

FACULTÉ DES HYDROCARBURES, DES ÉNERGIES RENOUVELABLES ET  
DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS



## Mémoire de Master Académique

Domaine : Sciences de la Terre et de l'Univers

Filière : Géologie

Spécialité : Hydrogéologie

### THEME

# Evolution des paramètres climatiques dans la région d'Ouargla

Présenté par

**Kharchi mouhamed Nabil  
Boughaba Sabaa**

*Soutenu publiquement le 26/06/2018*

**Devant le jury :**

*Président :* Mr. Melouah Oualid M. C. B Univ. Ouargla

*Promoteur :* Mr. Zeddouri Aziez M. C. B Univ. Ouargla

*Examineur :* M<sup>m</sup>. Bouchagoura Louiza M. A. A Univ. Ouargla

**Année Universitaire : 2017/2018**



# *Dédicace*

*On dédie ce modeste travail à :*

*Nos mères sources de tendresse et d'amour de soutien  
tout le long de nos vies scolaires, qui sont la raison de  
notre existence dans cette vie.*

*Nos pères qui nous a toujours soutenus et qui ont fait  
tout leur possible pour nous aider.*

*Nos frères et sœurs.*

*Nos tantes et oncles ainsi que nos cousins et cousines.*

*Toutes nos familles.*

*Tous nos amis (es).*

*Tous nos collègues de la promotion de Master qui nous  
ont aidés à compléter de loin ou de près ce modeste  
mémoire.*

*Hydrogéologie 2017/2018.*

*A tous ceux qui nous ont aidés.*

# ***Remerciements***

*Nous exprimons toute notre gratitude et sincère dévouement à Dieu Le Tout puissant qui grâce à son aide nous avons terminé ce modeste travail.*

*Nous tenons à remercier avec gratitude notre encadreur zeddouri Aziez, de nous avoir guidé et suivi tout au long de ce travail, de nous avoir conseillé, encouragé et aussi, prodigué de précieux conseils et nous remercions aussi tous les membres de jury (Ms. Melouah Oualid et Mme. Bouchagoura Louiza)*

*Sans oublier nos familles pour le soutien exemplaire moral et matériel continu tout au long de notre cycle universitaire.*

*Nous remercions vivement l'ensemble du personnel du département de géologie*

# SOMMAIRE

## INTRODUCTION Générale

INTRODUCTION Générale.....	01
----------------------------	----

## CHAPITRE I

## CONTEXT GENERAL

I. 1. Situation géographique .....	02
I. 2. Climat. ....	03
I. 3. Population. . ....	03
I4.Le relief . ....	03
I. 5. Hydrogéologie .....	03
I. 5. 1. Nappe du Continental Intercalaire (Albien) .....	04
I. 5. 2.Nappes du Complexe Terminal:.....	04
I.5.2.1.Nappe des sables du Mio-Pliocène (CT).....	04
I.5.2.2. Nappe des calcaires Sénoniens (CT).....	05
I. 5. 3. Nappe phréatique (Quaternaire).....	05

## CHAPITRE II:

## CHANGEMENT CLIMATIQUE

II. 1.Définition du changement climatique. ....	06
II. 2.Historique du changement climatique. ....	06
II3.Les causes de changement climatiques .....	07
II. 3. 1. Paramètres orbitaux de la Terre .....	07
II. 3. 1. 1.Obliquité de la terre .....	07
II. 3. 1. 2. Excentricité de la terre .....	08
II.3. 1. 3. Précession des équinoxes .....	08

II.3. 2. La Tectonique des plaques .....	09
II. 3. 3. Variations de l'activité solaire.....	10
II.3.3.1.L'impact des variations de l'activité solaire sur le climat .....	12
II. 3. 4.L'effet de serre et ses séquences .....	12
II. 3. 4. 1. Impacts principaux .....	15
II.3. 4. 2. Impact d'effet de serre sur le climat .....	16
II.4. Impact du changement climatique .....	16
II. 4. 1. Précipitations et vapeurs d'eau .....	16
II.4. 2. Neige et glace terrestre.....	16
II. 4. 3. Niveau de la mer . .....	17
II. 4. 4. Ruissellement et débit fluvial .....	17
II. 5. Impacts du changement climatique sur les eaux souterraines .....	17
II. 4. 5. Désertification .....	17
II. 5. 1. Recharge des nappes souterraines:.....	19
II. 5. 2. Quantité d'eau sortant .....	20
II. 5. 3. Réserve d'eau souterraine. ....	20
II. 5. 4. Qualité de l'eau .....	21

## **CHAPITRE III**

## **MATERIELS ET METHODES**

Introduction .....	23
III. 1. Paramètres climatiques .....	23
III. 1. 1. Température :.....	23
III. 1. 2 .Précipitations .....	38
III.1. 3 .Vitesse de vent .....	40

III. 1. 4 .Humidité.....	42
III. 1. 5 .Evaporation de l'air .....	45
Conclusion.....	46

## **Chapitre IV**

## **conclusion général**

conclusion généra.....	47
------------------------	----

## Liste des figures

<b>Figure. 01</b> : Situation géographique de la région d'Ouargla.....	02
<b>Figure 2</b> -Obliquité de la terre <a href="http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/86/Obliquite_plan_ecliptique.png">http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/86/Obliquite_plan_ecliptique.png</a> .....	08
<b>Figure. 3</b> : Excentricité de la terre (www.jeretiens.net).....	08
<b>Figure. 4</b> : précession des équinoxes (www.craies.crihan.fr).....	09
<b>Figure. 05</b> : Relation entre la constance solaire de 1984 Å 1988 et le nombre de taches solaires.....	11
<b>Figure.06</b> : Cette courbe indique les variations du nombre annuel de taches solaires de 1700 à nos jours. Les minimums témoignent d'un cycle solaire de 80 ans. (D'après P.E Darmon et J.L Jirikowic, 1992) .....	12
<b>Figure.07</b> -Le rayonnement solaire et l'effet de serre.....	13
<b>Figure 8</b> -Contribution des différents gaz à l'effet de serre en 2000.....	14
<b>Figure 9</b> : Représentation conceptuelle des interactions clés entre les eaux souterraines et le Climat (source: Taylor et al. 2013).....	18
<b>Figure. 10</b> : variation de T ° moyennes (1901-1938) .....	29
<b>Figure. 11</b> : variation de T ° moyennes (1991-2017).....	27
<b>Figure. 12</b> : Variation T° minimales (1901-193.....	30
<b>Figure. 13</b> : Variation T° minimales (1990-2017).....	32
<b>Figure. 14</b> : Variation T° maximales (1901-1938).....	35
<b>Figure. 15</b> : Variation T° maximales (1990-2017).....	37
<b>Figure. 16</b> : Variation P mensuelles (1990-2017).....	40
<b>Figure. 17</b> : Variation vitesse de vent mensuelles (1990-2009).....	42
<b>Figure. 18</b> : Variation d'humidité mensuelle (1990-2009).....	44
<b>Figure. 19</b> : Variation d'humidité annuelle (1990-2009).....	44
<b>Figure. 20</b> : Variation de l'évaporation de l'air mensuelles (1990-2009).....	46

## **Liste des tableaux**

<b>Tableau. 1 :</b> températures moyennes (1901-1910).....	23
<b>Tableau. 2 :</b> températures moyennes (1911-1921).....	24
<b>Tableau. 3 :</b> températures moyennes (1922-1931).....	24
<b>Tableau. 4 :</b> Températures moyennes (1931-1938).....	25
<b>Tableau. 5 :</b> Températures moyennes (1991-2000).....	26
<b>Tableau. 6 :</b> Températures moyennes (2001-2010).....	26
<b>Tableau. 7 :</b> Températures moyennes (2011-2017).....	27
<b>Tableau. 8 :</b> Températures minimales (1901-1911).....	28
<b>Tableau. 9 :</b> Températures minimales (1911-1921).....	29
<b>Tableau. 10 :</b> Températures minimales (1922-1931).....	29
<b>Tableau. 11 :</b> Températures minimales (1932-1938).....	30
<b>Tableau. 12 :</b> Températures minimales (1990-1999).....	31
<b>Tableau. 13 :</b> Températures minimales (2000-2009).....	31
<b>Tableau. 14 :</b> températures minimales (2010-2017).....	32
<b>Tableau. 15 :</b> Températures maximales (1901-1910).....	33
<b>Tableau. 16 :</b> Températures maximales (1911-1921).....	34
<b>Tableau. 17 :</b> Températures maximales (1922-1931).....	34
<b>Tableau. 18 :</b> températures maximales (1932-1938).....	35
<b>Tableau. 19 :</b> températures maximales (1990-1999).....	36
<b>Tableau. 20 :</b> Températures maximales (2000-2009).....	36



<b>Tableau. 21 :</b> températures maximales (2010-2017).....	37
<b>Tableau. 22 :</b> précipitations mensuelles (1990-1999).....	38
<b>Tableau. 23:</b> précipitations mensuelles (2000-2010).....	39
<b>Tableau. 24 :</b> précipitations mensuelles (2011-2017).....	39
<b>Tableau. 25 :</b> vitesse de vent mensuel (1990-1999).....	41
<b>Tableau. 26 :</b> Vitesse de vent mensuel (2000-2009).....	41
<b>Tableau. 27 :</b> Humidité mensuelles (1990-1999).....	43
<b>Tableau. 28 :</b> humidité mensuelles (2000-2009).....	43
<b>Tableau. 29 :</b> Evaporation de l'air mensuel (1990-1999).....	45
<b>Tableau. 30:</b> Evaporation de l'air mensuel (2000-2009).....	45

# *Introduction générale*

# Introduction générale

---

## Introduction générale :

Le changement climatique correspond à une modification durable (de la décennie au million d'années) des paramètres statistiques (paramètres moyens, variabilité) du climat global de la Terre ou de ses divers climats régionaux. Ces changements peuvent être dus à des processus intrinsèques à la Terre, à des influences extérieures ou, plus récemment, aux activités humaines.

L'Algérie figure parmi les pays à forts risques de changement climatiques. C'est ce que révèle le rapport de l'université des Nations unies pour l'environnement et la sécurité humaine (UNU-EHS), l'*Alliance Développement Works* de 2014, et relayé par les *Décodeurs* du journal français *Le Monde*.

À l'horizon 2020 l'Algérie connaîtra une réduction des précipitations de l'ordre de 5 à 13% et une augmentation des températures de 0,6 à 1,1°C [1], avec un indice de 7,63 % de vulnérabilité, l'Algérie se situe au top 50 des pays à risque. Baptisé le *World Risk Index* (WRI), cet indice est calculé en se basant sur les facteurs naturels, tel que les séismes, les inondations et la sécheresse, sur la prédisposition du pays à être touché par une catastrophe, les capacités à faire face, et enfin, la stratégie d'adaptation.

Ce présent travail représente une étude sur l'impact du changement climatique sur les ressources d'eau d'Ouargla, il est basé sur l'analyse et l'interprétation des données climatiques disponibles de la zone d'étude.

Ce travail est consigné en 4 chapitres :

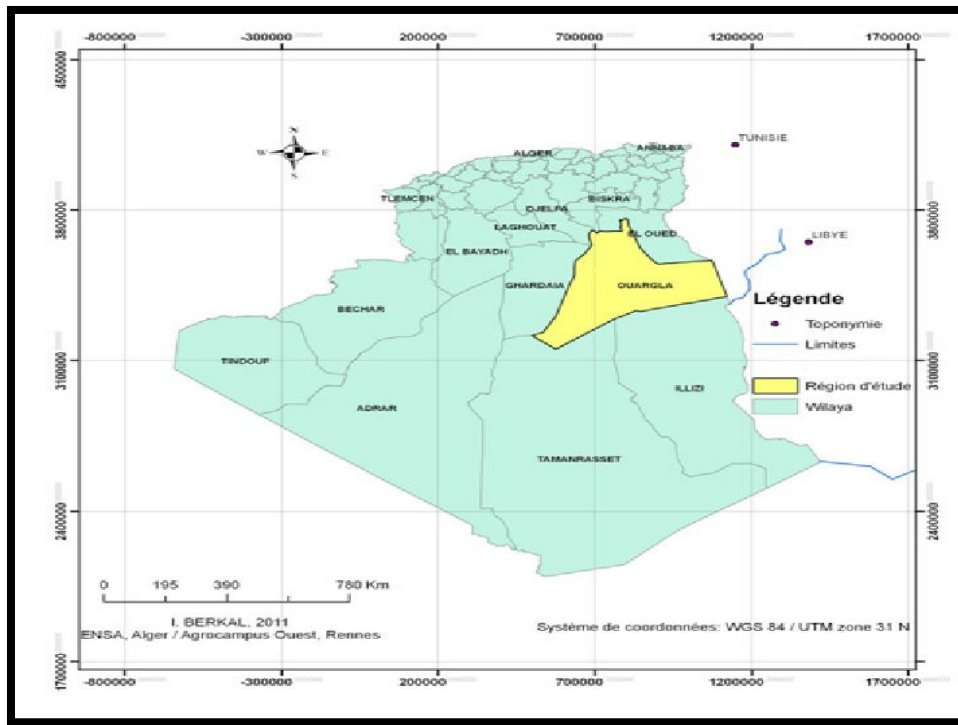
1. Le premier chapitre est une partie introductive qui décrit d'une manière globale le cadre physique de la zone d'étude
2. Le deuxième chapitre : consacré à déterminer le phénomène du changement climatique d'une manière générale et son influence sur le globe terrestre et la vie humaine, ainsi son influence sur les ressources d'eau.
3. Le troisième chapitre consiste à la récolte des données climatiques de la zone d'étude l'analyse et l'interprétation des données.
4. Le quatrième chapitre est une conclusion générale sur l'évolution du climat dans la région d'Ouargla.

# ***CHAPITRE I:***

## ***Contexte général***

**1-Situation géographique :**

La Wilaya de Ouargla est située au sud-est du pays et distante de 850 km de la capitale Alger .La ville de Ouargla chef-lieu de la wilaya est située dans une cuvette qui s'étend sur une superficie de 99000 Hectares avec une longueur de 45 Kmdans la direction Sud-ouest, Nord-est, et une largeur de 2 à 5 Km. Elle située aux coordonnées 32° de l'altitude Nord et 5° 20' de longitude Ouest



**Fig1-** situation géographique-

Elle est limitée au nord par les wilayas de Djelfa et d'El Oued ; au sud par les wilayas de d'Ilizi et Tamanrasset ;à l'ouest par la wilaya de Ghardaïa et à l'Est par la Tunisie (fig. 01)

**2-Climat :**

La wilaya de Ouargla est caractérisée par un climat saharien, avec une pluviométrie très réduite, des températures élevées, une forte évaporation et par une faiblesse de la vie biologique de l'écosystème. Les températures moyennes mensuelles enregistrées au mois le plus chaud (juillet) sont de 48° C à Touggourt et de 50° C à Hassi Messaoud. Alors que celles du mois le plus froid (janvier) sont de 10,8° C à Touggourt et de 9,7° C à Ouargla.

**3-Population :**

La population d'Ouargla, d'origine nomade s'est sédentarisée particulièrement depuis la découverte du pétrole dans la région, et la mise en oeuvre du programme dans l'ex-wilayas des oasis qui s'est traduit par la réalisation d'un programme d'habitat et d'équipement, mais son évolution est liée à la période d'indépendance au cours de laquelle ses effectives ont sensiblement évolué dans les différents recensements.

La population totale de la wilaya est estimée à 558 563 habitants, soit une densité de 3.4 habitants par Km<sup>2</sup>.

**4-Le relief :**

Le relief de la wilaya est un sous ensemble de composants géographiques dont les principaux sont les suivantes: - Le grand erg oriental: véritable mer de sable ou les dunes pouvant atteindre une hauteur de 200m, il s'étend sur environ les 2/3 du territoire de la wilaya. - La Hamada : qui est un plateau caillouteux, elle est située en grande partie à l'Ouest de la Wilaya, et au sud. - Les vallées: sont représentées par la vallée fossile d'Oued Mya et vallée de l'Oued Righ, assez prospères. - Les plaines: assez réduites, se rencontrent à la limite occidentale de la Wilaya, ces plaines s'étendent du Nord au Sud. - Les dépressions: sont quant à elles peu nombreuses.

