



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah  
Faculté des Sciences et Techniques



[www.fst-usmba.ac.ma](http://www.fst-usmba.ac.ma)

Année Universitaire : 2016-2017



Licence Sciences et Techniques : Géoresources et Environnement

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du Diplôme de Licence Sciences et Techniques

**Monographie climatologique  
de Meknès**

**Présenté par:**

**Hamza Zinoun  
Mohamed Bachir Alami**

**Encadré par:**

**Pr. Benabdelhadi Mohammed, FST-Fès  
Ing. Errachid Laila, DRM- Nord-EST**

**Soutenu Le 12 Juin 2017, devant le jury composé de:**

**Pr. Benabdelhadi Mohammed  
Pr. Chaouni Abdel-Ali  
Pr. Lahrach Abderrahim**

**Stage effectué à : Direction régionale de météorologie Nord-Est.**



## **Sommaire :**

Liste de figure.....	3
Remerciement.....	5
Introduction.....	6
Résumé.....	7
Chapitre 1 : Présentation du local de stage	
L'organigramme de la Direction Nationale de la Météorologie (DMN).....	8
Représentation des outils utilisés dans un centre provinciale.....	9
Chapitre 2 :Présentation générale sur les paramètres, les méthodes et les outils utilisés	
Les phénomènes météorologiques marquants.....	12
Les outils d'analyse statistiques.....	13
Des notions de base de climatologie.....	14
Les méthodes de classification du climat.....	15
Chapitre 3 : Etude des paramètres climatiques	
Présentation de la région .....	20
Etude des précipitations et de Température.....	21
Etude du vent.....	34
Etude d'insolation.....	37
Etude des phénomènes météorologiques .....	38
Les méthodes de Classification Climatique	
L'indice de Martonne.....	39
L'indice de Gaussen.....	40
Classification de Koppen.....	41
Conclusion.....	42
Résumé.....	43

## Liste des figures

- Figure 1 : l'organigramme centrale de direction nationale de la météorologie
- Figure 2 : le réseau d'observation météorologique au Maroc
- Figure 3 : L'organigramme de la direction régionale de la météorologie (DRM)
- Figure 4 : Phénomène de la gelée
- Figure 5 : Phénomène de la grêle
- Figure (6) : Phénomène d'orage
- Figure 7 : Phénomène du Brouillard
- Figure 8 : Phénomène de la rosée
- Figure (9) : Phénomène de la chasse poussière
- Figure 10 : Carte de la région Nord-Est avec les réseaux d'observation météorologiques de la DRM
- Figure 11 : L'évolution de la moyenne annuelle des températures maximales
- Figure 12 : L'évolution de la moyenne annuelle des températures minimales
- Figure 13 : L'évolution de la moyenne annuelle des températures moyennes
- Figure 14 : Extrêmes annuels des températures maximales et minimales
- Figure 15 : L'évolution annuelle de l'amplitude thermique journalière moyenne et maximale
- Figure 16 : Evolution du cumul annuel des précipitations
- Figure 17 : Evolution des cumuls annuels, mensuels maximales avec le nombre des jours pluvieux
- Figure 18 : Répartition des années selon les écarts de température et de précipitation
- Figure 19 : L'évolution intra-annuelle du température maximale
- Figure 20 : L'évolution intra-annuelle du température minimale
- Figure 21 : L'évolution intra-annuelle du température moyenne
- Figure 22 : Extrêmes intra-annuels des températures maximales et minimales
- Figure 23 : Evolution intra-annuelle de la normale du cumul mensuel des précipitations avec la normale du nombre de jours pluvieux
- Figure 24 : La vitesse extrême annuelle de vents fort et de vent très fort avec leurs nombres de jours
- Figure 25 : Vitesse mensuelle du vent avec le nombre des jours à vent fort
- Figure 26 : Roses de vent saisonnières à base des données horaires du vent moyen (10 min) sur la période (2012-2016)
- Figure 27 : Roses de vent horaires avec leur vitesse et direction
- Figure 28 : Evolution annuelle du rapport d'ensoleillement

Figure 29 : Evolution annuelle du nombre de jours avec les phénomènes météorologiques marquants

Figure 30 : Indice mensuel d'aridité selon Martonne

Figure 31 : Evolution d'indice de Martonne selon les périodes de références

Figure 32 : Diagramme ombrothermique selon l'indice de Gaussen

## REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier toutes personnes qui ont contribué au succès de notre stage et qui nous ont aidé lors de la rédaction de ce rapport.

Au terme de ce travail, nous tenons tout d'abord à remercier notre encadrant Mr. Benabdelhadi qui a fait preuve d'une grande patience et disponibilité à notre égard et qui nous a permis, grâce à ses conseils, de mener à bien notre stage.

Nous adressons également notre gratitude à Mme Laila Errachid notre encadrant de stage et également à Mme Hassnae Hamid Ellah la responsable du service Climatologie qui nous ont accueillis au sein de la direction régionale de climatologie NORD-EST et qui ont accepté de nous encadrer et nous diriger le long de ce travail. Aussi pour le temps qu'on a passé ensemble et le partage de leur expertise au quotidien. Grâce aussi à leur confiance on a pu s'accomplir totalement dans nos missions. Ils furent d'une aide précieuse dans les moments les plus délicats. Un grand merci pour leur précieux suivi du mémoire.

Nos sincères remerciements vont également à Mr Hssen Abbia le responsable du CPM d'aéroport Fès, qui nous a organisé une visite pour le centre, au but de savoir d'où et comment peut-on avoir des données météorologiques, et leur importance, aussi que les matériels utilisés dans la prévision météorologique et leurs développements.

Et on ne peut jamais oublier de remercier les membres du jury qui ont accepté de juger notre travail.

Enfin, nos remerciements vont aussi à toutes les personnes du département de l'Environnement qui ont participé à notre formation ou à la réalisation de ce travail.

## **Introduction :**

La climatologie est une discipline scientifique qui se focalise sur l'étude du climat et de l'état de l'atmosphère, c'est-à-dire la succession des conditions météorologiques sur de longues périodes dans le temps. Et en règle le climat varie peu, en un endroit donné du globe, à l'échelle du siècle.

Le climat au Maroc est caractérisé par un climat très différent selon les régions. En effet, les zones littorales bénéficient d'un climat tempéré, alors que le climat est désertique dans le sud et l'est du pays. Le climat marocain comporte beaucoup de nuances : méditerranéen au Nord, océanique à l'Ouest, continental à l'intérieur des terres et saharien au Sud. Le climat varie aussi en fonction des saisons. C'est là où notre travail commence, puisque on va réaliser une monographie climatologique de la région de Meknès qui va nous permettre de déterminer la caractérisation du climat de cette région par le biais de l'analyse des données climatologiques relevées à l'échelle horaire ou quotidienne.

Dans le cadre de la réalisation de notre monographie, on va se baser sur des données météorologiques qui sont observées au centre provinciale de météorologie de Meknès (altitude 556m, latitude 33°52'56'' et longitude 5°31'22''). Ce centre a ouvert en 2016, date à laquelle va commencer notre étude et va se terminer à 2016, dont la série de données continue commence à 1960. Les données météorologiques utilisés sont des paramètres climatologiques (précipitation, température, vent et insolation) et des phénomènes climatologiques (orage, rosée, gelée, grêle, brouillard et chasse poussière) et c'est avec quoi on va faire une étude interannuelle pour déterminer le changement du climat et son évolution d'une année à une autre, puis une étude intra-annuelle dont le changement et l'évolution du climat seront déterminés entre les mois de l'année. Enfin on va utiliser les méthodes de classification qui sont : l'indice d'aridité de Martonne, l'indice de Gaussen et la méthode de classification de Koppen qui vont servir à déterminer le type du climat dans cette région en comparant les résultats communs de ces derniers.

## Résumé :

L'objectif de notre travail était de réaliser une monographie climatologique de la région de Meknès, dont nous étions intéressés à l'étude des paramètres et des phénomènes climatiques observés au CPM de Meknès qui ont nous montré l'évolution climatique pendant une période de (1936-2016).

Avant de commencer notre travail on a effectué une visite au Centre Provinciale de Météorologie à l'aéroport de Fès dans le but de découvrir d'où et comment se fait l'observation des données météorologiques sur lesquels on a travaillé.

Notre étude inter et intra-annuelle des paramètres climatiques (précipitation, température, vent et ensoleillement) qui nous a montré un changement climatique par une augmentation de température, vent et ensoleillement alors qu'une diminution de précipitation. Alors que l'étude des phénomènes climatiques (gelée, grêle, orage, chasse poussière, brouillard, et rosée) qui nous montré l'augmentation de l'orage, la gelée et la rosée ; une diminution du brouillard et une évolution non claire pour la chasse poussière et la grêle.

L'indice d'aridité de Martonne mensuel nous a montré que le climat de Meknès varie entre Hyper-aride en été et Humide en hiver, aussi que le calcul de ce dernier annuellement pendant les trois périodes de références de notre période d'étude, qui montre le changement d'un climat Semi-humide au début de la période d'étude vers un climat Semi-aride dans la dernière période de référence qui est de 1981 à 2010.

La réalisation du diagramme ombrothermique a défini les deux périodes humide (Octobre-Avril) et sèche (Mai- Septembre) dans la région étudiée.

La méthode de classification de Koppen nous a permis de donner à Meknès une classification de Csa.

Les résultats obtenus permettent de définir le Type de climat dominant de 1960 à 2016 qui est un climat Semi-aride et tempéré avec une augmentation de température, vent et ensoleillement alors qu'une diminution des précipitations qui explique un changement climatique important.

## I. L'organigramme de la Direction Nationale de la Météorologie (DMN)

Créée en 1961 la Direction de la Météorologie Nationale, est un service d'Etat Géré de Manière Autonome (SEGMA), sous la tutelle du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement. Elle assure dans le cadre de ses attributions, l'observation et la prévision du temps contribuant ainsi à la sauvegarde des vies et des biens. Elle contribue aussi au développement économique et social du pays en répondant aux besoins en informations météorologiques, climatologiques et environnementales des différents secteurs d'activité.

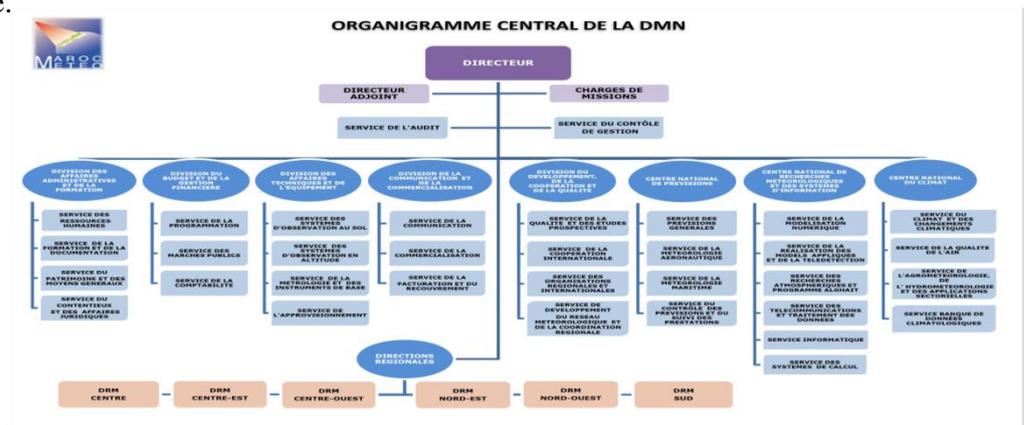


Figure 1 : l'organigramme centrale de direction nationale de la météorologie

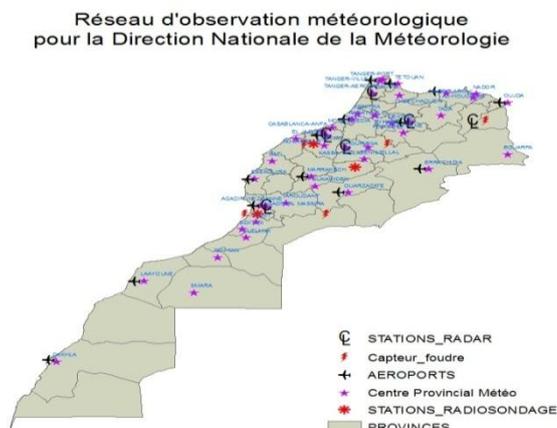


Figure2 : le réseau d'observation météorologique au Maroc

## **(DRM-NE) : la direction régionale de météorologie Nord-Est**

La Direction Régionale de la Météorologie Nord-Est (DRM-NE) assure une veille météorologique permanente 24h/24h sur une zone de responsabilité d'une superficie de 16.198km<sup>2</sup>.

Elle s'effectue grâce aux moyens techniques d'observation, d'analyse, de traitement et de diffusion des données météorologiques.

Les phénomènes météorologiques et climatiques extrêmes et récurrents (sécheresse, inondations,...), ont montré l'enjeu que constitue une information météorologique fiable et pertinente dans la planification et la gestion des ressources du pays.

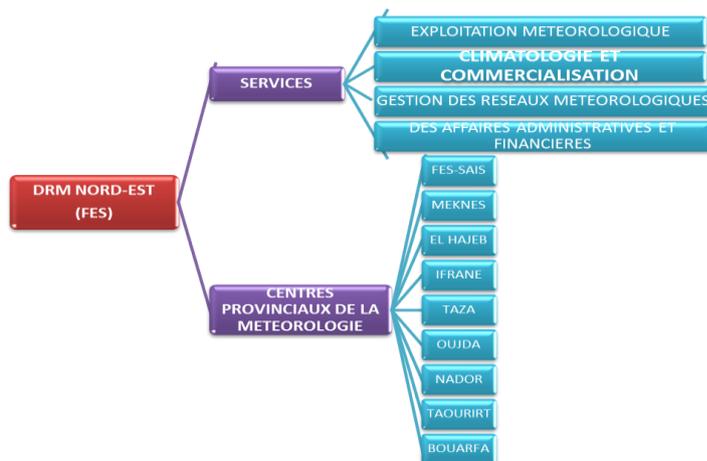


Figure 3 : L'organigramme de la direction régionale de la météorologie (DRM)

### **L'importance d'un CPM :**

Le CPM permet d'assurer l'observation météorologique qui constitue la base de toute l'activité météorologique, veiller sur le suivi et la réalisation des plannings d'étalonnages des instruments de mesure en application des méthodes et normes d'étalonnage, contribuer à la sécurité des personnes et des biens par la mise en place d'un système régional d'alerte météorologique, contribuer au développement et à la commercialisation des produits météorologiques au niveau régional, diffuser les alertes aux autorités locales et faire le suivi en cas de phénomène météorologique, assurer le bon fonctionnement des équipements et des instruments météorologiques, des réseaux informatiques et des télécommunications au niveau régional, répondre aux demandes des clients, des usagers et des partenaires et veiller à l'atteinte des objectifs stratégiques de la DMN (sécurité des personnes et des biens)

### **Une représentation des outils utilisés au CPM Fès :**

Dans le cadre de découvrir les outils utilisés pour l'observation des données météorologique, on a effectué une visite au centre provinciale de météorologie à l'aéroport de Fès d'où on a pris les informations suivantes. Puisque la visite du CPM Meknès n'était pas accessible car il se trouve dans une base militaire.

