

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université KasdiMerbahOuargla



FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES

Département de Génie Civile Et Hydraulique

C:.....
R:.....

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de

Master : Académique

Filière: hydraulique

Spécialité Ressources Hydriques

Thème

**Evolution et Modélisation du Climat : Cas de la région
de Touggourt**

Présenté par :

- ❖ AROUB Mouchira
- ❖ TEDDAR Fatma Zahra

Soumis au jury composé de :

BOUTAOUTAOU Dj.	Pr.
DERDOUS.O	MCB
SAGGAI Sofiane	MCA
KOUIDRI Sebar	Doctorant

Président
Examineur
Encadreur
Co-Encadreur

Année Universitaire: 2020 / 2021

Remerciements

Oh mon Dieu, la nuit n'est bonne qu'avec tes remerciements.

La journée n'est pas bonne sauf pour toi.

Et les moments ne sont doux que par ton souvenir, et l'au-delà
n'est doux que par ton pardon.

Et le Paradis n'est doux qu'en vous voyant à celui qui a fait
passer le message et rempli la confiance...

Et il a conseillé à la nation... au Prophète, miséricorde et
lumière sur lui

A ceux qui ont porté un message saint dans la vie, et à ceux
qui nous ont ouvert la voie avec la connaissance et la
connaissance, à tous nos professeurs

Honorables."

À tous ceux qui ont contribué à l'orientation, même avec un
simple mot, avec tous nos remerciements, respect et
appréciation.

Nous adressons également nos sincères remerciements au
professeur superviseur, **SoufianSaggai** et **Saber Kouidri**
Au comité de discussion d'avoir accepté de discuter de cette
note.

Et à la situation dans laquelle vous avez coopéré avec moi, et
sans cela, ce travail n'aurait pas été achevé

Dédicace

A qui je la préfère à moi-même, et pourquoi pas ; Tu t'es sacrifié pour moi

Tu n'as toujours ménagé aucun effort pour me rendre heureux
Ma mère bien-aimée (*NAIMA CHAOUBI*)

Nous marchons sur les chemins de la vie, et celui qui contrôle nos esprits
reste dans chaque chemin que nous prenons

Le propriétaire d'un bon visage, et de bonnes actions, ne m'a pas épargné
toute sa vie

Mon cher père (*HOUCINE TEDDAR*)

Sur qui je compte dans tous les grands et petits..

(Mes frères *TAYEB. BARI. SOUNDES. SAFA. MAROI*).

À mes amis, collègues, enseignants et à tous ceux qui m'ont soutenu et
m'ont aidé avec tout ce qu'ils avaient, et à bien des égards

Je vous présente cette recherche, et j'espère qu'elle vous satisfera

Fatma Zahra

Dédicace

A qui je la préfère à moi-même, et pourquoi pas ; Tu t'es sacrifié pour moi

Tu n'as toujours ménagé aucun effort pour me rendre heureux
Ma mère bien-aimée (*ZAINEB ELSKHERI*)

Nous marchons sur les chemins de la vie, et celui qui contrôle nos esprits
reste dans chaque chemin que nous prenons

Le propriétaire d'un bon visage, et de bonnes actions, ne m'a pas épargné
toute sa vie

Mon cher père (*MOUHAMMED ARROUB*)

Sur qui je compte dans tous les grands et petits..

(Mes frères *OMAR. NASRO. RAMI. MASIKA. HASNA. NOURHANE*).et (mes nièces
ARIDJE. MIMIYA)

À mes amis, collègues, enseignants et à tous ceux qui m'ont soutenu et
m'ont aidé avec tout ce qu'ils avaient, et à bien des égards

Je vous présente cette recherche, et j'espère qu'elle vous satisfera

MOUCHIRA

Table de matière	
Remerciements	I
Dédicace	III
Tableaux de sommaire	V
Tableaux des figures	VI
Tableaux des Tableaux	VIII
Tableaux d'abréviations	IX
Introduction general	
CHAPITRE 1:	
CLIMAT ET CLIMATOLOGIE	
I Concepts fondamentaux	02
1 Climat	02
2 Climatologie	02
3 Métrologie	02
4 Déférence entre climatologie et métrologie	02
5 But de la climatologie	03
6 La demarche climatologique	03
II Factures affectant sur le climat	04
III Les éléments de climat	04
VI Les types de climat	07
V Projection et prévision climatique	08
1 Projection climatique	08
2 Prévision climatique	09
a- Les modèles climatiques	09
b- Scénario	09
CHAPITRE 2 :	
CHANGEMENT CLIMATIQUES	
I Introduction	11
II Histoire de changement climatique	12
1. Définitions du changement climatique	12
a. Concepts de la base de la variabilité climatique	13
b. La variabilité climatique dans quelque pays	14
III Les principales causes des changements climatiques	16
1. Les émissions de gaz d'effet de serre	17
2. L'activité humaine	18
3. Les phénomènes naturelles	19
a. Les causes astronomiques	19
b. La crise volcanique	20
IV Les conséquences du changement climatique dans tous les domaines	21
CHAPITRE 3	
LA PRESONTATION DE LAZONE D ETUDE	
I Présentaion de la zone	25

1 La situation géographique	25
2 Climatologie	25
3 Les paramètres Météo logiques	26
a. Température	26
b. Précipitation	26
c. Humidité	27
d. Ensoleillement	28
e. Evaporation	28
f. Vitesse de vent	29
CHAPITRE 4 :	
CHANGEMENT CLIMATIQUE EN FONCTION DES FACTEURS CLIMATIQUES	
I. Synthèse climatique	31
1. Diagramme ombrothermique	31
2. Indice d'aridité de Martonne	35
3. Indice de chaleur	36
CHAPITRE 5 :	
MODELISATION	
I. Introduction	40
1. L'intelligence artificielle	41
2. L'Apprentissage automatique	41
3. Différents types de l'apprentissage automatique	41
4. Les trois étapes essentielles de l'apprentissage automatique	42
5. L'apprentissage profond	43
6. Réseau de neurons récurrent	43
II. Modélisation des séries temporelles	44
1. Les Séries chronologiques	45
2. Les différentes étapes de la modélisation	45
III. Présentation des différents modèles	45
1. Le modèle ARIMA	46
2. Le modèle de LSTM	47
3. Le modèle de NAR	51
IV. Les prévisions	52
1. Prévisions l'indice de chaleur	52
2. Prévisions l'indice d'aridité	59
CONCLUSION	
Références bibliographiques	

Tableau de figure :

Figure (01)	Une carte montrant les différents types de climat dans le monde	07
Figure (02)	La famille de quatre scénarios utilisés dans les projections climatiques	09
Figure (03)	Processus de l'effet de serre	16
Figure (04)	Des sources d'émissions de gaz à effet de serre inégalement réparties selon les pays	17
Figure (05)	Schéma représentant l'effet d'émissions volcaniques sur la température globale de l'atmosphère terrestre.	19
Figure (06)	Répartition des températures moyennes interannuelles (c°)	26
Figure (07)	Répartition des pluies moyennes interannuelles (mm)	27
Figure (08)	Répartition des humidités de l'air moyennes interannuelles (%)	27
Figure (09)	Répartition des durées insolation moyennes interannuelles (h)	28
Figure (10)	Répartition évaporations moyennes interannuelle (mm)	29
Figure (11)	Répartition des vitesses des vents moyens interannuels (m/s)	29
Figure (12)	Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la région de Touggourt (1990/2018)	31
Figure (13)	Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN dans la période (1990/1994)	32
Figure (14)	Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN dans la période (1995/1999)	32
Figure (15)	Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN dans la période (2000/2004)	33
Figure (16)	Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN dans la période (2005/2009)	33
Figure (17)	Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN dans la période (2010/2014)	34
Figure (18)	Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN dans la période (2015/2018)	34
Figure (19)	L'ampleur de l'évolution de l'indice aridité tous les cinq ans pendant la période étudiée	36
Figure (20)	L'ampleur de l'évolution de l'indice de chaleur tous les cinq ans pendant la période étudiée	37
Figure (21)	Une image qui montre l'intelligence artificielle	41
Figure	Architecture du réseau de LSTM	48

(22)		
Figure (23)	variation mensuelle d'indice d'aridité par LSTM	48
Figure (24)	La 2 ^{ème} étape d'étalonnage par LSTM	49
Figure (25)	montrant l'étape finale du d'étalonnage	49
Figure (26)	la valeur de MSE	50
Figure (27)	La structure de modèle NAR dans étape d'étalonnage	51
Figure (28)	Variation de l'écart en termes de MSE vs époque	53
Figure (29)	Valeurs ICH calculées par rapport au modèle NAR valeurs prédites dans a) la formation b) la validation, c) le test et d) tous les ensembles de données.	54
Figure (30)	Histogramme d'erreur	55
Figure (31)	Diagramme de Bland-Altman pour la validation du modèle NAR	56
Figure (32)	la structure de modèle NAR dans la prévision	57
Figure (33)	Courbe montrant la position des points d'ICH calculés avec les points prédits dans NAR	57
Figure (34)	L'ampleur d'évolution de l'indice de I CH pendant la période prédit (2019/2028)	58
Figure (35)	L'ampleur d'évolution de l'indice de I CH calculé avec prédit (1990/2028)	59
Figure (36)	Variation de l'écart en termes de MSE vs époque d'IA	60
Figure (37)	Histogramme d'erreur d'IA	61
Figure (38)	Diagramme de Bland-Altman pour la validation du modèle NAR d'IA	61
Figure (39)	Courbe montrant la position des points d'IA calculés avec les points prédits dans NAR	62
Figure (40)	L'ampleur d'évolution de l'indice d'IA pendant la période prédit (2019/2028)	63
Figure (41)	L'ampleur d'évolution de l'indice d'IA pendant la période prédit (2019/2028)	63

Tableaux des Tableaux

Tableau (01)	Taux de l'indice d'aridité pour tous les cinq ans au cours de la période (1990/2018)	35
Tableau (02)	Taux de l'indice de chaleur pour tous les cinq ans au cours de la période (1990/2018)	37
Tableau (03)	Présentation de résultats de MSE à l'ARIMA	47
Tableau (04)	Présentation de résultats de MSE à LSTM	50
Tableau (05)	Présentation de résultats de MSE à NAR	52
Tableau (06)	Comparaison entre les modèles en fonction de la valeur de MSE	52
Tableau (07)	les valeurs de MSE et R dans chaque phase	52
Tableau (08)	Les prévisions de l'indice de chaleur pour 7ans(2019/2025)	59
Tableau (09)	Les prévisions de l'indice d'aridité pour 7 ans (2019/2025)	62

Tableau d abréviations :

GIEC	Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
OMM	Organisation mondiale de la métrologie
CCNCC	Convention-cadre des Nations Unies sur Changement climatique
NASA	La National Aeronautics and Space Administration
GES	gaz à effet de serre
IA	Indice d'aridité
ICH	Indice de chaleur
IA	Intelligence artificielle
RNN	Récurrent Neural Networks
NAR	Non liner autorégressive exogènes model
CNN	Convolution Neural Network
MCG	Des modèles de circulation générale
ADN	Acide désoxyribonucléique (DeoxyriboNucleicAcid)
ARIMA	Autoregressive Integrated Moving Average
LSTM	Long Short Terms Memory
AM	Autoregressive Model (Part autoregressive)
MA	MovingAvrage Model (Part moyenne-mobile)
MSE	Mean Square Error
AFSSA	Agence française de sécurité sanitaire des aliments
DMN	Direction de la Météorologie Nationale
CNRC	Centre Nationale de la recherche scientifique
CNIL	la commission nationale informatique et liberté

Introduction générale

Le climat est un facteur dans notre vie, la vie végétale et animale et dans L'environnement est également l'environnement qu'une personne ne peut ignorer en raison de la relation intégrée entre eux. car toute différence qui affecte le climat lui sera bénéfique ou lui nuira.

L'évolution du climat de la planète Terre , est au cours de ces derrières décennies marquées par un réchauffement dû à l'effet de serre dont l'une des majeure conséquences sur la circulation atmosphérique est la limitation des échanges méridiens et la diminution des flux de mousson à l'équateur (**Mahé et al., 1991**). Il s'en suit des répercussions sur les régimes pluviométriques qui se traduisent par des évènements hydro climatiques extrêmes. La récurrence de ces évènements, depuis ces derrières années, constitue l'un des principaux facteurs qui affecte aussi bien la capacité de production des écosystèmes que la société humaine. (**Camberlin et al., 2001**).

Dans le cadre de la recherche sur les changements climatiques, les problèmes

Récurrents sur lesquels les chercheurs butent sont soit l'absence totale de données sur une région d'étude. soit la discontinuité des séries de données météorologiques quotidiennes, Mensuelles ou annuelles. On peut aussi énumérer le manque de stations météorologiques comme un des problèmes significatifs.

Dans ce travail nous avons traité des données climatiques qui ont été mesurées dans le passé à sud de l'Algérie, dans la région **Touggourt**. Ceci à travers une série climatique observée de 28 année 1990/2018, collectée au près du service de la météorologie de la région Ouargla. Le présent document commence par une synthèse bibliographique, afin d'éclaircir certaine notions sur le climatologie et le changement climatique.après ça une représentation de la zone d'étude.et dans la dernier chapitre On présente ensuite l'ensemble du matériel et méthodes employés pour la modélisation. La dernière partie expose les résultats et discussion et nous terminons évidemment par une conclusion.

Chapitre (01)

I - Concepts Fondamentaux:

1- Climat :

L'Organisation Météorologique Mondiale (**OMM 2019**), définit le climat comme un ensemble d'éléments météorologiques, pris sur une période donnée qui concourent à donner caractère et individualité météorologiques à un domaine spatial déterminé. Le climat sera donc caractérisé par différents critères statistiques des paramètres météorologiques. Ces paramètres sont appelés éléments du climat.

2- Climatologie :

La climatologie est la science qui étudie le climat. Mais son domaine d'application n'est pas restreint au climat. Il s'agit d'une discipline beaucoup plus vaste. Scientifiquement définie comme sachant relier les conditions météorologiques moyennes sur une période de temps donnée. Traditionnellement elle est considérée comme une branche de la météorologie et la science de l'atmosphère, mais avec les récentes augmentations de périmètre, la climatologie comprend désormais les aspects de l'océanographie et de bio géochimie. (**DMN 2003**)

3- La météorologie :

La météorologie est une science qui a pour objet l'étude des phénomènes atmosphériques tels que les nuages, les précipitations ou le vent dans le but de comprendre comment ils se forment et évoluent en fonction des paramètres mesurés tels que la pression, la température et l'humidité, qui désigne les particules en suspension dans l'atmosphère. (**JeRetiens 2007**)

4- Différences entre climatologie et météorologie :

Bien qu'il existe de nombreuses similitudes entre la climatologie et la météorologie, il existe également des différences importantes qui sont (**Pailleux 2012**):

- La climatologie traite du comportement atmosphérique à long terme sur une longue période, tandis que la météorologie traite des phénomènes météorologiques à tout moment et pour de courtes périodes n'excédant pas quelques jours

- La climatologie étudie les processus qui sont également liés à des domaines tels que la géologie et l'astronomie ainsi que les sciences atmosphériques tandis que la météorologie traite principalement de l'atmosphère.

- La climatologie traite principalement du passé, tandis que la météorologie traite du moment présent et des changements à court terme qui durent de quelques heures à quelques jours.

5- Buts de la climatologie :

La climatologie a essentiellement pour but (**DMN 2003**)

- l'analyse des éléments météorologiques qui constituent le climat,
- la recherche des causes qui expliquent les différents climats et les fluctuations qui les accompagnent,
- l'étude de l'interaction du climat et des sols, des matériaux, des êtres vivants, des techniques et de l'activité économique et même sociale.
- Participer à différents programmes internationaux de recherche en climatologie.

6- la démarche climatologique :

Dans la démarche climatologique, on distingue plusieurs phases associées à différents buts(**Marco Météo 2003**) :

- A. **La climatologie descriptive (ou analytique):** c'est l'étude géographique des conditions météorologiques caractérisant chaque région. Elle permet, à partir d'observation, à la description des évolutions de l'atmosphère aux différents points du globe,
- B. **La climatologie explicative (ou synthétique):** elle consiste à étudier les propriétés et l'origine des fluctuations ou des événements climatiques avec une interprétation physique ou dynamique.
- C. **La climatologie physique:** qui tente à mettre en évidence des mécanismes physiques du comportement atmosphérique, à partir d'un jeu de données d'observation,

- D. **La climatologie dynamique:** qui consiste à retrouver ce que révèle l'observation par tous les moyens appropriés et en particulier par la modélisation numérique. Le but de la climatologie dynamique est de mieux connaître les mécanismes de la circulation générale atmosphérique et les échanges énergétiques au niveau du système « Terre atmosphère ».
- E. **La climatologie appliquée:** c'est l'application de la climatologie à des domaines autres que l'atmosphère elle-même puisque le climat agit constamment sur diverses sortes d'activités. A partir des données climatologiques, il est possible de réaliser des travaux permettant d'apporter une aide à l'amélioration des activités humaines variées tributaires du climat.

III - Factures affectant le climat:

Ce sont les facteurs qui agissent sur les fluctuations des éléments du climat. Nous distinguons:

1- Les facteurs astronomiques: qui impliquent la rotation de la terre autour d'elle-même et autour du soleil, ce qui entraîne une différence dans la quantité d'énergie solaire reçue au niveau de la surface de la terre pendant la journée et pendant l'année.

2-facteurs météorologiques: qui prennent en compte la circulation générale, l'effet des masses d'air,... etc.

3- Facteurs géographiques: qui incluent l'effet de l'altitude et de l'emplacement par rapport à la mer,... etc.

4- Facteurs humains: Parmi eux, le rejet de dioxyde de carbone dans l'atmosphère joue un rôle important.

IV - Les éléments de climat:

➤ 1-Le rayonnement solaire:

Le rayonnement solaire, aussi appelé L'ensoleillement, est la mesure du rayonnement solaire que reçoit une surface au cours d'une période donnée, s'exprimant en mégajoules par mètre carré MJ/m² (CNRS, 2014).

➤ **2- La nébulosité:**

La nébulosité est une masse de gouttelettes d'eau ou de cristaux de glace, et ces nuages sont tous en suspension et présents dans l'atmosphère, se condensent sous la forme d'eau trouvée dans le ciel et en fait, cette eau condensée peut nous faire voir clairement la vapeur d'eau, et c'est très important pour la terre (**Météo France, 2008**)

➤ **3- La température :**

La température constitue élément le plus important qui définissent les climats. Il est la sensation de froid et de chaud de l'air mesurée grâce à un thermomètre. L'unité de mesure est peut être en degré Celsius ou en degrés Fahrenheit en fonction du pays où l'on se trouve. Les températures sont influencés par des facteurs comme la latitude, l'altitude, la saison, la proximité de la mer etc. (**Ramade, 1984**).

Dans les premières couches d'air au-dessus du sol, la température du sol est supérieure à celle de l'air pendant le jour et inférieure pendant la nuit.

➤ **4- Les précipitations :**

Les précipitations aussi constituent les éléments les plus importants qui définissent le climat d'un lieu donné. Il est une grande influence sur la vie de l'homme et des animaux ainsi que sur les économies des pays. Les précipitations désignent le composant hydraulique présent dans l'atmosphère. Mais les précipitations sont caractérisées non seulement par leur quantité, mais aussi par: leur nature physique (**Elkhatri, 2003**), leur fréquence, leur durée de chute, leur intensité leur répartition dans le temps et dans l'espace. Cet ensemble de caractéristiques influence sur l'absorption du sol, le drainage, les crues des cours d'eau, l'utilité agricole, la sécurité humaine, etc. Les quantités des précipitations augmentent en se rapprochant de la mer. (**Vincent et al, 2013**).

➤ **5- Evaporation**

L'évaporation concerne aussi bien les précipitations qui arrivent au sol que l'eau contenu dans le sol. (**CNRTL, 2015**) Elle a un rôle biologique puisqu'elle influence la respiration et la transpiration. Elle est liée à différents facteurs tel que: la température,

humidité relative, pression, mouvement de l'air, forme et dimension de la surface d'évaporation, épaisseur de la lame d'eau. L'évaporation augmente si l'air est peu humide et plus agité. il provoque la formation du brouillard et des nuages.

➤ **6- L'humidité de l'air:**

L'humidité relative de l'air, également appelée degré d'humidité, est le degré de présence d'eau sous forme de vapeur dans l'air par rapport à sa capacité à la retenir (**Météo-France 2008**). Cette capacité est déterminée par la pression atmosphérique. Plus la pression atmosphérique est basse, c'est-à-dire plus la masse d'air est faible, plus l'humidité est élevée. Lorsque l'humidité atteint la saturation, elle se condense sous forme de gouttelettes d'eau ou de glace si les températures sont trop froides, cela signifie des précipitations en météorologie.

➤ **7- La pression atmosphérique :**

La pression atmosphérique correspond à la pression générée par une colonne d'air en un point donné. Elle s'exprime en pascal (Pa), unité équivalente au newton par mètre carré (N/m²). En moyenne, la pression atmosphérique avoisine 1.013,25 hectopascals (hPa). Elle n'a de sens que si elle est donnée à une certaine altitude, bien souvent le niveau de la mer. 90 % de la pression atmosphérique se concentre approximativement dans les 15 premiers kilomètres de l'atmosphère terrestre.

➤ **8- Le vent:**

Le vent est le déplacement de masses d'air dans l'atmosphère. Lorsque la pression atmosphérique varie, l'air se déplace de manière plus ou moins puissante. Le vent est le résultat de la différence de pression entre deux zones voisines, et transporte ainsi les caractères climatiques.

➤ **9- La transparence de l'air :**

Elle change en fonction de l'humidité de l'air, sa pureté et sa stabilité. Ainsi une diminution de la visibilité est produite par l'absorption et la diffusion de la lumière (par les constituants de l'atmosphère). on parle de brouillard lorsque la visibilité est inférieure à 1000 m et de brume lorsqu'elle est comprise entre 1000m et 5000m. La stabilité de l'atmosphère, en présence d'un air humide ou impure, favorise une mauvaise visibilité.

