وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة قاصـــدي مربـاح ورقلــة

كليـة الريـاضيات وعلـوم المـادة

قسم الفيزياء

مذكرة تخرج لنيل شهادة **ماستر أكاديمي**

شعبة : **فيزياء**

التخصص: **فيزياء الأرصاد الجوية**

إعداد الطالبة: **غشوة نور الهدى**

بعنوان :

تأثير التغيرات المناخية على معدلات الهطول في الجزائر

نوقشت وأجيزت علنا بتاريخ: 2023/06/20 أمام اللجنة المكونة من الأساتذة:

الأستاذ	بن مبروك لزهر	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	رئيسا
الأستاذ	فقيه عبدالعالي	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	مناقشا
الأستاذ	هبال بلخير	المدرسة العليا للأساتذة ورقلة	مشرفا

السنة الجامعية : 2023/2022

الإهداء

ما أجمل أن يجود المرء بأغلى ما لديه والأجمل أن يهدى للأغلى هي ذي ثمرة جهدي اجنيها اليوم هي هدية اهديها إلى:

روح أبـــي وأخـي الزكية الظاهرة

إلى من أفضلها على نفسي من كان دعائها سر نجاحي أمـــي الغالية أطال الله في عمرها ورزقها الصحة والعافية

إلى جميع أخواني وأخواتي وأحبابي وأصدقائي.

نور الهدى

شكر وتقدير

قال رسول الله صلى الله عليه وسلم

(من لم يشكر الناس لم يشكر الله ومن أهدى إليكم معروفا فكافئوه فإن لم تستطيعوا فادعوا له).

بعد رحلة بحث وجهد جهيد اكتملت بإنجاز هذا البحث نحمد الله عز وجل على النعمة التي منا علينا فهو العالي القدير، كما يسعني أن أخص باسمي عبارات الشكر والتقدير للأستاذ الكريم وله كل الاحترام، متمنية له الصحة الجيدة وكل التوفيق والسداد في الحياة الأستاذ **"هبال بلخير"** الذي تابعني طوال الفترة لإعداد المذكرة. كما أشكر الأستاذ **"بن مبروك لزهر"** على قبوله ترأس لجنة المناقشة وكذا أشكر الأستاذ **"فقيه عبد العالي"** على قبوله مناقشة مذكرتي لهما مني أسمى عبارات الشكر والتقدير والإمتنان.

وكل الشكر الموصول إلى الذين ساهموا تكوينيا في كل الأطوار التعليمية وإلى كل من ساعدني في انجاز هذا العمل من قريب أو من بعيد والي الذين زرعوا التفاؤل وقدموا لي المساعدات والتسهيلات.

فهرس المحتويات

الإهداء i

الشكر والتقدير ii

فهرس المحتويات iii

قائمة الأشكال vi

قائمة الجداول vii

قائمة المختصرات viii

مقدمة عامة 1

الفصل الأول: المناخ والتغيرات المناخية

I.1. مقدمة 7

I.2.المناخ 7

I.2.1.تعريف المناخ 7

I.2.2.تعريف النظام المناخي 8

I.3.الأقاليم المناخية في الجزائر 9

I.3.1. إقليم المناخ المتوسطي 9

I.3.2. إقليم المناخ القاري 9

I.3.3. إقليم المناخ الصحراوي 10

I.4.التغير المناخي 10

I.4.1.تعريف التغير المناخي 10

I.4.2.أسباب التغير المناخي 10

I.4.2.1.الأسباب الطبيعية 11

I.4.2.2.الأسباب الناتجة عن نشاط الإنسان 13

I.5.الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ IPCC 16

I.6.مؤشرات التغيرات المناخية 17

I.6.1.ارتفاع درجات الحرارة..... 17
I.6.2.ارتفاع مستوى سطح البحر 17
I.6.3.انخفاض الغطاء الثلجي 17
I.6.4.زيادة تركيز غازات الاحتباس الحراري 18
I.6.5.الجفاف..... 18
I.6.6.الفيضانات المتطرفة 18
I.7.النماذج المناخية والسيناريوهات مستقبلية للتغيرات المناخية..... 18
I.7.1.النماذج المناخية..... 18
I.7.2.السيناريوهات المستقبلية للتغيرات المناخية 19

الفصل الثاني: نظام الهطول

II.1. مقدمة..... 23
II.2. هطول الأمطار 23
II .3. تكوين السحب 24
II .4. أنواع السحب..... 24
II .5. كيفية حدوث التساقط..... 27
II.5.1. فعل بيرغون 27
II.5.2.نظرية الإلتحام..... 28
II.6.أنواع الأمطار 28
II.6.1.الأمطار الحملية 28
II.6.2. الأمطار الإعصارية 29
II.6.3.الأمطار التضاريسية 30
II.7. نظام سقوط الأمطار 31
II.7.1. نظام البحر المتوسط..... 31
II.7.2. النظام الإستوائي 31
II.7.3. النظام الموسمي 32

II.7.4. النظام القاري 32
II.7.5. النظام الصحراوي 32
II.8. التوزيع الجغرافي للأمطار 32
II.9. العوامل التي تتحكم في توزيع الأمطار 33

الفصل الثالث: تقديم منطقة الدراسة ومعالجة المعطيات المناخية

III.1.مقدمة 36
III.2.تقديم منطقة الدراسة 36
III.3.المعطيات المناخية المستخدمة في الدراسة 38
III.4.معالجة المعطيات المناخية 38
III.4.1.تقدير معطيات الأمطار المفقودة 38
III.4.2.طريقة النسب لتقدير المعطيات المفقودة 39
III.5.الاختبارات الإحصائية 40
III.5.1.اختبار بيتيت (PETTITT) 40
III.5.2.اختبار مان كاندال (MANN-KENDALL) 41

الفصل الرابع: التغيرات الزمنية في معدلات الأمطار

IV.1. مقدمة 43
IV.2 . تحليل الإتجاهات العامة للأمطار في منطقة الدراسة 43
IV. 2. 1. المقارنة بين فترتين زمنيتين للأمطار 43
IV.3 التغيرات الزمنية في معدلات الأمطار في منطقة الدراسة 46
IV. 3. 1. التغيرات في المعدلات السنوية للأمطار 46
IV. 3. 2 التغيرات في المعدلات الشهرية للأمطار 48
IV. 3. 3. التغيرات في المعدلات الفصلية للأمطار 50

الفصل الخامس: العلاقة الإرتباطية بين فترات الجفاف وهطول الأمطار

V. 1.مقدمة 53
V. 2.مفهوم الجفاف 53

V .3.أسباب الجفاف 55
V .1.3.الأسباب المناخية 55
V .1.1.3.الدورة الهوائية العامة 55
V .2.1.3.عامل التضاريس وطبيعة السطح 57
V .3.1.3.الغطاء النباتي 57
V .4.1.3.العامل البشري 57
V .4.المؤشر المعياري للهطول (*SPI*) 58
خاتمة عامة 62
قائمة المراجع 64
الملاحق 65
ملخص 65

قائمة الأشكال

عنوان الشكل	الصفحة
الشكل 1.1. النظام المناخي العالمي	09
الشكل 2.1. الأقاليم المناخية في الجزائر	10
الشكل 3.1. تأثير الانفجار البركان على الأرض	11
الشكل 4.1. الشروط الجوية لدورة النينيو والنينيا	12
الشكل 5.1. ظاهرة الإحتباس الحراري	13
الشكل 6.1. تركيز الغازات الدفيئة في الغلاف الجوي	15
الشكل 7.1. شعار الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ	16
الشكل 8.1. دورة النمذجة المناخية	19
الشكل 9.1. سيناريو إنبعاثات الغازات الدفيئة	20
الشكل 1.2. السحب الطبقية	25
الشكل 2.2. السحب الركامية	26
الشكل 3.2. السحب السمحاق	26
الشكل 4.2. فعل بيرغون	27
الشكل 5.2. نظرية الإلتحام	28
الشكل 6.2. الأمطار الحملية	29
الشكل 7.2. الأمطار الإعصارية	30
الشكل 8.2. الأمطار التضاريسية	31
الشكل 1.3 الموقع الجغرافي لمنطقة الدراسة	37
الشكل 1.4. التغيرات الزمنية في المعدلات السنوية للأمطار في منطقة الدراسة	47
الشكل 2.4. التغيرات الزمنية في المعدلات الشهرية للأمطار في منطقة الدراسة خلال الفترة (1980–2022)	49
الشكل 3.4. التغيرات الزمنية في المعدلات الفصلية للإمطار في منطقة الدراسة خلال الفترة (1980–2022)	51
الشكل 1.5. الدورات المناخية الجوية والمحيطية مثل ظاهرة النينيو التذبذب الجنوبي	56
الشكل 2.5. المؤشر المعياري للهطول	60

قائمة الجداول

عنوان الجدول	الصفحة

الجدول 1.1. السيناريوهات المستقبلية وبعض المعطيات المتعلقة بها 21
الجدول 1.3. قائمة محطات الأرصاد الجوية المختارة لهذه الدراسة 38
الجدول 1.4. المقارنة بين فترتين زمنيتين للأمطار 45
الجدول 1.5 تصنيف شدة حالات الجفاف وفقا المؤشر المعياري للهطول 59
الجدول 2.5. تصنيف قيم المؤشر المعياري للهطول 61

قائمة المختصرات

GCM : نموذج النظام العام للمناخ

ESM : نماذج النظام الأرضي

IPCC : الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ

ENSO : الدورات المناخية الجوية والمحيطية مثل ظاهرة النينيو التذبذب الجنوبي

SPI : المؤشر المعياري للهطول

UNEP : برنامج الأمم المتحدة للبيئة

WMO : المنظمة العالمية للأرصاد الجوية

مقدمة عامة

إن الاهتمام المتزايد في السنوات الأخيرة بدراسة الأحداث المتطرفة مثل الجفاف وموجات الحرارة والفيضانات وما إلى ذلك، يرجع إلى عدم القدرة على التنبؤ بها والأضرار التي لحقت بالمجتمع، فضلاً عن تواترها الملحوظ. من الصعب دائمًا فهم هذه الظواهر وحتى من الصعب التنبؤ بها لأنها نادرة وتتبع قوانين إحصائية مختلفة عن تلك الخاصة بالمتوسطات. من بين هذه الأحداث، نحن مهتمون، في هذا العمل، بمعامل هطول الأمطار في طابعه المتطرف، أي الزخات قصيرة المدة والشدة العالية. تعرضت المدن الجزائرية بشكل عام والمناطق الساحلية بشكل خاص لفيضانات مدمرة بسبب هطول الأمطار الغزيرة.

يؤدي تغير المناخ إلى تغيير توفر المياه، مما يجعلها أكثر ندرةً في المزيد من المناطق. ويؤدي الاحتباس الحراري إلى تفاقم نقص المياه في المناطق الفقيرة بالمياه، كما يؤدي إلى زيادة مخاطر الجفاف فيما يخص الزراعة، ويؤثر بالتالي على المحاصيل، ويزيد الجفاف البيئي من ضعف النُظُم البيئية.

يعد المناخ من أهم العوامل الجغرافية المؤثرة في الاختلافات المكانية الطبيعية منها والبشرية على سطح الارض، ويأتي المطر في مقدمة عناصر المناخ من حيث الأهمية، فهو مصدر المياه السطحية والجوفية وإن كميات الأمطار وحالات حدوثها وشدتها وتغيراتها المكانية والزمنية هي من الأمور المهمة في إدارة الموارد المائية وخاصةً في المناطق الجافة وشبة الجافة التي تعاني من التذبذب والتباين في كميات الأمطار. وحسب تقارير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) فإن التغيرات المناخية تؤثر على نمط وكمية الأمطار. من المتوقع أن تزداد الاختلافات وتصبح الأمطار غير منتظمة وغزيرة في بعض المناطق. قد يؤدي ارتفاع درجات الحرارة إلى زيادة التبخر وتجفيف التربة، مما يؤثر سلبًا على توفر المياه العذبة والري المستدام. قد يؤدي ذلك في بعض الأحيان إلى

فترات جفاف طويلة تؤثر على الزراعة والثروة الحيوانية والإمدادات المائية. علاوة على ذلك، قد يزيد التغير المناخي من تكرار الفيضانات في بعض المناطق، مما يؤدي إلى خسائر في الأرواح والممتلكات وكذا في البنية التحتية.

تهدف هذه الدراسة إلى ايجاد العلاقة بين التغيرات المناخية وتباين هطول الأمطار من خلال دراسة شاملة لهطول الأمطار في الجزائر عن طريق سلاسل زمنية للمعطيات المناخية المسجلة في عشر محطات جوية مختارة، خلال فترة الدراسة التي تصل الى 54 سنة (1969-2022).

هذه الدراسة تشمل تحليل الاتجاهات العامة للأمطار في منطقة الدراسة وكذا التغير الزمني في المتوسطات السنوية والشهرية والفصلية للأمطار وعواقب انخفاضها وكذا تحديد خصائص الجفاف باستخدام الأدوات المناخية والإحصائية الأنسب لطبيعتها، من أبرزها المتوسطات المتحركة والانحدار الخطي وتقييم حالة الجفاف باستخدام المؤشر المعياري للهطول (SPI).

تم تقسيم هذه المذكرة إلى خمسة فصول تسبقها مقدمة وتليها خاتمة. تبدأ المقدمة بتعريف عام لموضوع الدراسة مع طرح الإشكالية والهدف من الدراسة وهي مقسمة كمايلي :

- في **الفصل الأول** نستعرض علاقة المناخ والنظام المناخي بالتغيرات المناخية، أسبابها وعواقبها وكذا النماذج والسيناريوهات المستقبلية للتغيرات المناخية.
- في **الفصل الثاني** نتطرق فيه إلى نظام هطول الامطار وأنواعها وكيفية حدوثها.
- في **الفصل الثالث** نقدم منطقة الدراسة والمعطيات المناخية المستعملة ومعالجة هذه المعطيات وطرق تقدير المعطيات الناقصة واختبار تجانس واتجاه السلاسل المناخية المستعملة في الدراسة.
- في **الفصل الرابع** نتطرق فيه إلى تحليل الاتجاهات العامة للأمطار في منطقة الدراسة وكذا التغير الزمني في المتوسطات السنوية والشهرية والفصلية للأمطار.

- في **الفصل الخامس** نستعرض فيه مفهوم الجفاف والعلاقة بين الجفاف والامطار من خلال حساب المؤشر المعياري للهطول.

الفصل الأول:

المناخ والتغيرات المناخية

1.I. مقدمة

يتأثر المناخ بعوامل متعددة بما في ذلك الشمس والغلاف الجوي والمحيطات والتضاريس. يتم تحديد النمط الطبيعي للمناخ على مر العصور من خلال عمليات طويلة الأمد تشمل درجات الحرارة وتوزيع الأمطار. تشهد الكرة الأرضية التغيرات المناخية الطبيعية على مر العصور، ولكن في العقود الأخيرة، أصبحت التغيرات المناخية تتسارع بشكل ملحوظ. يشير مصطلح "التغير المناخي" إلى التغيرات الطويلة الأجل في نمط المناخ على مستوى الكرة الأرضية، والتي تشمل زيادة في درجات الحرارة العالمية.

يعود التغير المناخي الحالي بشكل رئيسي إلى الأنشطة البشرية التي تسبب ارتفاع مستويات غازات الاحتباس الحراري في الغلاف الجوي، حيث تعمل هذه الغازات على احتجاز جزء من الحرارة في الغلاف الجوي وتسبب ارتفاع درجات الحرارة العالمية وتغيرات في أنماط الطقس والمناخ. نستعرض في هذه الفصل بعض المفاهيم الأساسية كمناخ والنظام المناخي وكذا التغيرات المناخية.

