



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Echahid Hamma Lakhdar - El-Oued



Faculté de la Technologie

Département d'Hydraulique et de Génie Civil

## MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme du Master en Hydraulique

Option: *Conception et diagnostique des systèmes d'AEP et assainissement*

### THEME :

**Evaluation de la productivité d'un aquifère du complexe terminal et approche statistique pour la détermination des tranches de profondeurs potentiellement productives -cas de la région de Oued-Souf**

Dirigé par :

Dr. ZAIR Nadjat

Présenté par :

GASMI M<sup>ed</sup> Lazhar

SOUALAH Mohammed

Jurée:

Dr. MILOUDI A. Mounaïme ..... Président.

Dr. KHACHANA Salim ..... Membre.

Promotion: septembre 2019

**Résumé:-**

Dans la région d'El-Oued, l'essentiel de l'approvisionnement en eau potable de la population est assuré par les eaux souterraines contenues dans les aquifères du complexe terminal. Ce travail a donc pour objectif d'améliorer la connaissance de ce type d'aquifère et d'évaluer ses potentialités en eau souterraine. Pour ce faire, des analyses statistiques des paramètres hydrogéologiques de 15 forages réalisés dans notre aire d'étude (Daïra de Guemar) ont été effectuées. Cet aquifère bénéficie d'une recharge nulle. La moyenne du débit des forages est de 155,28 m<sup>3</sup>/h et la transmissivité moyenne est de 0,56•10<sup>-2</sup> m<sup>2</sup>/s. L'aquifère de la région d'étude sont donc modestement productifs, caractéristique typique des milieux de la formation forcée. Les résultats statistiques révèlent que les sables hétérogène, qui occupent plus de 80 % du territoire, sont plus productifs que les sables à graviers siliceux et sables à grains moyens. Généralement, tous les forages sont implantés sur les fonds de vallée, dans cette région, ils sont présente des débits plus importants. Statistiquement, elle se traduit par une relation apparente entre l'épaisseur des horizons meubles captés et la productivité. Ainsi, pour des épaisseurs de ces horizons inférieures à 50 m et supérieures à 90 m, les débits sont moyens à fort. Ainsi, dans cette région, à partir de la surface du sol, les profondeurs optimales les plus productives en eau souterraine sont comprises entre 340 m et 376 m pour la couche du sable

Enfin, ce travail permet de proposer un modèle conceptuel de la structure et des propriétés hydrodynamiques de l'aquifère du complexe terminal de cette région d'El-Oued.

**Mots clés :** Recharge, statistique, forage, aquifères, productivité, transmissivité, El-Oued.

## ملخص:

في منطقة وادي سوف المهم في التزويد بالمياه الصالحة للشرب للسكان يعتمد على المياه الجوفية الموجودة في طبقة المركب النهائي. هذا العمل يهدف على تطوير المعرفة لهذا النوع من الطبقات المائية و تقييم مكانها من المياه الجوفية. لهذا السبب التحاليل الإحصائية للمعاملات الهيدروجيولوجية ل15 بئرا منجزة في مجال دراستنا ( دائرة قمار) . هذه الطبقة المائية لا تستفيد من إعادة الشحن و التعبئة بالمياه حيث يبلغ متوسط التدفق لهذه الآبار 155.28 م<sup>3</sup>/سا و يبلغ متوسط الناقلية 0.56 م<sup>2</sup>/ثا .

الطبقة المائية للمركب النهائي لمجال الدراسة هي ذات إنتاجية جيدة و الخصائص متشابهة. النتائج الإحصائية تبين أن طبقة الرمال المختلطة و المتنوعة التي تمثل 80% من مجال الدراسة هي ذات إنتاجية أكبر من طبقة رمال السيليس و طبقة الرمال ذات الحجم المتوسط.

عوما كل الآبار في هذه المنطقة هي منجزة في أماكن مسطحة و مستوية ذات تدفقات كبيرة و يتجلى ذلك في بينونة العلاقة الموجودة بين عرض الطبقة المائية المنقب فيها و الإنتاجية. أما بالنسبة للمناطق أين يبلغ عرض الطبقة أقل من 50م و أكبر من 90 م فالتدفقات هي من متوسطة إلى مرتفعة.

الأعماق المثالية الأكثر إنتاجية للمياه في هذه المنطقة هي بين 340 م حتى 370 م في مستويات الطبقة الرملية.

هذا العمل يمكننا في النهاية من اقتراح و رسم مقطع طولي مع الخصائص الهيدرودينامكية لطبقة المركب النهائي لمنطقة وادي سوف .

الكلمات المفتاحية : الشحن المائي - إحصائية - نقب - طبقة مائية جوفية - إنتاجية - ناقلية - الوادي .

## Sommaire:-

Dédicaces	
Remerciements	
Résumé	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Introduction générale.....	2

### Chapitre I: Présentation de la région de Oued-souf

I-1-Aperçue historique de la région d'étude.....	4
I-2-Situation géologique.....	4
I-3- Situation économique.....	5
I-4-Répartition administrative et démographique .....	6
I-5-Topographie.....	7
I-6-Géomorphologie.....	9
I-7-Climat.....	9
I-8-Présentation de la région d'étude (daïra de Guemar).....	9

### Chapitre II: Géologie de la région d'Oued-souf.

II-1-Introduction.....	10
II-2-Stratigraphie de la région.....	11
II-3-1-Formation du 1 <sup>er</sup> secondaire.....	11
a)-Le créacé inférieur.....	11
*-Le Barrémien.....	11
*-L'Aptien.....	11
*-L'Albien.....	11
*-Le Vraconien.....	11
b)-Le créacé moyen.....	12

*-Le Cénomaniens.....	12
*-Le Turonien.....	12
c)-Le crétacé supérieur.....	12
*-Le Sénonien.....	12
-Le Sénonien lagunaire.....	12
-Le Sénonien carbonaté.....	12
II-2-2-Formation du 1 <sup>er</sup> tertiaire.....	13
a)-L'Eocène.....	13
b)-Le Miopliocène.....	13
*-Niveau argileux.....	13
*- Niveau gréseu-sableux.....	13
*- Niveau argileux.....	14
*- Niveau sableux.....	14
II-2-3-Formation du quaternaire.....	14

### Chapitre III:- Etude hydro climatique

III-1-Introduction.....	16
III-2-L'humidité.....	16
III-3-Le vent.....	17
III-4-L'insolation.....	18
III-5-Les précipitations.....	19
III-6-La température.....	21
III-7-Diagramme pluvio-thermique.....	23
III-8-Indice de Dé Martonne.....	23
III-9-Indice d'aridité mensuelle.....	24
III-10-Estimation de l'évapotranspiration.....	25
III-10-1- Estimation de l'évapotranspiration potentielle (ETP).....	25
III-10-2- Estimation de l'évapotranspiration réelle (ETR).....	26
III-11-Bilan hydrique.....	27
III-12-Ruissellement et infiltration.....	28

III-13-Conclusion.....	28
------------------------	----

## **Chapitre IV:- Etude hydrogéologique**

IV-1-Notion d'aquifère.....	30
IV-2-Aquifères de la région d'étude.....	30
IV-2-1-La nappe phréatique ou nappe superficielle (libre).....	30
IV-2-2-Le complexe Terminal (CT).....	30
a)-Nappes des calcaires.....	30
b)-Nappe des sables.....	31
IV-2-3-Le Continental Intercalaire (CI).....	31
IV-3-Productivité d'un aquifère.....	34
IV-4-Paramètres hydrodynamiques.....	34
IV-4-1-La porosité.....	34
IV-4-La perméabilité.....	34
IV-4-La transmissivité.....	35
IV-4-Le coefficient d'emménagement.....	35
IV-4-Le débit spécifique.....	35
IV-5-Les essais de pompage.....	35
IV-5-1-Généralités.....	36
IV-5-2-Objets des essais de pompage.....	36
*-L'essai de nappe.....	37
*-L'essai de puit.....	37
IV-6-Etude de cas: Région de la daïra de Guemar.....	37
IV-6-1-Introduction.....	37
IV-6-2-Inventaires des forages.....	37
IV-6-3-Estimation de la recharge.....	39
IV-6-4- Estimation des paramètres hydrodynamiques.....	40
IV-6-5-Analyse des paramètres hydrodynamiques.....	47
IV-6-6- Classes des débits.....	47
IV-6-7-Situation géomorphologique des forages et des débits.....	48

IV-6-8-Corrélation entre l'épaisseur productive et la productivité de l'horizon.....	49
IV-6-9-Classes des épaisseurs productives.....	50
IV-6-10-Transmissivité et l'épaisseur de la formation productive.....	51
IV-6-11-Profondeur optimale productive.....	51
IV-6-12-Productivité des formations géologiques.....	53
IV-6-13-Détermination de la relation empirique entre la transmissivité et le débit spécifique	53
IV-6-14--Discussion des résultats obtenues.....	54
V-Conclusion générale.....	57
Bibliographie.....	58

Liste des tableaux

Liste des tableaux

<b>Tableaux</b>	<b>Titres</b>	<b>Pages</b>
Tableau (I-1)	Population et superficies des différentes communes	7
Tableau (I-2)	Altitudes moyennes des différentes communes	8
Tableau (III-1)	Répartition de la moyenne mensuelle de l'humidité (1989-2000)	16
Tableau (III-2)	Répartition de la moyenne mensuelle de la vitesse du vent (1989-2000)	17
Tableau (III-3)	Les heures d'insolation moyennes mensuelles (1989-2014)	18
Tableau (III-4)	Les précipitations moyennes mensuelles (1989-2014)	20
Tableau (III-5)	Les précipitations interannuelles (1989-2014)	21
Tableau (III-6)	Répartition de la moyenne mensuelle de la température (1989-2014)	22
Tableau (III-7)	Les données des températures et des précipitations mensuelles (1989-2014)	23
Tableau (III-8)	Indices d'aridités mensuelles	24
Tableau (III-9)	Tableau de calcul de l'ETPc	26
Tableau (III-10)	Tableau de calcul du bilan hydrique	27
Tableau (IV-1)	Tableau récapitulatifs des données des forages	38
Tableau (IV-2)	Tableau récapitulatif des résultats du bilan hydrique	40
Tableau (IV-3)	Tableau de calcul de la transmissivité	45
Tableau (IV-4)	Tableau de calcul de la perméabilité	46
Tableau (IV-5)	Tableau de calcul du débit spécifique	46
Tableau (IV-6)	Tableau récapitulatifs des paramètres des forages	47
Tableau (IV-7)	Tableau des pourcentages des débits selon les classes	48
Tableau (IV-8)	Statistique de la profondeur de la formation et des débits des forages	49
Tableau (IV-9)	Les débits des forages et les épaisseurs des horizons productifs	49
Tableau (IV-10)	Les débits moyens en fonction des classes des épaisseurs productives	50
Tableau (IV-11)	Statistique des profondeurs d'altérites et les débits des forages	51
Tableau (IV-12)	Statistique des classes des débits des forages dans les différents horizons géologiques	53

## Listes des figures

## Listes des figures

Figures	Titres	Pages
Fig(1)	Découpage administratif de la vallée de souf	5
Fig(2)	Situation géographique de la wilaya d'El'oued	6
Fig(3)	Carte topographiques de la vallée de Oued-souf	8
Fig(4)	Carte géologique du grand Erg oriental. (Baba Sy.M. 2005)	10
Fig(5)	Coupe du forage albien NO:1 de la ville d'El-oued	15
Fig(6)	Répartition de la moyenne mensuelle de la de l'humidité (1989-2000)	17
Fig(7)	Répartition de la moyenne mensuelle de la vitesse du vent (1989-2000)	18
Fig(8)	Répartition de la moyenne mensuelle de l'insolation (1989-2000)	19
Fig(9)	Répartition des précipitations moyennes mensuelles de la (1989-2014)	20
Fig(10)	Répartition des précipitations interannuelles (1989-2014)	21
Fig(11)	Répartition de la moyenne mensuelle de la température (1989-2014)	22
Fig(12)	Diagramme pluviothermique de la région de Oued-souf (1989-2014)	23
Fig(13)	Coupe hydrogéologique de la région de Oued-souf	32
Fig(14)	Carte piézométrique de la nappe (CT) de la région de Oued-souf	33
Fig(15)	Répartition spatiale des forages	39
Fig(16)	Courbe du forage 19mai 1956	41
Fig(17)	Courbe du forage Erg-souari	41
Fig(18)	Courbe du forage Mih salah	42
Fig(19)	Courbe du forage Ejdaida	42
Fig(20)	Courbe du forage Sif nasr	43
Fig(21)	Courbe du forage Istiklal	43
Fig(22)	Courbe du forage Taghzout-sud	44
Fig(23)	Courbe du forage Lamhania	44
Fig(24)	Carte des valeurs de la transmissivité de la région d'étude	45

Listes des figures

Fig(25)	Répartition des pourcentages des débits selon leurs classes	48
Fig(26)	Distribution des débits captés selon les épaisseurs de l'horizon productif	50
Fig(27)	Répartition des classes d'épaisseur productives selon les débits moyens	51
Fig(28)	Graphique de la transmissivité en fonction de l'épaisseur productive	51
Fig(29)	Distribution des profondeurs productives avec les débits moyens des forages	52
Fig(30)	Graphique de $\text{Log}(T)$ en fonction de $\text{Log}(Q_{sp})$	54
Fig(31)	Coupe schématique (AB) de la région d'Oued-souf	56

## Listes des abréviations

---

### Liste des abréviations

<b>Abréviation</b>	<b>Signification</b>
DPSB	Direction de la Programmation, de Suivie et du Budget
RGPL	Recensement Général de la Population et de Logements
DRE	Direction des Ressources en Eaux
DSA	Direction des Services Agricoles
ONM	Office National de Météorologie
CI	Continental Intercalaire
CT	Complexe Terminal
ANRH	Agence National des Ressources Hydriques

### **Introduction générale:-**

L'aquifère du complexe terminale (la couche du sable et du calcaire) occupe une superficie très importante tant à l'échelle du globe qu'en plateforme saharien. Leur ressource en eau souterraine participe significativement au développement socio-économique des pays concernés. Les connaissances sur la structure et les caractéristiques hydrodynamiques des aquifères de socle ont fait récemment l'objet de progrès très significatifs.

L'aquifère du complexe terminal comprennent ainsi, du haut vers le bas, des sables hétérogènes caractérisées par une moyenne perméabilité, mais avec une capacité significative de stockage des eaux souterraines, un horizon de sable à gravies stratiforme perméable, puis la roche du sable à grains moyens.

Dans le secteur d'étude, avec la croissance de la population, les effets du réchauffement climatique et la pollution des eaux de surface, l'on est confronté à des véritables problèmes d'approvisionnement en eau potable.

Nombreux forages ont été réalisés dans le complexe terminal. Un inventaire des différents ouvrages de captage dans la région d'El-Oued a dénombré des forages sont abandonnés pour « tarissement » et d'autre sont déclarés négatifs, car n'ayant pas atteint un débit optimum. Ces constats suscitent beaucoup d'intérêt sur le plan de la recherche hydrogéologique. En effet, les caractéristiques de ces aquifères sont connues de façon sommaire et les profondeurs optimales productives des déformations géologiques sont méconnues.

Les objectifs de ce travail sont donc d'étudier les potentialités en eau souterraine des horizons captés de la région d'étude par une approche d'analyse statistique des paramètres des forages. Il est aussi question de déterminer la productivité de chaque unité géologique en fonction de la profondeur pour optimiser les coûts de foration. L'intérêt scientifique de cette étude porte aussi sur l'applicabilité des concepts nouveaux au contexte de la région d'El-Oued.

## **I-Présentation de la région d'étude :-**

### **I-1-Aperçue historique:-**

La région de Oued- souf installée avec ses ghouts de palmiers et ses dunes de sables dans le grand Erg oriental du Sahara, elle est située au sud est de l'Algérie, occupant une superficie de 11738 km<sup>2</sup>. Représenté administrativement par 18 communes avec une population d'environ 450.000 hab. selon le RGPL 2008 (DPSB El oued 2018).

La ville d'El-oued appelée la ville de milles et une coupole, la capitale de la région de souf se distingue par son architecture des autres villes sahariennes.

Le sol est enrichi par un ensoleillement maximal en joignant son vertu à celle des ghouts et des sables pour se montrer comme un des grands producteurs des produits agricoles en Algérie.

La région de Oued-souf se repose sur une grande réserve d'eaux souterraines qui sont les eaux de la nappe phréatique, le Complexe Terminal et le Complexe Intercalaire, les sources d'irrigation de plusieurs cultures telles que la pomme de terre, les dattes et plusieurs autres légumes.

### **I-2-Situation géographique:-**

La wilaya d'El-oued est située dans le sud-est algérien, au nord du Sahara, déclarée comme wilaya en le découpage administratif de 1984 sur une superficie total de 44586 km<sup>2</sup>. Sa population est 647.548 habitant selon le RGPL 2008 (DPSB W El oued). Elle est située à 600km de la capitale Alger (fig1). Elle est délimitée :-

- Au Nord par les wilayas de Biskra, Khenchla et Tébessa.
- Au Sud par la wilaya d'Ouargla.
- A l'Est par la république Tunisienne.
- A l'Ouest par les wilayas de Biskra, Djelfa et Ouargla.

La vallée de Oued-souf est une unité de ressources en eaux délimitée par :-

- Les dunes du grand Erg oriental au sud.
- Unes séries de chottes à l'est.
- La vallée d'Oued-Righ à l'Ouest .par la ligne des palmeraies courant de Biskra à Touggourt.