V - Les types de climats:

Selon la moyenne des températures et des précipitations .on distingue plusieurs types dans le monde.(DMN .2016) ces derniers peuvent être repartis en 3 grande ensembles :

a. les climats intertropicaux :

Il règne entre les deux tropiques. C'est une zone qui ne connaît pas l'hiver car la température moyenne du mois le plus froid est supérieure à 18 c ce qui correspond au mois au le plus chaud de la zone tempérée .ici, les précipitations sont abondantes malgré quelques nuances. Dans cette zone, on distingue 2 types de climat :

- le climat équatorial
- le climat tropical

b. les climats désertiques ou arides :

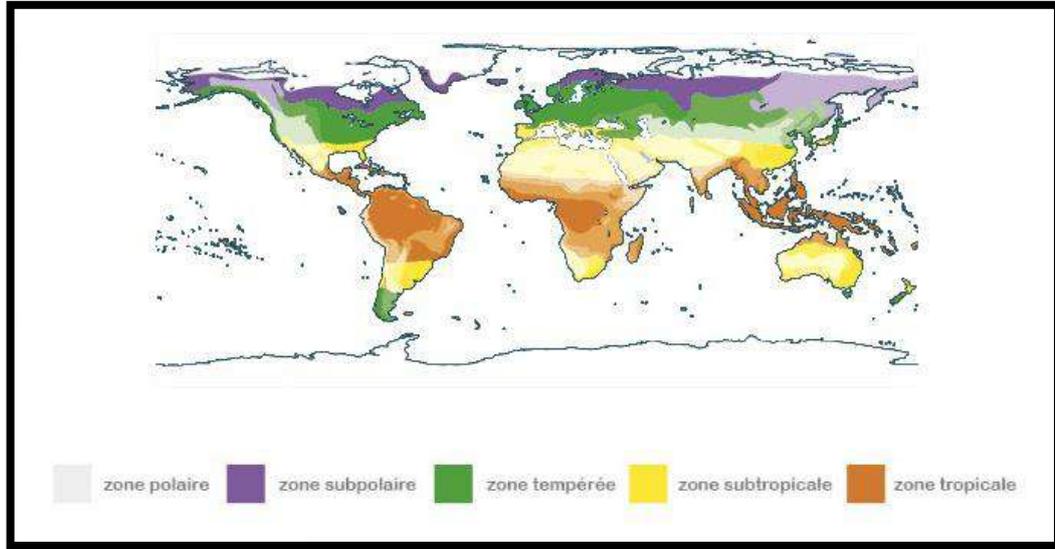
Les climats arides touchent principalement 4 continents ; l'Australie (près de la moitié du territoire), l'Asie (20%), L'Afrique (le tiers du continent). Il règne dans de nombreux déserts tels que celui du Kalahari, du Sahara, de Libye, de Namibie, d'Arabie et de Chili. Ils se caractérisent par des pluies insignifiantes, irrégulières voire épisodiques. Exemple au Sahara, le total annuel des précipitations est inférieur à 20mm il a deux types :

- Le climat saharien
- Le climat maritime

c. les climats tempérés et de montagne :

Les climats tempérés sont dans l'ensemble humides, avec des saisons thermiques, mais l'opposition entre celles-ci reste modérée. L'été peut être chaud, avec des températures moyennes nettement supérieures à 20 °C ; toutefois l'hiver reste doux. S'appuyant sur des arguments biogéographiques, **Wladimir Köppen** a proposé de considérer comme tempérées les régions où la moyenne du mois le plus froid demeure supérieure à -3 °C. Cela ne veut évidemment pas dire que les températures sont toujours supérieures à cette valeur. Ainsi, à Berlin, la moyenne de janvier est de -1 °C, mais la moyenne des températures nocturnes est de -3 °C et le minimum absolu relevé en vingt ans a été de -26 °C. Les types de ce climat est :

- les climats froids
- Les climats de montagne



Figure(01) :Une carte montrant les différents types de climat dans le monde

VI - Projection et prévision climatique:

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, chargé de produire des avis scientifiques pour les négociations internationales sur le climat, évalue les trajectoires climatiques potentielles. Les modélisateurs du climat développent des exercices de simulation climatique, suivant différents protocoles pour comparer les résultats de tous les modèles climatiques utilisés.

1- Projection climatique:

Ces projections ne prennent pas en compte les conditions initiales réelles du climat, au début des simulations, et le développement futur des forçages naturels (activité solaire, éruption volcaniques) ne peuvent être prédite par eux-mêmes. En revanche, elles sont généralement réalisées pour chaque modèle climatique à partir d'un ensemble de simulations, afin de prendre en compte la variabilité climatique interne.

Les projections pour chaque modèle climatique fournissent une prévision statistique des trajectoires climatiques potentielles. Compte tenu de l'universalité des modèles climatiques utilisés, mais sans possibilité de prédire la trajectoire exacte.

2- Prévisions climatiques :

À la demande des gouvernements, cependant, le processus de prévision du climat a commencé dans le cadre du cinquième rapport du **GIEC**. Néanmoins, les résultats des prévisions exploratoires doivent être considérés avec une grande prudence, en particulier en ce qui concerne leurs effets potentiels sur le climat. Termes des impacts sur les ressources. L'objectif est de mieux comprendre les changements climatiques entre quelques années et une trentaine d'années, afin de tester leur prévisibilité.. Dans ce contexte, la prise en compte des conditions climatiques initiales est essentielle pour faire des prévisions de cette nature. Cet exercice vise à fournir une évaluation plus précise du changement climatique dans les années à venir.

a) Les modèles climatiques :

i. Définition :

Le modèle climatique est une modélisation mathématique du climat dans une zone géographique donnée. Les types de formulaires varient en complexité. Le plus simple d'entre eux vous permet d'avoir une très bonne compréhension de ce qui se passe; Le plus complexe permet de faire face à la réalité et de voir l'évolution de la concentration de gaz à effet de serre

ii. Les types des modèles climatiques :

- ✓ Les modèles couplés océan-atmosphère
- ✓ Les modèles du système Terre
- ✓ Les modèles du système Terre de complexité intermédiaire

- ✓ Les modèles régionaux

b) Les scénarios :

Le scénario climatique est considéré comme une description plausible du climat futur, et ce, sur la base d'une ou de plusieurs projections climatiques. Lorsque l'information est transmise sous forme de changements climatiques par rapport à une certaine période de référence, on parle alors de scénario de changements climatiques. Les scénarios sont typiquement établis afin de déterminer les conséquences potentielles des

changements climatiques d'origine humaine (GIEC, 2007a) et constituent une information pouvant être utilisée lors d'études d'impact comme intrant dans un modèle bioclimatique. (Meehl et al, 2007).

c) Types de scénario du GIEC :

- ✓ Les scénarios des rapports 2001 et 2007
- ✓ 5ème Rapport du GIEC : un nouveau scénario approche

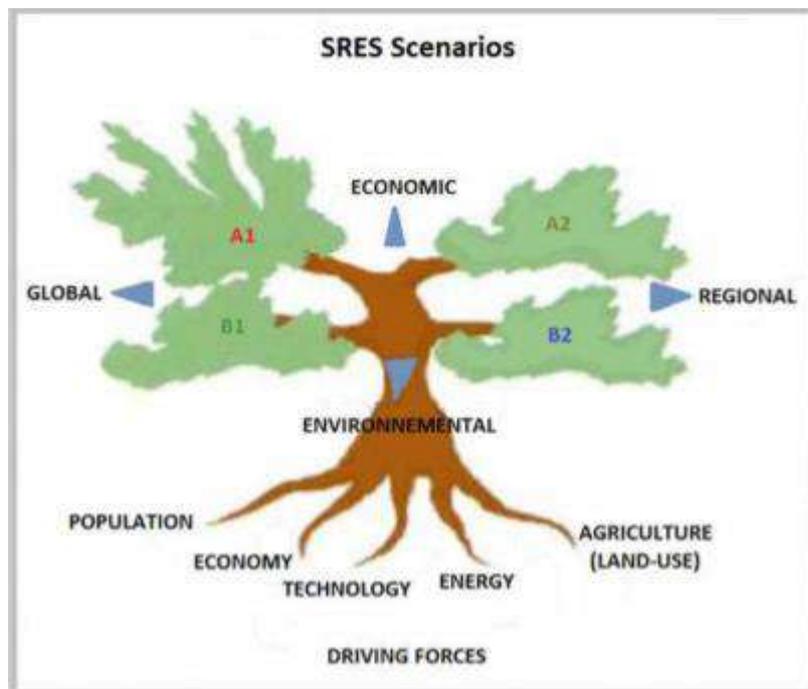


Figure (02) : La famille de quatre scénarios utilisés dans les projections climatiques

Chapitre (02)

I - Introduction:

Le changement climatique est devenu la science au premier plan de nombreuses recherches scientifiques à l'heure actuelle. La question du changement climatique durable est au premier plan des préoccupations dans les nouvelles, l'opinion publique, les médias et les groupes environnementaux.

Compte tenu des conséquences désastreuses de cela sur la surface de la terre à tous les niveaux, alors nous pouvons dire que faire face à ce phénomène est le plus grand défi de notre temps car l'homme en est la cause principale et les effets de ce phénomène se sont déjà fait sentir dans certains pays en même temps beaucoup de gens qui ne travaillent pas directement sur ce sujet, ils ont du mal à comprendre les bases du changement climatique. C'est pire, bien pire, que vous ne le pensez. Un changement climatique lent est un conte de fées, aussi dommageable que celui qui dit que cela ne se produit pas du tout; C'est une crise du monde naturel, pas du monde humain

"L'état mi ignorance et mi indifférence est une maladie climatique bien plus répandue que le phénomène du changement climatique"(WELLS, 2019)

Néanmoins, il peut en fait être atténué par ses effets. Le changement climatique est rapide, beaucoup plus rapide qu'il n'y paraît. Nous devons sauver notre planète car il n'y a rien de pire que de voir la fin du monde.

II - Histoire du changement climatique :

Les humains ont utilisé la capacité de prédire les pluies et les inondations sur la base des cycles annuels depuis qu'il a commencé à cultiver. Les premières approches de la prévision du temps étaient basées sur l'astrologie et étaient pratiquées par des prêtres. Les inscriptions cunéiformes sur les tablettes babyloniennes comprenaient des associations entre le tonnerre et la pluie. Les Chaldéens ont distingué des halos, **Moon Ring** et Halo 46 °.

350 avant JC, Aristote a écrit un livre intitulé Météorologie, signifiant l'étude de l'atmosphère et du changement climatique. Aristote est considéré comme le fondateur de la météorologie. L'une des réalisations les plus impressionnantes décrites en météorologie est la description de ce que l'on appelle maintenant le cycle hydrologique.

Depuis le **XVIe** siècle, la recherche sur le climat s'est intensifiée, portée par les besoins du commerce international. Les colons ont besoin de connaître le climat des terres nouvellement conquises pour savoir où s'installer; et les marchands veulent connaître le temps pour organiser leurs affaires. En 1660, en France, des relevés météorologiques réguliers commencent. À partir de 1770...

Au **XVIIe**, par exemple, les colons français au Canada vont entraîner un réchauffement du climat local en déforestant, en asséchant les marais et en cultivant les terres. Les récoltes seront donc meilleures et les conditions de vie des colons plus agréables. Ce changement climatique local sera utilisé par l'Etat français pour montrer l'impact positif de la colonisation française sur le Canada.

Au **XVIIIe** siècle L'idée des différences climatiques sont redevenue un sujet scientifique important, en particulier grâce aux progrès de la paléontologie, mais ce n'est qu'à partir entre les deux guerres mondiales que la climatologie est devenue une véritable science.

1- Définitions du changement climatique :

Le changement climatique dans l'utilisation du Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (**GIEC,2007**) fait référence à un changement de l'état du climat qui peut être identifié (par exemple en utilisant des tests

statistiques) par des changements dans la moyenne et / ou la variabilité de ses propriétés, et qui persiste pendant une période prolongée, généralement des décennies ou plus. Il fait référence à tout changement dans climat au fil du temps, que ce soit en raison de la variabilité naturelle ou de l'activité humaine.

Ou bien :

On note aussi dans son article en **1992** «changements climatiques» des changements de climat qui sont attribués directement ou indirectement une activité humaine altérant la composition d'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter la variabilité naturelle du climat observe au cours de périodes comparables.

Selon la **NASA, 2004** la définition du changement climatique 'il s'agit d'un «large éventail de phénomènes mondiaux créés principalement par la combustion de combustibles fossiles, qui ajoutent des gaz piégeant la chaleur à l'atmosphère terrestre. Ces phénomènes comprennent les tendances à l'augmentation de la température décrites par le réchauffement climatique, mais englobent également des changements tels que l'élévation du niveau de la mer; perte de masse de glace au Groenland, en Antarctique, dans l'Arctique et dans les glaciers de montagne du monde entier; changements dans la floraison des fleurs / plantes et les événements météorologiques extrêmes. » .

a)- Concepts de la base de la variabilité climatique :

✓ L'atmosphère terrestre

L'atmosphère terrestre est la couche gazeuse qui l'entoure. Il est principalement composé d'azote (78%), d'oxygène (21%) et d'argon (1%). Il contient également des proportions infimes de gaz tels que le méthane, le dioxyde d'azote, la vapeur d'eau, l'ozone et le dioxyde de carbone. L'atmosphère a de multiples fonctions essentielles, notamment la protection contre les rayons ultraviolets du soleil, l'oxygène pour respirer et les conditions météorologiques et climatiques bénéfiques pour la vie.

✓ le temps

L'atmosphère terrestre est en mouvement constant et est le site de divers phénomènes météorologiques. Le temps décrit l'état de l'atmosphère terrestre à un endroit et à un moment précis. Cette condition est caractérisée par des valeurs qui prennent des

paramètres atmosphériques tels que la température, la pression, le vent, l'humidité, l'évaporation, l'évaporation et la transpiration par exemple.

✓ **climat**

Le climat décrit l'état moyen de l'atmosphère (conditions moyennes de température, de vents, de pression, de précipitations, etc.) à un endroit donné et sur une période assez longue: mois, saison, plusieurs décennies.

b) – Variabilité climatique dans quelque pays dans le monde:

1. La Grèce

La variabilité du climat et ses risques ont été l'un des sujets les plus importants débattus lors de la conférence **de Thessaloniki, GRECE2019**. De ce fait, de fortes pluies annuelles, saisonnières, mensuelles et quotidiennes sont tombées tout le temps en Grèce.

La Grèce en 2014, et nous rappelons l'exceptionnelle "vague de froid" qui a été observée dans son nord et dans les Balkans, En général, avec des chutes de neige massives en janvier 2017 et plus récemment, Pendant le lourd hiver neigeux de cette année. L'agriculture est l'une des plus importantes Aspects susceptibles d'être les plus affectés par le changement climatique et nécessitant une analyse approfondie.

2. Côte d'Ivoire

La variabilité du climat, en particulier les précipitations, ne peut plus être démontrée. Par exemple, en Afrique de l'Ouest, les variables liées aux précipitations telles que la fréquence des jours de pluie et la durée des saisons des pluies ont généralement été peu étudiées. D'autre part, il s'intéresse à la question de la caractérisation des caractéristiques climatiques à partir de l'analyse de la température de l'air, de l'humidité relative de l'air, de l'évolution des indices de précipitations, de la fréquence des jours de pluie et de la durée des saisons des pluies. D'une part, il s'agissait de comparer les paramètres pluviométriques mensuels sur la période 1951-2000 afin de déterminer le comportement des régimes pluviométriques de mousson dans le contexte de la variabilité climatique. Une analyse standardisée en composantes principales (SCN) a permis d'analyser l'influence des facteurs climatiques sur les régimes de précipitations saisonnières. La variation climatique est évidente à travers la dynamique

spatiale et temporelle glissante des pluies annuelles. Quant aux facteurs affectant le changement temporel des régimes pluviométriques de mousson, il est apparu que les six variables de précipitations sont affectées par la température de l'air ainsi que par l'humidité relative des pluies. l'air. Par conséquent, nous concluons que la température de l'air et l'humidité relative de l'air sont des facteurs de changement temporel.

3. Algérie :

Comme de nombreux pays africains, les conséquences des conditions météorologiques extrêmes ou de mousson n'ont pas épargné l'Algérie, La région est connue pour son climat aride et semi-aride et est très vulnérable au changement climatique, Au cours des 50 dernières années, une augmentation des événements météorologiques extrêmes a été observée.

Parmi les phénomènes enregistrés dans les études météorologiques nationales sur le climat qui attestent de ce changement, on note une augmentation de la fréquence des fortes pluies, notamment sur les hauts plateaux (comme Ghardaïa et Bashar en 2009-2010), qui a conduit à des inondations dans le Région. Première fois, En 2020, les précipitations journalières pourraient dépasser la moyenne annuelle normale dans le sud du pays.

Autres événements extrêmes survenus:

- ✓ Les experts de l'Institut hydrométéorologique de formation et de recherche s'attendent à un raccourcissement de la saison des pluies et à une augmentation des températures d'environ 1 degré à 1,5 degré en 2020, ce qui aura de graves conséquences pour 30% des espèces animales. Ils estiment également que les températures augmenteront de 3 ° C supplémentaires en 2050 en raison du réchauffement climatique.
- ✓ Les chutes de neige ont diminué de 40 pour cent dans plusieurs régions d'Algérie, telles que Tlemcen, Warsenis et Jarjara.
- ✓ Une autre conséquence est la grande raréfaction des ressources en eau.

II - Les principales causes de changement climatique :

1- notions fondamentales :

Les changements climatiques sont causés par les modifications de l'atmosphère qui résultent de sa transformation chimique par les gaz à effet de serre (GES). Cette perturbation de l'équilibre atmosphérique s'exprime par une augmentation des températures moyennes sur Terre, modifiant ses caractéristiques physiques, chimiques et biologiques par l'émission de GES. Alors qu'entend-on par gaz à effet de serre?

Les gaz à effet de serre (vapeur d'eau, gaz carbonique, méthane...) sont pratiquement transparents au rayonnement solaire (longueur d'onde du visible) et opaques au rayonnement infrarouge émis par la Terre. La chaleur est piégée. Certains gaz à effet de serre sont naturellement présents dans l'air (vapeur d'eau, dioxyde de carbone). Si l'eau (vapeur et nuages) est l'élément qui contribue le plus à l'effet de serre « naturel », l'augmentation de l'effet de serre depuis la révolution industrielle du XIXe siècle est induite par les émissions d'autres gaz à effet de serre provoquées par notre activité :

- L'accumulation du dioxyde de carbone (CO_2)
- Le méthane (CH_4)
- Le protoxyde d'azote (N_2O)
- L'hexafluorure de soufre (SF_6)

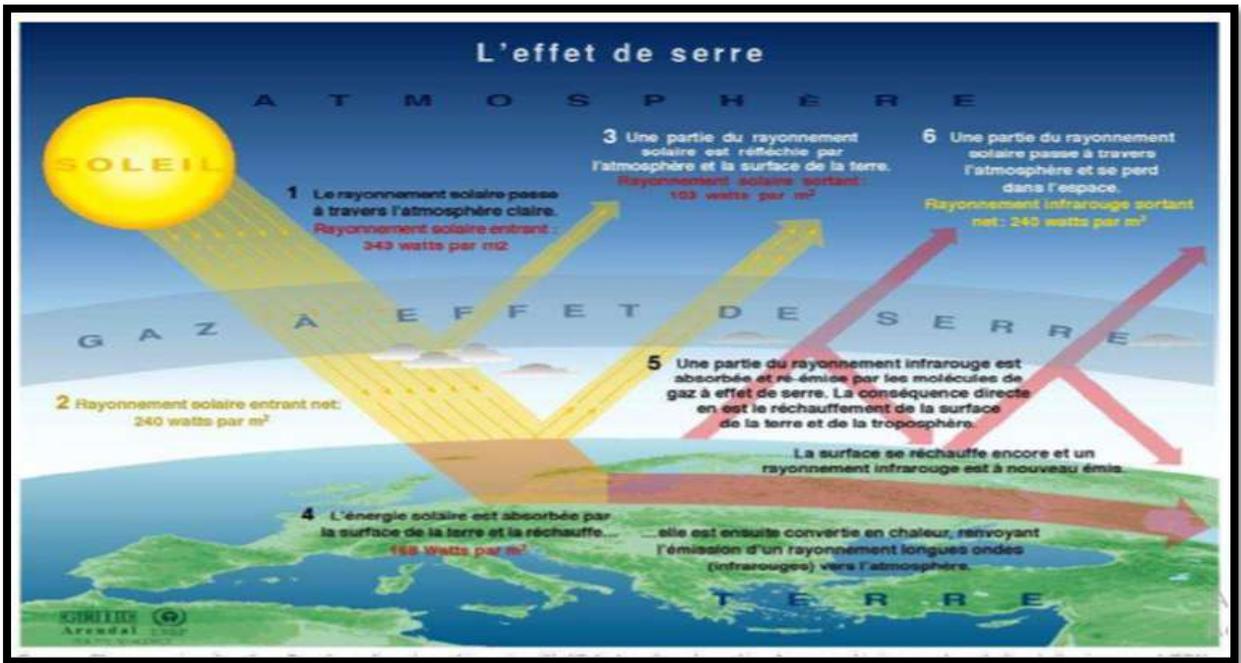


Figure (03) : Processus de l'effet de serre

2- Les émissions de gaz à effet de serre :

Les émissions de gaz à effet de serre sont directement liées au développement industriel, conduisant à une utilisation accrue des énergies fossiles (charbon, pétrole et gaz) par l'industrie, l'agriculture, les transports ou le logement, et dans une moindre mesure à un changement d'affectation des terres (déforestation). Entre 1970 et 2004, les émissions anthropiques de gaz à effet de serre ont augmenté de 70%.

Ces gaz sont émis de manière très inhomogène à la surface du globe, puis redistribués dans l'atmosphère terrestre à une échelle presque générale. En conséquence, même les régions qui émettent moins d'émissions ou qui sont plus éloignées des sources à fortes émissions - comme l'Afrique, par exemple - ont des concentrations de CO₂ similaires à leurs régions émettrices, car les pays occidentaux et occidentaux sont également touchés par le réchauffement climatique. (GIEC 2020).

