



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université d'El-Oued

Faculté des sciences et technologie

Département des sciences et technologie

Filière d'hydraulique

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme licence LMD Hydraulique et gestion des ressources en eaux

Option: *Analyse statistique de la pluviométrie de l'aéroport de Guemar*

(série de 30 ans)

Réalisé/Présenté par :

Aouadi Halima

Zobari Sara

Dirigé/encadré par

MLr.khachana salim

Promotion /session : Juin / 2014

ملخص

يتربع على مساحة 11738 كلم 2 يمثل اداريا 18 بلدية و يقطنها 363110 نسمة ، غور وادي سوف هو وحدة للموارد المائية تقع في الجنوب الشرقي الجزائري ، يمتلك خزان كبير جدا من المياه الجوفية : طبقة المياه السطحية ، طبقة و طبقة . مياه الطبقة السطحية غير صالحة للشرب و لا للسقي و ذلك حسب نتائج التحاليل الكيميائية الذي المنجزة في افريل 2002

الدراسة الجيولوجية سمحت لنا بالتعرف على الطبقات التي توضعت الميولبوسان الى العهد الرابع . مناخ المنطقة مماثل للمناخ الصحراوي اذ يتميز بدرجة حرارة مرتفعة و بقلة التساقط ، كما يتميز كما يتميز بنسبة تبخر عالية و باشعة شمسية مفرطة . اظهر الترتيب الاحصائي لمعدلات الامطار السنوية تكيف جيد مع قانون غالتون . الاتجاه العام لجريان المياه الجوفية هو جنوب – غرب /شمال- شرق .

في هذه الدراسة تطرقنا إلى نسبة تساقط الأمطار خلال 30 سنة التي تتواجد في محطة قمار بهدف تحديد الأسباب و النتائج و تأثيرات هذا المشكل على مختلف القطاعات التي عادة ما تكون متعلقة ببعضها البعض .

في الأخير ، عرفنا من خلال 30 سنة من التحليل نسبة معدلات التساقط

Abstract

It occupies a surface of 11738 km², represents 18 communes administratively and includes a number of populations of 363110 inhabitants; the valley of Souf is a unit of resource water located at Algerian south-east. It has a reserve very important of the hydrous resources: ground water, the Final Complex (CF) and Gault (CI). Water of the ground water is not drinkable and is unsuitable for the irrigation according to results of the chemical analyses carried out in April 2002.

The geological investigation enables us to identify the regional stratigraphy which energy of Miopliocène until the Quaternary. The climate of the area is as the Saharan climate is characterized by a high temperature and a weak rate of precipitation, of an important evaporation and an excessive solar radiation. The statistical fitting of annual precipitations presents a good adequacy at the law of Galton. The general direction of underground water run-off is South-western towards the North-East

In this study, we dealt with the proportion of rainfall during the 30 years that resides in the gaming station in order to determine the reasons and the results and effects of this problem on various sectors which are usually related to each other.

In the latter, we learned through the 30 years of analysis, the proportion of precipitation rates.

RESUME

Elle occupe une superficie de 11738 km², représente 18 communes administrativement et englobe un nombre de population de 363110 habitants, la vallée de Souf est une unité de ressource en eau située au sud-est algérien. Elle possède un réservoir très importante des ressources hydriques: la nappe phréatique, le Complexe Terminal (CT) et l'Albien (CI). Les eaux de la nappe phréatique ne sont pas potables et sont impropres pour l'irrigation selon les résultats des analyses chimiques effectuées en avril 2002.

L'étude géologique nous permet d'identifier la stratigraphie régionale qui allant de Miopliocène jusqu'au Quaternaire. Le climat de la région est comme le climat saharien se caractérise par une température élevée et un faible taux de précipitation, d'une évaporation importante et d'un rayonnement solaire excessif. L'ajustement statistique des précipitations annuelles présente une bonne adéquation à la loi de Galton. Le sens général d'écoulement des eaux souterraines est Sud-Ouest vers le Nord-Est

Dans cette étude, nous avons examiné la proportion des précipitations durant les 30 années qui réside dans la station de jeu, afin de déterminer les raisons et les résultats et les effets de ce problème sur les divers secteurs qui sont généralement liés les uns aux autres.

Dans ce dernier, nous avons appris à travers les 30 ans d'analyse, la proportion de taux de précipitation.

LISTE DES TABLEAUX

- TAB.I.1 : Répartition de surface et populaire de vallée de souf par commune..... (05)**
- TAB.II. 1 : caractéristique géographie de station climatique..... (01)**
- TAB.II.2 : Moyennes mensuelles des précipitation (mm) (1976/2006).....(02)**
- TAB.II.3 : Moyenne annuelle des précipitation (1976/2006).....(04)**
- TAB.II.4 : récapitulation sur données pluviométrique.....(05)**
- TAB.II.5 : moyenne mensuelles de la température de l'air (c°) (1976/2006).....(06)**
- TAB.II.6 : moyennes annuelles des températures de l'air (1976/2006).....(07)**
- TAB.II.7 : récapitulation des données de la température.....(08)**
- TAB.II.8 : précipitations correspondantes aux probabilités de dépassement....(17)**
- TAB.II.9 : les résultats du calcul du x^2 en loi normale.....(17)**
- TAB.II.10 : calcul du x^2 en loi log – normale..... (20)**
- TAB.II.11 : comparaison de l'adéquation des lois test au x^2(22)**
- TAB.II.12 : répartition moyenne mensuelle de l'humidité au station de guemar (%)
(1976/2006).....(22)**
- TAB.II.13 : répartition moyenne mensuelle de vitesse du vent au station de guemar
(m/s)
(1976/2006).....(23)**
- TAB.II.14 : répartition moyenne mensuelle d'insolation au station de guemar (heures)
(1976/2006).....(24)**
- TAB.II.15 : résultats de l'ETP issus de l'application de la formule de THONTWAITE
(1976/2006..... (26)**
- TAB.II.16 : résultats de l'application numérique de la formule de TUBC (1976/2006)(27)**

LISRE DES FIGURES

- FIG.I.1 : situation géographique de la région d'Oued souf(04)**
- FIG.I.2 : La culture de la pomme de terre sous irrigation à pivot.....(06)**
- FIG.I.3 : représentation des dunes et d'un Ghout..... (07)**
- FIG.I.4 : la lithostragaphique du forage F1 à l'halbi. coupe d'après ANRH(1993) .(11)**
- FIG.I.5 : carte piézométrique de la nappe phréatique de la vallée d'Oued souf en
avril 2002 (hautes eaux).....(13)**
- FIG.I.6 : situation des profils de la nappe phréatiques.....(14)**
- FIG.II.1 : répartitions moyennes mensuelles des pluies (1976/2006).....(03)**
- FIG.II.2 : moyenne annuelle des précipitation (1976/2006).....(04)**
- FIG.II.3 : moyennes mensuelles de la température de l'air (c*) (1976/2006).....(06)**
- FIG.II.4 : moyenne annuelles des températures de l'air (1976/2006).....(07)**
- FIG.II.5 : digramme pluviothermique de la station de Guemar (1976/2006).....(10)**
- FIG.II.6 : position des la station de l'ONM de Guemar sur le climagramme
d'Emberge.....(12)**
- FIG.II.7 : position des la station de l'ONM de guemar sur le climagramme
d'Emberger.....(16)**
- FIG.II.8 : ajustement statistique des précipitations de la station de Guemar
Suivant la loi de Galton(21)**
- FIG.II.9 : répartition moyenne internnuelle de l'humidité au station Guemar (%)
(1976/2006)(23)**
- FIG.II.10 : graphique du bilan hydrique selon la méthode de Thorn Twaite**

Station de Guemar (1976/2006)(29)

Chapitre I

I. Introduction :

II. Situation géographique :

III. Aperçu géologique :

III-1-Commerce :

III-2-Nombre d'habitants :

III-3-Agriculture :

IV. Géologie :

- **Stratigraphie régionale:**

- **Formation de l'ère Secondaire:**

* **Le Barrémien :**

* **L'Aptien :**

* **L'Albien :**

* **Le Vraconien :**

* **Le Cénomaniens:**

* **Le Turonien :**

* **Le Sénonien :**

- **Sénonien lagunaire :**

- **Le Sénonien carbonaté :**

- **Formations de l'ère Tertiaire:**

* **L'Eocène:**

* **Le Miopliocène :**

- Niveau argileux :
- Niveau grès sableux :
- Niveau argileux :
- Formation du

Quaternaire:

I-Introduction :

**Réseau d'observation :*

II-Etude des paramètres climatiques :

1-La pluviométrie :

a-Répartitions moyennes interannuelles des pluies :

a-Répartition moyennes annuelles des pluies

II.2.La température :

a- Les températures moyennes interannuelles :

-b.les températures moyennes annuelle

II.3.Synthèse climatique :

II.3.1. Diagramme pluviothermique

II.3.2Climagramme d'Emberger :

Application numérique :

II.4.Etude statistique des précipitation de la station de Guemar(période1976-2006)

a. paramètres statistiques de la série pluviométrique :

b. Recherche de la loi statistique d'ajustement :

*** D'adéquation du χ^2 en loi normale :**

b.1. Ajustement suivant la loi log -normal (loi de Galton) :

b.2. Ajustement suivant la loi log-normal (loi de Galton) :

** Test d'adéquation du x^2 en loi log-normale:*

II.4. L'humidité :

II.5. le vent :

II.6. L'insolation :

III. CALCUL DES PARAMETRES DE BILAN HYDRIQUE :

III.1. Evapotranspiration :

b. l'évapotranspiration réelle (ETR):

b.1. Méthode de Thorntwaite:

b.2. Formule de Turc :

III.2. Estimation de la réserve facilement utilisable (RFU) :

III.3. Ruissellement (R) :

IV. Etablissement du bilan :

V- CONCLUSION :

REMERCIEMENTS

Je remercie en premier lieu dieu tout puissant pour m'avoir donné la force et la volonté d'accomplir ce modeste travail.

Je voudrais tout d'abord exprimer toute ma reconnaissance à Monsieur
KHECHANA Salim

Pour tous ceux qui ont apporté leur aide de près ou de loin à la réalisation de ce document, je dis merci.

INTRODUCTION GENERALE

L'eau est partout et lie tous les hommes; qu'importe la culture ou l'époque, l'eau sert à satisfaire la soif, besoin impérieux. Si un humain peut survivre plusieurs semaines sans manger, seuls quelques jours sans boire le séparent de la mort. Exception faite de la respiration, nulle action n'est plus immédiatement essentielle à la survie humaine que l'hydratation. Polyvalente, l'eau sert aussi pour l'hygiène, la cuisine, la dilution, le transport ou la production d'énergie : davantage que le pétrole ou toute autre ressource naturelle, l'eau est au coeur du développement socioéconomique des sociétés humaines modernes. Au surplus, l'eau revêt une grande importance culturelle.

Malheureusement, dans plusieurs régions algériennes, surtout celles situées au Sahara, sont confrontées aujourd'hui à des problèmes liées à des aspects quantitatif et qualitatif des ressources en eaux dues essentiellement à la remontée des eaux provenant des nappes phréatiques, qui sont néfastes pour les cultures et les habitations. D'une manière générale, les eaux destinées pour l'alimentation en eau potable et à l'irrigation, ainsi que celles destinées pour les besoins industriels, proviennent surtout des eaux souterraines. De point de vue quantité, l'eau au Sahara est généralement disponible et ce, grâce à d'importants aquifères, surtout au bas Sahara (Sahara septentrional); mais la qualité de cette eau, dans certaines régions est le plus souvent médiocre.

La région d'étude jouit d'un climat de type saharien, caractérisé par un été chaud et sec dont la température peut atteindre 54° C et un hiver doux jusqu'à 3° C.

Les principales contraintes climatiques restent la fréquence régulière des vents et leur violence, connus sous le nom de "Chehili" ou le sirocco ainsi que des vents de sables durant le printemps.

Les données relatives aux différents paramètres climatiques (pluie, précipitations, température, humidité et évaporation...etc.) ont été recueillies auprès de l'Office National de la Météorologie (O.N.M), enregistrées par la station climatologique de l'aérodrome de Guemar-EL OUED.

Introduction :

Situé aux confins septentrionaux du Grand-Erg Oriental, au Sud de Biskra, à l'Est de Touggourt, et à l'Ouest de Tozeur, le Souf est une immense étendue de sable de 80.000 km² qui s'étire de plus de 500 km en bordure de la frontière tunisienne jusqu'aux environs de Ghadamès sur une largeur moyenne de 160 km. Il comprend dans sa partie septentrionale des plateaux couverts d'une maigre végétation et de touffes clairsemées qui ne s'interrompent qu'aux abords des chotts désolés et arides, les Sebkhass de Melghir et de Merouane. C'est le Sahara classique des cartes postales, qui ne déçoit pas les touristes : ciel bleu, soleil brûlant, dromadaires, paysage de dunes, palmeraies et architecture originale de la ville d'El-Oued et des villages environnants.

Le Souf présente une originalité certaine qu'il doit, d'une part à son relief formé de massifs dunaires peu élevés et confondus avec le Grand Erg-Oriental, d'autre part à sa proximité des chotts qui fait de lui une région de contact et de transition entre le Sahara et la steppe, aussi bien sur le plan physique que sur celui humain.