**5-Hydrogéologie :**

Comme dans la plupart des oasis du Sahara, les seules ressources hydriques les plus sollicitées sont d'origines souterraines. Les formations géologiques de la région de

Ouargla contiennent deux grands ensembles de formations aquifères séparés par d'épaisses séries d'évaporites ou argileuses: de la base du crétacé supérieur, l'ensemble inférieur appelé le Continental Intercalaire (CI) ou "Albien", et l'ensemble supérieur appelé le Complexe Terminal (CT). Une troisième formation, d'importance plus modeste, s'ajoute aux deux précédents est la nappe phréatique d'âge quaternaire.

### **5-1 Nappe du Continental Intercalaire (Albien) :**

Le terme « Continental Intercalaire » désigne un épisode continental localisé entre deux cycles sédimentaires marins : Á la base, le cycle du Paléozoïque qui achève l'orogénèse hercynienne;] Au sommet, le cycle du Crétacé supérieur, résultat de la transgression cénomanienne. C'est un réservoir important constitué essentiellement par des grès et d'argiles d'âge Albien et Barrémien. La profondeur de cet aquifère varie entre 800 et 1700m, avec un débit de 120 l/s. Cette nappe se caractérise par des eaux chaudes avec un résidu sec oscillant entre 1,6 et 1,9 g/l. Actuellement, il existe dans l'ensemble de la cuvette, 02 forages en service (inventaire 2005). Ces forages, essentiellement utilisés pour l'irrigation, mais aussi pour couvrir les besoins domestiques des agglomérations, font ressortir un volume extrait de l'ordre de 7 Hm<sup>3</sup> /an.

### **5-2 Nappes du Complexe Terminal :**

Il existe en effet deux formations aquifères distinctes dans ce Complexe Terminal, la première est contenue dans les sables du Mio-Pliocène, tandis que la seconde se trouve dans le Sénonien supérieur. Sur toute l'étendue de la cuvette, le dernier inventaire a fait ressortir 356 forages, dont 224 en services (inventaire 2005), leur usage est réparti entre l'AEP et l'IRR, mobilisait un volume extrait de l'ordre de 157 Hm<sup>3</sup> /an.

#### **5-2-1 Nappe des sables du Mio-Pliocène (CT) :**

Fortement exploitée dans la région pour les besoins agricoles, cette nappe constituée de dépôts sableux à une profondeur variant entre 60 m (à Rouissat) et 200 m (à N'Goussa), est caractérisée par : (un débit qui s'échelonne entre 5 et 50 l/s et un résidu sec de 4 g/l).

**5-2-2 Nappe des calcaires Sénoniens (CT) :**

Formée par de calcaires poreux et fissurés, cette nappe destinée principalement pour l'alimentation en eau potable des agglomérations est caractérisée par une profondeur comprise entre 180 et 290 m (avec un résidu sec ne dépassant pas les 2,5 g/l). Leur débit d'exploitation s'échelonne entre 15 et 45 l/s.

**5-3 Nappe phréatique (Quaternaire) :**

Cette nappe contenue dans les alluvions de la vallée de l'oued M'ya, couvre pratiquement toute la cuvette de Ouargla, est caractérisée par une forte salinité (plus de 20 g/l), est géologiquement logée dans des niveaux quaternaires sableux.

Dans l'agglomération et dans les palmeraies, sa profondeur varie, en moyenne, entre 0,5 m et 1,5 m par rapport au niveau du sol. En bordure de la cuvette, on peut en revanche la rencontrer à des profondeurs plus importantes. Son alimentation est assurée principalement par infiltration des eaux usées urbaines de la cuvette de Ouargla et ses six municipalités (Ouargla, Rouisset, Aïn El-Beida, Sidi Khouiled, N'Goussa, Hassi Ben Abdallah) ainsi que des eaux de drainage des périmètres agricoles. La carte piézométrique établie à l'échelle de la cuvette (campagne 94), montre qu'il existe deux zones distinctes séparées par une ligne de partage des eaux au niveau du Hassi Miloud et Bour El Haïcha, ce qui se traduit par deux écoulements, l'un vers le Nord c'est-à-dire vers Sebkhet Safioune et l'autre vers l'Ouest (Sebkhet Bamendil).



***CHAPITRE II:***

***CHANGEMENT CLIMATIQUE***

## **II. 1. Définition du changement climatique**

Le climat est un phénomène global et complexe qui a un impact sur l'ensemble des formes de vie de la planète. Selon l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM), le climat est « la synthèse des conditions météorologiques d'une région donnée, caractérisée par les statistiques à long terme des variables de l'état de l'atmosphère ». Le climat inclut un certain nombre de variables (la température, les précipitations, les vents) et se décrit comme un système où l'ensemble de ses variables sont liées.

La variabilité climatique ou le changement climatique n'est pas un phénomène nouveau. La Terre a toujours connu sur des temps géologiques longs, des périodes successives de refroidissement et de réchauffement, mais aussi des variations plus légères sur des temps plus courts. Cette variabilité du climat s'explique par des facteurs internes au système ; climatique terrestre, notamment l'interaction entre l'atmosphère et l'océan, et des facteurs naturels comme l'activité volcaniques ou encore l'activité solaire.

## **II. 2. Historique du changement climatique :**

-4.6 Milliards d'années la terre a été une véritable fournaise même après la formation des océans l'atmosphère a été pleine de CO<sub>2</sub> de méthane et d'autres gaz à effet de serre qui protège la planète de l'univers glaciale

-2.2 Milliards d'années l'oxygène (O<sub>2</sub>) arrive dans l'atmosphère et entraîne la première glaciation grâce à certains organismes vivants de toutes petites bactéries qui sont développées dans les océans et libèrent l'O<sub>2</sub> dans l'eau puis dans l'atmosphère en quantité de plus en plus grande ce qui va permettre de réduire l'effet de serre à la surface de la terre et causé un important refroidissement cela permettre aussi à la vie de se répondre.

-700 Millions d'années la terre est complètement prise par la glace, on estime que la température moyenne a été de -25°C avec des piques jusqu'à 110 °C.

-200 Millions d'années la température va rester 4°C au-dessus de celle que nous connaissons aujourd'hui, elle augmente en plus après la disparition des dinosaures.

-34 Millions d'années l'air glaciaire dans laquelle nous vivons aujourd'hui a commencé à cette époque, les continents se transforment les chaînes de montagnes se forment, des passages marins se ferment tandis que d'autres s'ouvrent cela modifiait la circulation des courants dans les océans et dans l'atmosphère, l'ouverture du passage Drake entre le Sud de l'Amérique et l'Atlantique isole le courant qui entoure l'Atlantique et le continent reçoit moins de chaleur, cette

épisode associé à une baisse de la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère favorise l'englacement de l'Antarctique ceci permet à l'installation de la calotte glaciaire

-20000 ans une fois que le Groenland s'est installé le climat de la terre change, le climat alterne entre des périodes plus froides et des périodes plus chaudes cequ' on appelle des périodes glaciaires et interglaciaires.

La dernière période glaciaire a commencé il ya 115000 ans , mais il ya 20000 ans les calottes glaciaires ont atteint leur maximum d'extension la température globale est en moyenne plus forte 4°C par rapport à aujourd'hui, une bonne partie d'Europe est recouverte par un immense glacier et comme il ya d'avantage d'eau sous forme de glace et moins sous forme liquide le niveau des océans est de 120 mètres plus bas qu'aujourd'hui résultat la Manche et le détroit de Bering n'existent pas, cette période glaciaire est terminée il ya 11000 ans.

-11000 ans on entre a la période interglaciaire actuelle et qui pourrait durée 40000 ans

## ***II. 3. Les causes de changement climatiques***

### ***II. 3. 1. Paramètres orbitaux de la Terre***

Du fait de l'attraction de la lune et des planètes, la révolution de la Terre autour du soleil n'est pas parfaitement périodique. Ces variations climatiques cycliques sont fonctions de trois paramètres orbitaux :

#### ***II. 3. 1. 1. Obliquité de la terre***

On sait que la terre tourne sur elle-même autour d' un axe incliné figure, cette inclinaison est d'ailleurs responsable des saisons quand les rayons sont plus concentrés dans l'hémisphère nord que l'hémisphère sud donc c'est l'été dans l'hémisphère nord et l'hiver l'hémisphère sud , 6 mois plus tard c'est l'inverse les rayons de soleil sont plus concentrés dans l'hémisphère sud ou c'est l'été que l'hémisphère nord ou c'est l'hiver seulement l'inclinaison varie cycliquement tous les 41000 ans actuellement elle est de 21.90 mais depuis 1 millions d'années elle a varié entre 21.90 et 24.50 , plus l'axe est incliné plus les saisons sont contrasté et inversement. (fig.02)

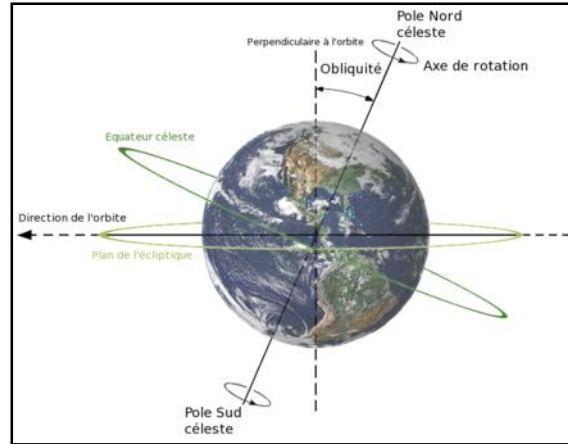
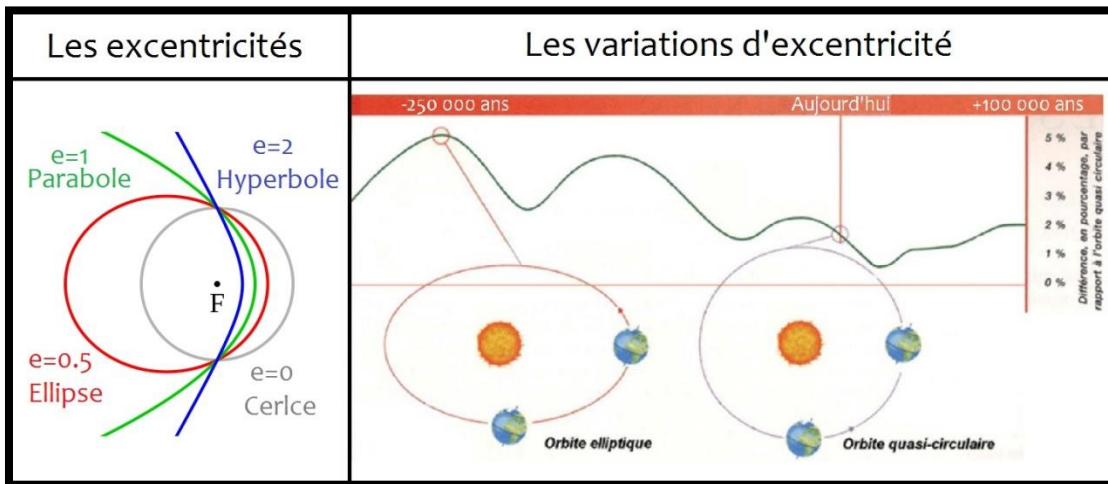


Fig.2: Obliquité de la terre

[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/86/Obliquite\\_plan\\_ecliptique.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/86/Obliquite_plan_ecliptique.png)

**II. 3. 1. 2. Excentricité de la terre**

La terre tourne autour du soleil en 365 jours , seulement la trajectoire qu'elle empreinte aussi tous les 100 000 ans entre un cercle presque parfait et une ellipse, en fonction de ces variations la terre est plus au moins proche du soleil , elle recoit donc plus au moins du chaleur.(figure3)



.fig 3-Excentricité de la terre (www.jeretiens.net)

**II. 3. 1. 3. Précession des équinoxes**

En plus de tourner sur elle-même, la terre tourne à la façon d'une toupille, la direction de l'axe de toupille varie et décrit un cercle est bien c'est pareille pour la terre , l'axe de rotation terrestre décrit un cercle en 23 000 ans , à cause de cette précession les saisons ne se passe en

même endroit sur l'orbite, il y a 11 000 ans l'été dans l'hémisphère nord se produisait quand la terre a été très proche du soleil, c'est donc des étés très chauds, avec la précession il se passe quand la terre est plus loin du soleil, les étés dans l'hémisphère nord aujourd'hui sont plus frais il y a 11 000 ans. (Fig.04)

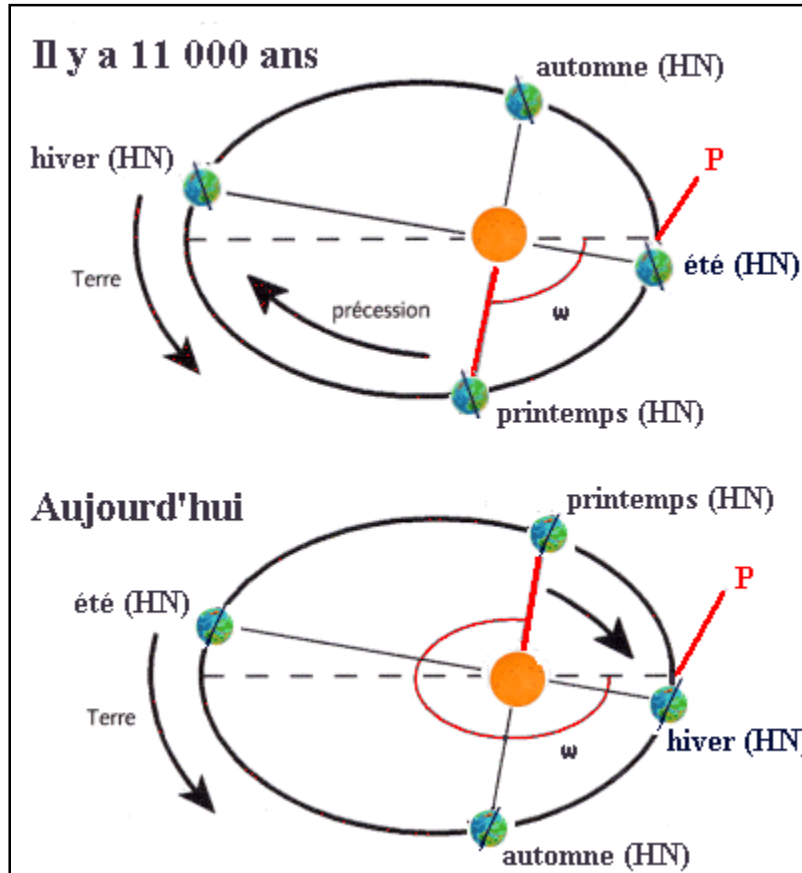


fig 4 – précession des équinoxes (www.craies.crihan.fr)

**II. 3. 2. La Tectonique des plaques**

L'influence de ce phénomène sur le climat se passe sur des périodes géologiques très lentes (plusieurs millions d'années), la position des continents sur notre planète joue un rôle dans la teneur en dioxyde de carbone dans l'atmosphère.

La terre est recouverte des plaques tectoniques qui bougent, donc les continents n'ont pas occupé la place qu'ils occupent aujourd'hui, il y a 1 milliard d'années ils ont été tous regroupés dans un seul continent s'appelant la Rhodinia.

A partir de 800 millions d'années ce continent se disloque mais tous les morceaux restent regroupés dans la zone intertropicale (zone pluvieuse)

Le CO<sub>2</sub> de l'atmosphère se dissout naturellement dans les gouttes d'eau contenues dans les nuages, il y' aura une précipitation, le CO<sub>2</sub> altere les roches et continue son chemin jusqu'à sa précipitation dans les fonds marins à travers des milliers d'années, donc la diminution de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère entraîne une baisse de température.