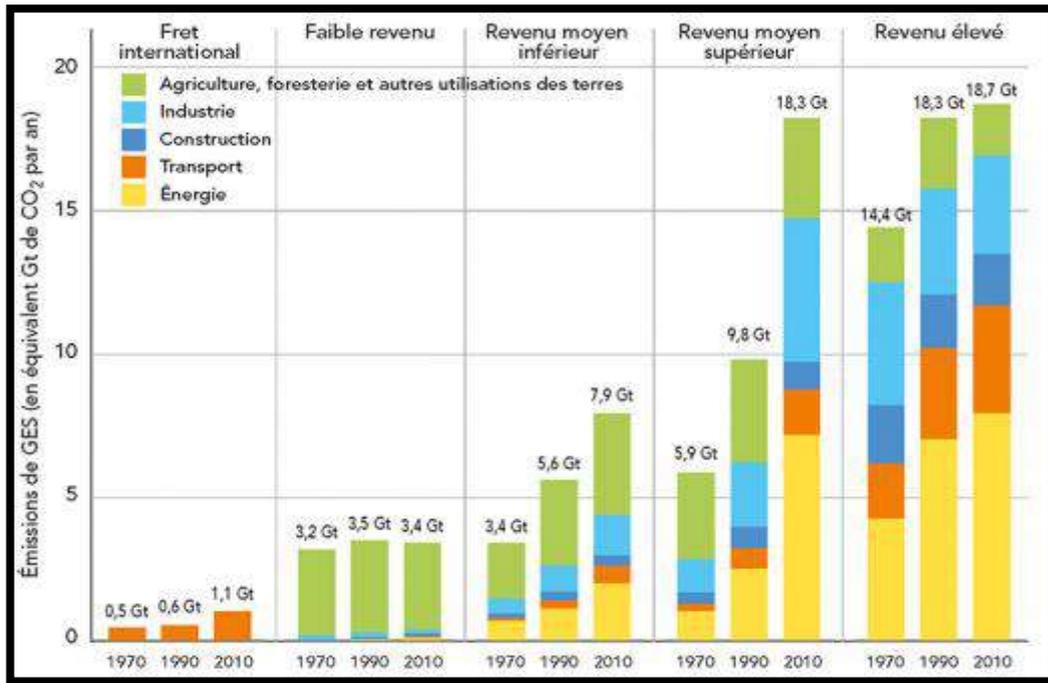


Figure (04) : Des sources d'émissions de gaz à effet de serre inégalement réparties selon les pays. (GIEC, 2013)

3- Activités humaines :

La principale activité humaine responsable du changement climatique est la combustion, en particulier les combustibles fossiles pétroles, charbon et gaz. Certains domaines (transmission automatisée, chauffage, production, cimenteries) dépendent presque entièrement de la combustion de ces énergies, bien qu'il existe de nombreuses évolutions technologiques qui favorisent ce phénomène.

Le nombre de molécules de dioxyde de carbone présentes dans un million de molécules d'air est passé de 280 en 1850, avant le début de l'ère industrielle, à plus de 400 molécules aujourd'hui. Nous disons 280 ou 400 parties par million, ppm est court pour parties par million en volume. Cette augmentation annuelle de la concentration est un peu moins de la moitié de ce qu'elle aurait été si l'atmosphère avait retenu tout le dioxyde de carbone produit par l'humanité en brûlant du charbon, du pétrole et du gaz naturel. L'autre moitié du dioxyde de carbone produit est absorbée par l'océan et la biosphère.

4 - Les Phénomènes naturelles :

a) Causes astronomiques :

Grâce à diverses théories anciennes de la part de scientifiques dans ce domaine, ils ont confirmé qu'il est possible que la cause du changement climatique soit une cause astronomique.

Entre les deux ans 1911 et 1941, le chercheur **Milutin Milanakovi** a lancé sa renaissance sous la forme de Explication des cycles climatiques interglaciaires / interglaciaires par des différences d'excentricité, de déviation et d'espacement terrestre. Selon cette théorie, la planète doit entrer dans une nouvelle ère de refroidissement, sans forcer anthropique, ou entrer dans une phase interglaciaire exceptionnellement longue et stable (encore 50 000 ans).

Théorie allemande de **Heinrich Schwab** en 1840 C'est la théorie des cycles solaires, développée puis par l'américain George Hill en 1906. Elle explique les faibles différences climatiques qui se produisent tous les 11 ans, un cycle correspondant au cycle des taches solaires qui a une périodicité de 11 ans. Lorsque le nombre de taches solaires est grand, le soleil émet plus d'énergie (et donc la Terre en reçoit plus) et donc un changement de température se produit. Ce rayonnement a un effet complexe sur la brume et donc à la fois sur l'albédo planétaire et un effet de réchauffement climatique dû aux nuages et à la vapeur d'eau.

b) La crise volcanique :

Les émissions de gaz des volcans ont deux effets opposés:

Les aérosols sont des émissions de dioxyde de soufre et de poussières qui bloquent l'atmosphère, augmentent les précipitations et refroidissent le climat.

Deuxièmement, les grandes quantités de gaz à effet de serre émises provoquent un effet de serre supplémentaire. L'effet d'une serre, comme le climat d'une serre, se traduit par une amplification des différences de température: s'il y a du soleil, la chaleur est retenue et réfléchi, et s'il n'y a pas de soleil, la chaleur est plus difficile à pénétrer et donc plus fraîche. La majorité des extinctions d'espèces passées semblent être le résultat d'un changement climatique soudain.

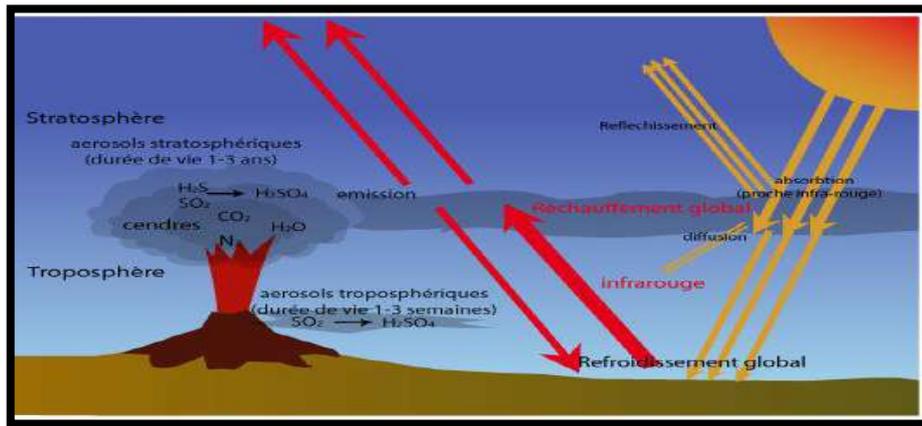


Figure (05) : Schéma représentant l'effet d'émissions volcaniques sur la température globale de l'atmosphère terrestre. (Robock, 2002)

L'effet de refroidissement est lié à la présence d'aérosols dans la haute atmosphère, aérosols formés notamment à partir des sulfures d'hydrogène H_2S et dioxydes de soufre SO_2 émis par l'épisode volcanique. Ce phénomène est relativement bref (quelques semaines à quelques années) et varie en fonction du taux et de la répartition à la surface du globe des gaz émis. On doit également prendre en compte la présence d'autres composés volatils comme le chlore et le fluor qui provoquent des pluies acides (dont la présence dans l'atmosphère est limitée à quelques semaines). Les émissions de CO_2 en revanche vont avoir un effet à plus long terme (plusieurs centaines d'années).

- **Exemple :**

En 1815, l'éruption de **Tambora** en Indonésie a également eu des conséquences climatiques mondiales, avec de graves perturbations en 1816 tombant aux records climatiques comme "l'année sans été".

Europe ... une année sans été

Cela a provoqué un changement du climat mondial, en particulier dans l'hémisphère nord, de sorte que les températures ont baissé en Europe et les pluies sont tombées à profusion, ce qui a entraîné des dommages aux cultures agricoles et le déclenchement de famine et de maladies mortelles qui ont tué des milliers de personnes, donc certains se sont révoltés. et émigré qui pourrait migrer.

Après l'éruption du volcan, de la fumée transportant environ 60 millions de tonnes de dioxyde de carbone a pénétré dans l'atmosphère sur plus de 20 mètres dans les couches supérieures, et les nuages se sont répartis sur toute la planète, ce qui a entraîné une forte baisse des températures, des précipitations continues et un changement dans les moussons, donc la sécheresse a prévalu en raison du temps froid L'année s'est écoulée sans été en Europe, et les agriculteurs n'ont pas pu répandre leurs graines en raison des fortes pluies qui ont balayé l'Europe, en particulier la Suisse, la France et l'Allemagne.

IV- Les conséquences du changement climatique dans tout le domaine:

Le changement climatique est l'un des principaux défis auxquels le monde est confronté aujourd'hui. Les changements climatiques se manifestent de multiples façons, compris une variabilité et une intensité accrues des événements météorologiques extrêmes et de l'élévation du niveau de la mer. Nous constatons déjà les effets du changement climatique, et les premiers à les ressentir ont tendance à être les pauvres et les pays pauvres qui sont les plus vulnérables et qui ont le moins de capacités pour y faire face Parmi eux :

1- Conséquences du changement climatique sur la santé humaine:

Les expositions projetées associées au changement climatique sont susceptibles d'affecter l'état de santé de millions de personnes dans le monde :

- Balle de maladies liées à la pollution de l'air
- La biodiversité joue un rôle crucial au niveau microbien dans la pathogénèse des maladies auto-immunes
- La propagation d'épidémies et de maladies infectieuses telles que la dengue, la schistosomiase et le virus filamenteux responsable de la fièvre Ebola, apparu en Europe au cours de l'année 2011
- L'augmentation de la température et de l'humidité entraîne une augmentation du groupe de vecteurs de maladies et De nouveaux agents pathogènes apparaissent.

2- Conséquences du changement climatique sur la richesse animalier:

- La hausse des températures de l'eau a des conséquences désastreuses pour les animaux marins
- Le réchauffement climatique entraîne la migration de plus d'un millier d'espèces animales de différentes espèces telles que les rongeurs et les papillons
- La biodiversité conduit à l'extinction de certaines espèces d'animaux, toutes les vingt minutes environ 260000 un type de cellules antiseptiques disparaît chaque année en rapport avec les mammifères, les oiseaux, les amphibiens, les reptiles, les insectes et les poissons.
- L'émergence d'oiseaux européens contaminés tels que les merles noirs, les tétras et les hiboux (AFSSA 2005)
- La propagation de maladies animales graves telles que la langue bleue chez les moutons d'origine africaine et La leishmaniose canine et Maladie équine africaine

3- Conséquences du changement climatique sur la richesse végétale :

- L'augmentation des concentrations de dioxyde de carbone affecte l'atmosphère et donc la photosynthèse des plantes, ce qui provoque l'épaississement du couvert végétal, qui affecte la structure et les fonctions des plantes.
- L'augmentation de la température affecte l'accélération du processus de photosynthèse, mais comme elle a doublé et dépassé les limites physiologiques de la plante, elle a augmenté les taux de déshydratation.
- Le manque de précipitations entraîne une diminution de l'humidité du sol, ce qui a des effets négatifs sur les plantes .
- Les changements climatiques associés aux volcans et les cendres denses qu'ils émettent bloquent les rayons du soleil des plantes
- L'extinction des espèces de papillons a des conséquences sur la pollinisation des plantes
- La propagation d'épidémies végétales, comme une épidémie liée au virus Osoyo originaire d'Afrique Du Sud

4- Conséquences du changement climatique sur les ressources hydriques :

- Le changement climatique entraîne une élévation du niveau de la mer et une diminution de la nature et de l'abondance de l'eau dans les zones côtières
- Causé une infiltration d'eau salée dans les stocks d'eaux souterraines dans les zones basses et balnéaires
- Diminution des taux de nutrition des ressources en eau résultant d'une diminution du pourcentage de filtration du sol en raison de la diminution de la valeur du niveau d'humidité du sol.
- Augmentation de la fréquence du stress hydrique
- Les rivières s'assèchent et les stocks de barrages reculent en raison de la réduction du débit d'eau des rivières vers eux
- Augmentation des taux d'évaporation de l'eau en raison de températures plus élevées.

5- Conséquences du changement climatique sur le secteur agricole

- Le risque d'invasion d'insectes ravageurs des cultures agricoles peut augmenter
- Les mauvaises herbes bénéficieront également des nouvelles conditions favorables induites par le changement climatique. Certaines études ont montré que les mauvaises herbes sont plus résistantes aux changements climatiques que les cultures (**Ziska, non daté**).
- Les vagues de chaleur liées au changement climatique ont probablement produit des récoltes bien inférieures à la moyenne dans de nombreuses régions du monde
- Davantage de mauvaises récoltes pourraient entraîner une hausse des prix mondiaux des denrées alimentaires-Au début du 21e siècle, des inondations qui pourraient avoir été liées au changement climatique ont raccourci la saison des semis dans la région du Midwest des États-Unis, affectant le secteur agricole.

Chapitre (03)

I - Présentation de la zone:

1. La situation géographique :

La ville de Touggourt est située dans l'oasis au nord du désert algérien au sud-est. C'est la capitale et la ville la plus importante d'Oued Righ. Elle est considérée comme l'une des villes de la wilaya d'Ouargla. A environ 260 km de la capitale algérienne, et elle est considérée comme l'un des plus grands centres de population situés dans la région d'Oued Righ et est appelée la mariée de la vallée du Righ et est considérée comme l'une des villes oasiennes les plus célèbres d'Algérie avec une superficie de 600000 km.

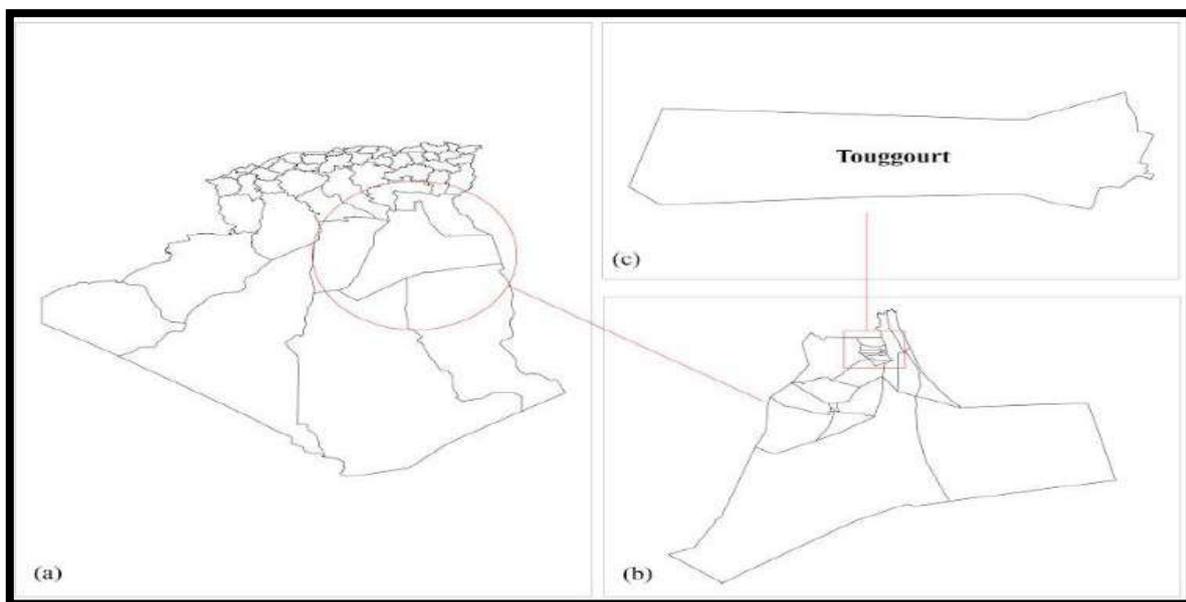


Figure (05) : La situation géographique de la ville de Touggourt

2- Climatologie :

Le climat est caractérisé par des températures élevées pendant l'été, lorsque sa température atteint 54 degrés Celsius, avec des niveaux élevés d'humidité, tandis que ses hivers sont caractérisés par un froid extrême, et la température peut atteindre deux gorges. Quant à la pluie, elle est peu pluvieuse, car elle tombe par endroits, ce qui est caractéristique des climats désertiques.

3- Les paramètres Météo logiques :

a) Température :

Le climat étant désertique dans notre zone étudiée, il ne fait aucun doute que la température du tracteur est très élevée et inégale, car le mois de juillet connaît toujours les températures les plus élevées dans lesquelles la température annuelle moyenne atteint $34,15^{\circ}\text{C}$, et le mois de Janvier est le mois le plus froid, sa température moyenne annuelle atteint $11,06^{\circ}\text{C}$.

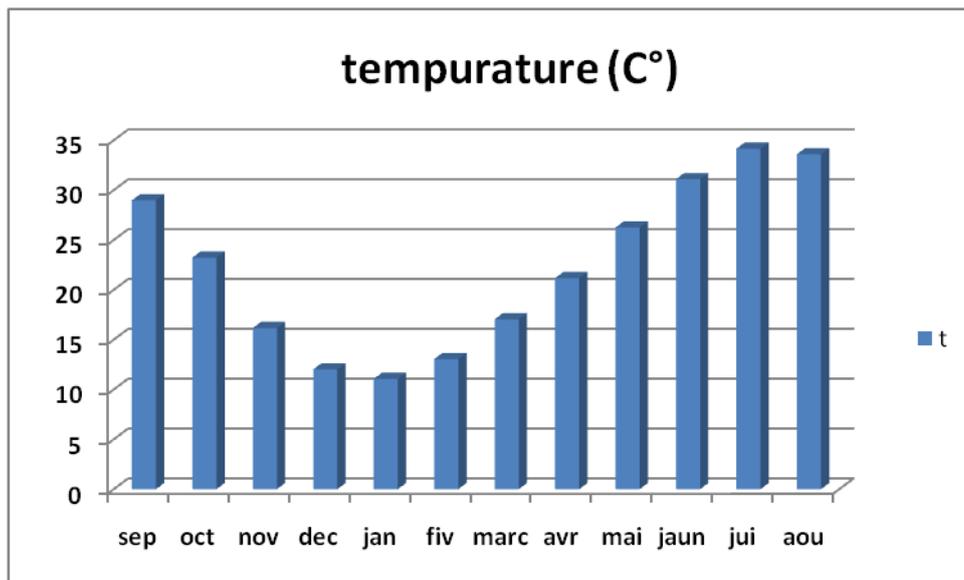


Figure (06) : Répartition des températures moyennes interannuelles (c°)

b) Précipitations :

Touggourt Une zone reconnue par la sécheresse absolue se caractérise par une rareté des pluies et des précipitations très faibles et totalement irrégulières au cours des saisons et des années, pouvant atteindre 0,02 mm comme valeur la plus basse.

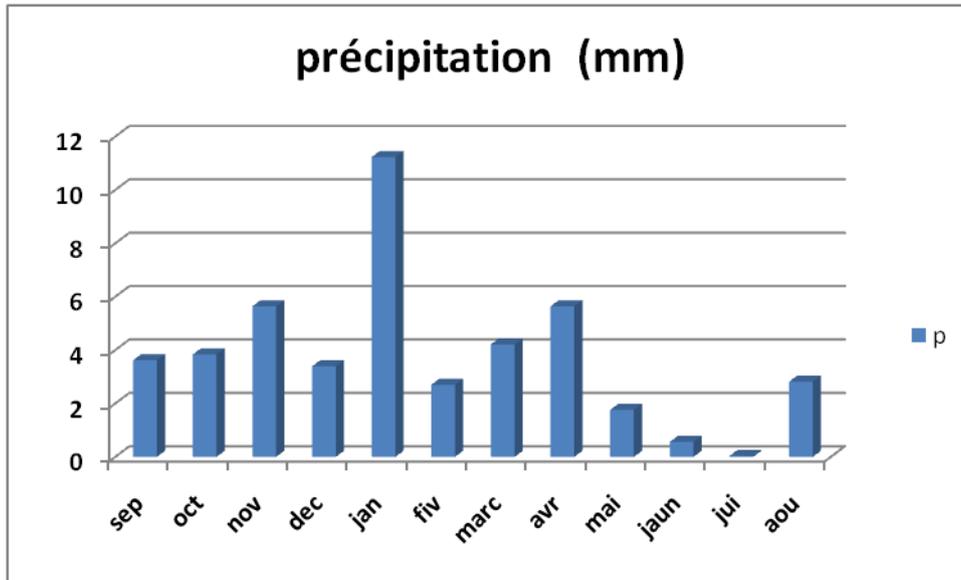


Figure (07) : Répartition des pluies moyennes interannuelles (mm)

c) Humidité :

L'humidité est la quantité de vapeur d'eau dans l'air, et l'humidité elle-même est simplement liée à la quantité de vapeur d'eau dans l'air. Cependant, la quantité de vapeur d'eau que l'air peut contenir change avec la température et la pression de l'air.

L'humidité dans la zone étudiée est souvent homogène, car elle ne dépasse pas 64 % et pas moins de 30 % . Le mois de juillet est la valeur la plus basse, soit 33,59 %, qui est le mois le plus sec en raison de sa température élevée et du mois de décembre est la valeur la plus élevée, soit 63,39 %.

