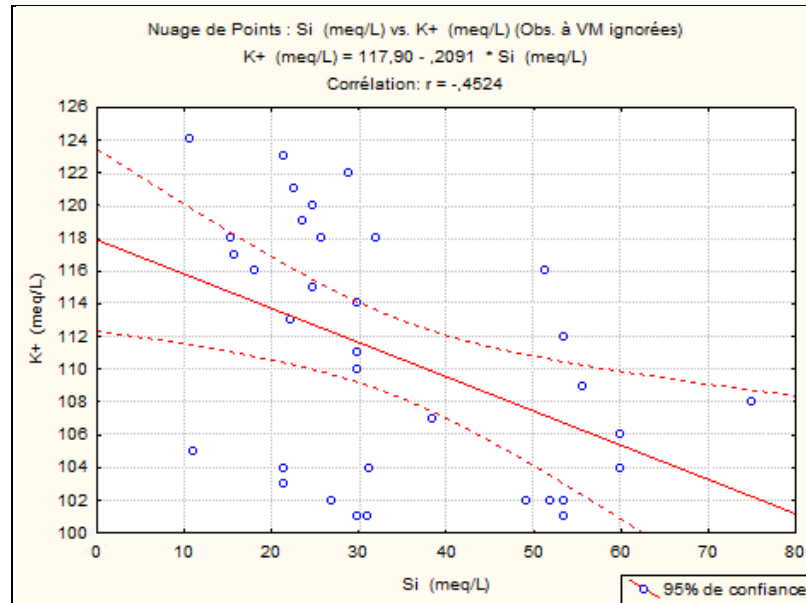


Figure.33 : Le couple $k^+ - SiO_2^-$

III-3-6-- Indice d'échange de base (i e b) :

L'indie d'échange de base est le rapport entre les ions échangés et les ions de même nature primitivement existants.

L'eau au cours de son séjour souterrain entre une relation avec différentes substances ayant la propriété d'échanger les ions contre ceux contenues dans les eaux parmi ces substances nous avons (minéraux, l'hydroxyde ferrique, substances ogamiques)

D'après SCHELLER (1943), l'indice d'échange de base est exprimé par la formule suivante :

$$i.e.b = r Cl - r (Na + K) / r Cl$$

- si $i.e.b > 0$ → les eaux échangent des ions de $Na^{++}K^+$ contre les ions de Ca^{+2} et Mg^{+2} du terrain encaissant.

- si $i.e.b = 0$ → il y a un équilibre entre les compositions chimique de l'eau et l'encaissant.

- si $i.e.b < 0$ → l'encaissant libère les ions de $Na^{++}K^+$ et fixe les ions de Ca^{+2} , Mg^{+2} de l'eau.

Le résultat de Indice d'échange de base (i e b) de l'eau de la nappe da la région présenté dans le tableau suivant :

Tableau 29 : résultat d'Indice d'échange de base (i e b)

Nom de F	i,e,b	Nom de F	i,e,b
F1	1,655	F18	15,065
F2	1,852	F19	11,233
F3	2,294	F20	11,922
F4	0,3933	F21	1,7103
F5	2,098	F22	13,288
F6	2,147	F23	12,767
F7	2,442	F24	13,632
F8	2,294	F25	10,77
F9	2,442	F26	9,848
F10	2,393	F27	10,704
F11	2,294	F28	10,77
F12	0,9506	F29	12,3906
F13	1,95	F30	5,324
F14	2,442	F31	14,292
F15	1,246	F32	15,066
F16	2,294	F33	12,584
F17	2,147	F34	10,211

On remarque de tout les analyse des forges par i.e.b sont supérieure à 0, c'est-à-dire les eaux échantent des ions de $\text{Na}^{++}\text{K}^{+}$ contre les ions de Ca^{+2} et Mg^{+2} du terrain encaissant.

III-3-7- Aptitude des eaux à l'irrigation et l'AEP :

L'aptitude des eaux à être utilisées pour l'irrigation, peut être évaluée par un certain nombre de coefficients plus ou moins fiables parmi lesquels :

- Le pourcentage en sodium (% Na).
- Sodium adsorption ratio (S.A.R).

- Diagramme de REVERSIDE :

Le sodium est un élément des bases alcalines et alcalino-terreuses, joue un rôle important dans le maintient de la perméabilité des sols pour l'irrigation.

Pour déterminer ce risque, REVERSIDE a créé une classification qui considère le rapport du sodium absorbé par la minéralisation totale.