Il ya 700 millions d'années à cause de la position tropicale des continents l'altération des roches est intense la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère s'effondre et qui diminue l'effet de serre, c'est le début de la plus grande glaciation que la terre a jamais connue, la glace envahit l'ensemble de la terre.

Jusqu'à environ – 50 millions années la terre est plutôt chaude sans un véritable relief montagneux la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère est au moins 3 fois supérieure à ce qu'elle est actuellement, l'effet de serre est intense pas de glace à l'horizon, l'Inde en percutant le continent Asiatique elle a créé une immense chaîne de montagne l'Himalaya.

L'Himalaya et le plateau Tibétain forment un véritable barrière au fond, les masses d'air chaudes et humides qui remontent des tropiques butent sur ces flancs prennent de l'altitude condensent puis tombent sous forme de pluie.

Le relief accidenté et les glissements des terrains favorisent l'altération des roches qui peut piéger le CO<sub>2</sub> atmosphérique.

Selon cette théorie l'Himalaya et la cordillère des Andes qui se forment au même temps aurait contribué au refroidissement du climat ce qui permet l'installation des calottes au pôle sud puis au pôle nord.

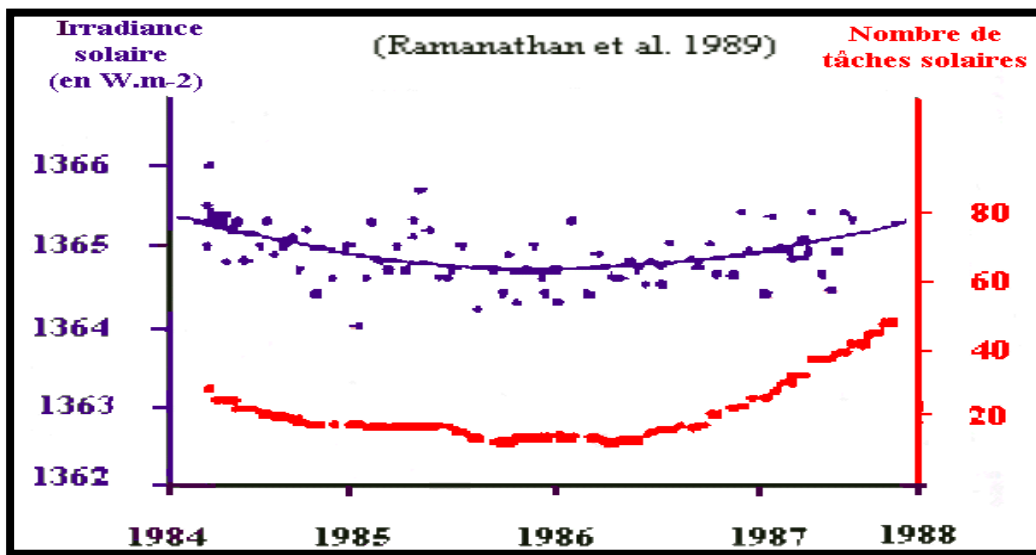
### ***II. 3. 3. Variations de l'activité solaire***

Pendant de nombreuses années, l'énergie rayonnée par le Soleil était supposée invariable. D'où l'utilisation du terme de "constance solaire". En fait les astrophysiciens savent par l'observation de nombreuses étoiles que cette énergie a variée au cours du temps. Il y a quatre milliards d'années, la luminosité du Soleil n'était que 80% de celle d'aujourd'hui et elle a augmenté très lentement jusqu'à atteindre sa valeur actuelle.

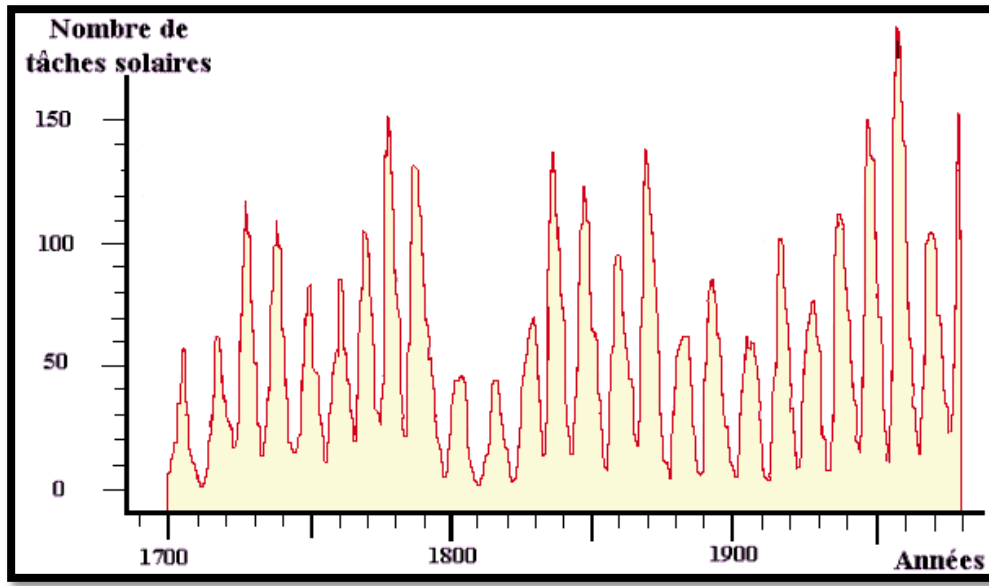
Par ailleurs, les mesures récentes faites à partir de radiomètres embarqués sur des satellites ont montré que la "constante solaire" fluctue parallèlement au nombre de taches solaires

(cf. graphique ci-dessous). Connues depuis le XVIIe siècle, celles-ci sont des zones sombres visibles à la surface du Soleil, caractérisées par des températures plus froides et de très forts champs magnétiques. Les changements de régime périodiques de la dynamo solaire s'accompagnent d'une variation du nombre et de l'étendue des taches solaires.

La principale périodicité de ces fluctuations est de onze ans et se caractérise par une variation de l'éclairement total d'environ 0,1%. Celui-ci augmente avec le nombre de taches car alors les zones libres de taches sont plus brillantes et rayonnent davantage. Par cette méthode, on a pu reconstituer les variations de l'activité solaire sur quatre siècles à partir des observations réalisées depuis l'invention de la lunette astronomique.



**Fig. 05:** Relation entre la constance solaire de 1984 à 1988 et le nombre de taches solaires



**Fig.06** : Cette courbe indique les variations du nombre annuel de taches solaires de 1700 à nos jours. Les minimums témoignent d'un cycle solaire de 80 ans. (D'après P.E Darmon et J.L. Jirikowic, 1992)

### ***II. 3. 3. 1. L'impact des variations de l'activité solaire sur le climat***

Pour le dernier millénaire, il semble que les fluctuations solaires soient à l'origine de changements climatiques importants tels l'optimum médiéval (période plus chaude centrée sur le XIIe siècle) ou le petit âge glaciaire (période de froid qui a touché l'Europe entre environ 1550 et 1850).

Deux périodes de quasi absence de taches solaires (minimum de Spörer de 1400 à 1510 et minimum de Maunder de 1645 à 1715) seraient ainsi associées au petit âge glaciaire.

L'optimum médiéval et le réchauffement récent correspondent par ailleurs à deux minimums du radiocarbone tandis que la période du petit âge glaciaire coïncide avec un maximum. Les minima prolongés d'activité solaire semblent correspondre à des périodes d'avances glaciaires et de refroidissement climatique.

Cependant si les relations entre carbone 14 atmosphérique résiduel et activité solaire ne sont pas mis en cause, si l'influence des variations de l'activité solaire sur le climat ne fait plus guère de doute aujourd'hui, l'ampleur de cette influence reste l'objet de vives controverses.

### ***II. 3. 4. L'effet de serre et ses séquences***

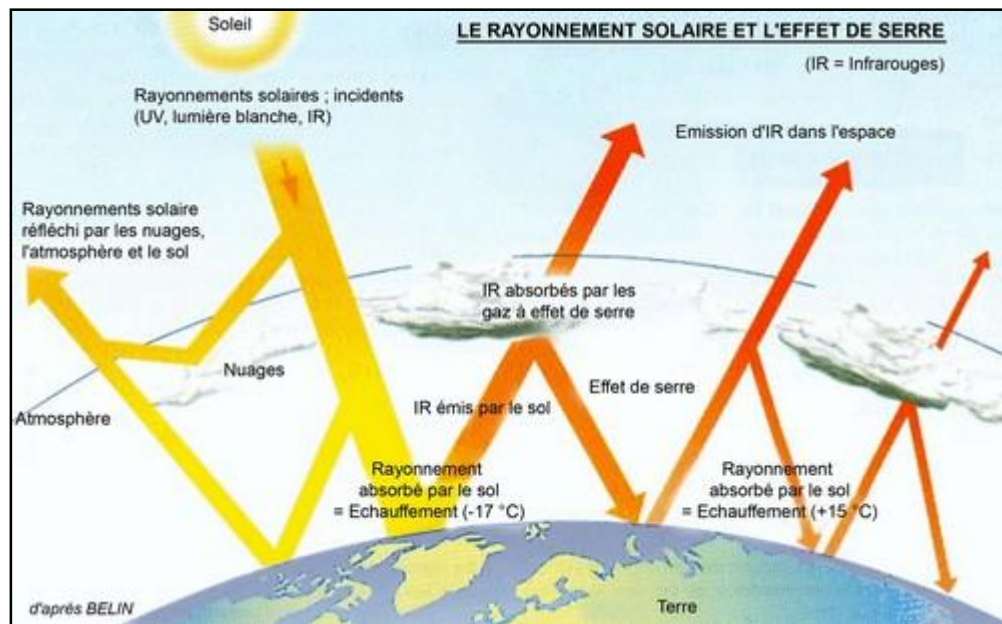
Le phénomène de l'effet de serre rappelle celui de la serre du jardinier: l'atmosphère terrestre laisse passer la lumière du soleil mais emprisonne la chaleur. Il y a deux phénomènes :



-les rayons ultraviolets du soleil se jettent sur le sol terrestre et la terre en renvoie une partie de cette énergie vers le ciel.

- Or, une couche de vapeur d'eau et de gaz empêche une partie de cette chaleur de repartir dans l'espace, d'où réchauffement de la planète. Parmi les gaz concernés, la vapeur d'eau, le dioxyde de carbone et d'autres gaz à effet de serre présents dans l'atmosphère.

Une grande partie de l'effet de serre nous est nécessaire pour garder la terre à une température vivable: si cet effet de serre n'était pas créé, la température moyenne du globe serait de  $-18^{\circ}\text{C}$  alors qu'elle est aujourd'hui de  $+15^{\circ}\text{C}$ .



**Fig.07-**Le rayonnement solaire et l'effet de serre

Les principaux gaz à effet de serre sont :

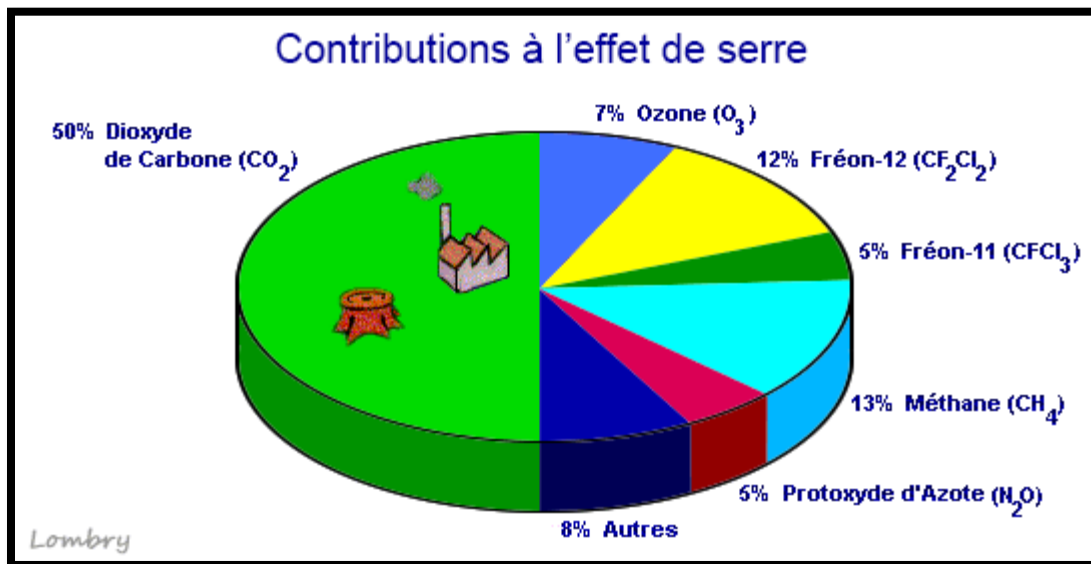
- Le  $\text{CO}_2$  qui est généré par la combustion des combustibles fossiles (charbon, pétrole et ses dérivés, gaz) par certains procédés industriels, la déforestation.

Les secteurs émetteurs sont les transports, les bâtiments et la consommation des ménages, la production d'énergie et l'industrie.

- Le méthane  $\text{CH}_4$  émis par l'élevage des bovins, les déjections animales et les cultures agricoles (riz), par la mise en décharges des déchets organiques. Son pouvoir sur l'effet de serre est de 21 fois celui du  $\text{CO}_2$ .

- Le protoxyde d'azote ou N<sub>2</sub>O est le résultat de pratiques agricoles intensives (engrais,déjections) et peut être émis à l'occasion de procédés industriels, principalement dans les industries chimiques qui fabriquent les engrais. Son pouvoir sur l'effet de serre est de 310 fois celui du CO<sub>2</sub>.

- Les gaz fluorés (HFC, PFC et SF<sub>6</sub>) sont utilisés dans la réfrigération et l'air conditionné, dans les mousses isolantes et les aérosols, l'industrie des semi-conducteurs et les appareils de transport d'électricité. Leur pouvoir de réchauffement va de 1300 fois à 23 000 fois celui du CO<sub>2</sub>.



-Fig 8-Contribution des différents gaz à l'effet de serre en 2000.

L'augmentation de l'effet de serre due à l'activité humaine est constatée et incontestable. Il est constaté que, depuis la mi-19<sup>ème</sup> siècle, la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère a augmenté de 30 %, alors que la température moyenne du globe a, elle, augmenté de 0,6 % durant cette période.

Depuis le début du 20<sup>ème</sup> siècle, les courbes montrent que d'autres causes de réchauffement de la planète existent: irrptions volcaniques et radiations solaires. Mais leur impact est très largement inférieur à celui des concentrations de gaz à effet de serre d'origine humaine.

**II. 3. 4. 1. Impacts principaux**

- les glaciers et les calottes glaciaires continueront de fondre et risquent, pour certains de disparaître. L'eau de la fonte des glaciers alimente largement les réserves d'eau douce en surface et sous terre de nombreuses régions où elle est notamment un élément central de la vie de la faune, des systèmes d'irrigation et des réserves d'eau potable pour les populations.

Ainsi, les glaciers himalayens fondent à un rythme accéléré et on craint leur disparition si les températures continuent d'augmenter et les précipitations de diminuer dans cette région du monde; plus de deux milliards d'hommes dépendent directement des sept grands fleuves asiatiques alimentés par les glaciers himalayens, et risquent à terme de manquer d'eau.

- la diminution des ressources en eau va très sensiblement frapper un certain nombre de régions : en effet, fort niveau de précipitation dans les hautes latitudes, niveau réduit de précipitation dans les latitudes moyennes et basses, les ressources en eau diminueront dans les régions sèches des latitudes moyennes et tropicales. Vont ainsi souffrir l'Ouest des USA, l'Afrique Australe, le Nord Est du Brésil. Les sécheresses, les terres incultivables entraînent des migrations. Peut-être des conflits régionaux.

