

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

Faculté des sciences appliquées

Département Génie civil et hydraulique

Mémoire

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et technologiques

Filière : Hydraulique

Spécialité : Ressources hydriques

Présenté par :

ATIR Nadjjet

Thème:



C : ...

R : ...

**Essai de définition du changement climatique par
les paramètres météorologiques et les indices
climatiques**

Soutenu publiquement le :

Devant le jury composé de :

KATEB Samir

MMA (UKM Ouargla)

Président

MECHRI Laid

MCA (UKM Ouargla)

Examineur

SAGGAI Sofiane

MAA (UKM Ouargla)

Encadreur

Année universitaire : 2022/2023

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A mon cher Père

et A ma chère Mère

A mes chers Frères

et A mes chères sœurs

A mes chères et fidèles amies

A toute la promotion 2022/2023

Remerciements

Louange à DIEU le Tout puissant, de nous avoir donné le courage, la volonté, la patience et

la santé pour achever ce travail.

J'exprime en particulier toute ma gratitude et ma reconnaissance à l'endroit de mon maître de

*mémoire, **SAGGAI Sofiane***

Je tiens à transmettre mes remerciements les plus chaleureux à Monsieur le président jury et

également à tous les membres du jury pour avoir accepté de participer à l'évaluation de ce modeste

travail.

Je voudrais exprimer mes remerciements les plus sincères à toutes les personnes qui ont eu la

Gentillesse de me prodiguer soutien, critiques, suggestions et encouragements pour

L'accomplissement du présent travail

Liste des Tableaux

Liste des Tableaux

Tableau III-1. Moyennes annuelles de quelques paramètres météorologiques TN (température minimale de l'air) – TX (température maximale de l'air) – UN (humidité relative minimale) – UX (humidité relative maximale) – FFX (vitesse des vents)

Tableau III-2. Cumules annuels de quelques paramètres météorologiques

Tableau III-4. Comparaisons multiples de la température minimale de l'air des trois années

Tableau III-5. Analyse de Variance (ANOVA) de la température maximale de l'air

Tableau III-6. Comparaisons multiples de la température maximale de l'air des trois années

Tableau III-7. Analyse de Variance (ANOVA) de l'humidité relative minimale

Tableau III-8. Comparaisons multiples de l'humidité relative minimale des trois années

Tableau III-9. Analyse de Variance (ANOVA) de l'humidité relative maximale

Tableau III-10. Comparaisons multiples de l'humidité relative maximale des trois années

Tableau III-11. Analyse de Variance (ANOVA) des vents

Tableau III-12. Comparaisons multiples des vents des trois années

Tableau III-13. Analyse de Variance (ANOVA) des précipitations

Tableau III-14. Comparaisons multiples des précipitations des trois années

Tableau III-15. Analyse de Variance (ANOVA) de l'évaporation

Tableau III-16. Comparaisons multiples de l'évaporation des trois années

Tableau III-17. Analyse de Variance (ANOVA) de la durée d'insolation

Tableau III-18. Comparaisons multiples de la durée d'insolation des trois années

Tableau III-19. Indices climatiques des trois années de l'étude

Liste des Figures

Liste des Figures

Figure I.1 Température globale à l'ère commune

Figure II-1. Carte de la localisation géographique de l'oasis de Ouargla.

Figure III-1. Diagramme Ombrothermique de Ouargla pour les années 1997, 2007 et 2017.

Figure III-2. Projection de la zone d'étude dans le climagramme d'EMBERGER.

Figure III-3. variation des indices en fonction des années

Sommaire

Sommaire

Dédicaces	
Remerciements	
Liste des Tableaux	
Liste des Figures	
Introduction Générale	1

Chapitre I

Généralités sur le changement climatique

1. Définition	4
2. Les indicateurs du changement climatique	4
2.1 Augmentation de la concentration du gaz à effet de serre	4
2.2 La hausse des températures	4
2.3 La sécheresse	5
2.4 Les pluies extrêmes	5
2.5 Les inondations	6
2.6 La montée des eaux	6
2.7 Le recul des glaciers et banquises	7
2.8 Les ouragans et l'intensification des tempêtes	7
2.9 Extinction progressive de la biodiversité	7
2.10 Autres indicateurs	8
3. Causes des changements climatiques	8
3.1 Naturelles	8
3.2 Anthropiques	9
A- Production d'énergie	9
B- Production industrielle	9
c- Déforestation	9
4. Impacts des changements climatiques	9
4.1 Impacts sur l'environnement	9
A- Effondrement écologique	9

Sommaire

B- Temps extrême.....	10
C- Réchauffement de l'Arctique	10
D- Destruction des habitats	10
E- Propagation des parasites	10
4.2 Impacts sur les personnes	10
A- Migration environnementale.....	10
B- Changements agricoles	10
C- Inondations dues aux marées	10
D- Intensification des tempêtes.....	10
E-Intensification des vagues de chaleur.....	11

Chapitre II

Matériels et méthodes

1.Présentation de la région de Ouargla	13
1.1 Géographique	13
A- Situation.....	13
B-Relief.....	14
C-Climat.....	14
1.2 Ressources hydriques	14
1.3 Agriculture.....	15
2. Protocole de travail	15
2.1 Séries de données météorologiques.....	15
2.2 Synthèse climatique.....	15
A-Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen.....	16
B- Climagramme d'EMBERGER.....	16
C-Indices climatiques.....	16
2.3 Analyses statistiques.....	18

Chapitre III

Résultats et discussion

1.Résultats.....	20
1.1 Analyses des paramètres météorologiques.....	20
A- Analyses descriptives.....	20

Sommaire

B-Analyses statistiques	21
1.2 Analyse des paramètres de la synthèse climatique.....	28
A-Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen.....	28
B-Indices climatiques.....	29
2. Discussion générale	30
2.1 Paramètres météorologiques.....	30
Conclusion Générale.....	32
Recommandation	33
Bibliographie	34
Résumé.....	35

Introduction Générale

Le changement climatique est devenu l'un des défis les plus urgents et complexes auxquels l'humanité est confrontée au 21^e siècle. Il a des implications profondes sur notre environnement, notre société et notre économie. Comprendre les mécanismes et les indicateurs du changement climatique est essentiel pour développer des politiques efficaces d'atténuation et d'adaptation.

Le présent mémoire, intitulé "Essai de définition du changement climatique par les paramètres météorologiques et les indices climatiques", se concentre sur l'analyse des paramètres météorologiques et des indices climatiques en tant qu'outils pour évaluer et caractériser le changement climatique. Il vise à fournir une vision globale des manifestations et des impacts du changement climatique, en mettant l'accent sur la région d'Ouargla.

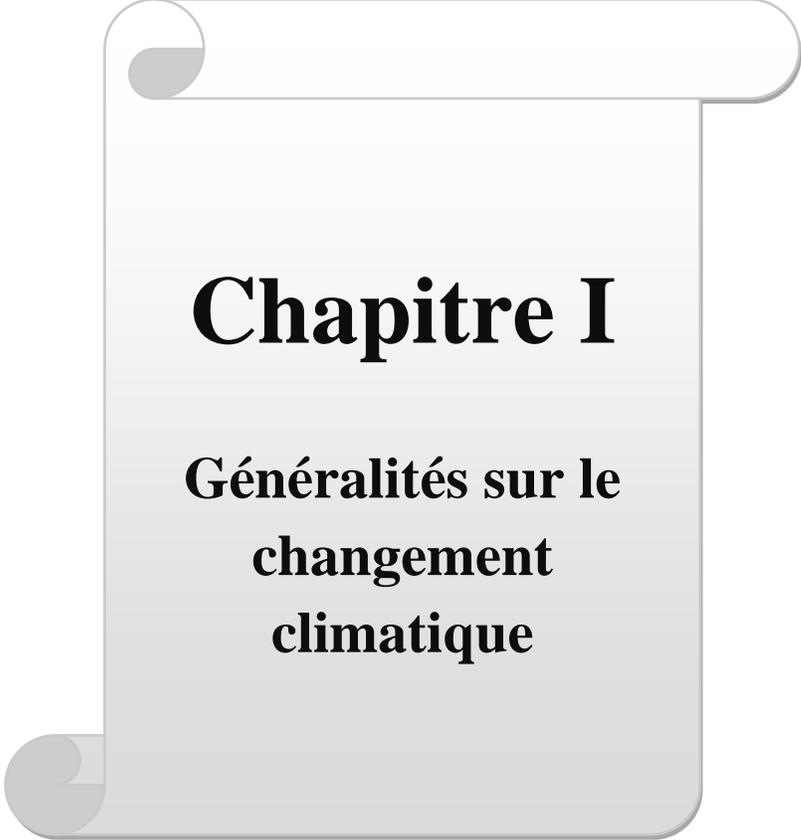
Le premier chapitre de ce mémoire traite des généralités sur le changement climatique. Il commence par une définition claire du changement climatique, mettant en évidence son caractère à long terme et les effets qu'il produit sur les systèmes climatiques. Ensuite, les indicateurs clés du changement climatique sont présentées de manière détaillée. Cela inclut l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre, la hausse des températures, la sécheresse, les pluies extrêmes, les inondations, la montée des eaux, le recul des glaciers, l'intensification des ouragans, l'extinction progressive de la biodiversité, ainsi que d'autres indicateurs importants.

Le deuxième chapitre du mémoire se concentre sur les matériaux et les méthodes utilisés dans cette étude. Il présente d'abord la région d'Ouargla, en mettant en évidence ses caractéristiques géographiques, ses ressources hydriques et son agriculture. Ensuite, le protocole de travail est décrit, en mettant l'accent sur les séries de données météorologiques utilisées, la synthèse climatique réalisée et les analyses statistiques effectuées.

Le chapitre suivant, le troisième, présente les résultats obtenus à partir de l'analyse des séries de données météorologiques et de l'interprétation des indices climatiques. Les variations des paramètres météorologiques au fil du temps sont examinées, mettant en évidence les tendances climatiques observées. De plus, les relations entre les indices climatiques et les paramètres météorologiques sont analysées, en les comparant également avec les normales climatiques. Les résultats sont ensuite discutés en profondeur, en mettant en évidence les corrélations entre les changements observés et les impacts sur la région d'Ouargla.