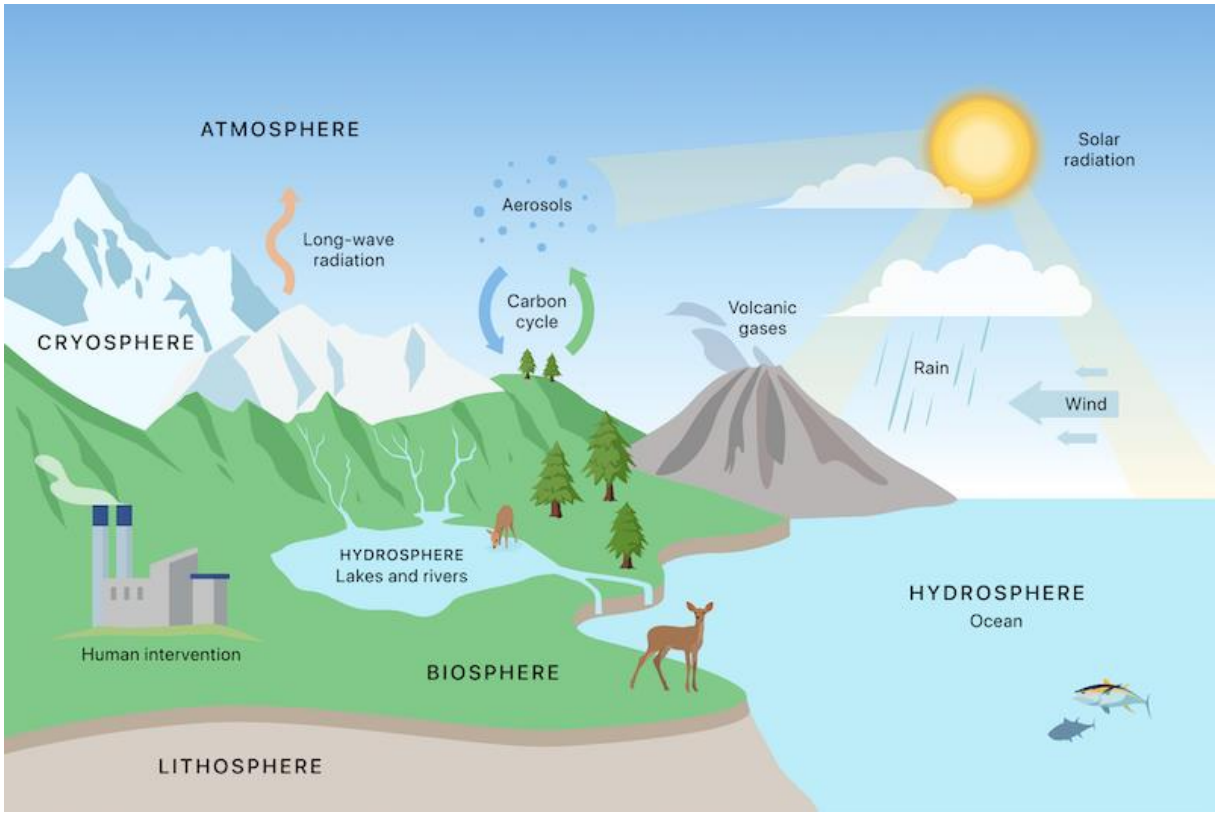
2.I.المناخ

1.2.I.تعريف المناخ

اشتق مصطلح المناخ من الكلمة اليونانية "klima" وتعني الميل وهذا يوضح دور الشمس والطاقة التي تتلقاها أرضنا، هذه الطاقة الشمسية تسبب دوران الغلاف الجوي في جميع أنحاء العالم. وفقا للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ IPCC، يشير المناخ إلى " متوسط الطقس" وبدقة أكثر، أنه وصف إحصائي لمتوسطات حالات الطقس على مدى عدة سنوات (30 سنة من حيث المبدأ). ووفقا لتعريف المنظمة العالمية للأرصاد الجوية WMO, وبعبارة أخرى يحدد المناخ مجموعة المعطيات الجوية السطحية مثل درجة الحرارة, هطول الأمطار والرياح، التي تميز مكانا معينا خلال فترة زمنية معينة [7].

I.2.2.تعريف النظام المناخي

النظام المناخي من أهم الأنظمة المعقدة وله خمسة مكونات (عناصر) رئيسية وهي: الغلاف الجوي Atmosphere، الغلاف المائي Hydrosphere (المحيطات ،الأنهار والبحيرات والمياه الجوفية)،الغلاف الصخري Lithosphere (الأسطح القارية)،الغلاف الحيوي Biosphere (الكائنات الحية)، و الغلاف الجليدي Cryosphere وتكمل بالتفاعل فيما بينها. هذه التفاعلات تتم على شكل عمليات جماعية (الماء، الكربون، الرواسب) وانتقالات الطاقة (الإشعاع وتدفقات الحرارة) ومن خلال هذه التبادلات ،تعدل خصائص إحداها وتؤثر على واحدة منها على الأقل من هذه المكونات. فمثلا تميل زيادة في درجة حرارة الغلاف الجوي إلى تقليل امتداد الغلاف الجليدي وبالتالي بياض سطح الأرض. فتزداد الطاقة المحتفظ بها على السطح فيسبب في تضخيم الارتفاع الأولي في درجة حرارة الغلاف الجوي، هذا ما يسمى "بتأثير العودة" هذا للغلاف الجليدي على زيادة في درجة حرارة الغلاف الجوي ردود فعل ايجابية، يتم تضخيم التغير الأولي على العكس من ذألك، في حالة التخفيف من التغير وهذا ما يسمى ردود الفعل السلبية. تساعد هذه التغذية المرتدة في الحفاظ على ما يعرف بالتوازن الديناميكي للنظام المناخي. كما يمكن أن يتأثر التوازن الديناميكي بعوامل خارجية مختلفة مثل الاختلافات في الإشعاع الشمسي أو البراكين أو انبعاث الغازات الدفيئة وتسمى هذه العوامل أيضا التأثيرات الخارجية[6].



الشكل 1.1. النظام المناخي العالمي [18]

3.I.الأقاليم المناخية في الجزائر

تنقسم خريطة الأقاليم المناخية في الجزائر إلى ثلاثة أقسام مناخية وهي :

3.1.I. إقليم المناخ المتوسطي

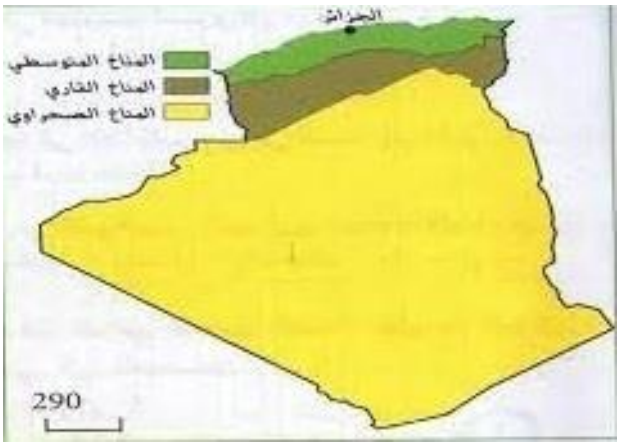
يسود السواحل حتى الأطلس التلي يتميز بفصل معتدل رطب من أكتوبر إلى ماي وفصل حار جاف يشمل بقية الأشهر، يبلغ التساقط في بعض المناطق حوالي 1000 ملم (ما أدى إلى كثافة الغطاء النباتي: صنوبر وفلين ..) [4].

2.3.I. إقليم المناخ القاري

سود المنطقة المحصورة بين الأطلس التلي والأطلس الصحراوي، لا يتجاوز التساقط فيه 400 ملم، ويرتفع فيه المدى الحراري (نباتته قليلة: حلفاء، شيح ...) [4].

I.3.3. إقليم المناخ الصحراوي

يمتد من سفوح الأطلس الصحراوي الجنوبية ويغطي الصحراء، حار وجاف يقل التساقط به عن 20 ملم سنويا (نباتات صحراوية تتركز في الواحات) [4].



الشكل 2.1. الأقاليم المناخية في الجزائر[11]

I.4.التغير المناخي

I.4.1.تعريف التغير المناخي

عرفت الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ IPCC التغير المناخي بأنه تغير في حالة المناخ وذلك عن طريق معرفة تغيرات في المعدل أو في الخصائص والتي تدوم لفترة طويلة ولعقود أكثر، ويحدث من خلاله اختلال في الظروف المناخية المعتادة كدرجة الحرارة وأنماط الرياح والتساقط.

وعلى مر الزمن يشير إلى أي تغير في المناخ سواء كان ذلك نتيجة للتغيرات الطبيعية أم الناجمة عن النشاط البشري [2].

I.4.2.أسباب التغير المناخي

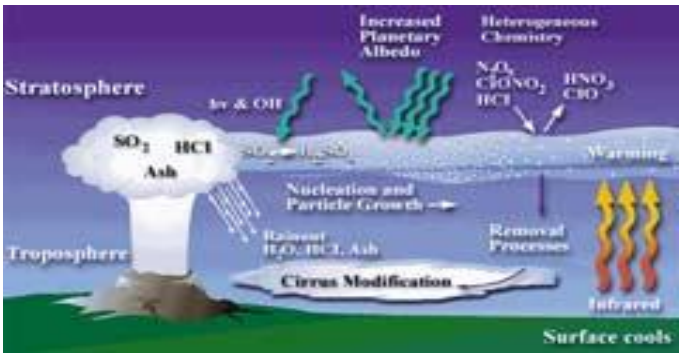
هناك العديد من الأسباب التي أدت إلى تطور ظاهرة التغيرات المناخية وظهور ما يعرف بالاحتباس الحراري، وبصفة عامة تقسم هذه الأسباب إلى طبيعية وبشرية.

يشكل النشاط البشري السبب الرئيسي وراء هذا التغير المفاجئ بفعل انبعاث الغازات المسببة للاحتباس الحراري في الغلاف الجوي، وخصوصا غاز ثنائي أكسيد الكربون CO_2 وغاز الميثان CH_4. هذه الغازات هي طبيعية وضرورية للحياة لأنها تحافظ على الحرارة من خلال "الاحتباس الحراري " الا أن انبعاثها بكميات متزايدة وغير منضبطة، يؤدي إلى زيادة الحرارة بطريقة غير طبيعية وبالتالي إلى تغير المناخ كله. وقد بلغت نسبة هذه الغازات في الغلاف الجوي حدها الأقصى خلال العقد الماضي وذلك بسب تزايد المصانع وزيادة استهلاك السكان للطاقة بشكل كبير [8].

I.1.2.4.الأسباب الطبيعية

أ- البراكين

يعود سبب حدوث البراكين إلى تلك المواد السائلة الساخنة تحت سطح الأرض، عند صعودها إلى سطح الأرض تعمل على تسخين درجة الحرارة وينبعث من فهوة البراكين مواد كثيرة منها الغبار البركاني وثاني أكسيد الكربون المسبب في ارتفاع درجة الحرارة [3].



الشكل 3.1. تأثير الانفجار البركان على الأرض [26]

ب- ظاهرتي النينيو والنينيا

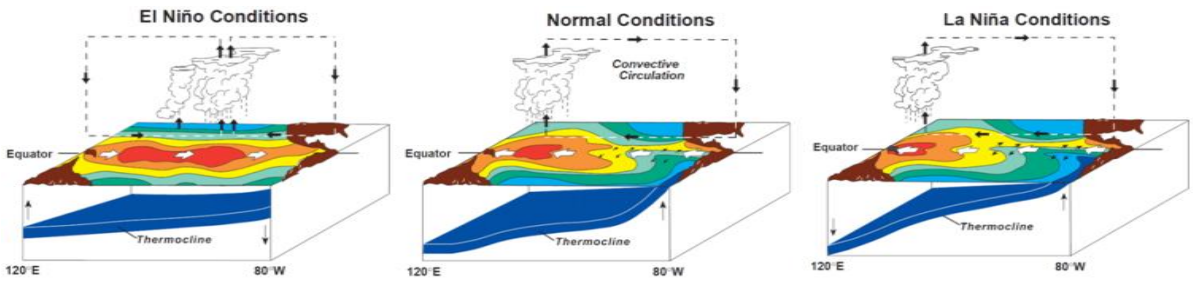
ظاهرة النينيو والنينيا هي اضطرابات في مناخ الأرض تتناوب هذه الأحداث بشكل عام على الحدوث كل بضع سنوات. كل واحد يستمر حوالي 9 إلى 12 شهرًا تشكل النينيو والنينيا معًا دورة طبيعية تسمى

ENSO هذا هو اختصار للتذبذب الجنوبي النينيو يمكن لدورة المناخ هذه أن تهز الطقس في جميع أنحاء العالم.

تنشأ كل من النينيو والنينيا من ظروف غير عادية في المحيط الهادئ عادة، تهب الرياح القوية من الشرق إلى الغرب عبر المحيط بالقرب من خط الاستواء يكتسح هذا النسيم المياه السطحية الدافئة بالقرب من الأمريكتين باتجاه آسيا الماء البارد من أعماق البحار ثم الآبار في شرق المحيط الهادئ، بالقرب من أمريكا الشمالية والجنوبية.

تحدث ظاهرة النينو عندما تكون الرياح الغربية (من الشرق إلى الغرب) أضعف من المعتاد بدلاً من التدفق باتجاه الغرب، يتدفق الماء الدافئ باتجاه الشرق عبر المحيط الهادئ وهذا يجعل مياه المحيط بالقرب من آسيا باردة والمياه بالقرب من الأمريكتين دافئة.

تميل ظاهرة النينو إلى إلقاء مزيد من الغيوم الممطرة فوق مياه البحر الأكثر دفئًا، وهي تميل إلى إلقاء أمطار غزيرة على أمريكا الجنوبية والوسطى. وفي الوقت نفسه، غالبًا ما يعاني جنوب شرق آسيا وأستراليا من الجفاف. هذه المناطق قد تشتعل فيها النيران بسهولة أكبر. النينو هو عكس ظاهرة النينيا. يحدث عندما تكون الرياح الغربية في المحيط الهادئ الاستوائي قوية جدًا تسحب الرياح الكثير من الماء الدافئ نحو آسيا، مما يؤدي إلى تبريد شرق المحيط الهادئ. تهطل الأمطار الغزيرة في أستراليا وجنوب شرق آسيا ومن المرجح أن تواجه أمريكا الوسطى والجنوبية حالات الجفاف [8].



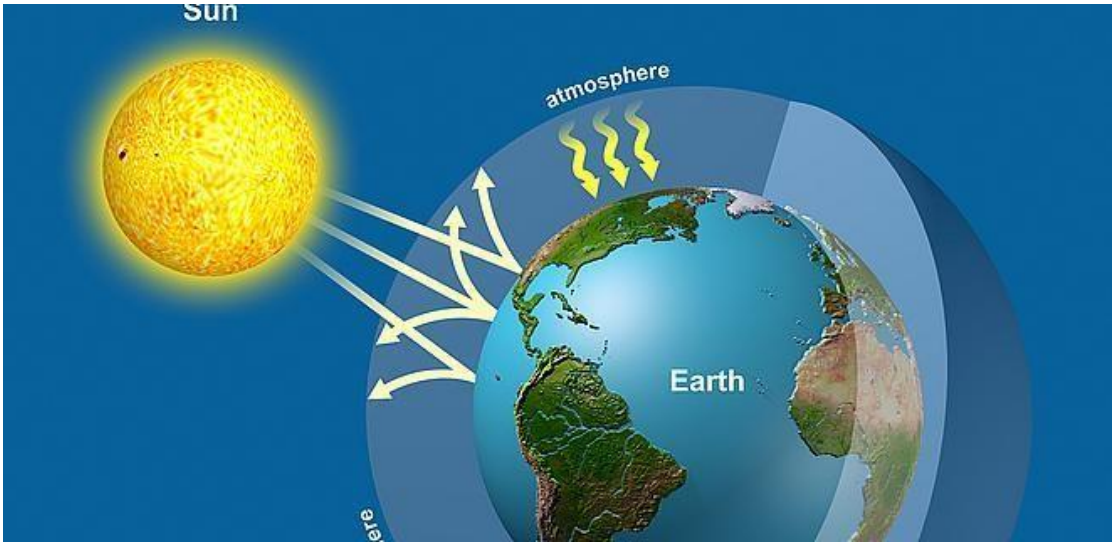
الشكل4.1. الشروط الجوية لدورة النينيو والنينيا [22]

I.2.2.4.الأسباب الناتجة عن نشاط الإنسان

أ-الإحتباس الحراري

الاحتباس الحراري هو ظاهرة فيزيائية تتمثل في ارتفاع درجة حرارة الأرض بشكل عام نتيجة لتراكم غازات الدفيئة في الغلاف الجوي. تعمل هذه الغازات الدفيئة، مثل ثنائي أكسيد الكربون (CO_2) والميثان (CH_4) وثنائي أكسيد النيتروجين(N_2O) ، كحاجز لأشعة الشمس المنعكسة عن سطح الأرض والتي يفترض أنها تنعكس مرة أخرى إلى الفضاء. وبالتالي، فإنها تعمل على امتصاص جزء من هذه الأشعة وإعادة انبعاثها باتجاه الأرض، مما يزيد من كمية الطاقة الحرارية التي تبقى في الغلاف الجوي وترتفع درجة حرارته.

تعود أسباب الاحتباس الحراري إلى الأنشطة البشرية التي تسهم في إصدار كميات كبيرة من غازات الدفيئة إلى الجو، ومن بينها حرق الوقود الأحفوري مثل الفحم والنفط والغاز الطبيعي لتوليد الطاقة وتشغيل المركبات والصناعات. يؤدي ارتفاع تراكيز هذه الغازات في الغلاف الجوي إلى زيادة كمية الحرارة التي تحتجزها الأرض، مما يتسبب في تغير المناخ وارتفاع درجات الحرارة العالمية.



الشكل 5.1. ظاهرة الإحتباس الحراري [21]

يترتب على الاحتباس الحراري آثار عديدة، مثل ذوبان الأنهار الجليدية وارتفاع منسوب البحار والمحيطات، وتغيرات في النظم البيئية والتوازنات البيولوجية، وتأثيرات على الزراعة والأمطار وتوزيع الحياة على سطح الأرض.

ب–الغازات الدفيئة الرئيسية

الغازات الدفيئة هي مجموعة من الغازات التي تساهم في ظاهرة الاحتباس الحراري وتؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الأرض. وتشمل الغازات الدفيئة الرئيسية:

1–ثنائي أكسيد الكربون (CO_2) : يعتبر أحد أبرز الغازات الدفيئة ويصدر من الأنشطة البشرية مثل حرق الوقود الأحفوري (مثل النفط والفحم والغاز الطبيعي)، وتجمعه الغابات، والتغيرات في استخدام الأراضي.

