



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

جامعة زيان عاشور – الجلفة

كلية علوم الطبيعة والحياة

قسم العلوم الفلاحية و البيطرية

أطروحة في إطار الحصول على:

شهادة دكتوراه للطور الثالث (D-LMD) في العلوم الزراعية جامعة زيان عاشور- الجلفة

تخصص: فلاحه رعوية

مقدمة من طرف:

عتوعلاء الدين

تحت عنوان:

دراسة الجفاف المناخي بالنموذج الجيوإحصائي في فضاء رياضي
متعدد المتغيرات (منطقة عين الدفلى)

معروضة على لجنة المناقشة:

رئيسا	أستاذ دكتور (جامعة زيان عاشور – الجلفة-)	أ.د. دحية مصطفى
مشرفا	أستاذ دكتور (جامعة زيان عاشور – الجلفة-)	أ.دب. عزوزي بلال
ممتحنا	أستاذ محاضر-أ (جامعة زيان عاشور – الجلفة-)	د. تواتي مصطفى
ممتحنا	أستاذ محاضر-أ (جامعة ابن خلدون – تيارت-)	د. صفا عمر
ممتحنا	أستاذ محاضر-أ (جامعة الجيلالي بونعامة – خميس مليانة-)	د. مروش عبد القادر
ممتحنا	أستاذ محاضر-أ (جامعة الجيلالي بونعامة – خميس مليانة-)	د. محيقن مجيد

السنة الجامعية: 2023/2022



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
POPULAR AND DEMOCRATIC
ALGERIA OF REPUBLIC
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTRY OF HIGHER EDUCATION AND
SCIENTIFIC RESEARCH



جامعة زيان عاشور – الجلفة
ZIANE ACHOUR UNIVERSITY OF DJELFA
كلية علوم الطبيعة والحياة
FACULTY OF NATURE AND LIFE SCIENCES
قسم العلوم الفلاحية و البيطرية
DEPARTMENT OF AGRONOMICAL AND VETERINARY SCIENCES

THESIS
SUBMITTED IN FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS FOR
THE DOCTORATE DEGREE IN AGRONOMICAL SCIENCES

OPTION: AGRO-PASTORALISME

By: ATTOU Alaa Eddine

Theme

STUDY OF CLIMATE DROUGHT BY GEOSTATISTICAL MODEL IN
A MULTI-VARIED MATHEMATICAL SPACE
(REGION OF AIN DEFLA)

Jury members:

Pr.	DAHIA M.	Professeur University of Djelfa	President.
Pr.	AZOUZI B.	Professeur University of Djelfa	Supervisor.
Dr.	TOUATI M.	MCA University of Djelfa	Examiner.
Dr.	SAFA O.	MCA University of Tiaret	Examiner.
Dr.	MEROUCHE AB.	MCA University of Khmis Miliana	Examiner.
Dr.	MEHAIGUENE M.	MCA University of Khmis Miliana	Examiner.

Academic year: 2022/2023



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
ALGÉRIENNE RÉPUBLIQUE
POPULAIRE ET DÉMOCRATIQUE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT
SUPERIEUR RT DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



جامعة زيان عاشور - الجلفة
UNIVERSITE ZIANE ACHOUR - DJELFA-
كلية علوم الطبيعة والحياة
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
قسم العلوم الفلاحية و البيطرية
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES ET VETERINAIRES

THESE
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE
DOCTORAT DE TROISEME CYLE (D-LMD) EN SCIENCES AGRONOMIQUES

OPTION : AGRO-PASTORALISME

Par : ATTOU Alaa Eddine

Thème

**ETUDE DE LA SECHERESSE CLIMATIQUE PAR MODELE GEOSTATISTIQUE DANS UN
ESPACE MATHEMATIQUE MULTI VARIE (RÉGION D'AIN DEFLA)**

Devant un jury composé de :

Pr.	DAHIA M.	Professeur Université de Djelfa	Président.
Pr.	AZOUZI B.	Professeur Université de Djelfa	Promoteur.
Dr.	TOUATI M.	MCA Université de Djelfa	Examineur.
Dr.	SAFA O.	MCA Université de Tiaret	Examineur
Dr.	MEROUCHE AB.	MCA Université de Khmis Miliana	Examineur
Dr.	MEHAIGUENE M.	MCA Université de Khmis Miliana	Examineur

Année Universitaire : 2022/2023



آيات قرآنية عن الماء

* الماء أصل الحياة لكل كائن

(أولم ير الذين كفروا أن السماوات والأرض كانتا رتقا ففتقناهما وجعلنا من الماء كل شيء حي أفلا يؤمنون). [سورة الأنبياء، آية: 30]

* إحياء الأرض بالماء

(ألم تر أن الله أنزل من السماء ماء فتصبح الأرض مخضرة إن الله لطيف خبير). [سورة الحج، آية: 63]
(والله أنزل من السماء ماء فأحيا به الأرض بعد موتها إن في ذلك لآية لقوم يسمعون). [سورة النحل، آية: 65]

(ولئن سألتهم من نزل من السماء ماء فأحيا به الأرض من بعد موتها ليقولن الله قل الحمد لله بل أكثرهم لا يعقلون). [سورة العنكبوت، آية: 63]
(ومن آياته يريكم البرق خوفا وطمعا وينزل من السماء ماء فيحيي به الأرض بعد موتها إن في ذلك لآيات لقوم يعقلون). [سورة الروم، آية: 24]

* إنبات النبات بالماء

(الذي جعل لكم الأرض فراشا والسماء بناء وأنزل من السماء ماء فأخرج به من الثمرات رزقا لكم فلا تجعلوا لله أندادا وأنتم تعلمون). [سورة البقرة، آية: 22]
(وهو الذي يرسل الرياح بشرا بين يدي رحمته حتى إذا أقلت سحابا ثقالا سقناه لبلد ميت فأنزلنا به الماء فأخرجنا به من كل الثمرات كذلك نخرج الموتى لعلكم تذكرون). [سورة الأعراف، آية: 57]
(الذي جعل لكم الأرض مهذا وسلك لكم فيها سبلا وأنزل من السماء ماء فأخرجنا به أزواجا من نبات شتى). [سورة طه، آية: 53]

(أنا صيبنا الماء صبا * ثم شققنا الأرض شقا * فأنبتنا فيها حبا * وعنبا وقضبا * وزيتونا ونخلا * وحدائق غلبا * وفاكهة وأبا). [سورة عبس، آية: 25-32]

وفي سورة الزمر: ﴿ ألم تر أن الله أنزل من السماء ماء فسلكه ينابيع في الأرض ثم يخرج به زرعا مختلفا ألوانه ثم يهيج فتراه مصفرا ثم يجعله حطاما إن في ذلك لذكرى لأولي الأبواب ﴾ [الزمر: 21].
﴿ وهو الذي أرسل الرياح بشرا بين يدي رحمته وأنزلنا من السماء ماء طهورا * لنحيي به بلدة ميتا ونسقيه مما خلقنا أنعاما وأناسي كثيرا * ولقد صرفناه بينهم ليعلموا فأبى أكثر الناس إلا كفورا ﴾ [الفرقان: 48 - 50].

الشكر

بادئ ببدء أشكر الله القدير على منحنا القوة والشجاعة والوسائل لنكون قادرين على إنجاز

هذا العمل.

في نهاية هذا العمل ، أريد أن أشكر أولا وقبل كل شيء أستاذي والمشرف السيد البروفيسور

عزوزي بلال ، على إشرافه ومساعدته الثمينة ودعمه ونصائحه.

ونشكر أيضا لجنة المناقشة من رئيسها الأستاذ دحية مصطفى وكل المصححين من الدكتور

تواتي مصطفى و الدكتور مروش عبد القادر و الدكتور صفا عمر و الدكتور محيقن مجيد.

كما أشكر أيضا:

كل الذين ساندوني و كانوا معي طيلة هذا الماراطون.

وأود أن أعرب عن شكري:

إلى جميع أساتذتي بجامعة خميس مليانة ولا سيما معلمي قسم الهندسة الزراعية. أشكر

الكل باسمه وأيضاً جميع الأساتذة في قسم الفلاحة الرعوية بجامعة زيان عاشور

بالجلفة كل باسمه

أخيرا ، أشكر الأصدقاء و العائلة ، ولا سيما أقرب الأصدقاء ، وكذلك جميع الذين ساهموا

من قريب أو بعيد في تحقيق هذا العمل.

إهداء

أهدي هذا العمل:

إلى نفسي أولاً

ووالدتي العزيزة التي كانت تتمنى أن ترى نجاحي وأعطتني كل المودة حتى أتمكن من الاستمرار.

إلى والدي العزيز الذي دعمني لأحقق أحلامي وآمالي وقدم لي الدعم طوال الوقت.

إلى إخواني الأعزاء وأختي

إلى زوجتي

لجميع أساتذتي في كل الأطوار دون استثناء

إلى كل أصدقائي (بكدي حبيب – كريم عبدلي - ياسن كرور - زروخي محمد.....الكل دون

استثناء)

عتو علاء الدين

ملخص

كجانب مرتبط بتغير المناخ ، أصبح الجفاف يمثل تحديا شديدا في أجزاء مختلفة من العالم ، لا سيما في المناطق التي تعتمد فيها الحياة على الزراعة البعلية عموما. بما أن منطقة الدراسة هي في الغالب أراض زراعية ، فإن معظم نشاطها يعتمد على الأمطار. حيث أثرت في السنوات الأخيرة حالات الجفاف المتفاوتة التأثير والشدة على المحاصيل.

لذلك هدف هذا البحث إلى تحديد ودراسة المناطق الأكثر عرضة للجفاف من حيث الزمان والمكان. علاوة على ذلك، تقديم صورة مفصلة عن الجفاف في المنطقة، مع إيجاد أهم العوامل المؤثرة في حدوث الجفاف من عدمه و تقديم الحلول المناسبة في حال عودته في المستقبل.

تم حساب مؤشر الهطول القياسي (SPI) سنويا لمدة 38 عاما لثلاثة عشر (13) محطة من 1981 إلى 2019 داخل منطقة عين الدفلى. تم استخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لتجميع الخرائط الرقمية لتصوير و تحقيق التوزيع المكاني لهطول الأمطار (P) وتحديد الجفاف مكانيا باستخدام قيم SPI داخل المنطقة بناء على الطريقة الإحصائية لـkrigeage. تم جمع البيانات المناخية و بيانات الأحواض النهرية و التضاريس و الجيولوجيا داخل برامج إحصائية Satistica و past و حساب العوامل الرئيسية (F1 و F2) وفق طريقتي الارتباط القويم (ACC) و تحليل المركبات الرئيسية (ACP) مع تمثيلها في الفضاء الرياضي متعدد المتغيرات.

تعرضت منطقة عين الدفلى لجفاف متفاوت الدرجات خلال الأعوام (1983 ، 1989 ، 2000) ، امتد بتناقص قيمته من الشرق إلى الغرب. كما لوحظت بعض السنوات الرطبة (2013 و 2018). كانت معظم السنوات في فئة الجفاف المعتدلة بنسبة 60٪، و أشار التمثيل البياني لجفاف داخل الفضاء الرياضي متعدد المتغيرات إلى نفس النتائج وفق الطريقتين الإحصائيتين إلى تواجد الجفاف بنسب عالية في شرق منطقة الدراسة و كانت العوامل المناخية أكثر المؤثرين على توزيع الجفاف و الرطوبة داخل المحطات الثلاثة عشر (13).

من الممكن الاعتماد على الزراعة البعلية في المناطق الغربية التي كانت أقل عرضة للجفاف خلال فترة الدراسة مقارنة بالجزء الشرقي ، كونها منطقة يستقر فيها الجفاف بشكل مستمر.

الكلمات المفتاحية: الجفاف؛ علم الأرصاد الجوية؛ SPI؛ krigage؛ GIS؛ عين الدفلى؛ ACP؛ ACC.

ABSTRACT

As an aspect related to climate change, drought has become a severe challenge in different parts of the world, especially in areas where life depends on rainfed agriculture generally. Since the study area is mostly agricultural land, most of its activity is dependent on rainfall. In recent years, droughts of varying impact and severity have affected crops.

Therefore, this study aimed to identify and study the areas most vulnerable to drought in terms of time and place. Moreover, presents a detailed picture of the drought in the region, while finding out the most important factors affecting the occurrence of drought or not, and providing appropriate solutions in the event of its recurrence in the future.

The Standard Precipitation Index (SPI) was calculated annually for a period of 38 years for thirteen (13) stations from 1981 to 2019 within the Ain Defla region. Geographic information systems (GIS) were used to compile digital maps to visualize and achieve the spatial distribution of precipitation (P) and spatially determine drought using SPI values within the region based on the statistical method of Krige. Climatic data, river basin data, topography and geology were collected within statistical programs such as Statistica or Past, and the main factors (F1 and F2) were calculated according to the two correct correlation (ACC) methods. And the analysis of major compounds (ACP) and their representation in multivariate mathematical space.

Ain Defla region was subjected to a drought of varying degrees during the years (1983, 1989, 2000), which extended with decreasing value from east to west. Some wet years (2013 and 2018) were also observed. Most of the years were in the moderate category by 60%, and the graphic representation of drought within the multivariate mathematical space indicated the same results according to the two statistical methods, indicating the presence of drought in high proportions in the east of the study area, and the climatic factors were the most influential on the distribution of drought and humidity within the thirteen stations. (13).

It is possible to rely on rain-fed agriculture in the western regions, which were less prone to drought during the study period compared to the eastern part, as it is a region where drought is stable continuously.

Keywords: Drought; Meteorology; SPI; Kriging; GIS; ACP; ACC; Ain Defla

الفهرس

	البسمة
	آيات قرآنية عن الماء
	الشكر
	الإهداء
	الملخص
	الفهرس
	قائمة الجداول
	قائمة الأشكال
	قائمة الرموز
	قائمة الملاحق
	قائمة الجمل العلمية
أ	مقدمة
أ	أهمية البحث
ب	وصف أهداف البحث
ب	الأساس المنطقي لاختيار الموضوع
ت	وصف المشكلة
ت	الأسئلة الرئيسية
ت	الفرضيات
ت	سبب اختيار منطقة الدراسة عين الدفلى
ث	مخطط كتابة هذه المذكرة
الفصل الأول : الإحصائيات متعددة المتغيرات	
1	الجزء الأول
1	مقدمة عامة
2	1.1.1. تصنيف طرق التحليل متعدد المتغيرات
2	1.1.1.1. أساليب تحكم المتغيرات
2	1.1.1.1. أساليب التحكم الشخصي
2	2.1.1. طريقة تحليل المركبات الرئيسية
3	3.1.1. مصفوفة البيانات
3	1.3.1.1. مصفوفة التباينات والتباينات المشتركة
4	2.3.1.1. مصفوفة الارتباط
4	4.1.1. طبيعة المركبات الرئيسية
5	1.4.1.1. المركبات الرئيسية

5	2.4.1.1. مراحل الحساب
5	1.2.4.1.1. حساب قيمة الجذور λ_i
5	2.2.4.1.1. حساب المميز الأول a_1 الموافق لقيمة الجذور λ_1
6	3.2.4.1.1. حساب المميز الثاني a_2 الموافق لقيمة الجذور λ_2
6	4.2.4.1.1. حساب قيمة المتجه المميز الثالث a_3
6	5.2.4.1.1. حساب العوامل F_i
7	الجزء الثاني
7	1.1.1. تحليل الارتباط القويم (إرتباط المجموعات)
7	2.1.1. طريقة تنفيذ تحليل الارتباط القويم
7	1.2.1.1. حساب الجذور المميزة
8	1.1.2.1.1. حساب المتجهات المميزة b_1
8	2.1.2.1.1. حساب المتجهات المميزة a_1
8	3.1.2.1.1. تحديد المتغيرات القوية للمجمعتين
8	2.2.1.1. إختبار معنوية الارتباط القويم
9	3.1.2.1.1. تحليل نتائج المتغيرات القوية
الفصل الثاني: الإحصاء الجغرافي	
11	الجزء الأول
11	مقدمة
11	1.1.1. تعريف الإحصاء الجغرافي
11	1.1.1.1. التقنيات الأساسية للإحصاء الجغرافي
11	1.1.1.1.1. التحليل المتغير (variographique)
11	1.2.1.1.1. فاريجرام Variogramme
12	1.2.1.1. مقدمة لمفهوم Variogramme
	2.2.1.1. خصائص Variogramme
13	3.2.1.1. نماذج و شكل Variogramme
14	1.3.2.1.1. السلوك بالقرب من الأصل
14	2.2.3.1.1. سلوك الرسم البياني عند اللانهاية
14	4.2.1.1. تحليل سلوك variogramme على مسافات طويلة
16	1.4.2.1.1. variogramme محدودة
16	2.4.2.1.1. variogramme غير محدودة
16	3.4.2.1.1. تباين الخواص (anisotropie)
18	الجزء الثاني
18	1.1.1.1. krigeage
18	1.1.1.1.1. تعريفه: krigeage

18	2.1.11.11. منهجية krigeage
19	1.1.11.11. krigeage العادي
19	2.1.11.11. krigeage البسيط
18	3.1.11.11. krigeage العالمي
18	خاتمة
الفصل الثالث: البيانات والمواد والطرق	
20	الجزء الأول : التحليل المورفومتري
20	مقدمة
20	1.1.11.11. التحليل المورفومتري داخل منطقة الدراسة
20	1.1.1.11.11. حساب المعاملات المورفومترية الشكلية
20	1.1.1.1.11.11. معلمات الهندسة
20	1.1.1.1.1.11.11. مساحة الحوض (A)
20	2.1.1.1.1.11.11. محيط الحوض (P)
20	2.1.1.1.1.11.11. فهرس الشكل (Kc)
21	3.1.1.1.1.11.11. طول المستطيل المكافئ للحوض (Lr)
21	4.1.1.1.1.11.11. عرض المستطيل المكافئ للحوض (l)
21	5.1.1.1.1.11.11. طول الحوض (Lrb)
21	6.1.1.1.1.11.11. نسبة المطابقة (RF)
21	7.1.1.1.1.11.11. معامل الشكل (Ff)
22	8.1.1.1.1.11.11. نسبة معامل الشكل (Sf)
22	9.1.1.1.1.11.11. المحيط النسبي (Rp)
22	10.1.1.1.1.11.11. علاقة الطول مع مساحة (Lar)
22	11.1.1.1.1.11.11. معامل التكور (Rce)
22	12.1.1.1.1.11.11. متوسط عرض الحوض (Wb)
22	13.1.1.1.1.11.11. نسبة الاستطالة (Re)
23	14.1.1.1.1.11.11. نسبة الاستدارة (Rc)
23	15.1.1.1.1.11.11. الإحداثيات الديكارتية (X,Y)
23	16.1.1.1.1.11.11. متوسط عرض الحوض (Ap)
24	2.1.11. الخصائص الهيدروغرافية
24	1.2.1.11. تحليلات الخصائص النسيجية
24	1.1.2.1.11. أعداد وأطوال الأودية النهرية
24	2.1.2.1.11. قانون أطوال التيار
24	3.1.2.1.11. درجة التفرع (D°r)
24	4.1.2.1.11. نسبة التشعب (Rb)

25	5.1.2.1.III كثافة الصرف (Dd)
25	6.1.2.1.III نسيج الصرف (Dt)
25	7.1.2.1.III تردد التدفق (Fs) (Fréquence du flux)
25	8.1.2.1.III ثابت صيانة القناة (Ccm)
26	9.1.2.1.III عدد الترشيح (Ifn)
26	10.1.2.1.III كثافة الصرف (Di)
26	11.1.2.1.III متوسط طول التدفق البري (Lg)
26	12.1.2.1.III وقت التركيز (Tc)
26	13.1.2.1.III سرعة تدفق المياه (Vc)
26	14.1.2.1.III تردد كثافة النهر (Dr)
26	15.1.2.1.III متوسط امتداد الجريان السطحي (Em)
26	16.1.2.1.III سرعة الجريان السطحي (Vr)
27	3.1.III خصائص التضاريس
27	1.3.1.III خصائص الارتفاعات
27	1.1.3.1.III متوسط الارتفاع (Hmoy)
27	2.1.3.1.III ارتفاع H5% و H95%
27	3.1.3.1.III متوسط الارتفاع (/H50)
28	4.1.3.1.III الانخفاض البسيط (D)
28	2.3.1.III مؤشرات الانحدار
28	1.2.3.1.III متوسط الانحدار (Im)
28	2.2.3.1.III مؤشر روش (Ip)
28	3.2.3.1.III مؤشر المنحدر الأقصى (Ig)
29	4.2.3.1.III فرق الارتفاع المحدد (Ds)
29	4.1.III انحدار الحوض
29	1.4.1.III إجمالي إنحدار الحوض (H)
29	2.4.1.III نسبة الانحدار Rhl
30	3.4.1.III نسبة الانحدار النسبية Rhp
30	4.4.1.III نسبة التدرج (Rg)
30	5.4.1.III قسوة عدد (Rn)
30	6.4.1.III رقم Melton للمتانة (MRn)
30	7.4.1.III متوسط منحدر النهر الرئيسي (Sm)
30	8.4.1.III متوسط ارتفاع النهر الرئيسي (Hmr)
31	الجزء الثاني: الجفاف
31	1.1.III تعريف

31	2.11.111. أنواع الجفاف
32	1.2.11.111. جفاف الأرصاد الجوية
32	2.2.11.111. الجفاف الزراعي
32	3.2.11.111. الجفاف الهيدرولوجي
33	4.2.11.111. أخيراً، الجفاف الاجتماعي والاقتصادي
33	3.11.111. العلاقة بين فئات الجفاف المختلفة
34	4.11.111. خصائص الجفاف وشدته
35	5.11.111. تطوير مؤشرات الجفاف
36	1.5.11.111. عشر الهطول
37	2.5.11.111. الانحراف عن المؤشر المتوسط (m)
37	3.5.11.111. النسبة المئوية لمؤشر التهطل العادي (PNPI)
37	4.5.11.111. مؤشر عجز هطول الأمطار (مؤشر الانحراف عن المعدل الطبيعي) (En)
38	5.5.11.111. مؤشر شذوذ هطول الأمطار (RAI)
38	6.5.11.111. مؤشر الهطول القياسي (SPI)
39	7.5.11.111. مؤشرات الغطاء النباتي (NDVI)
40	الجزء الثالث: منطقة الدراسة
40	1.11.111. الموقع
41	2.11.111. بيانات التربة والمياه
41	1.2.11.111. بيانات Edaphic (نوع التربة)
41	2.2.11.111. بيانات المياه
41	3.11.111. زراعة الأراضي المنخفضة
41	1.3.11.111. الزراعة الجبلية
41	2.3.11.111. توزيع الأراضي
42	4.11.111. بيانات المناخ
42	1.4.11.111. الأمطار
43	2.4.11.111. الحرارة
43	3.4.11.111. الرياح
43	5.11.111. مخطط المناخ لـ أومبارجي
45	6.11.111. مخطط غاوسن الشامل للحرارة
46	الجزء الرابع: البيانات والمعطيات
46	1.11.111. البيانات و الأدوات
46	1.1.11.111. البيانات المناخية
46	2.1.11.111. بيانات الهيدرولوجية
48	2.11.111. الأدوات

48	1.2.IV.III. نظام المعلومات الجغرافية
48	2.2.IV.III. برامج التحاليل الإحصائية:
49	الجزء الخامس: طريقة العمل
49	1.V.III. المرحلة الأولى
50	2.V.III. المرحلة الثانية
50	3.V.III. المرحلة الثالثة
50	4.V.III. المرحلة الرابعة
49	5.V.III. المرحلة الخامسة
الفصل الرابع النتائج والمناقشة	
52	الجزء الأول: الأحواض النهرية
52	تمهيد
52	1.1.IV. السدود داخل المنطقة
53	2.1.IV. استخراج الأحواض النهرية
54	3.1.IV. تحديد رتب الأودية
55	4.1.IV. تحديد الأحواض النهرية
56	5.1.IV. تكوين التضاريس داخل الأحواض
57	الجزء الثاني: التحليل المورفومتري و جمع البيانات
57	1.1.IV. المعاملات المورفومترية
59	3.1.IV. الخصائص الهيدروغرافية
61	4.1.IV. الخصائص التضاريسية للحوض
63	5.1.IV. التنوع الجيولوجي (التربة)
65	6.1.IV. المناخ
66	الجزء الثالث: الجفاف الجوي
66	1.IV. الجفاف
66	1.1.IV. مؤشر هطول الأمطار المعياري SPI
67	2.1.IV. تحديد سنوات الجفاف و الرطوبة
67	السنوات العادية
68	سنوات الرطوبة
68	سنوات الجفاف
69	3.1.IV. تفسير
69	• فئة الرطب
70	• الفصول الجافة
70	4.1.IV. نتائج الجفاف
74	الجزء الرابع: التحليلات الإحصائية

74	ACP .1.IV.IV
74	1.1.IV.IV مصفوفة الارتباط
75	أولاً: المتغيرات
79	ثانياً: الأفراد
81	2.1.IV.IV الجفاف في الفضاء الرياضي متعدد المتغيرات وفق الطريقة الإحصائية ACP
81	1.2.1.IV.IV توزيع سنوات الجفاف
84	2.2.1.IV.IV توزيع سنوات الرطوبة
85	3.2.1.IV.IV التحليل
87	2.IV.IV الجفاف في الفضاء الرياضي متعدد المتغيرات وفق الطريقة الإحصائية ACC
89	1.2.IV.IV توزيع سنوات الجفاف
91	2.2.IV.IV توزيع سنوات الرطوبة
93	3.IV.IV المناقشة
95	استنتاجات
	خاتمة
	أهم التوصيات
	الإجابة على الأسئلة
	التحقق من الفرضيات
	أهم المشاكل و العراقيل
	قائمة المراجع
	الملاحق

قائمة الجداول

5	الجدول 1: كيفية الاختيار بين طريقتي المركبات الرئيسية البسيطة والمرجحة.
29	الجدول 2: تحديد نوع التضاريس وفق مؤشر المنحدر
29	الجدول 3: تحديد نوع التضاريس وفق مؤشر فرق الارتفاع
36	الجدول 4: تصنيف ظروف الجفاف حسب الأعشار
37	الجدول 5: فئات PNPI
38	الجدول 6: تصنيف شدة الجفاف بواسطة RAI
39	الجدول 7: تصنيف تسلسل الجفاف على أساس SPI
42	الجدول 8: تنوع المحاصيل المنتجة حسب المساحة
43	الجدول 9: متوسط هطول الأمطار الشهري (لمدة 38 سنوات)
43	الجدول 10: المتوسط الشهري لدرجة الحرارة (38 سنوات)
43	الجدول 11: متوسط الرياح الشهرية (لمدة 38 سنوات)
44	الجدول 12: درجات الحرارة الدنيا والقصى الشهرية ومتوسط هطول الأمطار السنوي والحاصل Q2 لكل محطة
45	الجدول 13: متوسط درجة الحرارة وهطول الأمطار (لمدة 38 سنوات)
49	الجدول 14: محطات هطول الأمطار المختارة داخل منطقة الدراسة
58	الجدول 15: بيانات التحليل المورفومتري للأحواض النهرية
60	الجدول 16: بيانات الخصائص الهيدروغرافية للأحواض النهرية
62	الجدول 17: بيانات خصائص التضاريس للأحواض النهرية
64	الجدول 18: بيانات نسب الحقب الجيولوجية داخل الأحواض النهرية.
65	الجدول 19: البيانات المناخية لكل من المحطات 13 داخل الأحواض النهرية
67	الجدول 20: التوزيع السنوي للمؤشر SPI
68	الجدول 21: السنوات العادية والرطبة والجافة لكل محطة
70	الجدول 22: معدل السنوات الجافة والسنوات الرطبة لكل محطة على مدى 39 سنة
75	الجدول 23: بيانات إحدائيات العوامل للمتغيرات
76	الجدول 24: توزيع المتغيرات على العامل الأول F1
77	الجدول 25: توزيع المتغيرات على العامل الثاني F2
79	الجدول 26: الإحدائيات العملية للمؤشرات الأفراد
79	جدول 27: توزيع الأفراد الموجبة والسالبة على العامل F1
80	جدول 28: توزيع الأفراد الموجبة والسالبة على العامل F2
81	الجدول 29: الإحدائيات العملية للمؤشرات الأفراد وقيم SPI .
86	جدول 30: علاقات الأفراد بالمتغيرات على المحور الأول
86	الجدول 31: علاقة الأفراد بالمتغيرات على المحور الثاني
88	الجدول 32: قيم المتغيرات للفوج الأول والثاني و الأفراد على العوامل F 1 و F 2

قائمة الصور والأشكال

12	الشكل 1: المسافة بين نقطتين في المساحة الجغرافية
13	الشكل 2: معلمات الفاريوجرام
14	شكل 3: مكافئ (parabolique)
14	الشكل 4: الخطي: $\gamma (h)$
14	الشكل 5: الانقطاع عند الأصل
14	الشكل 6: تأثير الكتلة الصلبة الصافية
16	الشكل 7: مختلف أنواع سلوك الفاريوجرام
16	الشكل 8: variogramme محدودة
16	الشكل 9: variogramme غير محدود
17	الشكل 10 : Anisotropie géométrique géométrique
17	الشكل 11: anisotropie zonale
27	الشكل 12: منحني هيبسومتري لتمثيل الارتفاعات
34	الشكل 13: التسلسل العام لحدوث الجفاف
35	الشكل 14: رسم بياني يوضح تعريف وخصائص أحداث الجفاف: البداية، والنهاية، والمدة، والشدة، والحجم، والخطورة
40	الشكل 15: الموقع الجغرافي لمنطقة عين الدفلى
42	الشكل 16: متوسط هطول الأمطار الشهري لكل سنة لفترة الممتدة من 1981 إلى 2019 (مم)
44	الشكل 17: نقطة الإسقاط لولاية عين الدفلى في مخطط المناخ لـ Emberger.
45	الشكل 18: رسم بياني (Diagramme Ombrothermique Gausson) من 1981 إلى 2019 لولاية عين الدفلى
47	الشكل 19: مخطط لحساب البيانات المورفومترية وخصائص التضاريس
52	الشكل 20: الشبكات الهيدروغرافية و السدود داخل منطقة عين الدفلى
53	الشكل 21: مراحل تحديد الأحواض النهرية داخل برنامج Arc Map
54	الشكل 22: تحديد رتب الأودية داخل الأحواض النهرية
55	الشكل 23: تحديد الأحواض النهرية داخل منطقة عين الدفلى
56	الشكل 24: تنوع التضاريس داخل الأحواض النهرية 13.
63	الشكل 25: التوزيع الجيولوجي داخل الأحواض النهرية
66	الشكل 26: تصنيف قيم SPI خلال فترة 38 سنة داخل الأحواض النهرية
69	الشكل 27: تردد الفصل لجميع السجلات
71	الشكل 28: معدل التوزيع السنوي للأمطار لجميع محطات منطقة الدراسة خلال 38 سنة.
71	الشكل 29: معدل التوزيع السنوي لمؤشر المطر القياسي SPI لجميع محطات منطقة الدراسة خلال السنوات من 2019-1981
72	الشكل 30: التوزيع المكاني لهطول الأمطار على منطقة الدراسة خلال فترة 38 سنة (2019-1981)

73	الشكل 31: خريطة التوزيع المكاني لمؤشر الهطول القياسي (SPI) لكل عام في الفترة 1981-2019
74	الشكل 32: منحني النسب المئوية للعوامل
78	الشكل 33: توزيع المتغيرات داخل الدائرة النسبة للعاملين F1 و F2
80	الشكل 34: توزيع الأفراد داخل تقاطع العاملين F1 و F2
82	الشكل 35: تركيبة تغير Semi- variogramme خلال السنوات الجافة
83	الشكل 36: توزيع الأفراد داخل الفضاء الرياضي المتعدد المتغيرات للسنوات الجفاف وفق مؤشر SPI
84	الشكل 37: تركيبة تغير Semi- variogramme خلال السنوات الرطبة
84	الشكل 38: توزيع الأفراد داخل الفضاء الرياضي المتعدد المتغيرات للسنوات الرطبة وفق مؤشر SPI
87	الشكل 39: توزيع الأفراد (المحطات) و المتغيرات (الفوج الأول والثاني) على المحورين Axis 1 و Axis 2
89	الشكل 40: تركيبة تغير Semi- variogramme خلال السنوات الجافة
90	الشكل 41: توزيع الأفراد داخل الفضاء الرياضي المتعدد المتغيرات بطريقة ACC للسنوات الجفاف وفق مؤشر SPI
91	الشكل 42: تركيبة تغير Semi- variogramme خلال السنوات الرطبة
91	الشكل 43: توزيع الأفراد داخل الفضاء الرياضي المتعدد المتغيرات بطريقة ACC للسنوات الرطبة وفق مؤشر SPI

قائمة الملاحق

الملحق رقم 1: حساب وتصنيف المؤشر المعياري للهطول
الملحق رقم 2: تأكيد البيانات ونسبة الخطأ لكل المحطات خلال سنوات الجفاف و الرطبة حسب طريقة ACP
ملحق رقم 3: تأكيد البيانات ونسبة الخطأ لكل المحطات خلال سنوات الجفاف و الرطبة حسب طريقة ACC

قائمة الاختصارات

AEP : Alimentation en eau potable.
ANDI : Agence Nationale de développement de l'Investissement.
ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydriques.
DSA : Direction de Service Agricole.
ACC : Analyse de corrélation canonique
ACP : Analyse en composantes principales
BV : Bassin versant
F1 : العامل الأول
F2 : العامل الثاني
FAO : Organisation Mondiale de l'Alimentation et l'Agriculture.
Km : kilomètre
MJ/m²/jour : Milli joule par mètre cube par jour.
DEM : Digital Elévation Model
SRTM : Shuttle Radar Topography Mission
(GIS) : نظام المعلومات الجغرافية

قائمة المصطلحات العلمية

الرمز	الاسم بالفرنسية	الاسم بالعربية
	DONNEE CLIMATIQUES	البيانات المناخية
aet	Évapotranspiration réelle, dérivée à l'aide d'un modèle unidimensionnel de bilan hydrique du sol	التبخّر الفعلي ، المشتق باستخدام نموذج أحادي البعد حصيلة المياه في التربة
def	Déficit hydrique climatique, dérivé à l'aide d'un modèle unidimensionnel de bilan hydrique du sol	عجز المياه في المناخ ، المشتق باستخدام نموذج حصيلة مياه التربة أحادي البعد
pdsi	Indice de sévérité de la sécheresse de Palmer	مؤشر بالمر لشدة الجفاف
pet	Évapotranspiration de référence (ASCE Penman-Montieth)	التبخّر النتحي المرجعي (ASCE Penman-Montieth)
pr	Accumulation de précipitations	تجمع الأمطار
re	Ruissellement, dérivé à l'aide d'un modèle unidimensionnel de bilan hydrique du sol	الجريان السطحي ، المشتق باستخدام نموذج توازن مياه التربة أحادي البعد
soil	Humidité du sol, dérivée à l'aide d'un modèle unidimensionnel de bilan hydrique du sol	رطوبة التربة ، مشتقة باستخدام نموذج أحادي البعد لتوازن مياه التربة
srad	Rayonnement à ondes courtes de surface vers le bas	إشعاع الموجة القصيرة السطحي النازل
swe	Équivalent en eau de la neige, dérivé à l'aide d'un modèle unidimensionnel de bilan hydrique du sol	مكافئ مياه الثلج ، مشتق باستخدام نموذج أحادي البعد لتوازن مياه التربة
tmmn	Température minimale	درجة الحرارة الدنيا
tmmx	Température maximale	درجة الحرارة القصوى
Tmm	Maximum moyenne	متوسط الحد الأقصى للحرارة
vap	La pression de vapeur	ضغط البخار
vpd	Déficit de pression de vapeur	عجز ضغط البخار
vs	Vitesse du vent à 10m	سرعة الرياح عند 10 م
	Analyse morphométrique	التحليل المورفومتري
	Calcul des coefficients morphométriques	حساب المعاملات المورفومترية
	Paramètres de géométrie	معلمات الهندسة
A	Surface du Bassin	مساحة الحوض
P	Périmètre du bassin	محيط الحوض
Kc	indice du Forme	فهرس الشكل
Lr	Longueur équivalente du rectangle	طول المستطيل المكافئ للحوض
l	Largeur équivalente rectangle	عرض المستطيل المكافئ للحوض

Lrp	Longueur Bassin	طول الحوض
Rf	Rapport de forme physique	نسبة المطابقة
Ff	Facteur de forme	معامل الشكل
Sf	Rapport de facteur de forme	نسبة معامل الشكل
Rp	Périmètre relatif	المحيط النسبي
Lar	Relation de surface de longueur	علاقة الطول مع مساحة
Rce	Coefficient de rotondité	معامل التكور
Wb	Largeur moyenne du bassin	متوسط عرض الحوض
Re	Rapport d'allongement	نسبة الاستطالة
Rc	Rapport de circularité	نسبة الاستدارة
X Y	Coordonnées cartésiennes	الإحداثيات الديكارتية
Ap	largeur moyenne du bassin	متوسط عرض الحوض
	Caractéristiques hydrographiques	الخصائص الهيدروغرافية
	Paramètres du réseau de drainage	تحليلات الخصائص النسيجية
Nu	Nombres et longueurs de Stream Order	أعداد وأطوال ترتيب التدفق
Lu	Loi des longueurs de cours d'eau	قانون أطوال التيار
Dr	Degré de ramification	درجة التفرع
Rb	Rapport de bifurcation	نسبة التشعب
Dd	Densité de drainage	كثافة الصرف
Dt	Texture de drainage	نسيج الصرف
Fs	Constante de maintien du canal	تردد التدفق
Ifn	Numéro d'infiltration	عدد الترشيح
Di	Intensité de drainage	كثافة الصرف
Lg	Longueur moyenne du ruissellement	متوسط طول التدفق البري
Tc	Temps de concentration	وقت التركيز
Vc	Vitesse d'écoulement de l'eau	سرعة تدفق المياه
Dr	Fréquence de la densité de la rivière	تردد كثافة النهر
Em	Extension moyenne du ruissellement de surface	متوسط امتداد الجريان السطحي
Vr	Vitesse de ruissellement	سرعة الجريان السطحي
	Caractéristiques du relief	خصائص التضاريس
	Caractéristiques hypsométrie	خصائص الارتفاعات
Hmoy	Altitude moyenne	متوسط الارتفاع
H50	Altitude médiane	متوسط الارتفاع
Ds	différence de hauteur	الانخفاض البسيط

	index de pente	مؤشرات الانحدار
Im	pente moyenne	متوسط الانحدار
Ip	index de roche	مؤشر روش
Ig	Global Pente	مؤشر المنحدر الاقصى
Ds	Différence de hauteur spécifique	فرق الارتفاع المحدد
	Relief du bassin	انحدار الحوض
H	Relief total du bassin	إجمالي إنحدار الحوض
Rhl	Rapport de relief	نسبة الانحدار
Rhp	Rapport de relief relatif	نسبة الانحدار النسبية
Rg	Rapport de gradient	نسبة التدرج
Rn	Nombre de robustesse	قسوة عدد
MRn		رقم Melton للمتانة
Sm	Pente moyenne du fleuve principal	متوسط منحدر النهر الرئيسي
Hmr	Hauteur moyenne de la rivière principale	متوسط ارتفاع النهر الرئيسي
D	Déciles de précipitations	عشر الهطول
IM	L'écart à l'indice moyen	الانحراف عن المؤشر المتوسط
IP	Pourcentage de l'indice normal des précipitations	النسبة المئوية لمؤشر الهطول العادي
EM	Indice de déficit pluviométrique	مؤشر عجز هطول الأمطار
	Méthode des écarts types	طريقة الانحراف المعياري
RAI	indice d'anomalie des précipitations	مؤشر شذوذ هطول الأمطار
SPI	Indice standard de précipitations	مؤشر الهطول القياسي
NDVI	Indices de végétation	مؤشرات الغطاء النباتي
	DONNEE GEOLOGIQUE	بيانات الجيولوجية
J	Jurassic	اسم الحقبة الجيولوجية
K	Cretaceous	//
Kl	Lower Cretaceous	//
Pi	Paleozoic Igneous	//
Q	Quaternary (undivided)	//
T	Tertiary	//
Tr	Triassic	//
	DONNEE GEOSTATISTIQUES	بيانات جيواحصائية
	Independent	بالمستقلة
	Dépendent	بالمعتمدة
	Unité expérimentale	الوحدة التجريبية

Variable - techniques dirigées	أساليب تحكم المتغيرات
Variabes de réponse	متغيرات الاستجابة
Matrices de corrélation	مصفوفات معامل الارتباط
Analyse en composantes principales.	تحليل المركبات الرئيسية
Analyse factorielle	التحليل العاملي
Analyse de corrélation canonique	تحليل الارتباط القويم (ارتباط المجاميع)
Techniques individuelles dirigées	أساليب التحكم الشخصي
Analyse discriminante	التحليل المميز
L'analyse par grappes	التحليل العنقودي
Analyse multivariée de la variance (MANOVA	تحليل التباين المتعدد
Variance – Matrice de covariance	مصفوفة التباين-التباين المشترك
Matrice de corrélation	مصفوفة الارتباط
Corrélation multiple	الارتباط المتعدد
Matrice d'identité	مصفوفة الوحدة
(géographie)	الجغرافيا
(géostatistique)	والإحصاء الجيولوجي
(géographie et géostatistique)	الإحصائية الجيوإحصائية
(tationnarité)	افتراض الثبات
(tationnarité d'ordre 1)	الثبات من الدرجة الأولى
(tationnarité d'ordre 2)	الثبات من الدرجة الثانية
(krigeage simple)	كريجاج البسيط
krigeage ordinaire)	كريجاج العادي
(krigeage universel)	كريجاج العالمي
courbes de niveau	خطوط الكنتورية

المقدمة العامة

يصنف الجفاف من بين أهم الكوارث الطبيعية من حيث التكلفة والعشوائية و الشمولية العالمية [1,2,3,4]. ومع ذلك ، فهو يختلف عن الكوارث الأخرى من نواح عديدة.