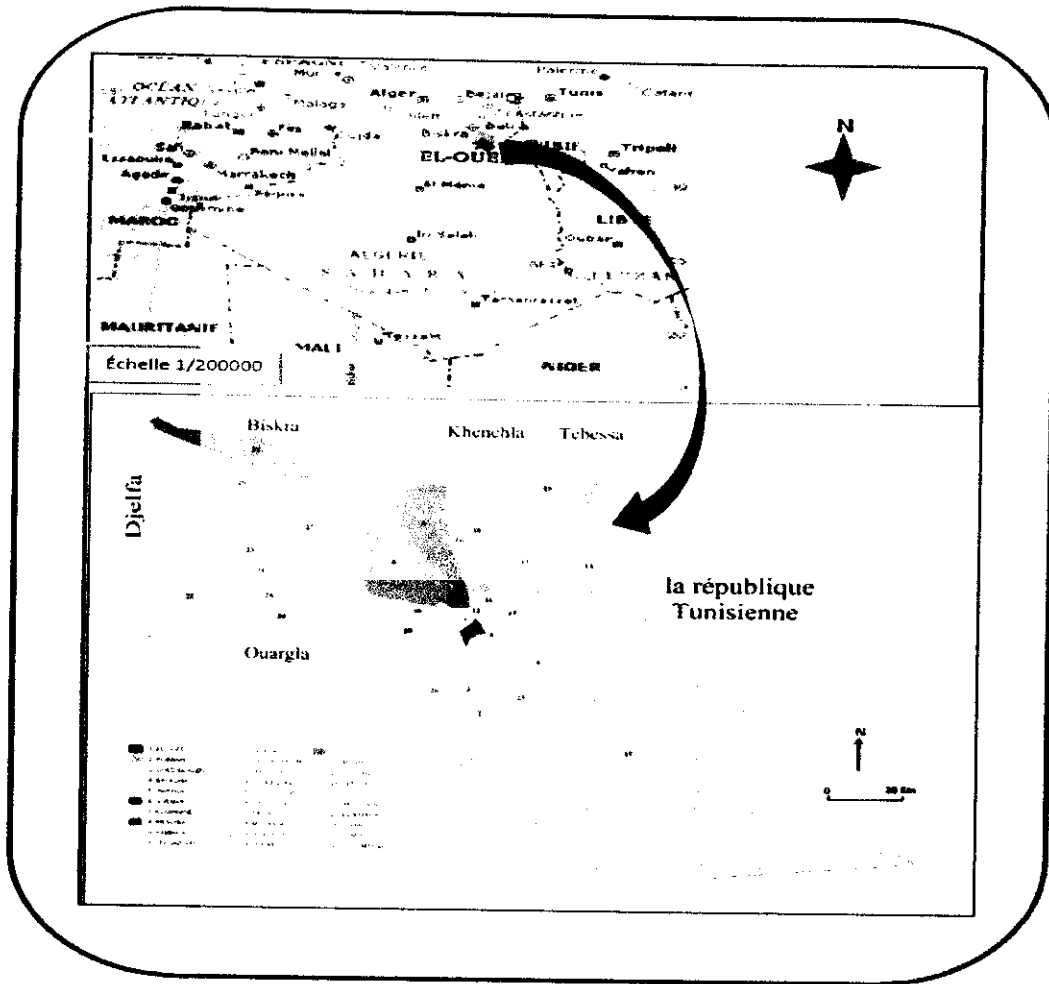


Fig.(2):Situation géographique de la wilaya d'El-oued( source DRE)

### I-3-Situation économique:-

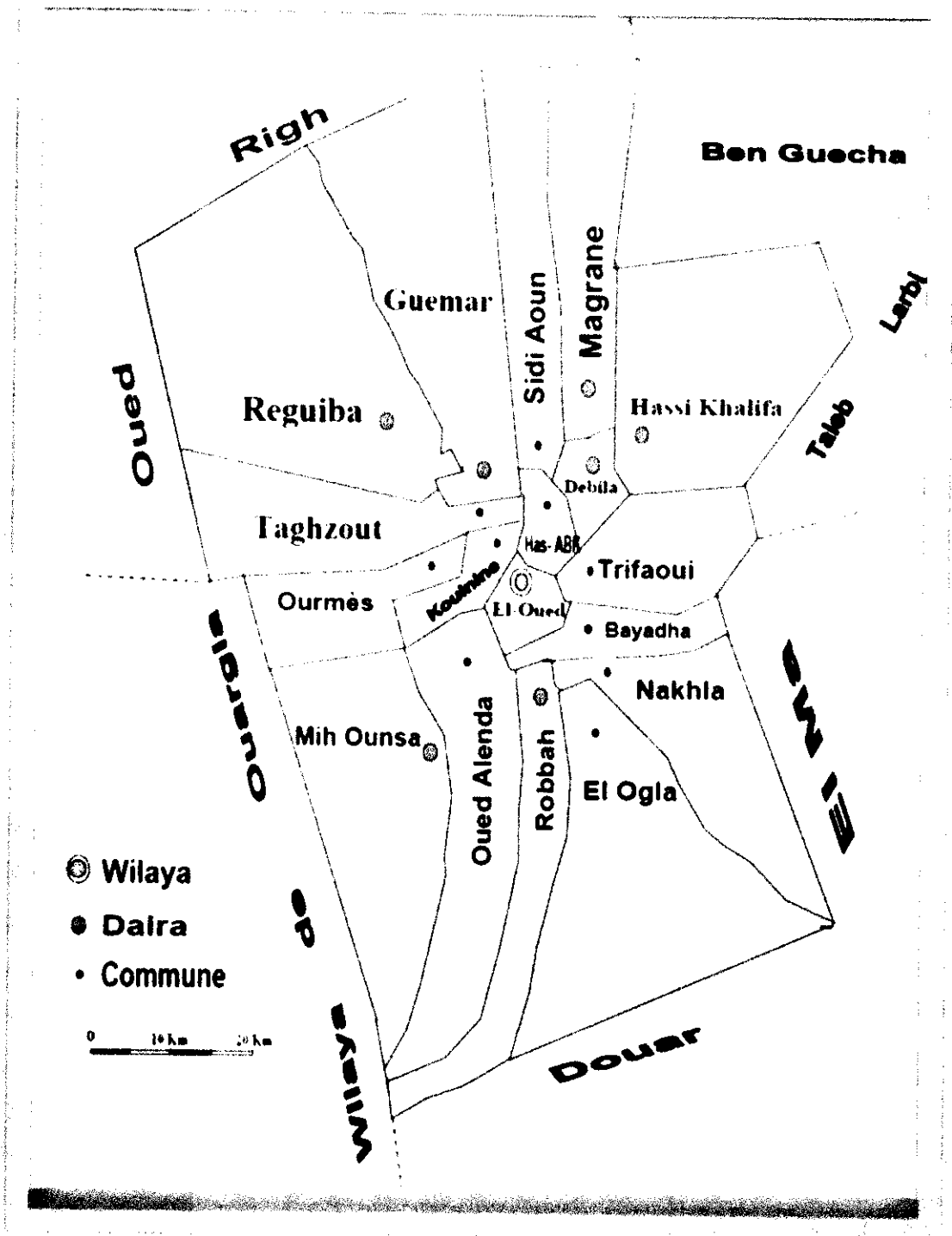
La région est caractérisée par une économie liée intimement par les palmiers dattiers. Actuellement, il existe près de 250000 palmiers dattiers, la moyenne d'exportation est de 40.000 tonnes/an. La pomme de terre est un autre produit agricole qui caractérise cette région, plus de 8 millions quintaux en 2018 (source DSA El Oued).

L'agriculture et le commerce représente les principales activités des habitants de la région de Oued-souf. De plus, la région est un centre d'échange commercial très actif grâce à sa position géographique.

En ce qui concerne les activités artisanales, cette région a toujours été connue particulièrement dans la confection des outils de travail destinés à l'agriculture ainsi que pour ses tapis tissés. Enfin, son architecture est admirable, distincte par les coupes coiffant les toits de ses maisons.

**I-4-Répartition administrative et démographique:-**

Selon le tableau (1-1), nous pouvons constatés la répartition administrative et démographique de plus les communes les plus denses en 2018:-



**Fig. (1):Découpage administratif de lavallée de souf wilaya d'El-oued (source DRE)**

Tableau (I-1): Populations et superficies des différentes communes

N	Communes	Population (hab.)	Superficies (km <sup>2</sup> )	Densité (hab./km <sup>2</sup> )
1	H.Khelifa	32930	1112	29.613
2	Mihouensa	10390	1111	9.352
3	El-Olga	6241	1352	4.616
4	El-oued	179955	77	2337.078
5	Robah	28915	499	57.945
6	Oued alenda	8340	712	11.713
7	Bayada	42615	139	306.583
8	Nakhla	17580	700	25.114
9	Guemar	54950	1264	43.473
10	Sidi Aoun	15550	480	32.429
11	Trifaoui	11085	474	23.386
12	Magrane	31275	618	50.607
13	Ouermes	7315	443	16.512
14	Kouinine	13930	116	119.651
15	Reghiba	56225	1966	28.604
16	Taghzout	18080	539	33.544
17	Debila	32930	78	4221.794
18	H.abdelkrim	31150	58	5353.448

(Source: DRE- DINSP 2007, Annuaire 2008)

**I-5-Topographie :-**

L'altitude moyenne de la région d'Oued souf est de 1000m, elle s'élève progressivement vers le Nord pour être 25m au dessous du niveau de la mer à l'extrémité Nord.

Tableau 1.1 : Communes du wilaya de Guelma

N°	Communes	Superficie (km <sup>2</sup> )	Population (2008)
1	Commines d'El-Khrouma	100	100 000
2	Mihouensa	100	100 000
3	El-ogia	100	100 000
4	El-oued	100	100 000
5	Robah	100	100 000
6	Oued elenda	100	100 000
7	Bayada	100	100 000
8	Nakha	100	100 000
9	Guelma	100	100 000



Les jours

Les jours



situé  
ad trois  
tants en

le wilaya par

**I-6-Géomorphologie:-**

La région de souf est une région sablonneuse avec des dunes qui peuvent atteindre 100 mètres de hauteur. Ce relief est assez accentué et se présente sous un double aspect.

L'un est un Erg c'est-à-dire région où le sable s'accumule en dunes et c'est la partie la plus importante, elle occupe 3/4 de la surface totale.

L'autre est le Sahara ou la région plate et déprimée formant les dépressions fermées, entourées par les dunes, le relief du souf est presque tout-entier compris entre deux lignes orientées Est-ouest, la première au Nord-est de la courbe des 50 mètres et la seconde au Sud de celle des 100 mètres, une troisième ligne reliant les points de 75 mètres et parallèle à ces deux lignes.

**I-7-Climat:-**

Le climat est caractérisé par une aridité extrême (climat hyperaride). L'hyperaridité et la chaleur sont ses caractères essentiels. Les vents par l'évaporation qu'ils provoquent contribuent à la hausse de son aridité. Leurs régularités sont souvent contraires.

L'agitation de l'air est souvent provoquée localement par les contrastes de température. Les mois d'été sont chauds et les températures atteignent 49°C à l'ombre et plus de 50°C les jours de Sirocco (Chhili).

vingtaine de degrés. Une moyenne de 70 mm de pluie tombe sur la région.

**I-8-Présentation de la daïra de Guemar (région d'étude):-**

La daïra de Guemar est l'une des daïra importantes de la région de Oued-souf, elle est située presque centre-est de la wilaya, elle occupe une superficie de 2246 km<sup>2</sup> et comprend trois communes sont: Guemar, Taghzout et Ouermes avec une population de 80345 habitants en l'année 2018. Elle est limitée administrativement:

- Au Nord par les communes de Reghiba et Hamraia.
- Au Sud par les communes de Mihouensa et Kouinine.
- A l'Est par wilaya d'Ouargla.
- A l'Ouest par les communes de Kouinine, Trifaoui et Sidi Aoun.

La daïra de Guemar est considéré comme l'un et la seule entrée aérienne de la wilaya par l'existence de l'aéroport de Guemar.

## II-Géologie de la région d'Oued-souf :-

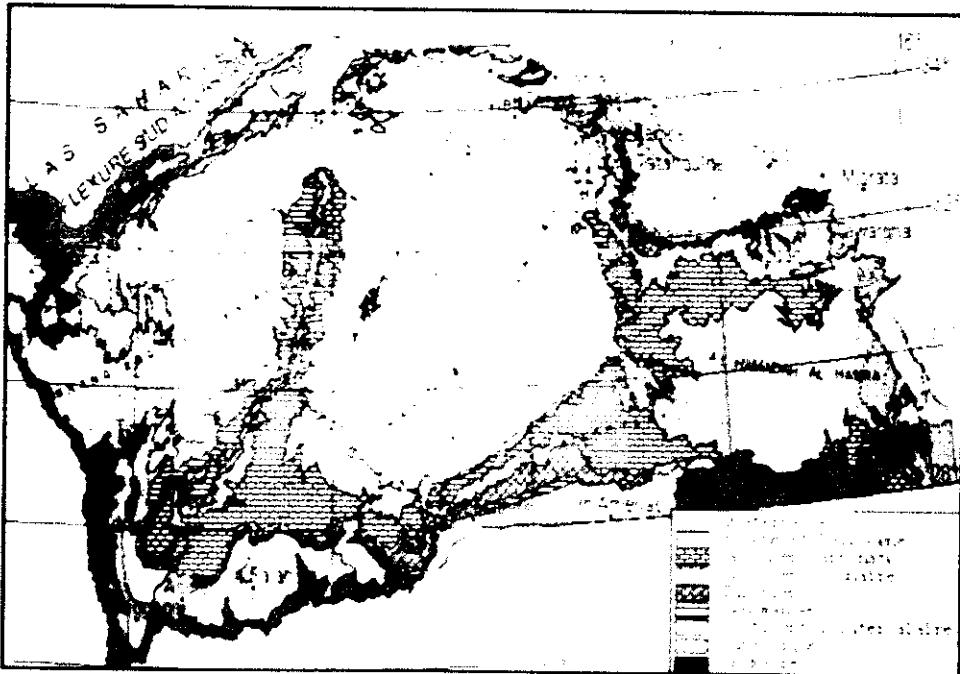
### II-1-Introduction:-

Les aquifères souterrains et la nature de leurs eaux dépendent d'une grande partie de la géologie de la terre, surtout en question de l'infiltration et la qualité des eaux.

La région d'étude se situe dans la partie Nord de la plateforme saharienne caractérisée par des formations détritiques particulièrement sableuses, qui apparaissent sous formes de dunes et anti dunes.

Le sous-sol de la région assure d'une bonne manière, l'infiltration et la circulation souterraine des eaux. IL est représenté essentiellement par des formations sablo gréseuse du continental intercalaire et des accumulations sableuses fluviolacustres de la tertiaire continental.

Sur l'ensemble de la région de Oued-souf, les formations Miopliocène sont recouvertes par une considérable épaisseur de dépôts Quaternaires sous forme de dunes donnant naissance à un immense Erg qui lui-même fait partie de l'extension du grand Erg oriental.



Fig(4):Carte géologique du grand Erg oriental. (Baba Sy.M. 2005)

## **II -2-Stratigraphie de la région:-**

En consultant le log du forage albien réalisé en l'an 2011 par la DRE de la wilaya d'El oued, les principales strates répétées dans la région d'Oued-souf sont:

### **II -2-1-Formation du 1<sup>er</sup> secondaire:**

#### **a)- Le crétacé inférieur:-**

##### **\*Le Barrémien:-**

Cet étage présente une lithologie d'alternance de grés avec passage d'argile parfois des intercalations de calcaire dolomitique, on trouve aussi des sables avec présence de silice. Il est capté par tout les forages du continental intercalaire par une épaisseur moyenne de l'ordre de 200 à 230 mètres.

##### **\*L'Aptien:-**

Constitué principalement par des formations dolomitiques marneuses et marno-calcaires. Selon les coupes géologiques réalisées dans la région d'étude, l'épaisseur de l'Aptien ne dépasse pas 30 mètres.

##### **\*L'Albien:-**

Se constitue par une alternance de marnes, de grés de sables et des calcaires avec des passages de Silice e d'argile. D'après les coupes géologiques et les sondages faites, l'épaisseur de cet étage varie de 100 à 150 mètres et peut atteindre 200 mètres dans d'autres endroits. Sa limites inférieure est constituée par le toit de la barre Aptienne, alors que sa limite supérieure est caractérisée par l'apparition des faciès argileux-carbonatés.

##### **\*Le Vraconien:-**

C'est une zone de transition entre l'Albien sableux et le Cénomaniens argileux-carbonaté. L'étage est constitué principalement d'une alternance irrégulière de niveaux argileux-dolomitiques. On montre aussi des argiles sableuses et de rares passé de grés à ciment calcaires. L'épaisseur varie de 250 à 300 mètres.

Il constitue une couverture importante de l'étage Albien en raison de ses niveaux argileux importants.

**b)- Le crétacé moyen:-****\*Le Cénomaniens:-**

Les coupes géologiques de tous les forages réalisés dans la région montrent que cet étage est formé par une alternance de dolomites, de calcaires dolomitiques des marnes dolomitiques d'argiles et d'anhydrites. La limite inférieure de cet étage est caractérisée par l'apparition d'évaporites et de dolomites qui la distinguent nettement, la limite supérieure se caractérise par l'apparition d'évaporites et des calcaires correspondant à la limite inférieure du Turonien. Cet étage fait le rôle d'une roche imperméable.

**\*Le Turonien:-**

Cet étage représente la base du complexe terminal. En général, il est carbonaté et formé par des calcaires dolomitiques et des dolomites microcristallines compactées avec des intercalations de calcaires Turonien et parfois de marnes. L'épaisseur de l'étage varie d'un endroit à dépassant les 650 mètres parfois.

**c)- Le crétacé supérieur:-****\*Le Sénonien:-**

En consultant la majorité des études géologiques faites du Sahara Algérienne, on remarque que le Sénonien se forme de deux ensembles qui se différencient de point de vue faciès:-

A la base on a le Sénonien lagunaire et au sommet on a le Sénonien carbonaté.

**-Le Sénonien lagunaire :-**

Se caractérise par un faciès évaporé avec des argiles ou ces derniers sont aisément de ceux du Turonien. Il est constitué d'anhydrites, de calcaires dolomitiques, d'argiles et surtout de bancs de sel massif dont l'épaisseur est voisine de 150 mètres. En haut, cette formation est limitée par le toit de la dernière intercalation anhydride.

**-Le Sénonien carbonaté:-**

Ce deuxième sous étage est constitué par des dolomites, des calcaires, dolomitiques avec des intercalations macro-argileuses et en grande partie par des calcaires fissurés. Il faut mentionner que l'existence d'une continuité lithologique entre le Sénonien

carbonaté et l'Eocène qui présentent des calcaires de même nature de nummilités. Son épaisseur dépasse parfois les 300 mètres.

### **II-2-2-Formation du 1<sup>er</sup> tertiaire:-**

#### **a)-L'Eocène :-**

Avec une épaisseur de 150 à 200 mètres, cet horizon est formé des sables et des argiles. On rencontre parfois des gypses et des graviers.

On remarque aussi que l'Eocène est carbonaté à sa base tandis que sa partie supérieure est marquée par des argiles de type lagunaire.

#### **b)-Le Miopliocène:-**

Il se repose sur le primaire d'une part et sur le Crétacé inférieur, le Turonien, le Cénomaniens et l'Eocène d'une autre part, appartient à l'ensemble appelé communément Complexe Terminal (CT).

La majorité des coupes et des sondages qui captent cet horizon, montrent que le Miopliocène est constitué par un empilement de niveau alternativement sablo-argileux avec des intercalations gypseuses et des passés degrés.

La couche Miopliocène du grand Sahara Oriental est séparée en quatre niveaux selon Bel et Damargue:-

#### **\*Niveau argileux:-**

Caractérisé par sa petite épaisseur et son existence dans centrale du Sahara Oriental. Il constitue avec l'Eocène Lagunaire et les argiles de la base du Miopliocène, une barrière peu perméable entre les nappes de Sénonien-Eocène carbonaté et celles du Pontien sableux.

#### **\*Niveau grés-sableux:-**

Sur le plan hydrogéologique, ce niveau est le plus intéressant, il a une épaisseur presque régulière le long tout le Sahara oriental.

Son sommet se charge progressivement d'argiles et on trouve parfois des graviers à sa base. C'est à ce niveau que se rattache le principal horizon aquifère du Complexe Terminal.

**\*Niveau argileux:-**

Ce niveau comprend les lentilles sableuses qui peuvent former le quatrième niveau (sableux) du Miopliocène. De point de vue hydrogéologique, ce niveau ne représente pas un grand intérêt.

**\*Niveau sableux:-**

Ce niveau représente le deuxième horizon de l'aquifère du Complexe Terminal de point de vue hydrogéologique, ce niveau sableux représente un grand intérêt vu qu'il correspond à la nappe des sables du Complexe Terminal.

**II-2-3-Formation du Quaternaire:-**

Ces formations se représentent sous la forme des dunes de sables (dont le dépôt se poursuit encore de nos jours). Les terrains quaternaires représentent la couverture superficielle qui se localise surtout au niveau des dépressions et couvrent la plus grande extension au niveau du bas Sahara. Ils sont formés d'un matériel et éolien d'où on trouve la formation des alluvions sableuses et argileuses.