D'apparence inhospitalière, le Souf surprend le voyageur par l'attrait particulier qu'offrent l'immensité et la splendeur de ses paysages dunaires parsemés d'oasis verdoyantes. Le Souf, qui signifie fleuve en berbère, et malgré son nom, est un immense massif dunaire dépourvu de cours d'eau à la surface. Pourtant, ces derniers existent mais sous forme de nappes souterraines. L'ingéniosité de ses habitants qui ont su s'adapter à cet environnement, à priori impropre à la culture, a permis à cette région de devenir attirante et hospitalière. La formation de cette contrée date de plusieurs milliers ou de million d'années, comme en attestent les nombreux vestiges fossiles découverts dans la région. Ici, les dunes ne se déplacent pas, seul le sable charrié par les vents envahit les parties creuses. Les nomades qui les reconnaissent sans difficulté les utilisent comme repères dans leur itinéraire caravanier et leurs donnent mêmes des noms (tel que par ex. « Sif Lemnadi »...).

L'Erg oriental demeure encore un site naturel vierge avec sa végétation rare et sa faune spécifique. Les dunes qui ressemblent jusqu'à l'horizon à une mer agitée par les vagues est la principale attraction du paysage. L'immensité, la douceur, et le silence du désert procurent l'évasion appréciée ou recherchée par le visiteur. Ces dunes, ces espaces dénudés et arides qu'on croit inhospitaliers sont en réalité un extraordinaire réservoir de vie peuplé de nomades qui y vivent depuis des siècles entre trafic caravanier et élevages de moutons, de caprins et de dromadaires. Contrairement aux apparences, le Grand Erg Oriental abrite, à l'image du Sahara, de nombreuses espèces animales et végétales. On y rencontre des gazelles, des fennecs, des chacals, des hyennes tachetées, des oiseaux, des reptiles, des insectes et des plantes spécifiques au milieu désertique.

L'architecture traditionnelle et typique de la région, caractérisée par les coupoles surmontant les habitations et les édifices, a enchanté plus d'un voyageur. D'ailleurs El-Oued, capitale du Souf, est surnommée « la ville aux mille et une coupoles ».

La technique originale d'irrigation des palmiers, inventée par le fellah soufi a excité la curiosité des experts en la matière. En effet, les Ghout (palmeraies), sont creusés de manière à permettre aux palmiers d'absorber directement, par leurs racines, l'eau de la nappe phréatique, évitant ainsi au cultivateur de les irriguer artificiellement.

I. Situation géographique :

La région d'oued souf est située dans le sahara algérien ,elle forme une Wilya de puis 1984 et couvre une surficie totale de 4458600 hab. oues souf se trouve à environ 700 km au sud-est d'alger et 350 km à l'ouest de gabes(tunisie)

Elle est limitée :

- *Au nord par les wilyas de biskra ,khenchela et tébessa*
- *Au l'est par la tunisie*
- *L'ouest par les biskra , djelfa et ouargla .*
- *A sud par la wilya d'ouargla*

L'aire d'étude représente la vallée du souf ,par 7°E et 33°5N.

La vallée de souf ce n'est pas un bassin versantmais une unité de ressource en eau qui est délimitée :

- * *Au sud par le mer de dunes du grand erg oriental .*
- * *Au l'est par une , série de chotts*
- * *Au l'ouest par l'oues Righ (fleuve de fossile) et par la ligne de palmeraie qui court de Biskra à Touggourt.*



Fig.1 : Situation géographique générale de la région d'Oued Souf

II. Aperçu géologique :

La géologie est un moyen d'investigation en hydrogéologie car elle permet la détermination des horizons susceptibles être aquifères.

Assentiellement représenté par les formations sablo-grésenses du continental intercalaire, et des accumulaire sableuses fluviocastres de tertiaire contimantal.

Sur l'ensmble de la région d'El-oued les formations Moi-pliocènes sont recouvertes par une considérable épaisseur de dépôts

Quaternaires présentés sous forme de dunes donnant naissance à un immense erg qui lui-même fait-partie de l'extension du grand erg oriental.

III-1-Commerce :

Commerce ,le tourisme et le l'artisanat constituent les principales activités de la Wilaya comple tenu de ses spécificités géographiques (région frontalière et saharienne).

III-2-Nombre d'habitants :

La zone d'étude accupe une superficie de 11738 km² qui représente 18 communes adminitativement et englobe un nombre de population de 531251.08 habitants selon le recensement de 2012.

Selon le tableau n°1 ,nous contatons que la commune de plus populeuse est d'El-oued (1826.29 hab/km²),suivi par la commune de Hassani Abdalkerim (411.89 hab/km²),

Sachant que la commune El-ogla à la moindre densité populaire (4.72 hab/km²).

Tableau 1 :Répartition de surface et population de vallée de souf par commune .

N°	commune	Population (hab)	Superficie (km ²)	Densité populaire (hab/km ²)
01	Hassi khalifa	33115	1112	29.78
02	El-ogla	6380	1352	4.72
03	Mih-ouansa	17045	1111	15.34
04	El-oued	140625	77	1826.92
05	Rabbah	22910	499	45.91
06	Oued allenda	7020	712	9.86
07	Bayadha	34185	139	245.93
08	Nakhla	13300	700	19
09	Guemar	41225	1264	32.61
10	Sidi aoun	12670	480	26.39
11	Trifaoui	8640	474	18.22
12	Magrane	25450	618	41.18
13	Ourmes	6060	443	13.67
14	Kouinine	10590	116	91.29
15	Reguba	42420	1966	21.57
16	Taghzout	14485	539	26.87
17	Debila	26160	78	335.38

18	Hassani abdalkerim	23890	58	411.89
Total		531251.08	11738	45.25

III-3-Agriculture :

Le secteur de l'agriculture est actuellement en plein développement dans la Wilaya d'El oued à la faveur des résultats enregistrés ,ces dernières décennies ,en matière de phoeniculture,céréaliculture oléiculture .

La Wilaya est à vocation fortement agro pastorale.

Elle est considérée parmi les premières région dattiers du pays ,la culture de la pomme de terre est également très développée au niveau de la Wilaya.



Fig. N°02: La culture de la pomme de terre sous irrigation à pivot

III. Géologie :

La géologie est un moyen d'investigation très utile en hydrogéologie car elle permet la détermination des horizons susceptibles être aquifères.

La région d'étude est exactement dans la partie Nord de la plate forme saharienne caractérisée par des formations détritiques particulièrement sableuses, elles apparaissent sous forme de dunes et anti dunes. Car le sous-sol de la région étant sableux et assurant l'infiltration et la circulation souterraines des eaux, est essentiellement représenté par des formations sablo-gréseuses du Continental Intercalaire, et des accumulations sableuses Fulvio-lacustres de tertiaire continental.

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

- Stratigraphie régionale:

D'après (Cornet 1964, Bel 1968) et les coupes de sondages établies à partir des forages, les profondeurs des étages varient d'une région à l'autre. Sur la base des logs de forage de l'Albien faite par l'ANRH (1993) sur la région d'Oued-Souf, nous citons les principales strates repérées dans cette région, en allant de la plus ancienne vers le plus récente (**Fig.2**)



Dunes(07/02/2005)



Ghout (07/02/2005)

Fig. N°03: Représentation des dunes et d'un Ghout.

- Formation de l'ère Secondaire:

- **Le Barrémien :**

Cet étage est capté par tous les forages du continental intercalaire réalisés dans cette région; il présente une lithologie d'alternance de grès avec passages d'argiles et parfois des intercalations de calcaire dolomitique, on rencontre également des sables avec présence de silex. L'épaisseur moyenne de cet étage est de l'ordre de 200 à 230 mètres.

- **L'Aptien :**

Comme le Barrémien, ce dernier est constitué principalement par des formations dolomitiques, marneuses et marno-calcaires. D'après les coupes géologiques des forages réalisés dans la région, l'Aptien est le seul étage dont l'épaisseur ne dépasse pas les 30 mètres.

- **L'Albien :**

Cet étage est constitué par une alternance de marnes, de grès de sables et par des calcaires avec passages de silex et d'argile. La limite inférieure est constituée par le toit de la barre aptienne, alors que sa limite supérieure se caractérise par l'apparition des faciès argilo carbonatés. D'après les coupes de sondages des forages Albien, l'épaisseur de cet étage varie de 100 à 150 mètres; dans d'autres endroits elle peut atteindre 200 mètres.

- **Le Vraconien :**

C'est en fait, une zone de transition entre l'Albien sableux et le Cénomaniens argilo carbonaté. Cet étage est constitué principalement d'une alternance irrégulière de niveaux argilo dolomitiques. On montre aussi des argiles sableuses et de rares passées de grés à ciment calcaire. Dans la zone d'étude, l'épaisseur de cet étage varie entre 250 et 300 mètres. En raison de l'importance de ses niveaux argileux, il constitue une importante couverture de l'Albien.

- **Le Cénomaniens:**

Tous les forages réalisés dans cette région ont montré que cet étage est constitué par une alternance de dolomies, de calcaires dolomitiques, de marnes dolomitiques, d'argiles et d'anhydrites. Cet étage joue le rôle d'un écran imperméable

Quant aux limites de cet étage, on peut dire que la limite inférieure est caractérisée par l'apparition d'évaporites et de dolomies qui la distingue nettement, la limite supérieure caractérisée par l'apparition d'évaporites et de calcaires correspondants à la limite inférieure du Turonien.

- **Le Turonien :**

Cet étage représente la base du complexe terminale. Il est généralement carbonaté et constitué par des calcaires dolomitiques et des dolomies micro cristallines compactes avec des intercalations de calcaires Turoniens et parfois de marnes.

Les forages de la région montrent clairement que son épaisseur varie d'un endroit à un autre, elle dépasse parfois 650 mètres.

- **Le Sénonien :**

La plupart des études géologiques effectuées à travers le Sahara algérien montrent que le Sénonien est formé de deux ensembles très différents du point de vue faciès : l'un correspond au Sénonien lagunaire situé à la base et l'autre au Sénonien carbonaté au sommet.

- **Sénonien lagunaire :**

La limite de ce sous étage est bien distinguée. Le Sénonien lagunaire est caractérisé par un faciès évaporé avec des argiles où ces derniers sont aisément différenciés de ceux du Turonien. Il est constitué également d'anhydrites, de calcaires dolomitiques d'argiles et surtout les bancs de sel massif dont l'épaisseur avoisine 150 mètres. La limite supérieure de cette formation coïncide avec le toit de la dernière intercalation anhydride.

- **Le Sénonien carbonaté :**

Ce second sous étage est constitué par des dolomies, des calcaires dolomitiques avec des intercalations marno argileuses et en grande partie par des calcaires fissurés. Son épaisseur dépasse parfois les 300 mètres. Il faut mentionner par ailleurs l'existence d'une continuité lithologique entre le Sénonien carbonaté et l'Eocène, qui présentent des calcaires de même nature avec présence de nummulite.

- Formations de l'ère Tertiaire:

- **L'Eocène:**

Il est formé par des sables et des argiles, parfois on rencontre des gypses et des graviers. Dans cette région, l'Eocène est carbonaté à sa base, sa partie supérieure est marquée par des argiles de type lagunaire. L'épaisseur de cet horizon varie entre 150 et 200 mètres.

- **Le Miopliocène :**

Il repose en discordance indifféremment sur le Primaire d'une part et sur le Crétacé inférieur, le Turonien, le Cénomaniens et l'Eocène d'autre part, il appartient à l'ensemble appelé communément Complexe Terminale (C.T).

La plupart des coupes de sondages captant cet horizon, montrent que le Miopliocène est constitué par un empilement de niveaux alternativement sableux, sablo argileux avec des intercalations gypseuses et des passées de grès.

Sur toute l'étendue du Sahara oriental, Bel et D'épargne séparent cet horizon en 4 niveaux:

➤ **Niveau argileux :**

Il est peu épais et existe uniquement dans la zone centrale du Sahara oriental. Avec l'Eocène lagunaire, les argiles de la base du Miopliocène constituent une barrière peu perméable entre les nappes du Sénon - Eocène carbonatées et celle du Pontien sableux.

➤ **Niveau grès sableux :**

C'est le plus intéressant sur le plan hydrogéologique, son épaisseur reste presque régulière sur toute l'étendue du Sahara oriental. A sa base, on trouve parfois des graviers alors que le sommet se charge progressivement d'argiles. C'est à ce niveau que se rattache le principal horizon aquifère du Complexe Terminal.

➤ **Niveau argileux :**

Il ne présente pas un grand intérêt du point de vue hydrogéologique, ce niveau renferme des lentilles sableuses qui peuvent former le quatrième niveau (sableux) du Miopliocène.

Niveau sableux : Ce niveau constitue le deuxième horizon aquifère du complexe terminal, du point de vue hydrogéologique, ces niveaux sableux présentent un grand intérêt car ils correspondent pour ainsi dire à la nappe des sables du Complexe Terminal.

-Formation du Quaternaire:

Elles se présentent sous forme des dunes de sable dont le dépôt se poursuit sans doute encore de nos jours. Les terrains quaternaires représentent la couverture superficielle qui se localisent surtout au niveau des dépressions et couvrent la plus grande extension au niveau du bas Sahara, ils sont formés d'un matériel alluvial et éolien d'où on trouve la formation des alluvions sableuses et argileuses.

