

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 HYDROGÉOLOGIQUE DE LA
NAPPE INFEROFLUX DE OUED
TINZAOUATINE**

Soutenu publiquement par :

Ben Sebgag Mouna

Le 0/07/2013

Devant le jury :

Président :	Mme. Habes Samah	M. C. B Univ. Ouargla
Promoteur :	M. Hacini Messaoud	M. C. A Univ. Ouargla
Examineur :	M. Nazeli Imaddine	M. C. A Univ. Ouargla

Année Universitaire : 2012/2013

Remerciements

Je remercie tout d'abord le bon Dieu qui m'a donné le courage et la patience pour terminer ce modeste travail.

Je tiens à exprimer mes gratitude et vifs remerciements à mon promoteur : Monsieur Hacini Massoud maître de conférences à l'université de Kasdi Merbah Ouargla mon vif remerciement s'adresse à Amrous Karima Ingénieur à D.H.W pour sa veille précieuse dans

L'accomplissement de ce travail et son soutien sans limite le long de la réalisation de ce travail et toute l'équipe

Mlle Habes Samah d'accepte d'être président de jury Mes remerciements à Monsieur Nezli Imaddine pour avoir accepté de m'examiner. Egalement, je tiens à remercier vivement Monsieur Zerari et Monsieur Ben fifi .Toute l'équipe de la D.H.W de Tamanghasset et O.N.M Station Tamanghasset (Mr HAOURI) sans oublier l'équipe de la subdivision de Tinzaouatine. J'adresse mes sincères remerciements aussi à direction d'A.N.R.H de Ouargla surtout Mme Messoudi

Ainsi les professeurs du département de géologie qui m'ont enseignés pendant deux ans de mon cycle de Master.

Dédicace

J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail :

A ma très chère mère, qui me donne toujours l'espoir de vivre et qui n'a jamais cessé de prier pour moi.

A mon très cher père, pour ses encouragements, son soutien, surtout pour son amour et son sacrifice afin que rien n'entrave le déroulement de mes études.

A tous mes chères frères Ali, Lakhdar, Abdelkader, Mahmoud, Brahim et Abdallah, & sœur Rym

A ma très chère amie Asma Mahdjoub à Meriem, Habiba, Fatima pour leurs aides et encouragements.

A Tous ceux que j'aime et je respecte.

Merci.

MOUNA

Sommaire

Introduction générale

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

I.1. Situation Géographique de la commune de TINZAOUTINE	3
I.2. Aperçu Socio-économique	3
I.3. Voies d'accès au terrain	5
I.4. Relief	5
I.5. Flore et faune	6
I.6. Sismologie	7

Chapitre II : Etude géologique

II . Géologie du Hoggar	8
1 Introduction	8
1.2. Subdivision classique du Hoggar	8
1.2.1. Le Hoggar Oriental	8
a. La chaîne Tiririnienne :	9
b. La zone péritiririnienne (Tafassasset – Djanet)	9
c. Le môle Issalane	9
1.2.2. Le Hoggar Central polycyclique	9
a. La série de l'Arechchoum	10
b. La série de l'Aleksod	10
1.2.3 Le Hoggar Occidental	10
a. Le môle In-Ouzzal	10
b. Le rameau occidental	10
c. Le rameau central	10
II.3. La nouvelle subdivision du Hoggar (Les Terranes)	11
II.4. Formations litho-stratigraphiques	13
II.5. Evénements tectono-métamorphiques	13
II.6. Géologie de la zone d'étude	13
II.7. Conclusion	20

Chapitre III : Etude climatologique

III.1. Introduction	21
---------------------------	----

III.2. Etude climatologie.....	21
III.2.1. Aperçu climatique de la zone d'étude.....	21
III.2.2. Paramètres climatiques d'intérêt hydrogéologique.....	22
III.2.2.1. les précipitations.....	22
a) Les pluies mensuelles.....	22
b) Relation : pluies- crues d'oueds.....	23
III.2.2.2. Températures de l'air sous abri.....	23
III.2.2.3. Indice d'aridité de DERMARTONNE.....	25
III.2.2.4. L'humidité Relative	26
III.2.2.5. L'insolation	27
III.2.2.6. Les vents.....	28
III.2.3. l'étude de l'évaporation	29
III.2.3.1. Mesures de l'évaporation PICHE	29
III.2.3.2. Évapotranspiration potentielle (ETP)	30
III.2.3.3. Évapotranspiration réelle (ETR)	31
III.2.3.4. Le bilan hydrique.....	32
III.2.4. le climat de la région.....	33
III.2.5. Diagramme ombrothermique de GAUSSEN.....	34
III.2.6. L'influence des différents paramètres climatiques sur l'évaporation.....	35
III.3. Caractéristiques hydromorphométriques du bassin versant	35
III.4. Conclusion	36

Chapitre IV : Etude hydroclimatologique

IV.1. Introduction.....	37
IV.2. Notion de nappe d'inféro-flux	37
IV.3. Les principales ressources en eau.....	37
IV.3. Formations aquifères.....	38
IV.5. La piézométrie :	41
IV.6. Etude de la nappe d'inferoflux et de ses ressources.....	42

Chapitre V : Etude hydrochimique

V-1- Introduction.....	43
V.2. Les caractéristiques physico-chimiques des échantillons prélevés.....	43
V.2.1. pH	44

V.2.2. Température	44
V.2.3. Conductivité	44
V.2.4. Le résidu sec	44
V.2.5. La balance ionique	44
V.3. Faciès Chimique	45
V.3.1. Diagramme de Collins ou Stabler	45
V.4. Les ions dominants	46
V.4.1. Les anions	46
• Les chlorures	46
• Les bicarbonates	46
• Les sulfates	47
V.4.2. Les cations	47
V.5. Classification des eaux et représentation graphique	48
V.5.1. Classification des eaux selon Stabler	48
V.5.2. Classification des eaux selon Schoeller-Berkaloff	49
V.5.3. Représentation des eaux selon le diagramme losangique de Piper	50
V.6. Conclusion	52
Chapitre VI : L'alimentation en eau potable à Tinzaouatine	
VI.1. Introduction	53
VI.2. Production	53
VI.3. Régulation et stockage	55
VI.4. Capacité de régulation et stockage	55
VI.5. L'alimentation en eau potable	56
VI.6. Les ouvrages d'oued Tinzaouatine	58

Conclusion générale

Liste des abréviations

A.N.R.H : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

ENEHYD : Entreprise Nationale des Etudes Hydrauliques

A.E.P : Alimentation en eau potable

OMS : Organisation Mondiale de la Santé ;

Tp : température annuelle en(C°)

ETP : évapotranspiration potentiel (mm)

Pr : précipitation annuelle (mm)

ETR : évapotranspiration réelle. (mm)

Exc : excédante (mm)

Def : déficit

RFU : refis

hr : l'humidité relative (%)

pH : Potentiel d'Hydrogène ;

°f :degré française

Introduction générale

INTRODUCTION GENERALE

L'Algérie se situe, à l'instar des 17 pays Africains touchés par le stress hydrique, dans la catégorie des pays les plus pauvres en matière de potentialités hydriques, soit en dessous du seuil théorique de rareté fixé par la Banque Mondiale à 1000 m^3 par habitant et par an. Si en 1962, la disponibilité en eau théorique par habitant et par an était de 1500 m^3 , elle n'était plus que de 720 m^3 en 1990, 680 m^3 en 1995, 630 m^3 en 1998, 500 m^3 elle ne sera que de 430 m^3 en 2020 La disponibilité en eau potable en Algérie en $\text{m}^3/\text{Habitant}/\text{An}$ dépassera légèrement le seuil des $400 \text{ m}^3/\text{ha}$ (norme OMS).

La problématique de l'eau est indissociable du développement durable dans la mesure où l'eau doit permettre de répondre aux besoins des générations actuelles sans hypothéquer, la capacité des générations futures à satisfaire les leurs. Il faudrait disposer entre 15 et 20 milliards de m^3 par an, en réservant 70% à l'agriculture, pour parvenir à une sécurité alimentaire satisfaisante. C'est un défi titanesque lorsqu'on mobilise à peine au plus 5 milliards de m^3 d'eau par an.

La pression exercée sur ces ressources ne cessera de s'amplifier sous les effets conjugués de la croissance démographique et des politiques appliquées vis-à-vis des activités consommatrices d'eau.

1. La problématique de l'eau en zone aride :

Les conditions climatique aride qui règnent dans la région Sud de l'Algérie font durer le déficit hydrique du sol pendant plusieurs mois de l'année.les ressources en eau y sont non seulement inégalement réparties en quantité, mais elles diffèrent par leur nature et leur structure. Ces conditions rendent les ressources en eau renouvelables superficielles non seulement très irrégulières dans le temps, mais souvent non conservées dans l'espace

Les écoulements fluviaux sont soumis à des pertes par évaporation, et une partie des apports échappe au chiffrage des écoulements transfrontalier ce qui minimise l'estimation globale de ces ressources.

La maîtrise des ressources en eau subordonnée non seulement aux conditions climatiques et aux structures hydrogéologiques, mais également aux types d'aménagement implantés sur terrain et à leurs localisations qui favorisent la conservation idéale de l'eau de ruissellement

La wilaya de Tamanrasset s'étend sur une superficie de 619360Km² et sa population est estimée à 205220 habitants (2010) répartie à travers 10 communes.

Caractérisé par un climat hyperaride, avec une faible pluviométrie, des températures très élevées en été et une forte évaporation, la région est marquée par des pénuries en eau qui affectent l'alimentation en eau potable des agglomérations, notamment la ville de Tinzaouatine

Actuellement, les ressources en eau dont dispose la ville sont fournies par quelques nappes d'inféro-flux situées dans les environs immédiats de la ville. Elles sont peu importantes, et n'arrivent pas à couvrir les besoins d'une population en constante augmentation, l'irrigation des jardins, et quelques petites unités industrielles.

Le but de cette mémoire est d'étudier la géologie et l'hydrogéologie et l'hydrochimie de la nappe inféroflux de l'oued de Tamanrasset.

Cette étude s'articule autour des chapitres suivants :

- introduction général
- Description de la zone d'étude: Exposé la situation géographique, le socio-économie et le besoin en eau potable.
- La Géologie de région d'étude : on a présenté la géologie régionale et la géologie Tinzaouatine
- Hydroclimatologie : Nous sommes basés sur les données climatiques de la période (2000-2010).
- Hydrogéologie : Définir les différents caractères de la nappe et l'investigation géophysique de terrain pour limiter le potentiel aquifère dans la cuvette de l'oued.
- Hydrochimie : basé sur l'analyse chimique réalisée sur les échantillons d'eau prélevés sur le terrain en 2013. (traité par laboratoire de hydrochimie de l'Agence nationale des ressources hydriques (ANRH) antenne régionale de OUARGLA .pour déterminer les faciès chimique des eaux.
- Etude du comportement du système d'AEP existant: étude d'ouvrage d'accumuler les eaux de précipitation
- Conclusion générale.

Chapitre I :
Présentation de la zone d'étude

PRESENTATION DE LA REGION

I_1 Situation Géographique de la commune de TINZAOUTINE

La région de Tinzaouatine est une Daïra de la wilaya de Tamanrasset, se situant à l'extrême Sud de l'Algérie à environ 497km au Sud de son chef lieu de Wilaya.

Elle s'étend sur un territoire de 6570 km², la commune comptait 11128 habitants en 2002.

Elle limite par :

- Daïra de SILET au Nord
- SILET et INGUEZZEM à l'Est
- République de MALI à l'Ouest
- République du NIGER et MALI

La commune de TINZAOUTINE est une commune frontalière qui partage ses limites avec deux pays riverains le NIGER et le MALI à l'échelle régionale l'importance de sa position réside dans la situation de la commune entre des points stratégiques dans la wilaya matérialisée par INGUEZZAM, porte de l'Afrique et de wilaya de ADRAR en reliant TIMIAOUINE et BORDJ-BADJI-MOKHTAR.

I.2. Aperçu Socio-économique :

Les avantages des villes frontalières, sont multiples particulièrement durant ces dernières années, où les mutations économiques récentes favorisent le libre échange et le marché communs, ces relations sont des communes frontalières, des zones de transit et de passage en premier lieu et par la suite en zone d'échange et de commerces, et par conséquent il induira aussi le développement des activités et des services

En effet la commune recèle des potentialités et des richesses encore jusqu'à non exploités, faute de moyens.

Les ressources minières sont loin d'être négligeable, la découverte de certains gisements dépasse les limites la commune, ils sont classés d'intérêt régional particulièrement à TINZAOUATINE et INTTDENI.

La ressource hydrique de TINZAOUATINE est basée essentiellement sur la nappe de TINSIRIRINE.



Fig1 : Situation administrative de la wilaya de Tinzaouatine

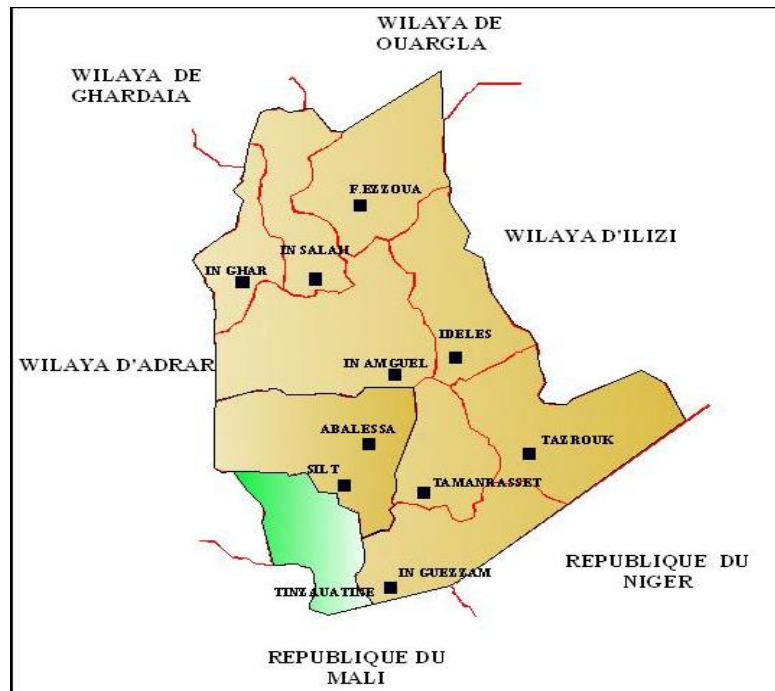


Fig2 : Situation administrative de la commune de Tinzaouatine

I.3. Voies d'accès au terrain :

La Daïra de Tinzaouatine est situé à environ 495km au Sud de la ville de Tamanrasset. De fait d'une topographie peu accidentée, il est accessible par véhicules légers et lourds par route goudronnée jusqu'à Silet via Tit et Aballessa et ensuite par piste sur 365 km menant notamment vers Timiaouine et Bordj Badji Mokhtar en véhicule tout terrain. Le relief plus ou moins plat et le réseau hydrographique relativement bien développé permettant d'atteindre en voiture tout terrain n'importe quel point à l'intérieur du périmètre de Tinzaouatine



Fig. 3 : Une piste vers Tinzaouatine passe par oued Itenkerire

Les localités les plus proches du Tinzaouatine sont : Taoundart, Timiaouine, Ammessmassa , Tirek toutes situés vers les frontières avec le MALI.

I.4. RELIEF :

Le relief est important au centre du Hoggar ou le mont de Tahat du massif volcanique Moi-Plio-Quaternaire d'Atakor culmine à 2908m. Ailleurs, la topographie varie entre 500 m et 1800 m au dessus du niveau de la mer, la ville de Tamanrasset se situant aux environs de 1400m

La topographie de la région de Tinzaouatine est celle d'un plateau désertique très peu accidenté, recouvre de reg et de dépôt fluviaux-torrentiels avec des points culminants de 500 à 600 m généralement associés aux granitoïdes. On y relève un plateau fortement découpé par des vallées d'oued ramifiées dont l'altitude s'abaisse graduellement vers le Nord-Ouest ou il

passé à une plaine moutonnée, puis une aire tabulaire constituant le Bassin de Tanezrouft. Le principal élément orogénique de la région est le mole d'In Ouzzal qui occupe le centre ouest des feuilles de Tirek et In-Ouzzal, culminant à 650-800 m avec des dénivelés de 200 à 300 m. A l'Est du mole se dressent des Adrar longe de 3 à 40 km, constitués essentiellement des quartzites (Derregh) et moins souvent de granites, ainsi que des Adrars tabulaires plus ou moins vastes composée de grès tassiliens (Tirek In-Debirène, Tirek TaSettafet, Imedji) présentant des pentes rocheuses raides. Entre ces édifices montagneux, le territoire est facilement praticable par véhicules.

I.5.FLORE ET FAUNE :

La flore et la faune de la région, en somme assez pauvre, se concentre dans et à proximité des grands oueds sur la piste SILET-TINZAOUATINE, après l'embranchement de la piste vers TINREREHOM, la végétation dans les lits d'oued change progressivement. Les oueds recoups ont des berges douces et le creusement ne paraît pas important ainsi que le dépôt alluvionnaire. Cependant la végétation devient beaucoup plus dense et les thalys et graminées plus hauts; les pluies, plus régulières et plus abondantes, entretiennent la végétation.

La végétation présente dans la région de tinzaouatine se compose surtout d'arbres, d'arbustes et de plantes herbacées se cantonnent dans le lit des oueds, essentiellement des acacias, des coloquintes, parfois des tamaris et graminées sauvages.

La faune éparses regroupe des fennecs, lièvres, gazelles, ouatrides et certains type d'oiseaux, lézards, reptiles (vipères surtout), scorpions, gerboises, rarement mouflons, antilopes, lynx, hyènes ainsi que des insectes tels les tarentules, criquets et scarabées. Le cheptel composé de dromadaires, ânes et moutons appartient à des propriétaires autochtones targuis nomades qui sont en continuel déplacements à la quête de quelques pâturages.



Fig. 4 : Paysage d'oued ILEFAGH

La diversification végétale et animale dans le village est encore conservable par les habitants de la région contre la dégradation et la disparition.

I.6. Sismologie :

D'après le document réglementaire D.T.R – B.C.-48 concernant les règles parasismiques algériennes R.O.A (édition 99) modifiée et complétée après le séisme du 21 mai 2003, élaboré par le CGS (Centre National de recherche Appliquée en Génie Parasismique) le territoire national est divisé en cinq (05) zones de sismicité croissante, c'est à dire :

Zone 0 : sismicité négligeable

Zone I : sismicité faible

Zone IIa : sismicité moyenne

Zone IIb : sismicité moyenne

Zone III : sismicité élevée

Selon la carte de zonage sismique de l'Algérie (CGS 2003), la zone de Tamanrasset y compris la région de tinzaouatine est classée sous la zone 0 : dite négligeable.

Chapitre II: Etude géologique

II .1. Géologie du Hoggar

1 Introduction

Le Hoggar occupe une superficie d'environ 550.000 Km², il s'étend sur près de 1.000 Km d'Est en Ouest et de 700 Km du Nord au Sud, il constitue la principale composante du bouclier Touareg (appelé parfois le bouclier Targui), prolongé au Sud-est, au Mali, par le massif des Iforas et à l'Est, au Niger, par le massif de l'Aïr.