Station automatique (température, ensoleillement et précipitation)	Thermomètre à minima au sol (Température de la gelée)	Thermomètre à minima au sol (Tmax et Tmin)	Thermomètre à minima dans le sol	Abri météorologique (Piche : ETP sous abri Psicomètre : thermomètre sec + thermomètre mouillé)
				

Pluviographe (Précipitation journalière)	Pluviomètre manuel (précipitation journalière)	BacA (évapotranspiration)	L'aéromètre (compteur de vent)	Un héliographe (l'insolation journalière)
				

## **II. Présentation générale sur les paramètres , les méthodes et les outils utilisés :**

La climatologie se base toujours sur des paramètres météorologiques pour étudier des phénomènes et des anomalies climatologiques ou pour déterminer les types du climat d'une région en utilisant des outils statistiques et des méthodes de classification

### **1. Paramètres principales de la climatologie**

#### **1.1 Température**

La température n'est pas une grandeur directement mesurable. Sa perception varie d'un individu à l'autre et selon les conditions atmosphériques (vent, pluie, ensoleillement ....). Il existe trois types de donnée de la température qui sont (Tmax) la température maximale, (Tmin) la température minimale et (Tmoy) La température moyenne. Notons la valeur de ces trois types de température peut être soit horaire, quotidienne, ou annuelle avec :

$$T_{moy} = ( T_{max} + T_{min} ) / 2$$

#### **1.2 Précipitations**

Les précipitations désignent tous les météores qui tombent dans une atmosphère et il peut s'agir de solides ou de liquides selon la composition et la température de cette dernière.

#### **1.3 Vent**

Le vent désigne le mouvement horizontal de l'air. Sa mesure comprend deux paramètres : sa direction et sa vitesse ou force.

#### **1.4 Insolation**

L'insolation désigne l'exposition au rayonnement solaire. Plus spécifiquement : en météorologie, insolation signifie la quantité d'énergie solaire reçue, mais aussi peut être synonyme d'ensoleillement, c'est-à-dire la durée d'exposition d'un site au Soleil

## 2 Les phénomènes météorologiques marquants :

**2.1 Gelée** est un dépôt de glace qui provient de la vapeur d'eau contenue dans l'air par passage direct de la phase gazeuse à la phase solide. Il est possible, mais rare, que la gelée blanche soit obtenue par advection ou évaporation. La gelée blanche se présente généralement sous un aspect cristallin, prenant la forme d'aiguilles, de plumes ou d'écailles



Figure 4 : Phénomène de la gelée

**2.2 Grêle** est un des types solides de précipitations atmosphériques. Elle est constituée de billes disjointes de glace (grêlons) dont le diamètre varie de quelques millimètres à une vingtaine de centimètres, mais il est en général de 5 à 50 millimètres<sup>1,2</sup>. Elle se forme spécifiquement dans les cumulonimbus ; un nuage de forte extension verticale dû à l'instabilité de l'air où les puissants courants ascendants soulèvent rapidement en altitude de l'air très humide qui se condense puis gèle en montant à la suite du refroidissement rapide. Les grêlons redescendent ensuite en périphérie du cumulonimbus et commencent à fondre quand ils repassent sous l'altitude de l'isotherme zéro degré.



Figure 5 : Phénomène de la grêle

\*

**2.3 Orage** est une perturbation atmosphérique d'origine convective associée à un type de nuage particulier : le cumulonimbus. Ce dernier est à forte extension verticale, il engendre des pluies fortes à diluviennes, des décharges électriques de foudre accompagnées de tonnerre. Dans des cas extrêmes, l'orage peut produire des chutes de grêle, des vents très violents et, rarement, des tornades.



Figure (6) : Phénomène d'orage

**2.4 Brouillard** est le phénomène météorologique constitué d'un amas de fines gouttelettes ou de fins cristaux de glace, accompagné de fines particules hygroscopiques saturées d'eau, souvent de taille microscopique, réduisant la visibilité en surface. Sa composition est donc identique à celle d'un nuage dont la base toucherait le sol. Par convention, les météorologistes parlent de brume lorsque la visibilité horizontale est supérieure à un kilomètre et de brouillard si la visibilité est inférieure à un kilomètre<sup>1</sup>. Les marins utilisent souvent le terme de brume quelle que soit la visibilité horizontale et le nomment également fumée de mer quand il s'agit de brouillard d'évaporation.



Figure 7 : Phénomène du Brouillard

**2.3 Rosée** est un type de précipitations d'eau résultant de la liquéfaction de la vapeur d'eau de l'air. Elle apparaît sous forme de gouttelettes qui se déposent généralement le soir (et parfois le matin) sur les végétaux et autres corps exposés à l'air libre, quand leur température baisse jusqu'au point de rosée de l'air ambiant, ce qui provoque la condensation de la vapeur d'eau contenue dans la couche d'air voisine. De façon plus générale ce phénomène peut également se produire n'importe quand, lorsqu'un corps froid est placé dans un air ambiant contenant de la vapeur d'eau, par exemple lorsqu'une bouteille fraîche est sortie d'un réfrigérateur.



Figure 8 : Phénomène de la rosée

**2.4 Chasse poussière** est un météore consistant en un ensemble de particule dont la plupart sont solides et non aqueuses et qui se trouvent plus ou moins en suspension dans l'atmosphère ou soulevé par le vent.



Figure (9) : Phénomène de la chasse poussière

### 3 Les outils d'analyse statistique :

Pour déterminer le climat d'une région on utilise des outils d'analyse statistique comme :

**3.1 Moyenne :** c'est la grandeur statistique la plus simple et la plus utilisée , elle permet de réduire tout un échantillon de valeurs à une seule . et elle se fait en référence à une période : journée, mois , année ...

**3.2 Cumul :** un outil d'analyse statistique qui est fonctionné au calcul de la précipitation en cumulant les valeurs, car la précipitation est toujours réservée c'est pour cela on n'utilise pas la moyenne

**3.3 Quintiles :** sont des valeurs séparant l'échantillon des données en 5 parts égales.

Exemple : parfois on peut trouver deux régions qui ont la même Moyenne mais un climat différent, dans ce cas le quintile nous permet de déterminer la différenciation

**3.4 Terciles :** sont des valeurs séparant l'échantillon des données en 3 parts égales

**3.5 Médiane :** un paramètre du même genre avec particularité de séparer l'échantillon en 2 parties égales de 50%

**3.6 Tendance :** le point autour duquel sont plus ou moins, regroupées les différentes valeurs d'une variable quantitative mesurées dans un échantillon ou issues d'une population

**3.7 Valeurs extrêmes :** sont la valeur la plus élevée et la valeur la plus faible, sont utilisées pour encadrer les valeurs dans un intervalle logique et à ne pas dépasser et aussi à déterminer les anomalies climatologiques.

Exemple : les valeurs extrêmes sont demandées pour dimensionner des ouvrages d'art « la résistance au vent d'un pont suspendu ».

**3.8 Courbe de tendance :** la tendance désigne le point autour duquel se regroupent à un certain degré les différentes valeurs d'une variable quantitative mesurées dans un échantillon ou issues d'une population, c'est-à-dire le « centre » autour duquel ces valeurs « tendent » à se concentrer.

**3.9 Coefficient de variation** est défini comme le rapport entre l'écart-type et la moyenne

#### 4 Des notions de base dans la climatologie :

- **Normales**

Les normales climatiques sont des produits statistiques calculés sur les périodes de 30 ans (période de référence), qui permettent de caractériser le climat sur cette période et servent de référence

Les amplitudes thermiques : L'amplitude thermique est l'écart entre la température minimale et maximale en un même lieu pendant une durée de temps déterminée. Cette période peut être quotidienne, mensuelle, saisonnière ou annuelle.

- a. L'amplitude absolue annuelle (la valeur extrême de la Température maximale moins la valeur extrême de la température minimale pour chaque année).
- b. L'amplitude moyenne annuelle (la température moyenne du mois le plus chaud moins la Température moyenne du mois le plus froid).
- c. L'amplitude journalière (la moyenne annuelle de la différence entre la température maximale et minimale de chaque jours pendant une année).

- L'anomalie par rapport à la normale d'un des paramètres : C'est L'Écart absolu par rapport à la normale; la normale étant définie comme la moyenne sur une période de 30 ans

L'anomalie par rapport à la normale des cumuls = (Le Cumul – La Normale des précipitations) / La Normale des précipitations

L'anomalie par rapport à la normale de la température moyenne = La température moyenne – La Normale de la température moyenne

## 5 Les méthodes de classification du climat :

On se base sur des méthodes de classification pour déterminer le type du climat selon chaque méthode et leur paramètres de données qu'elle nécessite

### 5.1 Indice D'aridité de Martonne :

Cet indice est utilisé afin de caractériser le climat général d'une région du monde en faisant le calcul suivant : l'indice annuel :  $I = P / (T+10)$  et l'indice mensuel:  $I=12P/(T+10)$  avec P est la précipitation totale annuelle ou mensuelle et T est la température moyenne annuelle ou mensuelle

Valeur de I	Type de Climat
0 à 5	Hyper Aride
5 à 10	Aride
10 à 20	Semi-aride
20 à 30	Semi-humide
30 à 55	Humide

---

### 5.2 Indice de Gaussen :

Selon Henri Gaussen (botaniste et biogéographe français), une période donnée est dite aride, quand :  $P < 2 \times T$

P : les précipitations totales en millimètres sur la période donnée

T : la température moyenne en °C sur la période donnée

Cet indice est très utile quant à l'utilisation d'un diagramme ombrothermique, ce dernier toujours construit sur le modèle d'échelle  $1^{\circ}\text{C} = 2 \text{ mm}$ .

### 5.3 Classification de Köppen :

La classification de Köppen est une classification des climats fondée sur les précipitations et les températures, selon un code de deux ou trois lettres :

#### 1<sup>ère</sup> lettre : signifie le type du climat

A : Climat tropical	Température moyenne de chaque mois de l'année $> 18\text{ °C}$ , pas de saison hivernale, et fortes précipitations annuelles (supérieure à l'évaporation annuelle)
B : Climat Sec	Évaporation annuelle supérieure aux précipitations annuelles. Ce seuil est calculé de la manière suivante : Si moins de 30 % des précipitations tombent en été (avril à septembre dans l'hémisphère nord) : Précipitations annuelles moyennes (mm) $< 20 \times$ température annuelle moyenne ( $^{\circ}\text{C}$ ), et si plus de 70 % des précipitations tombent en été : Précipitations annuelles moyennes (mm) $< 20 \times$ température annuelle moyenne + 280, autrement : Précipitations annuelles moyennes (mm) $< 20 \times$ température annuelle moyenne + 140
C : Climat tempéré	Température moyenne du mois le plus froid comprise entre $0\text{ °C}$ et $18\text{ °C}$ , température moyenne du mois le plus chaud $> 10\text{ °C}$ , et les saisons été et hiver sont bien définies
D : Climat continental	Température moyenne du mois le plus froid $< 0\text{ °C}$ , Température moyenne du mois le plus chaud $> 10\text{ °C}$ et les saisons été et hiver sont bien définies
E : Climat polaire	Température moyenne du mois le plus chaud $< 10\text{ °C}$ , et la saison d'été est très peu marquée

## 2<sup>ème</sup> lettre : signifie le régime pluviométrique

S :	Climat de steppe Précipitations annuelles comprises entre 50 et 100 % du seuil calculé	applicable à B
W :	Climat désertique Précipitations annuelles < 50 % du seuil	applicable à B
w :	Saison sèche en hiver Pour A : climat de la savane, P du mois le hivernal le plus sec < 60 mm et < [100 – (précipitations annuelles moyennes)/25] pour C et D : P du mois hivernal le plus sec < 1/10 du mois le plus humide	applicable à A, C et D
S :	Saison sèche en été Pour A : climat de la savane, P du mois le estival le plus sec < 60 mm et < [100 – (précipitations annuelles moyennes)/25] Pour C et D : P du mois estival le plus sec < 40 mm et < 1/3 du mois hivernal le plus humide)	applicable à A, C et D
f :	Climat humide, précipitations tous les mois de l'année Pour A : climat de la forêt tropicale, P du mois le plus sec > 60 mm Pour C et D : pas de saison sèche, ni « w » ni « s »	applicable à A, C et D
m :	Climat de mousson P du mois le plus sec < 60 mm et > [100 – (précipitations annuelles moyennes)/25]	applicable à A
T :	Température moyenne du mois le plus chaud comprise entre 0 °C et 10 °C	applicable à E
F :	Température moyenne du mois le plus chaud < 0 °C	applicable à E
M :	Précipitations abondantes Hiver doux (Température moyenne du mois le plus froid > -10 °C)	applicable à E

**3<sup>ème</sup> lettre : signifie la variation de température**

a : été chaud	Température moyenne du mois le plus chaud $> 22\text{ °C}$	applicable à C et D
b : été tempéré	Température moyenne du mois le plus chaud $< 22\text{ °C}$ Températures moyennes des 4 mois les plus chauds $> 10\text{ °C}$	applicable à C et D
c : été court et frais	Température moyenne du mois le plus chaud $< 22\text{ °C}$ Températures moyennes mensuelles $> 10\text{ °C}$ pour moins de 4 mois Température moyenne du mois le plus froid $> -38\text{ °C}$	applicable à C et D
d : hiver très froid	Température moyenne du mois le plus froid $< -38\text{ °C}$	applicable à D
h : sec et chaud	Température moyenne annuelle $> 18^{\circ}$	applicable à B
k : sec et froid	Température moyenne annuelle $< 18^{\circ}$	applicable à B

### Études des paramètres climatiques :

La caractérisation du climat d'une zone donnée à l'aide d'indices de courbes ou de diagrammes permet de comparer les climats d'une région à l'autre. Ils prennent généralement en compte l'offre pluviométrique, la demande d'évaporation et les températures.

### Présentation de la Zone d'étude :

Meknès est une ville du nord du Maroc, située à environ 500 mètres d'altitude avec les coordonnées (33° 53' 42'' nord, 5° 33' 17'' ouest) , sur le plateau de saïs , entre le Moyen-Atlas au sud et les collines pré-rifaines au nord.