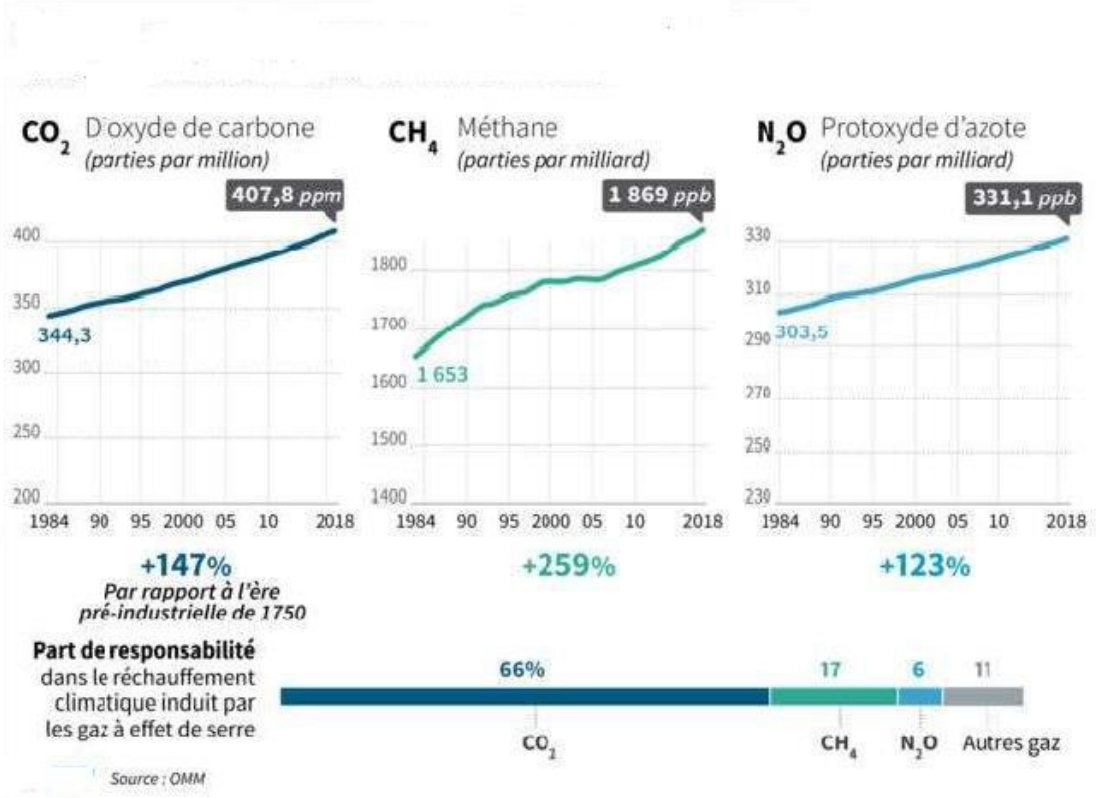
2–الميثان (CH_4) : يصدر من عمليات تحلل النفايات العضوية، وتربة الأراضي الزراعية، وإنتاج واستخدام الفحم والنفط والغاز الطبيعي، والثروة الحيوانية (مثل الرعي والأمعاء الهضمية للماشية).

3–أكسيد النيتروجين (N_2O) : يصدر بشكل رئيسي من الأراضي الزراعية واستخدام الأسمدة الكيميائية، ومعالجة الصرف الصحي، والتحلل البيولوجي للنفايات.

4–الهيدروفلوروكربونات (HFC) : تستخدم بديلًا عن المركبات التي تتسبب في ثقوب في طبقة الأوزون، مثل الكلوروفلوروكربونات (CFC) . وهي تستخدم في أنظمة تبريد وتكييف الهواء والمنتجات الكيميائية الأخرى.

5–الفلوروكربونات الكبريتية (SF_6) : تستخدم في صناعة الكهرباء والمعدات الكهربائية، مثل المفاتيح والمحولات، وهي غازات دفيئة بتأثير قوي.

هذه الغازات الدفيئة تعزز الاحتباس الحراري وتؤدي إلى زيادة درجة حرارة الأرض، مما يؤثر على المناخ والبيئة [4].



الشكل 6.1. تركيز الغازات الدفيئة في الغلاف الجوي [14]

ج–تأثير الهباء الجوي

الهباء الجوي عبارة عن جزيئات دقيقة معلقة في الهواء. توجد بشكل طبيعي في الغلاف الجوي، ولكن تركيزها إزداد بشكل كبير مع الأنشطة الصناعية. على عكس غازات الدفيئة، يكون للهباء الجوي تأثير التبريد بشكل عام بين الغلاف الجوي وسطح الأرض. يمتص هذا الغبار المعلق الإشعاع الشمسي وينشره، وينعكس جزء منه مرة أخرى في الفضاء. وبالتالي فإن الجزء الممتص من الإشعاع الشمسي يساهم في التبريد. بالإضافة إلى هذه النتيجة المباشرة، فإن للهباء الجوي يدخل في تكوين السحب، حيث يعمل كأنوية تكاثف. هذه التأثيرات غير المباشرة تسبب أيضًا التبريد.

يخفي الهباء الجوي جزئياً الإحترار الناجم عن غازات الدفيئة، وهو موضوع بحث لفهم وقياس تأثيرها بشكل أفضل [14].

I.5.الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ IPCC

الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) هي مؤسسة دولية رائدة تعني بتقييم تغير المناخ .أنشئت سنة 1988مشاركة بين برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP) والمنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO) لتقديم أراء عملية واضحة للعالم في مجال تغير المناخ .

وهي جهاز عملي يقوم باستعراض وتقييم أحدث المعلومات العلمية والفنية والاجتماعية والاقتصادية في العالم وذات صلة بتغير المناخ وهي مفتوحة أمام جميع دول الأعضاء في الأمم المتحد المنظمة العالمية للأرصاد الجوية. وبلغ عدد الدول الأعضاء في الهيئة حاليا 195 دولة، وتجمع كل عام مرة على الأقل لتتخذ القرارات الرئيسية يشأن برنامج عمل الهيئة. ومنذ 1988 أنتجت الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ ستة تقارير تقييم شاملة والعديد من التقارير الخاصة. بالإضافة إلى فرقة عمل معنية بقوائم الجرد الوطنية المطلوبة لغازات الاحتباس الحراري والغازات الدفيئة [16].

الشكل 1.7. شعار الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ [23]

I.6.مؤشرات التغيرات المناخية

هناك العديد من المؤشرات التي تشير إلى التغيرات المناخية وتأثيرها على البيئة. وفيما يلي بعض المؤشرات الرئيسية:

I.6.1.ارتفاع درجات الحرارة

يعد الارتفاع المتزايد في درجات الحرارة أحد المؤشرات الأولى لتغير المناخ، يتجلى هذا الارتفاع في درجة الحرارة من خلال الاحترار العام للكوكب ، يمكن أن يصل إلى نسب عالية جدا ،إن موجات الحرارة في مناطق معينة مثل الهند أو ظاهرة النينيو التي تشير إلى ارتفاع درجة الحرارة ،على سطح الماء في شرق المحيط الهادي هي حالة ملموسة لارتفاع درجة الحرارة ،والدليل على أن المناخ يتغير ،وفقا لخبراء العالم في علم المناخ ،فان الارتفاع في درجات الحرارة هي نتيجة مباشرة للنشاط البشري الذي يولد انبعاثا هائلا لغازات الاحتباس الحراري [16].

I.6.2.ارتفاع مستوى سطح البحر

يرتبط ارتفاع درجة حرارة الأرض بذوبان الأنهار الجليدية والثلوج في القطبين والجبال، مما يؤدي إلى زيادة مستوى سطح البحر. وقد تم رصد زيادة تدريجية في مستوى سطح البحر على مدار العقود الأخيرة [16].

I.6.3.انخفاض الغطاء الثلجي

عندما ترتفع درجات الحرارة، يذوب الثلج على الأرض بشكل أسرع وبالتالي تقل سماكة رقاقات الثلج ومدة فترة الغطاء الثلجي بشكل كبير وبالتالي انخفاض الغطاء الثلجي [16].

I.6.4.زيادة تركيز غازات الاحتباس الحراري

تنبعث غازات الدفيئة الرئيسة كل من ثنائي أكسيد الكربون والميثان وثنائي أكسيد النيتروجين، بشكل أساسي من النشاط البشري، وهذه الغازات نشطة للغاية من ظاهرة الاحتباس الحراري، إنها تعتبر طبيعية ولكن عندما يزداد تركيزها بشكل كبير، فهذا يعني أن المناخ يتغير [16].

I.6.5.الجفاف

الجفاف ظاهرة تؤدي إلى جفاف التربة، الناتج عن اضطراب دورة هطول الأمطار العادية، وبالتالي إلى عدم وجود المياه، وذلك بسبب إرتفاع في درجات الحرارة [4].

I.6.6.الفيضانات المتطرفة

هناك عدة أسباب لحدوث الفيضانات، ومن بين هذه الأسباب الاحترار العالمي الذي يؤذي إلى تفاقم الفيضانات وتطرفها، لهذا يمكن اعتبار الفيضانات كمؤشر على تغير المناخ [9].

I.7.النماذج المناخية والسيناريوهات مستقبلية للتغيرات المناخية

I.7.1.النماذج المناخية

النماذج المناخية هي نماذج عددية تستخدم لتحاكي وتتوقع سلوك النظام المناخي على مستوى الأرض. تستند هذه النماذج إلى مجموعة من المعادلات الفيزيائية والكيميائية والديناميكا الحرارية ، وتعتمد على مجموعة واسعة من المعطيات الأولية والمتغيرات المناخية في الغلاف الجوي والمحيطات وسطح الأرض.

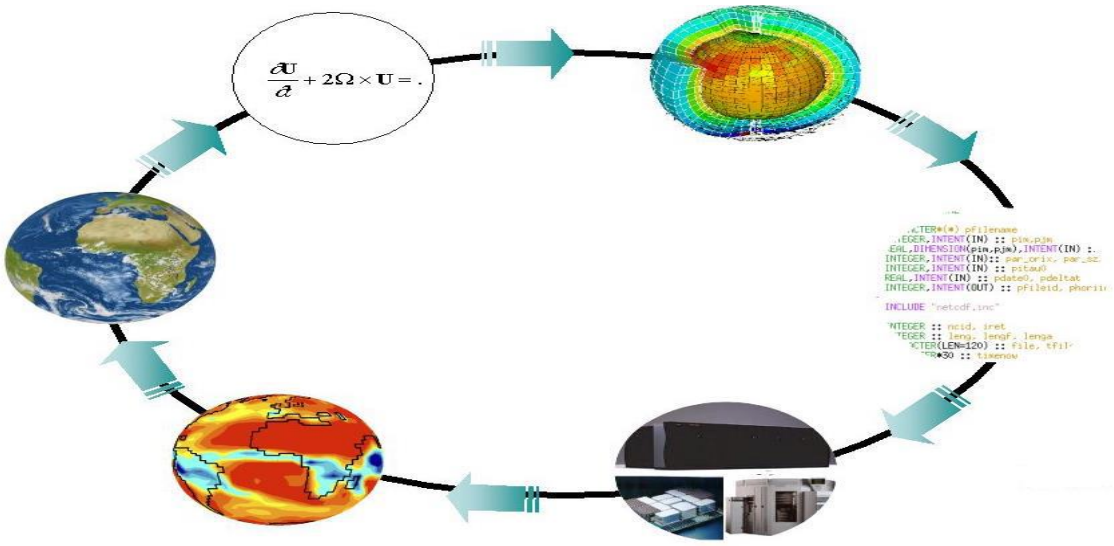
توجد عدة نماذج مناخية مستخدمة على المستوى العالمي، ومن بينها:

1-**نموذج النظام العام للمناخ (General Circulation Models – GCM)** : وهي نماذج تحاكي التفاعلات المعقدة بين الغلاف الجوي والمحيطات وسطح الأرض، وتستخدم لتوقع التغيرات المناخية على المدى الطويل وتقدير التأثيرات المتعلقة بالاحتباس الحراري [16].

2-نماذج النظام الأرضي (Earth System Models – ESM) : تتجاوز هذه النماذج النماذج العادية للغلاف الجوي وتتضمن أيضًا المحيطات والبيئة الحيوية والكرة الجليدية والتربة، لتحاكي التفاعلات الشاملة بين هذه العوامل وتقديم توقعات أكثر دقة للتغيرات المناخية .[16]

3-نماذج الطقس (Weather Models) : وهي نماذج تركز على توقع الحالة الجوية على المدى القصير والمتوسط، بما في ذلك توقع الأمطار ودرجات الحرارة وسرعة الرياح وغيرها من المتغيرات الجوية.

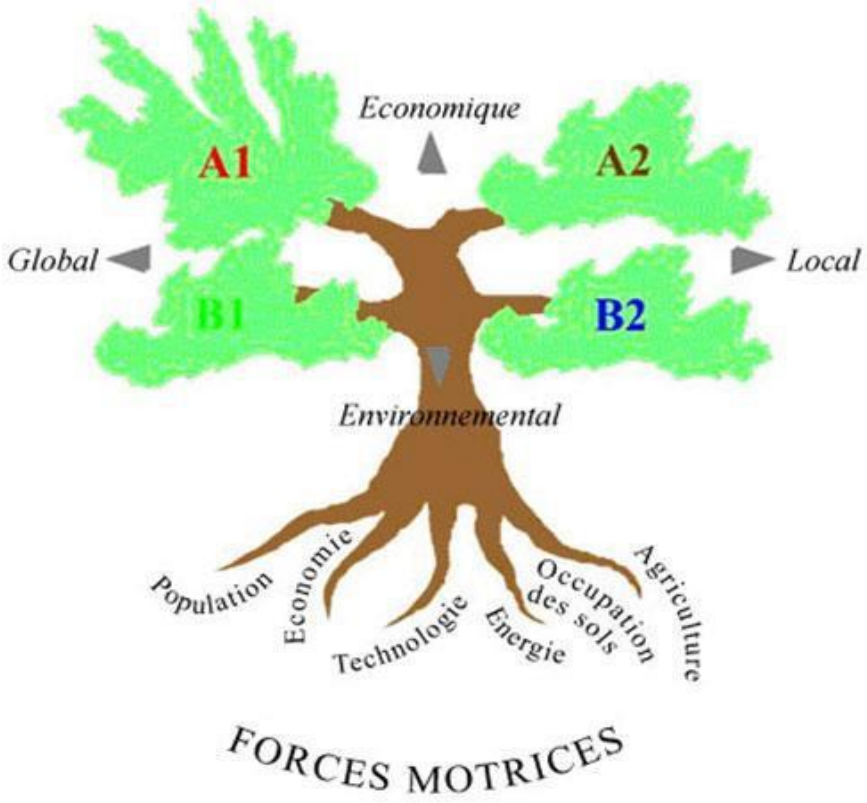
تعتمد دقة وموثوقية هذه النماذج على عدة عوامل، بما في ذلك دقة وتوافر البيانات الأولية المستخدمة في النماذج، وقدرة الحواسيب المستخدمة، وتقنيات التقييم والتحقق من صحة النماذج [16].



الشكل 8.1. دورة النمذجة المناخية [14]

I.2.7.السيناريوهات المستقبلية للتغيرات المناخية

هناك عدة سيناريوهات مستقبلية تستخدم في الدراسات المناخية لتقدير التغيرات المناخية المحتملة. تعرف هذه السيناريوهات بسيناريوهات انبعاثات الغازات الدفيئة، ويتركز التقدير المستقبلي للتغيرات المناخية على محاكاة نماذج عددية. هناك مجموعة من السيناريوهات معنية ويرمز لها بالرموز التالية: A1, A2, B1, B2 .[14]



الشكل 9.1. سيناريو إنبعاثات الغازات الدفيئة [14]

تم تلخيص هذه السيناريوهات المستقبلية في الجدول الموالي:

الجدول 1.1. السيناريوهات المستقبلية وبعض المعطيات المتعلقة بها [16]

السيناريوهات		بعض المعطيات المتعلقة بالسيناريوهات
A1	**A1F1** يعتمد على الإستخدام المكثف للوقود الاحفوري	-زيادة النمو السكاني في العالم، يصل ذروته، ثم ينحدر بعد ذلك. -نمو اقتصادي سريع جدا. -إدخال تقنيات جديدة أكثر كفاءة.
	A1T مرتبط بمصادر طاقة أخرى غير أحفورية	
	A1B ينشأ على التوازن بين مصادر الطاقة	
A2		-تنمية اقتصادية مختلفة وبطيئة بحسب المناطق. -تقارب معدلات التكاثر السكاني من بعضها في كل مناطق ببطء، ويؤدي إلى تزايد سكاني مستمر.
B1		-عدد السكان متقارب عالميا، يصل إلى ذروته ثم يتناقص -تغيير سريع في البني الاقتصادية نحو مجتمع الخدمات والمعلوماتية. -إدخال تقنيات ذات كفاءة عالية.
B2		-عالم يؤكد على الحلول المحلية للاستدامة البيئية والاقتصادية والاجتماعية، وعالم يزداد فيه السكان باستمرار -تغيير تقني أقل سرعة.

السيناريو A1F1 سيكون السيناريو الأسوأ من بين كل السيناريوهات المحتملة حيث سيؤدي هذا الأخير إلى احترار أكثر بزيادة في درجة الحرارة تصل إلى 3.5 درجة مئوية حتى عام 2100. أما السيناريو B1 يمثل وجهة النظر الأكثر تفاؤلاً حيث ستقل درجة الحرارة 2 درجة مئوية حتى عام 2100.

الفصل الثاني:

نظام الهطول

1.II. مقدمة

يُعد نظام الهطول أحد العناصر الرئيسية في النظام المناخي والطقس، وهو يشير إلى عملية تساقط الماء من الغلاف الجوي إلى سطح الأرض في صورة مطر أو ثلج أو برد أو رذاذ. ويعد الهطول من أهم المتغيرات المناخية التي تؤثر في البيئة والزراعة والحياة اليومية للناس. في هذا الفصل سوف نستعرض نظام الهطول وكذا مراحل تكوين الأمطار، أنواعها والعوامل المؤثرة في سقوطها.

2.II. هطول الأمطار

يشير هطول الأمطار إلى عملية تساقط قطرات الماء من السحب في الغلاف الجوي إلى سطح الأرض. يعد الهطول من أهم المكونات الطبيعية للمناخ والنظام البيئي، ويلعب دورًا حيويًا في توفير الماء اللازم للنباتات والحيوانات والبشر.