أولاً: من الصعب التنبؤ ببداية ونهاية الجفاف، لذلك غالباً ما يعرف الجفاف باسم "ظاهرة زاحفة" [5,6].
ثانياً: مدى انتشار الجفاف كبير ويتسم بفترات طويلة [7,8]. وبالتالي من الصعب تحديد آثار الجفاف [4].
ثالثاً: تشير بعض الدراسات إلى أن النشاط البشري له علاقة بالجفاف (الزراعة المكثفة، والري المفرط، والرعي الجائر، وحرق الغابات، واستنزاف الموارد المائية) مما يجعل الأرض تفقد قدرتها على تخزين المياه [9].

بناء على الدراسات التاريخية والمناخية القديمة (علم النبات ، علم الحفريات ، إلخ) ، وجد أن الجفاف يعتبر ظاهرة متكررة في إفريقيا منذ العصور القديمة ، وهو أمر غير متوقع ويستمر لسنوات عديدة. لذلك، فهي ليست ظاهرة مؤقتة [10]. وفقاً لـ [11]، فإن إفريقيا هي أكبر قارة معرضة للجفاف، وشعبها هم أقل فهماً لهذه الظاهرة.

حيث أثر الجفاف على 50٪ من عدد 2.3 مليار شخص عانوا من جميع الكوارث الطبيعية في ربع القرن من عام 1967، ولم يستثنى الجفاف البلدان النامية والصناعية. ومع ذلك، فإن نسبة التأثير قد تكون شديدة في البلدان المتخلفة. حسب تصريح [2] أن ما يقرب من 1.3 مليار شخص من أصل 3.5 مليار ماتوا لأسباب مباشرة وغير مباشرة من الجفاف. لذلك أصبح ما يقارب نصف الأماكن الأكثر اكتظاظاً بالسكان في العالم معرضة للجفاف الشديد، والأهم من ذلك، أن جميع الأراضي الزراعية موجودة هناك [14]. و زادت منطقة الجفاف شساعة، حيث عانت الجزائر بأكملها من جفاف حاد ومستمر مثل بقية العالم، تميز بنقص كبير في هطول الأمطار [13,14].

تزايد عدد حالات الجفاف المسجلة في البلاد ، مما أدى إلى التدهور التدريجي لموارد المياه المختلفة. نتيجة لذلك ، تعاني الجزائر بشكل كبير من إمكانات المياه ، حيث سجل أقل من المعدل المحدد البالغ 1000 متر مكعب للفرد في السنة [15]. وقد اعتمدت بعض المدن على توزيع المياه كل يومين لسد النقص والحفاظ على احتياطي مائي قدر الإمكان. و صار الطلب على المياه بتزايد مستمر، خاصة القطاع الزراعي الذي يحتل النسبة الأكبر بنسبة 87٪ من الإمكانيات المتاحة، و 13٪ للشرب، و 5٪ للصناعة [16].

أهمية البحث

تعاني الجزائر منذ عقود من جفاف مناخي متزايد يتجلى في نقص شديد في إمدادات الأمطار مقارنة بالطلب على المياه الذي يزداد من سنة إلى أخرى ، مما يشكل عاملاً معيقاً لأي تنمية ، لا سيما في مجال الغذاء ومياه الشرب والزراعة من أجل عدد السكان المتزايد. في هذا السياق يتم إجراء هذا البحث لفهم هذه الظاهرة والتنبؤ بها باستخدام نماذج عشوائية مقترنة بنهج متعدد المتغيرات من أجل تنفيذ التوزيع المكاني لمؤشرات هذا الجفاف.

يتم إجراء مثل هذه المساحات المكانية تقليدياً في مساحة جغرافية تسمح فقط باستيفاء معامل واحد ، بينما في هذه الدراسة يتم استبدال المساحة الجغرافية بمساحة رياضية متعددة المتغيرات مما يسمح بدمج العديد من المعاملات كالمعاملات (بيانات) المناخية والفيزيوجرافية لمستجمعات المياه التي يمكن أن تسهم في ظهور هذه الظاهرة. النموذج العشوائي الذي تم الاحتفاظ به هو النهج الجغرافي الإحصائي الذي يتكون من المتغيرات (variographie) المتضمنة في هذه الدراسة من أجل استيفائها عن طريق krigage بعد إنشاء مساحة متعامدة من خلال الجمع بين المتغيرات الفيزيوجرافية والمناخية لـ BVs عن طريق تحليل المكون الرئيسي (ACP) و / أو تحليل الارتباط القويم (ACC) للاستخدام في الاستيفاء krigage.

وصف أهداف البحث

الغرض الرئيسي من هذا البحث هو استيفاء الجفاف (في هذه الحالة ، مؤشرات الجفاف على وجه الخصوص المعترف بها من قبل المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (SPI) (أو / و) المعايير المناخية من خلال نهج إحصائي جيواحصائي الذي يتشكل في متغيرات متعددة لمساحة رياضية ناتجة عن تحليل المكونات الرئيسية (ACP) وتحليل الارتباط القويم (ACC) بدلا من مساحة جغرافية. يتكون النهج في بناء مساحة متعامدة من خلال الجمع بين المتغيرات الفيزيوجرافية والمناخية لمؤشرات BV من خلال تحليل المكون الرئيسي (ACP) و / أو عن طريق تحليل الارتباط القويم (ACC) من أجل استخدامها في الاستيفاء Krigage.

الغرض من هذا العمل هو رسم خريطة توزيع مؤشرات الجفاف وبالتالي تحديد المناطق بدرجات مختلفة من المخاطر التي تشكل إحداثياتها مكونات ACP و / أو ACC التي هي عبارة عن مجموعات من جميع العوامل المناخية والأوروغرافية للأحواض و منحدرات مما يسمح فهم أفضل لظاهرة الجفاف في سياقها المعقد والمتنوع.

الهدف الآخر لهذه الدراسة هو تحديد وتوصيف المعاملات (بيانات) الفيزيوجرافية من خلال أدوات نظام المعلومات الجغرافية (GIS) باستخدام المراجع الجغرافية عبر الإنترنت لتحديد مستجمعات المياه في منطقة الدراسة بدقة تامة.

الأساس المنطقي لاختيار الموضوع

ليست هناك حاجة لإظهار التأثير السلبي للجفاف المناخي على إمدادات مياه الشرب ، على الزراعة وحتى على الأنشطة الاقتصادية الأخرى في بلدنا. إن اختيار هذا الموضوع يمليه الدور الضار الذي يلعبه الجفاف في إعاقة أي تنمية ، خاصة فيما يتعلق بالزراعة وتغذية الإنسان. كل الاهتمام يتركز على المعايير التي يمكن أن تسهم في نشأة هذا الجفاف والطرق التي يتم من خلالها دراسة هذه المعايير. يتم الجمع بين نهجين مع الجانب الرياضي متعدد المتغيرات و الجانب الجيواحصائي من أجل الجمع بين هذه المعاملات وإضفاء الطابع الإقليمي عليها داخل خرائط رقمية مع الدقة المخطط لها.

وصف المشكلة

الجفاف ظاهرة معقدة للغاية ، وغالبا ما تتم دراستها من خلال تضمين واحد أو اثنين من العوامل المناخية ، وهما المطر ودرجة الحرارة. استخدمت بعض الدراسات التي حاولت دراسة الجفاف في سياق متعدد المتغيرات العديد من مناهج الانحدار الخطي ، وهو شكل من أشكال النمذجة الرياضية المعروفة بحدودها.

في هذه الدراسة، نحاول الجمع بين نموذج عشوائي مع نموذج محدد من أجل رسم خريطة للجفاف في فضاء متعدد المتغيرات.

سيسمح لنا ذلك بتفسير الجفاف مع الأخذ في الاعتبار كل من المعاملات (بيانات) المناخية وكذلك الخصائص الفيزيوجرافية لمستجمعات المياه. سيسمح لنا ذلك بالنظر في تضمين مكونات الجيومورفولوجيا جنبا إلى جنب مع المعاملات (بيانات) المناخية لشرح نشأة الجفاف.

الأسئلة الرئيسية

هل يمكننا تضمين دور مكونات الجيومورفولوجيا في نشأة الجفاف؟

إذا كان الأمر كذلك ، فهل يمكننا تعيين مكوناته مع مكونات المناخ في فضاء رياضي متعدد المتغيرات؟

ما مدى دقة استيفاء مؤشرات الجفاف في الفضاء الرياضي متعدد المتغيرات؟

الأسئلة ثانوية

هل يفضي رسم خرائط العوامل إلى تحديد مناطق خطر الجفاف؟

هل رسم الخرائط في الفضاء الرياضي دقيق مثل رسم الخرائط مع الإحداثيات الجغرافية؟

كيف يمكن لأداة GIS المساهمة في دقة هذا الاستيفاء؟

الفرضيات

هل يشير التوزيع المكاني للجفاف من خلال مؤشرات على المنطقة إلى تأثير علم الجبال أكثر من تأثير المناخ في المناطق الشمالية منه في الجنوب أو العكس!؟

هل دقة الأقلمة في فضاء متعدد المتغيرات بدلا من مساحة جغرافية تفسر بشكل أفضل ظاهرة الجفاف؟ سبب اختيار منطقة الدراسة عين الدفلى

هناك عدة أسباب على أساسها تم اختيار المنطقة:

- المنطقة ذات طابع فلاحي ومعظم نشاطها يعتمد على مياه الأمطار لذلك أي وجود للجفاف يؤدي إلى تضرر المنطقة.

- بالنسبة للعامل الهيدروغرافي فالمنطقة ذات طبيعة مختلفة جبال و أراضي مستوية و الوديان و الهضاب.....الخ، لذلك وقع الاختيار على المنطقة لاستيفاء شرط الهيدروغرافيا الذي وجب استحضاره من أجل المباشرة في الدراسة.

- المنطقة تقع في أهم مكان يتواجد به الجفاف في الشمال الغربي من الجزائر وهذا ما أكده وصرح به معظم الباحثين في دراساتهم ونتائجهم التي خصت الجزائر.

- تم اختيار المنطقة من أجل معرفة التوزيع المكاني للجفاف في المساحات الصغيرة.

مخطط كتابة هذه المذكرة

من أجل كتابة هذه المذكرة تم تقسيمها إلى أربعة فصول: فصلين حول الإطار النظري و فصلين في الإطار التطبيقي. تم الاعتماد على هذا الهيكل التنظيمي في الكتابة من أول تسجيل وتم احترامه وفق ما تم التخطيط له في بداية المشوار.

***في الإطار النظري**

الفصل الأول:

يعالج الإحصاء متعدد المتغيرات، وتم تقسيم هذا الفصل إلى جزأين.

الجزء الأول: يتحدث عن الإحصاء المتعدد المتغيرات و طريقة الإحصاء (المركبات الرئيسية) ACP.

الجزء الثاني: يشير إلى طريقة تحليل الارتباط القويم ACC.

الفصل الثاني:

تطرقنا فيه إلى الإحصاء الجغرافي، وهو بدوره شرح جزأين،

الجزء الأول: تحدث عن تعريف الإحصاء الجغرافي و عن الفاريوجرام وأنواعه.

الجزء الثاني: يحتوي على طريقة krigage و أنواعه.

*** في الإطار التطبيقي:** جميع الفصول في هذا الجزء تم وضعها في هذا الموقع وهذا لأنها معلومات حسابية وبيانات، و أيضا كان السبب يعود من أجل جعلها أقرب إلى مرحلة عرض النتائج و التحليلات و المناقشة.

الفصل الثالث:

يتضمن البيانات و المواد والطرق، و تم فيه التطرق إلى خمس أجزاء.

الجزء الأول: تم شرحه وفق أربع نقاط.

1- التحليل المورفومتري وأهم القوانين الحسابية.

2- الخصائص الهيدروغرافية مع بعض قوانين وطرق الحساب الشائعة.

3- خصائص التضاريس وأهم القوانين.

4- انحدار الحوض وقوانين الحساب.

الجزء الثاني: شرح الجفاف و أنواعه و أهم مؤشرات قياسه. تم إدراج الجفاف في هذا الفصل رغم أنه لب الموضوع لأننا قمنا باعتباره من البيانات الحسابية التي يجب حسابها و كذلك حساب مؤشرات.

الجزء الثالث: التطرق إلى منطقة الدراسة و تعريفها وأهم الخصائص المناخية و الجغرافية.....الخ.

الجزء الرابع: يشير إلى البيانات وطرق المتبعة لإجراء هذا البحث وطريقة الحصول على البيانات حيث تطرقنا إلى:

1- البيانات المناخية و طرق الحصول عليها.

2- البيانات الهيدرولوجية.

3- الأدوات المستخدمة في البحث مثل:

- أنظمة الاستشعار عن بعد و الرصد الجوي.

- برامج الإحصاء والتحليل.

الجزء الخامس: طريقة العمل.

الفصل الرابع والأخير:

تم الحديث فيه عن النتائج و المناقشة والتفسيرات، بحيث تم سرد النتائج وفق مراحل كانت عن:

1- الأحوال الهيدروغرافية .

2- التحليل المورفومتري.

3- الخصائص الهيدروغرافية

4- الخصائص التضاريسية للحوض.

5- المناخ والبيانات.

6- حساب الجفاف وفق مؤشر SPI.

7- تمثيل الجفاف وفق الطرق الإحصائية ACP و ACC.

8- التحليلات الإحصائية وفق طريقة ACP و ACC وشرح النتائج في الفضاء الرياضي متعدد المتغيرات.

أهم الانجازات:

* تم إنجاز بحثين مزامنة مع إنجاز هذه المذكرة، كان البحثين يندرجان ضمن مجلات مصنفة في قاعدة

بيانات سكوبس SCOPUS :

1- البحث الأول : كان حول "دراسة الجفاف في ظل تغير المناخ في منطقة عين الدفلى (الجزائر)"

EDDINE, A. A., BLEL, A., & ISLEM, B. M. (2022). Study of Meteorological Drought Under

DOI:(Climate Change in Ain Defla Region (Algeria). *台灣水利*, 70(4), 9-21.

[10.6937/TWC.202212_70\(4\).0002](https://doi.org/10.6937/TWC.202212_70(4).0002)

<https://www.airitilibrary.com/Publication/alDetailedMesh?docid=P20220602001-N202302140010-00002>

اسم المجلة: *Taiwan Water Conservancy*

2- البحث الثاني: حول "تحديد آثار تغير المناخ على الأنماط المكانية والزمنية للجفاف الجوي باستخدام

SPI: دراسة حالة في عين الدفلى ، الجزائر" (Attou, A. E., Azouzi, B., & Bouacha, M. I. (2022).

Determining the impacts of climate change on Spatio-temporal patterns of meteorological

drought using SPI: A case study of Ain Defla, Algeria. *Journal of Environmental*

<https://doi.org/10.14232/jengeo-2022-44283> (*Geography*, 15(1-4), 38-47.

اسم المجلة: *Journal of Environmental Geography*

3- تم فتح قناة على اليوتيوب تشرح جميع البرامج والطرق التي تم استخدامها في هذه المذكرة

https://youtube.com/channel/UCp_uVvd5My3OQbMwyKK1GeQ

4- تم انجاز عدة برامج على Excel و ArcGis لتسريع عملية الحساب:

5- قمنا بتسجيل دورة تعليمية حول برنامج Arc Gis مقسمة إلى ثلاثة (03) مستويات متواجدة على قناتنا على يوتيوب.

6- موقع لتحميل البيانات المناخية:

<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

7- طريقة تحميل البيانات المناخية من موقع NASA

<https://www.youtube.com/watch?v=G-2V2Q9qaqo>

8- طريقة عمل وحساب البيانات المورفومترية داخل برنامجنا:

<https://youtu.be/CbXHxSuc6I8>.

9- برنامجنا داخل EXCEL من أجل حساب SPI:

<https://youtu.be/elrjcef10DE>

10- شرح وتحليل طريقة المركبات الرئيسية (ACP):

<https://youtu.be/xkSk3dU-DHs>

11- شرح وتحليل طريقة الارتباط القويم (ACC):

https://youtu.be/TKdhn4_e2vE

الفصل الأول

الإحصائيات متعددة المتغيرات

الفصل الأول: الإحصائيات متعددة المتغيرات

الجزء الأول

مقدمة عامة

يعد التحليل الإحصائي للبيانات التي تحتوي على متغيرات متعددة أمراً أساسياً في مجال الإحصاء متعدد المتغيرات. ونقصد بمتعدد المتغيرات " هو في حال وجود أكثر من متغير سواء فيما يتعلق بالمتغيرات التوضيحية (العوامل التوضيحية) (وتسمى بالمستقلة أحياناً)، أو متغيرات الاستجابة (وتسمى المعتمدة)". تستخدم الأساليب لفحص العلاقات بين هذه العوامل وفهم تأثيرها على النتائج، مثل: تحليل التباين المشترك، تحليل العوامل، تحليل الانحدار المتعدد، التحليل التمييزي وتحليل المراسلات. وهي طرق تستخدم بشكل متكرر في الإحصائيات متعددة المتغيرات. تستخدم هذه الأساليب لتحليل البيانات في مجالات مختلفة مثل الاقتصاد وأبحاث علوم الحياة وأبحاث العلوم الاجتماعية، وفي جميع تفرعات العلوم تقريباً. يتم جمع جميع البيانات من خلال الوحدة التجريبية ويتم تحليلها من طرف الباحثين وتصنف كونها بيانات متعددة المتغيرات. ونقصد بالوحدة التجريبية هي حالة أو عنصر يمكن قياسه أو تقييمه بطريقة ما^[17].

والبيانات متعددة المتغيرات تظهر هنا متى ما قام الباحث بقياس أو تقييم أكثر من خاصية أو سمة واحدة لكل وحدة تجريبية. وهذه الخواص أو السمات تسمى عادة بالمتغيرات من قبل الإحصائيين. بالإضافة إلى ذلك، تعد تقنيات التحليل متعددة المتغيرات ضرورية لأنها تساعد الباحثين في استخلاص استنتاجات حول مجموعات البيانات الضخمة والمتداخلة والمعقدة أحياناً والتي تحتوي على الكثير من المتغيرات المستمدة من الكثير من الوحدات التجريبية المختلفة. مع زيادة عدد الوحدات التجريبية أو عدد المتغيرات المستخرجة منها للتحليل، تصبح مناهج التحليل متعدد المتغيرات ذات أهمية وقيمة بشكل متزايد.

غالباً ما يهدف استخدام التحليل متعدد المتغيرات إلى تكثيف كمية هائلة من البيانات في مجموعة يمكن التحكم فيها من الملاحظات. لذا، فإن التبسيط هو الهدف الأساسي للجزء الأكبر من الأساليب متعددة المتغيرات.

في حال كانت هناك بيانات كبيرة من حيث البيانات المقاسة و عدد الوحدات التجريبية، تفرض الطرق الإحصائية العادية إضافة بعض الفرضيات ومن ثم جمع بعض البيانات، ومن ثم استخدامها لحساب الميل الاحتمالي بقبول هذه الفرضيات أو نفيها.

أما في حالة الشك في وجود معلومة ذات أهمية ضمن هذه البيانات تتدخل هنا أساليب التحليل متعدد المتغيرات لتصبح مفيدة في عملية استكشاف ضمن هذه البيانات للوصول إلى القناعة بأهمية المعلومات الموجودة ضمن هذه البيانات.^[18]

الفصل الأول: الإحصائيات متعددة المتغيرات

1.1.1. تصنيف طرق التحليل متعدد المتغيرات

الفئتان الرئيسيتان لطرق التحليل الإحصائي متعدد المتغيرات هما، من ناحية، ما يسمى بالطرق تحكم المتغيرات، ومن ناحية أخرى، ما يسمى طرق التحكم الشخصي:

1.1.1.1. أساليب تحكم المتغيرات :

وتشمل تلك التي تتعامل بشكل رئيسي مع العلاقات التي من الممكن ظهورها ضمن متغيرات الاستجابة التي يتم قياسها ومثال ذلك:

- التحليلات المعتمدة على مصفوفات معامل الارتباط.
- تحليل المركبات الرئيسية
- التحليل العاملي
- تحليل الارتباط القويم (ارتباط المجاميع)

2.1.1.1. أساليب التحكم الشخصي :

وتشمل تلك التي تتعامل بشكل رئيسي مع العلاقات التي من الممكن ظهورها ضمن الوحدات التجريبية و/أو الأشخاص الخاضعين للقياس. ومثال ذلك:

- التحليل المميز
- التحليل العنقودي
- تحليل التباين المتعدد

2.1.1. طريقة تحليل المركبات الرئيسية

أول من أثار مسألة طريقة تحليل المركبات الرئيسية كان كارل بيرسون (Carl Pearson) عام 1901 لأهميتها عند المتخصصين في مجال القياسات الحيوية. أعقب (Hotling) هوتلينج عام 1931 بوصف الأساليب العملية في هذا الجانب.

يستخدم في تحليل المركبات الرئيسية نهج رياضي يعتمد على تحويل مجموعة من المتغيرات التفسيرية المترابطة إلى مجموعة جديدة من المتغيرات غير المرتبطة أو متعامدة تسمى المكونات الرئيسية. تكون هذه المتغيرات مختزلة في جدول البيانات وهو مصفوفة من الدرجة $N * P$ تشير فيه الصفوف N إلى القياسات و P إلى المتغيرات^[19].

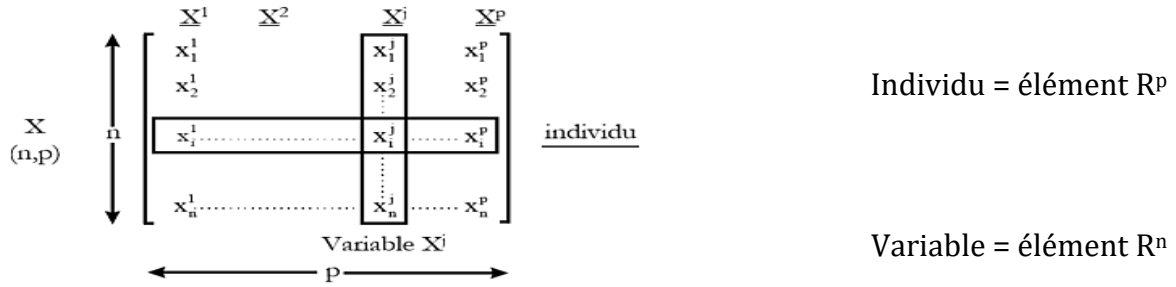
يمكن تنفيذ التحليل هذا باستخدام مصفوفة التباين-التباين المشترك أو مصفوفة الارتباط للمتغيرات التوضيحية.

و إن نوع المصفوفة المفضل استخدامها يعتمد في الغالب على طبيعة المتغيرات قيد التحليل. فإذا كانت هذه المتغيرات بوحدات متشابهة؛ يمكن استخدام مصفوفة (التباين-التباين المشترك). أما إذا كانت الحالة عكس ذلك فمن الأجدر اعتماد مصفوفة الارتباط^[17].

الفصل الأول: الإحصائيات متعددة المتغيرات

3.1.1. مصفوفة البيانات

إذا كان لدينا عدد n من المشاهدات لكل متغير من p من المتغيرات ($p > 1$) فإنه يمكن كتابة البيانات المتاحة لدينا كما يلي:



كما يمكن عرض البيانات في صورة تنظيم يرمز له X ويتكون من عدد p من الصفوف وعدد n من الأعمدة على الشكل التالي:

$$X = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1p} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{p1} & X_{p2} & \dots & X_{pp} \end{bmatrix}_{n \times p}$$

حيث $X = (X_1, X_2, \dots, X_p)$

1.3.1.1. مصفوفة التباينات والتباينات المشتركة:

في حالة المجتمع يرمز لهذه المصفوفة Σ حيث:

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \dots & \sigma_{1p} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \dots & \sigma_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{p1} & \sigma_{p2} & \dots & \sigma_{pp} \end{bmatrix}_{n \times p}$$

أما في حالة العينة فان هذه المصفوفة يرمز لها بالرمز (S) حيث أن:

$$S = \begin{bmatrix} V_{11} & V_{12} & \dots & V_{1p} \\ V_{21} & V_{22} & \dots & V_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ V_{p1} & V_{p2} & \dots & V_{pp} \end{bmatrix}_{n \times p}$$

حيث:

$$V_{ii} = \frac{S_{ii}}{n-1}; \quad V_{ij} = \frac{S_{ij}}{n-1}$$

$$S_{ii} = \sum X_i^2 - \frac{(\sum X_i)^2}{n}$$

$$- \frac{(\sum X_i)(\sum X_j)}{n} S_{ij} = \sum X_i X_j$$

الفصل الأول: الإحصائيات متعددة المتغيرات

ملاحظة: في حال كانت وحدات القياس التوضيحية متشابهة فيتم استخدام مصفوفة التباين-التباين المشترك وتكتب المصفوفة بالشكل :

$$S = \frac{1}{n} \hat{X}X - \bar{X}\bar{X}$$

$$S = \frac{1}{n} X_{n \times p}' H_{n \times p} X_{n \times p}$$

حيث: $H = (I - \frac{1}{n} \mathbf{1}\mathbf{1})$

2.3.1.1. مصفوفة الارتباط

تعرف هذه المصفوفة رياضيا بالشكل $R = (r_{ik})$ حيث $i = 1, 2, \dots, p$ و $k = 1, 2, \dots, p$ وهي من الدرجة $p \times p$ حيث (r_{ik}) تشير إلى معامل الارتباط البسيط بين المتغيرين X_k و X_i وتكتب على الشكل التالي:

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1p} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2p} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{p1} & r_{p2} & \dots & r_{pp} \end{bmatrix}_{n \times p}$$

و يمكن حساب معامل الارتباط (r_{ik}) كما يلي: $k = 1, 2, \dots, p$ و

$$r_{ik} = \frac{S_{ik}}{\sqrt{S_{ii}S_{kk}}} \quad i = 1, 2, \dots, p$$

حيث:

S_{ii} : هو قيمة التباين للمتغير i

S_{kk} : هو قيمة التباين للمتغير k

S_{ik} : هو قيمة التباين المشترك بين المتغيرين X_k و X_i

ملاحظة: في حال كانت وحدات القياس التوضيحية غير متشابهة فيتم استخدام مصفوفة الارتباط

4.1.1. طبيعة المركبات الرئيسية:

1.4.1.1. المركبات الرئيسية هي عبارة خطية من جميع المتغيرات التوضيحية X_1, X_2, \dots, X_p تحددتها

القيم a_i والتي ترتبط بالقيم الناتجة عن المصفوفات (التباين-التباين المشترك) أو مصفوفة الارتباط λ_i

وتكون عدد المركبات الرئيسية بنفس عدد متغيرات المستقلة ومعادلتها الرياضية هي :

$$PC_i = a_{i1}X_1 + a_{i2}X_2 + \dots + a_{ip}X_{1p}$$

$$i = 1, 2, \dots, p$$

تتم عملية الحساب حيث يمكن التعبير عن المركبات الرئيسية بصيغة المصفوفات:

الفصل الأول: الإحصائيات متعددة المتغيرات

$$\begin{bmatrix} PC_1 \\ PC_2 \\ \vdots \\ PC_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1p} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2p} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{p1} & a_{p2} & \dots & a_{pp} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_p \end{bmatrix} = A'X$$

يكون λ_i القيمة الأولى اكبر من باقي القيم حيث $\lambda_1 \lambda_2 \geq \lambda_3 \dots \dots \lambda_p$

2.4.1.1. مراحل الحساب

الجدول 1: كيفية الاختيار بين طريقتي المركبات الرئيسية البسيطة والمرجحة.

	ACP- normée	ACP-non normée
$S = \frac{\max S(x_j)}{\min S(x_j)}$	$S > 5$ الوحدات غير متجانسة	$S < 5$ الوحدات متجانسة
الشكل التربيعي للتباين الكلي. Forme quadratique d'inertie	نستخدم مصفوفة الارتباطات (R)	نستخدم مصفوفة التباين والتباين المشترك (V)
التباين الكلي inertie totale	$I = P = \text{Trace}(R)$ عدد المتغيرات	$I = \text{Trace}(V)$ مجموع البيانات

$S =$ مصفوفة التباين - التباين المشترك، $R =$ مصفوفة الارتباط

1.2.4.1.1. حساب قيمة الجذور λ_i من خلال مصفوفة المعادلة R

$$\Delta |R - \lambda I| = \begin{vmatrix} r_{11} - \lambda & r_{12} & \dots & r_{1p} \\ r_{21} & r_{22} - \lambda & \dots & r_{2p} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{p1} & r_{p2} & \dots & r_{pp} - \lambda \end{vmatrix} = 0$$

حيث Δ : هو محدد المصفوفة و $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \lambda_3 \dots \dots \lambda_p$

2.2.4.1.1. حساب المميز الأول a_1 الموافق لقيمة الجذور λ_1

$$(R - \lambda_1) \underline{a}_1 = 0$$

يتم اختيار قيم المميز الأول بحيث تتحقق المعادلة التالية:

$$\underline{a}'_1 \underline{a}_1 = 1$$

حيث يعتبر المتجه المميز القياسي بمثابة المتجه المميز الأول:

$$\underline{a}'_1 = \left[\frac{a_1}{\sqrt{\sum a_i^2}} \quad \frac{a_2}{\sqrt{\sum a_i^2}} \quad \dots \quad \frac{a_p}{\sqrt{\sum a_i^2}} \right]$$

$$= [a_{11} \quad a_{12} \quad \dots \quad a_{1p}]$$

وعليه تكون معادلة المركبة الرئيسية الأولى كالتالي:

$$PC_1 = a_{11} X_1 + a_{12} X_2 + \dots + a_{1p} X_p$$

تمتلك هذه المركبة اكبر نسبة تباين بالنسبة إلى المركبات الرئيسية، وان a_{11} ,

a_{12}, \dots, a_{1p} تمثل معاملات المركبة الرئيسية الأولى [20].

الفصل الأول: الإحصائيات متعددة المتغيرات

3.2.4.1.1. حساب المميز الثاني \underline{a}_2 الموافق لقيمة الجذور λ_2

$$(R - \lambda_2) \underline{a}_2 = 0$$

وتكتب معادلة المركب الرئيسي الثانية على النحو التالي :

$$PC_2 = a_{21} X_1 + a_{22} X_2 + \dots + a_{2p} X_p$$

تمتلك ثاني اكبر نسبة تباين وتحقق الشرطين

ملاحظة: يجب أن يكون PC_1 و PC_2 متعامدان وفق المعادلتين:

$$\underline{a}'_2 \underline{a}_2 = 1 \quad \underline{a}'_1 \underline{a}_1 = 0$$

4.2.4.1.1. نقوم بحساب قيمة المتجه المميز الثالث \underline{a}_3 بحث يحقق a_3 التعامد PC_1 و PC_2 وفق المعادلات التالية:

$$\underline{a}'_3 \underline{a}_3 = 1 \quad \underline{a}'_1 \underline{a}_3 = 0 \quad \underline{a}'_2 \underline{a}_3 = 0$$

ملاحظة: يتم حساب جميع المركبات الرئيسية الموجودة واحدة تلو الأخرى مع تحقيق شرط التعامد لكل قيمة جديدة مع سابقتها.

5.2.4.1.1 حساب العوامل F_i

وان كل مركبة رئيسية لها تباين مساو لقيمة الجذر المميز λ_i للمصفوفة المستخدمة فإذا كان

$$j = 1; 2 \dots \dots p \quad PC_i = \sum_{j=1}^p a_{ji} X_j \dots \dots$$

حيث أن:

PC_i : تمثل المركبة الرئيسية i

X_j : يمثل المتغير (j)

a_{ji} : يمثل معامل المتغير (j) للمركبة i و التي هي قيم المتجهات المميزة \underline{a}_i المرافقة للجذور المميزة λ_i

للمصفوفة المستخدمة: $VAR(a_i) = \lambda_i$

$VAR(PC_i)$: يمثل تباين المركبة الرئيسية i .

يمكن الحصول على العوامل F_1, F_2, \dots, F_p من خلال قسمة كل مكون رئيسي على الانحراف

$$F_i = \frac{PC_i}{(VAR(PC_i))^{\frac{1}{2}}} = \frac{PC_i}{(\lambda_i)^{\frac{1}{2}}}$$

F_i : يمثل العامل (i)

$(\lambda_i)^{\frac{1}{2}}$: يمثل تباين المركبة الرئيسية (i)

الفصل الأول: الإحصائيات متعددة المتغيرات

الجزء الثاني:

1.11. تحليل الارتباط القويم (إرتباط المجموعات)

قد ظهر تحليل الارتباط القويم (ACC) في فترة ما بين 1935 إلى 1936 على يد الإحصائي (Hotelling)، و مع ذلك كان (فيشر) أول من استخدم الارتباط القويم لتحويل الجداول التوافقية ذات اتجاهين (rxc) مع فئات مرتبة خلال عام 1940.

تحليل الارتباط القويم (ACC) هو أسلوب إحصائي لاستكشاف العلاقات بين متغيرين. إنه نهج متعدد المتغيرات يبحث عن العلاقات الخطية بين مجموعتي المتغيرات. يتم استخدام تقنية ACC لتحديد الارتباط الأقصى بين مجموعتين من المتغيرات وكذلك لتحديد أهم المتغيرات التي ترتبط ببعضها البعض ويمكن استخدامها لتحديد العوامل الأكثر أهمية التي تؤثر على النتيجة. بحيث أن q من المتغير المعتمد بدلا من الأحادي في الارتباط المتعدد، وذلك لإيجاد العلاقة بين مجموعة المتغيرات (X_1, X_2, \dots, X_p) [21].

لقيام بالتطبيق يجب وجود مجموعة المتغيرات (X_1, X_2, \dots, X_q) ومجموعات المتغيرات الثانية (Y_1, Y_2, \dots, Y_p) ، بحيث $(q < p)$ فان حصيلة الارتباط تكون ثنائية $(p + q)$ [22]

حيث يمكن إجراء عملية تحليل الارتباط القويم بين المتغيرات القومية U_i و V_i

حيث U_i

$$\begin{aligned} U_1 &= a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1p}X_p \\ U_2 &= a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2p}X_p \\ &\vdots \\ U_r &= a_{r1}X_1 + a_{r2}X_2 + \dots + a_{rp}X_p \end{aligned}$$

حيث V_i

$$\begin{aligned} V_1 &= b_{11}Y_1 + b_{12}Y_2 + \dots + b_{1p}Y_p \\ V_2 &= b_{21}Y_1 + b_{22}Y_2 + \dots + b_{2p}Y_p \\ &\vdots \\ V_r &= b_{r1}Y_1 + b_{r2}Y_2 + \dots + b_{rp}Y_p \end{aligned}$$

حيث يمثل r اصغر قيمة من بين الأعداد $(p$ و $q)$ وهذه الأعداد ناتجة عن العلاقة الخطية بحيث يكون أعلى ارتباط بين المتغيرات V_1 و U_1 و ثاني أعلى ارتباط يكون بين المتغيرات V_2 و U_2 حتى نصل إلى اقل ارتباط وهو الأخير V_r و U_r . مع العلم بان كل زوج من بين الأزواج الثلاثة يمثل اتجاها مستقلا في العلاقة بين المتغيرات (X_1, X_2, \dots, X_p) و (X_1, X_2, \dots, X_q) .

ملاحظة: يكون الزوج الأول هو الزوج الأعلى قيمة والأكثر أهمية ثم الزوج الثاني ثم الذي يليه حتى الوصول إلى الأخير وهو اقلهم أهمية.

1.11.2. طريقة تنفيذ تحليل الارتباط القويم.

الأساس في البدء في تنفيذ تحليل ACC هو تحديد مصفوفة الارتباط بين متغيرات كل مجموعة من المتغيرات كل على حدا بالإضافة إلى مصفوفة الارتباط بين كل مجموعتين [23].

الفصل الأول: الإحصائيات متعددة المتغيرات

حيث مجموعتي المتغيرات (X_1, X_2, \dots, X_p) و (Y_1, Y_2, \dots, Y_q) .

تكون مصفوفة الارتباط التربيعية بين مجموعة المتغيرات ذات الأبعاد $(p + q) + (p + q)$ كما يلي:

$$\begin{matrix} X_1 & X_2 & \dots & X_q \\ \vdots & & & \\ X_p & & & \\ Y_1 & & & \\ \vdots & & & \\ Y_q & & & \end{matrix} \quad \begin{bmatrix} A & C \\ \hat{C} & B \end{bmatrix}$$

حيث

$A = p \times p$ matrix for \hat{X} s variable

$C = p \times q$ matrix for $\hat{X}Y$ s variable

$\hat{C} = q \times p$ matrix for $Y\hat{X}$ s variable

$B = q \times q$ matrix for \hat{Y} s variable

1.1.2.1. حساب الجذور المميزة

من خلال المصفوفة السابقة يمكننا تشكيل المصفوفة $B^{-1}\hat{C}A^{-1}C$ ذات الأبعاد $q \times q$ من اجل حساب القيم المميزة $\lambda_1 > \lambda_2 > \dots > \lambda_r$ و قيمة $(r = q < p)$. من اجل حسابها يتم حل مجموعة المعادلات الناتجة عن محددة المصفوفة التالية:

$$B^{-1}\hat{C}A^{-1}C - \lambda I = 0$$

1.1.2.1. حساب المتجهات المميزة b_1, b_2, \dots, b_r التي تمثل الأوزان القوية لمجموعة المتغيرات $\hat{Y}S$ ضمن المتغيرات القوية $\hat{V}S$ وهذا وفق معادلة المصفوفات التالية:

$$(B^{-1}\hat{C}A^{-1}C - \lambda I)b = 0$$

ومنه

$$(\hat{C}A^{-1}C - \lambda B)b = 0$$

1.1.2.2. حساب المتجهات المميزة a_1, a_2, \dots, a_r التي تمثل الأوزان القوية لمجموعة المتغيرات $\hat{X}S$ ضمن المتغيرات القوية $\hat{X}S$ وهذا وفق معادلة المصفوفات التالية:

$$a_i = A^{-1}Cb_i$$

1.1.2.3. تحديد المتغيرات القوية للمجمعتين: و ذلك وفقا للأوزان القوية a_i و b_i على الشكل التالي:

$$U_1 = \hat{a}_i X = (a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{ip}) \begin{matrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_p \end{matrix} = a_{i1}X_1 + a_{i2}X_2 + \dots + a_{ip}X_p \quad i = 1, 2, \dots, r$$

الفصل الأول: الإحصائيات متعددة المتغيرات

$$V_i = b_i'Y = (b_{i1}, b_{i2}, \dots, b_{iq}) \begin{matrix} Y_1 \\ Y_1 \\ \vdots \\ Y_p \end{matrix} = b_{i1}Y_1 + b_{i2}Y_2 + \dots + b_{ip}Y_p \quad i = 1, 2, \dots, r$$

بحيث أن عدد المشاهدات n تكون على الشكل التالي:

$$\begin{matrix} x_{i1} & x_{21} & \dots & x_{p1} \\ x_{i2} & x_{22} & \dots & x_{p2} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ x_{in} & x_{2n} & \dots & x_{pn} \end{matrix} \quad \text{و} \quad \begin{matrix} y_{i1} & y_{21} & \dots & y_{q1} \\ y_{i2} & y_{22} & \dots & y_{q2} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ y_{in} & y_{2n} & \dots & y_{qn} \end{matrix}$$

2.2.11.1. إختبار معنوية الارتباط القويم:

يتم اللجوء إلى اختبار معنوية الارتباط القويم بعد الحصول على العدد الكلي لارتباطات القويم r و ذلك من اجل التقليل من العدد الكبير لهاته الارتباطات بعدة اختبارات أبرزها اختبار Bartley (1947) الذي يستخدم من اجل معرفة عدد الارتباطات القويمه^[24].

$$\Delta_0^2 = - \left\{ n - \frac{1}{2}(p + q + 1) \right\} \sum_{i=1}^r \ln(1 - \lambda_i)$$

$$\Delta_1^2 = - \left\{ n - \frac{1}{2}(p + q + 1) \right\} \sum_{i=2}^r \ln(1 - \lambda_i)$$

$$\Delta_j^2 = - \left\{ n - \frac{1}{2}(p + q + 1) \right\} \sum_{i=j+1}^r \ln(1 - \lambda_i)$$

3.11.1. تحليل نتائج المتغيرات القويمه

نقوم بهذه الخطوة من اجل الحصول على نتائج تحليلية عن النتائج المعنوية مع دلالة القياسات التي تعكسها.