- Sodium Adsorption Ratio (S.A.R) :

Le S.A.R est un indice qui mesure le danger que représente l'existence d'une teneur donnée en sodium dans l'eau.

Il se calcule par la formule suivante :

$$\text{S.A.R} = \frac{\text{rNa}^+}{\sqrt{\frac{\text{rCa}^{++} + \text{rMg}^{++}}{2}}}$$

Le diagramme de REVERSIDE qui comporte les subdivisions suivantes :

- 1- S.A.R < 10 : eaux utilisées avec peu de danger d'alcalinisation des sols.
- 2- 10 < S.A.R < 18 : eaux utilisées avec un danger appréciable d'alcalinisation
- 3- 18 < S.A.R < 26 : eaux pouvant provoquer un danger d'alcalinisation.
- 4- S.A.R > 26 : eaux présentant un danger d'alcalinisation très fort.

L'application de cette méthode montre que tous les échantillons ont pu être positionnés sur le diagramme de «Reverside»

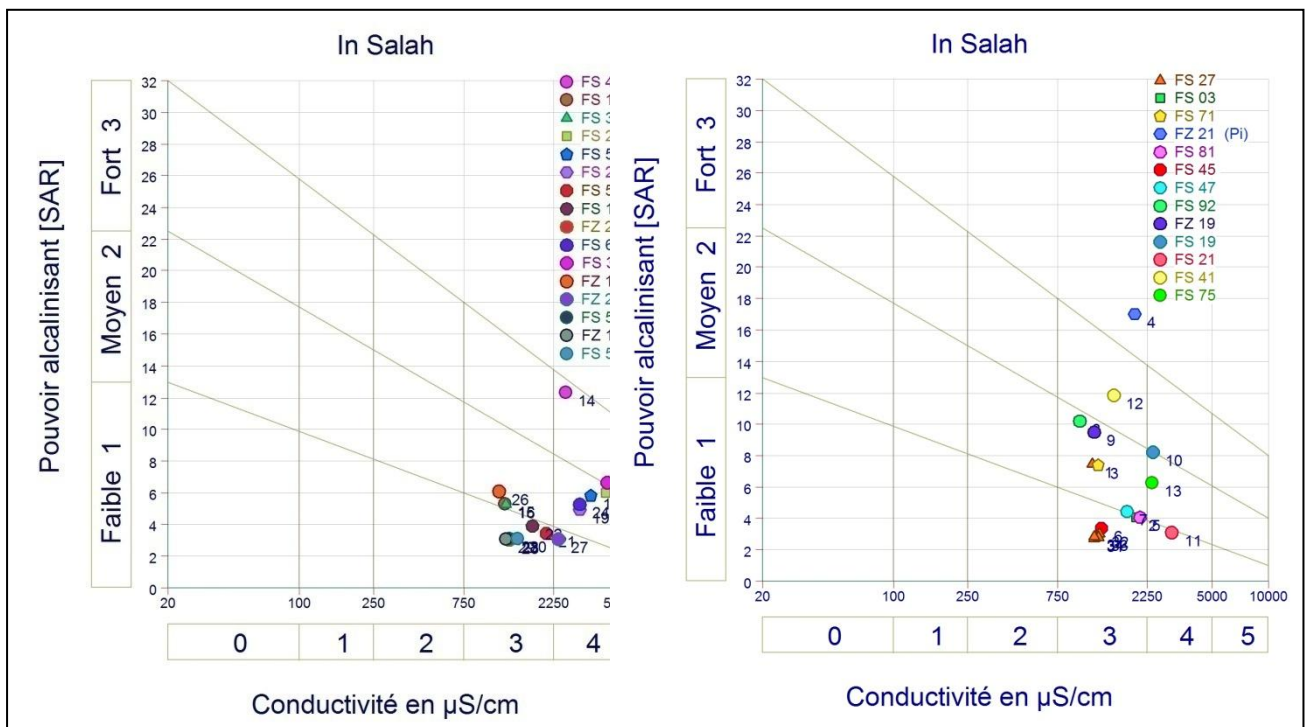


Figure.34 : le diagramme de «Reverside»

- Le pourcentage de sodium (classification de WILCOX)

Il est connu que le développement des plantes est très faible ou nul dans les sols saturés en sodium

Nous avons jugé intéressant d'utiliser la classification de « Wilcox », fondée sur la conductivité électrique et le pourcentage du sodium soluble dans l'eau (Louvrier 1976), pour examiner ce problème.