تتشكل الأمطار عندما يتكاثف البخار المائي في الغلاف الجوي ليشكل قطرات ماء. يحدث التكاثف عندما يبرد الهواء المشبع بالبخار المائي حتى يصبح غير قادر على استيعاب كمية البخار المائي، وبالتالي يتحول البخار إلى شكل سائل عبر التكاثف.

تختلف كمية وتوزيع الهطول في جميع أنحاء العالم وفي مختلف المناطق والفصول السنوية. تتأثر كمية الأمطار بالعديد من العوامل، مثل المناخ، والتضاريس، والتيارات الهوائية، ونشاط المنخفضات والمرتفعات الجوية، والتيارات البحرية، والعوامل البشرية مثل النشاط الزراعي والتغيرات في الاستخدامات الأرضية.

يتم قياس كمية الهطول باستخدام محطات الرصد المناخي وأجهزة قياس الأمطار الموجودة فيها، ويُعبر عنها بوحدات مثل المليمتر (مم) .كمية الهطول يمكن أن تتراوح من الزخات الخفيفة والمتقطعة إلى الأمطار الغزيرة والمتواصلة لفترات طويلة [4].

II .3. تكوين السحب

يتكون السحاب من قطرات ماء صغيرة أو بلورات ثلجية في الغلاف الجوي، حيث تتشكل عندما يتكاثف البخار الماء في الهواء بوجود أنوية تكاثف. تتكون السحب بفعل عدة عوامل وعمليات، ومن أهمها:

1–التبريد: عندما يرتفع الهواء الدافئ في الغلاف الجوي، يتمدد ويبرد نتيجة ضغط الهواء الأقل في الطبقات العليا. هذا التبريد يؤدي إلى تكثف البخار الماء حول أنوية التكاثف وتشكل السحب.

2–الإرتفاع القسري: قد يحدث الإرتفاع القسري للهواء الدافئ والرطب عند مروره فوق تضاريس مرتفعة مثل الجبال، حيث يتحول إلى هواء بارد أكثر رطوبة ويشكل السحب.

3–التكاثف: يحدث التكاثف عندما تتلاقى كتلتان هوائيتان واحدة باردة والأخرى دافئة مشبعتان بالرطوبة وتحدث تكثيفًا مباشرًا، حيث تتقدم جبهة هوائية دافئة وتصعد فوق الجبهة الهوائية الباردة مشكلة سحب على طول الخط الفصل بينهما [4].

II .4. أنواع السحب

يعود شكل ونوع السحاب إلى خصائص الهواء المحيط ودرجة حرارته ومستوى الرطوبة. يمكن أن تكون السحب مرتفعة في الطبقات العليا من الغلاف الجوي أو متوسطة أو منخفضة.

تختلف أنواع السحب من حيث شكلها ومظهرها وارتفاعها، وتُصنف وفقًا للنظام الدولي لتصنيف السحب الذي يحتوي على فئات مثل السحب الركامية والسحب السمحاق وغيرها.

تصنف السحب طبقاً لإرتفاعها إلى ثلاثة أصناف رئيسية هي:

1–سحب منخفضة : وهي السحب التي يقل إرتفاعها عن 2 كلم تشمل السحب الطبقية والركامية وسحب المزن الركامي والركام.

2-سحب متوسطة : وهي السحب التي يتراوح إرتفاعها بين 2 و7 كلم وتشمل السحب الطبقية المتوسطة والركامية المتوسطة.

3-سحب مرتفعة : وتشمل سحب السمحاق والسمحاق الطبقي والركامي وتكون على إرتفاعات تزيد عن 7 كلم [4].

ويمكن تصنيف السحب من طبيعة تكوينها ومظهرها العام إلى ثلاث مجموعات رئيسية وهي:

1-السحب الطبقية

تبدو هذه السحب علي شكل صفائح أو طبقات رقيقة تغطي السماء كلها أحياناً فلا يظهر منه الإ بقع صغيرة وهي سحب غير ممطرة [11].

الشكل 1.2. السحب الطبقية [23]

2-السحب الركامية

تظهر علي شكل كتل منفصلة وترتب إرتباطاً قوياً بالتيارات الهوائية الصاعدة لذا فهي أكثر شيوعاً في الصيف وتكثر في المناطق الإستوائية ويقترن ظهورها بالمناطق المعتدلة الباردة بالطقس الصحو الإ أنها تكبر

في الحجم أحياناً حتي تبدو علي شكل أبراج أو جبال ضخمة تسقط منها أمطار غزيرة ترافقه رياح قوية وتعرف بالمزن الركامي وهو من أكثر أنواع السحب إمطارا [11].

الشكل 2.2. السحب الركامية [23]

3-سحب السمحاق

تتكون في طبقات الجو العليا رقيقة تشبه في شكلها الصوف المنفوش أو الريش لونها أبيض ناصع في كل فصول السنة وهي أعلى أنواع السحب، ويتكاثف بخار الماء فيها علي شكل بلورات ثلجية . يوجد هناك السمحاق الطبقي والسمحاق الركامي [11].

الشكل 3.2. السحب السمحاق [23]

II .5. كيفية حدوث التساقط

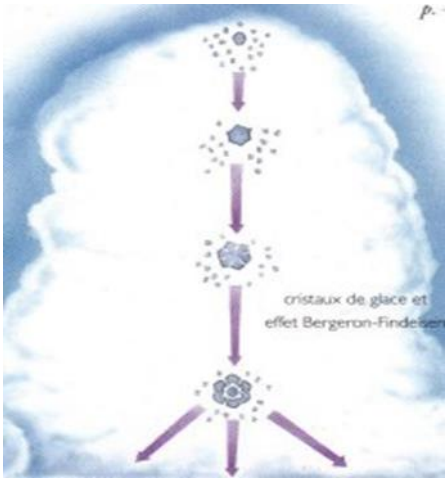
تتكون السحب من قطرات مائية أو بلورات ثلجية رقيقة تحملها تيارات الهواء الصاعد وعندما يزداد حجمها وكتلتها يسقط ما بداخلها على شكل أمطار بفعل الجاذبية.

يفسر حدوث الأمطار نظرتيين هما:

II.5.1. فعل بيرغون

تعرف هذه النظرية بنظرية إختلاط الماء والجليد وهي تصلح لتفسير تكون المطر في السحب المرتفعة والمنخفضة، يتم التكاثف في أجزاءها العليا علي هيئة بلورات جليدية أو قطرات ماء فائقة التبريد بينما يكون التكاثف في بقية أجزاء السحابة علي شكل قطرات ماء صغيرة الحجم .

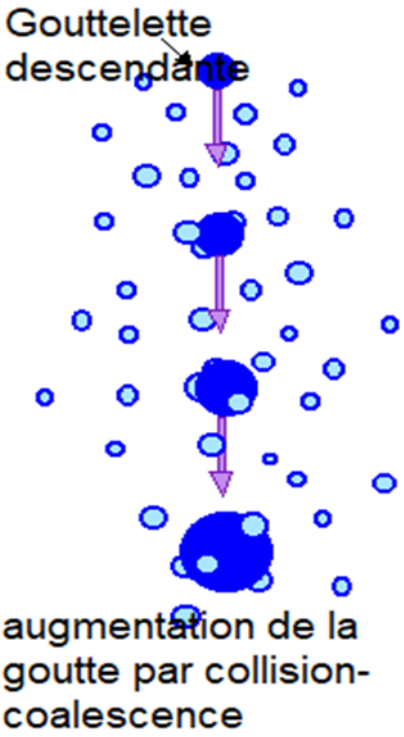
يساعد الإضطراب الشديد الذي تشهده كافة أجزاء السحابة والذي يرتبط بتيارات الحمل الصاعدة والهابطة والتي تبلغ أوجه نشاطها في السحب على إمتزاج قطرات الماء السائلة فائقة التبريد بالبورات الثلجية, وبذلك عن طريق تكاثف جزءاً من بخار الماء المشبع الذي يحيط بالبلورات الجليدية مما يساعد على نموها حتي تصبح التيارات الصاعدة غير قادرة علي حملها فتهبط إلى أسفل على شكل مطر أو ثلج حسب درجة حرارة المحيط الخارجي [4].



الشكل 4.2. فعل بيرغون [24]

II.2.5.نظرية الإلتحام

لم تستطيع نظرية بيرغرون أن تفسر تكوين المطر في السحب المنخفضة والمتوسطة، ويمكن تفسير نمو قطيرات الماء في هذه السحب بإختلاف حجم هذه القطيرات، وأن هذا الإختلاف يجعل تلك القطيرات تتحرك داخل السحابة بسرعات مختلفة مما يجعلها تصطدم ببعضها البعض. يؤدى ذلك الإصطدام إلى إلتحامها ببعضها البعض حيث تتحول إلى قطرات ماء أكثر حجما تسقط بفعل الجاذبية على شكل مطر.



الشكل 2.5. نظرية الإلتحام [24]

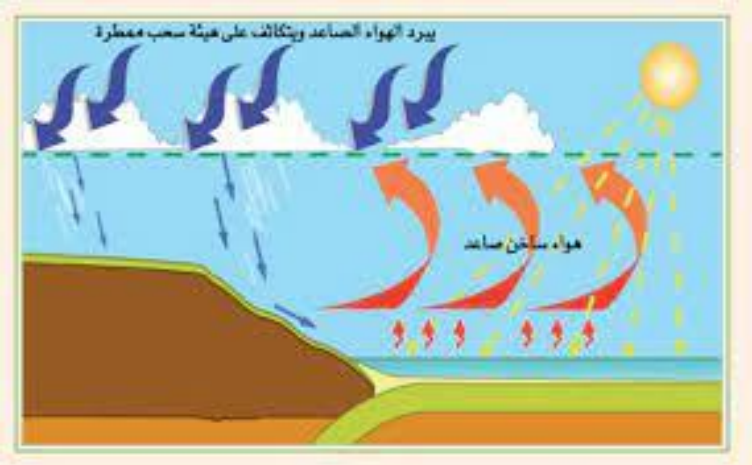
II.6.أنواع الأمطار

يمكن التمييز بين ثلاثة أنواع رئيسية من الأمطار تبعاً لإختلاف العوامل التي تؤدي إلى تشكلها.

II.1.6.الأمطار الحملية

تسقط عندما يرتفع الهواء علي شكل تيارات صاعدة نتيجة التسخين الشديد لسطح الأرض وعدم إستقرار الهواء، وبالرغم من أن مساحة التيار الصاعد ليست كبيرة الإ أن الهواء يرتفع فيه بسرعة كبيرة وعندما

يصل مستوي التكاثف تتكون سحب ركاميه و إذا كان الهواء شديد الرطوبة فأن سحب المزن الركامي تظهر في السماء وتسقط أمطار قوية . تمثل الأمطار الحملية النمط السائد من الأمطار في المناطق الإستوائية والمدارية الرطبة وكذا في المناطق الصحراوية. تزداد كمية الأمطار الحملية كلما كانت التيارات الصاعدة أكثر قوة ونشاطاً. ومن أهم خصائص هذا النوع من الأمطار هو أنها تسقط بغزارة شديدة لكنها لا تستمر إلا لفترات زمنية قصيرة (دقائق) كما أنها لا تسقط إلا على مساحات صغيرة محددة [4].

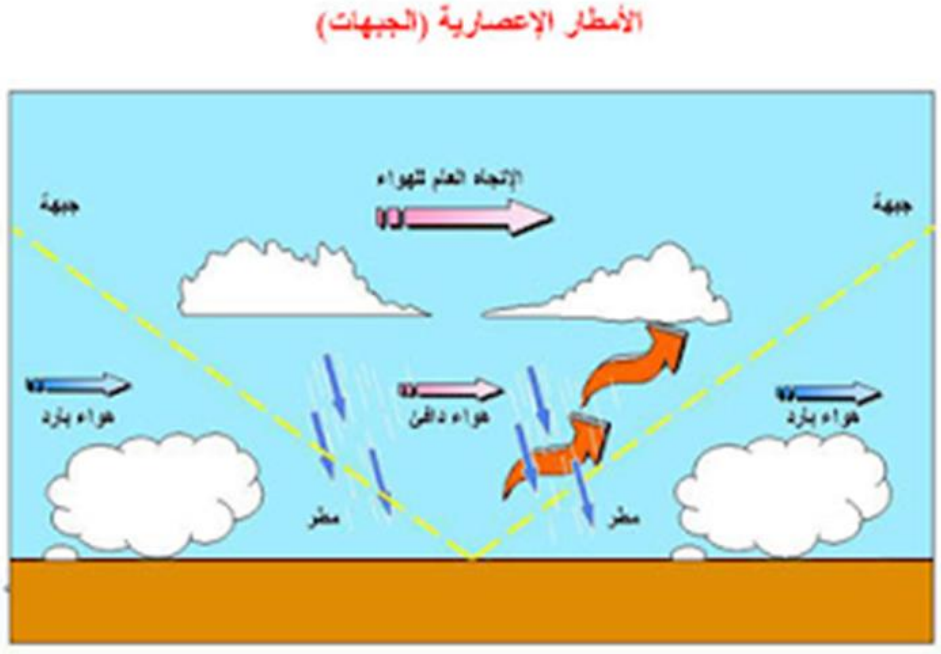


الشكل 6.2. الأمطار الحملية [11]

II.2.6. الأمطار الإعصارية

تمثل الأمطار الإعصارية النمط السائد في المناطق المعتدلة والباردة، حيث يرتبط سقوطها بفصل الشتاء، حيث تتعرض هذه المناطق لمنخفضات جوية ناتجة عن إلتقاء كتل (جبهات) هوائية قطبية باردة بأخرى مدارية دافئة.

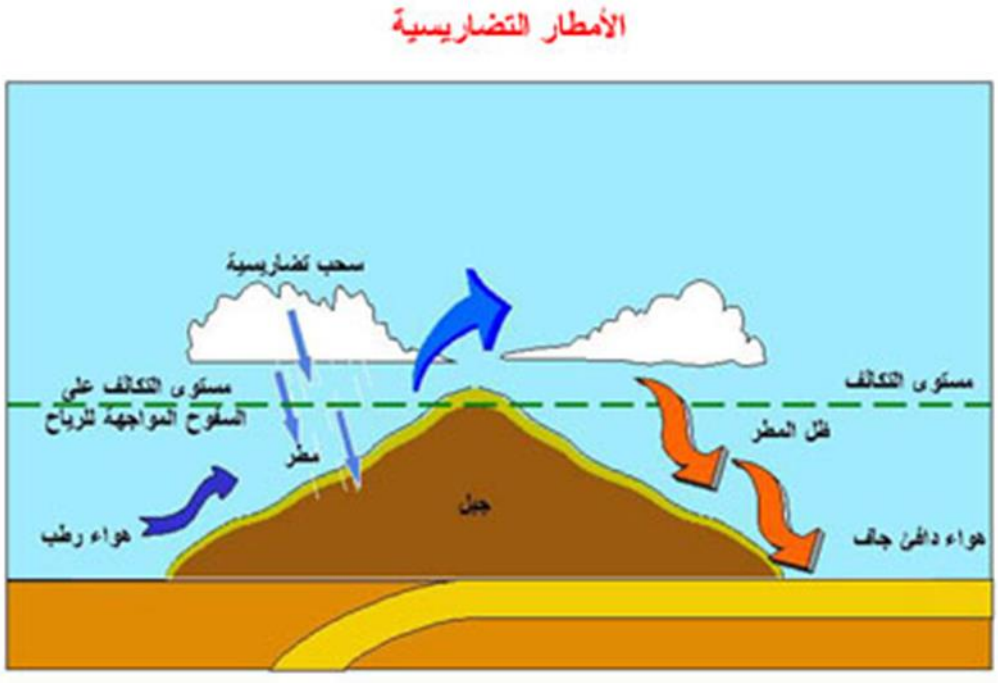
يرتفع الهواء في المنخفضات الجوية على طول الجبهتين الباردة والدافئة مما يؤدي الى تكاثف بخار الماء وسقوط الأمطار، إلا أن الأمطار التي ترافق الجبهة الدافئة هي في الغالب أمطار ضعيفة الى متوسطة. والهواء يرتفع على طول تلك الجبهة ببطء شديد، أما عندما تصل الجبهة الباردة فأن المطر يسقط بغزارة وترافقه في بعض الأحيان عواصف رعدية عنيفة [4] .



الشكل 7.2. الأمطار الإعصارية [11]

II.3.6.الأمطار التضاريسية

يزداد المعدل السنوي للأمطار في المناطق المعتدلة كلما إزداد الإرتفاع، ولعل السبب في ذلك أن السحب عندما تصطدم بسلاسل جبلية تضطر إلى الإرتفاع بفعل الرياح حتى تتمكن من إجتياز الحاجز الجبلي فتنقص من وزنها عن طريق طرحها لقطرات الماء على شكل مطر[4] .



الشكل 8.2. الأمطار التضاريسية [11]

II.7. نظام سقوط الأمطار

يصنف نظام سقوط المطر حسب المعدل السنوي والشهري والفصلي للأمطار، ويمكن أن نميز خمس نظم رئيسية في العالم هي:

II.7.1. نظام البحر المتوسط

تتركز معظم الأمطار في هذا النظام خلال فصل الشتاء ويعود سببها إلى المنخفضات الجوية الناشطة بين خطي عرض °30 و°40 تقريباً مثل منطقة حوض البحر المتوسط وتمثله مدنية إزمير في تركيا [5].

II.7.2. النظام الإستوائي

يتركز في المناطق الواقعة بين خطي عرض °5 شمالاً وجنوبا خط الإستواء ويتروح المعدل السنوي للأمطار في هذا النظام بين 1500 و2500مم موزعة على مدار العام، يظهر في النظام الفصلي للمطر في هذا النظام قمتان واحدة في الربيع وأخرى في الخريف ويمثله بلدة أكاسا في غرب أفريقيا[5] .