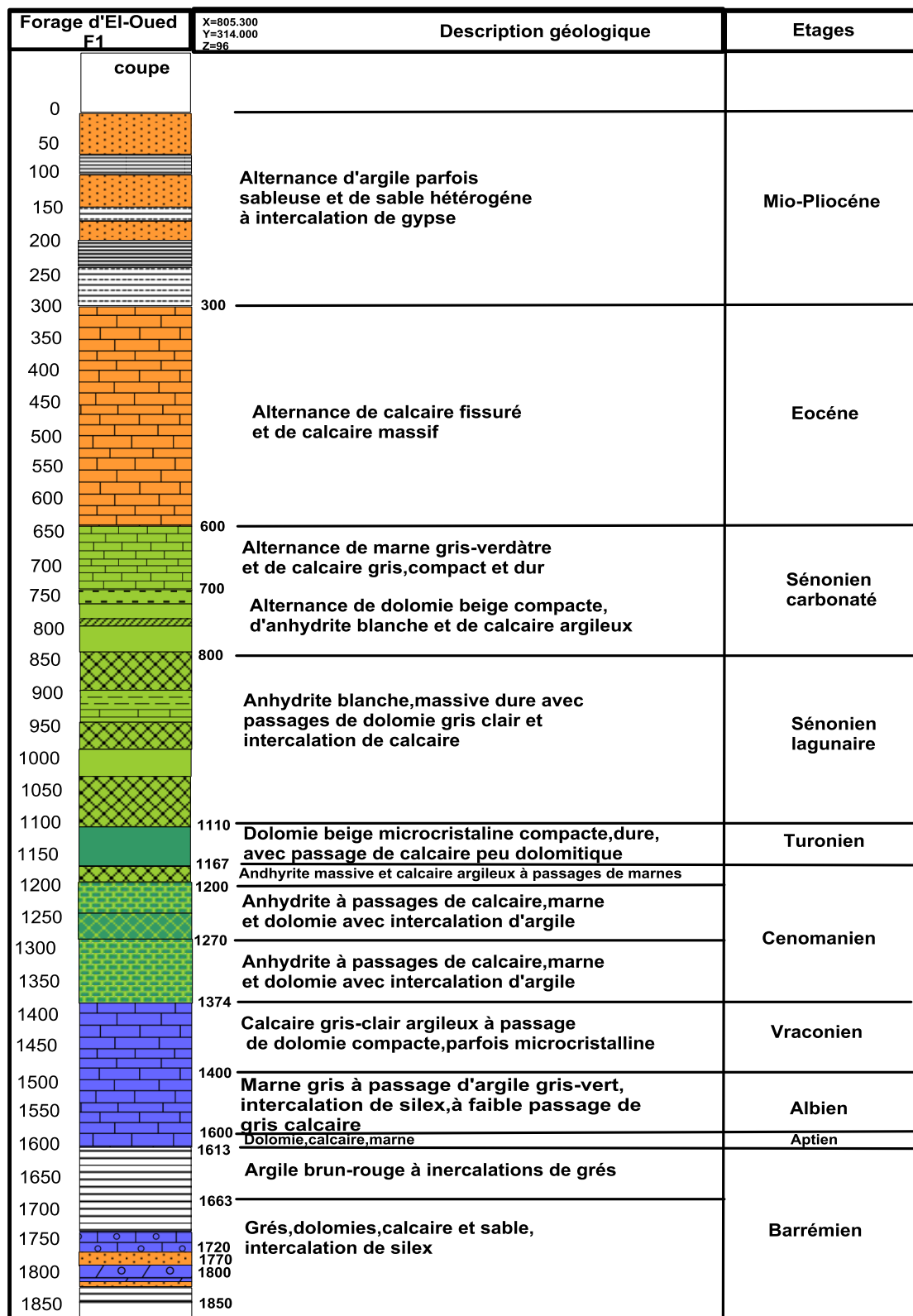
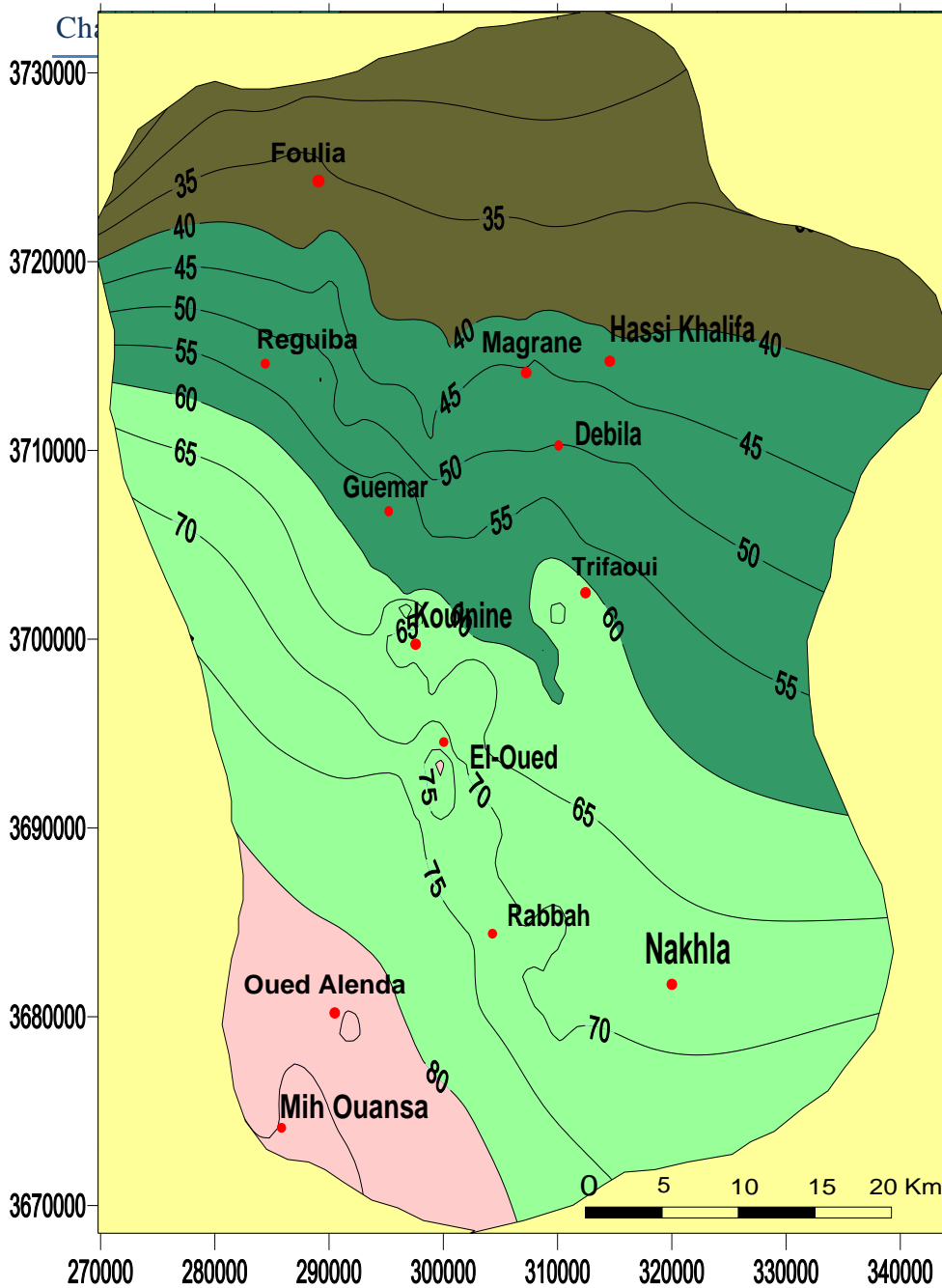


Fig. 04 : La litho stratigraphique du forage F1 à l'Albien (coupe d'après ANRH 1993)

IV.HYDROGEOLOGIQUES

La campagne des mesures qui a été effectuée par le bureau d'étude BG en mois d'avril 2002 comprend 207 points opérationnels. Le niveau piézométrique a été relevé sur les 177 puits qui n'étaient pas en pompage, dont une centaine de nouveaux points situés dans les zones urbanisées.

La partie haute de la nappe est située au Sud-Ouest avec une cote de près de 90 m au piézomètre P039 implanté sur la route de Touggourt au Sud-Ouest de Mihouensa. Une zone basse située au Nord-Ouest, avec une cote de trentaine de mètres au puits H01 à Foulia et - 6 m au piézomètre P036 à la limite Nord-Ouest, sur la route de Biskra.



LEGENDE









- | | | | |
|---|------------------|---|--------------------------|
|  | Moins que 20 m |  | Sens d'écoulement |
|  | entre 20 et 40 m |  | 50 Ligne équipotentielle |
|  | entre 40 et 60 m |  | Localité |
|  | entre 60 et 80 m | | Equidistance = 5 m |
|  | Plus que 80 m | | |

Fig.05 : Carte piézométrique de la nappe phréatique de la vallée d'Oued Souf en avril 2002 (Hautes eaux)

Ainsi on peut facilement constater que la surface piézométrique n'est pas régulière et elle présente des points hauts dans les zones d'alimentation représentées par les agglomérations et les plantations irriguées à partir des nappes profondes et des points bas dans les zones de prélèvement et par évaporation des surfaces d'eau libre (Chott, Ghouts inondés) et évapotranspiration de la végétation (cultures traditionnelles en Ghouts, cultures irriguées par des puits traditionnels ou améliorés dans la nappe phréatique).

Le sens général d'écoulement des eaux souterraines est Sud-Ouest vers le Nord-Est.

Pour mieux comprendre l'allure de la surface piézométrique, on a pris 05 profils dans des différentes régions et de direction Est-Ouest ;

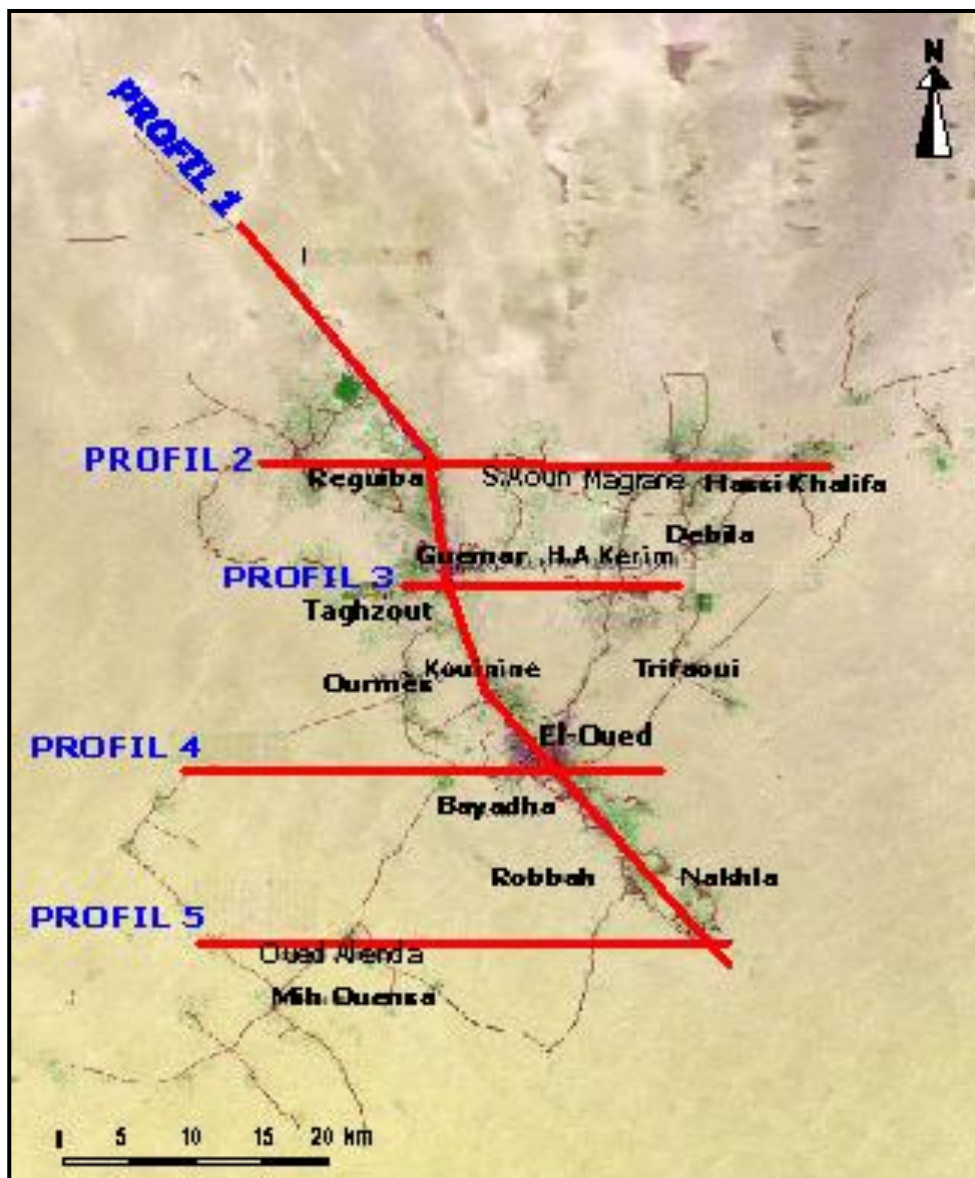


Fig.06: Situation des profils de la nappe phréatique

I-Introduction :

Le climat joue un rôle essentiel dans la morphologie du relief, sur la végétation, la genèse et le type de sols et sur les activités agricoles.

Le climat Algérien est caractérisé par sa grande variabilité de précipitation et des températures annuelles, cette variation est due essentiellement aux irrégularités topographiques et aux influences opposées de la Méditerranée et du Sahara.