Le Hoggar fait partie de la chaîne panafricaine transsaharienne, il est caractérisé par sa subdivision classique en trois compartiments longitudinaux et l'existence de deux grands accidents tectoniques subméridiens ; (l'accident 4°50' et l'accident 8°30') qui délimitent le Hoggar central polycyclique, à l'Est de l'accident 8°30' c'est le Hoggar oriental et à l'Ouest de l'accident 4°50' c'est le Hoggar occidental.

1.2. Subdivision classique du Hoggar

A partir de la classification litho-stratigraphique et des événements tectono-métamorphique, le Hoggar a été subdivisé en trois grands domaines structuraux : Occidental, Central et Oriental. (Bertrand et Caby, 1978).

Ces trois parties sont séparées par les deux accidents majeurs subméridiens (4°50' et 8°30') (fig.01)

La distinction de ces trois grands domaines est basée essentiellement sur les critères suivants :

- Présence ou absence d'événements Kibariens.
- Proportion des formations d'âge Protérozoïque supérieur.
- Type et intensité des déformations et du métamorphisme Panafricain.
- Age des granites syntectoniques Pan-africain.
- Présence ou absence des sédiments d'âge éocambrien à cambrien.

1.2.1. Le Hoggar Oriental

Il est caractérisé par la chaîne « Tiririnienne » d'âge panafricain tardif ; chaîne à caractère linéaire encadrée à l'Est et à l'Ouest par deux socles plus anciens et structuralement différents l'un de l'autre. Dans ce compartiment, trois sous domaines peuvent être distingués :

a. La chaîne Tiririnienne :

Edifiée au Panafricain tardif, elle est séparée du socle par une discontinuité majeure traduisant un dépôt sur une surface d'érosion qui montre des roches métamorphiques et magmatiques très diverses, cette zone est constituée d'arkoses, de conglomérats et de calcaires à Stromatolithes.

b. La zone péritiririnienne (Tafassasset – Djanet) :

Elle est constituée de larges batholites de granites calco-alcalins, de dépôts de type Flysch, de roches de type calco-silicatées ainsi que de roches volcaniques et plutoniques prétectoniques avec des granites, des gneiss et des roches ultrabasiques.

c. Le môle Issalane :

Situé à l'Ouest, il est constitué essentiellement de granites et de gneiss ainsi que de formations méta sédimentaires (quartzites, marbres, pélites et roches calco-silicatées).

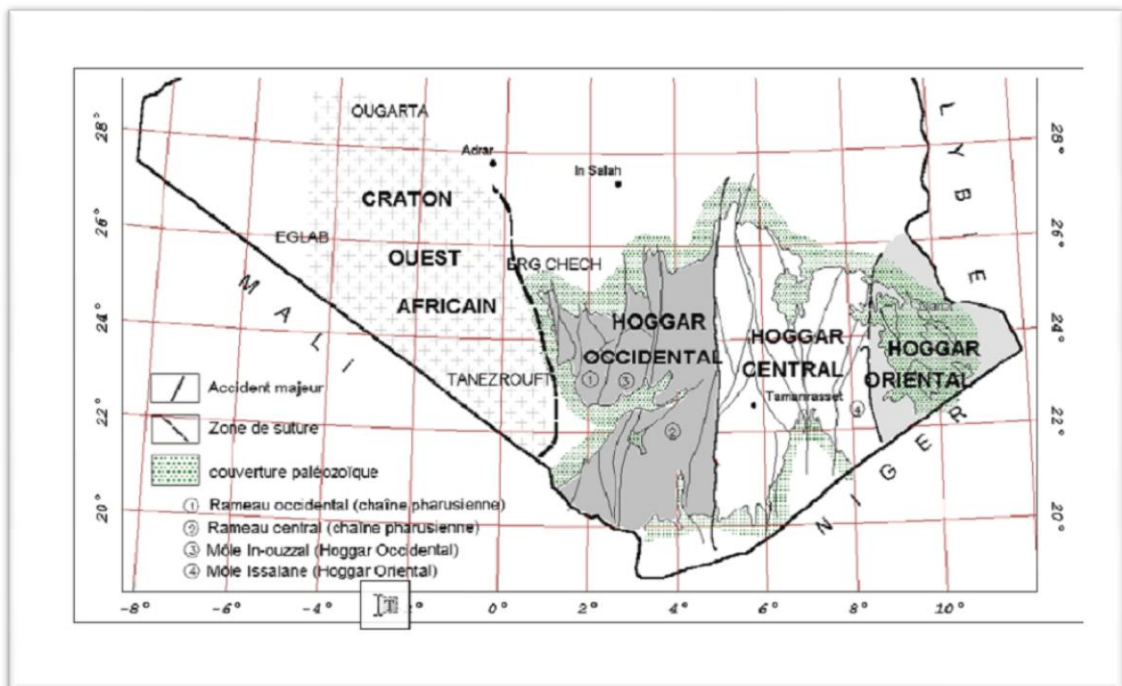


Fig.05 : Carte des principaux domaines structuraux du Hoggar : subdivision classique d'après (Caby et al. 1981)

1.2.2. Le Hoggar Central polycyclique :

Constituant la partie médiane du massif, limitée par les deux accidents majeurs (4°50' et 8°30'), le Hoggar Central est plus complexe et hétérogène du point de vue lithologique et structural .Il comporte très peu de matériel sédimentaire ou volcanique

d'âge protérozoïque supérieur, il est dominé par des formations d'âge protérozoïque inférieur et archéen (Bertrand et Lassere, 1976). Dans ce compartiment on regroupe deux séries types :

a. La série de l'Arechchoum :

Composée d'orthogneiss tonalitiques ou granitiques ; les roches dominantes sont des gneiss gris à grain fin, constitués de quartz, d'oligoclase et de biotite.

b. La série de l'Aleksod :

Représente une série métasédimentaire de plate-forme composée de quartzites, marbres, métapelites et roches volcano-détritiques, le tout associé à un grand volume de roches basiques et de migmatites granodioriques.

1.2.3 Le Hoggar Occidental :

Où situé notre zone d'étude situé à l'Ouest de l'accident 4°50', le Hoggar Occidental (domaine de la chaîne pharusienne) est un vaste domaine où l'orogénèse pharusienne est la plus complète. Dans ce domaine, on distingue trois principales composantes ; les deux rameaux occidental et oriental (fossé pharusien) séparés par le môle granulitique de In Ouzzal, lequel est constitué de formations archéennes structurées et métamorphisées à l'Eburnéen.

a. Le môle In-Ouzzal :

Il comporte principalement des roches d'âge éburnéen, ainsi que plusieurs plutons de granodiorite-granite de diverses générations. La conservation d'un graben de basaltes et d'andésites du « pharusien » (Gara- Akofou) implique que, tout au moins dans sa partie Nord, le môle In-Ouzzal a échappé au rétro-morphisme et aux déformations pharusienne et a été pénéplané avant les épandages de la série pourprée horizontale qui le recouvre.

b. Le rameau occidental :

Caractérisé par le grand développement des séries quartzites d'âge PR2 et PR3 ainsi que l'existence de champs de dykes sub-méridiens ; prolongement de ceux de l'Adrar des Iforas (Mali), qui soulignent notamment la bordure tectonisée du craton ouest africain COA.

c. Le rameau central :

Situé entre le môle In-Ouzzal et la faille 4°50', appelé le fossé pharusien,

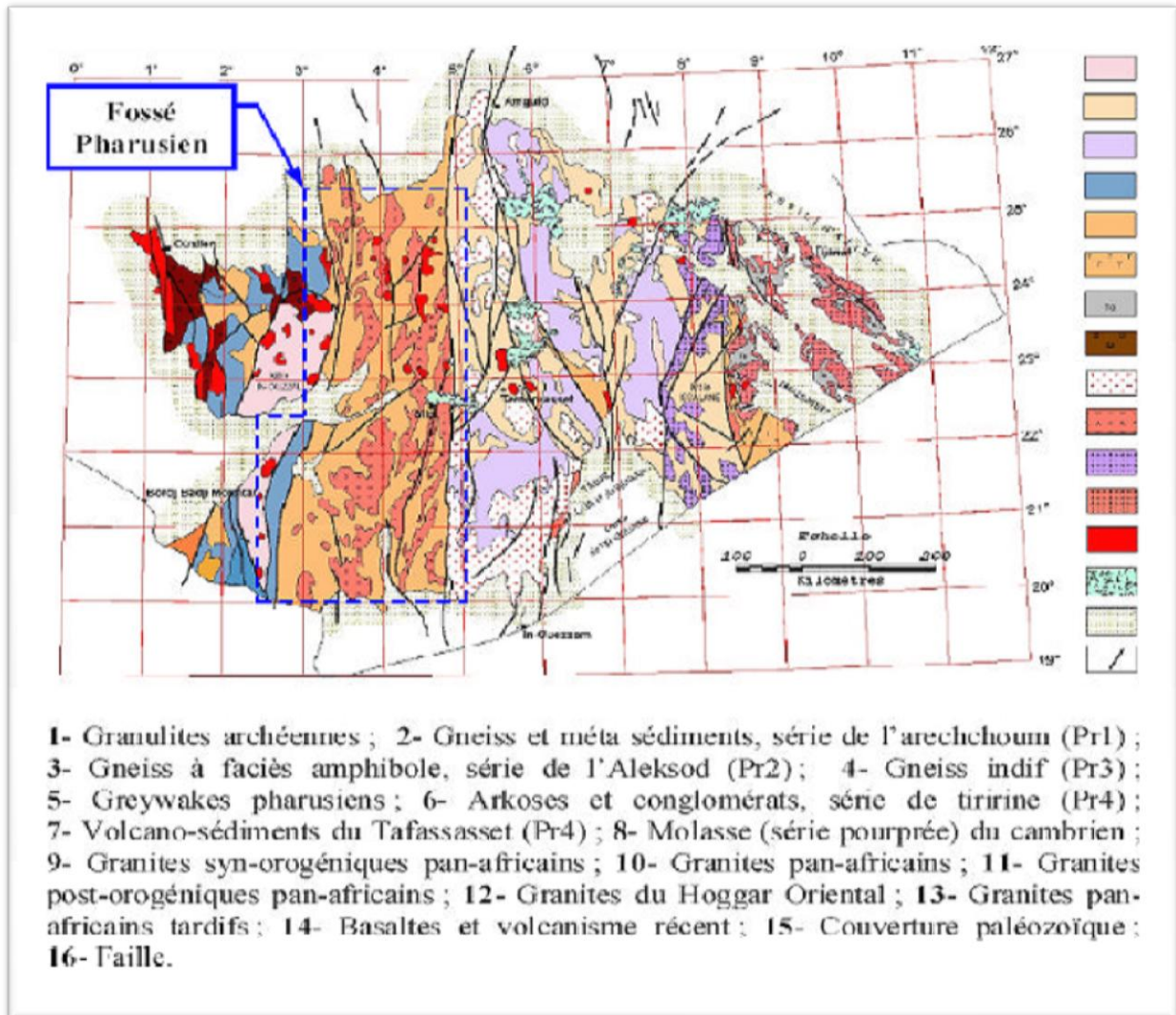


Figure.06 : Carte géologique du Hoggar simplifiée (d'après Caby R. et al., 1981).

11.3. La nouvelle subdivision du Hoggar (Les Terranes) :

Les travaux effectués sur le massif du Hoggar, ainsi que ceux sur le massif de l'Aïr portant sur le concept de « collage de terranes » ont donné naissance à une nouvelle subdivision du bouclier Targui (Black R et al, 1994 ; Liégeois J. P. et al., 1994).

Plusieurs facteurs sont à l'origine de ce nouveau découpage, à savoir la difficulté et l'absence de corrélations entre les différentes régions du Hoggar, ainsi qu'aux caractères incompatibles observés aux niveaux de ces dernières qui ne trouvent leur explication qu'en envisageant des mouvements de grande ampleur, d'où la terminologie « Terranes » ou « terrains mobiles » (Liégeois et al., 2003). Figure.03. Selon cette nouvelle conception, le massif du Hoggar est considéré comme étant une juxtaposition des blocs ou terranes

D'orientation méridienne, séparés entre eux par des linéaments régionaux.

On distingue (23) terranes qui se différencient par leurs caractéristiques lithologiques, structuraux et géochronologiques. Ces terranes sont distribués sur les trois compartiments du Hoggar comme suit :

Hoggar Occidental	Hoggar Central	Hoggar Oriental
<i>Timetrine (Tim)</i>	<i>Assodé-Issalane (As-Is)</i>	<i>Barghot (Ba)</i>
<i>Tilemsi (Ti)</i>	<i>Tchilit (Tch)</i>	<i>Aouzegueur (Ao)</i>
<i>Kidal (Ki)</i>	<i>Tazat (Ta)</i>	<i>Edembo (Ed)</i>
<i>Tassendjanet (Tas)</i>	<i>Sérouenout (Se)</i>	<i>Djanet (Dj)</i>
<i>U granulite Iforas (Ugé)</i>	<i>Egéré-Aleksod (Eg-Al)</i>	
<i>In Ouzzal (Ou)</i>	<i>Azrou-n-Fad (Az)</i>	
<i>Ahmet (Ah)</i>	<i>Tefedest (Te)</i>	
<i>Tirek (Tir)</i>	<i>Laouni (La)</i>	
<i>Tin Zaoutene (Za)</i>		
<i>In Teideni (It)</i>		
<i>Iskel (Isk)</i>		

Tableau.01 : Les différents terranes du Hoggar (Liégeois et al., 2003).

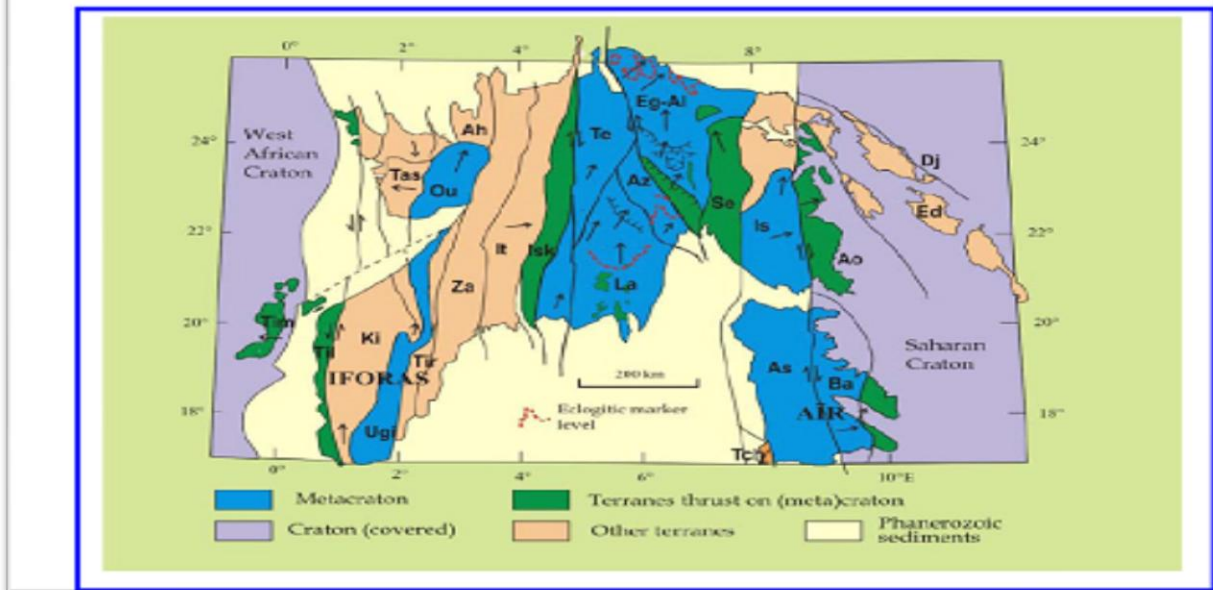


Fig 07 : les différents terranes du Hoggar (Liégeois et al.,2003)

▪ **Application :**

Le concept du modèle de terranes semble répondre aux problèmes posés dans diverses régions du bouclier Targui. Black et al (1994) interprète ce dernier comme étant un amalgame de blocs préalablement fragmentés puis assemblés de nouveau durant l'orogénèse panafricaine en plusieurs phases successives distinctes :

- la collision du bouclier Touareg a eu lieu tout d'abord à l'Est avec le craton Est Saharien (aux environ de 700 Ma).

- puis à l'Ouest avec le craton Ouest Africain (600 Ma).
- le stade tardif est marqué par des mouvements le long des méga-shear-zones essentiellement sub-méridiennes communes à tout le bouclier Targui.

1.4. Formations litho-stratigraphiques :

Du point de vue litho-stratigraphique, on distingue dans le Hoggar les formations suivantes :

- archéennes (supérieur à 2700 Ma) dans le mole de In Ouzzal.
- d'âge protérozoïque inférieur (2000 – 2700 Ma) : série de l'Arechchoum.
- d'âge protérozoïque moyen (1000 – 2000 Ma) : série de l'Aleksod.
- d'âge protérozoïque supérieur (800 – 1000 Ma) : série à stromatolites.
- d'âge protérozoïque terminal (650 – 800 Ma).
- d'âge éocambrien (antérieur à 570 Ma) série pourprée du Nord-Ouest du Hoggar Occidental.

1.1.5. Evénements tectono-métamorphiques :

- Les principaux événements tectono-métamorphiques définis dans le Hoggar sont
- L'événement éburnéen (2000 ±200 Ma) bien défini dans le môle de In-Ouzzal.
- L'événement kib arien (1000 ±100 Ma) défini avec incertitude dans ' Aleksod.
- L'événement pan- africain précoce « chaîne pharusienne » (650 - 600 Ma) défini dans le Hoggar Occidental..
- L'événement panafricain tardif « chaîne tiririniène » (650 - 600 Ma) défini dans le Hoggar Oriental.

II. 5.Géologie de la zone d'étude

Notre zone d'étude partie au Hoggar occidentale. La reconnaissance géologique des bassins vessant a été effectuée sur la base des observations des affleurements lors de notre visite sur terrain ainsi que par l'exploitation des études et des essais faite dans la région.

La commune de Tinzaoutine repose sur un vaste massif granitique, ces granites sont traversés par de nombreux filons d'aplites et pegmatite. Ces granite passent progressivement à des gneiss d'injection orientés NE.

A l'Est dominant des gneiss a ampphibole passent à des micachistes, souvent envahie par des filons de quartz au Nord (Fig,08)au niveau de l'oued Itenkarir, on ne voit plus des

affleurements que des phylades très peu métamorphique, orientées NW à NS traversées par des filons de quartz et pegmatites.

Lors de notre visite, on passant sur oued Tin-Elhaoua, on retrouve la terminaison du massif granodioritique, reprenant une série de schiste, avec de nombreuses intercalations amphibolique (Fig 09). Les feldspaths sont transformés en sericite et épidote, la biotite est chloritisée ou se marque par des plages brunes isotropes remplies de fine épidote.