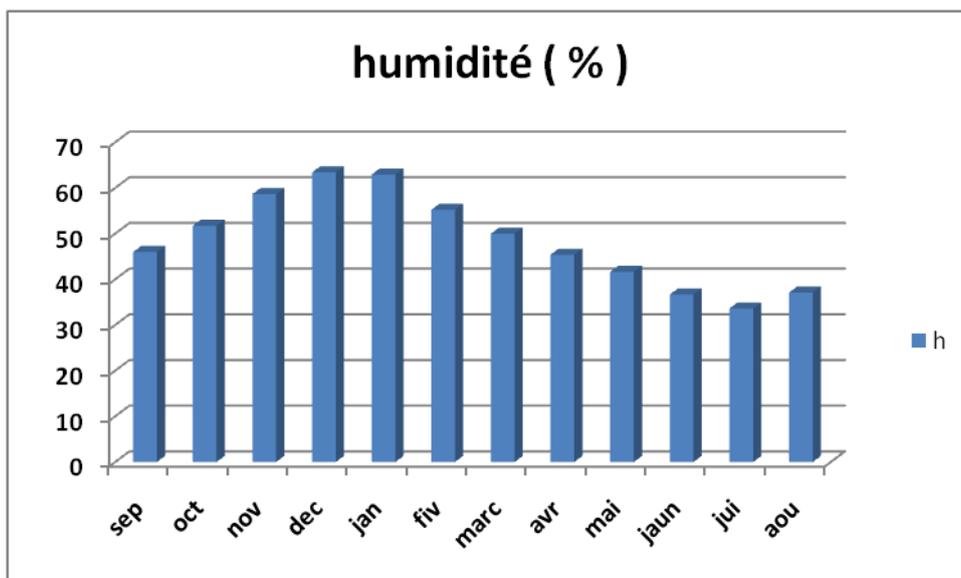


Figure (08) : Répartition des humidités de l'air moyennes interannuelles (%)

d) Ensoleillement :

La durée d'ensoleillement, ou durée de l'insolation effective, est un indicateur climatique qui mesure la durée temporelle pendant laquelle un endroit, un lieu est soumis à l'insolation effective, c'est-à-dire soumis à un rayonnement solaire suffisamment intense et puissant pour produire des ombres bien distinctes. Dans notre zone étudiée, il reçoit de fortes périodes d'ensoleillement atteignant leur maximum en juillet pour une période de 373 heures.

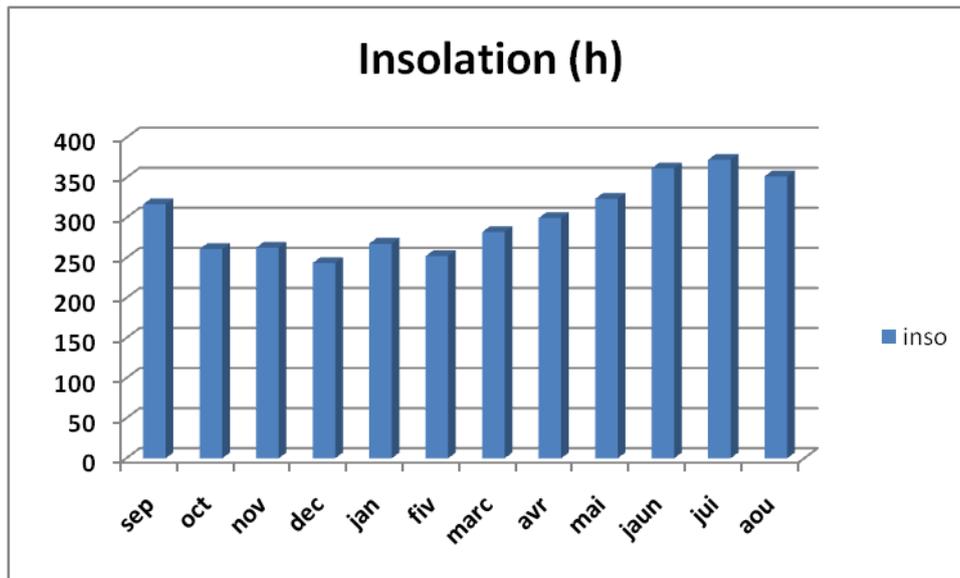


Figure (09): Répartition des durées insolutions moyennes interannuelles (h)

e) Evaporation :

L'évaporation est une transition graduelle d'un état liquide à un état gazeux à la surface du liquide et c'est un phénomène physique qui augmente avec l'augmentation de la température. Ce phénomène est une évaporation graduelle qui a un effet sur l'absorption d'énergie thermique et réduit ainsi la température de l'environnement. La température dans notre zone étudiée est très élevée si les valeurs d'évaporation ici sont importantes. Très significatives et significatives, car on constate que le mois de juillet 253.63 Mm.

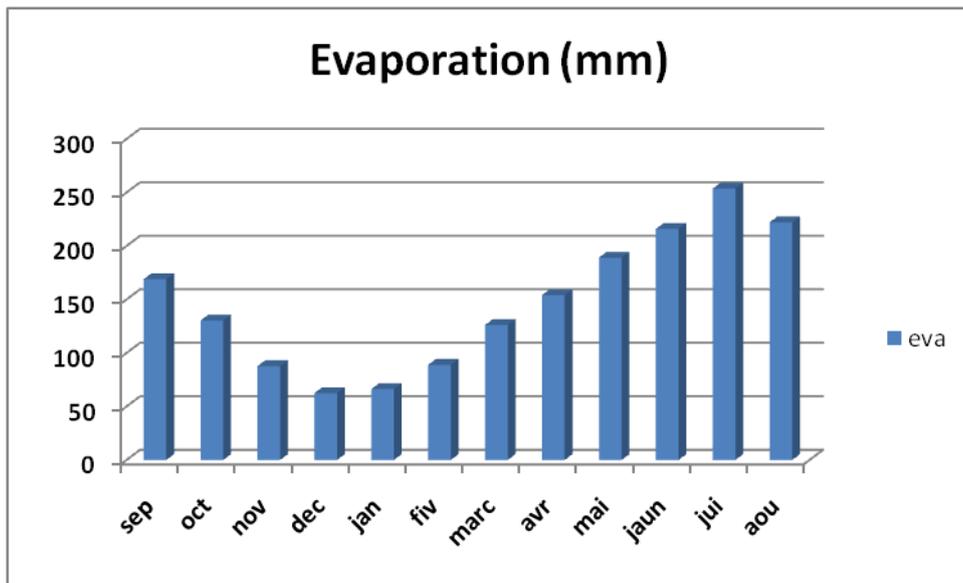


Figure (10) : Répartition évaporations moyennes interannuelle (mm)

f) La vitesse des vents :

Les vents dans notre zone étudiée sont fréquents tout au long de l'année, car les vents minimum sont au mois de décembre 7.56 m /s et le maximum au mois de avril 10.63 m /s.

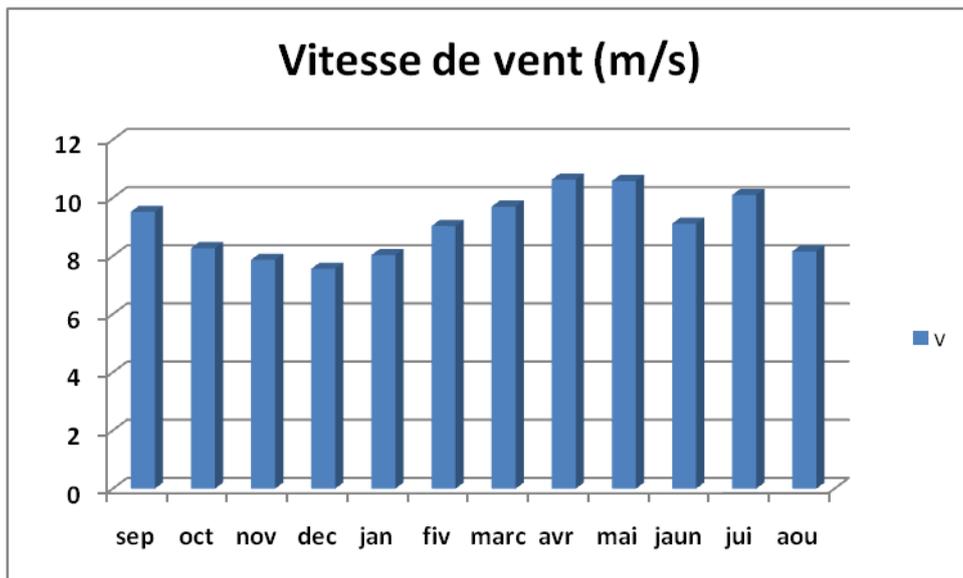


Figure (11) : Répartition des vitesses des vents moyens interannuels (m/s)

Chapitre (04)

I- Synthèse climatique :

1. Diagramme ombrothermique :

Un diagramme ombrothermique est un type particulier de diagramme climatique représentant les variations mensuelles sur une année des températures et des précipitations selon des gradations standardisées : une gradation de l'échelle des précipitations correspond à deux gradations de l'échelle des températures ($P = 2T$). Il a été développé par **Henri Gausсен et F. Bagnouls**, botanistes célèbres, pour mettre en évidence les périodes de sécheresses

Sur la base des valeurs de température et de précipitation pour notre zone étudiée, nous concluons ce diagramme :

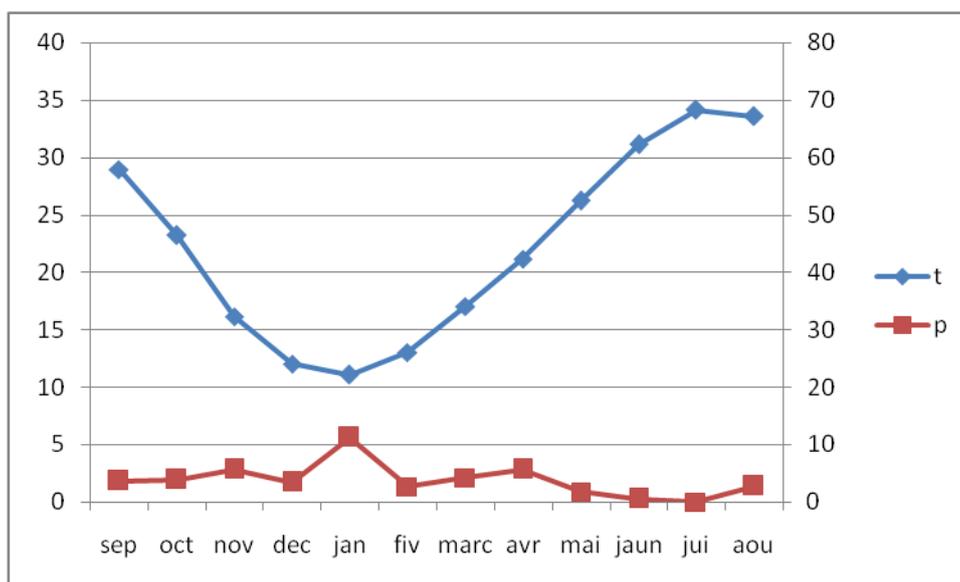


Figure (12) : Diagramme Ombrothermique de **BAGNOULS** et **GAUSSEN** de la région de Touggourt (1990/2018)

Analyse :

Dans la période de 1990 à 2018, la durée de la saison sèche varie en fonction de la température et des précipitations. Là où elle atteint son apogée en juillet en raison de la température élevée et de la quasi-absence de précipitations, la saison sèche dure environ trois mois (juin, juillet, août). Le mois de janvier est considéré comme une saison sèche quasi inexistante en raison du taux élevé de précipitations et basses températures

Nous avons divisé la période étudiée en six étapes, chaque étape comprend cinq années, et dessine un diagramme de **GAUSSEN** pour chacune d'elles :

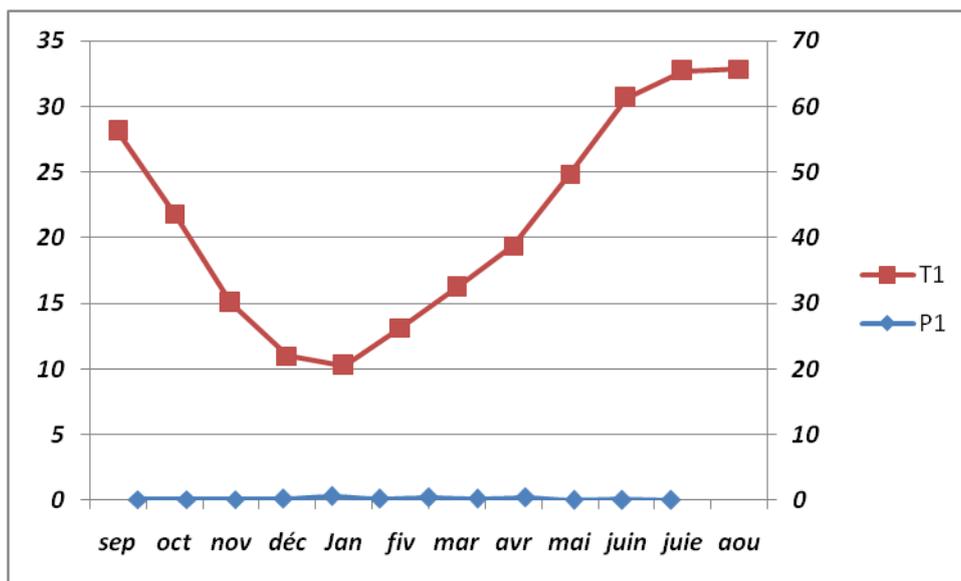
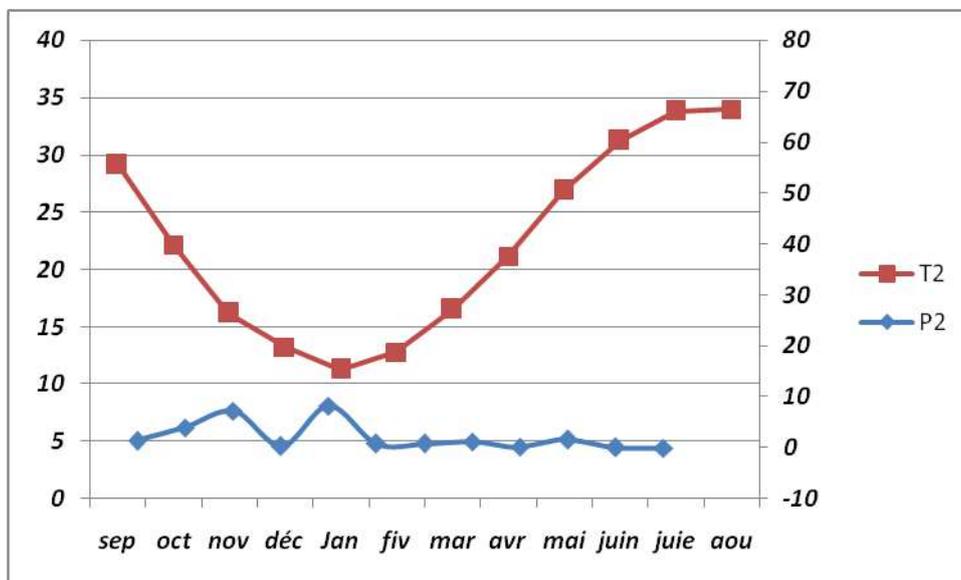


Figure (13) : Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN dans la période (1990/1994)

Dans la période de 1990/1994 Nous remarquons une nette divergence dans les courbes de précipitation et de température, ce qui a conduit au fait que la période sèche était très longue pendant la plupart des mois de l'année, en raison de la quasi-absence d'entartrage dans cette période de temps.



Figure(14) : Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN dans la période (1994/1999)

Dans cette période Tant la courbe de précipitation que la courbe de température ont connu une approximation au mois de janvier, où la saison sèche est la période la plus courte, puis nous

remarquons qu'il y a une divergence dans les courbes qui provoque une augmentation de la période sèche dans le reste du mois

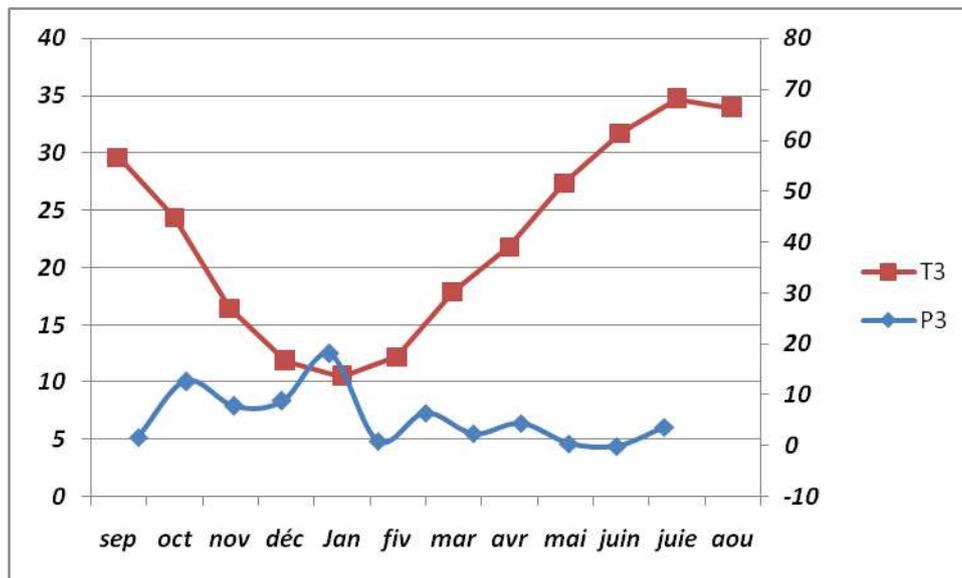


Figure (15) : Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN dans la période (2000/2004)

Dans la période de 2000/2004 On remarque une intersection de la courbe des précipitations avec la courbe des températures en janvier, provoquant l'absence de période sèche dans celle-ci. Puis les deux courbes ont divergé, entraînant une augmentation de la période sèche dans les mois restants.

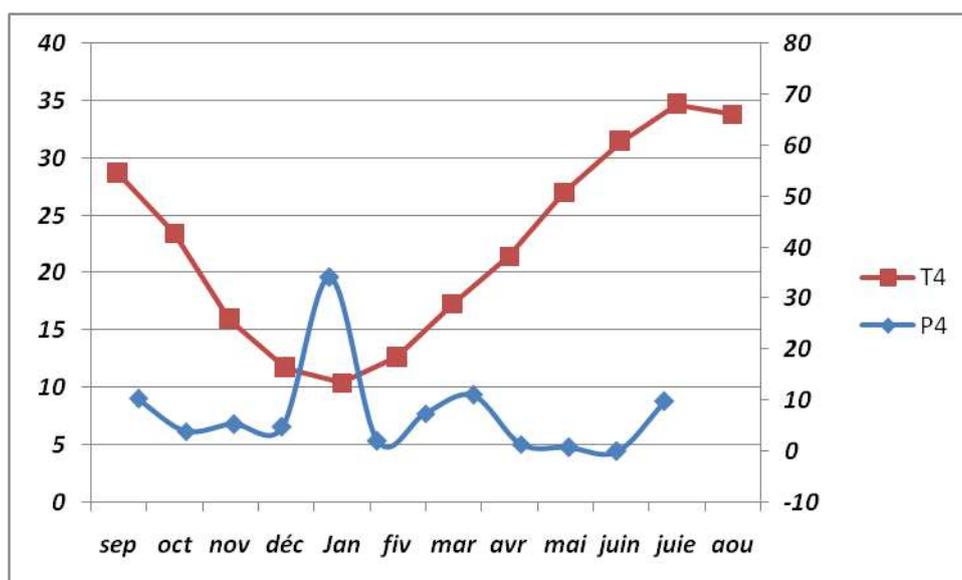


Figure (16) : Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN dans la période (2005/2009)

On remarque une intersection de la courbe des précipitations avec la courbe des températures en janvier, provoquant l'absence de période sèche dans celle-ci. Puis les deux courbes ont divergé, entraînant une augmentation de la période sèche dans les mois restants.

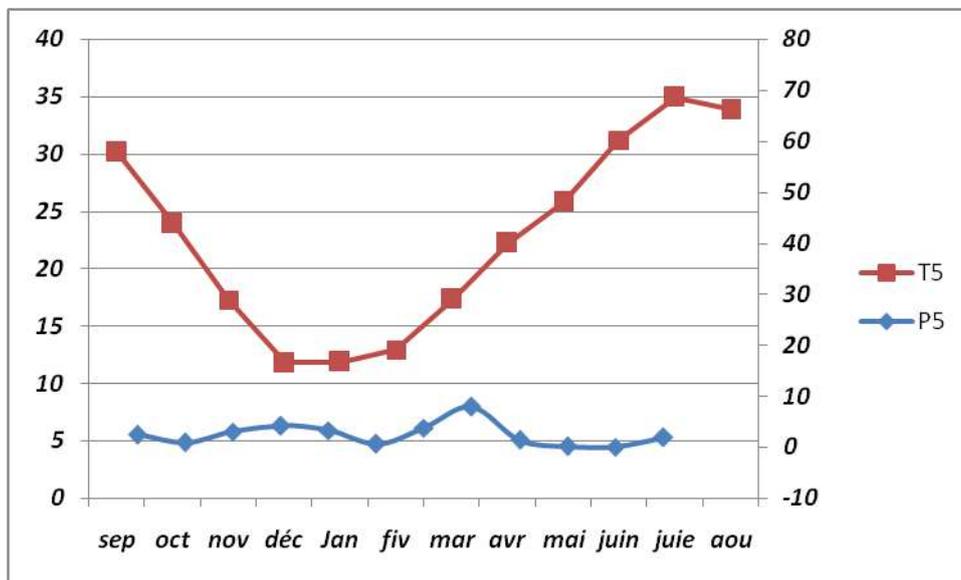


Figure (17) : Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN dans la période (2010/2014)

On remarque que la courbe T et la courbe B convergent par un très faible pourcentage, ce qui a conduit à la présence d'une période sèche importante en janvier, et elle augmente dans le reste des mois.