ملاحظة: قد تكون القيمة الكبرى كافية وهي أول القيم المعنوية للارتباطات القويمه.
- باعتبار المتغيرات القويمه على الشكل التالي:

$$U_i = a_{i1}X_1 + a_{i2}X_2 + \dots + a_{ip}X_p$$

و

$$V_i = b_{i1}Y_1 + b_{i2}Y_2 + \dots + b_{ip}Y_p$$

حيث أن a_{ij} اكبر الأوزان قومية بالنسبة ل U_i أي من مجموعة المتغيرات (X_1, X_2, \dots, X_p) .

وكذلك b_{ij} هي اكبر الأوزان في V_i بالنسبة لمجموع المتغيرات (Y_1, Y_2, \dots, Y_q) .

الفصل الأول: الإحصائيات متعددة المتغيرات

ملاحظة: يمكن أن تكون قيمة هذه الأوزان سالبة أو موجبة، حيث a_{i1} إذا إشارة موجبة و معامل الارتباط (المعاملات التركيبية) بين U_i و X_1 ذو إشارة سالبة. في هذه الحالة لا يمكن تقدير الحجم الحقيقي للمساهمة هذا المتغير. لذلك نلجأ إلى النظر إلى معامل الارتباط بين (المعاملات التركيبية) ما بين المتغير القويم وكل متغير أولي بدلا من الأوزان القويمة a_{ij} و b_{ij} والمعاملات التركيبية S_{X_i} و S_{Y_i} وفق المعادلات التالية:

$$S_{X_i} = RXX(a_i) = A(a_i)$$

و

$$S_{X_i} = RYY(b_i) = B(b_i)$$

و في ضل هذه المعادلات و في ضل كون مصفوفة الارتباط لأي مجموعة عبارة عن مصفوفة الوحدة، فإنه من الواضح أن المعامل التركيبي لأي متغير أصيل يكون مساويا للوزن القويم لذلك المتغير. و بشكل عام ، فإن مربع المعامل التركيبي لأي متغير يمثل نسبة مساهمته في تفسير التباين الحاصل في المتغير القويم^[25].

الفصل الثاني

الإحصاء الجغرافي

الجزء الأول

مقدمة

ولد مجال الجغرافيا والإحصاء الجيولوجي في منتصف القرن الماضي، عندما يتعلق الأمر بتقدير الاحتماليات القابلة للاسترداد في عمليات التعدين بناء على عينات قليلة باستخدام الرسوم البيانية. تم وضع الأفكار المبكرة من Krige [26] في عام 1951 في إطار مشترك بواسطة Matheron [27] في الستينيات. سرعان ما انتشرت الأساليب الإحصائية و الجيواحصائية إلى مجالات أخرى من علوم الأرض ، حيث أصبحت الآن موضوعا للعديد من الدراسات.

أصبح الإحصاء الجيولوجي وظيفة واحدة، مع مجالين أساسيين للتطبيق:

- دراسة التركيب المكاني للمتغير المدروس من حساب Variogramme: بحث مسافة الارتباط الذاتي ، التباين على مسافة قصيرة.

- يوفر الإحصاء الجيولوجي أيضا طريقة الاستيفاء، krigage: استخدام البنية المكانية للمتغير المدروس كمحرك داخلي ويتكيف جيدا مع المتغيرات الإقليمية.

1.1.1. تعريف الإحصاء الجغرافي

الإحصاء الجيولوجي هو دراسة الأحداث المكانية المرتبطة، والتي تعرف غالبا بالظواهر الإقليمية، باستخدام تقنيات التحليل الاحتمالية. يعتمد على فكرة المتغير الإقليمي ، وهو التمثيل المكاني لوظيفة عشوائية.

1.1.1.1. التقنيات الأساسية للإحصاء الجغرافي :

1.1.1.1.1. التحليل المتغير (variographique):

يعد التحليل المتغير خطوة أولية في krigage، مما يسمح بتقديرها هذا التحليل هو في الواقع دراسة لسلوك المكاني لمتغيرات الأقلمة التي تم التحقق منها. الافتراضات الأساسية:

افتراض الثبات: هذا يدل على التجانس الإحصائي في مساحة الظاهرة قيد التحقيق. تؤكد الفرضية أن مجموعة قياسات نقطة K للوظيفة Z في الفضاء يمكن أن تعكس إدراك K للمتغير العشوائي Z عند كل نقطة مأخوذة بشكل مستقل نظرا لأننا كثيرا ما نشهد تصورا واحدا فقط في كل نقطة من النقاط.

الثبات من الدرجة الأولى: يقال أن الوظيفة العشوائية Z (x) ثابتة بالترتيب 1 ، إذا كان التوقع الرياضي $E [Z (x)]$ موجودا ، وثابتا على المجال بأكمله.

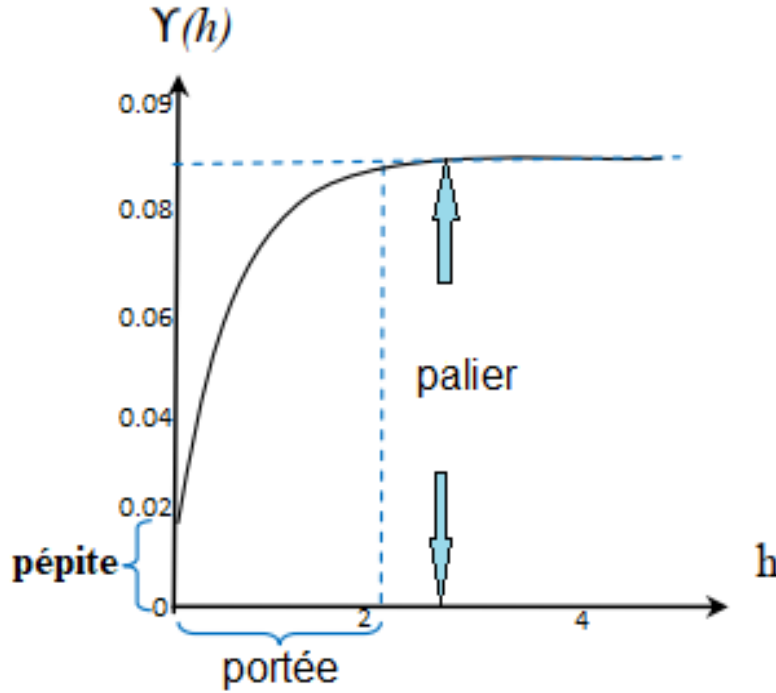
$$\text{حيث: } E[Z(x)] = m$$

الثبات من الدرجة الثانية: الوظيفة العشوائية Z (x) ثابتة بالترتيب 2 عندما يكون التوقع الرياضي موجودا ولا تعتمد على النقطة X؛ وأن التباين بين كل زوج $[Z (x + h), Z (x)]$ موجود ويعتمد فقط على h (المسافة).

الفصل الثاني: الإحصاء الجغرافي

بشكل ملموس $\gamma(h)$ ، يفسر تشابه الملاحظات عند نقطتين مفصولة بالمسافة h ويوضح كيف يختلف هذا التشابه كدالة لـ h .

2.2.1.11. خصائص Variogramme: هو دالة زوجية ذات قيمة موجبة، عادة ما تكون دالة متزايدة محدودة. الشكل (2):



الشكل 2: معالم الفاريوجرام [28]

حيث:

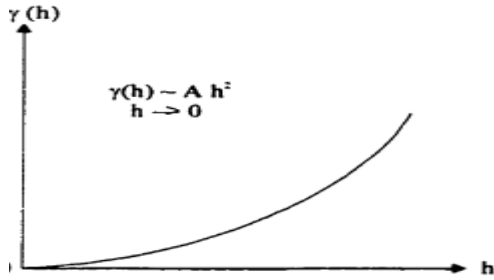
- المدى (Portée) a : هو المسافة التي يبقى فاريوجرام منها ضمن فاصل زمني 5٪ حول هضبته.
- المستوى (Palier): حد variogramme عند الملائمة. $\sigma^2 = C_0 + C$: تباين المتغير العشوائي $Var(Z(x))$
- تأثير الكتلة الصلبة (ظاهرة التشذر) C_0 (Effet de pépite): تباين قصير جدا في المقياس وأخطاء الموقع وأخطاء التحليل والدقة التحليلية.

الفصل الثاني: الإحصاء الجغرافي

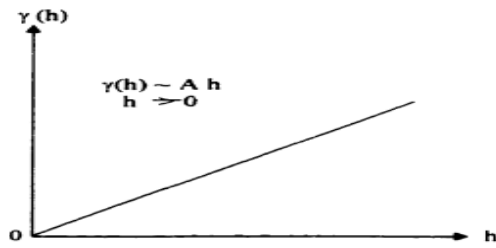
3.21.II. نماذج وشكل Variogramme

1.3.2.1.II. السلوك بالقرب من الأصل: يميز أربعة أنواع

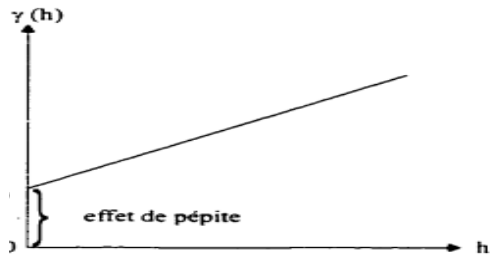
الشكل 3: مكافئ (parabolique): سلوك مشتق في الأصل، هذه هي سمة التباين المكاني المنتظم للغاية



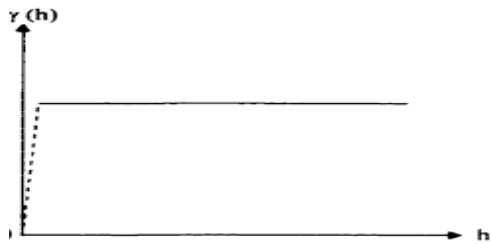
الشكل 4: الخطي: γ(h) يظل مستمرا عند الأصل ولكنه لم يعد قابلا للتمييز، وبالتالي فهو أقل انتظاما



الشكل 5: الانقطاع عند الأصل (Discontinuité à l'origine): γ(h) لا يميل نحو (0) عندما يميل h نحو (0)، هذا الانقطاع عند h = 0 من variogramme يسمى تأثير الكتلة (l'effet de pépite).



الشكل 6: تأثير الكتلة الصلبة الصافية (عشوائتي نقي): هذه هي الحالة المحددة للحالة السابقة عندما تعكس γ(h) فقط الانقطاع الفردي في الأصل. γ(h) = 0 est (h) = C0 dès que h > 0



2.2.3.1.II. سلوك الرسم البياني عند اللانهاية

تم تطوير نماذج نظرية مختلفة للنظر في خصائص سلوك variogramme، يتم تحديد المكونات من خلال المستوى C (palier) والمعلمة المحتملة للامتداد a (portée) والأشكال (formes). المكونات (γ(h)) الأكثر استخداما هي:

Model sphérique sans effet de pépite

$$\gamma(h) = C \left(1.5 \frac{h}{a} - 0.5 \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right)$$

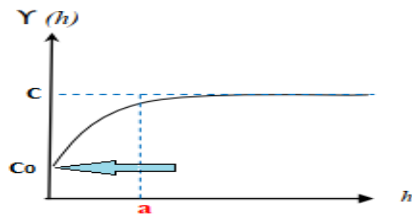
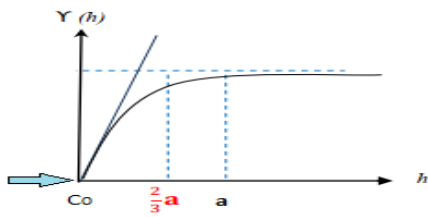
avec C = 0

Model sphérique avec effet de pépite

$$\gamma(h) = C \left(1.5 \frac{h}{a} - 0.5 \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right)$$

avec C = 0

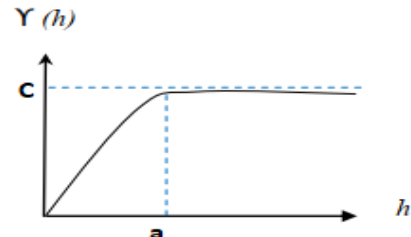
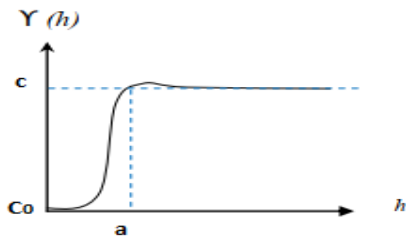
الفصل الثاني: الإحصاء الجغرافي



Gaussien Exponentiel

$$\gamma(h) = \left[1 - \exp\left(-3\left(\frac{h}{a}\right)^2\right) \right]$$

$$\gamma(h) = \left[1 - \exp\left(-3 \frac{h}{a}\right) \right]$$



Puissance

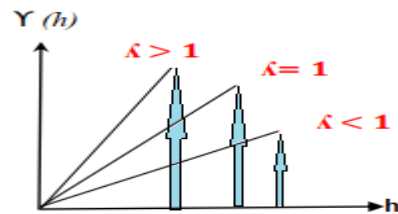
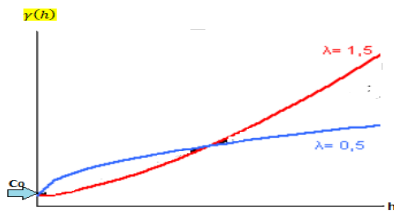
model linéaire

$$\gamma(h) = Ch^b$$

$$Y = ax + b$$

$$0 < b < 2 \text{ (linéaire: } b = 1 \text{)}$$

$$\gamma(h) = C|h|^\lambda$$



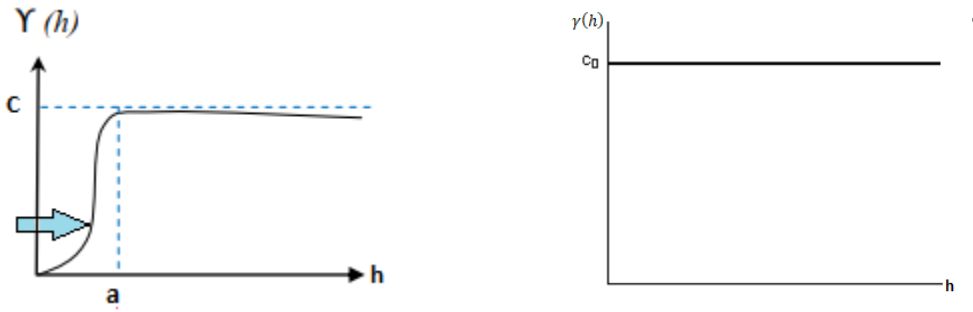
model cubique Effet de pépite

$$\gamma(h) = C \left(7 \frac{h^2}{a} - 8.75 \frac{h^2}{a} + 3.5 \frac{h^5}{a} - 0.75 \frac{h^7}{a} \right)$$

$$\gamma(h) = 0 \text{ si } h = 0$$

$$\gamma(h) = C_0 \text{ si } h > 0$$

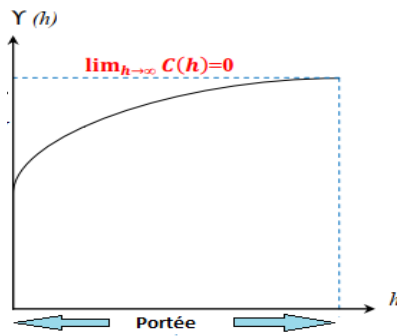
الفصل الثاني: الإحصاء الجغرافي



الشكل 7: مختلف أنواع سلوك الفاريوجرام

1.4.2.1.1. تحليل سلوك variogramme على مسافات طويلة: يجب التمييز بين حالتين: variogrammes محدود و variogrammes غير المحدودة

$$C(h) = \gamma(\infty) - \gamma(h)$$



الشكل 8: variogramme محدودة

1.4.2.1.1. variogramme محدودة: يتوافق مع دالة التغير:

لذلك نجد في Variogrammes الخصائص الرئيسية لوظائف التغير.

- القيمة $\gamma(h) \rightarrow \infty$ تساوي $\gamma(\infty)$ تباين المجال. يطلق عليه خطوة (pallier) variogramme.

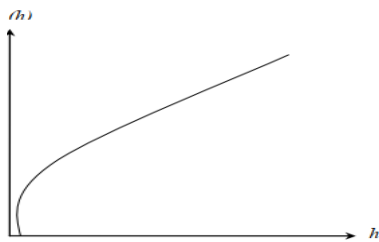
- الاستمرارية عند $\gamma(h)$ من $h = 0$ مرتبطة بانتظام المجال العشوائي.

قفزة عدم الاستمرارية في أصل variogramme هي تأثير الكتلة l'effet de pépite.

- النطاق هو المسافة التي يصل عندها variogramme إلى هضبة ، إما بالضبط (المدى الحقيقي) (portée vraie) أو بشكل مقارب (النطاق العملي) (portée pratique).

2.4.2.1.1. variogramme غير محدودة:

في هذه الحالة، لا يوجد العتبة (pallier) ولا نطاق (portei).

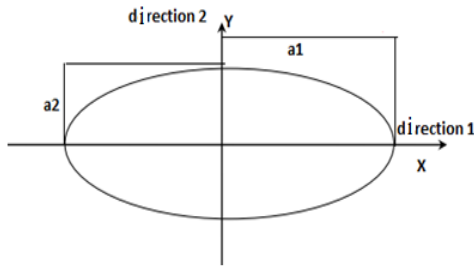


الشكل 9: variogramme غير محدود

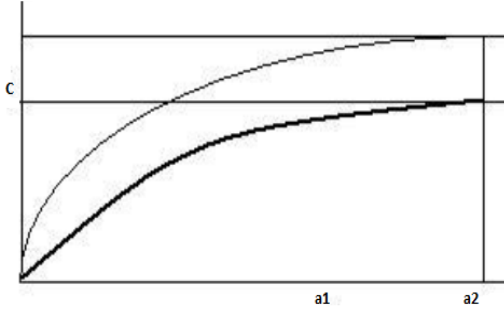
3.4.2.1.1. تباين الخواص (عدم التماثل) (anisotropie)

عندما يتم حساب المتغير لأي زوج من النقاط ، في اتجاهات معينة مثل الشمال والجنوب أو الشرق والغرب ، فإنه يكشف أحيانا عن اختلافات في السلوك: وهذا يعني تباين الخواص. هناك نوعان رئيسيان من تباين الخواص: تباين هندسي وتباين منطقي.

الفصل الثاني: الإحصاء الجغرافي



الشكل 10: Anisotropie géométrique



الشكل 11: anisotropie zonale

تباين هندسي (Anisotropie géométrique):
محامل متطابقة ومكونات كتلة صلبة ولكن
لوحظ امتدادات مختلفة في اتجاهات مختلفة.

anisotropie zonale: هناك أنواع أكثر تعقيدا
من تباين الخواص، وهي تباين المنطقة. في الأبعاد
الثلاثة، غالبا ما يلعب الاتجاه الرأسي دورا خاصا
نظرا لوجود اختلافات بين الطبقات أكثر من تلك
الموجودة داخلها.

variogramme isotrope + composante verticale $\gamma_1(h)$

$$\gamma(h) = \gamma_1 \left(\sqrt{h_1^2 + h_2^2 + h_3^2} \right) + \gamma_2(h_3)$$

الفصل الثاني: الإحصاء الجغرافي

الجزء الثاني

krigeage .1.1.11

1.1.11.11. تعريفه: krigage هي طريقة استيفاء مكانية تتنبأ بقيمة متغير في المواقع غير المأخوذة من العينات من خلال تركيبة خطية غير متحيزة مع الحد الأدنى من التباين في ملاحظات الظاهرة في المواقع المجاورة [18].

2.1.11.11. منهجية krigage

برز krigage كواحد من أفضل الطرق الإحصائية - الجيواحصائية من حيث تحليل البيانات ذات المرجعية المكانية والتنبؤ بالقيم التعسفية. تم تنفيذ أول عملية تعدين مكاني بواسطة مهندس التعدين (1951) Krige [26] بجنوب إفريقيا ، ثم اعتمدها Matheron [27] داخل مركز الإحصاء الجيولوجي في باريس ، بالتوازي مع عالم الأرصاد الجوية السوفيتي Gandin [29]. هناك العديد من تصنيفات krigage: بسيط (krigeage simple) ، عادي (krigeage ordinaire) ، عالمي (krigeage universel) ، co-krigeage ، و (krigeage de l'indicateur).

1.1.11.11. الكريجيد العادي

يعد الكريجيد العادي أحد أكثر تقنيات krigage شيوعاً. يتم إعطاء التنبؤ المكاني للنقطة غير المقاسة x_0 من خلال التنبؤ بالقيمة $Z_{x_0}^*$ ، والتي تساوي مجموع خط القيم المقاسة المعروفة (أي القيم المرصودة). ويكون على الصيغة التالية: $Z_{x_0}^* = \sum \lambda_i \cdot Z(x_i)$ حيث:

$Z_{x_0}^*$: هي القيمة المتوقعة في الموضع غير المقاس x_0 ،

$Z(x_i)$: هي القيمة المقاسة في الموضع x_i ،

λ_i : هو معامل الترجيح من الموضع المقاس إلى x_0 و n هو عدد المواضع داخل البحث في المنطقة.

$$\sum \lambda_i = 1 \quad \text{مزيج من عدم التحيز: والذي يتضمن}$$

$$E = [Z_0^* - Z_0] = 0$$

$$E = [Z_0^* - Z_0]^2 \quad \text{التركيبية المثلى:}$$

$$\sum \lambda_i = \gamma(x_i - x_j) + u = \gamma(x_i - x_0) \quad \text{من خلال تطوير مجموعتيها، نجد نظام}$$

معادلة krigage الخطي التالي:

$$\begin{pmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} & \gamma_{1n} & 1 \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} & \gamma_{2n} & 1 \\ \gamma_{n1} & \gamma_{n2} & \gamma_{nn} & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} h_1 \\ h_2 \\ h_n \\ u \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \gamma_{10} \\ \gamma_{20} \\ \gamma_{n0} \\ 1 \end{pmatrix} \quad \text{هذه القاعدة تصبح في حالة المصفوفة إلى:}$$

$$Var(Z_0^* - Z_0) = E|Z_0^* - Z_0| = \sum \lambda_i \gamma(x_i - x_0) + uh$$

الفصل الثاني: الإحصاء الجغرافي

$$\sigma = \sqrt{\sum \lambda_i \gamma(x_i - x_0) + u}$$

2.1.II.II. الكريجيج البسيط

الفكرة الرئيسية وراء الكريجيج البسيط هي أن المخرجات المتوقعة هي متوسطات مرجحة لعينات البيانات. الأوزان فريدة لكل نقطة متوقعة وهي دالة للمسافة بين النقطة التي سيتم التنبؤ بها والنقاط المرصودة^[30]. والتعبير العام لنموذج الكريجيج هو كما يلي:

$$Z_0 = \sum \lambda_i Z_i + \left(1 - \sum \lambda_i\right) m$$

كجزء من فرضية الثبات: تتمثل طريقة الكريجيج الثابت بمتوسط معروف، يسمى الكريجيج البسيط، في إيجاد متجه المعاملات λ_i $i = 1 \dots n$ بحيث $\sum \lambda_i = 1$ في شكل مصفوفة، تتم كتابة نظام معادلة KS من حيث المتغيرات:

$$\begin{vmatrix} Y_{11} & Y_{12} & Y_{1n} \\ Y_{21} & Y_{22} & Y_{2n} \\ Y_{n1} & Y_{n2} & Y_{nn} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_n \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} Y_{10} \\ Y_{20} \\ Y_{n0} \end{vmatrix}$$

تباين تقدير كريجيج البسيط:

$$\sigma^2 = \text{Var}(Z_0^* - z_0) = E|Z_0^* - z_0|^2 = \text{Var}(Z_i) - \sum \lambda_i \gamma(x_i - x_0)$$

$$\sigma = \sqrt{\text{var}(z_i) - \sum \lambda_i \gamma(x_i - x_0)}$$

مع: المستوى = التباين الملحوظ = $\text{Var}(Z_i)$

3.1.II.II. الكريجيج العالمي: هو التقدير في الإحصاء الجغرافي لمتغير إقليمي ينظر إليه على أنه تحقيق

لدالة عشوائية ثابتة من الرتبة 2. النموذج المفترض للمتغير الإقليمي هو $Z(x) = Y(x) + m(x)$ ، مع احتمالية التوجه $m(x)$ والمتبقي الثابت $Y(x)$ بتوقع صفري.

$$E[Z(x)] = m(x) \text{ et } E[Z(x) - Z(x+h)] = 0$$

ثم يتحدث غالبية المؤلفين في الإحصاء الجيولوجي عن كريج عام^[32,31]، و kriging مع الانجراف الخارجي

$$Z(s) = \sum_{j=0}^p f_j(s) \beta_j + \delta(s) \text{ ، } s \in D \text{ [34,33] على التوالي. و النموذج الأساسي لل كريج العالمي هو:}$$

$f_j(s)$ وظائف الموضع β_j ، $S(x,y)$ ، $\delta(s)$ المعلمات غير المعروفة والوظيفة العشوائية الثابتة الجوهرية مع توقع صفري وبنية اعتماد معروفة. يتم تحديد $f_j(s)$ من قبل المستخدم.

خاتمة:

يوفر التحليل المكاني الجغرافي الإحصائي المعلومات التي يستحيل الحصول عليها باستخدام طرق التحليل الكمي المورفولوجي الكلاسيكية، وذلك باستخدام جميع أدوات التحليل الجغرافي الإحصائي (التباين و krigage).

الفصل الثالث

البيانات و المواد والطرق

الفصل الثالث: المواد والبيانات والطرق

عندما يكون $0 < Kc < 1$ ، يكون BV دائريا

عندما يكون $1 < Kc < 1.128$: يكون BV مربعاً.

عندما يكون $3 < Kc < 1.128$: يكون BV ممدوداً.

3.1.1.1.III طول المستطيل المكافئ (Lr)

"طول أطول thalweg (lt) ". يجب أن يستمر thalweg المشار إليه في الخرائط الطبوغرافية من أعلى المنبع إلى الحوض الأقصى. وبالمثل ، إذا كان المسار النهائي متعرجاً ، فيجب تقييم جميع المتعرجات.

$$Lr = \frac{Kc\sqrt{A}}{1.128} * (1 + \sqrt{1 - (1.128/Kc)^2})$$

4.1.1.1.III عرض المستطيل المكافئ (l)

$$l = \frac{Kc\sqrt{A}}{1.128} * (1 - \sqrt{1 - (1.128/Kc)^2})$$

5.1.1.1.III طول الحوض (Lrb)

يعرفه^[39] بخط يمتد بين نقطة مصب النهر ونقطة التلامس القصوى مع محيط الحوض عند خط فاصل الماء في الروافد العليا للنهر ، أي المسافة من نقطة بداية المصب إلى أبعد نقطة على حدود الحوض. تحليل نظم المعلومات الجغرافية (DEM)^[39].

6.1.1.1.III نسبة المطابقة (RF)

نسبة طول القناة الرئيسية إلى طول محيط الحوض (BV) هي مقياس للتضاريس. يمكن استخلاص هذه النسبة بالمعادلة التالية:^[44,43]

$$Rf = Lrp / P$$

حيث Rf هي نسبة التطابق، Lrp هي طول الوادي الرئيسي للحوض، P هي محيط الحوض.

7.1.1.1.III معامل الشكل (Ff)

يعرف معامل الشكل (Ff) على أنه النسبة بين مساحة الحوض على مربع طول الحوض. اقترح^[35] هذا المؤشر للتنبؤ بكثافة تدفق الحوض في منطقة معينة، عندما يكون معامل الشكل أقل من 0.754 ، وهذا يمثل الجسم الدائري لحوض الماء ، وقيمة عامل الشكل الأصغر سوف تشير إلى المزيد من مستجمعات المياه الممتدة ، في حين أن مستجمعات المياه ذات العوامل العالية تتميز بأقصى جريان وتستمر لفترة أقصر. أما الأحواض التي يقل معامل شكلها عن 0.42 فهي أحواض طولية ولها فترة تدفق أطول. يتم ذلك وفقاً للمعادلة التالية:

$$Ff = A/Lr^2$$

حيث: Ff هو معامل الشكل، A هي مساحة الحوض، Lr² هي مربع طول الحوض.

الفصل الثالث: المواد والبيانات والطرق

8.1.1.1.III. نسبة معامل الشكل ((Sf))

إنها نسبة مربع طول الحوض إلى مساحة الحوض، وهي في نسبة عكسية مع معامل الشكل. يمكن استخلاص هذه النسبة وفقا للمعادلة [41]:

$$Sf = Lr^2/A = 1/Ff$$

حيث: Sf هي نسبة معامل الشكل، Lr2، مربع طول الحوض، A هو مساحة الحوض، الرقم 1 هو ثابت، Ff هو معامل الشكل.

9.1.1.1.III. المحيط النسبي (Rp)

يمكن استخلاص هذه القيمة وفق معادلة [39]:

$$Rp = A/P$$

حيث: Rp هو المحيط النسبي، A هي المساحة الكلية للحوض، P هي محيط الحوض.

10.1.1.1.III. علاقة الطول مع مساحة (Lar)

يمكن تحديد علاقة طول الحوض بمساحته بالمعادلة التالية [45]:

$$Lar = 1.4 * A^{0.6}$$

حيث Lar هو العلاقة بين الطول والمساحة، 1.4 ثابت، A هي المساحة للحوض.

11.1.1.1.III. معامل التكور (Rce)

يتم استخراج هذه القيمة بالمعادلة التالية [46,41]:

$$Rce = Lr^2 * \pi/4A$$

حيث Rc هو معامل التكور، Lb هو طول الحوض. إذا كانت قيمتها قريبة من واحد، نقول الحوض إنه دائري أو نصف دائري، وإذا زادت قيمته إلى 1.27 يكون شكل الحوض مربعاً، أما إذا وصلت القيم إلى ما بين 10 إلى 15، فهذا يعني أن الحوض طويل جداً.

12.1.1.1.III. متوسط عرض الحوض (Wb)

تعتبر دراسة عرض الحوض ذات أهمية كبيرة لارتباطها بالعديد من السمات الجيومورفولوجية ويمكن استخلاص متوسط عرض الحوض حسب [35] وفق المعادلة التالية:

$$Wb = A/L$$

حيث A هي مساحة الحوض، Lr هي طول الحوض.

13.1.1.1.III. نسبة الاستطالة (Re)

وفقاً لـ [39]، يتم تعريف نسبة الاستطالة على أنها نسبة قطر الدائرة لنفس منطقة الحوض إلى أقصى طول للحوض. وجد أن الحوض الدائري أكثر كفاءة في تصريف المياه السطحية من الحوض الممدود.

وتتراوح قيمته بين (0.1-0.6) من خلال مجموعة متنوعة من العوامل المناخية والجيولوجية. مع زيادة نسبة الاستطالة، يصبح التآكل محدوداً ويصبح منحدر الحوض أكثر اعتدالاً. قاسية على الأراضي. بناء على معادلة [39] والتي لخصها [46] على النحو التالي:

الفصل الثالث: المواد والبيانات والطرق

$$Re = 2\sqrt{(A/\pi)}/Lr$$

حيث Re هو نسبة الاستطالة، Lr هو طول الحوض، A هي مساحة الحوض، 1.129 هو ثابت.

14.1.1.1.III. نسبة الاستدارة (Rc)

إنها نسبة مساحة الحوض إلى مساحة الدائرة التي لها نفس محيط الحوض. يتراوح معدل الدوران بين صفر وواحد. تشير القيم العالية لهذا المعدل إلى وجود أحواض دائرية، بينما تشير القيم المنخفضة إلى عدم انتظام وتعوج خطوط تقسيم المياه المحيطة بالحوض، فضلاً عن القيم العالية لمعدل الدوران. وتحسب على النحو التالي:

$$Rc = 4\pi A/P^2$$

حيث Rc هو نسبة الاستدارة، 4 هو ثابت p^2 ، محيط الحوض، A، مساحة الحوض.

15.1.1.1.III. الاحداثيات الديكارتية (X,Y)

يمكن حساب الإحداثيات الديكارتية وارتفاع كل حوض في برنامج GIS

16.1.1.1.III. متوسط عرض الحوض (Ap)

يتم حسابه وفقاً للمعادلة التالية:

$$Ap = A/Lrp$$

الفصل الثالث: المواد والبيانات والطرق

2.1.1.III. الخصائص الهيدروغرافية

1.2.1.III. تحليلات الخصائص النسيجية

ترتبط دراسة الخصائص النسيجية لحوض منطقة الدراسة ارتباطا مباشرا بالعوامل الطبيعية المتمثلة في التركيب الجيولوجي ، وطبيعة تكوين الصخور ، والظروف المناخية ، ونوع الغطاء الأرضي ، مثل الخصائص الأخرى المذكورة سابقا. تناولت الدراسة الخصائص النسيجية باستخدام التحليل الصرفي على النحو التالي:

1.1.2.1.III. أعداد وأطوال الأودية النهريّة

تم إنشاء تيار النهر باستخدام الطريقة التي وضعها [36] و التي تم تعديلها بواسطة [39,37]. تساعد دراسة أنظمة الأنهار في تحديد حجم وعرض الحوض، وكذلك حجم تدفق المياه، وسرعة الجريان السطحي، وإمكانية توقع مخاطر فيضانات المياه. يتم اشتقاق أرقام ترتيب الحوض من الارتباط الرياضي التالي [36]:

$$Nu = N1 + N2 + \dots + Nn$$

حيث Nu هو عدد مراتب الأنهار ، N1 هو عدد التدفقات في المرتبة الأولى ، N2 هو عدد التدفقات في الرتبة وهكذا دواليك بالنسبة لبقية أعداد الجداول.

2.1.2.1.III. قانون أطوال التيار

يمكن تلخيصها (أن مجموع متوسط أطوال مجاري الأنهار من الرتب المتتالية يميل إلى تكوين تسلسل هندسي يبدأ بمتوسط طول مجاري النهر من الدرجة الأولى ويتصاعد وفقا لنسبة طول الثانية). يمكن حسابه من خلال العلاقة الرياضية [27,22]:

$$Lu = L1 + L2 + \dots + Ln$$

حيث Lu هو متوسط طول الجداول، L1 هو طول جداول الترتيب الأول، L2 هو طول جداول الترتيب الثاني، Ln.

3.1.2.1.III. درجة التفرع (Dr)

يتم تحديد عدد التفرعات و عدد الرتب وفق برنامج Arc Gis من خلال صور DEM.

4.1.2.1.III. نسبة التشعب (Rb)

حدد [36] نسبة التشعب كمصطلح للتعبير عن نسبة عدد المجاري المائية. يمكن التعبير عن نسبة التشعب بالمعادلة التالية [41,39]:

$$Rb = \frac{Nu}{Nu + 1}$$

حيث Rb = نسبة التشعب ، Nu هو إجمالي عدد التدفقات في فئة واحدة ، Nu + 1 هو عدد التدفقات في الفصل التالي.

الفصل الثالث: المواد والبيانات والطرق

5.1.2.1.III. كثافة الصرف (Dd)

وفقا لتعريف هورتون ، تعد كثافة الصرف مؤشرا مهما على المقياس الخطي لعناصر التضاريس. إنها العلاقة بين المتغيرات البيئية المختلفة ويتم تحليلها بشكل مكثف ومباشر. يمكن استخلاص هذه الخاصية وفقا لـ [41,35]:

$$Dd = \frac{Lu}{A}$$

Dd هي كثافة الصرف ، A هي مساحة حوض الصرف ، Lu هو إجمالي طول شبكة الصرف الصحي لشبكة الصرف.

تشير كثافة الصرف المنخفضة إلى ارتفاع نفاذية التربة ، والغطاء النباتي الكثيف ، وانخفاض الجريان السطحي ، في حين أن كثافة الصرف العالية هي نتيجة لمواد سطحية غير منفذة ، وزيادة كمية ووقت الجريان السطحي ، ووجود غطاء نباتي وتآكل الأرض.

6.1.2.1.III. نسيج الصرف (Dt)

يعتمد نسيج الصرف على عدد من العوامل الطبيعية مثل المناخ ، والتساقط ، والغطاء النباتي ، والصخور ونوع التربة ، وقدرة ترشيح التربة ، وكثافة الصرف. صنف [47] نسيج الصرف إلى خمس فئات مختلفة ، أقل من 2 خشن جدا ، بين 2 و 4 خشن ، بين 4 و 6 متوسط ، بين 6 و 8 ناعم وأكبر من 8 ناعم جدا. الجرف هو مجموع [36] عدد الطلبات النهريّة لمحيط الحوض كما هو معبر عنه في المعادلة التالية:

$$Dt = Nu / P$$

حيث Dt هو نسيج الصرف ، Nu هو عدد مراتب النهر ، P هو محيط الحوض.

7.1.2.1.III. تردد التدفق (Fs) (Fréquence du flux)

يمكن تحديد تردد التدفق وفقا لما قدمه [35] ، النسبة بين عدد المجاري المائية لجميع صفوف مجرى معين إلى مساحة حوض التغذية كما هو مذكور في المعادلة التالية:

$$Fs = Nu/A$$

حيث يمثل Fs تردد التدفق ، و Nu هو العدد الإجمالي لأجزاء التيار لجميع الطلبات ، A مساحة الحوض.

8.1.2.1.III. ثابت صيانة القناة (Ccm)

يتم تعريفه على أنه مساحة سطح الحوض المطلوبة لتغذية وحدة طولية واحدة من مياه الصرف الصحي في الشبكة. إنه عكس كثافة التبادل. يتم حسابها بقسمة مساحة الحوض المائي بالكيلومترات المربعة على أطوال المجاري الكلية لجميع صفوف الحوض حسب المعادلة الرياضية التالية [41,39]:

$$Ccm = 1/Dd = A/Lu$$

حيث (Ccm / km²) هي معامل صيانة القناة ، A هي مساحة الحوض المائي km² ، Lu هو مجموع أطوال الجداول لجميع فئات الحوض.

الفصل الثالث: المواد والبيانات والطرق

9.1.2.1.III. عدد الترشيح (Ifn)

اقترح بعض الباحثين [48] أن عدد الترشيح هو نتاج كثافة الصرف وتكرار النهر، ويلعب دورا مهما في

مراقبة طول الحوض. يتم حسابه وفقا للمعادلة التالية: $Ifn = F * Dd$

Dd كثافة الصرف، Ifn، عدد الترشيح، F، تردد النهر.

10.1.2.1.III. شدة التفريغ (Di)

هي نسبة تردد النهر إلى كثافة الصرف [50,49]. يستخرج بالمعادلة التالية: $Di = F/Dd$

حيث: Di هي شدة التفريغ، و F هي تردد النهر، و Dd هي كثافة الصرف.

11.1.2.1.III. متوسط طول التدفق البري (Lg)

هو طول الماء على الأرض قبل أن يتركز في قنوات الجريان السطحي ويساوي نصف كثافة الصرف

[36]. تشير قيمة هذا العامل، الذي يقل عن 0.2 km، إلى مسارات تدفق قصيرة. إذا كان بين 0.2-0.3 كم،

فهذا يدل على وجود منحدر أرضي معتدل. القيمة أكثر من 0.3 كم. يشير إلى مسار تدفق طويل مرتبط

بزيادة التسرب وانخفاض الجريان السطحي. يتم استخراجها وفق المعادلة التالية:

$$Lg = 1/2 * Dd$$

Lg (km) هو متوسط طول الجريان السطحي، Dd هو كثافة الصرف.

12.1.2.1.III. وقت التركيز (Tc)

في حالة مستجمعات المياه غير المضغوطة، يمثل وقت التركيز المدة التي يستغرقها انخفاض

الجريان السطحي من أعلى نقطة إلى النقطة التي تمثل مخرج المستجمع. يتم تحديد وقت التركيز من خلال

الصيغ الشكلية المترية التالية: صيغة GIANDOTTI:

$$Tc = \frac{4\sqrt{A} + 1.5Lep}{0.8\sqrt{Hmoy - Hmin}}$$

حيث TC هي وقت التركيز (دقيقة أو ساعة أو ثانية)، و Lep تعني المسافة بين أعلى نقطة واخفض نقطة؛

A هي مساحة الحوض و Hmoy Hmin؛ الارتفاع الأدنى و متوسط ارتفاع الحوض على الترتيب.

13.1.2.1.III. سرعة تدفق المياه (Vc)

يعطى بالتعبير التالي: $Vc = \frac{Lb}{Tc}$

Vc: سرعة تدفق المياه (كم / ساعة)، و Lb: طول المجاري المائية الرئيسية (كم)، و Tc: وقت التركيز في

الساعة (h).