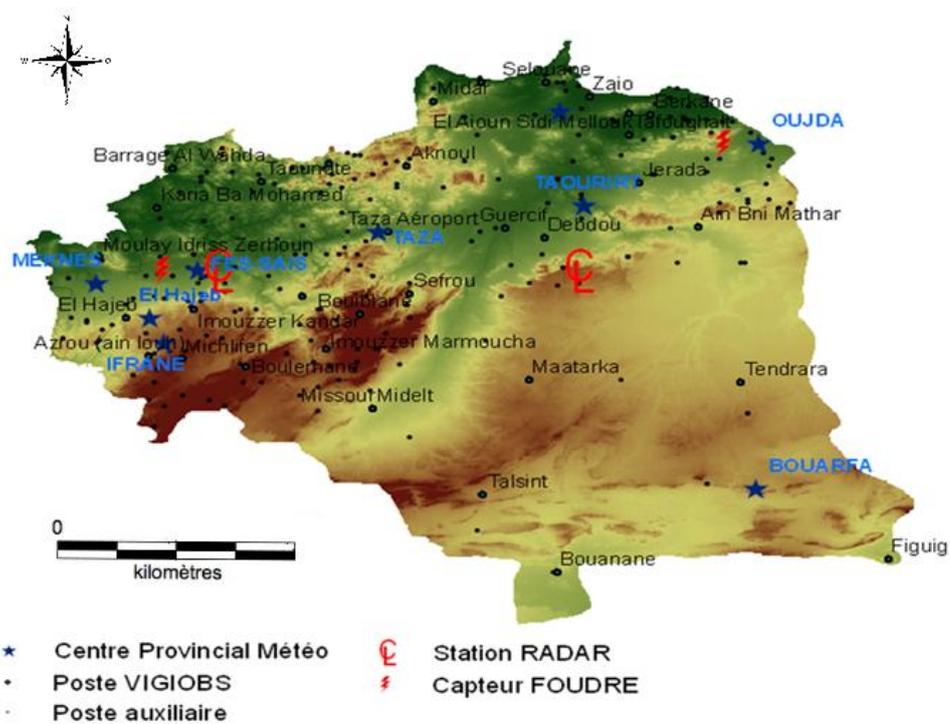


Figure 10 : Carte de la région Nord-Est avec les réseaux d'observation météorologiques de la DRM

## 1. Précipitation et Température:

### Etude interannuelle :

Une étude interannuelle permet d'identifier une évolution ou un changement d'un paramètre indiqué en se basant sur la comparaison de ses valeurs entre les années.

- a) La température : L'étude du facteur température est primordiale pour caractériser le contexte climatique dans une région; la combinaison de celui-ci aux précipitations permet de contrôler plusieurs paramètres du cycle de l'eau surtout les indices climatiques et l'évapotranspiration.

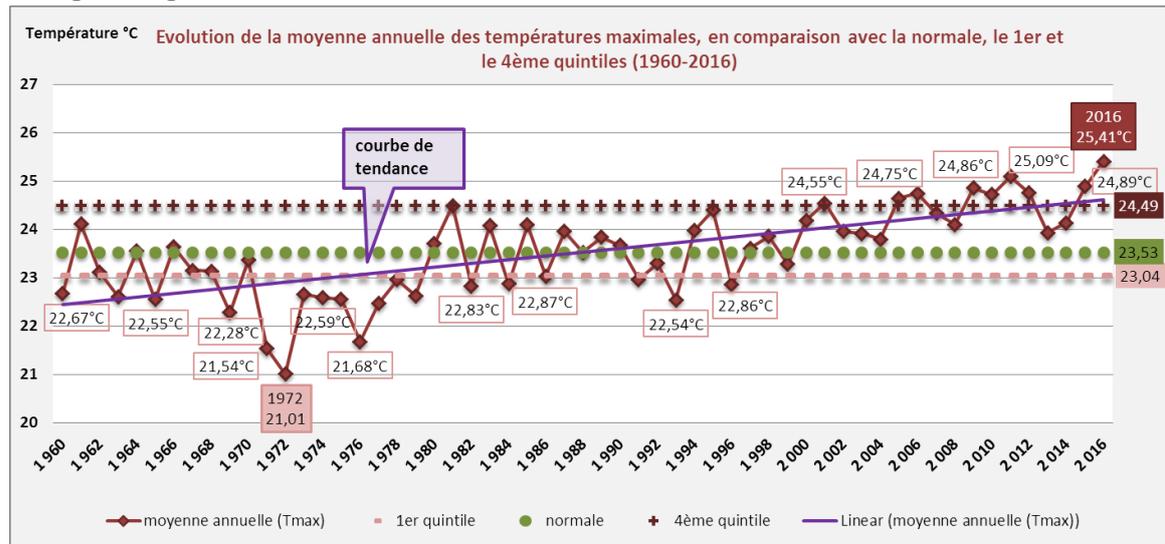


Figure 11 : L'évolution de la moyenne annuelle des températures maximales

Cette étude (fig. 11) est faite pour représenter l'évolution de la moyenne annuelle des températures maximales (1960-2016) comparée à la normale, le 1<sup>er</sup> et le 4<sup>ème</sup> quintile. La partie de la courbe qui est sous le 1<sup>er</sup> quintile (23,04) appartient aux années froides et on détermine que la plus petite valeur de la température maximale appartient à l'année 1972 avec une valeur de 21°C. La partie de la courbe qui est au-dessus du 4<sup>ème</sup> quintile (24,49) appartient aux années chaudes et on peut déterminer que la plus grande valeur de la température maximale appartient à l'année 2016 avec une valeur de 25,4°C. La partie de la courbe qui est entre le 1<sup>er</sup> quintile et le 4<sup>ème</sup> quintile et qui est près de la normale (23,53) appartient aux années qui ont une température maximale normale et moyenne.

On remarque une évolution dans le graphe, matérialisée par une augmentation de la moyenne annuelle de température maximale d'où on peut faire une répartition en 3 périodes :

la 1<sup>ère</sup> période (1960-1976) où la plus part des valeurs marquées sont sous la normale (23,53) et le 1<sup>er</sup> quintile (23,04) sauf l'exception de l'année 1961 qui a une valeur de température moyenne supérieure à la normale (24,11).

La 2<sup>ème</sup> période (1977-1999) tous les valeurs marquées sur cette période sont entre le 1<sup>er</sup> et le 4<sup>ème</sup> quintile et tous près de la normale sauf quelques exceptions qui sont sous le 1<sup>er</sup> quintile ou au-dessus du 4<sup>ème</sup> quintile.

La 3<sup>ème</sup> période (2000-2016) dans cette période on remarque nettement l'évolution à cause des valeurs qui sont supérieures de la normale et du 4<sup>ème</sup> quintile avec des températures très élevées.

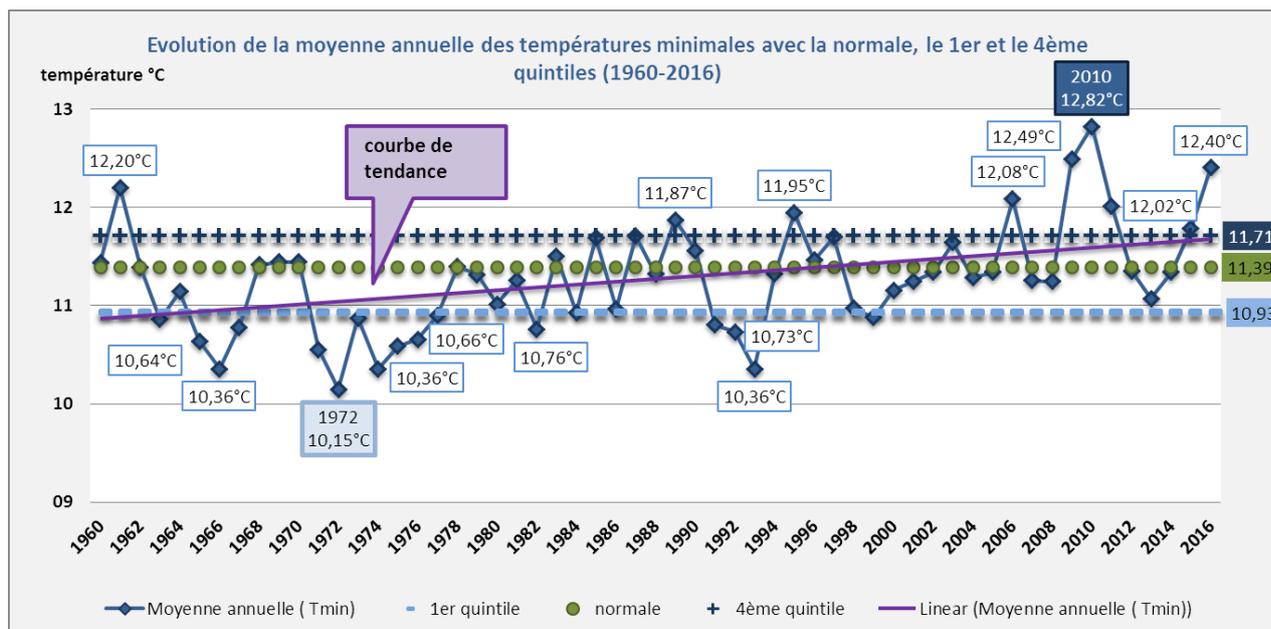


Figure 12 : L'évolution de la moyenne annuelle des températures minimales

L'évolution de la moyenne annuelle des températures minimales (1960-2016) (fig. 12) peut être étudié selon trois parties : La partie de la courbe qui est sous le 1er quintile (10,93) appartient aux années froides et on détermine que la plus petite valeur de la température minimale appartient à l'année 1972 avec une valeur de 10,2°C. La partie de la courbe qui est au-dessus du 4<sup>ème</sup> quintile (11,71) appartient aux années chaudes et on peut déterminer que la plus grande valeur de la température minimale appartient à l'année (2010) avec une valeur de 12,8°C. La partie de la courbe qui est entre le 1<sup>er</sup> quintile et le 4<sup>ème</sup> quintile et qui est près de la normale (11,39) appartient aux années qui ont une température maximale normale et moyenne

On remarque une évolution par une augmentation de la moyenne annuelle de la température minimale d'où on peut faire une répartition en 3 périodes :

La 1<sup>ère</sup> période (1960-1976) où la plus part des valeurs marquées sont sous la normale (11,39) et le 1<sup>er</sup> quintile(10,93) sauf l'exception de l'année 1961 qui a une valeur de 12,2 °C qui est supérieure à la normale.

La 2<sup>ème</sup> période (1977-1999) toutes les valeurs marquées sur cette période sont entre le 1<sup>er</sup> (10,93) et le 4<sup>ème</sup> (11,71) quintile et toutes sont près de la normale sauf quelques exceptions qui sont sous le 1<sup>er</sup> quintile ou au-dessus du 4<sup>ème</sup> quintile.

La 3<sup>ème</sup> période (2000-2016) pour ce qui concerne cette période il y a quelques valeurs sous la normale mais la plus part des valeurs sont supérieurs à la normale et du 4<sup>ème</sup> quintile avec des températures minimales très élevés

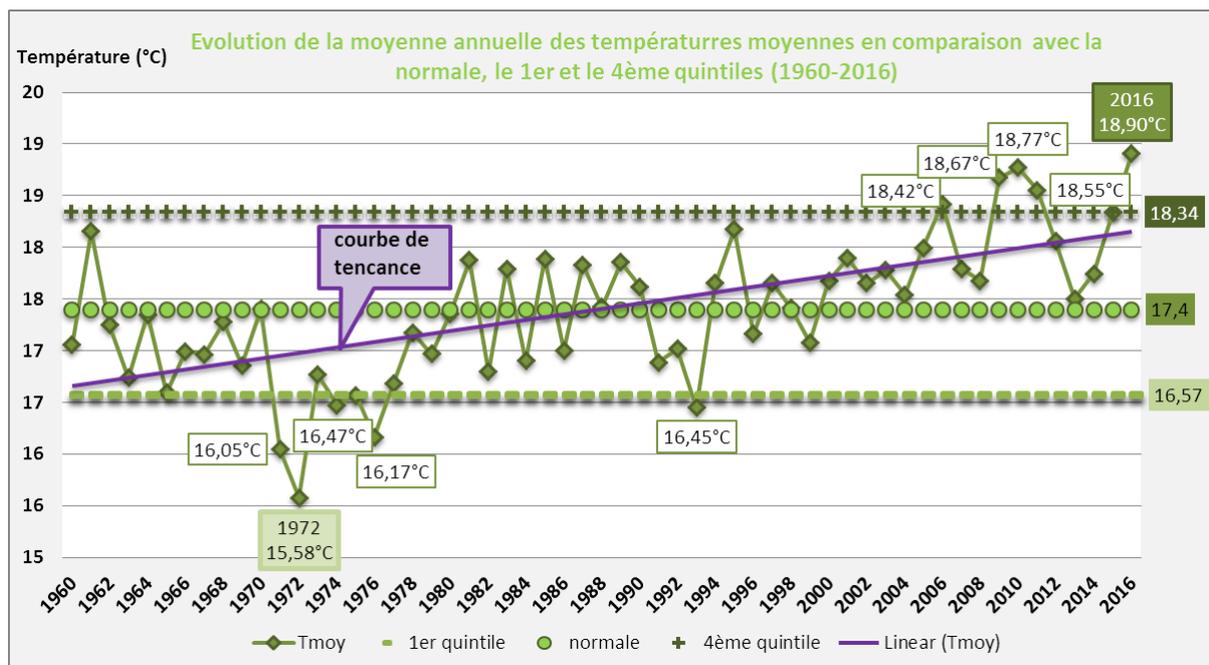


Figure 13 : L'évolution de la moyenne annuelle des températures moyennes

Cette étude représente l'évolution de la moyenne annuelle des températures moyennes (1960-2016) (fig.13) Comparée à la normale au 1<sup>er</sup> et au 4<sup>ème</sup> quintile. Ces derniers nous permettront de caractériser les années selon la variation de la température moyenne. La partie de la courbe qui est sous le 1<sup>er</sup> quintile (16,57) appartient aux années froides et on détermine que la plus petite valeur de la température moyenne est de 15,6°C appartient à l'année 1972. La partie de la courbe qui est au-dessus du 4<sup>ème</sup> quintile (18,34) appartient aux années chaudes et on peut déterminer que la plus grande valeur de la température moyenne de 18,9°C. appartient à l'année 2016. La partie de la courbe qui est entre le 1<sup>er</sup> quintile et le 4<sup>ème</sup> quintile et qui est près de la normale (17,4) appartient aux années qui ont une température moyenne normale et moyenne

On remarque une évolution par une augmentation de la température moyenne annuelle ce qui nous permet de distinguer 3 périodes :

La 1<sup>ère</sup> période (1960-1976) où la plus part des valeurs marquées sont sous la normale (17,4) et le 1<sup>er</sup> quintile (16,57) sauf l'exception de l'année 1961 qui a une valeur de température moyenne supérieure à la normale 18,16 °C.