Le pourcentage du sodium peut être défini comme suit

$$\text{Na}^+ \% = \frac{\text{Na}^{++}}{\text{Ca}^{++} + \text{Na}^+ + \text{Mg}^{++} + \text{K}^+} \times 100$$

Les éléments sont exprimés en meq/l

Cette méthode se traduit sous forme d'un diagramme qui définit cinq classes d'eau suivante :

Tableau 30 : classification de Wilcox

Degré	Qualité	Classe	L'état d'utilisation
1	Excellente	C1-S1	Eau utilisable sans danger pour l'irrigation de la plupart des cultures, sur la plupart du sol.
2	Bonne	C2-S1 C2-S2	En général, eau pouvant être utilisée sans contrôle particulier pour l'irrigation de plantes moyennement tolérantes au sel sur sols ayant une bonne perméabilité
3	Admissible	C3-S1 C3-S2 C2-S3	En général, eau convenant à l'irrigation de cultures tolérantes au sel sur des sols bien drainés, l'évolution de la salinité doit cependant être contrôlée
4	Médiocre	C4-S1 C4-S2 C3-S3	En général, eau fortement minéralisée pouvant convenir à l'irrigation de certaines espèces bien tolérantes au sel et sur des sols bien drainés et lessivés
5	Mauvaise	C3-S4 C4-S3 C4-S4	Eau ne convenant généralement pas à l'irrigation mais pouvant être utilisée sous certaines conditions. Sol très perméables, bon lessivage, plantes tolérant très bien le sel.

L'application de cette méthode aux eaux de la nappe positionnées sur le diagramme de Wilcox du fait de leurs conductivités non élevées les place dans la classe des eaux excellentes à Bonne pour les eaux d'inféoflux et admissible pour les eaux de socle.