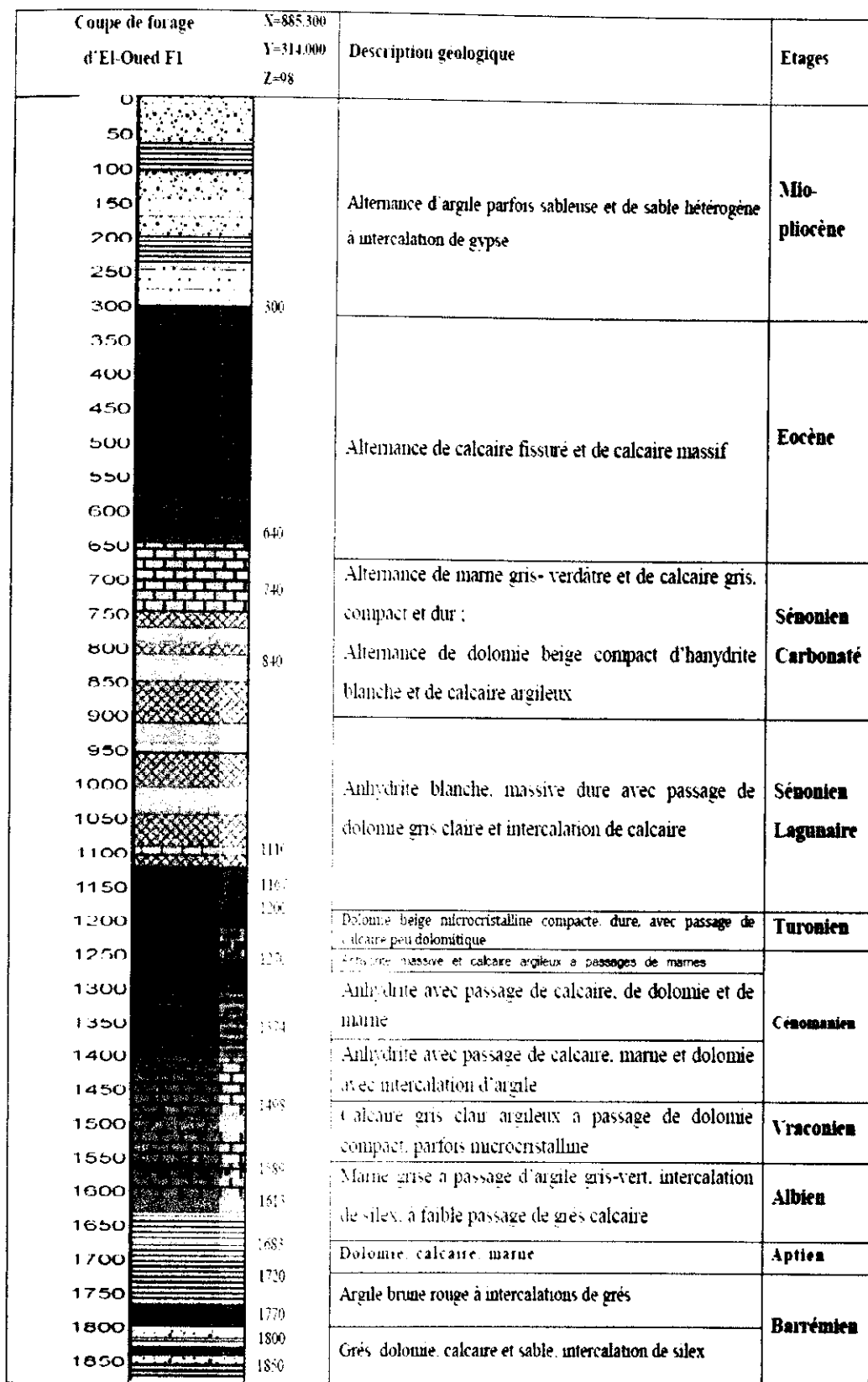


Fig.(5):coupe du forage Albien N°1 de la ville d'EL-oued (source DRE El-oued)

**III-1-Introduction:-**

Le climat joue un grand rôle dans les activités humaines, tels que consommation d'énergie, la production agricole, et essentiellement l'utilisation et consommation de certaines ressources telles que l'eau.

Les aspects essentiels de l'environnement relevant immédiatement de climatologie. Elle permet de donner et estimer une évaluation des réserves souterraines.

On définit le climat comme l'ensemble de phénomènes météorologiques caractérisant l'état moyen de l'atmosphère en un point quelconque de la surface de la terre.

Dans notre cas, les données relatives aux différentes composantes qui régissent le climat de la région d'Oued-souf ont été recueillies d'après Office National de Météorologie (ONM), station de Guemar. Ces composantes sont:- l'humidité, la vitesse du vent, l'insolation, l'évapotranspiration, les précipitations et la température.

**III-3- L'humidité:-**

L'humidité représente le pourcentage d'eau dans l'atmosphère. Le tableau (III-1) ci-dessous présente les valeurs de l'humidité relatives moyennes de 36ans (1989 à 2000). L'histogramme décollant permet de distinguer les mois secs des mois humides. Janvier, février, mars, octobre, novembre et décembre sont les mois humides ( $H_{moy} > 47.85\%$ ) alors que les mois restants de l'année sont secs. Le taux d'humidité varie autour de sa moyenne 48.85%.

**Tableau (III-1):Répartition de la moyenne mensuelle de l'humidité (1989-2000)**

<b>Mois</b>	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	<b>Moy</b>
<b>H%</b>	64.61	54.75	48.66	43.72	39.66	34.43	
<b>Mois</b>	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc	62.24
<b>H(%)</b>	32.51	33.85	44.03	51.83	60.57	65.59	

**D'après mémoire de Sahraoui B. (ONM 2009)**

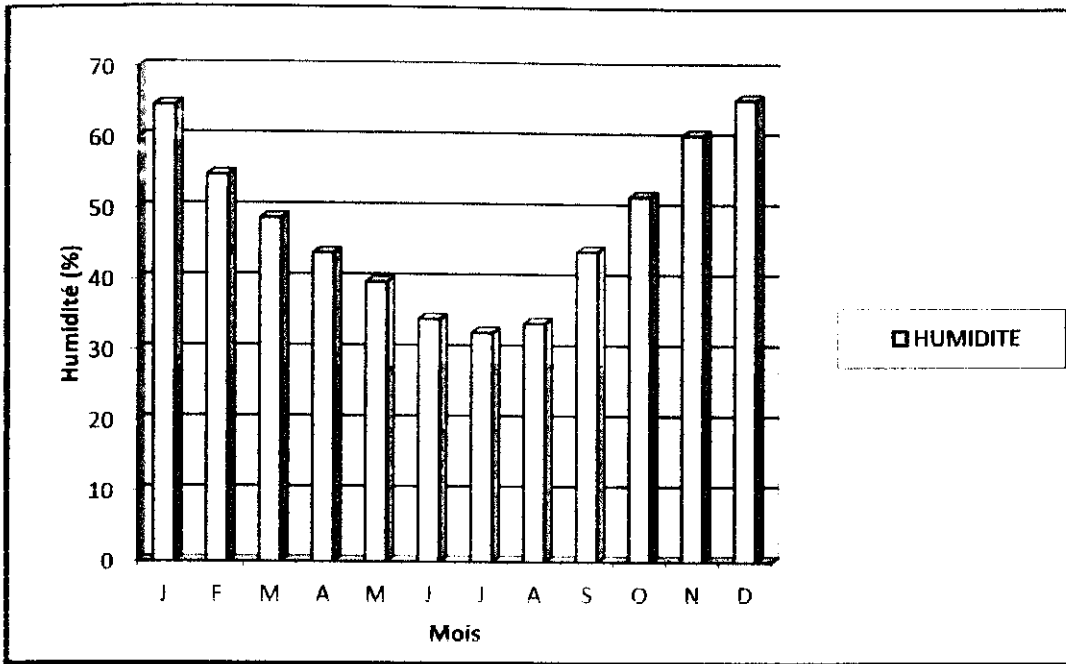


Fig.(6): Répartition de la moyenne mensuelle de l'humidité (1989-2000)

#### III-4- Le vent:-

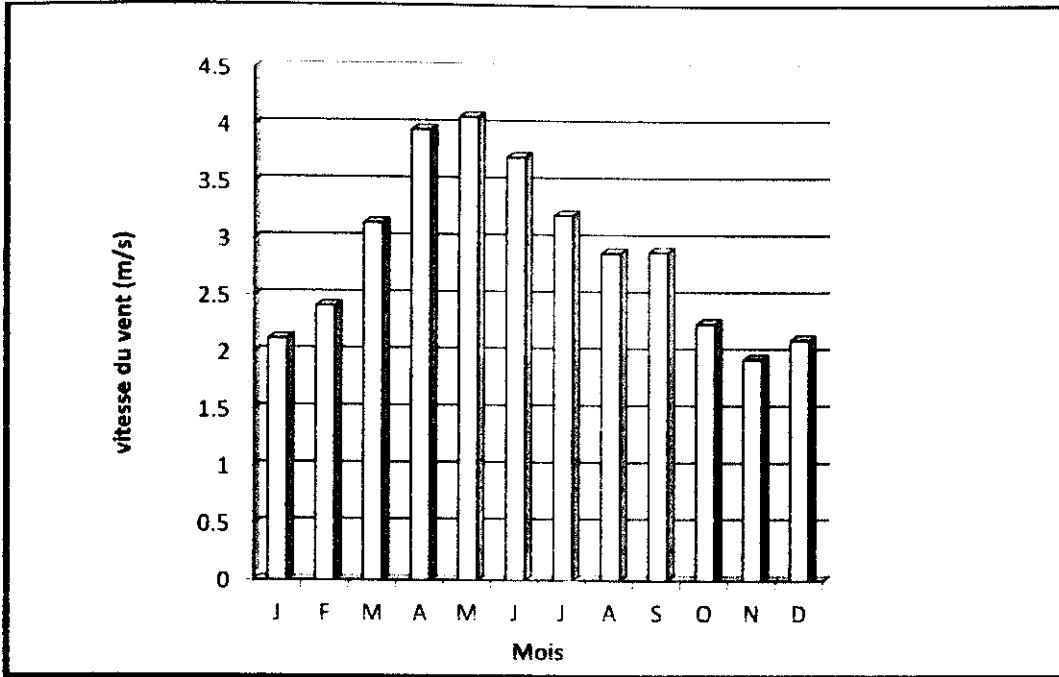
C'est l'un des éléments les plus caractérisant le climat, déterminé par sa direction sa vitesse et sa fréquence. Les vents dans la région d'étude soufflant de l'Est vers le Nord-est sont les plus dominants en été provoquant des courants d'air chauds parfois avoisiné de vagues de sables.

La vitesse moyenne du vent est enregistrée pour la période de (1989 à 2000) sont indiquées dans le tableau suivant:-

Tableau (III-2): Répartition de la moyenne mensuelle de la vitesse du vent (89-2000)

Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	$V_{Moy}$
V (m/s)	2.12	2.41	3.14	3.96	4.07	3.72	
Mois	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc	2.98
V(m/s)	3.21	2.88	2.89	2.26	1.95	2.12	

D'après mémoire de Sahraoui B. (ONM 2001)



**Fig.(7): Répartition de la moyenne mensuelle de la vitesse du vent (1989-2000)**

**III-5- L'insolation :-**

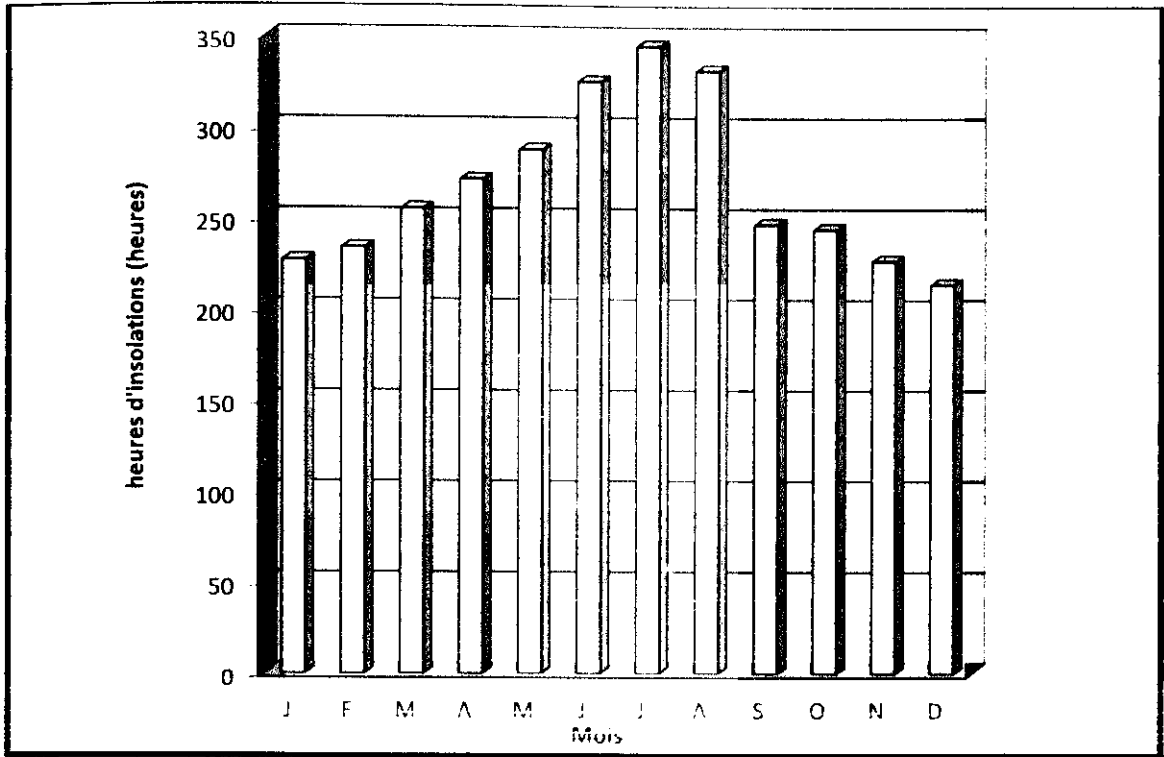
Le temps ou la durée que prend le soleil en apparition s'appelle insolation, elle est exprimée en heures, elle varie en fonction de la latitude qui détermine la longueur des jours et le degré d'obliquité des rayons solaires.

Les valeurs d'insolation moyennes mensuelles observées durant 36 ans (de 1978 à 2014), sont citées dans le tableau suivant:-

**Tableau (III-3): Les heures d'insolation moyennes mensuelles (1989-2014)**

Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	INS <sub>moy</sub>
INS (H)	227.08	234.03	255.55	271.80	288.14	325.63	
Mois	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc	268
INS(H)	345.30	331.7	247.26	244.58	227.16	214.23	

**D'après mémoire de Sahraoui B. (ONM 2001)**



**Fig. (8): Répartition de la moyenne mensuelle de l'insolation (1989-2000).**

D'après l'histogramme dressé ci-dessus, on remarque que les mois : avril, mai, juin, juillet, et août sont les mois les plus chauds. Les mois de novembre, décembre et janvier sont les mois les plus froids. Le maximum d'insolation est 345.30heures au mois de juillet, le minimum est de 214.23heures correspond au mois de décembre.

**III-6- Les précipitations:-**

Les précipitations ont un grand rôle dans les études hydrogéologiques à cause de la recharge des nappes d'aquifère à partir des eaux des précipitations infiltrées dans le sol.

Pour les zones sahariennes, les précipitations jouent un rôle moins important de fait de leur faible quantité d'une part et de la forte température d'autre part. Les moyennes mensuelles interannuelles des précipitations sur la période de 36 ans (de 1978 à 2014) sont indiquées dans le tableau ci-dessous:-

Tableau (III-4): Les précipitations moyennes mensuelles interannuelles (1989-2014)

mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
P (mm)	17.64	2.49	6.83	6.76	5.51	0.81	0.36	2.07	6.96	6.46	6.7	6.8	69.39

D'après mémoire de Sahraoui B. (ONM 2016)

D'après ce tableau, l'histogramme des variations moyennes mensuelles interannuelles des précipitations sont produites du mois de novembre jusqu'au mois de mars.

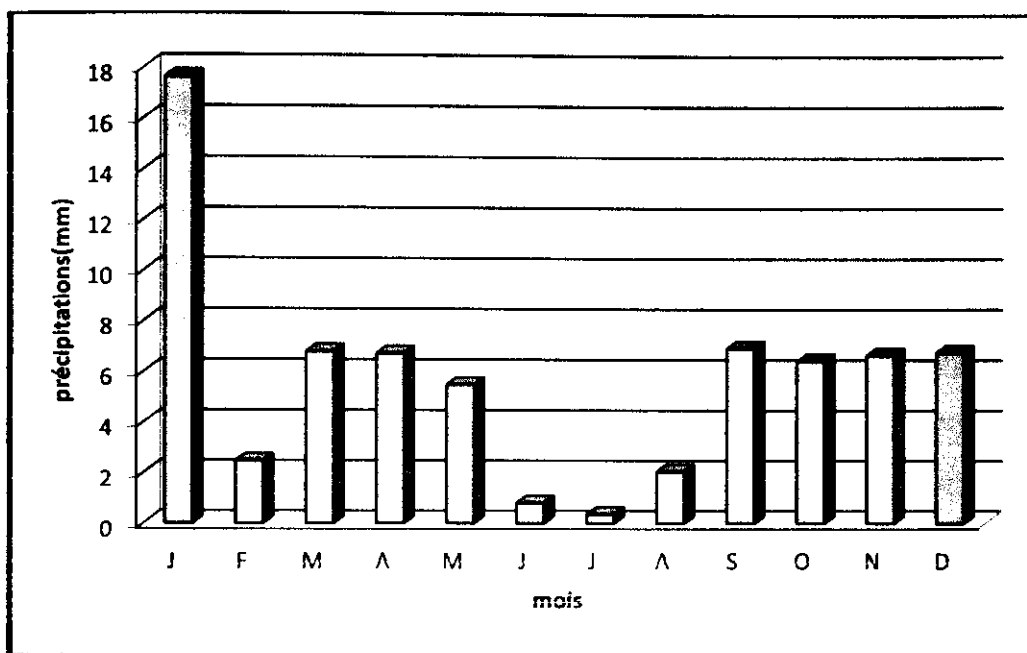


Fig.(9): Répartition des précipitations moyennes mensuelles interannuelles (1989-2014)

La précipitation mensuelle maximale est au mois de janvier avec 17.64mm, la précipitation mensuelle minimale est au mois de juillet avec 0.36mm.

De plus, la moyenne des précipitations interannuelles sont regroupées dans le tableau (III-5). Les régimes des précipitations sont différents d'une saison à une autre.

Durant l'été, elles sont faibles à cause des dépressions de Mousson, en hiver, leur provenance est due aux dépressions accompagnant la migration des fronts polaires vers le sud. Pendant la période intermédiaire, les précipitations sont causées par les dépressions Soudano-Sahariennes du sud vers le nord.

Tableau (III-5):Les précipitations interannuelles (1989-2014)

Année	P(mm)	année	P(mm)	année	P(mm)
89-90	173.60	98-99	130	2007-2008	56.3
90-91	73.80	99-2000	77.6	2008-2009	31.4
91-92	67	2000-2001	37.3	2009-2010	193
92-93	35.30	2001-2002	52	2010-2011	48.50
93-94	58.80	2002-2003	32	2011-2012	29.50
94-95	24	2003-2004	97.9	2012-2013	22.9
95-96	151.10	2004-2005	133.5	2013-2014	26.10
96-97	30.30	2005-2006	35.7	<b>P<sub>moy</sub> annuelle</b>	72.38
97-98	74.80	2006-2007	121.3		

D'après mémoire de Sahraoui B. (ONM 2016)

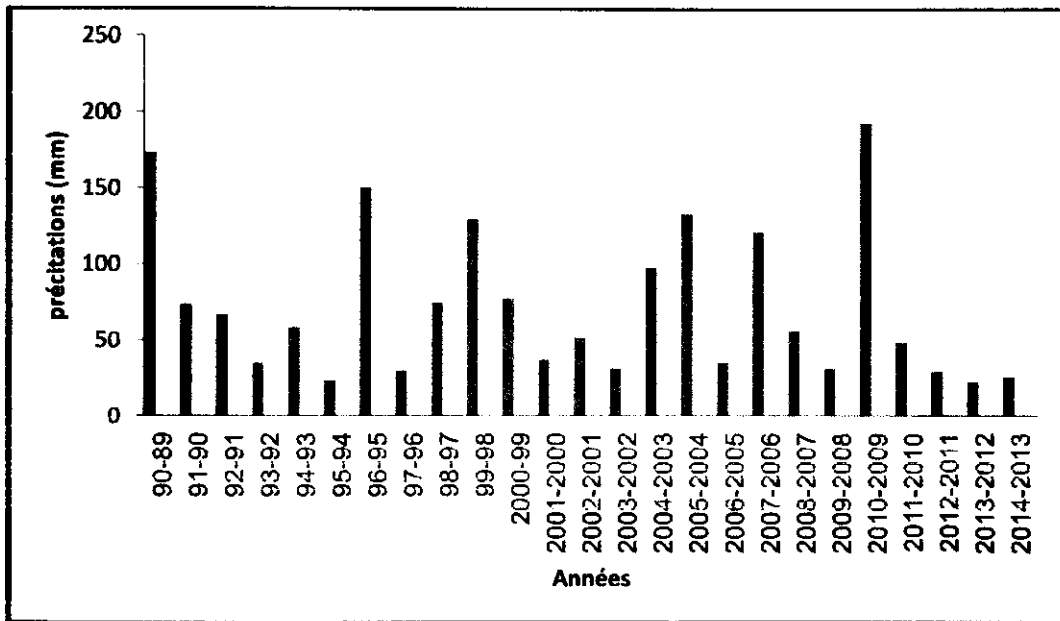


Fig. (10):Répartition des précipitations interannuelles (1989-2014)

III -7-La température:-

La température est un facteur très important qui influe sur les autres paramètres météorologiques tels que l'évaporation et le taux d'humidité de l'atmosphère. Elle joue un grand rôle sur le climat donc, elle est un paramètre déterminant dans le calcul hydrogéologique.