-les conséquences sanitaires: baisse de la mortalité due au froid dans les hautes latitudes, mais risque accru de mortalité due à la chaleur dans les autres zones, surtout risque accru de pénurie d'aliments et d'eau et de malnutrition, de maladies d'origine hydrique et alimentaire, effets sanitaires liés à la migration. Une extension des zones de propagation de certaines maladies à vecteurs, comme le paludisme ou la dengue dans des régions préservées est à craindre.

-l'élévation du niveau de la mer va faire souffrir les basses terres littorales, en Afrique, les petites îles ou des pays comme le Bangladesh, ce qui laisse promettre un très grand nombre de migrations ; les grands deltas côtiers asiatiques et Africains vont être touchés par l'élévation du niveau de la mer; en effet, au Bangladesh c'est 12 % du territoire qui est menacé par cette élévation du niveau de la mer. Il faut ajouter les ondes de tempêtes, et les inondations fluviales comme facteur de risque naturel et cause de migration.

Pour les petites îles, l'élévation du niveau de la mer devrait intensifier les inondations, les ondes de tempête, l'érosion et d'autres phénomènes côtiers dangereux, menaçant l'infrastructure, les établissements humains et les installations vitales pour les populations insulaires.

### ***II. 3. 4. 2. Impact d'effet de serre sur le climat***

Si l'effet de serre est un phénomène naturel connu et décrit depuis près de deux siècles, le changement climatique est reconnu depuis moins de quarante ans.

Le réchauffement climatique est principalement le résultat du forçage du phénomène de l'effet de serre. En effet, les activités humaines (anthropiques) ont contribué à émettre un grand nombre de gaz à effet de serre, augmentant ainsi leur concentration dans l'atmosphère. Par conséquent, l'atmosphère capture encore plus de chaleur, ce qui réchauffe la surface terrestre. Un groupe d'experts internationaux s'est constitué à la fin des années 1980 pour suivre les évolutions des changements climatiques : c'est le GIEC. Leurs travaux ont pu montrer que la température au niveau planétaire avait augmenté d'environ +1°C depuis la fin du XIXe siècle et qu'elle risquait de s'accroître d'environ +4 et +6°C au cours du XXIe siècle si rien n'était fait. Or, un tel réchauffement mettrait en péril notre civilisation et les écosystèmes qui nous entourent

## **II.4. Impact du changement climatique**

### ***II. 4. 1. Précipitations et vapeurs d'eau***

Les précipitations sur les terres émergées ont légèrement augmenté au cours du XXème siècle au niveau global. Cette moyenne cache des disparités importantes au niveau régional. C'est au Sahel et en Afrique de l'Ouest que la tendance à la baisse des précipitations est la plus forte, tandis que la région amazonienne bénéficie de précipitations plus importantes tout comme la Russie ou encore le Canada. On constate également des augmentations généralisées des épisodes de fortes précipitations même dans les zones où les précipitations annuelles moyennes diminuent.

### ***II. 4. 2. Neige et glace terrestre***

La cryosphère<sup>16</sup> stocke environ 75% de l'eau douce terrestre et 1/6ème de la population mondiale vit dans des bassins alimentés par les glaciers ou la fonte des neiges. Les études sur la cryosphère montrent une baisse globale de stockage de la glace en son sein. La majorité des glaciers ont connu une perte importante de leur masse et une hausse de leur fonte. Cette fonte a participé à l'élévation générale du niveau de la mer ainsi qu'à la formation de lacs glaciaires qui accroissent les risques de crues soudaines. L'accélération de la fonte des neiges et glaciers conduit à l'augmentation des débits des cours d'eau. Cependant, sur une échelle de temps plus longue, on s'attend à une diminution du ruissellement car les glaciers stockeront une quantité d'eau moindre en hiver.

**II. 4. 3. Niveau de la mer :**

Le niveau moyen de la mer est en croissance depuis le XIX<sup>ème</sup> siècle, la rapidité d'augmentation de ce niveau est également en croissance sans que les scientifiques soient en mesure d'attribuer l'augmentation de cette vitesse à des variations naturelles ou à une tendance de long terme. Toutefois, l'augmentation du niveau de la mer semble être corrélée à la vitesse de fonte des glaciers.

**II. 4. 4. Ruissellement et débit fluvial**

Le ruissellement semble augmenter dans les hautes latitudes et aux Etats-Unis, tandis qu'il baisse sur le pourtour du bassin méditerranéen et en Afrique de l'Ouest par exemple. La périodicité de l'écoulement fluvial dans de nombreuses régions où les précipitations hivernales tombent sous forme de neige s'est considérablement modifiée. Ainsi, les précipitations hivernales tombent davantage sous forme de pluie que de neige et la saison de fonte des neiges commence plus tôt.

**II. 4. 5. Désertification**

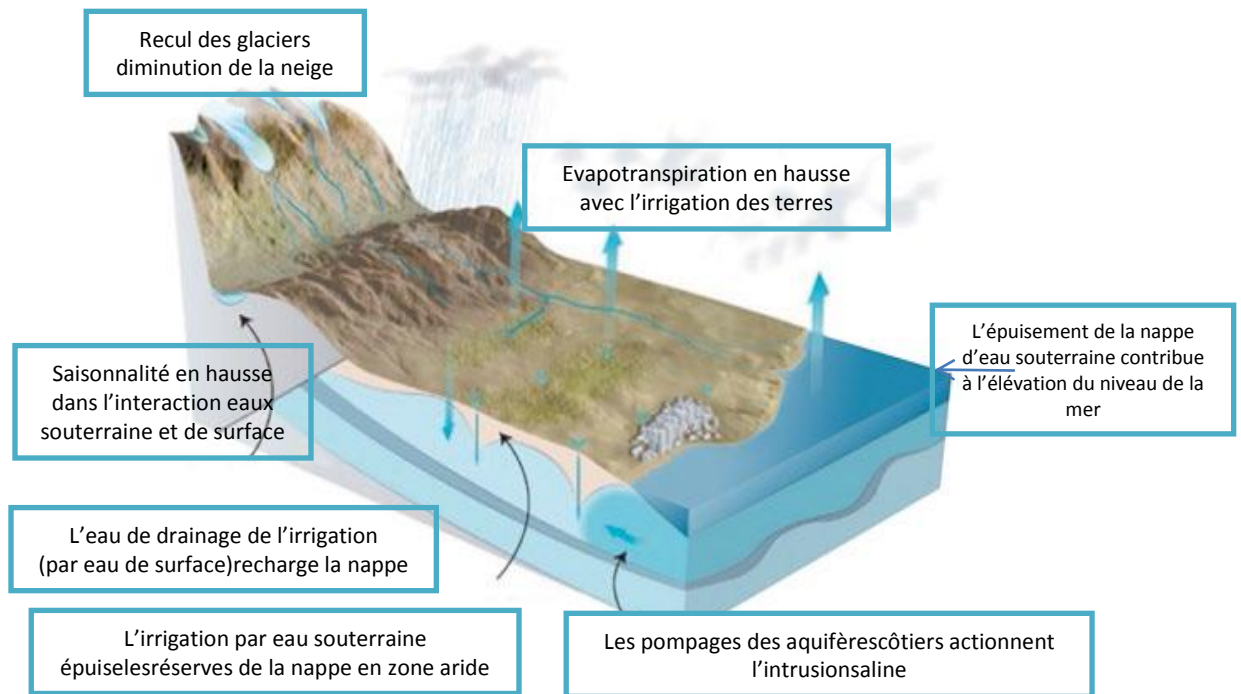
La désertification est l'une des conséquences majeures du changement climatique, elle se définit comme la dégradation des terres dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches du fait de divers facteurs : changement climatique, activité humaine. La lutte contre la désertification fait l'objet d'une Convention des Nations Unies spécifique, la Convention des Nations Unies sur la Lutte contre la Désertification (CLD) créée en 1994 à la suite de la Convention de Rio de 1992. L'évolution des précipitations liées au changement climatique a des conséquences pour la désertification. En effet, le manque de précipitations dans certaines régions va conduire à l'assèchement des sols. Les propriétés des sols vont également être impactées par le changement des températures, avec des conséquences graves sur l'agriculture dans ces régions.

**II. 5. Impacts du changement climatique sur les eaux souterraines**

L'eau souterraine sera moins directement et plus lentement touchée par le changement climatique que les eaux de surface. C'est parce que les rivières se reconstituent sur une échelle de temps plus courte, et la sécheresse et les inondations se retrouvent rapidement dans les niveaux d'eau de la rivière. L'eau souterraine, par contre, sera affectée plus lentement.

Les principaux domaines où le changement climatique affecte l'eau souterraine est par la recharge, la décharge et le stockage. En volume l'utilisation des eaux souterraines par l'irrigation est beaucoup plus importante; les impacts dans le futur de la variabilité climatique, ainsi que du changement affectant l'eau souterraine peuvent être amplifiés par des effets indirects sur la demande en eau de l'irrigation (Taylor et al., 2013).

Cependant l'usage domestique des eaux souterraines est l'usage le plus répandu, couvrant plus de 2 milliards de personnes. Bien que l'eau souterraine soit généralement considérée comme une ressource «résistante à la sécheresse», la plupart des aquifères peu profonds qui alimentent les populations rurales sont vulnérables aux sécheresses annuelles ou plus longues. Ce sont les aquifères profonds et captifs qui peuvent présenter des tendances de baisse, après des sécheresses prolongées (BGR, 2008).



**Fig 9:** Représentation conceptuelle des interactions clés entre les eaux souterraines et le Climat (source: Taylor et al. 2013)

La recharge des eaux souterraines par les précipitations, la croissance de l'irrigation pour répondre à la sécurité alimentaire et le pompage des eaux souterraines sont liés entre eux à travers l'impact résultant du changement climatique (Fig. 9).

**II. 5. 1. Recharge des nappes souterraines**

L'eau souterraine constitue la principale source d'eau à travers l'Afrique, à la fois dans les zones rurales et urbaines. Dans les grandes régions métropolitaines en Afrique, l'eau de surface joue un rôle de premier plan. La recharge des nappes souterraines peut se produire localement, des plans d'eau de surface ou de la précipitation sous forme diffuse, à travers la zone non saturée du sol. La recharge n'est pas seulement influencée par l'ampleur des précipitations, mais aussi par son intensité, la saisonnalité, la fréquence et les changements dans l'occupation des sols.

L'alimentation naturelle des eaux souterraines se produit à la fois par la recharge pluviale diffuse et la recharge ciblée via l'infiltration d'eau de surface (c'est à dire: cours d'eau, zones humides ou les lacs); elle dépend fortement du climat qui prévaut, ainsi que de la couverture du sol et de la géologie sous-jacente. La couverture climatique et des sols déterminent en grande partie les précipitations et l'évapotranspiration, alors que le sol sous-jacent et la géologie déterminent si un surplus d'eau (précipitations moins évapotranspiration) peut être transféré et stocké dans le sous-sol (Taylor et al.,2013).

Cette eau peut atteindre l'aquifère rapidement, à travers les fractures, ou plus lentement par infiltration à travers des micropores dans les sols reposant sur l'aquifère.

Une modification de la quantité de pluie efficace va changer la recharge dans les eaux souterraines.

Le réchauffement de la planète dû à l'augmentation de température est important dans le contrôle directement l'évapotranspiration et donc la partie des précipitations qui peut s'écouler à travers le profil du sol vers les aquifères. D'autres facteurs qui influent sur la recharge des nappes comprennent la couverture des sols, les sols, la géologie, la pente et le type d'aquifère.

L'augmentation de la variabilité des précipitations peut diminuer la recharge des nappes dans les zones humides parce que de fortes et plus fréquentes pluies font que la capacité d'infiltration du sol est dépassée; ce qui augmente le ruissellement et donc les inondations. Dans les zones semi-arides et arides, cependant, l'augmentation de la variabilité des précipitations peut augmenter la recharge des nappes, parce que seuls les pluies de forte intensité sont capables de s'infiltrer assez vite avant de s'évaporer, et les aquifères alluviaux sont rechargés principalement par les inondations lors des crues (BGR, 2008).

La recharge est très importante dans la régulation du volume d'eau souterraine. La réduction de la recharge entrainera la baisse du volume des eaux souterraines renouvelables.



**II. 5. 2. Quantité d'eau sortant**

La variation climatique extrême a un contrôle sur le bilan hydrologique par la réduction ou l'augmentation de composants d'entrée et de sortie. Les composants sortants incluent l'évapotranspiration, le ruissellement, la décharge des eaux souterraines dans les ruisseaux et sources, et l'eau souterraine pompée à partir des forages.

L'impact du changement climatique sur la décharge des eaux souterraines est en relation avec la baisse du niveau de la nappe, qui est lié au débit de base des rivières et des sources. L'impact peut être plus facilement observé par des changements dans les écosystèmes tributaires des eaux souterraines. Une autre cause de diminution de la décharge est le pompage excessif des eaux souterraines renouvelables, qui peut être pratiqué pour faire face à la pénurie d'eau en raison du changement climatique.

Le pompage accru abaisse la nappe phréatique, et réduit ainsi la décharge vers le débit de base.

Le sur-pompage de l'eau souterraine est un impact indirect du changement climatique et constitue un mécanisme de décharge des eaux souterraines aussi. Les hausses prévues de la variabilité des précipitations sont susceptibles d'entraîner des sécheresses plus intenses et des inondations, qui affectent la fiabilité de l'approvisionnement en eau de surface. La demande humaine pour les eaux souterraines est donc susceptible d'augmenter pour compenser cette baisse de la disponibilité des eaux de surface et, le cas échéant, l'eau souterraine va devenir un outil essentiel pour les communautés afin de s'adapter au changement climatique.

**II. 5. 3. Réserve d'eau souterraine**

La réserve de la nappe d'eau souterraine est le bilan entre les entrées et les sorties sur une période de temps donnée. Les aquifères fournissent de l'eau qui a été rechargée au fil des siècles et des millénaires. Le stockage est contrôlé par les propriétés intrinsèques de l'aquifère tels que le coefficient d'emmagasinement, la transmissibilité et la géométrie de l'aquifère. Les aquifères d'envergure régionale reçoivent la recharge à partir de vastes zones du bassin et donc ne réagissent pas à la variabilité climatique à court terme, alors que les aquifères libres peu profonds sont plus sensibles à la variabilité à petite échelle du climat. L'impact du changement climatique sur la réserve dépend de si oui ou non l'eau souterraine est une ressource renouvelable ou non renouvelable (fossile). Même s'il n'y a pas d'impact direct du changement climatique sur les eaux souterraines fossiles, l'impact serait d'encourager la surexploitation de l'eau fossile au cours de la période de stress. Le déficit de recharge, en raison du changement climatique, conduit à la réduction de la réserve renouvelable.



**II. 5. 4. Qualité de l'eau :**

Dans de nombreuses zones, les aquifères sont une importante source d'approvisionnement en eau douce. Le maintien de la qualité de l'eau dans ces aquifères est essentielle pour les communautés. Dans les aquifères peu profonds, les températures de l'eau souterraine peuvent augmenter en raison de l'augmentation des températures de l'air. Dans les zones arides et semi-arides l'augmentation de l'évapotranspiration peut conduire à la salinisation des sols, ce qui aura une incidence sur la qualité de l'humidité du sol et le système des eaux souterraines associées. Dans les aquifères côtiers, l'élévation du niveau de la mer et les déferlements de tempête sont susceptibles de conduire à l'intrusion d'eau de mer et la salinisation des eaux souterraines en particulier dans les zones de surexploitation des ressources en eau souterraine.

Dans les régions où l'on prévoit que l'intensité des précipitations pourrait augmenter, les polluants (pesticides, matières organiques, métaux lourds, et les latrines à fosse) seront de plus en plus entraînés dans les masses d'eau, y compris les eaux souterraines. En outre, la recharge provenant des plans d'eau de surface polluée va encore compromettre la qualité des eaux souterraines.