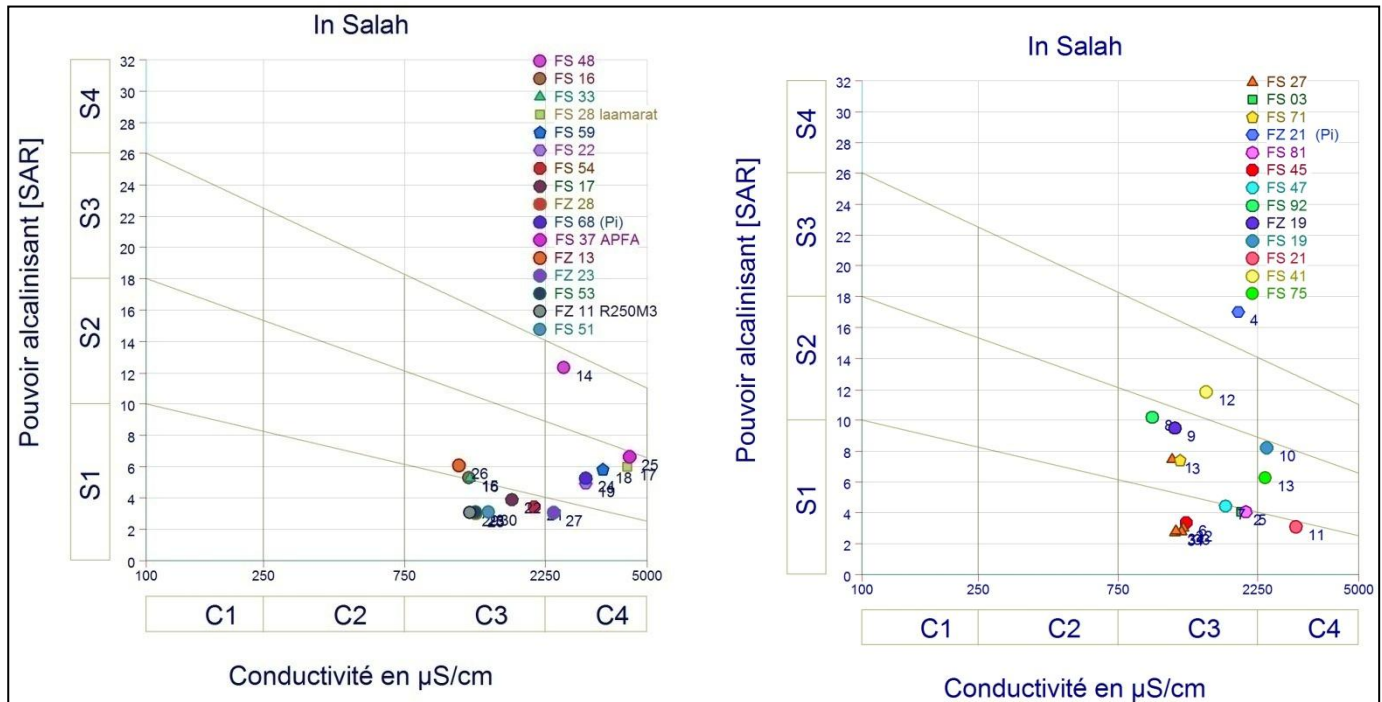


Figure.35: le diagramme de Wilcox

Le diagramme remarque la classification de qualité de Wilcox qu'est expliquée la qualité des eaux d'In Salah.

La qualité des eaux de la région est divisée en trois classes selon le site de forage :

Tableau.31: les types de qualité de la région d'étude, par classification de Wilcox.

1	Admissible	C3-S1 C3-S2	En général, eau convenant à l'irrigation de cultures tolérantes au sel sur des sols bien drainés, l'évolution de la salinité doit cependant être contrôlée
2	Médiocre	C4-S1 C4-S2 C3-S3	En général, eau fortement minéralisée pouvant convenir à l'irrigation de certaines espèces bien tolérantes au sel et sur des sols bien drainés et lessivés
3	Mauvaise	C3-S4 C4-S3	Eau ne convenant généralement pas à l'irrigation mais pouvant être utilisée sous certaines conditions. Sol très perméables, bon lessivage, plantes tolérantes très bien le sel.

III-4- Conclusion :

A partir de la carte piézométrique réalisée on peut dire que les eaux de la nappe du continental intercalaire (Albien) de In Salah tiennent comme amont la dénivellation du plateau de Tademaït à l'Nord,

Les courbes isohypses sont relativement espacées et variée. Le gradient hydraulique est de l'ordre de 0.3 à 0.02%.

Les résultats d'analyses physicochimiques montrent que les eaux de la nappe de continentale intercalaire de la région d'In Salah sont caractérisées par pH neutre et une conductivité moyenne a élevés avec une grande augmentation de concentration de quelque éléments chimiques tels que : (Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^- et NO_3^-).et d'autre éléments presque nul tel que (NH_4^- , NO_2^- et PO_4^-).

Trois faciès chimiques y prédominent:

- Faciès sulfaté sodique
- Faciès chloruré sodique
- Faciès sulfaté calcique

L'origine chimique de l'eau a dut de la lithologie avec la nature d'alimentation de la nappe de la région.

Donc A partir tous les classification utilisés dans mon étude (Stabler,Wilcox, Reverside ,Piper, Schoeller -Berkaloff) On peut affermie le type des eaux de cette région.

L'utilisation de ces eaux pour l'AEP sans traitement préalable est déconseillé du point de vue agricole, les eaux de la région ne conviennent généralement pas à l'irrigation mais pouvant être utilisé sous certaines conditions, pour certaines cultures dans certains sols.

La qualité des eaux de la région est très varié (Admissible, Médiocre et mauvaise) selon le site de forage d'exploitation, la bonne qualité d'eau de la région est dans Foggaret Ez Zoua par ce que Le niveau piézométrique est plus élevé qu'à l'est et la conductivité de l'eau est la plus faible de toute la région. Cette région présente des eaux de salinité nettement plus basse que celles d'In Salah.

Conclusion général

Conclusion générale :

L'objectif de cette étude hydrogéologique et hydrochimique était de la reconnaissance des ressources en eaux souterraines et leur qualité dans la région d'In Salah.

En effet de climat aride, qu'est caractérisé par le déficit variant au tout l'année par ce que en peu précipitation et l'évaporation très élevée a cause de température élevée n'existe pas une vraie alimentation superficielle de aquifère et cette faible alimentation influe directement sur la profondeur du niveau piézométrique surtout en présence de nombreux points de captage c'est à dire l'alimentation des réservoirs souterrains est pratiquement nulle d'où l'intérêt de bien gérer leurs exploitation.

La géologie de la zone est affleurement de continental intercalaire qu'est constituée par des Sables fin argileux, grés à gravier fin parfois siliceux, et des intercalations d'argiles gréseuses, calcaire dur, quartzique durs, gravier fin siliceux sable grossier et sables siliceux et argiles limoneuses.

L'hydrogéologie de la zone d'étude est très important dans le SSAS selon son situation de l'aquifère de SSAS.