14.1.2.1.III. تردد كثافة النهر (Dr)

$$Dr = Dr/A$$

15.1.2.1.III. متوسط امتداد الجريان السطحي (Em)

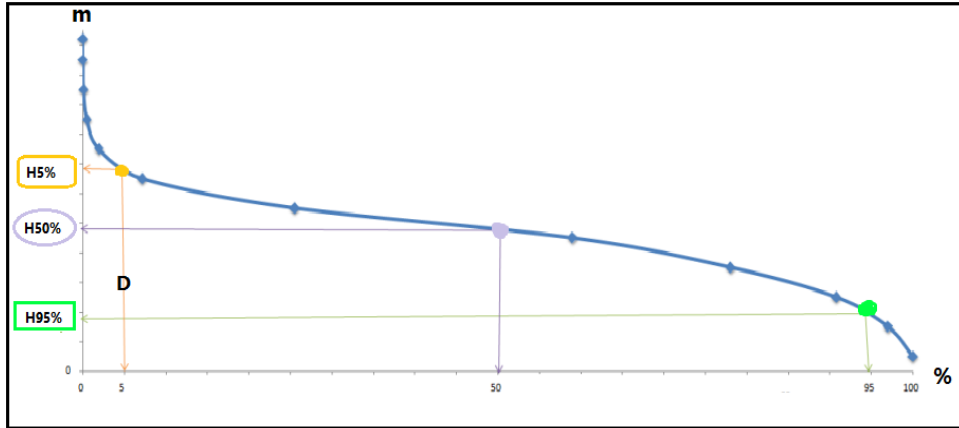
$$Em = \frac{A}{Lu}$$

16.1.2.1.III. سرعة الجريان السطحي (Vr): $Vr = \frac{Lrp}{A}$

الفصل الثالث: المواد والبيانات والطرق

3.1.III. خصائص التضاريس

1.3.1.III. خصائص الارتفاعات



الشكل 12: منحني هيبسومتري لتمثيل الارتفاعات

يمكن الحصول عليها مباشرة من الخرائط الطبوغرافية أو بواسطة نظم المعلومات الجغرافية. الحد الأقصى للارتفاع هو أعلى نقطة في الحوض بينما الحد الأدنى للارتفاع هو أدنى نقطة ، بشكل عام عند المخرج.

1.1.3.1.III. متوسط الارتفاع (Hmoy)

يتم استنتاج متوسط الارتفاع مباشرة من منحني قياس hypsométrique أو من قراءة خريطة طبوغرافية. يمكن تعريفه على النحو التالي:

$$H_{moy} = \sum_{i=1}^i \frac{A_i \times h_i}{A}$$

Hmoy: متوسط ارتفاع الحوض [m] ؛

Ai: المنطقة الواقعة بين خطين من الخطوط الكنتورية [km²] ؛

Hi: معدل الارتفاع بين خطين كنتورين (m) ؛

A: إجمالي مساحة مستجمعات المياه [كم²].

2.1.3.1.III. ارتفاع H5% و H95%

يتم التعبير عنهم بواسطة مخطط الهيبسومتري في الشكل (12) حيث تعتبر H95% اقل قيمة للارتفاع مقارنة بـ H5% التي تعبر عن أعلى الارتفاعات.

3.1.3.1.III. متوسط الارتفاع (%H50)

يتوافق الارتفاع الوسيط مع الارتفاع الذي تمت قراءته عند نقطة الإحداثية بنسبة 50% من إجمالي سطح الحوض، على منحني قياس hypsométrique. يقترب هذا الحجم من متوسط الارتفاع في الحالة التي يكون فيها منحني القياس المنخفض للحوض المعني منحدرًا منتظمًا.

الفصل الثالث: المواد والبيانات والطرق

4.1.3.1.III. الانخفاض البسيط (D)

في كثير من الأحيان، يتم تعريف الفرق في الارتفاع "D" على أنه الفرق في الارتفاع بين H5% و H95%

$$D = H5\% - H95\%$$

2.3.1.III. مؤشرات الانحدار

الهدف من هذه المؤشرات هو تحديد منحدرات مستجمعات المياه والسماح بإجراء مقارنات وتصنيفات.

1.2.3.1.III. متوسط الانحدار (Im)

يعد متوسط الانحدار أهم خاصية من أجل توفير معلومات حول تضاريس الحوض ، وقد تم تحديد طريقة حسابه بواسطة [51] والتي تعتمد على حساب المتوسط المرجح بين ارتفاعين محددتين وفقا

$$Im = \frac{D \times L}{A} \quad \text{لما يلي معادلة:}$$

Im: متوسط الانحدار

L: الطول الإجمالي لخطوط كونتورية [كم] ،

D: تساوي المسافة بين خطي كونتورية (courbes de niveau) [m]

A: إجمالي مساحة مستجمعات المياه [كم²].

2.2.3.1.III. مؤشر روش (Ip)

يتم حساب هذا الفهرس من المستطيل المكافئ. يساوي مجموع الجذور التربيعية لمتوسط المنحدرات لكل عنصر من العناصر الموزونة بالسطح المعني:

$$Ip = \frac{1}{\sqrt{Lrec}} \sum_{i=1}^n Xi \sqrt{\frac{d}{Xi}}$$

Ip: مؤشر المنحدر [%] ،

Lrec: طول المستطيل [m] ،

xi: المسافة بين منحنيين على المستطيل [m] (عرض المستطيل ثابت ، هذه المسافة تساوي عامل الترجيح)

d: المسافة بين منحنى مستوى متتاليين (يمكن أن تكون متغيرة) [m] ،

d / xi: متوسط ميل العنصر [%]

3.2.3.1.III. مؤشر المنحدر الأقصى (Ig)

اقترح Laborde مؤشرا جديدا أسرع من الناحية الحسابية من مؤشر Roche ، و كان ذلك من

خلال مؤشرا أبسط هو المنحدر العالمي: $Ig = D/L$

D: كونه فرق الارتفاع H5% - H95% ، محدد على منحنى قياس hypsométrie أو حتى مباشرة بالعين

على الخريطة الطبوغرافية: Lrec: طول المستطيل [m] ،

يتم تصنيف التضاريس الحوضية حسب مؤشر الانحدار العام كما يلي:

الفصل الثالث: المواد والبيانات والطرق

الجدول 2: تحديد نوع التضاريس وفق مؤشر المنحدر العالمي (IRD) O.R.S.T.O.M [52]

نوع التضاريس	المتغيرات
تضاريس قوة جدا	$Ig > 35 \text{ m/km}$
تضاريس قوية	$35 > Ig > 20 \text{ m/km}$
تضاريس متوسطة	$20 > Ig > 10 \text{ m/km}$
تضاريس ضعيفة	$Ig < 20 \text{ m/km}$

4.2.3.1.III. فرق الارتفاع المحدد (Ds)

ينخفض مؤشر Ig لنفس الحوض عندما يزداد السطح، لذلك كان من الصعب مقارنة الأحواض ذات الأحجام المختلفة. لا يحتوي فرق الارتفاع المحدد Ds على هذا العيب: فهو مشتق من المنحدر الكلي Ig عن طريق تصحيحه من أجل أن يكون تأثير السطح المعترف به متناسبا عكسيا مع A :

$$Ds = Ig\sqrt{A}$$

يمكن الاعتماد على تصنيف آخر لمؤشر الانحدار العالمي لـ O.R.S.T.O.M (IRD) [52]:

الجدول 3: تحديد نوع التضاريس وفق مؤشر فرق الارتفاع

R1	تضاريس ضعيفة جدا	$Ds < 10 \text{ m}$
R2	تضاريس ضعيفة	$10 \text{ m} < Ds < 25 \text{ m}$
R3	تضاريس ضعيف إلى حد ما	$25 \text{ m} < Ds < 50 \text{ m}$
R4	تضاريس معتدلة	$50 \text{ m} < Ds < 100 \text{ m}$
R5	تضاريس عالية نوعا ما	$150 \text{ m} < Ds < 250 \text{ m}$
R6	تضاريس عالية	$250 \text{ m} < Ds < 500 \text{ m}$
R7	تضاريس عالية جدا	$500 \text{ m} < Ds$

4.1.III. انحدار الحوض

تعتبر دراسة الخصائص الطبوغرافية لأحواض تصريف الأنهار ذات أهمية كبيرة و الجانب الجيومورفولوجي ، باعتباره انعكاسا لمجموعة من العناصر المتمثلة في تكوين البنية الجيولوجية والجيولوجية والظروف المناخية ، والتي من خلالها يمكن معرفة تضاريس المنطقة والتضاريس المرتبطة بها ، والمرحلة الجيومورفولوجية التي يمر بها الحوض ، وتطور شبكة المياه مفهومة.

1.4.1.III. إجمالي إنحدار الحوض (H)

يتم استخراجها وفق المعادلة التالية [41]:

$$H \text{ ou } R = H - h \text{ ou } Z - z$$

2.4.1.III. نسبة الانحدار Rh

تتخطى حدود جودة هذه النسبة مع مستوى تآكل أسطح أحواض الصرف ، والتي تتراوح قيمتها بين صفر وواحد صحيح ، والقيم المنخفضة تدل على نشاط عمليات البثق والتراجع نحو المصادر ، حيث تشير إلى تقدم الحوض في دورة تآكله ، بينما تشير القيم العالية إلى تآكل شديد لأسطح الأحواض.

الفصل الثالث: المواد والبيانات والطرق

يتم استخلاص نسبة (Rapport) وفق المعادلة التالية [43,39]: $Rhl = H/Lr$ هي نسبة المسافة البادئة، H هي المسافة البادئة الكلية للحوض، Lb هو طول الحوض (km).

3.4.1.III. نسبة الانحدار النسبي Rhp

يشير إلى العلاقة المتبادلة بين نسبة التآكل (الفرق بين أعلى و أدنى نقطة في الحوض) ومحيط الحوض كنسبة مئوية. تم حساب قيمة التضاريس النسبية من خلال المعادلة الآتية [43]:

$$Rhp = H * 100/P$$

حيث يكون Rhp هو التضاريس النسبية، H هو فرق الارتفاع (km) P هو محيط الحوض (km).

4.4.1.III. نسبة التدرج (Rg)

نسبة التدرج هي مؤشر على منحدر القناة، مما يسمح بتقدير الجريان السطحي وفقا ل [53]. تم استخلاص هذه النسبة وفق المعادلة التالية: $Rg = R/Lr$ حيث R هي الفرق بين أعلى وأدنى نقطة في الحوض، Lr هي طول الحوض.

5.4.1.III. معدل الصلابة (Rn)

إنه نتاج كثافة الصرف مع الحوض [43,40]. يوضح مدى العلاقة التبادلية المعقدة بين أكثر من متغيرين و يمكن العثور على قيمة الصلابة من خلال المعادلة التي اقترحها [27]:

$$Rn = Dd \times \left(\frac{H}{1000}\right)$$

حيث Rn هي معدل الصلابة، H هي فرق الارتفاع بين أعلى وأدنى نقطتين في الحوض (km)، Dd هو تفرغ الكثافة.

6.4.1.III. رقم Melton للمتناة (MRn)

هو مؤشر الانحدار الذي يوفر تمثيلا لصلابة المسافة البادئة داخل حوض النهر [54] ويتم استخراجها وفقا للمعادلة التالية: $MRn = H/A * 0.5$ حيث H هي أقصى ارتفاع و h هي الحد الأدنى للارتفاع داخل الحوض.

7.4.1.III. متوسط منحدر النهر الرئيسي (Sm)

$$Sm = \frac{HM - Hm}{1000 * Lrp}$$

8.4.1.III. متوسط ارتفاع النهر الرئيسي (Hmr)

$$Hmr = \frac{Mmax - Hmin}{2}$$

الفصل الثالث: المواد والبيانات والطرق

الجزء الثاني: الجفاف

1.11.111. تعريف

في عام 1975 ، وصفت المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO) الجفاف بأنه: "عجز في هطول الأمطار لفترة طويلة مقارنة بالمعدل العادي ، ويؤثر على مناطق كبيرة تستمر لمدة عام أو أكثر ، مما يتسبب في انخفاض الإنتاج في الزراعة والطبيعة ، وحتى المستويات البيئية ". لذلك صار لدى كل مستخدم للمياه فكرة مختلفة عن الجفاف، ويختلف هذا التعبير وفقا لمجال نشاط المستخدم [55].

كتب Palmer [56]: " أن للجفاف تعبيرات مختلفة لمختلف الناس في مختلف المجالات ، فهو يمثل انخفاضا في هطول الأمطار أكثر من المعتاد في الأرصاد الجوية ، وانخفاض في رطوبة التربة في الزراعة ، وانخفاض مستوى المياه في البحيرات والمياه الجوفية بالنسبة الهيدرولوجيا. أما بالنسبة للاقتصاد فهو يمثل عجزا في إمداد المناطق السكنية بالمياه ."

ووفقا لـ [57] ، فإن عدم وجود توافق في الآراء بشأن تعريف واحد دقيق وموضوعي قد أعاق فهم الجفاف ، والخلافات حول تعريفات الجفاف تؤدي أحيانا إلى الارتباك والتعاس بين صانعي القرار حول ما يشكل الجفاف [60,59,58].

لهذا يمكن تقسيم تعريفات الجفاف إلى فئتين: إما مفاهيمي أو عملي [62,61]. التعريفات المفاهيمية هي تعبيرات عامة من نوع "القاموس" تحدد الجفاف وبالتالي فهي شاملة في تفسيرها للظواهر [63]. على سبيل المثال، يعرف الجفاف في قاموس التراث الأمريكي [64] بأنه "فترة طويلة بدون مطر، خاصة خلال موسم النمو". وكمثال ثان، في قاموس Random House Dictionary [65]، "إنها فترة طويلة من الطقس الجاف الضار بالمحاصيل".

كما تسعى التعريفات التشغيلية للجفاف إلى تحديد بداية حدوث الجفاف وحدته ومدته وإنهائه [66]. وتعمل جميع هذه المعايير كأساس لنظام إنذار مبكر ناجح [67]. بحيث قدم الجفاف العديد من التعريفات في بعض المجالات لأنه يؤثر على العديد من القطاعات الاقتصادية والاجتماعية. ومع ذلك، يحدث نقص أيضا في جميع مناطق العالم بتواتر متغير؛ في جميع أنواع الأنظمة الاقتصادية والبلدان المتقدمة والناشئة [51].

2.11.111. أنواع للجفاف

حدد [68] ثلاثة أنواع من الجفاف: متعلق بالأرصاد الجوية و المتعلق بالزراعة ، و المتعلق بتدفق الأنهار ، أو مستوى المياه الجوفية (الهيدرولوجي). بالإضافة إلى ذلك، تصنف بعض الدراسات حالات الجفاف الاجتماعي والاقتصادي كعامل حاسم في الجفاف [70,69,67].

وأضاف [71]: على أن إدارة المناخ والغلاف الجوي والمياه لتصبح خمس أنواع من الجفاف. حيث اعتمد البعض على العجز البيئي للمياه لتحديد تعريف آخر للجفاف ، وهو الجفاف البيئي [72,73].

الفصل الثالث: المواد والبيانات والطرق

ظهرت العديد من الآراء حول تصنيف الجفاف ، ولكن يمكن تصنيف حالات الجفاف وفقا للفئات الأربع الأكثر شيوعا التي حددها^[61]: جفاف الطقس ، والجفاف الزراعي والهيدرولوجي ، والجفاف الاجتماعي والاقتصادي. اعتمدت الكثير من الأبحاث على هذا التصنيف للتمييز بين التعريفات^[76,75,74,55].

1.2.III.III جفاف الأرصاد الجوية

تعد تعريفات الأرصاد الجوية هي الأكثر انتشارا، في إشارة إلى تعريف المنظمة العالمية للأرصاد الجوية^[77] للجفاف، "على أنه انخفاض في هطول الأمطار لفترة طويلة عن المعتاد". استندت العديد من الدراسات إلى هطول الأمطار لتحليل الجفاف الجوي واستخلاص التعاريف^[82,81,80,79,78]. بحيث أن معظم تعريفات الأرصاد الجوية خاصة بالمنطقة لأن ظروف الأرصاد الجوية تختلف من منطقة إلى أخرى^[83]. لذلك، من المستحيل تحديد بداية أو نهاية الجفاف أو حقيقة وجوده. ولهذا السبب تنص موسوعة المناخ والطقس^[84] على أن "الجفاف هو فترة مستمرة - شهر، موسم، سنة، سنوات - حيث يقل هطول الأمطار في منطقة طبيعية".

ترتبط بعض التعريفات بحدوث الجفاف بعدد الأيام التي يكون فيها نقص هطول الأمطار أقل من حد معين^[85]. بناء على هذه الاختلافات ، تم تعديل بعض التعريفات لتناسب تطبيقها في مناطق العالم المختلفة. اعتمد^[86] على تسجيل هطول مطري أقل من 2.5 ملم خلال 48 ساعة لتحديد الجفاف في الولايات المتحدة. أما في بريطانيا ، يعلن الجفاف بعد 15 يوما من عدم هطول الأمطار ، بقيمة 0.25 ملم^[87]. يمكن أن يحدث الجفاف إذا كان هطول الأمطار السنوي أقل من 180 ملم في ليبيا^[88]. ونقول إن هطول الأمطار الموسمية في الهند أقل مرتين من متوسط الانحراف الذي يسبب الجفاف^[89]. ويعتمد^[88] على نقص هطول الأمطار على مدى ستة أيام للإشارة إلى الجفاف في بالي.

2.2.III.III الجفاف الزراعي

يعتمد الجفاف الزراعي بشكل أساسي على الظروف المناخية السائدة ، والخصائص الفيزيائية والبيولوجية للتربة ، وكذلك المحاصيل ، ومرحلة نموها ، وكذلك الفروق بين التبخر الفعلي والمحتمل ، والعجز في مياه التربة وما إلى ذلك^[90,83]. يعد نقص رطوبة التربة هو العامل الأكثر شيوعا لاستخراج الجفاف، والذي ينتج عن نقص هطول الأمطار^[91,76]. فعرفت منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة^[92] الجفاف الزراعي بأنه "نسبة مئوية تعبر عن عدد السنوات التي تعرضت خلالها المحاصيل للضمر بسبب نقص رطوبة التربة".

و أضاف^[93] في ورقته إلى أن الجفاف الزراعي هو جفاف أرسادي متطور ، مما يعبر عن انخفاض في هطول الأمطار في مرحلة النمو.

3.2.III.III الجفاف الهيدرولوجي

يختلف مفهوم الجفاف من مستخدم لآخر. على سبيل المثال ، يتم التعبير عن "الهيدرولوجيا" بشكل مختلف. لذلك ، نجد أن اتفاقية الأمم المتحدة لمكافحة الجفاف والتصحر تعرف الجفاف بأنه

الفصل الثالث: المواد والبيانات والطرق

"نتيجة لانخفاض كبير في هطول الأمطار دون المعدلات القياسية ، مما يؤدي إلى اضطرابات هيدرولوجية تؤثر على مصادر إنتاج الموارد الطبيعية". وقد اعتمدت العديد من الدراسات على هذا التعريف [96,95,94]. يتميز الجفاف الهيدرولوجي بتدفق مجاري تحت مستوى الملاء. ومع ذلك، نظرا لندرة البيانات حول طبقات المياه الجوفية ، فإن هذا النوع من التعريف قليل الاستخدام [98,97]. حيث تستخدم بيانات التدفق بشكل عام لتحديد وتحليل الجفاف الهيدرولوجي [100,99,55]. لذلك ، حدد ويبيل أن السنة الجافة هي عندما يكون التدفق الفعلي أقل من عتبة معينة. وهذا التعريف هو ما أشار إليه كل من [102,101]. و يرتبط الجفاف الهيدرولوجي بآثار انخفاض هطول الأمطار وعدم قدرته على توفير إمدادات المياه السطحية والجوفية [104,103,55].

4.2.11.111. الجفاف الاجتماعي والاقتصادي

يحدث الجفاف الاقتصادي والاجتماعي عندما يكون الطلب على المياه أكبر من العرض المرتبط بالطقس [105,83,76]. وبالتالي، يمكننا القول إن حالات الجفاف مرتبطة بالعرض والطلب على المنتجات الاقتصادية [107,106,61].

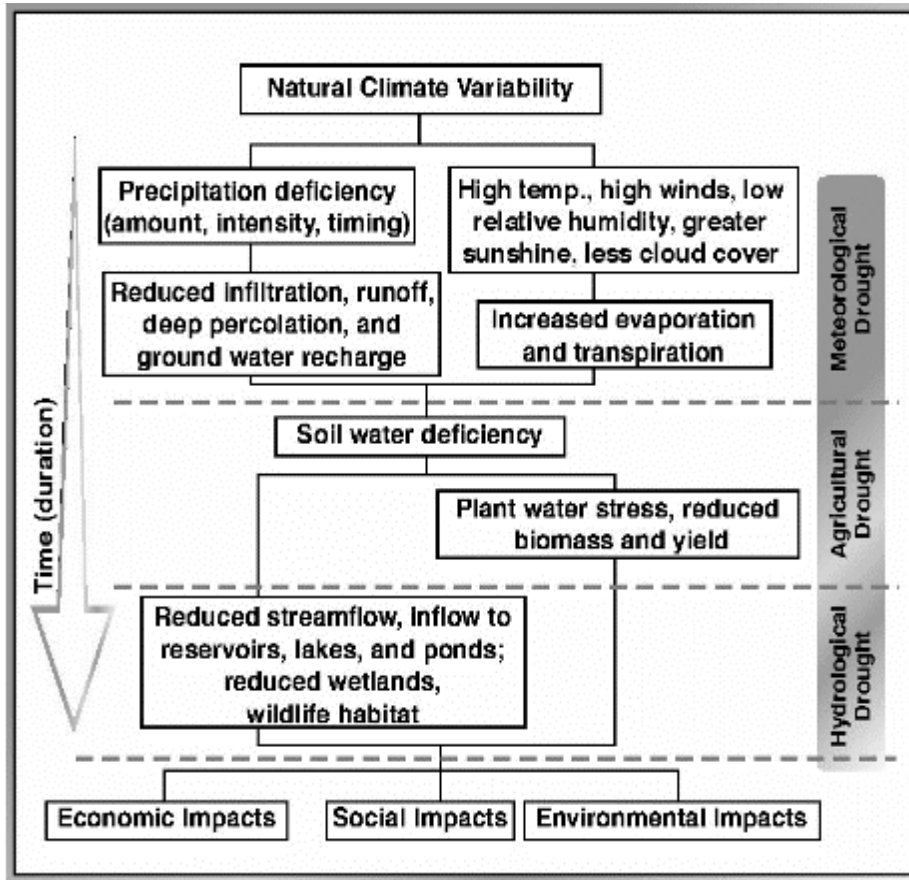
يشير [108] إلى أن الجفاف مرتبط بفشل مياه الأمطار في تلبية الأنشطة البشرية. وقام [109] في وقت لاحق بتوسيع هذا المفهوم وأضاف أن "الجفاف" قد يؤدي إلى زيادة الطلب البشري على المياه أكثر مما هو متاح في العادة. فيعتمد "الطلب" على توزيع الناس والنباتات والحيوانات وطرق المعيشة واستخدام الأرض [79].

في تعريفات أخرى، قد نجد أن عوامل الزمان والمكان للعرض والطلب هي العوامل الرئيسية في تحديد المعنى الموضوعي للجفاف [57]. فتبنت جمعية الأرصاد الجوية الأمريكية (1997) [74] هذه الفكرة فيما بعد.

3.11.111. العلاقة بين فئات الجفاف المختلفة

إن الحدود المتزامن لهذه الأنواع من الجفاف ضئيل للغاية، لكن جفاف الأرصاد الجوية هو المحدد الأساسي لحدث الأنواع الأخرى. وبعبارة أخرى ، يؤدي نقص هطول الأمطار إلى حالات جفاف مناخية وزراعية [111,110]. حيث يوضح الشكل (13) العلاقة بين الأنواع المختلفة للجفاف وترتيب حدوثها.

الفصل الثالث: المواد والبيانات والطرق



الشكل 13: التسلسل العام لحدوث الجفاف [112]

تناقش الأنواع الثلاثة الأولى كيفية قياس الجفاف كظاهرة فيزيائية، والطريقة الأخيرة تعبر عن الجفاف من حيث العرض والطلب [113]. في نهاية المطاف ، تنجم جميع حالات الجفاف عن نقص هطول الأمطار ، مما يؤدي إلى نقص المياه في التربة (الجفاف الزراعي) ، يليه استنفاد موارد المياه السطحية والجوفية (الجفاف المائي) [114,62,61].

4.II.III. خصائص الجفاف وشدته

تختلف فترات الجفاف عن بعضها البعض في ثلاث خصائص: الشدة، والمدة، والتغطية المكانية. لذلك، يمكننا أن نجد بعض الطرق التي تحلل وقت وشدة الجفاف من حيث انخفاض الأمطار [115,81,77]. يستخدم [57] مفردات المجموع والكثافة و الطول للتعبير عن ظاهرة الجفاف و تحليلها، عكس [55] الذي يستخدم مصطلحات مختلفة، وقت البدء، ووقت الانتهاء، والمدة، والشدة، ودرجة الشدة، في تحليل الجفاف.

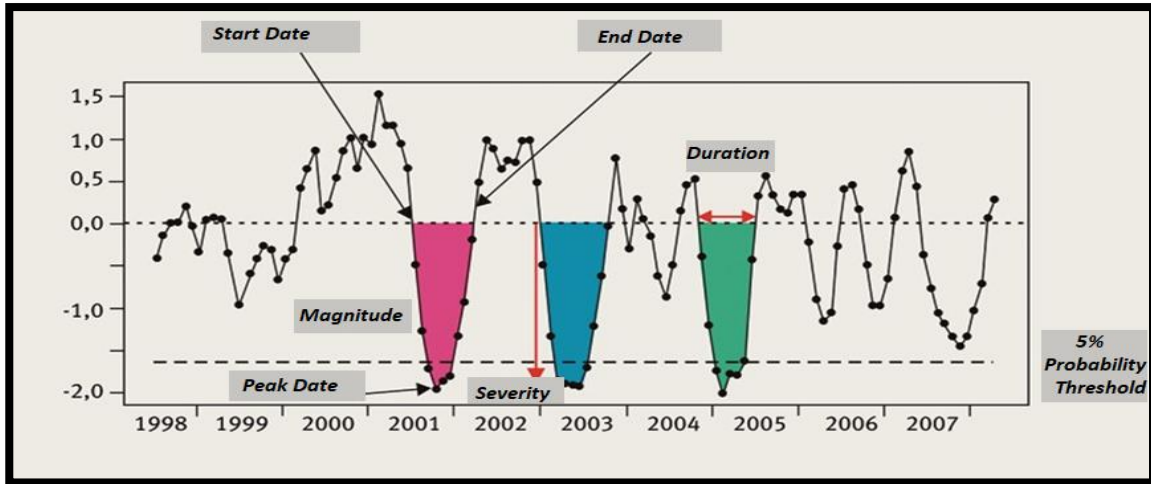
تم الاستناد على المصطلحات الأكثر استخداما ل [116]:

المدة: حسب عامل المنطقة، من الصعب معرفة المدة التي سيستمر فيها الجفاف؛ قد يمتد من أسبوع إلى سنوات. بالنظر إلى النطاقات الزمنية المختلفة ، قد تشهد المنطقة مراحل رطبة وجافة في وقت واحد بسبب الطبيعة الديناميكية للجفاف [117,62].

الفصل الثالث: المواد والبيانات والطرق

الحجم: العجز المائي الناتج عن هطول الأمطار دون حد معين خلال فترة الجفاف.
الشدة: قوة تأثير الجفاف مقارنة بوجوده.
درجة الشدة: [118, 119] أن الجفاف الشديد له استخدامان: العجز الناتج عن نقص هطول الأمطار (الحجم) أو معدل التأثير الناتج عن هذا النقص.
النطاق الجغرافي: يغطي الجفاف أثناء حدوثه مساحات شاسعة.
التكرارات (فترة العودة): متوسط الوقت بين أحداث الجفاف ذات الشدة الأكبر أو المساوية للحد الأدنى.

من الصعب تحديد شدة الجفاف؛ ليس من الممكن الاعتماد على مدة وشدة ومدى جغرافي لجفاف معين. لأن إمدادات المياه في أي منطقة تخضع للطلبات الناشئة عن الأنشطة البشرية والغطاء النباتي، وهو أيضا أحد العوامل التي تؤثر عليه [62, 120].



الشكل 14: رسم بياني يوضح تعريف وخصائص أحداث الجفاف: البداية، والنهاية، والمدة، والشدة، والحجم، والخطورة [121, 122].

5.11.111. تطوير مؤشرات الجفاف

تشارك جميع مؤشرات الجفاف في نفس القواسم حيث إنها ناجمة عن نقص هطول الأمطار سواء بمفردها أو مقترنة بعناصر أخرى.

يمكننا القول أن "مؤشر الجفاف" هو قيمة مكونة من رقم واحد تحدد سلوك الجفاف في منطقة الدراسة. بحث أن مؤشر الجفاف ليس حدث للجفاف، على عكس "حدث الجفاف"، فإنه يرتبط بتكرار أحداث الجفاف في الوقت المناسب، مع تحديد بدايتها ونهايتها. قامت المنظمة العالمية للأرصاد الجوية بتجميع قائمة بمختلف مؤشرات الجفاف.

حيث قامت هذه الأخيرة بتعريف مؤشر الجفاف على أنه مؤشر مرتبط ببعض الآثار التراكمية لنقص الرطوبة المطول وغير الطبيعي [123, 124, 125, 126]. و قام العلماء بتطوير العديد من المؤشرات في

الفصل الثالث: المواد والبيانات والطرق

مختلف المجالات (الأرصاد الجوية ، الهيدرولوجيا ، الزراعة ، موارد المياه ، الاستشعار عن بعد). و نظرا لتعقيد الجفاف ، يجب دائما البحث عن مؤشرات مختلفة للجفاف.

تم تحديد أكثر من 150 مؤشر جفاف قيد الاستخدام حول العالم^[127,128]. و يعتبر استخدام هذه المؤشرات لرصد ودراسة الجفاف أكثر انتشارا. لذلك، من الضروري تقديم صورة شاملة لتحليل الجفاف واتخاذ القرار من خلال مقارنة البيانات الناتجة عن هذه المؤشرات.

من بين الفوائد التي يوفرها مؤشر الجفاف: أنه يكتشف الجفاف في الوقت الفعلي ويحدد بداية ونهاية الجفاف ; من أجل اتخاذ الإجراءات اللازمة لتجنب آثار الجفاف مع تحديد الجفاف في أي منطقة. يتم تصنيف مؤشرات الجفاف حسب نوع التأثيرات المرتبطة بها أو استخدام البيانات^[129,130,131]. لهذا فان المجموعات الأكثر شيوعا هي تلك المتعلقة بالأرصاد الجوية والزراعة والهيدرولوجيا. و أضاف^[127] ثلاث فئات أخرى: مؤشرات الجفاف الشاملة والمجمعة والمستندة إلى الاستشعار عن بعد. و قد، حذف مرصد الجفاف في الولايات المتحدة التصنيف "الشامل"^[132].

وفقا للتصنيف الذي اعتمده^[133] ، يجب أن يفي المؤشر بأربعة معايير أساسية:

(1) ملائمة الجدول للمشكلة المطروحة.

(2) قابل للحساب

(3) يمكن تطبيقه على المشكلة المدروسة.

(4) وجود فهرس يحتوي على سجل طويل ودقيق ومتاح. من بين أمور أخرى يمكننا الاستشهاد بما يلي:

1.5.III.10. عشر الهطول

قدم^[79] أحد أبسط مؤشرات الجفاف في الأرصاد الجوية، وهو الطريقة العشرية. والتي تستند إلى تصنيفات هطول الأمطار على مدى فترة ثلاثة أشهر. تعتبر منطقة تحت ظروف الجفاف إذا كان مجموع الأشهر الثلاثة لهطول الأمطار في العشر الأخير من التوزيع التاريخي. بحيث ينتهي الجفاف عندما يكون مجموع الأشهر الثلاثة في العشر الرابع أو أكثر. و الهطول الذي تم قياسه خلال الشهر الماضي يضع فعليا إجمالي الثلاثة أشهر فيبتم تجميع الكسور العشرية في خمس فئات كما هو معروض في الجدول (4).

الجدول 4: تصنيف ظروف الجفاف حسب الأعشار.

وصف	فئة عشرية
أقل بكثير من المعتاد	عشري 1-2: أدنى 20٪
أقل من المعتاد	الشرائح العشرية 3-4: التالية الأدنى 20٪
شبه طبيعي	الفئات العشرية 5-6: وسط 20٪
فوق الطبيعي	الفئات العشرية 7-8: أعلى نسبة 20٪ تالية
أعلى بكثير من المعتاد	الفئات العشرية 9-10: الأعلى 20٪

الفصل الثالث: المواد والبيانات والطرق

2.5.II.III. الانحراف عن المؤشر المتوسط (Em)

الفرق في هطول الأمطار (EM) هو أفضل مؤشر لتحديد العجز المائي على النطاق السنوي. يمثل الفرق بين متوسط هطول الأمطار خلال العام (pi) والمعدل السنوي لهطول الأمطار على مدار 30 عاما على الأقل (Pm). ويتم التعبير عنه بالمعادلة التالية (2):

$$EM = Pi - Pm$$

يعبر الاختلاف الإيجابي عن السنوات الرطبة أو الفائض، والفرق السلبي هو تعبير عن عجز المياه أو سنوات الجفاف^[134].

3.5.II.III. النسبة المئوية لمؤشر التهطل العادي (PNPI)

تم اعتماد هذا المؤشر من قبل^[135] في عام 1994، نظرا لبساطته في قياس هطول الأمطار في أي منطقة. يتم حسابه على أساس هطول الأمطار ويستخدم على مقياس زمني شهري. يتم حسابه وفقا للمعادلة التالية:

$$PNI = Pi / P \times 100$$

حيث،

PNI: مؤشر هطول الأمطار العادي

Pi: الترسيب الفعلي

P: هطول الأمطار العادي

الجدول 5: فئات PNPI

فئة	مؤشر (نسبة مئوية)
طبيعي	أكثر من 80
جفاف ضعيف	70 to 80
جفاف معتدل	50 to 70
جفاف شديد	40 to 50
الجفاف الشديد	أقل من 40

4.5.II.III. مؤشر عجز هطول الأمطار (مؤشر الانحراف عن المعدل الطبيعي) (En):

يعتبر هذا المؤشر من أهم المؤشرات التي تتبع الجفاف وتحدد عدد سنوات العجز وتعاقبها. يتم تحديد السنة الرطبة إذا كان هذا المؤشر موجبا وجافا عندما يكون سالبا. يتم التعبير عنها بالشكل التالي:

$$En = (Pi - Pm) / Pm \times 100$$

حيث:

En: مؤشر عجز هطول الأمطار (بالنسبة المئوية).

Pi: هطول الأمطار السنوي (mm)، Pm: متوسط هطول الأمطار (mm).

الفصل الثالث: المواد والبيانات والطرق

5.5.II.III. مؤشر شنود هطول الأمطار (RAI)

تم تطوير مؤشر شنود الهطول (RAI) بواسطة [136] في مقياسين، أي شنود إيجابي وشنود سلبي. لذلك، يتم ترتيب بيانات هطول الأمطار بترتيب تنازلي. يتم حساب متوسط القيم العشر الأولى لتشكيل عتبة للشنود الإيجابي ويتم حساب متوسط القيم العشر السفلية لتشكيل عتبة للشنود السلبي. يتم حساب ذلك وفقا للمعادلتين:

إذا كان $P > \bar{P}$ ، إذن ، يتم إعطاء RAI بواسطة

$$RAI = 3 \times \left[\frac{(P - \bar{P})}{(m - \bar{P})} \right]$$

وإذا كان $P < \bar{P}$ ، فسيتم إعطاء RAI بواسطة:

$$RAI = -3 \times \left[\frac{(P - \bar{P})}{(m - \bar{P})} \right]$$

الجدول 6: تصنيف شدة الجفاف بواسطة RAI

العتبة المعينة إلى RAI	فئة
0/3 to 3	طبيعي
-1/2 to 0/3	جفاف ضعيف
-1/5 to -1/2	جفاف معتدل
-3 to -1/5	جفاف شديد
اقل من 3	الجفاف الشديد

حيث p هو هطول الأمطار الفعلي لكل سنة (مم)؛ \bar{P} هو متوسط هطول الأمطار على المدى الطويل (mm)، و m هو متوسط أعلى عشر قيم p للشنود الموجب ومتوسط أدنى عشر قيم p للشنود السالب.

6.5.II.III. مؤشر الهطول القياسي (SPI)

تم اقتراح مؤشر هطول الأمطار القياسي من قبل McKee وآخرون [136] لتقدير عجز هطول الأمطار لفترة مختلفة (على سبيل المثال ، أسبوعيا ، شهريا ، سنويا) [137,138]. في عام 2009 ، أوصت المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO) [139] باستخدامه لوصف حالات الجفاف في جميع أنحاء العالم. ليكون مؤشرا لتتبع ورصد الأرصاد الجوية للجفاف [140]. نظرا لبساطته وسهولة استخدامه [141,142] ، تم تصنيف مؤشر هطول الأمطار القياسي (SPI) كمؤشر فعال لتحديد فترات المطر والجفاف. يتم حساب

$$SPI = (X_i - X_m) / S \quad (1)$$

X_i : فترة المطر i ؛

X_m : متوسط هطول الأمطار خلال الفترة المدروسة ؛

S : الانحراف المعياري للسلسلة على المقياس الزمني المدروس.

الفصل الثالث: المواد والبيانات والطرق

يحسب المؤشر المعياري للهطول بنوع واحد من البيانات المناخية (هطول الأمطار) ، مما يحولها إلى قيم عددية تعبر عن حالات الجفاف [144,143]. يتم تعريفه وفقا لسبع فئات تحدد نوع الجفاف (الجدول 7) ، تتراوح من الجفاف الشديد إلى الجاف جدا. تشير قيم المؤشر المعياري للهطول (SPI) الإيجابية إلى هطول الأمطار فوق المتوسط (الفترة الرطبة)، بينما تشير القيم السلبية إلى هطول الأمطار أقل من المتوسط (فترة الجفاف) [136].

الجدول 7: تصنيف تسلسل الجفاف على أساس SPI

الألوان	الرموز	فئة الجفاف	قيمة SPI
	E-H	رطب للغاية	2.0 وما فوق
	S-H	مبلل جدا	1.5 to 1.99
	M-H	معتدل الرطب	49.1 to 1
	Normal	قريب من الوضع الطبيعي	0.99 إلى 0. -99
	S-M	جفاف معتدل	-1 إلى -49
	S-S	جفاف شديد	-1 إلى -99
	S-E	الجفاف الشديد جدا	-2.0 وأقل

8.5.II.III. مؤشرات الغطاء النباتي (NDVI)

النباتات الخضراء لها بصمة طيفية مميزة. في ظل ظروف موثوقة ، يمتص الكلوروفيل الموجود في الغطاء النباتي الأخضر الجزء الأحمر (R) من الطيف الكهرومغناطيسي. يتبع ذلك عودة قوية ل PIR إلى جهاز الاستشعار الساتلي [145]. في حالة الإجهاد المائي، تكون عودة PIR إلى المستشعر أضعف بينما يكون انعكاس الباقي أعلى. ولذلك فإن الفرق في PIR-R يكون أقل في فترات الجفاف. تم استخدام مجموعات مختلفة من هذين النطاقين الطيفيين لتطوير العديد من مؤشرات الغطاء النباتي.

$$NDVI = \frac{PIR - R}{PIR + R}$$

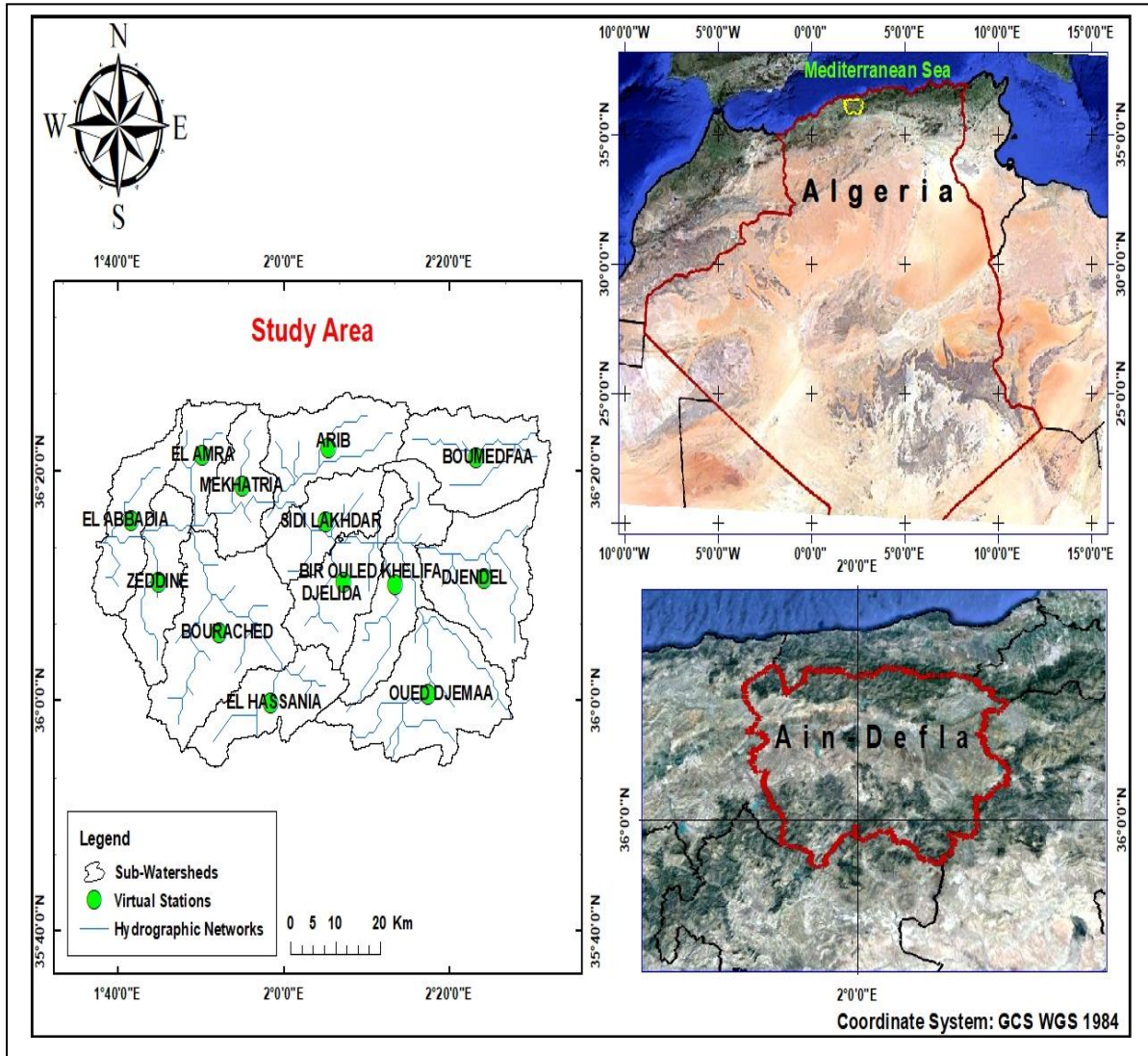
PIR: قناة الأشعة تحت الحمراء القريبة ؛ R: قناة حمراء.