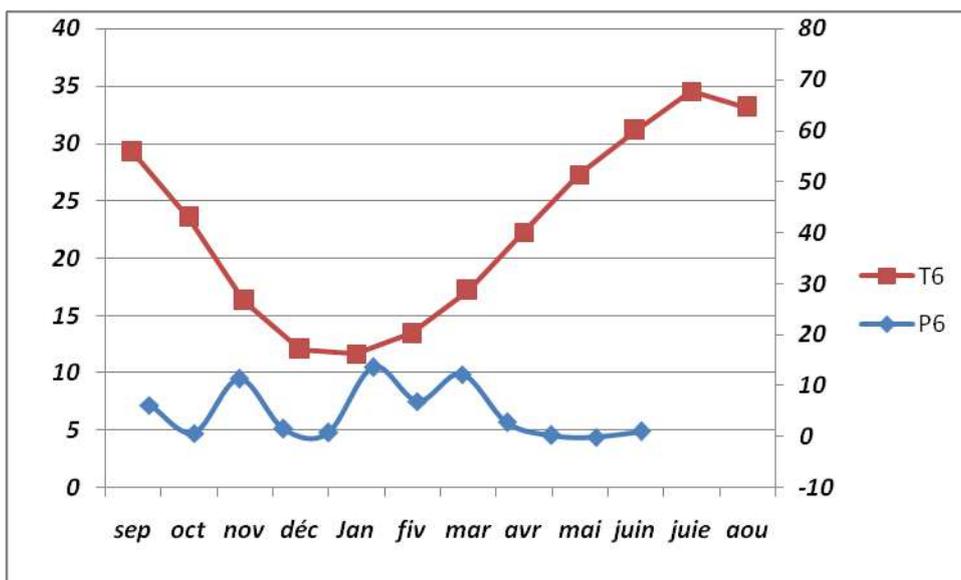


Figure (18) : Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN dans la période (2015/2018)

Dans la période de 2015/2018 Nous avons remarqué la convergence des courbes T et B fin janvier avec une très petite période sèche. Puis les deux courbes ont divergé dans les mois restants, suivie d'une grande sécheresse période .

Remarque :

le diagramme de la figure 15 et 16 les résultats n'pas logique dans la région étude à cause d'erreur dans les mesures ou bien des années exceptionnelles .

2. Indice d aridité de Martonne 1926 :

Un indice d'aridité (IA) est un indicateur numérique du degré de sécheresse du climat à un endroit donné. Un certain nombre d'indices aridité ont été proposés .ces indicateurs permettent d'identifier, de localiser ou de délimiter les régions qui souffrent d'un déficit d'eau disponible, une condition qui peut affecter gravement l'efficacité de l'utilisation des terres pour des activités telles que l'agriculture ou l'élevage .selon **Roger Coque1998**

Pour le calculer:

- on utilise la formule : $AI = \frac{p}{T+10}$
où P désigne les précipitations totales annuelles et T la température moyenne annuelle.
- Et pour un mois : $AI = \frac{12 p}{t+10}$
où P désigne les précipitations totales mensuelles et t la température moyenne mensuelles.

Nous avons calculé les valeurs de l'indice pour chaque année au cours de la période entre 1990 et 2018. Ensuite, nous l'avons divisé en cinq ans pour obtenir six étapes. Le tableau ci-dessous illustre ce :

Tableau (01) : Taux de l'indice d'aridité pour tous les cinq ans au cours de la période (1990/2018)

Décade	AI
1990__1994	0.088460767
1995__1999	0.797520094
2000__2004	2.091501744
2005__2009	2.812560775
2010__2014	0.901421149
2015__2018	1.786437867

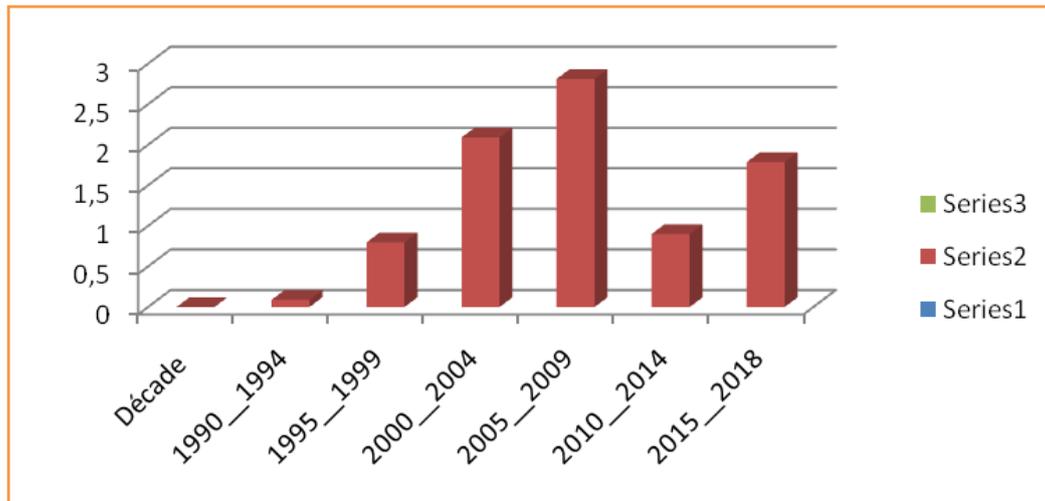


Figure (19) : L'ampleur de l'évolution de l'indice aridité tous les cinq ans pendant la période étudiée

Analyse :

il est clair pour nous que les cinq premières années ont connu la valeur la plus basse du quatrième indice quinquennal, sa valeur la plus élevée. On remarque qu'entre 1990 et 2009 l'indice augmentait clairement et continuellement, et de 2010 à 2014, l'indice a diminué puis est revenu à son premier état. Les cinq premières années est très faible, ce qui indique que les précipitations ont été très faibles, proches de zéro, compensées par une augmentation significative de la température. Et pour les cinq quatrièmes années, c'est l'inverse, car les précipitations annuelles étaient très importantes par rapport à la température. La forte baisse de l'indice au début de 2010 a modifié le taux de précipitations annuel, car il était quasi inexistant.

3. L'indice de chaleur George Winterling 1978 :

L'indice de chaleur est un indice développé aux États-Unis. Il combine la température de l'air ambiant et l'humidité relative, dans des zones ombragées, pour tenter de déterminer la perception de la température que ressent le corps humain (**Journal of Applied Meteorology and Climatology 1979**), c'est-à-dire de combien il ressentirait la chaleur si l'hygrométrie était à une autre valeur à l'ombre. Le résultat est également connu comme la « température ressentie à l'air » ou « la température apparente ».

L'indice de chaleur utilise comme hypothèse la masse et le volume, les vêtements portés, l'activité physique, la densité du sang, l'ensoleillement et l'exposition aux ultraviolets, ainsi

que le vent, pour une personne moyenne dans des conditions normales (**Daniel Engber 2013**).

Sa formule est calculée à partir des degrés Fahrenheit (°F) selon :

$$I CH = c_1 + c_2T + c_3H + c_4TH + c_5T^2 + c_6H^2 + c_7T^2H + c_8TH^2 + c_9T^2H^2$$

c	EN °C	EN °F
C1	-8,785	-42,379
C2	1,611	2,049
C3	2,339	10,143
C4	-0,146	-0,225
C5	$-1,231 \cdot 10^{-2}$	$-6,838 \cdot 10^{-3}$
C6	$-1,642 \cdot 10^{-2}$	$-5,482 \cdot 10^{-2}$
C7	$2,212 \cdot 10^{-3}$	$1,229 \cdot 10^{-3}$
C8	$7,255 \cdot 10^{-4}$	$8,528 \cdot 10^{-4}$
C9	$-3,582 \cdot 10^{-6}$	$-1,990 \cdot 10^{-6}$

ICH: Indice de chaleur (°c)

T : température de l'air (°c)

H :humidité relative (0 à 100)

C :les coefficients donnés

Nous avons calculé les valeurs de l'indice de chaleur puis les avons divisées tous les cinq ans pendant la période étudiée :

Tableau (02) : Taux de l'indice de chaleur pour tous les cinq ans au cours de la période (1990/2018)

Décade	la somme de I CH
1990__1994	361.6626
1995__1999	360.5819
2000__2004	361.2005
2005__2009	363.919
2010__2014	362.0184
2015__2018	363.7372

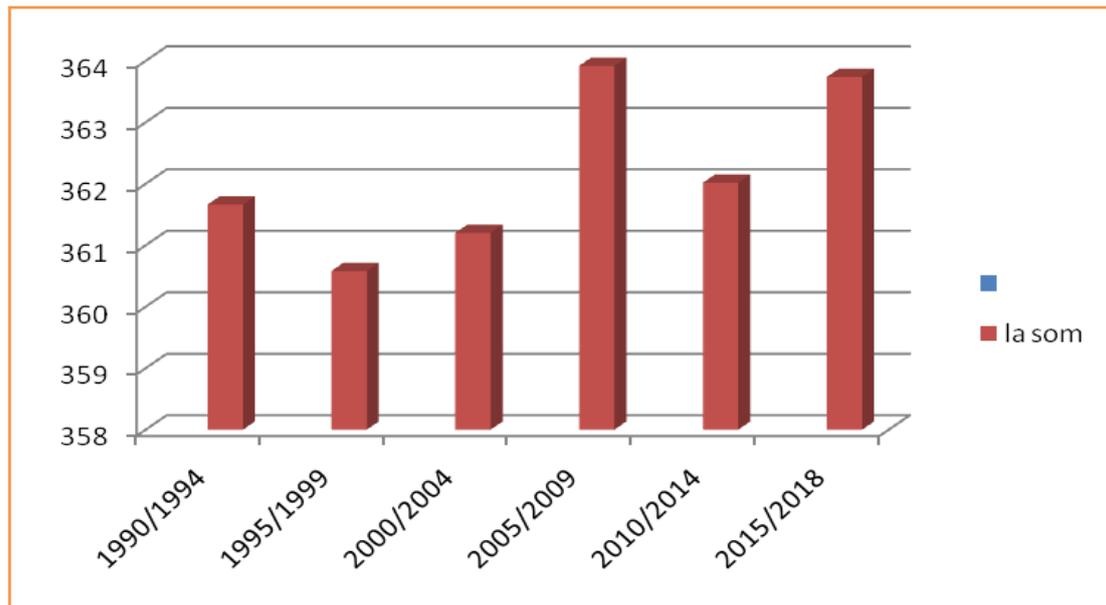


Figure (20) :L'ampleur de l'évolution de l'indice de chaleur tous les cinq ans pendant la période étudiée

Analyse :

nous remarquons que les cinq années suivantes ont connu la valeur la plus basse du quatrième indice quinquennal, sa valeur la plus élevée, On peut diviser la courbe en trois phases: du début de l'année 1990 à la fin de 1995, on constate une baisse de l'indice, suivie d'une seconde phase de 1995 à la fin de 2009, une nette augmentation de l'indice et la troisième phase de 2009 à 2014 diminue puis la dernière phase dans laquelle elle augmente ,L'indice de chaleur est basé sur la capacité du corps humain à refroidir la peau en produisant de la sueur. Lorsque l'humidité relative de l'air augmente, l'évaporation se produit moins et donne une sensation subjective de chaleur accrue. C'est ce que nous expliquons dans la deuxième et la quatrième étape de la courbe, et dans les première et troisième étapes, cela indique que l'humidité de l'air était faible

Chapitre (05)

I .Introduction :

L'objet de ce travail est la comparaison entre quelle que méthodes de modélisation et choisir la modale la plus efficace pour la prévision un grand nombre d'unités statistiques sur lesquelles on dispose d'une connaissance venant du domaine d'application : l'existence de classes homogènes quant à leur évolution temporelle. Les caractéristiques de ces données impliquent la mise en œuvre répétée des méthodes de l'analyse des données d'une part, de la modélisation des séries temporelles d'autre part.

L'étude comport donc plusieurs phases afin de répondre aux préoccupations de synthèse, de simplification, puis de modélisation concernant les données:

- recherche de la méthode de prévision la mieux adaptée pour les chroniques synthétiques de chaque classe afin d'obtenir des prévisions pour chaque unité statistique.

Dans ce chapitre nous allons exposons l'ensemble des matériels et méthodes numérique qui utilisés dans la modélisation du changement climatique en sélectionnant certains modèles à partir d'une série chronologique pour la prévision a future. Employés pour l'accomplissement de cette mémoire à commencer par la description agro-climatique de notre site d'étude (**Touggourt**) et jusqu'aux différentes méthodes utilisées pour l'analyse des tendances climatiques.

1/ L'intelligence artificielle:

L'intelligence artificielle (**IA**) est l'ensemble des théories et des techniques mises en œuvre en vue de réaliser des machines capables de simuler l'intelligence humaine (**Encyclopédie Larousse**). Certaines instances, notamment la (**CNIL, 2017**), relevant le peu de précision dans la définition de l'IA, introduisent ce sujet comme « le grand mythe de notre temps ».



Figure (21) :Une image qui montre l'intelligence l'artificielle

2/ L'apprentissage automatique:

L'apprentissage automatique (machine Learning) est un champ d'étude et une méthode utilisée en intelligence artificielle qui se fonde sur des approches mathématiques et statistiques et des algorithmes pour donner aux ordinateurs la capacité d'« apprendre » à partir de données.

3/Différents types d'apprentissage automatique:

Il existe différents types d'apprentissage automatique le supervisé, le non-supervisé et celui par renforcement.

a / Apprentissage supervisé : pour cet apprentissage, nous avons des données en entrée (Features) et le résultat attendu (Label). Il nous permet de faire des prédictions

basées sur un modèle qui est obtenu à partir de données d'historique et de l'algorithme choisi. L'apprentissage supervisé tente de répondre à deux questions :

- Classification : « quelle classe ? ».
- Régression : « combien ? ».

b /Apprentissage non-supervisé : avec cet apprentissage, vous avez toujours des features, mais pas de label, car nous n'essayons pas de prédire quoi que ce soit. À partir des données historiques que nous avons, nous essayons de voir ce que nous pouvons apprendre des données, sans oublier de valider les conclusions obtenues avec des experts en la matière. Ce type d'apprentissage automatique sert généralement à découvrir des structures et des modèles dans les données.

c/Apprentissage par renforcement : avec ce type d'apprentissage, vous commencez avec un agent (algorithme) qui doit choisir parmi une liste d'actions. Ensuite, en fonction de l'action choisie, il recevra un retour de l'environnement: c'est soit une récompense pour un bon choix, soit une pénalité pour une mauvaise action. L'agent (l'algorithme) apprend quelle stratégie maximise le cumul de récompenses. Ce type d'apprentissage est souvent utilisé dans le cadre de la robotique, de la théorie des jeux et des véhicules autonomes.

4/ Les trois étapes essentielles de l'apprentissage automatique :

L'apprentissage automatique (Machine Learning) est utilisé en intelligence artificielle et en science et analyse des données (Analytics and Data Science). Les principales étapes sont :

- La préparation des données
- L'ingénierie des caractéristiques (Feature Engineering)
- Le choix d'algorithme

5/ L'apprentissage profond :

L'apprentissage profond est un ensemble de méthodes d'apprentissage automatique tentant de modéliser avec un haut niveau d'abstraction des données grâce à des architectures articulées de différentes transformations non linéaires. L'apprentissage profond utilise des couches cachées de réseaux de neurones artificiels, des « machines de Boltzmann restreintes », et des séries de calculs propositionnels complexes. Les algorithmes d'apprentissage profond s'opposent aux algorithmes

d'apprentissage peu profonds du fait du nombre de transformations réalisées sur les données entre la couche d'entrée et la couche de sortie.

6/ Les Réseaux de neurones récurrents:

Les RNN sont conçus de manière à reconnaître les caractéristiques séquentielles et les modèles d'utilisation des données requis pour prédire le scénario suivant le plus probable. Les RNN sont utilisés dans le cadre de l'apprentissage profond et dans le développement de modèles qui simulent l'activité du système cérébral humain. Ils sont particulièrement puissants dans les scénarios faisant intervenir le contexte dans la prédiction d'un résultat. Les réseaux de neurones récurrents. Les réseaux de neurones récurrents (ou RNN pour Recurrent Neural Networks) sont une catégorie de réseaux de neurones dédiée au traitement de séquences, c'est-à-dire aux signaux de taille variable.

Les réseaux de neurones récurrents reposent sur deux principes :

- le premier principe est l'astuce de la fenêtre glissante, qui permet de traiter des signaux de taille variable.
- le second principe est l'utilisation de connexions récurrentes qui permettent d'analyser la partie passée du signal.

❖ Comment fonctionnent les réseaux de neurones ?

Le concept de réseau de neurones repose sur trois étapes principales:

1. Pour chaque neurone dans une couche, multiplier la valeur d'entrée par le poids.
2. Ensuite, pour chaque couche, additionner toutes les pondérations des neurones et ajouter un biais.

3. Enfin, appliquer la fonction d'activation sur cette valeur pour calculer une nouvelle sortie

❖ **Quels sont les différents types de réseaux de neurones ?**

Il existe différents types de réseaux de neurones. Les deux réseaux de neurones les plus populaires sont :

a) **Réseau de neurones récurrent – Récurrent Neural Network (RNN):**

Ce sont des réseaux de neurones spécialisés qui utilisent le contexte des entrées lors du calcul de la sortie. La sortie dépend des entrées et des sorties calculées précédemment.

Ainsi, les RNN conviennent aux applications où les informations historiques sont importantes. Ces réseaux nous aident à prévoir les séries chronologiques à prévoir les mots dans les applications de type chatbot. Ils peuvent fonctionner avec différentes longueurs d'entrée et de sortie et nécessitent une grande quantité de données.

b) **Réseau de neurones de convolution – Convolution Neural Network (CNN):**

Ces réseaux reposent sur des filtres de convolution (matrices numériques). Les filtres sont appliqués aux entrées avant que celles-ci ne soient transmises aux neurones.

Ces réseaux de neurones sont utiles pour le traitement et la prévision d'images.

II .Modélisation des séries temporelles:

Le climat c'est le résultat de processus interactifs complexes prenant naissance dans le système terre-océan-atmosphère-biosphère-cryosphère en vue de régir l'énergie reçue du soleil. Pour l'étude du climat et la prise en compte de l'ensemble de ces interactions, il est Nécessaire d'adopter une approche globale. Pour cela, les scientifiques utilisent des modèles de circulation générale (MCG) de l'atmosphère et la Modélisation, qui consistent à intégrer numériquement un ensemble d'équations mathématiques qui

représentent les lois fondamentales gouvernant le comportement du système climatique et décrivant les processus physiques liant les diverses composantes du système. L'utilisation des MCG permet de reproduire la circulation atmosphérique à grande échelle et ainsi de simuler les principales caractéristiques de la distribution et de l'évolution du climat à la surface du globe.

1 - Les Série chronologiques :

Une série temporelle (ou chronologique) est une suite d'observations $x_1 x_2 x_3 \dots x_n$ indexée par le temps. On supposera qu'il s'agit d'une réalisation d'un processus x . C'est-à-dire d'une suite $\{x\}$ de variables aléatoires.

L'Objectif :

Les principaux objectifs de la modélisation des séries temporelles sont les suivants:

- en économétrie, détecté puis analyser les périodes de crises et croissances
- en reconnaissance vocale, reconnaître les mots dans des signaux

- dans le séquençage du génome, détecter les parties de l'ADN qui contiennent de l'information.
- Comparer deux séries temporelles. Par exemple, l'évolution démographique de deux région sou deux séquences d'ADN.
- Prédire l'évolution future de la série temporelle à partir de celles qui ont été observées. Par exemple, la température ou le cours d'une action du lendemain ou l'évolution de la Population mondiale au cours du siècle prochain.

2 - Les différentes étapes de la modélisation :

1. modéliser la tendance
2. modéliser la composante saisonnière
3. modéliser la série résiduelle

III .Présentation des différentes modèles:

Nous avons d'abord appliqué trois modèles de la série chronologique. Le premier modèle c'est une modèle classique s'appeler **ARIMA**, et les deux autres sont nouveaux modèles appelés **LSTM** et **NAR** sur l'indice d'aridité et l'indice de chaleur. Ensuite, nous choisissons le modèle optimal qui nous donne le meilleur et le moins valeur de l'erreur quadratique moyenne **MSE**.

- **l'erreur quadratique moyenne (Mean Square Error) MSE:** est très utile pour comparer plusieurs estimateurs, notamment lorsque l'un d'eux est biaisé.

1/ Le Modèle ARIMA:

En statistiques, le modèle **ARIMA** (modèles autorégressifs et moyenne mobile), ou aussi **modèle de Box-Jenkins**, sont les principaux modèles de séries temporelles.

Étant donné une série temporelle X_t , le modèle **ARIMA** est un outil pour comprendre et prédire, éventuellement, les valeurs futures de cette série. Le modèle est composé de deux parties : une part autorégressive (AR) et une part moyenne-mobile (MA). Le modèle est généralement noté **ARIMA** où p est l'ordre de la partie (AR) et q l'ordre de la partie (MA).

- **Principe de modèle ARIMA :**

Les modèles de la famille **ARIMA** permettent de représenter sous une forme succincte certains phénomènes variant avec le temps, et de faire des prévisions pour les valeurs futures du phénomène, avec un intervalle de confiance autour des prévisions.

Nous avons appliqué le modèle **ARIMA** pour calcule le **MSE** de l'indice d'aridité mensuelle d'une série temporelle de 28 ans de la région étudié (**Touggourt**).

- ✓ D'abord nous fixons le paramètre de défirrent 1 et moyenne mobile 2 et à chaque fois qu'on change le paramètre de autorégressif
- ✓ D'après nous fixons le paramètre de autorégressif 0 et moyenne mobile 1 et à chaque fois qu'on change les paramètres de défirrent.

✓ Les résultats présentés dans le tableau suivant :

Tableau(03) : présentation de résultats de MSE à l'ARIMA

ARIMA				
Autorégressif	0	1	2	4
MES	0.1042	0.10409	0.1036	0.1069
Défirent	3	4	5	2
MSE	0.1048	0.1051	0.1047	0.1042

2/ Le Modèle LSTM:

La mémoire à long terme (Long short-term memory) **LSTM** est une architecture de réseau neuronal récurrent artificiel. Utilisée dans le domaine de l'apprentissage en profondeur. . Il peut non seulement traiter des points de données uniques, mais également des séquences entières de données. Une unité **LSTM** commune est composée d'une cellule, d'une porte d'entrée, d'une porte de sortie et d'une porte d'oubli. La cellule se souvient des valeurs sur des intervalles de temps arbitraires et les trois portes régulent le flux d'informations entrant et sortant de la cellule. Les réseaux **LSTM** sont bien adaptés pour classer, traiter et faire des prédictions basées sur des

données de séries chronologiques, car il peut y avoir des décalages de durée inconnue événements importants dans une série chronologique.