Introduction Générale

En conclusion, ce mémoire vise à contribuer à la compréhension du changement climatique en utilisant les paramètres météorologiques et les indices climatiques comme outils d'analyse. En se concentrant sur la région d'Ouargla, il offre des insights précieux sur les manifestations et les impacts locaux du changement climatique. Les résultats et les recommandations fournies peuvent informer les décideurs politiques, les chercheurs et les acteurs de la société civile dans leur quête d'une action climatique efficace et durable.



Chapitre I

Généralités sur le changement climatique

1. Définition

Le changement climatique est le phénomène global de transformation climatique caractérisé par les changements du climat habituel de la planète (en ce qui concerne la température, les précipitations et le vent) qui sont notamment causés par les activités humaines. En raison du déséquilibre climatique de la Terre, la durabilité des écosystèmes de la planète est menacée, ainsi que l'avenir de l'humanité et l'instabilité de l'économie mondiale (**Anonyme, 2020**)

2. Les indicateurs du changement climatique

Il y a phénomènes naturels qui viennent pour indiquer qu'il y a un changement climatique

2.1 Augmentation de la concentration du gaz à effet de serre

L'effet de serre est un phénomène naturel. Si l'effet de serre naturel n'existait pas, la température moyenne sur terre serait nettement inférieure aux 15 °C constatés (**Durand et al., 2020**). L'accroissement du phénomène d'effet de serre est, quant à lui, d'origine anthropique. Le 5e rapport du GIEC (**GIEC, 2014**) précise dans sa synthèse : « Les émissions anthropiques de gaz à effet de serre, qui ont augmenté depuis l'époque préindustrielle en raison essentiellement de la croissance économique et démographique, sont actuellement plus élevées que jamais, ce qui a entraîné des concentrations atmosphériques de dioxyde de carbone, de méthane et d'oxyde nitreux sans précédent depuis au moins 800 000 ans.

2.2 La hausse des températures

De multiples bases de données instrumentales montrent que le système climatique se réchauffe (EPA, 2017). La décennie 2011-2020 a été plus chaude de 0,95 à 1,2 °C que la référence préindustrielle (1850-1900)(IPCC, 2021). Les températures de surface augmentent d'environ 0,2 °C par décennie (Allen et al., 2018), l'année 2020 atteignant une température de 1,2 °C au-dessus de l'ère préindustrielle(WMO, 2021). Depuis 1950, le nombre de jours et de nuits froids a diminué, et le nombre de jours et de nuits chauds a augmenté (**Hartmann et al., 2013**).

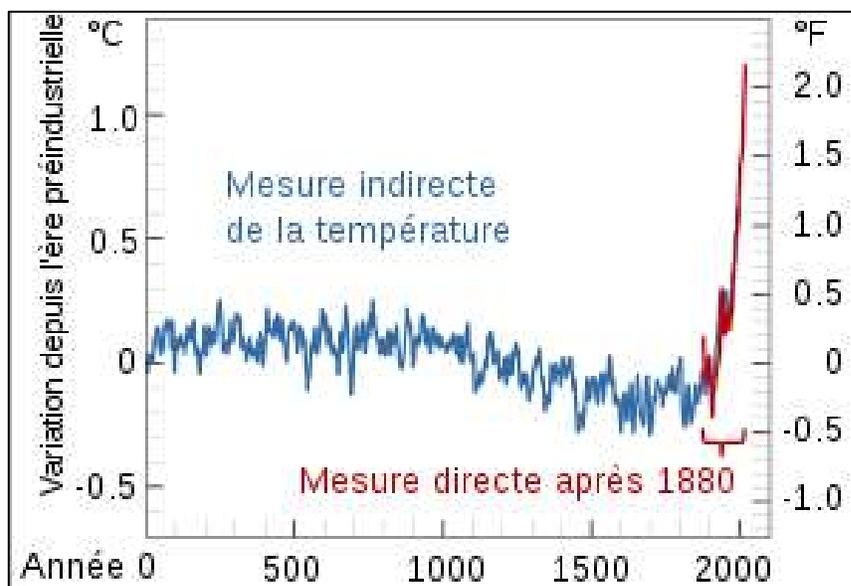


Figure I.1 Température globale à l'ère commune

Reconstruction de la température de la surface du globe au cours des 2000 dernières années à l'aide de données indirectes provenant des cernes des arbres, des coraux et des carottes de glace, en bleu (Neukom et al., 2019). Les données d'observation directe sont en rouge (NASA, 2020).

2.3 La sécheresse

Le terme général de sécheresse recouvre diverses acceptions et peut concerner différentes réserves d'eau (Oberlin, 1976). Il est utile de bien les individualiser car elles conduisent à des gestions de pénuries assez différentes et, surtout, à des délais de prévision fort éloignés les uns des autres (Oberlin, 1976).

Le dernier rapport sur l'état du climat mondial 2022 de l'Organisation météorologique mondiale (OMM) confirme que des sécheresses, inondations et vagues de chaleur ont touché des communautés sur tous les continents et coûté plusieurs milliards de dollars (OMM, 2023).

2.4 Les pluies extrêmes

Les précipitations extrêmes peuvent avoir des impacts sociétaux directs dévastateurs tels que les inondations, l'érosion des sols et les dommages agricoles (1), ainsi que des risques et des impacts indirects sur la santé (2). Le réchauffement anthropique agit pour intensifier le cycle hydrologique de la Terre (3). Cette intensification se manifeste en partie par une augmentation des précipitations extrêmes en raison d'une plus grande humidité atmosphérique

avec un réchauffement suivant la relation **Clausius-Clapeyron**. Cependant, les changements de circulation peuvent agir pour augmenter ou réduire cette augmentation (4,5,6,7). Les projections futures des modèles climatiques suivant les scénarios de changement climatique montrent une augmentation robuste des précipitations extrêmes, à l'échelle mondiale et régionale (8,9,10,11). Ces changements dans les précipitations extrêmes sont peut-être déjà devenus apparents à l'échelle régionale (14,15,16). Selon les projections du GIEC, les précipitations journalières extrêmes s'intensifieront d'environ 7 % pour chaque degré (°C) de réchauffement planétaire supplémentaire.

Des études récentes ont détecté une influence anthropique dans les changements historiques des précipitations extrêmes dans les domaines de l'Amérique du Nord (17,18), de l'Europe (18,19), de l'Asie (18,19,20) et des zones terrestres de l'hémisphère Nord dans son ensemble (21). Ces tentatives font partie d'une catégorie plus large d'études appelées Détection et Attribution (D&A) (22,23,24).

2.5 Les inondations

Une inondation peut être provoquée par une pluie soudaine et violente ou continue et soutenue. le risque qui lui est associé ne dépend pas uniquement de la quantité de pluie tombée. Il est aussi lié aux caractéristiques du bassin versant, à la saturation en eau du sol, aux régimes d'écoulement, mais surtout à la vulnérabilité du site (Desbordes et al., 2008).

2.6 La montée des eaux

Au cours des 100 dernières années, le niveau de la mer s'est élevé en moyenne de 10 à 25 cm. Si l'on peut y voir la continuation de la tendance ininterrompue depuis la dernière glaciation, on s'aperçoit néanmoins que le niveau de la mer monte surtout depuis 50 ans. Il est très probable que l'accélération récente de la montée du niveau de la mer soit liée à la hausse de la température moyenne du globe et des eaux océaniques de surface. On estime que chaque fois que la couche superficielle des océans gagne 0,1°C, l'expansion thermique provoque une montée du niveau de la mer d'environ 1 cm. La hausse observée de 0,6°C de la température de surface des océans explique donc une hausse de 6 cm du niveau de la mer. La fonte et le recul des glaciers et des calottes glaciaires expliquent pour leur part une élévation supplémentaire de 2 à 5 cm (Vellinga et Van Verseveld, 2000).

2.7 Le recul des glaciers et banquises

Partout dans le monde, les glaciers fondent. Au cours du dernier siècle, les glaciers du mont Kenya ont perdu 92% de leur masse, et ceux du Kilimandjaro, 73%. Depuis 1980, le nombre de glaciers en Espagne est passé de 27 à 13. Les glaciers alpins de l'Europe ont perdu environ 50% de leur volume au cours du dernier siècle. A l'autre bout du monde, les glaciers de Nouvelle-Zélande ont perdu 26% de leur volume depuis 1980. En Russie, le Caucase a perdu environ 50% de ses glaces en cent ans.

Des scientifiques rapportent une régression des glaces marines dans des régions telles que l'hémisphère Nord (1978-1995, cf. Johannessen et al. 1996), l'est de l'océan Arctique et les mers de Kara et de Barents (1979-1986, cf. Parkinson 1992) et les mers à l'est de la Sibérie et celle des Laptev (1979-1995, cf. Maslanik et al. 1996). Parkinson et al. (1999) ont utilisé des données de capteurs micro-ondes passifs montés sur satellite pour la période allant de novembre 1978 à décembre 1996. L'analyse de ces données fait apparaître une tendance générale de régression de la surface de la glace de mer dans l'Arctique (-34.300 ± 3.700 km²/an).

2.8 Les ouragans et l'intensification des tempêtes

Parmi l'ensemble des événements de type tempête, les ouragans - phénomènes les plus intenses - représentent une part de plus en plus importante : plus de 40 % depuis les années 1990, contre seulement un quart dans les années 1970, notent nos confrères. D'après Valérie Masson-Delmotte, membre du GIEC, le groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, des cyclones d'une intensité plus grande sont l'une des conséquences attendues du changement climatique. La proportion de cyclones tropicaux intenses (catégorie 4-5) et les vitesses maximales des vents des cyclones tropicaux les plus intenses devraient augmenter à l'échelle mondiale avec le réchauffement climatique (confiance élevée). Plus la température de l'eau et le taux d'humidité sont élevés, plus le cyclone peut prendre de l'intensité. Or, ces deux éléments sont plus intenses du fait de l'augmentation de l'effet de serre. On considère qu'il y a 7% d'humidité en plus dans l'atmosphère par degré de réchauffement.