الفصل الثالث: المواد والبيانات والطرق

الجزء الثالث: منطقة الدراسة

1.1.1.1. الموقع

تقع منطقة عين الدفلى جغرافيا بين خطي عرض 36-37 درجة شمالا وخطي طول 1-2 درجة شرقا. وهي محصورة مكانيا بين خمس مقاطعات (ولايات)، تيبازة في الشمال، و البليدة، و المدية في الشمال الشرقي، وتيسمسيلت في الجنوب، والشلف في الغرب [146]. تبلغ مساحتها 4544.28 كيلومتر مربع، على بعد 145 كيلومترا من الجزائر العاصمة، تقع بين سلسلتين جبليتين: الظهرة-زكار في الشمال بارتفاع 700 إلى 1576 مترا، و وارسنيس في الجنوب بارتفاع 1700 متر. يظهر في الوسط سهل على شكل حوض معروف باسم سهل شلف الأعلى ومحيطه المروي الذي يمتد على مساحة 20300 هكتار، وسهل العامرة وسهل العبادية ومحيطها المروي بمساحة 8.500 هكتار. يعبر وادي شلف من الشرق إلى الغرب [136, 137].



الشكل 15: الموقع الجغرافي لمنطقة عين الدفلى

الفصل الثالث: المواد والبيانات والطرق

2.3.3.3. بيانات التربة والمياه

1.2.3.3.3. بيانات Edaphic (نوع التربة)

وفقا للإحصاءات التي أعدتها المنظمات المتخصصة^[148]، فإن تربة المنطقة بشكل عام خفيفة وخصبة. كانت تقع على جانبي وادي الشلف الذي يحتل مساحة إجمالية تقارب 65 ألف هكتار.

2.2.3.3.3. بيانات المياه

تحتوي المنطقة على ستة سدود بطاقة إجمالية 491 مليون متر مكعب لتزويد مياه الشرب وري الأراضي و 3 مجمعات مائية تم رصدها وفق صور جوجل ارث. إلى جانب هذه المياه السطحية، تتمتع الولاية بإمكانيات كبيرة للمياه الجوفية، أي 2119 بئرا بمتوسط معدلات تدفق 1.5 لتر / ثانية لكل وحدة، وعدة سدود وهم كالتالي: سيدي محمد بن طيبة ، أولاد ملوك ، غريب ، دردر ، حرازة و سد بورومي^[148].

3.3.3.3.3. زراعة الأراضي المنخفضة

هناك نوعان من السهول الهامة في المنطقة:

يمتد سهل الخميس على مساحة 22000 هكتار وسهل العمارة - العبادية على مساحة 8000 هكتار. يتم استغلاله بشكل أساسي في الزراعة المختلطة (زراعة الحبوب ومحاصيل العلف وتسويق البستنة وغرس الأشجار وما إلى ذلك). على النقيض من السهول الأخرى الأقل أهمية: سهول زدين وروينا.

1.3.3.3.3. الزراعة الجبلية

هي زراعة تقليدية تعتمد على وسائل الزراعة البسيطة بسبب قسوة الطبيعة في المنطقة ، وخاصة في وارسينيس (Ouarsenis)، وكذلك في الظهرة الزكار (Dahra-Zaccar). تعتبر تربية الماشية أهم نشاط بالمنطقة (تربية الأغنام والماعز) والمزارع الصغيرة (تربية النحل ، تربية الدواجن ، تربية الأرانب).

2.3.3.3.3. توزيع الأراضي

تبلغ مساحة منطقة عين الدفلى ما يقارب 454,428 هكتار. موزعة على الأراضي الزراعية بمساحة 235.611 هكتار بنسبة 51.84٪ ، والأراضي المزروعة بالأشجار 162.870 هكتار بنسبة 35.84٪. أما باقي الأراضي فهي غير زراعية بمساحة 55.945 هكتار بنسبة 12.3٪. يتم توزيع الأراضي الزراعية حسب المنطقة والنوع (الحبوب ، الأعلاف ، المحاصيل المعمرة ، تسويق البستنة ، إلخ)

الحبوب هي النشاط الزراعي السائد في نظام الإنتاج الزراعي في المنطقة. متوسط المساحة المزروعة 77310 هكتار بنسبة 42.55٪. أهم مكونين هما القمح والشعير. أما باقي المحاصيل فيتمثل أهمها في الجدول رقم (8) بحسب بيان مديرية المصالح الفلاحية - DSA^[148].

الفصل الثالث: المواد والبيانات والطرق

الجدول 8: تنوع المحاصيل المنتجة حسب المساحة DSA [148].

أنواع المحاصيل	المساحة (هكتار)
خضروات مجففة	4.307
خضار البستنة	36.550
الطماطم الصناعية	2.000
الأشجار والثمار	17.700
الحبوب	77.310
غذاء الحيوانات	23.198

4.111.111. بيانات المناخ

تتمتع منطقة عين الدفلى بمناخ متوسطي رطب بطابع قاري ، ويصل الاختلاف بين أشهر الصيف والشتاء من حيث درجة الحرارة إلى 20 درجة. كأحر منطقة شبه ساحلية في الجزائر خلال موسم الصيف. يتقلب هطول الأمطار خلال الأوقات والمواسم المختلفة، حيث يصل من 500 إلى 600 ملم / سنة.

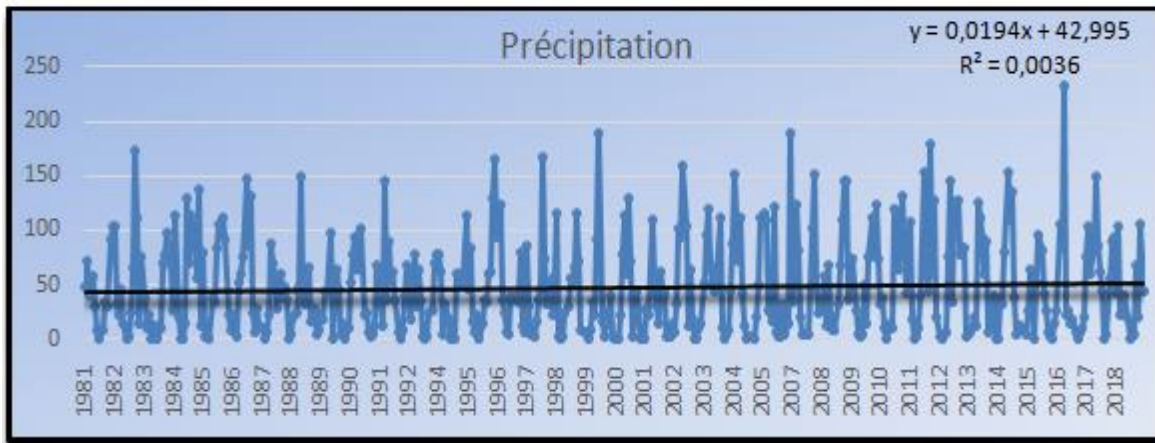
1.4.111.111. الأمطار

يبلغ متوسط هطول الأمطار السنوي حوالي 570.45 ملم / سنة، وهو أعلى في المرتفعات منه في السهل. يبلغ معدل هطول الأمطار ذروته في ديسمبر و جانفي و فيفري، وهي الأشهر التي تعطي حوالي 30-40٪ من الأمطار السنوية. على العكس من ذلك، فإن أشهر الصيف (من جوان إلى أوت) تكاد تكون جافة دائما، ويكون التوزيع الموسمي على النحو التالي:

* موسم الأمطار جانفي ونوفمبر وديسمبر.

* الموسم الجاف: جوان و جويلية وأوت.

* متوسط موسم هطول الأمطار فيفري ومارس وأفريل وماي وسبتمبر وأكتوبر.



الشكل 16: متوسط هطول الأمطار الشهري لكل سنة لفترة الممتدة من 1981 إلى 2019 (مم)

الفصل الثالث: المواد والبيانات والطرق

يوضح الشكل (16) أن فترة الجفاف تمتد من جوان إلى أوت ، بينما تمتد فترة هطول الأمطار الأخرى من سبتمبر إلى ماي خلال كل سنة من سنوات الدراسة. حسب بيانات الجدول (9) فإن متوسط هطول الأمطار الشهري لـ 38 سنة من الفترة الممتدة من 1981 إلى 2019 كان في أعلى قيمه خلال شهر نوفمبر و ديسمبر و كذا جافني وفيفري و هي أيام الشتاء. أما اقل قيمة سجلت خلال أشهر جويلية و أوت وهي أيام الصيف.

الجدول 9: متوسط هطول الأمطار الشهري (لمدة 38 سنة)

Janvi	Févri	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Août	Sep	Oct	Nov	Dec
83,99	75,48	57,28	44,62	42,49	11,75	2,88	5,09	25,47	45,89	88,24	87,27

2.4.iii.iii. الحرارة

تم تسجيل متوسط درجات الحرارة الشهرية على مدى فترة 38 سنة. تختلف الحدود الدنيا المسجلة من 5.72 إلى 23.62 درجة مئوية ، على التوالي في شهري جانفي و أوت ، بينما تختلف الحدود القصوى من 12.94 إلى 33.68 درجة مئوية على التوالي في شهري يناير و جويلية ، بمتوسط حد أدنى 9.33 درجة وحد أقصى 28.63 درجة الجدول (10).

الجدول 10: المتوسط الشهري لدرجة الحرارة (لمدة 38 سنة)

mois	Janvi	Févri	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Août	Sept	Oct	Nov	Dec
tmmn	5,726	6,38	8,75	11,51	14,89	19,75	23,58	23,62	20,03	15,42	10,31	7,071
tmmx	12,94	13,99	16,55	18,95	23,69	29,10	33,68	33,29	28,50	23,74	17,74	14,09
Tmm	9,33	10,19	12,65	15,23	19,29	24,42	28,63	28,46	24,26	19,58	14,03	10,58

3.4.iii.iii. الرياح

تهب الرياح السائدة من الشرق إلى الغرب وتسجل أعظمها في شهر أفريل مع 3.46 م / ث والحد الأدنى في أكتوبر مع 2.24 م / ث الجدول (11).

الجدول 11: متوسط الرياح الشهرية (لمدة 38 سنة)

mois	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Août	Sept	Oct	Nov	Dec
	2,956	3,140	3,104	3,464	3,270	3,225	3,085	3,084	2,832	2,246	2,976	2,812

5.iii.iii. مخطط المناخ لـ أومبارجي (Climagram Emberger)

يتم تحديد حاصل هطول الأمطار (Q2) (quotient pluviothermique d'EMBERBER) من خلال مجموعة من العوامل المناخية الثلاثة الرئيسية. تعطى بالصيغة التالية:

$$Q2 = 2000P/M2 - m$$

لذا: P: متوسط هطول الأمطار السنوي ملم، M: أقصى الشهور سخونة بالدرجات، m: يعني الحد الأدنى من أبرد شهر بالدرجات

الفصل الثالث: المواد والبيانات والطرق

قام Stewart (1969) بتحويل هذه المعادلة التي تم الحصول عليها لمناخ البحر الأبيض المتوسط وفق الصيغة التالية:

$$Q2 = KP/M - m$$

K: ثابت عند 3.43 ؛ درجات الحرارة بالدرجات المئوية لـ M و m ؛ P هو المطر بالمليمتر. عامل M-m هو التعبير عن التبخر ، بشكل عام يكون أقوى لأن (M-m) أكبر (Emberger في Letrech-Belarouci)

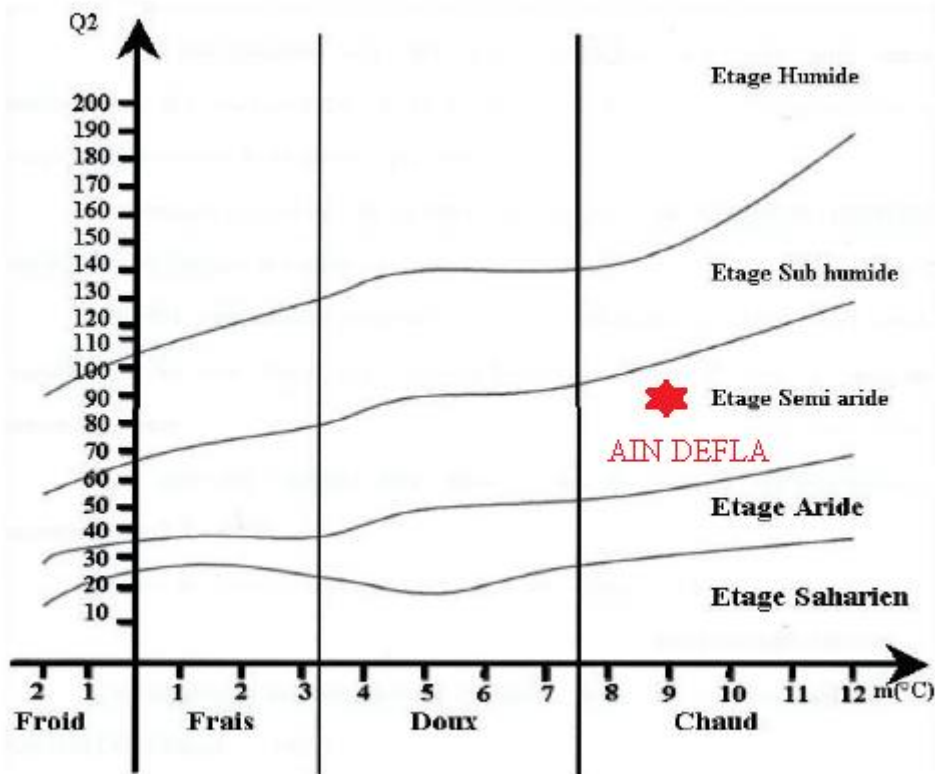
الجدول 12: درجات الحرارة الدنيا والقصى الشهرية ومتوسط هطول الأمطار السنوي والحاصل

Q2

لكل محطة:

Q	P (mm)	T min °C	T °C	Willaya
90.78	47.53	9.33	33.68	Ain Defla

حسب الرسم البياني لمخطط المناخ لـ Emberger (الشكل 17) ، يمكننا القول أن ولاية عين الدفلى في المجال المناخي شبه رطبة مع شتاء دافئ.



الشكل 17: نقطة الإسقاط لولاية عين الدفلى في مخطط المناخ لـ Emberger.

الفصل الثالث: المواد والبيانات والطرق

6.III.III. مخطط غاوسن الشامل للحرارة (Diagramme Ombrothermique de Gausson)

إنه تمثيل بياني لتغير هطول الأمطار ودرجة الحرارة كدالة للوقت (أشهر)، باستخدام متوسط درجات الحرارة الشهرية لمحطة عين الدفلى، ومتوسط هطول الأمطار الشهري. و حسب الشكل (18) ، يمتد موسم الجفاف على فترة 5 أشهر ، يبدأ من نهاية أفريل حتى بداية أكتوبر.

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

T: متوسط درجة الحرارة الشهرية في درجة مئوية.

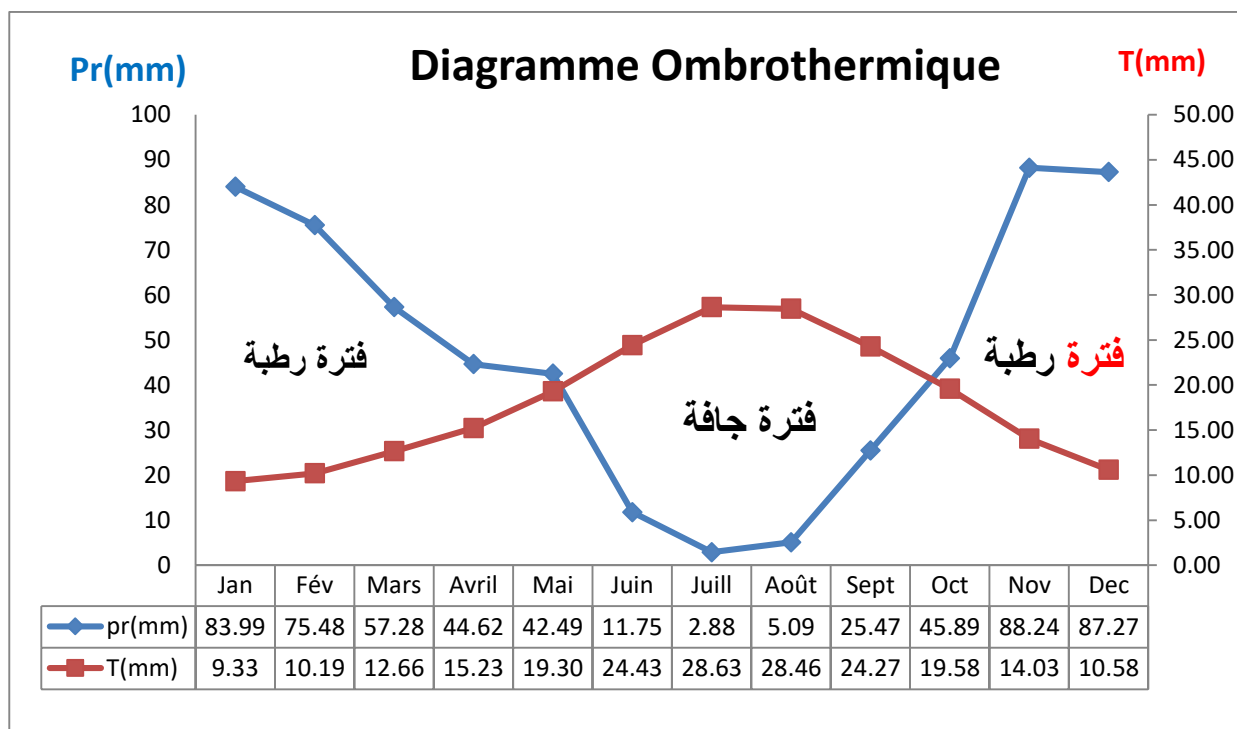
P: متوسط هطول الأمطار الشهري بالملم (P = 2T)

الجدول 13: متوسط درجة الحرارة وهطول الأمطار (38 سنوات)

mois	Janv	Févr	Mar	Avri	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec
pr(mm)	83,99	75,48	57,28	44,62	42,49	11,75	2,88	5,09	25,47	45,89	88,24	87,27
T(mm)	9,33	10,19	12,66	15,23	19,3	24,43	28,63	28,46	24,27	19,58	14,03	10,58

يمتد موسم الجفاف على فترة 4 أشهر، يبدأ من نهاية شهر ماي حتى بداية شهر أكتوبر وهذا وفقا

لرسم التخطيطي اومبروتارميك الشكل (18)



الشكل 18: رسم بياني (Diagramme Ombrothermique Gausson) من 1981 إلى 2019 لولاية عين الدفلى.

الفصل الثالث: المواد والبيانات والطرق

الجزء الرابع البيانات والمعطيات

1.IV.III. البيانات والأدوات

1.1.IV.III. البيانات المناخية

تم الاعتماد على البيانات المناخية من الأقمار الصناعية لأنها جيدة بما يكفي لتوفير البيانات في الأماكن التي لا توجد بها محطات للأرصاد الجوية [150,149]. أصبحت هذه البيانات بديلا ومكملا لبيانات المحطات الأرضية التقليدية، حيث تم الحصول على بيانات هطول الأمطار السنوية واستخراجها (الجدول 14) من مجموعة بيانات المركز الوطني للملاحة الجوية وإدارة الفضاء (NASA). مجموعة البيانات هذه لديها "دقة وتشابه البيانات مع محطات الأرصاد الجوية التقليدية". تتمتع بميزة وجود تغطية مكانية وزمانية عالمية [151]. يوفر الموقع بيانات من عام 1981 وما بعدها، يتم تحديثها دائما ويمكن الوصول إليها من موقع الويب: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer>.

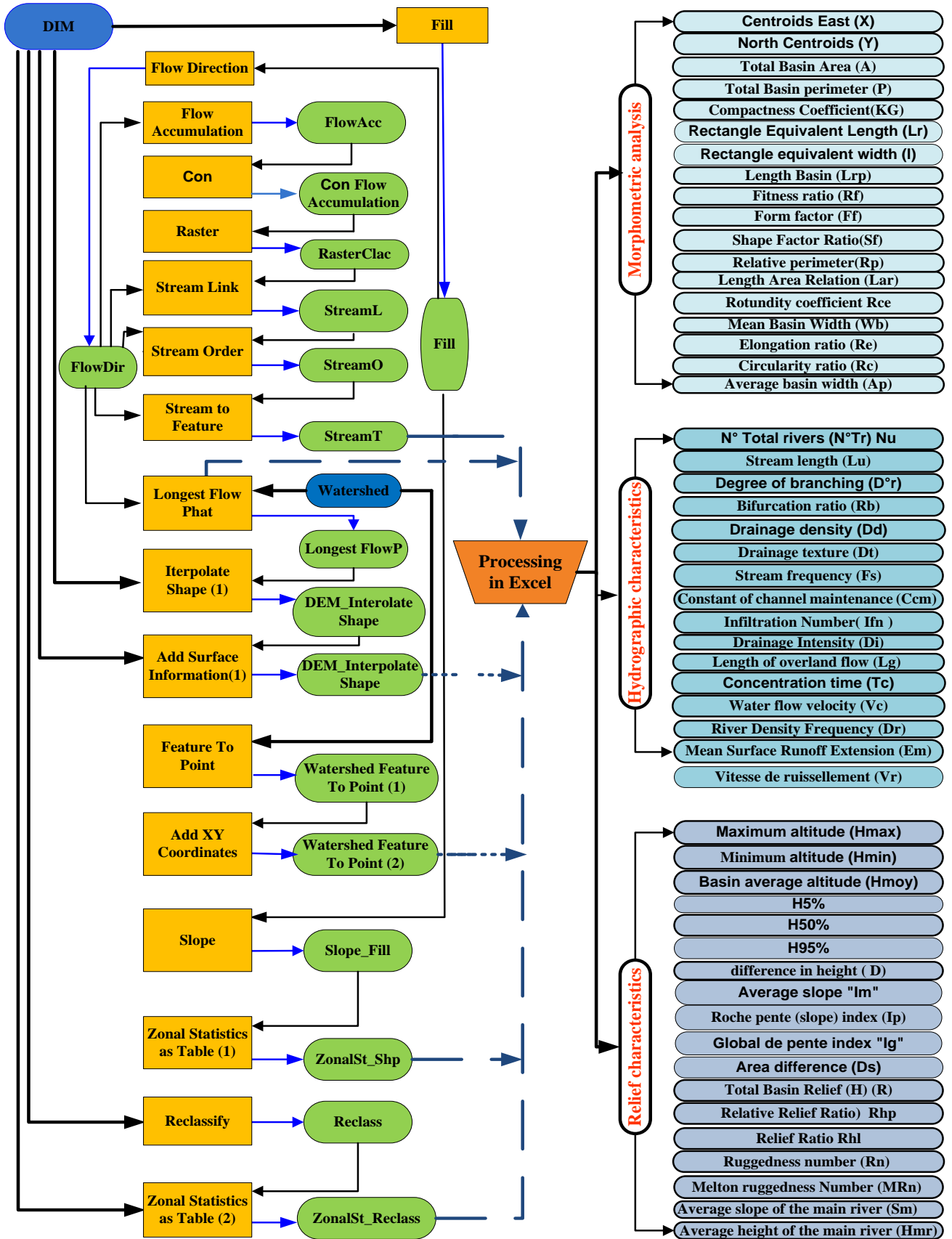
يمكن أن تصبح بيانات الأقمار الصناعية أفضل بديل لمحطات المراقبة الأرضية، خاصة في المناطق التي لا توجد بها محطات مراقبة أرضية. تعتبر منطقة الدراسة أهم مثال على ذلك، حيث أنها تحتوي على عدد اقل من 4 محطات للمراقبة الأرضية على مساحة شاسعة، وحتى البيانات المناخية لهذه المحطة بها فجوات. لذلك يصبح استخدام الأقمار الصناعية أمرا ضروريا والبيانات المستخرجة من الأقمار الصناعية شبيهة جدا بالبيانات الواردة من المحطات الأرضية. يمكن معرفة طريقة تحميل المعطيات المناخية على الموقع من خلال رابط الفيديو الذي وضعناه على قناتنا على يوتيوب:

<https://www.youtube.com/watch?v=G-2V2Q9qaqo>

2.1.IV.III. البيانات الهيدرولوجية

تم الاستعانة بهيئة المسح الجيولوجي الأمريكية (USGS) على الموقع: <http://www.earthexplorer.usgs.gov> من اجل تحميل بيانات (صور Raster) لمنطقة عين الدفلى و بدقة مكانية 30 مترا. يتم استخلاص هذه الصور على إسقاط (DEM) WGS 1984 UTM Zone 31N المعبر عن موقع المنطقة (منطقة الدراسة) ونماذج التضاريس الرقمية (DTM) من نوع SRTM، تستعمل من أجل تقييم أفضل لدراسة المنطقة من حيث الانحدار ونظام الصرف والتضاريس والجيومورفولوجيا وعلم الصخور من الخرائط الجيولوجية.....الخ. يمكن الاطلاع على المخطط في الشكل (19) في الأسفل الذي يمثل الطريقة و التطبيق الذي قمنا بإنشائه من اجل وصول أسرع إلى جميع البيانات البرنامج و طريقة عمله في هذا الفيديو على قناتنا في يوتيوب <https://youtu.be/CbXHxSuc6J8>.

الفصل الثالث: المواد والبيانات والطرق



الشكل 19: مخطط لحساب البيانات المورفومترية وخصائص التضاريس

الفصل الثالث: المواد والبيانات والطرق

2.IV.III. الأدوات

1.2.IV.III. نظام المعلومات الجغرافية (Système d'information géographique): اختصارا GIS ، هو نظام قائم على الحاسوب يعمل على جمع وصيانة وتخزين وتحليل وإخراج وتوزيع البيانات والمعلومات المكانية. وهذه أنظمة تعمل على جمع وإدخال ومعالجة وتحليل وعرض وإخراج المعلومات المكانية والوصفية، لأهداف محددة، وتساعد على التخطيط واتخاذ القرار فيما يتعلق بالزراعة وتخطيط المدن والتوسع في السكن،.....الخ.

يمكننا هذا النظام من إدخال المعلومات الجغرافية (خرائط، صور جوية، مرئيات فضائية) والوصفية (أسماء، جداول)، معالجتها (تنقيحها من الخطأ)، تخزينها، استرجاعها، استفسارها، تحليلها تحليل مكاني وإحصائي، وعرضها على شاشة الحاسوب أو على ورق في شكل خرائط، تقارير، ورسومات بيانية.

2.2.IV.III. برامج التحاليل الإحصائية: تعد من البرامج الحاسوبية، التي تستخدم في مجال تحليل البيانات والمعلومات ذات الطبيعة الرقمية (بيانات الفترة، والبيانات النسبية)، أو غير الرقمية (البيانات الاسمية، والبيانات الترتيبية)، فهي تقوم بإجراء عمليات حسابية معقدة وطويلة تختصر الوقت والجهد.

وتوجد العديد من البرمجيات الحاسوبية التي يمكن أن يستخدمها الباحثون والباحثات في معالجة البيانات والمعلومات، مثل: تطبيق EXCEL ، وتطبيق MINITAB ، وتطبيق SAS ، وتطبيق SHAZAB ، وتطبيق MATLAB ، وتطبيق R ، وتطبيق E.VIEWS.....الخ. حيث اعتمدنا على برنامجي Statistica و Past في التحليلات الإحصائية.

الفصل الثالث: المواد والبيانات والطرق

الجزء الخامس: طريقة العمل

في هذا العمل قمنا بتقسيمه إلى عدة مراحل للوصول إلى النتائج ابتداء من المرحلة الأولى و هي الحصول على البيانات المطلوبة تليها المرحلة الثانية و هي تحديد الجفاف داخل منطقة الدراسة و المرحلة الثالثة حساب و استخراج البيانات الهيدرولوجية ، أما المرحلة الرابعة فهي مرحلة إجراء التحليل الإحصائي و المرحلة الأخيرة و هي المهمة من أجل إدخال الجفاف في نموذج الفضاء الرياضي متعدد المتغيرات.

1.V.III. المرحلة الأولى

ضمن برنامج نظم المعلومات الجغرافية، تم تقسيم منطقة الدراسة إلى ثلاثة عشر (13) مستجمعا مائيا فرعيا، على أساس الوديان بأكملها للحصول على نقاط تمثل محطات الأرصاد الجوية داخل كل مستجمعات المياه. استندت هذه الطريقة إلى عدم وجود محطات مراقبة أرضية كافية داخل المنطقة. من أجل تحميل البيانات المناخية ، تم تحديد النقاط ذات الإحداثيات الجغرافية X ، Y ، Z داخل كل حوض مائي. تم اختيار هذه المحطات الافتراضية ST01 ... ST13 لتمثيل محطات المراقبة الأرضية داخل كل مستجمع مائي وفق الجدول (14).

الجدول 14: محطات هطول الأمطار المختارة داخل منطقة الدراسة

Les Bassins	Centroides		Géométrie		stations
	X	Y	A	P	
EL ABBADIA	382722,671	4013347,87	219,1	121,3	ST1
ZEDDINE	387475,099	4003358,03	226,1	120,8	ST2
EL AMRA	395676,624	4023634,33	153,0	95,2	ST3
MEKHATRIA	402883,895	4018575,95	198,6	100,6	ST4
BOURACHED	398428,724	3995073,79	527,8	168,7	ST5
EL HASSANIA	407589,983	3983677,57	254,4	123,8	ST6
DJELIDA	420963,494	4003010,23	268,6	144,8	ST7
SIDI LAKHDAR	417766,627	4012797,25	221,4	108,5	ST8
ARIB	418405,55	4024704,49	310,5	134,4	ST9
BIR OULED KHELIFA	430324,828	4002434,8	315,2	169,0	ST10
DJENDEL	446413,943	4003482,69	380,3	131,9	ST11
OUED DJEMAA	436143,181	3984900,79	452,9	155,2	ST12
BOUMEDFAA	445083,12	4022730,14	332,4	116,4	ST13

تم تنزيل البيانات المناخية (على مقياس السنوي) بدون ثغرات في 27 مارس 2020 ، من موقع مجموعة بيانات الطاقة (NASA) لمدة 38 عاما من 1981 إلى 2019.

الفصل الثالث: المواد والبيانات والطرق

2.V.III. المرحلة الثانية: باستخدام برنامج ArcMap، يتم إدخال القيم السنوية لهطول الأمطار خلال سنوات الدراسة، من أجل رسم خريطة جغرافية للتوزيع المكاني لهطول الأمطار داخل المنطقة. يتم إدخال بيانات هطول الأمطار في برنامج تم إنشائه بتطبيق Excel لحساب قيمة المؤشر المعياري لهطول خلال الفترة الزمنية السنوية (الفترة المرجعية 1 سنة) خلال فترة الدراسة من 1981 إلى 2019 البرنامج و طريقة عمله في هذا الفيديو على قناتنا في يوتيوب <https://youtu.be/elrjcef10DE> . بعد ذلك، يتم تصنيف قيم SPI وفقاً لـ^[136] لمعرفة نوع الجفاف داخل كل محطة وتحديد السنوات الرطبة والجافة. بعد الحصول على قيم SPI يمكننا تحديد التوزيع المكاني لها داخل منطقة الدراسة من خلال تمثيلها في شكل خرائط رقمية، أي السنوات الرطبة والجافة. يمكننا الحصول على هذه الخرائط باستخدام الطريقة الجيوإحصائية (krigeage) لتمثيل التوزيع المكاني للقيم SPI و P نفسها داخل GIS لمنطقة الدراسة وموقع وانتشار وحركة الجفاف.

3.V.III. المرحلة الثالثة: بعد تحميل الصور الجوية من الموقع الأمريكي للمسح الجيولوجي (USGS) بدقة 30 متر نقوم بالاستعانة ببرنامج Gis من أجل إنشاء تطبيق لحساب مختلف المعطيات و التحليل المورفومتري لمختلف الأحواض الفرعية داخل منطقة الدراسة، وتم ذلك اعتماداً على برنامج ArcGis و برنامج Excel وفق المخطط (19) بحساب و استخراج وقياس المعلمات المورفومترية لما يقارب (70 متغير).

4.V.III. المرحلة الرابعة: بعد تحديد جميع البيانات المناخية و المورفومترية لمنطقة الدراسة لكل حوض من الأحواض الفرعية الثلاثة عشر (13) كل على حدا. نقوم بجمع هذه البيانات داخل برنامج Excel بترتيب كل محطة مع البيانات الخاصة بكل منطقة، من أجل استعمالها داخل برنامج الإحصائي (Statistica) أو (Past) بالاعتماد على طريقة تحليل المركبات الرئيسية ACP و طريقة الارتباط القويم ACC من أجل الحصول على البيانات الإحصائية، و تحديد العلاقة بين هاتاه المعطيات التي تم جمعها معاً. كما تقوم طريقة ACP بتلخيصها في عوامل تختلف نسبة أهميتها، و وفق مجموعات حسب طريقة ACC.

5.V.III. المرحلة الخامسة: فيها جزأين: الجزء الأول هو عبارة عن خلاصة أو الهدف النهائي من أجل تمثيل الجفاف في الفضاء الرياضي متعدد المتغيرات، حيث نقوم باختيار قيم العاملين F1 و F2 الناتجان عن المرحلة الرابعة داخل البرنامج الإحصائي وفق الطريقة الإحصائية للمركبات الرئيسية ACP أو طريقة الارتباط القويم ACC و نعوضها مكان الإحداثيات الجغرافية لكل محطة بحيث بدل (X,Y,SPI) التي تم رسم خرائط الجفاف بها ليصبح لدينا (F1,F2,SPI) التي نقوم برسم الخرائط الرقمية في برنامج Gis أو Past، و لمعرفة توزع الجفاف داخل الفضاء الرياضي متعدد المتغيرات و تحديد العوامل المتحكمة و المأثرة على الجفاف و توزيعه داخل منطقة الدراسة وفق الطريقتين الإحصائيتين: طريقة المركبات الرئيسية (ACP) و <https://youtu.be/xkSk3dU-DHs> و طريقة الارتباط القويم (ACC)

، أما الجزء الثاني تحدثنا فيه عن تحليل و مناقشة النتائج المتحصل عليها. https://youtu.be/TKdhn4_e2vE

الفصل الرابع

النتائج و المناقشة

الفصل الرابع: النتائج والمناقشة

الجزء الأول: الأحواض النهرية

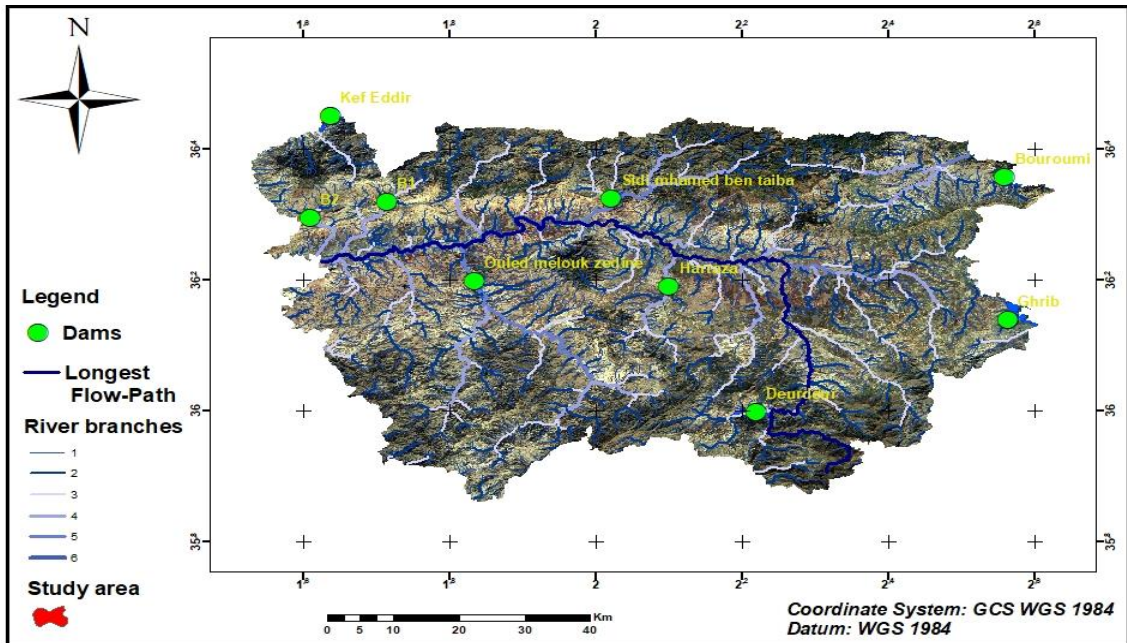
تمهيد

تم تقسيم النتائج إلى أربعة مراحل أو أربعة خطوات، المرحلة الأولى يتم فيها عرض النتائج الهيدولوجية داخل منطقة عين الدفلى من حيث الأحواض النهرية و التفرعات النهرية ومحطات الرصد الجوي. و المرحلة الثانية نعرض فيها نتائج المعطيات المورفومترية و الخصائص الهيدروغرافية و خصائص التصريف الخ لجميع الأحواض النهرية و نعرض فيها أيضا نتائج البيانات المناخية من درجات الحرارة و التساقط والرياح و..... الخ. ثم ننتقل إلى المرحلة الثالثة التي نحدد فيها الجفاف داخل منطقة الدراسة والأحواض بصفة خاصة و تحديد سنوات الجفاف وسنوات الرطوبة لكل محطة.

ثم تأتي المرحلة الرابعة التي نعرض فيها جميع البيانات داخل البرنامج الإحصائي بإتباع طريقة ACP أو ACC لتحديد علاقة الجفاف بجميع البيانات المحسوبة. ثم آخر مرحلة نعرض فيها الجفاف في الفضاء الرياضي متعدد المتغيرات.