L'impact du changement climatique sur les paramètres de sortie ne peut pas être le même. En raison de l'augmentation de la température, l'évapotranspiration augmentera, mais il n'ya pas de garantie d'une hausse des précipitations. Si les précipitations diminuent, le ruissellement diminue, et en plus la recharge des nappes souterraines diminue aussi, conduisant ainsi à une baisse du débit de base provenant des eaux souterraines vers les cours d'eau et les sources.

Pour l'évapotranspiration, les impacts directs du changement climatique comprennent :

-Les changements dans l'utilisation des eaux souterraines par la végétation dues à la hausse de température et des concentrations de CO<sub>2</sub>.

-Les changements dans la disponibilité de l'eau à s'évaporer ou transpirer, principalement en raison de changements dans le régime des précipitations. L'augmentation de la durée et de la fréquence des sécheresses est susceptible d'entraîner de plus grands déficits d'humidité du sol. Lorsque l'eau du sol est épuisée, la végétation ne peut plus compter sur l'eau souterraine pour sa survie (si l'eau souterraine est présente à proximité de la zone des racines). Pendant les périodes sèches, ceci peut conduire à une augmentation de l'évapotranspiration de l'eau souterraine. Les impacts indirects liés à l'occupation des sols, peuvent également affecter l'évapotranspiration de l'eau souterraine.

L'écoulement de l'eau souterraine vers des plans d'eau de surface, sera commandé par les niveaux de charge relative entre les eaux souterraines et les eaux de surface.

Si l'eau souterraine baisse en dessous des niveaux d'eau de surface, l'écoulement des eaux souterraines, comme débit de base ou débit de source ne peut plus se produire. De même, si l'eau de surface s'écoulait vers le système des nappes, par exemple à partir d'un cours d'eau, cette recharge peut cesser si les niveaux d'eau de surface diminuent au-dessous des niveaux des eaux souterraines locales. Dans les régions semi-arides et arides, la dépendance sur les eaux souterraines pour maintenir le débit de base des cours d'eau permanents est susceptible d'être plus grande durant les périodes de sécheresse prolongée

Le sur-pompage de l'eau souterraine est un impact indirect du changement climatique et constitue un mécanisme de décharge des eaux souterraines aussi. Les hausses prévues de la variabilité des précipitations sont susceptibles d'entraîner des sécheresses plus intenses et des inondations, qui affectent la fiabilité de l'approvisionnement en eau de surface. La demande humaine pour les eaux souterraines est donc susceptible d'augmenter pour compenser cette baisse de la disponibilité des eaux de surface et, le cas échéant, l'eau souterraine va devenir un outil essentiel pour les communautés afin de s'adapter au changement climatique.

***CHAPITRE III :***  
***MATERIELS ET METHODES***

**Introduction**

L’objectif de notre étude est de savoir l’impact du changement climatique dans la région d’Ouargla

Les deux principaux paramètres qui nous permis à cette étude sont la température ainsi la précipitation, d’autres paramètres peuvent former des bons indices dans le cadre d’étude talque l’humidité, vitesse de vent ainsi l’évaporation.

Notre étude se fait en deux parties :

- récolter le maximum des données climatiques disponibles.
- Traitement et interprétation des variations des paramètres climatiques à travers le temps.

**III. 1. Paramètres climatiques**

**III. 1. 1. Température**

**III. 1. 1. 1. Températures moyennes mensuelles :**

Les tableaux ci-dessous présentent les températures moyennes mensuelles en 1/10 °C entre l’année 1901 jusqu’à l’année 1938 et depuis l’année 1991 jusqu’a l’année 2017.

**Tab. 01:** températures moyennes (1901-1910)

mois/année	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910
<b>JANVIER</b>	51	46.1	75.3	76.8	39.9	64.8	52.1	64.4	41.4	45.5
<b>FEVRIER</b>	102	96.2	55.9	87.5	38.4	71	70.3	66.7	59.7	43.6
<b>MARS</b>	103	107.6	106.2	107.6	118.5	121.9	98.8	107.3	129.5	58.1
<b>AVRIL</b>	152	172.8	146.5	154.8	180.9	166.6	148.7	133.6	144.4	179.4
<b>MAI</b>	182	169.8	209.1	229.6	205.8	194.3	202.6	225.1	209	207.2
<b>JUN</b>	251	259.7	258.1	266.7	270.6	239.2	261.6	242.2	251.7	275.1
<b>JUILLET</b>	282	299.5	296.6	274.2	300.7	291.9	287.3	288.3	250	309.9
<b>AOUT</b>	260.7	295	289	265.3	286.7	291	270.2	278.2	267.1	285.8
<b>SEPTEMBRE</b>	233	265.6	237.3	231.3	235.3	254	231.5	243.9	234.3	220.8
<b>OCTOBRE</b>	162	182.2	179.9	164.3	177	168.4	166.2	179.1	179.3	204.6
<b>NOVEMBRE</b>	118	124.9	120.6	90	122.4	140.2	127.5	120.6	103.7	132.1
<b>DECEMBRE</b>	66	78.1	94	70	61.5	89	85.8	73	45.6	83.7

**Tab. 02:** températures moyennes (1911-1921)

mois/année	1911	1912	1913	1914	1915	1916	1917	1919	1920	1921
<b>JANVIER</b>	39	61.1	80.9	65.6	65.1	51.3	67	46.3	58.1	40.1
<b>FEVRIER</b>	59.8	90.5	88.9	88.8		85.7	75.6		89	73.4
<b>MARS</b>	122.6	123.3	139	130.5	149.5	119.9	106.4		111.3	112.5
<b>AVRIL</b>	161.5	170.2	180.6	164.7	165.5	148.2	144.5		137.6	158
<b>MAI</b>	198.8	247.1	220.9	213.8	212.3	215.8	210	213.9	178.9	208.9
<b>JUIN</b>	277.1	265.2	281.4	263	264.6	273.8	246.1	254.4	254.7	243.9
<b>JUILLET</b>	293.6	314.6	287.2	287.5	284	302.6	312.3	273.1	283.5	301.9
<b>AOUT</b>	287.4	313.2	282.6	267.2	264.8	278	282.5	254	244	299
<b>SEPTEMBER</b>	225.8	222.1	259.3	238.9	288	238.1	234	214.9	220	227.2
<b>OCTOBRE</b>	191	176.5	198.5	180.9	180	175.5	165	174.5	170.8	172.4
<b>NOVEMBER</b>	119.8	124.2	118	128.1	120	96.1	90.2	119.3		137.5
<b>DECEMBER</b>	78.4	56.6	61.5	73.1	59.5	67.6	69.1	52.8	65.2	73.8

**Tab. 03:** températures moyennes (1922-1931)

mois/année	1922	1923	1924	1925	1927	1928	1929	1930	1931
<b>JANVIER</b>	66.3	47.4	55.2	36.6	44.5	89.5	48.1	70	61.8
<b>FEVRIER</b>	67.6		77.8		72.3	92.6	90.2	81.6	70.8
<b>MARS</b>	102.5	93.3	126.1		115.6	132.3	117.1	122.2	156.6
<b>AVRIL</b>	179.2	168.5	173.9	200	169.1	185	173.4	158.6	
<b>MAI</b>	213.8	210	236.2	209.4	241.2	220.6	219	219.3	211.6
<b>JUIN</b>	277.1	241.8	266	274.9	296.6	281	268.3	262	308.6
<b>JUILLET</b>	311	279.9	291.3	290	308.6	298.9	282.5	303.4	301.9
<b>AOUT</b>	291.5	279.5	289.5	282.8	296	301.3	268.7	259.4	298.8
<b>SEPTEMBRE</b>	259.3	221.6	269	253.2	236.5	252.7	246.3	230.6	244.2
<b>OCTOBRE</b>	194.9	178.6	189.8	166.8	166.4	194.3	160.3	223.3	185.3
<b>NOVEMBRE</b>	124.8	121.3	109.1	113.6	119.5	104	90.7	70.9	123.9
<b>DECEMBRE</b>	54.9	54.5	66.1	78.6	81.7	60	57	100	53.1

Tab. 04 : Températures moyennes (1931-1938)

mois/année	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1938
JANVIER	42.9	66	43	42.7	68.8		47
FEVRIER	63.1	75.7	50.8	68.3	101		56
MARS	106	109.1	94.7	105	107		78
AVRIL	154.1	162.7	154.1	150.3	178.8	163.5	136
MAI	230.7	219.2	203	200.7	201.3	198.9	192
JUIN	247.6	249.2	268.2	291.8	247.5	276.9	257
JUILLET			275	287.1	284	273.4	289
AOUT			280.3	286.8		276.1	293
SEPTEMBRE			235.2	235.1		242.8	250.7
OCTOBRE			161.6	184.4		174.1	190
NOVEMBRE			132.4	112		133.6	121
DECEMBRE			83.5	73.7		48	121

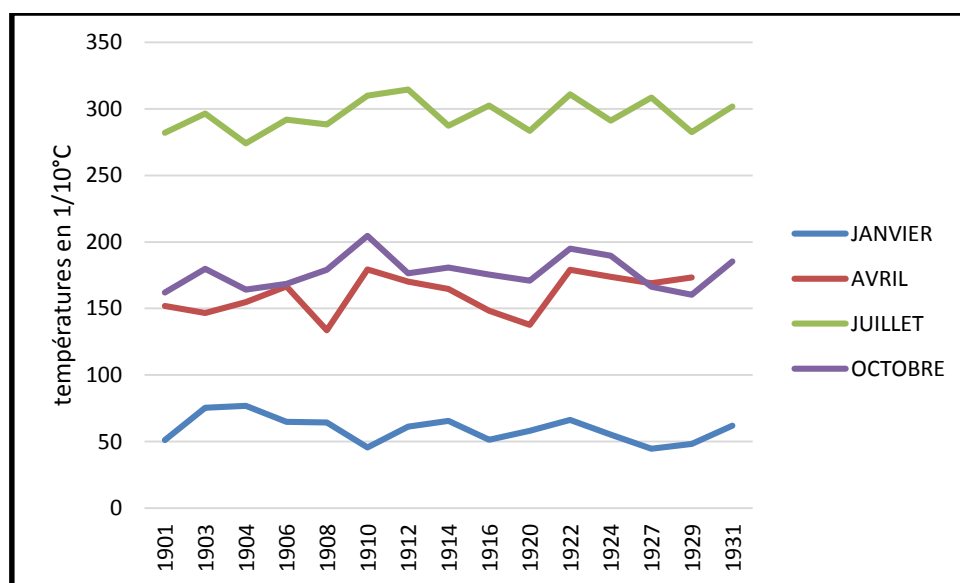


Fig. 10 : variation de T ° moyennes (1901-1931)

**Tab. 05:** Températures moyennes (1991-2000)

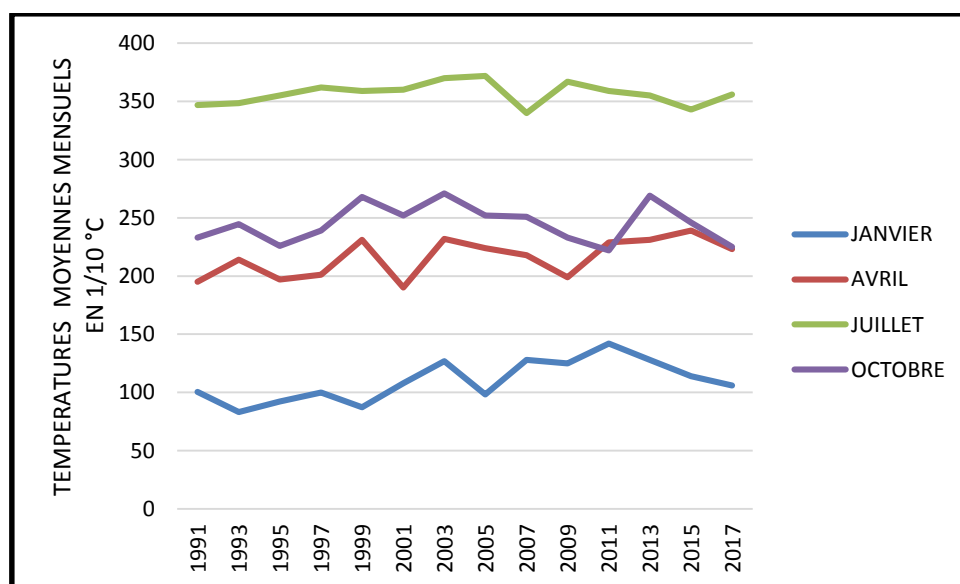
mois/année	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
<b>JANVIER</b>	100.5	93.5	83.2	107.8	92.2	103.9	99.8	96.2	87.3	85.3
<b>FEVRIER</b>	123	133	88.3	111.8	118.9	97.4	112.3	109.1	94.8	112
<b>MARS</b>	172.5	161	114.9	182	119	180.5	119.9	122.8	178.5	179
<b>AVRIL</b>	195	201.5	214	197	197	218	201	162.7	231	198
<b>MAI</b>	236	250.5	276	287	276.5	263.5	277	176.9	261	263
<b>JUIN</b>	306	291.5	347	325	268.5	296	349	161.1	351.5	293
<b>JUILLET</b>	347	321.5	348.5	352.7	355	337	362	348	359	310
<b>AOUT</b>	334	344.5	341.5	346.5	352	259	345	318	373	312
<b>SEPTEMBRE</b>	303.5	297	299	298	242	290	289.5	346.5	321	256
<b>OCTOBRE</b>	233	243.5	244.5	233.5	226	290.5	239	220	268	204
<b>NOVEMBRE</b>	151.5	130.5	171	177	170	121.5	178	118.9	162.5	156
<b>DECEMBRE</b>	104.5	123	94.3	94.2	102.9	110.4	103.3	88.6	87.8	127

**Tab. 06:** Températures moyennes (2001-2010)

mois/année	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
<b>JANVIER</b>	108	102	127	127	98.3	99.5	128	120	125	142
<b>FEVRIER</b>	114	124	128	160	117	136	153	139	126	179
<b>MARS</b>	202	187	170	195	192	198	172	186	177	208
<b>AVRIL</b>	190	210	232	221	224	253	218	238	199	243
<b>MAI</b>	252	267	281	248	288	295	274	283	265	262
<b>JUIN</b>	281	309	317	315	324	324	338	322	332	333
<b>JUILLET</b>	360	337	370	340	372	354	340	367	367	364
<b>AOUT</b>	342	354	339	365	351	356	348	356	349	359
<b>SEPTEMBRE</b>	311	296	299	291	301	285	326	313	289	298
<b>OCTOBRE</b>	252	219	271	263	252	253	251	242	233	229
<b>NOVEMBRE</b>	160	172	178	154	182	179	167	162	176	186
<b>DECEMBRE</b>	115	135	124	135	114	128	117	121	155	141

**Tab. 07:**Températures moyennes (2011-2017)

mois/année	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
<b>JANVIER</b>	142	110	128	127	114	141	106
<b>FEVRIER</b>	131	108	139	155	141	161	162
<b>MARS</b>	167	172	213	169	176	172	184
<b>AVRIL</b>	229	227	231	240	239	249	223
<b>MAI</b>	264	276	274	279	289	286	304
<b>JUIN</b>	311	359	316	318	323	325	328
<b>JUILLET</b>	359	365	355	369	343	352	356
<b>AOUT</b>	339	347	337	361	362	340	354
<b>SEPTEMBER</b>	325	312	312	334	307	322	298
<b>OCTOBRE</b>	222	244	269	248	246	270	225
<b>NOVEMBER</b>	175	189	164	192	171	184	127
<b>DECEMBER</b>	127	125	123	126	125	143	94.9



**Fig. 11:** variation de T ° moyennes (1991-2017)



**III. 1. 1. 1.1 Interpretation :**

(1900-1938) les températures moyennes montrent des variations continues elles peuvent attendre des valeurs minimales et des valeurs maximales les moyennes des températures sont de 5.7 C° au mois de janvier ,16.3C° au mois d'avril ,29.2C° mois de juillet et 17.9C° mois d'Octobre.