2.9 Extinction progressive de la biodiversité

L'évaluation mondiale de la Plateforme intergouvernementale scientifique et politique pour la biodiversité et les services éco systémiques, parue fin 2019, a souligné l'état dramatique de la

Chapitre I Généralité sur le Changement climatique

biodiversité, en majeure partie imputable aux activités humaines. Parmi elles, le changement climatique d'origine anthropique a un impact grandissant sur la biodiversité, et il exacerbe et est exacerbé par les autres facteurs de pression (FRB, 2020)..

Le GIEC estime que la déforestation et la conversion des terres pour l'agriculture par exemple contribuent à près de 23% des émissions humaines de gaz à effet de serre. Des conséquences se font d'ores et déjà sentir sur les populations d'espèces et les écosystèmes, alors même que les possibilités d'adaptation des organismes sont limitées par les autres pressions qui réduisent les ressources alimentaires ou la diversité génétique (FRB, 2020).

2.10 Autres indicateurs

Il y a d'autres indicateurs de changement climatiques tels que : la multiplication des feux de forêt (INA, 2022 ; Rigolot, 2008) ; la dégradation accélérée du littoral et érosion (Weissenberger et al., 2016 ; Mulot et al., 2010) ; et la recrudescence des effondrements de terrain (Bastone et De La Torre, 2011).

3. Causes des changements climatiques

Les changements climatiques peuvent être à l'origine des actions :

3.1 Naturelles

Des facteurs naturels externes au système climatique, comme des changements de l'activité volcanique, de l'émission d'énergie solaire et de l'orbite de la Terre autour du Soleil, peuvent altérer le climat de la planète. Parmi ceux-ci, les deux facteurs qui sont déterminants à des échelles temporelles pour les changements climatiques contemporains sont les changements à l'activité volcanique et les changements au rayonnement solaire. En ce qui a trait à l'équilibre énergétique de la Terre, ces facteurs agissent principalement sur la quantité d'énergie reçue. Les éruptions volcaniques sont épisodiques et exercent des effets sur le climat pendant une durée relativement courte. Les changements de l'irradiation solaire ont contribué aux tendances climatiques au cours du dernier siècle, mais, depuis la révolution industrielle, l'effet des apports de gaz à effet de serre dans l'atmosphère a été environ 50 fois plus marqué que celui des changements de l'émission d'énergie solaire.

3.2 Anthropiques

Depuis le début de la révolution industrielle, l'influence anthropique sur le système climatique a augmenté considérablement. L'émission des gaz à effet de serre, principalement le dioxyde de carbone, a un effet direct sur le réchauffement de la planète ainsi que des changements climatiques.

Les actions anthropiques peuvent avoir trois grandes sources :

A-Production d'énergie

Une grande partie des émissions mondiales de gaz à effet de serre provient de l'utilisation de combustibles fossiles — tels que le charbon, le pétrole et le gaz naturel — pour produire de l'électricité et de la chaleur. La production d'électricité dépend encore majoritairement des combustibles fossiles.

B- Production industrielle

La production industrielle rejette des émissions de gaz, essentiellement du fait de son utilisation des combustibles fossiles pour produire l'énergie nécessaire à la fabrication de matériaux tels que le ciment, le fer, l'acier, l'électronique, le plastique et le textile, ainsi que d'autres biens. L'exploitation minière et d'autres processus industriels produisent également des émissions.

c- Déforestation

La déforestation au profit d'exploitations agricoles, de pâturages ou autre, rejette également des émissions de gaz à effet de serre, puisque les arbres, lorsqu'ils sont abattus, libèrent le carbone qu'ils ont stocké. La destruction des forêts, qui absorbent le dioxyde de carbone, limite également la capacité de la nature à empêcher les émissions de gaz d'entrer dans l'atmosphère.

4. Impacts des changements climatiques

4.1 Impacts sur l'environnement

A- Effondrement écologique

Le blanchiment a endommagé la Grande Barrière de corail et menace les récifs du monde entier (NOAA, 2020).

Chapitre I Généralité sur le Changement climatique

B- Temps extrême

La sécheresse et les températures élevées ont aggravé les feux de brousse de 2019-2020 en Australie (Dunne et al., 2020).

C- Réchauffement de l'Arctique

Le dégel du pergélisol fragilise les sols et libère du méthane, un gaz à effet de serre (Turetsky et al., 2019).

D- Destruction des habitats

De nombreux animaux polaires dépendent de la banquise, qui disparaît alors que l'Arctique se réchauffe (Larsen et al, 2014).

E- Propagation des parasites

Les hivers doux permettent à un plus grand nombre de dendroctones du pin de survivre et de tuer de grandes étendues de forêt (NPS, 2017).

4.2 Impacts sur les personnes

A- Migration environnementale

Des précipitations plus rares entraînent une désertification qui nuit à l'agriculture et peut déplacer des populations (Serdeczny et al., 2016)

B- Changements agricoles

Les sécheresses, la hausse des températures et les conditions météorologiques extrêmes ont un impact négatif sur l'agriculture (Mbow et al., 2019).

C- Inondations dues aux marées

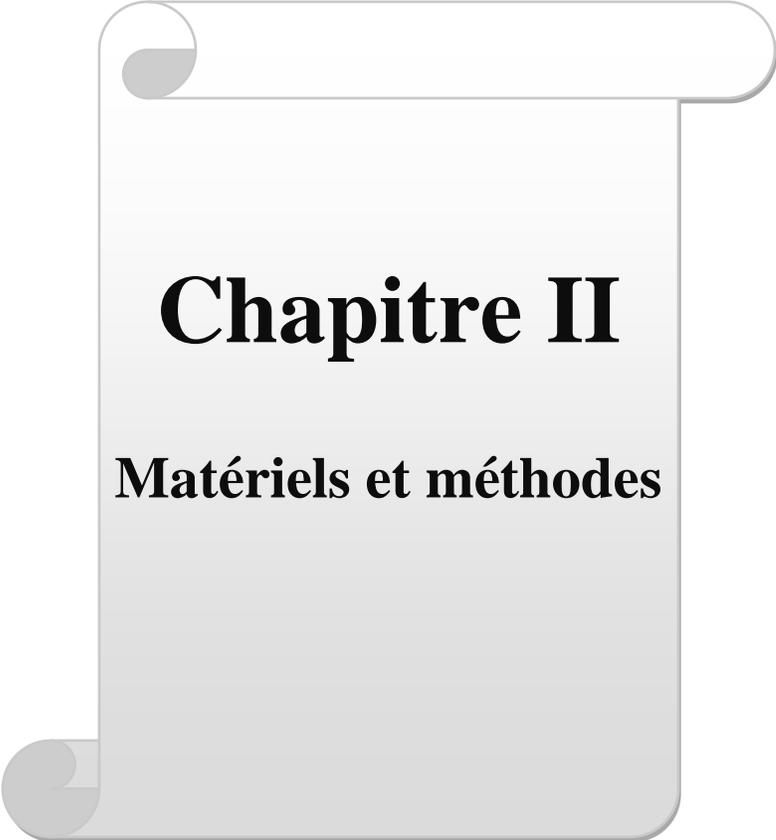
L'élévation du niveau de la mer augmente les inondations dans les régions côtières de faible altitude (NOAA, 2020).

D- Intensification des tempêtes

Le Bangladesh après le cyclone Sidr est un exemple d'inondation catastrophique due à l'augmentation des précipitations (Kabir et al., 2016).

E-Intensification des vagues de chaleur

Des événements tels que la vague de chaleur européenne de juin 2019 sont de plus en plus fréquents (Oldenborgh et al., 2020)



Chapitre II

Matériels et méthodes

1. Présentation de la région de Ouargla

1.1 Géographique

A- Situation

Ouargla, capitale de l'Oasis, une des vieilles villes du Sahara. Elle est située dans le Sud-Est de l'Algérie, plus précisément dans la partie septentrionale du Sahara algérien. Elle se situe à 190 km à l'est de Ghardaïa, 160 km au sud-ouest de Touggourt, 388 km au sud de Biskra, à 800 km d'Alger et à 618 km de Constantine (Côte,1996).

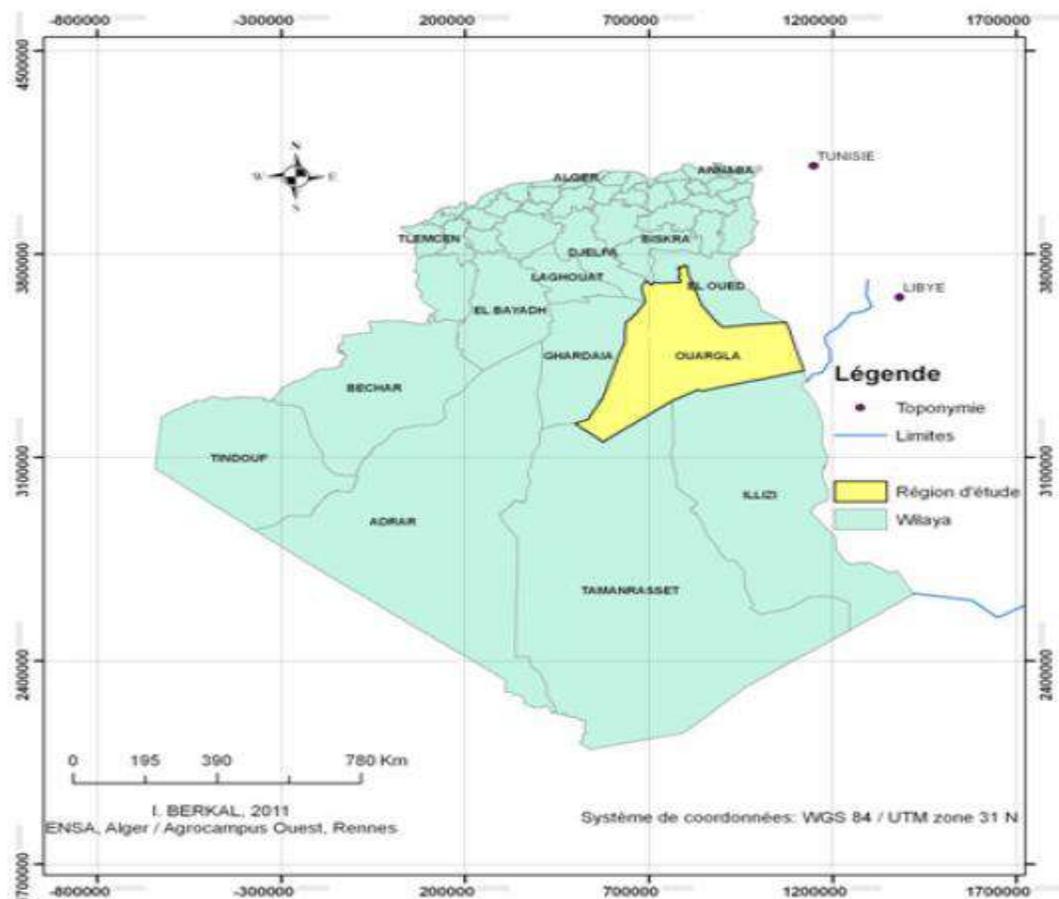


Figure II-1. Carte de la localisation géographique de l'oasis d'Ouargla.