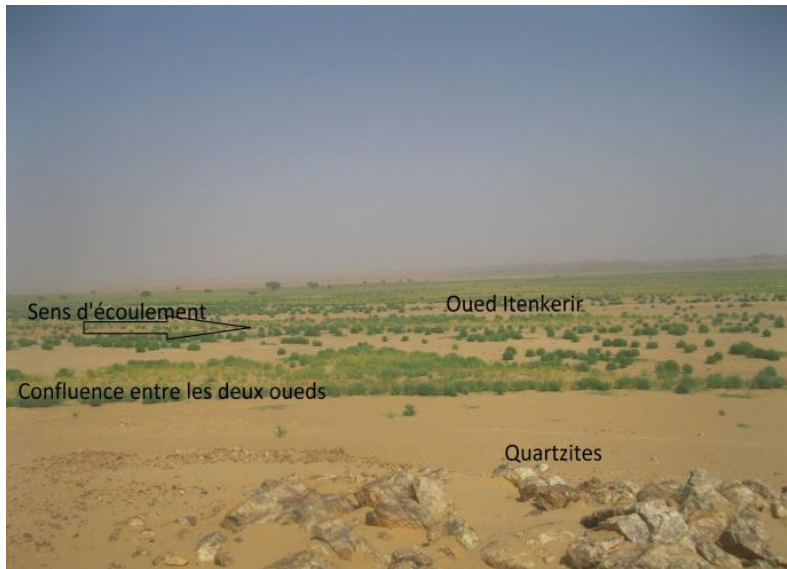


Fig. 08 : Les filons de quartzite (Mission I étude préliminaire Janvier 2013)



Fig. 09 : Les filons de schiste (Mission I étude préliminaire Janvier 2013)

En allant du confluent des oueds Tin-Elhaoua et Itenkirir , on observe la série des granodiorites se plonge sur la rive Est de l'oued puis passent à des amphibolites et schistes métamorphiques orientés NW et plongent vers l'West .

Dans le bassin de tin-elhaoua, la série redevient un peu moins métamorphique ; les micaschistes alternent avec des amphibolites feuilletées et des quartzites.



Fig.10 : Filon de quartz (oued Tin-Elhoua) (Mission I étude préliminaire Janvier 2013)

A l'Est affleurent des micaschistes qui sont bientôt repris par le massif granitique de Tinzaouatine. Ce sont des granites plus au moins gneissiques, traversés par des filons de pegmatites, aplite et quartz.(Fig 10)

Oued Tinzaoutine semble être un ancien filon basique métamorphisé, il est orientés NNW-SSE et se plonge de manière discontinue jusqu'à Tin-Elhaoua au Nord. De Tinzaoutine à Tin-Elhaoua on traverse le granite, ce massif granitique se poursuit vers le Nord toujours traversé par des pegmatites, parfois riches en cristaux de muscovite, de gros filons de quartz rectilignes recourent le massif.

Les gneiss amphibolique, passant à des granodiorites orientées et écrasées, se poursuit jusqu'au confluent de l'oued Itenkirir . En continuant vers le Sud, descendant l'oued Ileghe on traverse des séries peu élevées des amphibolites et quartzites micacés .En approchant de l'oued Ileghe apparaissent quelques intercalation de cipolins NS plongeant vers l'West

(Fig 11). Puis un pointement de granite recoupe ces séries, traversé par des filons pegmatites et des micro-diorites.



Fig. 11 : Cipolins (Mission I étude préliminaire Janvier 2013)

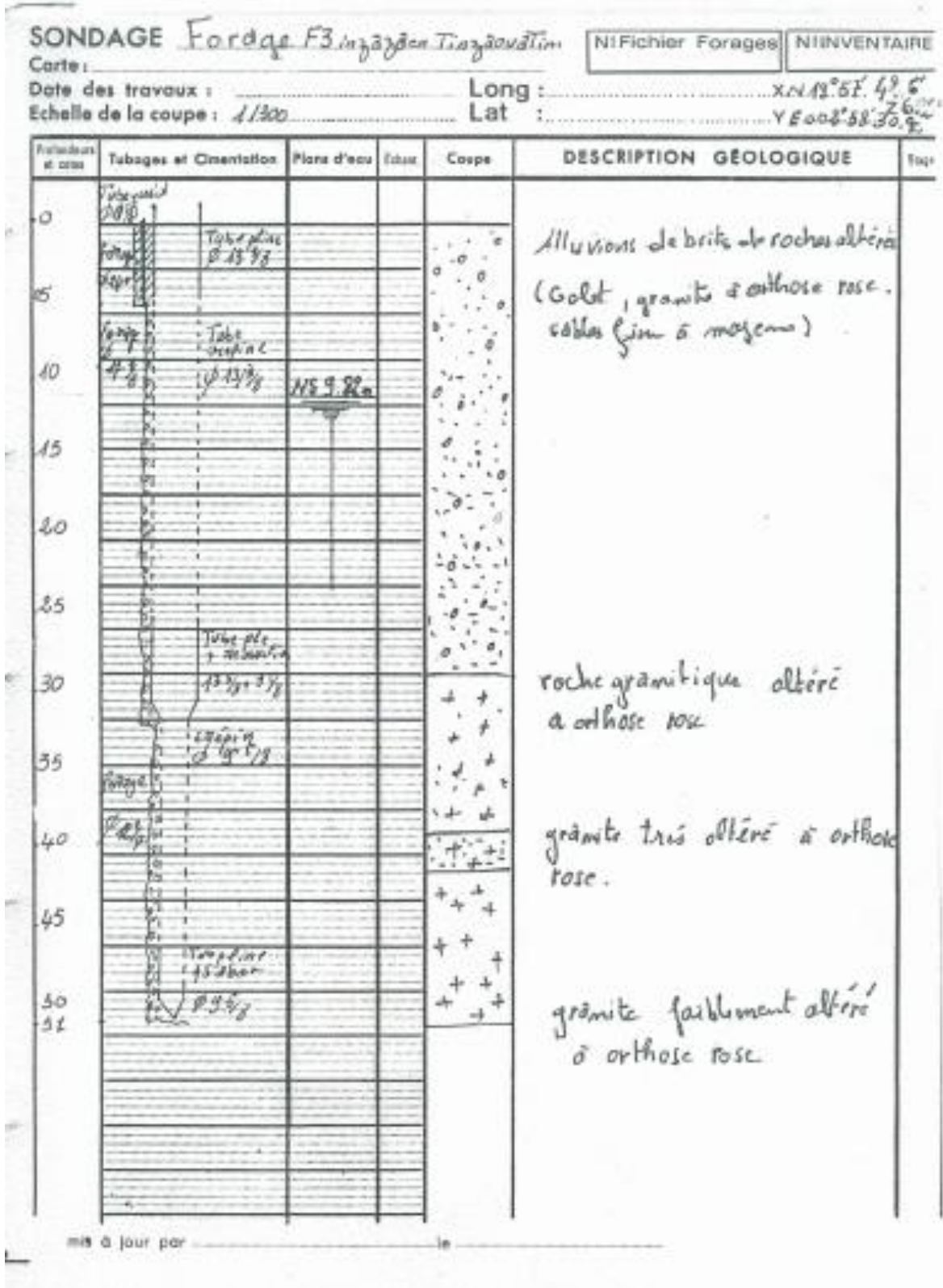


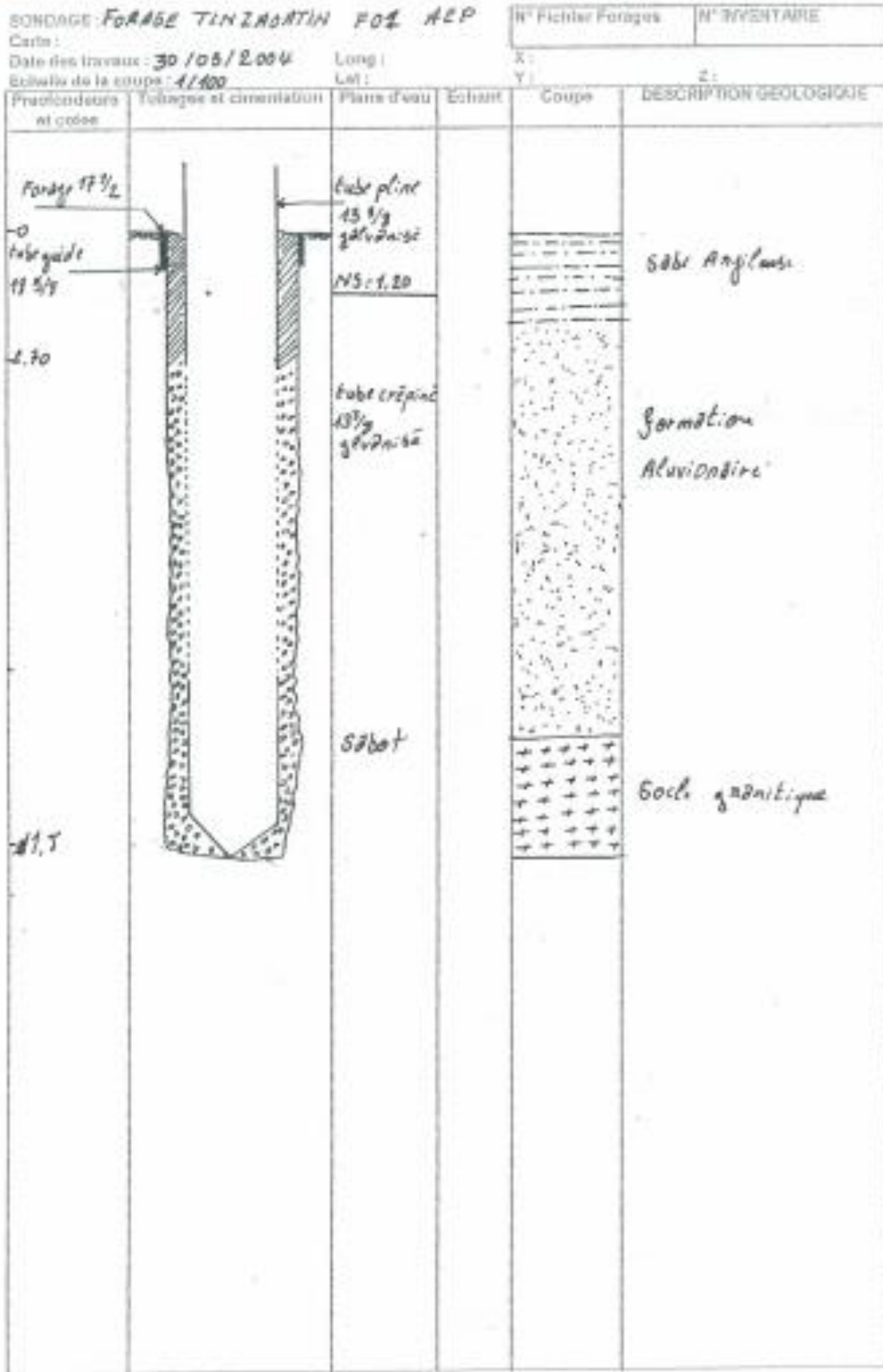
Fig.12: Rhyolites traversées par un filon de quartz (Mission I étude préliminaire Janvier 2013)

Sur la rive Nord de l'oued Ilegh apparaissent des gniess écrasés orientés NW, alternant avec des amphibolites.(Fig 13)

Logs stratigraphiques des trois forages :

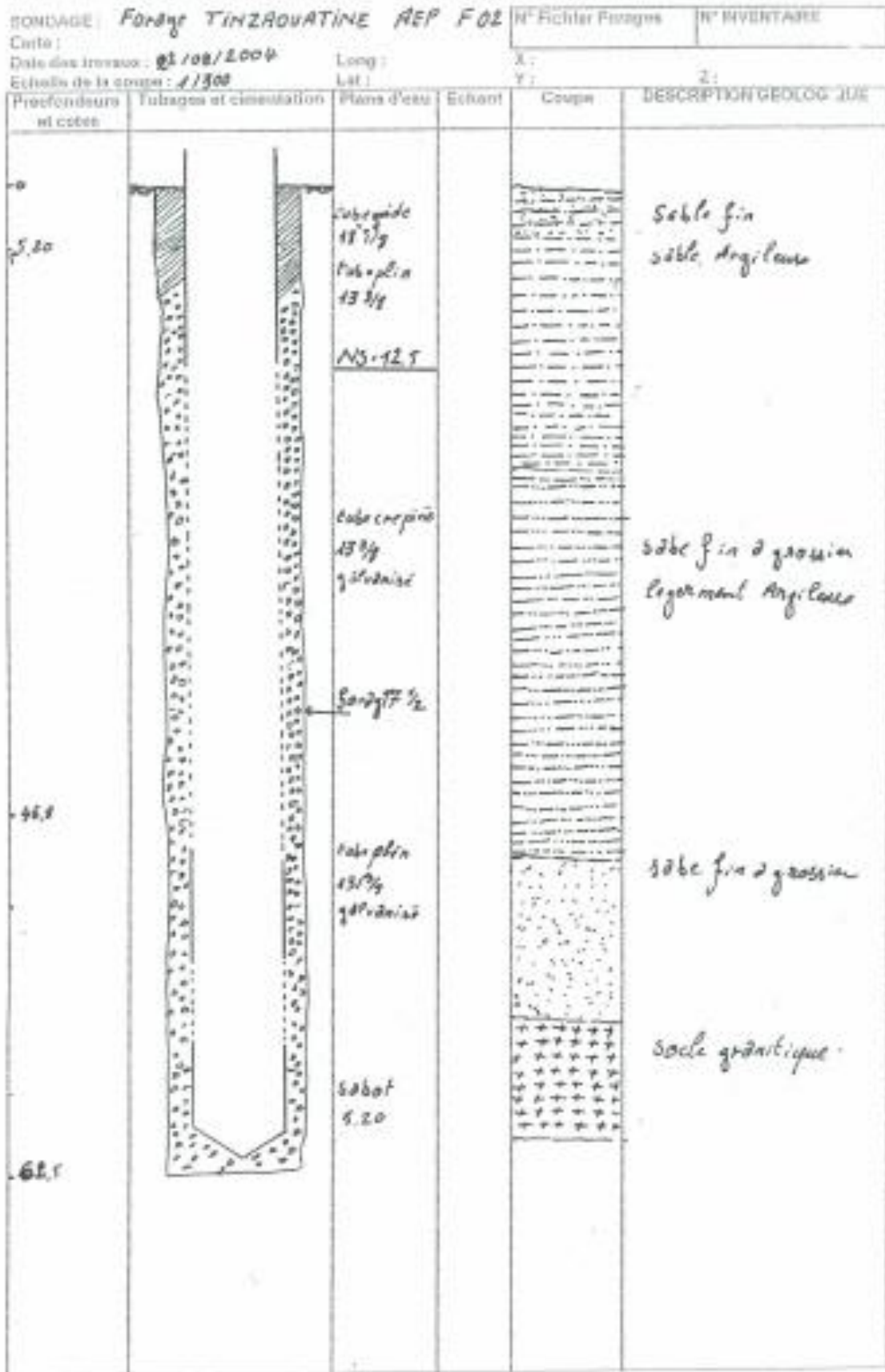
l'SRTHB pour le but d'étude de la nappe de l'oued réalise trois forages de reconnaissance en 2004, ces forage montrer la structure de bassin versant :





Mise à jour par : BAKHAMED MAJED

Le: 25/07/2004



Mise à jour par: Mohamed N. Dj. can

Le: 25/08/2004

II.6. Conclusion :

Les structures géologiques du Hoggar sont complexes et fortement tectonisées. à la faveur d'un dense réseau de failles et des plissements accentués.

Le complexe alluvionnaire s'est développé sur un faciès volcanique de type granitique et qui forme le substratum. Des granites d'âge saharien juxtaposent les formations métamorphiques de même âge dont fait partie le substratum.

Chapitre III :
Etude Hydroclimatologique

III.1.Introduction

Le Hoggar se situe dans la zone tropicale qui se caractérise par des hautes pressions atmosphériques et une faible pluviosité.

Les précipitations dans cette zone ont généralement lieu en été et sont liées aux avancées extrêmes de la « mousse » provenant du sud, c'est-à-dire du Golf Guinée .d'autres pluies moins importantes ont lieu en hiver et au printemps et proviennent du nord.

Ainsi ,le Hoggar se caractérise par un climat différent de celui du reste du Sahara .de plus ,à l'intérieur même du massif du Hoggar ,on peut distinguer plusieurs zones climatiques .selon C.Blanguernon(1976),il existe, sous l'influence de l'effet de l'altitude ,(03)trois zones climatiques concentriques(Fig N°III.01) .

- Une zone centrale qui connaît un climat doux et relativement arrosé c'est la zone de l'Atakor où le mont Tahat atteint 2918 m d'altitude.
- Une zone de basses plaines périphériques à climat chaud et à très rares précipitations.
- Une zone de reliefs de bordures, à climat chaud et à faibles précipitations.

III.2.Etude climatologie

III.2.1.Aperçu climatique de la zone d'étude:

Il existe une longue série d'observations climatologiques recueillies à la station météorologique de Tamanrasset, située sur le versant sud du Hoggar, à 1372m d'altitude. Cette station fonctionne régulièrement depuis son installation en 1925. Cependant, seules les données relatives aux 20 dernières années (1990 -2010) nous ont été fournies, dans le cadre de cette étude.

Nous comparerons les résultats obtenus à ceux des études antérieures de J-DUBIEF (1952) et O. SAIGHI (1984 et 1999).

Il s'agit en premier lieu des précipitations et des températures qui sont les paramètres les plus importants pour l'hydrologie. En second lieu nous aborderons en détail : l'évaporation (ETP et ETR), l'humidité relative, le vent, l'insolation et la nébulosité.

La station de Tamanrasset (Latitude : 22° 49 Nord, Longitude : 05° 27 Est, Altitude : 1372 mètres) est dotée de l'équipement adéquat pour les mesures de tous ces paramètres. Les observations y sont effectuées grâce à un personnel disponible en permanence sur les lieux.

Elles ne comportent donc pas de lacunes et couvrent toute la période considérée dans cette étude.

III.2.2. Paramètres climatiques d'intérêt hydrogéologique

III.2.2.1. les précipitations :

Nous nous contenterons dans ce qui suit d'analyser seulement les précipitations moyennes mensuelles et annuelles à Tamanrasset, pour les périodes (1990- 2000) (Tableau N°.III.01).

a) Les pluies mensuelles

Tableau N°.III.01 : Précipitations moyennes mensuelles en mm (1999-2010)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Août	Année
Moy	5,035	8,71	0,43	0,825	1,785	1,06	3,74	1,325	2,89	8,785	7,935	12,375	54,905

Le tracé des histogrammes mensuels de ces pluies (Fig. N°.III.02) montre deux périodes : l'une estivale, relativement pluvieuse, s'étalant de mai à septembre et l'autre sèche, couvrant le reste de l'année (octobre — avril).

Cette manifestation des pluies en été est conforme au type de régime climatique (à caractère tropical) régnant sur les régions sub-sahariennes. Ainsi, pour la station de Tamanrasset, le mois d'Aout est le mois le plus pluvieux, alors que le mois de Novembre est le mois le plus sec.

D'une manier générale, les valeurs des précipitations pendant l'hiver sont peu importantes, attestant une influence modéré du régime méditerranéen.