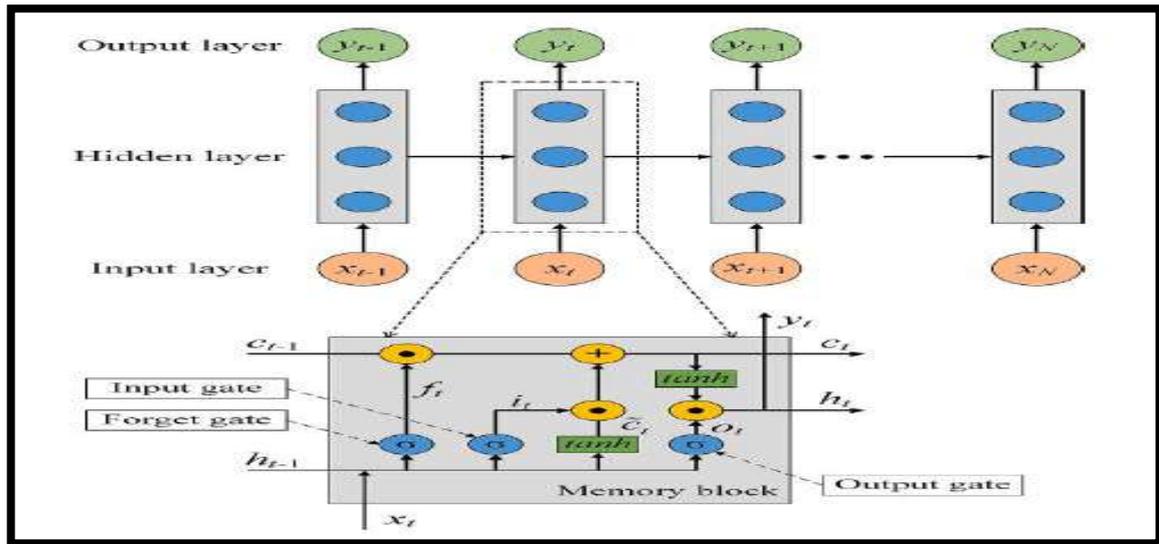


Figure (22) : Architecture du réseau LSTM.

Nous appliquons aussi le modèle LSTM avec le même indice pour la même période et la même zone étudiée et calculer le MES.

- ✓ D'abord nous fixons le pourcentage de l'entraînement 90% et à chaque fois qu'on change le nombre de neurones dans LSTM
- ✓ D'après nous fixons le nombre de neurones 200 et à chaque fois qu'on change le pourcentage de l'entraînement.
- ✓ Pour appliquer le modèle de LSTM, il faut entrer quel code de ce modèle pour afficher les graphes suivants :

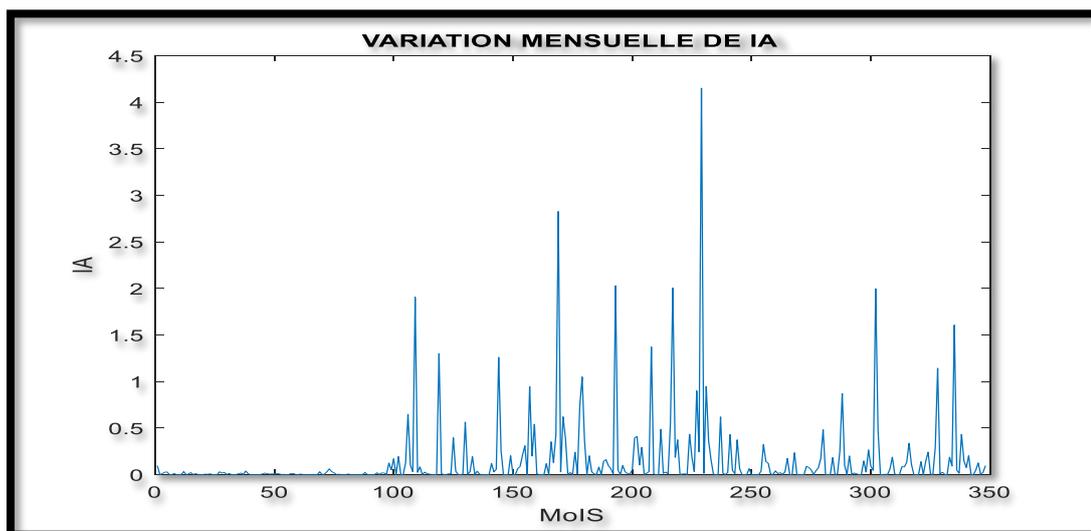


Figure (23) : variation mensuelle d'indice d'aridité par LSTM

La courbe représente les changements d'indice dans la première étape dans le modèle LSTM après la saisie des premiers codes. Nous remarquons qu'il y a une grande variation des valeurs d'aridité pendant la durée du temps mensuel calculé.

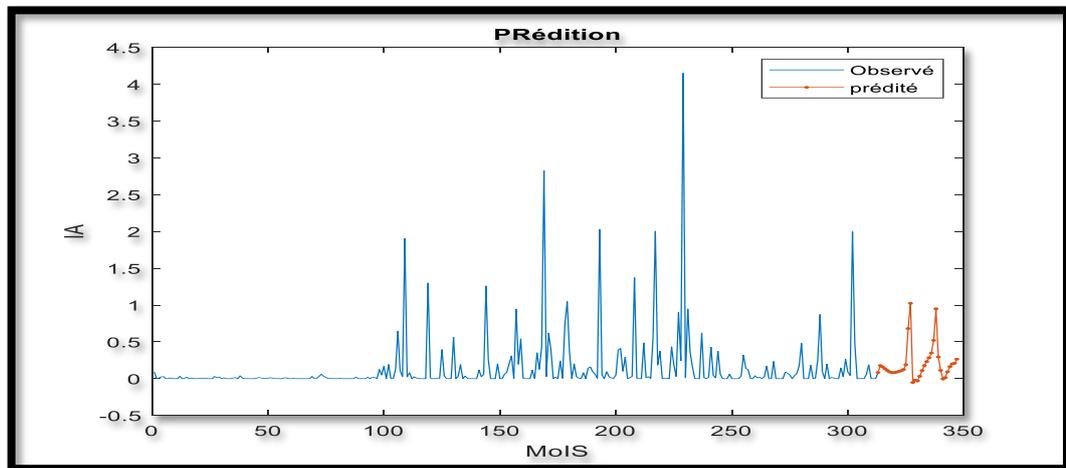


Figure (24): La 2^{ém} étape de l'étalonnage par LSTM

La courbe représente la deuxième étape après l'inclusion de l'ensemble de codes. Où le modèle traite la série chronologique répertoriée et effectue une prédiction en convertissant le pourcentage 90 % en une valeur numérique 314 pour l'entraînement et 10 % à 34 pour la prévision.

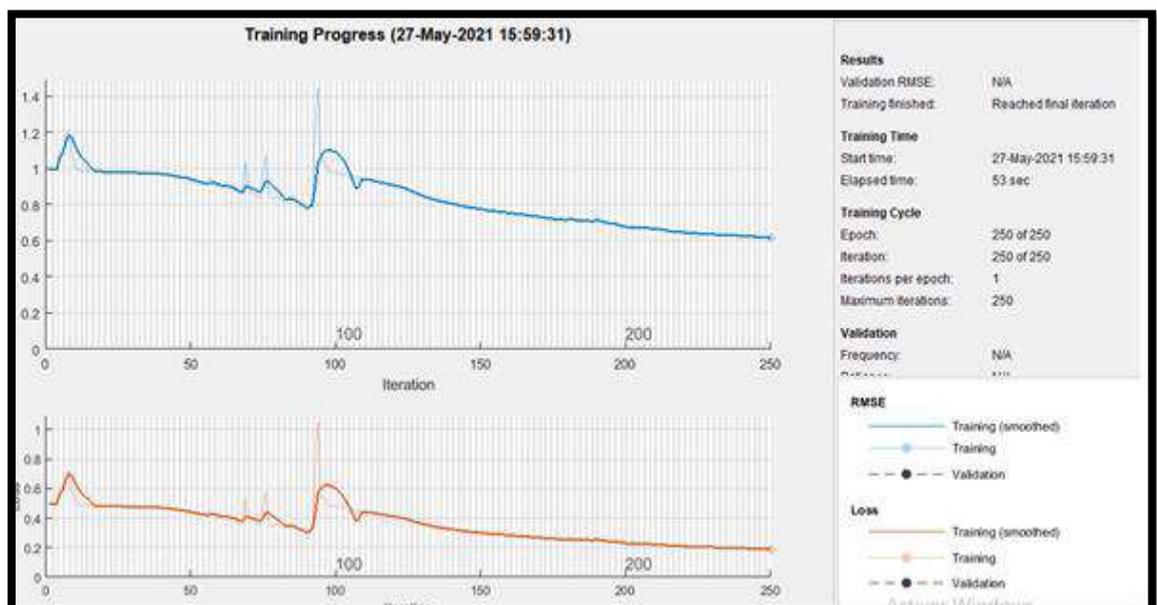
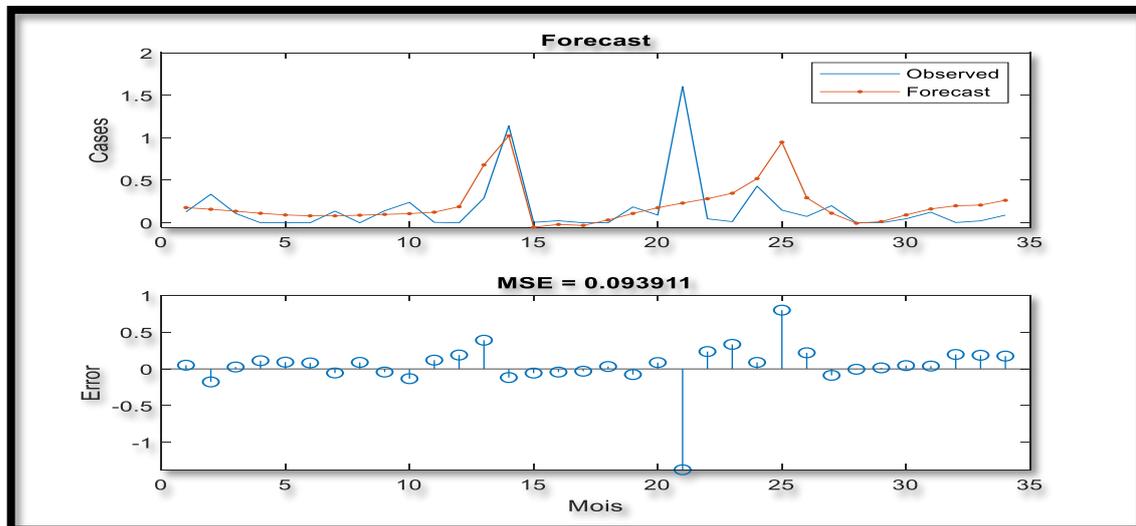


Figure (25) : Courbe montrant l'étape finale d'étalonnage

La courbe représente l'état final de l'étalonnage, car elle montre les changements de MSE, qui étaient en nette diminution, à la fois dans la courbe des valeurs d'étalonnage (la courbe Blue) et dans la courbe des valeurs de prédiction (la courbe rouge), après avoir saisi les codes de cette étape.



La courbe représente la dernière étape du modèle stim après avoir inséré les derniers codes afin d'extraire la valeur d'erreur quadratique moyenne requise, tout en montrant l'intervalle de confiance pour l'erreur qui est apparue très acceptable dans la courbe.

✓ Les résultats présentés dans le tableau suivent :

✓ **Tableau (04):** présentation de résultats de MSE à LSTM

LSTM				
Nombre de neurones	200	100	50	10
MSE	0.0939	0.3046	0.306	0.1317
pourcentage de l'entraînement	90 %	80 %	70 %	60 %
MSE	0.0939	0.1814	0.1807	0.3591

3/ Le Modèle NAR:

Le **NAR** (Non liner Autorégressive) le réseau de neurones s'utilise comme variable de régression et représente les variables aléatoires à un moment ultérieur par une combinaison linéaire de variables aléatoires au fil du temps. En tant que réseau neuronal dynamique basé sur une série temporelle, sa sortie n'est pas seulement une cartographie statique, mais aussi

une utilisation complète des résultats dynamiques précédents, avec des fonctions de rétroaction et de mémoire **Farhan & Rajiv**.

Nous appliquons aussi le modèle NAR avec le même indice pour la même période et la même zone étudiée et calculer le MES.

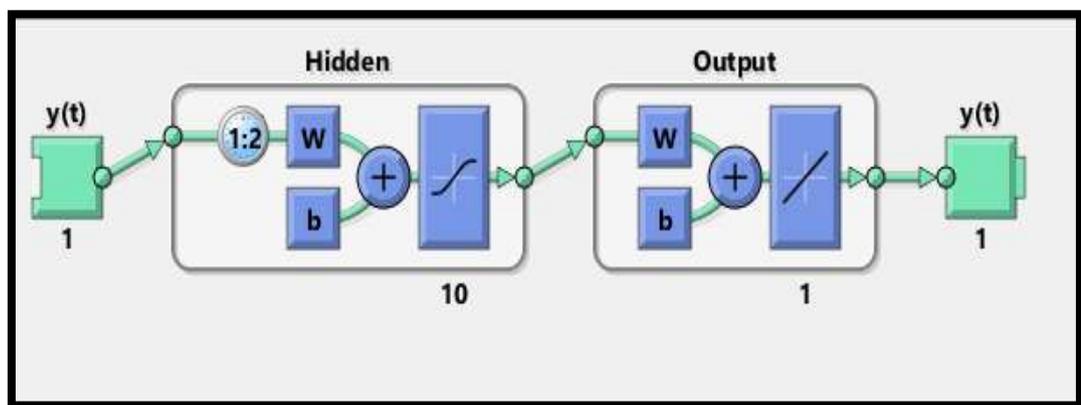


Figure (27) :Architecture du réseau modèle NAR dans étape d'étalonnage

- ✓ D'abord nous fixons le pourcentage de l'entraînement 70 et à chaque fois qu'on change les neurones dans NAR
- ✓ D'après nous fixons le nombre de neurones 10 et à chaque fois qu'on change le pourcentage de l'entraînement.
- ✓ Les résultats présentés dans le tableau suivent :

Tableau (05): présentation de résultats de MSE à NAR

NAR				
nombre de neurones	200	100	50	10
MSE	1.3	0.33	0.38	0.25
pourcentage de l'entraînement	90	80	70	60
MSE	0.99	0.083	0.25	0.071

Le résultat:

Après avoir appliqué trois modèles différents, Nous avons remarqué que le modèle qui a donné la meilleure et la plus petite valeur pour de MES. C'est le modèle **Non Lignièrès Autorégressive NAR**.

Tableau (06) : Comparaison entre les modèles en fonction de la valeur de MSE

Model	MSE
ARIMA	0.1036
LSTM	0.093
NAR	0.071

IV .Les prévisions :

Après avoir adopté les conditions idéales précédemment déterminées dans le modèle NAR .nous avons utilisé le même modèle pour la prévision de l'indice d'aridité et l'indice de chaleur.

1. La prévision d'indice de chaleur :

Après l'entre les donnés dans logicielle avec les conditions optimale Nous avons obtenu les résultats dans le tableau suivant :

Tableau (07) : les valeurs de MSE et R dans chaque phase

Phase	MSE	R
Étalonnage	5.67335885	0.8012
Validation	4.97616641	0.81084241
Test	3.25569633	0.90146271

Remarque :chaque étapes .il faut l'entre des coude spéciale de la modèle pour affiché les courbes et les résultants .Souhaité

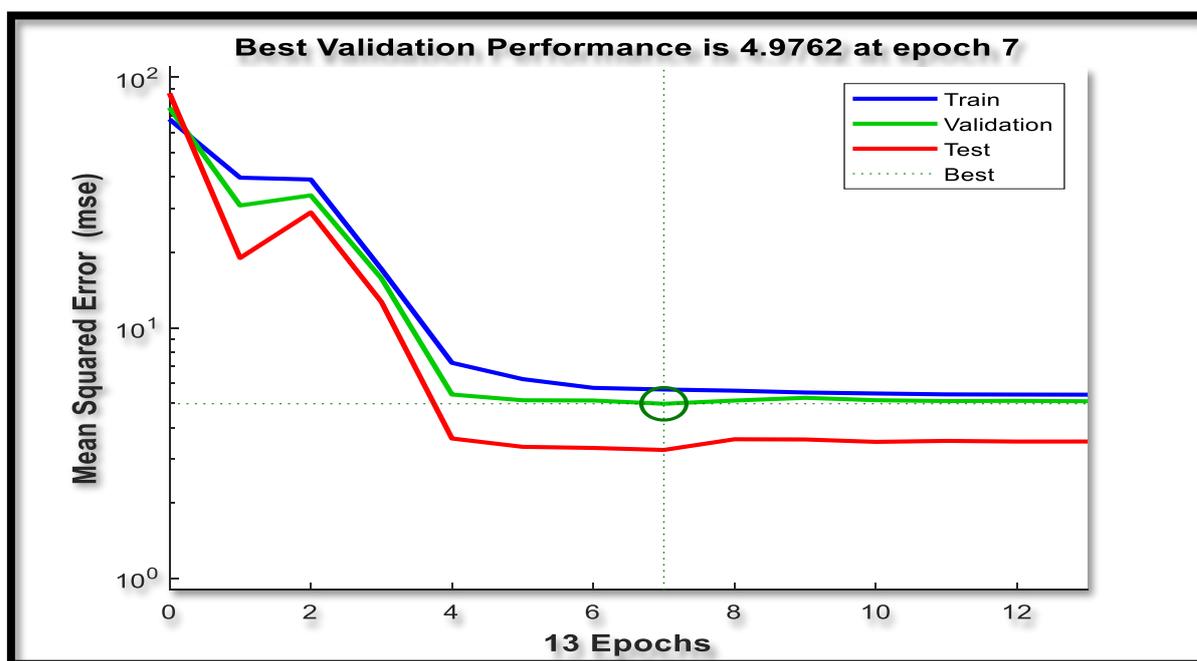


Figure (28) : Variation de l'écart en termes de MSE vs époque

La figure 28 montre l'évolution des écarts entre les Valeurs ICH et valeurs attendues de l'ANN dans la fonction Ère contre MSE. Il est clair sur la figure 20 que les valeurs MSE d'être élevé au début du processus de formation, mais avec L'évolution du temps, une diminution significative a été observée à l'époque 07 Où il a atteint 4,98. D'après ça , Les valeurs MSE ont continué à baisser dans la phase d'entraînement jusqu'à la phase de stabilisation, tandis que la perturbation était faible dans les phases de validation et de test ; C'est parce que la quantité de données n'est pas excessive. Malgré cela, le modèle ANN a atteint une valeur acceptable de MSE.

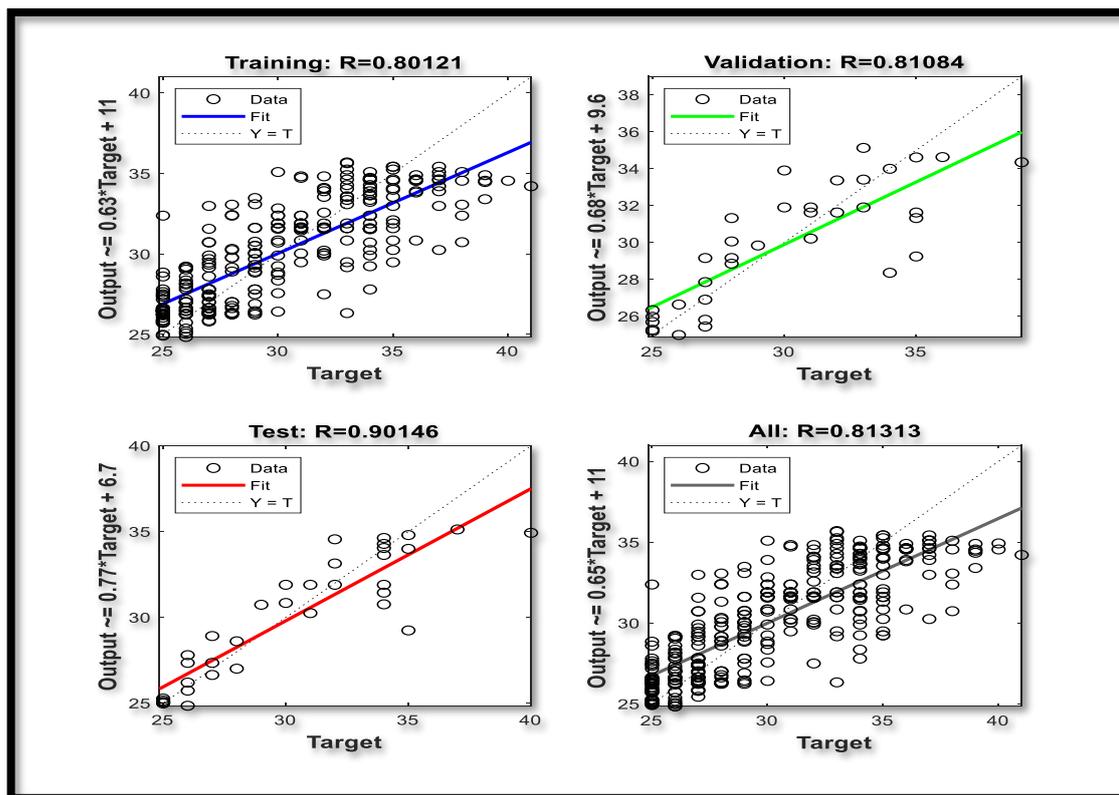


Figure (29) : Valeurs ICH calculées par rapport au modèle NAR valeurs prédites dans a) la formation b) la validation, c) le test et d) tous les ensembles de données.