B-Relief

Ouargla se situe sur un isthme de « terre ferme » reliant le Nord et le Sud saharien, entre le Grand Erg occidental et le Grand Erg Oriental (Côte,1996).

Elle est localisée dans une dépression qui s'allonge en contrebas du rebord d'un plateau calcaire, et correspond à l'ancien cours de l'oued Mya. Puisque la cuvette ne dispose pas d'exutoire, l'agglomération est ceinturée sur trois côtes par un chott et des étendues salées (Côte,1996). Le ksar initial au centre est sur une butte surbaissée ; les palmeraies entourent la ville moderne (Côte,1996).

C-Climat

Ouargla appartient à l'étage bioclimatique saharien et est caractérisée par une aridité nettement marquée et une sécheresse quasi permanente. Selon la classification de Koppèn BWh, Ouargla a un climat désertique. La ville possède des étés très longs et extrêmement chauds et des hivers courts et agréables. Les températures moyennes de la ville sont les plus élevées des grandes villes d'Algérie. La température du mois de juillet qui est le mois le plus chaud est d'environ 43 °C et l'amplitude thermique annuelle moyenne est donc de l'ordre 37 °C. Le climat y est particulièrement aride et très peu pluvieux avec un ciel dégagé la plupart du temps. Les précipitations enregistrées dans la ville de Ouargla sont faibles et irrégulières.

Comme dans tous le Sahara, Ouargla est marquée par un vent appelé le sirocco, encore appelé en Algérie *shehili*. Le sirocco est un vent très sec et très chaud et il se produit lorsqu'une masse d'air tropicale et stationnaire installée sur le Sahara se trouve entre une zone anticyclonique à la verticale de la ligne du tropique du Cancer et une soudaine zone de forte dépression se creusant rapidement au-dessus de la mer Méditerranée.

Dans les oasis le climat est un peu différent à cause de « l'effet oasisien » qui réduit la vitesse du vent, l'évaporation, la température et augmente l'humidité par rapport au milieu extérieur (Medjber Teguib et al., 2013).

1.2 Ressources hydriques

Les formations géologiques de la région de Ouargla contiennent, en plus de la nappe superficielle, deux grands ensembles de formations aquifères bien connus : le Continental Intercalaire (CI) à la base, qui s'étend sur tout le bassin sédimentaire du Sahara septentrional, et le Complexe Terminal (CT) au sommet. Ce dernier renferme, sur le territoire algérien, deux

formations aquifères distinctes. La première est contenue dans les sables du Mio-Pliocène, tandis que la seconde se trouve dans le Sénonien supérieur et l'Éocène inférieur (Sénonien pour Ouargla principalement) (Idder, 2007).

L'exploitation de la nappe du Mio-Pliocène à Ouargla, remonte à un passé déjà lointain. Cette nappe a acquis une réputation légendaire, puisqu'elle a été à l'origine de la création de l'oasis et a permis sa prospérité (Moulias, 1927).

1.3 Agriculture

Avant l'apparition des nouveaux modes d'agriculture, l'agriculture oasienne qui repose sur le palmier dattier à Ouargla, comme dans tous le Sahara algérien, était la seule source qui assure la production des fruits et des légumes. Selon des experts algériens dans le domaine agricole, l'agriculture oasienne constitue un facteur clé pour assurer la sécurité alimentaire en l'Algérie et contribuer à la croissance économiques du pays, notamment grâce au grand potentiel du palmier dattier (APS, 2022). A Ouargla, le patrimoine phœnicicole compte plus de 2,5 millions de palmiers productifs (APS, 2021a). En plus des de l'agriculture Oasienne, Ouargla dispose d'une superficie agricole de 20.000 hectares est consacrée à l'agro-industrie afin de renforcer les capacités nationales dans cette filière et réduire par la même, sa facture d'importation, a-t-on appris auprès de la direction locale des services agricoles (DSA) (APS, 2021b).

2. Protocole de travail

2.1 Séries de données météorologiques

Pour réaliser la présente étude, nous avons utilisé les données journalières des paramètres météorologiques de Ouargla des années 1997, 2007 et 2017. Les paramètres météorologiques sont : les températures max et min, les humidités relatives max et min, les vitesses des vents, les précipitations, l'évaporation et la durée d'insolation.

2.2 Synthèse climatique

Pour définir s'il y a des changements dans le climat, on s'est basé sur la synthèse climatique de chaque année d'étude en se référant aux éléments suivants :

A-Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen

Bagnouls et Gaussen (1953) définissent un mois sec comme étant « celui où le total mensuel des précipitations exprimé en millimètres est égal ou inférieur au double de la température moyenne mensuelle exprimé en degrés centigrades ».

Le mode de représentation graphique de ces deux paramètres permet de déterminer et de localiser la période sèche. Sur le graphe on représente d'une part la courbe ombrique concernant les chutes mensuelles de pluie en mm et d'autre part la courbe thermique à l'aide des températures moyennes mensuelles en degrés Celsius.

B- Climagramme d'EMBERGER

Le climagramme d'EMBERGER (1955) permet de déterminer l'étage bioclimatique d'une station donnée. Il est déterminé à partir de la formule: $Q2 = 2000P / M2 - m$, dont

- P: précipitation annuelle (mm)
- M: la température maximale du mois le plus chaud en °C
- m: la température minimale du mois le plus froid en °C

En appliquant la formule suivante élaborée par STEWART pour l'Algérie et le Maroc, soit: $Q2 = 3.43 (P/M-m)$ (Stewart, 1968).

- Q: le quotient pluviométrique d'EMBERGER
- P: Pluviométrie annuelle moyenne en mm.
- M: Moyenne maximale du mois le plus chaud en °C
- m: Moyenne minimale du mois le plus froid en °C

C-Indices climatiques

Le calcul des indices climatiques a été fait à partir de formules mathématiques simples, consacrées, qui mettent en évidence dans leur majorité le niveau différent d'évolution des 2 éléments climatiques fondamentaux (température et précipitations) pour évaluer le niveau de dessèchement et de sécheresse du territoire analysé (Croitoru et al., 2012).

- **Le facteur de pluie de Lang ($mm/°C$)** : il est nommé aussi indice pluviométrique, est le rapport entre la quantité annuelle de précipitations atmosphériques et la température moyenne de l'air.

$$FP_L = P/T \quad (1)$$

- **L'indice hydro-thermique (I_h)** : il est calculé comme le produit de la température moyenne annuelle de l'air ($°C$) et de la lame d'eau annuelle (en mm) divisé par 1000.

$$I_h = (T \cdot P / 1000). \quad (2)$$

- **L'indice de Gams (mm/m)** : c'est le rapport entre la quantité annuelle de précipitations et l'altitude de la station météorologique.

$$I_{Gams} = P/Alt \quad (3)$$

- **L'indice d'aridité de de Martonne ($I_a; mm/°C$)** : c'est un indicateur utile pour caractériser le phénomène d'aridité en exprimant le caractère restrictif pour certaines formations végétales :

$$I_a = P/(T + 10) \quad (4)$$

Où P est la quantité annuelle de précipitations, T est la température moyenne annuelle de l'air.

- **Le bilan conventionnel de l'humidité ou indice K ($mm/°C$)** : il exprime le niveau de potentialité climatique propice à la végétation forestière. Il est le rapport entre la quantité de précipitations de la période pendant laquelle la moyenne mensuelle est $\geq 10 °C$ et la somme des températures mensuelles de la même période.

$$K = Q_{Précip. (T \geq 10)} / Somme_{tempér.} \quad (5)$$

- **Le rapport d'Angot (mm)** : c'est le rapport entre la quantité de précipitations du semestre chaud et la quantité de précipitations du semestre froid, étant un indicateur du niveau de continentalisme climatique. L'indice pluviométrique d'Angot (mm) est le rapport entre la quantité moyenne par jour des précipitations d'un mois et la quantité moyenne annuelle par jour des précipitations. La formule de calcul est :