1.1.IV. السدود داخل المنطقة

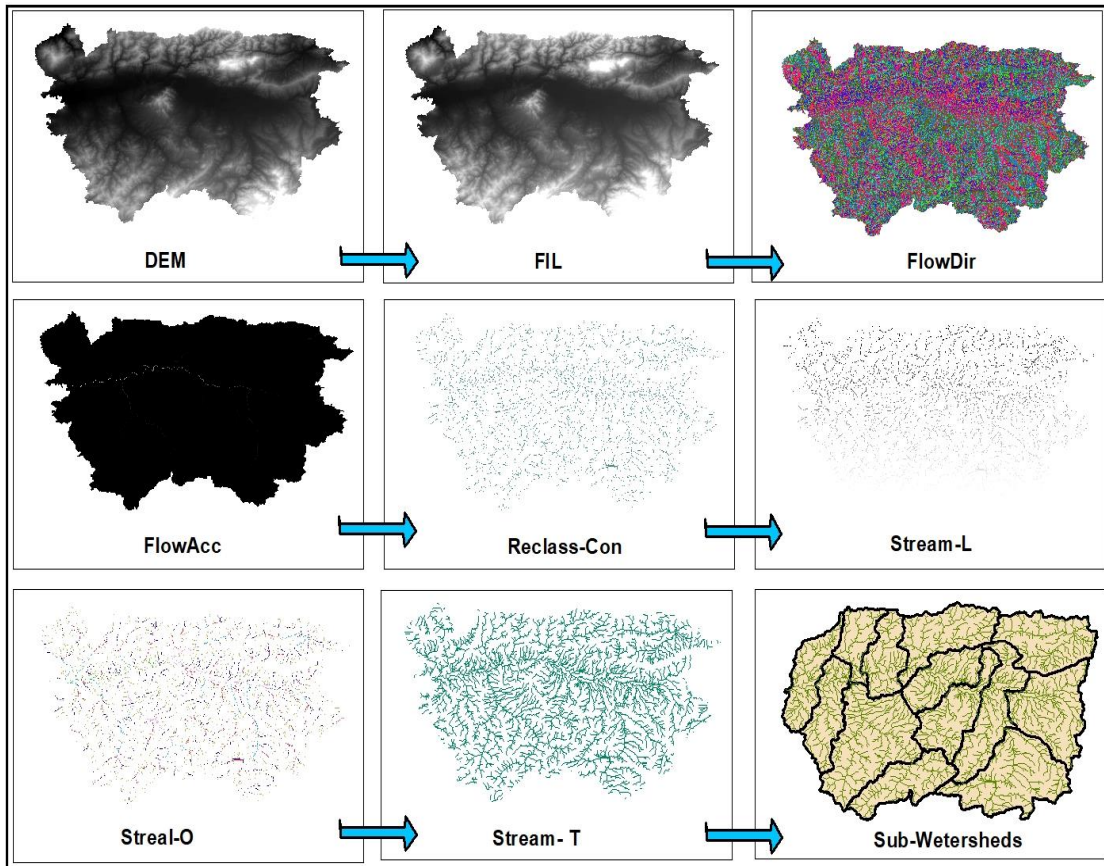
يمثل الشكل (20) توزيع تصريف الوديان و أهم موارد المياه داخل منطقة عين الدفلى حيث تم تحديد 6 سدود و 3 مجمعات مائية داخل المنطقة وعلى حدودها توزعت ب: سد بورومي و سد غريب في الجزء الشرقي بين حدود الولاية، و سد محمد بن طيبة و أولاد ملوك و حرازة في وسط الولاية ، أما سد دردر يقع في الجزء الجنوب الغربي من المنطقة. أما بالنسبة للجزء الغربي فانه يحتوي على كاف إدير و B1 و B2 وهي مجمعات مائية تم رصدها بواسطة جوجل ارث.



الشكل 20: الشبكات الهيدروغرافية والسدود داخل منطقة عين الدفلى

2.1.IV. استخراج الأحواض النهرية

يتم تحديد الأحواض المائية داخل منطقة عين الدفلى وفق الشكل (21) الذي يلخص كل المراحل، بحيث يتم إستظهارهم داخل برنامج Arc Gis نسخة 10.3 بإدخال الصور الجوية DEM ذات دقة مكانية 30 متر ثم تصحيح هذه الصور من الشوائب و العيوب وفق المرحلة الأولى Fil في الشكل ثم تحديد جهة الانحدارات في المرحلة الثانية Flow Dir ، بعدها يتم تحديد اتجاه التفرع الرئيسي أو التدفق الأساسي داخل المنطقة في المرحلة الثالثة Flow-Acc ، ثم يتم معالجة و ترتيب التفرعات المائية وفق طريقة Stleckler و هي عبارة عن صورة راستر Raster في المرحلة الرابعة Reclasi Con و يتم تحديد الوديان و التفرعات وفق أي طول يتم تحديده 100 متر أو أكثر ، ثم يتم الانتقال إلى المرحلة الخامسة التي يتم فيها جمع التفرعات و تقسيمها وفق تفرعات رئيسية فرعية متصلة بالخط الرئيسي Stream-L , ننتقل إلى المرحلة السادسة Stream-O و يتم فيها تحديد كل الرتب الأساسية والتفرعات 1 و 2 و 3..... الخ حتى الرتبة الأخيرة، ثم المرحلة السابعة Stream-T التي يتم تحويل فيها صيغة الصور من راستر Raster إلى خطية Vecteurs ثم تأتي أهم مرحلة وهي المرحلة الأخيرة التي يتم فيها تحديد حدود التفرعات المائية التي قدر عددها بثلاثة عشر (13) وفق التفرعات الرئيسية.

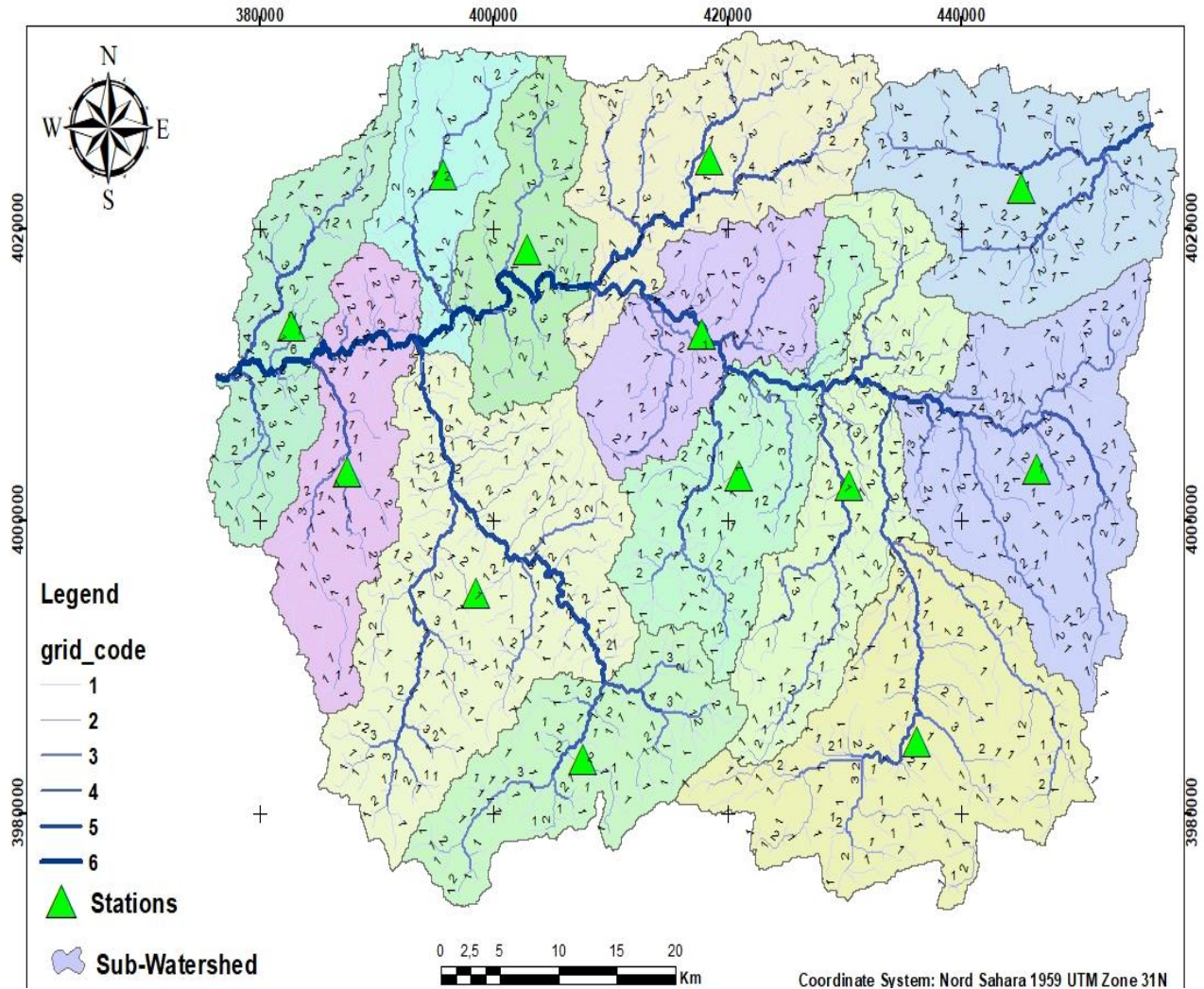


الشكل 21: مراحل تحديد الأحواض النهرية داخل برنامج Arc Map

الفصل الرابع: النتائج والمناقشة

3.1.IV. تحديد رتب الأودية

تم تحديد جميع الأحواض النهرية الفرعية sous bassins الثلاثة عشر (13) داخل منطقة الدراسة مع التفرعات النهرية و الرتب حيث حددت 6 رتب موزعة داخل المجمعات النهرية الفرعية. مثلت الرتبة 6 الخط الرئيسي الذي يمتد من أعلى نقطة في الشرق إلى المصب في أدنى نقطة في الغرب مع التقائه بالتفرعات الثانية من حيث الترتيب، الرتبة 5 ثم الرتبة 4 و تليها 3 ثم 2 حتى إلى آخر رتبة وهي التفرعات الصغيرة ذات الرتبة 1. وتم تحديد المحطات الافتراضية التي تمثل المحطات الأرضية داخل المنطقة وهي عبارة عن نقط ذات إحداثيات جغرافية (X Y Z) داخل كل حوض نهري فرعي أي بمعدل 13 محطة افتراضية في كل المنطقة.

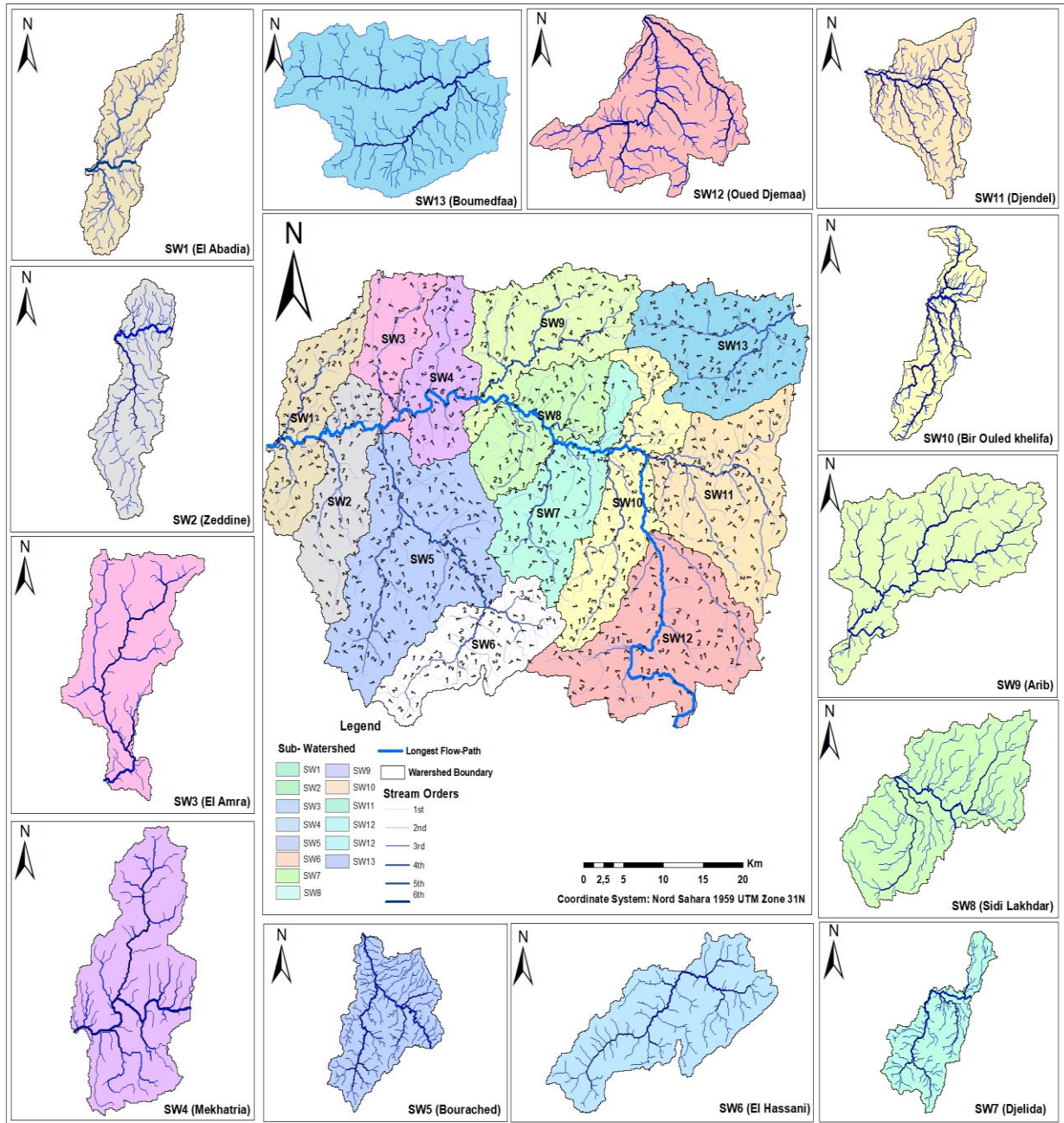


الشكل 22: تحديد رتب الأودية داخل الأحواض النهرية

الفصل الرابع: النتائج والمناقشة

4.1.IV. تحديد الأحواض النهرية الفرعية

حسب الشكل (23) تم تقسيم منطقة عين الدفلى إلى ثلاثة عشر (13) حوض مائي فرعي وفقا لطريقة Strickler من SW1 و SW2..... SW13 وجميع هذه المجمعات المائية مرتبطة مع بعضها لتشكل الحوض الرئيسي الأكبر ، وكل حوض فرعي لديه تفرعات و خط رئيسي له ارتباط نحو الانحدار إلى الخط الرئيسي الذي يمتد بانحدار من أعلى نقطة في الشرق إلى أدنى نقطة في الغرب، و كل الأودية الرئيسية داخل الأحواض الفرعية تصب في هذا النهر الرئيسي.

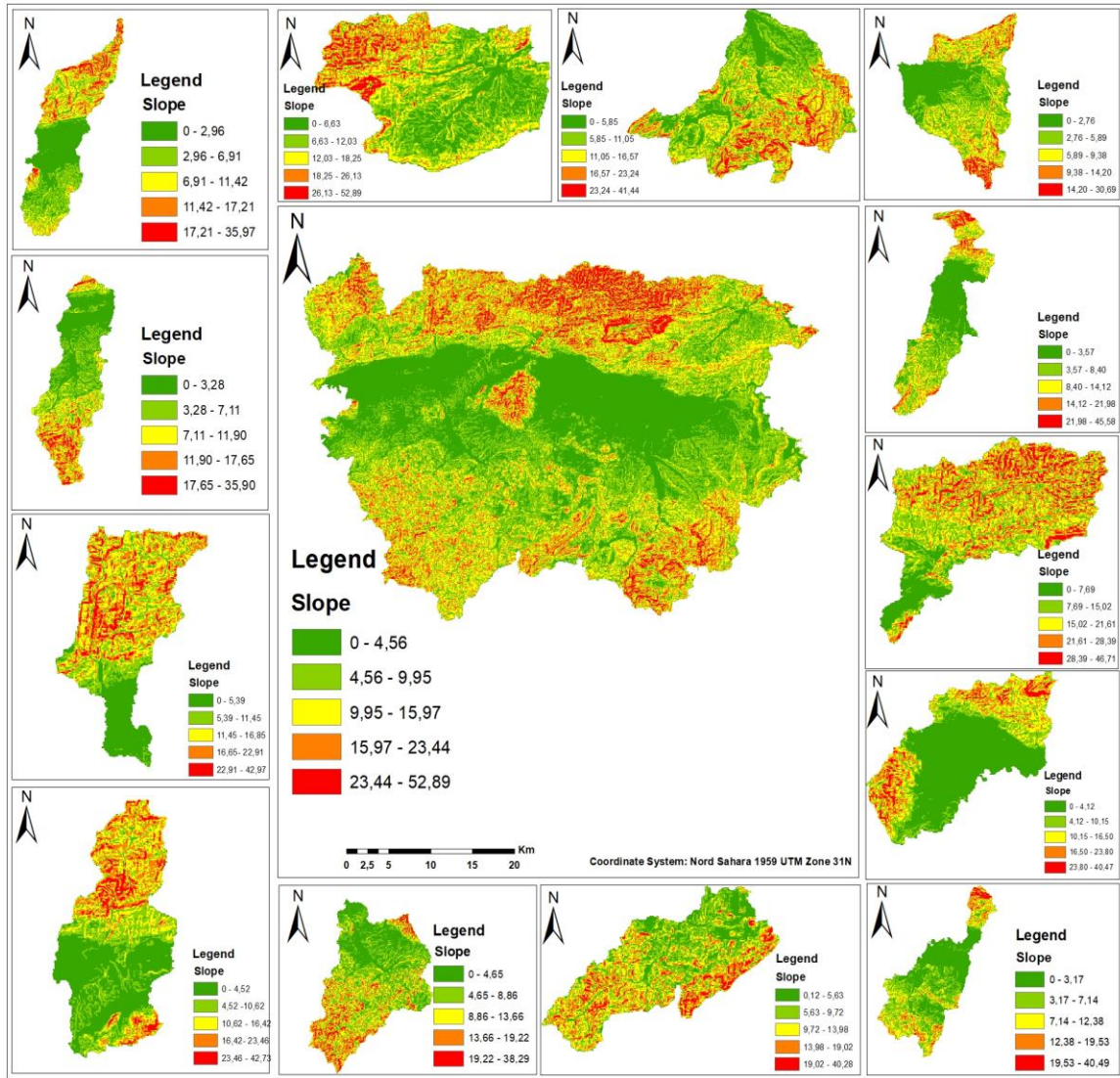


الشكل 23 تحديد الأحواض النهرية داخل منطقة عين الدفلى

الفصل الرابع: النتائج والمناقشة

5.1.IV. تحديد التضاريس داخل الأحواض

يمثل الشكل (24) خريطة الانحدار داخل منطقة الدراسة ككل و أيضا الانحدار داخل كل حوض مائي على حدة، الحوض الرئيسي (الأكبر) يتميز بتنوع في التضاريس حيث رصدت أعلى المناطق ارتفاعا على حدود الحوض من أقصا الشمال و الشرق و الغرب و كل هذه المناطق تنخفض فيها تدريجيا ارتفاعات التضاريس كلما اتجهنا داخل الحوض (في الوسط)، حيث يوجد الواد الرئيسي الذي تصب فيه جميع التفرعات النهرية من أعلى قمة في الشرق إلى المصب في أدنى قمة في الغرب. أما بالنسبة للأحواض النهرية الفرعية فان توزيع الارتفاعات يشار إليه دائما بقيم منخفضة عند اللون الأخضر وهو نقطة المصب و الالتقاء مع النهر الرئيسي. أما اللون الأحمر فهي المناطق التي تحتوي على أعلى الارتفاعات.



الشكل 24: تنوع التضاريس داخل الأحواض النهرية 13.

الفصل الرابع: النتائج والمناقشة

الجزء الثاني: التحليل المورفومتري وجمع البيانات

1.II.IV. العوامل المورفومترية

تم حساب أهم المعطيات المورفومترية لكل الأحواض النهرية الثلاثة عشر (13) في الجدول (15)، حيث التباين واضحاً في جميع البيانات بين مختلف الأحواض الفرعية. إذ بلغت مساحة الأحواض النهرية أكبر قيمة في حوض بوراشد (STW5) بـ 527.8 كم²، وبلغ طول الحوض (P) 168.7 كم. وكان أصغر حوض من حيث المساحة هو العامرة (STW3) بقيمة 153 كم² حيث معدل قيم مساحة باقي الأحواض يتراوح بين هاتين القيمتين.

إن أطول محيط حوض قد سجل في حوض بئر ولد خليفة (STW10) بـ 169 كم، وأقل طول محيط حوض نجده في حوض العامرة (STW3) بـ 95.2 كم.

بالنسبة لطول الأحواض النهرية الرئيسية (Lrp) داخل كل حوض كان أطول حوض بـ 47.2 كم في حوض (STW12) وأقل طول داخل حوض (STW8).

تتراوح نسبة المطابقة Rf بين أكبر قيمة 0.3 و أدنى قيمة 0.2 داخل كل الأحواض الفرعية الثلاثة عشر (13)

أما معامل الهيئة Ff عندما يكون قيمته بين 0.45-0.75 فإنه يشير إلى دائرية الحوض المائي، و القيمة الصغرى تشير إلى امتداد المستجمعات المائية. أما إذا سجل معامل قيمة الهيئة أقل من 0.45 مثل الأحواض النهرية داخل منطقة الدراسة التي تتراوح قيمها بين 0.1-2.0 فإنها من الأحواض ذات الشكل الطولي وهي تتميز بمجرى جريان أطول، وهاته الأحواض الطولية لها ميزة أن سرعة المياه الجريان داخلها تكون بسرعة أبطئ إلى مصب الحوض مما يساعد على تبخر و تسرب المياه داخل الحوض.

معامل الشكل Sf هي نسبة عكسية مع هيئة الحوض حيث انه كلما انخفضت قيم معامل الشكل و اقتربت من الصفر كلما اقتربت من الشكل الدائري، وكلما تجاوزت قيمتها 4 كلما كان الشكل للأحواض طولي، حيث أن قيمة معامل الشكل داخل الأحواض تراوحت بين 10.4-15 وهي ما تشير إلى استطالة الأحواض جميعاً.

بلغت قيمة المحيط النسبي Rp أقصى معدل لها في حوض (STW5) بـ 3.1 وكانت قيمه تتراوح في مختلف الأحواض النهرية بين 1.6-3.1.

علاقة الطول مع المساحة Lar تتراوح قيمها على مختل الأحواض النهرية بين 28.6-60.2. أما بالنسبة لمعامل التكور Rce فإن الحوض هو دائري أو شبه دائري إذا سجلت قيمته أقل من ال 1. أما إذا فاقت القيمة 1.27 فإن شكل الحوض يكون مربع. أما إذا وصلت القيمة بين 10-15 فإن شكل الحوض يصبح طولي. بالنسبة لقيم معامل التكور داخل الأحواض النهرية فقد تراوحت قيمه بين 4.2-11.8 وهذا ما يشير إلى أن شكل الأحواض هو مربع.

الفصل الرابع: النتائج والمناقشة

بالنسبة لمتوسط شكل الحوض W_p تراوحت قيمه داخل الأحواض بأعلى قيمة في حوض STW13 بـ 7.8 كم و اقل قيمة له في حوض STW3 بـ 4.1. أما بالنسبة لنسبة الاستدارة R_c فان تواجد هذه القيمة بالقرب من 1 يعني أن شكل الحوض دائري و انخفاض هذه القيمة عن 1 يعني أن الشكل ليس دائري بل طولي و تجاوز قيمة 1 يعني أن شكل الحوض يقترب من الشكل طولي أما بالنسبة للأحواض داخل منطقة الدراسة فان كل القيم تفوق 1 و هذا ما يدل على أن شكل الحوض طولي .

أما عن نسبة الاستطالة Re فهي تتباين بين 0.1-0.6 و تشير القيم القريبة من 0.1 إلى كثافة التصريف المنخفضة عكس القيم القريبة من 0.6 أو 0.8 التي تشير إلى تضاريس عالية مع انحدار شديد. حيث كانت القيم الاستطالة تتراوح بين 0.3-5.0 على كل الأحواض النهرية وهذا ما يدل على أن التضاريس داخل الأحواض متوسطة.

الجدول 15: بيانات التحليل المورفومتري للأحواض النهرية

	Kc	Lr	l	Lrp	Rf	Ff	Sf	Rp	Lar	Rce	Wb	Re	Rc	Ap
ST1	2,3	47,8	9,2	33,9	0,3	0,1	10,4	1,8	35,5	8,2	4,6	0,3	0,2	6,5
ST2	2,3	47,3	9,4	33,2	0,3	0,1	9,9	1,9	36,2	7,8	4,8	0,4	0,2	6,8
ST3	2,2	36,9	7,8	33,0	0,3	0,1	8,9	1,6	28,6	7,0	4,1	0,4	0,2	4,6
ST4	2,0	38,1	9,1	28,8	0,3	0,1	7,3	2,0	33,5	5,8	5,2	0,4	0,2	6,9
ST5	2,1	64,5	14,8	46,5	0,3	0,1	7,9	3,1	60,2	6,2	8,2	0,4	0,2	11,4
ST6	2,2	48,1	10,1	26,9	0,2	0,1	9,1	2,1	38,9	7,1	5,3	0,4	0,2	9,5
ST7	2,5	58,0	10,0	29,5	0,2	0,1	12,5	1,9	40,1	9,8	4,6	0,3	0,2	9,1
ST8	2,1	41,4	9,6	26,5	0,2	0,1	7,7	2,0	35,7	6,1	5,3	0,4	0,2	8,3
ST9	2,2	52,0	11,2	39,2	0,3	0,1	8,7	2,3	43,8	6,8	6,0	0,4	0,2	7,9
ST10	2,7	68,7	10,7	37,9	0,2	0,1	15,0	1,9	44,2	11,8	4,6	0,3	0,1	8,3
ST11	1,9	49,1	12,9	44,9	0,3	0,2	6,3	2,9	49,5	5,0	7,7	0,4	0,3	8,5
ST12	2,1	59,3	13,7	47,2	0,3	0,1	7,8	2,9	54,9	6,1	7,6	0,4	0,2	9,6
ST13	1,8	42,4	12,3	32,1	0,3	0,2	5,4	2,9	45,6	4,2	7,8	0,5	0,3	10,3

3.II.IV. الخصائص الهيدروغرافية

تدل النتائج كما هي مبينة في الجدول (16) أن عدد المراتب لكل حوض من الأحواض الثلاثة عشر (13) لمنطقة عين الدفلى بلغت 06 مراتب في كل حوض، وبلغ أكبر عدد للترتبة الأولى في حوض (STW5) 368 مجرى بلغ متوسط طول المجرى 444.5 متر. و كانت أقل عدد للترتب النهرية في الحوض (STW3) 96 مجرى بلغ متوسط طولها 111.8 متر.

حسب المعلومات السابقة فإنه كلما اقتربت نسبة التشعب (Rb) بين مراتب المجاري من (3-5) فإنه يدل على تشابه الحوض مناخيا، أما بالنسبة داخل الأحواض النهرية لمنطقة عين الدفلى فإن جميع الأحواض كان معدل التشعب Rb يتراوح بين 0.99 و 1 مما يدل على انخفاض معدل التشعب الذي يدل على تجانس و تشابه الخصائص العامة للصخور داخل الأحواض.

بالنسبة لكثافة الصرف Dd فإن انخفاض هذه القيمة يدل على نفاذية التربة الشديدة و الغطاء النباتي الكثير مع انخفاض سرعة الجريان السطحي. أما بالنسبة للقيم المرتفعة فهي تشير إلى الكثافة المرتفعة و هذا دليل على زيادة زمن الجريان السطحي، وتضرس الأرض داخل الحوض، كما أشارت قيم كثافة الصرف داخل الأحواض إلى تباين بين 0.99 و 1، مما يجعل المناطق الحدودية لعين الدفلى أقل نفاذية من المناطق الداخلية او الوسطى.

بالنسبة لنسيج الصرف Dt فهو مقياس لكثافة شبكة التصريف حيث أن قيمه الأقل من 2 تشير إلى تصريف خشن جدا و ما بين 2 و 4 خشن و بين 4 و 6 معتدلة أما عن 6 و 8 فهي ناعمة و اكبر من 8 تشير إلى تصريف ناعم جدا. بالنسبة لنسيج التصريف داخل أحواض الدراسة فهي تتراوح بين 1.1-1.48 و هي شبكة تصريف خشنة جدا.

بالنسبة لتردد التدفق Fs فقد تراوحت قيمه بين 0.63 و 0.84 حيث جميع قيم الأحواض الأخرى متقاربة و هذا يعود إلى التجانس الصخري الذي تجري عليه المجاري المائية لهاته الأحواض.

كانت قيم معامل صيانة المجرى Ccm تتراوح قيمه بين 0.95 و 1.37 كم²/كم على كل الأحواض المائية. بالنسبة لعدد الترشيح lfn فإن القيم المرتفعة تدل على تسرب منخفض و ارتفاع الجريان السطحي، بينما القيم الصغرى تدل على تسرب مرتفع و جريان سطحي منخفض. أما بالنسبة للأحواض داخل المنطقة فإن قيمه تتراوح بين 0.51 و 0.81 وهذا ما يدل على أن التسرب مرتفع والجريان السطحي منخفض.

أما بالنسبة لشدة التصريف Di فإن قيمه تتراوح بين 0.69 و 1.01 و هذا ما يدل على أن الجريان السطحي يستغرق مدة طويلة فوق سطح الأرض وبشدة قليلة وهذا ما يؤدي إلى تعرية الصخور و زحف التربة.

أما متوسط طول الجريان السطحي Lg تشير قيمة العامل الذي يقل عن 0.2 كم إلى مسارات تدفق قصيرة، مع منحدرات أرضية شديدة ، و إذا كانت بين 0.2-0.3 كم تشير إلى منحدر ارضي معتدل مع

الفصل الرابع: النتائج والمناقشة

تسرب معتدل و جريان معتدل. والقيم الأكبر من 0.3 كم تشير إلى مسار تدفق طويل و تسرب مرتفع مع جريان منخفض، أما عن قيمته داخل الأحواض النهرية فهي تتراوح بين 0.53-0.37 وهذا ما يدل على أن الأحواض ذات مسار تدفق طويل و تسرب مرتفع مع جريان منخفض.

وقت التركيز TC كانت قيمه بين ترددات 5.58-2.66 على جميع الأحواض النهرية، بحيث كانت أعلى قيمة للتركيز داخل الحوض 05 بـ 05.85 و اقل قيمة داخل الحوض رقم 08 بـ 2.66 دقيقة.

و بلغت سرعة تدفق المياه V_c الذي كان تردده بين 6.57-17.9 على جميع الأحواض النهرية و شهد الحوض 08 أعلى سرعة قدرا 8.98 و قابلتها اقل قيمة بـ 6.57 (كم / ساعة) داخل الحوض 07.

تردد كثافة النهر D_r الذي كان تردده بين 0.63-84.0 على جميع الأحواض النهرية، بينما الكثافة سجلت بنسبة عالية في الحوض 01 و تقابلها اقل قيمة داخل الحوض 0.3.

متوسط امتداد الجريان السطحي E_m الذي يشير تردده بين 0.95-37.1 على جميع الأحواض النهرية ; بلغ أعلى قيمة له في الحوض 03 و أقل قيمة له داخل الحوض 08.

بينما شهدت سرعة الجريان السطحي V_r الذي كان تردده بين 70.6-259 على جميع الأحواض النهرية و رصدت أعلى قيمة داخل الحوض 05 و اقل سرعة داخل الحوض 08.

الجدول 16: بيانات الخصائص الهيدروغرافية للأحواض النهرية

	N°Tr (Nu)	Lt (Lu)	D°r	Rb	Dd	Dt	Fs	Ccm	lfn	Di	Lg	Tc	Vc	Dr	Em	Vr
ST1	185	209,1	6	0,99	0,95	1,53	0,84	1,05	0,81	0,88	0,48	4,36	7,79	0,84	1,05	148
ST2	165	200,4	6	0,99	0,89	1,37	0,73	1,13	0,65	0,82	0,44	3,97	8,37	0,73	1,13	131
ST3	96	111,8	6	0,99	0,73	1,01	0,63	1,37	0,46	0,86	0,37	3,97	8,30	0,63	1,37	131
ST4	154	180,5	6	0,99	0,91	1,53	0,78	1,10	0,70	0,85	0,45	3,42	8,41	0,78	1,10	98,3
ST5	368	444,5	6	1,00	0,84	2,18	0,70	1,19	0,59	0,83	0,42	5,58	8,32	0,70	1,19	259
ST6	196	194,2	6	0,99	0,76	1,58	0,77	1,31	0,59	1,01	0,38	3,32	8,09	0,77	1,31	89,3
ST7	209	248,1	6	1,00	0,92	1,44	0,78	1,08	0,72	0,84	0,46	4,50	6,57	0,78	1,08	132
ST8	160	232,5	6	0,99	1,05	1,47	0,72	0,95	0,76	0,69	0,53	2,66	9,98	0,72	0,95	70,6
ST9	232	237,4	6	1,00	0,76	1,73	0,75	1,31	0,57	0,98	0,38	4,70	8,35	0,75	1,31	184
ST10	251	292,3	6	1,00	0,93	1,48	0,80	1,08	0,74	0,86	0,46	4,84	7,83	0,80	1,08	183
ST11	293	344,2	6	1,00	0,91	2,22	0,77	1,10	0,70	0,85	0,45	5,46	8,22	0,77	1,10	245
ST12	292	357,9	6	1,00	0,79	1,88	0,64	1,27	0,51	0,82	0,40	5,14	9,17	0,64	1,27	242
ST13	248	278,	6	1,00	0,84	2,13	0,75	1,20	0,62	0,89	0,42	3,88	8,29	0,75	1,20	124

الفصل الرابع: النتائج والمناقشة

4.II.IV. الخصائص التضاريسية للحوض

تبين النتائج في الجدول (17) الخصائص التضاريسية للأحواض داخل منطقة عين الدفلى، حيث نسجل تباينا في قيم الارتفاعات إذ بلغت قيمة الارتفاع الأقصى للحوض Hmax أعلى قيمه في حوض STW12 بـ 1651م و أقل قيمة رصدت في حوض STW1 بـ 890 م. أما بالنسبة للارتفاعات الدنيا فقد شهدت أكبر قيمة في حوض STW6 بـ 420م و أقل قيمة له سجلت في حوض STW1 بـ 146م. و سجل متوسط طول الحوض أعلى قيمة له داخل حوض STW12 بـ 795.6م وأقل قيمة له سجلت بحوض STW1 بـ 329.5م.

أما بالنسبة لقيم الارتفاع H5% فقد سجلت أعلى قيمه في حوض STW12 بـ 1340.0م أما قيمه الدنيا فسجلت داخل حوض STW7 بـ 132.4م.

أما قيم الارتفاع H95% فقد شهدت أعلى قيمة داخل حوض STW6 بـ 449.7م و أقل قيمه سجلت داخل حوض STW1 بـ 159.2م.

بالنسبة لنسبة الانحدار Rhl فان قيمة المنخفضة تشير إلى نشاط عمليات النحت و تراجع نحو المنابع ، وتشير القيم المرتفعة إلى الصخور على سطح الأحواض و بالتالي تأخر الحوض في دورته النحتية. أما بالنسبة لقيمته داخل الأحواض فهو يتراوح بين 7.81-31.01 داخل الأحواض و هو ما يشير إلى ارتفاع الصخور داخل الأحواض.

بالنسبة لنسبة الانحدار النسبي Rhp فان قيمه المنخفض تدل على ضعف مقاومة الصخر و نشاط عوامل التعرية أما بالنسبة لقيمته داخل الأحواض فإنها تتراوح بين أعلى قيمة بـ 1183 و أقل قيمة بـ 312.8.

نسبة الصلابة Rn داخل الأحواض تراوحت قيمه بين 0.42-35.1 ، حيث كلما زادت كثافة التصريف و نسبة الصخور في الحوض زادت قيمة معامل الصلابة.

تراوحت قيم عدد مولتون للمتانة MRn داخل الأحواض بين 27.64-86.29، وتراوحت قيم الانخفاض البسيط D داخل الأحواض بين 129.7-940.2، أما قيم متوسط الانحدار Im داخل الأحواض تتراوح بين 9.51-32.27

تراوحت قيم مؤشر روش Ip داخل الأحواض بين 0.12-0.16

أما قيم فرق الارتفاع Ds داخل الأحواض تتراوح بين 36.63-337.6 حيث تعتبر التضاريس منخفضة جدا داخل الحوض STW7 و مرتفعة داخل بقية الأحواض.

بينما قيم إجمالي انحدار الحوض H داخل الأحواض تتراوح بين 453-1300، أما بالنسبة لقيم متوسط محدد النهر الرئيسي Sm داخل الأحواض تتراوح بين 0.21-0.3، حيث سجلت قيم متوسط ارتفاع النهر الرئيسي Hmr داخل الأحواض تتراوح بين 226-650.

الفصل الرابع: النتائج والمناقشة

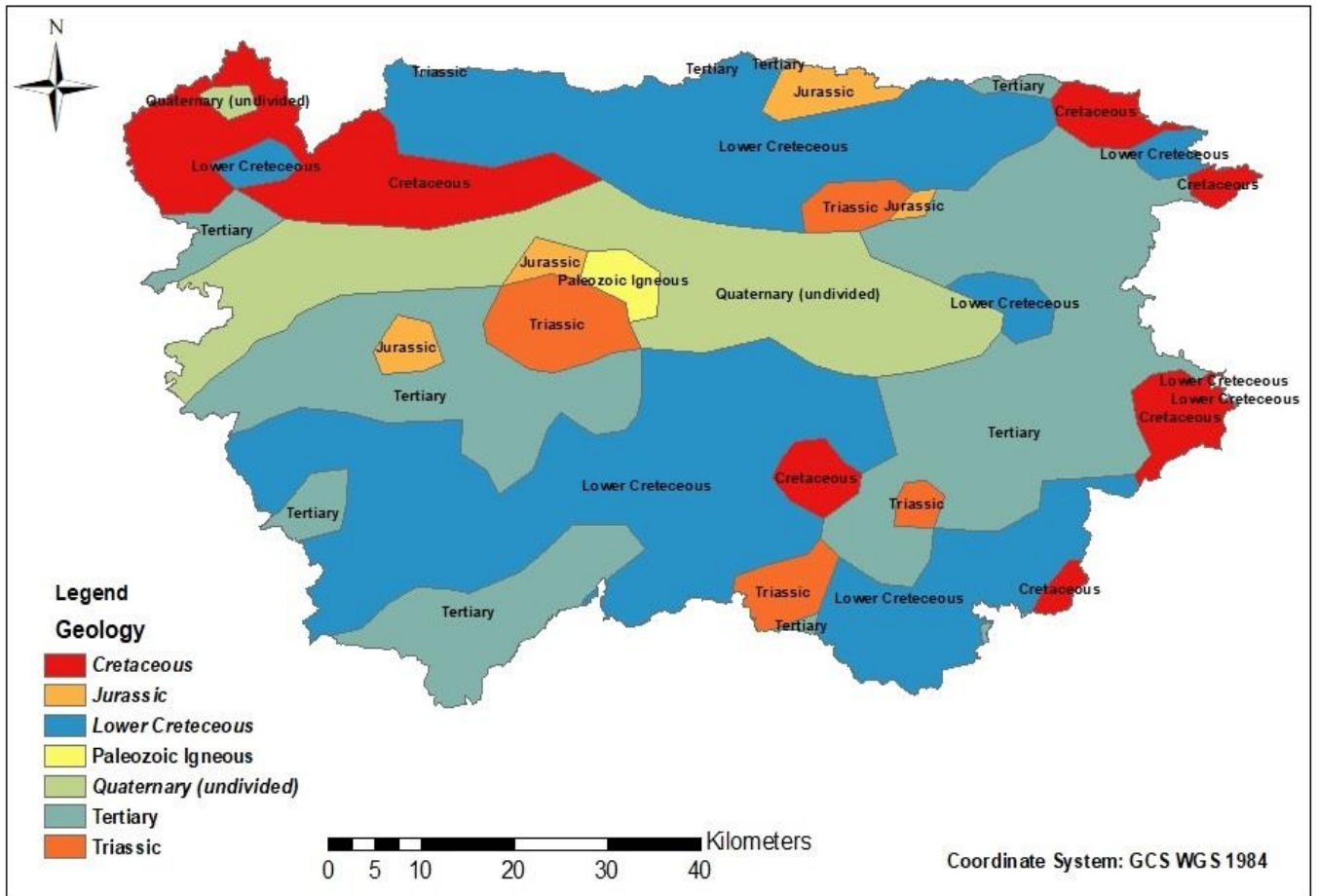
الجدول 17: بيانات خصائص التضاريس للأحواض النهرية

	ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6	ST7	ST8	ST9	ST10	ST11	ST12	ST13
Hmax	890	1054	1047	1036	1182	1168	701,9	1520	1168	1048,9	1235	1651	1052
Hmin	146	163	180	187	180	420	249	236	224	259	276	351	196
Hmoy	329,5	373,4	569,1	435,9	497,8	728,6	429,2	425,6	683,5	507,2	489,2	795,6	532,7
H5%	654,1	759,9	903,8	843,9	876,6	1066	132,4	514,0	1098	971,8	777,0	1340,	801,8
H95%	159,2	177,6	216,5	200,3	214,9	449,7	262,2	246,3	280,5	276,1	293,3	400,2	226,1
D	494,9	582,2	687,3	643,5	661,6	616,9	-129,7	267,7	818,3	695,7	483,7	940,2	575,6
Im	11,41	11,31	23,05	16,94	14,93	18,36	9,60	12,84	32,27	11,93	9,51	20,51	12,03
Ip	0,14	0,15	0,16	0,16	0,12	0,14	0,13	0,16	0,14	0,12	0,14	0,13	0,15
Ds	153,3	184,9	230,3	237,7	235,5	204,5	-36,65	96,20	277,5	179,7	192,0	337,6	247,4
H(R)	744,0	891,0	867,0	850,0	1002	748,0	453,0	1284	944,0	790,0	959,0	1300,	856,0
Rhl	15,58	18,82	23,49	22,28	15,53	15,55	7,81	31,01	18,17	11,50	19,53	21,93	20,18
Rhp	613,5	737,8	910,7	845,1	593,9	604,2	312,8	1183	702,4	467,3	727,3	837,4	735,4
Rn	0,71	0,79	0,63	0,77	0,84	0,57	0,42	1,35	0,72	0,73	0,87	1,03	0,72
MRn	50,26	59,25	70,09	60,32	43,61	46,90	27,64	86,29	53,57	44,50	49,18	61,09	46,95
Sm	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,05	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
Hmr	372	445,5	433,5	425	501	374	226	642	472	395	479	650	428

5.II.IV. التنوع الجيولوجي

تتميز منطقة عين الدفلى بتنوع كبير في الجيولوجيا بما يقارب 7 أنواع من الحقبة الجيولوجية تم تمثيلها في خريطة توزيع الجيولوجيا الشكل (25). الجدول (18) يبين مساحة كل نوع من هاته الأنواع، كما أن جميع المؤشرات و البيانات تشير إلى أن منطقة الدراسة تحتوي على أقدم حقبة جيولوجيا هي Paleozoic التي تعود إلى 300 مليون سنة .