L'alimentation réelle de la région est de plateau Tademaït (Nord vers le Sud)

La zone d'étude c'est un exutoire de SSAS par les forages et les foggaras (artificiels) et les Sebkhass (naturel). C'est-à-dire l'exploitation des nappes sans utilisation rationnelle de la ressource en eau, qui est très faiblement renouvelable (voire fossile) risque de la nappe du Continental Intercalaire (Albien).

L'étude hydrodynamique du sol a mis en évidence problème de la cumulation des eaux de drainage dans les dépressions qu'est la nappe de la région faible perméabilité du terrain argileux.

Les résultats d'analyses physicochimiques de construction du les classification utilisés dans mon étude (Stabler, Wilcox, Reverside, Piper, Schoeller -Berkaloff) On peut affermie le type des eaux de cette région.

Forte minéralisation est due à la géologie du terrain et à la formation, la région possède des terrains argileux, surtout les couches supérieur du sol, elles peuvent atteindre par fois 3 à 4 m de profondeur.

Dont la qualité des eaux de la région est très varié (Admissible, Médiocre et mauvaise) selon le site de forage d'exploitation, où un bonne qualité d'eau de la région est de le Foggaret Ez Zoua.

Le problème de qualité des eaux de la région est forte salinité.

Recommandation :

- Réalisation d'un réseau de la surveillance permanent du système aquifère.
- Etude pédologique (étude hydrodynamique du sol) pour résoudre le problème de la cumulation des eaux de drainage dans les dépressions (remonté d'eaux).
- Surveillance permanente de l'évolution de la salinité du sol.

Référence
Bibliographie

BIBLIOGRAPHIE :

- ANRH-DRSO, 2004, Situation géographique et géomorphologie et coupe hydrogéologie de la nappe d'In Salah, Rapport de mission d'inventaire In Salah.
- HADJ FATEH Lakhdar et ROUAS Djemoui (2011), Figure sens d'écoulement et Figure Litho stratigraphie de bassin occidentale. Mémoire de fin d'étude (Etude hydrogéologique et hydrochimique du continental intercalaire d'Adrar.
- JEAN FABRE (2005), la géologie de la zone d'étude, Géologie du Sahara occidental et central
- JMB/4607/4005a (2004).limite hydrogéologie de zone d'étude et figure de Relief de la région In Salah avec superposition de la géologie et paramètre hydrogéologique. Mission 2 Etude du Champ captant de In Salah-Partie 1 Simulation avec le modèle du SASS
- JMB/4607/4006 (2004), Répartition de Sondages des recherches hydrauliques dans la zone d'étude et les logs des forages de recherche hydrique
- MOHAMEDOU OULD BABA SY (2005), l'hydrogéologie de SSAS et la recharge de zone d'étude, thème de recharge et paleorecharge du système Aquifère du Sahara Septentrional.
- NAZLI IMED EDDIN (2009), Techniques de mesures et d'analyses, Thèse DE Doctorat (Approche hydrogéochemie a l'étude des Aquifères de la basse vallee de l'Oued m'ya (Ouargla)).
- OUALI SALIMA(2006), Echelle stratigraphie de Mésozoïque, Mémoire de Magister (Etude géothermique du Sud de Algérie.
- REMINI B.¹, ACHOUR B.² (2008), le Foggara , Les foggaras du grand erg Occidental Algérien.
- SLIMANI SAMIR (2012), Sondage de recherche pétroliers (Bassin Ahnet), Mémoire Master (Optimisation des paramètres de forage dans les Réservoirs cembro- ordoviciens (périmètre Tidikelt la région d'In-Salah).
- Société des Études Diverses et Assistance Technique. SEDAT (2009) quelque définition des éléments chimique, Etude de la Station de Déminéralisation d'In Salah.