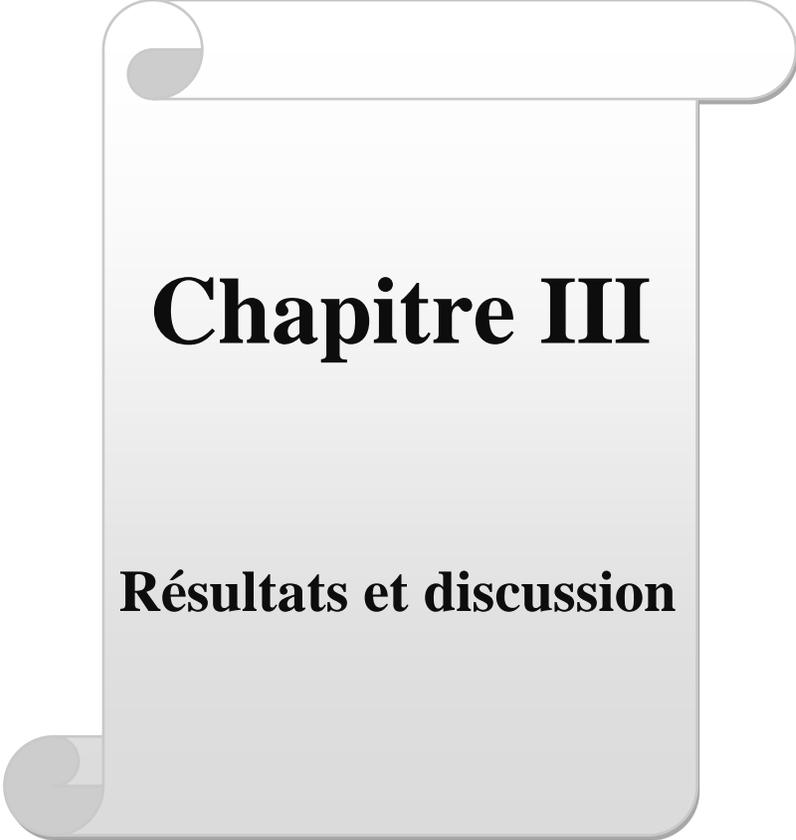
$$K = q \cdot 365 / Q \cdot n \quad (6)$$

où K est l'indice d'Angot, q est la quantité de précipitations moyennes mensuelles, Q est la quantité annuelle de précipitations, 365 est le nombre de jours d'une année calendrier

conventionnelle et n est le nombre de jours d'un mois (février a 28 jours). Cet indice est utilisé pour établir les caractéristiques pluviométriques pour chaque mois.

2.3 Analyses statistiques

En plus de l'Excel pour calculer et tracer les graphiques, on a utilisé le SPSS ver. 22 pour définir la variabilité et faire l'analyse de variance (ANOVA) pour comparer en les différents paramètres météorologiques. Aussi et grâce au SPSS, on va essayer de définir s'il y a des corrélations entre les différents éléments.



Chapitre III

Résultats et discussion

1. Résultats

1.1 Analyses des paramètres météorologiques

A- Analyses descriptives

Les moyennes annuelles des températures de l'air, des humidités relatives et des vents sont représentées dans le tableau III-1 qui suit :

Tableau III-1. Moyennes annuelles de quelques paramètres météorologiques TN (température minimale de l'air) – TX (température maximale de l'air) – UN (humidité relative minimale) – UX (humidité relative maximale) – FFX (vitesse des vents)

Années	TN (°C)	TX (°C)	UN (%)	UX (%)	FFX (m/s)
1997	16,0	31,0	24,2	62,0	8,6
2007	16,4	30,9	24,4	60,1	8,7
2017	16,2	30,7	19,6	53,8	10,0

D'après le tableau III-1, les températures de l'air minimales et maximales des trois années d'étude sont proches. Les valeurs minimales (pour TN et TX) sont enregistrées durant l'an 2017. Entre 1997 et 2007 les différences étaient $\Delta TN = +0,4^{\circ}\text{C}$ et $\Delta TX = -0,1^{\circ}\text{C}$; et entre 2007 et 2017 les différences étaient de $\Delta TN = -0,2^{\circ}\text{C}$ et $\Delta TX = -0,2^{\circ}\text{C}$.

Pour l'humidité relative et d'après le même tableau III-1, les valeurs minimales (pour UN et UX) sont aussi enregistrées en 2017. Les différences entre 1997 et 2007 sont $\Delta UN = +0,2\%$ et $\Delta UX = -1,9\%$. Entre 2007 et 2017, les différences étaient $\Delta UN = -4,8\%$ et $\Delta UX = -6,3\%$.

En ce qui concerne la vitesse des vents, les valeurs dans le tableau III-1 montrent que les différences sont $-0,1$ m/s entre 1997 et 2007 et $+1,3$ m/s entre 2007 et 2017.

Le cumules des précipitations, des évaporations et des durées d'insolation sont représentés dans le tableau III-2 suivant :

Tableau III-2. Cumules annuels de quelques paramètres météorologiques

Année	RRTOT (mm)	EVAP (mm)	INSTOT (heures)
1997	29,5	1633,2	3124,0

2007	13,1	3613,2	3165,0
2017	74,6	3316,1	3233,7

D'après le tableau III-2, les quantités annuelles des précipitations sont très faibles et ne dépassent pas les 80 mm. Entre 1997 et 2007, la quantité baisse de 16,4 mm. En 2017, elle devient 74,6 mm soit une augmentation de 61,5 mm par rapport à 2007.

Pour l'évaporation, Le tableau III-2 montre des pertes par évaporation très importante. En 1997, la valeur ne dépassait pas les 1700 mm mais dépasse les 3600 mm en 2007. Soit une augmentation des pertes par évaporation de 1980 mm ce qui est énorme. En 2017, les pertes par évaporation était de 3316,1 mm. Soit une baisse en évaporation de 297,1 mm par rapport à 2007.

En ce qui concerne la durée d'insolation, le tableau III-2 signale des valeurs qui dépassent les 3100 heures d'insolation par an.

B-Analyses statistiques

- *Température de l'air*

Les tableaux III-3, III-4, III-5 et III-6 représentent l'analyse de variance des températures minimales et maximales.

Tableau III-3. Analyse de Variance (ANOVA) de la température minimale de l'air

	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.
Intergroupes	32,343	2	16,172	,212	,809
Intragroupes	83340,077	1092	76,319		
Total	83372,420	1094			

D'après le tableau III-3, il n'y a pas de différences significatives entre les groupes (les températures minimales de l'air des trois années d'étude) ($sig.=0,809>0.05$).

Le tableau III-4 ci-dessous vient pour confirmer ce résultat.

Tableau III-4. Comparaisons multiples de la température minimale de l'air des trois années

(I) AN	(J) AN	Différence	Erreur	Sig.	Intervalle de confiance à 95 %
--------	--------	------------	--------	------	--------------------------------

		moyenne (I-J)	standard		Borne inférieure	Borne supérieure
1997	2007	-,41918	,64667	,517	-1,6880	,8497
	2017	-,24329	,64667	,707	-1,5121	1,0256
2007	1997	,41918	,64667	,517	-,8497	1,6880
	2017	,17589	,64667	,786	-1,0930	1,4448
2017	1997	,24329	,64667	,707	-1,0256	1,5121
	2007	-,17589	,64667	,786	-1,4448	1,0930

D'après ce tableau III-4, les différences entre les moyennes (entre 0,17589°C et 0,41918°C) ne sont pas significatives. Ce qui veut dire que, statistiquement parlant, il n'y a pas un changement dans les températures minimales.

Les tableaux III-5 et III-6 montrent que pour les températures maximales, il n'y a pas de différences entre les groupes (années) analysés (Sig.=0,894>0.05) et que les différences entre les moyennes annuelles des températures maximales ne sont pas significatives.

Tableau III-5. Analyse de Variance (ANOVA) de la température maximale de l'air

	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.
Intergroupes	20,052	2	10,026	,112	,894
Intragroupes	98070,172	1092	89,808		
Total	98090,224	1094			

Tableau III-6. Comparaisons multiples de la température maximale de l'air des trois années

(I) AN	(J) AN	Différence moyenne (I-J)	Erreur standard	Sig.	Intervalle de confiance à 95 %	
					Borne inférieure	Borne supérieure
1997	2007	,12219	,70150	,862	-1,2542	1,4986
	2017	,32795	,70150	,640	-1,0485	1,7044
2007	1997	-,12219	,70150	,862	-1,4986	1,2542
	2017	,20575	,70150	,769	-1,1707	1,5822
2017	1997	-,32795	,70150	,640	-1,7044	1,0485
	2007	-,20575	,70150	,769	-1,5822	1,1707

*. La différence moyenne est significative au niveau 0.05.

- **Humidité relative**

Les tableaux III-7, III-8, III-9 et III-10 représentent l'analyse de variance de l'humidité relative minimale et maximale.

Tableau III-7. Analyse de Variance (ANOVA) de l'humidité relative minimale

	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.
Intergroupes	5535,830	2	2767,915	21,968	,000
Intragroupes	137590,082	1092	125,998		
Total	143125,912	1094			

D'après le tableau III-7, il y a une différence significative entre les groupes (Sig.=0,000<0,05) des humidités relatives minimales. Mais les différences entre les moyennes de chaque groupe par rapport à un autre est définie dans le tableau III-8 ci-dessous.

Tableau III-8. Comparaisons multiples de l'humidité relative minimale des trois années

(I) AN	(J) AN	Différence moyenne (I-J)	Erreur standard	Sig.	Intervalle de confiance à 95 %	
					Borne inférieure	Borne supérieure
1997	2007	-,18082	,83090	,828	-1,8112	1,4495
	2017	4,67671*	,83090	,000	3,0464	6,3071
2007	1997	,18082	,83090	,828	-1,4495	1,8112
	2017	4,85753*	,83090	,000	3,2272	6,4879
2017	1997	-4,67671*	,83090	,000	-6,3071	-3,0464
	2007	-4,85753*	,83090	,000	-6,4879	-3,2272

*. La différence moyenne est significative au niveau 0.05.

D'après le tableau III-8, les différences entre les moyennes des humidités relatives minimales sont significatives pour les paires (1997/2017 avec 4,617671%) et (2007/2017 avec 4,85753%) par contre elle n'est pas pour la paire (1997/2007 avec 0,18082%).

Pour les taux maximaux de l'humidité relative, le tableau III-9 ci-après montre qu'il y a aussi une différence significative entre les groupes (années) étudiés, mais sans mentionner les paires concernées.

Tableau III-9. Analyse de Variance (ANOVA) de l'humidité relative maximale

	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.
Intergruppes	13286,997	2	6643,499	15,947	,000
Intragruppes	454914,953	1092	416,589		
Total	468201,951	1094			

Le tableau III-10 ci-après vient pour préciser les groupes concernés par cette différence significative.