(1990-2017) les températures montrent des variations au fil de temps les moyennes des températures sont de l'ordre de 11 C° mois de janvier ,21.7 C° au mois d'avril 35.2 mois de juillet et 24.4 mois d'octobre.

**III. 1. 1. 2.Températures minimales mensuelles**

Les tableaux ci-dessous présentent les températures minimales mensuelles en 1/10 °C entre l'année 1901 et l'année 1938 ainsi entre l'année 1991 et l'année 2017.

**Tab.08:** Températures minimales (1901-1911)

mois/année	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910
<b>JANVIER</b>	12	0	34	30	0	10	30	220	10	10
<b>FEVRIER</b>	8	22	20	50	10	20	0	180	12	21
<b>MARS</b>	50	74	52	50	30	71	50	62	80	52
<b>AVRIL</b>	90	134	90	90	140	94	104	80	16	110
<b>MAI</b>	114	110	160	160	130	108	156	184	170	132
<b>JUIN</b>	206	204	210	220	210	190	212	200	200	204
<b>JUILLET</b>	254	272	260	240	250	252	232	258	220	198
<b>AOUT</b>	234	276	250	220	260	222	242	246	212	250
<b>SEPTEMBRE</b>	182	202	182	160	200	220	192	214	170	160
<b>OCTOBRE</b>	94	116	140	100	100	90	98	134	110	160
<b>NOVEMBRE</b>	78	82	80	20	60	108	68	64	230	50
<b>DECEMBRE</b>	20	8	40	0	10	46	16	16	200	44

**Tab. 09** : Températures minimales (1911-1921)

mois/année	1911	1912	1913	1914	1915	1916	1917	1919	1920	1921
<b>JANVIER</b>	10	10	25	31	46	18	20	42	30	20
<b>FEVRIER</b>	0.1	20	45	37		61	38		46	25
<b>MARS</b>	84	45	67	79	59	80	80		61	95
<b>AVRIL</b>	120	95	100	105	123	100	80		92	103
<b>MAI</b>	125	175	125	154	181	174	120	150	123	165
<b>JUIN</b>	220	203	232	204	192	198	202	231	192	180
<b>JUILLET</b>	240	265	232	260	219	252	260	215	252	270
<b>AOUT</b>	218	270	222	227	200	264	251	220	221	230
<b>SEPTEMBRE</b>	164	175	198	185	160	164	220	160	200	145
<b>OCTOBRE</b>	100	130	134	141	104	145	22	110	80	120
<b>NOVEMBRE</b>	88	250	53	62	84	48	21	90		100
<b>DECEMBRE</b>	30	0	21	32	32	0	29	20	62	30

**Tab.10** : Températures minimales (1922-1931)

mois/année	1922	1923	1924	1925	1927	1928	1929	1930	1931
<b>JANVIER</b>	0	22	27	13	0	50	10	20	30
<b>FEVRIER</b>	20		7		30	60	20	40	20
<b>MARS</b>	40	52	60		80	90	60	60	120
<b>AVRIL</b>	115	121	113	140	100	130	120	110	
<b>MAI</b>	140	166	196	146	170	160	180	170	180
<b>JUIN</b>	231	198	236	214	230	230	210	220	240
<b>JUILLET</b>	272	245	260	263	270	270	250	260	260
<b>AOUT</b>	263	233	260	257	260	270	220	220	250
<b>SEPTEMBRE</b>	208	179	243	217	180	220	140	180	190
<b>OCTOBRE</b>	121	146	136	104	140	135	100	190	100
<b>NOVEMBRE</b>	99	73	56	52	70	70	40	50	80
<b>DECEMBRE</b>	19	23	20	22	40	10	10	60	-10

Tab. 11: Températures minimales (1932-1938)

mois/année	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1938
JANVIER	10	20	0	-20	20		-60
FEVRIER	0	30	10	30	30		10
MARS	60	60	30	70	50		10
AVRIL	90	120	100	90	110	100	70
MAI	200	170	150	130	140	150	160
JUN	210	200	230	210	190	220	220
JUILLET			250	240	250	230	250
AOÛT			240	220		240	230
SEPTEMBRE			190	200		190	220
OCTOBRE			120	110		100	140
NOVEMBRE			90	40		70	70
DECEMBRE			40	10		-10	70

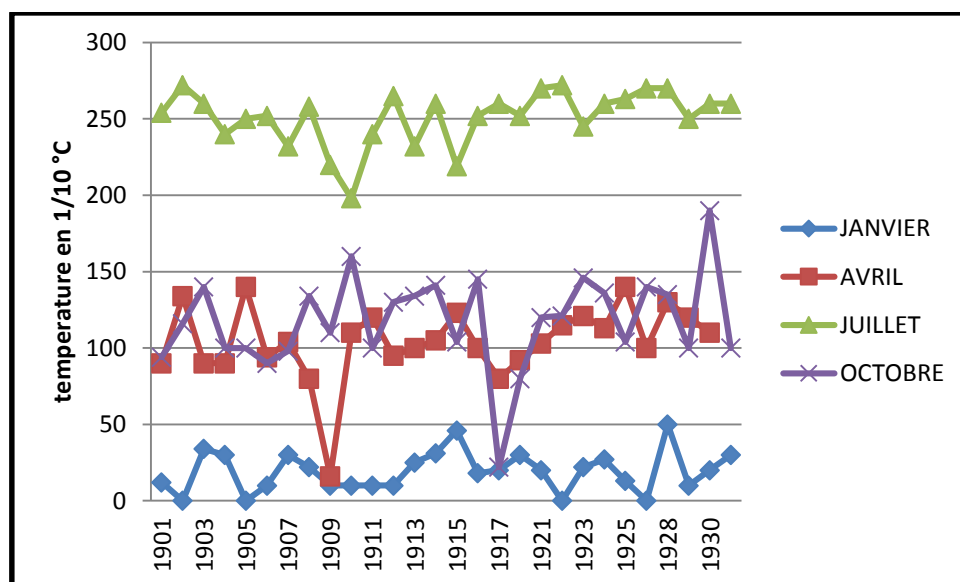


Fig. 12: Variation T° minimales (1901-1931)

**Tab.12 : Températures minimales (1990-1999)**

mois/année	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
<b>JANVIER</b>	73	35.0	58	42	60	77	32	59	39	31
<b>FEVRIER</b>	82	54.0	54	62	64	70	71	59	63	54
<b>MARS</b>	103	109.0	102	56	82	108	98	113	86	100
<b>AVRIL</b>	145	130.0	149	153	129	142	122	124	134	130
<b>MAI</b>	186	164.0	187	187	196	183	193	201	199	179
<b>JUIN</b>	254	238.0	270	241	268	223	239	239	269	217
<b>JUILLET</b>	261	266.0	283	268	272	253	273	263	269	246
<b>AOUT</b>	252	258.0	292	273	272	275	273	262	262	254
<b>SEPTEMBRE</b>	250	234.0	249	247	224	216	221	228	225	220
<b>OCTOBRE</b>	186	165.0	193	144	175	132	160	173	169	163
<b>NOVEMBRE</b>	109	83	101	86	103	96	39	111	113	100
<b>DECEMBRE</b>	53	45	56	25	68	70	79	45	55	63

**Tab.13 : Températures minimales (2000-2009)**

mois/année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
<b>JANVIER</b>	18	49	27	100	6	3	40	20	10	25
<b>FEVRIER</b>	53	50	57	105	86	5	71	64	8	35
<b>MARS</b>	101	133	118	65	124	123	117	39	27	48
<b>AVRIL</b>	156	145	154	155	156	150	176	89	90	88
<b>MAI</b>	216	200	208	209	177	214	225	139	151	114
<b>JUIN</b>	242	253	249	250	244	258	248	162	194	225
<b>JUILLET</b>	271	282	290	294	269	289	283	236	242	260
<b>AOUT</b>	254	280	283	265	289	279	379	225	238	250
<b>SEPTEMBRE</b>	228	251	236	233	224	236	218	180	176	166
<b>OCTOBRE</b>	159	207	162	205	186	187	177	97	105	109
<b>NOVEMBRE</b>	106	105	111	107	106	115	106	32	58	50
<b>DECEMBRE</b>	74	53	67	58	82	5	70	6	21	25

Tab. 14 : températures minimales (2010-2017)

mois/année	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
JANVIER	7	15	0	23	14	-18	-2	-11
FEVRIER	35	12	-18	17	39	20	24	20
MARS	55	18	44	46	42	42	42	65
AVRIL	120	90	76	8	105	76	76	90
MAI	136	148	144	132	142	170	105	177
JUIN	192	183	235	148	170	200	195	203
JUILLET	248	241	244	225	247	228	234	224
AOUT	250	211	230	222	240	268	233	228
SEPTEMBRE	165	177	165	195	211	155	174	163
OCTOBRE	79	105	107	120	123	108	165	101
NOVEMBRE	28	58	22	30	85	50	57	56
DECEMBRE	-26	9	4	30	8	25	40	10

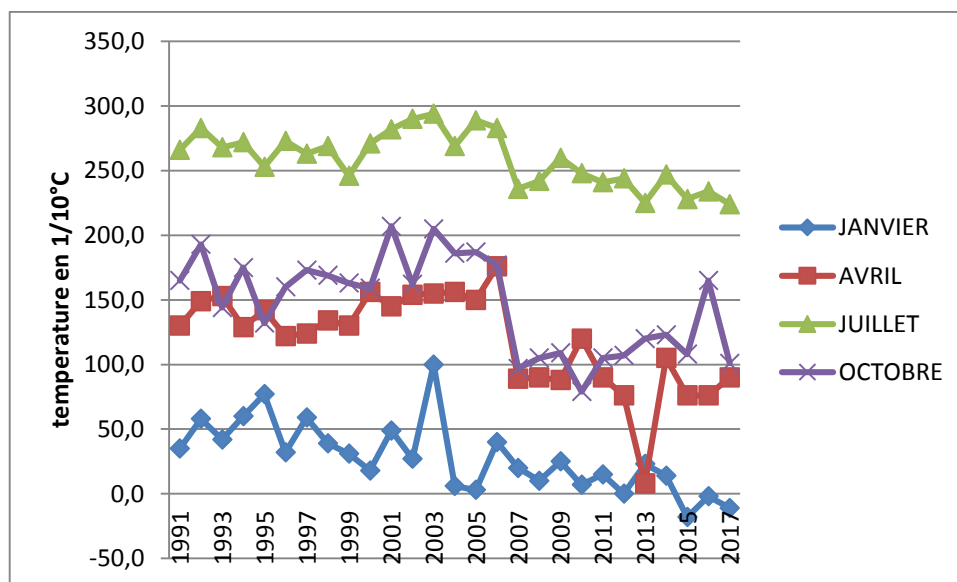


Fig. 13: Variation T° minimales (1990-2017)

**III. 1. 1. 2.1 Interpretation :**

(1900-1938) les températures varient toujours ,les moyennes sont de l'ordre de 2.7 C° au mois de janvier ,10.4 C° au mois d'avril ,25 C° mois de juillet et 11.7C° mois d'Octobre.

(1990-2017) les températures montrent des variations, les moyennes des températures sont de l'ordre de 2.9 C° mois de janvier ,12 C° au mois d'avril 25.9 mois de juillet et 14.8 mois d'octobre, le graphe montre une légère diminution des températures au fil du temps.

**III. 1. 1. 3.Température maximales mensuelles**

Les tableaux ci-dessous présentent les températures maximales mensuelles en 1/10 °C entre l'année 1901 et l'année 1938 ainsi entre l'année 1991 et l'année 2017.

**Tab15:**Températures maximales (1901-1910)

mois/année	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910
<b>JANVIER</b>	104	96	134	130	100	130	80	130	80	72
<b>FEVRIER</b>	92	170	100	150	100	140	130	142	122	62
<b>MARS</b>	149	166	190	180	180	205	150	164	182	69
<b>AVRIL</b>	218	216	210	230	260	356	210	188	254	242
<b>MAI</b>	246	270	280	310	270	250	243	350	280	270
<b>JUIN</b>	306	352	310	330	330	274	312	290	318	320
<b>JUILLET</b>	322	346	350	310	330	340	352	362	328	420
<b>AOUT</b>	286	314	340	340	330	400	300	380	310	350
<b>SEPTEMBRE</b>	286	312	300	330	330	280	272	284	288	270
<b>OCTOBRE</b>	228	260	248	220	280	202	244	220	262	260
<b>NOVEMBRE</b>	196	158	160	180	220	190	208	190	168	240
<b>DECEMBRE</b>	118	136	140	150	120	190	168	144	940	130

**Tab 16:** Températures maximales (1911-1921)

mois/année	1911	1912	1913	1914	1915	1916	1917	1919	1920	1921
<b>JANVIER</b>	90	133	120	115	124	82	110	55	106	100
<b>FEVRIER</b>	110	140	120	152		116	150		146	140
<b>MARS</b>	162	175	200	181	218	170	160		222	150
<b>AVRIL</b>	215	250	145	225	231	222	240		212	210
<b>MAI</b>	275	295	315	285	272	310	272	262	274	280
<b>JUIN</b>	324	305	334	338	373	326	311	289	335	330
<b>JUILLET</b>	360	375	338	331	322	330	506	353	312	330
<b>AOUT</b>	318	400	338	343	324	310	340	330	264	380
<b>SEPTEMBRE</b>	290	265	296	301	236	298	262	270	252	290
<b>OCTOBRE</b>	246	230	284	221	272	242	241	220	248	224
<b>NOVEMBRE</b>	180	115	215	193	191	164	145	153		250
<b>DECEMBRE</b>	123.6	115	112	118	130	164	113	100	74	150

**Tab. 17:** Températures maximales (1922-1931)

mois/année	1922	1923	1924	1925	1927	1928	1929	1930	1931
<b>JANVIER</b>	180	81	122	78	90	140	130	100	80
<b>FEVRIER</b>	90		147		110	120	160	180	140
<b>MARS</b>	200	140	190		180	210	150	200	200
<b>AVRIL</b>	263	256	247	288	280	290	270	240	
<b>MAI</b>	294	278	304	258	300	300	280	300	240
<b>JUIN</b>	320	302	302	351	370	370	320	310	360
<b>JUILLET</b>	354	320	357	321	350	340	320	360	380
<b>AOUT</b>	325	314	332	337	350	330	320	320	330
<b>SEPTEMBRE</b>	333	294	306	318	310	290	300	290	310
<b>OCTOBRE</b>	238	206	218	231	190	250	200	280	250
<b>NOVEMBRE</b>	163	189	152	214	190	160	160	100	180
<b>DECEMBRE</b>	95	112	130	152	140	150	120	160	190

Tab18: températures maximales (1932-1938)

mois/année	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1938
JANVIER	90	160	90	100	210		130
FEVRIER	100	140	120	140	190		110
MARS	200	150	160	150	160		130
AVRIL	220	240	200	240	280	220	240
MAI	270	260	270	250	270	270	240
JUIN	300	300	320	360	310	350	320
JUILLET			340	330	350	330	330
AOUT			330	330		340	340
SEPTEMBRE			270	280		280	290
OCTOBRE			220	260		280	230
NOVEMBRE			210	160		200	170
DECEMBRE			140	140		110	170