La figure 29(a) montre un affichage graphique des résultats ANN pour Les données utilisées dans la phase d'apprentissage par rapport à la valeur calculée de même ensemble de données. Sur la base de la figure 29(a), les résultats de la formation ANN. Il est placé le long de la ligne d'égalité (affichée en bleu). La valeur MSE dans la phase d'entraînement était de 5.6733588 tandis que la valeur R était de 0,80121. Ainsi, les valeurs sont interprétées comme signifiant un achèvement acceptable étape d'apprentissage.

La figure 29(b) montre les résultats du modèle ANN pour l'ensemble de données utilisé dans étape de vérification (validation). Pour les résultats de la phase de validation, MSE. Il est égal à 4.97616641 et la valeur de R est égale à 0.81084241. Placer des points sur la ligne d'alignement (la ligne en tirets) était acceptable Avec une petite quantité de données indiquant que le processus de modélisation ICH a été réalisé en utilisant ANN assez tolérablement.

Les résultats de la phase de test sont affichés par rapport aux valeurs calculées au format.

Figure 29(c). La performance du modèle ANN dans la phase de test est prise en compte comme un indicateur très important de l'adéquation du modèle. Le graphique montre des points de placement raisonnablement proches de la ligne d'égalité (ligne pointillée). Même si la ligne de tendance n'est pas définie (en rouge) Exactement sur la ligne d'égalité, la valeur MSE (3.25569633) et la valeur R (0.90146271) sont des résultats très respectables à la lumière de leur dépendance à une petite quantité de données En assemblant les étapes précédentes.

La figure 29(d) montre toutes les Résultats du modèle ANN (étalonnage, Test et Validation) avec un objectif Évaluer la performance globale du modèle ANN. Comme indiqué, tout Les points sont bien placés autour de la ligne d'égalité (ligne en tirets). Cela apparaît plus clairement lorsque l'on compare le mode Ligne de tendance des points (ligne grise) et ligne d'égalité. MSE est égal à 5.0043 et la valeur R est égale à 0,81313 à partir de toutes les données. Le modèle ANN est considérée comme un outil compatible pour la prédiction I CH.

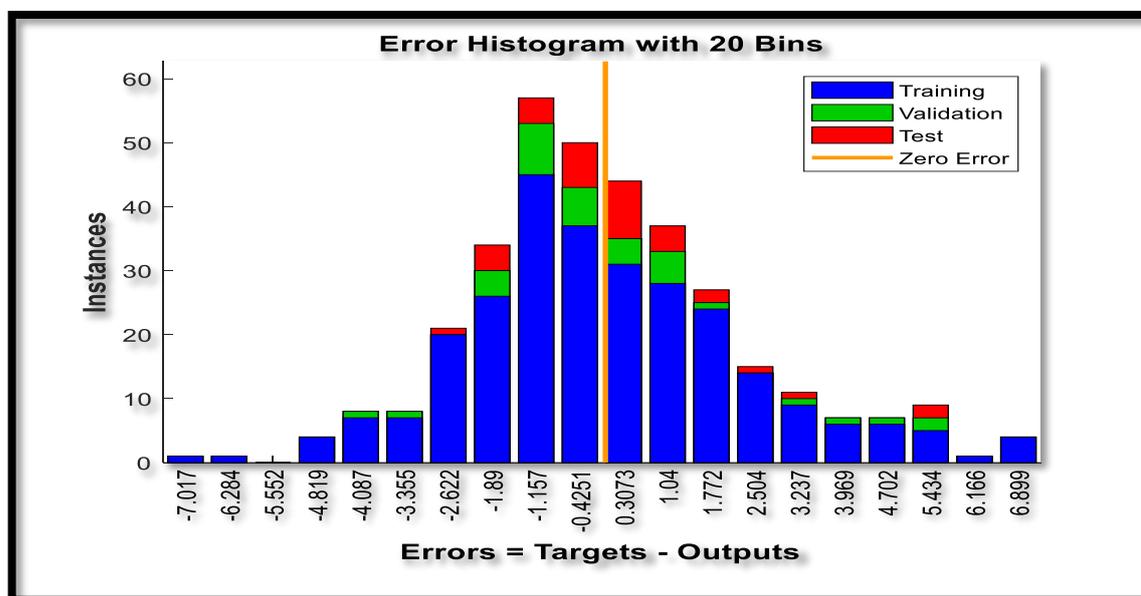


Figure (30) : Histogramme d'erreur.

La Fig.30 présente l'histogramme des erreurs. L'histogramme d'erreurs est un type de présentations graphiques dans lesquelles nous pouvons présenter en une seule fois

l'erreur moyenne trouvée dans les phases d'étalonnage , de test et de validation du modèle ANN. Le but de cette présentation est d'analyser la distribution du taux d'erreur autour de la ligne zéro erreur ; plus l'erreur Barres concentrées autour de la ligne d'erreur zéro plus on peut dire que le modèle a la capacité de faire de bonnes opérations de prédiction. Comme la **Fig. 28** montre que la distribution est concentrée autour de la ligne d'erreur zéro. L'utilisation de modèles ANN dans d'autres domaines présente une meilleure répartition, mais en tenant compte de la taille des données utilisées dans cette étude. Les résultats prouvent que l'ANN, conçu avec le modèle NAR, peut prédire l'ICH avec une prédiction acceptable.

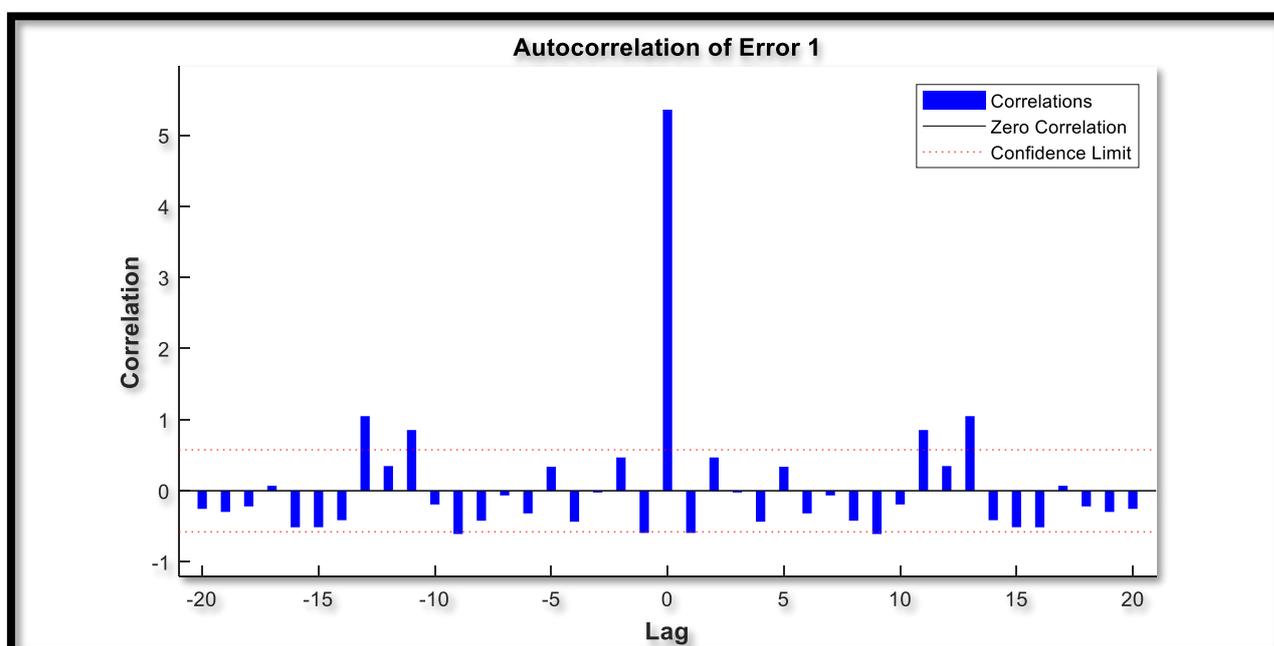


Figure (31) : Diagramme de Bland-Altman pour la validation du modèle NAR de ICH

Le Traçage les résultats sur le diagramme de Bland-Altman de la **Fig. 31** Il montre que seulement cinq erreurs environ ont été observées au-dessus Limite de niveau de confiance et aucun point n'est placé sous Minimum Valeur de biais, qui présente des erreurs moyennes C'était pour toute l'étude. Cette note indique que le fichier La possibilité d'utiliser le modèle ANN pour prédire les valeurs d'ICH au lieu de La méthode de calcul .elle est la meilleure pour connaître l'intervalle de confiance. Dans l'étape de la prévision la structure de modèle NAR être comme suivent :

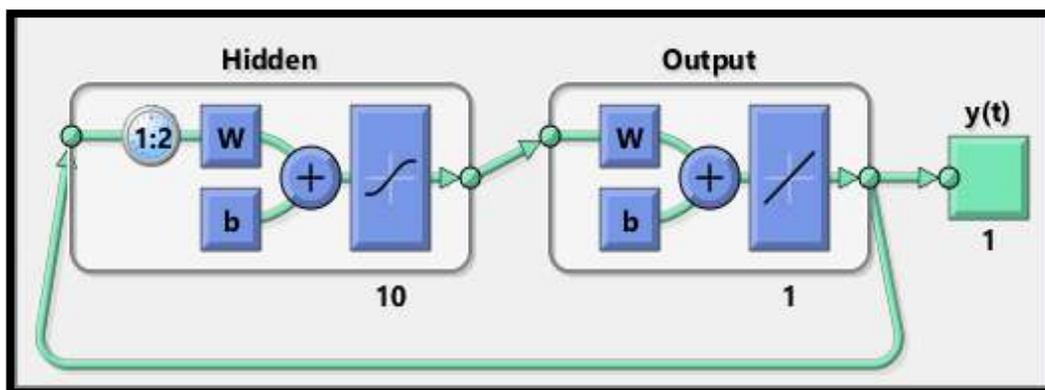


Figure (32) : Architecture du réseau modèle NAR a l'étape de la prévision

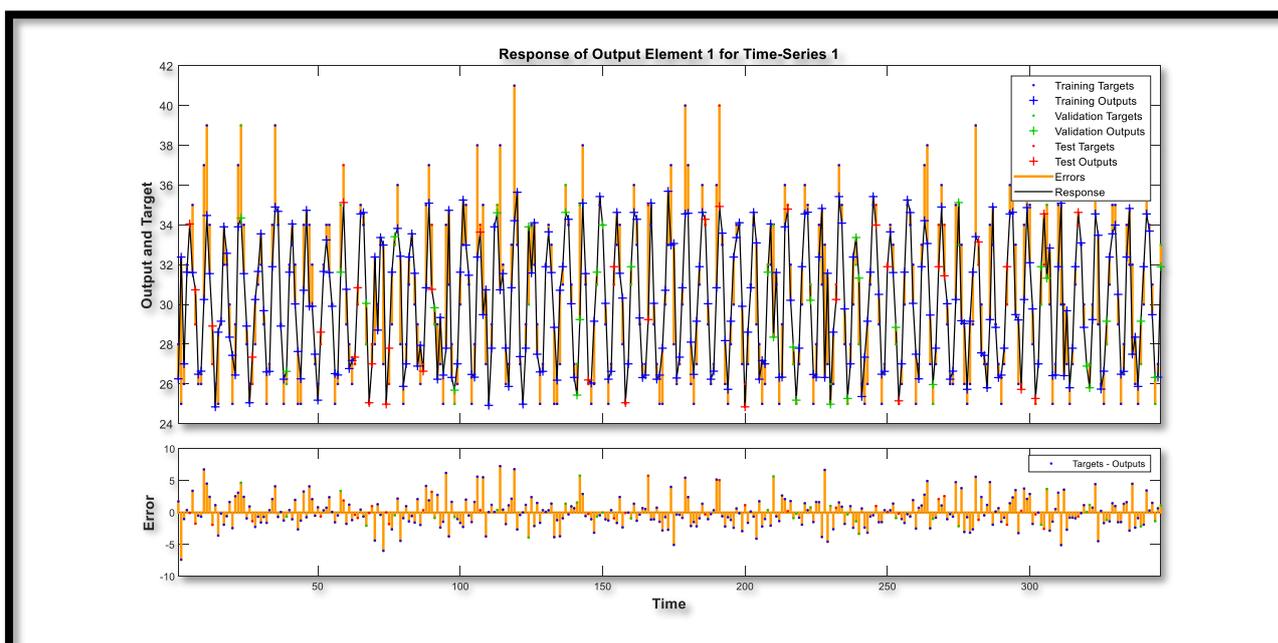


Figure (33) : Courbe montrant la position des points d'ICH calculés avec les points prédits dans NAR

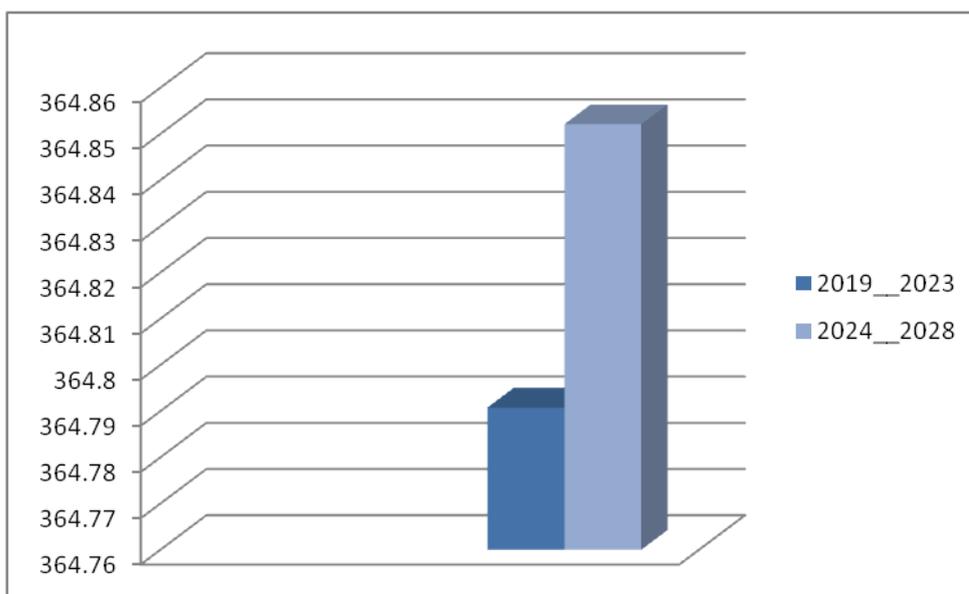
La Courbe de la fig. (33) montrant la position des points d'ICH calculés avec les points prédits. On note qu'il y a un bon pourcentage de congruence entre la position des points calculés avec les points prédits, alors qu'il y a une certaine différence dans certains autres points. Avec une erreur acceptable dans l'intervalle de confiance d'erreurs.

-Les résultats de la prévision de ICH :

- Les valeurs de la prévision d'ICH de 10 ans (2019/2028)

Tableau (08) : Les prévisions mensuelles de l'indice de chaleur pour 10ans (2019/2028)

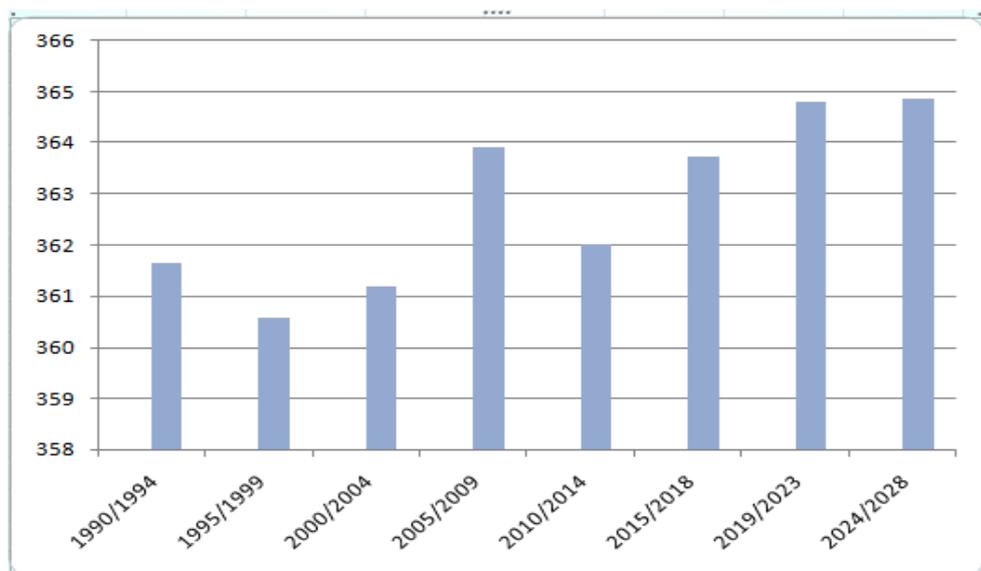
colonne2	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Jan	34.21122	34.6685	34.66844	34.66844	34.66844	34.66844	34.66844	34.6684423	34.6684423	34.6684423
Fév	30.57238	30.37961	30.37951	30.37951	30.37951	30.37951	30.37951	30.3795092	30.3795092	30.3795092
Mar	26.19655	26.21397	26.214	26.214	26.214	26.214	26.214	26.2140045	26.2140045	26.2140045
Avr	26.02615	26.06533	26.06534	26.06534	26.06534	26.06534	26.06534	26.0653386	26.0653386	26.0653386
Mai	29.94798	29.952	29.95196	29.95196	29.95196	29.95196	29.95196	29.9519581	29.9519581	29.9519581
Juin	35.16253	35.14685	35.14679	35.14679	35.14679	35.14679	35.14679	35.1467882	35.1467882	35.1467882
Juil	34.67241	34.66844	34.66844	34.66844	34.66844	34.66844	34.66844	34.6684423	34.6684423	34.6684423
Août	30.37877	30.3795	30.37951	30.37951	30.37951	30.37951	30.37951	30.3795092	30.3795092	30.3795092
Sept	26.21429	26.21401	26.214	26.214	26.214	26.214	26.214	26.2140045	26.2140045	26.2140045
Oct	26.06538	26.06534	26.06534	26.06534	26.06534	26.06534	26.06534	26.0653386	26.0653386	26.0653386
Nov	29.95151	29.95195	29.95196	29.95196	29.95196	29.95196	29.95196	29.9519581	29.9519581	29.9519581
Déc	35.14613	35.14678	35.14679	35.14679	35.14679	35.14679	35.14679	35.1467882	35.1467882	35.1467882



Figure(34) : l'ampleur de l'évolution de l'indice de chaleur chaque cinq an pendant la période prédit (2019/2028)

Analyse :

Nous remarquons une augmentation des valeurs des indices au cours de la période de prévision



Figure(35) : l'ampleur de l'évolution de l'indice de chaleur calculé avec prédit (1990/2028)

Nous notons qu'à travers les graphiques et le tableau des prédictions, il existe un écart clair dans les valeurs du coefficient de sécheresse au cours de la période étudiée, car il y a une diminution de sa valeur au cours de la période de 1990 à 1999. Puis suivi d'une nette augmentation de la période de 1999 à 2009. Puis on assiste également à un retour à la diminution de la période de temps de 2009 à 2014. Cela est dû à l'augmentation de la durée restante de l'étude de 2014 à 2028.

2 .la prévision d'Indice d'aridité :

Après l'entre les données d'indice d'aridité dans logicielle avec les conditions optimale Nous avons appliquons les mêmes étapes mentionnées ci-dessus pour la prévision l'indice d'aridité.

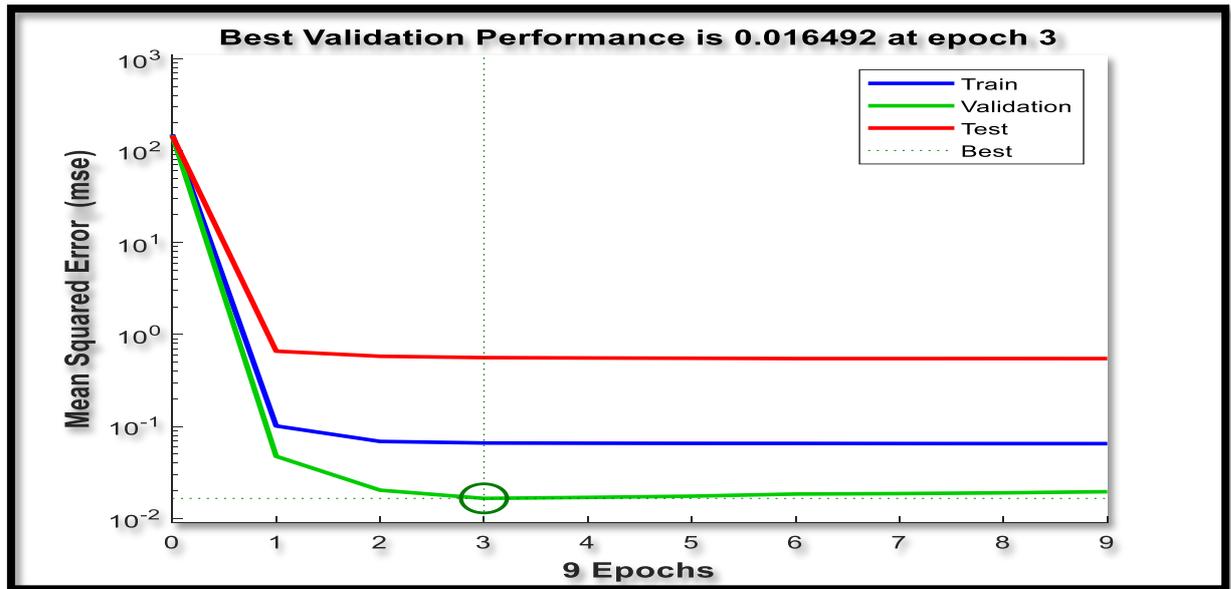


Figure (36) : Variation de l'écart en termes de MSE vs époque d'IA

La **fig.36** Montre l'évolution des valeurs du coefficient de siccité et des valeurs attendues de l'ANN à l'ère de la fonction versus MSE. D'où à partir de la figure 36, nous remarquons que les valeurs MSE ont été utilisées et étaient élevées au début du processus de formation, mais avec l'évolution du temps, une diminution et une variance significatives ont été observées à la 3ème époque, atteignant 0,016492 selon la figure. Les valeurs MSE ont continué à baisser au cours de la phase de test, puis se sont stabilisées, alors qu'elles ont continué à baisser au cours des phases de vérification et d'entraînement .

