République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et
de la Recherché Scientifique
Université Kasdi Merbah d'Ouargla

N° d'ordre

N° de série

Faculté des Mathématiques et des Sciences de la Matière

Département de Physique

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de : MASTER ACADEMIQUE

Spécialité : Physique météorologique

Présenté par :

HAMANA Samira & KADAI Djamila

Thème

Reconstitution et analyse synoptique d'un événement exceptionnel des précipitations sur l'Algérie : cas de l'automne 1969

Soutenu publiquement le 01/10/2020

Devant le jury composé de :

Mr	BENMABROUK Lazhar	MCA	UKMO	Présidant
Mr	NAKES MED Taher	MAA	UKMO	Examinateur
Mr	HEBBAL Belkhir	MAA	UKMO	Examinateur
Mr	FAKIH Abdellali	MCB	UKMO	Encadreur

Année universitaire : 2019/2020

Dédicace

Je dédie ce travail

Aux êtres qui me sont les plus chers

Et sans qui je n'aurai jamais pu réussir :

Ma mère qui m'a appris à aimer et à rêver le monde en silence

Mon père qui, par son affection, son amour et ses conseils m'a appris la vie.

Mes sœurs : Khadidja, Souad, Halima, Hayat pour leur présences à mes cotés

Mon cher frère : Abdelhake

Mes chers enfants :Abdelraouf, Nour

Mon cher enseignant BENSACI Miloud

Mes belles roses Rawaà, Asma.

Je le dédie aussi

Mon cher ami : Med Abdeldjalil KHEDIMOU

Samira

Dédicace

Avec l'aide de dieu le tout puissant on a pu achever ce modeste travail

que je dédie :

A ma mère KADAI Fatma et mon père KADAI Aissa le grand cœur sur la terre de m'avoir aider avec leurs conseils et leur soutien morale, en espérant que dieu leur donne la santé.

A mon cher frère KADAI Mohamed .

A mes sœurs (klo, Khadidja , Sakina et Saida).

A mes amis et tout ce qui m'aiment (Warda , Hania , Asma, Amina , Sabah).

A ma promotion 2019/2020

.

Djamila

Remerciements

Merci Allah (mon dieu) de nous avoir donné la capacité d'écrire et de réflichir, La force d'y croire , la passience d'aller jusqu'au bout du réve et le bonheur de lever nos mains vers le ciel et de dire "YA MOUDJIB"

Nous tenons à remercier chaleureusement :

Notre encadreur monsieur FEKIH Abdelali sans son apport très précieux nous n'avons pas pu accomplir ce travail. Il a toujour été là pour nous aider en faisant preuve d'une passience et d'une dispensibilté remarquable .

Grace a son soutien inconditionnel et ses remarques instructives , nous étions très diterminées pour achever ce mémoire .

Notre professeur Monsieur HEBBAL Belkhir pour ses efforts, ses orientations et ses précieux conseils durant cette année.

Mes remerciements vont également à Mr ZERROUKI Med Bachir

Mon cher pére KADAI Aissa ,mes chers fréres KADAI Mouhamed et KADAI Ismail .

Mes amis MEDAKKEN Amel , BOUADJADJA Warda .

Les membres de jury d'avoir accepter d'évaluer notre travail ; sans oublier tout mes enseignants qui ont contribué à notre formation tout au long de ce parcours .

Et à toute personne qui a contribué de prés ou de loin à nous aider et a nous setounir moralement ou matérielement

Samira et Djamila

Table des matières

DEDICACE……I

REMERCIEMENTS……III

LISTE DES FIGURES……VI

LISTE DES TABLEAUX……VIII

LISTE DES ACRONYMES……IX

INTRODUCTION GENERALE……1

CHAPITRE I

GENERALITES SUR LE CLIMAT DU NORD SAHAR ALGERIEN

I.1. INTRODUCTION 2
1.2 LE CLIMAT DU NORD SAHARA 2
1.3 LES PRECIPITATIONS 3
1.3.1 Définition des précipitations 3
1.3.2. Mécanismes de formation des précipitations 3
1.3.2.1 L'effet de coalescence 4
1.3.2.2 L'effet Bergeron 4
1. 3. 3 Les types des précipitations 4
1.3.3.1 Les précipitations convectives 4
1.3.3.2 Les précipitations orographiques 5
1.3.3.3 Les précipitations frontales 5
1.3.4 Mesures des précipitations 6
I.3.4.1 Instruments de mesure 6
I.3.4.2 Méthodes de calcul les précipitations 9
I.3.4.2.1 Méthode de la moyenne arithmétique 9
1.3.4.2.2 Méthode des polygones de Thiessen 9
1.3.4.2.3 Méthode des isohyètes 10
1.4. L'HUMIDITE 10
1.4.1. L'humidité absolue 10
1.4.2. L'humidité relative 11
1.4.3. L'humidité spécifique 11

CHAPITRE II

ETUDE CLIMATOLOGIQUE DE LA ZONE D'ETUDE

II.1. INTRODUCTION 13
II. 2. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE 13
II.2.1 Région de Biskra 14
II.2.1.1 Les conditions climatiques de la station météorologique de Biskra 14
II.2.2 Région d'El Oued 17
II.2.2.1 Les conditions climatiques de la station météorologique d'El Oued 18

CHAPITRE III

ANALYSES SYNOPTIQUES DE L'EVENEMENT DE L'AUTOMNE 1969

III.1 INTRODUCTION 24
III.2 DESCRIPTION CLIMATOLOGIQUE DE L'EVENEMENT 24
III.3 DONNEES ET METHODE UTILISEES 25
III.3.1 Données de mesure de la station de Biskra 26
III.3.2 Les ré-analyses météorologiques 26
III.3.2.1 Définition des ré-analyses météorologiques 26

III.3.2.2 Les types de ré-analyses 27
III.3.3.1 Le logiciel GRADs 27
III.4. ANALYSE SYNOPTIQUE 28
III.4.1 Analyse du mois de septembre 28
III.4.1.1 Caractéristiques de surface 28
III.4.1.2 Caractéristiques en altitude 31
III.4.1.3 L'humidité 34
III.4.2.Analyse du mois d'octobre 36
III.4.2.1 Caractéristiques de surface 36
III.4.2.2 Caractéristiques en altitude 38
III.4.2.3 Cumul pluviométrique 40

CONCLUSION GENERALE 42

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 43

ملخص 44

RESUME 44

ABSTRACT 44

LISTE DES FIGURES

FIG.1.1. CIRCULATION DE HADLEY ……2

FIG.1.2. PRINCIPAUX TYPES DE PRECIPITATIONS……6

FIG.1.3. LE PLUVIOMETRE……7

FIG.1.4. LE PLUVIOGRAPHE……8

FIG.1.5. LE NIVOMETRE……9

FIG.2.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA ZONE D'ETUDE……14

FIG.2.2. LA VARIATION DES TEMPERATURES MENSUELLES A BISKRA……15

FIG.2.3. LA VARIATION D'HUMIDITE RELATIVE MENSUELLE A BISKRA ……16

FIG.2.4. LA VARIATION DE LA VITESSE MENSUELLE DU VENT A BISKRA……17

FIG.2.5. LA VARIATION DES TEMPERATURES MENSUELLES A EL OUED ……18

FIG.2.6. LA VARIATION D'HUMIDITE RELATIVE MENSUELLE A EL OUED……19

FIG.2.7. LE CUMUL MENSUEL DES PRECIPITATIONS A EL OUED……20

FIG.2.8. LA VARIATION DE LA VITESSE MENSUELLE DU VENT A EL OUED……21

FIG.2.9. LA VARIATION DE L'EVAPORATION MENSUELLE A EL OUED ……22

FIG.3.1 INONDATIONS DRAMATIQUES ENREGISTREES A BISKRA DURANT L'AUTOMNE 1969……25

FIG.3.2. PRECIPITATIONS ENREGISTREES A BISKRA POUR LA PERIODE (1944-2007)……26

FIG.3.3.INTERFACE DU LOGICIEL GRADS……28

FIG 3.4 CUMUL DES PRECIPITATIONS ET PRESSION MER A 00H ET 12H LE 22SEPTEMBRE……29

FIG 3.5 CUMUL DES PRECIPITATIONS ET PRESSION MER A 00H ET 12H LE 23SEPTEMBRE……29

FIG 3.6 CUMUL DES PRECIPITATIONS ET PRESSION MER A 00H ET 12H LE 24SEPTEMBRE……30

FIG 3.7 CUMUL DES PRECIPITATIONS ET PRESSION MER A 00H ET 12H LE 25SEPTEMBRE……30

FIG 3.8 CUMUL DES PRECIPITATIONS ET PRESSION MER A 00H ET 12H LE 26SEPTEMBRE……30

FIG 3.9 CUMUL DES PRECIPITATIONS ET PRESSION MER A 00H ET 12H LE 27 SEPTEMBRE……31

FIG 3.10 CUMUL DES PRECIPITATIONS ET PRESSION MER A 00H ET 12H LE 28 SEPTEMBRE……31

FIG 3.11 LES GEOPOTENTIELS, TEMPERATURES ET VENTS NIVEAU 500HPA LE 22 SEPTEMBRE……32

FIG.3.12 LES GEOPOTENTIELS, TEMPERATURES ET VENTS NIVEAU 500HPA LE 23 SEPTEMBRE……..33

FIG.3.13 LES GEOPOTENTIELS, TEMPERATURES ET VENTS NIVEAU 500HPA LE 24 SEPTEMBRE……..33

FIG.3.14 LES GEOPOTENTIELS, TEMPERATURES ET VENTS NIVEAU 500HPA LE 25 SEPTEMBRE……..33

FIG.3.15 LES GEOPOTENTIELS, TEMPERATURES ET VENTS NIVEAU 500HPA LE 26 SEPTEMBRE……..34

FIG.3.16 LES GEOPOTENTIELS, TEMPERATURES ET VENTS NIVEAU 500HPA LE 27 SEPTEMBRE……..34

FIG 3.17 LES GEOPOTENTIELS, TEMPERATURES ET VENTS NIVEAU 500HPA LE 28 SEPTEMBRE……34

FIG.3.18 L'HUMIDITE RELATIVE POUR LE 27 SEPTEMBRE 1969 AU NIVEAU 850HPA……35

FIG.3.19 L'HUMIDITE RELATIVE POUR LE 28 SEPTEMBRE 1969 AU NIVEAU 850HPA……35

FIG .3.20 CUMUL DES PRECIPITATIONS ET PRESSION MER A 00H ET 12H LE 19 OCTOBRE 1969……..37

FIG 3.21 CUMUL DES PRECIPITATIONS ET PRESSION MER A 00H ET 12H LE 22 OCTOBRE 1969……..38

FIG 3.22 LES GEOPOTENTIELS, TEMPERATURES ET VENTS NIVEAU 500HPA LE 19 OCTOBRE……..39

FIG.3.23 LES GEOPOTENTIELS, TEMPERATURES ET VENTS AU NIVEAU 500HPA LE 22 OCTOBRE…….39

FIG.3.24 CUMUL MENSUEL ESTIME EN (DU 22 AU 28 SEPTEMBRE ET DU 19 AU 23 OCTOBRE……..40

FIG 3.25 CUMUL ESTIME AU MOIS DE SEPTEMBRE ET OCTOBRE 1969……41

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 2.1. LES COORDONNEES GEOGRAPHIQUES DE LA ZONE D'ETUDE……14

TABLEAU 2.2. LES DONNEES CLIMATIQUES ENREGISTREES A BISKRA (2008-2018)…….15

TABLEAU 2.3. LES DONNEES CLIMATIQUES ENREGISTREES A EL OUED (2008-2018)…….18

LISTE DES ACRONYMES

ECMWF : Centre Européen des prévisions météorologiques à moyen terme

ERA-40 : ECMWF R-Analysis

GRADS : GRid Analysis and Display System

NARR : North American Regional Reanalysis

NCAR : National Center for Atmospheric Reaserch

NCEP : National Center for Environmental Prediction

OMM : Organisation Météorologique Mondiale

ONM : Office National de la Météorologie

INTRODUCTION GENERALE

Les précipitations diluviennes sont répertoriées entant que phénomène climatique extrêmes et à risque majeur. Ces phénomènes sont souvent la cause des dégâts importantes tant sur le plan humain que matériels. Ces dégâts se manifestent souvent sous forme d'inondations sur des grands étendus, des avalanches conduisant ainsi à la destruction des routes, des habitations et des voies ferrées et mettent en péril le développement socio-économique. A l'instar des autres pays du monde, l'Algérie est soumise aux effets de ce phénomène hydrométéorologique qui sont parfois catastrophiques. L'ampleur exceptionnelle de ce phénomène a été enregistrée dans les oasis sud-est durant l'automne 1969 où durant les deux mois de septembre et octobre des pluies torrentielles se sont abattues sur les régions des Oasis de sud-est notamment la région de Biskra et El-Megheir. A Biskra, le cumul pluviométrique enregistré en 24 heures entre le 27 et le 28 Septembre était de 166 mm. Des inondations catastrophiques ont causé de nombreuses pertes humaines (près d'une centaines de personnes), 16000 personnes sans-abris. 2000 habitations ont été détruites. La récolte a été anéantie, et près de 15000 têtes de bétails perdues. Dans le but de comprendre les conditions météorologiques ayant conduit à ce phénomène exceptionnelle sans précédent, une étude synoptique a été conduite pour la reconstitution de ces événements hydrométéorologiques dans l'espace et dans le temps en utilisant les données réanalysées ERA-40 du centre Européen des prévisions météorologiques à moyen terme (ECMWF). Les résultats ainsi trouvés seront comparés avec quelques données observées au niveau d'une station de référence située dans les oasis du sud-est.

Notre travail comporte trois chapitres. Le premier chapitre est consacré au climat du nord Sahara et les caractéristiques des différents éléments climatiques de cette région. Le deuxième chapitre sera dédié à l'étude climatologique focalisée sur la zone d'étude. L'étude et l'analyse synoptique de l'événement de l'automne 1969 et les principaux résultats sont détaillées dans le dernier chapitre. En fin de ce document une conclusion générale est donnée résumant les principaux résultats.

CHAPITRE I

GENERALITES SUR LE CLIMAT DU NORD SAHAR ALGERIEN

I.1. Introduction

En Algérie, le plus grand pays de l'Afrique, il existe trois types de climat : le climat méditerranéen le long de la côte, le climat de transition de la bande collinaire et montagneuse du nord, un peu plus continental et modérément pluvieux, et enfin le climat désertique de la grande surface occupée par le Sahara.

Afin de mieux comprendre le climat du nord Sahara, l'étude des précipitations ainsi que les instruments de mesure demeure indispensable.

1.2 Le climat du nord Sahara

Le Sahara est caractérisé par des conditions climatiques sévères, un minimum pour les précipitations et un maximum pour les températures sont naturellement plus favorables aux lithométéores. Une faible pluviométrie (100 à 200 mm par an), souvent torrentielle. La variabilité pluviométrique est une caractéristique importante du climat de l'Afrique au Nord de l'équateur. Une humidité relative très faible atteignant rarement 30 % en surface et des températures élevées pouvant dépasser 50°C avec des variations diurnes de plus de 30°C. Les vents parfois sont forts, chauds, secs et soulèvent de poussière. La caractéristique climatique principale du Sahara est conformée par un climat subtropical sec dans le Nord et un climat tropical sec dans le Sud. Le climat dans la partie du Nord du désert saharien est déterminé par la dynamique de la circulation atmosphérique de Hadley (voir Fig. 1.1). [5]

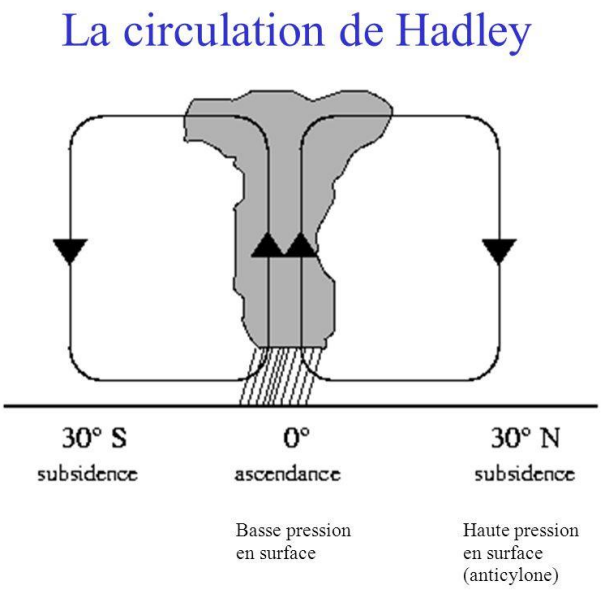

Fig.1.1. Circulation de Hadley [12]

1.3 Les précipitations

1.3.1 Définition des précipitations

Sont dénommées précipitations, toutes les eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre, tant sous forme liquide (bruine, pluie, averse) que sous forme solide (neige, grésil, grêle) et les précipitations déposées ou occultes (rosée, gelée blanche, givre,...). Elles sont provoquées par un changement de température ou de pression. Leur formation dépend de la stabilité ou de l'instabilité de l'atmosphère. [10]

D'un point de vue physique, la pluie peut être définie comme des gouttes d'eau d'un diamètre variant entre 0,5 et 5 mm, tombant ou non sur le sol (reprise par l'évaporation ou par les mouvements de l'atmosphère). [8]

1.3.2. Mécanismes de formation des précipitations

La formation des précipitations nécessite la condensation de la vapeur d'eau atmosphérique. La saturation est une condition essentielle à tout déclenchement de la condensation. Divers processus thermodynamiques sont susceptibles de réaliser la saturation des particules atmosphériques initialement non saturées et provoquer leur condensation :

- Saturation et condensation par refroidissement isobare (à pression constante),
- Saturation et condensation par détente adiabatique,
- Saturation et condensation par apport de vapeur d'eau,
- Saturation par mélange et par turbulence.