II.3.7. النظام الموسمي

يظهر هذا النظام بشكل خاص في جنوب شرق القارة الآسيوية، وتسقط معظم أمطاره خلال فصل الصيف بسبب الرياح الموسمية، ويتراوح المعدل السنوي للأمطار بين 1500 و3000 مم وتمثله مدينة مومباي في الهند[5] .

II.4.7. النظام القاري

يظهر في المناطق الداخلية من القارات الواقعة ضمن نطاق الرياح الغربية وخاصة في أواسط قارتي آ سيا وأمريكا الشمالية، تتمركز معظم الأمطار فيه في الصيف والربيع عندما تكون مراكز الضغط الجوي منخفضة والتيارات الهوائية الصاعدة نشطة وتمثله مدنية كييف في أوكرانيا[5] .

II.5.7. النظام الصحراوي

يظهر بشكل خاص في نطاق الصحاري المدارية الواقعة في شمال أفريقيا وشبة الجزيرة العربية والأمطار فيه قليلة ويغلب عليها الطابع العشوائي وأن كانت تقترن في معظمها بنظم سقوط المطر في المناطق المحيطة .[1]

II.8. التوزيع الجغرافي للأمطار

تعتبر المنطقة الإستوائية هي أكثر مناطق العالم سقوطا للأمطار، إذ يزيد المعدل السنوي للأمطار فيها عن 1600مم ، ويلاحظ أن النصف الشمالي لهذه المنطقة أكثر أمطاراً من نصفه الجنوبي.

تتناقص الأمطار كلما أبتعدنا عن المنطقة الإستوائية ، حيث يبلغ المعدل السنوي للأمطار أدنى حد له في المناطق المدارية الواقعة بين خطي عرض °20 و°30 وهي أكثر مناطق العالم جفافاً وتقع فيها أشهر الصحاري المدارية في العالم. تأخذ الأمطار في الزيادة مرة أخرى في إتجاه الشمال والجنوب، حيث تقع المناطق المعتدلة الواقعة بين خطى عرض °40 و°55 وترتبط أمطار هذه المناطق بالمنخفضات الجوية التي

تتعرض لها خلال فصل الشتاء، ويلاحظ أن الأمطار أكثر في النصف الجنوبي كما أنها أكثر فوق المسطحات المائية [5].

II.9. العوامل التي تتحكم في توزيع الأمطار

1. اتجاه الرياح

يؤدي اتجاه الرياح دوراً هاماً في كمية بخار الماء التي تحملها الرياح. فإذا هبت الرياح من البحر أو مسطح مائي كبير إلى اليابس فهذه الرياح تكون رطبة، ومحملة ببخار الماء، الذي يؤدى إلى سقوط أمطار. بينما لو كانت الرياح متجهة من اليابس إلى البحر فإنها تكون رياحاً جافة، وتقل فيها الرطوبة، ويُطلق عليها إسم الرياح الجافة وفرصة سقوط الأمطار بسببها تكاد تكون منعدمة[5] .

2. درجة الحرارة

يعمل إرتفاع درجة الحرارة على زيادة عمليات التبخر، خاصة في المسطحات المائية، مما يؤدى إلى إزدياد الرطوبة في الهواء، ويساعد ذلك على نشاط التيارات الهوائية الصاعدة، وسقوط الأمطار في الجهات، التي تتوفر بها المسطحات المائية. أمّا إذا حدث العكس، خاصة في المناطق، التي تقل بها المسطحات المائية، فيلاحظ أن انخفاض درجة الحرارة يؤدى إلى انخفاض نسبة الرطوبة في الهواء وعدم حدوث أي تكاثف .[5]

3. الموقع الجغرافي

يؤثر قرب أو بُعد المناطق عن البحار والمحيطات على توزيع الأمطار وكمياتها، فالمناطق، التي تحيط بها بحار واسعة ومسطحات مائية كبيرة، تكون في الغالب أكثر مطراً من المناطق، التي تبعد عن البحار، ولذا تُعد الجهات الساحلية من أغزر الجهات مطراً في العالم [4] .

4. التضاريس

تسقط على المرتفعات وقمم الجبال كميات كبيرة من الأمطار، أكثر من الكميات، التي تستقبلها الأراضي المسطحة، ويرجع سبب ذلك إلى أن القمم الجبلية تعمل على إعاقة السحب وإجبارها على الارتفاع إلى أعلى فيحدث نتيجة لذلك سقوط الأمطار. [4]

الفصل الثالث:

تقديم منطقة الدراسة ومعالجة المعطيات المناخية

1.III مقدمة

تتطلب معرفة الظروف المناخية لمنطقة ما سلسلة طويلة من البيانات المناخية على عدة محطات أرصاد جوية موزعة على الكل ، لأنها تسمح بفهم أفضل لتطور المناخ في هذه المنطقة وبالتالي فهي تجعل من الممكن أيضًا التنبؤ بمستقبل تغير المناخ.

قبل أي دراسة تستخدم البيانات المرصودة، من الضروري إجراء تحليل نقدي للأخير، سنقوم أولاً بتحليل التجانس واتجاه سلسلة الملاحظات، على نطاق سنوي باستخدام اختباري Pettitt وMann Kendall على التوالي في هذا الفصل نقدم مجال الدراسة وكذلك البيانات المناخية المستخدمة ثم سنركز على التحكم في جودتها وموثوقيتها.

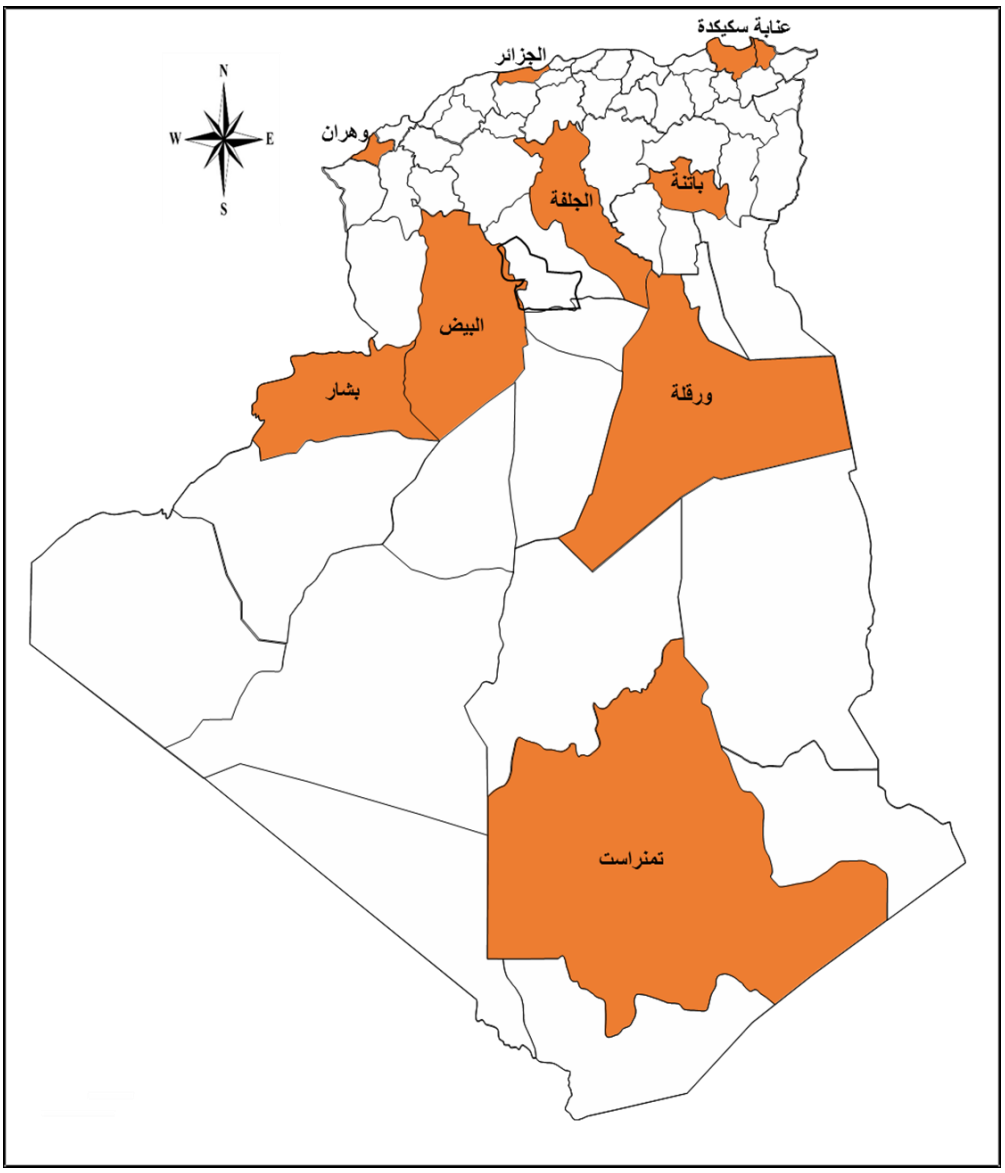
2.III.تقديم منطقة الدراسة

تتكون منطقة الدراسة من 10 محطات جوية موزعة على كامل التراب الوطني وهي: الجزائر، وهران، عنابة، سكيكدة، باتنة، الجلفة، البيض، بشار، ورقلة وتمنراست.

تتطلب دراسات تغير المناخ سلسلة طويلة من البيانات المناخية الموثوقة لتحليل إشارة المناخ بشكل مناسب. من أجل اختيار أطول فترة خالية من البيانات المفقودة قدر الإمكان لجميع المحطات، من الضروري استخدام بعض المعايير لإزالة المحطات المعيبة.

المعايير التي تم اعتمادها هي:

- استمرارية سلسلة المحطات المختارة على مدى فترة طويلة بما فيه الكفاية؛
- تجانس السلسلة المراد دراستها؛
- جودة البيانات (عدد أقل من الفجوات والبيانات المفقودة)؛
- المحطات الناتجة عن الشبكات الرئيسية؛
- . تمثيل المحطات لجميع المناطق الجغرافية الكبرى في الجزائر.



الشكل 1.3 الموقع الجغرافي لمنطقة الدراسة

الجدول 1.3. قائمة محطات الأرصاد الجوية المختارة لهذه الدراسة

إسم المحطة	رمز المحطة	الإحداثيات			المدة
		دائرة عرض	خط طول	إرتفاع	
الجزائر	60580	36°43’N	03°15’E	25 م	2022-1969
وهران	60581	35°38’N	00°36’W	90 م	2022-1980
عنابة	60555	36°50'N	07°48'E	07 م	2022-1980
سكيكدة	60559	36°53’N	06°54’E	03 م	2022-1980
باتنة	60566	35°45'N	06°19'E	822 م	2022-1980
الجلفة	60590	33°09’N	03°23’E	1185 م	2022-1980
البيض	60611	33°40’N	01°00’E	1341 م	2022-1980
ورقلة	60580	31°55’N	05°24’E	141 م	2022-1980
بشار	60571	31°30’N	02°15’W	816 م	2022-1980
تمنراست	60680	22°49’N	05°28’E	1377 م	2022-1969

III.3.المعطيات المناخية المستخدمة في الدراسة

إستعملنا في هذه الدراسة مجموعة من السلاسل الزمنية لمعطيات والمتمثلة في كميات الأمطار الشهرية لـ 10 محطات مختارة لمدة تزيد عن 54 سنة في بعض المحطات (1969-2022).

بعد جمع هذه المعطيات، سوف يتم تحليلها باستخدام الأساليب الإحصائية والتحليلية المناسبة.

III.4.معالجة المعطيات المناخية

لقد حاولنا دمج أكبر عدد ممكن من المحطات والتي تقدم سلسلة طويلة من الملاحظات. ومع ذلك، وفقًا للتحقق من المحطة، كانت الصعوبة الرئيسية التي لوحظت هي فقدان البيانات.

III.4.1.تقدير معطيات الأمطار المفقودة

عند اختيارنا للسلاسل الزمنية لحظنا بعض المعطيات المفقودة على مستوى الأمطار الشهرية وعليه تم استكمالها بالاعتماد على الطريقة المستعملة في تقدير المعطيات الناقصة في الأمطار والمتمثلة في طريقة

النسب (Ratio Method of Estimation)، لكن قبل تطبيقها لابد من مراعاة الموقع الجغرافي والإطار البيوميناخي للمحطات.

III.2.4.طريقة النسب لتقدير المعطيات المفقودة

يتم حساب تقدير البيانات المفقودة للمحطة من القيم من المحطات المجاورة الخاضعة لنفس الظروف المناخية والموجودة في نفس المنطقة الجغرافية مثل المحطة التي تعاني من عجز في البيانات.

بعض المحطات المختارة لدراستها بها بعض الفجوات في الملاحظات الشهرية للأمطار. الطريقة المستخدمة لتقدير هطول الأمطار الشهرية هي طريقة النسبة. تعتمد هذه الطريقة على النسبة بين سلسلتين كاملتين لهطول الأمطار من محطتين حيث تحتوي القيم الشهرية لهطول الأمطار في محطة واحدة (Y) على فجوة واحدة أو أكثر والتي سيتم إكمالها بالسلسلة الكاملة من المحطة الثانية (X)

؛ يتم تطبيقه وفقًا للمعادلة التالي :

$$\boldsymbol{Y = aX} \qquad (\mathbf{3.1})$$

Y : قيمة هطول الأمطار الشهرية غير المعروفة في محطة B ؛

X : القيمة المقابلة التي لوحظت خلال نفس الشهر في المحطة المرجعية A .

ثابت التعديل الذي يساوي نسبة مجموع هطول الأمطار الذي لوحظ خلال نفس السلسلة المشتركة بين المحطتين، وهما a :

$$\boldsymbol{a = \frac{P_B}{P_A}} \qquad (\mathbf{3.2})$$

بالنسبة للمحطات المعنية بدراستنا، فقد راعينا بالإضافة إلى الظروف السابقة (المناخية والجغرافية)، درجة الارتباط الإحصائي بين السلاسل التي تحدد فعالية التعديل. [14]

لتوضيح هذه الطريقة، سنقدم مثال تقدير البيانات المفقودة من محطة سكيكدة (Y) من تلك الخاصة بمحطة عنابة (X) لشهر مارس 1982.

هاتان المحطتان في نفس السياق المناخي والجغرافي ومعامل ارتباطهما 0.98 على مقياس شهري إجمالي هطول الأمطار للشهر الذي تم اعتباره خلال نفس السلسلة يساوي $P_B = 900{,}3\ mm$ بالنسبة لمحطة سكيكدة و $P_A = 791{,}4\ mm$ بالنسبة لمحطة عنابة إذن $a = 1{,}138$ بلغ مستوى هطول الأمطار في مارس 1982 في محطة عنابة هو 131.3 ملم. وبالتالي فإن القيمة المقابلة لمحطة سكيكدة ستكون :

$$Y = 1{,}138 \times 131{,}3\ mm = 149{,}4\ mm.$$

III.5.الاختبارات الإحصائية

بعد تمكننا من تقدير كل البيانات الناقصة في الأمطار بإستعمال طريقة النسب, قمنا بإختبار هذه السلاسل للكشف عن إحتمال وجود إنقطاع في السلاسل وأيضا دراسة إتجاه هذه الأخيرة بإستخدام إختبارين :

1-إختبار التجانس لبيتيت لإكتشاف إحتمال وجود إنقطاع في سلسلة البيانات.

2-إختبار مان كاندال لإكتشاف الإتجاه المحتمل في سلسلة البيانات.

III.5.1.اختبار بيتيت (Pettitt)

هذا الإختبار هو إختبار غير معلمي، وهو تعديل لاختبار مان ويتني القائم على الرتبة ولا يتطلب أي فرضيات حول توزيع البيانات.

يمكن إعطاء حالة محطة الجزائر كمثال. تخضع ملاحظات هطول الامطار السنوية من هذه المحطة لاختبار بيتيت, يتم عمل افتراضين أثناء الاختبار[14] :

-**الفرضية الصفرية** :البيانات غير متجانسة ؛

–الفرضية البديلة :يوجد تاريخ يبدأ منه تغيير البيانات.

وقد تم إجراء هذا الاختبار باستخدام برنامج الآر (R). حيث أظهرت النتائج أن:

$(P - Value = 0.04127$ أقل من مستوى $alpha = 0.05$ ، يمكننا رفض الفرضية الصفرية. إذن نستنتج أن سلسلة هطول الأمطار لمحطة الجزائر متجانسة.

III.2.5.اختبار مان كاندال (Mann–Kendall)

في هذه الدراسة لاختبار أهمية اتجاهات التغير معدلات الهطول المطري، تم استخدام اختبار مان كاندال و هو إختبار لا معلمي، يستخدم لكشف وجود أو عدم وجود اتجاه خطي معنوي للقيم المدروسة، وقد صيغت طريقة هذا الإختبار من قبل العالم هنري مان (Mann 1945,كإختبار لمعلمي لتوزيع اتجاهات التغير، وأعطي الإختبار توزيعة إحصائية من قبل العالم (Kendall, 1975) موريس كاندال، دائما تم إعطاء حالة محطة الجزائر كمثال. تخضع ملاحظات هطول الأمطار السنوية من هذه المحطة لاختبار يتم عمل افتراضين أثناء الاختبار [14].

–**الفرضية الصفرية** : لا يوجد اتجاه في السلسلة ؛

–الفرضية البديلة : هناك اتجاه في السلسلة؛

وقد تم إجراء هذا الاختبار باستخدام برنامج الآر (R). حيث أظهرت النتائج أن:

$(P - Value = 0.1735$ أكبر من مستوى $alpha = 0.05$ ، يمكننا رفض الفرضية الصفرية. إذن نستنتج أن سلسلة هطول الأمطار لمحطة الجزائر لها إتجاه.