Les valeurs moyennes mensuelles de précipitation sont peu significatives en région aride tel que l'Hoggar pour la saison que les pluies tombent très irrégulièrement dans le temps sous forme d'averses d'intensité et de durée extrêmes variable

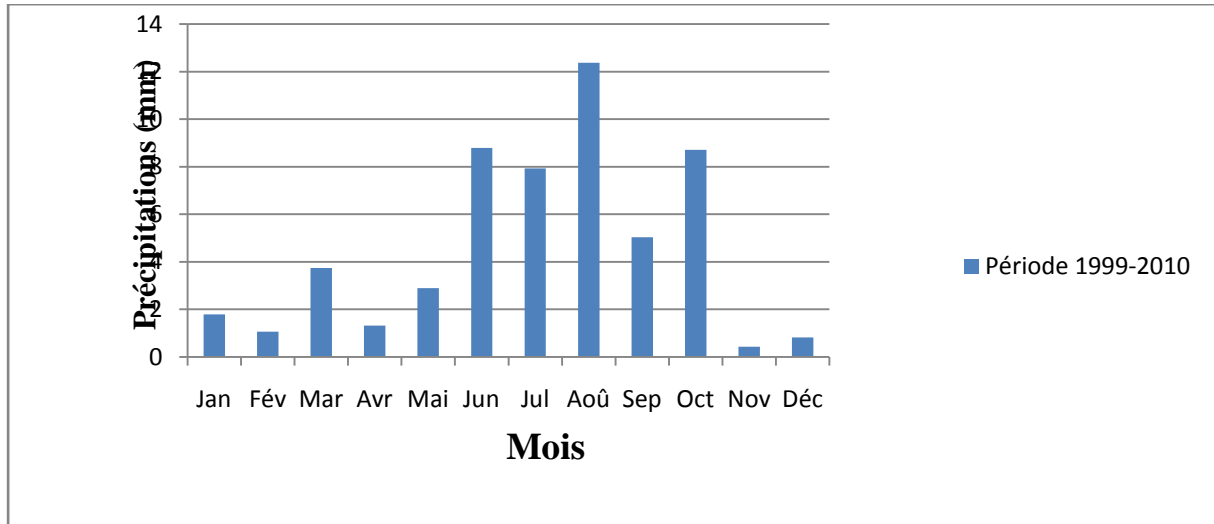


Fig. 13: Précipitations moyennes mensuelles en (mm) à la station de Tamanrasset

b) Relation : pluies- crues d'oueds

Dans la région du Hoggar, les crues d'oueds représentent quasiment la seule source d'alimentation des nappes d'inféro-flux. Or, seules les averses de forte intensité (selon J. Dubief, 30 mm/h), qui se produisent sur les zones de forts reliefs, permettent de générer des ruissellements et des crues.

En conséquence, une analyse des histogrammes d'averses serait très utile pour la compréhension du phénomène générateur de crues.

par ailleurs, la vitesse de concentration du ruissellement et de montée de l'hydrogramme de crue est fonction de la forme du bassin versant, de sa pente globale et de la nature lithologique de l'impluvium.

III.2.2.2. Températures de l'air sous abri :

Dans le Tableau N°.III.02 sont reportées les moyennes mensuelles de températures, ainsi que les moyennes des minima et des maxima à Tamanrasset.

a)- Les températures maximales moyennes (2000-2010)

Les maxima moyens atteignent leurs plus fortes valeurs au mois de juillet avec 36 °C à Tamanrasset (1372 m).

b)- Les températures minimales moyennes (2000-2010)

Le minimum des minima se situe au mois de janvier avec 5.0°C à Tamanrasset (Tableau N°.III.02).

Tableau N°.III.02 : TEMPÉRATURES SOUS ABRI en degrés Celsius (°C) à la station de Tamanrasset (2000-2010)

mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aoû	Année
Valeur moyenne	27,9	23,9	18,3	14,8	13	15,7	19,7	24,3	27,7	29,6	30	29,3	22,9
Valeur minimale moyenne	21,5	17,3	10,7	7,1	5	7,4	11,6	16,3	20,1	22,9	23,4	23	15,5
Valeur maximale moyenne	34,2	30,1	25,6	22,5	20,7	23,2	27,1	31,4	34,3	35,7	36	35,3	29,7

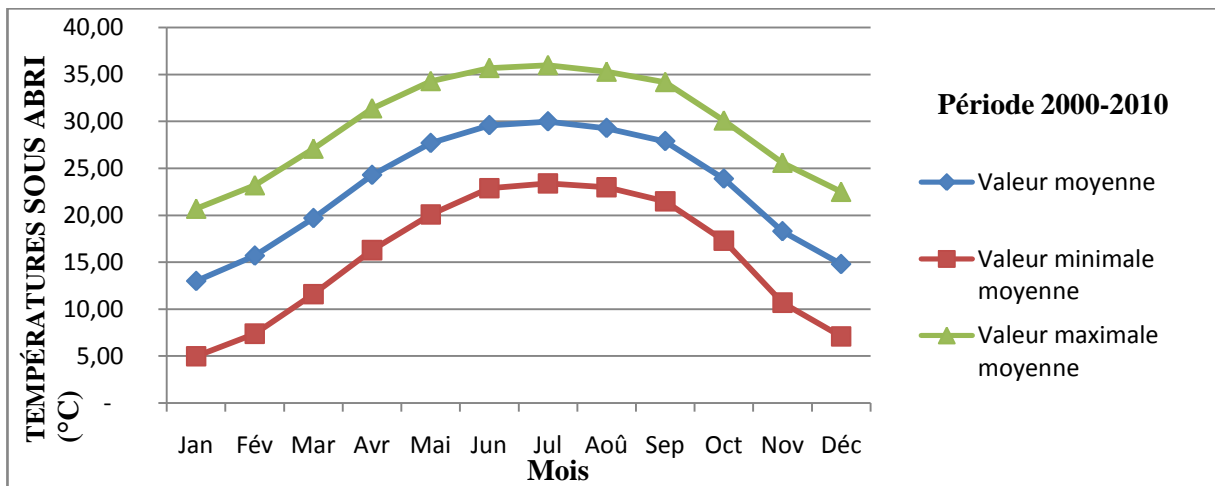


Fig. 14: Moyenne mensuelles et annuelles des températures extrêmes (°C) à la station de Tamanrasset (2000-2010)

c) Les températures moyennes mensuelles (2000-2010)

Le calcul des moyennes s'obtient selon différentes méthodes. Dans le cas du Tableau N°.III.02,

Les graphiques de la Fig. N°.III.03, obtenus à partir du (Tableau N°.III.02), montrent qu'à Tamanrasset :

- Le minimum thermique s'observe en janvier avec 5.0°C. On note aussi qu'il y a peu de différence entre les températures des trois (03) mois de _l'hiver (décembre, janvier et février).
- Le maximum s'observe en juillet avec 36°C, valeur assez voisine de celles observées en juin et août.

d) Les températures annuelles

Il s'agit de la moyenne des moyennes mensuelles qui peuvent être calculées, soit à partir des moyennes des extrêmes, soit à partir des moyennes vraies.

Nous avons pris en considération le deuxième type de calcul de la moyenne annuelle, qui donne 22.9°C à Tamanrasset. Le Tableau N°.III.02 portant les résultats de ces calculs montre que la température moyenne annuelle est inférieure à la moyenne mensuelle entre novembre et mars, et supérieure à celle-ci d'avril à octobre. Cette comparaison permet de distinguer un été, ou saison chaude, plus long que la saison froide ou hiver.

III.2.2.3. Indice d'aridité de DERMARTONNE

En se basant sur le régime des précipitations et des températures, DEMARTONNE (1923) a défini un indice d'aridité (A).

$$A = \frac{P}{T + 10}$$

P : précipitation moyenne annuelle (mm)

T : température moyenne annuelle (°C)

Tel que:

$20 < A < 30$	\implies	climat tempéré
$10 < A < 20$	\implies	climat semi-aride
$7.5 < A < 10$	\implies	climat steppique
$5 < A < 7.5$	\implies	climat désertique
$A < 5$	\implies	climat hyperaride

Pour le cas de Tamanrasset où la température et les précipitations moyennes annuelles sont respectivement de :

- T=22.9°C
- P=58.41mm

Il en résulte un indice d'aridité de DERMARTONNE de 1.77. On en déduit que le climat de la région de Tamanrasset est de type hyperaride.

III.2.2.4.L'humidité Relative :

L'humidité de l'air est un paramètre météorologique aussi important que les précipitations pour la caractérisation du climat d'une région.

L'humidité relative est le rapport entre la pression partielle de la vapeur d'eau dans l'air humide (e) et la pression de saturation (ew), à la même température. Elle est exprimée en pourcentage suivant la formule :

$$hr = \frac{e}{ew} * 100$$

Les valeurs de l'humidité relative du tableau N°.III.03 ont été relevées à la station de Tamanrasset durant la période 2000-2010. Il s'agit des moyennes mensuelles et annuelles.

Tableau N°.III.03: Moyennes mensuelles et annuelle de l'humidité relative Station de Tamanrasset (2000-2010) en (%)

	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Août	Année
Valeur moyenne	24	25	24	24	23	22	17	15	15	18	18	23	21

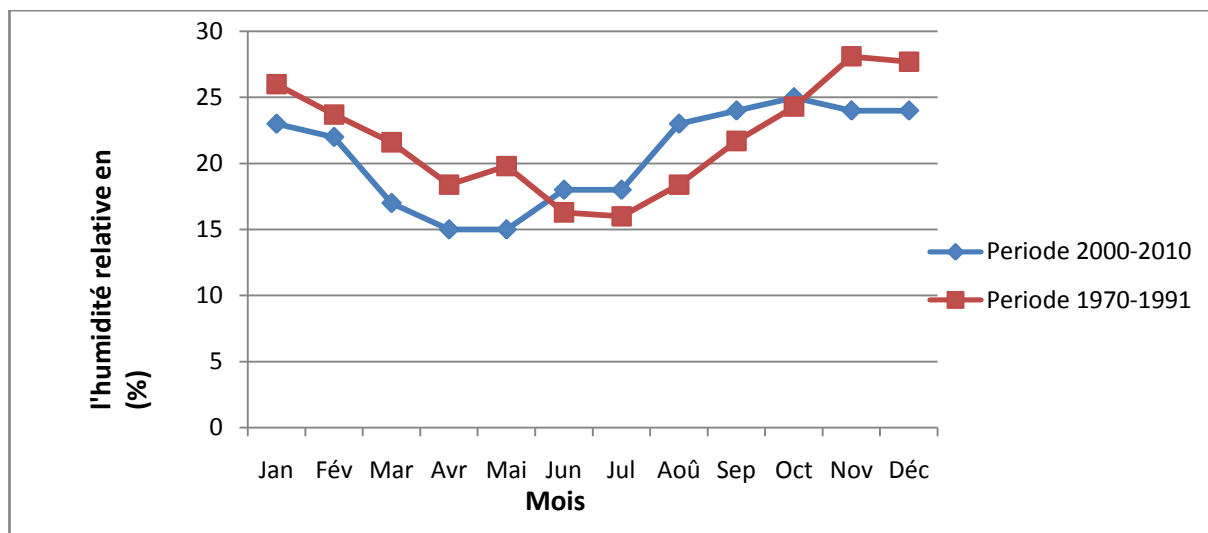


Fig. 15: présentation graphique de l'humidité

L'examen du Tableau N°.III.03, ainsi que les graphes obtenus en reportant en ordonnée l'humidité relative moyenne en (%), et en abscisse les mois, montrent que :

- Ces taux d'humidité restent inférieurs à 45 % à Tamanrasset.
- Les valeurs moyennes d'humidité relative sont comprises entre 15 et 30%.
- Les valeurs d'humidité relative les plus élevées sont observées en hiver (octobre à février) c'est-à-dire au moment où les températures moyennes mensuelles sont les plus basses

III.2.2.5. L'insolation :

C'est la période durant laquelle le soleil a brillé. L'insolation est mesurée à l'aide d'un héliographe.

Pour ce paramètre, nous disposons également des relevés effectués durant la période 2000-2010.

Tableau N°.III.04: Durée moyenne mensuelle de l'insolation (heures) Station de Tamanrasset (2000-2010)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aoû	Année
Total moyen	244.5	270.2	287.7	284.1	282.4	272.9	304.3	293.5	288	241	294	260.1	3322.5

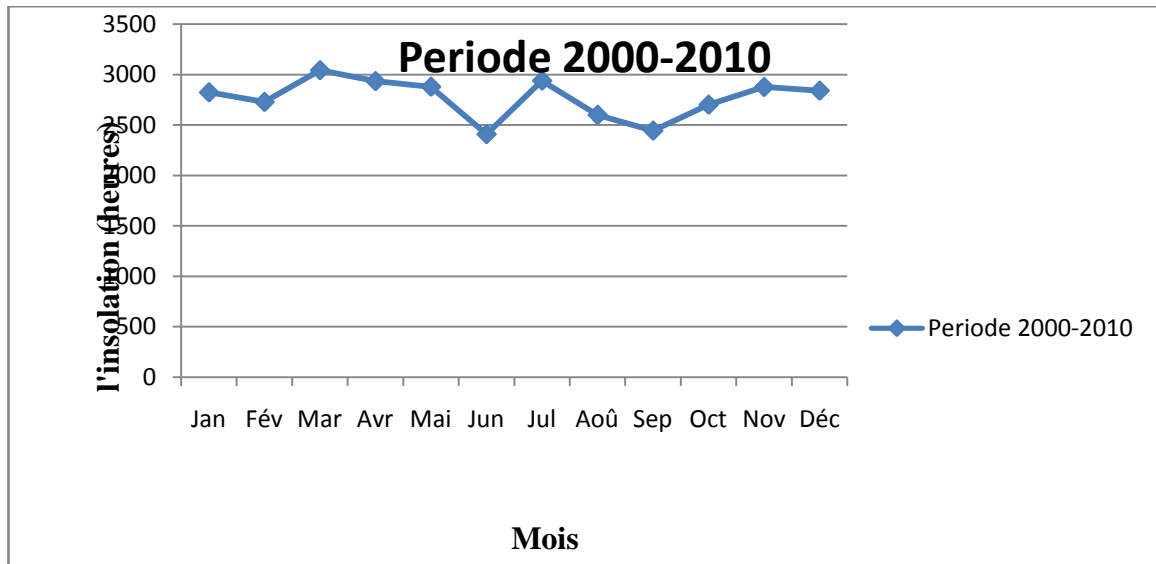


Fig. 16: présentation graphique de l'insolation.

On remarque, grâce aux données disponibles, qu'à Tamanrasset, la durée de l'insolation ne présente pas de grandes variations saisonnières. On note, toutefois, une légère augmentation de la durée d'insolation en été (juillet et août) et un minimum au mois de septembre.

III.2.2.6. Les vents:

Les vents jouent un rôle important pour le climat. Au printemps (avril - mai), les vents occidentaux soufflent sur le massif montagneux du Hoggar et peuvent apporter des pluies printanières atlantiques ou méditerranéennes.

Tableau N°.III.05: Moyennes mensuelles et annuelles de la vitesse des vents (m/s) Station de Tamanrasset (2000-2010)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Août	Année
Valeur moyenne	3.6	3.5	2.7	2.6	3.1	3.4	3.9	4.2	4.5	4.2	4.4	3.9	3.7
Valeur maximale	26	24	21	17	25	24	26	24	28	27	34	24	34

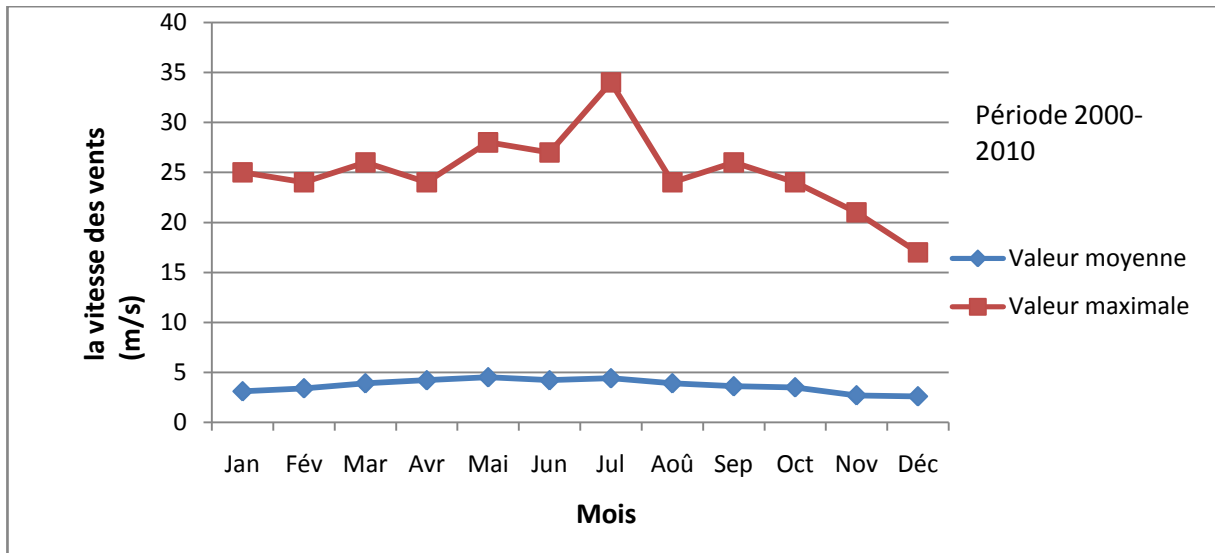


Fig. 17: Présentation graphique de l'insolation moyenne et maximale.

En été (juin - octobre), le vent du Sud-est, d'intensité régulière, prédominant (mousson soudanaise). Ils coïncident avec la période pluvieuse sur l'ATAKOR. En hiver, les vents s'affaiblissent (2.6 et 3.4), et sont de direction variable. Enfin, les vents de sables soufflent assez fort, surtout en mars et en avril.

III.2.3. l'étude de l'évaporation :

L'étude de l'évaporation consiste à quantifier les pertes en eau qui retournent à l'atmosphère sous des conditions climatiques et physiques données (précipitations, vents, températures...), sous forme de vapeur d'eau.

III.2.3.1. Mesures de l'évaporation PICHE :

Des mesures d'évaporation totale, à l'aide de l'évaporomètre Piche, sont effectuées aux différentes stations météorologiques de la région. Les données que nous allons exploiter (Tableau N°.III.06), s'étalent sur une période de (11) ans d'observation (2000 - 2010) à Tamanrasset.

Tableau N°.III.06: quantités d'évaporation en 1/10 de millimètres (mm) Station de Tamanrasset

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aoû	Année
Total moyen	372,1	310,2	237,1	212,6	218,2	231,6	324,2	393,3	456,2	437	456,5	403,3	4052,3

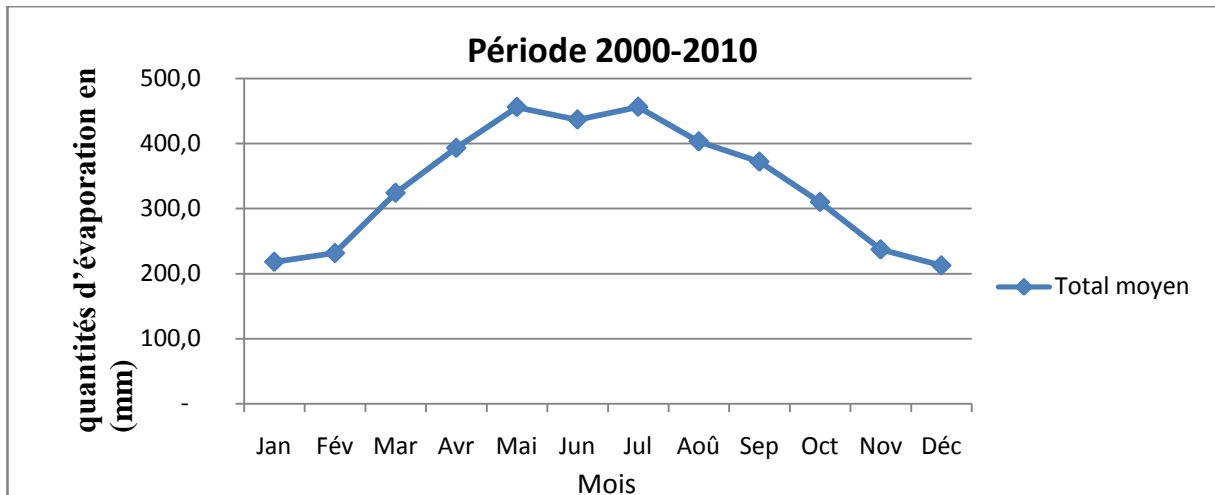


Fig. 18 : Présentation graphique de quantités d'évaporation.