Le climat d'El-oued est comme le climat saharien, se caractérise par un faible taux des précipitations, des températures élevées, d'une évaporation importante et d'un rayonnement solaire excessif.

dans ce chapitre, on va analyser les facteurs climatiques et ressortir les régimes pluviométriques à savoir la période humide et la période sèche et le type de climat caractérisant la région d'étude.

*Réseau d'observation :

Pour analyser les paramètres climatiques, de station a été sélectionnée : station climatique de l'ONM (office National Météorologique) de Guemar, représente la seule station existante dans la zone d'étude en plus de sa position au centre, ces données sont choisies durant une période de 30 ans (1976-2006).

TABII-1 : caractéristique géographique de station climatique.

N°	station	Code A.N.R.H	Altitude(m)	longitude	latitude
01	Guemar	13 04 09	64	06°47E	33°30N

II-Etude des paramètres climatiques :

1-La pluviométrie :

L'étude pluviométrique présente un intérêt considérable dans l'hydro climatologie qui sert à obtenir une description des régimes pluviométriques d'une part et d'autre par son rôle sur l'écoulement, ainsi l'évaluation globale de la lame d'eau tombée qui a

une influence sur la variation du niveau d'eau souterraine à travers le territoire d'étude.

a-Répartitions moyennes interannuelles des pluies :

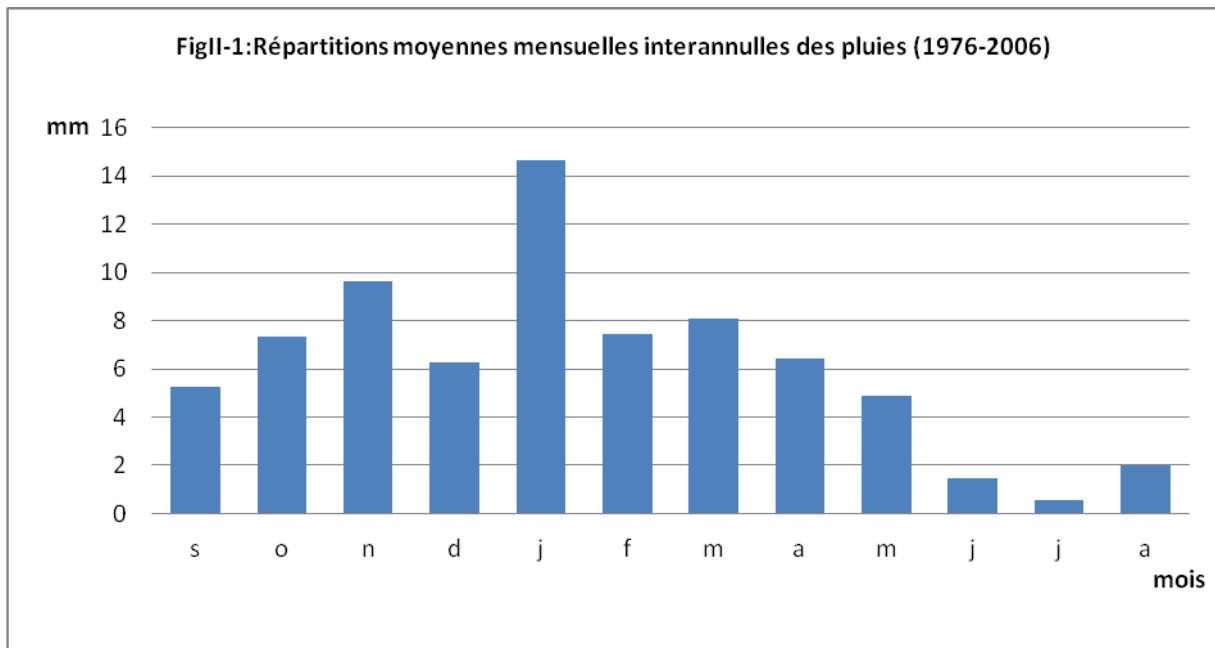
Les répartition moyennes mensuelles interannuelles des précipitations d'une durée d'observation de 30 ans (1976-2006) pour la station de Guemar résumée dans le tableau suivants .

TABII-2-Moyennes mensuelles des précipitation (mm) (1977-2006) :

<i>Mois</i>	<i>S</i>	<i>O</i>	<i>N</i>	<i>D</i>	<i>J</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>M</i>	<i>J</i>	<i>J</i>	<i>A</i>	<i>total</i>
<i>Station</i>													
<i>Geumar</i>	5.26	7.32	9.63	6.25	14.65	7.43	8.07	6.43	4.88	1.48	0.55	2.02	73.97

Ce tableau nous permet d'établir l'histogramme ci-dessous (Fig. II -1) qui montre une variation de la pluviométrie avec une amplitude non constante.

La pluviométrie maximale est de l'ordre de 14.65 mm enregistré pendant le mois de Janvier, et le minimum est de l'ordre de 0.55 mm enregistré pendant le mois de juillet ,la moyenne annuelle est 73.97 mm.



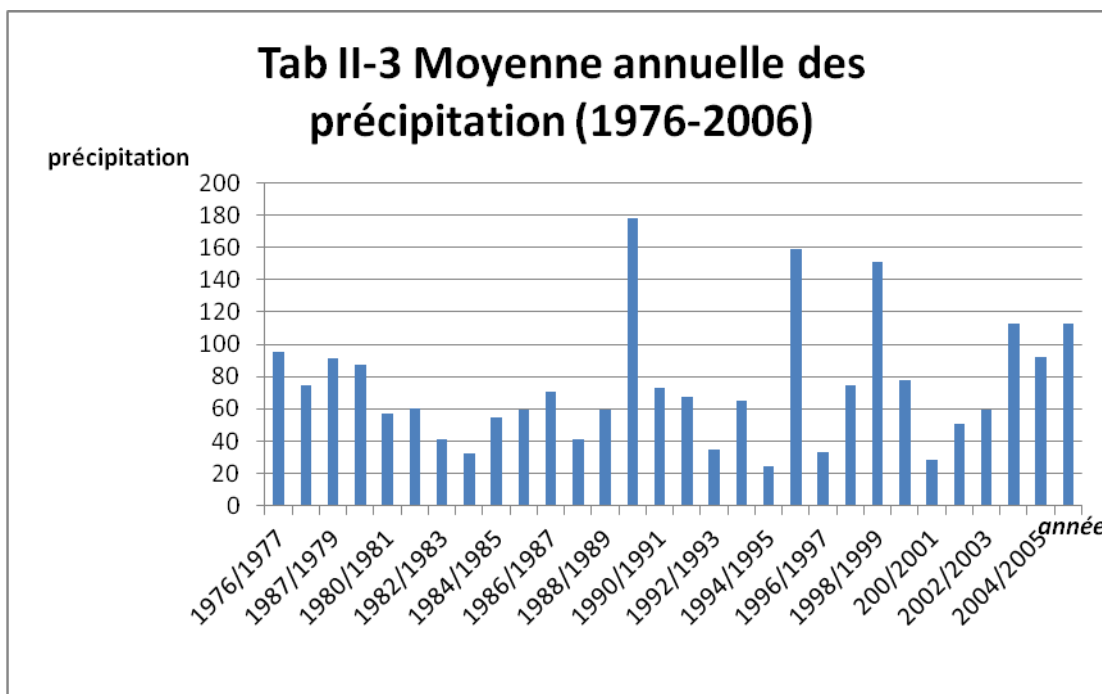
a-Répartition moyennes annuelles des pluies :

Afin de mieux visualiser l'année la plus pluvieuse durant la période d'observation, nous avons calculé les précipitations moyennes annuelles dont les résultats sont regroupés dans le tableau II-3. la répartition annuelle des pluies est schématisée en figure II-2 marquée par une irrégularité annuelle :

L'année la plus arrosée est 1989/1990 avec une valeur de 177.9 mm et l'année la plus sèche est 1994/1995 avec une valeur de 24.3 mm.

Tab II-3 Moyenne annuelle des précipitation (1976-2006).

année	P(mm)	année	P(mm)	année	P(mm)
1976/1977	95.6	1986/1987	70.4	1996/1997	33
1977/1978	74.9	1987/1988	41.4	1997/1998	74.8
1978/1979	91.2	1988/1989	59.5	1998/1999	150.7
1979/1980	87.5	1989/1990	177.9	1999/2000	77.6
1980/1981	57.3	1990/1991	72.9	2000/2001	28.1
1981/1982	60.4	1991/1992	67	2001/2002	50.5
1982/1983	41.4	1992/1993	35	2002/2003	59.5
1983/1984	32.4	1993/1994	64.8	2003/2004	113.1
1984/1985	54.7	1994/1995	24.3	2004/2005	91.7
1985/1986	59.4	1995/1996	159.3	2005/2006	112.6



Ce qu'on peut conclure, selon les données pluviométriques requises à partir de la station de l'Office national de météorologie de l'aéroport de Guemar sur la période allant de 1976 jusqu'à 2006 :

*pluviométrique moyenne annuelle est l'ordre de 73097 mm. elle est très variable à l'échelle annuelle (l'écart type est de 38.08 à 35.64 mm) ;

* Janvier est le mois le plus arrosé avec une moyenne de 11.70 à 14.65 mm et le plus sec est juillet avec un moyen de 0.30 à 0.55 mm comme le montre le tableau ci-dessous :

L'origine des précipitation dans les régions sahariennes est différente selon les saisons :

Durant l'été elles sont dues aux dépressions de mousson ,en hiver leur provenance est due aux dépressions accompagnant la migration vers le sud des fronts polaires, et pendant la période intermédiaire, ces précipitation sont dues aux dépressions soudano sahariennes traversant le Sahara du sud vers le Nord.(in Du bief 1963)

Tab.II4 :Récapitulation sur données pluviométriques

paramètres Station	P moy (mm)	P max (mm)	Année plus arrosée	Année plus sèche	Mois plus arrosé	Mois plus sec	Ecart type (mm)
Guemar	73.97	78.8	1989/1990	1994/199	Janvier	Juillet	38,08

II.2.La température :

a- Les températures moyennes interannuelles :

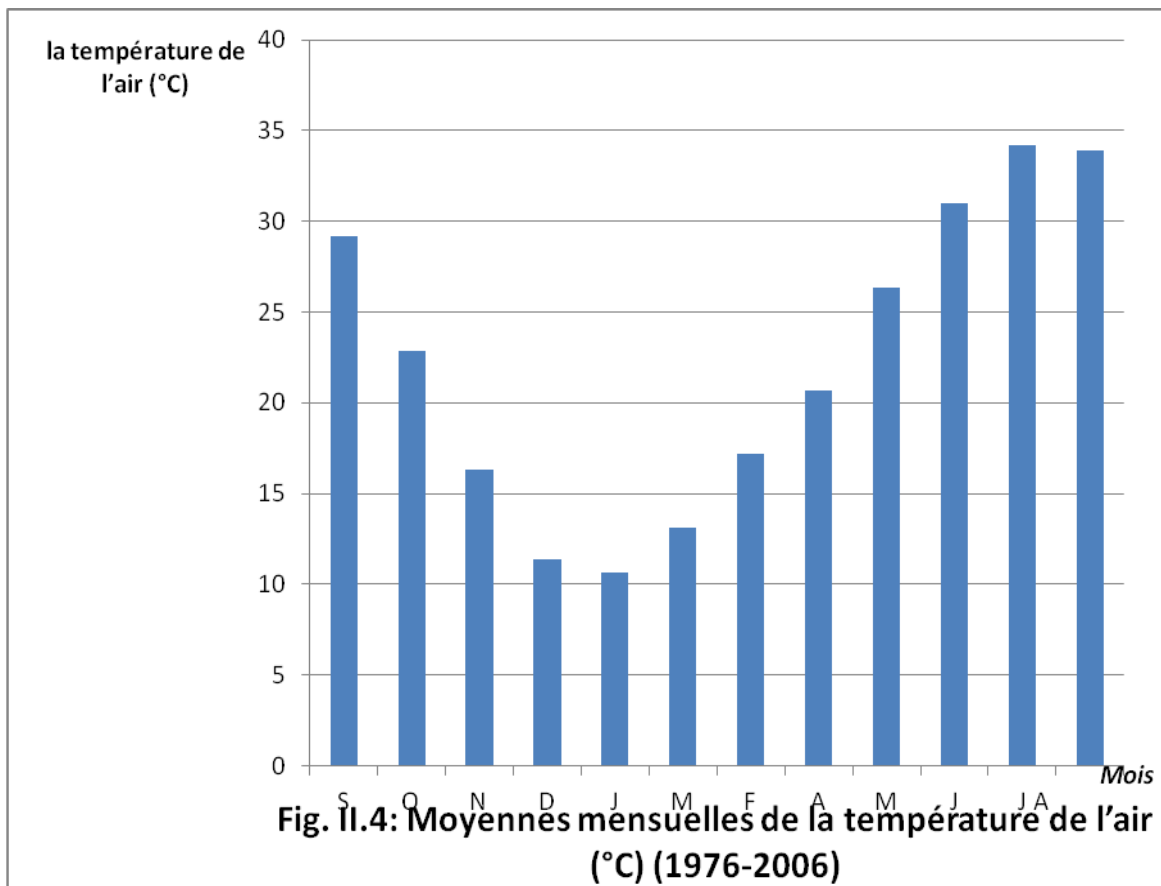
Le tableau N°II.5 et la figure N°II.3 représentent la répartition moyenne mensuelle interannuelle de la température :