الفصل الرابع:

التغيرات الزمنية في معدلات الأمطار

1.IV .مقدمة

يعرض هذا الفصل التغيرات الزمنية للمعدلات السنوية والفصلية والشهرية للأمطار في المحطات المدروسة، حيث اعتمدنا على البيانات المناخية لكميات الأمطار لمدة 43 سنة وذلك خلال الفترة 1980- 2022 ولتحقيق فرضية أن التغير المناخي له تأثير على الإتجاه العام للأمطار بمنطقة الدراسة، تم تحليل المعدلات المطرية الشهرية والفصلية والسنوية للأمطار خلال فترة الدراسة.

2.IV . تحليل الإتجاهات العامة للأمطار في منطقة الدراسة

الإتجاه العام هو مقدار أو معدل التغير زيادة أو نقصاناً في الوحدة الزمنية التي إتخذت أساساً لقياس قيم الظاهرة في موضوع الدراسة. هو خط يتعرض لذبذبات متفاوتة في شدتها ولكن هذه الذبذبات تحدث ضمن اتجاه عام وهو اتجاه لا يمكن ملاحظته في مدة زمنية قصيرة إنما يتراكم ويصبح واضحاً في مدة زمنية طويلة نسبيا، وعليه قمنا بتحليل إتجاهات التغيرات التي طرأت على الإتجاه العام لكميات الأمطار السنوية والشهرية والفصلية في منطقة الدراسة خلال الفترة 1980-2022

1. 2. IV. المقارنة بين فترتين زمنيتين للأمطار

الجدول 1.4 يمثل مقارنة إحصائية بين كميات الأمطار المتساقطة خلال فترتين: الأولى من 1980 إلى 2001 والثانية من 2002 إلى 2022. نلاحظ أن هناك فروق في المؤشرات الإحصائية (المتوسط الحسابي، الإنحراف المعياري، مؤشر التغير، قيم الدنيا والعظمى) في جميع محطات الدراسة . إذ ينخفض المتوسط الحسابي لكل المحطات ما عدا في محطتي الجزائر وتمنراست أين أرتفع قليلا خلال الفترة الثانية، حيث يتراوح الفرق بين (0.99-) في ورقلة و(10.63-) في عنابة، وهذا ما يعكس الإتجاه العام لإنخفاض في المعدل السنوي للأمطار خلال الفترة الثانية، ويمكن تفسير ذلك لتأثير التغيرات المناخية على الأمطار.

أما بالنسبة للإنحراف المعياري ومؤشر التغير فنلاحظ تفاوت في قيم المحطات خلال الفترة المدروسة، بينما نلاحظ أن محطة عنابة هي الأكثر تساقطا للأمطار خلال الفترتين بمعدل 110.5 مم، ومحطة ورقلة هي أقل تساقطا للأمطار بمعدل 9.7 مم.

الجدول 1.4. المقارنة بين فترتين زمنيتين للأمطار في الفترة الأولى (1980–2001) والفترة الثانية (2002–2022)

	الفترة 1 (1980-2001)					الفترة 2 (2002-2022)					الفترة 2 (1980-2001) - الفترة 1 (2002-2022)				
	$\bar{X}_1$	σ_1	CV_1	Min_1	Max_1	$\bar{X}_2$	σ_2	CV_2	Min_2	Max_2	$\bar{X}_2$-$\bar{X}_1$	σ_2-σ_1	CV_2-CV_1	Min_2- Min_1	Max_2- Max_1
الجزائر	48,15	13,86	28,78	26,7	73,7	51,23	11,35	22,15	34,3	73,7	3,08	-2,51	-6,63	7,6	0
عنابة	70,12	16,78	23,93	31,3	110,5	59,49	15,51	26,07	28,9	85,2	-10,63	-1,27	2,14	-2,4	-25,3
سكيكدة	66,91	25,44	38,02	30.5	98,5	56,44	12,98	22,99	27,4	76,6	-10,47	-12,46	-15,03	-3,1	-21,9
وهران	33,04	13,55	41,01	22.5	50,9	28,54	7,68	26,90	15,6	45,1	-4,5	-5,87	-14,11	-6,9	-5,8
باتنة	31,33	14,25	45,48	23.5	53,6	26,61	7,16	26,90	15,4	55,4	-4,72	-7,09	-18,58	-8,1	1,8
الجلفة	30,53	15,66	51,29	20.5	62,5	23,25	6,09	26,19	14,9	37,3	-7,28	-9,57	-25,1	-5,6	-25,2
البيض	28,88	14,89	51,55	15.2	54,8	23,26	7,95	34,17	11,3	42,3	-5,62	-6,94	-17,38	-3,9	-12,5
بشار	11,36	8,71	76,67	8,1	26,4	8,21	5,51	68,08	7.6	20,4	-3,15	-3,2	-8,59	-0,5	-6
ورقلة	3,24	2,98	91,97	0	9,7	2,25	2,20	78,29	2.6	9,8	-0,99	-0,78	-13,68	2,6	0,1
تمنراست	3,61	1,49	49,58	7,8	11,5	4,47	3,21	71,81	6.1	14,2	0,86	1,72	22,23	-5,4	6,4

حيث المتوسط الحسابي للهطول ($\bar{X}_1$) والانحراف المعياري (σ_1) ومعامل التغير (CV)

IV.3 التغيرات الزمنية في معدلات الأمطار في منطقة الدراسة

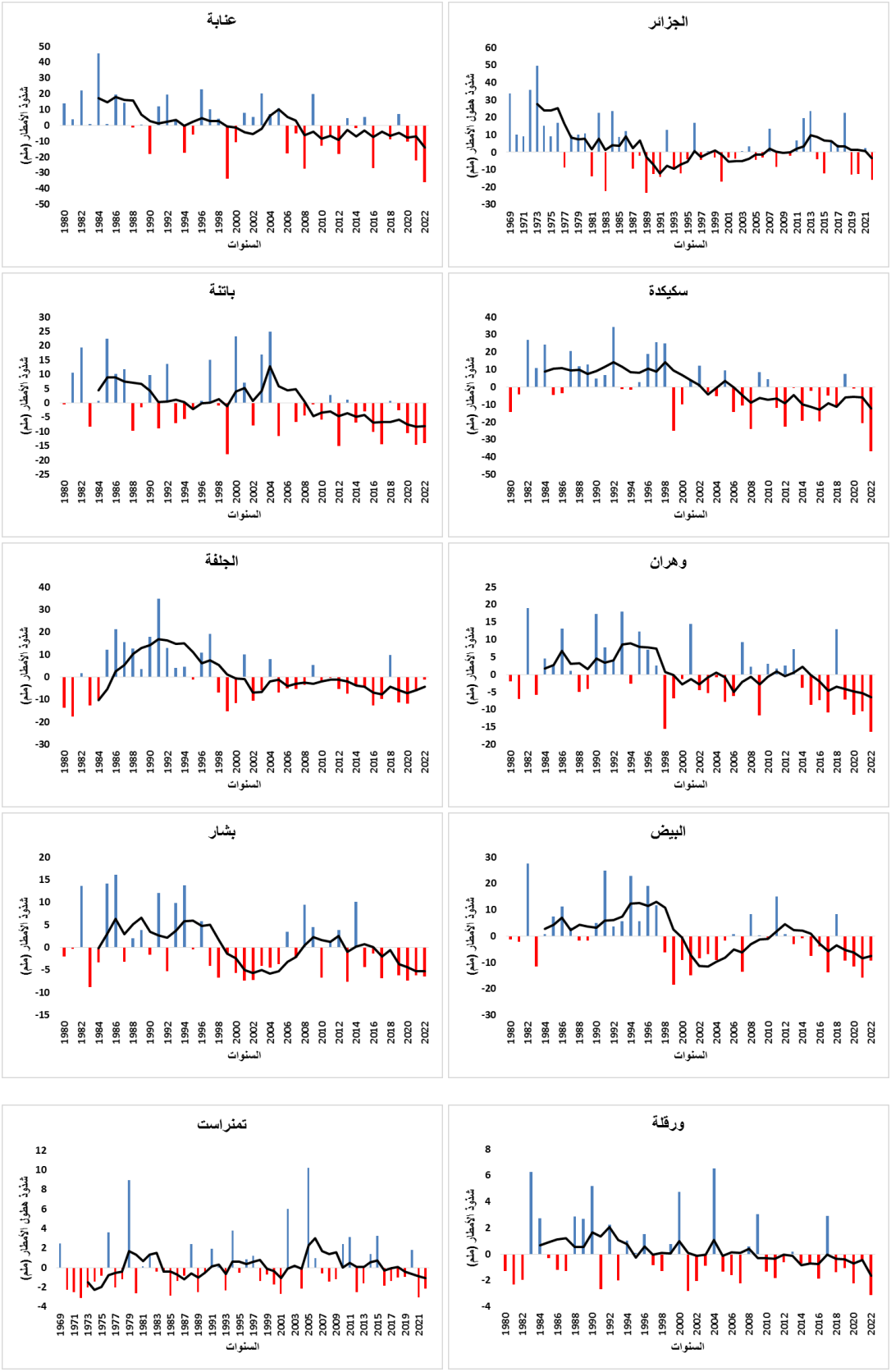
تناولت الدراسة مؤشرات التغير المناخي من خلال تحليل اتجاهات التغيرات التي طرأت على الاتجاه العام لكميات الأمطار السنوية والشهرية

IV .3. 1. التغيرات في المعدلات السنوية للأمطار

استخدمت دراسة الأمطار السنوية لتحديد طبيعة الاتجاه العام للمعدلات لمعدلات الأمطار في محطات الدراسة وللحصول على نتائج سليمة أستعملنا طريقة المتوسطات المتحركة على 5 سنوات بغية تحديد دورية التغير هذه أفضل طريقة لتحديد الاتجاهات الزمنية للأمطار.

حيث نلاحظ من خلال منحنيات الشكل 1.4 أن هنا انخفاضا في الأمطار في محطات الدراسة خلال عقد التسعينات كما تبين هناك اتجاها واضحة لارتفاع طفيف للأمطار منذ عام (2000) ثم انخفاضه حتى نهاية فترة الدراسة.

نستدل على ذلك أن كميات الأمطار متفاوتة ومتذبذبة في جميع المحطات خلال الفترة المدروسة.



الشكل 1.4. التغيرات الزمنية في المعدلات السنوية للأمطار في منطقة الدراسة

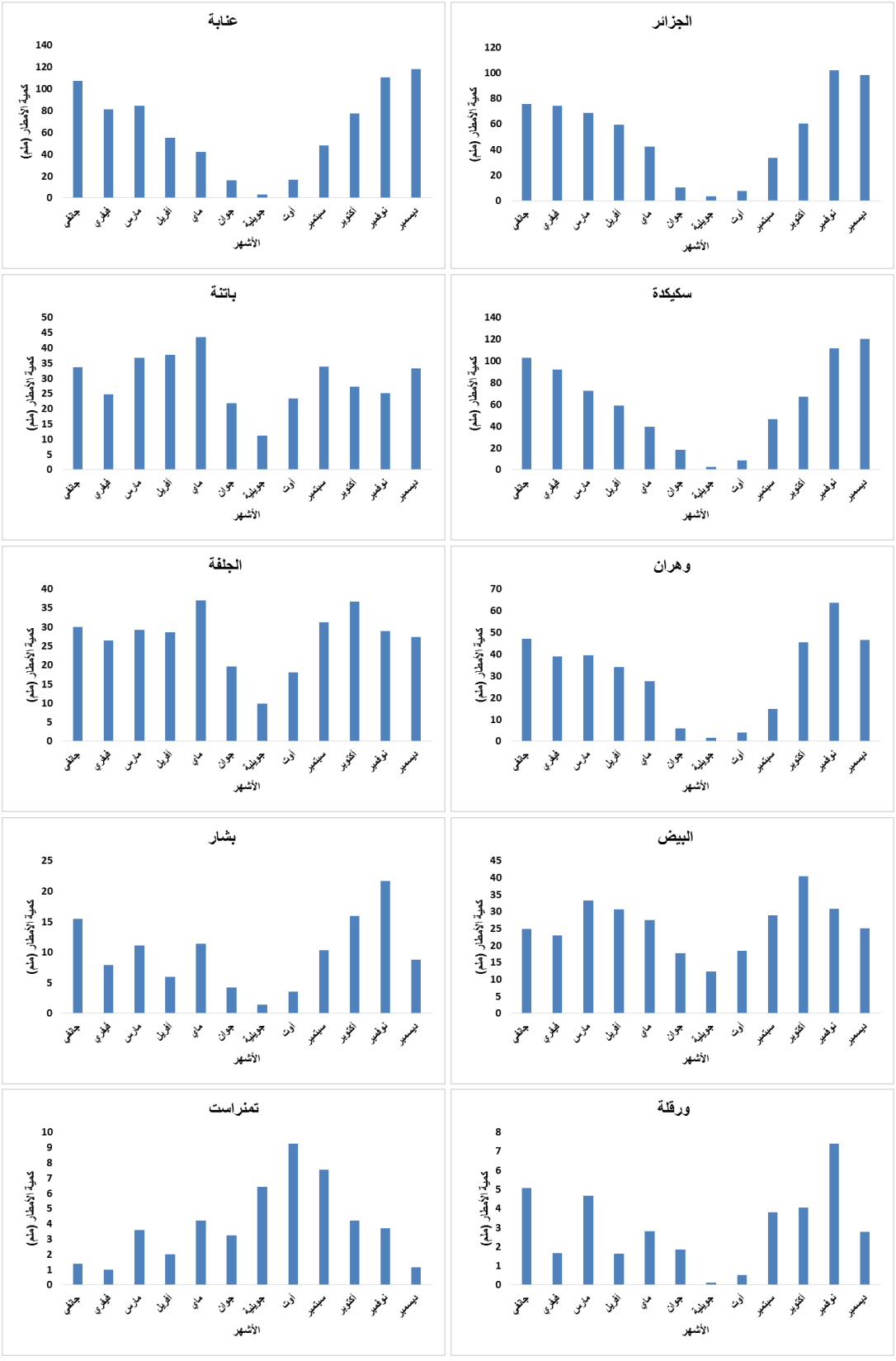
IV . 3 . 2 التغيرات في المعدلات الشهرية للأمطار

من خلال تحليل منحنيات الشكل 2.4 نلاحظ أنه يبدأ هطول الأمطار بمنطقة الدراسة في شهر سبتمبر بكميات قليلة تتزايد مع تقدم الشهور حتى تصل إلى أعلى معدلاتها في شهر ديسمبر ويناير ثم تأخذ في التراجع حتى تنتهي تقريبا مع نهاية شهر ماي.

حيث يسجل شهر سبتمبر معدلا عاما مما يتزايد هذا المعدل في شهر أكتوبر ونوفمبر وتبلغ أعلى قمة الأمطار في شهر ديسمبر وبعدها يبدأ المعدل في التراجع يكون بشكل بسيط في جانفي ثم يتراجع بشكل سريع إلى حوالي نصف القيمة خلال فيفري ويستمر في التراجع في شهر مارس ليصل إلى أفريل .أما في شهر ماي فيصل إلى أدنى مستوياته أي كميات التساقط ضئيلة جدا .

أن قمة المطر ليس لها موعد أو شهر ثابت على الرغم من أنه في غالب السنوات يسجل شهر ديسمبر قمة الأمطار.

نستخلص من خلال التحليلات أن كميات الأمطار ليس ثابتاً خلال كل السنوات بل إنه يختلف من سنة لأخرى ومن شهر لأخر داخل السنة.