Il ressort de ces données que: l'évaporation moyenne annuelle à Tamanrasset est de 4052.3 mm. Cette évaporation est minimale en hiver (novembre -février), ne dépassant pas 300 mm/mois, et maximale en été avec 456.5 mm en juillet.

Remarque :

Ces valeurs d'évaporation supposent que la surface exposée à l'évaporation est suffisamment alimentée en eau (principe de l'évaporomètre Piche). Ceci est loin d'être le cas à Tamanrasset, caractérisé par de faibles précipitations, qui se manifestent sous forme d'averses sporadiques, de courte durée. De plus, on peut observer une ou plusieurs années consécutives sans pluie.

III.2.3.2. Évapotranspiration potentielle (ETP) :

On appelle évapotranspiration potentielle (notée par la suite ETP) la quantité d'eau qui serait évaporée ou transportée à partir d'un bassin versant si l'eau disponible pour l'évapotranspiration n'était pas un facteur limitant.

Pour l'estimation de l'ETP, nous avons utilisé la formule de THORNTHWAITE

A proposé également une formule basée essentiellement sur les températures de l'air :

$$ETP = 16 \left(10 \frac{T}{I} \right)^a k$$

Avec:
$$I = \sum_1^{12} i \quad \text{ou} \quad i = \left[\frac{t}{5} \right]^{1.514}$$

$$A = \frac{1,6}{100} I + 0,5$$

ETP : évapotranspiration potentielle annuelle (en cm).

T : température moyenne annuelle (en C°).

i= indice thermique du mois considéré (en C°).

I= somme des indices thermiques mensuelles (en C°).

t= températures moyenne mensuelle (en C°).

K =est coefficient d'ajustement mensuel

Méthode de calcul

Les valeurs de l'évaporation potentielle non corrigé, sont obtenues par le calcul des indices thermiques mensuels.

La valeur obtenue de l'ETP non corrigée pour chaque mois, sera multipliée par le facteur de correction selon le mois et la latitude de la région considérée, pour obtenir l'ETP moyenne mensuelle corrigée

La somme de toutes les valeurs de L'ETP moyenne mensuelle corrigée ; donnerait une ETP moyenne annuelle sur la région considérée.

Ainsi la valeur, de l'ETP moyenne annuelle, est estimée à 1079 mm.

III.2.3.3.Evapotranspiration réelle (ETR) :

On appelle évapotranspiration réelle (ETR) ,la quantité d'eau ,généralement exprimée en millimètres ,évaporée ou transpirée par le sol ,les végétaux et les surfaces libres d'un bassin versant .

Pour l'évaluation de l'ETR, nous utiliserons la formule de C.W.THORNTHAITE.

Calcule de l'ETR, selon la méthode du bilan d'eau de C.W.THORNTHAITE :

Cette méthode est basée sur la notion de réserve en eau facilement utilisable (notée par la suite RFU).

Dans notre cas on perd 80 mm, elle correspond à la quantité d'eau que le sol peut retenir ou soustraire à l'écoulement interne.

Le bilan d'eau de C.W.THORNTHAITE. Fait intervenir d'une part l'évapotranspiration potentielle et d'autre part la pluviométrie (P).

Nous avons appliqué cette méthode de calcul de l'ETR, à la station de Tamenghasset. Le principe de cette méthode est basé sur 2 cas :

1^{er} cas : si $p > ETP$ \longrightarrow L'ETR est égale à l'ETP.

Et l'excédent des précipitations sur l'ETP est stocké dans le sol forme d'humidité pour THORNTHAITE, la saturation est atteinte lorsque les réserves superficielles cumulées atteignent la valeur de la réserve utile.

Le surplus va s'écouler en profondeur (I : infiltration) ou en surface vers les oueds (R: ruissellement) ceci constitue l'excédent du bilan.

2^{ème} cas : si $p < ETP$ \longrightarrow dans ce cas puisera dans les réserve du sol jusqu'à ce que l'ETR sera à égale, une fois le stock est épuisé ; sera égal à la pluviométrie (ETR =P).

On aura donc un déficit du bilan qui représente la quantité d'eau qu'il faudra ajouter dans ce cas à l'ETR pour atteindre l'ETP.

Pour notre zone d'étude, nous constatons pu 'on a toujours $p < ETP$.

Selon le deuxième cas précité, l'ETR sera toujours égale aux précipitations.

On constate, d'après le (tableau N°.2.) que tous les mois sont déficitaires.

L'ETR moyenne annuelle est égale à 51,7

III.2.3.4.Le bilan hydrique

Tableau N°.III.07 : Bilan hydrique selon C.W.Thornthwaite à la station de Tamanrasset

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Août	Annuel
Paramèt													
P (mm)	6,17	11,62	0,46	0,75	0,87	1,92	3,08	0,25	0,48	11,57	8,47	12,75	58,4
T (°C)	27,9	23,9	18,3	14,8	13	15,7	19,7	24,3	27,7	29,6	30	29,3	22,9
K	1.03	0.97	0.86	0.81	0.87	0.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16	
Ig	13.5	10,7	7,1	5,2	4,2	5,7	8,0	11,0	13,4	14,8	15,1	14,5	123,0
ETP (mm)	124,4	79,9	36,7	20,4	15,9	24,8	52,7	94,4	143,5	170,5	179,1	158,0	1100,4
ETR (mm)	6,2	11,6	0,5	0,8	0,9	1,9	3,1	0,3	0,5	11,6	8,5	12,8	58,4
RFU (mm)	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
EX (mm)	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
DA (mm)	118,2	68,3	36,2	19,7	15,1	22,9	22,9	94,2	143,0	158,9	170,6	145,3	1042,0

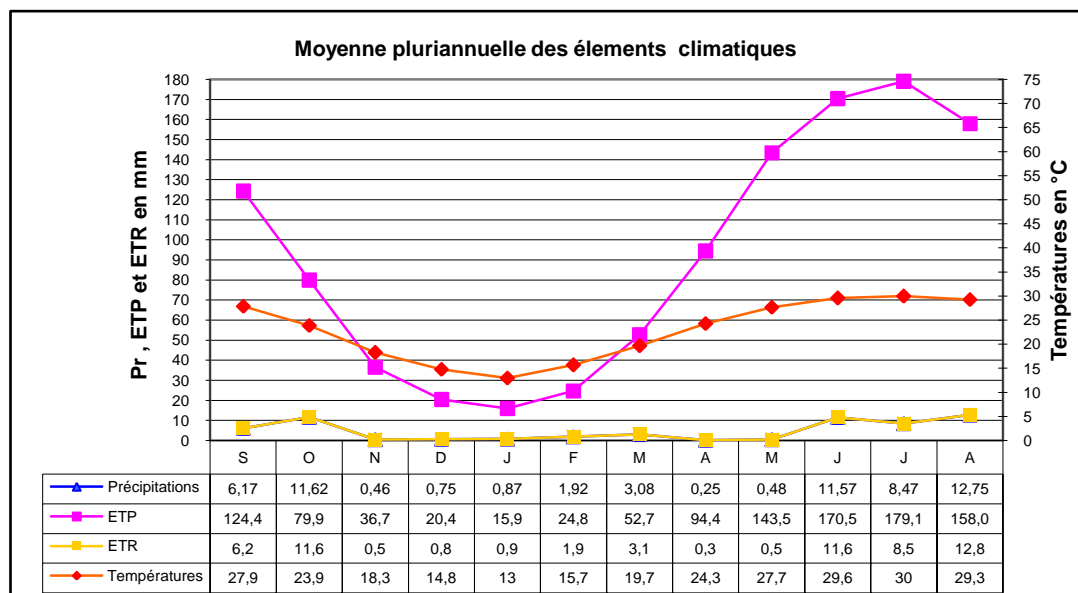


Fig. 19 : Représentation des moyennes pluriannuelle

III.2.4.le climat de la région

Pour qu'on puisse déterminer le climat de la région nous avons utilisé le climat gramme d'EMBERGER.

Il permet de connaître l'étage bioclimatique de la région d'étude. On reporte en abscisses la moyenne des minima du mois le plus froid et en ordonnées le quotient pluviométrique (Q₂) d'EMBERGER.

Nous avons utilisé la formule de STEWART (1969) adaptée pour l'Algérie et qui se présente comme suit:

$$Q_2 = 3.43 P / (M - m)$$

P: pluviométrie moyenne annuelle (en mm).

M: moyenne des maxima du mois le plus chaud.

m: moyenne des minima du mois le plus froid.

L'indice Q₂ calculé par cette formule est égal à 4.7.

Le climagramme considère qu'une région est d'autant plus sèche lorsque le quotient est plus petit. L'emplacement de cet indice sur le climagramme d'EMBERGER, nous a permis de situer Tamanrasset dans l'étage bioclimatique Saharien aux hivers doux (Fig. N°.III.10).

En conclusion la Wilaya de Tamenghasset constitue la grande partie du Sahara central. Cette région, appartient à l'étage bioclimatique saharien à hiver doux, avec une amplitude

thermique qui varie entre 13 C° en mois de janvier et 30 C° au mois de juillet, intégrant des nuits froides et des journées très sèches, s'étalant durant toute l'année et donc la saison hivernale est inexistant.

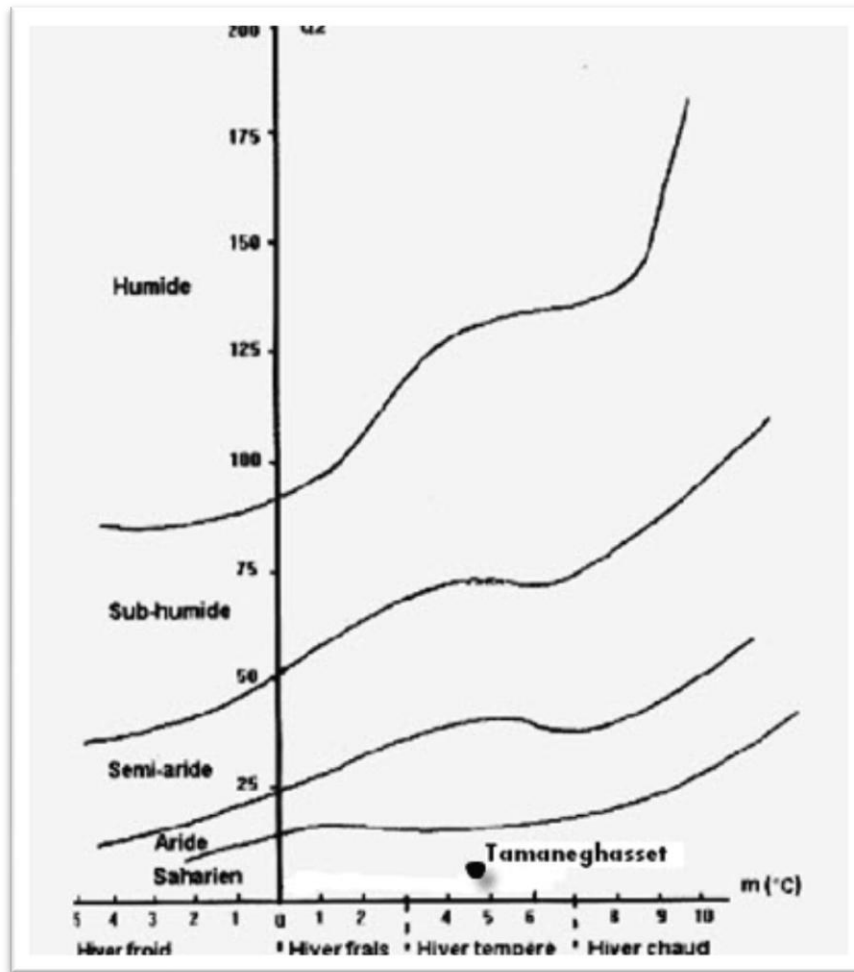


Fig.20: Climagramme d'Emberger de la région de Tinzaouatin

III.2.5. Diagramme ombrothermique de GAUSSEN:

Le diagramme ombrothermique de Gaussen permet de calculer la durée de la saison sèche. Il tient compte de la pluviosité moyenne mensuelle et la température moyenne mensuelle qui sont portées sur des axes où l'échelle de la température est double de la pluviosité.

Dans notre cas la courbe des pluies passe au-dessous de la courbe des températures, cette allure permet de constater que la période sèche s'étale le long de l'année avec une intense sécheresse au mois d'avril à mai (Fig.N°.III.11),le digramme ombrothermique montre que la zone de Tamanrasset n'est pas semblable à tous les autres zone sahariennes au cause de le précipitation ,qui atteint les maximums au mois de juin à octobre .

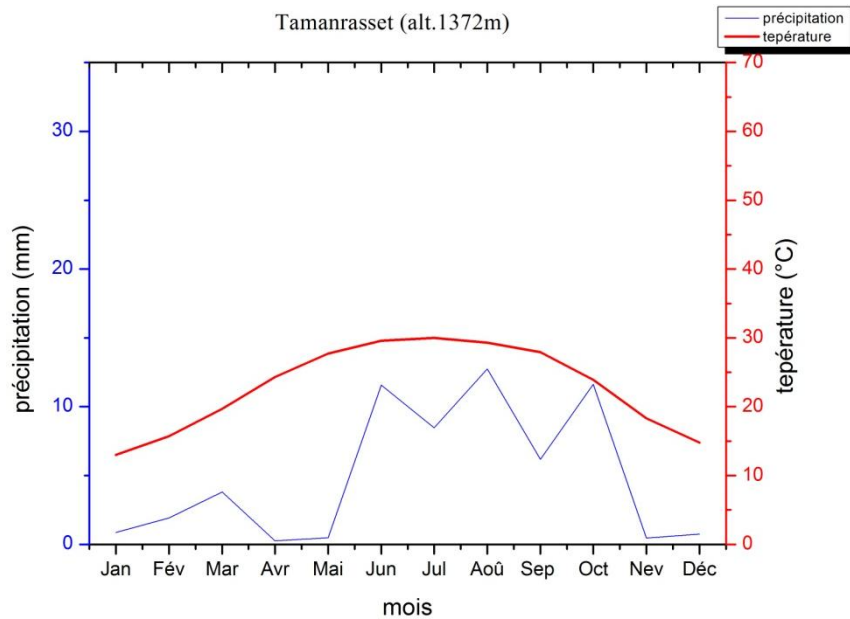


Fig.21: Diagramme ombrothermique de GAUSSEN.

III.2.6.L'influence des différents paramètres climatiques sur l'évaporation :

Il s'agit de voir les paramètres qui influent le plus sur l'évaporation, en comparant les courbes mensuelles de l'humidité relative, de la température, de l'insolation et de l'évaporation.

Il en ressort l'individualisation de deux périodes :

- La première période (d'avril à septembre) marquée par l'influence de la température sur l'évaporation. Ainsi, pour des températures élevées on a une forte évaporation. On note également que cette période est marquée par de faibles pourcentages d'humidité relative.
- La deuxième (le reste de l'année), c'est celle des moyennes évaporations, correspondant à de faibles températures mais des pourcentages d'humidités relatives plus élevés. On remarque aussi que l'insolation n'exerce aucune influence sur l'évaporation.

L'évaporation est donc dépendante de la température et de l'humidité relative de l'air. Mais la température semble être l'élément le plus important pour cette relation.

III.3. Caractéristiques hydromorphométriques du bassin versant :

Caractéristiques Géométriques

- Superficie : 485,9Km².
- Périmètre : 132,16Km.
- l'indice de compacité de GRAVELIUS:

L'indice admis par les hydrologues pour caractériser la forme d'un bassin versant est l'indice de compacité de GRAVELIUS qui est le rapport du périmètre du bassin à celui d'un cercle de même surface.

il est données par la formule suivante :

$$Kc = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Avec

P : périmètre du bassin versant en Km

A : surface du bassin versant en Km²

Donc l'indice de compacité pour notre bassin est : Kc=1,81 et le bassin versant a une forme allongée

III.4.Conclusion :

Le Hoggar, de par sa situation au centre du SAHARA, subit un climat hyper aride caractérisé par de grands écarts thermiques.

Cependant, grâce aux effets de l'altitude, la région du Hoggar est connue par son climat relativement doux et arrosé.

La moyenne annuelle des précipitations à Tinzaouatine est de 58.3 mm, Mais le total annuel a cependant diminué au fil du temps.

Les diagrammes des précipitations mensuelles mettent en évidence l'importance des pluies estivales par rapport aux pluies d'hiver et de printemps.

La moyenne annuelle des températures à Tinzaouatine est de 22.5°C.

L'ETP moyenne annuelle est de 1100,4 mm (Tinzaouatine), et l'ETR moyenne annuelle est égale à 58.4 mm, soit 100% des précipitations.

Pour l'approche du bilan d'eau, nous avons utilisé la méthode de Thornthwaite qui nous a permis le calcul d'un déficit moyenne annuelle de 1042mm.

Le bassin versant Tinzaouatine caractérisé par :

- Superficie : 1557Km²
- Périmètre : 255,8 Km

Indice de compacité de GRAVELIUS Kc=1,81 et le bassin versant a une forme allongée

Chapitre IV :
Etude hydrogéologique

CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

IV.1.Introduction

La région de TINZAOUATINE se situe dans un bassin sédimentaire dont les formations aquifères s'échelonnent entre le socle précambrien et le quaternaire récent. Les nappes dont les ressources sont d'une certaine importance, sont celles de la formation des Crès du Cambro-ordovicien et la formation Cristallines. L'exploitation de ces aquifères est très peu maîtrisée. Elle n'accuse pas de développement notable mettant en évidence des impacts sur la piézométrie des aquifères et la qualité de leurs eaux. Vu l'extension énorme de cette structure et l'état d'exploitation relativement faible, les interférences d'un pays sur l'autre ne se font pas sentir.

Le développement de l'exploitation des ressources en eau du bassin est de nature à faire apparaître avec le temps, des risques localisés au niveau des champs d'exploitation beaucoup plus que des effets transfrontaliers.

IV.2.Notion de nappe d'inféro-flux

La mise en place de ce type de nappe s'explique tout d'abord par l'extension du bassin découpé en amont dans le massif de l'Assekrem (ruissellement important en période de crue) et par le développement des alluvions grossières. Il faut signaler que le lit majeur de l'oued emprunte presque la totalité de la largeur des alluvions (200 à 600 m). Par ailleurs, ce lit n'est réellement activé qu'après passage d'une crue qui s'étale sur l'ensemble de la cuvette. Le ruban d'alluvions fonctionne alors comme un vaste drain collecteur de toute l'eau environnante.

IV.3.Les principales ressources en eau

A l'échelle régionale, les dépressions intra montagneuses constituent les principaux bassins hydrogéologiques. Il s'agit de larges cuvettes alluvionnaires qui collectent les eaux de ruissellement.