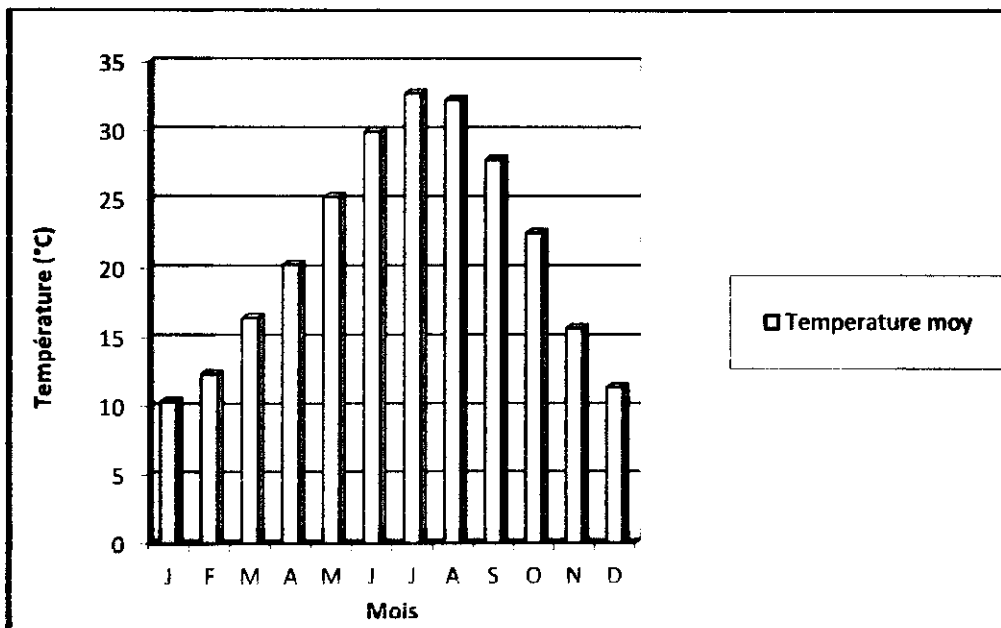
D'après le tableau (III-6) et l'histogramme des variations moyennes des températures moyennes mensuelles (fig.) on remarque que les températures moyennes mensuelles sont élevées entre les mois de mai et septembre ( $T \geq 25^{\circ}\text{C}$ ) et sont basses en mois de décembre et janvier ( $10.42^{\circ}\text{C}$ ). La température moyenne est de  $21.47^{\circ}\text{C}$ .

**Tableau (III-6): Répartition de la moyenne mensuelle de la température (1989-2014)**

Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	$T_{\text{moy}}$
$T^{\circ}\text{C}$	10.42	12.43	16.5	20.35	25.23	29.95	
Mois	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc	21.47
$T^{\circ}\text{C}$	32.74	32.28	27.94	22.65	15.74	11.45	

D'après mémoire de **Sabraoui B. (ONM 2016)**

La température moyenne maximale est  $32.74^{\circ}\text{C}$  au mois de juillet, la température moyenne minimale est  $10.42^{\circ}\text{C}$  au mois de janvier, alors que la température moyenne annuelle est de  $22.56^{\circ}\text{C}$  pour la même période (1978-2014), d'après la station météorologique de Guemar.



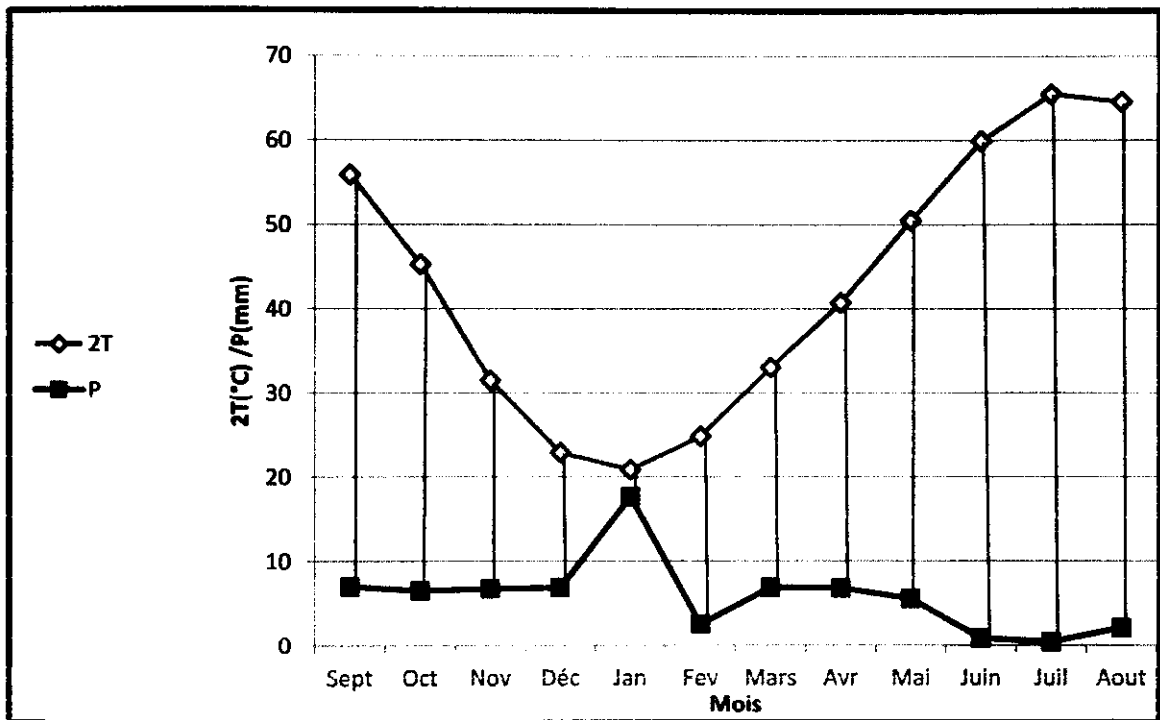
**Fig(11): Répartition de la moyenne mensuelle de la température (1989-2014)**

**III-8-Diagramme pluvio-thermique:-**

Un mois sec se définit selon Bagnouls et Gaussen (1953- 1957) comme celui ayant un total pluviométrique (en mm) égale ou inférieure au double de la température ( $P = 2T^{\circ}$ ). Ainsi on constate à partir de ce diagramme que la période sèche est étendue sur tout les mois de l'année.

**Tableau (III-7):Les données des températures et précipitations mensuelles (1989-2014)**

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
<b>T(C°)</b>	27.94	22.65	15.74	11.45	10.42	12.43	16.50	20.35	25.23	29.95	32.74	32.28
<b>2T(C°)</b>	55.88	45.3	31.48	22.90	20.84	24.86	33	40.7	50.46	59.9	65.48	64.56
<b>P(mm)</b>	6.96	6.46	6.7	6.8	17.64	2.49	6.83	6.76	5.51	0.81	0.36	2.07



**Fig(12):Diagramme pluvio-thermique de la région d'Oued-souf (1989-2014)**

La zone hachurée se trouvant entre les deux courbes, représente la période sèche.

**III-9- Indice de De Martonne:-**

Cet indice est fonction de la température et la précipitation, il est calculé par la relation

suivante :  $I = P / (T + 10)$  avec :

I : indice d'aridité.

**P:** précipitation moyenne annuelle en (mm).

**T:** température moyenne annuelles (en C°).

$T_{\text{moy}} = 22.56\text{C}^\circ$  ,  $P = 72.38\text{mm}$ .

Ce qui nous donne :  $I = 2.13$

Suivant les valeurs de (**I**) indice de Martonne la classification suivante est établie :

- $I < 5$  : climat hyperaride.
- $7.5 < I < 10$  climat steppique.
- $10 < I < 20$  climat semi-aride.
- $20 < I < 30$  climat tempéré.

D'après la valeur de l'indice (**I**) calculée la région d'Oued-souf bénéficie d'un climat hyperaride.

### III-10- Indice d'aridité mensuelle:-

Cet indice est définie par la formule suivante:-  $I = 12P / T + 10$  ou:

**I:** indice d'aridité mensuelle:-

**P:** précipitation moyenne mensuelle en (mm).

**T:** température moyenne mensuelle en (°C)

Après l'application de la formule on a les résultats sur le tableau suivant:-

**Tableau (III-8):L'indice d'aridité mensuelle.**

Mois	P(mm)	T(°C)	I	Etage d'aridité
Sept	6.96	27.94	2.20	Hyperaride
Oct	6.46	22.65	2.37	Hyperaride
Nov	6.7	15.74	3.12	Hyperaride
Déc	6.8	11.45	3.80	Hyperaride
Janv	17.64	10.42	10.37	Hyperaride
Fev	2.49	12.43	1.33	Hyperaride
Mars	6.83	16.5	3.09	Hyperaride
Avr	6.76	20.35	2.67	Hyperaride
Mai	5.51	25.23	1.88	Hyperaride
Juin	0.81	29.95	0.74	Hyperaride
Juillet	0.36	32.74	0.10	Hyperaride
Aout	2.07	32.28	0.59	Hyperaride

Selon la classification de De Martonne, seul le mois de Janvier est semi-aride alors que tous les autres mois sont hyperarides.

### III-11- Estimation de l'évapotranspiration:-

L'évaporation représente le processus au cours duquel l'eau se transforme en vapeur. L'ensemble des processus d'évaporation et transpiration est connu sous le nom d'évapotranspiration. Cette dernière est l'une des composantes fondamentales du cycle hydrogéologique.

On distingue :

- **ETR** : l'évapotranspiration réelle qui est la quantité d'eau évaporée et transpirée.
- **ETP** : l'évapotranspiration potentielle qui est la quantité d'eau qui pourrait être évapotranspirée si le sol connaît suffisamment d'eau.

#### a)-Estimation de l'évapotranspiration potentielle (ETP):-

Mr G. W. Thornthwaite (1948) a donné la formule pour l'estimation de ce paramètre :

$$ETP = 16(10T/I)^a$$

- **ETP** : l'évapotranspiration en (mm).
- **T** : température moyenne en (C°).
- **I =  $\sum i$**  avec  $i = (T/5)^{1.514}$ .
- **a =  $(1.6.I / 100) + 0.5$**
- Les valeurs de l'**ETP** obtenues sont corrigées par un coefficient de correction **K** qui dépend de la latitude de la zone d'étude. L'évapotranspiration ainsi calculée est dite

évapotranspiration corrigée :  $ETP_c = K \cdot ETP$ . Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant:

Tableau (III-9): Tableau de calcul de PETP<sub>c</sub>.

Paramètres mois	T(C°)	i	ETP (mm)	K	ETP <sub>c</sub> (mm)
Septembre	27.94	13.531	127.949	1.03	131.79
Octobre	22.65	9.847	78.370	0.97	76.02
Novembre	15.74	5.676	33.498	0.88	29.48
Décembre	11.45	2.290	15.932	0.86	13.70
Janvier	10.42	3.039	12.784	0.88	11.25
Février	12.43	3.969	19.300	0.86	16.60
Mars	16.50	6.095	37.398	1.03	38.52
Avril	20.35	8.373	61.031	1.09	66.52
Mai	25.23	11.594	100.823	1.19	119.98
Juin	29.95	15.032	150.485	1.20	180.58
Juillet	32.74	17.202	185.280	1.22	226.04
Aout	32.28	16.837	179.257	1.15	206.15
<b>Total</b>	/	<b>I=Σi=</b> <b>114.707</b>	<b>1002.114</b>	/	<b>1116.62</b>

**b)-Estimation de l'évapotranspiration réelle (ETR):-**

Ce paramètre peut être calculé par la méthode de Ture à partir de la formule suivante :

$$ETR = P / (0.9 + P^2 / L^2)^{1/2} \quad \text{Avec :}$$

-ETR : évapotranspiration réelle

-P: précipitation moyenne annuelle

-T : température moyenne annuelle

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

On a :  $T = 22.56^\circ\text{C}$  et  $P = 72.38 \text{ mm}$

$$I_r = 300 + (25 \times 22.56) + (0.05 \times 22.56^2) = 1438.09$$

D'où:  $ETR = 76.18 \text{ mm/an}$

### III-12- Bilan hydrique:

Lorsque les précipitations sont supérieures à l'ETP, l'évapotranspiration réelle (ETR) serait égale à l'ETP. Le surplus d'eau disponible sera emmagasiné dans le sol jusqu'à ce que soit atteinte la capacité de rétention. Au delà il y aura un excédent.

Lorsque les précipitations sont inférieures à l'ETP, deux cas peuvent se présenter :

- \* aussi longtemps que la réserve utile (RFU) sera capable de combler la différence entre les précipitations et ETP, l'ETR sera égale à l'ETP.
- \* au delà l'ETR sera égale à P, il y aura apparition du déficit agricole (DA).

D'après Thornthwaite le bilan hydrologique mensuel peut être établi avec l'intégration des précipitations (P) et ETP pour estimer les paramètres suivants :

- \* l'évapotranspiration réelle ETR.
- \* la réserve facilement utilisable RFU.
- \* le déficit agricole DA.
- \* l'excédent (water surplus) EX.

**Tableau (III-10):Tableau de calcul du bilan hydrique.**

Mois	P	ETP	P-ETP	RFU	ETR	DA	EX
S	6.96	131.780	-124.820	0	6.96	0.00	0
O	6.46	76.020	-69.560	0	6.46	194.38	0
N	6.7	29.480	-22.780	0	6.7	217.16	0
D	6.8	13.700	-6.900	0	6.8	224.06	0
J	17.64	11.250	6.390	6.39	11.25	217.67	0
F	2.49	16.600	-14.110	0	2.49	231.78	0
M	6.83	38.520	-31.690	0	6.83	263.47	0
A	6.76	66.520	-59.760	0	6.76	323.23	0
m	5.51	119.980	-114.470	0	5.51	437.70	0
J	0.81	180.580	-179.770	0	0.81	617.47	0
J	0.36	226.040	-225.680	0	0.36	843.15	0
A	2.07	206.150	-204.080	0	2.07	1047.23	0
<b>Total</b>	<b>69.39</b>	<b>1116.620</b>	<b>1047.230</b>	<b>6.39</b>	<b>63</b>	<b>1047.23</b>	<b>0</b>

**III-12-Ruissellement et infiltration:-**

En 1961, M.T. Tixeront et Berkaloff ont donné une relation qui permet de calculer le ruissellement à partir des précipitations moyennes annuelles et de l'évapotranspiration potentielle calculée selon la méthode de Thornthwaite:-

$$R = P^3 / 3(ETP)^2 \quad \text{avec :}$$

- **R**: le ruissellement en (mm).
- **P**: précipitation moyenne mensuelle en (mm).
- **ETP**: l'évapotranspiration potentielle en (mm).

Application:  $R = (69.39)^3 / 3(1116.62)^2 = 0.089 \text{ mm.}$

De même on calcule la valeur des infiltrations à partir de la formule suivante:-

$$I = P - ETR - R \quad \text{avec :}$$

- **I** : les infiltrations en (mm).
- **P**: précipitation moyenne mensuelle en (mm).
- **ETR**: l'évapotranspiration réelle en (mm).
- **R**: le ruissellement en (mm).

Application:  $I = 69.39 - 63 - 0.089 = 6.301 \text{ mm.}$

Ces eaux d'infiltrations s'écoulent directement dans la nappe superficielle (phréatique), la nappe du complexe terminal de la région de souf ne peut être alimentée par les eaux d'infiltration à cause de la composition géologique de la région caractérisée par l'existence d'un substratum imperméable en haut de cet aquifère.

**III-13- Conclusion:-**

D'après l'analyse des paramètres hydro-climatologiques de la région de Oued-souf on déduit les remarques suivantes:-

\*La température moyenne mensuelle est de l'ordre de 21.47°C, les températures sont très élevées à la saison d'été surtout au mois de juillet et Aout. Elles sont basses à la saison d'hiver au mois de décembre et Janvier surtout les nuits.

\* L'humidité se présente au mois de Décembre avec une moyenne interannuelle de 62.24%.

- \*L'insolation est faible au mois de Décembre avec une moyenne de 214.23 heures.
- \* L'évaporation est très élevée au mois de Juillet et Aout vue la brillance du soleil très élevée: (314.30mm/mois).
- \* Les précipitations moyennes mensuelles sont faibles, elles sont de l'ordre de 69.39mm
- \* L'ETP est de l'ordre de : 1116.62mm.
- \*L'ETR est égale à 63mm.
- \*les ruissellements sont égaux à 0.089 mm.
- \*Les infiltrations sont égales à 6.301 mm.

**IV-1- Notion d'aquifère :**

Un aquifère est une formation géologique ou une roche suffisamment poreuse et/ou fissurée (pour stocker de grandes quantités d'eau) tout en étant suffisamment perméable pour que l'eau puisse y circuler librement. Pour se représenter un aquifère, il faut imaginer un vaste réservoir naturel de stockage d'eau souterraine.

**IV-2- Aquifères de la région d'étude :**

Les études géologiques faites dans la région d'Oued-Souf ont montrés l'existence de trois horizons d'aquifères de haut en bas comme suit :

**IV-2-1-La nappe superficielle ou nappe phréatique (libre) :**

Elle est contenue dans les formations continentales du Quaternaire. Ce sont des sables fins localement intercalés d'argiles sableuses et gypseuses lenticulaires. Elle couvre toute la région d'étude.

Cette nappe se localise à des profondeurs qui varient de 00 à 60 mètres, elle représente la source principale en des palmiers et les surfaces irriguées.

La nappe phréatique est alimentée par les eaux utilisées par la population (irrigation, industrie, domestiques), la source de ces derniers provient des nappes profondes du complexe terminal et continental intercalaire (source: ANRH).

**IV-2-2-Le Complexe Terminal :**

S'étend sur une superficie de 35000km<sup>2</sup>. Il est constitué de formations de fin de crétacé supérieurs (secondaire) jusqu'à la fin du Mi pliocène (tertiaire). Cet aquifère est constitué de bas en haut par les formations de calcaires et dolomies de l'Eocène (aquifère des calcaires), de la deuxième nappe des sables du Pontien et de la première nappe des sables Miopliocène.

**a)- Nappe des calcaires :**

Cette nappe est captée en montrant l'existence de deux niveaux qui servent de repère pour la classification des eaux souterraines, du sud au nord, nous observons l'existence d'un premier niveau des calcaires mieux individualisé. Parfois, il est purement calcaire-gypseux, c'est le



niveau inférieur. Le niveau supérieur, est représenté principalement par des calcaires siliceux, il est considéré comme une zone de transition entre la nappe des calcaires et celle des sables.