La saturation n'est cependant pas une condition suffisante à la condensation ; cette dernière requiert également la présence de noyaux de condensation (impuretés en suspension dans l'atmosphère d'origines variées - suie volcanique, cristaux de sable, cristaux de sel marin, combustions industrielles, pollution) autour desquels les gouttes ou les cristaux se forment. Lorsque les deux conditions sont réunies, la condensation intervient sur les noyaux ; il y a alors apparition de gouttelettes microscopiques qui grossissent à mesure que se poursuit l'ascendance, celle-ci étant le plus souvent la cause génératrice de la saturation. Les noyaux de condensation jouent en fait un rôle de catalyseur pour la formation de gouttelettes d'eau.

Pour qu'il y ait précipitations il faut encore que les gouttelettes ou les cristaux composant les nuages (les hydrométéores) se transforment en gouttes de pluie. Ce phénomène est lié à l'accroissement de ces éléments dont la masse devient suffisante

pour vaincre les forces d'agitation. Ce grossissement peut s'expliquer par les deux processus suivant : [9]

1.3.2.1 L'effet de coalescence :

Peut être appelé coalescence, de façon générale, tout phénomène de formation d'une goutte d'eau liquide unique par réunion de deux ou plusieurs gouttes plus petites qui entrent en collision. Mais en physique des nuages, ce terme s'applique plus exactement à des cristaux de glace ou à des gouttelettes déjà relativement gros et qui, par capture de gouttelettes d'eau rencontrées lors de leur chute, voient leur taille augmenter encore (ces gouttelettes, restées liquides à température négative, sont en état de surfusion). [13]

1.3.2.2 L'effet Bergeron :

:

Est un processus de micro physique des nuages en météorologie, décrit par Tor Bergeron en 1935, qui explique la croissance des cristaux de glaces dans les nuages à des températures sous le point de congélation.

A ces températures, la pression de surface des cristaux des glaces est moindre que celle de l'eau liquide ce qui fait les flocons de neige grossissent aux dépens des gouttelettes d'eau surfondues.[14]

1. 3. 3 Les types des précipitations

Il existe différents types de précipitations : les précipitations convectives, les précipitations orographiques et les précipitations frontales (Fig.1.2).

1.3.3.1 Les précipitations convectives

Les forts mouvements ascendants provoquent une condensation rapide de la vapeur d'eau et génèrent de forts contenus en eaux liquide nuageux. Les processus microphysiques dominants sont la coalescence et givrage.

Ils conduisent à un développement très efficace des précipitations (liquide et solide) car ils sont favorisés par les fortes ascendances qui augmente la durée de résidence des hydrométéores dans le système. Lorsque des particules deviennent suffisamment lourdes. Elles tombent au sol sous forme de pluies très intense ou de grêle. Les cumulonimbus sont des exemples courant de précipitations convectives intenses.

Les ascendances sont en moyenne comprise entre 1 et 5 m/s. Les pluies convectives sont caractérisées par des champs de précipitations de plus grandes

extensions et verticale et par une forte variabilité spatiale et temporelle des intensités de pluie. [1]

1.3.3.2 Les précipitations orographiques

La présence d'un relief (une chaîne de Montagne par exemple) sur la trajectoire d'une masse d'air provoque l'élévation de celle-ci. Le refroidissement induit peut entraîner la formation d'une couverture nuageuse et déclencher des précipitations. Ce type système est relié aux perturbations cycloniques. [10]

Ces précipitations, d'intensité et d'extension variable, touche principalement le versant situé au vent. Le versant sous le vent est contraire plus sec, car l'humidité relative de la masse d'air et donc la pluie est moindre voire nulle lorsqu'elle descend sur le versant sous vent. [6]

1.3.3.3 Les précipitations frontales

Elles sont associées aux surfaces de contact entre les masses d'air de température, de gradient thermique vertical, d'humidité et de vitesse de déplacement différents : les fronts. C'est près de ces discontinuités météorologiques associées aux dépressions qu'on observe des précipitations. Les masses nuageuses et les zones de précipitations se situent généralement à l'avant des fronts chauds (discontinuité atmosphérique séparant deux masses d'air de températures différentes, l'air froid précédant l'air chaud) et à l'arrière des fronts froids (zone de transition où une masse d'air froid prend la place d'une masse d'air plus chaude en la forçant à s'élever). Ces derniers créent des précipitations plus brèves, moins étendues et plus intenses. Les fronts chauds génèrent des séquences pluviométriques plus longues et couvrant des zones plus vastes, mais avec une intensité moindre. Dans le cas d'un front chaud actif, les précipitations peuvent couvrir une zone de 300 kilomètres alors que la taille dépasse rarement 100 à 200 kilomètres lors d'un front froid. Les précipitations perdurent pendant le temps de passage moyen de la dépression. [15]

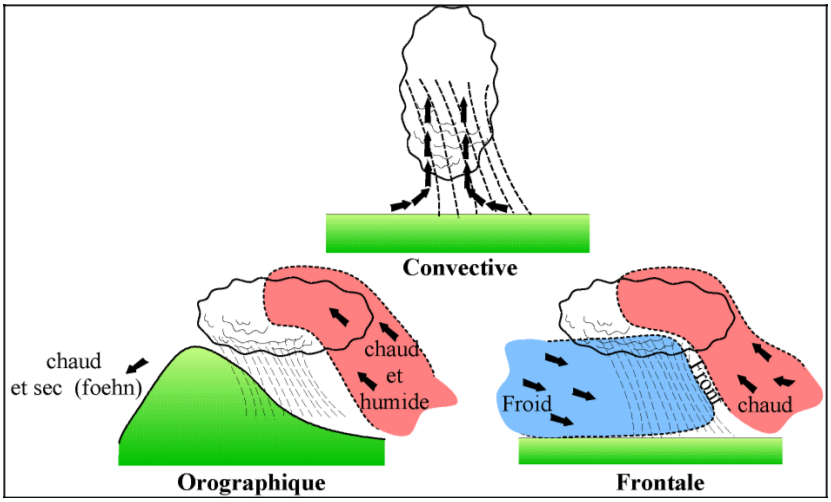

Fig.1.2. Principaux types de précipitations : Convectives, orographiques et frontales.[16]

1.3.4 Mesures des précipitations

Comme les précipitations varient selon différents facteurs (déplacement de perturbations, lieu de l'averse , influence de la topographiques ,etc.) , leur mesure est relativement compliquée. Quelle que soit la forme de la précipitation , liquide ou solide ,on mesure la quantité d'eau tombée durant un certain laps de temps .on l'exprime généralement en hauteur de précipitation ou lame d'eau précipitée par unité de surface horizontale (mm) .on définit aussi son intensité (mm/h) comme la hauteur d'eau précipitée par unité de temps .la précision de la mesure est au mieux de l'ordre de 0.1 mm .en suisse ,toute précipitation supérieur à 0.5mm est considérée comme pluie effective .[10]

I.3.4.1 Instruments de mesure

I.3.4.1.1 Le pluviomètre

Un pluviomètre qui sert à mesurer la quantité d'eau qui est tombée à un endroit bien précis. Pour pouvoir obtenir cette mesure, le pluviomètre recueille d'eau de la pluie grâce à un bocal surmonté d'une sorte d'entonnoir.

Une fois que la pluie cesse, vous pouvez lire le niveau de l'eau grâce aux graduations présentes sur le bocal. Généralement, il y a un tube situé à l'intérieur du bocal qui permet de vite mesurer le niveau des précipitations(Fig.1.3). [17]

Fig.1.3. Le pluviomètre [18]

I.3.4.1.2 Le pluviographe

L'appareil de base, le plus répandu, est le pluviographe à augets basculeurs. Cet appareil capte les précipitations à travers une surface horizontale de façon analogue aux pluviomètres traditionnels.

Le principe de cet appareil est très simple, l'eau de pluie est recueillie dans un cône de réception appelé impluvium et s'écoule o travers un ajutage calibré vers un auget. Lorsque cet auget est rempli, il bascule sous l'effet du déplacement de son centre de gravité : l'eau s'écoule à l'extérieur de l'appareil et l'auget opposé se remplit à son tour jusqu'au prochain basculement. Lors de chaque basculement, un dispositif couplé aux augets permet de fermer un contact électrique. Les impulsions électriques sont horodatées et enregistrées sur une centrale d'acquisition de données.[13]

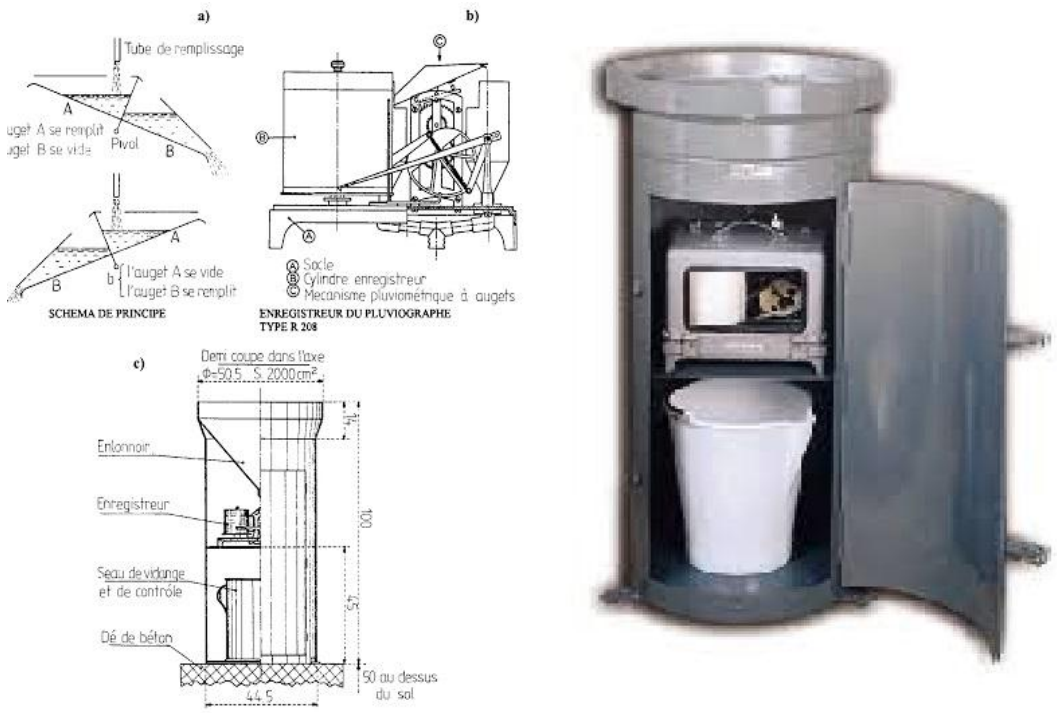

Fig.1.4. Le pluviographe [19]

I.3.4.1.3 Le nivomètre

Est un appareil destiné à mesurer la quantité de neige tombée ou l'épaisseur du manteau neigeux. Ces appareils, importants, permettent entre autre, détecter et d'anticiper une crue, une crue de font de neige dans des torrents par exemple.

Lorsque la neige est tombée, le récipient est retiré et remplacé par une pièce de rechange. La neige est ensuite fondue, tout en restant dans le récipient, et on verse le liquide dans un verre de mesure. Alors que l'épaisseur de la neige est habituellement mesurée en centimètres, la mesure de la fonte des neiges (équivalent en eau) est en millimètres. Une estimation de la profondeur de la neige peut etre obtenue en multipliant l'équivalence en eau par dix. [20]

Fig.1.5. Le nivomètre [21]

I.3.4.2 Méthodes de calcul les précipitations

I.3.4.2.1 Méthode de la moyenne arithmétique

La méthode la plus simple qui consiste à calculer la moyenne arithmétique. Des valeurs obtenues aux stations étudiées s'appliquée uniquement si les stations sont bien réparties et si le relief du bassin est homogène. [22]

$$\boldsymbol{P} = \frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{N}} \sum_{\boldsymbol{i}=\mathbf{1}}^{\boldsymbol{N}} \boldsymbol{P_i} \qquad (1.1)$$

P: Précipitation moyenne du bassin versant en mm

P_i : Précipitation enregistrée à la station i

N : Nombre des stations pluviométriques

1.3.4.2.2 Méthode des polygones de Thiessen

Pour tous les sites d'observation du champ, on définit un polygone d'influence tel que chaque point du polygone est plus proche du point d'observation. L'interpolation par la méthode de Thiessen consiste à affecter à l'ensemble des points d'un polygone donné la valeur de la variable régionalisée correspondante. [4]

$$\boldsymbol{P} = \frac{\sum_{\boldsymbol{i}}^{\boldsymbol{N}} \boldsymbol{P_i A_i}}{\boldsymbol{A}} \qquad (1.2)$$

P : Précipitation moyenne

P_i : Précipitation enregistrée à la station i.

A_i : La surface de polygone de la station i

A : La surface totale du bassin versant.

1.3.4.2.3 Méthode des isohyètes

Une courbe isohyète est le lieu géométrique des points sur lesquels il est tombé la même quantité de pluie, pendant une période donnée. La période pour lesquelles sont établies les cartes d'isohyètes sont très variables, de la journée sur un bassin d'étude, au mois, à une année donnée : isohyètes annuelles jusqu'à des périodes plus longues. [4]

On peut tracer le réseau d'isohyètes lorsque les courbes isohyètes sont tracés la pluie moyenne être calculer de la manière suivante :

$$\boldsymbol{P} = \frac{\sum_{i}^{N}(\frac{P_i+P_{i+1}}{2})A_i}{A} \qquad (1.3)$$

P : Précipitation moyen de bassin versant en mm.

$P_i + P_{i+1} /2$: Moyenne des hauteurs de pluie entre deux isohyètes.

A_i : Surface entre deux isohyètes.

A : Surface total du bassin versant

1.4. L'humidité

L'humidité exprime la présence d'un mélange d'air sec et de vapeur d'eau dans l'air ambiante.[2] Il existe trois types d'humidité :

1.4.1. L'humidité absolue

Qui correspond à la quantité de vapeur d'eau en grammes contenue dans un volume d'un mètre cube d'air. La quantité de vapeur d'eau que peut contenir l'air est limitée. Au-delà de cette limite, on voit apparaître du brouillard et de la condensation. L'eau forme alors des microgouttelettes en suspension dans l'air. On dit que l'air est saturé. L'humidité absolue de saturation correspond à la quantité de vapeur d'eau maximale que peut contenir un mètre cube d'air, sans condensation. Cette grandeur ne dépend que de la température.

Sur le graphique suivant, nous pouvons lire la valeur de l'humidité absolue de saturation en fonction de la température.[23]

1.4.2. L'humidité relative

L'humidité relative est le rapport de la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air sur la quantité de vapeur d'eau maximale possible. C'est cette donnée que mesurent les météorologues. L'humidité relative s'exprime en pourcentage. 100 % correspond à un air saturé en vapeur d'eau (risque de nuage, pluie, brouillard, rosée ou givre), 0 % à un air parfaitement sec (cette valeur d'humidité relative n'est jamais atteinte dans la nature, pas même dans les déserts). [24]

1.4.3. L'humidité spécifique

Est définie comme le rapport de la masse d'eau dans l'air sur la masse d'air humide. L'humidité spécifique se conserve lors d'un changement d'altitude ou de température de la masse d'air, tant qu'il n'y a ni condensation ni évaporation. La raison est qu'un kilogramme d'air ou de vapeur reste un kilogramme, indépendamment de la pression ou de la température de l'air. Ainsi lorsque l'on donne l'humidité spécifique, l'altitude de la parcelle d'air n'a pas d'importance. Ceci reste valable tant que la quantité de vapeur reste constante, il ne doit donc pas y avoir de changement d'état physique.[23]

CHAPITRE II

ETUDE CLIMATOLOGIQUE DE LA ZONE D'ETUDE

II.1. Introduction

Dans le désert algérienne ,le climat est caractérisé par l'aridité et la chaleur pendant les longs mois d'été ,et il devient progressivement plus chaud et plus sec lorsque vous allez vers le sud ; en hiver, la zone la plus chaude se trouve dans l'extrême sud (où la température diurne reste autour de 25/27 degrés) , et en été entre le 24e et le 30e parallèle, parce que à l'extrême sud dans cette saison les ramifications de la mousson africain apportent un peu de bancs de nuage et des avers occasionnelles .les pluies sont très rares partout , au-dessous de 100mm par an , et souvent de 50 mm .les rares pluies viennent sous formes d'averse , et sont plus probables en hiver dans les nord .et comme mentionné en été dans l'extrême sud.