Annexe

Annexe des figures

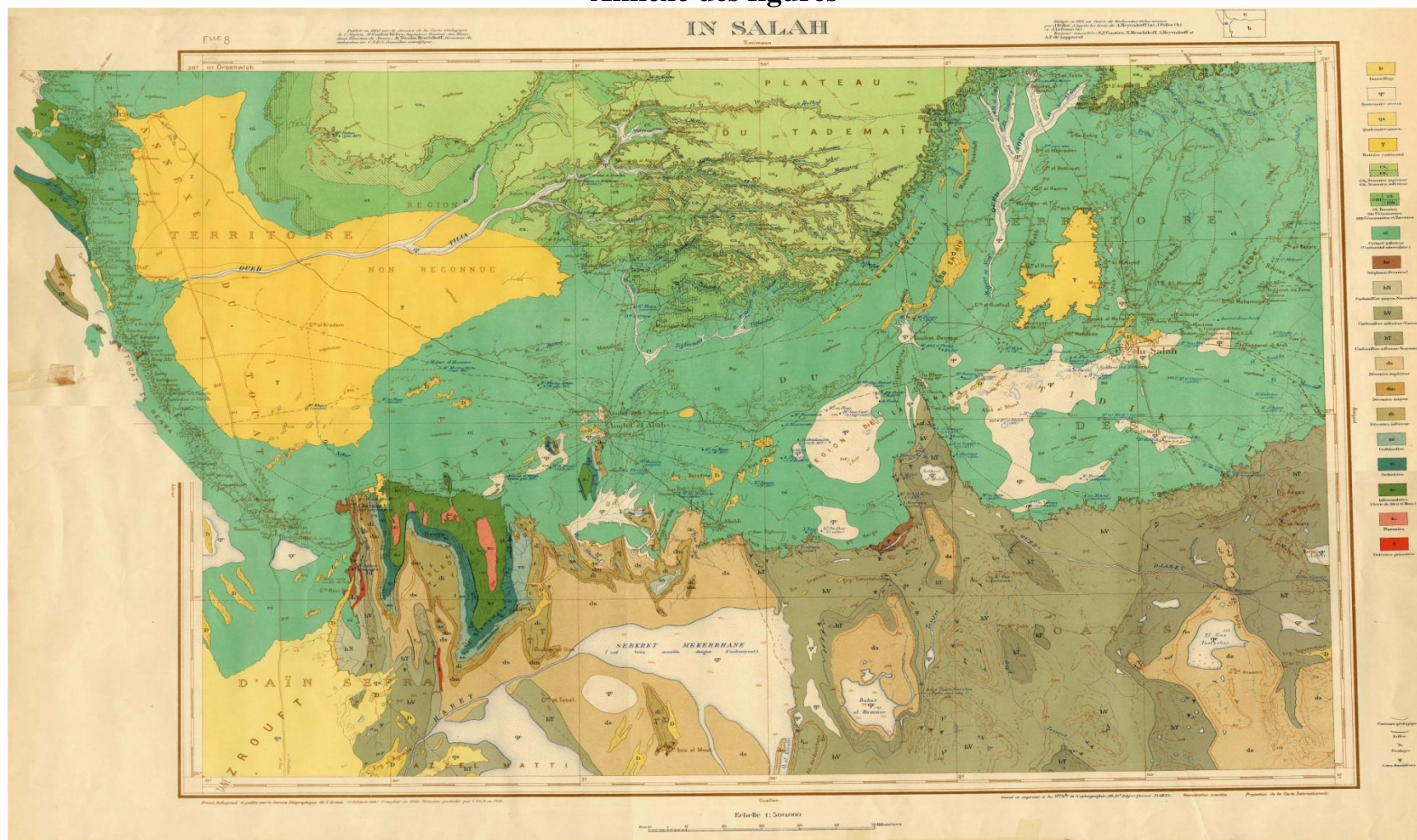


Figure : La carte géologique d’In Salah