A la faveur des infiltrations lors des rares crues, il y a formation de quelques sous écoulement plus ou moins importants dans les principaux oueds de la région périphérique au Hoggar. Ces ressources dites d'inféroflux sont mal contrôlées et les pertes naturelles des nappes ne sont pas négligeables. Les débits souterrains suivants ont été avancés pour quelque oueds importants de la région.

IV.3. Formations aquifères

Le système aquifère du bassin de TINZAOUATINE s'étend depuis les formations primaires jusqu'à celles du Quaternaires. Les formations sédimentaires primaires souvent recristallisées et largement affectées par la tectonique, ne sont aquifères qu'à proximité des affleurements où elles sont fracturées. Celles affectées au Secondaire, Tertiaire et Quaternaire donnent lieu à des aquifères continus plus étendus et de meilleures caractéristiques hydrogéologique qui s'étendent en Mali. Les nappes logées dans ces dernières formations sont différenciées en quatre zones qui sont :

- Nappes du socle liées à la croûte d'altération et aux grandes fractures. Cette nappe se caractérise par une grande extension des formations cristallines, mais la croûte d'altération est de faible puissance.
- Nappe des Crès du Cambro-ordovicien affleure au NE de la région et se prolonge vers Ain Guezzam, elle se caractérise par une grande extension latérale mais la puissance des grès est variable et une importante réserves d'exploitation. Les eaux sont captées par des puits dont la profondeur ne dépasse pas 20 m. Dans cette région les dépôts du quaternaire, jouent le rôle d'une zone de "Vidange" du cambro-ordovicien, les niveaux statiques dans les forages et le puits sont du même ordre de grandeur (5.51 m à 6.70 m) pour les forages et 6.33 pour le puits.
- Nappes des grès du continental Intercalaire affleurent dans la région NO de Tinzaouatine et sur la bordure septentrionale du bassin de Taoudéni au Mali. Ces formations sont représentées par des grès conglomératiques à dragées de quartz qui reposent sur une puissante série d'argiles imperméables.
- Nappe des inféro-flux s'étend dans la partie N de Tinzaouatine. C'est une nappe de terrains mixtes constitués par des alluvions d'oued qui reposent sur du socle fissuré et qui passe progressivement à la roche saine. Cette nappe est alimentée par sa surface libre en période de crue. La nappe des alluvions étant supposée libre et le milieu physique est de type poreux caractérisé par un écoulement continu

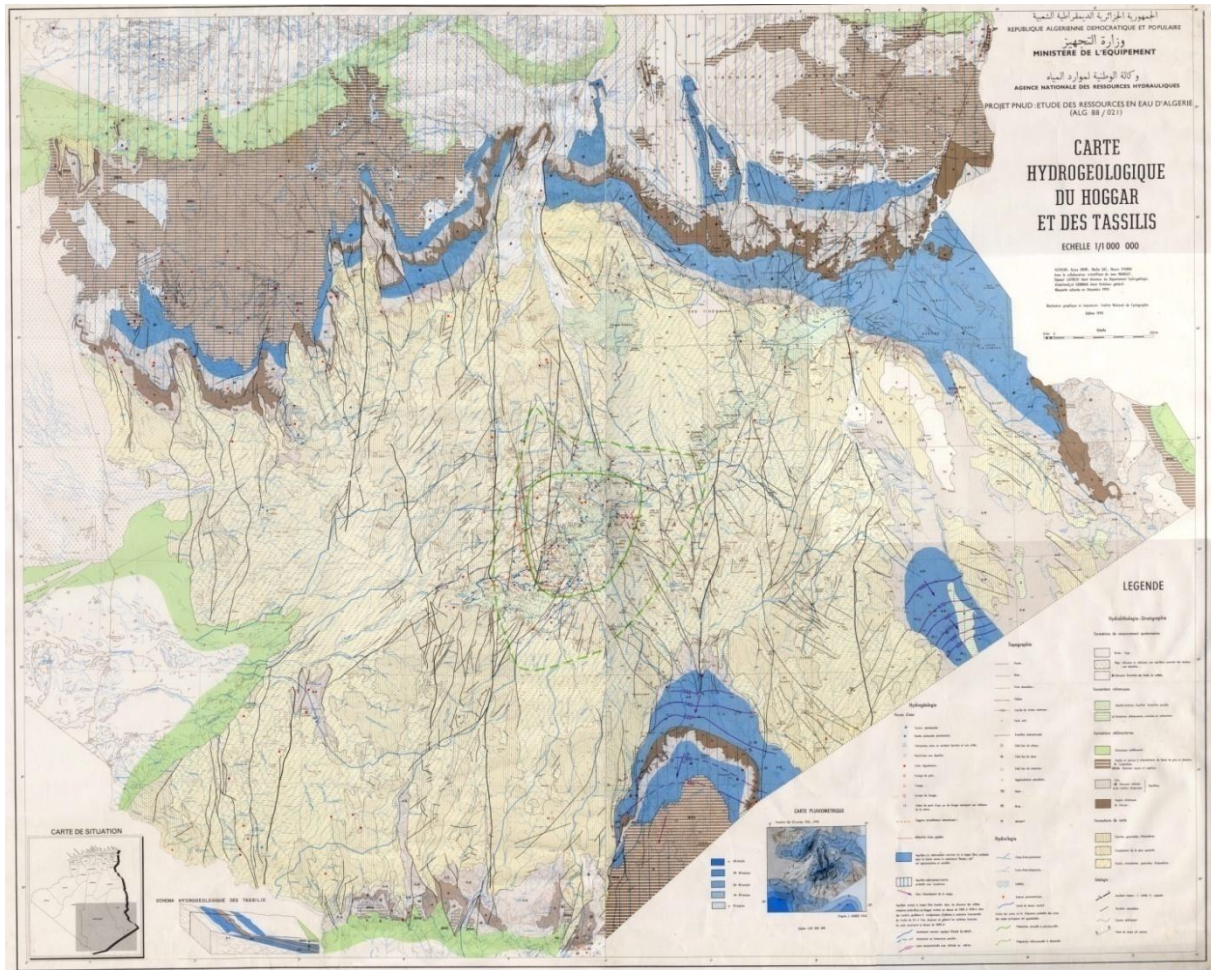


Fig.21: Carte hydrogéologique du Hoggar et des Tassili

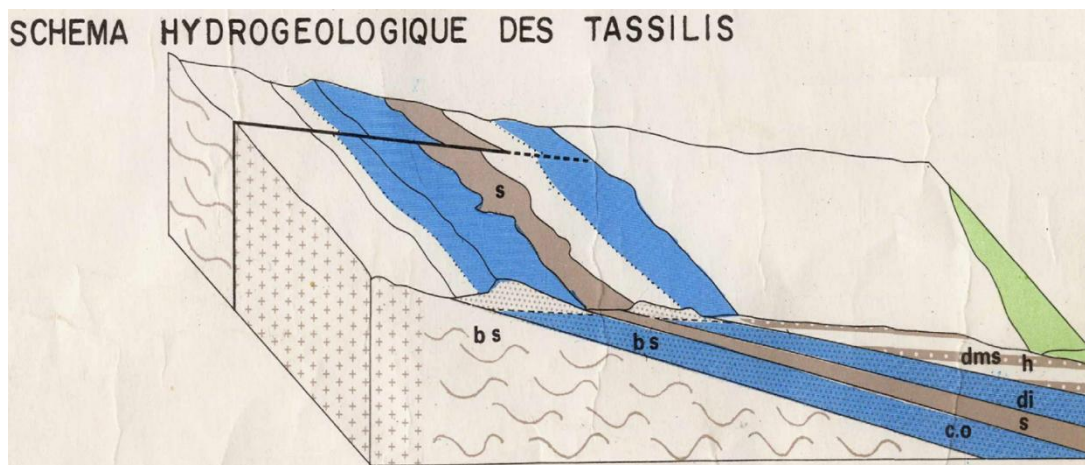


Fig.22 : Schéma hydrogéologique des Tassilis

La région de Tinzaouatine malgré sa superficie est privée d'eau de ruissellement et les quelques ressources en eau potable existantes se résument aux inféro-flux des oueds et à quelques puits de surface, puits d'Anou In Ecker et Anou In Ouzal à l'intérieur du permis,

In-Guerzguet, In-Irckech et Ifenane plus au sud, Iraldiouene à 10 km au nord-ouest du d'Amessmessa et un forage hydrogéologique à l'air lift ayant servi durant des années pour répondre aux besoins des différents groupes de recherche O.R.G.M.avec un volume évalué à 200 m³/j ainsi que des points d'eau non permanents utilisés notamment par les familles de bergers nomades. Le niveau de la nappe d'eau dans ces puits varie de 5 m à 17 m.

D'après les services d'hydraulique, la commune de Tinzaouatine à réalisée dans les différentes directions environ 41 puits destinés pour l'élevage, 09 puits destinés à l'irrigation et deux forage pour l'alimentation en eau potable

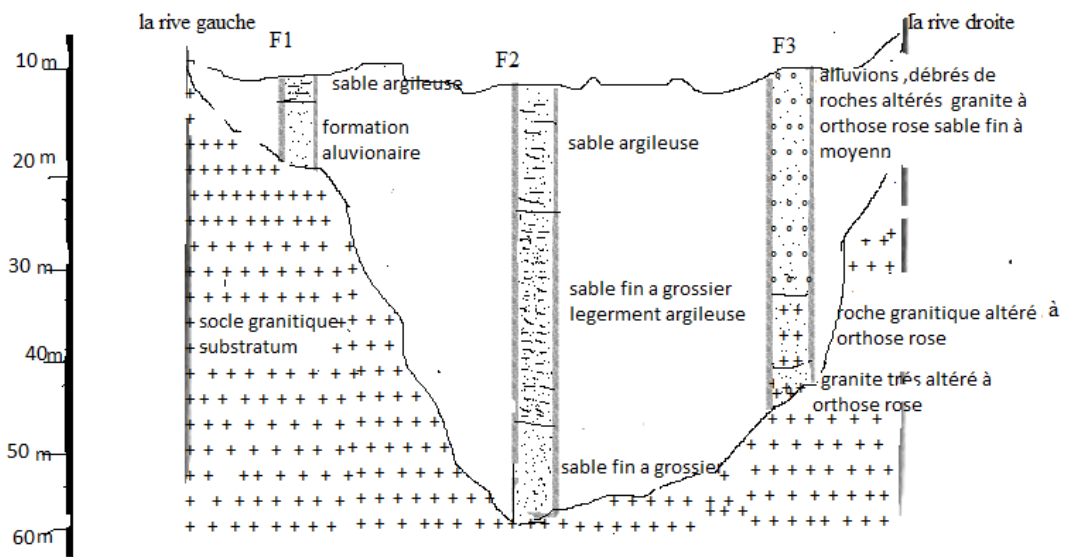


Fig.23 : coupe stratigraphique le long d'un profil en travers de la cuvette de l'oued

Sur le plan hydrogéologique la nappe des inféroflux s'instale sur le socle granitique à des profondeurs variable de périphérique ver le centre ou la profondeur de socle peut atteindre des 60mau centre de l'oued et ne dipasse pas les 11m au périphérique voire la coupe

La géométrie de la nappe de l'oued de Tinzaouatine est étroitement lié à la géométrie du socle granitique et remplissage de sédiments alluvionnaire .le niveau statique des eaux de la nappe d'inferoflux de l'oued de Tinzaouatine est variable selon la position du puits considéré .

Ainsi dans les puits périphériques le niveau statique ne dipasse pas les 1,2m alors que au centre peut atteindre 12m de profondeur .Notons que ce niveaux est lié directement à la précipitation de pluies durant l'année hydrologique consédéré.

IV.5. La piézométrie :

Pour réaliser la carte on utilise les résultats de la visite au terrain le 14 Avril 2013 présenté dans le

Tableau N°.IV.03 : les résultats des analyses piézométriques et logiciel surfer 09.

puits	X	Y	Z	PROF	NS	NP
1	574694	2337792	597	36,4	34,4	562,6
2	501799	2204405	615	5,05	3	612
3	501648	2204113	618	8,1	3,66	614,34
4	500840	2205008	626	5,67	3,7	622,3
5	499951	2205035	624	6,2	3,6	620,4
6	499663	2203631	624	9,9	4,2	619,8
7	499692	2203517	626	5,85	2,8	623,2
8	526425	2190531	552	30	24,7	527,3
9	526624	2190033	557	21,2	20,1	536,9
10	523523	2197608	580	15,3	13,8	566,2
11	505166	2201990	600	9,3	7,2	592,8
12	407919	2206600	630	8,7	8,4	621,6
13	497826	2206738	623	8,95	2,8	620,2
14	497396	2207645	646	3,5	3	643
F 01	497390	2207286	631	29	10,76	620,24
F 02	497390	2207905	620	51	9,82	610,18
F 03	497390	2207273	628	11,5	1,2	626,8
F 04	497451	2206600	630	62,5	12,5	617,5

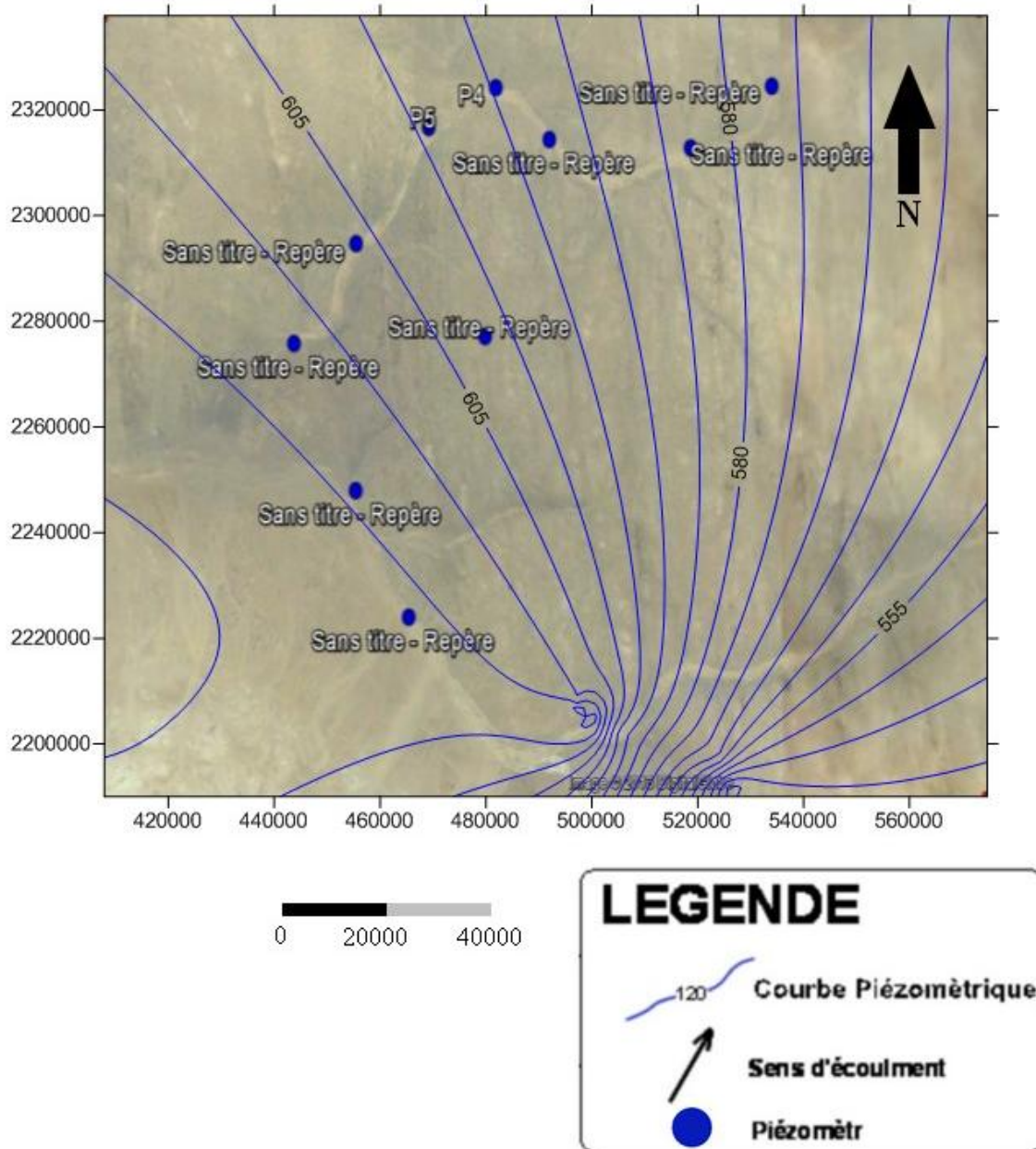


Fig.24 : Carte piézométrie d'oued Tinzaouatine

IV.6. Etude de la nappe d'inferoflux et de ses ressources :

C'est une nappe de terrains mixtes (alluvions et socle métamorphique altéré, à perméabilité d'interstices et peut-être de fissuration, qui est alimentée périodiquement par sa surface libre en période des crues de l'oued, et qui est limitée vers le bas par un substratum imperméable, constitué par le socle sain. caractérisé par :

- L'écoulement est limité latéralement par le socle, qui constitue les parois de la cuvette,
- Latéralement, l'aquifère est délimité par les rives granitiques continues et étanchées,
- En profondeur, le mur de l'aquifère est également granitique.

Chapitre V :
Etude Hydrochimique

V-1- Introduction :

L'étude hydrochimique est basée sur l'interprétation des analyses des échantillons prélevés au niveau des forages et des puits de la partie amont et aval de la cuvette d'Oued Tinzaoutine, pendant la période du mois d'Avril 2013 sur un total de 12 échantillons.

Elle a pour but de montrer la répartition quantitative des différents éléments dissous, l'appréciation de la potabilité des eaux pour les consommateurs.

Les analyses ont été réalisées au laboratoire de chimie des eaux d'ANRH de OUARGLA.

Elles ont porté sur les éléments chimiques majeurs suivants :

Les cations : Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ et K^+

Les anions : HCO_3^- , Cl^- et SO_4^-

L'interprétation des résultats analytiques va nous permettre l'établissement des cartes d'isoteneurs par le logiciel Surfer 8 et la classification des familles des eaux selon le diagramme de Piper.

V.2. Les caractéristiques physico-chimiques des échantillons prélevés :

Tableau N°.V.02 :Les résultats obtenus après le traitement

Nom	HCO3	SO4	Cl	k	Na	Mg	Ca	Résidu sec	Cond	PH
P01	259	160	110	4	71	33	100	600	1,07	7,47
P02	137	35	18	2	15	13	39	300	0,38	7,67
P03	296	55	18	1	70	33	22	400	0,71	6,71
P04	128	40	24	1,5	15	19	38	0	0,4	6,67
P05	183	74	16	1	50	22	35	400	0,55	7,53
P06	177	90	30	1	27	30	39	400	0,57	7,39
P07	207	100	38	8	23	44	31	500	0,73	7,68
P08	140	27	17	1	10	21	26	0	0,39	7,14
P09	156	60	35	1	22	22	48	400	0,5	7,55
P10	278	360	350	40	220	70	123	1500	2,7	7,17
P11	241	40	21	1,5	35	35	26	0	0,57	7,98
P12	165	60	23	2	17	30	39	300	0,45	7,42

V.2.1. pH :

C'est le cologarithme de la concentration en hydrogène. Il mesure l'activité des ions H^+ contenus dans une eau. Le pH détermine l'acidité de l'eau.