Les deux niveaux sont séparés par des formations tantôt marneuses tantôt sableuses avec des passés d'argile rouge.

**b) Nappe des sables :**

Elle est engendrée par deux nappes captives, la première correspond à la formation supérieure du complexe terminal. Elle est constituée de sables grossiers et se trouvant à 280 mètres de profondeur.

La deuxième nappe des sables d'âge Pontien, au-dessus des bancs supérieurs de la nappe des calcaires en contact avec les marnes de l'Eocène inférieur et des graviers siliceux.

La profondeur de cette nappe varie entre 400 et 450 mètres, son épaisseur est de 50 mètres. L'écoulement des eaux de ces deux nappes se fait du sud-ouest vers le nord-est.

**IV-2-3-Le Continental Intercalaire (CI):**

Il s'étend sur toute la Sahara septentrionale sur une superficie de 600.000 km<sup>2</sup>, limité dans sa partie ouest par Bechar et Touat, à l'est, il s'étend sur le territoire Lybien, au sud il est limité par les affleurements du primaire et du socle et en fin au nord par l'occident sud atlasique.

La formation du Continental Intercalaire est représentée par des dépôts continentaux sableux-grésieux et sableux-argileux du crétacé inférieur, c'est un système d'aquifère multicouches dont la profondeur atteint localement plus que 2000 mètres (forage Shen Berri commune de Hassi Khelifa - source DRE El-Oued), et dont la puissance varie entre 200 et 400 mètres. Elle est exploitée artisanièrement pour l'AEP avec un débit de 170 à 200 mètres et une température qui atteint 70°C.

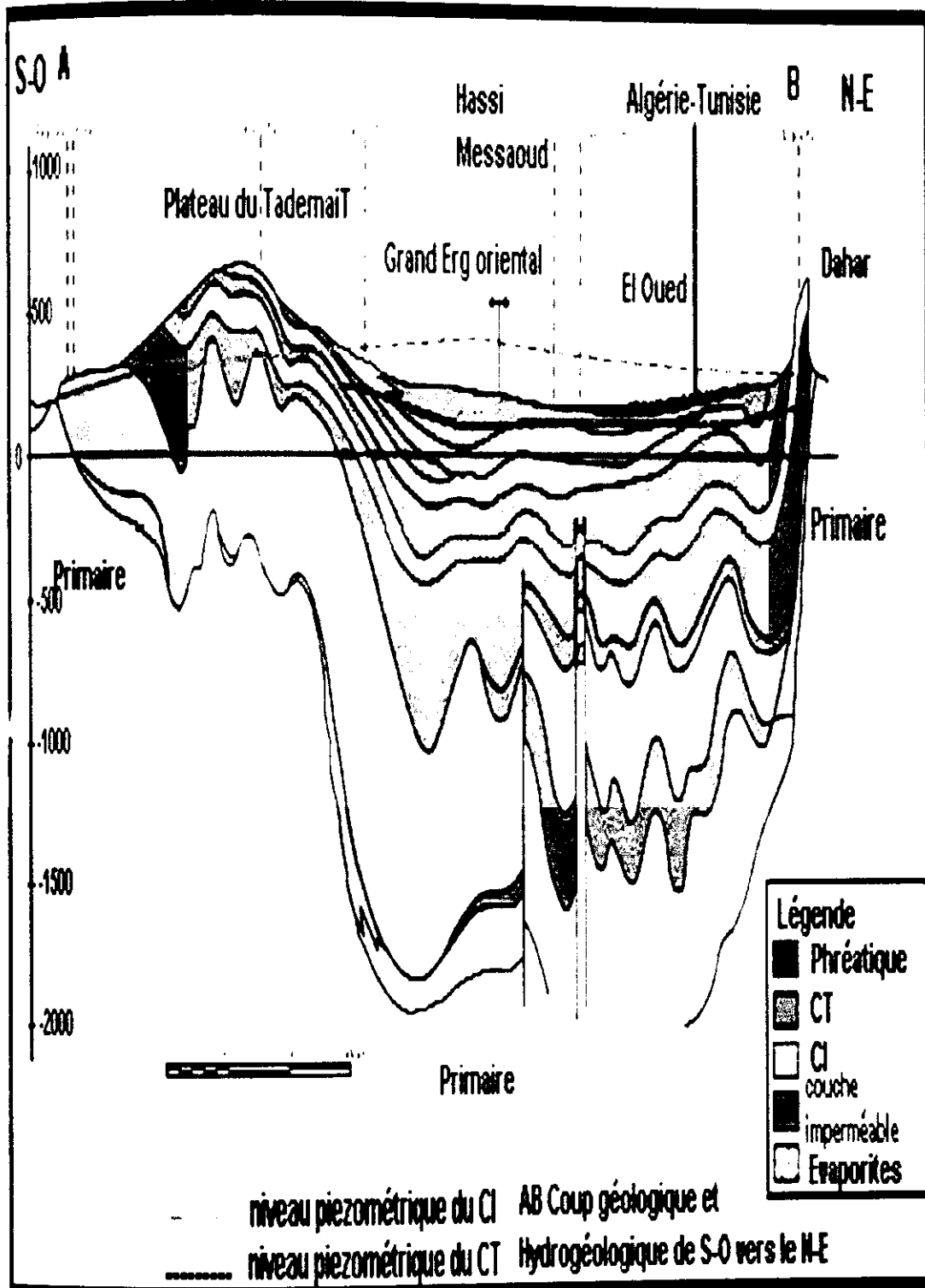


Fig. (13) : Coupe hydrogéologique du Sahara septentrionale, (UNESCO 1972)

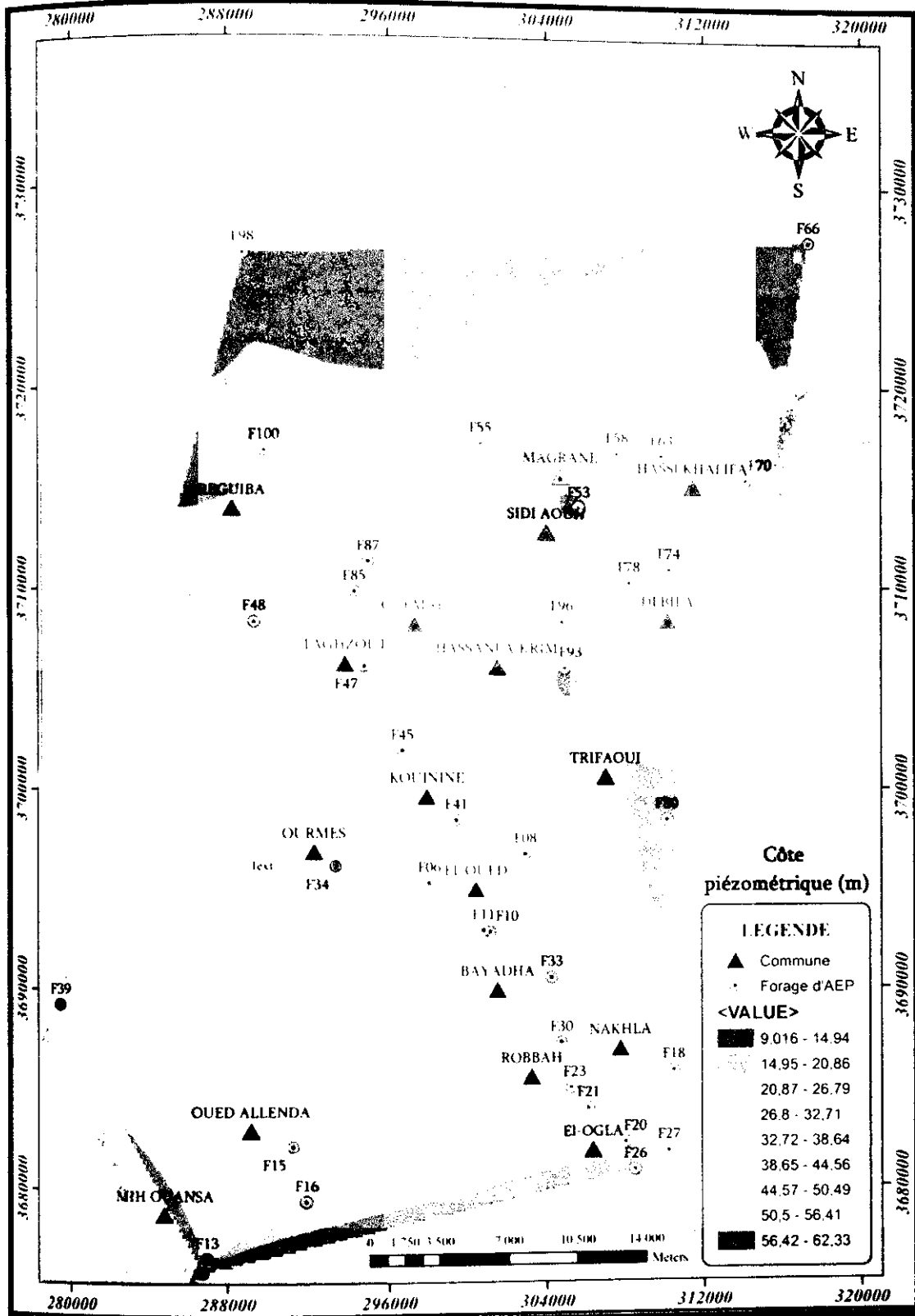


Fig. (14): Carte piézométrique de la nappe (CT) de la région de Oued-Souf.  
(Source Mr: Zaize I.-2016)

**IV-3- Productivité d'un aquifère :**

On appelle productivité, la capacité d'un aquifère à fournir, par le biais d'un captage, un débit comme : l'épaisseur de l'altération, la lithologie de l'aquifère et la profondeur de foration.

D'une autre manière, la productivité d'un forage est le débit maximum qui peut être pompé de l'ouvrage pendant une durée définie sans que le rabattement induit par le pompage ne dépasse le rabattement maximum admissible. Le rabattement maximum retenu doit être égal au rabattement maximum mesuré sans dépasser le rabattement maximum admissible (Kouamé-2013).

**IV-4- Paramètres hydrodynamiques :**

La fonction d'un aquifère est d'emmagasiner les eaux souterraines en régulant le stockage et la libération de l'eau. Les paramètres hydrodynamiques sont des indices qui définissent l'aptitude de l'aquifère à récupérer et délivrer l'eau. Ils sont indispensables pour connaître l'aquifère et ses volumes d'eau exploitables par un puit ou un forage.

**IV-4-1- La porosité :**

C'est la propriété d'un corps ou un milieu de comporter des vides interconnectés ou non. La porosité totale représente l'ensemble des vides présents dans une roche. Elle s'exprime par le rapport du volume des vides au volume total du milieu.

La porosité se présente sous différentes types:

- La porosité d'interstices : L'eau s'écoule dans les pores des roches sableuses.
- La porosité de fissures : L'eau s'écoule dans les fissures et les fractures des roches compactées sans pores interconnectés (granites, calcaires).
- La porosité de karst : Ici, l'eau s'écoule dans les réseaux des galeries ouvertes creusées par l'eau.

En général, la porosité d'interstices c'est pour les roches meubles alors que la porosité de fissures et de karst sont pour les roches compactes.

**IV-4-2-La perméabilité:**

On appelle aussi vitesse d'écoulement. C'est l'aptitude d'un milieu à se laisser traverser par

l'eau sous l'effet d'une pression (ou gradient hydraulique). Plus la perméabilité est élevée plus l'eau s'écoulera vite.

La perméabilité est due à l'existence des vides. Elle est exprimée par un coefficient appelé coefficient de perméabilité ou coefficient de Darcy (**K**)

#### **IV-4-3-La transmissivité:**

Un paramètre régissant le débit d'eau qui s'écoule par unité de longueur de la zone saturée d'un aquifère continu et par unité du gradient hydraulique.

La productivité d'un aquifère soit le débit que peut capter un forage, est fonction de son coefficient de perméabilité (**K** en m/s) et son épaisseur mouillée (**E<sub>p</sub>**). Ce paramètre est appelé Transmissivité **T** (m<sup>2</sup>/s) on a donc :  $T = K \cdot E_p$ .

#### **IV-4-4-Le coefficient d'emmagasinement :**

Il représente le rapport du volume d'eau libéré (ou emmagasiné) par unité de surface d'un aquifère pour une perte (ou un gain) de charge hydraulique donnée, c'est-à-dire une baisse (ou une hausse) de pression, sans référence de temps.

Le coefficient d'emmagasinement (**S**) représente la quantité d'eau libérée sous une variation unitaire de la charge hydraulique, c'est-à-dire sous l'effet d'une baisse du niveau d'eau.

#### **IV-4-5-Le débit spécifique :**

C'est le débit pompé dans un puit ou forage rapporté à la hauteur de rabattement dans ce puit, dans des conditions définies. C'est le débit pompé par mètres de rabattement.

Le débit spécifique nous permet d'approcher les débits que l'on peut atteindre de l'aquifère considéré et ce n'est pas un paramètre hydrodynamique proprement dit. Il varie en fonction de la transmissivité. On a:

$$Q_{sp} = Q/S_r \text{ (m}^3\text{/h/m)}.$$

Ou : **Q** – débit du forage (m<sup>3</sup>/h) et **S<sub>r</sub>** – hauteur du rabattement (m).

#### **V-5-Les essais de pompages :**

**V-5-1-Généralités :**

Les expérimentations par pompage à débit constant sur les puits et forages s'effectuent par les essais de débits (essais de pompages). Elles consistent à mesurer l'accroissement du rabattement des niveaux piézométriques en relations avec le temps de pompage et leur remontée après arrêt de pompage.

Les interprétations sont données par résolution graphique des équations de l'hydrodynamique souterraine en régime transitoire (non permanent).

Les essais de pompage sont les tests portant sur les modifications hydrodynamiques du complexe formé de l'ouvrage d'exploitation (forage, puit) et le milieu aquifère enregistré après provocation par pompage à un débit donné.

**IV-5-2-Objectifs des essais de pompages:**

L'installation d'un ouvrage (forage) pour exploiter une nappe, il fallait répondre aux questions

- Quelle est la quantité d'eau qui peut être pompée?
- A quel rythme ?
- Quelle pompe va-t-on choisir?
- A quelle profondeur l'installer?

Les essais de pompage ont pour objectifs:

1)- La détermination des différentes paramètres hydrodynamiques de la nappe (la perméabilité – transmissivité– le coefficient d'emménagement ....)

2)- Le réglage optimal d'exploitation d'un forage pour éviter la surexploitation et l'assèchement de la nappe à travers la détermination du débit spécifique, du rabattement spécifique, la productivité de l'ouvrage, le débit maximum admissible, la détermination du durée et des périodes de pompages. Aussi, la détermination de la position optimale pour l'emplacement de la pompe.

3)- La détermination des différentes réserves d'eau dans la nappes (réserve exploitable, réserve renouvelable, réserve non renouvelable).

Les essais de pompages sont faits en deux types:

**\* L'essai de nappe :**

Permet d'obtenir la transmissivité, le coefficient d'emménagement et le rayon d'action. Ce type des essais se fait par pompage de longue durée.

**\* L'essai de puits :**

Permet de déterminer les caractéristiques de l'ouvrage et de son environnement immédiat pour déterminer si l'ouvrage répond aux besoins des usagers, de définir ses limites d'exploitation et sa possibilité d'envisager les réhabilitations pendant l'exploitation (remplacement de la pompe par exemple).

Il permet aussi d'établir le programme d'équipement de l'ouvrage (tubage, crépine, massif filtrant). Ce type des essais s'effectue par palier de courte durée.

**IV-6- Etude de cas : Région de la daïra de Guemar:****IV-6-1-Inventaire des forages :**

Les paramètres des forages ont été recueillis de la direction des ressources en eau de la wilaya d'El-oued (DRE). Les données sont collectées à partir de 27 à 30 dossiers concernant la daïra de Guemar, sur lesquels on a disposé de données relativement complètes sur 15 dossiers de forages uniquement (dont 8 dossiers sont complets à 100%). Les paramètres concernés sont :

- La position ou la localité des forages.
- La nature de l'ouvrage (dans notre cas sont tous des forages),
- Les coordonnées (X, Y, Z), la profondeur totale des forages,
- Les coupes géologiques de ces forages,
- La situation géomorphologique,
- L'altitude de la base des altérites,
- La nature de l'aquifère exploitée (qui est la même pour tous les forages étudiés : le complexe terminal CT),
- Les niveaux statiques et dynamiques.

-Les débits exploités.

Les données des quinze forages sont récapitulées dans le tableau ci-dessous:-

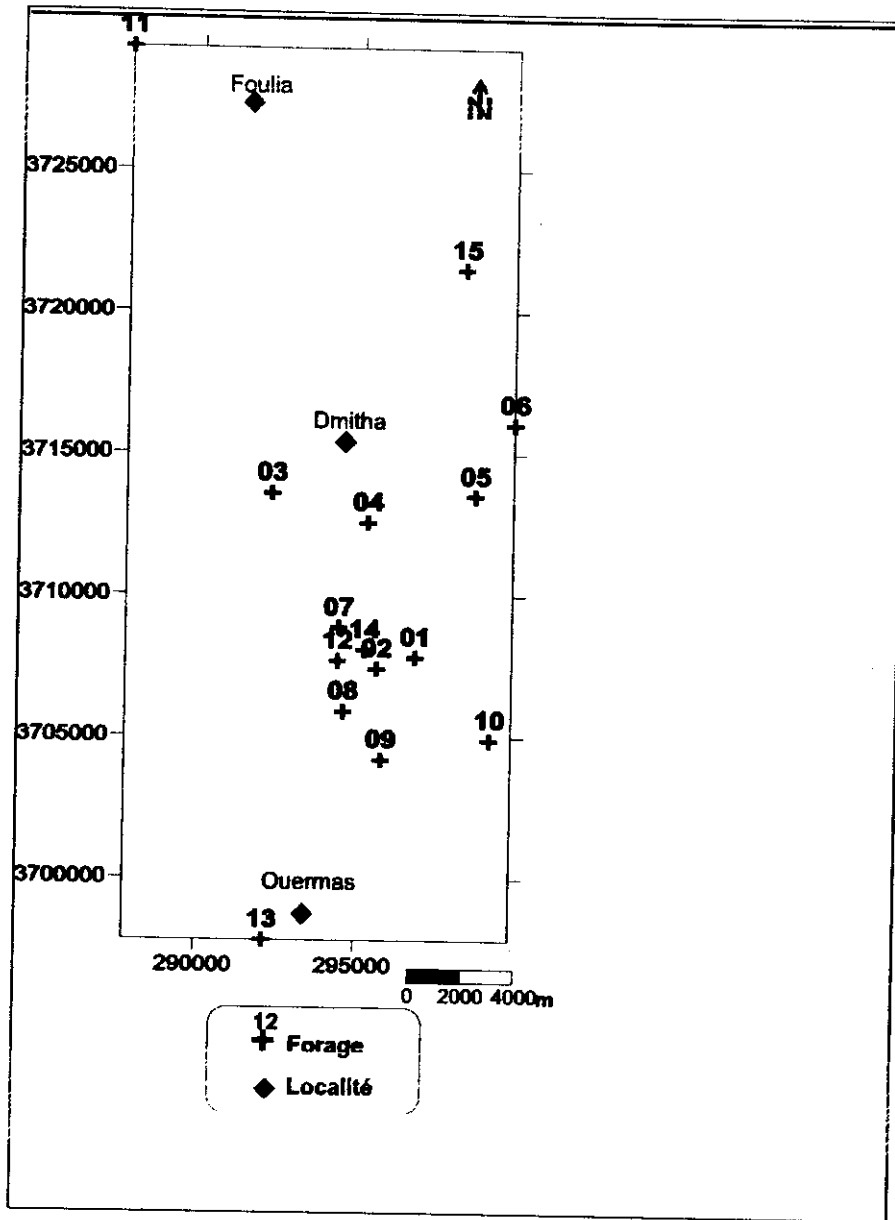
**Tableau (IV-1):Tableau de récapitulatif des données des forages**

N	Nom de forage	X (m)	Y (m)	Z (m)	Q (m <sup>3</sup> /h)	Prof (m)	N <sub>s</sub> (m)	N <sub>d</sub> (m)	E <sub>pf</sub> (m)
1	19 mai 56 - Guemar	296823.34	3707812.39	49	144	355	42.22	44.53	68
2	Bab-cherghi-Guemar	295624.28	3707406.26	60	180	348	37.5	47.7	69
3	Dmitha Guemar	292273.67	3713580.32	60	198	398	12.4	63.8	96
4	Erg-souari Guemar	295297.37	3712560.11	60	144	364	37	55	69
5	Mih-Salah Guemar	298646.73	3713506.50	53	169.2	380	27.8	32.38	70
6	Ejdaida Guemar	299860.76	3716039.16	64	144	359	39.27	46.5	48
7	Sif-nasr Guemar	294418.06	3708849.61	61	169.2	331	48.43	58.27	56
8	Istiklal-Taghzout	294587.36	3705887.29	77	144	350	26.6	32	86
9	Taghzout sud	295791.38	3704197.48	85	129.6	329	36	65.5	67
10	Echerguia-Taghzout	299190.01	3704896.66	70	180	339	54	60.50	79
11	Foulia Guemar	287743.07	3729275.20	39	126	408	13.8	/	60
12	Garbia Guemar	294140.55	3707678.99	63	126	367	31	49.2	87
13	R. Hadhoudi-Ouermes	292140.55	3697803.17	79	144	316	46.7	50.5	63
14	Bab elgarbi-Guemar	295227.59	3708061.89	74	270	359	16.5	27.5	67
15	Lmhanja Guemar	298272.55	3721496.61	50	61.2	382	30	36	58

(Source : DRE El-Oued- 2018)

De plus sont disponible les rapports de sondages contenant les essais de pompages pour huit forages et sont :-

19 mai 56, Erg-souari, Mih-Salah, Ejdaïda, Sif-nasr, Istiklal, R. Hadhoudi et Lamhania



Fig(15): Répartition spatiale des forages.