La période qui s'étale du mois de novembre au mois d'avril correspond à la période froide avec un minimum durant le mois de Janvier (10.67°C). alors que la période chaude

commence à partir du mois de mai jusqu'au mois de septembre avec un maximum de température relevé pendant le mois de juillet (34.18°C).la moyenne annuelle est de l'ordre de

Tab. II.5: Moyennes mensuelles de la température de l'air (°C) (1976-2006)

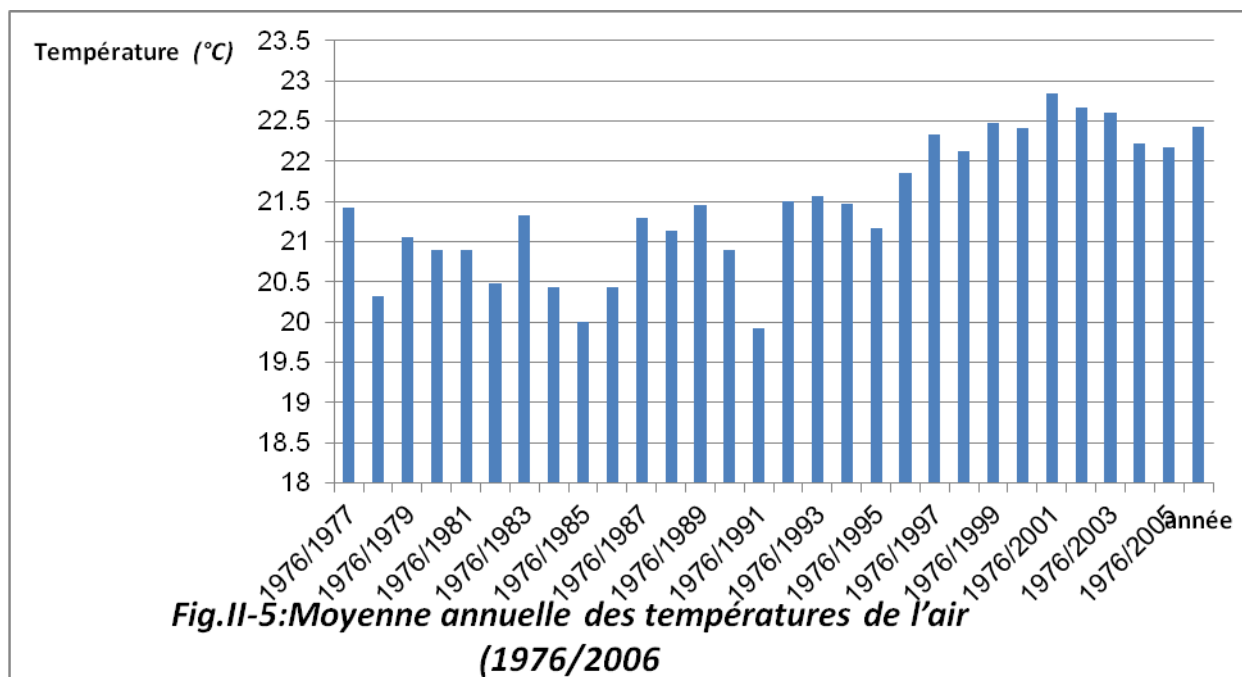
Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Moy
Station													
Guemar	29,18	22,83	16,29	11,39	10,67	13,12	17,18	20,70	26,31	31,01	34,18	33,89	22.23



-b.les températures moyennes annuelles :

Tab. II.6 : Moyenne annuelle des températures de l'air (1976/2006)

<i>année</i>	<i>T moy (°C)</i>	<i>année</i>	<i>T moy (°C)</i>	<i>année</i>	<i>T moy (°C)</i>
1976/1977	21,42	1986/1987	21,29	1996/1997	22,33
1977/1978	20,33	1987/1988	21,14	1997/1998	22,13
1978/1979	21,05	1988/1989	21,45	1998/1999	22,47
1979/1980	20,89	1989/1990	20,90	1999/2000	22,42
1980/1981	20,90	1990/1991	19,93	2000/2001	22,85
1981/1982	20,48	1991/1992	21,50	2001/2002	22,67
1982/1983	21,33	1992/1993	21,56	2002/2003	22,60
1983/1984	20,43	1993/1994	21,47	2003/2004	22,22
1984/1985	20,01	1994/1995	21,17	2004/2005	22,18
1985/1986	20,43	1995/1996	21,86	2005/2006	22,43



Le tableau ci-dessus et la figure N°II.4 présentent la répartition des températures moyennes annuelles sur une de 30 ans(1976/2006), celle qui montre bien une irrégularité annuelle :

L'année la plus chaude est 2000/2001 avec une température moyenne $T=22.82^{\circ}\text{C}$ et l'année la plus froide est l'année 1990/1991 avec une moyenne de température égale à 19.93° .

Concernant la répartition de la température au niveau de la station sur la même période d'observation, on peut conclure ce qui suit :

- ❖ *Moyenne annuelle de la température oscille entre 22.23°C et 22.58°C pour la station.*
- ❖ *irrégularité annuelle parue par un écart type entre 0.71 à 0.84°C .*
- ❖ *le mois le plus froid est janvier (température moyenne de 10.14 à 10.67°C).*
- ❖ *le mois le plus chaud est juillet (température moyenne de 34.8 à 34.41°C).*

Tab. II.7 : Récapitulation des données de la température

Paramètres	T_{moy} (°C)	T_{max} (°C)	T_{min} (°C)	Année plus froide	Année plus chaude	Mois plus froid	Mois plus chaud	Ecart type (°C)
Station								
Guemar	22.23	36.1	8.4	1990/199	2000/20	Janvier	Juillet	0.84

II.3.Synthèse climatique :

La combinaison des données des précipitations et celles des températures permet de mettre en évidence :

-les période sèches et humides au cours de l'année grâce au diagramme pluviométrique de Gaussen ;

-le domaine climatique ou le type de climat suivant la méthode d'Emberger (climagramme d'Emberger) et /ou le calcul de l'indice d'aridité.

II.3.1. Diagramme pluviométrique :

En se basant sur les données des précipitations et des températures mensuelles sur la même période d'observation, on peut établir la courbe pluviométrique dont le but est de déterminer la période

d'observation, on peut établir la courbe pluviothermique dont le but est de déterminer la période sèche et celle humide.

Un mois sec est celui où le total moyen des précipitations (mm) est inférieur ou égale au double de la température moyenne (C°) du même mois . Cette relation permet d'établir un

diagramme pluviothermique sur lequel les températures sont portées à une échelle double des précipitations (in Baignons).

Lorsque les températures passent au dessus de la courbe des précipitation , la période correspondante est déficitaire en eau ; et lorsque la courbe des précipitation passe au dessus de celle des températures , la période correspondante est humide.

A partir de ce diagramme, on constate que l'année hydrologique de la région d'étude est caractérisée uniquement par une période sèche et l'absence total de la période humide,

même pour le mois Janvier qui est marqué par la température la plus basse (10.67°C) et la précipitation la plus élevé (14.65mm).

La détermination de cette période a une importance primordiale pour les besoins en eau d'irrigation

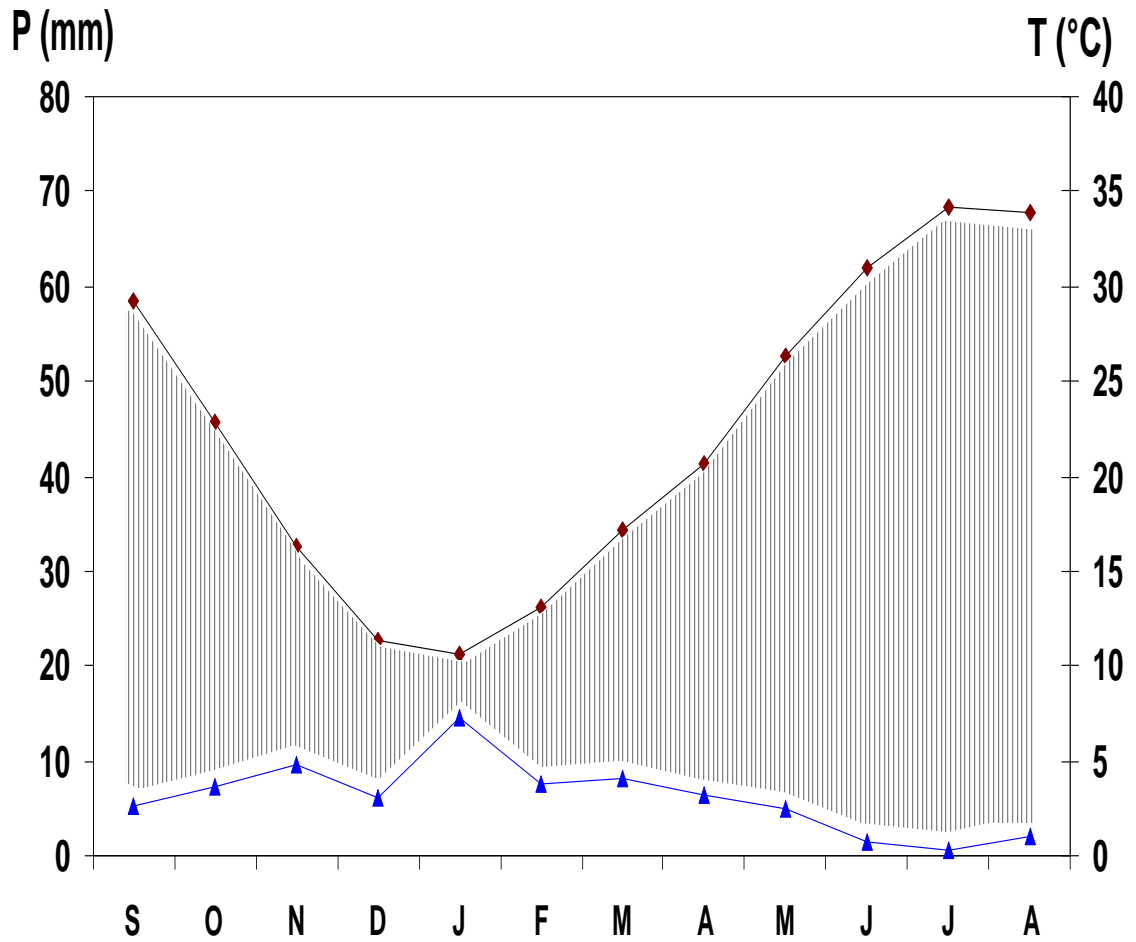


Fig. II.6 : Diagramme pluviothermique de la station de Guemar (1976-2006)

Période sèche
Courbe de température
Courbe de précipitation

II.3.2 Climagramme d’Emberger :

$$Q = \frac{2000P}{M^2 - m^2}$$

Q : Quotient pluviométrique d’Emberger

P ; précipitation moyenne annuelle (mm).

M :Total de température de mois le plus chaud (°C),c'est le mois d'août.

m :Total de température du mois les plus fois (C°), c'est le mois de janvier .

Application numérique :

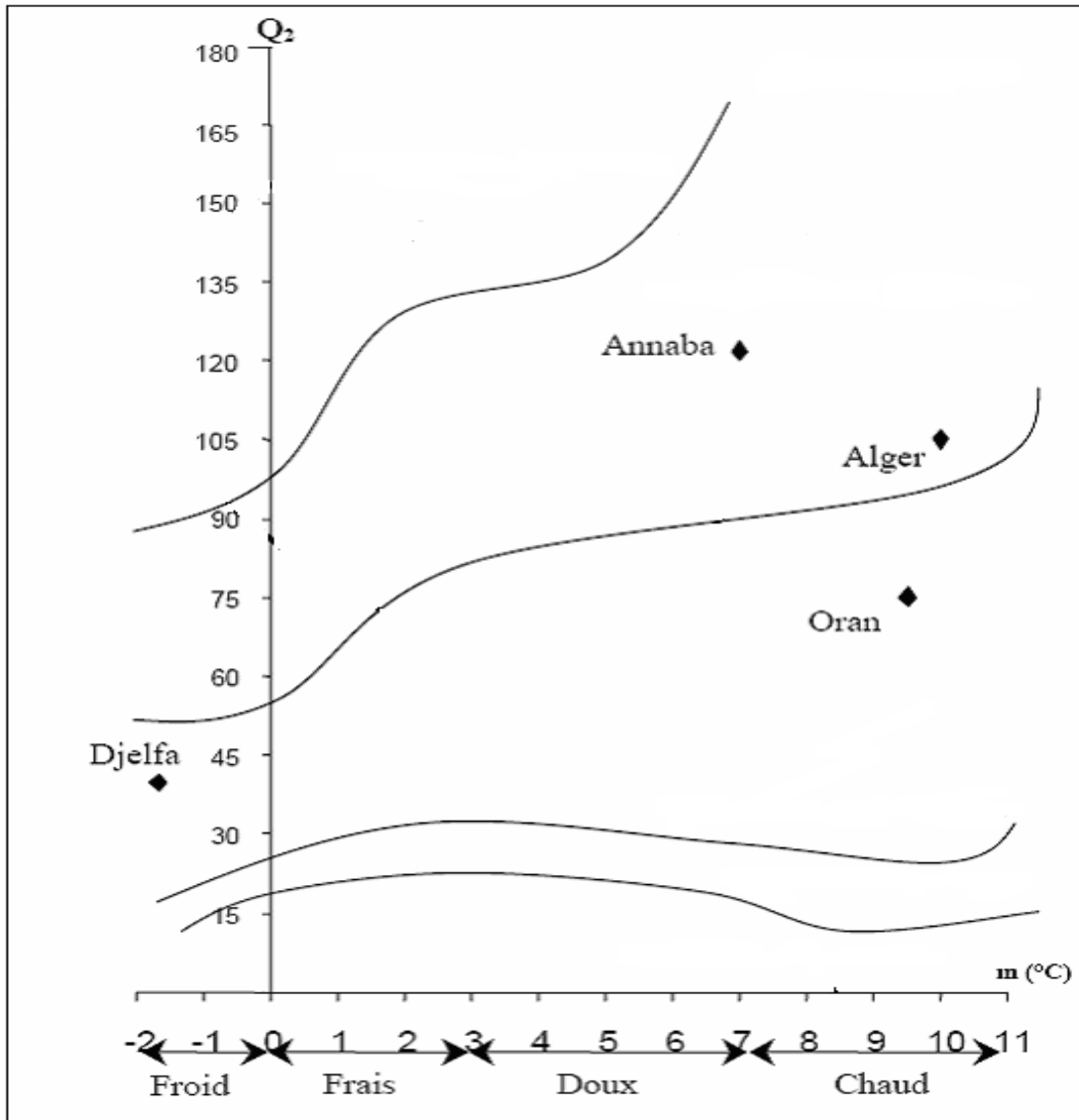
$$M = 948.9^{\circ}\text{C}.$$

$$m = 298.7^{\circ}\text{C}.$$

$$Q = \frac{73.97 \times 2000}{(948.9)^2 - (298.7)^2} = 0.18$$

La température minimal enregistrée pendant le mois de janvier au cours des 30 ans dans cette station est 8.4°C.