La 2<sup>ème</sup> période (1977-1999) tous les valeurs marquées sur cette période sont entre le 1<sup>er</sup> et le 4<sup>ème</sup> quintile et tous près de la normale.

Et la 3<sup>ème</sup> période (2000-2016) on remarque nettement l'évolution à cause de ses valeurs qui sont supérieur de la normale et du 4<sup>ème</sup> quintile avec des températures très élevées.

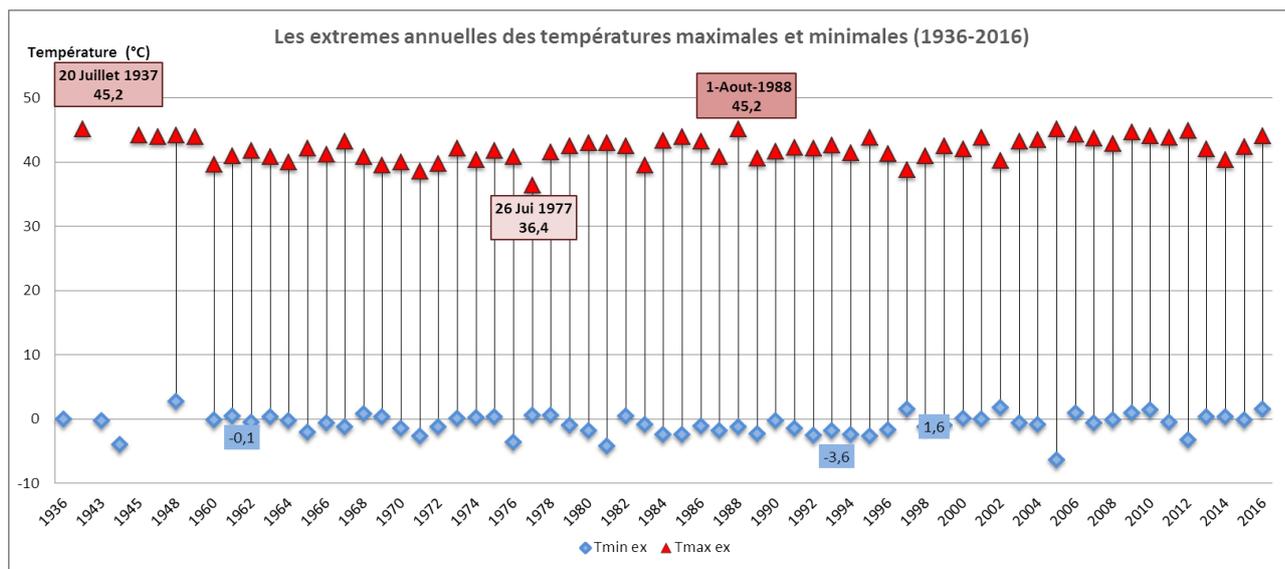


Figure 14 : Extrêmes annuels des températures maximales et minimales

L'étude des extrêmes annuels des températures maximales et minimales (Fig.14) est faite selon les recommandations de l'Organisation Mondiale de Météorologie sur une période de 1936 à 2016 où tous les extrêmes sont représentés.

Extrêmes maximales : La plus grande valeur est de 45,2°C qui était observée le (20-Juillet-1937) et le (01-Aout-1988), et la plus petite valeur est de 36,4°C observée le (26-Juin-1977).

Extrêmes minimales : La plus petite valeur est -6,4°C qui était observée le (28-Janvier-2005) et la plus grande valeur est 2,8°C observée le (17-Janvier-1948).

On remarque une évolution des deux extrêmes par une augmentation assez importante de la température.

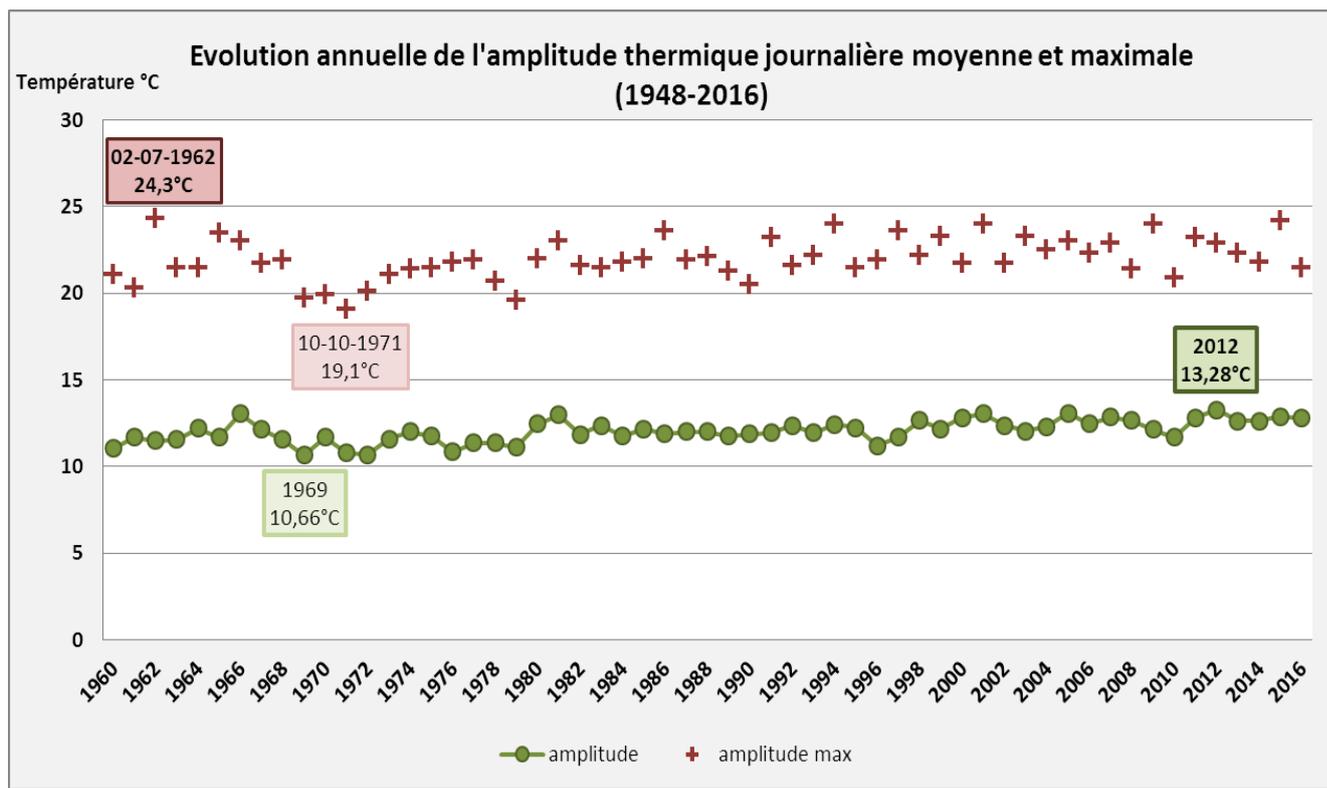


Figure 15 : L'évolution annuelle de l'amplitude thermique journalière moyenne et maximale

L'étude de l'évolution annuelle de l'amplitude thermique (Fig.15) contient deux courbes, une représente la moyenne annuelle de l'amplitude thermique journalière avec une amplitude maximale annuelle de 13,28°C qui était observée en 2012 et une amplitude minimale annuelle de 10,66°C observée en 1996. L'autre courbe représente l'extrême annuel de l'amplitude thermique journalière qui est avec une amplitude extrême maximale de 24,3°C qui était observée le 02-Juillet-1962 et la petite amplitude extrême maximale est de 19,1°C observée le 10-October-1972.

L'évolution annuelle de l'amplitude thermique journalière est remarquable par l'augmentation de cette dernière du début à la fin de la période d'étude, avec quelques exceptions

## b) Précipitations :

La connaissance de la répartition des précipitations permet en particulier de calculer la lame d'eau tombée sur la région, cette opération qui reste relativement délicate, nécessite la combinaison de différentes méthodes afin de prendre en considération les contraintes géographiques existantes comme l'altitude, la topographie et l'exposition.

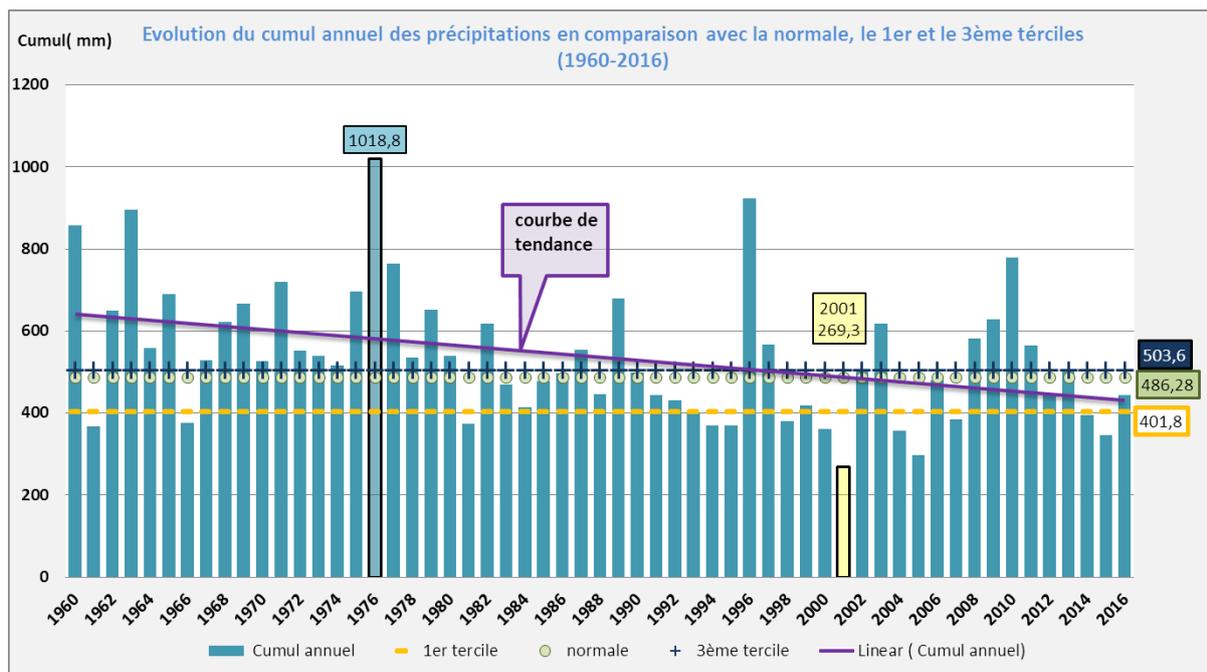


Figure 16 : Evolution du cumul annuel des précipitations

L'étude annuelle de l'évolution des précipitations (Fig.16) se représente sous forme d'histogramme, dont la normale, 1<sup>er</sup> et le 3<sup>ème</sup> tercile sont représentés pour séparer les années selon la variation des précipitations. Notons que toutes les années qui sont sous le 1<sup>er</sup> tercile (401,8) sont sèches, avec l'année 2001 est la plus sèche avec un cumul de 269,3mm. Les années humides sont au-dessus du 3<sup>ème</sup> tercile (503,6) et on détermine que 1976 est l'année la plus humide avec un cumul de 1018,8 mm. Les années qui sont entre le 1er tercile et le 3<sup>ème</sup> et qui sont près de la normale (486,28) sont eux qui ont un cumul moyen.

L'évolution est répartie en 3 périodes : La 1<sup>ère</sup> période (1960-1977) où la plus part des valeurs sont au-dessus de la normale et du 3<sup>ème</sup> tercile qui explique une période humide avec des précipitations importantes, la 2<sup>ème</sup> période (1978-1989) où la majorité des valeurs sont au-dessus du 1<sup>er</sup> tercile et près aussi de la normale, donc on constate une diminution de précipitation assez importante sauf quelques exceptions, et à la 3<sup>ème</sup> période (1990- 2016) la précipitation n'était pas stable, mais on remarque que la plus part des années pendant cette période ont vécu un manque de précipitation très important dont les valeurs du précipitation étaient au-dessus du 1<sup>er</sup> tercile.

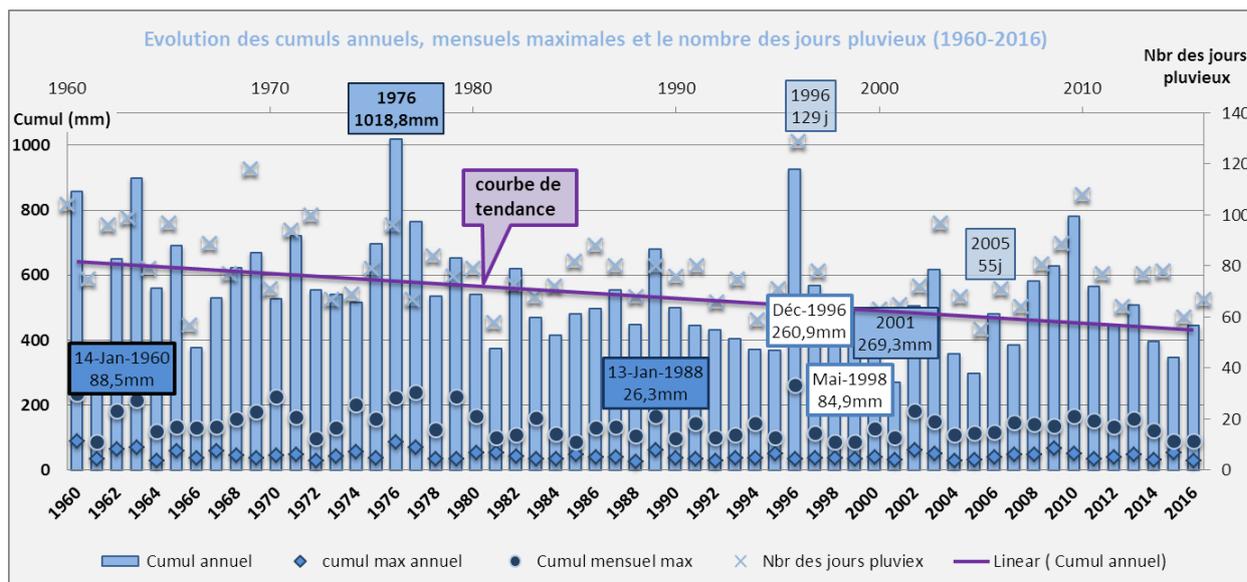


Figure 17 : Evolution des cumuls annuels, mensuels maximales avec le nombre des jours pluvieux

Cette étude (fig.17) rassemble le cumul annuel de la précipitation, le nombre annuel des jours pluvieux, les extrêmes annuels des cumuls mensuels et les extrêmes annuels des cumuls quotidiens

Dans le cadre de l'étude du cumul annuel, la valeur maximale de la précipitation annuelle est de (1018,8 mm) qui était à 1976 et la valeur minimale est de (269,3mm) qui était à 2001. En ce qui concerne les extrêmes annuels du cumul mensuel le mois de Décembre de l'année 1996 a connu une précipitation mensuelle très importante de (260,9 mm), et le mois de Mai de l'année 1998 a connu une précipitation mensuelle très faible de (84,9 mm). Et pour les extrêmes annuels du cumul quotidien le 13 Janvier de 1988 a la plus petite valeur de précipitation quotidienne avec une valeur de (26,3 mm) et le 14 Janvier de 1960 a eu une précipitation quotidienne très importante de (88,5 mm). Enfin pour l'analyse des nombres annuels des jours pluvieux 129 est le nombre maximum des jours annuels pluvieux dans cette série et c'était à 1996 et 55 est le nombre minimum des jours annuels pluvieux dans cette série et c'était à 2005.