Le ciel est presque toujours clair, et cela favorise l'amplitude thermique entre la nuit et le jour, qui est souvent autour de 20 degrés. Pendant l'hiver, la température peut descendre au-dessous de zéro la nuit, bien que légèrement (de deux ou trois degrés), tandis que les jours restent doux. Dans le désert, les tempêtes peuvent se déclencher à tout moment, en particulier dans les vastes zones couvertes de dunes de sable.

II. 2. Présentation de la zone d'étude

Le domaine d'étude couvre une partie du Sud-Est d'Algérie touchée par l'ampleur exceptionnelle des phénomènes hydrométéorologiques observés durant l'automne 1969. C'est la région de Biskra et El Oued notamment la région d'El-Megheir qui ont subi le maximum des précipitations diluviennes accompagnées d'inondations catastrophiques d'où notre choix pour cette région.

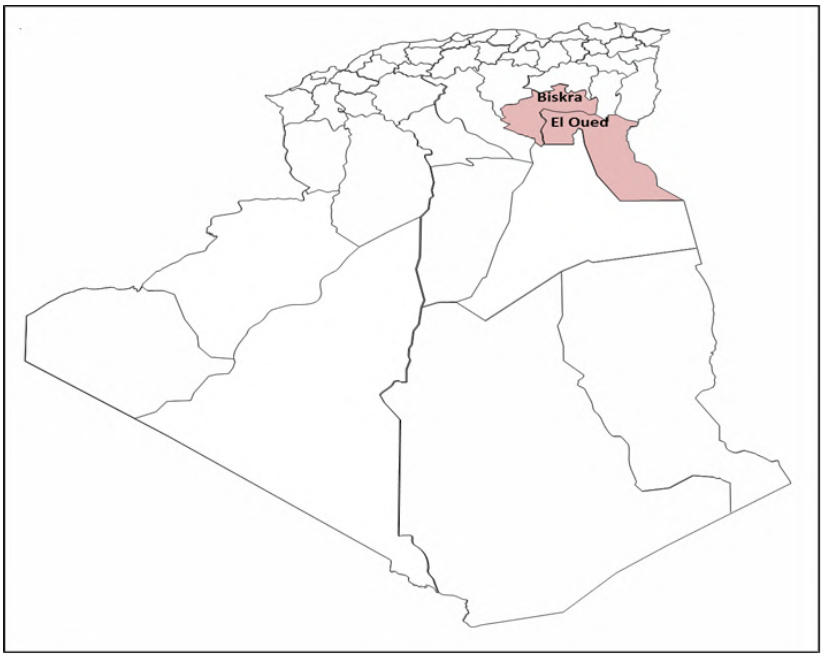

Fig.2.1. Situation géographique de la zone d'étude.

Le tableau 2.1 représente les coordonnées géographiques de notre zone d'étude ainsi que la période choisie pour cette étude.

Station	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Période
El Oued	33,37	6,84	84	2008-2018
Biskra	34,85	5,72	87	2008-2018

Tableau 2.1. Les coordonnées géographiques de la zone d'étude

II.2.1 Région de Biskra

Dans la partie nord du désert, les maximales moyennes en juillet et en août sont d'environ 38/40 degrés à Biskra, la « porte du désert », juste au sud de l'Atlas saharien, et à Touggourt. Cependant, les records de chaleur, pendant les invasions d'air chaud en provenance du sud, sont très élevés, de l'ordre de 48 degrés, et donc sont similaires à ceux du centre. [25]

II.2.1.1 Les conditions climatiques de la station météorologique de Biskra

Le tableau 2.2 représente les données climatiques enregistrées à la station météorologique de Biskra durant la période 2008-2018.

Mois	TN en °C	TX en °C	TMOY en °C	UM en %	FMOY en m/s	RR en mm
Janvier	**0,5**	**23**	**10**	**59**	**4,3**	**24,25**
Février	3,8	24,5	12,6	50	4,4	6,76
Mars	5	28,5	18,6	42	5,1	12,34
Avril	8,5	33,7	22	38	5,3	15,26
Mai	15	39	23	33	5,6	10,86
Juin	20	44,5	32,3	28	4,5	3,94
Juillet	23,75	46	34,8	26	3,9	0,72
Août	24,66	43,8	34.2	29	3,7	0,5
Septembre	16	40	29	41	4,1	4
Octobre	13	33	24	47	3,7	10,33
Novembre	5,5	28,6	17	54	4,1	4,75
Décembre	3	21,4	12,3	60	4,1	14,51

Tableau 2.2. Les données climatiques enregistrées à Biskra (2008-2018)

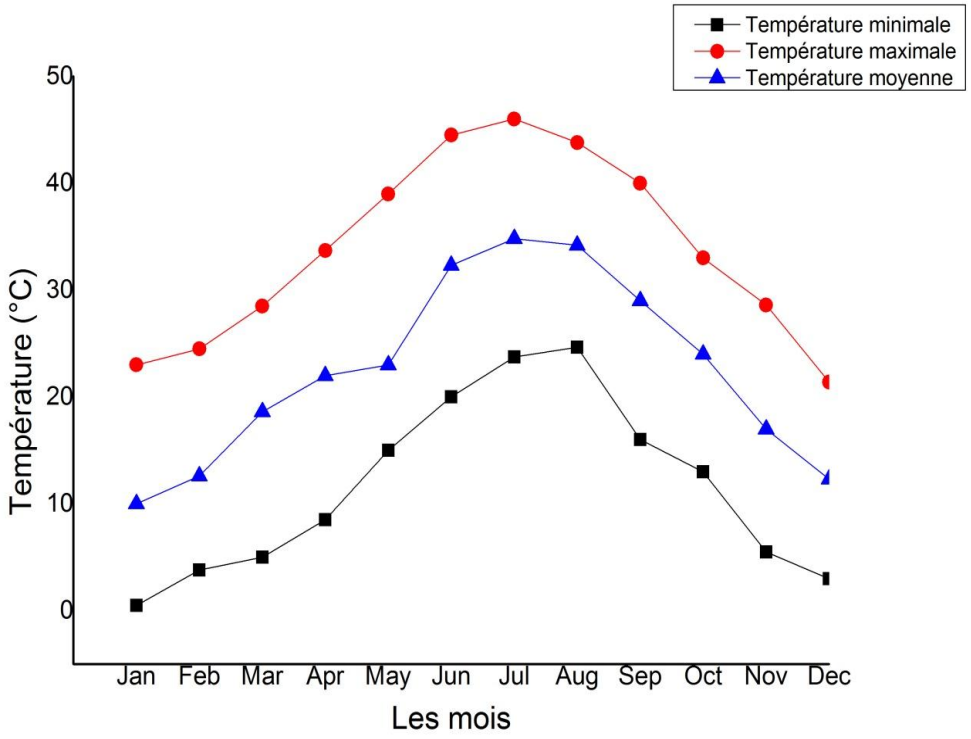

Fig.2.2. La variation des températures mensuelles à Biskra pour la période (2008-2018)

Ces courbes représentent l'évolution des températures mensuelle , minimale, maximale et moyenne au niveau de la station Biskra durant la période qui s'étend du mois de janvier 1998 jusqu'au mois de décembre 2010 (13 ans)

On remarque un cycle mensuel bien marqué pour la température avec une croissance à partir du mois de janvier jusqu'au mois juillet et une décroissance jusqu'au mois de décembre. Les minimas de températures sont enregistrés au mois de janvier avec 0.5 C .Les maximas de températures sont réalisées au mois de juillet avec un maximum de 46°C. Les température minimales , maximales et moyennes suivent la même allure que celle des extrêmes mensuelles de température avec un maximum de 34.8°C au mois de juillet et un minimum de 10 C en mois de Janvier.

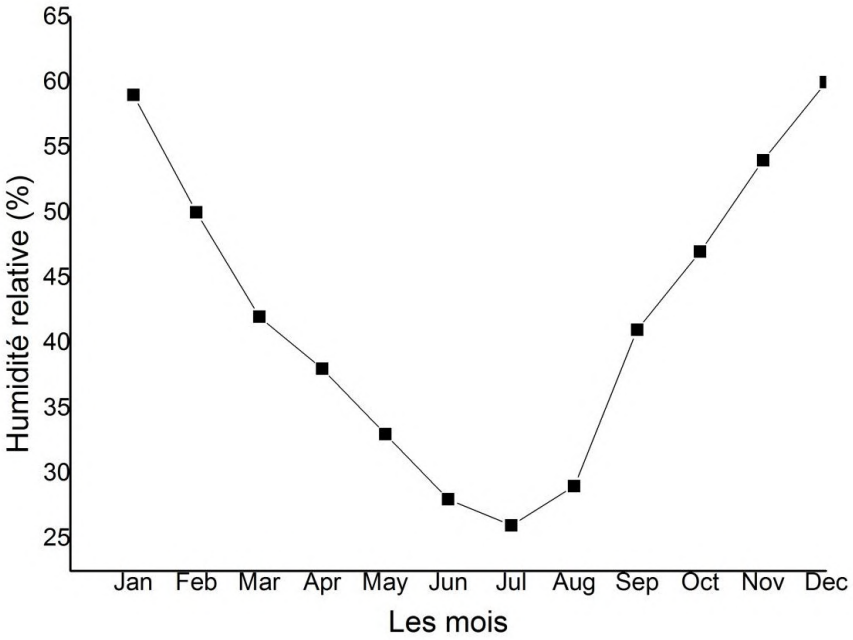

Fig.2.3. La variation d'humidité relative mensuelle à Biskra pour la période (2008-2018)

La courbe ci-dessus représente la variation d'humidité moyenne mensuelle en %, durant la période qui s'étend de mois de janvier 1998 jusqu'au décembre 2010 (13ans) .

On remarque qu'il y a une diminution d'humidité de mois de janvier jusqu' au juillet, et une augmentation de mois d'aout jusqu'au le mois de décembre, elle prend leur maximums valeurs au mois de janvier et décembre (mois humides) pendant la période pluvieuse. Où 59 % pour l'humidité moyenne maximale au mois de janvier 60 % pour l'humidité, moyenne minimale au mois de décembre.

Et sa minimale valeur est enregistrée au mois de juillet (mois sec) , où 26% pour l'humidité moyenne minimale.

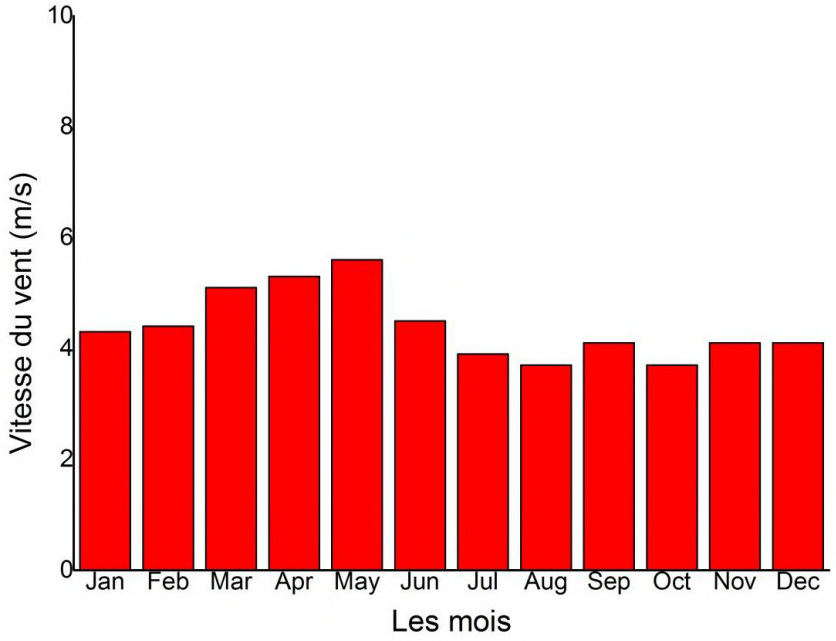

Fig.2.4. La variation de la vitesse mensuelle du vent à Biskra pour la période (2008-2018)

Cet histogramme signifie une variation de la vitesse moyenne mensuelle du vent en m/s en fonction du mois dans la période de 10 ans. Cette vitesse de mois varie de [3.7 et 5.6] m/s

II.2.2 Région d'El Oued

Le climat est caractérisé par une aridité extrême (climat hyper aride). L'hyper aride et la chaleur sont caractérises essentiels.

Les vents, l'évaporation qu'ils provoquent, contribuent à la hausse de son aridité. Leurs régularités sont souvent contrariées. L'agitation de l'air est souvent provoquée, localement, par l'augmentation des températures.

Les mois d'été sont très chauds, et les températures atteignent 49° à l'ombre et plus de 50°C les jours de sirocco (chihili). La couche superficielle du sable frôle les 60°C , mais la température chute à la nuit tombante d'une vingtaine de degrés .

Une moyenne de 250mm de pluie tombe sur l'Atlas Saharien.

II.2.2.1 Les conditions climatiques de la station météorologique d'El Oued

Le tableau 2.3 représente les données climatiques enregistrées à la station météorologique d'El Oued durant la période 2008-2018.

Mois	TN en °C	TX en °C	UN en %	UX en %	FX en m/s	RR en mm	EVA en mm	INS en Heure	TMOY en °C	UMOY en %
Janvier	5,4	18,2	38	83	8 ,30	12,19	89,3	238,1	11,8	61
Février	6,5	19,7	30	76	8,4	5,9	96,5	229,3	13,1	53
Mars	10,4	24,1	25	71	9,2	8,7	146,8	255,3	17,3	48
Avril	14,7	28,9	23	67	9,9	7,9	205,3	284,5	21,8	45
Mai	19,1	33,5	20	59	9,8	1,1	276,8	301,5	26,3	40
Juin	23,5	38,2	19	55	9,2	0,5	300,9	339,2	30,9	37
Juillet	27,1	42,2	16	50	8,4	0,2	367,2	351,9	34,7	33
Août	26,7	40,7	19	55	8,9	0,8	337,7	332,8	33,7	37
Septembre	23,3	36,1	27	67	8,3	8,6	216,0	262,0	29,7	47
Octobre	17,3	30,3	31	74	7,4	4,1	157,9	259,0	23,8	53
Novembre	10,5	23,4	35	80	6,3	5,2	105,5	232,3	17,0	53
Décembre	5,9	18,6	40	86	6,1	1,9	78,8	227,2	12,3	58

Tableau 2.3. Les données climatiques enregistrées à El Oued (2008-2018)

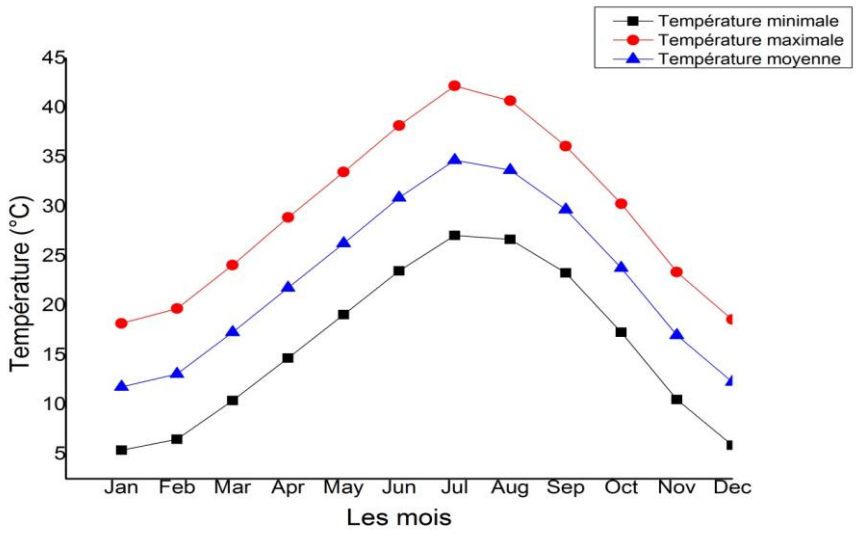

Fig.2.5. La variation des températures mensuelles à El Oued pour la période (2008-2018)

Ces courbes représentent l'évolution de la température moyenne mensuelle moyenne, minimale et maximale au niveau de la station El Oued durant la période qui s'étend du mois de janvier 2008 jusqu'au mois de décembre 2018 (11ans)

On remarque un cycle mensuel bien marqué pour la température avec une croissance à partir du mois de janvier jusqu'au mois juillet et une décroissance jusqu'au mois de décembre. Les minimas de températures sont enregistrés au mois de janvier avec 5.4°C. Les maximas de températures sont réalisés au mois de juillet avec un maximum de 42°C. les température moyennes maximales et minimales suivent la même allure que celle des extrêmes mensuelles de température avec un maximum de 34.7°C au mois de juillet et un minimum de 11.8°C en mois de Janvier.