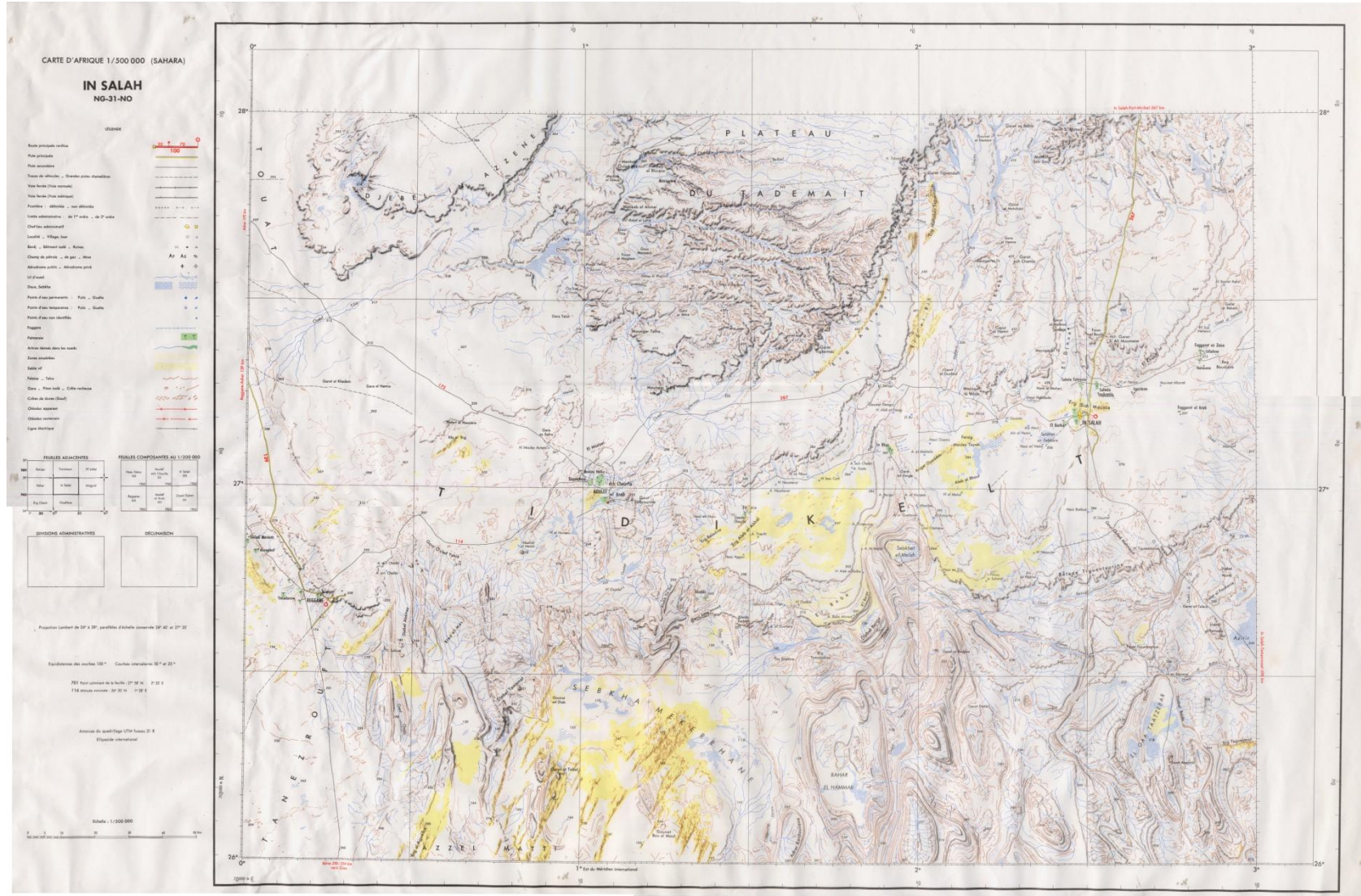


Figure : La carte topographique d'In Salah

Annexe des tableaux

Tableau des données :