Selon le graphe ci-dessus on remarque que le changement du cumul varie d'une année à une autre mais d'après la courbe de tendance la diminution des cumuls moyens (annuels, mensuels et quotidiens) est bien remarquable.

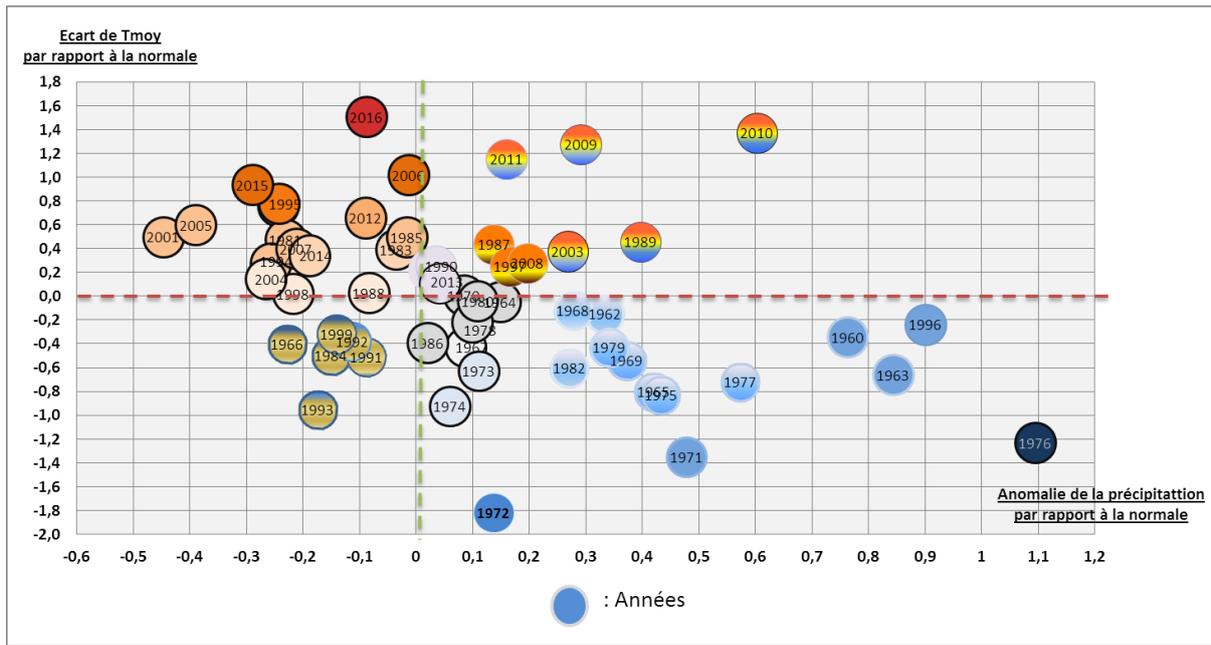


Figure 18 : Répartition des années selon les écarts de température et de précipitation

La répartition dans ce graphe (Fig.18) est faite en 4 parties selon l'Ecart du Température moyenne, s'il est inférieur à 0 c'est la partie chaude et s'il est supérieur à 0 c'est la partie froide. Et l'Ecart de cumul annuel, s'il est inférieur à 0 c'est la partie humide et s'il est supérieur à 0 c'est la partie Sèche

La plupart des années entre 1960 et 1979 sont localisées dans la partie de graphe où le climat est Froid et Humide dont l'année 1976 était Froide et très Humide et l'année 1972 était Humide et très Froide, mais pour les années entre 1980 et 1989 sont proches de la normale. Pour les années Sèches et Froide sont généralement entre 1990 et 1999 dont l'année 1993 était Froide et très Sèche. Haut de là de l'année 2000 toutes les années sont Chaudes mais la répartition d'humidité et de sécheresse ne représente pas une évolution remarquable dont l'année 2016 était Sèche et Très Chaude, l'année 2001 était Chaude et Très Sèche et l'année 2010 était Humide et Très Chaude.

## Etude intra-annuelle :

Une étude interannuelle permet d'identifier une évolution ou un changement d'un paramètre indiqué en se basant sur la comparaison des valeurs entre les mois des années selon une période donnée.

### La température maximale :

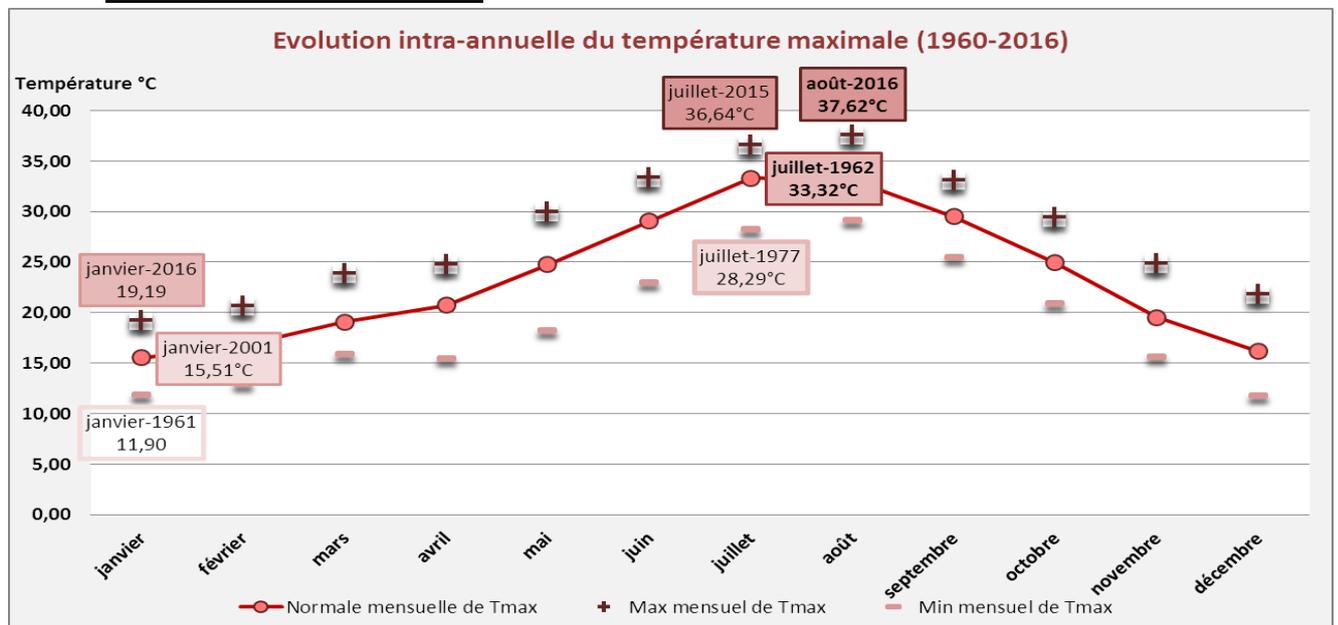


Figure 19 : L'évolution intra-annuelle du température maximale

L'évolution intra-annuelle de la Normale du température maximale, avec ses valeurs extrêmes (Fig.19) montre que Juillet est le mois le plus chaud dont la Normale de Tmax est 33,32°C, La valeur extrême maximale de Tmax est 36,64°C (Juillet-2015) et la valeur extrême minimale de Tmax est 28,29°C (Juillet-1977). Puis Janvier est le mois le plus froid dont la normale de Tmax est 15,51°C, la valeur extrême maximale de Tmax est 19,1°C (Janvier-2016) et la valeur extrême minimale de Tmax est 11,9°C (Janvier-1961). Mais Aout-2016 est le mois où le plus grand extrême maximal a été observé au cours de la période d'étude avec une valeur de 37,62°C.

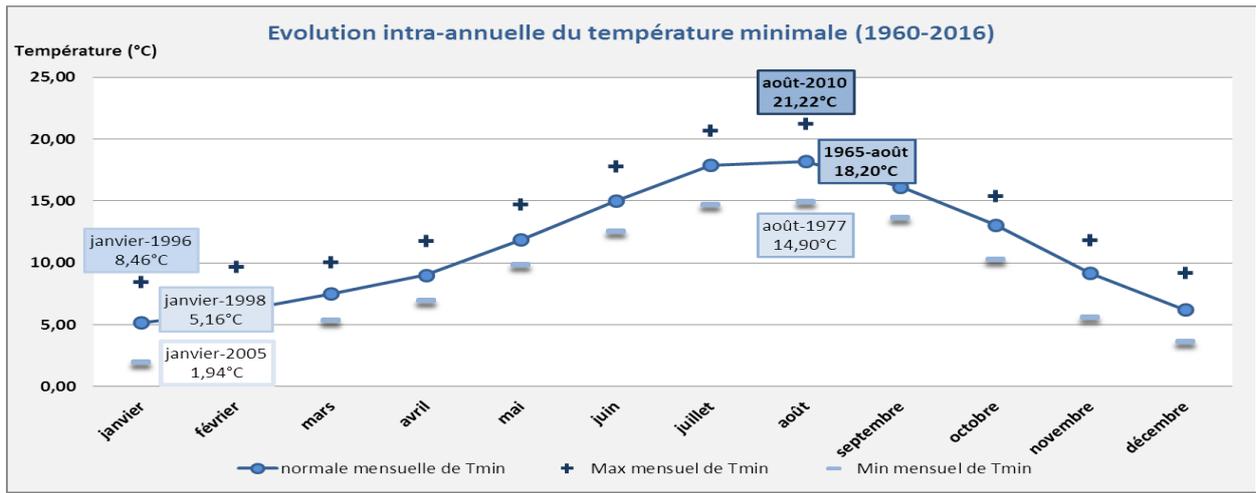


Figure 20 : L'évolution intra-annuelle du température minimale

L'évolution intra-annuelle de la normale de température minimale, avec ses valeurs extrêmes (Fig.20) montre que Aout est le mois le plus chaud avec une normale de  $18,2^{\circ}\text{C}$ , une valeur extrême maximale de  $21,22^{\circ}\text{C}$  correspond à Aout-2010 et une valeur extrême minimale de Tmax est  $14,9^{\circ}\text{C}$  (Juillet-1977). Alors que Janvier est le mois le plus froid avec une normale de Tmin est  $5,1^{\circ}\text{C}$ , une valeur extrême maximale de Tmin est  $8,4^{\circ}\text{C}$  (Janvier-1966) et une valeur extrême minimale de Tmin est  $11,9^{\circ}\text{C}$  (Janvier-2005)

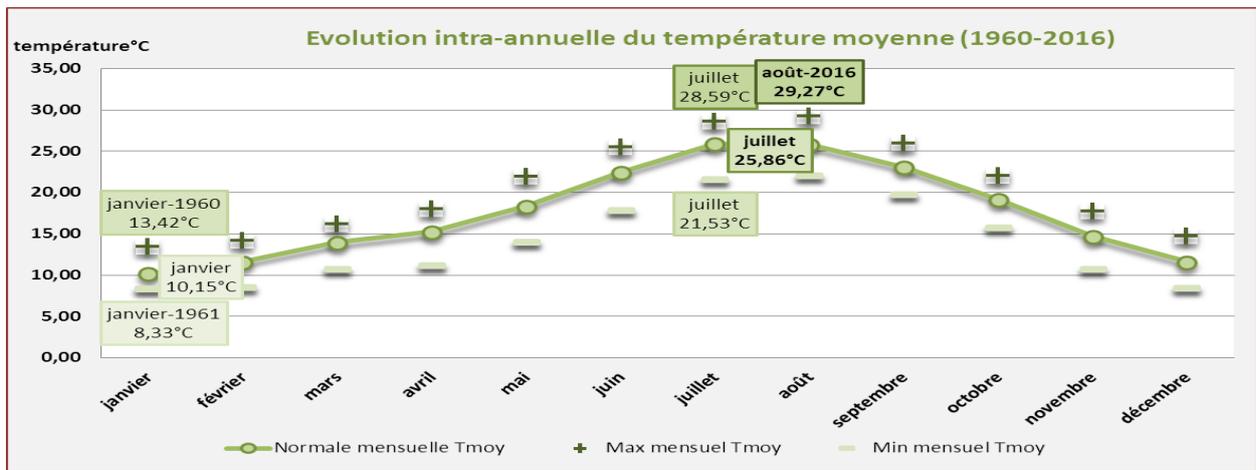


Figure 21 : L'évolution intra-annuelle du température moyenne

L'évolution intra-annuelle de la normale de température moyenne, avec ses valeurs extrêmes (Fig.21) montre que Juillet est le mois le plus chaud avec une Normale de Tmoy est de  $25,86^{\circ}\text{C}$ , une valeur extrême maximale de Tmoy est de  $28,59^{\circ}\text{C}$  (Juillet-2016) et une valeur extrême minimale de Tmoy est de  $21,53^{\circ}\text{C}$  (Juillet-1977). Alors que Janvier est le mois le plus froid avec une normale de Tmoy est de  $10,15^{\circ}\text{C}$ , une valeur extrême maximale de Tmoy est de  $13,42^{\circ}\text{C}$  (Janvier-1960) et uneLa valeur extrême minimale de Tmoy est de  $8,33^{\circ}\text{C}$  (Janvier-1961). Enfin Aout-2016 est le mois où le plus grand extrême maximal a été observé avec une valeur de  $29,27^{\circ}$