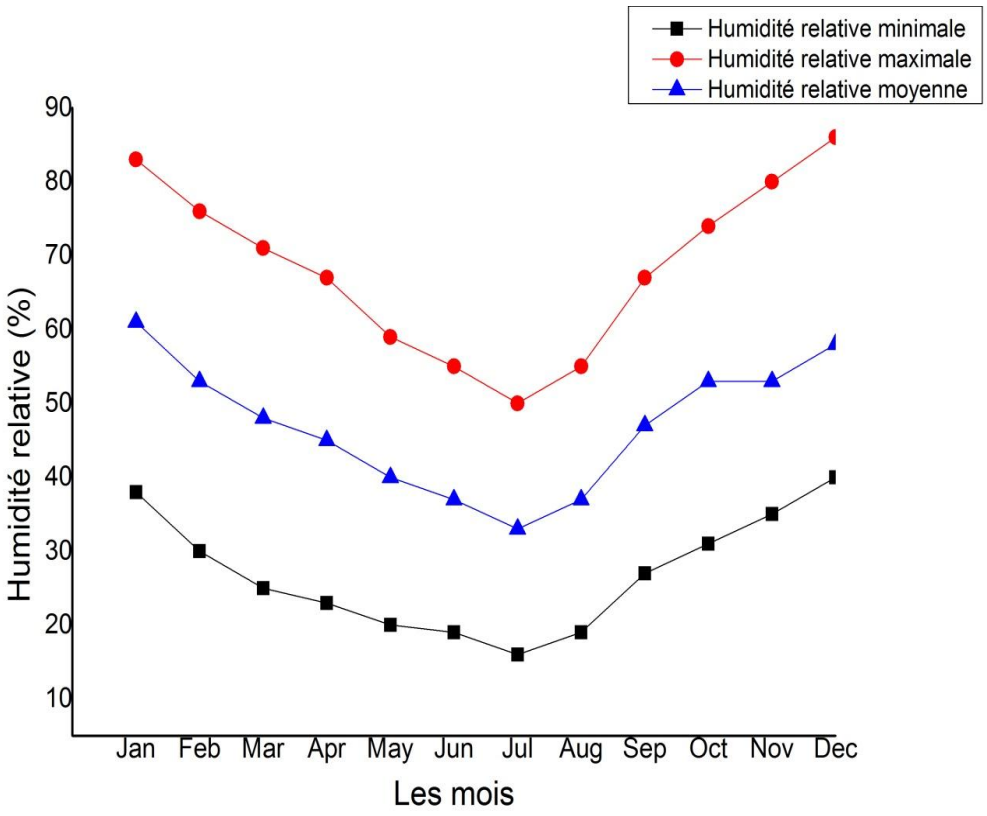

Fig.2.6. La variation d'humidité relative mensuelle à El Oued pour la période (2008-2018)

La courbe ci-dessus représente la variation de la moyenne mensuelle d'humidité minimale moyenne et maximale en % pendant 10 ans en fonction des mois.

Il y a une diminution d'humidité de mois de janvier jusque a juillet, et une augmentation de moi de aout jusqu' à le mois de décembre, mais elle prend leur valeurs maximums au mois de janvier et décembre. Où 38% 61% 83% pour l'humidité minimale ,moyenne, et maximale au mois de janvier ,40% 58% 86% pour l'humidité minimale , moyenne ,et maximale au mois de décembre.

Et elle prend des valeurs minimaux au mois de juillet où 16% 33% 50% pour l'humidité minimale, moyenne, et maximale respectivement.

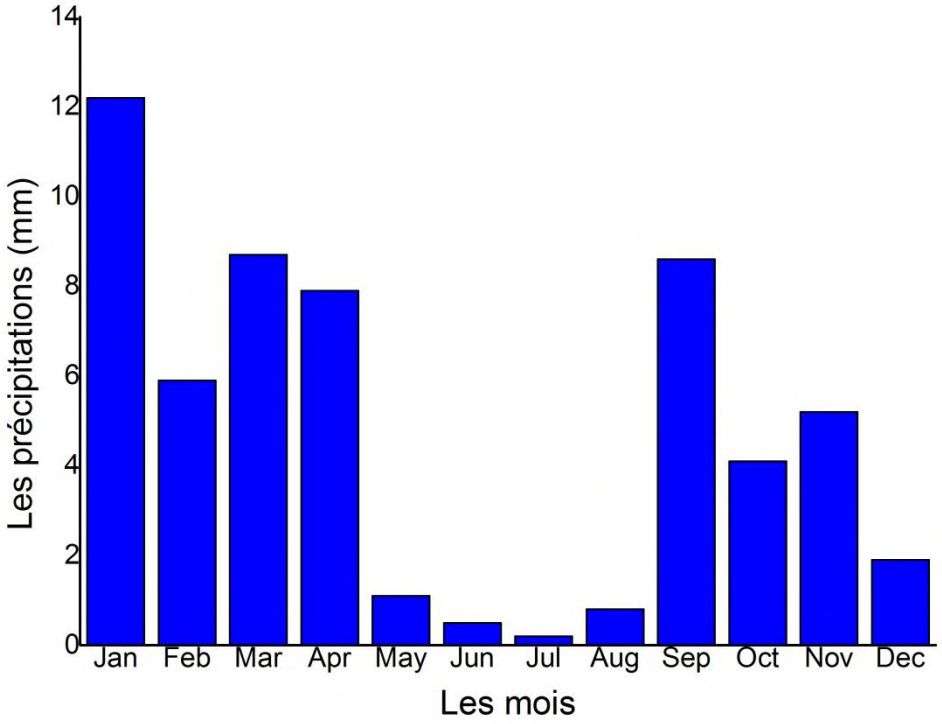

Fig.2.7. Le cumul mensuel des précipitations à El Oued pour la période (2008-2018)

On remarque que la saison pluvieuse commence en septembre jusqu'au avril. Le régime pluviométrique est désorganisé le maxima pluviométrique est enregistré au mois de janvier avec un cumul de 12mm .est un minima en été.

Eu mois de juillet avec un cumul mensuelle 0.2 mm .durant toute la période le maxima pluviométrique a été enregistré eu mois de janvier 2009 avec un cumul pluviométrique de 105.5mm dépassant largement la moyenne mensuelle de mois de janvier ainsi que le cumul annelle qui est de 4.75mm.

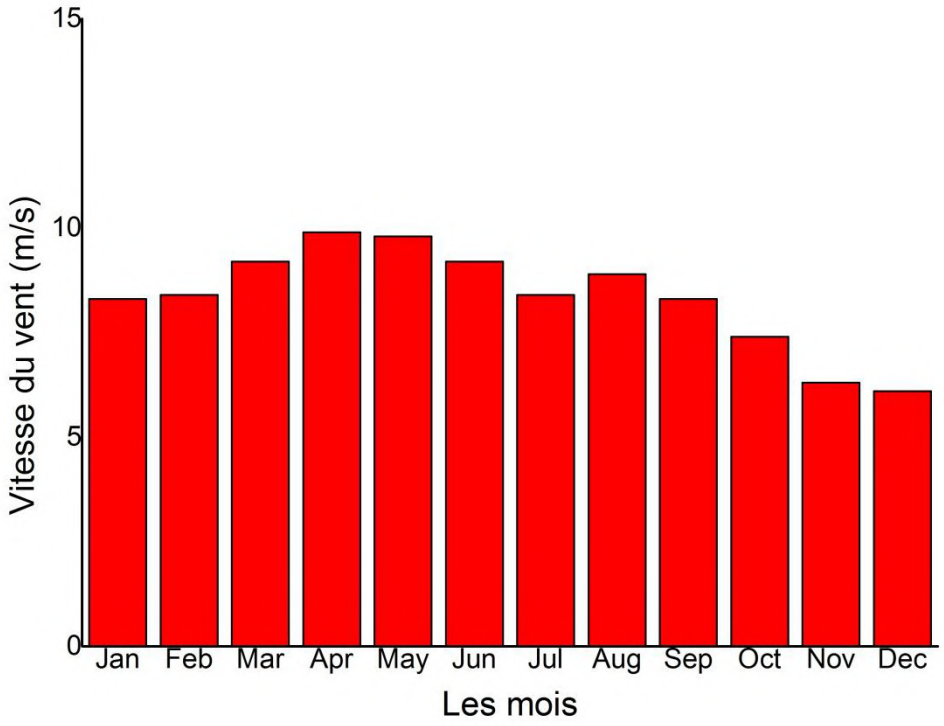

Fig.2.8. La variation de la vitesse mensuelle du vent à El Oued pour la période (2008-2018)

Cet histogramme signifie une variation de la vitesse moyenne mensuelle du vent en m/s en fonction des mois, dans la période de 10 ans.

La vitesse de vent atteint à 8.3m/s au mois de janvier et une valeur exceptionnelle, mais cette vitesse est presque constante au les restes mois elle varie de [6.1 ; 9.9] m/s.

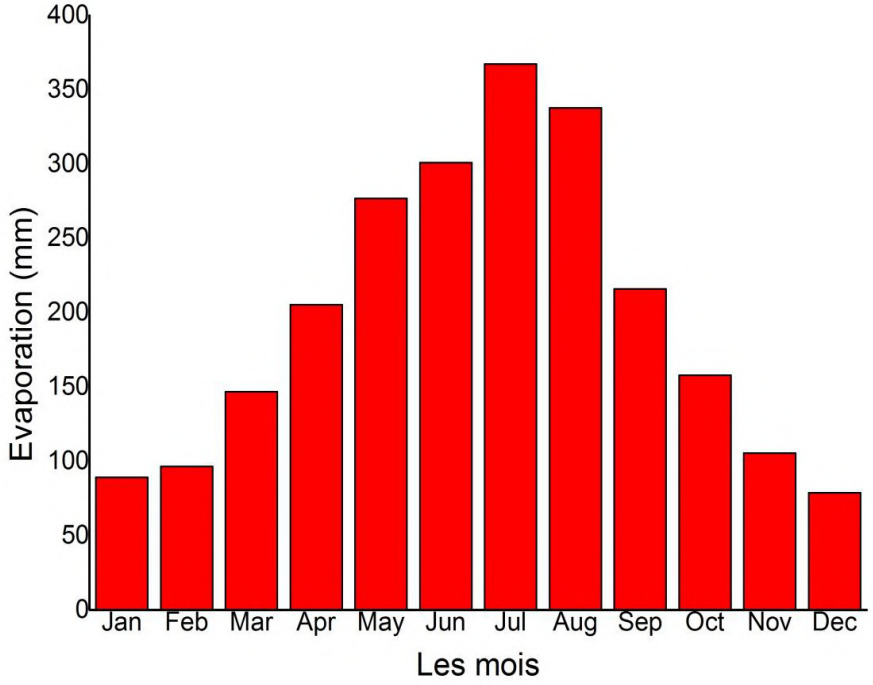

Fig.2.9. La variation de l'évaporation mensuelle à El Oued pour la période (2008-2018)

Le graphe ci-dessus représente l'évolution de l'évaporation moyenne mensuelle en mm au niveau de la station d'El Oued au cours de la période d'étude. On remarque une forte évaporation durant l'été avec un maximum au mois de juillet avec une valeur de 367 mm. Une décroissance de l'évaporation commence la fin de l'été au mois d'Aout jusqu'au mois de février. Le minimum d'évaporation est enregistré au mois de décembre avec une valeur de 78.8 mm.

CHAPITRE III

ANALYSES SYNOPTIQUES DE L'EVENEMENT DE L'AUTOMNE

III.1 Introduction

Le temps est l'ensemble des conditions physiques des basses couches de l'atmosphère à un moment précis et un point précis .sont communément associées au temps les conditions météorologiques dont les effets peuvent être directement ressent-ennuagèrent ou rayonnement solaire , température ,vent, précipitations et également visibilité .il y a quatre éléments interagissent produire le temps sont : la pression atmosphérique ,température ,humidité et le vent (généré par les variations de pression atmosphérique l'altitude et relief).

Sur la terre, les phénomènes météorologiques incluent vent, nuage, pluie, neige, brouillard et tempêtes de sable .les évènements moins communs incluent les catastrophes naturelles telles que les tornades, les cyclones tropicaux et tempêtes de neige .Pratiquement tous ces phénomènes familiers surviennent dans l'atmosphère.

III.2 Description climatologique de l'évènement

L'automne 1969 a été caractérisé en Algérie, par des précipitations exceptionnellement abondantes et sans précédents sur les régions des oasis sud-est. Ces pluies diluviennes ont été la couse d'inondation catastrophique sur le territoire national. Outre de nombreuses pertes de vie humaines. Les dégâts matériels ont été considérables. Des photographies prises en octobre à El-M'Ghaier (wilaya d'El oued) fournissent une vue partielle de l'ampleur des dégâts enregistrés. Au total, plus de 20000 habitations ont été complétement détruite, 15000 têtes de bétail perdues. Rien que dans la wilaya des Aurès on eut à déplorer 25 morts, 50 blessés, 500 dromadaires noyés et la récolte de dattes anéantie. Dans le Titteri on a signalé 19 morts, 16000 personnes sons abri, 3000 maison détruites, 350 puits détruits, 4000 hectares de terre arable inondés, 10000 moutons noyés.

La région de Constantine, l'une des moins touchées, compte tout de même 6 morts et 46000 sinistrés. Enfin, pris parmi beaucoup d'autres, ces deux extraits de presse permettront de se faire une idée concrète de certains aspects de cette véritable catastrophe :

-Des pluies torrentielles se sont abattues à nouveau sur Biskra et M'Doukal, région déjà affectées par les dernières inondations. En effet, après quatre-vingt-quatre heures d'accalmie, le mauvais temps a surpris en pleine nuit les familles sinistrées sous leurs tentes. A M'Doukal, notamment, on signalait hier matin de nouvelle crues amenant du sud scorpion et vipères ; la population de cette commune se trouve menacée par ces reptiles qui ont déjà fait un mort à Ourellal.

-Survoler la centaine de kilomètres entre Biskra et EL M'Ghaier c'est avoir la sensation, plusieurs fois répétées au cours du trajet, que l'on fait la traversée d'un océan .souvent, la voie ferrée disparait sous les eaux. L'immense flaque verdâtre recouvre les étendues sablonneuses, et de temps à autre, apparait un hameau complètement isolée complètement détruit, sans vie>> (source :El-Moujahid le 5/6 octobre 1969). [7]

Fig.3.1 Inondations dramatiques enregistrées à Biskra durant l'automne 1969 [29]

III.3 Données et méthode utilisées

Pour les besoins de notre étude, nous avons utilisé les données observées de station de Biskra pour la période 01septembre jusqu'au 31octobre 1969 conforment du tableau N° 1, concernant le paramètre précipitation .ces données seront comparés avec les données ré-analysées de centre Européen (Era40) pour des besoins de validation.

III.3.1 Données de mesure de la station de Biskra

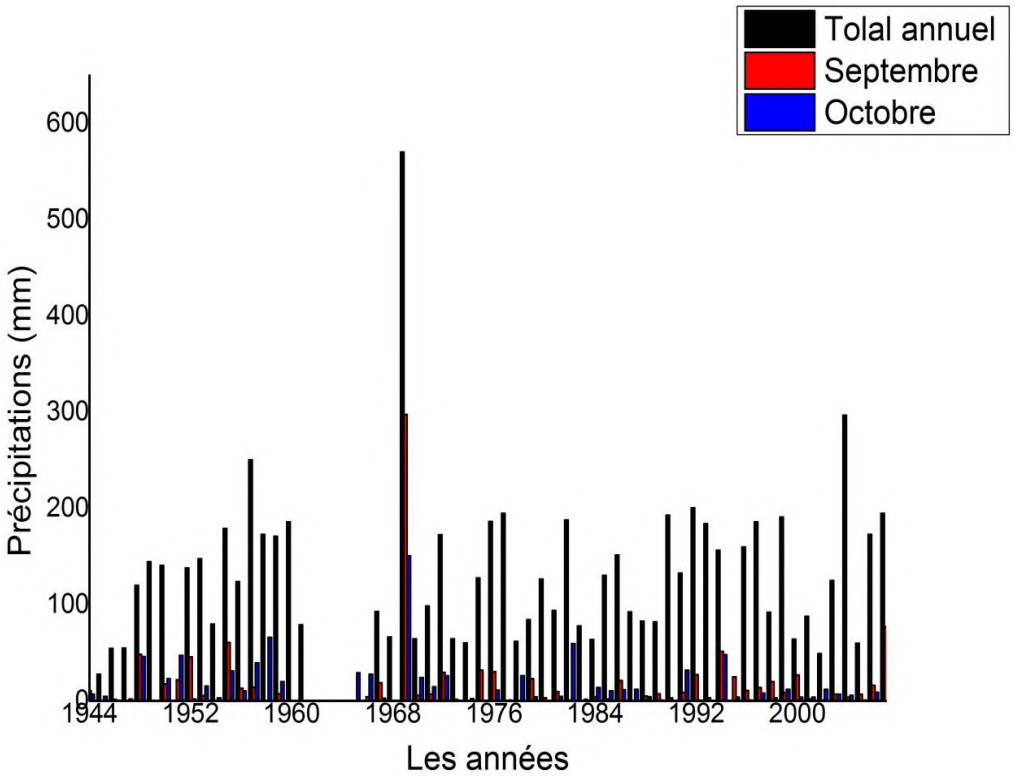

Fig.3.2. Précipitations enregistrées à Biskra pour la période (1944-2007)

L'analyse des précipitations sur toute la période (1944-1969) sur la région de Biskra fait ressortir les stations suivantes :

L'irrégularité du régime inter annuel des précipitations sur Biskra, les forts cumuls pluviométriques sont enregistrés durant l'automne aux mois de septembre et octobre. Les pluies exceptionnelles sont enregistrées durant l'année 1969 avec un cumul annuel 500 mm. Les deux mois de septembre et octobre de cette année ont fait l'exception avec un cumul de pluie de 450 mm avoisinant le cumul annuel.