NOM	PH	CE US/Sm	RS (mg/l)	Ca+2 (mg/l)	Mg+2 (mg/l)	Na+ (mg/l)	K+ (mg/l)	Cl- (mg/l)	SO4- (mg/l)	NO3- (mg/l)	Hco3- (mg/l)	Sio2- (mg/l)
FS 27	6.81	4120	2630	152	163	490	45	975	650	7	101	14.5
FS 03	7.01	3710	2400	200	114	420	42	645	800	23	113	23
FS 71	7.08	3860	2430	226	117	400	42	600	980	21	140	25
FZ 21 Pi	7.2	1550	970	22	16	260	19	400	100	73	24	10
FS 81	7.23	3590	2260	196	136	392	38	840	575	8.5	128	14.6
FS 45	7.25	3540	2280	144	129	380	30	560	850	36	131	5.2
FS 47	7.25	3790	2420	174	136	390	42	600	850	47	149	24.3
FS 92	7.25	3020	1940	165	103	340	30	450	850	16	140	28
FZ 19	7.26	2370	1520	130	90	250	12	370	490	55	149	18
FS 19	7.28	3320	2070	174	101	380	38	580	750	73	146	28
FS 21	7.28	3980	2510	226	103	470	43	700	960	35	140	35
FS 41	7.28	4430	2720	209	139	500	52	750	1040	68	58	26
FS 75	7.28	2620	1700	161	41	335	24	330	675	73	119	14
FS 48	7.33	4070	2630	174	144	450	45	650	950	18	149	25
FS 16	7.34	4050	2620	152	168	510	48	800	1000	5	76	14
FS 33	7.35	3360	2200	161	125	390	34	600	800	70	140	25
28 laamarat	7.38	3370	2060	190	98	360	27	580	700	43	131	10.4
FS 59	7.4	3600	2300	130	84	470	43	760	600	22	128	14
FS 22	7.41	4140	2600	200	120	480	45	972.5	610	5	146	14
FS 32	7.43	3200	1960	115	131	308	29	500	675	46	125	11.6
FS 54	7.48	3270	2100	130	130	360	35	550	650	52	116	24
FS 17	7.57	3310	2100	186	90	340	33	530	750	49	137	7.4
FZ 28	7.58	2270	1460	107	82	220	10	295	500	51	153	7.2
FS 68Pi	7.6	3580	2200	200	114	375	42	787.5	490	7	119	12.6
5 37 APFA	7.63	3480	2200	226	90	360	38	600	660	30	131	11
FZ 13	7.7	2380	1500	107	106	260	9	307	600	46	250	11.6
FZ 23	7.7	2450	1520	214	95	200	11	290	788	73	125	10.6
FS 53	7.75	3680	2300	230	109	330	40	500	820	35	159	13.5
FZ 11 R250M3	7.8	2270	1500	136	77	240	10	300	500	50	140	15
FS 51	7.85	3420	2200	91	147	386	35	600	713	46	98	8.5
FS 23	8.05	2430	2310	157	88	480	38	730	675	20	128	10
FZ 10	8.13	2260	1450	95	103	220	10	290	500	50	265	12
FZ 20Pi	8.13	1990	1300	49	59	280	22	390	305	1.5	143	10
FZ 35	8.15	2130	1400	62	54	290	12	310	500	0	162	5

خلاصة :

تقع عين صالح في منطقة تدكلت على ارتفاع 200م وهي في الحد الجنوبي من الحوض الغربي ل (CI).
وقصد معرفة طبيعة طبقة المنطقة و خصائصها قمنا بالدراسة الهيدر جيولوجية و الكيميائية التي بينت ان الطبيعة المرفولوجية
ومناخها تؤثر على تغذية الطبقة التي تكون ضعيفة لطينيتها و من جهة واحدة هي هضبة تادمايت.
إن استغلال مياه المنطقة بطريقة عفوية يسبب لها استنزاف لان مياهها ليست سريعة التجدد.
الاختلاف الجيولوجي و الهيدروجيولوجي يؤثران على كيميائية مياه المنطقة فنجدها اكثر معدنية و ملوحة. بما في ذلك فان
نوعية مياه المنطقة متنوعة جدا (مؤهلة، ضعيف وسيء).
الكلمات الدالة CI, الهيدروجيولوجية,الكيميائية و الطبقة

SUMMARY :

The region is located in Salah Tidikelt a 200m altitude, it is located in southern limit of the western basin, outcrops in the IC.

At the end of knowledge of the nature of the continental water in the region and its characters were drawn in hydrogeological and hydrochemical study of the region.

These studies did appear morphology of the region and its climate is influenced on the power of the water, how very small effect of the low permeability of clayey soil and single direction Tademaït Shelf (North South vars) .

The exploitation of the aquifer without rational use of water resources, which is very low renewable (or fossil) risk area and ground the Continental Intercalary (Albian).

The geological and hydrogeological variation influencing Chemism ground water in the region, that is very strong mineralization and Salt.

Including water quality in the region is very diverse (Eligible, Poor and Bad).

RESUME :

La région d'in Salah est située au Tidikelt une altitude 200m, elle est située en limite sud du bassin occidental, dans les affleurements du CI.

A fin de connaissance de la nature de la nappe continentale de la région et ses caractères ont été dressée en étude hydrogéologique et hydrochimique de la région.

Ces études a fait apparaitre la morphologie de la région et son climat sont influencés sur l'alimentation de cette nappe, qu'est très faible par effet de la faible perméabilité du terrain argileux et la seul direction le plateau Tademaït (Nord vars le Sud).

L'exploitation de cette nappe sans utilisation rationnelle de la ressource en eau, qui est très faiblement renouvelable (voire fossile) risque de la région et de la nappe du Continental Intercalaire (Albien).

La variation géologique et hydrogéologique influençant de Chimisme des eaux de la nappe de la région, qu'est forte minéralisation et très Salée.

Dont la qualité des eaux de la région est très varié (Admissible, Médiocre et mauvaise)

Mot clé :CI, Hydrogéologique, Hydroclimatique et Nappe.