IV-6-2-Estimation de la recharge :

Les recharges de l'aquifère du complexe terminal CT ont été estimées à la cour de l'étude hydroclimatologique par la méthode de Thornthwaite qui nous donne les résultats du bilan hydrologique annuelle.

Tableau (IV-2): Tableau récapitulatif des résultats du bilan hydrique

Paramètres	Période (1978-204)
- Précipitation (mm)	69.39
- ETP (mm)	1116.62
- ETR (mm)	63
- EX (P-ETR)(mm)	6.39
- Ruissellement (mm)	0.089
- Infiltration (mm)	63.301

#### IV-6-3-Estimation des paramètres hydrodynamiques :

Peuvent nous renseigner sur la productivité de l'aquifère et déterminer les horizons productifs en rapport avec la composition lithologique de la formation de cette aquifère.

Pour déterminer les horizons productifs en rapport avec la lithologie, ces méthodes statistiques les résultats de ces analyses avec les données utilisées sont ceux prises pendant l'observation du rabattement et de la remontée dans les forages à la cour des essais de pompage. L'interprétation de ces données est devraient aussi indiquer les profondeurs optimales les plus correctes possibles pour arrêter la phase de foration, en tenant compte des paramètres hydrodynamique faite la solution analytique de la relation de Cooper-Jacob:

$$S_r = (0.183/T)Q \cdot \log(t_p + t_r/t_r) \quad (1)$$

Ou :  $S_r$ : rabattement résiduel(m).

- $t_p$ : durée de pompage (s).
- $t_r$ : temps écoulé depuis l'arrêt d pompage (temps résiduel variable en(s)).
- $Q$ : débits de pompage ( $m^3/s$ ).
- $T$ : transmissivité ( $m^2/s$ ).

Pour cela il faut :

- Porter sur une échelle semi-logarithmique le rabattement résiduel en fonction de  $(t_p + t_r/t_r)$  c'est-à-dire  $S_r = f(\log(t_p + t_r/t_r))$  et on obtient ainsi une droite.

- Calculer la pente de cette droite :  $C = \Delta S_r = S_{r2} - S_{r1}$

La transmissivité est estimée par une approche empirique :

$$T=0.183Q/C \quad (2)$$

En utilisant les résultats des essais de pompages des forages on dresse les courbes  $S_r = f(\log t)$  puis on détermine les valeurs de C pour chaque forage analytiquement , on a donc:

**\*Forage du 19 mai 1956-1 :**

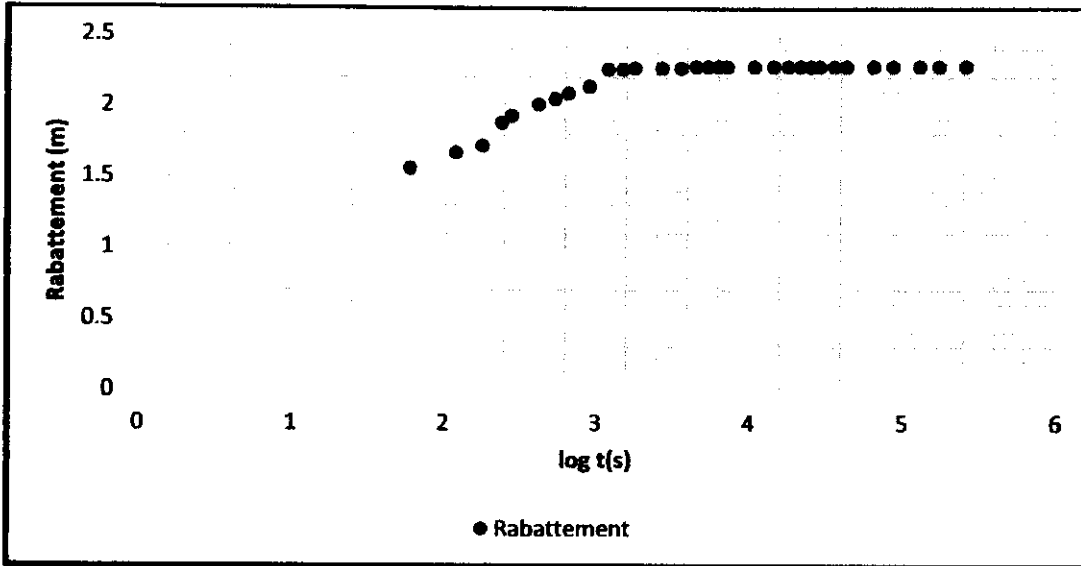


Fig.(16): Courbe du forage 19 mai 1956-1-

D'après la courbe, on tire la valeur de  $C = \Delta S = 0.54$ .

**\*Forage de Erg-souari -F4:**

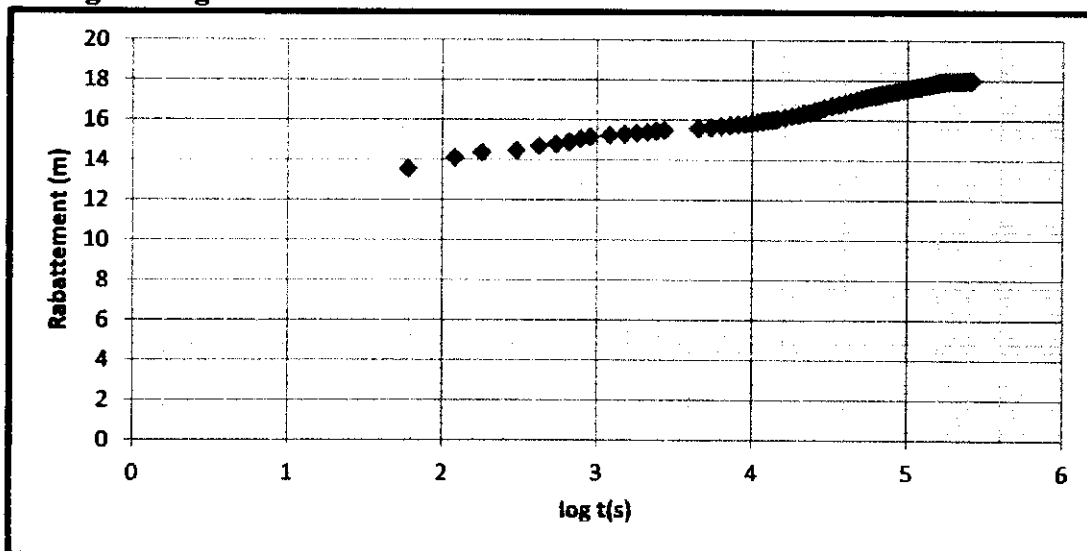


Fig.(17): Courbe du forage de Erg-souari-4-

D'après la courbe on tire ainsi la valeur de  $C = \Delta S = 1.2$ .

**\*Forage de Mih-Salah –5:**

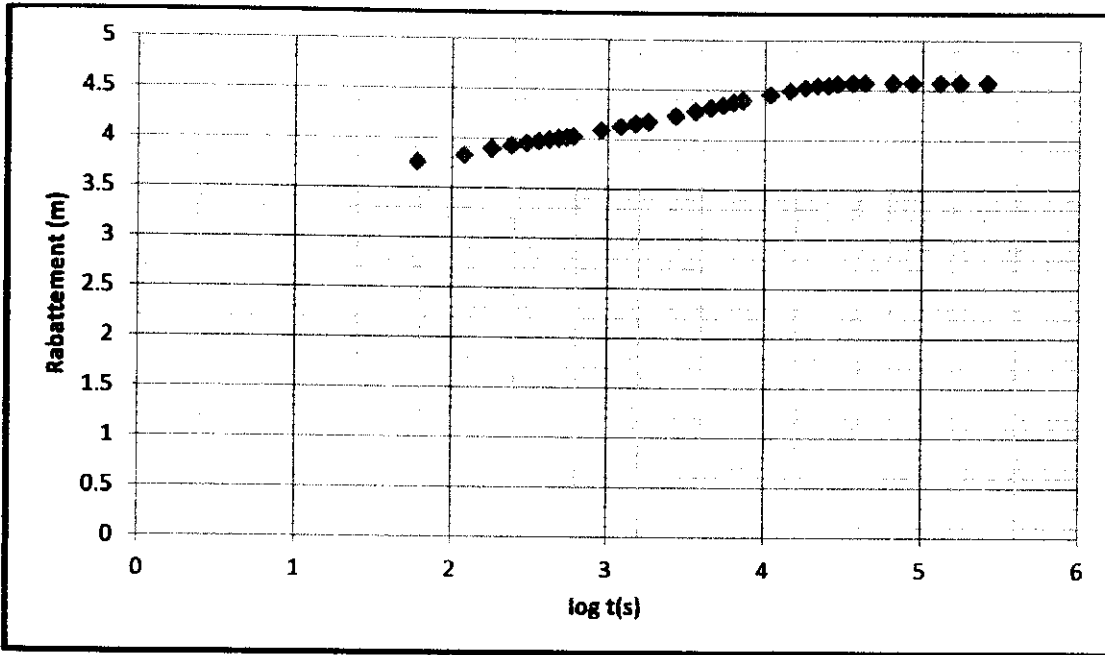


Fig.(18): Courbe du forage de Mih salah-5-

D'après la courbe, pour un module logarithmique, on tire ainsi la valeur de  $C = \Delta S = 0.46$  ;

**\*Forage d'Ejdaida –6:**

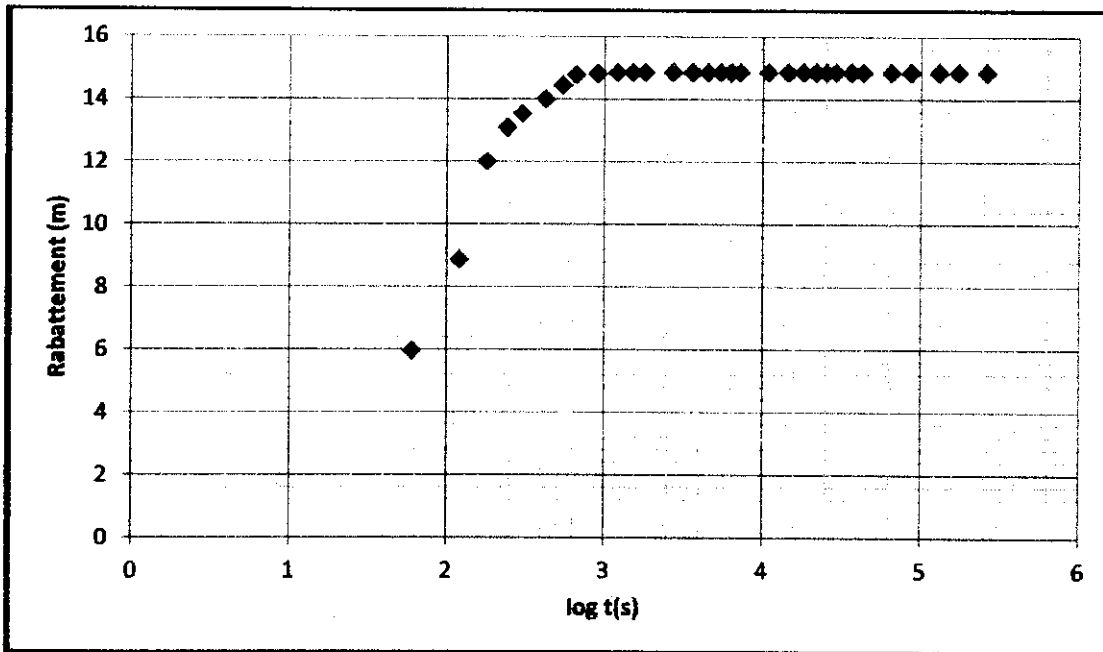


Fig.(19): Courbe du forage de Ejdaida-6-

On tire la valeur de  $C = \Delta S = 4$  ;

\*Forage de Sif-nasr -7:

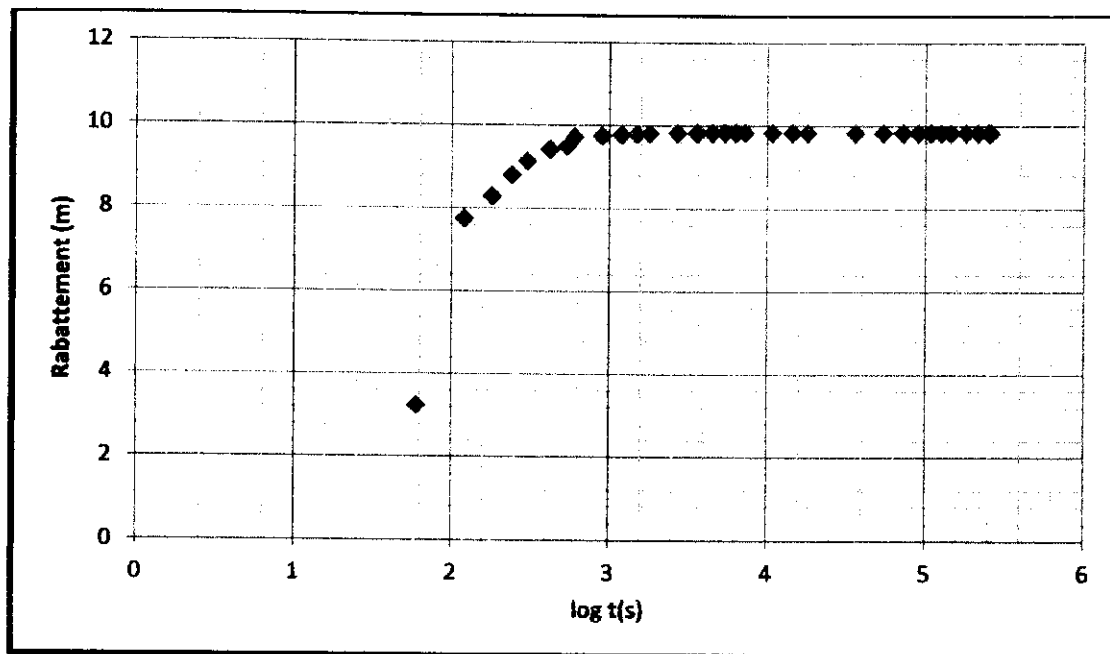


Fig.(20): Courbe du forage de Sif Nasre-7-

On tire la valeur de  $C = \Delta S = 2.60$  ;

\*Forage de l'Istiklal 8:

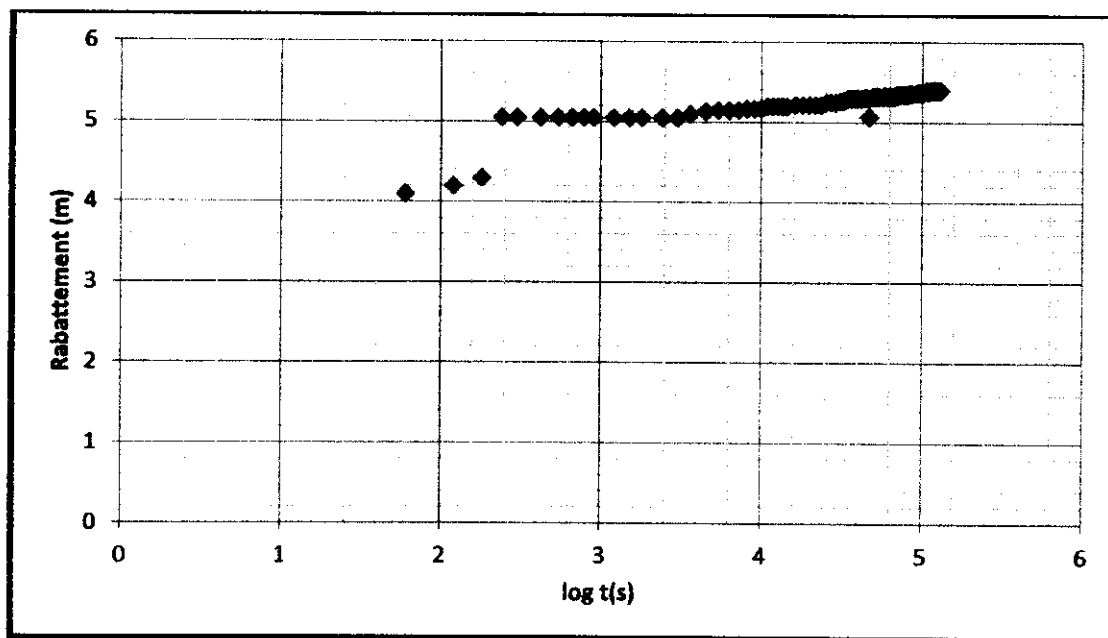


Fig.(21): Courbe du forage de l'Istiklal-8-

On tire la valeur de  $C = \Delta S = 0.20$ .