III.3.2 Les ré-analyses météorologiques

III.3.2.1 Définition des ré-analyses météorologiques

Les données de ré-analyse météorologiques sont des données météorologiques produites en combinant des mesures et des observations issues de plusieurs sources à l'instar des données des stations météorologiques, les données Radar, les données

satellitaires, les données d'avion, des navires. Ces données multi sources viennent corriger les lacunes des données aux points de grilles produites par simulation à l'aide d'un modèle de prévision météorologique par des techniques dites « d'assimilation de données » pour arriver à une description la plus réal stique des phénomènes météorologiques. Ces ensembles de données e sont disponibles à l'échelle globale sous formes d'archives à pas de temps de 06 h en temps universel.

Les ré-analyses sont conservées par les centres de prévisions météorologiques mondiaux et est subissent des corrections et des améliorations prenant en considération l'évolution de nouveaux schémas et par métrisations physiques des modèles

III.3.2.2 Les types de ré-analyses

Les progrès considérables réalisés par les centres mondiaux de météorologie en modélisation météorologique et dans le développement des schémas d'assimilation de données ont eu comme conséquence l'émergence de nouveaux produits d'homogénéité et de qualité considérables. Parmi les types de ré-analyses élaborées citant :

- Les ré-analyses NCEP/NCAR (R1) du National Center for Environmental Prediction (NCEP) et le National Center for Atmospheric Reaserch (Kalnay et al., 1996).
- Les ré-analyse du Department Of Energy (NCEP-DOE), aussi connue sous le nom R2 (Kanamitsu et al., 2002) et la North American Regional Reanalysis (NARR), toutes deux développées par le centre NCEP (Mesinger et al., 2004)
- Les ré-analyses ERA-40 produite par le Centre Européen de Prévision Météorologique à Moyen Terme CEPMMT (Uppala et al., 2005)

Les ré-analyses ont l'avantageuse particularité de pouvoir fournir de l'information climatique dans les régions où les mesures de données météorologiques sont rares, voir inexistantes comme dans les régions sahariennes où le réseau de mesure est faible et la distribution des stations météorologiques est très irrégulière.

III.3.3.1 Le logiciel GRADs

Le logiciel GRADs (GRid Analysis and Display System) est un outil interactif conçu et développé pour l'accès et la manipulation facile des données météorologiques aux points de grille ou données de stations. GrADS utilise un environnement de données à 4 dimensions: longitude, latitude, niveau vertical et le temps. Les ensembles de données sont placés dans un espace à 4-D à l'aide d'un fichier descripteur ou fichier contrôle de données. GrADS interprète les données des stations ainsi que les données maillées (aux points de

grilles), les grilles peuvent être régulières, espacées de manière non linéaire, gaussiennes ou de résolution variable. Les commandes dans GRADS sont exécutées de manière interactive (ligne de commande) ou sous forme de script contenant plusieurs commandes qui sont exécutées à la fois. Le format des données peut être binaire, GRIB, NetCDF ou HDF-SDS (ensembles de données scientifiques). GrADS a été implémenté dans le monde entier sur une variété de systèmes d'exploitation couramment utilisés et est librement distribué sur Internet.

GRADS permet des visualisations en 2D latitudes longitudes, des coupes transversales latitude et hauteur, des variations temporelles de paramètres. La figure ci-dessous montre une visualisation du géopotentiel au niveau 300 hPa représenté sur la fenêtre de gauche. Les commandes sont exécutées sur la fenêtre de droite.

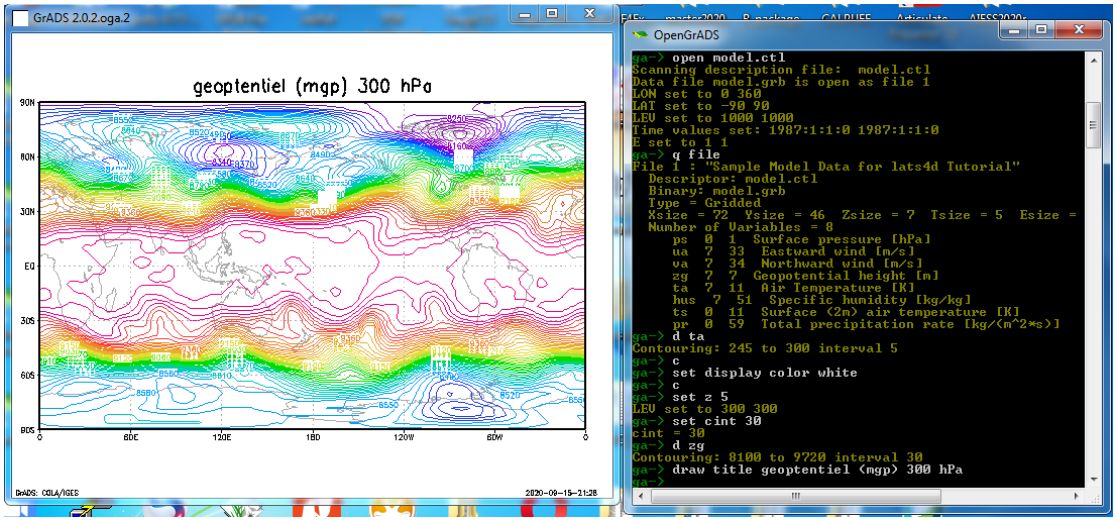

Fig.3.3.Interface du logiciel GrADs

III.4. Analyse synoptique

III.4.1 Analyse du mois de septembre

Le 23 septembre 1969, une forte dépression sous forme de cyclone s'est développée au-dessus de la méditerranée centrale au sud-ouest de Malte.

III.4.1.1 Caractéristiques de surface

- Une caractéristique principale qui s'est produite à 12h (période de septembre) est le développement d'une dépression Saharienne à travers le nord algérien.
- Forts contrastes de pression et de température à travers l'Atlas tellien le 19 septembre avec une dépression se déplaçant lentement vers le nord–est. Tant que l'air froid arrive sur l'Atlas, se déplace vers le sud-est et devienne une dépression Saharienne accompagnée

d'un front froid le 22 septembre. Devant le front froid un air chaud provenant du Sahara est entrainé vers le nord tandis que l'air froid du nord descend vers le sud.

- Le long de la cote Libyenne du nord, un autre contraste élevé de température fait avancer de l'air chaud Saharienne vers et au-dessus de l'air plus frais et humide.

- La dépression s'est légèrement comblée le 22 avant de se déplacer sur la méditerranée. Le 23 un cyclogenèse rapide s'est produit au sud-est de Malte et le système s'est intensifié pour prendre la forme d'une tempête cyclonique avec de l'air froid balayant rapidement vers la Lybie. Durant les quelques jour à venir ce système s'affaiblit à travers l'Algérie et le Maroc. Une large différence de température entre mer et désert s'est accentuée par la présence d'une barrière orographique.