Donc la position de la station de Guemar sur le climagramme se situe au coordonnées suivantes (8.4 ;0.18).



El-Oued

●: Stations de Guemar.



Fig. II.7: Position des la station de l'ONM: de Guemar sur le climagramme d'Emberger.

II.3.3. Indice d'aridité : Cet indice dépend essentiellement des précipitations moyennes mensuelles en (mm) et la température annuelle en (C°) , en appliquant la formule suivante :

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

I : Indice d'aridité .

p : précipitation moyenne mensuelle (mm).

T : Température moyenne (C°).

$$P = 73.97 \text{ mm} \quad ; \quad T = 22.23 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad \text{donc } I = \frac{73.97}{22.23 + 10} = 2.29 \text{ mm}/^{\circ}\text{C}$$

$$P = 66.42 \text{ mm} \quad ; \quad T = 22.58 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad \text{donc } I = \frac{66.42}{22.58 + 10} = 2.03 \text{ mm}/^{\circ}\text{C}$$

Sur la base des fourchettes de l'indice d'aridité fixées par De Martonne , nous pouvons tirer le type de climat de notre région d'étude.

I < 5.....Climat hyperaride

5 % < I < 7.5.....Climat désertique

7.5 % < I < 10.....Climat steppique

10 % < I < 20.....Climat semi-aride

20 % < I < 30.....Climat tempéré

Ce qui confirme que notre région est caractérisée par un climat hyper aride.

II.4.Etude statistique des précipitation de la station de Guemar (période 1976-2006)

L'étude statistique qu'on va établir concerne les moyennes pluviométriques annuelles fournies par la station Guemar durant la période allant de 1976 à 2006.

a. paramètres statistiques de la série pluviométrique :

* La moyenne annuelle : $\bar{X} = \frac{\sum X_i}{N}$ $\bar{X} = 73.97\text{mm}$

$$* \text{ L'écart type : } \sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum (X_i - \bar{X})^2} \quad \sigma = 38,08 \text{ mm}$$

Avec X_i : précipitation annuelle en mm.

N : Nombre d'années d'observation. (Égale à 30)

- La variance : c'est la puissance carrée de l'écart type σ^2 .

$$\sigma^2 = 1450,09 \text{ mm}^2$$

- Le coefficient de variation : $C_v = \sigma / \bar{X}$

$$C_v = 51.48 \% \text{ (l'échantillon est légèrement dissymétrique)}$$

b. Recherche de la loi statistique d'ajustement :

On cherche parmi les loi statistiques celles qui s'ajustent mieux à notre échantillon à savoir la loi normale (la loi de Gauss) , la loi log –normale.

On classe , tous d'abord , les totaux pluviométriques annuels par ordre croissant , puis on détermine la probabilité d'occurrence $f(x_i)$ de chaque valeur classée ou la fréquence au non dépassement, $f(x_i)$ calculé par le formule suivante :

$$f(x_i) = \frac{1}{N}(i - 0.5) \quad (\text{Tab. II.8})$$

D'où i : est le rang de la valeur des totaux pluviométriques pris à partir de 1.

Pour tracer la droite , il faut qu'on a au moins deux (02) points :

- Dans le cas précis, $U=0$, l'équation devient $X_i = \bar{X}$ alors $X_i = 73.97$ mm.
- On prend $U=2$, $\bar{X}_i = 73.97 + 38.08 \times 2$, alors $X_i = 150.13$ mm.

Donc la droite de Henry passe par les deux points qui ont les coordonnées suivants :

$P_1(0;73.97)$ et $P_2(2;150.13)$

- Calcul de fréquence et le temps de retour de l'année la plus arrosée (1989/1990) :

$$U_{1989/1990} = \frac{X_i - \bar{X}}{\sigma} = \frac{177.9 - 73.97}{38.08} = 2.73$$

$$F = 0.9954 = 99.54 \%$$

$$F > 50 \% \Rightarrow T = \frac{1}{1 - 0.9954} \Rightarrow T = \frac{1}{0.0046} = 217 \text{ ans.}$$

- Calcul de fréquence et le temps de retour de l'année la plus sèche(1994/1995):

$$U_{1994/1995} = \frac{X_i - \bar{X}}{\sigma} = \frac{24.3 - 73.97}{38.08} = -1.3$$

$$F = 0.097 = 9.7 \%$$

$$F < 50 \% \Rightarrow T = \frac{1}{F} \Rightarrow T = \frac{1}{0.097}$$

$$T = 10.3 \text{ ans.}$$

On peut conclure qu'on peut avoir tous les 217 ans , une année de pluviométrie supérieure à 177.9 mm et chaque 10 ans , une année de précipitation inférieur ou égale à 24.3 mm.

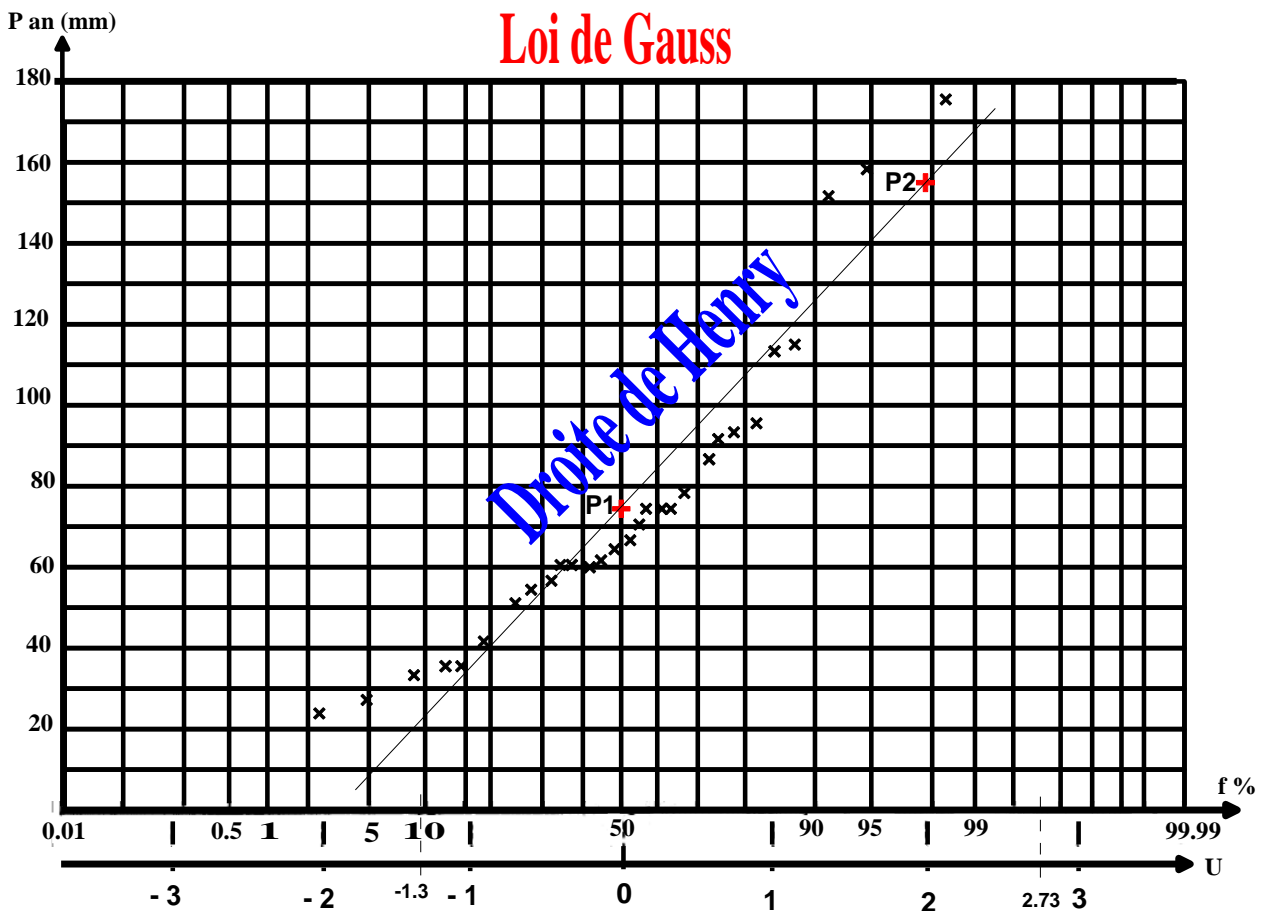


Fig. II.8: Ajustement statistique des précipitations annuelles de la station de Guemar suivant la loi normale

- **D'adéquation du χ^2 en loi normale :**

Le but de ce test est de juger l'adéquation d'un échantillon à une loi donnée . Pour calculer la valeur du χ^2 , on procède de la manière suivante :

-Subdivision de l'échantillon en K classes d'égalles probabilités théoriques contenant chacune le même effectif théorique (TH).

e χ^2 est calculé alors par la loi suivante : -Détermination des limites de classes et calcul des effectifs observés (O).

$$\chi^2 = \sum \frac{(O - TH)^2}{TH}$$

Le degré de liberté ν est déterminé par la loi suivante :

$$\nu = n - p - I$$

Avec n : nombre de classes = 5.

P : paramètre de la loi (1 par paramètre calculé).

I : pour l'égalité des effectifs ($\sum TH = \sum O$).

On a $N = 30$, donc on prend le nombre de classe $n=5$, les classes ont toutes d'égale probabilité p : $P_i = 1/n = 0.2$

L'effectif théorique (TH) de chaque classe est : $TH = \frac{N}{5} = \frac{30}{5} \Rightarrow TH = 6$

Tab. II.09 : Précipitations correspondantes aux probabilités de dépassement.

P_i cumulées	U	x (mm)
0.2	-0.82	40.2
0.4	-0.25	63.6
0.6	0.25	84.4
0.8	0.82	108.7
1	/	/

N° de classe	Limites de classe	Effectif théorique (TH)	Effectif observé (O)	$\frac{(O - TH)^2}{TH}$
1	< 40.20	6	5	0.17
2	40.20-63.6	6	9	1.5
3	63.6-84.4	6	7	0.17
4	84.4-108.7	6	4	0.67
5	> 108.7	6	5	0.17

$\sum \frac{(O - TH)^2}{TH}$	2.68
------------------------------	-------------

Tab. II.10 : Les résultats du calcul du χ^2 en loi normale.

La table de Pearson du χ^2 nous donne la valeur de la probabilité du χ^2 par rapport à un seuil de dépassement estimé à 0.05 . si le χ^2 théorique est supérieur à χ^2 calculé de 0.05 , cela signifie que notre échantillon suit la loi de distribution testée, si le $P(\chi^2)$ est inférieur à 0.05, notre échantillon ne s'ajuste pas à la loi de distribution testée.

Dans notre cas , le χ^2 calculé par formule est égale à 2.64 , le $\nu = 2$, d'après la table on a $P(\chi^2)=0.36$, cette valeur est supérieure à 0.05 , donc l'échantillon s'ajuste la loi normale .

b.2.Ajustement suivant la loi log -normal (loi de Galton) :

La représentation graphique sur papier log-normale montre une légère convexité , l'équation de la droite d'ajustement (droite d'Henry) est de la forme :

$$\text{Log} (\bar{X} - X_0) = (1/a U) - (b/a)$$

Avec : a et b : coefficients d'ajustement.

U : variable de Gauss.