\*Forage de Taghzout sud -9:

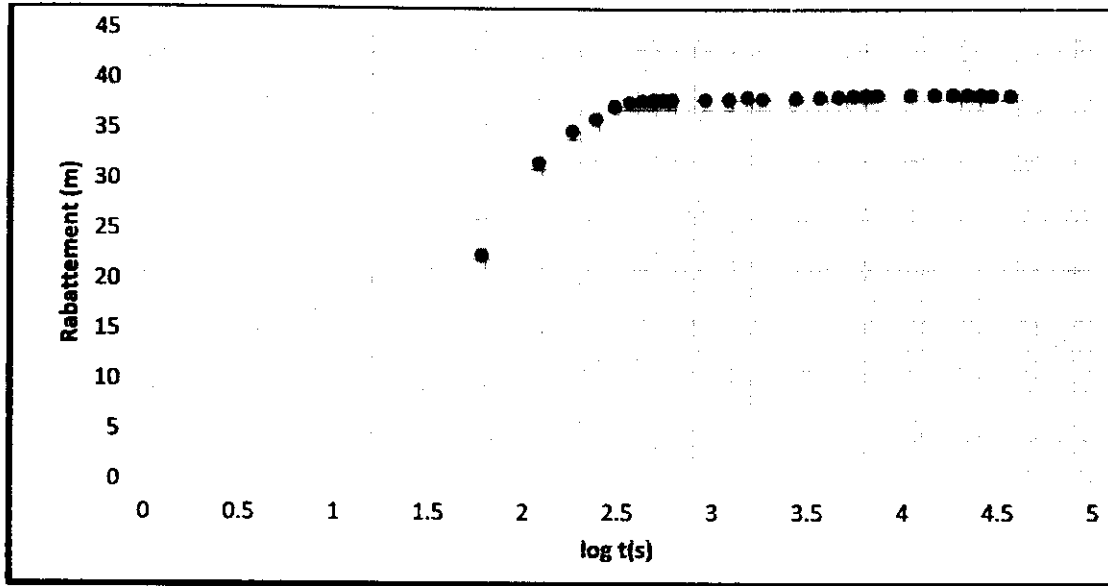


Fig.(22): Courbe du forage de Taghzout sud-9-

On tire la valeur de  $C = \Delta S = 7.4$  ;

\*Forage de Lamhania -15-:

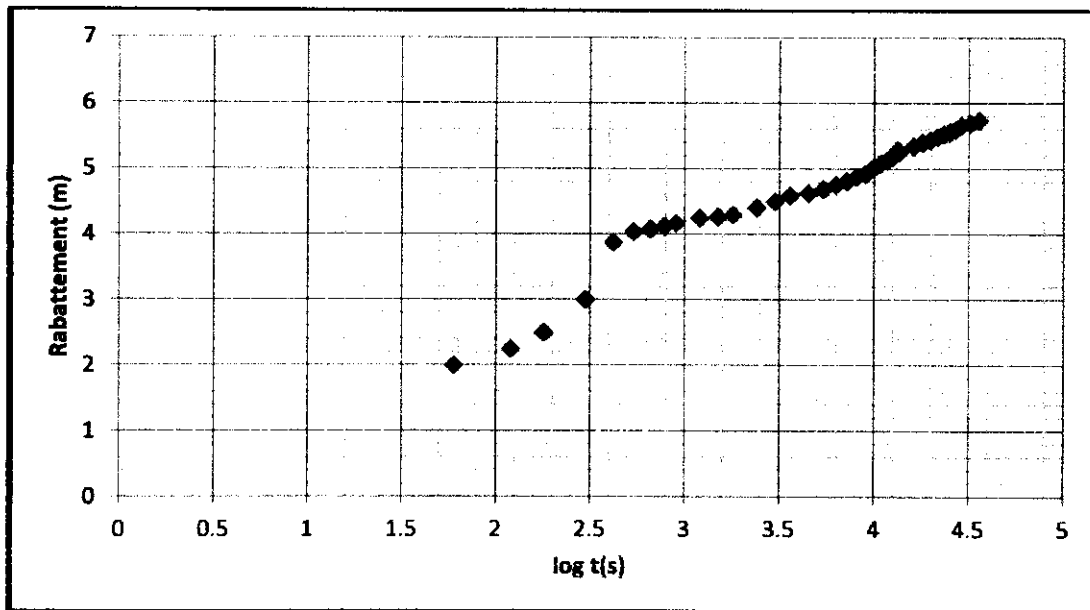


Fig.(23): Courbe du forage de Lamhania -15-

On tire la valeur de  $C = \Delta S = 0.66$  ;

Après la détermination des valeurs de C, en se basant sur la formule(2):  $T = 0.183Q/C$  , on

calcule les valeurs de T. On a donc le tableau suivant :

Tableau (IV-3):Tableau de calcul de la transmissivité :

Forage	Valeurs de C	Q(m <sup>3</sup> /s)	T(m <sup>2</sup> /s)
1	0.54	0.040	0.13*10 <sup>-2</sup>
4	1.2	0.040	0.61*10 <sup>-2</sup>
5	0.46	0.047	0.18*10 <sup>-2</sup>
6	4	0.040	0.18*10 <sup>-2</sup>
7	2.6	0.047	0.33*10 <sup>-2</sup>
8	0.20	0.040	2.44*10 <sup>-2</sup>
9	7.4	0.036	0.12*10 <sup>-2</sup>
15	0.66	0.017	0.47*10 <sup>-2</sup>

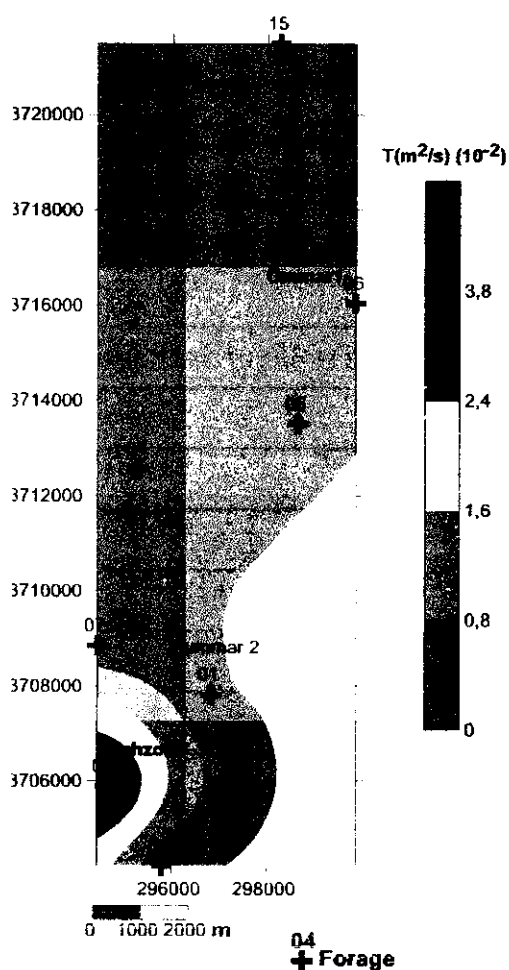


Fig.(24) : Carte des valeurs de transmissivité de la région d'étude

Aussi, on détermine les valeurs de la perméabilité  $K = T/E_{pf}$  ou :

T est la transmissivité en m<sup>2</sup>/s et E<sub>pf</sub> est l'épaisseur de la formation en (m). Les valeurs de K sont données sur le tableau suivant :

Tableau (IV-4):Tableau de calcul de la perméabilité.

N° Forage	$E_{pr}$ (m)	K (m/s)
1	68	$1.91 \cdot 10^{-5}$
4	69	$8.84 \cdot 10^{-5}$
5	70	$2.57 \cdot 10^{-5}$
6	48	$3.75 \cdot 10^{-5}$
7	56	$5.89 \cdot 10^{-5}$
8	86	$28.3 \cdot 10^{-5}$
9	67	$1.79 \cdot 10^{-5}$
15	58	$8.10 \cdot 10^{-5}$

De même, le débit spécifique  $Q_{sp}$  qui est le rapport entre le débit pompé  $Q$  et le rabattement maximal  $Sr_{max}$ , est un autre paramètre qu'on doit déterminer à partir des essais de pompage par paliers.

On a:  $Q_{sp} = Q/Sr_{max}$  ( $m^3/s/m$ ). (3)

Ou :  $Q$  = débit du forage en ( $m^3/s$ ) et  $Sr_{max}$  = hauteur maximal du rabattement en (m).

Tableau (IV-5):Tableau de calcul du débit spécifique des forages.

N° Forage	Q ( $m^3/h$ )	$N_s$ (m)	$N_d$ (m)	$Sr_{max} = N_d - N_s$ (m)	$Q_{sp}$ ( $m^3/S/m$ )
1	144	42.22	44.53	2.31	0.0173
2	180	37.50	47.70	10.20	0.0049
3	198	12.40	63.80	51.40	0.0010
4	144	37.00	55.00	18.00	0.0022
5	169.2	27.80	32.38	4.58	0.0102
6	144	39.27	46.50	7.23	0.0055
7	169.2	48.43	58.27	9.84	0.0047
8	144	26.60	32.00	5.40	0.0074
9	129.6	36.00	65.50	29.50	0.0012
10	180	54.00	60.50	6.50	0.0076
11	126	13.80	/	/	/
12	126	16.00	34.20	18.20	0.0019
13	144	46.70	50.50	3.80	0.0105
14	270	16.50	27.50	11.00	0.0068
15	61.20	30.00	36.00	6.00	0.0028

L'analyse statistique des paramètres de tous les forages étudiés sont reportés sur le tableau ci-dessous:

**Tableau (IV-6):** Tableau récapitulatif des paramètres des forages.

Paramètres	Effectif	moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type
Ct du forage : Z (m)	15	62.93	39	85	15.40
Profondeur: P <sub>r</sub> (m)	15	359.67	316	406	25.42
Niveau stat. N <sub>s</sub> (m)	15	32.28	12.40	54	12.48
Débit du forage Q (m <sup>3</sup> /h)	15	155.28	61.20	270	45.08
Transmissivité T (m <sup>2</sup> /s)	8	0.56*10 <sup>-2</sup>	0.12*10 <sup>-2</sup>	2.44*10 <sup>-2</sup>	0.78*10 <sup>-2</sup>
Perméabilité K (m/s)	8	7.65*10 <sup>-5</sup>	1.91*10 <sup>-5</sup>	2.83*10 <sup>-4</sup>	8.8*10 <sup>-5</sup>
Débit spécifique: Q <sub>sp</sub> (m <sup>3</sup> /s/m)	14	5.95*10 <sup>-3</sup>	1*10 <sup>-3</sup>	1.73*10 <sup>-2</sup>	4.5*10 <sup>-3</sup>
Epaisseur de la formation: E <sub>pf</sub> (m)	15	69.53	48	96	12.80

**IV-6-5-Analyse des paramètres hydrodynamiques :**

D'après les résultats des valeurs de la transmissivité calculées sur la base de Cooper-Jacob, on remarque qu'elles sont comprises entre 0.12\*10<sup>-3</sup>m<sup>2</sup>/s et 2.44\*10<sup>-2</sup>m<sup>2</sup>/s avec une moyenne de 0.56\*10<sup>-2</sup>m<sup>2</sup>/s. Le débit spécifique est variable entre 1\*10<sup>-3</sup>m<sup>3</sup>/s/m et 1.73\*10<sup>-2</sup>m<sup>3</sup>/s/m avec une moyenne de 5.95\*10<sup>-3</sup>m<sup>3</sup>/s/m. La perméabilité est comprise entre 1.91\*10<sup>-5</sup> m/s et 2.83\*10<sup>-4</sup> m/s avec une moyenne de 8.8\*10<sup>-5</sup>m/s.

**IV-6-6-Classes des débits :**

En général dans les études hydrogéologiques, la classification des débits utilisée est comme suit:

- Débits faibles:  $1 < Q < 2.5\text{m}^3/\text{h}$ .
- Débits moyens:  $2.5 < Q < 5\text{m}^3/\text{h}$ .
- Débits forts :  $Q > 5\text{m}^3/\text{h}$ .

Dans notre région d'étude, les classes des débits des forages captés dans le complexe terminal diffèrent totalement de cette classification. Les débits captés varient entre 60m<sup>3</sup>/h et 162m<sup>3</sup>/h et peuvent atteindre 180m<sup>3</sup>/h. La classification ainsi adoptée peut être comme suit :

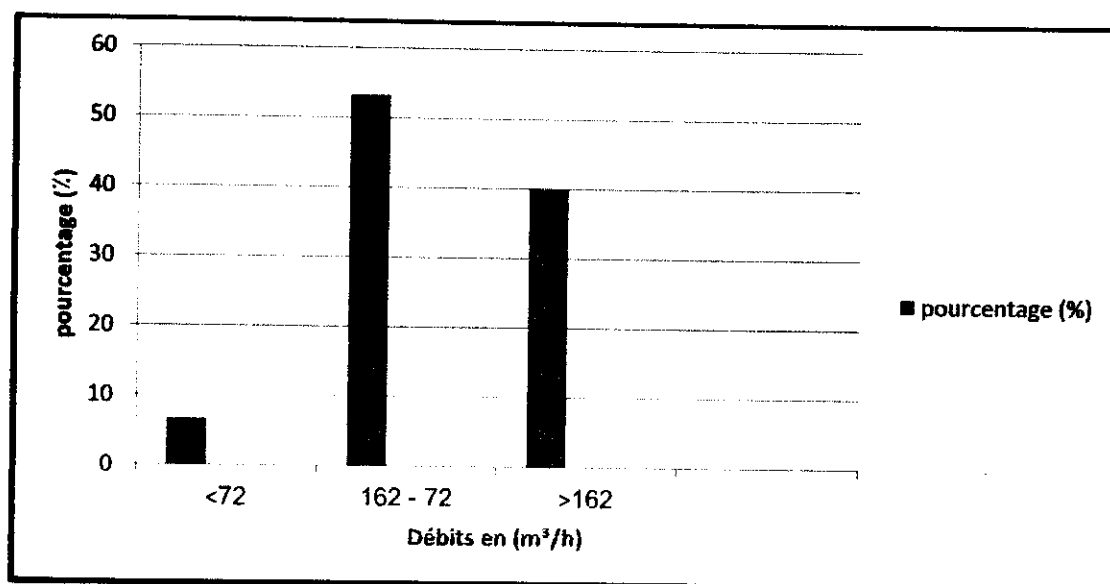
- Débits faibles:  $Q < 72\text{ m}^3/\text{h}$ .

- Débits moyens:  $72 < Q < 162 \text{ m}^3/\text{h}$ .

- Débits forts :  $Q > 162 \text{ m}^3/\text{h}$ . D'où on a le tableau suivant:

**Tableau (IV-7):** Tableau des pourcentages des débits selon les classes.

Classes de débits ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	Nombre de forages (u)	Pourcentage (%)
$Q < 72$	01	6.67
$72 < Q < 162$	08	53.33
$Q > 162$	06	40



**Fig. (25):** Répartition des pourcentages des débits selon leurs classes.

D'après le tableau (4-4) des pourcentages des débits des forages étudiés suivant les classes adoptées, on remarque que les deux classes ( $72 < Q < 162 \text{ m}^3/\text{h}$ ) et ( $Q > 162 \text{ m}^3/\text{h}$ ) ont les plus grands pourcentages, successivement 53.33% et 40% (fig. 13).

#### IV-6-7-Situation géomorphologique des forages et des débits :

La situation géomorphologique donne le classement des forages étudiés selon leur situation dans son milieu, c'est-à-dire si les forages sont réalisés ou implantés dans une zone de plateau, sur une pente ou sur un fond de vallée. Dans notre cas ou la zone est saharienne, le terrain est en général plate, donc on peut dire que tous les forages sont réalisés sur un fond de

vallée. Cependant, l'épaisseur de couche de formation varie entre 48 m et 96 m avec une moyenne de 69.53 m et une médiane de 68 m.

**Tableau (IV-8): Statistiques de la profondeur de la formation et les débits des forages.**

Paramètres	Géomorphologie	Effectif	min	max	moy	Ecart-type	médiane
Epaisseur de la formation (m)	Plateaux	/	/	/	/	/	/
	Pentes	/	/	/	/	/	/
	Fond de Vallée (zones plates)	15	48	96	69.53	12.80	68
Débit de la formation (m <sup>3</sup> /h)	Plateaux	/	/	/	/	/	/
	Pentes	/	/	/	/	/	/
	Fond de Vallée (zones plates)	15	61.20	270	155.28	45.08	144

**IV-6-8- L'épaisseur productive et la productivité de l'horizon:**

L'étude de la relation entre les débits et l'épaisseur de la formation nous conduise à limiter les valeurs de ces paramètres. D'après les données citées dans le tableau, la valeur minimale des débits est 61.20 m<sup>3</sup>/h Alors que la valeur maximale est 270 m<sup>3</sup>/h avec une moyenne de 155.28 m<sup>3</sup>/h. Pour les épaisseurs, les valeurs minimale est égale à 48 m, la valeur maximale est de 96m avec une moyenne de 69.53 m.

**Tableau (IV-9): les débits des forages et les épaisseurs des horizons productifs.**

Forage	Débits captés (m <sup>3</sup> /h)	Epaisseurs de l'horizon productif (m)	Forage	Débits captés (m <sup>3</sup> /h)	Epaisseurs de l'horizon productif (m)
1	144	68	9	129.6	67
2	180	69	10	180	79
3	198	96	11	126	60
4	144	69	12	126	87
5	169.2	70	13	144	63
6	144	48	14	270	67
7	169.2	56	15	61.20	58
8	144	86	/	/	/

D'après le tableau ci-dessus, on dresse le graphique de la distribution des épaisseurs en fonction des débits captés.

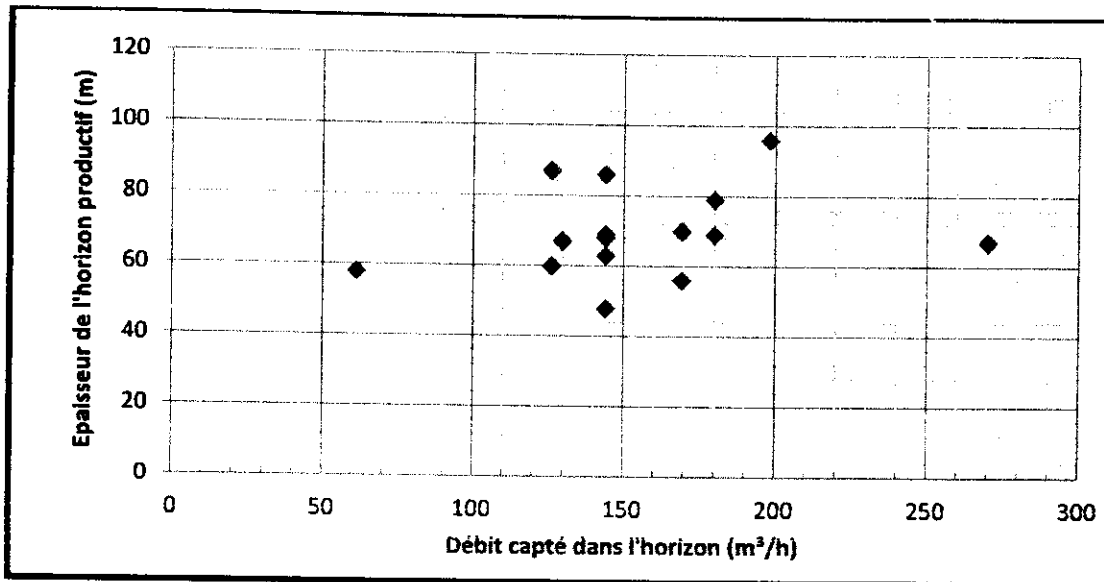


Fig. (26): Distribution des débits captés selon les épaisseurs de l'horizon productif.

D'après le tableau (IV-9) et le graphique du Fig. (26) de la distribution des épaisseurs en fonction des débits captés, on remarque que la majorité des débits sont limités entre 100m<sup>3</sup>/h et 200 m<sup>3</sup>/h, les épaisseurs sont limitées entre 40 m et 100 m.