La mesure du pH sur terrain a été effectuée à l'aide d'un pH-mètre de terrain.

$$pH = -\text{Log} [H^+]$$

Les valeurs de pH obtenues pour les différents puits sont comprises entre 6.8 et 8.3, c'est à dire proche de la neutralité, avec une légère tendance vers la basicité.

V.2.2. Température :

Dans les eaux de la nappe d'inféro-flux de l'oued de Tamanrasset, les températures mesurées varient entre 26.6°C à 27.6°C. La température est presque stable, cela est dû au fait que les prélèvements ont été effectués à des profondeurs de niveau d'eau relativement élevées.

V.2.3. Conductivité :

La conductivité permet de mesurer la propriété de l'eau à conduire le courant électrique qui dépend de la concentration en sels dissous. Elle permet donc, d'évaluer le degré de minéralisation d'une eau.

Les mesures de la conductivité sur le terrain ont été effectuées à l'aide d'un conductivimètre portatif.

Nous constatons que les valeurs de la conductivité à 26.6°C et à 27.6°C des 12 échantillons varient entre 0,38 ms/cm et 2.70 ms/cm

V.2.4. Le résidu sec :

Le résidu sec correspond à la totalité des teneurs en matières organiques et des sels dissous dans l'eau, obtenu par évaporation à 110°C. Il donne une idée sur la minéralisation globale de l'eau.

Les valeurs des résidus secs de l'eau de la nappe d'inféro-flux varient entre 300 mg/l et 1500 mg/l. On remarque que les valeurs augmentent dans le sens de l'écoulement de la nappe

V.2.5. La balance ionique :

L'analyse physico-chimique d'une eau comporte obligatoirement les éléments nécessaires à l'établissement de sa balance ionique : on vérifie alors que la somme des cations est égale à celle des anions, pour ses ions majeurs : calcium, magnésium, sodium et potassium

pour les cations ; chlorures, sulfates, nitrates et bicarbonates pour les anions. On admet qu'une différence peut exister entre la somme des anions et celle des cations, mais elle ne doit pas excéder 10% (sommes exprimées en milliéquivalent par litre). Dans le cas contraire, on peut suspecter des erreurs de manipulation ou de mesure. Il est alors nécessaire de refaire l'analyse dans sa totalité.

$$BI = [(\sum r^+ - \sum r^-) / (\sum r^+ + \sum r^-)] \times 100$$

Tableau N°.V.05 :La balance Ionique des échantillons prélevées

Puits	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
\sum Cations	10,9	3,72	6,88	4,11	5,76	5,61	6,37	3,49	5,19	22,5	5,7	5,21
\sum Anions	10,7	3,48	6,5	3,61	4,99	5,62	6,55	3,34	4,79	21,9	5,37	4,6
Balance Ionique	1,010	3,30	2,83	6,53	7,13	0,053	1,34	2,19	3,95	1,27	2,93	6,15

La Balance est varié entre 0.05% (P6) et 6,53 % (P4), elle est Inferieur à 10%.

V.3. Faciès Chimique :

V.3.1. Diagramme de Collins ou Stabler :

Les concentrations sont exprimées en mg/l et ramenées à des quantités en réaction en meq/l. La formule caractéristique consiste en premier lieu à calculer le pourcentage de chaque Ion (Tableau 0*) en meq/l, par rapport a la Concentration Totale (c) par la formule suivante :

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

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

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

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

On classe séparément les Anions et les Cations par ordre décroissant de gauche à droite.

Tableau N°.V.3 : Formule Ionique des Eaux des échantillons

Puits	Ca%	Mg %	Na %	K %	Cl %	SO4 %	HCO3 %	Formule Ionique	
								Cations	Anions
Puits 1	48,07	15,86	34,13	1,923	20,79	30,24	48,96	Ca > Na > Mg > K	HCO3 > SO4 > Cl
Puits 2	56,52	18,84	21,73	2,89	9,47	18,42	72,10	Ca > Na > Mg > K	HCO3 > SO4 > Cl
Puits 3	17,46	26,19	55,55	0,79	4,87	14,90	80,21	Na > Mg > Ca > K	HCO3 > SO4 > Cl
Puits 4	2,41	1,20	0,95	95,41	12,5	20,83	66,66	Ca > Mg > Na > K	HCO3 > SO4 > Cl
Puits 5	32,40	20,37	46,29	0,92	5,86	27,10	67,03	Ca > Mg > Na > K	HCO3 > SO4 > Cl
Puits 6	40,20	30,92	27,83	1,03	10,10	30,30	59,59	Mg > Ca > Na > K	HCO3 > Cl > SO4
puits 7	29,24	41,50	21,69	7,54	11,014	28,98	60	Ca > Mg > Na > K	HCO3 > Cl > SO4
Puit8	44,82	36,20	17,24	1,72	9,23	14,67	76,08	Ca > Na > Mg > K	HCO3 > Cl > SO4
puits 9	51,61	23,65	23,65	1,07	13,94	23,90	62,15	Ca > Na > Mg > K	HCO3 > SO4 > Cl
puits 10	27,15	15,45	48,56	8,83	35,42	36,43	28,13	Ca > Mg > Na > K	HCO3 > SO4 > Cl
puits 11	1,62	2,19	2,19	93,98	6,95	13,245	79,80	Mg > Na > Ca > K	HCO3 > Cl > SO4
Puit12	44,31	34,09	19,31	2,27	9,27	24,19	66,53	Ca > Mg > Na > K	HCO3 > SO4 > Cl

V.4. Les ions dominants :

D'une manière générale, les bicarbonates constituent l'espèce ionique dominante, aussi bien en ce qui concerne la nappe inféoflux, fréquemment réalimentées, que les couches sous-jacentes, faiblement régénérées.

V.4.1. Les anions :

- **Les chlorures :**

Les chlorures sont des éléments conservés en solution. Ils ne subissent aucune interaction physique ou chimique avec les autres phases solides ou gazeuse et ne sont pas dégradés en solution. C'est pourquoi ils servent de repère les autres éléments.

La teneur moyenne en chlorure des eaux souterraines de Tamanrasset est de 28,22 mg/l. Elle est sensiblement la même dans les eaux d'alluvions et celles de la couche altérée. Cette teneur semble être essentiellement acquise avant l'infiltration des eaux dans le sol et le sous-sol, car les mesures effectuées sur les eaux de pluies donnent des résultats à peu près équivalents.

- **Les bicarbonates :**

Comme le laissait prévoir les mesures d'alcalinité, les bicarbonates constituent la composante ionique prépondérante, comme l'indique par ailleurs avec la conductivité. Les bicarbonates représentent ainsi une part importante du résidu sec.

Leur distribution s'échelonne de 137 à 296 mg/l

- **Les sulfates :**

Leurs teneurs sont hétérogènes .Elle varient de 33,6mg/l dans les eaux de l'inféroflux, et supérieur à 75 mg/l dans les eaux de socle fissuré.

Les sulfates sont toujours présents en teneurs plus fortes que ne l'autorise une simple origine météorique. L'oxydation des pyrites des roches cristallines et les reliques de gypses d'anciens bassins peuvent représenter une source pour cet élément.

V.4.2.Les cations :

Les cations majeurs sont en quantité très variés. Cependant, la variations peuvent survenir :

- Ca^{++} important dans l'alluvion.
- Mg^{++} important dans le socle fissuré.

- Le calcium :(Ca^{++})

Il provient de la dissolution de minéraux silicatés des roches ignées acides (magmatique).

Ses liaisons avec les dissous, donner le sodium et les bicarbonates, sont des plus aléatoires.

Sa teneur évolue de façon importante en fonction de la profondeur

- Le sodium ;(Na^+)

L'ion sodium provient en partie des eaux partie de l'hydrolyse de silicates tels l'albite ($Na Al_2 Si_2O_5$) plagioclase essentiel entrant dans la composition des roches métamorphique .l'évolution de sa teneur varié à celle du calcium ,malgré pour ces deux ions une même origine .Mais les processus combinés de dissolution , précipitation agissant sélectivement selon le lieu et les conditions, altère quelque peu leur bonne relation .C'est avec les bicarbonates que ce cation présente la meilleure adéquation ,traduisant que la principal réaction d'hydrolyse est celle qui met en jeu des minéraux de type albite .

Les teneurs en(Na) diffèrent largement suivant le lieu géographique et la nature lithologique de l'aquifère.

- Le magnésium :(Mg^{++})

La distribution du Mg augmente également avec la minéralisation mais d'une façon plus diffuse. Ceci est probablement le fait d'une origine diverse de cet élément qui pourra être le

résultat de l'hydrolyse de minéraux magnésiens tels que la biotite ou encore la hornblende, qui n'ont pas le même degré d'altérabilité.

La gamme des variations de ses teneurs dans les eaux souterraines est plus ou moins étendue, passant de 13 à 70 mg/l dans les eaux de la nappe de socle, et inférieur de 30mg /l dans les eaux de la nappe inferoflux.

V.5.Classification des eaux et représentation graphique

V.5.1.Classification des eaux selon Stabler :

Les concentrations sont exprimées en mg/l et ramenées à des quantités en réaction en Meq/l. La formule caractéristique consiste en premier lieu à calculer le pourcentage de chaque ion en meq/l, par rapport a la concentration totale (c) par la formule suivante :

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

Dont :

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

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

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

On classe séparément les anions et les cations par ordre décroissant de gauche à droite. Les formules caractéristiques sont consignées dans le tableau.

Cette classification de Stabler montre qu'il s'agit dans tous les forages et puits, d'eau

TIN ZAOUTINE

Stabler

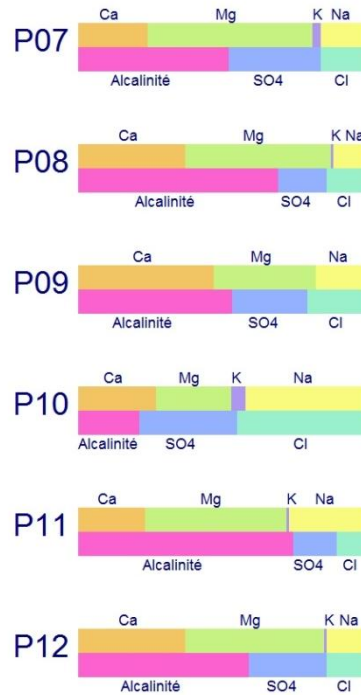
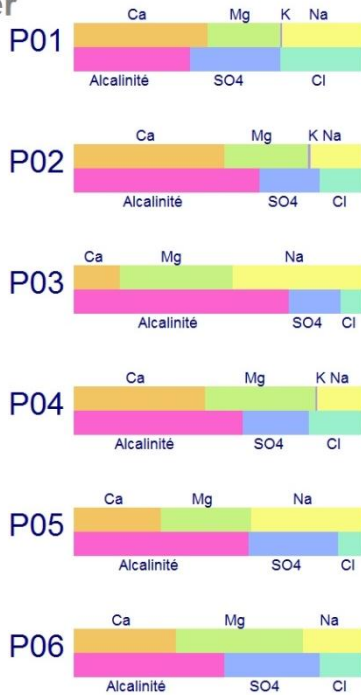


Tableau N°.V.05 :01.représente les faciées chimiques des eaux prélevés

Faciée chimique	Le pourcentage	Nombre de puits
Bicarbonatée calcique	33,35	P1, P2, P4, P9
bicarbonatée magnésnne	41,66	P6, P7, P8, P11, P12
Bicarbonatée sodique	16,66	P3, P5
Chlorure sodique	8,33	P10

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

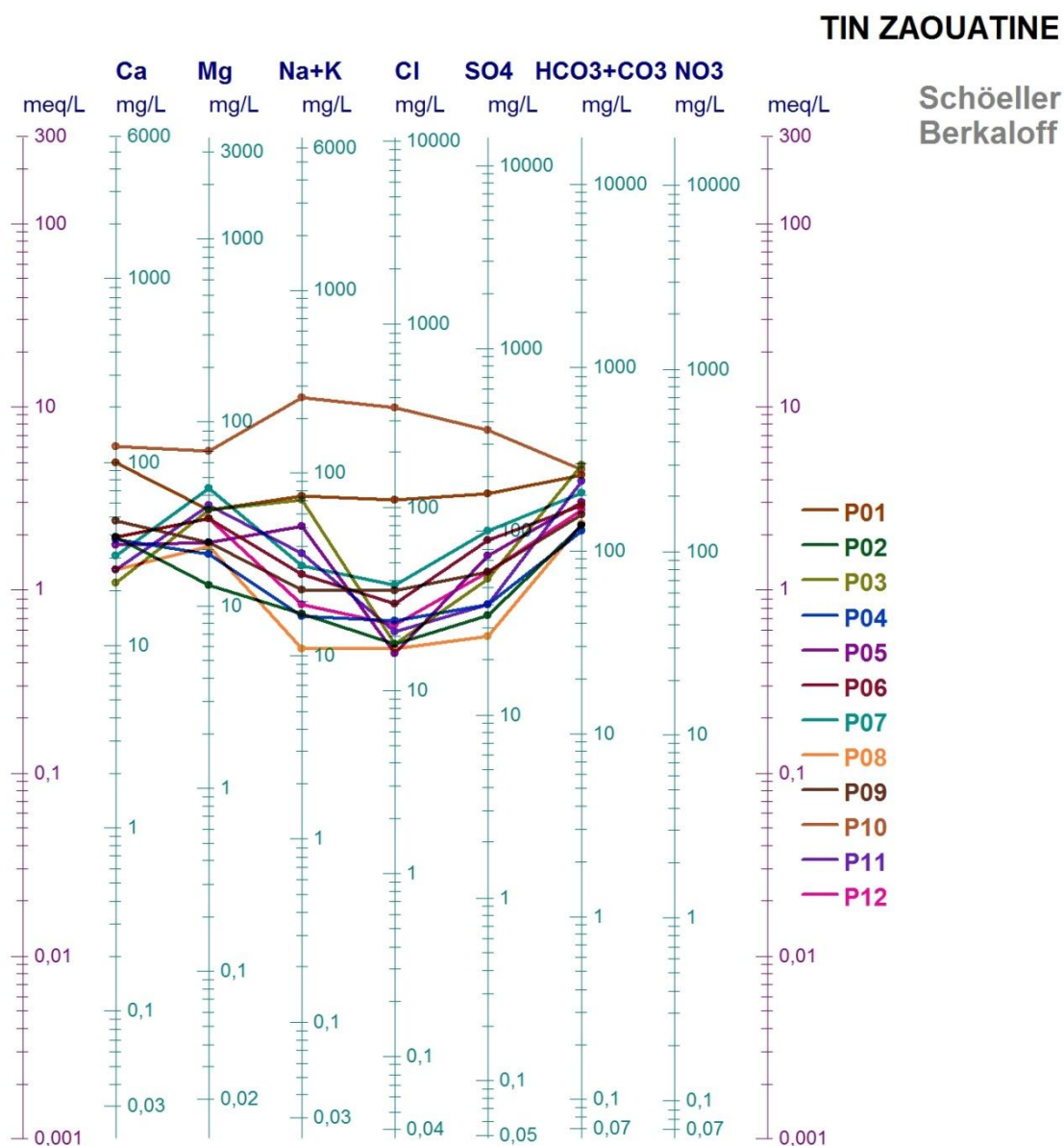
- bicarbonatée calcique 33,35% des échantillons.
- bicarbonatée magnésique 41,66% des échantillons.
- bicarbonatée sodique 16,66% des échantillons
- Chlorure sodique 8,33 des échantillons

V.5.2Classification des eaux selon Schoeller-Berkaloff :

Cette classification consiste à faire une représentation des eaux sur diagramme vertical semi-logarithmique de Schoeller-Berkaloff qui tient compte des principaux anions et cations.

Le diagramme permet aussi de déterminer la potabilité de l'eau et le Ph.

La représentation sur diagramme de Schoeller-Berkaloff (Fig. N°.V.06) des teneurs de l'eau en différents éléments, donne une classification identique à celle obtenue par la méthode de Stabler. Le tableau montre un équilibre de trois facies ; bicarbonaté calcique , bicarbonaté calcique et magnésique et bicarbonaté magnésique avec une qualité d'eau bonne.



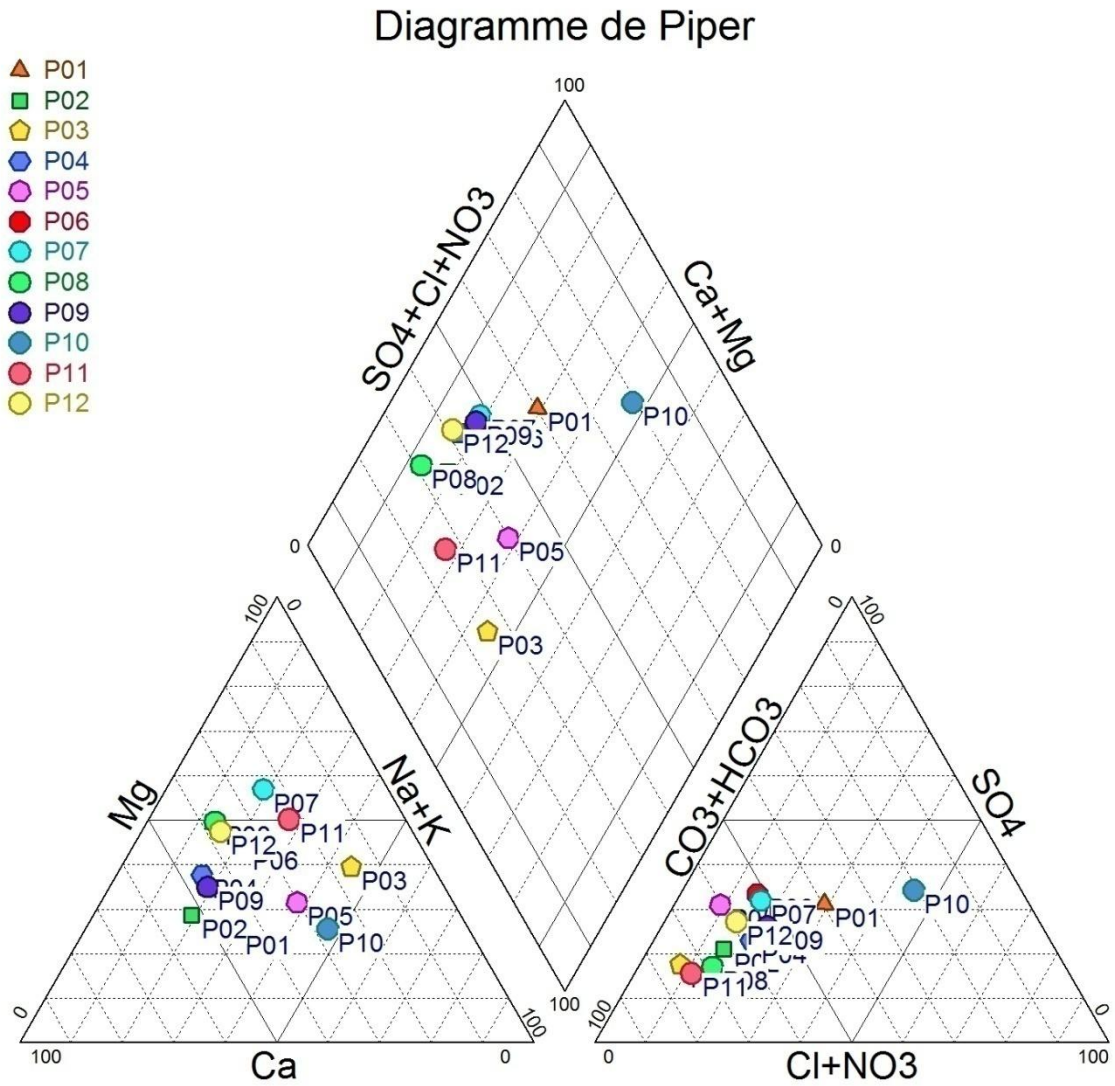
Représentations graphiques selon Shoeller Berkaloff

V.5.3.Représentation des eaux selon le diagramme losangique de Piper :

Cette classification permet la représentation des échantillons en fonction des pourcentages des quantités en réaction des cations et des anions dans chaque triangle du diagramme. Nous obtenons un point triple pour les cations et un autre pour les anions de chaque échantillon.