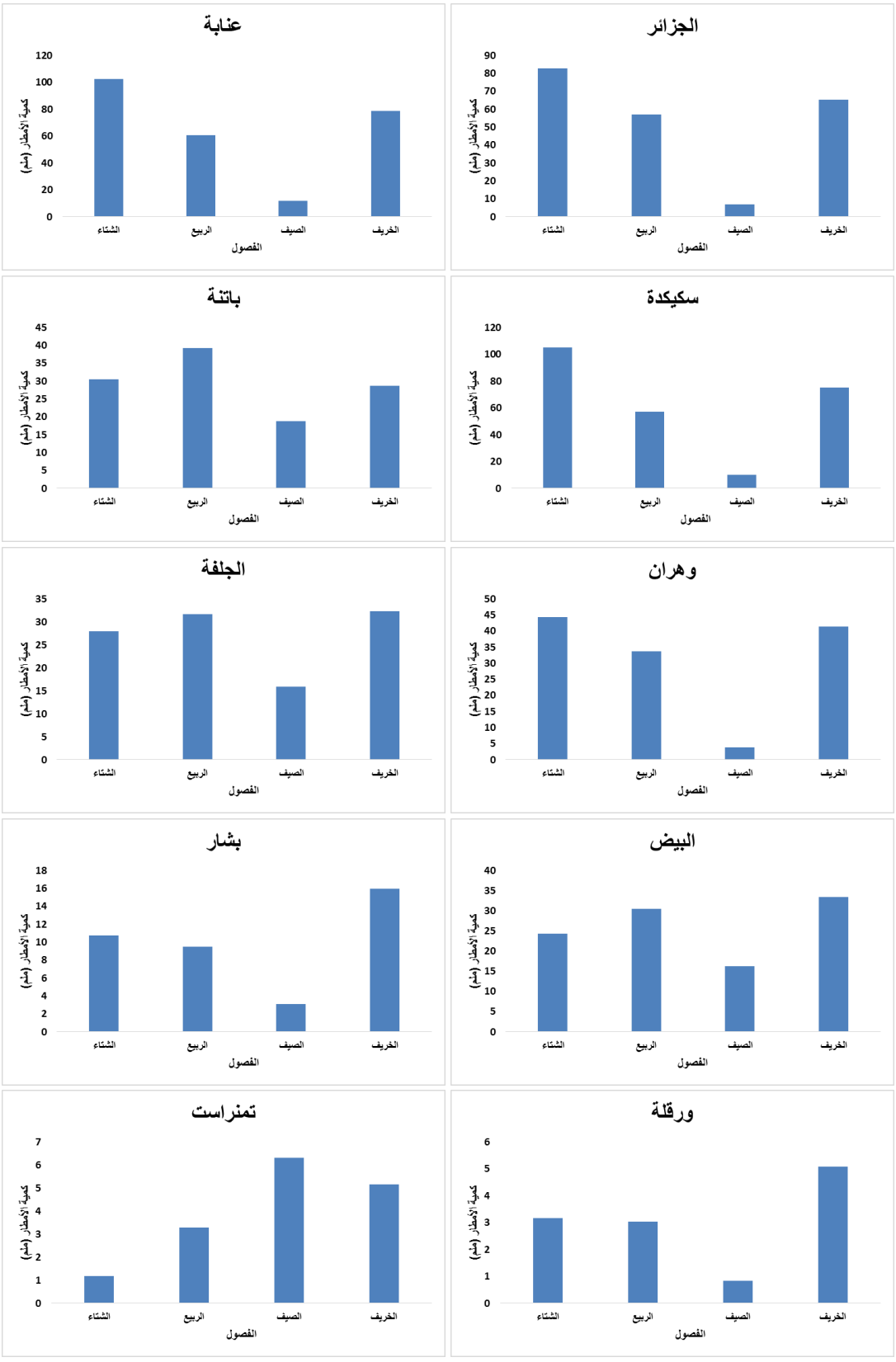


الشكل 2.4. التغيرات الزمنية في المعدلات الشهرية للأمطار في منطقة الدراسة خلال الفترة (1980–2022)

IV . 3 . 3. التغيرات في المعدلات الفصلية للأمطار

من خلال منحنيات الشكل 3.4 المبين لمعدلات الأمطار الفصلية يتبين أن فصل الشتاء والخريف يسجلان أعلى المتوسطات الفصلية لكميات الأمطار الساقطة خلال فترة الدراسة لكل من المحطات الجزائر، عنابة، سكيكدة، ورقلة، وهرن، البيض وبشار وتأتي أمطار الصيف أكثر غزارة في بعض المحطات وتكون متقاربة مع فصل الربيع كما في باتنة، الجلفة وتمنراست.

نستدل من خلال التحليلات التغير في الأمطار الفصلية أن معدل الأمطار الشتوية الأكثر تساقطا في معظم المحطات هي التي تغلب على النظام المطري.



الشكل 3.4. التغيرات الزمنية في المعدلات الفصلية للإمطار في منطقة الدراسة خلال الفترة (1980–2022)

الفصل الخامس:

العلاقة الارتباطية بين فترات الجفاف وهطول الأمطار

V .1.مقدمة

جغرافياً، تتأثر الجزائر بشكل خاص بظاهرتي التصحر وانجراف التربة. مناخ معظم البلاد جاف الى شبه جاف مع وجود المناخ شبه الرطب في بعض المناطق الشمالية.

تؤثر المعطيات الجغرافية كثيراً على جفاف المناخ حيث ينحصر الشريط الساحلي بتلاله الخصبة على مسافة 150 كلم، تحده السلسلة الجبلية "الأطلس التلي" التي تتلقى أغلب التساقطات القادمة من الشمال وتمنع وصول الرياح الرطبة نحو مناطق الهضاب العليا والجنوب [13]

يعتبر هطول الأمطار من أكثر المعلمات المناخية تنوعًا، حيث أن التباين والاتجاهات في هطول الأمطار على مدى العقود الماضية تثير قلق جميع الباحثين، مع تحديد اتجاهات محددة لكل منطقة تمت دراستها. من أجل تسليط الضوء على التطور والتقلبات الزمنية لهطول الأمطار في الجزائر، اخترنا حساب ومراقبة تطور بعض المؤشرات المناخية، هذه مجموعة من متغيرين على الأقل يصفان حالة الغلاف الجوي لتوصيف مناخ مكان ما ومن هذه المؤشرات، اخترنا مؤشر هطول الأمطار القياسي (SPI) يهدف الأخير إلى تسليط الضوء على التقلبات في أنظمة هطول الأمطار من خلال ملاحظة الفترات الرطبة والجافة.

V .2.مفهوم الجفاف

قبل الدخول في اعماق هذا المفهوم لابد من معرفة دلالات كلمة الجفاف في القران الكريم واللغة وقد تتعدد مسمياته ودلائله فقيل في سنوات الجفاف انواع منها الحطمة السنة الشديدة الجفاف ولأنها تحطم كل شيء وتسمى حاطومه والسنة الحطمة تنقطع فيها الامطار وتؤدي الى هزال الحيوانات وغلا الامطار وقلة الاطعمة وتصرف المياه في الاودية والابار حتى يضطر الناس الى التضرع الى الله تعالى من اجل انقاذهم من حدة الواقعة التي حلت بهم ومن مسمياتها السنة حيث جاء في قولة تعالى "وَلَقَدْ أَخَذْنَا آلَ فِرْعَوْنَ بِالسِّنِينَ وَنَقْصٍ مِّنَ الثَّمَرَاتِ لَعَلَّهُمْ يَذَّكَّرُونَ". الأية 130 من سورة الأعراف[4] .

أما مفهوم الجفاف الجغرافي:

هنالك من اعتبر ان انحباس الامطار وقلة التساقط الى ما دون المعدل اي اعتبار كميات الامطار الساقطة دليل على سنوات الجفاف ويستعمل اصطلاح الجفاف لوصف حالات مختلفة في إطار مفهوم عدم كفاية الماء لتلبية الاحتياجات المائية للمحاصيل الزراعية. والجفاف اساسا هو عملية العلاقة بين المطر والحرارة والتبخر وعادة ما يفوق التبخر التساقط في المناطق الجافة وبناء على ذلك فان الصحاري تقسم الى صحاري شديدة الجفاف وصحاري جافة وصحاري شبه جافة.

الجفاف ف نظر تخصصات اخرى.

لا يختلف التعريف الزراعي للجفاف كثيرا عن التعريف المناخي لاعتماد نمو النباتات وارتباطها بالتغيرات المناخية فالنبات يعتمد على الامطار التي تؤثر عليها معلات الحرارة فتؤدي الى اختلاف مقادير التبخر لذا فالمناطق المعتمدة على الامطار في الزراعة بدون ري تكون ضمن المناطق الرطبة وكلما قل الامطار وزاد الاعتماد في الزراعة على الري بشكل دائم فتعد تلك البيئات ضمن البيئات الجافة اما الجفاف في نظر العاملين في قطاع الموارد المائية فقد اعتبر البيئات الجافة هي البيئات ذات التصريف الداخلي للمياه واذا ما وجدت انهار جارية فتكون منابعها خارج حدود البيئات الجافة وقد وجد اتفاق بين اختلاف التصريف الداخلي والحدود المناخية والنباتية لتحديد البيئات الجافة وشبه الجافة.

وقد تطرقت بعض الدراسات في تعريف مفهوم الجفاف على اساس العلاقة بين الامطار والتساقط والحرارة التي تحدد التبخر ومن خلال ذلك يمكن تحديد مفهوم الجفاف عن طريق عنصر مناخي واحد.

اما في نظر العاملين في التربة تعتبر التربة دليلا لتحديد الجفاف كالنبات الطبيعي لان التربة تتأثر بعوامل كثيرة اهما المناخ والتربة هي ناتج من نواتج عملية التجوية وتحتاج لفترة زمنية طويلة لتكوين والتغير لذلك فان تحديد البيئات الجافة على اساسها يصبح صعبا جدا فاذا مرت منطقة بظروف مناخية اكثر رطوبة من

ظروفها الحالية فهذه الظروف تترك بصمتها في تكوين التربة ومتى يزال هذا الاثر تحتاج الى وقت طويل جدا يمر عليها قبل حدوث هذا التغير [7].

V .3.أسباب الجفاف

رغم ان اسباب نوبات الجفاف القابل للقياس لم تعرف بعد تعريفا جديدا، فقد ذكرت في هذا المجال عدة اسباب ممكنة

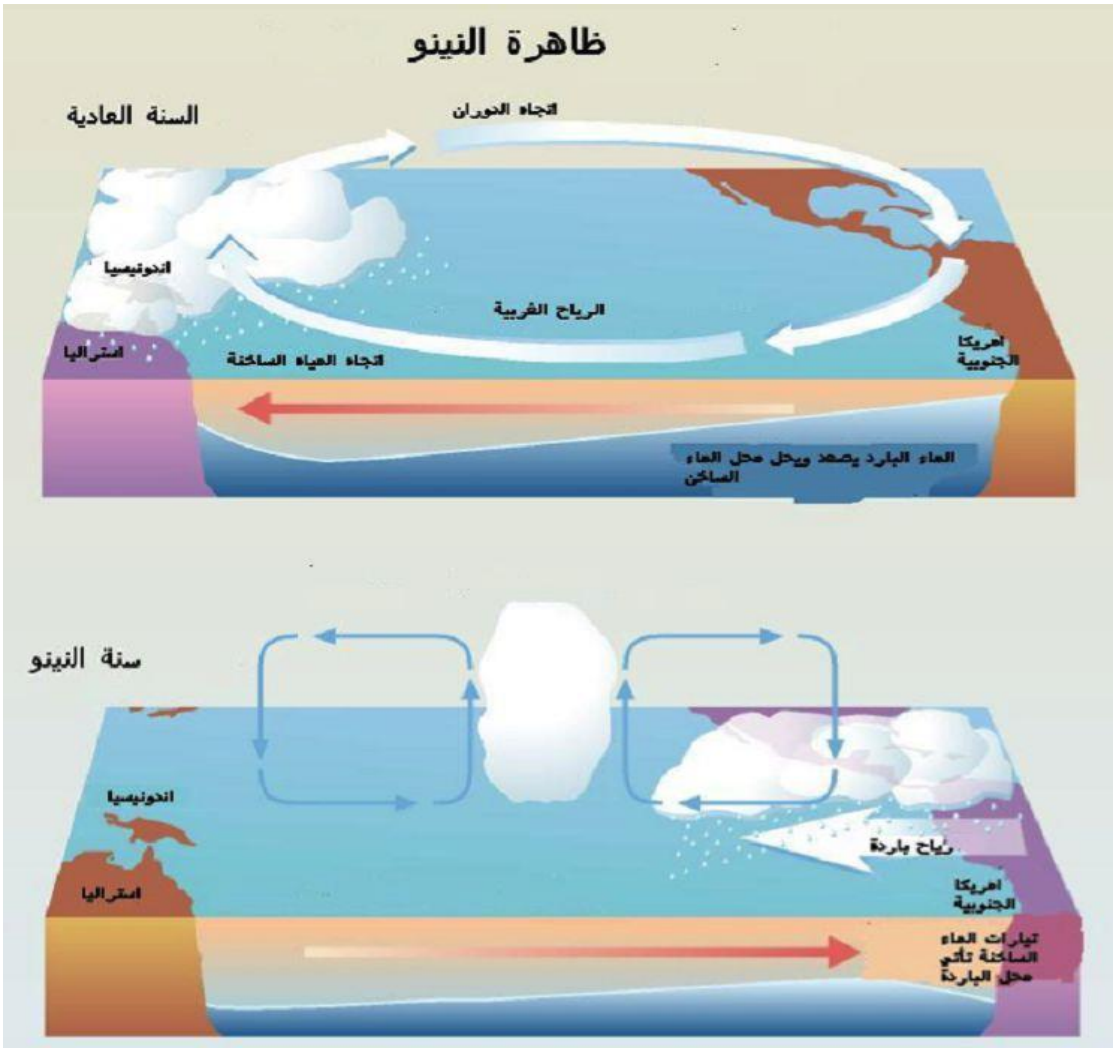
V .1.3.الأسباب المناخية

يعد المناخ بعناصره (الحرارة، التساقطات، الضغط، الرياح الرطوبة) هو العامل الرئيس المؤثر في تحديد خصائص البيئة الجافة فهو الذي يتحكم في معالم السطح وخصائص النبات وملامح الحيوان وتركيب التربة...، ومن الضروري البحث عن اسباب قلة التساقطات في الأراضي الجافة التي تمثل ثلثي سطح الأرض[7] .

V .1.1.3.الدورة الهوائية العامة

نجد ان مناطق الضغط المنخفض هي المناطق التي تتميز بالرطوبة وكثرة التساقطات نظرا لتصاعد الكتل الهوائية المحملة بكميات مهمة من بخار الماء. في لمقابل نجد ان المناطق ذات لضغوط المرتفعة (مناطق النزول).

لا تتلقى في الغالب الا كمية تساقطات ضعيفة الشيء الذي يجعلها مناطق جافة الى قاحلة.



الشكل.1.5. الدورات المناخية الجوية والمحيطية مثل ظاهرة النينيو التذبذب الجنوبي (ENSO) [22]

قد جعلت من الجفاف ظاهرة متكررة الحدوث في بعض دول شرق اسيا واستراليا في حين تعرف بعض البلدان المطلة على المحيط الهادي كالشيلي و البيرو فيضانات استثنائية مثل ما وقع سنة 1983 عموما هذه بعض الاسباب المرتبطة بالعوامل المناخية:

-الموقع العرضي والبعد او القرب عن المسطحات المائية

-زيادة برودة الكرة الارضية في النصف الشمالي منها كسبب للجفاف الممتد في اقليم الساحل

-كان ارتفاع حرارة الجو اساسا لعدة اراء بوصفه سببا لزيادة تكرار موجات الجفاف المرتبطة بالأحوال الجوية.

-انماط شتى من الدوران الجوي الضخم في مواقع الاعاصير المضادة او نظام الضغط المرتفع، فهي اذا استمرت لفترات طويلة يمكن ان تؤدي الى حالات جوية عاصفة مثل الجفاف والفيضانات وموجات الحرارة والبرودة.

V .2.1.3.عامل التضاريس وطبيعة السطح

تؤثر التضاريس في التساقطات اذ تزيد كمية التهاطل على السفوح الجبلية المواجهة للرياح الرطبة بخلاف السفوح التي تقع في ظل المطر كما تزداد مع الارتفاع غير ان ارتفاع كمية التساقط يتوقف عند حد معين لقلة بخار الماء في طبقات الجو العليا. وهذا ما يفسر وجود بعض القمم الجافة.

لطريقة التي تتشكل بها سلاسل الجبال في منطقة الضغط المرتفع والتي قد تمنع او تعوق نشاط العواصف الرعدية او سقوط الامطار على منطقة معينة[7] .

V .3.1.3.الغطاء النباتي

يعمل الغطاء النباتي بأشكاله من غابات واعشاب وحشائش دورا واضحا وتأثيرا ملحوظا في عناصر المناخ، فالنباتات يمكنها تقليل التبخر وزيادة الرطوبة والامطار وبذلك تقليل الجفاف والعجز المائي.

ويمكن ذلك عن طريق الغطاء النباتي يعمل على:

- تقليل شدة الاشعاع الشمسي الساقط.
- تصنيف النباتات نسبة كبيرة من بخار الماء الى الهواء عن طريق عملية النتح.
- تلطف المناطق الخضراء الاجواء، لاسيما الحارة منها، اذ ان لها القدرة على امتصاص الحرارة وعدم اشعاعها مرة أخرى[7] .

V .4.1.3.العامل البشري

قد يؤدي النشاط البشري بشكل مباشر الى تفاقم ونتشار ظاهرة الجفاف، مثل الزراعة الجائرة، والرعي الجائر وازالة الغابات وتعرية التربة، التي تؤثر بشكل سلبي على قدرة الارض على امتصاص الماء والاحتفاظ

به، استنزاف الفرشات الباطنية وعلى الرغم من ان هذه الانشطة المسببة في حدوث تغيرات مناخية على مستوى العالم تكاد تنحصر في نطاق محدود نسبيا، فمن المتوقع ان تكون سببا في الدخول في فترات من الجفاف.

تعمل الملوثات التي تحدث بفعل نشاط الإنسان كالمصانع والمعامل ووسائل النقل على إحداث تأثيرات سيئة على المكونات الرئيسية للغلاف الجوي خاصة مع توسع ثقب الاوزون الذي نتج عنه زيادة مرور الأشعة فوق البنفسجية نحو الأرض وحدوث ظواهر طقسية ومناخية كارتفاع درجات الحرارة عن معدلاتها وظاهرتي الانحباس الحراري والانقلاب الحراري وما يرافقها من ظواهر طقسية مختلفة. [2]

V .4.المؤشر المعياري للهطول (SPI)

مؤشر الهطول القياسي SPI الذي طوره العلماء الأمريكيون McKee و Doesken وKleist SPI في عام 1993, مؤشر قوي ومرن في الاستخدام وسهل الحساب، بيانات الهطول هي في الواقع المعلمة الوحيدة المطلوبة، SPI لحساب مؤشر، من المثالي الحصول على قراءات شهرية تمتد من 20 إلى 30 عامًا على الأقل ، ولكن يفضل 50 إلى 60 عامًا أو أكثر ، وهي الفترة المثلى [16].