X_0 : paramètre de position ($X_0 = 0$).

$$a = 1.517 / (\text{Log} (1 + \sigma^2 / (\bar{X} - X_0)^2))^{1/2}$$

Nous avons $\bar{X} = 73.97$ mm et $\sigma = 38.08$ mm ;

$$a = 4.74$$

$$b = (1.1513/a) - \text{Log} (\bar{X} - X_0)$$

$$b = -1.63$$

l'équation de la droite d'Henry s'écrit donc :

$$\text{Log} (\bar{X} - X_0) = (1/a U) - (b/a)$$

La table de Pearson du χ^2 nous donne la valeur de la probabilité du χ^2 par rapport à un seuil de dépassement estimé à 0.05 . si le χ^2 théorique est supérieur à χ^2 calculé de 0.05 , cela signifie que notre échantillon suit la loi de distribution testée , si le $P(\chi^2)$ est inférieur à 0.05 , notre échantillon ne s'ajuste pas à la loi de distribution testée.

Dans notre cas , le χ^2 calculé par la formule est égale à 2.64 , le $\nu = 2$, d'après la table on a $P(\chi^2)=0.36$, cette valeur est supérieure à 0.05, donc l'échantillon s'ajuste suivant la loi normale.

b.2. Ajustement suivant la loi log-normal (loi de Galton) :

La représentation graphique sur papier log-normal montre une légère convexité, l'équation de la droite d'ajustement (droite d'Henry) est de la forme :

$$\text{Log} (\bar{X} - X_0) = (1/a U) - (b/a)$$

Avec : a et b : coefficients d'ajustement.

U : variable de Gauss.

X_0 : Paramètre de position ($X_0 = 0$).

$$a = 1.517 / (\text{Log} (1 + \sigma^2 / (\bar{X} - X_0)^2))^{1/2}$$

Nous avons $\bar{X} = 73.97$ mm et $\sigma = 38.08$ mm ; a = 4.74

b

$$= (1.1513/a) - \text{Log} (\bar{X} - X_0)$$

$$b = -1.63$$

L'équation de la droite d'Henry s'écrit donc :

$$\text{Log} (\bar{X} - X_0) = (1/a U) - (b/a)$$

Tab. II.11 : Calcul du χ^2 en loi log-normale

$\frac{(O - TH)^2}{TH}$	Effectif observé (O)	Effectif théorique (TH)	Limites de classe	N° de classe
0.034	5	6	< 40.43	1
0.134	4	6	40.43-54.87	2
0.134	8	6	54.87-71.07	3
0.134	8	6	71.07-96.44	4
0.034	5	6	> 96.44	5
0.47	$\sum \frac{(O - TH)^2}{TH}$			

- *Test d'adéquation du χ^2 en loi log-normale:*

Donc χ^2 calculé est égale à 0.47 pour $v = 2$, après les calculs on obtient $P(\chi^2) = 0.38$.

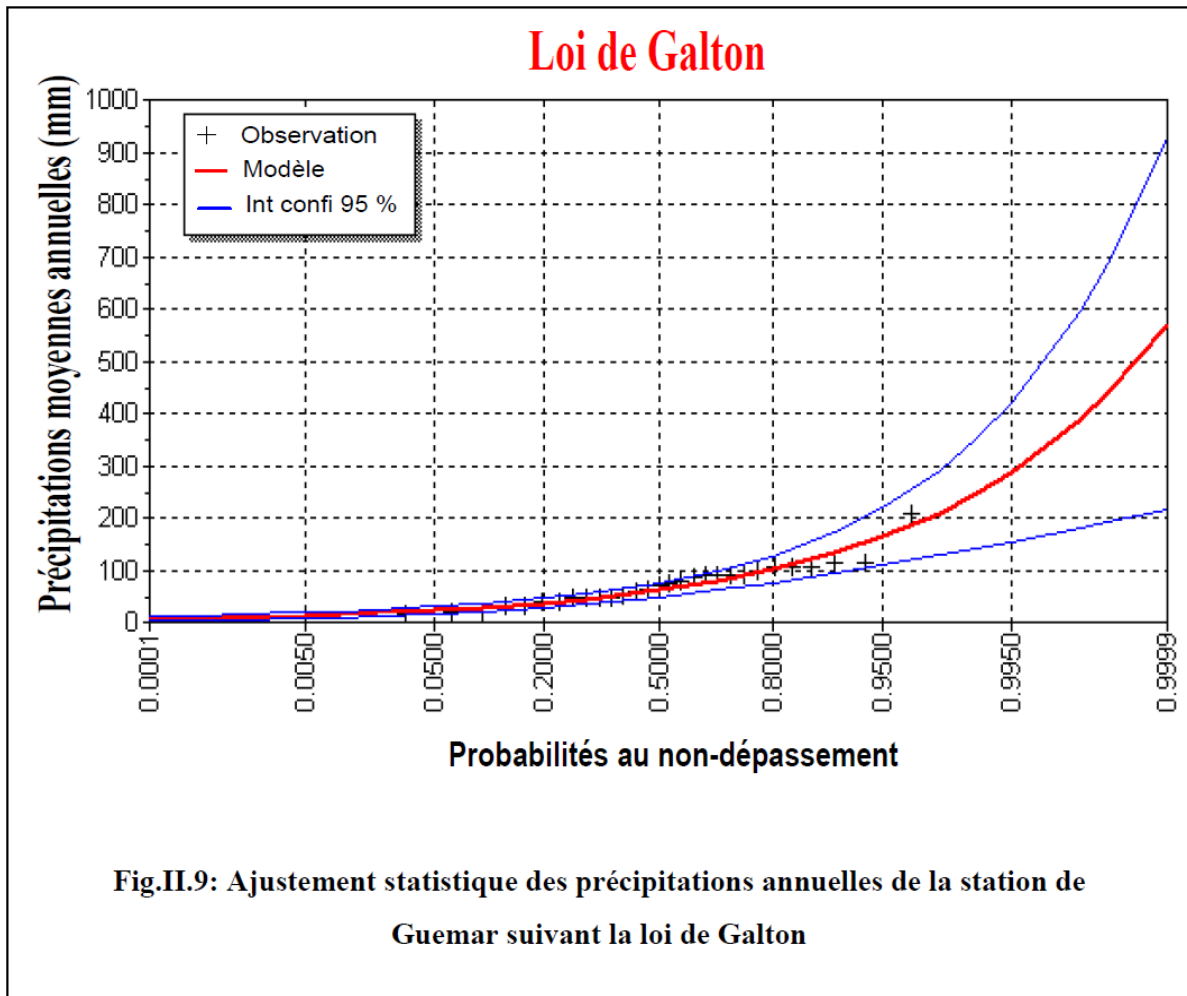


Fig. II.8: Ajustement statistique des précipitations annuelles de la station de Guemar suivant la loi de Galton

c. Discussion des résultats :

Tab. II.12: Comparaison de l'adéquation des lois testées au test du χ^2 .

$P(\chi^2)$	χ^2	Type de loi
0.36	2.68	Loi normale
0.38	0.47	Loi log-normale

On juge généralement l'adéquation d'une loi à un échantillon par la probabilité du χ^2 , l'échantillon s'ajuste à la loi pour laquelle le $P(\chi^2)$ est le plus élevé. D'après les valeurs du $P(\chi^2)$, notre échantillon s'ajuste mieux à la loi log Normale, cette dernière est la mieux adaptée aux régions arides (désertiques).

II.4. L'humidité :

L'humidité est un état de climat qui représente le pourcentage de l'eau existant dans l'atmosphère, elle a des effets sur les altérations chimiques telles que l'oxydation.

L'humidité moyenne de la région représentée dans le tableau ci-dessous où on remarque un minimum enregistré pendant le mois de juillet avec une valeur de l'ordre de 31.63 % et un maximum enregistré pendant le mois de décembre avec une valeur de 66.86 %. L'humidité relative est de 62.83 % en hiver et de 33.82 % en été.

Tab. II.13: Répartition moyenne mensuelle de l'humidité aux stations de Guemar et de Touggourt (%) (1976-2006)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Moy
Guemar	47,8 6	52,8 3	60,6 0	66,8 6	65,3 8	56,2 4	49,4 6	43,9 1	38,9 4	34,8 0	31,6 3	35,0 4	48.63

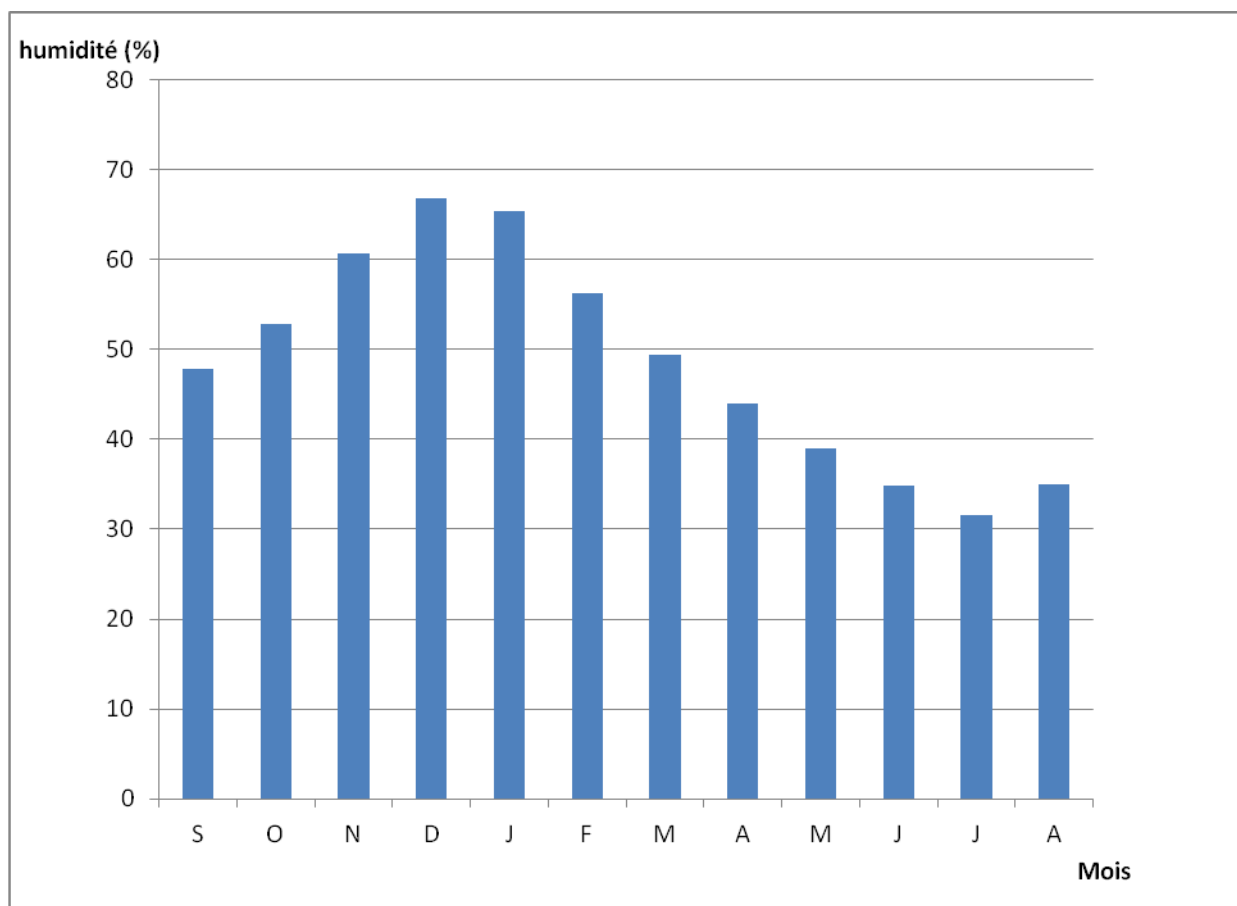


Fig. II.10: Répartition moyenne mensuelle interannuelle de l'humidité aux stations de Guemar (%) (1976/2006)

II.5. le vent :

Les vents sont fréquents , les plus violents se situent au printemps . La direction dominante est Nord-est, à l'exception des mois d'hivers dont la direction est Sud Ouest.

Le sirocco (chihili) présente le vent caractérisant la saison d'été souffle fréquemment dans la région , prenant un sens Sud-Nord et jeter des courant d'air chaud parfois avoisiner des vagues de sables. Il faut aussi parler des vents de sables qui ont leurs

saisons de prédilection entre février et avril (durant le printemps) . Mais heureusement, les véritable tempêtes restent très rares.

La vitesse moyenne des vents enregistrée pour la période de (1976-2006) est reportée sur le tableau N°II.14). On remarque qu'au printemps les vents sont les plus forts dominés par le vent d'Est

communément appelé "El-Bahri ". Ce dernier souffle principalement pendant la période qui s'étale d'Avril à juillet. En été , il apporte de fraîcheur, mais il est peu apprécié au printemps car il donne naissance au vent de sable et retarde la floraison des cultures locales tel que le tabac et le palmier . Ces vents de sables donne au ciel une couleur jaune et peuvent durer jusqu'à à trois jours consécutifs avec une vitesse moyenne de 30 à 40 km/h.

Tab. II.14: Répartition moyenne mensuelle de vitesse du vent aux stations de Guemar et de Touggourt (m/s) (1976-2006)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Moy
Guemar	3,26	2,40	2,46	2,61	2,33	2,69	3,38	4,12	4,34	3,79	3,63	3,20	3.18

II.6. L'insolation :

La répartition des moyennes mensuelles d'insolation nous permet de constater que la brillance du soleil est maximum au cours du mois de juillet avec une moyenne de 351.367 heures , et le minimum est enregistré pendant le mois de décembre avec une moyenne de 228.978 heures.