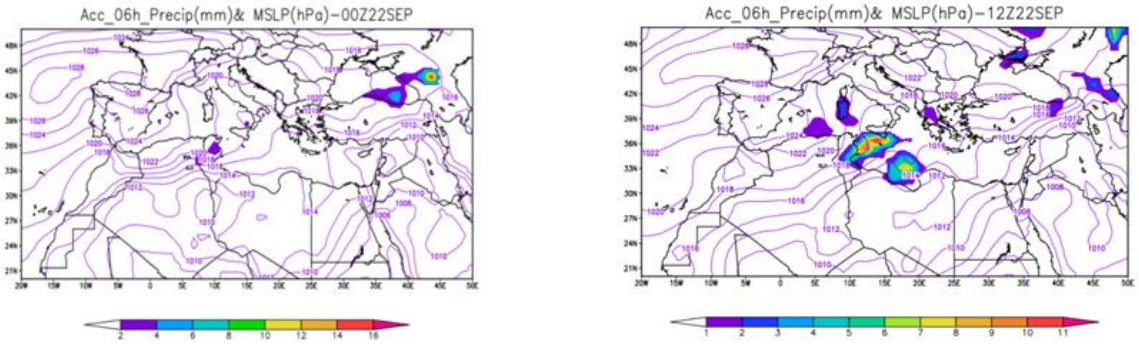

Fig 3.4 Cumul des précipitations et pression mer à 00h et 06h le 22septembre

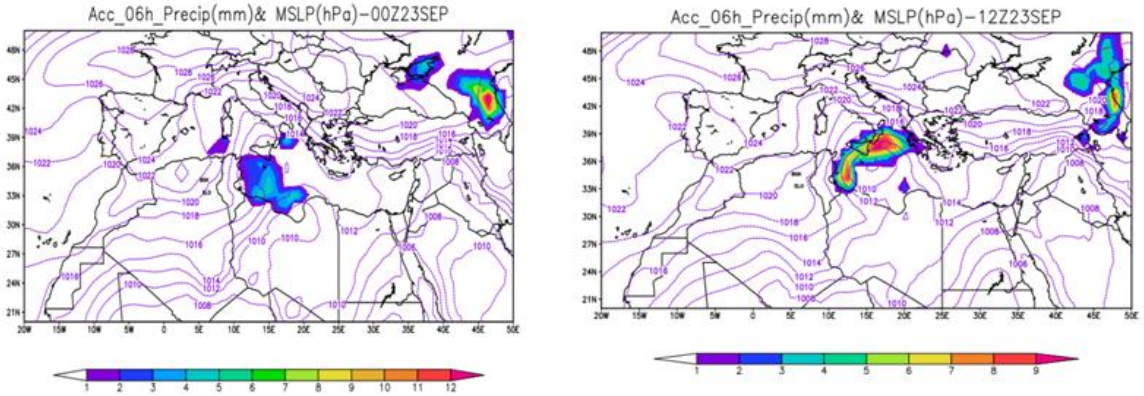

Fig 3.5 Cumul des précipitations et pression mer à 00h et 12h le 23septembre

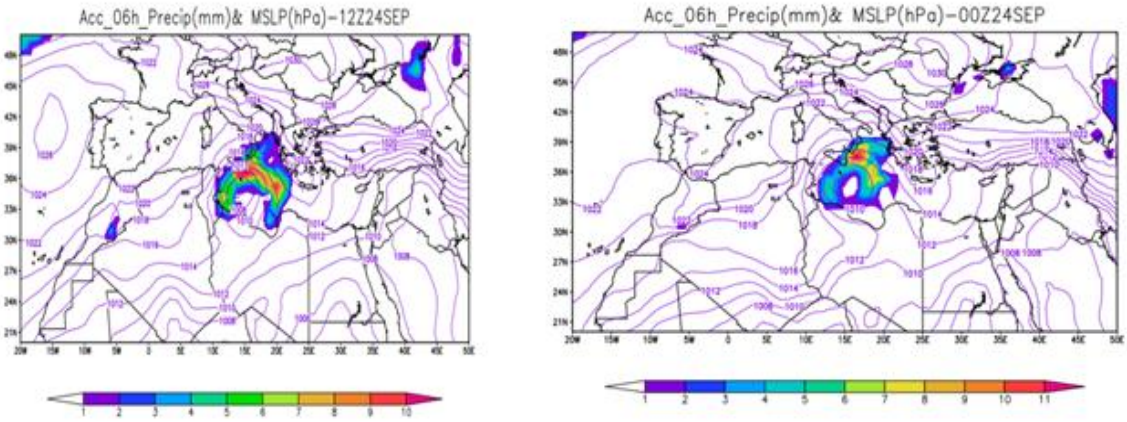

Fig 3.6 Cumul des précipitations et pression mer à 00h et 12h le 24septembre

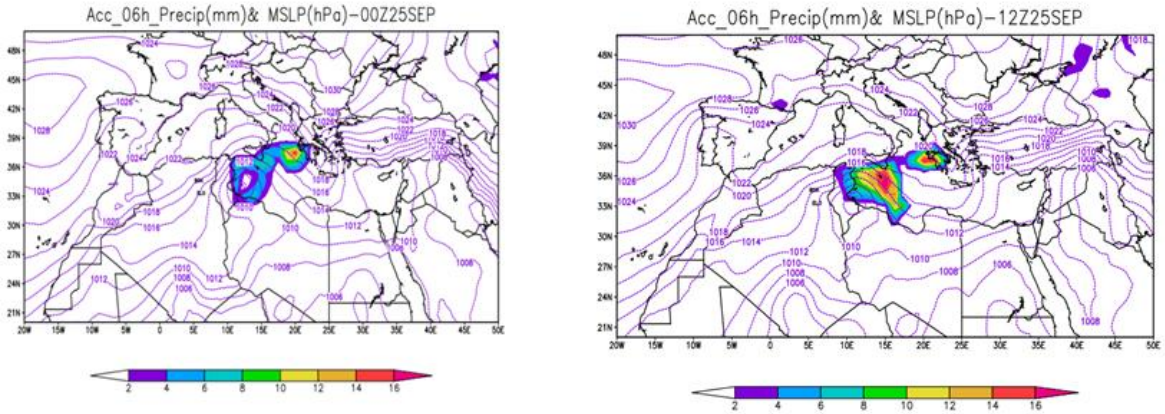

Fig 3.7 Cumul des précipitations et pression mer à 00h et 12h le 25septembre

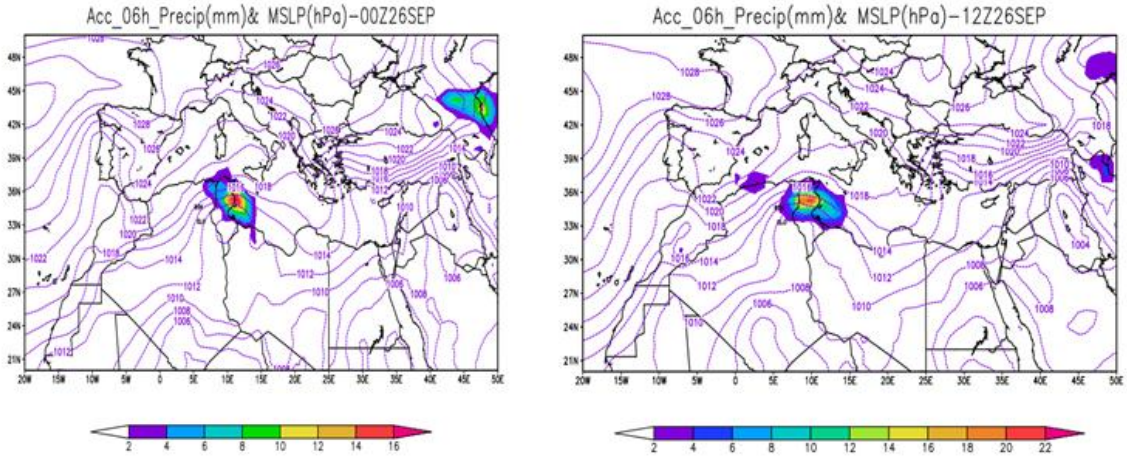

Fig 3.8 Cumul des précipitations et pression mer à 00h et 12h le 26septembre

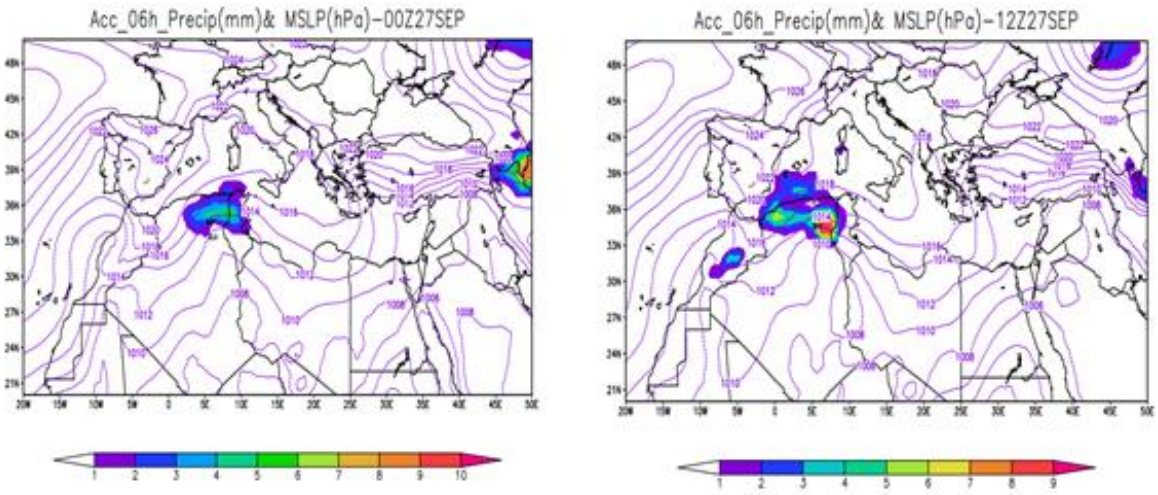

Fig 3.9 Cumul des précipitations et pression mer à 00h et 12h le 27 septembre

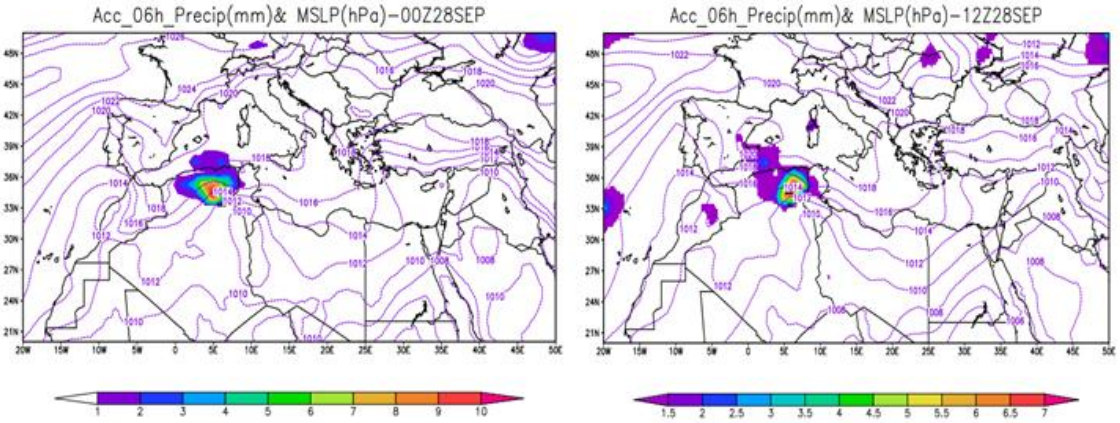

Fig 3.10 Cumul des précipitations et pression mer à 00h et 12h le 28 septembre

III.4.1.2 Caractéristiques en altitude

- Apparition d'une dépression en altitude (le 20 septembre) en provenance du golfe de Gascogne.
- Une zone de haute pressions de forte densité apparaissant alors sur la France puis l'Europe centrale contribue à accélérer ce mouvement et à infléchir sa course vers le sud, puis vers le sud-ouest jusqu'au sud de Malte ou elle restera presque stationnaire pendant un certain temps.
- La température élevée de la mer à cette époque de l'année a favorisé par effet convectif le développement de la dépression en petit cyclone de type tropical à

- centre chaud. L'examen de photos prises de satellites, en particulier le 25 septembre, confirme cette interprétation.
- Le système va se déplacer vers l'ouest, le 26, il sera centré au sud de Gafsa et commencera à se désagréger, n'étant plus alimenté par l'air chaud et humide de la méditerranée. Il provoque des pluies diluviennes qui ont intéressé de vastes superficies. Un courant de retour d'air sec Saharienne qui s'humidifiera rapidement au contact de la mer au large de la cote Libyenne et dans le golf de Gabes donnera naissance à un important système nuageux qui contribuera à maintenir un temps orageux et pluvieux jusqu'au 28 septembre, date à partir de laquelle le temps commence à s'améliorer. Une infiltration d'air relativement frais provenant de la méditerranée au nord de l'Algérie et s'écoulant vers le Sahara a sans doute contribué au relèvement des masses d'air chaud et humide en provenance du golf de Gabes, le relief de la Tunisie centrale jouant aussi un rôle important dans ce relèvement (voire Figures 3.11, 3.12, 3.13, 3.14, 3.15, 3.16, 3.17).

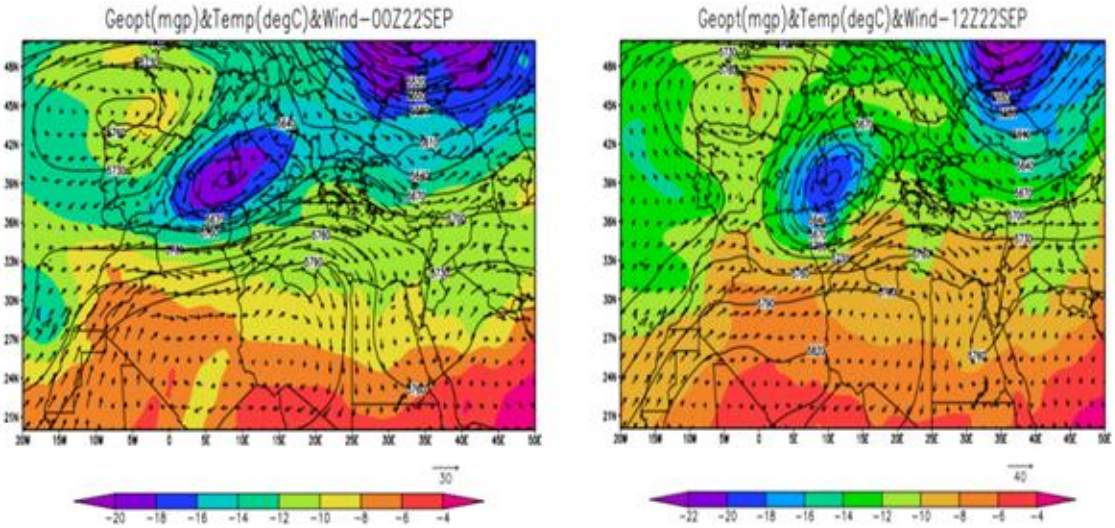

Fig. 3.11 Les géopotentiels, températures et vents niveau 500hPa à 00h et 12h le 22 septembre 1969

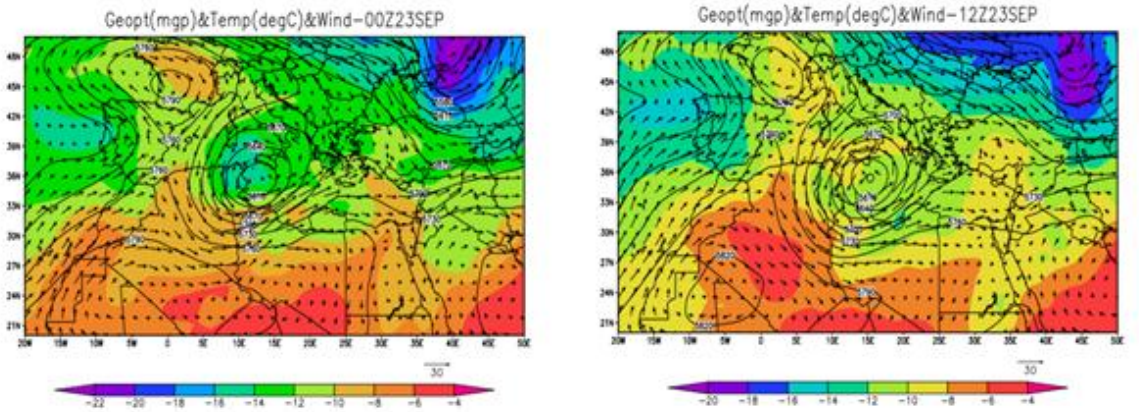

Fig.3.12 Les géopotentiels, températures et vents niveau 500hPa à 00h et 12h le 23 septembre 1969

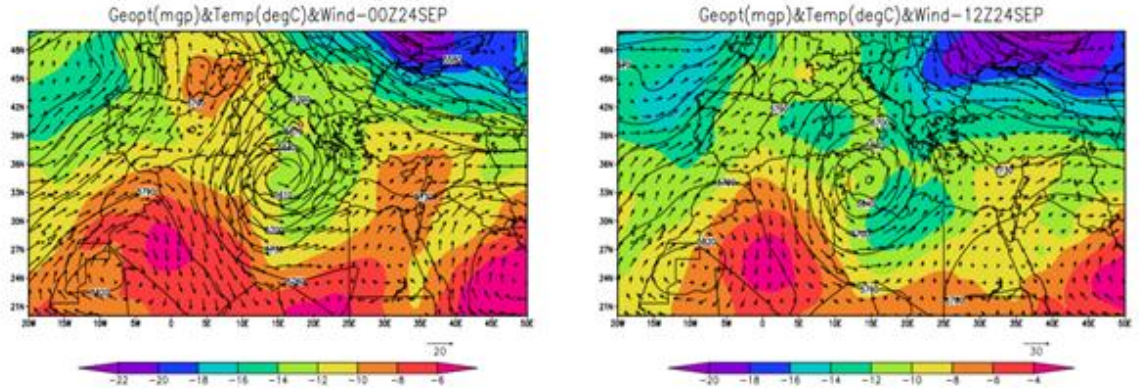

Fig.3.13 Les géopotentiels, températures et vents niveau 500hPa à 00h et 12h le 24 septembre 1969

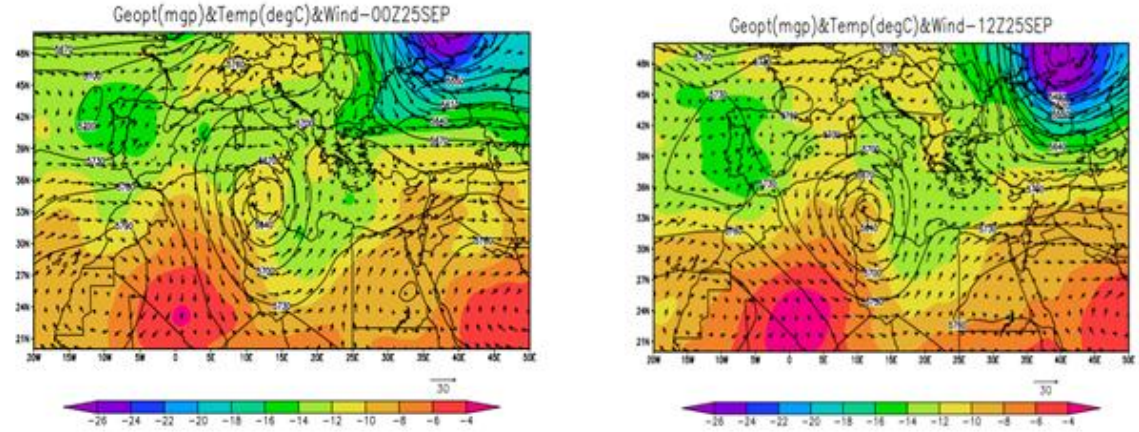

Fig.3.14 Les géopotentiels, températures et vents niveau 500hPa à 00h et 12h le 25 septembre 1969

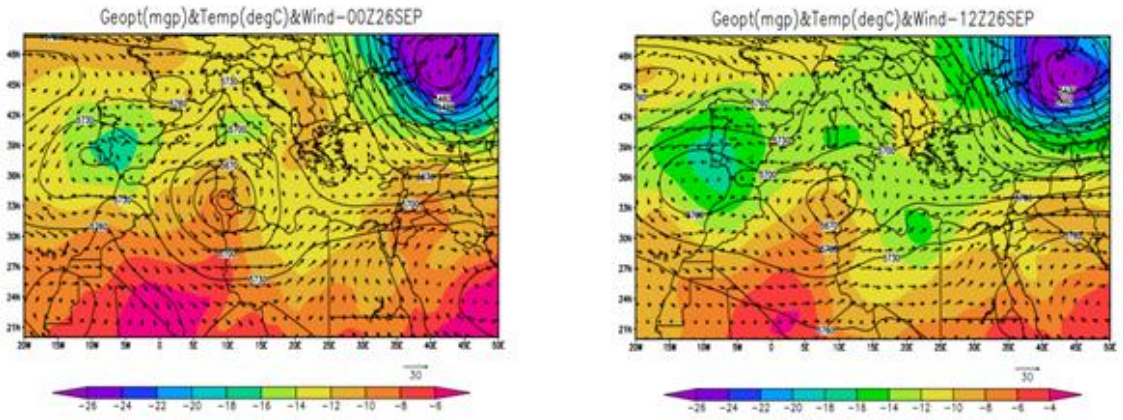

Fig.3.15 Les géopotentiels, températures et vents niveau 500hPa à 00h et 12h le 26 septembre 1969

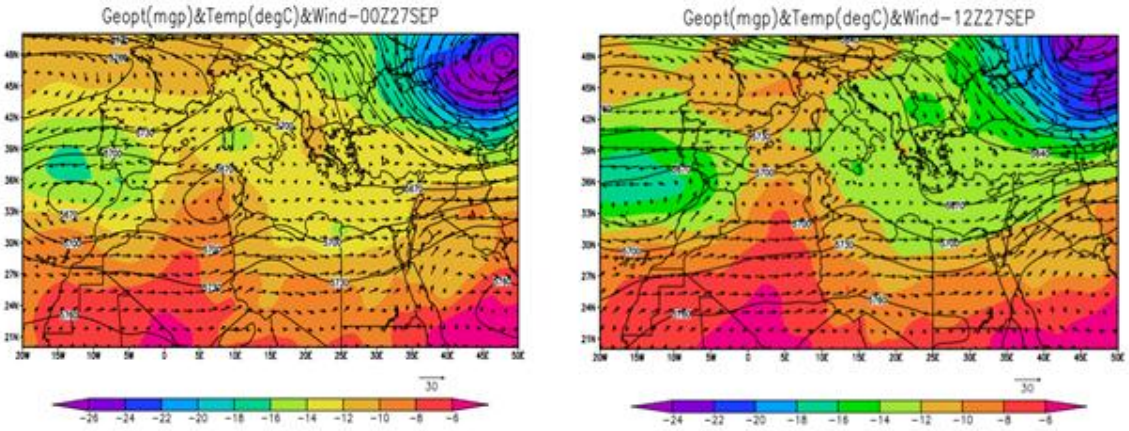

Fig.3.16 Les géopotentiels, températures et vents niveau 500hPa à 00h et 12h le 27 septembre 1969

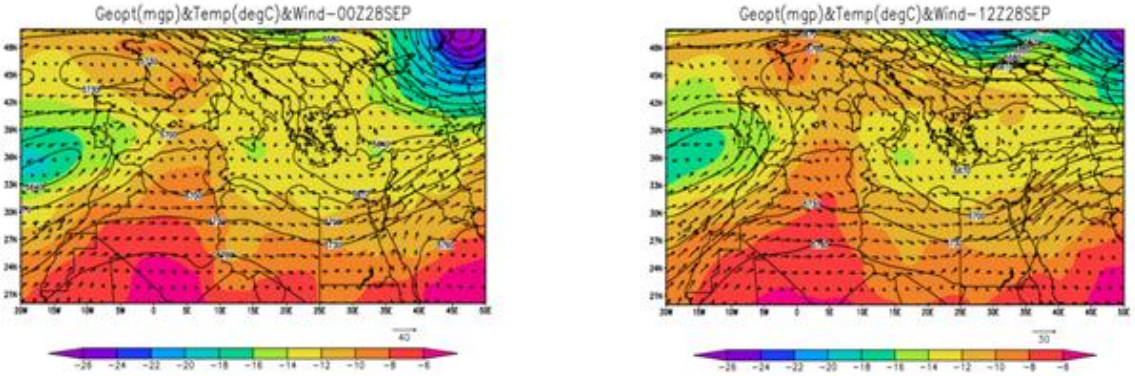

Fig 3.17 Les géopotentiels, températures et vents niveau 500hPa à 00h et 12h le 28 septembre 1969

III.4.1.3 L'humidité

Durant toute la période de l'évènement du 22 au 28 septembre 1969 l'humidité relative au niveau 850 hPa varie entre 90 à 100 % avec une couverture totale sur le nord du

territoire Cette humidité est le résultat du réchauffement des eaux de la surface de la méditerranée et le soulèvement de l'air par la perturbation cyclonique sur le sud de Malte.

Ce qui est engendre par des fortes pluies sur les oasis du sud Algérien notamment la région d'étude.