يتضمن التوحيد طرح المتوسط من البيانات وقسمة نتيجة الانحراف المعياري للسلسلة. لذلك يُحسب المؤشر المعياري للهطول عن طريق أخذ الفرق بين هطول الأمطار للسنة المعنية ومتوسط هطول الأمطار لفترة زمنية معينة مقسومًا على الانحراف المعياري لهذه القيم. يتم التعبير عنها بالتعبير الرياضي التالي:

$$SPI = (P_i - P_m)/\sigma \qquad (1.5)$$

مع:

P_i :هطول الأمطار للعام i

P_m :متوسط هطول الأمطار

σ :الانحراف المعياري

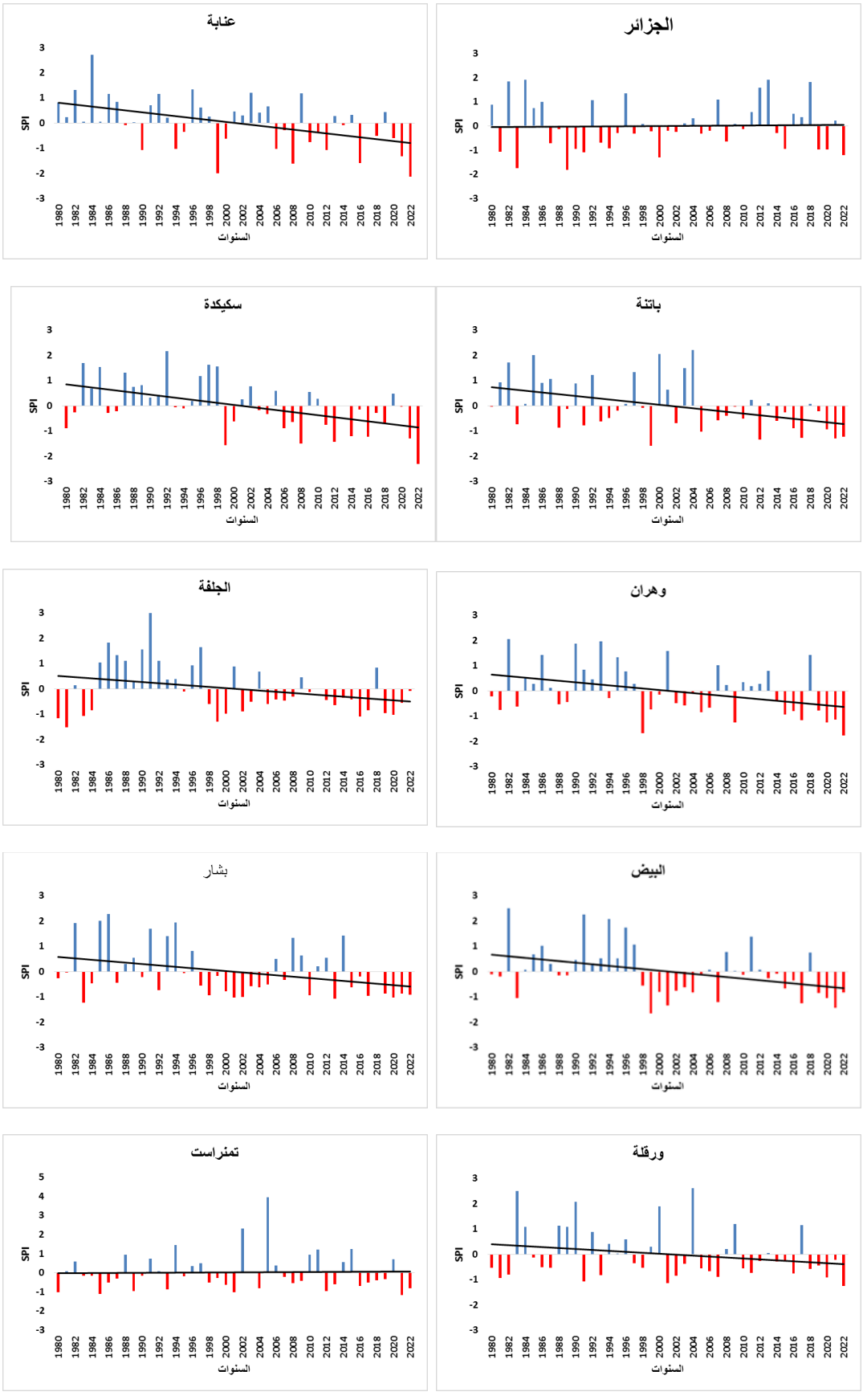
اعتمدت المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO) المؤشر SPI في عام 2009 كأداة عالمية لقياس حالات الجفاف في الأرصاد الجوية. تم تصميم مؤشر SPI لتقدير العجز في هطول الأمطار على نطاقات زمنية متعددة.

استخدم McKee وآخرون (1993) نظام التصنيف المعروض في جدول قيم مؤشر SPI المبين أدناه (الجدول 1.5) لتحديد شدة نوبات الجفاف كدالة لقيمة المؤشر.

الجدول 5. 1.تصنيف شدة حالات الجفاف وفقا المؤشر المعياري للهطول (McKee et al 1993) [16] .

قيم المؤشر المعياري للهطول	التصنيفات
2.0+ فأكثر	هطول متطرف
1.5+ إلى 1.99+	هطول شديد
1.0+ إلى 1.49+	هطول متوسط
0.99+ إلى 0.99-	هطول قريب من المعتاد
1.0- إلى 1.49-	جفاف متوسط
1.5- إلى 1.99-	جفاف شديد
2.0- فأقل	جفاف متطرف

يشير تطور مؤشر المعياري لهطول الأمطار (SPI) إلى تغير زمني لهطول الأمطار. يتميز هذا التباين بتناوب المراحل الرطبة، القريبة من العادية والجافة للمحطات المختلفة، وتتلخص النتائج في المنحنيات أدناه [1] :



الشكل.2.5. المؤشر المعياري للهطول (SPI)

تم وضع جدول موجز لعدد سنوات فحص الجفاف النموذجي للمحطات المختلفة.

الجدول 2.5. تصنيف قيم المؤشر المعياري للهطول (SPI)

اسم المحطة	التكرارات (عدد السنوات)						
	هطول متطرف	هطول شديد	هطول متوسط	هطول المعتاد	جفاف متوسط	جفاف شديد	جفاف متطرف
	من 2+ وأكثر	من 1.5+ إلى 1.99+	من 1.0+ إلى 1.49+	من 0.99+ إلى 0.99-	من 1.0- إلى 1.49-	من 1.5- إلى 1.99-	من 2- وأقل
الجزائر	3	1	1	34	4	0	0
عنابة	3	1	0	36	3	0	0
سكيكدة	1	4	3	30	5	0	0
وهران	0	2	3	33	5	0	0
باتنة	3	1	4	31	4	0	0
الجلفة	4	1	2	33	3	0	0
البيض	3	1	2	32	4	1	0
بشار	2	0	4	33	4	0	0
ورقلة	1	1	2	34	5	0	0
تمنراست	3	1	2	33	4	0	0

من الجدول (2.5) نلاحظ أن حالات الجفاف المعتدل والرطوبة المعتدلة كانت هي السائدة مقارنة مع الجفاف المتطرف والجفاف الشديد.

خاتمة عامة

يشهد العالم تغيرات مناخية ملموسة، مثل ارتفاع درجات الحرارة، وارتفاع مستوى البحار، وتغيرات في نمط الأمطار وتكرار الكوارث الطبيعية المتطرفة مثل الأعاصير والفيضانات والجفاف. هذه التغيرات تنتج عن ارتفاع تركيز الغازات الدفيئة في الغلاف الجوي، بسبب الأنشطة البشرية مثل حرق الوقود الأحفوري وإزالة الغابات.

تأتي أهمية هذه الدراسة بسبب التراجع في معدلات التساقط وتذبذب في فترات السقوط في الأونة الأخيرة على كامل التراب الوطني، مما أدى إلى تزايد فترات الجفاف.

إعتمدت هذه الدراسة على المعطيات المناخية الشهرية للمحطات الجزائر، عنابة، سكيكدة، وهران، باتنة، الجلفة، البيض، بشار، ورقلة وتمنراست خلال فترة الدراسة التي تصل الى 54 سنة (1969-2022).

تم تقدير بيانات الأمطار المفقودة باستخدام طريقة النسب واختبار التجانس والاتجاه باستخدام اختباري بتيت ومان كندال على التوالي. تم أيضا تحديد الخصائص الإحصائية للهطول لفترتين متماثلتين لمدة 22 سنة (1980-2001) و(2002-2022) والمتمثلة في المتوسط الحسابي للهطول ($\overline{X}$) والانحراف المعياري (δ) ومعامل التغير (CV). كما تم تقدير سنوات الجفاف والرطوبة بالاعتماد على مؤشر المعياري للهطول (SPI). أظهرت النتائج المتحصل عليها، أن حالات من الجفاف المعتدل والرطوبة المعتدلة كانت هي السائدة مقارنة مع الجفاف المتطرف والجفاف الشديد.

يظهر أثر التغيرات المناخية على نظام والاتجاه العام لمجموع الأمطار السنوي بالمنطقة بشكل واضح بعد سنة 2000، حيث بدأ الاتجاه نحو التناقص وإن كان الاتجاه غير واضح، كما يمكننا أن نلمس وجود اتجاه عام في التناقص لكميات الأمطار في كامل المحطات المدروسة. وإن هذا النظام ليس ثابتاً خلال كل السنوات بل إنه يختلف من سنة لأخرى ومن شهر لأخر داخل السنة نفسها.

كما يلاحظ من خلال هذه الدراسة أن نزول المطر ليس له موعد أو شهر ثابت على الرغم من أنه في غالب السنوات يسجل شهر ديسمبر قمة الأمطار السنوية.

قائمة المراجع

1-المراجع العربية

[1] أيمن عبد الطيف كويس الربيعي 2019, "استخدام قيم مؤشر الاختلاف البياني (NDVI) ومؤشر الهطل المطري (SPI)" جامعة البصرة, العراق.

[2] أحمد أسامة وأحمد حسين أحمد 2022 "رؤية مستقبلية لتعزيز ثقافة الاستدامة البيئة لدى الشباب الجامعي في ضوء التغيرات المناخية" مج.10.ع 3 ،81-130.

[3] محمد إبرهيم،2008 "جغرافية المناخ والبيئة" ، دار المعرفة الجامعية جمهورية مصر العربية.

[4] قريشي وبن التاج, 2021 "دراسة مناخية وإحصائية لهطول الأمطار في المناطق الصحراوية" ،مذكرة تخرج ماستر أكاديمي ،تخصص فيزياء الأرصاد جوية, جامعة قاصدي مرباح ورقلة.

[5] عبد العزيز طريح شرف، 2012 "مقومات في الجغرافيا الطبيعية" , مركز الأسكندرية للكتاب ص331

[6] حسين شهاود.هيثم أحمد ،المناخ والأرصاد الزراعية –جامعة البعث

[7] سمير القادري، 2014 "ظاهرة الجفاف : مفهومها ،أسبابها ،نتائجها" ،مذكرة ماستر ، جامعة الحسن الثاني المحمدية – المغرب.

[8] بن عباس ونوار2019، "اثر التغيرات المناخية على اقتصاديات الدول العربية" مذكرة تخرج لنيل شهادة الماستر في العلوم الاقتصادية ,جامعة

[9] رندا يوسف محمد يحي 2021 "أتر التغيرات المناخية على التنمية المستدامة بواحة سيوه المجلد" مجلة الاقتصاد الزراعي والعلوم الاجتماعية ، (1141-1147)، (12)

[10] خالد كواش، 2006 "مقومات ومؤشرات السياحة في الجزائر" ، مكتبة عين الجامعة.

[11] نعمات شحاذة, 2008 "علم المناخ" ، دهر الصفا - عمان – الأردن.

[12] بوسبعين تسعديت 2015، "أثار التغيرات المناخية على التنمية المستدامة في الجزائر" أطروحة مقدمة لنيل شهادة الدكتوراه ، تخصص تسير منظمات ،جامعة أحمد بوقره ، بومرداس.

[13] وزارة الانتقال الطاقوي والطاقات المتجددة 2021, "الكتاب الأبيض حول تأثير التغيرات المناخية في الجزائر"

2-المراجع الأجنبية

[14] BENMEBARK. F , BOUADJADJA. W ,2020 , Impact des changements climatiques sur les températures et les précipitation en Algérie, thèse master, Université Kasdi Merbah Ouargla .

[15] MAYTHAM A .ABDULKADHIM.H, 2023 lark jounal, The general trend of temperatures in Iraq and its relationships the concentration of greenhouse gases.

[16] MEHANI.I et LIMANE. N, 2021 , «Les changements climatiques en Algérie : Etude des variations de températures et de précipitations» Thèse Mater en Physique et météorologie, Université KARDI Merbah Ouargla

3-المواقع الإلكترونية

[17] http://climateinarabic.com2023/05/15 أخر زيارة للموقع يوم
[18]https://meteofrance.com/comprendre-climat/monde/le-systeme-climatique-mondia2023/06/10 أخر زيارة للموقع يوم
[19]www.planete-durable.com/les-15-indicateurs-du-changement-climatique/ble.com 2023/05/25 أخر زيارة للموقع يوم
[20]https://azizgeo.blogspot.com/2019/09/blog-post_21.html أخر زيارة للموقع يوم 2023/05/11
[21]https://climat.be/changements-climatiques/causes/climat-et-meteo أخر زيارة للموقع 2023/06/02 يوم
[22]https://reefresilience.org/ar/stressors/climate-and-ocean-change/el-nino-southern-oscillation 2023/06/10 أخر زيارة للموقع يوم
[23]http://w0rldwather.blogspot.com/p/blog-page_25.html أخر زيارة للموقع يوم 2023/06/08
[24] https://www.geopratique.com/2014/12/blog-post_46.html أخر زيارة للموقع يوم 2023/06/12
[25] https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/dyk/drought-definition أخر زيارة للموقع يوم 2023/05/20
[26] https://la.climatologie.free.fr/volcan/effetvolcan.htmg أخر زيارة للموقع يوم 2023/06/17

الملاحق

القيم المناخية العادية للفترة (1991-2020)

الرقم	اسم المحطة	كمية الأمطار (مم)
01	الجزائر	34.25
02	عنابة	129.36
03	سكيكدة	72.04
04	وهران	73.4
05	باتنة	75.85
06	الجلفة	111.16
07	البيض	23.29
08	بشار	38.03
09	ورقلة	51.47
10	تمنراست	65.00

نتائج إختباري بيتيت ومان كندال على الإمطار السنوية في منطقة الدراسة

N°	Station	Test de Pettitt	Test de Mann Kendall
		Pluie	Pluie
01	Alger	0.413	0.174
02	Annaba	0.401	0.444
03	Skikda	0.052	0.135
04	Oran	0.415	0.103
05	Batna	0.624	0.732
06	Djelfa	0.014	0.015
07	El Bayadh	0.465	0.178
08	Bechar	0.372	0.345
09	Ouargla	0.464	0.178
10	Tamanrasset	0.382	0.262

ملخص

يهدف هذا العمل إلى دراسة تأثير التغيرات المناخية على معدلات الهطول في الجزائر، وذلك بتحليل كميات الأمطار السنوية، الشهرية والفصلية. استعملنا في هذه الدراسة مجموعة من المعطيات المناخية المسجلة في 10 محطات موزعة عبر كامل أرجاء الوطن خلال فترة زمنية وصلت إلى 54 سنة (1969-2022)، استخدمنا فيها أساليب إحصائية متنوعة، من أبرزها المتوسطات المتحركة، الانحدار الخطي، معامل التغير (CV) ولتقييم حالة الجفاف في المنطقة قمنا باستخدام المؤشر المعياري للهطول (SPI).

خلصت النتائج إلى تباين واضح في الأمطار السنوية والشهرية والفصلية خلال فترة الدراسة ويمكن تفسيره إلى تأثير التغيرات المناخية على الأمطار في الجزائر، وهذا ماكدته نتائج المؤشر المعياري لهطول (SPI) إلى أنه هناك اتجاه عام نحو الجفاف.

الكلمات المفتاحية: التغيرات المناخية، الهطول، الطرق الإحصائية، المؤشر المعياري للهطول (SPI)

RESUME

Ce travail vise à étudier l'impact des changements climatiques sur les taux de précipitations en Algérie, en analysant les quantités de précipitations annuelles, mensuelles et saisonnières. Dans cette étude, nous avons utilisé un ensemble de données climatiques enregistrées dans 10 stations réparties dans tout le pays pendant une période qui a atteint 54 ans (1969-2022) dont nous avons utilisé des différentes méthodes statistiques tel que : les moyennes mobiles, la régression linéaire et le coefficient de variation (CV), et l'Indice des Précipitations Standardisé (SPI) pour évaluer la sécheresse.

Les résultats ont conclu qu'il y avait un écart dans les pluies annuelles, mensuelles et saisonnières au cours de la période d'étude, qui peut s'expliquer par l'impact des changements climatiques sur les pluies en Algérie, et cela a été confirmé par les résultats de l'indice des précipitations standard (SPI) qu'il existe une tendance générale à la sécheresse.

Mots-clés: Changements climatiques, Précipitations, Méthodes statistiques, SPI.

ABSTRACT

This work aims to study the impact of climatic changes on precipitation rates in Algeria, by analyzing the annual, monthly and seasonal precipitation quantities. In this study, we used series of climatic data recorded in 10 stations distributed throughout the country for a period that reached 54 years (1969-2022) for which we used different statistical methods such as: moving averages, linear regression and coefficient of variation (CV), and Standardized Precipitation Index (SPI) to assess drought.

The results concluded that there was a gap in annual, monthly and seasonal rains during the study period, which can be explained by the impact of climate change on rains in Algeria, and this was confirmed by the results of the Standard Precipitation Index (SPI) that there is a general trend to drought.

Keywords: Climate change, Precipitation, Statistical methods, SPI.