Le prolongement des points dans le losange détermine un point unique caractéristique du faciès chimique de l'eau, qui permet une approche globale de la composition chimique des eaux.

Les points projetés dans les triangles (Fig. N°.V.07) montrent une tendance vers le pôle bicarbonate pour les anions et calcique ou magnésique pour les cations. Dans le losange, tous les points sont placés dans l'aire du faciès bicarbonaté calcique ou magnésique.



V.6 .Conclusion

L'étude hydrochimique des eaux de la nappe de la région de Tamanrasset permet de conclure que Les caractéristiques hydrochimique des eaux variés selon leur siège de présence, c'`a `dire les eaux de la nappe inféroflux déferé à les eaux du socle fissuré donc on peut résumer comme suit :

➤ Les eaux de la nappe inféroflux :

Les eaux de cette nappe sont peu minéralisées, le résidu sec varie de 220 mg/l à 450 mg/l ce qui se traduit par des valeurs non élevées des conductivités. Cette faible minéralisation des eaux est liée à la nature lithologique de l'aquifère, qui est essentiellement quartzitique. Les analyses des éléments chimiques mettent en évidence des eaux beaucoup moins minéralisées au nord, et plus minéralisées vers le site du barrage. Sur le plan de la dureté, les eaux de la nappe sont douces à modérément dures (7 et 22°f), ce qui en fait des eaux chimiquement potables et propres à l'irrigation. Les différentes classifications chimiques adoptées permettent de distinguer que le faciès bicarbonaté calcique est prédominant.

Chapitre VI
L'Alimentation en Eau Potable à
Tinzaouatine

VI.1.Introduction :

L'Etat Algérien a entamé un nouveau plan de développement du grand Sahara, en mobilisant d'importants moyens humains et financiers, pour répondre à la demande actuelle et future des besoins en eau du pays.

L'alimentation en eau potable reste, toujours, l'un des thèmes les plus complexes, ayant un impact direct sur le comportement de la ressource et l'environnement. Elle est à la fois un élément vital et un indicateur de prospérité des sociétés. L'équilibre de ces deux paramètres doit être maintenu ; une exploitation excessive nuit à la ressource et une sous-exploitation entrave le développement.

VI.2.Production :

La ressource pour l'alimentation en eau potable de la commune, est assurée par deux forages (forage Tinzaouatine et forage Inzazen). ces deux forages sont destinés à alimenter directement la bâche .

Actuellement, un seul forage (forage Inzazen) est en exploitation. Le deuxième est à l'arrêt. Le débit de 6.31 l/s soutiré du forage en service nous a été donné par les gestionnaires du réseau de distribution. Ce débit nous donne un volume journalier de 239 m³.



Fig. 25 : Les ouvrages de production d'AEP à Tinzaouatine

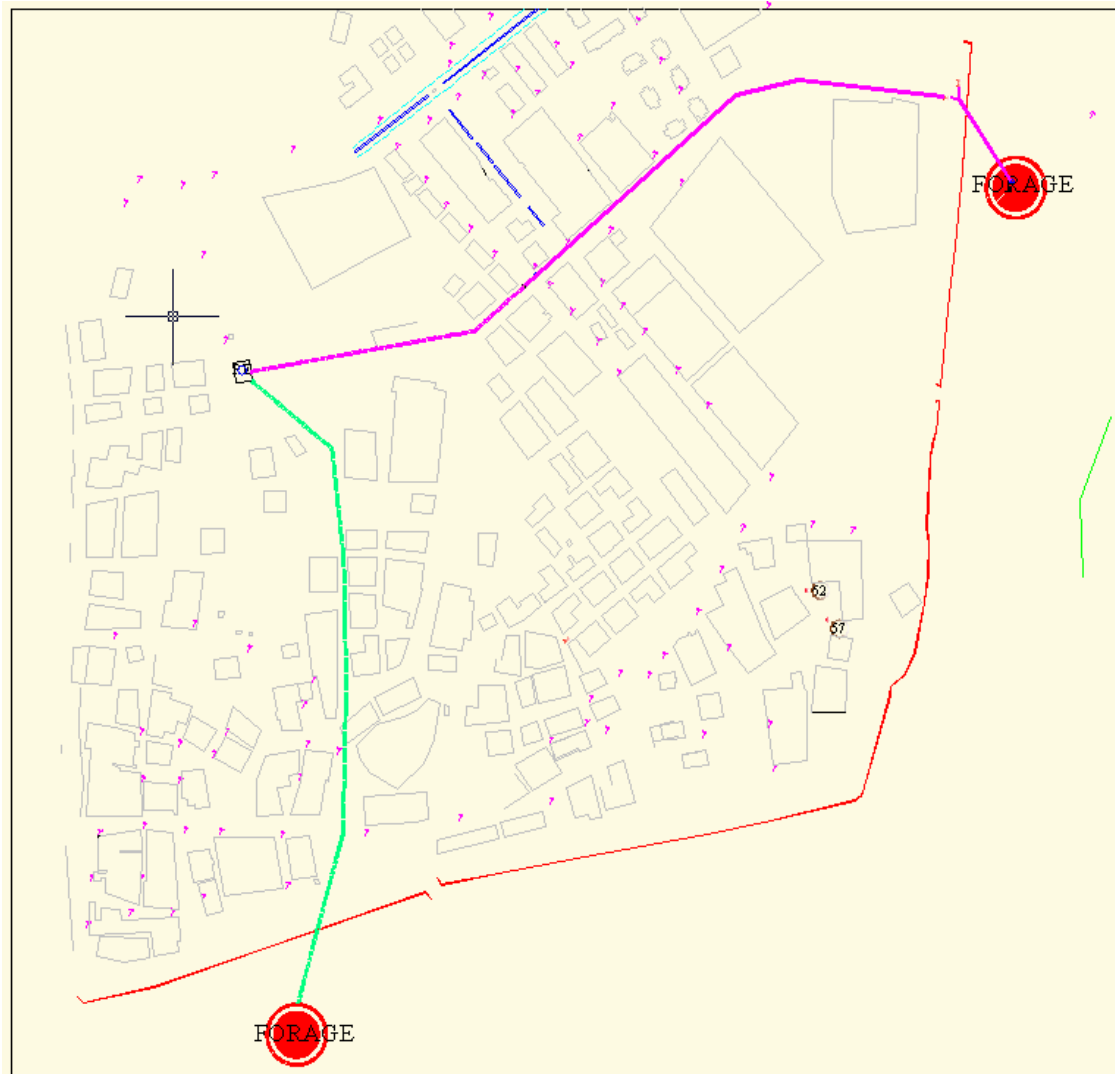


Fig 26 : Situation des forages 'AEP à Tinzaouatine

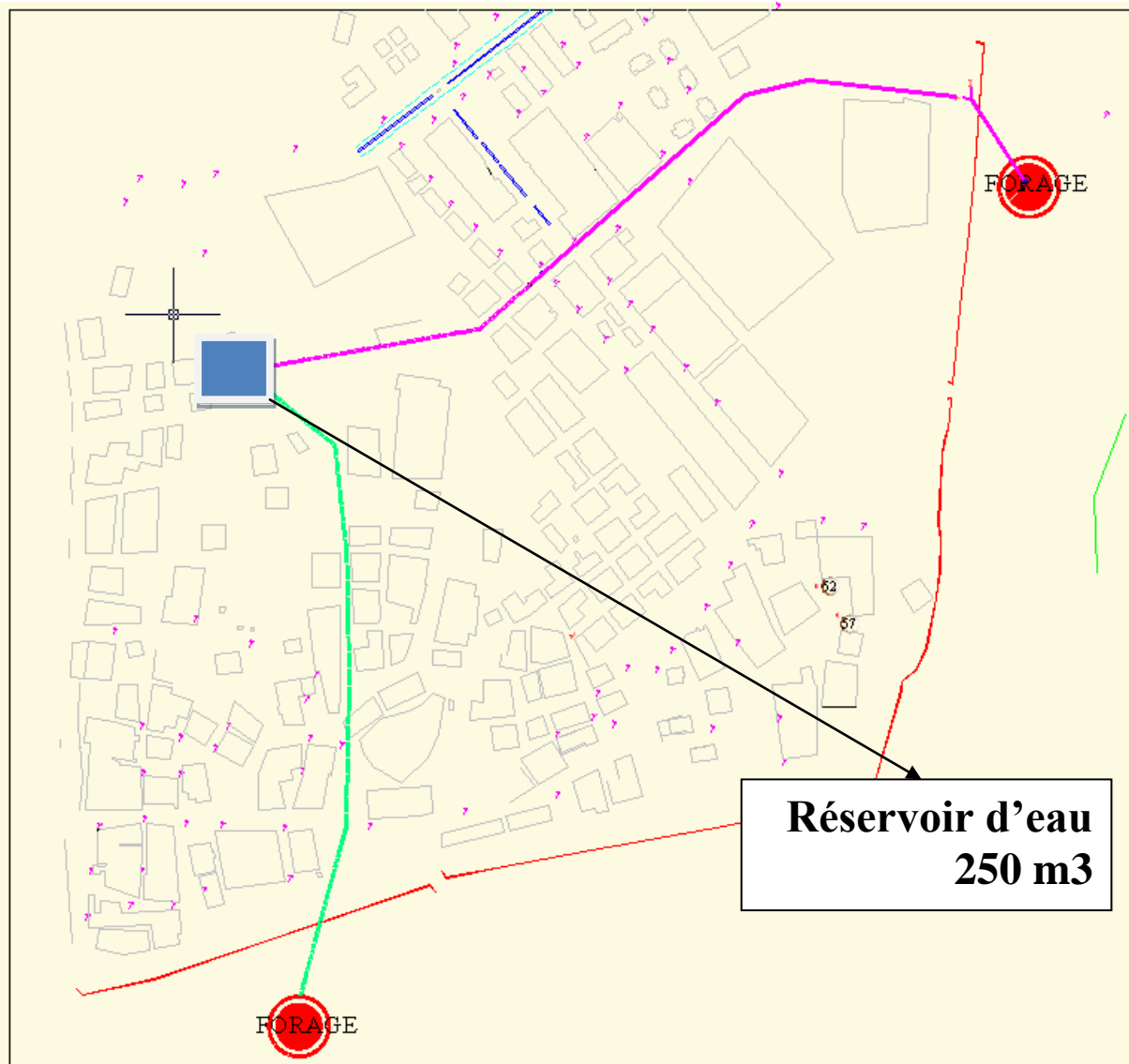


Fig.27: situation du réservoir 250 m3 de tinzaouatine.

VI.3. Régulation et stockage

La régulation et le stockage, au niveau de la commune de Tinzaouatin, sont assurés par un réservoir d'une capacité de 250 m³. Situé au centre du chef lieu de la commune, cette bache s'alimente par le seul forage actuellement en marche, le forage Inzazen.

VI .4. Capacité de régulation et stockage

Le volume total de la régulation et stockage au niveau, de la ville est de réservoir 250 m³ ce volume comparé à la production estimé à 239 m³/j représente environ 95.60 % de cette dernière.

Cependant, comparé aux besoins, ce même volume représentera les proportions énumérées dans le tableau.


Tableau°.VI.04 : comparaison entre la capacité actuelle de régulation et les besoins sur d'eau

Horizon	Population	Besoins M3/j	reg. et stockage	Production M3/j
court terme:	4387	1843.20	750	240
2015				
moyen terme:	6447	3251.70	750	240
2030				
long terme:	8334	4668.60	750	240
2040				

VI.5. L'alimentation en eau potable :


L'origine de l'eau potable de la zone d'étude est souterraine .les fiches techniques suivantes représentent les ressources en eau souterraines à Tinzaouatine

➤ Forage In -Zazen 01

Code		Photo de l'ouvrage	
N°d'ordre	01		
Lieu d'implantation	Oued in Zazen		
Année de réalisation	2004		
Entreprise de réalisation	-		
Année de mise en service	2004		
Localisation	Oued in Zazen		
Horizon captée	-		
Profondeur (m)	62		
Débit mobilisé (l/s)	04		
Débit exploité (l/s)	6.31		Observations : Il assure à lui seul actuellement l'alimentation en eau potable.
Hmt (m)	155		
Niveau statique (m)	06		
Etat de forage	Bon		
Gestionnaire	A.P.C		
Observation	En service		

(Source : Sub hydraulique)

➤ **Forage Tinzaouatine :**


Code		Photo de l'ouvrage	
N°d'ordre	02		
Lieu d'implantation	Sud		
Année de réalisation	2004		
Entreprise de réalisation	-		
Année de mise en service	2004		
Localisation	Tinzaouatine		
Horizon captée	-		
Profondeur (m)	11		
Débit mobilisé (l/s)	3		
Débit exploité (l/s)	-		Observations : actuellement l'alimentation est assurée seulement par le forage d'in zazen.
Etat de forage	Bon		
Hmt (m)	80		
Niveau statique (m)	2		
Gestionnaire	A.P.C		
Observation	En service		

(Source : Sub hydraulique)

VI.6. Les ouvrage d'oued Tinzaouatine.

Le fiche technique suivantes représente l'ouvrage de stockage et régulation

➤ **Réservoir 250 m3 :**

Nom du réservoir	Réservoir d'eau 250m3	Photo de l'ouvrage
Type d'ouvrage	Réservoir	
Commune	Tinzaouatine	
Année de réalisation	1995	
Localisation	Tinzaouatine	
Non de forage d'alimentation	Forage in zazen Forage Tinzaouatine	
Secteur de distribution	In zazen 01 . Centre ville ,Iskmaren , In zazen 02	
Date de mise en service	1995	
Capacité de stockage	250 m3	
Forme de réservoir	circulaire	
Hauteur total	4.5 m	
Situation par rapport à la distribution	Réservoir en charge sur le réseau	
Matériaux de construction	Béton armé	

Observation

1. Etat de l'ouvrage : Bon
2. Gestionnaire : APC

(Source : Sub hydraulique)

Conclusion générale

La région de Tinzaouatine fait partie du Hoggar. Elle est située dans le grand massif cristallin et cristallophyllien, qui est subdivisé en trois zones concentriques en fonction de l'altitude et est affecté par un réseau des failles (failles subméridiennes). Qui se comportent comme des barrières naturelles.

A l'issue de la présente étude. Nous sommes arrivés aux résultats suivants :

Le bassin versant de la partie amont de l'oued Tinzaouatine est allongé avec un indice de compacité de Gravelius $Kc = 1,81$. Situé dans une zone aride qui est caractérisée par des faibles pluviométries, une moyenne annuelle de 54,9 mm, et une température moyenne annuelle de 22.9°C à Tamanrasset pour la période 2000-2010.

Du point de vue hydrochimique, les analyses chimiques des eaux de la nappe inferoflux sont peu minéralisées et les mesures de la conductivité ont montré que les eaux sont très peu minéralisées (< 300 mg/l). Ce sont donc des eaux à faciès chimique bicarbonaté calcique. La faible minéralisation des eaux est liée à la nature lithologique de l'aquifère, qui est essentiellement quartzitique ainsi que la courte période de séjour

la minéralisation le résidu sec varie de 220 mg/l à 1500 mg/l, et les valeurs des conductivités sont très variables.

Les eaux de la nappe d'inferoflux sont douces ce qui les rend potable et utilisables pour l'irrigation

Suite à cette étude, nous avons jugé utile d'avancer quelques recommandations :

La réalisation des essais de pompages pour déterminer les paramètres hydrodynamiques et leurs évolutions dans le temps

Références bibliographiques

Bibliographie

A. Rapport d'étude de mobilisation des eaux sur les oued de la bandes frontalier à Tinzaouatine (Mission I étude préliminaire Janvier 2013) (Bureau d'étude Technique Hydraulique & Hydrogéologique Zerari)

B. Allègre C. et Caby R. (1972): Chronologie absolue du précambrien de l'Ahaggar occidental (Algérie): C.R. Acad. Sci., Paris, D., 275: 2095-2098

Travaux Hydrogéologiques par prospection électrique et sismique de l'inféroflux de l'Oued Tamanrasset, D.H.W Tamanrasset.

C. Cellule de communication cabine W. Tamanrasset (1996) : L'escho du Hoggar Edition N° 05, ALGER.

D. E.N-HYD (Entreprise Nationale des Etudes Hydraulique) : l'étude de faisabilité d'un barrage souterrain sur Oued Tamanrasset (Mission II) Rapport hydrogéologique, D.H.W Tamanrasset.

E. E.N-HYD (Entreprise Nationale des Etudes Hydraulique) : Modèle de simulation hydrogéologique de la nappe de Tamanrasset(la nappe d'Adrienne).

F. Direction de l'hydraulique de Tamanrasset : étude de trois barrage inféroflux a traverse la wilaya site N°1 oued Tamanrasset.

G. Agence nationale des ressources hydrauliques (A.N.R.A.H) :

I. Notice Explicative de la carte hydrogéologique du Hoggar étude tassilis A 1/1000000.

Résumé

Le Hoggar est situées de 1970 km au sud d'Alger La région de Tinzaouatine fait partie du Hoggar. Elle est située de 500 km au sud de la Wilaya de Tamanrasset dans le grand massif cristallophyllien Situé dans une zone aride qui est caractérisée par des faibles pluviométries.

La nappe des inféroflux de l'Oued Tin Zaouatine s'installée sur un socle granitique dans des sédiments alluvionnaires. L'épaisseur des sédiments est variable de périphérie vers le centre.

Le niveau d'eau est variable selon la position du puits, ainsi le niveau statique d'un puits foré dans le centre de l'oued peut atteindre les 12m, alors les puits périphériques ne dépassent pas les 2m. Ce niveau est lié la quantité de précipitation durant l'année hydrologique.

Les eaux de la nappe alluvionnaire de l'Oued de Tin Zaouatine présentent un faciès Bicarbonaté-Calcique. La minéralisation est faible.

Abstract

The Hoggar is located 1970 km south of Algiers Region Tinzaouatine part of Hoggar. It is located 500 km south of the wilaya of Tamanrasset in the grand massif crystallophyllian Located in an arid area that is characterized by low rainfall.

The water of the Oued Tinzaouatine is installed on a granite base in alluvial sediments. The sediment thickness varies from periphery to the center.

The water level varies depending on the position of the well and the static water level of a well drilled in the center of the river wells can reach 12m, while the peripheral wells do not exceed 2m. They depend on the amount of rainfall during the hydrological year.

The waters of the alluvial water of Oued Tin Zaouatine present a facies-Calcium bicarbonate. The mineralization is low.