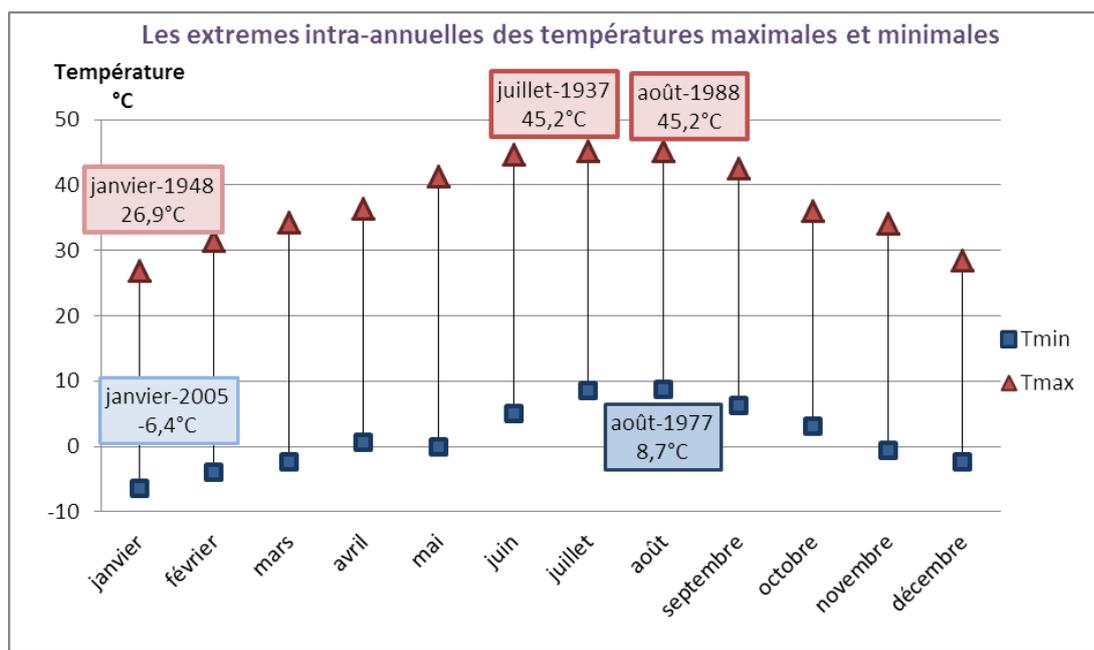


Figure 22 : Extrêmes intra-annuels des températures maximales et minimales

L'étude de l'évolution des valeurs des extrêmes au cours des mois (Fig.22) commence à Janvier par des valeurs minimales pour les deux extrêmes en montant vers les valeurs maximales à Aout, puis une chute de température jusqu'à Décembre. Notons que Janvier a connu les plus petits extrêmes des deux températures dont le plus petit extrême de température minimale était à Janvier-2005 avec une valeur de  $-6,4^{\circ}\text{C}$  et le plus petit extrême de température maximale était à Janvier-1948 avec une valeur de  $26,9^{\circ}\text{C}$ . Alors que Aout a connu les plus grands extrêmes des deux températures dont Le plus grand extrême de température minimale était à Aout-1977 avec une valeur de  $8,7^{\circ}\text{C}$  et Le plus grand extrême de température maximale était à Aout 1988 avec une valeur de  $45,2^{\circ}\text{C}$ .

D'après les (Fig.22) on obtient comme remarque sur la période d'étude que le mois le plus froid est toujours Janvier. Alors que le mois le plus chaud varie entre Juillet et Aout. Aussi la température commence avec les valeurs minimales à Janvier en remontant vers les valeurs maximales à Juillet et Aout et finalement une chute vers Décembre.

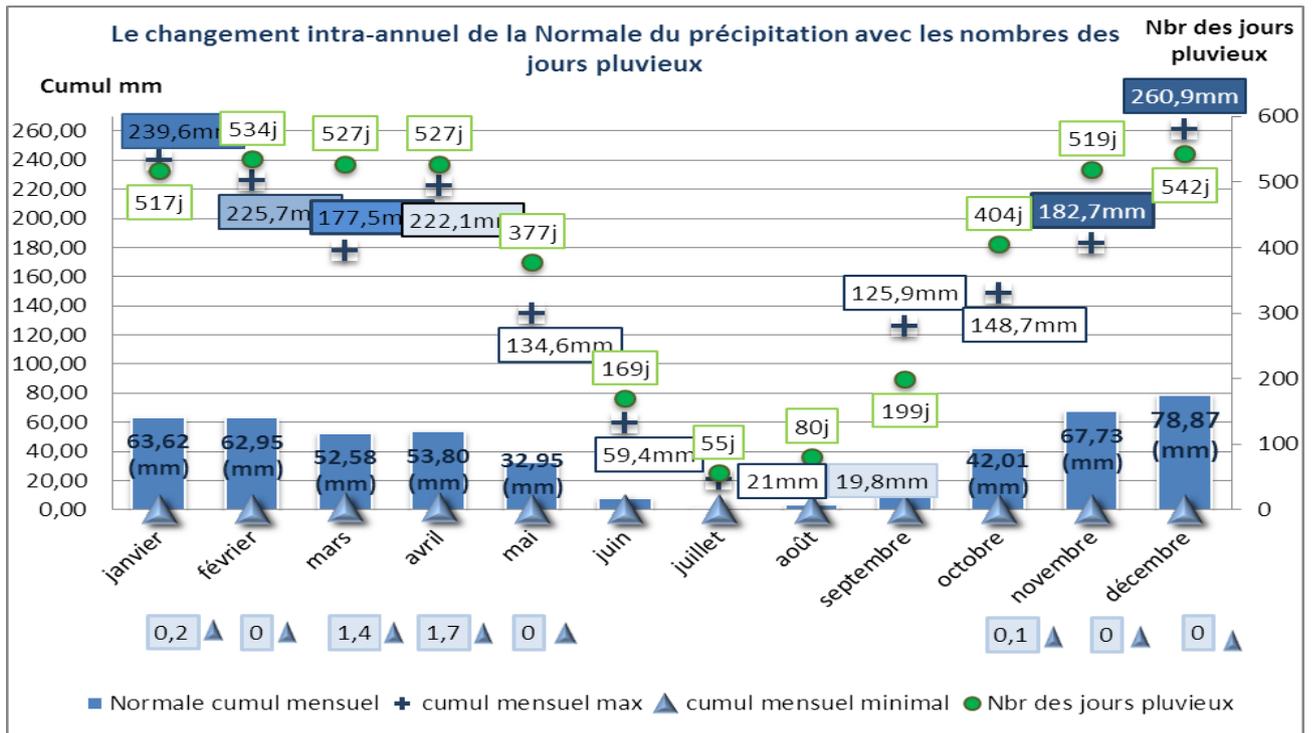


Figure 23 : Evolution intra-annuelle de la normale du cumul mensuel des précipitations avec la normale du nombre de jours pluvieux

L'étude de la normale des cumuls mensuels, le maximum et le minimum des cumuls mensuel et aussi les nombres des jours pluvieux (Fig.23). Notons que pour la normale de cumul mensuel la valeur maximale est celle qui correspond à Décembre avec 78,87mm de précipitation et la valeur minimale correspond à Juillet avec 0mm de précipitation. Le cumul mensuel maximal a vécu une valeur maximale de 260,9mm qui correspond à Décembre et une valeur minimale de 19,8mm qui correspond à Juillet. Le cumul mensuel minimal avait une valeur maximale de 1,7mm pendant Avril et une valeur minimale de 0mm, mais l'anomalie est remarquable avec la même valeur à Décembre. Pour le nombre des jours pluvieux, tout Décembre a reçu une précipitation pendant 542 jours pendant la période d'étude, qui est le nombre maximal des jours pluvieux observé. Alors que Juillet a reçu une précipitation pendant 55 jours sur cette période d'étude, qui est le nombre minimal des jours pluvieux observé.

La précipitation commence toujours par un volume important au mois de Janvier suivie par une diminution de cette valeur en se déplaçant vers Juillet où on remarque l'absence totale des précipitations. Juste après, ce paramètre reviens au mois d'Aout avec des valeurs très faibles puis il évolue jusqu'à Décembre où on trouve toujours les valeurs maximales des précipitations.

### c) Vent :

Le vent est un phénomène très intéressant dans plusieurs sortes de domaine

Et on distingue plusieurs types de vent selon leur vitesse et leur direction

Mais pour ce qui concerne notre travail on s'intéresse essentiellement à deux types, le vent violent avec une vitesse qui est supérieure ou égale à 16 m/s, et le vent très violent avec une vitesse qui est supérieure ou égale à 28 m/s.

### Etude interannuelle:

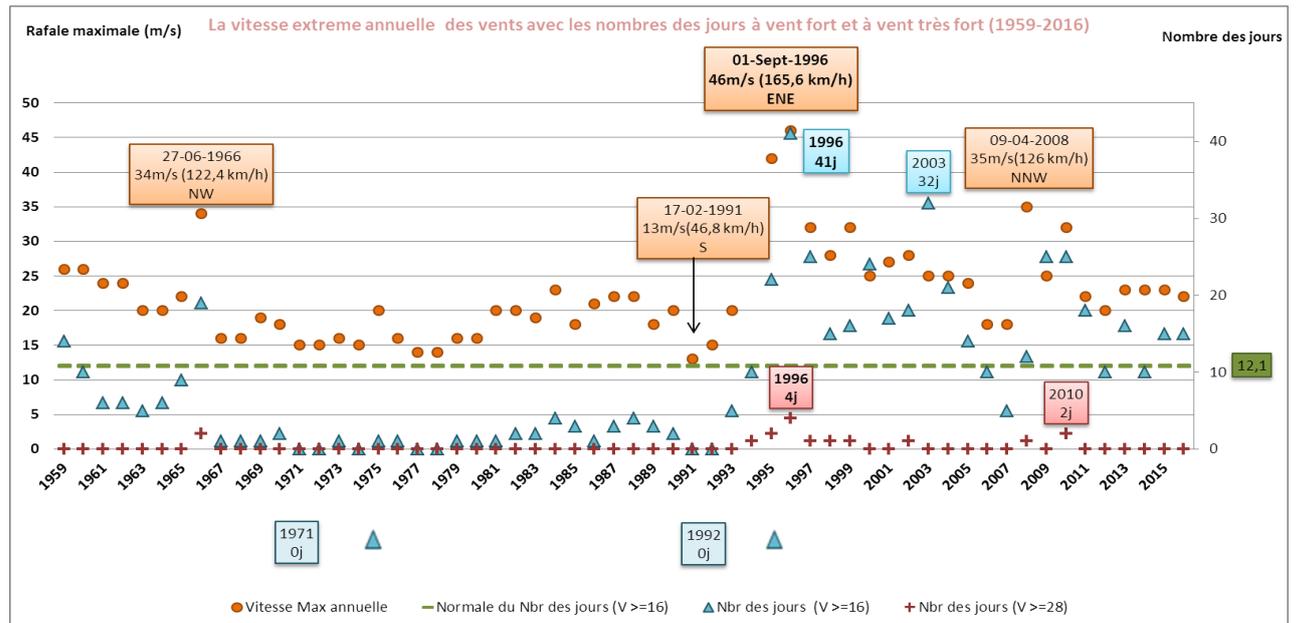


Figure 24 : La vitesse extrême annuelle de vents forts et de vent très fort avec leurs nombres de jours

L'étude de la vitesse maximale annuelle du vent de 1959 à 2016 avec sa direction, aussi que le nombre des jours à vent violent avec sa normale et le nombre des jours à vent très violent (Fig.24) nous permet de remarquer qu'au début de la période d'étude les valeurs de la vitesse du vent sont élevées et que l'année 1966 a connu un vent très violent avec une vitesse de 34 m/s d'une direction NW. Puis il y'avait une diminution jusqu'à avoir la valeur minimale qui était observée à 1991 avec une vitesse de 13 m/s d'une direction S qui appartient à un vent faible ou modéré. Après 1991, l'augmentation était très importante d'où la valeur maximale de 46 m/s observée en 1996 avec une direction ENE, et pour la même année le nombre des jours à vent violent a atteint 41 jours et le nombre des jours à vent très violent a atteint 4 jours qui sont les plus importantes valeurs observées durant toute la période d'étude. Enfin la chute a pris son départ juste après 1996 jusqu'à 2016, sauf quelques exceptions.

## Etude Intra-annuelle:

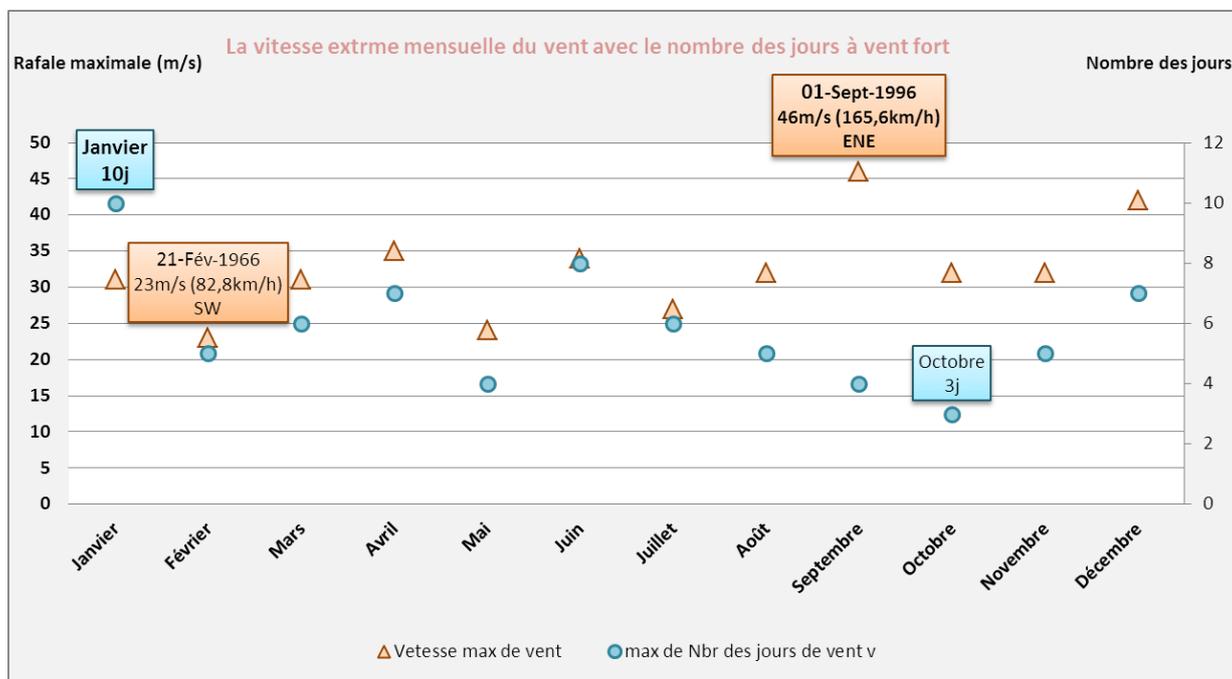


Figure 25 : Vitesse mensuelle du vent avec le nombre des jours à vent fort

L'étude des valeurs extrêmes mensuelle de la vitesse du vent et leur direction avec les nombres des jours (Fig.25) montre qu'il y'avait du vent fort pendant la période (1959-2016). D'où le mois Janvier a vécu le plus grand nombre des jours avec vent fort (10 jours), au temps que la vitesse maximale qui était observée appartient au 1<sup>er</sup> Septembre 1996 avec une vitesse de 46 m/s d'une direction ENE.