Dans la région , le rayonnement solaire est excessif (le moyen annuel est de 3394 h/ans) ce qui traduit par un pouvoir évaporant élevé.

Tab. II.15: Répartition moyenne mensuelle d'insolation aux stations de Guemar et de Touggourt (heures) (1976-2006)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Moy
Guemar	275,8	259,4	232,4	229,0	239,1	249,8	276,9	292,2	309,8	346,1	351,4	332,2	282,8

III. CALCUL DES PARAMETRES DE BILAN HYDRIQUE :

III.1. Evapotranspiration :

C'est un élément principal de bilan hydrique, désigne toutes les pertes en eaux par retour à l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau, elle regroupe l'ensemble des phénomènes physiques et biologiques qui restituent l'humidité du sol à l'atmosphère.

L'évapotranspiration potentielle (ETP) est la quantité d'eau pouvant être restituée à l'atmosphère par transpiration des êtres vivants et évaporation du sol et des surfaces d'eaux libres, si

celui-ci contient en permanence la quantité d'eau suffisante, alors que l'évapotranspiration réelle (ETR) correspond à la quantité d'eau effectivement transpirée et évaporée.

On utilise la méthode de C.W Thorntwaite pour le calcul de l'évapotranspiration potentielle (ETP) et cette dernière avec la formule de Turc pour estimer l'évapotranspiration réelle (ETR) :

a. L'évapotranspiration potentielle (ETP) :

La formule utilisée pour le calcul est :

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

ETP : évapotranspiration potentielle (mm)

T : température moyenne mensuelle de l'air (°C)

I : indice thermique annuel

$$a = \left(\frac{1.6}{100} \right) I + 0.5$$

Calcul de l'indice thermique mensuel i : $i = \left[\frac{T}{5} \right]^{1.514}$ D'où $I = \sum i$

Les résultats sont portés sur le tableau suivant :

**Tab.II.16: Résultats de l'ETP issus de l'application de la formule de Thorntwaite
(1976-2006)**

Paramètre	T (°C)	I	K	ETP (mm)
	Guemar	Guemar		Guemar
Mois				
Septembre	29,18	14,74	1.03	143,11
Octobre	22,83		0.97	73,75
Novembre	16,29	6,15	0.88	29,19
Décembre	11,39	3,72	0.86	12,54
Janvier	10,67	3,36	0.88	10,87
Février	13,12	4,52	0.86	17,27
Mars	17,18	6,81	1.03	40,40

Avril	20,70	8,98	1.09	67,26
Mai	26,31	12,51	1.19	126,44
Juin	31,01	16,00	1.20	187,15
Juillet	34,18	18,55	1.22	247,06

b. l'évapotranspiration réelle (ETR):

a.1. Méthode de Thorntwaite:

Pour le calcul de l'évapotranspiration réelle, on utilise la méthode de C.W Thorntwaite, où on distingue deux cas principaux :

1. Si $P - ETP > 0$; c-a-d : $P > ETP$, dans ce cas $ETR = ETP$.
2. Si $P - ETP < 0$; c-a-d : $P < ETP$, ce cas est subdivisé encore en deux cas :

2. a- Si $P + RFU > ETP \Rightarrow ETR = ETP$.

2. b- Si $P + RFU < ETP \Rightarrow ETR = P + RFU$.

Les résultats des calculs sont résumés dans les tableaux II.18 et II.19 (bilan hydrique)

b.2. Formule de Turc :

C'est une méthode empirique qui se base sur de nombreuses données hydrologiques, cette expression est la suivante:

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

ETR : L'évapotranspiration réelle annuelle en mm.

P : précipitation moyenne annuelle en (mm).

L : paramètre exprimant le pouvoir évaporant de l'atmosphère, il a pour expression :

$$L = 300 + 25T + 0.05T^3 \quad \text{d'où } T \text{ est la température moyenne annuelle en } ^\circ\text{C.}$$

Tab.II.17: Résultats de l'application numérique de la formule de TURC (1976-2006).

Station \ Paramètres	P (mm)	T (°C)	L	ETR (mm/an)
Guemar	73.97	22.23	1405,02	77,85

III.2. Estimation de la réserve facilement utilisable (RFU) :

Elle présente la quantité d'eau emmagasinée dans le sol , son degré de saturation dépend de plusieurs facteurs :

- La nature , la composition lithologique et l'épaisseur de la couche superficielle.
- La profondeur du niveau piézométrique de la nappe aquifère.
- Le climat de la région.
- Le type de la couverture végétale .

On peut calculer la RFU d'après la formule de Hallaire : $RFU = \frac{1}{3} Da.He.P$

RFU : réserve facilement utilisable en cm .

Da : Densité apparente du sol

He : Humidité équivalentement du sol.

P : profondeur de la couche de la terre parcourue par les racines en mm.

RFU : 100 mm , c'est la valeur de la réserve facilement utilisable .

III.3. Ruissellement (R) :

D'après la formule de tixeront-Berkaloff, on peut calculer le ruissellement à partir de la précipitation moyenne annuelle et l'évapotranspiration potentielle calculée d'après la formule de Thorntwaite :

$$R = \frac{P^3}{3(ETP)^2}$$

$$R = \frac{(73,97)^3}{3(1174,28)^2}$$

Donc $R = 0.0097$ mm

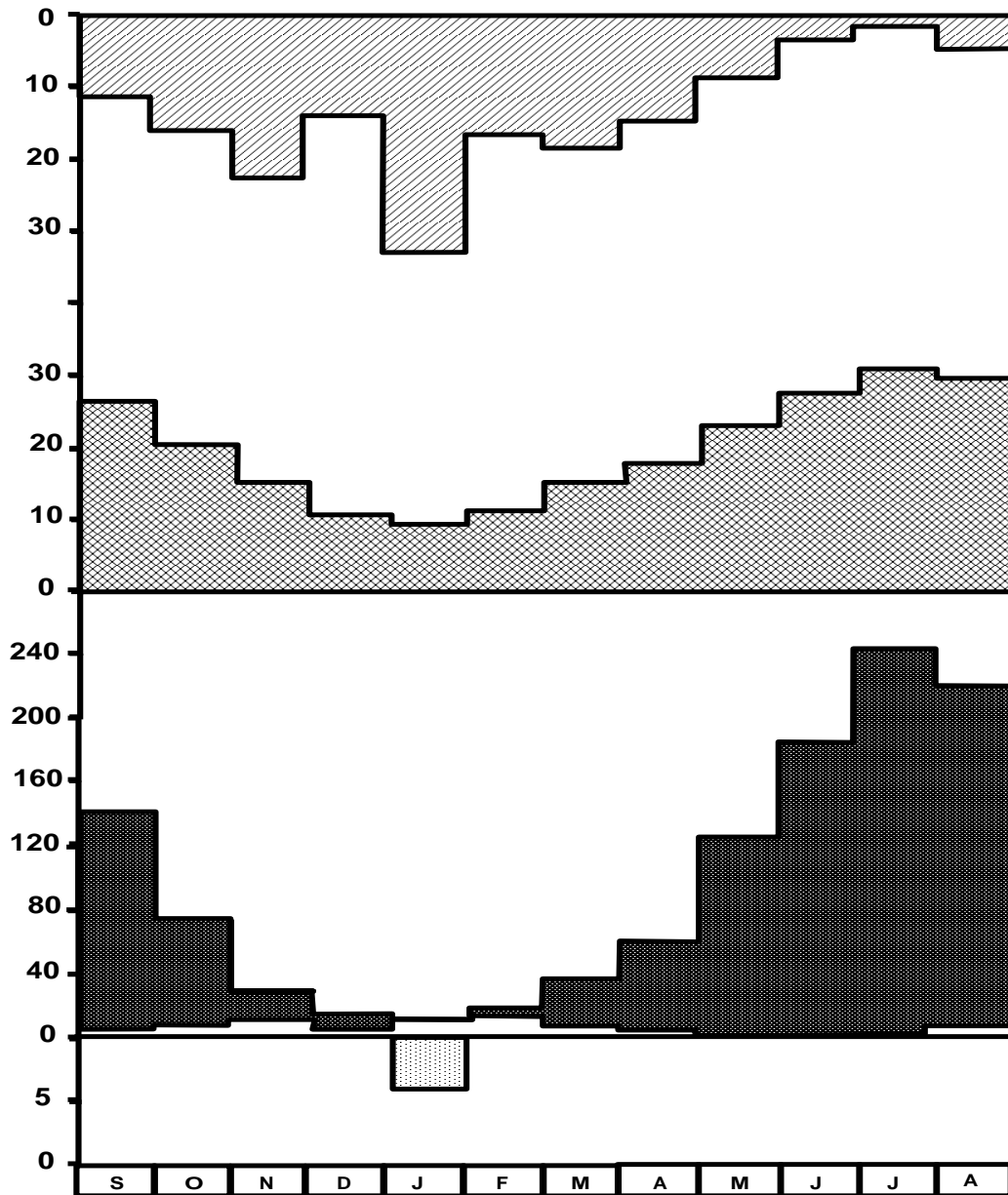
On constate que la lame d'eau ruisselée sur l'aire d'étude est négligeable grâce à la nature du terrain caractérisé par une forte perméabilité à savoir les formations sableuses.

IV. Etablissement du bilan :

Le bilan hydrique établi par méthode de Thorntwaite pour la station de

Guemar a montré que l'ETP atteint le maximum au mois de juillet (245.61 mm) et son minimum au mois de janvier (10.34 mm).

Le bilan hydrique pour une période de 30 ans (1976-2006) de la vallée de Oued Souf est déficitaire (DA = 1100.31 mm) alors que l'excédent est nul .



LEGENDE

- Précipitation (mm)
- Température (°C)
- DA (mm)
- RFU (mm)

Fig. II.11: Graphique du bilan hydrique selon la méthode de Thornthwaite station de Guemar (1976-2006)

V- CONCLUSION :

Le climat de la région d'étude est en certains points analogue à celui du reste du Sahara : très chaud et sec l'été qui devient assez froid en hiver (de 2 à 8 °C) voir gelées la nuit , en effet , les différences de température entre le jour et la nuit sont très élevées (jusqu'à 30°C en été). Ceci s'explique par le fait que le sable se refroidit plus vite que les autres roches tel que l'argile , c'est pour cette raison qu'il fait plus froid la nuit aux villages installés et/ou entourées de sable (Sidi Aoun ou ZGoum) qu'à la cité des 400 logements à El-Oued centre.

La synthèse des données climatique nous permet de distinguer que la région est caractérisée par un climat hyper aride de type saharien , présenté par une irrégularité annuelle et interannuelle par deux périodes différentes :

L'une est sèche et chaude se prolonge entre le mois de mars et novembre et l'autre est humide et froide s'étale entre novembre et février.

Le mois le plus humide est décembre caractérisé par une forte humidité (moyenne de 66.86%) et d'un faible rayonnement solaire (moyenne de 229 heures) et le mois le plus sec est juillet caractérisé par une faible humidité (moyenne de 31.63 %). La brillance de soleil est très élevée (moyenne de 351.4 heures) ce qui traduit un pouvoir évaporant excessif .

L'établissement du bilan hydrique et l'estimation de ses paramètres nous permettent de ressortir les résultats suivants :

- Le bilan est déficitaire, l'excédent est nulle et la RFU est épuisée durant toute l'année malgré qu'elle présente uniquement une valeur de 4.31 mm pendant le mois de janvier.
- La précipitation est de l'ordre de 73.97 mm qui contribue complètement à l'évapotranspiration réelle.

CONCLUSION GENERALE

La vallée de Souf est une unité de ressource en eau située au Sud-Est algérien, occupe une superficie de 11738 km² qui représente 18 communes administrativement et englobe un nombre de population de 363110 habitants (soit 185484 masculins et 177626 féminins)

Dans l'étude géologique, nous avons identifié la stratigraphie régionale, la géomorphologie du sous-sol, les reliefs et la tectonique caractérisant l'aire d'étude. Le climat de la région est comme le climat saharien se caractérise par une température élevée (la moyenne de 22.23°C) et un faible taux de précipitation (73.97 mm), d'une évaporation importante et d'un rayonnement solaire excessif. L'ajustement statistique des précipitations annuelles présente une bonne adéquation à la loi de Galton.

L'étude hydro climatique représente les bases de données indispensables pour un bilan hydrique, lequel est à indispensable pour la gestion des ressources hydriques souterraines.

Notre région d'étude est caractérisée principalement par une irrégularité des précipitations, ainsi qu'une humidité remarquable qui caractérise l'Automne et l'hiver.

Les vents sont généralement doux, mais au printemps ils deviennent violent et donnent naissance aux vents de sables.

Le vent est le paramètre le plus régulier dans la zone d'étude. Généralement le taux d'évaporation est haut, elle reprend pratiquement toute l'eau précipitée.

Les infiltrations sont estimées à 40 % des valeurs des précipitations et le ruissellement est quasiment nul (D.H.W d'EL Oued, 2005).

Références bibliographique

1. Annuaire statistique (2010) , présentation de la Wilaya d'El-oued.
2. Mr-khachena salim (2007) : Etude de la gestion intégrée des ressources en eau dans la vallée d'El-oued (Est algérien) , mémoire de la magister de uni-Annaba .(thème du doctora).
3. Mr-Fridjat Seif Eddine (2006) : Contribution à l'étude de la remontée des eaux de la nappe phréatique dans la région de Oued –Souf , mémoire d'ingenieur , Ecole Nationale superieure de l'hydraulique (ENSH).