Tableau III-10. Comparaisons multiples de l'humidité relative maximale des trois années

(I) AN	(J) AN	Différence moyenne (I-J)	Erreur standard	Sig.	Intervalle de confiance à 95 %	
					Borne inférieure	Borne supérieure
1997	2007	1,83562	1,51085	,225	-1,1289	4,8001
	2017	8,13425*	1,51085	,000	5,1697	11,0988
2007	1997	-1,83562	1,51085	,225	-4,8001	1,1289
	2017	6,29863*	1,51085	,000	3,3341	9,2631
2017	1997	-8,13425*	1,51085	,000	-11,0988	-5,1697
	2007	-6,29863*	1,51085	,000	-9,2631	-3,3341

*. La différence moyenne est significative au niveau 0.05.

D'après le tableau III-10, il y a des différences significatives entre les moyennes de l'humidité relative maximale de l'an 1997 par rapport l'an 2017 (où la différence était de 8,13425%) de part et l'an 2007 par rapport l'an 2017 (où la différence était de 6,29863%). Par contre il n'y a pas de différence significative entre les moyennes de 1997 et 2007 (1,83562%).

- **Vent**

Le tableau III-11 ci-après vient pour montre le résultats de l'analyse de variance des vitesses des vents.

Tableau III-11. Analyse de Variance (ANOVA) des vents

	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.
Intergruppes	444,851	2	222,426	21,947	,000

Intragroupes	11067,145	1092	10,135		
Total	11511,996	1094			

D'après le tableau III-11, la signification est égale à 0,000 donc inférieure à 0,05 ; ce qui veut dire la présence d'une différence significative entre les groupes de la vitesse du vent.

Le tableau III-12 qui suit représente les paires des groupes avec différence significative

Tableau III-12. Comparaisons multiples des vents des trois années

(I) AN	(J) AN	Différence moyenne (I-J)	Erreur standard	Sig.	Intervalle de confiance à 95 %	
					Borne inférieure	Borne supérieure
1997	2007	-,07123	,23565	,762	-,5336	,3912
	2017	-1,38630*	,23565	,000	-1,8487	-,9239
2007	1997	,07123	,23565	,762	-,3912	,5336
	2017	-1,31507*	,23565	,000	-1,7775	-,8527
2017	1997	1,38630*	,23565	,000	,9239	1,8487
	2007	1,31507*	,23565	,000	,8527	1,7775

*. La différence moyenne est significative au niveau 0.05.

D'après le tableau III-12, les différences significatives entre les moyennes sont dans le cas des paires 1997-2017 (1,38630 m/s) et 2007-2017 (1,31507 m/s)

- **Précipitations**

Le tableau III-13 ci-dessous représente l'analyse de variance des groupes des précipitations.

Tableau III-13. Analyse de Variance (ANOVA) des précipitations

	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.
Intergruppes	5,557	2	2,779	2,720	,066
Intragroupes	1115,374	1092	1,021		
Total	1120,931	1094			

D'après ce tableau (III-13), il est bien remarqué que la valeur de signification (0,066) dépasse celle recommandée (0,05) de 0,016. Donc un valeur très petite et qui peut conduire à des différences significatives entre au moins de groupes (une paire).

Le tableau III-14 ci-après vient pour montrer les deux groupes concernés.

Tableau III-14. Comparaisons multiples des précipitations des trois années

(I) AN	(J) AN	Différence moyenne (I-J)	Erreur standard	Sig.	Intervalle de confiance à 95 %	
					Borne inférieure	Borne supérieure
1997	2007	,04494	,07481	,548	-,1018	,1917
	2017	-,12355	,07481	,099	-,2703	,0232
2007	1997	-,04494	,07481	,548	-,1917	,1018
	2017	-,16849*	,07481	,025	-,3153	-,0217
2017	1997	,12355	,07481	,099	-,0232	,2703
	2007	,16849*	,07481	,025	,0217	,3153

*. La différence moyenne est significative au niveau 0.05.

D’après le tableau III-14, la paire concernée est 2007-2017 (sig.= 0.025) où la différence des moyennes est 0,16849 mm/j

- **Evaporation**

Le tableau III-15 vise à montrer le résultat de l’analyse de variance pour les groupes (années) de l’évaporation.

Tableau III-15. Analyse de Variance (ANOVA) de l’évaporation

	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.
Intergroupes	6247,325	2	3123,662	127,243	,000
Intragroupes	26807,203	1092	24,549		
Total	33054,528	1094			

D’après le tableau III-15, il y a des différences significatives entre les groupes (Sig. = 0,000). Ces différences entre les groupes sont clairement mentionnés dans le tableau III-16.

Tableau III-16. Comparaisons multiples de l’évaporation des trois années

(I) AN	(J) AN	Différence moyenne (I-J)	Erreur standard	Sig.	Intervalle de confiance à 95 %	
					Borne inférieure	Borne supérieure

1997	2007	-5,42466*	,36676	,000	-6,1443	-4,7050
	2017	-4,61068*	,36676	,000	-5,3303	-3,8910
2007	1997	5,42466*	,36676	,000	4,7050	6,1443
	2017	,81397*	,36676	,027	,0943	1,5336
2017	1997	4,61068*	,36676	,000	3,8910	5,3303
	2007	-,81397*	,36676	,027	-1,5336	-,0943

*. La différence moyenne est significative au niveau 0.05.

D’après le tableau III-16, toutes les paires représentent des différences significatives. Ces différences entre les moyennes sont : maximale (5,42466 mm/j) pour la paire 1997-2007 et minimale (0,81397 mm/j) pour la paire 2007-2017.

- **Durée d’insolation**

Le tableau III-17 vient pour vérifier s’il y a des différences significatives entre les groupes (années) pour la durée d’insolation.

Tableau III-17. Analyse de Variance (ANOVA) de la durée d’insolation

	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.
Intergruppes	16,835	2	8,418	,922	,398
Intragruppes	9972,231	1092	9,132		
Total	9989,067	1094			

D’après le tableau III-17, il n’y a pas de différences significatives entre les groupes de la variable « durée d’insolation. Le tableau III-18 ci-dessous vient pour confirmer l’absence de cette différence significative entre les moyennes des différents groupes.

Tableau III-18. Comparaisons multiples de la durée d’insolation des trois années

(I) AN	(J) AN	Différence moyenne (I-J)	Erreur standard	Sig.	Intervalle de confiance à 95 %	
					Borne inférieure	Borne supérieure
1997	2007	-,11233	,22369	,616	-,5512	,3266
	2017	-,30055	,22369	,179	-,7395	,1384
2007	1997	,11233	,22369	,616	-,3266	,5512
	2017	-,18822	,22369	,400	-,6271	,2507

2017	1997	,30055	,22369	,179	-,1384	,7395
	2007	,18822	,22369	,400	-,2507	,6271

1.2 Analyse des paramètres de la synthèse climatique

A-Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen

Les figures III-1représente le digramme des trois années de notre étude.

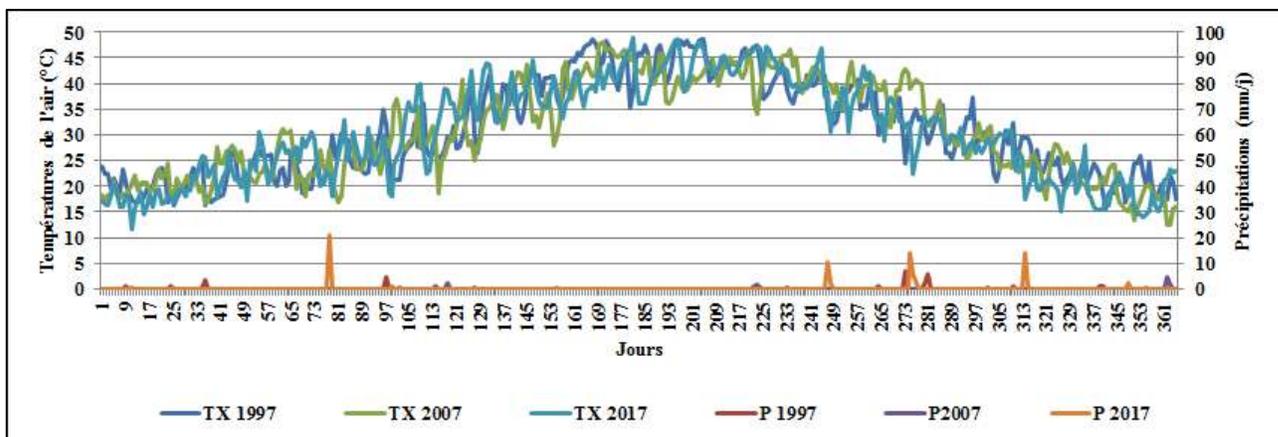


Figure III-1. Diagramme Ombrothermique de Ouargla pour les années 1997, 2007 et 2017.

D’après la figure III-1, il s’agit de longues périodes sèches durant les trois années d’étude.

A. Climagramme d’EMBERGER

Il est représenté en abscisses par la moyenne des minima du mois le plus froid et en ordonnées par le quotient pluviométrique d’Emberger (Q).

Pour l’an 1997, les précipitations annuelles sont de 29,5 mm, la température maximale du mois le plus chaud est de 45,2 °C et la température minimale du mois le plus froid est de 6 °C. Donc, le quotient pluviométrique d’EMBERGER (Q) est de 2,60.

En ce qui concerne l’an 2007, les précipitations annuelles sont de 13,1 mm, la température maximale du mois le plus chaud est de 41,4 °C et la température minimale du mois le plus froid est de 4,8 °C. Par conséquent le quotient pluviométrique d’EMBERGER (Q) est de 1,23.

Enfin pour l’an 2017, les précipitations annuelles sont de 74,6 mm, la température maximale du mois le plus chaud est de 43,1 °C et la température minimale du mois le plus froid est de 3,4 °C. Par conséquent le quotient pluviométrique d’EMBRGER (Q) est de 6,45.