## La rose de vent :

### Etude saisonnière :

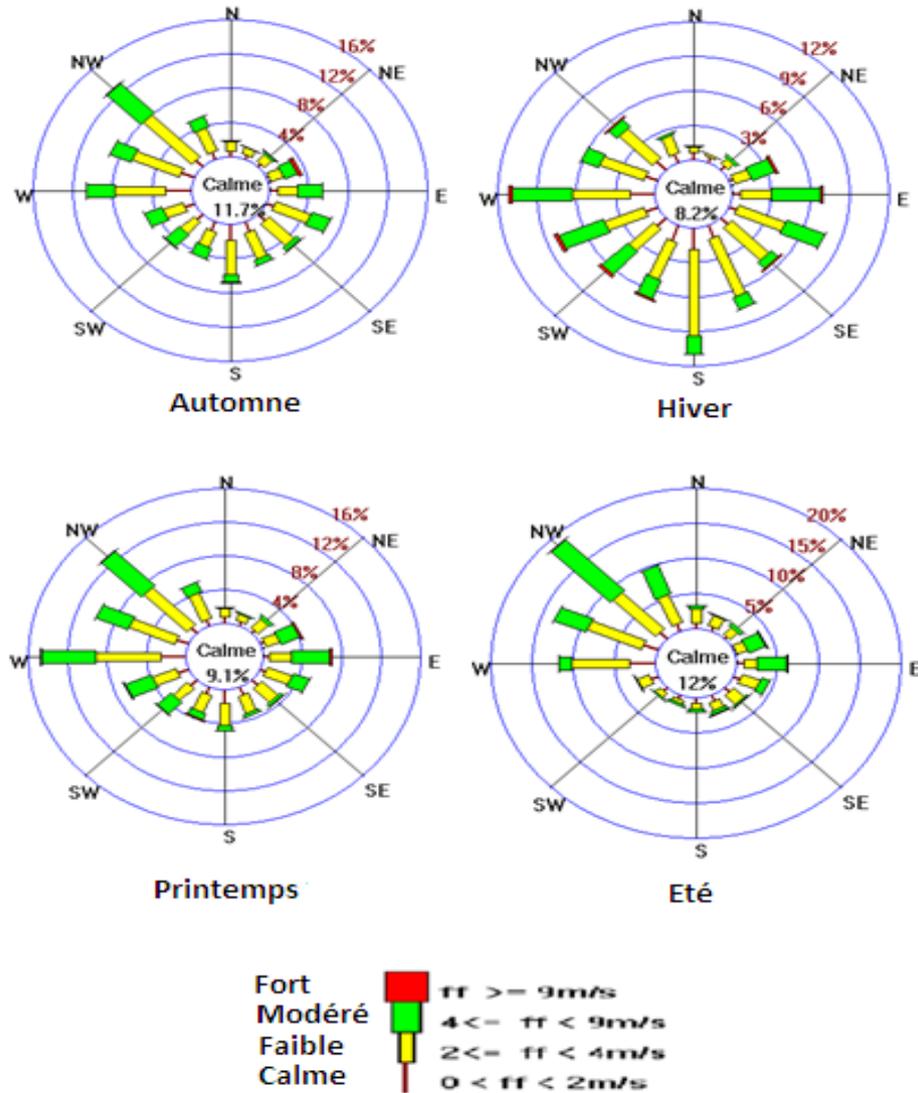


Figure 26 : Roses de vent saisonnières à base des données horaires du vent moyen (10 min) sur la période (2012-2016)

Cette étude (Fig.26) montre le changement de la vitesse du vent et sa direction d'une saison à une autre, de 2012 à 2016 par la suite :

Durant l'automne (Septembre-Octobre-Novembre), les vents sont souvent du secteur Ouest à dominance Nord-Ouest avec des vitesses faibles à modérées. Pour l'hiver (Décembre-Janvier-Février) dont la plus part des vents ont une vitesse faible à modérée avec une présence faible des vents forts provenant du secteur Ouest à dominance Sud-Ouest. Au cours du printemps (Mars-Avril-Mai) où la vitesse des vents est faible à modérée avec une direction W à dominance NW. Enfin à l'été (Juin-Juillet-Aout) dont la vitesse des vents est toujours faible à modérée avec une direction N.

## Etude Horaire:

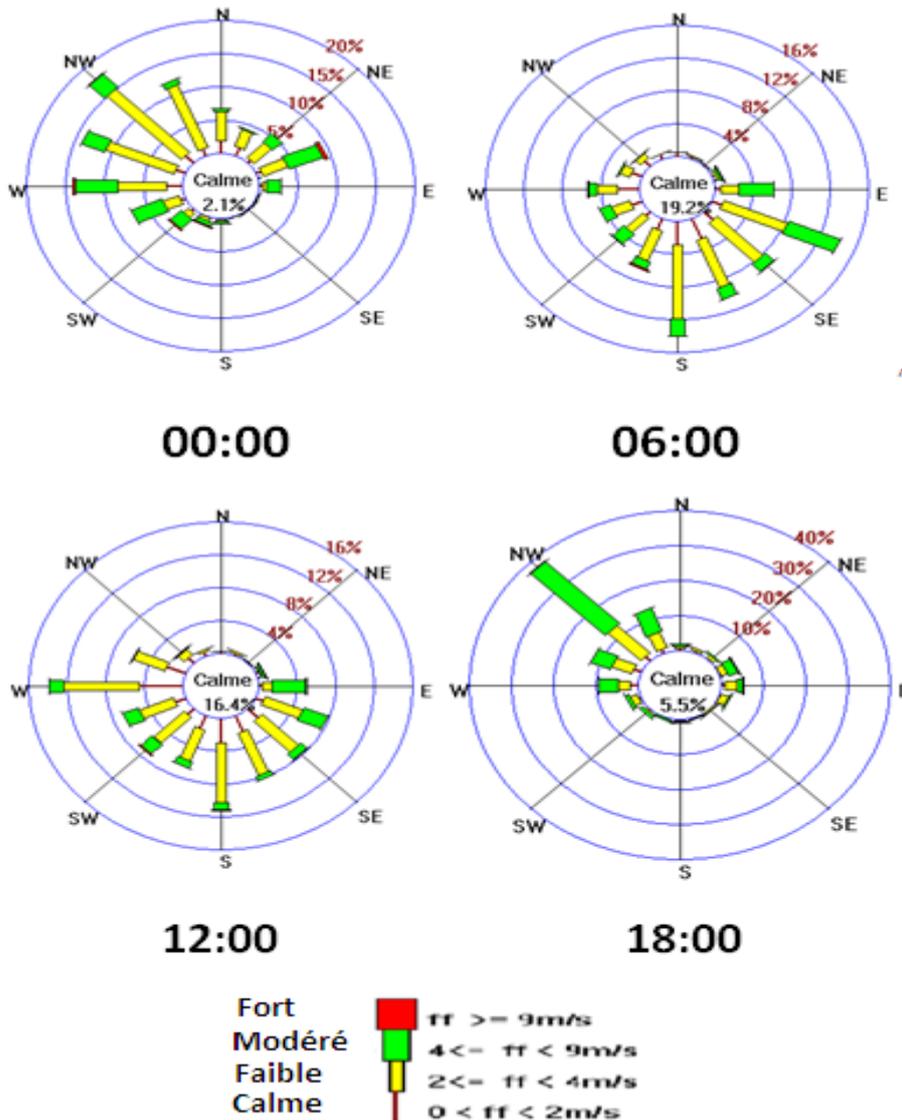


Figure 27 : Roses de vent horaires avec leur vitesse et direction

On s'est basé dans cette partie sur les données horaires du vent sur la période (2012-2016) et sur les heures (00h,06h,12h,18h) (Fig.27): Pendant la nuit le vent a une vitesse faible à modérée avec une direction qui couvre de W jusqu'à SE mais avec une dominance à W. Pour Le matin la vitesse est faible à modérée d'une direction SE. A midi le vent est d'une direction NW avec une vitesse faible à modérée notons des vents à une vitesse forte du W et ENE. Puis à l'après midi la direction du vent reste sur le NW avec une vitesse modérée à faible.

Alors on remarque que le vent change sa direction selon une rotation antihoraire commençant du W à (00:00) vers le NW à (18:00).

d) **Insolation :**

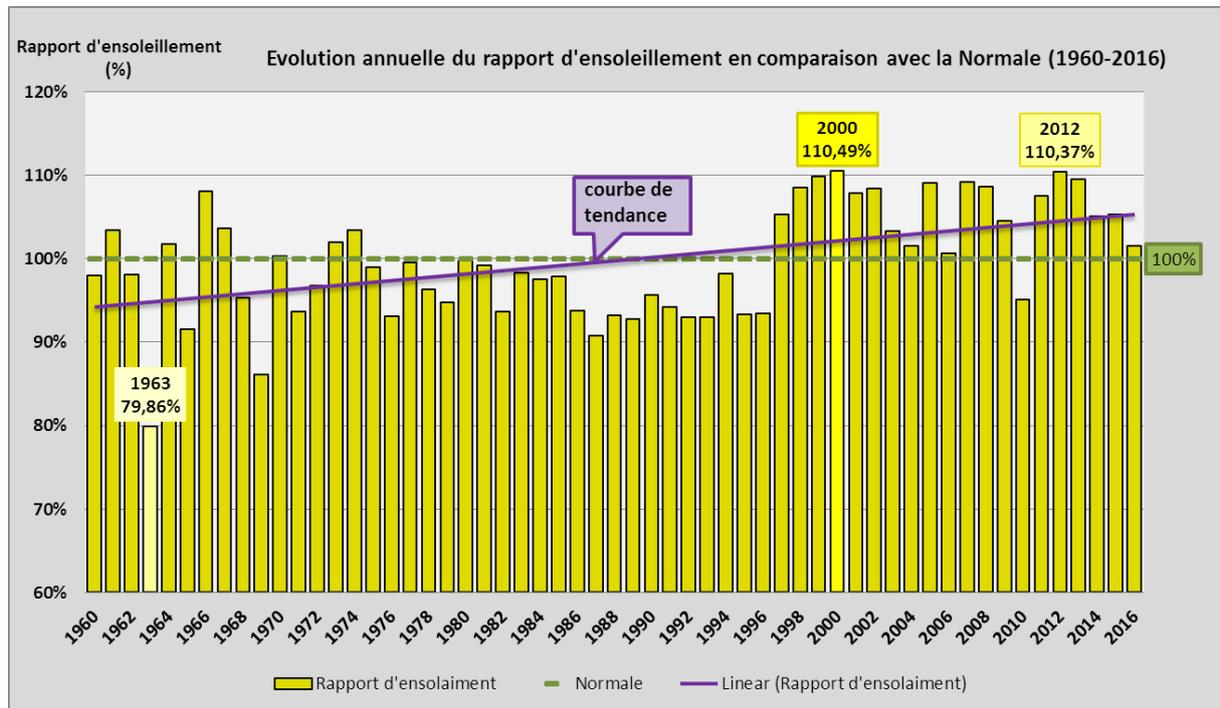


Figure 28 : Evolution annuelle du rapport d'enseillement

La représentation dans la (Fig.28) montre l'évolution annuelle du rapport d'enseillement en comparaison avec la Normale (1960-2016), dont cette valeur est calculée en faisant le rapport de la durée totale annuelle d'insolation sur la Normale qui est calculé sur la période de référence (1981-2010). Selon la courbe de tendance l'évolution d'insolation est marquée par une augmentation très importante, d'où la plus part des années avant 1997 ont une valeur d'enseillement inférieur à la Normale qui signifie une période déficitaire en ensoleillement dont la valeur minimale est 79,86% à l'année 1963, dès 1997 jusqu'à 2016 la plus part des valeurs d'enseillement sont supérieurs à la Normale montrant une période excédentaire en ensoleillement dont la valeur maximale est 110,49% à l'année 2000.