**IV-6-9-Classes des épaisseurs productives :**

Les classes des épaisseurs productives en fonction des débits sont données dans le tableau suivant :

**Tableau (IV-10):Les débits moyens en fonction des classes des épaisseurs productives**

Epaisseurs de l'horizon(m)	Débit moyen (m <sup>3</sup> /h)	Nombre de forages (u)	Pourcentage (%)
40 - 50	144	01	6.67
50 – 60	115.20	03	20
60 – 70	168.68	07	46.67
70 – 80	180.00	01	6.67
80 - 90	156.00	03	20

A partir ce tableau on a la répartition des classes d'épaisseurs productives suivant les débits moyens:

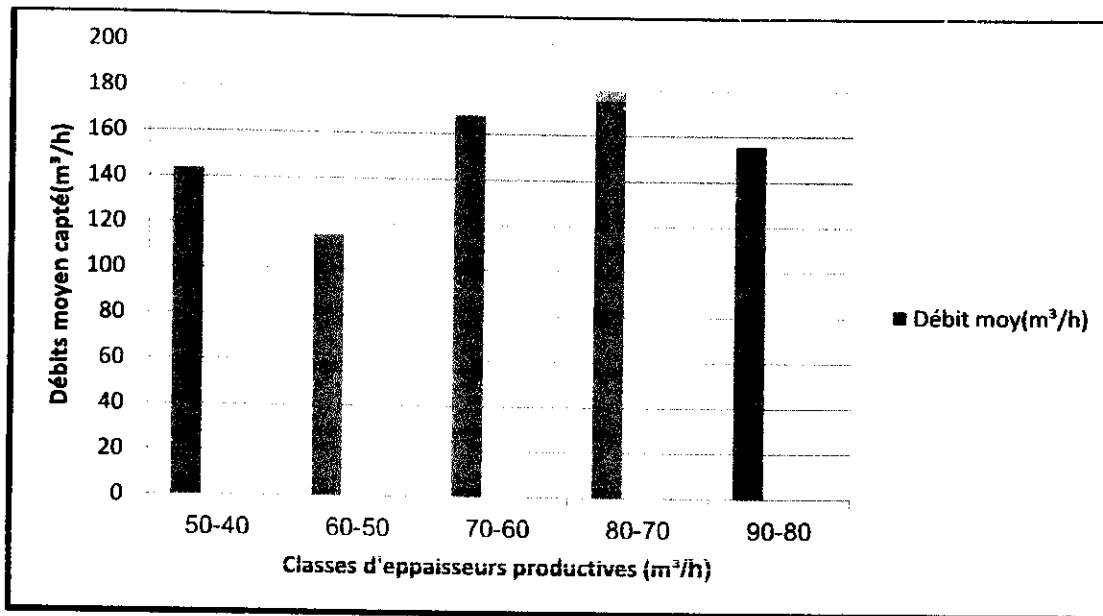


Fig.(27): Répartition des classes d'épaisseurs productives selon les débits moyens.

En consultant les classes des épaisseurs productives, on remarque que la classe d'épaisseur (60-70) est la plus productive car elle présente le plus grand pourcentage de nombre de forages (46.66%) avec un débit moyen de 168.68m³/h.

IV-6-10-La transmissivité et l'épaisseur de la formation productive:

La relation entre la transmissivité et l'épaisseur de la formation productive se montre en dressant la courbe  $T = f(E_{pr})$ , on à la figure suivant :

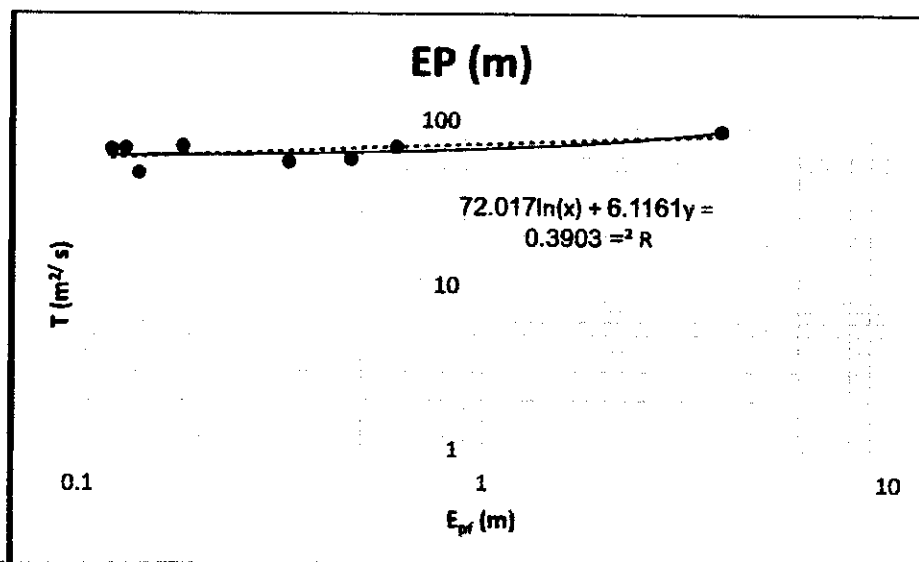


Fig.(28): Graphique de la transmissivité en fonction de l'épaisseur de la formation

On note qu'une liaison modérée entre la transmissivité et l'épaisseur de la formation captée, avec une corrélation est égale 39%, ce qui implique la productivité des formations ne semble pas établir une relation particulière avec la puissance des formations captées d'une manière générale.

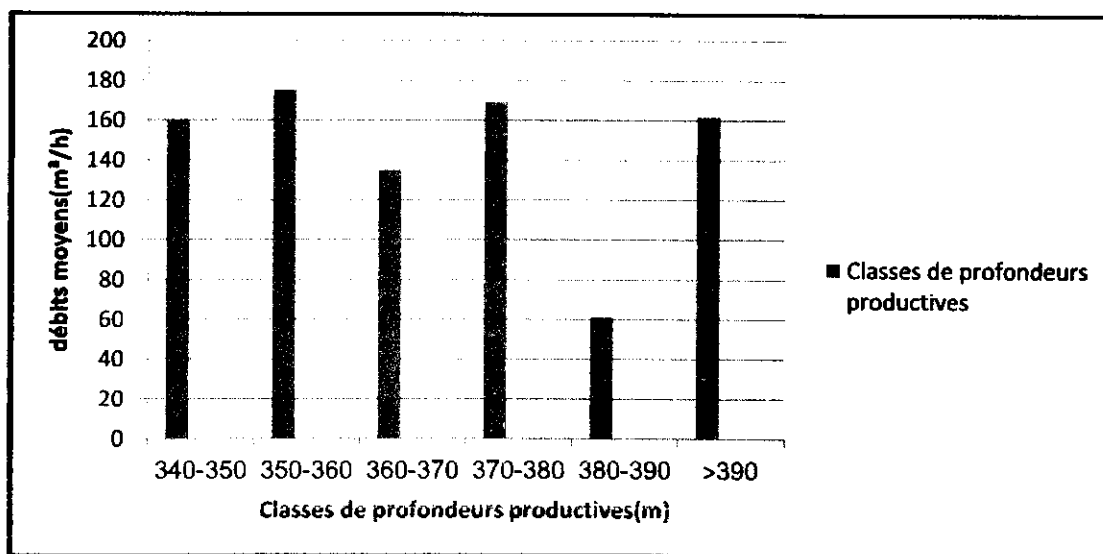
**IV-6-11-Profondeur optimale productive :**

Les profondeurs des forages sont prises à partir des coupes géologiques de chaque forage, d'où on peut dresser le tableau ci-dessous qui nous donne les profondeurs les plus productives comprises entre 340 m – 350 m et 350 m – 360 m avec des pourcentages successive de 33.33% et 26.67% avec un nombre de neuf (09) forages en tout.

**Tableau (IV-11):**Statistique des profondeurs d'altérites et les débits des forages.

Profondeurs des forages (m)	Débit moyen (m <sup>3</sup> /h)	Nombre de forages (u)	Pourcentage (%)
340 – 350	160.56	05	33.33
350 – 360	175.5	04	26.67
360 – 370	135	02	13.33
370 – 380	169.20	01	6.67
380 – 390	61.20	01	6.67
> 390	162	02	13.33

A partir de ce tableau on dresse l'histogramme des débits moyens en fonction des classes de profondeurs productives.



**Fig.(29):** Distribution des profondeurs productives avec les débits moyens des forages.

**IV-6-11-Productivité des formations géologiques :**

L'étude comparative de la productivité des formations géologique, nous ramène à consulter les coupes des forages étudiés. D'après l'étude géologique en chapitre II, la formation géologique composant le complexe terminal dans la région d'étude est formée de deux parties :

La première couche est la nappe des calcaires qui forme la couche de l'Eocène.

La deuxième couche est la nappe des sables formant la couche du Miopliocène. Cet horizon est en général par des sables avec granulométrie varies ou hétérogènes, par fois des sables à gravier siliceux ou sables à grains moyens.

**Tableau (IV-12):Statistique des classes des débits dans les déférents horizons géologique**

Unité géologique		Nombre des forages (U)	Pourcentage (%)	Debit moyen (m³/h)
Couche des sables	Sables hétérogènes ou varies	13	86.66	152.18
	Sables à graviers siliceux	1	6.66	169.20
	Sables à grains moyens	1	6.66	129.60
Couche des calaires		/	/	/

**IV-6-12-Détermination de la relation empirique entre la transmissivité et le debit spécifique:**

Pour determiner la relation empirique entre la transmissivité T et le debit spécifique  $Q_{sp}$ , on dresse la courbe:  $T = f(Q_{sp})$ . Cette courbe a été réalisée par la méthode de régression de type puissance. On obtient ainsi une droite comme le montre la figure suivante:

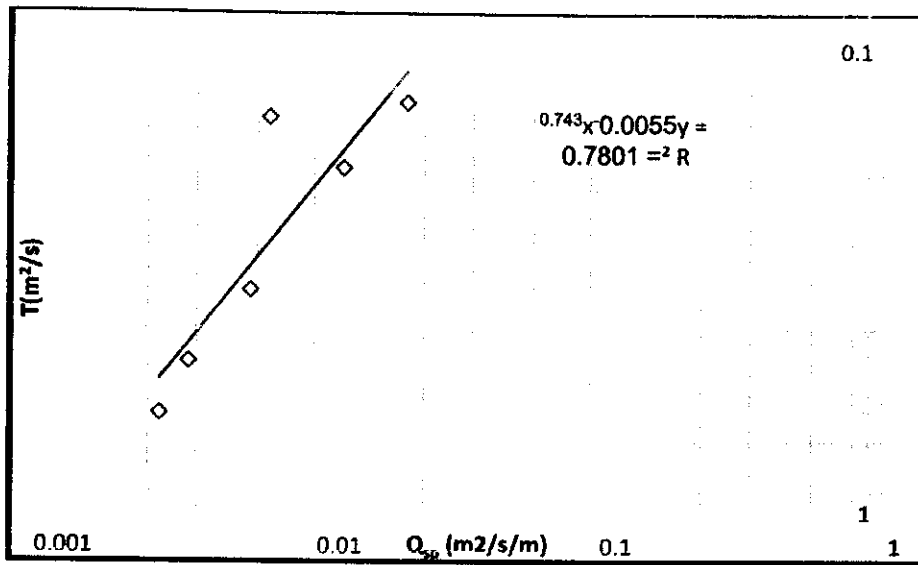


Fig.(30): Courbe de T en fonction de Q<sub>sp</sub>

L'equation de la droite obtenue est :  $y = 0.0055x^{-0.743}$ . La corrélation  $R^2$  est égale à 0.78. On remplaçant T et Q<sub>sp</sub> dans l'equation et on levant à la fonction puissance on obtient la relation empirique suivante:  $T = 0.0055 * Q_{sp}^{-0.743}$ .

**IV-6-13-Discussion des résultats obtenues :**

D'après les resultants de notre étude et de tous ce qui précède, on peut dire que la productivité des forages réalisés dans l'aquifère du Complexe Terminal dans la daira de Guemar, région de Oued-souf, est liée en grand partie avec certain paramètres qui influent sur le debit produit. Ces paramètres sont en général l'épaisseur de la formation, la nature géologique de la formation et la profondeur de l'ouvrage.

De point de vue épaisseur moyenne productive de la formation de l'aquifère de la région de Guemar, elle varie entre 50 et 60 m et atteint 70 m ou plus avec un debit moyen de 168.68m³/h. Dans des cas cette épaisseur atteint 80 ou 90 m avec une productivité variant entre 156 et 180 m³/h ce qui nous donne une bonne productivité de l'aquifère du Complexe Terminal de cette région.

En seconde part, la tranche productive se limite dans la couche des sables uniquement. La nature géologique de la tranche productive est généralement formée des sables hétérogènes ou varies c'est dire elle est formée d'un mélange de sables fins moyens et grossiers. Le pourcentage des forages réalisés dans la formation présentant les sables hétérogènes est de

86.66% avec un débit moyen égale à 152.28 m<sup>3</sup>/h. En autre cas , l'autre couche formant la nappe du Complexe Terminal qui est la couche des calcaires est non productive.

D'autre part, la profondeur de l'ouvrage lui aussi présente une influence sur la productivité des forages. Dans la region d'étude, la profondeur optimal est limitée entre 340 à 350 m et 350 à 360 m avec un poucentage de 33.33% et 26.67% et un débit moyen de 160.56 m<sup>3</sup>/h et 175 m<sup>3</sup>/h successivement.

La relation entre la transmissivité et le débit spécifique des forages est donnée par la relation suivante: -  $T = 0.0055Q_{sp}^{-0.743}$  , le coefficient de corrélation obtenu est de  $R^2 = 0.78$  ( $R = 88\%$ ) d'ou on a une bonne corrélation.

En fin, les résultats nous conduisent à élaborer la coupe géologique schématique de région de la daïra de Guemar région de Oued-souf.

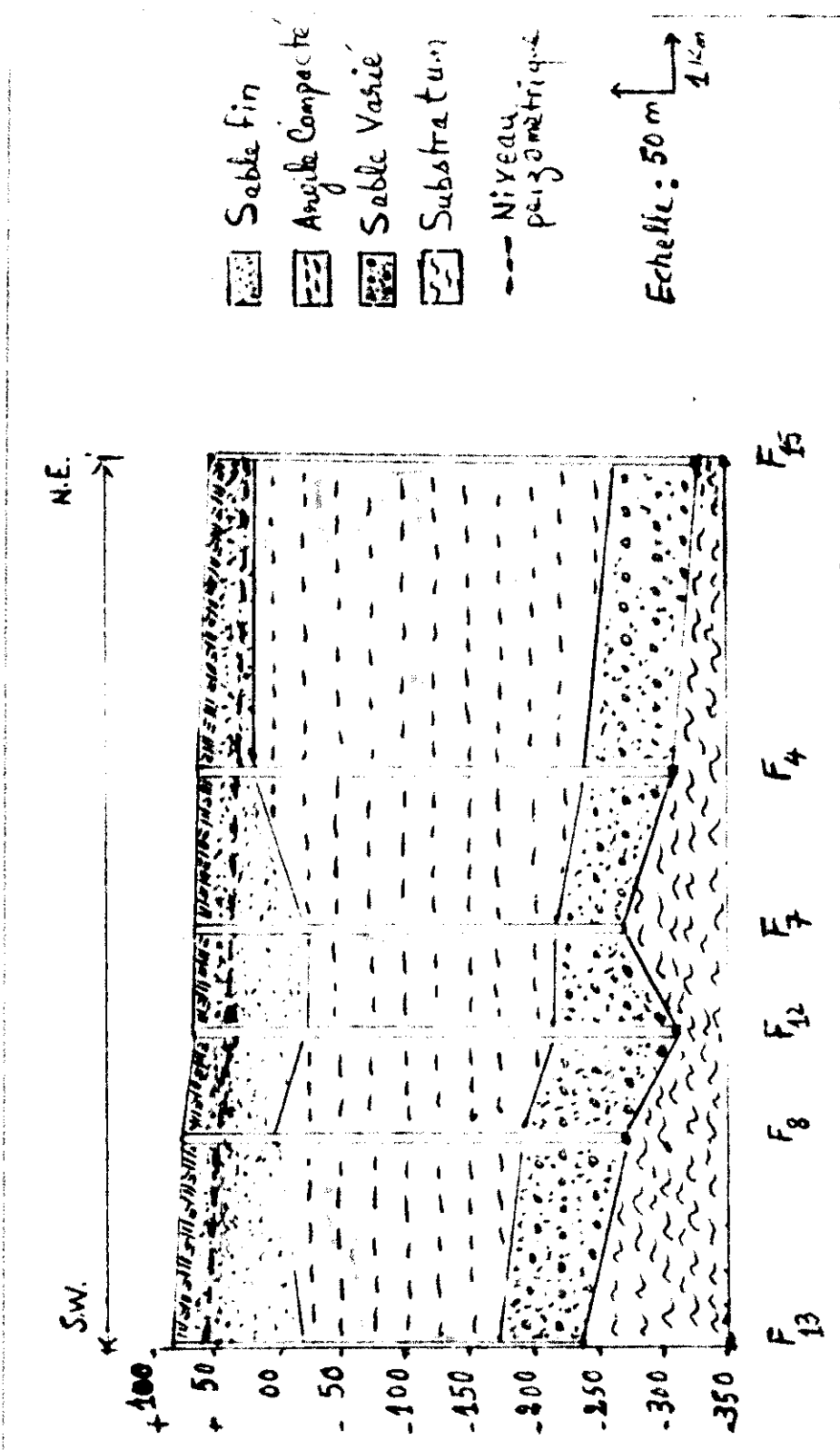


Fig.(30) : Coupe schématique -AB- de la nappe (CT) de la région de la daïra de Guemar.

**V-Conclusion générale:-**

La nappe de l'aquifère du complexe terminal de la daïra de Guemar , qui fait partie de la région de Oued-souf présente, en général, une productivité importante, la recharge est faible . Les moyennes de débit spécifique et de transmissivité sont de  $5.95 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$  et  $0.56 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$  respectivement. Les débits optimaux varient entre  $72 \text{ m}^3/\text{h}$  et  $162 \text{ m}^3/\text{h}$ , les profondeurs optimales les plus productives sont limitées entre 340 m et 360 m. Les tranches productives sont les couches des sable, précisément les couches des sables hétérogènes ou variés dont les épaisseurs sont comprises entre 60 m et 70 m.

On note que ces résultats sont obtenues d'après les données collectées. Les recherches dans ce cadre restent ouvertes et peuvent être élargies par la collecte de plus de données pour y arriver à des meilleurs résultats.

Bibliographie

**Sahraoui Bachir (2016).** Diagnostique et réhabilitation d'un forage du complexe terminal et équipements (Cas du forage de Guemar Est).

**Assemian E., Kouamé F., Saley M., Affian K., Marc Y. T. , Jean P. R . et Jean B. (2014)** Etude de la productivité d'un aquifère de socle et approche statistique pour la détermination des tranches des profondeurs potentiellement productives: Cas de la région de Bongouanou-est de la Cote d'Ivoire.

**Aliat Hocine (2016) :** Etude hydrogéologique et hydrochimique de la région de Taïbet (S.E. Algérie)

**Gilbert Castany :** Hydrogéologie -- principes et méthodes (2<sup>ème</sup> cycle).

**Ministère de l'équipement administration de l'hydraulique - Direction de la recherche et de planification de l'eau et caractères physique (Juillet 1966)** Productivité des forages d'eau et caractères physiques du milieu (Analyse statistique de données sur le socle de l'Anti-Atlas marocain).

**DRE de la wilaya d'El-oued.** Rapports de sondages des forages de la daïra de Guemar.

**Khalcd Boulifa (2012).** Synthèse hydrogéologique sur la région d'El-oued Sahara nord-orientale (Est algérien).

**J. Forkasiewicz (Juillet 1972).** Interprétation des données de pompages d'essais pour l'évaluation des paramètres hydrodynamiques des aquifères (Aide-mémoire - 2<sup>ème</sup> édition revue et complétée -).

**Odile B.L. , Akossi E.K., Ake Soro T. , Etienne G. , Ahoussi E.K., Marie S.O., Jean B. et Akossi D.(2014).** Productivité des forages d'eau en milieu cristallin et cristallophyllien dans la région de Daoukro (centre-est de la cote d'ivoire).

**Zatze Issam (2016).** Etude hydrochimique de la nappe du complexe terminal de la vallée d'Oued-souf.