Malgré ces variations dans la valeur du quotient pluviométrique d’EMBRGER, la zone d’étude se trouve soumise à l’étage bioclimatique Saharien.

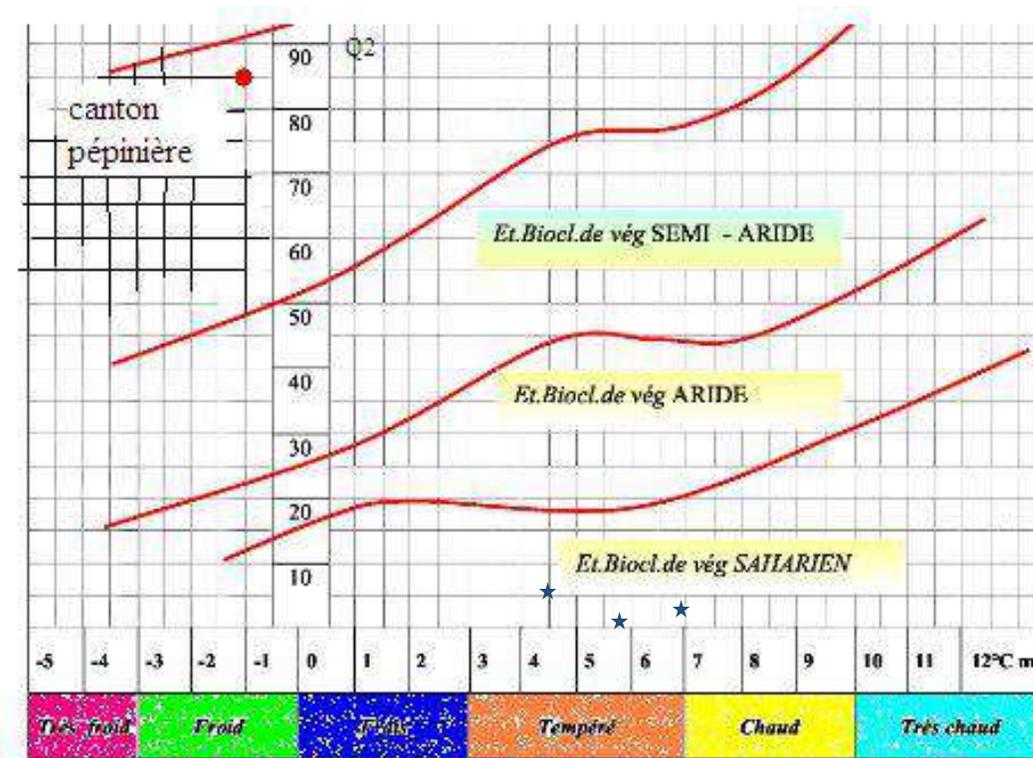


Figure III-2. Projection de la zone d’étude dans le climagramme d’EMBERGER.

B-Indices climatiques

Les indicateurs climatiques sont des éléments qui permettent d’évaluer d’avantage s’il y a un changement dans le climat de la région d’étude. Le tableau III-19 et la figure III-3 viennent pour montrer la variation de cinq indices en fonction des trois années de notre étude.

Tableau III-19. Indices climatiques des trois années de l’étude

	Facteur de Lang (mm/°C)	Indice hydro-thermique	Indice de Gams (mm/m)	Indice d’aridité de Martonne	Bilan conventionnel de l’humidité ou indice K (mm/°C)

		(Ih)		(Ia : mm/°C)	
1997	1,26	0,69	0,20	0,88	0,10
2007	0,55	0,31	0,09	0,39	0,05
2017	3,18	1,75	0,50	2,23	0,27

D'après le tableau III-19, et si en se référant à l'indice de Martonne qui est le seul qui permet de définir le climat pour notre étude (absence des tableaux de division de climat selon les valeurs obtenues) ; notre région est caractérisée par un climat hyperaride.

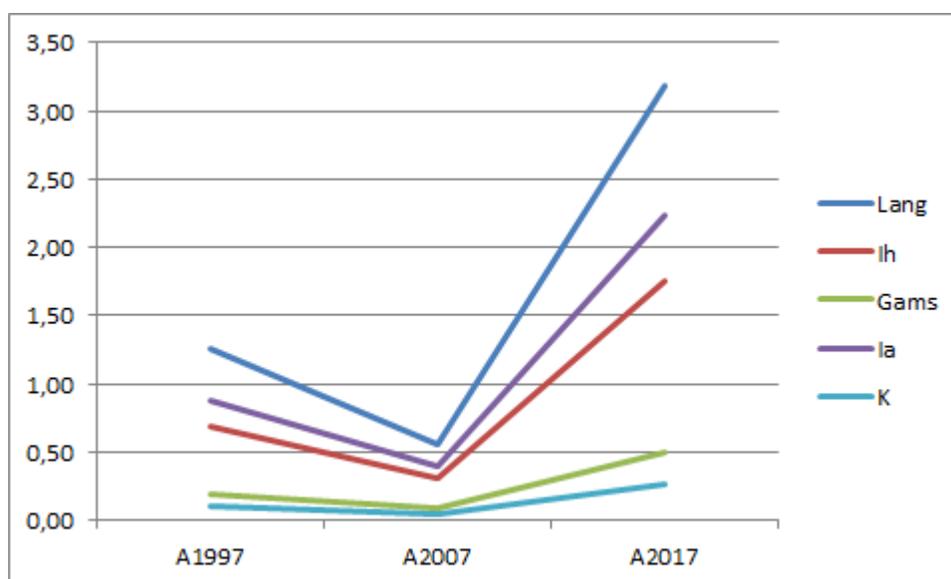


Figure III-3. Variation des indices en fonction des années

Selon la figure III-3, les valeurs de l'indice ont la même tendance avec des valeurs importantes durant l'année 2017.

2. Discussion générale

Les différentes analyses effectuées ont montré que pour :

2.1 Paramètres météorologiques

A l'exception de la température maximale (TX), l'humidité relative maximale (UX) et la vitesse du vent où il y a une tendance claire avec le temps (années) (proportionnelle dans le cas du vent

et inversement proportionnelle dans le cas de TX et UX) ; les autres paramètres (TN et UN) varient aléatoirement.

Aussi, il est à noter que le nombre de jours où la température maximale de l'air dépassait les 30°C sont 175 jours en 1997 (soit 47,9% de l'année), 174 jours en 2007 (soit 47,7% de l'année) et 185 jours en 2017 (soit 50,7% de l'année).

Conclusion Générale

Ce mémoire a exploré en détail les divers aspects du changement climatique, en se concentrant sur la région d'Ouargla. Nous avons examiné les généralités sur le changement climatique, en définissant clairement ce phénomène et en identifiant les indicateurs clés tels que l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre, la hausse des températures, la sécheresse, les pluies extrêmes, les inondations, la montée des eaux, le recul des glaciers, les ouragans et l'intensification des tempêtes, ainsi que l'extinction progressive de la biodiversité.

Ensuite, nous avons présenté la région d'Ouargla dans le chapitre II, en mettant en évidence sa géographie, ses ressources hydriques et son agriculture. Cette présentation nous a permis de comprendre le contexte spécifique dans lequel les changements climatiques se produisent dans cette région.

Dans le chapitre III, nous avons procédé à une analyse approfondie des paramètres météorologiques spécifiques à Ouargla. Nous avons collecté des données météorologiques sur une période donnée et avons analysé les tendances temporelles et les variations saisonnières de ces paramètres. Cette analyse nous a permis de déceler des changements significatifs dans le climat de la région, confirmant ainsi l'impact du changement climatique.

En conclusion, notre étude souligne l'urgence de lutter contre le changement climatique dans la région d'Ouargla et au-delà. Les résultats obtenus mettent en évidence la nécessité de prendre des mesures d'adaptation pour atténuer les effets négatifs du changement climatique sur l'environnement et les populations locales. Il est essentiel de sensibiliser les décideurs, les communautés locales et la société dans son ensemble aux enjeux du changement climatique et de promouvoir des pratiques durables pour préserver la région d'Ouargla et assurer un avenir viable pour les générations futures. Des efforts supplémentaires doivent être déployés pour renforcer la recherche, la surveillance et la mise en œuvre de politiques et de mesures visant à atténuer les effets du changement climatique et à favoriser la résilience des communautés face à ces défis. En travaillant ensemble, nous pouvons apporter des solutions efficaces et durables pour faire face au changement climatique et préserver notre planète pour les générations futures.

Recommandation

Recommandation

Le changement climatique fait référence aux changements à long terme des conditions météorologiques et climatiques à l'échelle mondiale. Elle est principalement causée par les activités humaines, y compris les gaz à effet de serre émis par la combustion de combustibles fossiles, la déforestation et d'autres pratiques nuisibles à l'environnement.

Les paramètres météorologiques et les indices climatiques sont des outils utilisés pour étudier et quantifier le changement climatique. Voici quelques exemples:

1. **Température moyenne** : L'augmentation de la température moyenne mondiale est l'un des principaux indicateurs du changement climatique. Les relevés de température montrent une tendance à la hausse au fil des décennies.
2. **Précipitations** : Les modèles climatiques prédisent des changements dans les régimes de précipitations, les régions connaissant des précipitations plus intenses ou des sécheresses prolongées.
3. **Encourager l'adaptation** : Les communautés doivent se préparer et s'adapter au changement climatique inévitable. Cela pourrait impliquer la construction de systèmes d'irrigation résilients, l'élaboration de plans d'urgence en cas de catastrophes naturelles et l'amélioration des infrastructures pour relever les défis futurs.
4. **Sensibilisation et éducation** : Il est important de sensibiliser le public aux causes et aux conséquences du changement climatique et aux mesures qu'il peut prendre individuellement pour réduire son empreinte carbone.
5. **Coopération internationale** : Le changement climatique est un problème mondial qui nécessite une action coordonnée au niveau international. Les pays doivent travailler ensemble pour élaborer des politiques.