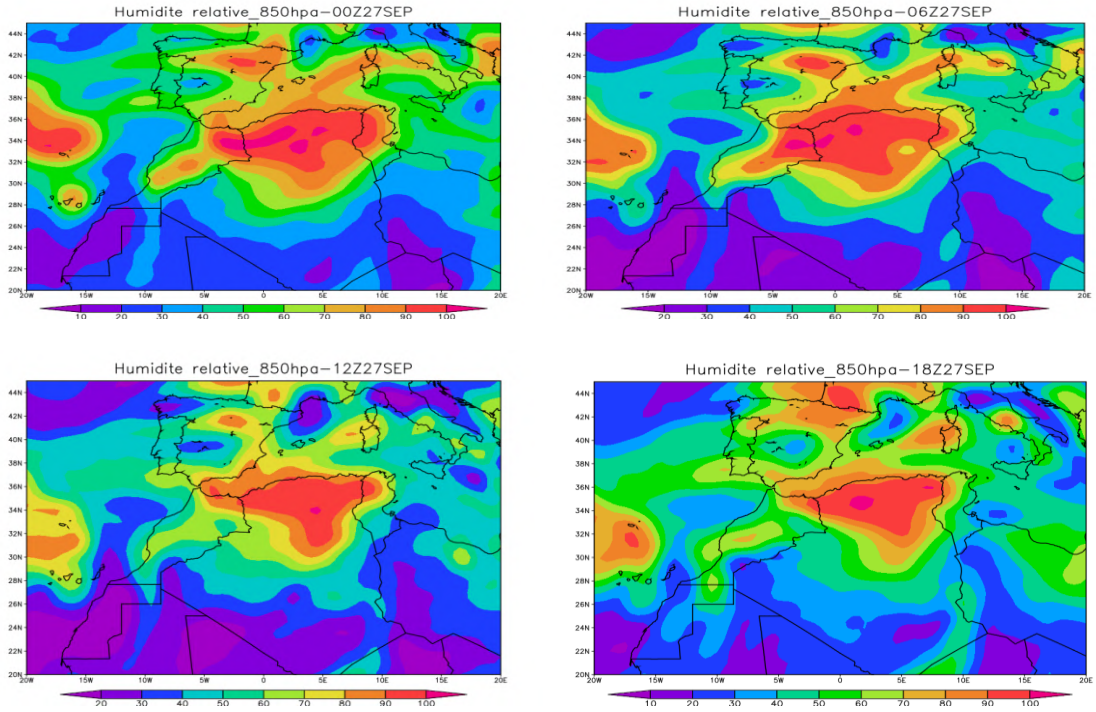

Fig.3.18 L'humidité relative pour le 27 septembre 1969 au niveau 850hPa

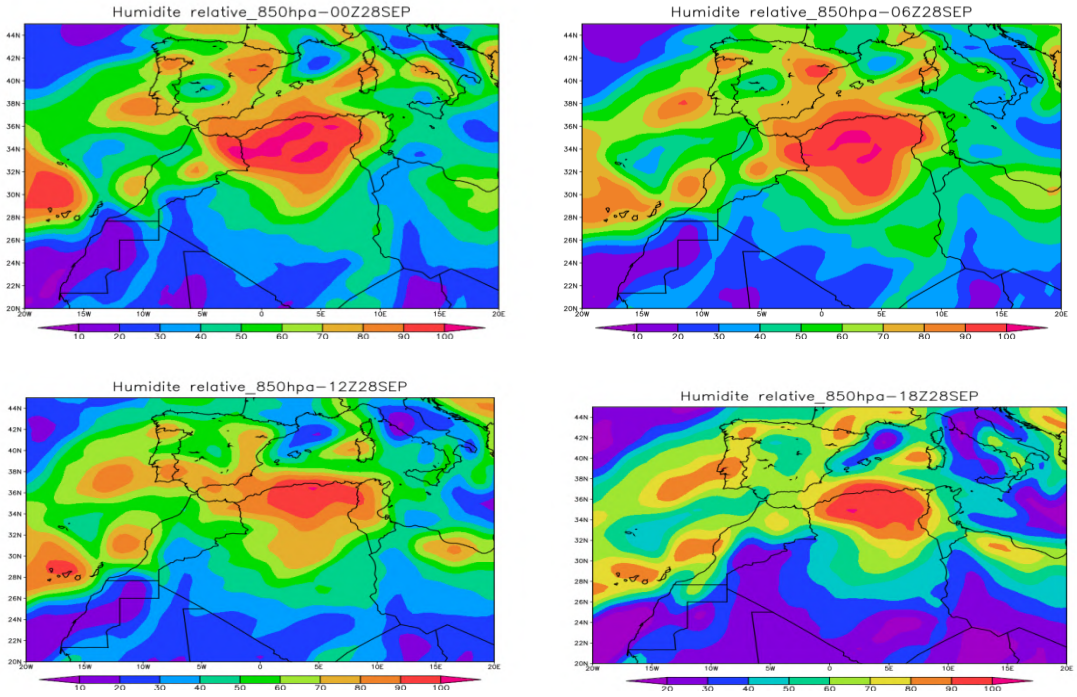

Fig.3.19 L'humidité relative pour le 28 septembre 1969 au niveau 850hPa

III.4.2.Analyse du mois d'octobre

A partir du 19 au 20 Octobre, une dépression d'altitude est centré sur l'Espagne et est à l'origine de pluies abondantes .à la fin du mois, vers le 25 Octobre 1969, on assiste à la formation d'une nouvelle dépression en méditerranée accompagnée d'un puissant centre de hautes pression sur la France et l'Europe central qui contribue à son déplacement progressif vers le sud-ouest et l'est Tunisien. Cette dépression donnera nouveaux des pluies très violente selon un processus analogue à celui de fin Septembre. Certains spécialistes pensent qu'à l'origine de ces situations météorologiques exceptionnelles ,il faut chercher l'influence des irrégularités du <<jet-Stream>> d'altitude qui présentait à cette époque (surtout fin de septembre) des vents anormalement forts et des ondulations inhabituelles , un point mérite aussi d'être souligné : c'est que dans nos région , la pluie déjà tombée favorise , une début d'automne , l'occurrences de nouvelles pluies en maintenant une forte humidité atmosphérique et en empêche les masses d'air arrivant du golfe de Gabés de se dessécher .

Ainsi, à l'origine des averses diluviennes de l'automne 1969 , il y a d'abord une situation anormale et relativement rare de la circulation atmosphérique (présence fin septembre et fin octobre d'une forte dépression de types tropical au sud de Malte accompagnée d'un fort anticyclone au-dessus de la France et de l'Europe centrale) s'intercalant entre des épisodes pluvieux abondantes mais d'une origine classique (dépression d'altitude sur la péninsule ibérique).Etant donné que la circulation atmosphérique n'est connue et surveillée que depuis assez peu de temps (depuis 1946), il est difficile d'émettre une opinion sur la période de retour possible pour de tels phénomènes relativement rares.

L'analyse synoptique de l'évènement d'octobre 1969 a été caractérisée par :

III.4.2.1 Caractéristiques de surface

L'analyse des champs de pression et des précipitations en surface pour la période allant du 19 au 23 octobre 1969 est représentée sur les figures [3.20, 3.21].

Le 19 octobre 1969, une dépression commence à se creuser sur l'ouest Algérien avec un minimum de pression 1004 hPa cette dépression s'intensifié au cour de la fournée et commence à se déplacer pour intéresser le centre et l'est de pays..

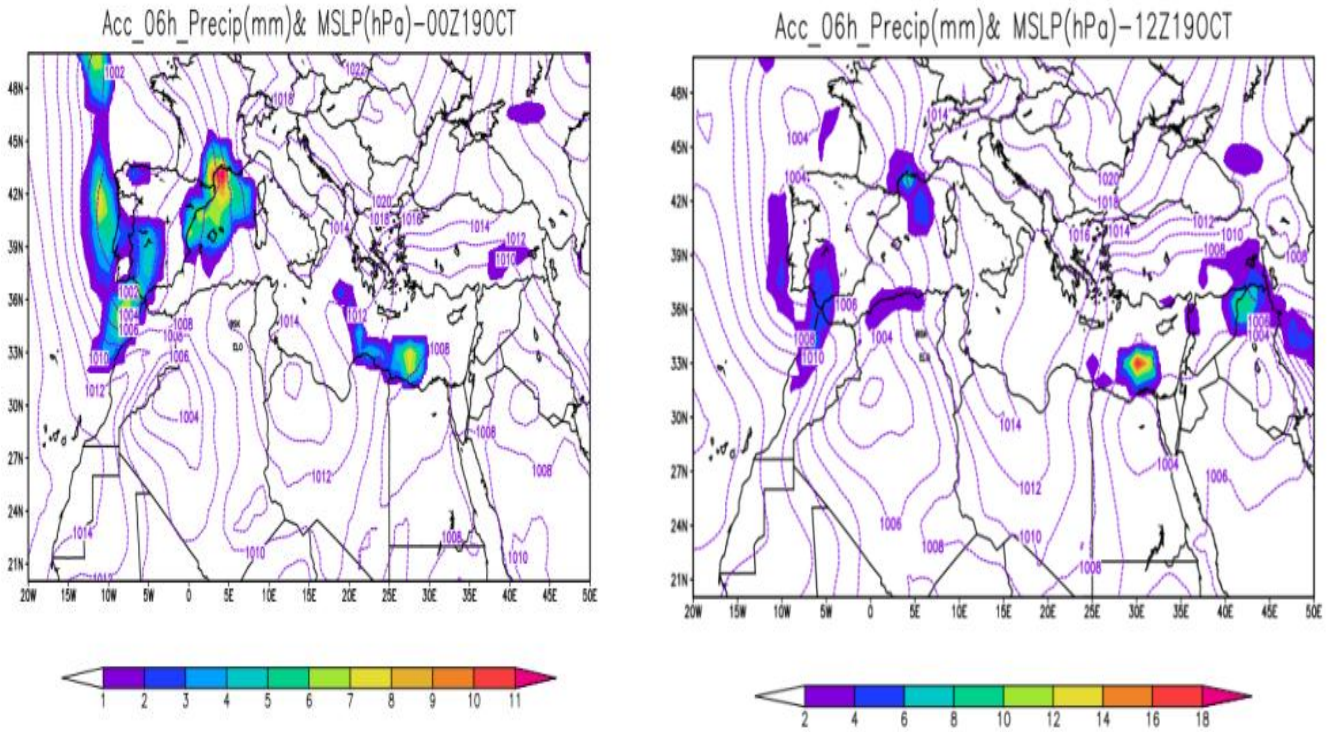

Fig .3.20 Cumul des précipitations et pression mer à 00h et 12h le 19 octobre 1969

Cette situation reste identique pour les jours avenir c'est-à dire de 19 octobre au 22 octobre 1969 où l'onde dépressionnaire sera sur le nord-est du pays avec des pluies considérables.

Les pluies estimées par les ré-analyse étaient de 18 à 20 mm au centre le 22 octobre 1969 et 13mm nord.

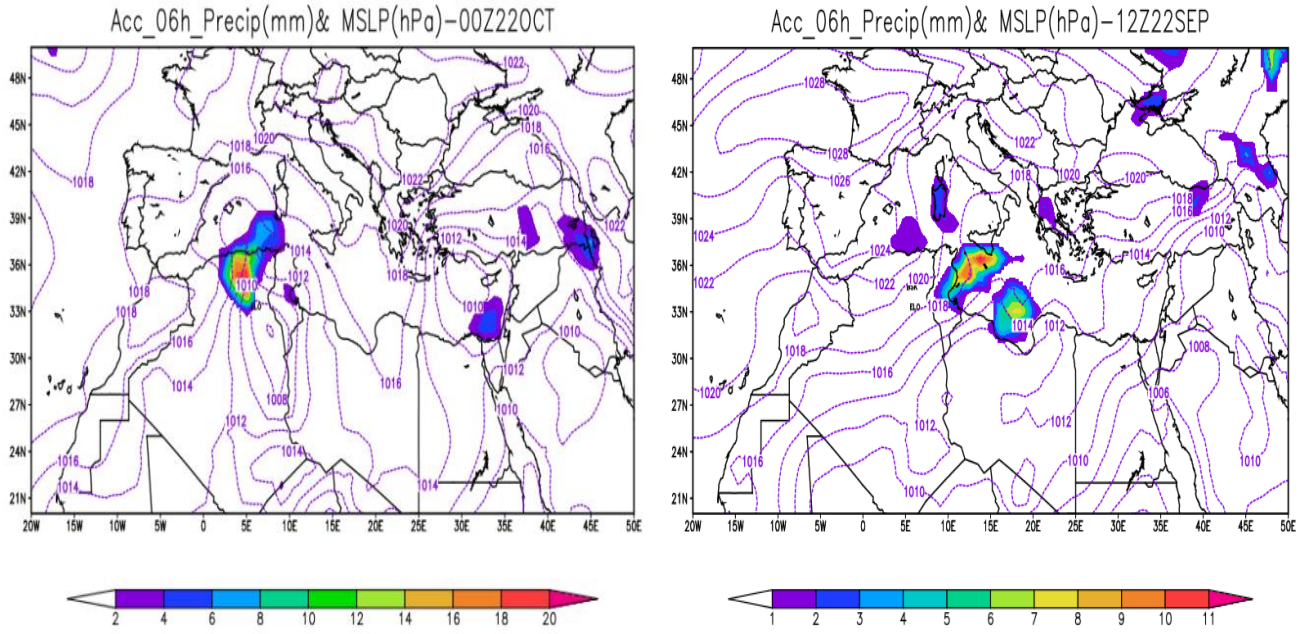

Fig 3.21 cumul des précipitations et pression mer à 00h et 12h le 22 octobre 1969

III.4.2.2 Caractéristiques en altitude

- Pour l'analyse de la situation en altitude le niveau 500 hPa. Le 19 octobre à 00h, une infiltration de l'air froid qui intéresse l'ouest Algérien venant de l'Atlantique accompagné d'une goutte froide de -20° C, avec des vents de sud-ouest.
- Le 19 octobre à 12h le minimum de géopotentiel de 5430 mgp commence à se propager à l'ouest du pays avec renforcement du champs devant dirigé vers le nord –ouest .
- Le 22 octobre 1969 à 00h le minimum de géopotentiel intéresse le nord- est du pays accompagné de pluie dalinienne .A 06h de même jour le centre de bas géopotentiel s'affaiblit pour intéresser la Tunisie.

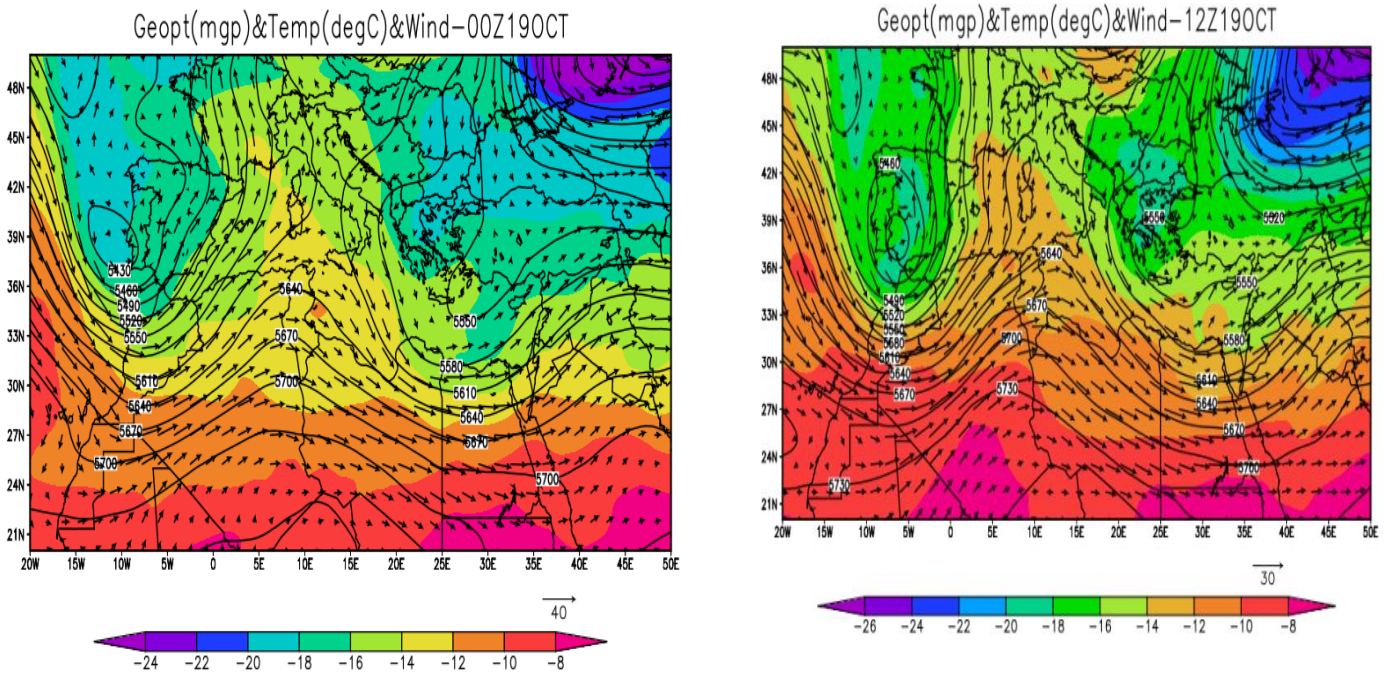

Fig 3.22 Les géopotentiels, températures et vents niveau 500hPa à 00h et 12h le 19 octobre 1969