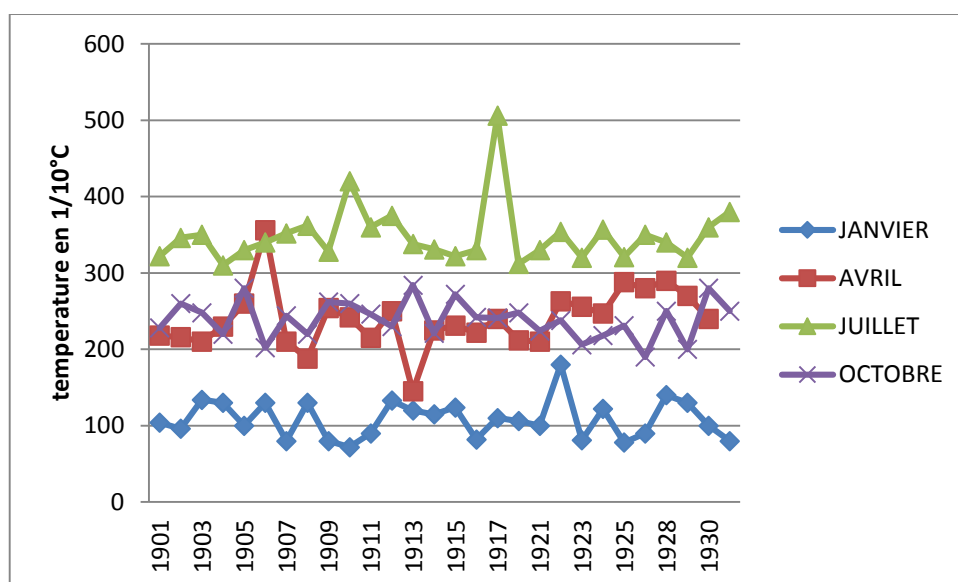


Fig. 14: Variation T° maximales (1901-1931)



Tab. 19: températures maximales (1990-1999)

mois/année	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
JANVIER	162	165.0	174	192	199	207	184	215	165	156
FEVRIER	221	192.0	189	217	224	194	237	223	176	212
MARS	239	236.0	255	245	239	253	237	251	229	232
AVRIL	284	266.0	313	310	273	294	272	270	294	273
MAI	318	308.0	335	335	359	344	360	379	353	322
JUIN	412	375.0	433	398	432	369	398	411	425	366
JUILLET	416	428.0	435	428	452	421	437	424	428	397
AOUT	399	410.0	454	421	418	443	431	431	421	415
SEPTEMBRE	408	373.0	393	389	355	364	362	368	373	374
OCTOBRE	332	301.0	343	286	303	287	292	294	320	324
NOVEMBRE	234	220	224	237	253	242	241	243	229	161
DECEMBRE	168	164	175	177	203	220	208	188	183	185

Tab.20:Températures maximales (2000-2009)

mois/année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
JANVIER	165	197	174	233	190	161	156	243	215	232
FEVRIER	212	211	225	189	223	183	198	280	256	250
MARS	268	304	269	186	262	258	277	310	343	350
AVRIL	315	290	294	302	285	299	327	371	407	385
MAI	357	349	348	354	317	355	367	436	425	435
JUIN	384	409	319	337	393	393	402	480	476	437
JUILLET	430	446	440	446	416	450	425	457	492	474
AOUT	411	426	424	414	465	422	482	464	487	484
SEPTEMBRE	377	392	372	370	354	363	352	442	436	442
OCTOBRE	280	353	310	338	340	323	328	420	342	353
NOVEMBRE	246	243	246	241	201	246	250	282	271	312
DECEMBRE	213	181	210	185	185	172	180	241	232	314

Tab. 21: températures maximales (2010-2017)

mois/année	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
JANVIER	271	253	236	247	237	282	263	203
FEVRIER	972	257	222	294	297	235	290	306
MARS	378	321	305	350	338	328	349	306
AVRIL	370	380	375	385	397	415	411	399
MAI	410	425	422	434	435	455	462	445
JUIN	474	434	470	470	468	460	481	465
JUILLET	487	479	496	490	496	469	476	490
AOUT	465	476	466	440	504	476	454	472
SEPTEMBRE	455	477	440	451	452	446	445	468
OCTOBRE	400	355	414	408	394	397	394	335
NOVEMBRE	307	303	345	310	294	308	315	324
DECEMBRE	306	232	251	260	236	243	252	280

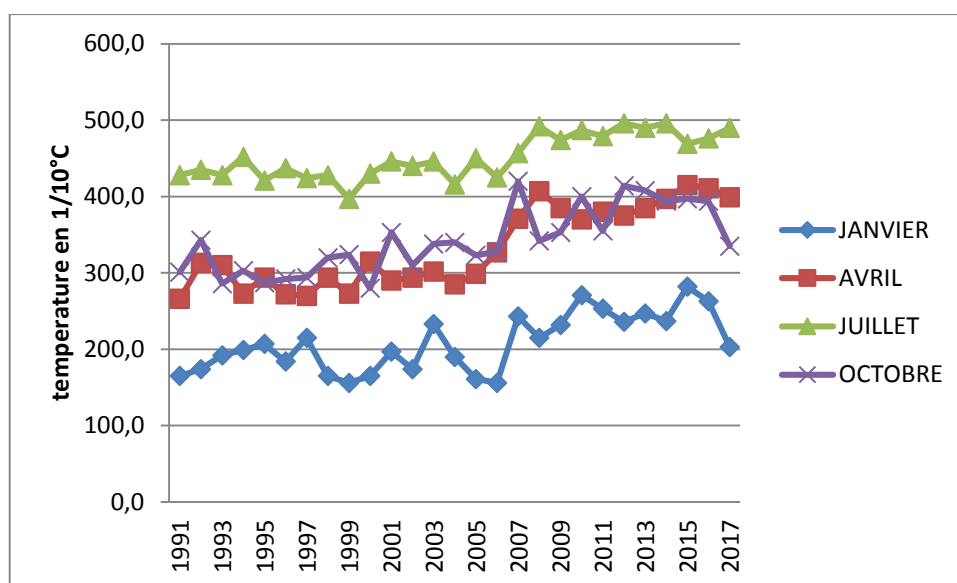


Fig. 15: Variation T° maximales (1990-2017)

**III. 1. 1. 3.1 Interpretation**

(1900-1938) les températures varient toujours ,les moyennes sont de l'ordre de 10.6 C° au mois de janvier ,23.9 C° au mois d'avril ,34.8 C° mois de juillet et 23.8C° mois d'Octobre. (1990-2017) les températures montrent des variations, les moyennes des températures sont de l'ordre de 20.6 C° mois de janvier , 33 C° au mois d'avril 45 C° mois de juillet et 34.1 C° mois d'octobre, contrairement au températures minimales la courbe montre une légère augmentation des températures maximales au fil du temps.

**III. 1. 2 .Précipitations**

Les tableaux ci-dessous présents les précipitations mensuelles en 1/10 mm depuis l'année 1990 jusqu'à l'année 2017.

**Tab. 22:précipitations mensuelles (1990-1999)**

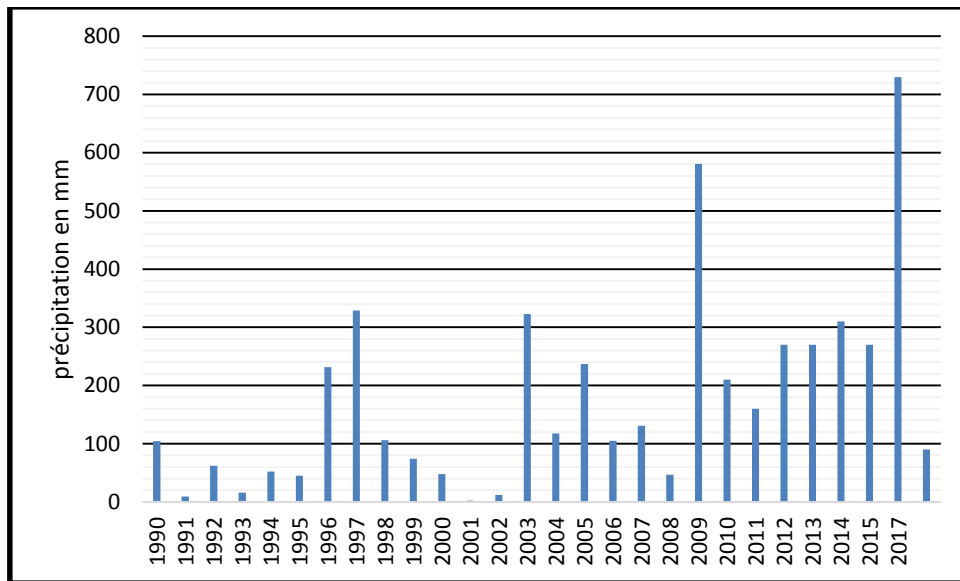
mois/année	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
<b>JANVIER</b>	44.3	0	3.6	0	2.8	5	23.4	20	0	19
<b>FEVRIE</b>	0	0	0	5.7	0.2	0	63	40	0	7
<b>MARS</b>	0	1.4	15.6	0.8	17.4	16.4	14.8	0	21	0
<b>AVRIL</b>	26.6	0	6.6	0	1.5	0	15	48	27	6
<b>MAI</b>	17.5	1.9	0.5	0	0	1.8	9	0	0	0
<b>JUIN</b>	0	0	0	0	2.5	0	0	0	10	0
<b>JUILLET</b>	0	0	0.1	0	0	0	7	0	0	7
<b>AOUT</b>	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
<b>SEPTEMBRE</b>	0	0	0.4	0.3	15.2	11.3	87	90	0	8
<b>OCTOBRE</b>	0	1.2	0	2.1	10.1	4.3	0	83	36	0
<b>NOVEMBRE</b>	10	2.5	12.7	3.7	0	2.1	0	29	10	22.9
<b>DECEMBRE</b>	6.1	2.5	22.4	3	2.2	4.3	12	16	2	4.1

**Tab.23:** précipitations mensuelles (2000-2010)

mois/année	2000	2001	2002	2003	2004	2006	2007	2008	2009	2010
JANVIER	0	0	0	61	6.5	94	0	5.7	103.11	40
FEVRIER	0	0	0	64	0	0	0	0	0	0
MARS	0	0	0	155	21.7	0	0	1.2	109.2	0
AVRIL	1	0.4	0	0	5.4	1.2	35	0	7.6	0
MAI	10.2	0	5	0	0	0	3	0	0	20
JUIN	0	0	0	0	0.2	0	0	0.4	305	30
JUILLET	0	0	0	0	0	0	0		0	10
AOUT	0	0	0.4	0	13.1	0	29	0	0	0
SEPTEMBRE	0	1	1.5	0	0	3	0	14.2	56	80
OCTOBRE	36.4	0.6	2.6	39	19.6	5.9	3	24.1	0	30
NOVEMBRE	0	0.3	2.4	2	43.3	0	0	0.2	0	0
DECEMBRE	0	3,6	0	2	8	0.8	61	0.6	0	0

**Tab. 24:** précipitations mensuelles (2011-2017)

mois/année	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
JANVIER	0	160	0	0	0	0	0
FEVRIER	0	60	0	0	210	0	0
MARS	120	10	0	0	50	20	210
AVRIL	10	40	0	0	0	10	0
MAI	0	0	0	140	0	0	0
JUIN	0	0	0	20	0	0	0
JUILLET	0	0	0	0	0	0	0
AOUT	0	0	20	0	10	0	0
SEPTEMBRE	0	0	0	0	0	20	130
OCTOBRE	30	0	0	20	0	40	230
NOVEMBRE	0	0	50	70	0	0	140
DECEMBRE	0	0	200	60	0	0	20



**Fig. 16:** Variation P annuelles (1990-2017)

**III. 1. 2 .1. Interprétation**

Les résultats montrent des variations continues des précipitations annuelles elles peuvent atteindre des valeurs maximales comme exemple l’année 2017 (730mm), et minimales 2001(0.2 mm), on remarque des périodes où les précipitations sont très réduites comme exemple (1991-1995), et (1998-2002).

**III. 1. 3 .Vitesse de vent**

Les tableaux ci-dessous présentent les vitesses moyennes mensuelles en m/s depuis l’année 1990 jusqu’à l’année 2009.

Tab. 25: vitesse de vent mensuel (1990-1999)

mois/année	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
JANVIER	4.6	1.7	2.8	2.2	0.96	2.8	3.3	2.4	2	4.1
FEVRIER	2.2	2.4	3.6	3.9	2.2	2.6	3.9	2.1	2.8	4.7
MARS	4.1	3.7	5.8	3.3	4.9	4.2	3.6	2.2	2.5	5
AVRIL	4.9	4.9	4.7	4.2	3.8	5.1	5	3.9	3.9	5.6
MAI	5.2	5.8	5.3	5.6	2.3	5	4.2	4.3	4.5	5.2
JUIN	4.3	6.6	5.5	5.5	3.7	5.9	5.1	4.1	5.3	4.8
JUILLET	4.1	3.9	5.8	5.4	3.5	5.1	3.4	3.7	4.8	4.8
AOUT	3.6	3.8	3	4.9	3	4.5	3.9	3.3	4.9	4.5
SEPTEMBRE	3.3	3.9	2.8	4.8	4.1	4.9	3.5	3.5	5	5.9
OCTOBRE	3	4.3	2.8	3.5	3.3	4.1	2.1	4.3	5.3	4.5
NOVEMBRE	3.1	3.2	1.3	4.3	2.4	2.6	1.9	2.7	3.4	3.8
DECEMBRE	2.2	2.4	2.3	2.2	2.1	3	2.4	2.9	3.3	3.3

Tab. 26: Vitesse de vent mensuel (2000-2009)

mois/année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
JANVIER	2.4	2.5	2.4	4	2.7	2.8	2.8	1.5	2.7	4.19
FEVRIER	3.4	2.3	1.6	4	3.6	3.9	4	3.3	3.2	3.02
MARS	4	3.4	3.2	3.3	4.3	4.8	3.8	4.3	4.2	3.69
AVRIL	5.7	3.9	4.4	4.6	3.8	5.1	4.4	5.1	4.9	2.77
MAI	5.1	5.1	4.7	4.7	5.5	4.4	4.9	4.4	5.1	4.66
JUIN	4.7	4	3.6	3.9	4.5	4.8	5.1	5.1	5.5	3.91
JUILLET	4.6	4.2	4.8	5.5	3.8	3.7	4.3	4.3	3.8	2.25
AOUT	4.3	3.4	4	4	3.5	3.6	4.2	4.8	3.2	4.75
SEPTEMBRE	4.4	4.2	1.6	3.5	3.7	0.4	4.1	5	4.4	3.77
OCTOBRE	3.3	2.8	3	3.4	3.6	3.3	2.8	4.3	4.1	2.41
NOVEMBRE	2.2	2.8	2.9	2.5	2.1	2.8	2.5	2.5	3.2	2.05
DECEMBRE	2.2	3	1.9	3.6	2.9	2.4	3	2.9	2.6	1.86

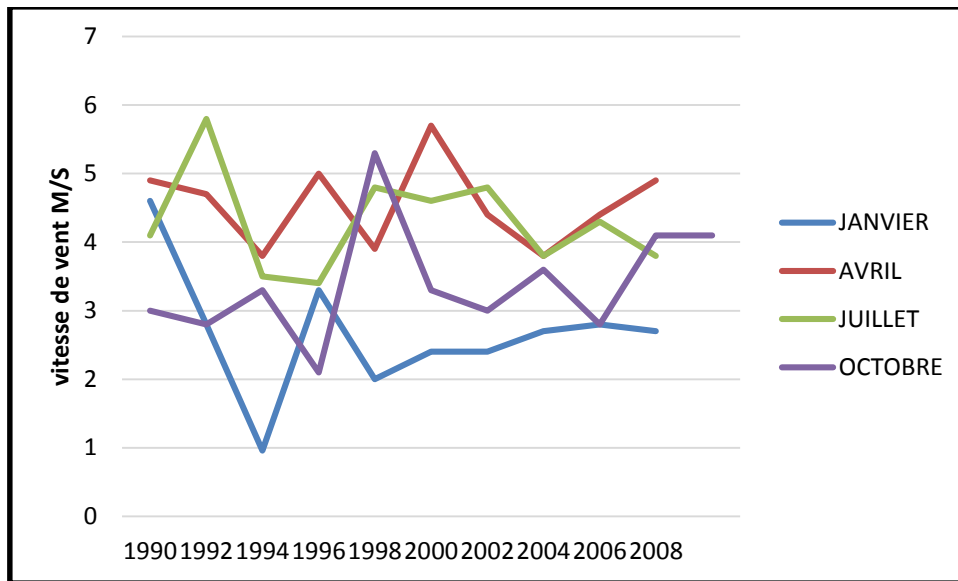


Fig. 17: Variation vitesse de vent mensuelles (1990-2009)

**III. 1. 3. 1. Interprétation**

On remarque une variation continue des vitesses des vents au fil de temps, elle peut atteindre des valeurs maximales comme en juillet 1992 (5.8m/s) , et des valeurs minimales comme en janvier 1994 (0.96 m/s) , les vitesse moyennes annuelles varient entre 3.2 m/s et 4.6m/s

**III. 1. 4 .Humidité**

Les tableaux ci-dessous présents les valeurs d’humidité mensuelles en % depuis l’année 1990 jusqu’à l’année 2009.