يمثل الشكل (25) توزيع الجيولوجي للحقب داخل منطقة الدراسة حيث تم رصد 7 أنواع من الحقبة الجيولوجية ، حيث أن معظم مناطق الولاية كانت تنتمي إلى الحقبة K خاصة في المناطق الشمالية و الجنوبية و ذلك أين تتواجد الجبال و المناطق الغابية بكثرة أما النوع الثاني الأكثر انتشارا هو الحقبة Q التي تتوزع في وسط منطقة عين الدفلى أين يوجد سهل الخميس و كذلك يمر واد شلف، و تليها الحقبة T التي تواجدت في الجانب الشرقي و الجنوب الغربي من المنطقة. مع نسب مختلفة للحقبة K و نسب قليلة جدا للحقبة TR و تليها حقبة J. و أعتبرت Paleozoic أقدم حقبة شهدتها منطقة عين الدفلى هي الحقبة التي تعود إلى 300 مليون سنة و هي تعتبر أقل النسب حضورا داخل المنطقة مساحة.



الشكل 25: التوزيع الجيولوجي داخل الأحواض النهرية

الفصل الرابع: النتائج والمناقشة

يمثل الجدول (18) نسب التنوع الجيولوجي داخل منطقة الدراسة حيث أن أغلب المناطق توجد بها الحقبة K1 بنسب عالية تليها في المرتبة الثانية الحقبة T مع توزع بنسب مختلفة لبقية أنواع الحقب. هذا التنوع و التفاوت في الحقب ينجر عنه تنوع في التربة التي هي نتاج حت و تفتيت الصخور و تحول هذه الطبقات الجيولوجية التابعة لهذه الحقب المختلفة

الجدول 18: بيانات نسب الحقب الجيولوجية داخل الأحواض النهرية.

الحقبات	J	K	Kl	Pi	Q	T	Tr
المحطات	Jurassic	Cretaceous	Lower Cretaceous	Paleozoic Igneous	Quaternary (undivided)	Tertiary	Triassic
ST1	0,00	69,26	9,04	0,00	83,96	56,84	0,00
ST2	9,18	8,67	53,05	0,00	53,57	101,66	0,00
ST3	0,00	50,33	83,70	0,00	18,75	0,02	0,13
ST4	14,76	43,57	50,86	0,00	60,73	5,78	22,87
ST5	15,92	0,00	260,33	0,00	4,62	199,78	47,15
ST6	0,00	0,00	148,76	0,00	0,00	105,34	0,00
ST7	0,00	0,00	156,28	0,00	81,23	10,25	20,81
ST8	0,00	0,00	25,77	25,77	116,71	2,86	27,26
ST9	42,50	4,22	225,97	5,81	29,42	1,60	0,91
ST10	6,50	37,25	128,69	0,00	84,33	44,83	13,58
ST11	0,00	0,00	47,75	0,00	56,47	275,81	0,00
ST12	0,00	10,88	205,26	0,00	0,00	174,96	61,47
ST13	3,71	35,96	135,16	0,00	0,00	152,44	0,00

الفصل الرابع: النتائج والمناقشة

6.II.IV. المناخ

يمثل الجدول (19) البيانات المناخية المسجلة من ثلاثة عشر (13) محطة افتراضية لها إحداثيات جغرافية (X Y Z) داخل أحواض النهرية، رغم كثرة المحطات المناخية داخل منطقة عين الدفلى التي تعتبر صغيرة مقارنة بالعدد الكبير للمحطات داخلها فان البيانات المسجلة لكل هذه المحطات مختلفة رغم هذا التقارب ، و تم اختيار هذا العدد من المحطات من اجل إضافة مصداقية ودقة عالية لرصد البيانات خلال كل حوض.

إن معظم قيم تساقط الأمطار تتراوح بين 41.2-59.86 مم بتباين ملحوظ بين حوض وآخر. وكانت قيم درجات الحرارة القصوى تتباين بين 20.67-22.28 داخل الأحواض النهرية أما درجات الحرارة الصغرى فكانت تتراوح بين 11.45-14.67 على مختلف المحطات. و سجلت سرعة الرياح قيما تتراوح بين 3.04-3.32 متر/ثانية على مختلف الأحواض 13. أما بالنسبة لطبقات المناخ التي تم حسابها لكل محطة فقد استقرت جميع الأحواض في طبقة المناخ شبه الرطب. أما بالنسبة للمعطيات المناخية الأخرى فهي جميعها تختلف بين كل حوض وآخر على قيم مختلفة.

الجدول 19: البيانات المناخية لكل من المحطات 13 داخل الأحواض النهرية

	ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6	ST7	ST8	ST9	ST10	ST11	ST12	ST13
aet	34,88	34,76	38,93	38,61	36,13	37,18	38,69	39,34	41,56	39,35	40,17	37,92	43,20
def	81,63	82,00	75,68	76,91	80,12	76,84	77,05	75,75	71,13	75,57	74,51	74,16	69,45
pdsi	-1,43	-1,39	-1,40	-1,42	-1,38	-1,37	-1,43	-1,41	-1,35	-1,41	-1,38	-1,38	-1,31
pet	116,42	116,66	114,57	115,50	116,14	113,91	115,67	115,06	112,70	114,84	114,60	112,01	112,61
pr	41,83	41,28	51,55	49,60	43,35	45,32	47,54	49,89	59,32	49,24	50,47	47,33	59,86
re	7,09	6,68	12,68	11,06	7,39	8,33	9,00	10,65	17,77	10,06	10,45	9,63	16,73
soil	25,57	25,44	35,27	35,79	29,40	32,09	36,58	38,25	43,83	37,80	39,12	35,04	46,95
srad	199,21	199,99	200,01	199,61	201,03	202,90	200,54	200,44	200,61	201,25	201,09	202,97	200,73
swe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00
tmmn	14,67	14,46	13,34	13,98	13,73	12,18	13,92	13,96	12,38	13,47	13,37	11,45	12,93
tmmx	22,27	22,28	21,24	21,87	21,91	20,92	22,19	22,06	20,67	21,94	22,02	20,60	21,37
Tmm	18,47	18,37	17,29	17,93	17,82	16,55	18,06	18,01	16,53	17,71	17,69	16,02	17,15
vap	1,31	1,27	1,23	1,27	1,20	1,10	1,24	1,27	1,18	1,22	1,23	1,08	1,23
vpd	0,37	0,37	0,34	0,36	0,37	0,33	0,39	0,38	0,32	0,38	0,39	0,32	0,36
vs	3,21	3,09	3,50	3,24	3,04	3,12	3,07	3,15	3,59	3,08	3,04	3,10	3,32
aet	6,18	5,85	5,24	5,79	5,17	3,58	5,73	5,93	4,36	5,38	5,42	2,97	5,27
def	33,79	34,14	32,52	33,34	33,85	33,05	33,69	33,15	31,90	33,25	33,18	32,65	31,99
pdsi	504,31	497,68	621,76	598,45	522,79	546,65	573,70	602,04	715,95	594,32	609,26	571,35	722,71
pet	42,03	41,47	51,81	49,87	43,57	45,55	47,81	50,17	59,66	49,53	50,77	47,61	60,23
pr	62,64	60,34	78,18	74,50	62,52	63,62	70,38	75,89	89,18	73,13	75,26	66,03	92,76

الفصل الرابع: النتائج والمناقشة

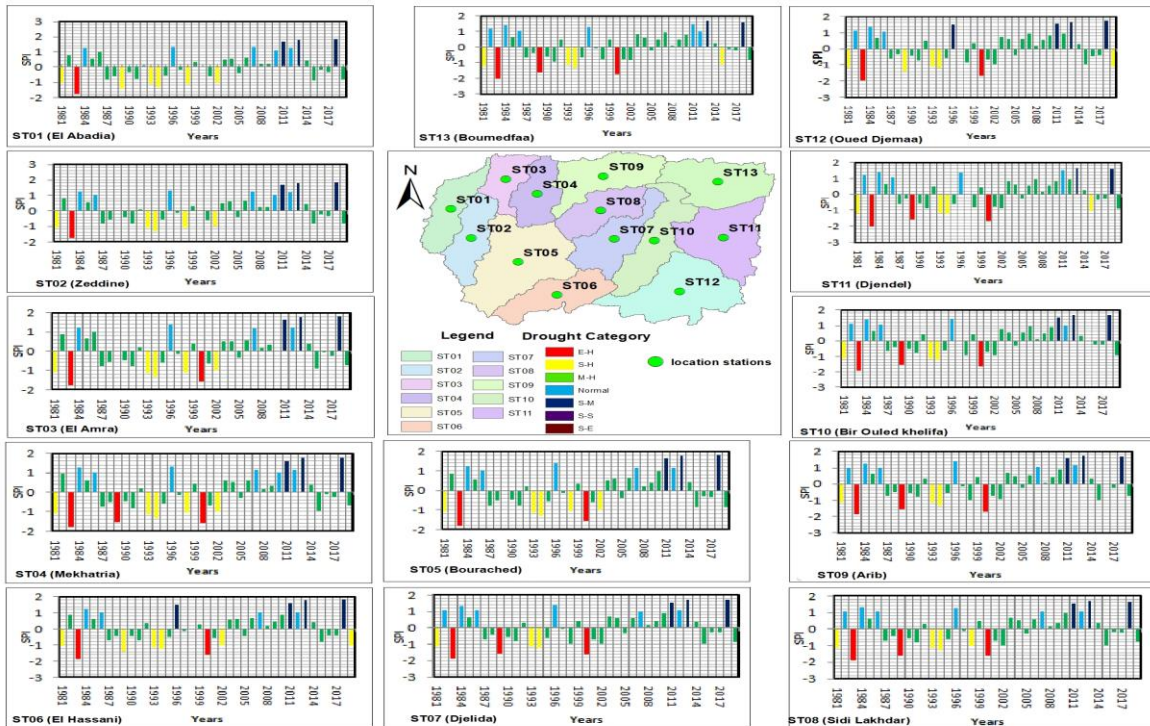
الجز الثالث: الجفاف الجوي

III.IV. الجفاف

1.III.IV. مؤشر هطول الأمطار المعياري SPI:

بعد حساب المؤشر SPI (الملحق 01) لجميع محطات هطول الأمطار، يظهر تصنيف قيم المؤشر SPI في الشكل (26).

يمثل الشكل (26) توزيع الجفاف داخل كل محطة من المحطات داخل الأحواض الثلاثة عشر (13)، حيث بين توزيع قيم SPI على قيمها التي تحدد حدود المؤشر بين -2 إلى 2 على مرحلة 38 سنة من سنة 1981 إلى غاية 2019 حيث يشير اللون البنفسجي إلى E-H و الأزرق الداكن إلى S-H الأزرق إلى M- H و الأخضر إلى N-R و الأصفر إلى S-M و الأحمر إلى S-S و البني إلى S-E ويمكن الإشارة إلى أنواع الجفاف حسب الألوان من خلال الجدول (7) في الفصل الثالث. شهد الجفاف خلال فترة الدراسة توزع داخل كل الأحواض بقيم مختلفة على مؤشر SPI و كذلك مدته و فترة بقائه خلال سنوات الدراسة حيث شهدت الأحواض سنوات من الجفاف المشترك مثل سنة 1983 و سنة 1989 و 2000 التي شهد فيها الجفاف أقصى قيمة التي مرت على منطقة عين الدفلى. وأيضا مرت على المنطقة فترات رطبة مختلفة بين سنة وأخرى وقيمها تختلف على مؤشر SPI مثل سنة 2013 و 2018 التي اعتبرت أفضل السنوات من حيث التساقط و صنفت كسنوات رطبة على كل الأحواض في منطقة عين الدفلى.



الشكل 26: تصنيف قيم SPI خلال فترة 38 سنة داخل الأحواض النهرية

الفصل الرابع: النتائج والمناقشة

يلخص الجدول 20 نتائج فترة الدراسة بأكملها.

عند تحليل نتائج الجدول 20 نرى أن منطقة الدراسة تتميز بسنوات طبيعية أكثر من الجافة والرطبة.

الجدول 20: التوزيع السنوي للمؤشر SPI

YEAR	ST 01	ST 02	ST 03	ST 04	ST 05	ST 06	ST 07	ST 08	ST 09	ST 10	ST 11	ST 12	ST 13	YEAR	ST 01	ST 02	ST 03	ST 04	ST 05	ST 06	ST 07	ST 08	ST 09	ST 10	ST 11	ST 12	ST 13
1981														2001													
1982														2002													
1983														2003													
1984														2004													
1985														2005													
1986														2006													
1987														2007													
1988														2008													
1989														2009													
1990														2010													
1991														2011													
1992														2012													
1993														2013													
1994														2014													
1995														2015													
1996														2016													
1997														2017													
1998														2018													
1999														2019													
2000																											

legend:

Very wet	S-H	Moderate drought	S-M
Moderately wet	M-H	Severe drought	S-S
Near to normal	Nr	Extreme drought	S-E

2.III.IV. تحديد سنوات الجفاف والرطوبة

من خلال تحليل الجدول 21، نرى غالبية الفصل قريبة من المعتاد، من أجل الحكم على ما إذا كانت السنة تعتبر جافة أو رطبة، نحسب عدد المحطات الرطبة وعدد المحطات الجافة، السنوات التي يكون فيها غالبية المحطات ذات الفترات العادية تعتبر طبيعية.

السنوات العادية:

السنوات 1985، 1987، 1988، 1990، 1991، 1992، 1995، 1997، 1999، 2001، 2003، 2004،

2005، 2006، 2008، 2009، 2014، 2016، 2017 عادية على 13 محطة.

أعوام 2015 و 2019 عادية على 11 محطة.

عام 2010 عادي على 10 محطات.

عام 1998، 2002 هي أعوام عادي على 07 محطات.

عام 1982 هو عام عادي على 06 محطات.

الفصل الرابع: النتائج والمناقشة

عام 2007 هو عام عادي على 04 محطات.

عام 1986، 2012 هي أعوام عادي على 02 محطة.

سنوات الرطوبة:

السنوات 1984، 1996، 2011، 2013، 2018 عادية على 13 محطة.

1986، 2012 أعوام عادية و رطوبة على 11 محطة.

عام 2007 عادي و رطب على 09 محطات.

عام 1982 عادي و رطب على 07 محطات.

عام 2010 رطب على 03 محطات.

سنوات الجفاف:

السنوات 1981، 1983، 1989، 1993، 1994، 2000 مسجلة في 13 محطة جافة، والأعوام 1998 و

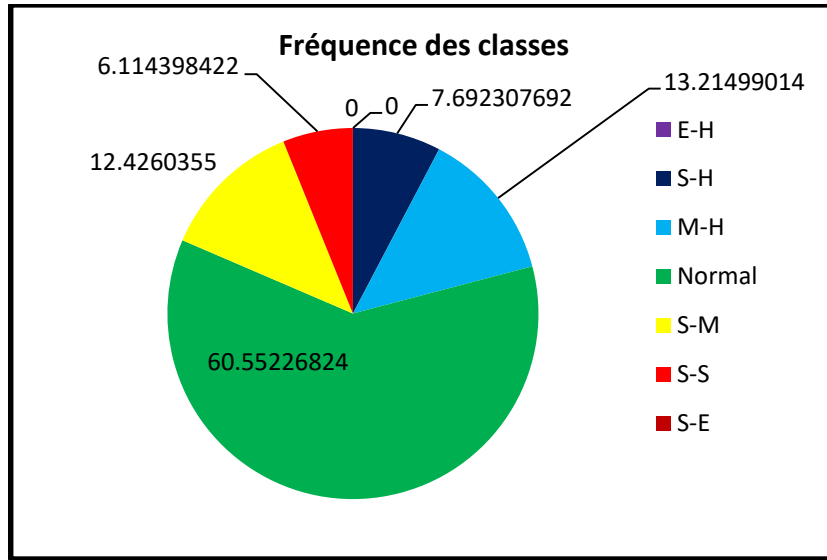
2002 جافة على 06 محطات.

الجدول 21: السنوات العادية والرطوبة والجافة لكل محطة

Year	Nbr of wet stations	Nbr of normal stations	of	Nbr of dry stations	Year	Nbr of wet stations	Nbr of normal stations	of	Nbr of dry stations
1981	0	0		13	2001	0	13		0
1982	7	6		0	2002	0	7		6
1983	0	0		13	2003	0	13		0
1984	13	0		0	2004	0	13		0
1985	0	13		0	2005	0	13		0
1986	11	2		0	2006	0	13		0
1987	0	13		0	2007	9	4		0
1988	0	13		0	2008	0	13		0
1989	0	0		13	2009	0	13		0
1990	0	13		0	2010	3	10		0
1991	0	13		0	2011	13	0		0
1992	0	13		0	2012	11	2		0
1993	0	0		13	2013	13	0		0
1994	0	0		13	2014	0	13		0
1995	0	13		0	2015	0	11		2
1996	13	0		0	2016	0	13		0
1997	0	13		0	2017	0	13		0
1998	0	7		6	2018	13	0		0
1999	0	13		0	2019	0	11		2
2000	0	0		13					

يجعل الشكل (27) من الممكن استنتاج أن منطقة الدراسة هي منطقة غير متأثرة بالجفاف الحاد على كل سنوات الدراسة (ظاهرة غير سائدة). ونلاحظ أن الفئة السائدة هي الفئة العادية بنسبة 60.55% من إجمالي السجلات تليها الفئة الجافة بنسبة 18.54% من إجمالي التسجيلات ثم الفئة الرطوبة بنسبة 20.91% من إجمالي التسجيلات.

الفصل الرابع: النتائج والمناقشة



الشكل 27: تردد الفصل لجميع السجلات

3.III.IV. تفسير

من خلال تحليل نتائج الشكل 27 واستنادا إلى بيانات تصنيف SPI الواردة في الجدول 8. يتم رسم نوع الجفاف في كل محطة موصوفة في الجدول 20. تم إجراء تقييم للنسب المئوية للسنوات الجافة والسنوات الرطبة لكل محطة مطرية، وتم تلخيص النتائج في الجدول 22. يتضح من نتائج الجدول 21 والرسوم البيانية للشكل 22 أن القيم الإيجابية للمؤشر SPI تعطي فترات رطبة والقيم السالبة تعطي فترات جافة. تتكون الفصول الرطبة والجافة من 3 فئات فرعية: رطب معتدل، رطب جدا، رطب للغاية للطبقة الرطبة؛ وجفاف معتدل، وجفاف شديد، وجفاف شديد للطبقة الجافة.

• فئة الرطب:

- الدرجة الرطبة للغاية (E-H): 2.0 وما فوق: التردد يساوي 0.0% في جميع محطات هطول الأمطار.
- الدرجة الرطبة جدا (S-H): من 1.5 إلى 1.99: التردد يساوي 7.69% في غالبية محطات قياس الحرارة باستثناء المحطات (ST 06) و (ST 12) تأخذ قيمة 10.26% مع المحطات (ST 11) و (ST 13) تساوي 5.13%.
- درجة رطوبة معتدلة (M-H): من 1.0 إلى 1.49: الحد الأقصى لتكرار الحدوث يساوي 15.38% ويتم تسجيله في محطات هطول الأمطار (ST 02) و (ST 04) و (ST 07) و (ST 08) و (ST 09) و (ST 13). الحد الأدنى للتردد يساوي 7.69% المسجل في المحطات (ST 12).
- بالقرب من الدرجة العادية (عادي): من -0.99 إلى 0.99: الترددات في هذه الفئة لها الأسبقية على الترددات في جميع الفئات الأخرى، وتكون القيم في النطاق $56.41 < F < 64.10$.

الفصل الرابع: النتائج والمناقشة

• الفصول الجافة:

فئة الجفاف المعتدل (M-S): من 0.1- إلى -1.49: الحد الأقصى لتكرار الحدوث يساوي 17.95٪ ، لوحظ في المحطات (ST 01) و (ST 02) والحد الأدنى للتردد هو 7.69٪ لوحظ في المحطات (ST 07، ST 09) و (المحطة 10).

- فئة الجفاف الشديد (S-S): من -1.5 إلى -1.99: غالبية محطات هطول الأمطار تأخذ قيمة 7.69٪ ، باستثناء المحطات (ST 03) و (ST 05) و (ST 06) و (ST 12) بأقل قيمة تساوي 2.56٪ يتم تسجيلها في المحطات (ST 01) و (ST 02).

- فئة الجفاف الشديد (E-S): -2.0 وأقل: التردد يساوي 0.0٪ في جميع محطات هطول الأمطار. تحديد سنوات الجفاف والسنوات الرطبة: لتحديد وتمييز السنوات الجافة عن السنوات الرطبة، نرسم خرائط توزيع الجفاف اعتمادا على تصنيفات التي حددها McKee الذي يمثل توزيع المؤشر المعياري للهطول السنوي.

الجدول 22: معدل السنوات الجافة والسنوات الرطبة لكل محطة على مدى 39 سنة

Drought Category	ST 01	ST 02	ST 03	ST 04	ST 05	ST 06	ST 07	ST 08	ST 09	ST 10	ST 11	ST 12	ST 13
Extremely wet	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Very wet	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	10.26	7.69	7.69	7.69	7.69	5.13	10.26	5.13
Moderately wet	12.82	15.38	10.26	15.38	12.82	10.26	15.38	15.38	15.38	12.82	12.82	7.69	15.38
Near to normal	58.97	56.41	61.54	56.41	58.97	58.97	61.54	58.97	61.54	64.10	64.10	64.10	61.54
Moderate drought	17.95	17.95	15.38	12.82	15.38	15.38	7.69	10.26	7.69	7.69	10.26	12.82	10.26
Severe drought	2.56	2.56	5.13	7.69	5.13	5.13	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	5.13	7.69
Extreme drought	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

4.III.IV. نتائج الجفاف

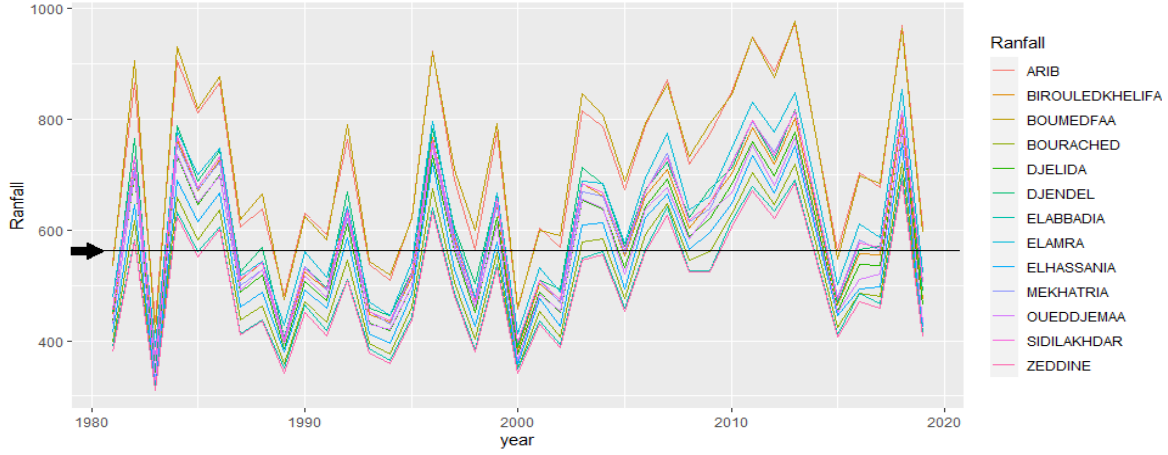
من خلال تحليل نتائج المؤشر المعياري للهطول واستنادا إلى معدل هطول الأمطار، تم تمثيل توزيع المطر و متوسط توزيع صور المؤشر المعياري للهطول (28 و 29).

تم وصف نوع الجفاف في كل محطة ومعدل هطول الأمطار في الخرائط (30، 31). حيث بعد ملاحظة التوزيع السنوي لهطول الأمطار على منطقة الدراسة خلال الفترة الممتدة من 1981 إلى 2019 تم تحديد ، الطقس الجاف والممطر في سنوات مختلفة ، حيث تم تسجيل عدة فترات ممطرة خلال عدة سنوات (1982-1984-1986-1988-1990-1992-1996-1999-2001-2003-2007-2010-2011-2012-2013-2016-2018) والتي كان متوسطها من 575 إلى 1000 ملم / سنة. المنطقة التي شهدت أكبر كمية من الأمطار بمعدل أكثر من 900 ملم / سنة كانت محطة عريب وبئر ولد خليفة.

أما السنوات التي شهدت فترة نقص الأمطار فهي (1981-1983-1985-1987-1989-1991-1993-1994-1995-1997-1998-2000-2002-2004-2005-2006-2008-2009-2014-2015-2017-2019)، تراوح متوسط هطول الأمطار من 280 إلى 575 ملم / سنة.

الفصل الرابع: النتائج والمناقشة

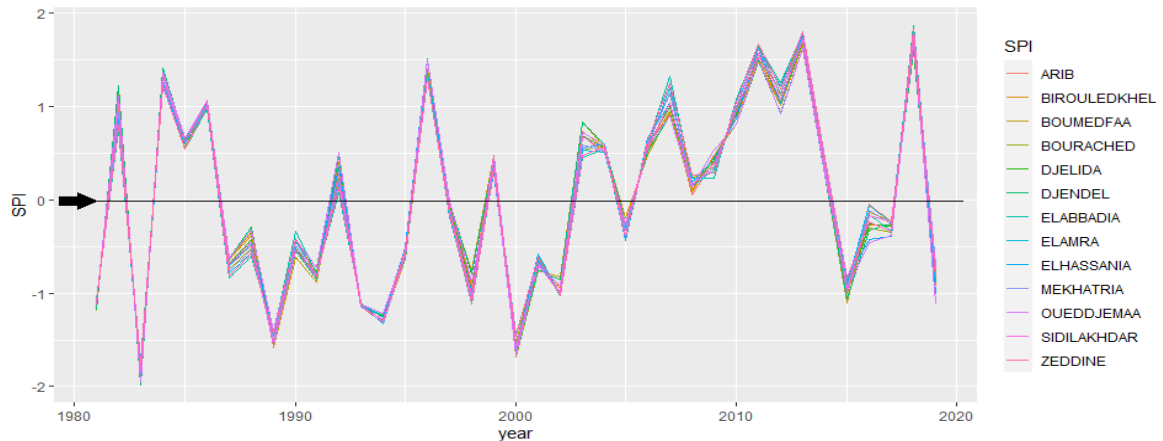
خلال السنوات أو فترة الدراسة، كان عام 2013 هو العام الذي شهد أعلى معدل لهطول الأمطار بمعدل 930 ملم / سنة، مقارنة بعام 1983 باعتباره أكثر سنوات نقصا من حيث هطول الأمطار، حيث أعتبر أقل معدل خلال فترة الدراسة بأكملها 330 ملم / سنة.



الشكل 28: معدل التوزيع السنوي للأمطار لجميع محطات منطقة الدراسة خلال 38 سنة.

بالنسبة للتوزيع السنوي لقيم المؤشر المعياري للهطول على مدار 38 عاما من 1981 إلى 2019 ، لوحظت مرحلتان مناخيتان في نطاق SPI الذي حدده [136]: مرحلة رطوبة في النطاق "0 - 90.1" سادت خلال السنوات (1982-1984 - 1985-1986-1992-1996-1999-2003-2004-2006-2007-2008-2009-2010-2011-2012-2013-2014-2018). وسادت مرحلة جافة في المدى من 0 إلى -2 خلال السنوات (81-83-87-88-89-90-91-93-94-95-97-98-00-01-05-15-16-17-19).

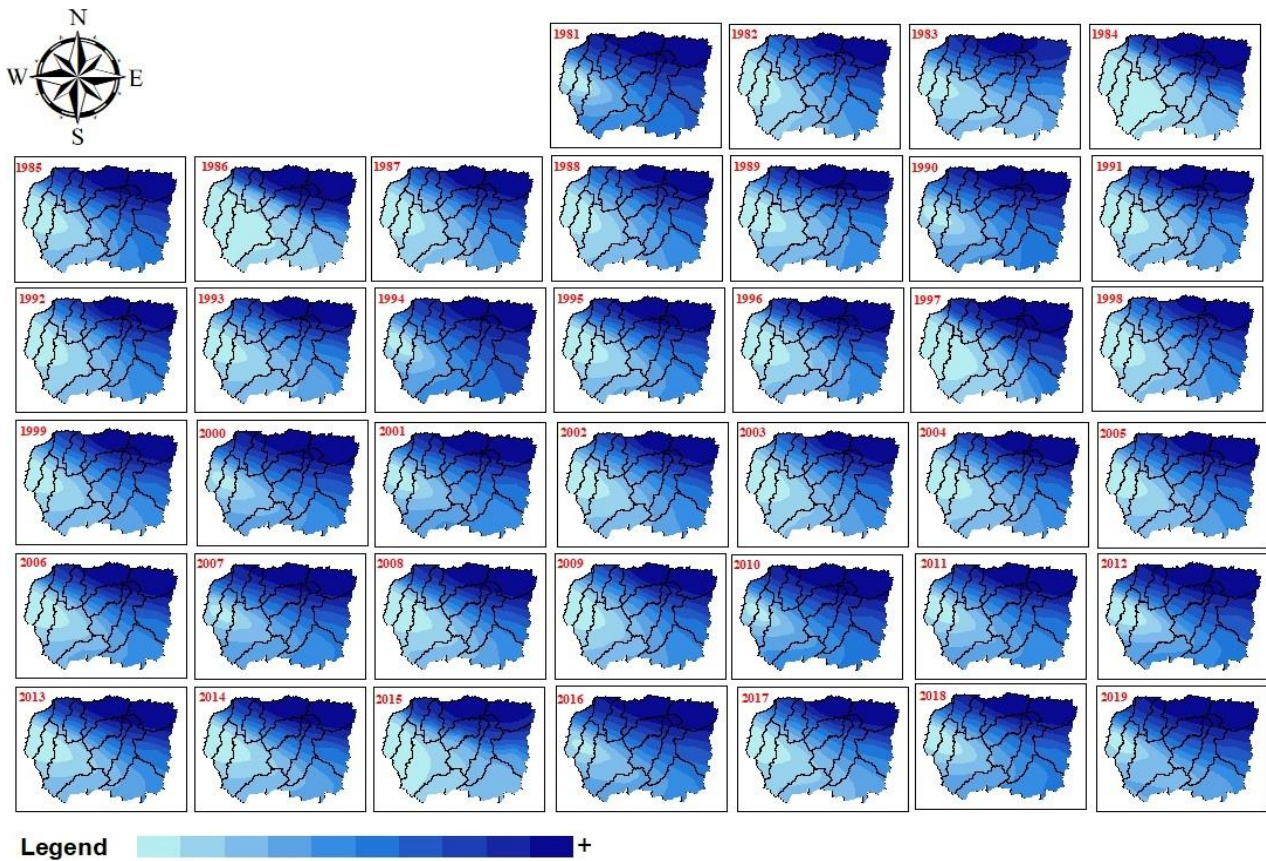
حدد عامي 2013 و 2018 على أنهما العامان اللذان بلغ فيهما المؤشر المعياري للهطول قيمة قصوى قدرها 1.90 كسنوات رطوبة، وكانت أكبر قيمة للسنوات الجافة هي -2 في العام 1983.



الشكل 29: معدل التوزيع السنوي لمؤشر المطر القياسي SPI لجميع محطات منطقة الدراسة خلال السنوات من 1981-2019

الفصل الرابع: النتائج والمناقشة

من خلال الاختلاف المسجل في معدل هطول الأمطار من منطقة إلى أخرى و من سنة إلى أخرى وفق الشكل (30). اتضح أن المنطقة الشرقية تشهد معدلات هطول عالية للأمطار في سنوات الدراسة المختلفة، مع وجود انخفاض في هذه المعدلات نحو الغرب. تعتبر محطات بوراشد و زدين و العبادية على المنطقة الشرقية التي شهدت فترات من الأمطار عالية مقارنة بمحطات بوراشد و زدين و العبادية على الجانب الغربي التي شهدت نسب تساقط منخفضة، لكن مقارنة بالتساقطات في السنوات الجافة كانت المعدلات منخفضة جدا عن المعدل الطبيعي داخل الجهة الشرقية مقارنة بالجهة الغربية التي لم تنخفض فيها كثيرا معدلات التساقط عن المستوى الطبيعي. و على الرغم من صغر منطقة الدراسة وقرب محطات الأرصاد الجوية من بعضها البعض ، إلا أن التباين المكاني لهطول الأمطار واضح في مناطق الدراسة المختلفة.



الشكل 30: التوزيع المكاني لهطول الأمطار على منطقة الدراسة خلال فترة 38 سنة (1981-2019)

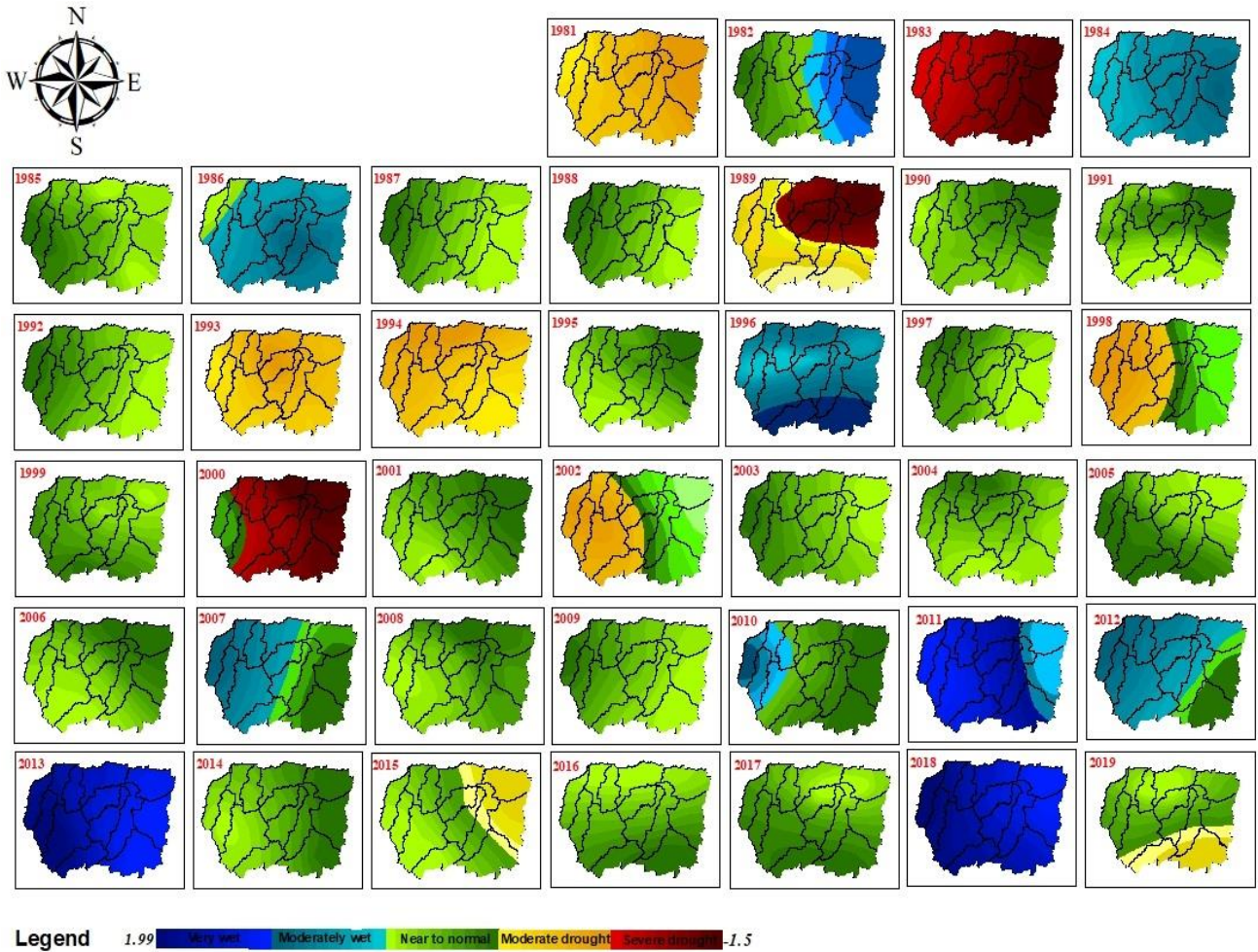
بالنسبة للخرائط (31) و الرسم البياني (29) التي تمثل التوزيع المكاني لقيم المؤشر المعياري للهطول، على مدى 1.5 إلى 2، تم تسجيل ثلاث فترات سيطرت على المنطقة لمدة 38 عاما: أعتبرت المرحلة الجافة التي سادت خلال السنوات: (81-83-89-93-94-98-00-02) بمعدلات مختلفة من سنة إلى أخرى على قيم SPI من 1 إلى 2 و 1981 كان العام الأكثر جفافا في المنطقة. تقع أعلى

الفصل الرابع: النتائج والمناقشة

قيم SPI في المنطقة الشرقية خلال معظم سنوات الجفاف، خاصة في محطتي بومدفع وجندل ، حيث تنخفض قيم SPI مع توجهنا غربا.

تلها المرحلة العادية المسجلة خلال السنوات (86-87-88-90-91-95-97-99-01-03-04-05-06-08-14-15-16-17-19) بمختلف قيم SPI من -99.0 إلى 0.99 على مدار السنوات المسجلة. انخفضت قيم المؤشر من أعلى قيمة في المنطقة الشرقية إلى أدنى القيم في المنطقة الغربية.

بالنسبة للمرحلة الأخيرة ، تم تسجيل الفترات الرطبة خلال السنوات (82-84-86-96-07-10-11-12-13-18) بوتيرة مختلفة من رطبة إلى رطبة جدا على مقياس SPI من 1 إلى 2 ضمن مناطق الدراسة ، حيث سجلت أعلى قيمة للمؤشر في المنطقة الغربية على مدار معظم السنوات ، و تم تحديد جندل وبومدفع من أبرز المحطات التي شهدت معدلات ضعيفة على مقياس SPI مقارنة مع المحطات الغربية زدين و بوراشد والعامرة و العبادية. تم تحديد مسار الرطوبة من الشرق إلى الغرب بترتيب تصاعدي على مدار معظم السنوات.



الشكل 31: خريطة التوزيع المكاني لمؤشر الهطول القياسي (SPI) لكل عام في الفترة 1981-2019

الفصل الرابع: النتائج والمناقشة

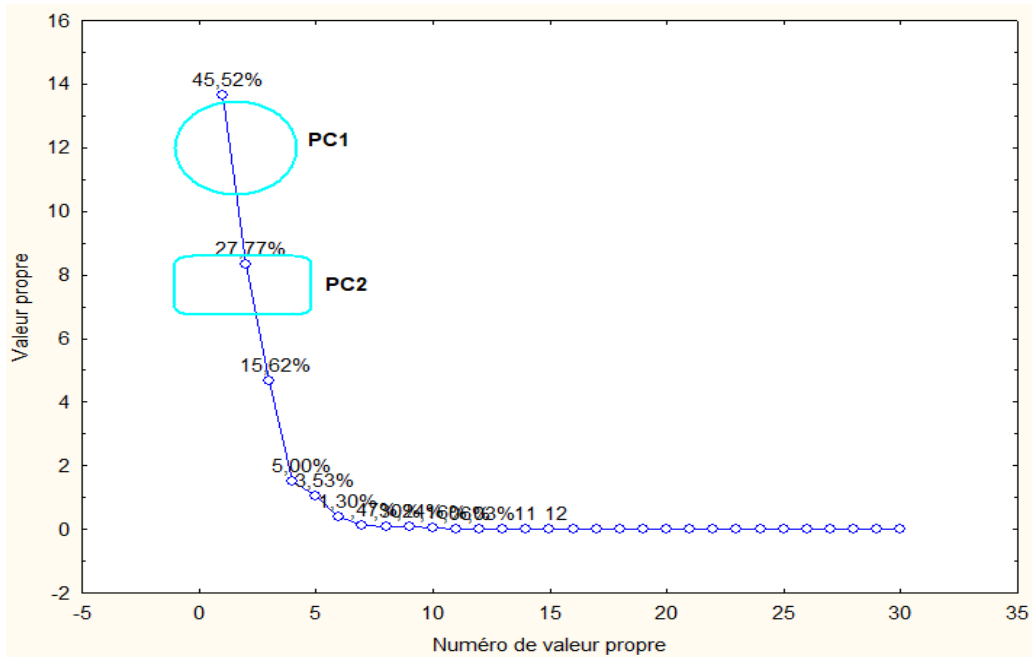
الجزء الرابع: التحليلات الإحصائية

ACP .1.IV.IV

تم إجراء التحليل الإحصائي للمكون الرئيسي على نتائج المعطيات المناخية والتحليلات المرفومترية وتحليلات التضاريس الحوضية و البيانات الهيدروغرافية لكل الأحواض الثلاثة عشر (13) داخل منطقة عين الدفلى من أجل تلخيص الحد الأقصى من المعلومات الموجودة في كتلة البيانات في عدد قليل من المحاور باستخدام برامج Statistica و Past. وأيضا تمثيل إسقاط الأفراد على مستوى عاملي ميزته فهم التشابه أو الاختلاف بين خصائص الأفراد ومصادر تباينهم.