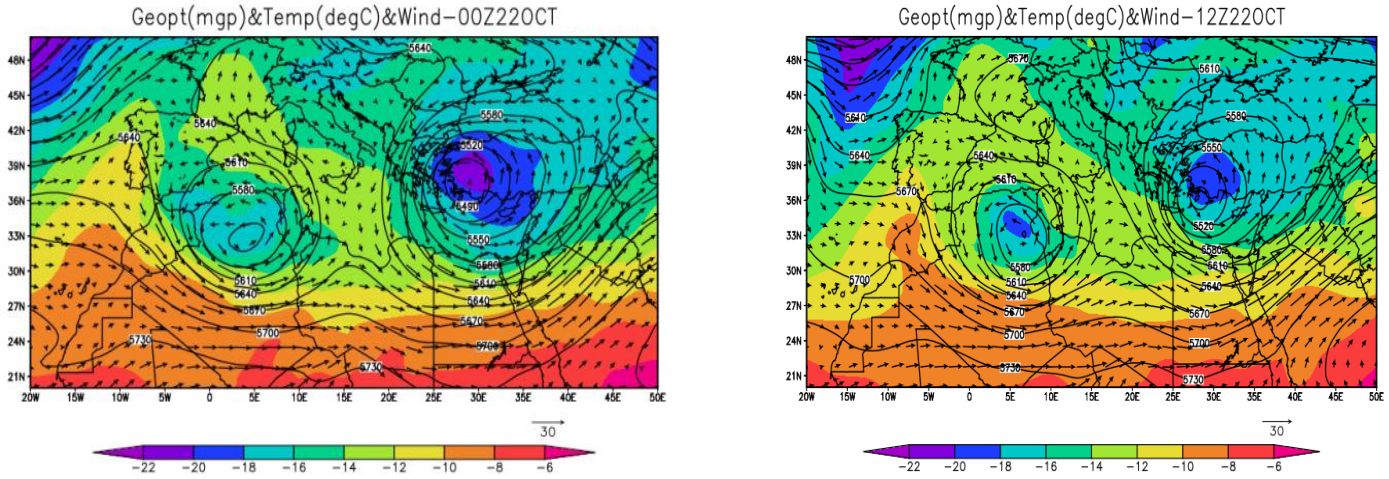

Fig.3.23 Les géopotentiels, températures et vents au niveau 500hPa à 00h et 12h le 22 octobre 1969

III.4.2.3 Cumuls pluviométriques

La figure (3.24) montre le cumul pluviométrique des deux évènements du 22 au 28 septembre 1969 et du 19 au 23 octobre 1969.

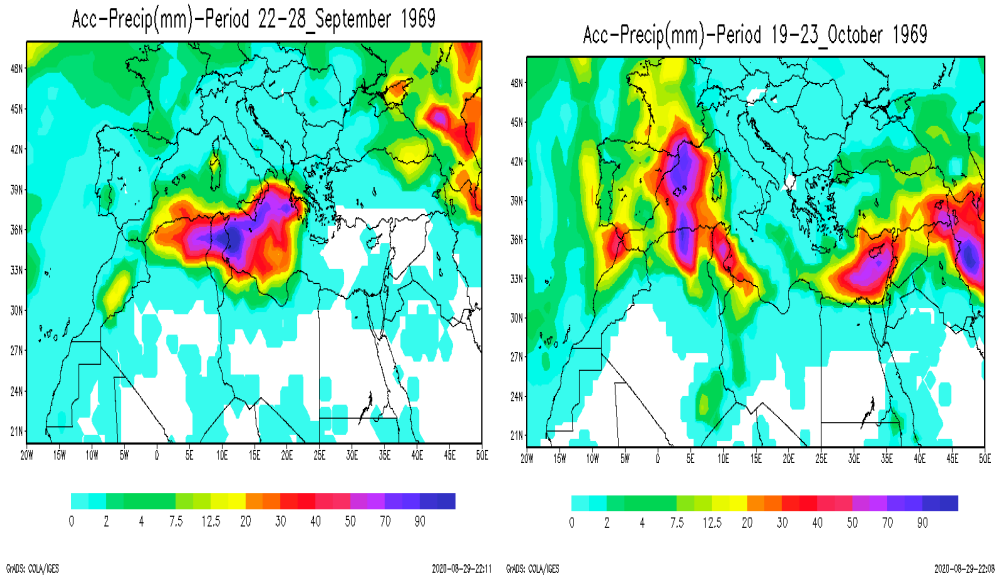

Fig.3.24 Cumul mensuel estimé en (du 22 au 28 septembre et du 19 au 23 octobre 1969)

Ou remarque que les donnes ré-analysées ERA_40 sont capables de reconstituer dans l'espace et dans le type les deux évènements hydrométéorologiques malgré que les cumuls pluviométriques sont sous-estimés en comparaison avec les donnes observées.

L'analyse des cumuls pluviométriques mensuels des deux évènements de septembre et d'octobre, montrent que l'occurrence des précipitations et leur distribution spatio-temporelle ont été reconstitués d'une façon acceptable malgré la défaillance des ré-analyses dans l'estimation des cumuls pluviométriques tel que mentionné sur les figures [3.25].

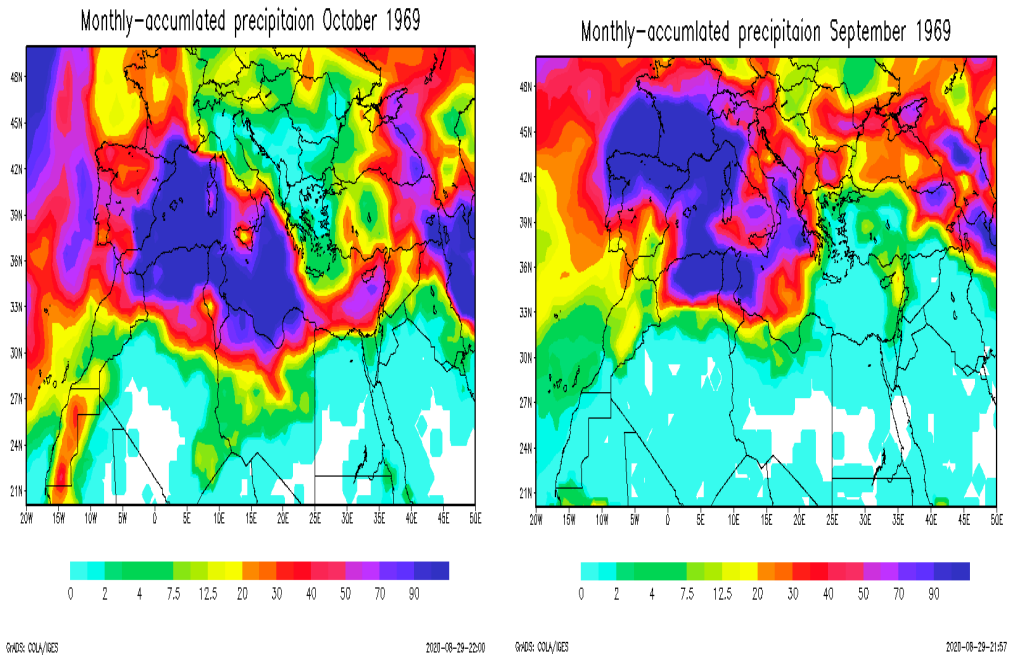

Fig 3.25 Cumul estimé au mois de septembre et octobre 1969

CONCLUSION GENERALE

Dans ce travail, une étude synoptique a été présenté dans le but de reconstituer dans l'espace et dans le temps. Les évènements hydrométéorologiques exceptionnels survenus à l'automne 1969 sur l'oasis du sud-est Algérien.

Nous avons exploité pour cela les données ré-analyse Era_40 du Centre Européen pour les prévisions à moyen terme (ECMWF) relative à la période d'étude.

Les champs météorologique de surface tel que pression et champs de vent à 10 m ainsi que des niveaux standards : le niveau 850 hPa (pour l'humidité), et le niveau 500 hPa (géopotentiel, température et vent).

Les différentes cartes synoptiques ont été réalisées à l'aide du logiciel GRADs .

L'analyse de deux évènements survenus révèle les conclusions suivantes :

- Les précipitations exceptionnelles sur le sud-est ont été dues à la hausse des pressions au niveau de la mer sur sud de l'Europe et la hausse des températures de surface sur la méditerranée.
- Cette anomalie conjuguée à une forte dépression en altitude est stagnée dans le sud de Malte à favoriser une forte convection par rencontre de l'air froid avec de l'air chaud venant de Sahara pour causer des forts pluies dépassant les moyennes annuelles habituelles.
- Aussi cette analyse montre que les donnes Era_40 ont été capable de reproduire dans l'espace et dons le temps ces deux évènements.
- Cependant une nette sous-estimation des précipitations a été remarquée en comparaison avec l'observation.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] Analyse da variation spatio-temporelles des précipitations par tétédétection active et passive université Mouloud MAMERI ,TIZI-OUZOU

[2] BAKTI BILLAL,Contribution à l'étude de la repense du capteur d'humidité Juin2016 .Noubeil Guermat " Elaboration des couches minces sensibles à la présence de vapeur d'eau par polymérisation plasma ", Thése de Doctorat en science, Université de Constantine, 2011.

[3] BENZAID BARIZA,Etablissement des courbes IDF et de la pluie de projet pour le basin de Guilmat Juin 2015.

[4] Cartographie des pluies annuelles appliquée au bassin des Issers Mars2017

[5] HEBBAL B, TALBI N, 2017, « Etude spatio-temporelle des événements de poussière et de sable sur le Sud Algérien. Validation avec l'indice de poussière IDDI ». Mémoire de Master, Université Kasdi Merbah Ouargla.

[6] Marc Morel,1999 , Acquisition d'une foemation hydrologique de base , Edution H.G.Bucarest .

[7]MATARI A, 2009, « cas des pluies exceptionnelles à Biskra et ses environs en 1969 » Institut Hydrométéorologique de Formation et de Recherche (IHFR).

[8] Morell M, 1998 « Le système méditerranéen d'observation du cycle hydrologique » Med-Hycos, Congrès international de Kaslik Liban.

[9] Musy A, 2005, Cours "Hydrologie générale" Laboratoire d'Hydrologie et Aménagements (HYDRAM), Ecole Polytechnique Fédérale (EPFL).

[10] Roche M, 1963, « Hydrologie de surface », Office de la recherche scientifique et technique Outre-mer, Edition Gauthier-Villars, Paris.

[11] Yann L'HOTE Ingénieur de recherché Janvier 1993

Les sites web

[12] https://planet-terre.ens-lyon.fr/article/physique-des-climats.xml consulté le 20/08/2020

[13]http://www.meteofrance.fr/publications/glossaire/149949-coalescence consulté le 15/09/2020

[14] https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=1795 consulté le 22/09/2020

[15]https://enveronnement-savoir-fr.cdn.ampproject.org/v/s/enveronnement.savoir.fr/les-types-de-précipitations/?ampjsv=a2&amp.gsa=1&uspp=mq3.html consulté le 23/09/2020

[16]https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Fwww.nouvelle-aquitaine.developpement-durable.gouv.fr%2Fcrues%2Fdordogne%2Fhtml%2Fglossaire.htm&psig=AOvVaw1HWJ2vAmcYJT8J94OCQ-nz&ust=1601051791305000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCIiCl7CIg-wCFQAAAAAdAAAAABAV consulté le 23/09/2020

[17] http://www.tnfi.fr/comment-fonctionnent -un-pluviomètre/ consulté le 23/09/2020

[18]https://www.google.com/search?q=instremen+de+mesure+des+pr%C3%A9cipitations&tbm=isch&ved=2ahUKEwi0zKjrnoLsAhUJ_hoKHRIYDFUQ2-cCegQIABAA&oq=instremen+de+mesure+des+pr%C3%A9cipitations&gs_lcp=CgNpbWcQAzoECCMQJzoFCAAQsQM6AggAOggIABCxAxCDAToECAAQHjoGCAAQBRAeOgYIABAKEBg6BAgAEBhQopsKWMfwC2CV9gtoAXAAeACAAfsBiAHDLpIBBjAuMzcuMpgBAKABAaoBC2d3cy13aXotaW1nwAEB&sclient=img&ei=J81sX_ScJ4n8a5KwsKgF&bih=616&biw=1029#imgrc=GRP6sxHyWJ6rzM&imgdii=eAuEOWKW6BJ3tM consulté le 23/09/2020

[19] http://meteopeypin.free.fr/meteopeypin/pluiex.html consulté le 24/09/2020

[20] https://www.aquaportail.com/definition-13056-nivométre.html consulté le 24/09/2020

[21]https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/pollution-atmospherique/reseau-surveillance-donnees/canadien-echantillonnage-precipitations-air/chimie.html consulté le 15/09/2020

[22] https://echo2.epfl.ch/e-drologie/chapitres/chapitre3/chapitre3.html consulté le 28/09/2020

[23]http://tpe-vigilanceethumidite.e-monsite.com/pages/content/i-l-humidite/a-definition-de-l-humidite.html consulté le 25/09/2020

[24]http://www.meteofrance.fr/prevoir-le-temps/observer-le-temps/parametres-observes/humidite consulté le 25/09/2020

[25]https://www.climatsetvoyages.com/climat/algerie#:~:text=En%20Alg%C3%A9rie%2C%20le%20plus%20grand,climat%20d%C3%A9sertique%20de%20la%20grande consulté le 14/09/2020

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تسليط الضوء على الأحداث الاستثنائية التي وقعت في خريف عام 1969 في واحات الجنوب الشرق الجزائر.

استخدمنا بيانات إعادة التحليل (arE-40) من المركز الأوروبي للتنبؤات متوسطة المدى (FWMCE) لفترة الدراسة. تم إنتاج الخرائط الشاملة المتنوعة باستخدام برنامج sDARG.

يظهر تحليل خرائط السطح والارتفاع أن هذه الأمطار الاستثنائي كان سببها زيادة الضغط الجوي على مستوى سطح البحر فوق جنوب أوروبا وزيادة درجات الحرارة السطحية فوق البحر الأبيض المتوسط. بالإضافة إلى وجود منخفض جوي راكد في جنوب مالطا تعزز بالحمل الحراري من خلال مقابلة الهواء البارد مع الهواء الساخن القادم من الصحراء.

الكلمات المفتاحية: خريف 1969 - جنوب شرق الجزائر – برنامج sDARG - هطول استثنائي.

RESUME

L'objectif de cette étude est la reconstitution sur le plan synoptique des évènements hydrométéorologiques exceptionnels survenus en automne 1969 sur l'oasis du Sud-Est Algérien. Nous avons exploité pour cela les champs météorologiques ré-analysés Era-40 du Centre Européen pour les prévisions à moyen terme (ECMWF). Les réanalyses concernent les champs de pression et les précipitations en surface, les géopotentiels, température et vent pour le niveau moyen 500 hPa ainsi que l'humidité relative dans les basses couches 850 hPa. Les différentes cartes synoptiques ont été réalisées à l'aide du logiciel GRADs.

L'analyse des cartes de surface et altitude montrent que ces précipitations exceptionnelles ont été dues à la hausse des champs de pression et de température au niveau de la mer sur le sud de l'Europe. Cette anomalie a été accompagnée en altitude par la formation d'une forte dépression au sud de Malte alimentée par une forte convection par rencontre de l'air froid avec de l'air chaud venant de Sahara. Cette perturbation a intéressé l'ouest de la Lybie, le sud-ouest tunisien ainsi que l'est Algérien. L'analyse montre aussi une sous-estimation des cumuls pluviométriques observées par les données ERA-40.

Mots clés : Automne 1969 - Sud-Est Algérien - ECMWF – Logiciel GRADS – Précipitations exceptionnelles.

ABSTRACT

The objective of this study is the synoptic reconstruction of the exceptional hydrometeorological events that occurred in autumn 1969 in the oasis of South-East Algeria. For this, we used the re-analyzed Era-40 meteorological fields from the European Center for Medium-Range Forecasts (ECMWF). The reanalysis concern the pressure fields and surface precipitation, geopotentials, temperature and wind for the average level 500 hPa as well as the relative humidity in the lower atmosphere 850 hPa. The various synoptic maps were produced using GRADs software. Analysis of the surface and altitude maps show that this exceptional rainfall was due to the increase in pressure and temperature fields at Mediterranean sea over southern Europe. This anomaly was accompanied at high altitude by the formation of a strong depression at the south of Malta supplied by strong convection by meeting cold air with warm air coming from the Sahara. This disturbance affected the west of Libya, the south-west of Tunisia as well as the east of Algeria. The analysis also shows an underestimation of the rainfall accumulations observed by the ERA-40 data.

Key words: Autumn 1969 - South-East Algeria - ECMWF - GRADS software - Exceptional precipitation.