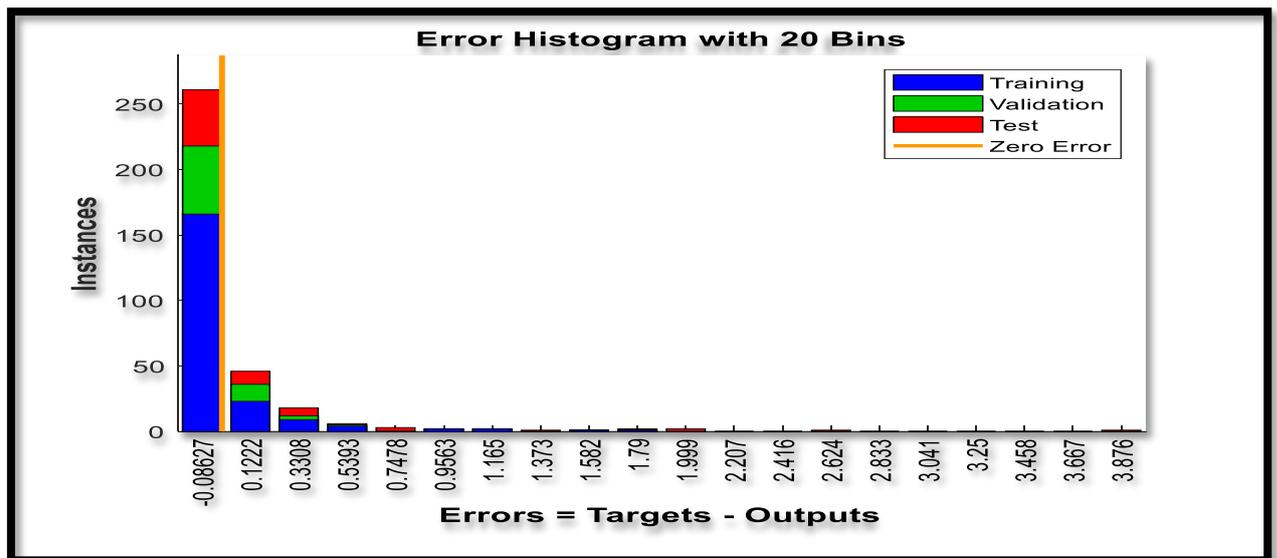


Figure (37): Histogramme d'erreur d'IA.

La Fig.37 montre le graphique des erreurs. Histogramme d'erreur où l'on peut présenter immédiatement l'erreur moyenne trouvée dans les phases d'apprentissage, de test et de validation du modèle ANN. En plus de l'erreur Nous notons que la barre est centrée autour de la ligne d'erreur zéro. De plus, on peut dire que la probabilité d'erreur devient claire dans un pourcentage acceptable dans le graphique. Cela indique que le modèle NAR a la capacité de prédire les valeurs de sécheresse à un taux acceptable.

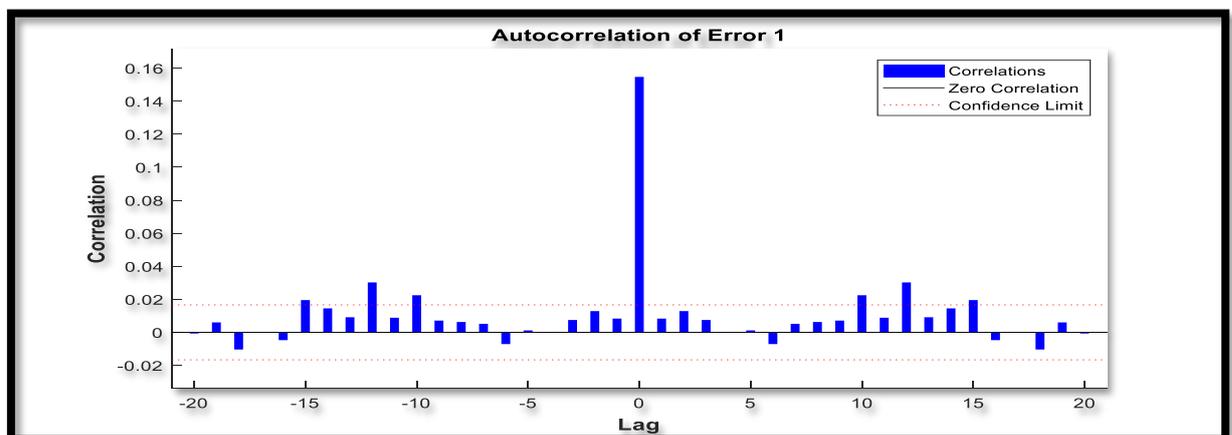


Figure (38): Diagramme de Bland-Altman pour la validation du modèle NAR d'IA

La Fig. 38Il montre que sept erreurs environ ont été observées au-dessus Limite de niveau de confiance et aucun point n'est placé sous Minimum Valeur de biais, qui présente des erreurs moyennes .C'était pour toute l'étude. La possibilité d'utiliser le modèle ANN pour prédire les valeurs d'IA à la place La méthode de calcul .meilleure pour connaître l'intervalle de confiance.

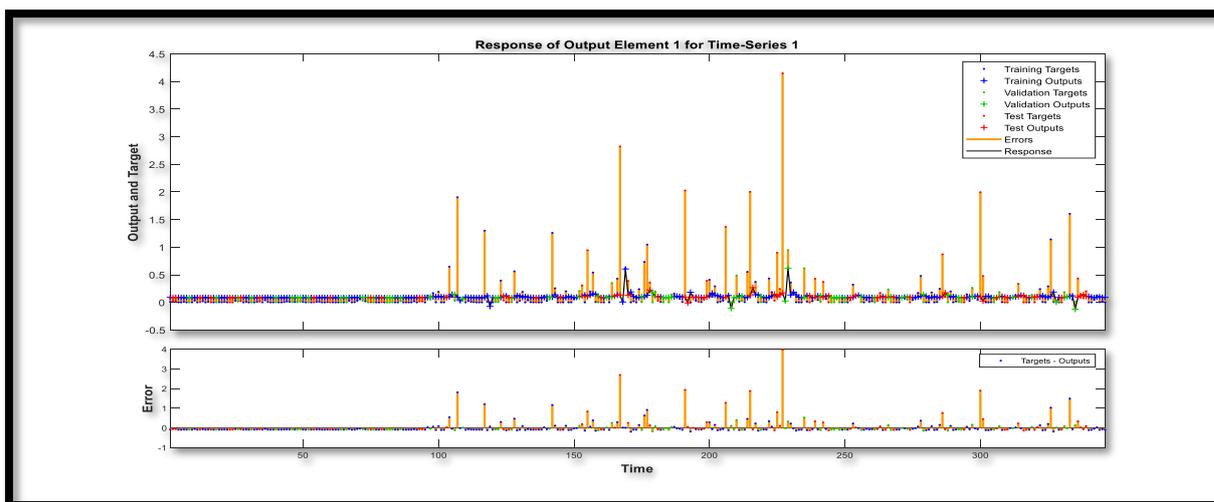


Figure (39) : Courbe montrant la position des points d'IA calculés avec les points prédits dans NAR

La fig. 39 montrant la position des points d'IA calculés avec les points prédits. Nous avons remarqué qu'il y a une nette différence sur certains points, avec une similitude sur d'autres points entre la position des points calculés avec les points prédits, Avec un pourcentage d'erreur notable dans l'intervalle de confiance d'erreurs.

-Les résultats de la prévision d'indice IA

- Les valeurs de la prévision d'IA de 10 ans (2019/2028)

Tableau (09): Les prévisions mensuelles de l'indice d'aridité pour 10 ans (2019/2028)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
janv	0.06856	0.293468	0.294308	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431
fév	0.123736	0.293812	0.294309	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431
mars	0.175252	0.294015	0.294309	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431
avril	0.215344	0.294136	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431
mai	0.24408	0.294207	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431
juin	0.263212	0.294249	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431
juil	0.2754	0.294274	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431
aout	0.282937	0.294289	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431
sept	0.287517	0.294297	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431
oct	0.290269	0.294302	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431
nov	0.291912	0.294305	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431
Dec	0.292889	0.294307	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431	0.29431

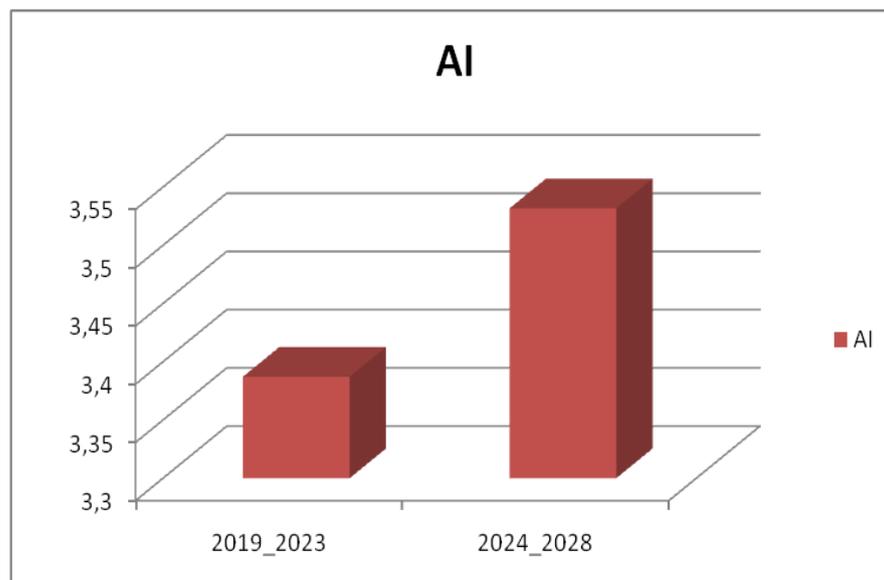
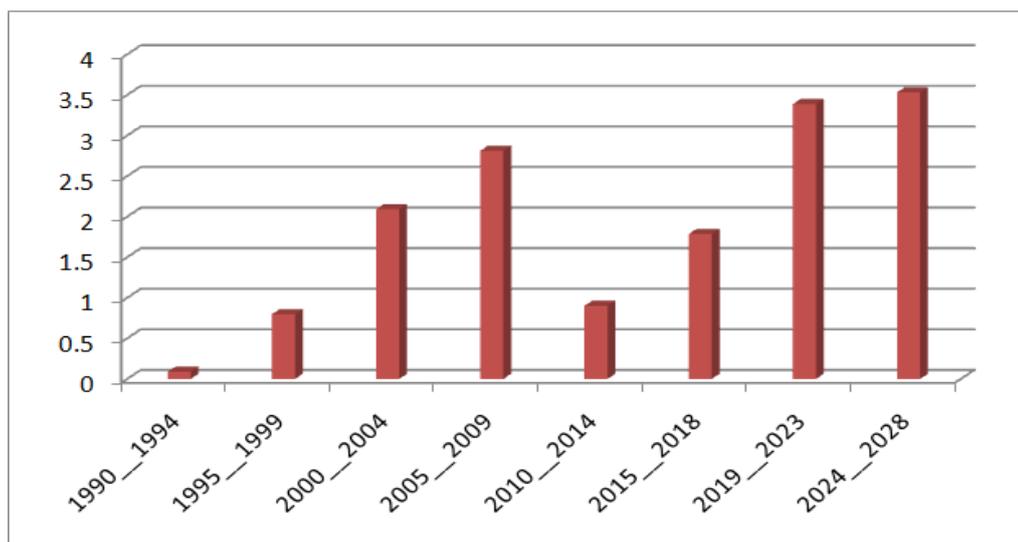


Figure (40) : l'ampleur de l'évolution de l'indice d'aridité chaque cinq ans pendant la période prédit (2019/2028)

Analyse :

Nous remarquons une augmentation des valeurs des indices au cours de la période de prévision



Figure(41) : l'ampleur de l'évolution de l'indice d'aridité calculé avec prédit (1990/2028)

L'indice d'aridité au cours de la période étudiée connaît une variation nette et régulière .On constate à travers les graphiques qu'il y a une augmentation significative de la période de 1990 à 2009. Séparés par une phase de diminution rapide en cinq ans (2009-2014) puis revient à une augmentation claire et prolongée pendant la durée restante (2014 à 2028).

Conclusion générale :

Le premier chapitre est consacré à parler de généralités sur le climat. Comprend des recherches bibliographiques sur le climat et la climatologie, où il existe une grande diversité de Climats à travers le monde et cela est dû à de nombreux différents facteurs.

Dans le deuxième chapitre, nous avons parlé des changements climatiques, qui sont devenus un sujet important pour de nombreuses recherches scientifiques ces dernières années. Nous avons également discuté de leurs causes naturelles et humaines et de la manière dont elles ont toutes deux contribué à provoquer des changements significatifs au niveau climatique. Et cela peut conduire au fil du temps à de graves conséquences, en fait, pour de nombreux différents domaines. Faire face à ce phénomène est considéré comme un grand défi pour l'individu afin de limiter sa persistance en prenant des mesures liées à ses activités.

Dans le troisième chapitre, nous donnons un résumé de la zone de Touggourt comme zone d'étude et déterminons sa situation géographique par rapport à l'Algérie et clarifions le niveau d'évolution des données climatiques moyennes mensuelles pour la période entre 1990 à 2018

Dans le quatrième chapitre, nous avons présenté quelques-uns des indicateurs climatiques (l'indice d'aridité, l'indice de chaleur, et le Diagramme du GASSAUN) utilisés par les scientifiques afin de mieux comprendre le type de climat d'une zone établie vingt-neuf ans avant notre ère. et de connaître le processus d'évolution de ces indicateurs en utilisant la méthode de calcul (méthode de calcul classique). Où nous avons conclu de l'analyse et de l'étude des courbes qu'il y a des changements climatiques vers la sécheresse.

Dans le cinquième chapitre, nous présentons tout d'abord un article bibliographique qui inclut des concepts sur l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique, en référence aux réseaux de neurones récurrents, afin de modéliser des séries temporelles.

Nous avons choisi trois modèles différents de la série chronologique, qui sont (ARIMA /LSTM/NAR) à comparer entre eux et choisir le modèle optimal qui a donné la valeur la plus faible à MSE, qui est un modèle NAR dans des conditions idéales.

Après application du modèle NAR, nous avons conclu que pour une bonne et efficace performance de prédiction, il vaut mieux choisir les conditions idéales pour son travail, qui sont: (durée de vie de la chaîne + champ de prise de valeurs + nombre de nœuds + taille de pas + pourcentage du test).

Nous avons fait une prévision de l'indice d'aridité et l'indice de chaleur pour une période de dix ans (2019 à 2028) sur la base d'une série chronologique précédente de vingt-neuf ans (1990 à 2018) en utilisant un modèle NAR.

Nous avons conclu que les changements dans les valeurs prévues de l'indice d'aridité sont apparus au même rythme (en augmentation) que les valeurs réelles. Ce que nous interprétons comme la présence de changements climatiques à un rythme faible

Quant à l'indice de chaleur, nous avons remarqué que les valeurs prédites semblaient augmenter. Et par rapport aux valeurs réelles, nous constatons qu'il y a une différence entre elles dans la fréquence, que nous expliquons par la présence de changements climatiques claire .

L'augmentation de l'indice de chaleur dans les années à venir nous oblige à prendre certaines mesures pour éviter les maladies de la santé qui liées à la chaleur.

Il est possible de construire de nouveaux mécanismes pour garder les plantes humides de l'extérieur et les protéger du dessèchement, mais on peut aussi les modifier génétiquement pour qu'elles deviennent résistantes à la sécheresse .Lorsque le niveau d'eau dans le sol est bas, la production alimentaire est un élément important de maintenir la vie et la sécheresse réduit la production, bouleversant l'équilibre alimentaire disponible pour tous.

Planter des arbres est l'un des meilleurs moyens de réduire les dommages causés par la sécheresse, d'améliorer la qualité de l'environnement et d'augmenter les précipitations. Certains pays ont commencé à s'efforcer de transformer les terres arides en forêts en plantant plus d'arbres et de semis.

Les ressources en eau délibérément exploitées dans la région de Touggourt sont les eaux souterraines. fin de les préserver face aux changements climatiques, nous évitons de jeter de l'eau polluée sur les couches superficielles. Et améliorer l'utilisation journalière de l'eau et non excessive.

Référence bibliographique

Référence bibliographique :

Mahé et al 1991: journal of biological chemistry 266 (21)

Camblin et al 2001 : Pierre Camblin centre de recherche climatologie biosciences université bourgogne franche

jeRetiens 2003 : COMPRONDRE, APPRENDRE et retenir et jouer

Pailleux 2012 : Article de Jean pailleux en janvier 2015

DGDM Maroc météo : Direction Générale de la Météorologie de Maroc

CNRS 2014 : collection de dossiers thématique et d'animation multimédia produit en novembre 2014

Ramade 1984 :Ramade ,F éléments d écologie fondamentale article 379 p

El khatri 2003 : Etude de la variabilité spatiale de la sécheresse au nord ouest d'Algérie

Vincent Trewin B, Villarroel, C 2013 :Updated analyses of temperature and precipitations extreme indices since the beginning of the twentieth century THE HADEX2 datest

CNRTL 2015 : Archive (lexico graphique et étymologique de Evaporation du trésor de la langue française informatisé) sur le site de CNRTL 2015

Meehl et all 2007 :Meehl, G.A, C. Covey, T. Delworth, M. Latif, B. Mc Avaney, J.F.B. Mitchell, R.J. Stouffer et K.E. Taylor. 2007The WCRP CMIP3 multi model dataset: A new era in climate change research. Bulletin of the American Meteorological Society 88: 1383-1394.

WELLS 2019: David Wallace-Wells, The Uninhabitable Earth: Life After Warming

GIEC, 2007: rapport de Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat en 2007 N° 4

CCNCC, 1992 : rapport de Convention-cadre des Nations Unies sur Changement climatique en 1992 p 33

Niase M., Afouda A. et Amani A., 2004 : Réduire la vulnérabilité de l'Afrique de l'Ouest aux impacts du climat sur les ressources en eau, les zones humides et la désertification : Eléments de stratégie régionale de préparation et d'adaptation, UICN, Gland (Suisse) et Cambridge (Royaume Uni), 71 p.

NASA, 2004 : Article de La National Aeronautics and Space Administration en 2004

OUARDA et All 1999 :Revue des sciences de l'eau Journal of Water Science Synthèse des développements récents en analyse régionale des extrêmes hydrologiques A review of recent developments in regional frequency analysis of hydrological extremes Taha B.M.J. Ouarda, André St-Hilaire and Bernard Bobée

Thssalouniki, GRECE 2019 :XXXII^{ème} Colloque intentionnelle de l'AC 29 mai a 1 Juin 2019

GIEC 2020 : Rapport N° 5 de Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat en janvier 2020

GIEC, 2013 : rapport de Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat en 2013 (Les pays sont classés par groupe de niveau de revenus, selon la nomenclature de la Banque mondiale.)

Robock, 2002: Volcanic eruptions and climate. Reviews of geophysics 38(2) : 191-219.

AFSSA 2005 : Agence française de sécurité sanitaire des aliments en 27 octobre
Rapport N° SA – 0211

CNIL ,2017 : comment paramètre homme de garder la main archive PDF sur CNIL décembre 2017

Résumé :

La question du phénomène du changement climatique a suscité une large controverse et une curiosité scientifique de la part des chercheurs, des médias, de divers organismes scientifiques et acteurs environnementaux, et a joué un rôle de premier plan dans les débats publics sur les questions économiques, sociales et politiques. problème qui domine le monde aujourd'hui et l'un des plus grands défis auxquels les pays peuvent être confrontés parce que le phénomène est devenu de plus en plus de changements et les événements qui accompagnent ces changements deviennent également plus graves qu'auparavant dans divers domaines.

Dans ce travail, nous étudions les changements climatiques dans la région de Touggourt, au sud-est de l'Algérie, à travers différents indicateurs climatiques, où nous traitons différentes données climatiques sur une période de vingt-neuf ans prises à partir d'une station météorologique, et faisons des prévisions pour les dix prochaines années. en utilisant la modélisation et la conclusion de l'étendue de la présence du changement climatique dans la zone étudiée.

Abstract:

The issue of the phenomenon of climate change has aroused widespread controversy and scientific curiosity on the part of researchers, the media, various scientific organizations and environmental actors, and has played a leading role in public debates on economic issues, social and political. problem that dominates the world today and one of the greatest challenges that countries may face because the phenomenon has become more and more changes and the events accompanying these changes are also becoming more serious than before in various areas.

In this work, we study climate change in the Touggourt region, in the south-east of Algeria, through different climatic indicators, where we process different climatic data over a period of twenty-nine years taken from a weather station, and forecast for the next ten years. using modeling and the conclusion of the extent of the presence of climate change in the study area

ملخص:

أثارت قضية ظاهرة تغير المناخ جدلاً واسعاً وفضولاً علمياً من قبل الباحثين ووسائل الإعلام والمنظمات العلمية المختلفة والفاعلين البيئيين ، ولعبت دوراً قيادياً في النقاشات العامة حول القضايا الاقتصادية والاجتماعية والسياسية. المشكلة التي تهيمن على العالم اليوم ومن أعظم التحديات التي قد تواجهها الدول لأن الظاهرة أصبحت أكثر فأكثر من التغيرات والأحداث المصاحبة لهذه التغيرات أصبحت أكثر خطورة من ذي قبل في مختلف المجالات.

في هذا العمل نقوم بدراسة تغير المناخ في منطقة تقرت جنوب شرق الجزائر من خلال مؤشرات مناخية مختلفة حيث نقوم بمعالجة بيانات مناخية مختلفة على مدى تسعة وعشرين عاماً مأخوذة من محطة أرصاد جوية والتنبؤ بالطقس. العشر سنوات القادمة. باستخدام النمذجة واستنتاج مدى تواجد التغير المناخ المنطقة المدروسة.