**Tab. 27:**Humidité mensuelles (1990-1999)

mois/année	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
<b>JANVIER</b>	73	44.0	72	72	66	65	71	61	58	69
<b>FEVRIER</b>	81	39.0	59	71	55	58	64	59	49	53
<b>MARS</b>	49	32.0	57	54	52	56	59	42	37	42
<b>AVRIL</b>	50	30.0	45	45	41	44	45	40	30	32
<b>MAI</b>	25	24.0	42	35	33	34	36	32	29	29
<b>JUIN</b>	27	23.0	36	25	32	31	33	22	24	26
<b>JUILLET</b>	28	16.0	36	25	64	29	26	20	23	29
<b>AOUT</b>	40	16.0	31	27	37	28	24	26	34	24
<b>SEPTEMBRE</b>	32	25.0	35	36	42	34	43	41	35	35
<b>OCTOBRE</b>	39	33.0	45	44	62	60	54	48	53	46
<b>NOVEMBRE</b>	58	38	70	67	68	64	57	48	51	67
<b>DECEMBRE</b>	54	40	75	71	74	71	59	56	60	68

**Tab. 28 :** humidité mensuelles (2000-2009)

mois/année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
<b>JANVIER</b>	63	54	50	48	56	62	65	60	65	68.3
<b>FEVRIER</b>	56	53	55	55	47	47	53	47	53	52.6
<b>MARS</b>	40	39	37	58	43	39	38	39	43	45.1
<b>AVRIL</b>	33	35	32	35	39	33	31	46	31	39.5
<b>MAI</b>	41	33	29	32	37	26	30	32	30	36.8
<b>JUIN</b>	29	25	23	28	30	28	21	24	32	26.7
<b>JUILLET</b>	23	24	26	29	26	22	23	26	24	23.9
<b>AOUT</b>	30	28	29	26	27	28	27	27	29	25.5
<b>SEPTEMBRE</b>	37	41	37	36	37	41	38	33	38	43.9
<b>OCTOBRE</b>	52	42	47	42	37	50	42	40	58	43.8
<b>NOVEMBRE</b>	57	58	56	53	73	52	51	48	62	55.9
<b>DECEMBRE</b>	54	65	60	56	66	66	65	58	62	48.3



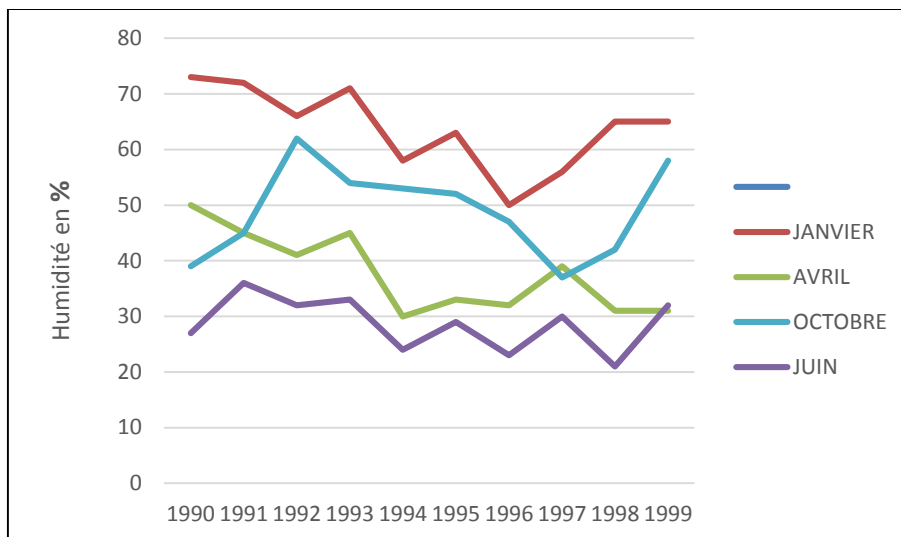


Fig. 18: Variation d'humidité mensuelle (1990-2009)

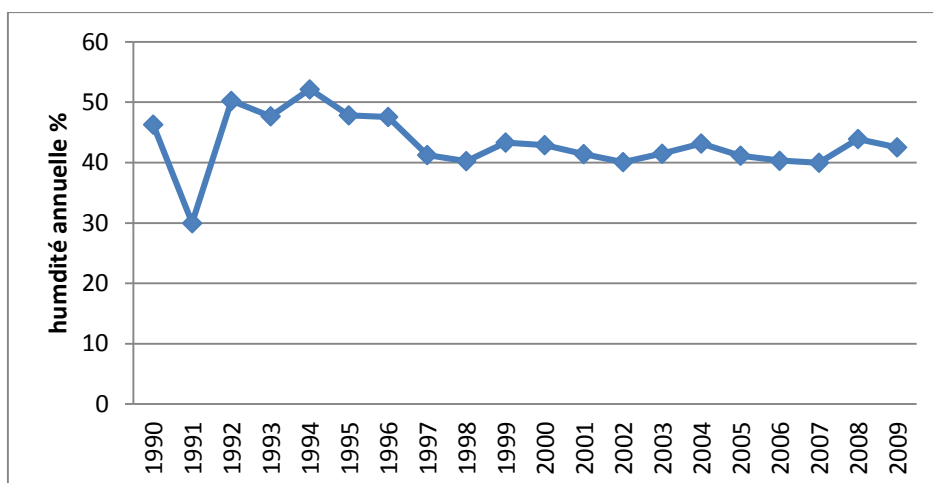


Fig. 19: Variation d'humidité annuelle (1990-2009)

**III. 1. 4.1. Interprétation**

Le taux d'humidité varie au cours des années, la valeur maximale et de l'ordre de 73 % en janvier 1990, tandis que la valeur minimale et de l'ordre de 16 % en juillet 1991, l'humidité moyenne annuelle est compris entre 30% et 52.1%, le graphe montre une forte baisse du taux d'humidité en 1991 avec un taux annuelle de 30%. Entre l'année 1992 jusqu'à l'année 1996 on a une augmentation d'humidité annuelle, elle est compris 47% et 50%. Entre l'année 1997 jusqu' l'année 2009 les valeurs d'humidité se réduit, elles sont compris entre 40% et 43 %

**III. 1. 5 .Evaporation de l'air**

Les tableaux ci-dessous présentent les valeurs de l'évaporation mensuelles en mm depuis l'année 1990 jusqu'à l'année 2009.

**Tab. 29 :** Evaporation de l'air mensuel (1990-1999)

mois/année	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
<b>JANVIER</b>	57	75	213	216	203	267	211	209	247	0
<b>FEVRIER</b>	60	86	217	167	235	255	192	258	260	191
<b>MARS</b>	82	121	171	269	203	261	255	312	217	292
<b>AVRIL</b>	131	152	246	291	300	293	297	251	281	295
<b>MAI</b>	115	183	266	304	320	335	305	221	279	279
<b>JUIN</b>	223	235	335	274	338	329	340	270	313	338
<b>JUILLET</b>	237	254	334	347	344	371	337	345	0	351
<b>AOUT</b>	205	259	340	331	346	296	310	301	0	316
<b>SEPTEMBRE</b>	271	173	264	353	224	214	236	201	0	270
<b>OCTOBRE</b>	108	154	238	230	238	255	259	263	0	285
<b>NOVEMBRE</b>	106	81	217	175	246	237	215	262	0	205
<b>DECEMBRE</b>	73	68	205	220	251	197	209	228	0	166

**Tab.30:**Evaporation de l'air mensuel (2000-2009)

mois/année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
<b>JANVIER</b>	95	146	101	196	100	114	94	93	76	76
<b>FEVRIER</b>	165	149	157	138	161	156	145	164	137	137
<b>MARS</b>	256	254	246	122	249	300	278	256	210	210
<b>AVRIL</b>	391	296	299	309	283	367	353	283	291	297
<b>MAI</b>	371	381	374	404	371	466	452	418	323	323
<b>JUIN</b>	432	492	435	439	480	448	583	499	286	286
<b>JUILLET</b>	533	540	426	538	512	563	568	469	434	434
<b>AOUT</b>	489	484	473	468	513	521	508	517	323	323
<b>SEPTEMBRE</b>	135	379	337	329	367	304	31	395	313	313
<b>OCTOBRE</b>	193	298	235	268	310	269	268	278	174	174
<b>NOVEMBRE</b>	151	154	176	141	0.82	190	141	131	114	114
<b>DECEMBRE</b>	130	105	119	116	0.98	0.9	87	109	78	78

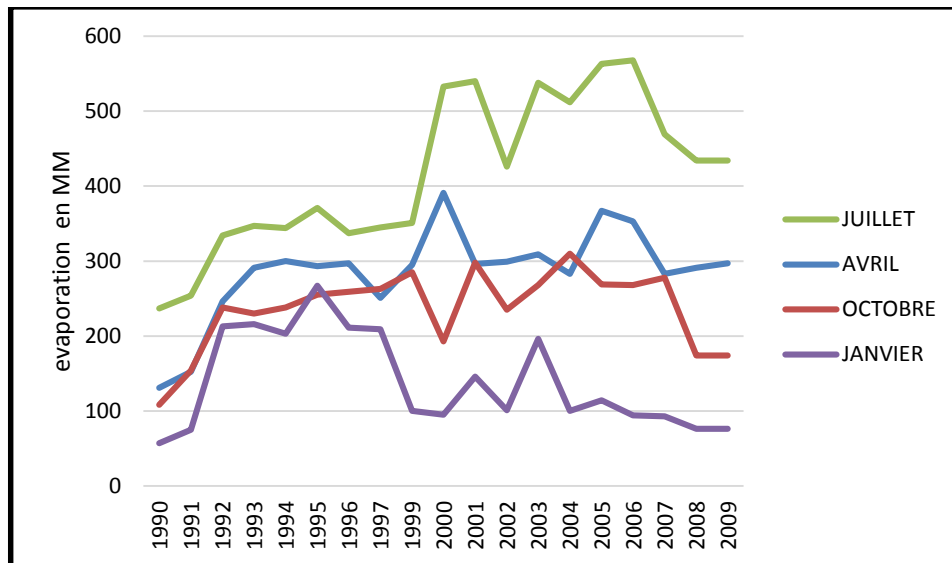


Fig. 20: Variation de l'évaporation de l'air mensuelles (1990-2009)

**III. 1. 5.1. Interprétation :**

On remarque toujours des variations des valeurs d'évaporation, le taux d'évaporation annuelle est de l'ordre de 193 à 153 mm entre l'année 1990 et 1991.

Entre 1992 jusqu'à a 1999 on a une augmentation d'évaporation, elle est compris entre 253 mm et 270 mm

Entre l'année 2000jusqu'à l'année 2007 elle va augmenter encore, les valeurs sont compris entre 278 mm et 306 mm, l'évaporation va se réduire en 2008 et 2009 à l'ordre de 230 mm.

**Conclusion**

Les résultats obtenus montrent une instabilité des températures dans la région d'Ouargla

Si on compare entre les deux périodes (1901-1938) et (1990-2017) on remarque une augmentation considérable des températures.

Les températures élevées et les forts vents favorisent l'augmentation d'évaporation

Et cela du a la diminution d'humidité dans l'air.

La région de Ouargla a connu des périodes de sécheresse, comme exemple l'année 1991 a cause de la diminution de taux d'humidité, ainsi l'augmentation des températures.

Enfin on peut constater que la région de Ouargla et comme la plupart des régions d'Algérie est soumis à un changement climatiques.

## ***CHAPITRE IV :***

### ***Conclusion générale***

**Conclusion générale :**

Le changement climatique est un ensemble de variations des caractéristiques climatiques en un endroit donné au cours du temps. Il représente une modification durable du climat global ou des différents climats régionaux.

Selon plusieurs études et recherches ce phénomène commence à prendre de plus en plus d'ampleur à travers le monde durant ces dernières années.

Dans notre travail nous avons essayé de donner une étude proche de ce phénomène qui a touché notre pays dans les dernières années.

Nos études ont été effectuées sur deux périodes différentes la première allant de 1901 jusqu'à 1938 et une deuxième période de 1990 jusqu'à 2017, on a remarqué un changement considérable des températures.

Entre 1990 jusqu'à 2017 les variations des paramètres climatiques montre que la zone de Ouargla est touchée par le phénomène du changement climatique.

Vue les conséquences négatives sur la vie humaine, la lutte aux changements climatiques est devenue une priorité de la communauté internationale lors de la signature du Protocole de Kyoto en 1997,

En Algérie, **Il est temps de limiter la portée du changement climatique** l'Algérie se dispose d'un potentiel immense pour le développement de l'énergie renouvelable, particulièrement l'énergie solaire. Avec les technologies existantes, nous pourrions réduire de moitié les émissions de carbone pour 2050.

## *Bibliographie*

---

### **Bibliographie:**

**Antoine Armandine Les Landes** Impact des variations climatiques sur les ressources hydrogéologiques

**BAGHDADLI Ilyas** L'influence du changement climatique sur les ressources en eaux du Meffrouch.

**BGR, (2008).**

Groundwater and Climate Change: Challenges and Possibilities.

Hanover, Germany

**Calow, R., MacDonald A (2009).**

What will climate change mean for groundwater supply in Africa?

Odi, background Note

**Carter R., Parker A (2008).**

Climate change, population trends and groundwater in Africa.

Hydrological Sciences Journal, 676-689

**Christensen, J. H., Hewitson, B., Busuioc, A., Chen, A., Gao, X., Held, I., Jones, R., Kolli, R. K., Kwon, W. T., Laprise, R., Magaña Rueda, V., Mearns, L., Menéndez, C. G., Räisänen, J., Rinke, A., Sarr A., and Whetton, P. (2007).**

Regional Climate Projections' in S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M.

Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor & H. L. Miller (eds),

Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

Cambridge: Cambridge University Press.

**Clifton C., Evans, R, Hayes, S., Hirji, R., Puz G., Pizarro C. (2010)**

Water and Climate Change: Impacts on groundwater resources and adaptation options.

Water working notes. Note No. 25. Water partnership program, bnwpp.

**Conway D (2005).**

From headwater tributaries to international river: Observing and adapting to climate variability and change in the Nile basin.

Global Environmental Change 15: 99–114

**DJIDEL Mohamed** Pollution minérale et organique des eaux de la nappe superficielle de la cuvette de Ouargla (Sahara septentrional, Algérie)

## *Bibliographie*

---

**Döll, P and Floerke, M. (2005).**

Global-scale estimation of diffuse groundwater recharge: model tuning to local data for semi-arid and arid regions and assessment of climate change impact. Frankfurt Hydrology Paper. August 2005.

**Hulme, M., Doherty, R., Ngara, T., New, M., Lister, D. (2001).**

African climate change: 1900–2100.

Climate Research 17, 145–168.

**IPCC, (2001).**

Climate change 2001: the scientific basis. Contribution of Working Group I to The Third Assessment Report of the IPCC.

Cambridge University Press, Cambridge, UK

**[www.coalition-eau.org](http://www.coalition-eau.org)** eau et changement climatique

**[www.coalition-eau.org](http://www.coalition-eau.org)** eau et changement climatique