#### 4) Les phénomènes météorologiques :

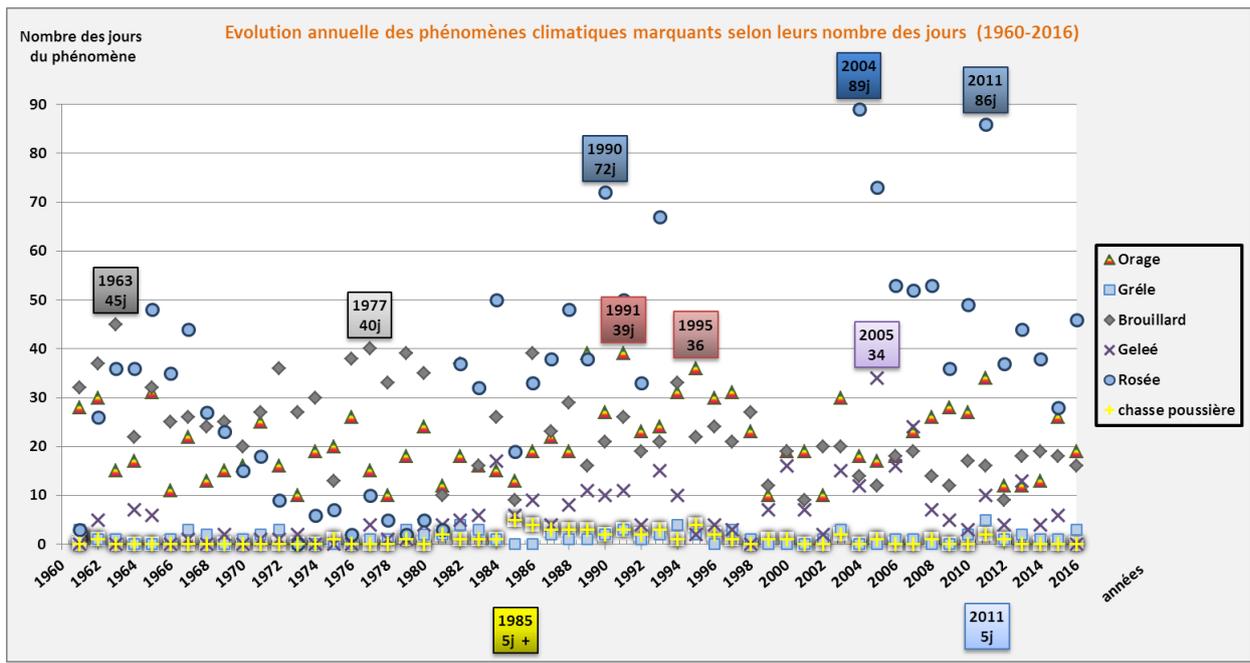


Figure 29 : Evolution annuelle du nombre de jours avec les phénomènes météorologiques marquants

L'étude de l'évolution annuelle des phénomènes météorologiques marquants est faite selon le nombre de jours (Fig.29). L'évolution d'orage a connus des changements remarquables, commençant par des valeurs importantes au début de la période qui ont diminué jusqu'à 1985 là où il y a un changement de direction vers la plus grande valeur qui était observée en 1991 dont le nombre de jours orageux est 39 jours, puis les valeurs sont restées assez importantes jusqu'à 2016 sauf quelques années qui n'ont pas connus beaucoup de jours orageux. La grêle est un phénomène qui se passe rarement dans cette région puisque le nombre annuel des jours de ce dernier est toujours entre 0 et 3, sauf la valeur de 5 jours qui était à 2011 car la grêle était assez importante pendant cette année par rapport à toute la période d'étude. Le brouillard est un phénomène qui persistait au début de la période d'étude, dont ce dernier a été observé à 1963 pendant 45 jours, et juste après cette année la diminution a été continue durant toute la période d'étude. La gelée est un phénomène qui a connu une propre évolution qui a commencé par une augmentation dès 1960 jusqu'une valeur maximale en 2005 dont la gelée était observée pendant 34 jours durant cette année, et juste après, la diminution de ce phénomène était importante jusqu'à 2016. L'évolution de la rosée était très importante qui se présente par une augmentation d'abondance de ce phénomène qui a commencé par des valeurs faibles au début de la période d'étude arrivant à une valeur maximale qui est 89 jours de rosée à 2004, puis les valeurs ont peu diminué jusqu'à 2016 mais aussi les valeurs étaient assez importantes. La chasse poussière est un phénomène qu'on rencontre rarement dans cette région notons qu'elle était absente pendant la plus parts des années durant la période d'étude, sauf quelques exceptions comme la période entre 1985 et 1996 avec 5 est le nombre maximal des jours où le phénomène a été observé et c'était à l'année 1985.

## Les méthodes de classification du climat :

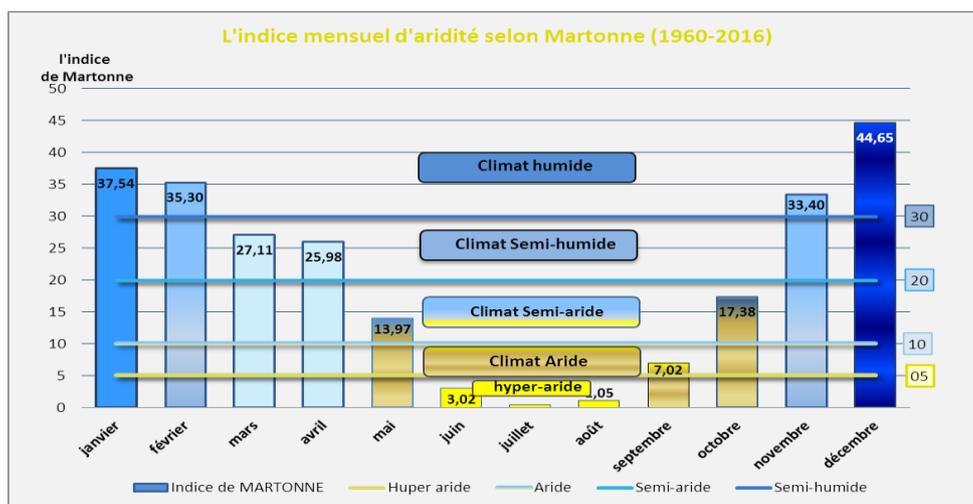


Figure 30 : Indice mensuel d'aridité selon Martonne

Le changement de l'indice mensuel d'aridité (1960-2016) (Fig.30) montre que le mois Janvier, Février, Novembre, et Décembre ont un climat Humide, notons que la valeur maximale de l'indice d'aridité est 44,65 et elle appartient à Décembre. Le mois Mars et Avril ont un climat Semi-Humide. Le mois Mai et Octobre ont un climat Semi-Aride. Le climat Aride concerne seulement le mois Septembre. Enfin les valeurs les plus faibles appartiennent à Juin, Juillet et Aout qui sont caractérisés par un climat Hyper-Aride avec une valeur très faible pendant le mois Juillet, qui veut dire que ce dernier est le mois le plus aride.

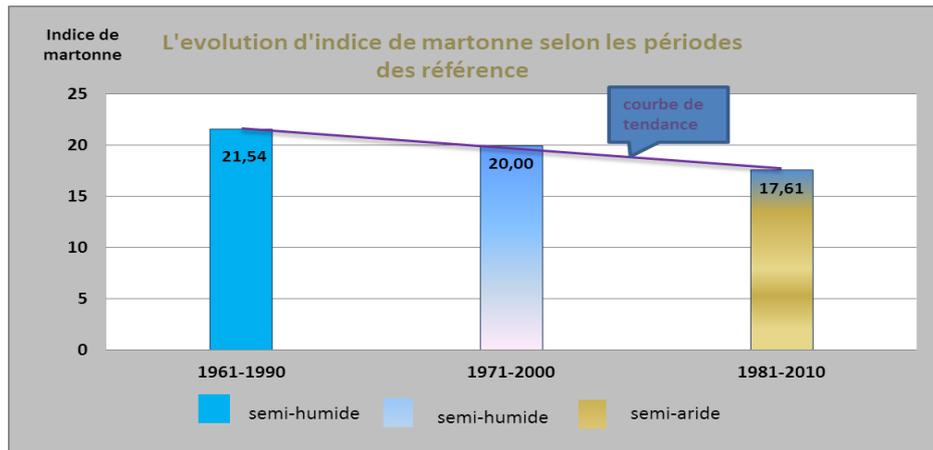


Figure 31 : Evolution d'indice de Martonne selon les périodes de références

Le changement et l'évolution de l'indice annuel d'aridité selon les périodes des références (Fig.31) a une courbe de tendance qui montre une diminution de l'indice de Martonne en se déplaçant d'une période de référence ancienne à une autre qui est plus récente qui signifie une augmentation d'aridité. La première période (1961-1990) a un indice d'aridité de 21,54 qui montre un climat Semi-Humide. La période (1971-2000) a un indice d'aridité de 20 qui est la valeur inférieure d'un climat Semi-Humide. La période (1981-2010) a un climat Semi-Aride dont l'indice d'aridité est 17,61.

### Indice de Gausсен :

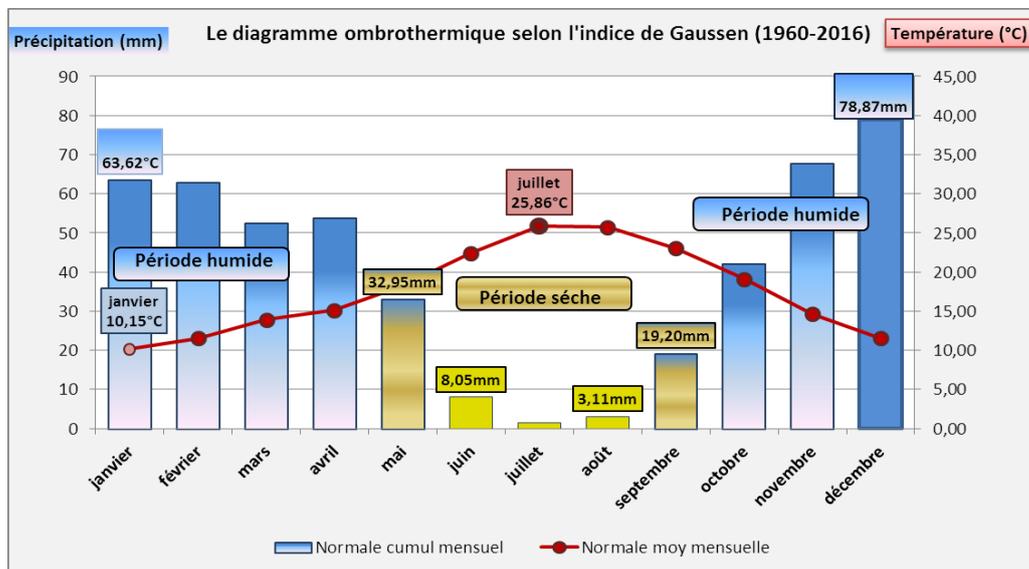


Figure 32 : Diagramme ombrothermique selon l'indice de Gausсен

Le diagramme ombrothermique (**Figure 32**) est représenté en se basant sur l'indice de Gausсен, qui montre la répartition des mois selon des périodes sèches et des autres humides. La période humide c'est là où la moyenne de précipitation est supérieure à la moyenne de température, et elle se prolonge d'Octobre jusqu'à Avril. La période sèche est celle qui a une moyenne de précipitation inférieure à la moyenne de température, et elle commence à Mai et termine à Septembre.

### **Classification de Koppen :**

Selon les graphes qu'on a réalisé, la température moyenne du mois le plus froid est comprise entre 0 °C et 18 °C, la température moyenne du mois le plus chaud > 10 °C, et les saisons été et hiver sont bien définies qui signifie que le climat de cette région est tempéré (C). Aussi que la saison sèche est en été et la précipitation du mois estival le plus sec est inférieure de 40mm et de 1/3 du mois hivernal le plus humide, notons donc que le régime pluviométrique est (s). Et pour ce qui concerne la variation de température, la température moyenne de mois le plus chaud est supérieure à 22°C qui montre un été chaud.

Alors selon la classification de Koppen, Meknès a un climat tempéré avec un été chaud qui caractérise la saison sèche (Csa) durant la période (1960-2016).

## Conclusion

Notre projet de fin d'étude a pour objectif de réaliser une monographie climatologique de la région de Meknès, avec une description de ses différents contextes climatiques en se basant sur les données météorologiques.

Notons que la période d'étude commence de 1936 à 2016 pour les valeurs extrêmes, de 1981 à 2010 (période de référence) pour les valeurs de la normale et de 1960 à 2016 pour les autres valeurs qui consistent une série de valeurs continue.

Afin de traiter, analyser et de calculer les différents données a pu faire le suivant :

L'étude inter et intra-annuelle des paramètres climatiques (précipitation, température, vent et ensoleillement) qui nous a montré un changement climatique par une augmentation de température, vent et ensoleillement alors qu'une diminution de précipitation. L'étude des phénomènes climatiques (gelée, grêle, orage, chasse poussière, brouillard, et rosée) qui nous montré l'augmentation de l'orage, la gelée et la rosée ; une diminution du brouillard et une évolution non claire pour la chasse poussière et la grêle. Le calculer d'indice de Martonne mensuel qui montre que le climat de Meknès varie entre Hyper-aride en été et Humide en hiver, aussi que le calcul de ce dernier annuellement pendant les trois périodes de références de notre période d'étude, qui montre le changement d'un climat Semi-humide au début de la période d'étude vers un climat Semi-aride dans la dernière période de référence qui est de 1981 à 2010. La réalisation du diagramme ombrothermique qui définit les deux périodes humide (Octobre- Avril) et sèche (Mai- Septembre) dans la région étudiée. Ainsi de se baser sur les graphes des températures et précipitation sur la période 1960-2016 pour déterminer le climat du région selon la méthode de classification de Koppen , qui nous a permis de donner à Meknès une classification de Csa qui montre un climat tempéré avec un été chaud qui caractérise la saison sèche.

## **Bibliographie :**

- Le DRM Nord-Est (2017) : données météo CPM de Meknès.
- LE CPM de l'aéroport Fès (2017) : matériel utilisé pour l'observation des données météorologique.
- [www.wmo.int](http://www.wmo.int) : le site web officiel de l'organisation mondiale de météorologie (OMM).
- [www.meteofrance.fr](http://www.meteofrance.fr) : le site web éducatif pour tout ce qui concerne la météorologie et la climatologie.
- Renaudin.M : Météorologie 1977. 176 pages, pp 41
- SEDES : Intoduction à l'étude scientifique de climat 1982. 352 pages.
- Bernstein (1996) p 127.



Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Licence Sciences et Techniques

**Présenté par: Hamza Zinoun**

**Mohamed Bachir Alami**

**Titre: Monographie climatologique de Meknès.**

**Année Universitaire: 2016/2017**

### Résumé

L'objectif de notre travail était de réaliser une monographie climatologique de la région de Meknès, dont nous étions intéressés à l'étude des paramètres et des phénomènes climatiques observés au CPM de Meknès qui ont nous montré l'évolution climatique pendant une période de (1936-2016).

Avant de commencer notre travail on a effectué une visite au Centre Provinciale de Météorologie à l'aéroport de Fès dans le but de découvrir d'où et comment se fait l'observation des données météorologiques sur lesquels on a travaillé.

Notre étude inter et intra-annuelle des paramètres climatiques (précipitation, température, vent et ensoleillement) qui nous a montré un changement climatique par une augmentation de température, vent et ensoleillement alors qu'une diminution de précipitation. Alors que l'étude des phénomènes climatiques (gelée, grêle, orage, chasse poussière, brouillard, et rosée) qui nous montré l'augmentation de l'orage, la gelée et la rosée ; une diminution du brouillard et une évolution non claire pour la chasse poussière et la grêle.

L'indice d'aridité de Martonne mensuel nous a montré que le climat de Meknès varie entre Hyper-aride en été et Humide en hiver, aussi que le calcul de ce dernier annuellement pendant les trois périodes de références de notre période d'étude, qui montre le changement d'un climat Semi-humide au début de la période d'étude vers un climat Semi-aride dans la dernière période de référence qui est de 1981 à 2010.

La réalisation du diagramme ombrothermique a défini les deux périodes humide (Octobre- Avril) et sèche (Mai- Septembre) dans la région étudiée.

La méthode de classification de Koppen nous a permis de donner à Meknès une classification de Csa.

Les résultats obtenus permettent de définir le Type de climat dominant de 1960 à 2016 qui est un climat Semi-aride et tempéré avec une augmentation de température, vent et ensoleillement alors qu'une diminution des précipitations qui explique un changement climatique important.

**Mots clés :** Température, Précipitations, insolation, vent, normale, tércile, quintile, indice de Martonne, indice de Gaussen, classification de Koppen, courbe de tendance.