Bibliographie

Bibliographie

- Allan, R. P., Soden, B. J. 2008. Atmospheric warming and the amplification of precipitation extremes. *Science* 321, pp. 1481–1484.
- Allen M. R., Dube O. P., Solecki W., Aragón-Durand F., Cramer W., Humphreys S., Kainuma M., Kala J., Mahowald N., Mulugetta Y., Perez R., Wairiu M. et Zickfeld K. 2018. «Chapter 1: Framing and Context », dans *Global Warming of 1.5°C*.pp., 49-91.
- Allen, M. R., Ingram, W. J. 2002. Constraints on future changes in climate and the hydrologic cycle. *Nature* 419, pp. 224–232.
- Anonyme, 2020. Climate Change: Meaning, Definition, Causes, Examples And Consequences. <https://youmatter.world/en/definition/climate-change-meaning-definition-causes-and-consequences/>
- Crimmins, A. et al. 2016. The impacts of climate change on human health in the United States: a scientific assessment. Washington, DC: US Global Change Research Program. <https://doi.org/10.7930/J0R49NQX>.
- Durand A., Leborgne G., Robert C., Barrault S., Bort R.2020. Gaz à effet de serre. Citepa. Rapport Secten.
- EPA 2017. Myths vs. Facts: Denial of Petitions for Reconsideration of the Endangerment and Cause or Contribute Findings for Greenhouse Gases under Section 202(a) of the Clean Air Act. Environmental Protection Agency. United States.
- Fischer, E. M., Beyerle, U., Knutti, R. 2013. Robust spatially aggregated projections of climate extremes. *Nat. Clim. Change* 3, pp. 1033–1038.
- GIEC, 2014. Changements climatiques 2014 : Rapport de synthèse. Contribution des Groupes de travail I, II et III au cinquième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Sous la direction de l'équipe de rédaction principale, R.K. Pachauri et L.A. Meyer]. GIEC, Genève, Suisse, 161 p.
- Handmer, J. et al. 2012. Changes in impacts of climate extremes: human systems and ecosystems. In *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation* (eds Field, C. B. et al.) pp. 231–290, Cambridge University Press.

Bibliographie

- Hartmann D. L., Klein Tank A. M. G., Rusticucci M., Alexander L. V., Brönnimann S., Y. Charabi, Dentener F. J., Dlugokencky E. J., Easterling D. R., Kaplan A., Soden B. J., Thorne P. W., Wild M. et Zhai P. M. 2013. « Chapter 2: Observations: Atmosphere and Surface », dans *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*, pp. 159-254.
- Held, I. M. & Soden, B. J. 2006. Robust response of the hydrological cycle to global warming. *J. Clim.* 19, pp. 5686–5699.
- IPCC 2021. Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. In Press.
- Kharin, V. V., Zwiers, F. W., Zhang, X. & Wehner, M. 2013. Changes in temperature and precipitation extremes in the CMIP5 ensemble. *Clim. Change* 119, pp. 345–357.
- Madakumbura, G. D. et al. 2019. Event-to-event intensification of the hydrologic cycle from 1.5 °C to a 2 °C warmer world. *Sci. Rep.* 9, 3483.
- NASA 2020. Global Annual Mean Surface Air Temperature Change. National Aeronautics and Space Administration : Goddard Institute for Space Studies . URL : https://archive.wikiwix.com/cache/index2.php?url=https%3A%2F%2Fdata.giss.nasa.gov%2Fgistemp%2Fgraphs_v4%2F#federation=archive.wikiwix.com&tab=url
- Neukom R., Barboza L. A., Erb M. P., Shi F., Emile-Geay J., Evans M. N., Franke J., Kaufman D. S., Lücke L., Rehfeld K. et Schurer A. 2019. Consistent multidecadal variability in global temperature reconstructions and simulations over the Common Era. *Nature Geoscience*, 12(8), pp. 643-649.
- Norris, J., Chen, G., Neelin, J. D. 2019. Thermodynamic versus dynamic controls on extreme precipitation in a warming climate from the Community Earth System Model Large Ensemble. *J. Clim.* 32, pp. 1025–1045.
- O’Gorman, P. A., Schneider, T. 2009. The physical basis for increases in precipitation extremes in simulations of 21st century climate change. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 106, 14773–14777.

Bibliographie

- Oberlin G. 1976. Quelques généralités sur les sécheresses et leur prévision. *La Houille Blanche*, 5, pp. 369-373.
<https://www.shf-lhb.org/articles/lhb/pdf/1976/04/lhb1976024.pdf>
- OMM 2023. State of the Global Climate 2022. WMO-No. 1316.
https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=11593
- Sillmann, J., Kharin, V. V., Zwiers, F. W., Zhang, X., Bronaugh, D. 2013. Climate extremes indices in the CMIP5 multimodel ensemble: Part 2. Future climate projections. *J. Geophys. Res. Atmospheres* 118, pp. 2473–2493.
- Sun, Y., Solomon, S., Dai, A. & Portmann, R. W. 2006. How often does it rain? *J. Clim.* 19, 916–934.
- Swain, D. L., Langenbrunner, B., Neelin, J. D., Hall, A. 2018. Increasing precipitation volatility in twenty-first-century California. *Nat. Clim. Change* 8, pp. 427–433.
- Trenberth, K. E., Dai, A., Rasmussen, R. M., Parsons, D. B. 2003. The changing character of precipitation. *Bull. Am. Meteorological Soc.* 84, pp. 1205–1218.

Résumé

Le changement climatique est une notion qui est toujours relative au réchauffement climatique. Donc, la température de l'air est le seul paramètre météorologique qu'on a pris en considération en plus des phénomènes naturels. Dans le présent mémoire, l'étude consiste à adopter une approche qui se base sur l'analyse des données des différents paramètres météorologiques de trois années : 1997, 2007 et 2017 par l'outil statistique en utilisant le SPSS qui permet de définir s'il y a des différences significatives entre les moyennes des différents paramètres. L'approche repose aussi sur la synthèse climatique par l'analyse de : (i) diagramme Ombrothermique ; (ii) climagramme d'EMBERGER ; et (iii) cinq indices climatiques (Facteur de Lang, Indice hydro-thermique (Ih), Indice de Gams, Indice d'aridité de de Martonne (Ia), et Bilan conventionnel de l'humidité ou indice K). les résultats obtenus montrent une variation dans les moyennes et les cumule des paramètres météorologiques avec l'absence d'une tendance (augmentation ou diminution en continue) avec le temps (années) pour quelques-uns. Pour les éléments de la synthèse climatique, la même constatation a été faite où les valeurs maximales des indice ont été enregistrées en 2017. Pour les résultats de l'analyse statistique, il y a quatre paramètres météorologiques (humidité relative, vent, précipitation et l'évaporation) qui marquent des différences significatives des moyennes des groupes (années). Dans cette étude et statistiquement parlant, la température de l'air n'est pas un paramètre qui marque le changement climatique.

Mots clés : changement climatique, paramètre météo, synthèse climatique, SPSS, Ouargla

المخلص

يرتبط تغير المناخ دائماً بالاحتباس الحراري. لذلك، كانت درجة حرارة الهواء هي البارامتر الوحيد للأرصاد الجوية الذي تم أخذه في الاعتبار بالإضافة إلى الظواهر الطبيعية. وتستند الدراسة في هذا الموجز إلى تحليل للبيانات المستمدة من بارامترات الأرصاد الجوية المختلفة على مدى ثلاث سنوات: 1997 و 2007 و 2017 بواسطة الأداة الإحصائية التي تستخدم تدابير الصحة والصحة النباتية التي تسمح بتحديد ما إذا كانت هناك اختلافات كبيرة بين وسائل البارامترات المختلفة. ويعتمد النهج أيضاً على التوليف المناخي من خلال تحليل: '1' الرسم البياني المشبوه ؛ '2' برنامج EMBERGER Climagramme ؛ '3' خمسة مؤشرات مناخية (عامل لانغ، والمؤشر الحراري المائي (Ih) ، ومؤشر غامز، ومؤشر مارتون للجباف (Ia) ، وميزان الرطوبة التقليدي أو مؤشر (K) وتبين النتائج التي تم الحصول عليها تبايناً في الوسائل وتراكم بارامترات الأرصاد الجوية مع عدم وجود اتجاه (زيادة أو نقصان مستمرين) مع مرور الوقت (سنوات) بالنسبة للبعض. بالنسبة لعناصر التوليف المناخي، تم التوصل إلى نفس النتيجة حيث تم تسجيل أقصى قيم المؤشر في عام 2017. بالنسبة لنتائج التحليل الإحصائي، هناك أربعة بارامترات للأرصاد الجوية (الرطوبة النسبية والرياح وهطول الأمطار والتبخّر) تشير إلى اختلافات كبيرة في متوسطات المجموعة (السنوات). في هذه الدراسة ومن الناحية الإحصائية، فإن درجة حرارة الهواء ليست معلمة تحدد تغير المناخ .

الكلمات المفتاحية: تغير المناخ، معامل الطقس، توليف المناخ، SPSS، ورقلة

ABSTACT

Climate change is always related to global warming. Therefore, air temperature was the only meteorological parameter considered in addition to natural phenomena. In this brief, the study is based on an analysis of data from the different meteorological parameters over three years: 1997, 2007 and 2017 by the statistical tool using the SPSS which allows to define if there are significant differences between the means of the different parameters. The approach also relies on climate synthesis through the analysis of: (i) shady diagram; (ii) EMBERGER climagramme; and (iii) five climate indices (Lang factor, Hydro-thermal index (Ih), Gams index, Martonne aridity index (Ia), and Conventional moisture balance or K-index). the results obtained show a variation in the means and the cumulation of meteorological parameters with the absence of a trend (continuous increase or decrease) over time (years) for some. For elements of the climate synthesis, the same finding was made where maximum index values were recorded in 2017. For the results of the statistical analysis, there are four meteorological parameters (relative humidity, wind, precipitation, and evaporation) that indicate significant differences in group averages (years). In this study and statistically speaking, air temperature is not a parameter that marks climate change.

Keywords: climate change, weather parameter, climate synthesis, SPSS, Ouargla