1.1.IV.IV. مصفوفة الارتباط

تم تحديد أكثر من 74 متغير داخل ثلاثة عشر (13) محطة التي تمثل الأفراد هذه هي كل البيانات التي تم استنباطها من قوانين التحليلات المورفومترية والتضاريس والبيانات المناخية المستخرجة من الأقمار الصناعية وكذا توزيع الحقبات الجيولوجية . كانت أول خطوة هي اختزال كل المتغيرات التي ليس لها عامل ارتباط ($r > 0.6$) لذلك تم استخراج 30 متغيرا لها ارتباط مرتفع . يقدم الشكل (32). منحنى تنازلي للنسبة المئوية لجميع العوامل ، وهو تمثيل رسومي يجعل من الممكن أيضا اكتشاف عدد العوامل اللازمة لتصوير النتائج بشكل أفضل:



الشكل 32: منحنى النسب المئوية للعوامل

تم تحديد جميع العوامل و يعتبر العامل الأول الأكثر تأثيرا و تمثيلا للتباين بقيمة 45.52% ويليه العامل الثاني بتأثير يقدر بـ 27.77% ، مع تأثير منخفض جدا بين باقي العوامل الأخرى. لذلك فان العاملين الأول و الثاني يمثلان أغلب المتغيرات بنسبة عالية فاقت 69% من مجموع التباين.

الفصل الرابع: النتائج والمناقشة

أولاً: المتغيرات

بعد اختزال جميع المتغيرات التي ليس لها معامل ارتباط جيد تم الاحتفاظ بجميع البيانات التي لديها معامل ارتباط مرتفع في الجدول (23) الذي يحدد أكبر نسب الارتباط للمتغيرات في العاملين الأول و الثاني (F1 و F2):

الجدول 23: بيانات إحدائيات العوامل للمتغيرات

	Fact. 1	Fact. 2	Fact. 3	Fact. 4	Fact. 5	Fact. 6
Latitude	-0,738432	-0,258757	-0,238037	-0,509483	-0,146688	0,196851
Longitude	0,442025	-0,652464	-0,596915	0,131297	0,046363	-0,000075
aet	-0,429085	-0,732106	-0,410985	-0,314758	-0,047017	-0,029156
def	0,588609	0,754535	0,209655	0,189708	0,044464	-0,012406
pet	0,723179	0,636794	-0,157129	-0,051448	0,03176	-0,076739
pr	-0,360538	-0,831742	-0,397695	-0,105964	0,020668	-0,048549
re	-0,296457	-0,867524	-0,371033	0,046484	0,068636	-0,058741
soil	-0,475819	-0,709985	-0,376894	-0,34416	-0,012209	-0,059023
srad	-0,80163	0,118067	0,552788	-0,15128	-0,052359	-0,045308
tmmn	0,8003	0,391384	-0,434884	-0,112698	-0,026425	-0,045035
tmmx	0,594433	0,571867	-0,434289	-0,348087	-0,093909	0,020083
Tmm	0,731192	0,470774	-0,442126	-0,209398	-0,054047	-0,019595
vap	0,766726	0,067525	-0,619394	-0,115539	-0,064516	0,008295
vpd	0,30139	0,919073	0,109226	-0,199651	0,002503	-0,033223
vs	0,20121	-0,836012	-0,182546	0,442126	0,13744	-0,024579
A	-0,826913	0,458235	-0,221901	0,168146	0,147711	0,007971
P	-0,580263	0,543832	-0,023844	-0,154163	0,570685	0,073541
I	-0,866035	0,380846	-0,280009	0,153293	0,016691	-0,010407
Rp	-0,845294	0,239133	-0,348113	0,219616	-0,22928	-0,034216
Lar	-0,843957	0,446219	-0,225306	0,122874	0,143747	0,006818
Wb	-0,818292	0,199008	-0,375561	0,256514	-0,274938	-0,044612
Ap	-0,77098	0,374209	-0,13854	-0,154135	-0,013242	-0,449704
Nu	-0,794303	0,49263	-0,293626	0,060283	0,146681	-0,003272
Lu	-0,732035	0,562222	-0,331725	0,019798	0,116722	0,00336
Rb	-0,763991	0,066138	-0,403994	-0,203113	0,380931	0,164684
Dt	-0,763803	0,279549	-0,455694	0,107768	-0,266736	-0,073524
Hmin	-0,593033	-0,027634	0,696988	-0,337344	-0,160353	-0,037154
Hmoy	-0,728925	-0,370688	0,52904	0,192562	0,094915	0,018073
H95	-0,667411	-0,09675	0,685405	-0,215607	-0,093147	-0,028823
T	-0,634126	0,488054	-0,166917	0,149073	-0,442615	0,285939

الفصل الرابع: النتائج والمناقشة

العامل الأول F1: كانت أكثر المتغيرات ارتباطا به هي :

Latitude و def و pet و srاد و tmmn و tmmx و Tmm و vap و A و P و l و Rp و Lar و Wb و Ap و Nu و Lu و Rb و Dt و Hmin و Hmoy و H95 و T

رياضيا جميع المتغيرات التي تكون معرفة و ممثلة تمثيلا معنويا على المحور الأول F1 تخضع إلى المعادلة التالية:

$$-+ \text{ vap } 0,76+ \text{ Tmm } 0,73+ \text{ tmmx } 0,59+ \text{ tmmn } 0,80+ \text{ srاد } -0,80+ \text{ pet } 0,72+ \text{ Latitude } -0,73$$

$$-+ \text{ Rb } -0,76+ \text{ Lu } -0,79+ \text{ Nu } -0,79+ \text{ Wb } -0,81+ \text{ Lar } -0,84+ \text{ Rp } -0,84+ \text{ l } -0,86+ \text{ P } -0,58+ \text{ A } 0,82$$

$$\text{ T } -0,63+ \text{ H95 } -0,66+ \text{ Hmoy } -0,72+ \text{ Hmin } -0,59+ \text{ Ap } -0,77+ \text{ Dt } 0,76$$

حيث المتغيرات الموجبة (+) هي: vap 0,76+ Tmm 0,73+ tmmx 0,59+ tmmn 0,80+ pet 0,72

و المتغيرات السالبة (-) هي: Wb -0,81+ l -0,86+ P -0,58+ A -0,82+ srاد -0,80+ Latitude -0,73

-+ Hmoy -0,72 + Hmin -0,59+ Ap -0,77+ Dt -0,76+ Lar -0,84+ Rb -0,76+ Lu -0,79+ Nu 0,79

T -0,63+ H95 0,66

الجدول 24: توزيع المتغيرات على العامل الأول F1

المتغيرات (+)	التأثيرات	الأفواج	المتغيرات (-)	التأثيرات	الأفواج
pet	المناخ الحرارة	G5	Latitude	إحداثيات	G2
tmmn			srاد	مناخ (المياه)	G3
tmmx			A	BV's	G1
Tmm			P		
vap			l		
			Wb	تصريف المياه	G1
			Nu		
			Lu		
			Rb		
			Dt		
			Rp	BV's	G1
			Lar		
			Ap		
			Hmin	هدروغرافيا	G2
			Hmoy		
			H95		
			T	جيولوجيا	G1

العامل الثاني F2: كانت أكثر المتغيرات ارتباطا به هي : Longitude و aet و def و pr و re و soil و vpd و

و vs .

الفصل الرابع: النتائج والمناقشة

رياضيا جميع المتغيرات التي تكون معرفة وممثلة تمثيلا معنويا على المحور الثاني F2 وهي تخضع إلى المعادلة التالية:

$$vs -0,83+ vpd 0,91+ soil -0,70+ re -0,86+ pr -0,83+ def 0,75+ aet -0,73+ Longitude -0,65$$

حيث المتغيرات الموجبة (+) هي: vpd 0,91+ def 0,75

والمغيرات السالبة (-) هي: vs -0,83+ soil -0,70+ re -0,86+ pr -0,83+ aet -0,73+ Longitude -0,65

الجدول 25: توزيع المتغيرات على العامل الثاني F2

المتغيرات (+)	التاثيرات	الافواج	المتغيرات (-)	التاثيرات	الافواج
def	مناخ	G5	Longitude	إحداثيات	G4
vpd			aet	مناخ	G3
			pr		
			re		
			soil		
			vs		G4

ملاحظة: تعني كل من القيم السالبة والموجبة على العامل الأول هو التناظر بالنسبة للمحور الأول F1، أما بالنسبة للقيم على العامل الثاني فهو التناظر بالنسبة للمحور F2

يمثل الشكل (33) توزيع المتغيرات داخل دائرة الارتباطات بين العاملين F1 و F2 بين القيم من 1 إلى -

1 حيث انه $(r=\cos\alpha)$.

إذا كانت $\alpha=0$ فانه $\cos\alpha=1$ لذلك نجد كل القيم التي توجد في احد الأرباع من الدائرة الارتباط لديها نفس العلاقة ومترابطة فيما بينها، مثل متغيرات G1 فان لديها تباين وترابط مشترك و كذلك المتغيرات الموجودة في G2 و G3 و G4 و G5.

إذا كانت $\alpha=180$ فانه $\cos\alpha=-1$: نجد أن العلاقة بين المتغيرات أو الأفواج هي علاقة عكسية تربط بين الأفواج G1 و G4 أو G2 و G5 أو G3 و G5 لان القيمة (-) تشير إلا انه كلما زادت المتغيرات ذات القيمة (+) انخفضت المتغيرات ذات القيم (-) حيث أنه كلما زادت قيم المتغيرات داخل G5 انخفضت قيم المتغيرات داخل G3.

إذا كانت $\alpha=90$ فانه $\cos\alpha=0$: في هذه الحالة لا يوجد أي علاقة بن الأفواج أو المتغيرات المتواجد داخل الأفواج G2 و G4 أو G1 و G5 أو G4 و G5 أو G1 و G3.

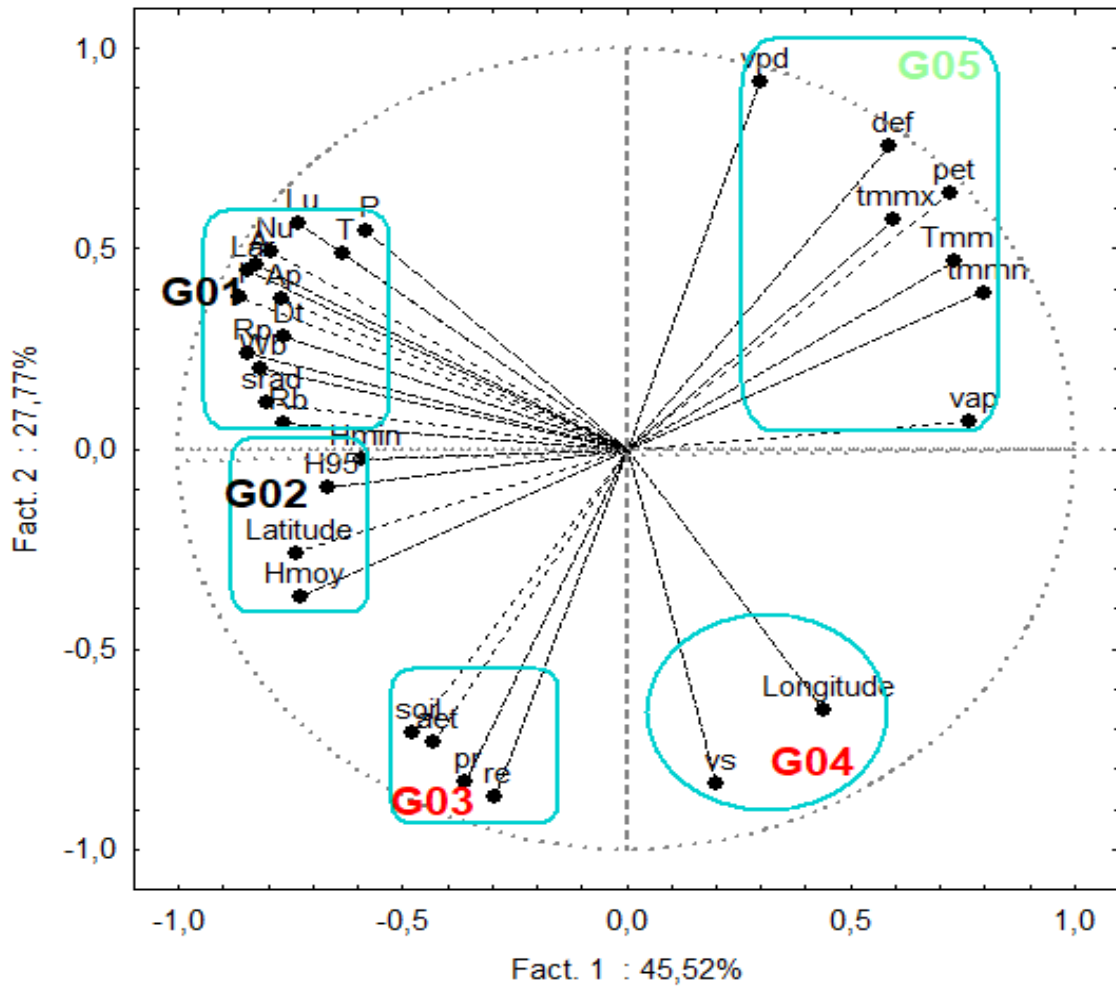
ملاحظة: يمكننا اعتبار الأفواج G1 و G2 نفس الفوج لكن لا يدلان على نفس المتغيرات حيث يمثل الفوج 1 متغيرات BVs و التفرعات المائية و تصنيف التربة أما الفوج الثاني يمثل الهيدروغرافيا، و كذلك يمكن اعتبار الأفواج G3 و G4 من نفس الفوج.

*كما يمكن تحديد العلاقة بين جميع الأفواج على المحورين F1 و F2 حيث:

الفصل الرابع: النتائج والمناقشة

- على المحور F1 كلما انخفضت قيم المتغيرات داخل الفوج G2 التي تمثل البيانات الهيدروغرافية أو الارتفاعات داخل منطقة الدراسة زادت قيم المتغيرات داخل الفوج G5 وهي التي تشير إلى البيانات المناخية التي لها علاقة بالحرارة.

- أما على المحور F2 كلما زادت قيم المتغيرات وخاصة def و vpd داخل الفوج G5 التي تمثل البيانات المناخية المتعلقة بالحرارة قلت قيم المتغيرات داخل الفوج G3 التي لها علاقة بالبيانات المناخية التي تعبر عن الأمطار.



الشكل 33: توزيع المتغيرات داخل الدائرة النسبية للعاملين F1 و F2

الفصل الرابع: النتائج والمناقشة

ثانيا: الأفراد

تم تمثيل أهم العوامل المعبرة عن الأفراد (المحطات) الـ 13 داخل الجدول (26) حيث تم تحديد عاملين F1 و F2 كأكثر عاملين تأثيرا بين العوامل الأخرى، لذلك يمثل العامل الأول F1 كل من الأفراد (المحطات) EL ABBADIA و ZEDDINE و MEKHATRIA و DJELIDA و SIDI LAKHDAR كأفراد ذات قيمة موجبة (+) و EL AMRA و EL HASSANIA و DJENDEL و OUED DJEMAA و BOUMEDFAA كأفراد ذات قيمة سالبة (-).

الجدول 26: الإحداثيات العاملة للمؤشرات الأفراد

المحطات	Fact. 1	Fact. 2	Fact. 3	Fact. 4	Fact. 5	Fact. 6
EL ABBADIA	5,17259	2,1392	-0,44363	1,0397	0,03782	0,20331
ZEDDINE	4,57737	2,81257	0,51656	0,57099	-0,3521	0,357129
EL AMRA	4,01602	-4,10814	1,11335	1,18394	0,21188	0,723071
MEKHATRIA	3,39964	-1,24741	-0,59126	0,22	-0,6051	-0,395662
BOURACHED	-3,05438	5,53447	-1,94275	1,69205	0,74592	-0,714756
EL HASSANIA	-1,81309	0,01752	5,21101	-0,30713	-0,99722	-0,752149
DJELIDA	1,27581	1,08556	-0,12454	-2,11224	1,05145	-0,248704
SIDI LAKHDAR	2,22551	-0,80226	-0,36023	-1,1583	-0,73712	-0,77561
ARIB	-2,33172	-4,79893	-0,82225	1,04849	1,47896	-0,219785
BIR OULED KHELIFA	-0,43784	0,67495	0,06143	-1,99139	1,69834	0,503637
DJENDEL	-3,10395	1,42464	-1,92467	-0,83277	-1,67175	1,115717
OUED DJEMAA	-6,50211	0,54913	2,69419	0,78233	0,17982	0,610598
BOUMEDFAA	-3,42384	-3,2813	-3,38721	-0,13565	-1,0409	-0,406795

تم تمثيل جميع الأفراد و علاقتها بالمتغيرات بقيم سالبة (-) و موجبة (+) على المحور الأول F1 داخل الجدول (27)

جدول 27: توزيع الأفراد الموجبة والسالبة على العامل F1

الأفراد (+)	التأثيرات	الأفراد (-)	التأثيرات
EL ABBADIA	5,17259	EL HASSANIA	-1,81309
ZEDDINE	4,57737	DJENDEL	-3,10395
MEKHATRIA	3,39964	OUED DJEMAA	-6,50211
DJELIDA	1,27581	BOUMEDFAA	-3,42384
SIDI LAKHDAR	2,22551		

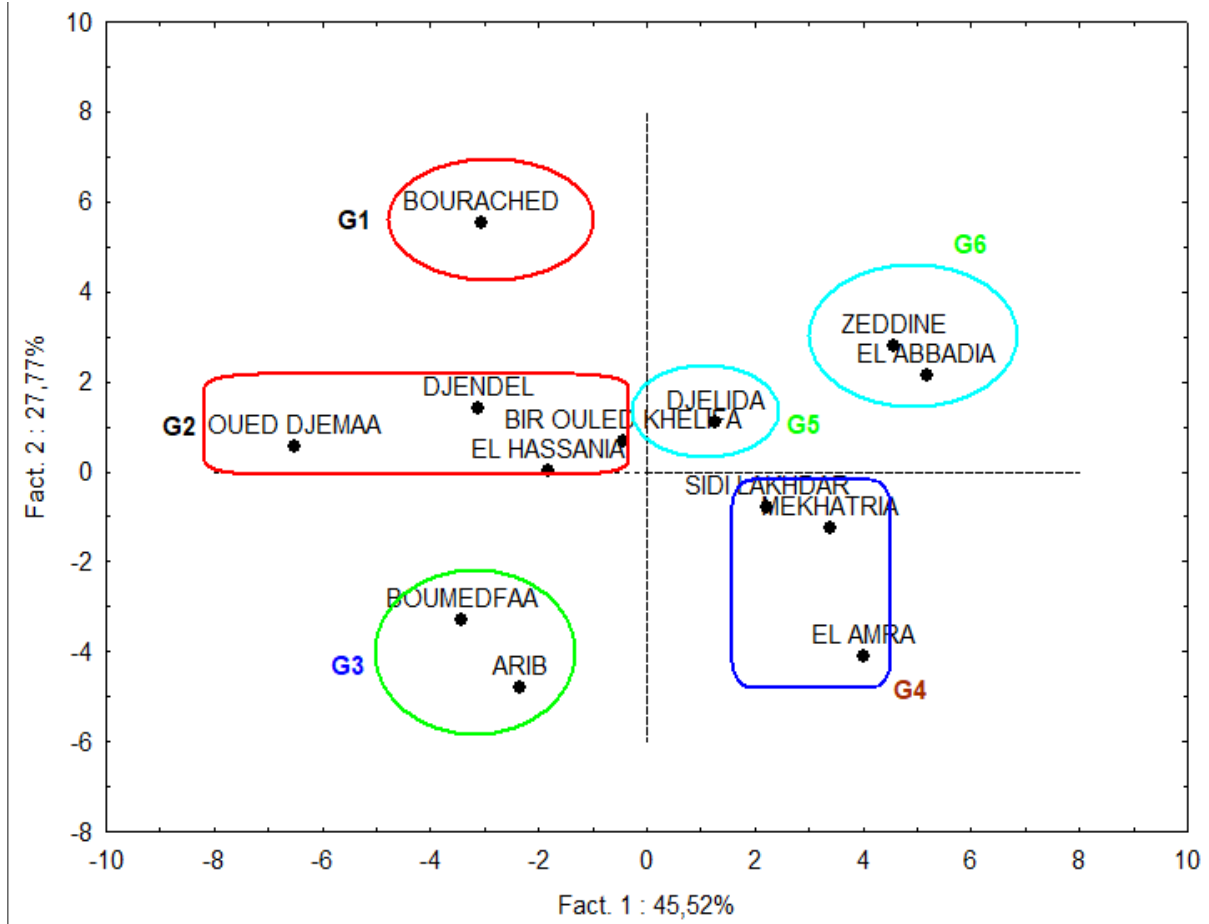
الفصل الرابع: النتائج والمناقشة

أما بالنسبة للعامل F2 فهو يمثل كل من الأفراد (المحطات) BOURACHED و BIR OULED و KHELIFA كأفراد ذات قيم موجبة (+) و EL AMRA و ARIB كأفراد ذات قيمة سالبة (-) وتم تمثيلها في الجدول (28)

جدول 28: توزيع الأفراد الموجبة والسالبة على العامل F2

التأثيرات	الأفراد (-)	التأثيرات	الأفراد (+)
EL AMRA	-4,10814	BOURACHED	5,53447
ARIB	-4,79893	BIR OULED KHELIFA	0,67495

بالنسبة للشكل (34) يمثل توزيع الأفراد على كل من العاملين F1 و F2 حيث نجد أن منطقة الدراسة منطقة متنوعة من حيث المناخ والتضاريس.



الشكل 34: توزيع الأفراد داخل تقاطع العاملين F1 و F2

الفصل الرابع: النتائج والمناقشة

2.1.IV.IV. الجفاف في الفضاء الرياضي متعدد المتغيرات وفق الطريقة الإحصائية ACP

يمثل الجدول (29) قيم الإحداثيات العاملية F1 و F2 مع قيم مؤشر الجفاف SPI لكل المحطات الثلاثة عشر خلال أربع سنوات جافة و اثنتين رطبتين التي تم تحديدها سابقا. و يحدد تقاطع الإحداثيات العاملية مع احد قيم SPI لسنة من السنوات الجافة أو الرطبة توزيع مؤشر الجفاف في الفضاء الرياضي . حيث هناك 9 محطات لديها ارتباط وثيق مع العامل F1 منها 5 ذات إشارة (+) و 4 ذات إشارة (-) . أما بالنسبة للعامل F2 فترتبط به أربع محطات ارتباطا عاليا اثنين ذات إشارة (+) و اثنين ذات إشارة (-).

الجدول 29: الإحداثيات العاملية للمؤشرات الأفراد وقيم SPI .

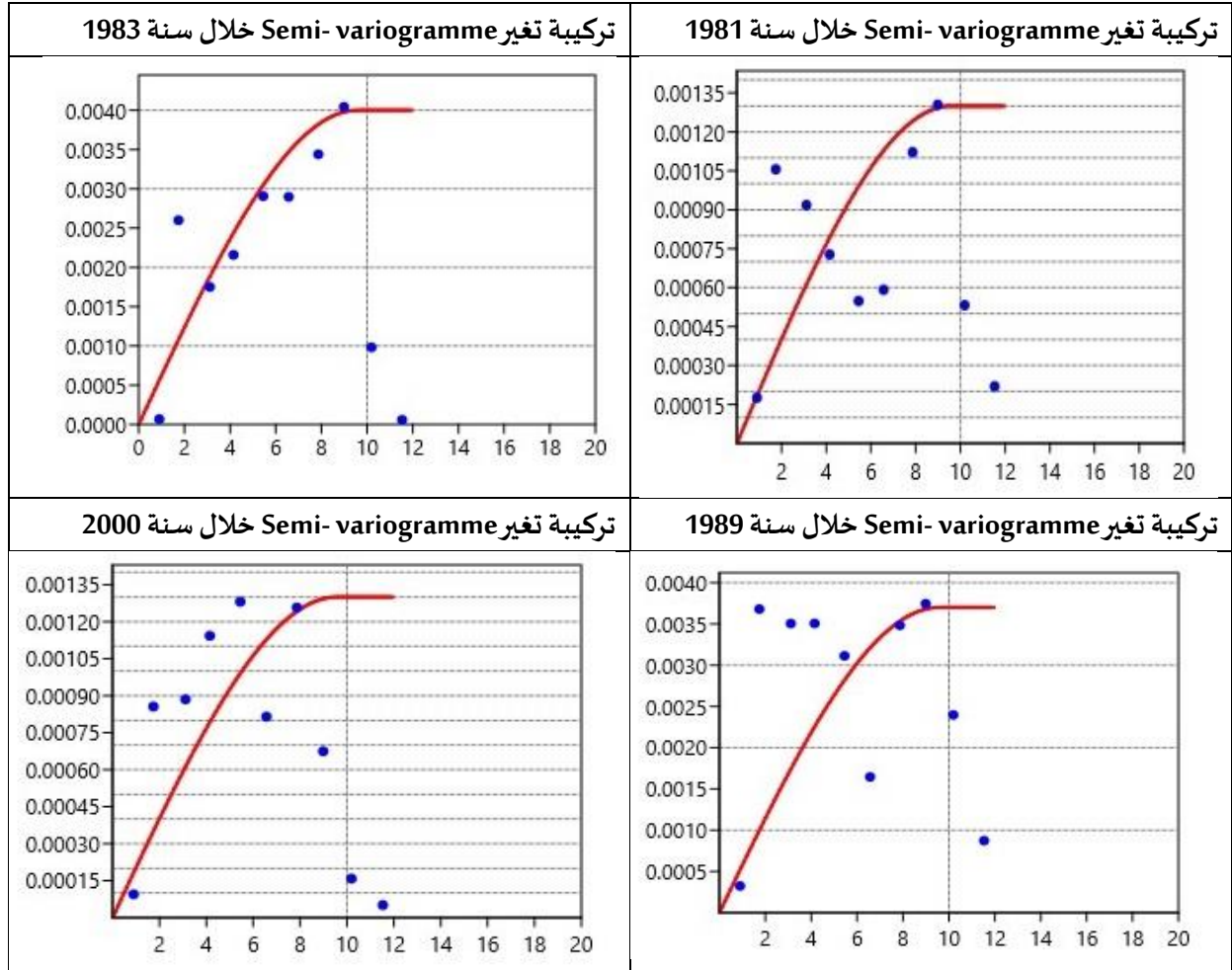
المحطات	Fact. 1	Fact. 2	SPI 1981	SPI 1983	SPI 1989	SPI 2000	SPI 2013	SPI 2018
EL ABBADIA	5,17	2,14	-1,07	-1,73	-1,43	-1,45	1,78	1,87
ZEDDINE	4,58	2,81	-1,09	-1,75	-1,45	-1,46	1,80	1,84
EL AMRA	4,02	-4,11	-1,08	-1,76	-1,46	-1,58	1,77	1,81
MEKHATRIA	3,40	-1,25	-1,11	-1,78	-1,52	-1,57	1,74	1,76
BOURACHED	-3,05	5,53	-1,10	-1,80	-1,46	-1,54	1,79	1,80
EL HASSANIA	-1,81	0,02	-1,10	-1,86	-1,40	-1,60	1,77	1,81
DJELIDA	1,28	1,09	-1,12	-1,87	-1,52	-1,60	1,70	1,70
SIDI LAKHDAR	2,23	-0,80	-1,13	-1,84	-1,56	-1,59	1,71	1,67
ARIB	-2,33	-4,80	-1,12	-1,84	-1,51	-1,68	1,73	1,71
BIR OULED KHELIFA	-0,44	0,67	-1,13	-1,91	-1,51	-1,64	1,67	1,67
DJENDEL	-3,10	1,42	-1,18	-1,98	-1,53	-1,66	1,63	1,62
OUED DJEMAA	-6,50	0,55	-1,12	-1,95	-1,41	-1,66	1,63	1,74
BOUMEDFAA	-3,42	-3,28	-1,19	-1,96	-1,58	-1,68	1,67	1,59

1.2.1.IV.IV. توزيع سنوات الجفاف

يمثل الشكل (35) تذبذب تقاطع قيم F1 و F2 مع المتغيرات وهي السنوات داخل Semi- variogramme للسنوات التي كانت جافة على قيم المؤشر SPI بحيث كانت تركيبة Semi- variogramme على هذه السنوات:

سنة 1981: Nugget=0.00 و Range = 9.5665 و Scale = 0.0013 و SSError = 2.81×10^{-6} و Bins=10
 سنة 1983: Nugget=0.00 و Range = 9.5665 و Scale = 0.0040 و SSError = 2.77×10^{-5} و Bins=10
 سنة 1989: Nugget=0.00 و Range = 9.5665 و Scale = 0.0037 و SSError = 2.41×10^{-5} و Bins=10
 سنة 2000: Nugget=0.00 و Range = 9.5665 و Scale = 0.0013 و SSError = 3.88×10^{-6} و Bins=10

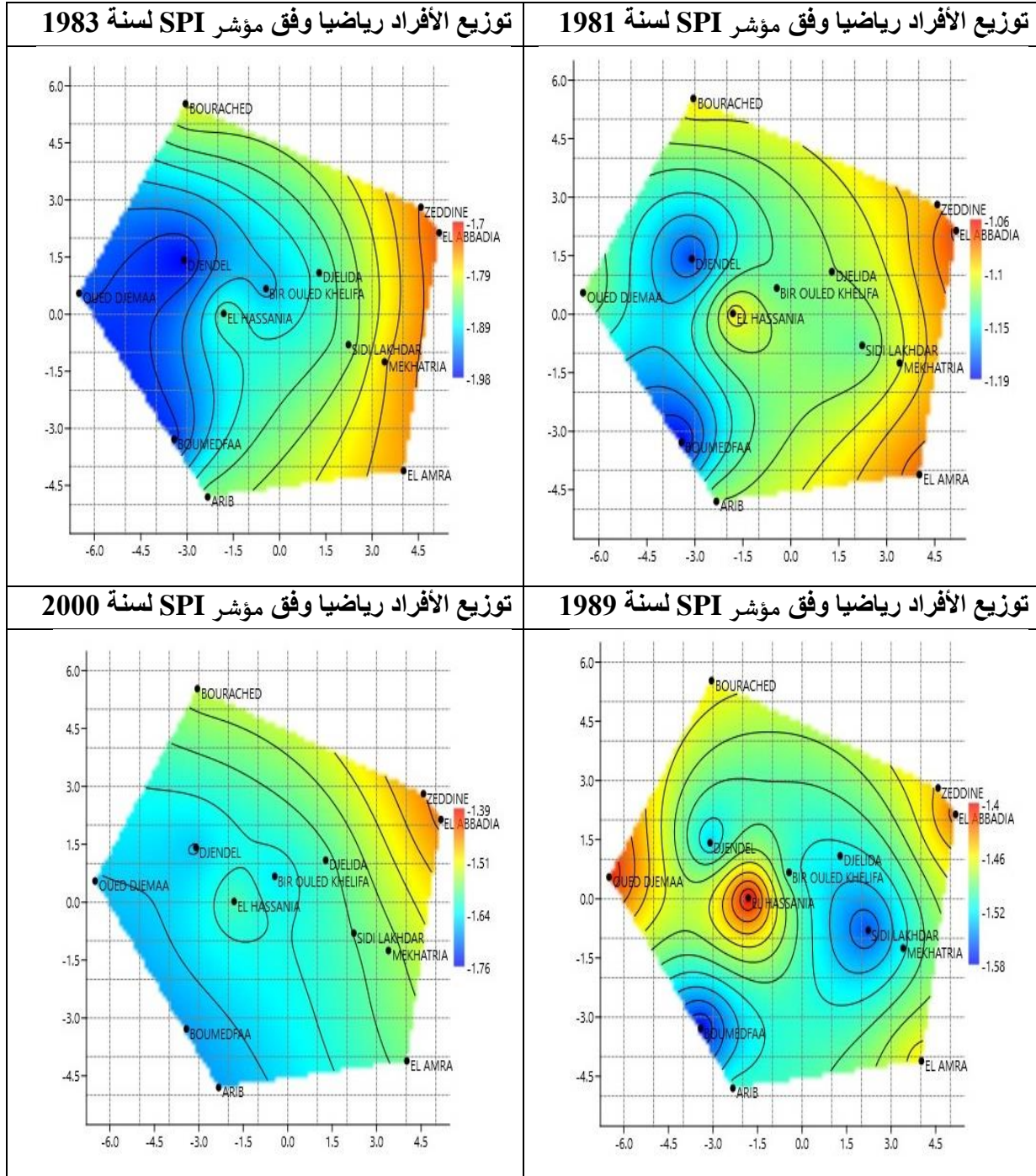
الفصل الرابع: النتائج والمناقشة



الشكل 35: تركيبة تغير Semi- variogramme خلال السنوات الجافة

الفصل الرابع: النتائج والمناقشة

تم تمثيل توزيع الأفراد (individu) وقيم مؤشر الجفاف SPI الذي يمثل السنوات الجافة مع العاملين F1 و F2 داخل الفضاء الرياضي المتعدد المتغيرات وفق طريقة Krigage وكذلك علاقة المتغيرات في توزيع الجفاف داخل المنطقة من خلال الشكل (36)



الشكل 36: توزيع الأفراد داخل الفضاء الرياضي المتعدد المتغيرات للسنوات الجفاف وفق مؤشر SPI بطريقة ACP

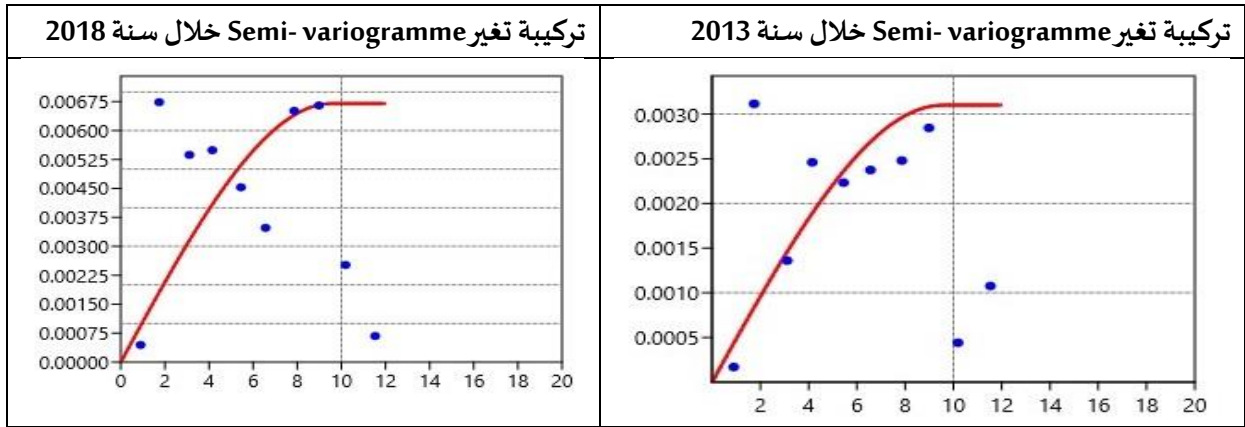
الفصل الرابع: النتائج والمناقشة

2.2.1.IV.IV. توزيع سنوات الرطوبة

يمثل الشكل (37) تذبذب تقاطع قيم العاملين F1 و F2 مع المتغيرات وهي السنوات داخل Semi-variogramme التي كانت رتبة على قيم المؤشر SPI بحيث كانت تركيبة Semi-variogramme على هذه السنوات بـ:

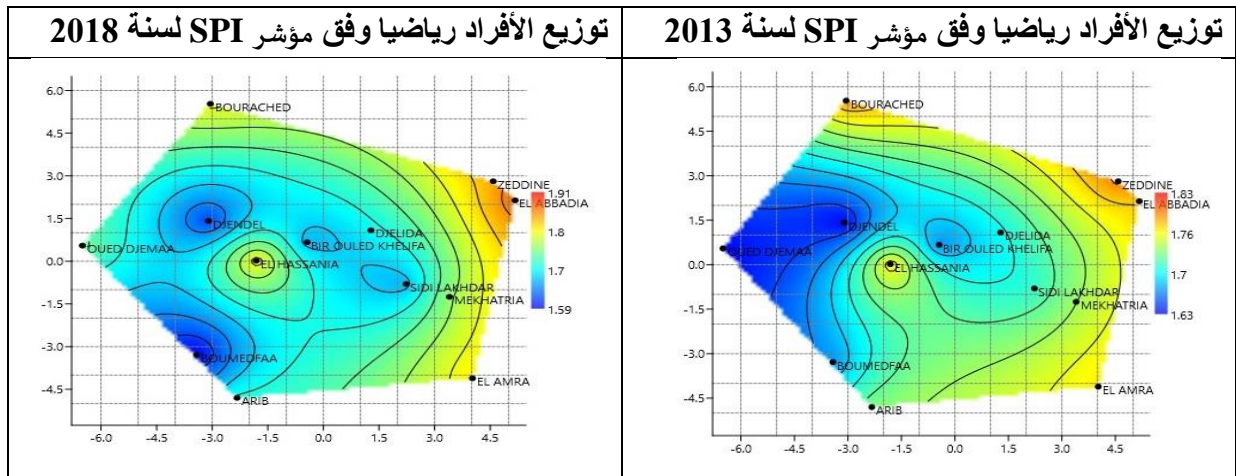
سنة 2013: Nugget=0.00 و Range = 9.5665 و Scale = 0.0031 و $S\text{Serrour} = 1.71 \times 10^{-5}$ و Bins=10

سنة 2018: Nugget=0.00 و Range = 9.5665 و Scale = 0.0067 و $S\text{Serrour} = 9.1 \times 10^{-5}$ و Bins=10



الشكل 37: تركيبة تغير Semi-variogramme خلال السنوات الرطبة

تم تمثيل توزيع الأفراد (individu) و قيم مؤشر الجفاف SPI الذي يمثل السنوات الرطبة مع العاملين F1 و F2 داخل الفضاء الرياضي المتعدد المتغيرات وفق طريقة Krigeage وكذلك علاقة المتغيرات في توزيع السنوات الرطبة داخل المنطقة من خلال الشكل (38)



الشكل 38: توزيع الأفراد داخل الفضاء الرياضي المتعدد المتغيرات للسنوات الرطبة بطريقة ACP وفق مؤشر SPI

3.2.1.IV.IV التحليل

1- يمثل الشكل (36) توزيع الأفراد (individu) وقيم مؤشر الجفاف SPI الذي يمثل السنوات الجافة (1981، 1983، 1989، 2000) مع العاملين F1 و F2 داخل الفضاء الرياضي المتعدد المتغيرات وكذلك علاقة المتغيرات في توزيع الجفاف داخل المنطقة بحيث أن كل من المحطات ZEDDINE و EL ABBADIA و BOURACHED و EL HASSANIA و OUED DJEMAA و EL AMRA جميعها تقع في الجهة الغربية من منطقة عين الدفلى وهي تمثل المحطات التي تم رصد أقل معدلات للجفاف على قيم SPI بمقياس من -1.4 إلى -1.64

أما المحطات DJENDEL و BIR OULED KHELIFA و DJELIDA و SIDI LAKHDAR و MEKHATRIA و BOUMEDFAA و ARIB فهي تقع في الجهة الشرقية من منطقة عين الدفلى وهي المحطات التي رصد فيها الجفاف بنسب عالية على مقياس SPI بـ 1.52 إلى 1.58 في الفضاء الرياضي المتعدد المتغيرات.

2- يمثل الشكل (38) تموضع الأفراد (المحطات) خلال السنوات الرطبة (2013، 2018) داخل الفضاء الرياضي المتعدد المتغيرات بتقاطع العاملين F1 و F2 مع قيم SPI حيث توافقت النتائج التي تم تحديدها بتواجد المناطق الرطبة والأكثر تساقطا خلال السنوات الرطبة في المناطق الغربية أين تم تأكيدها في الفضاء الرياضي من خلال المحطات ZEDDINE و EL ABBADIA و BOURACHED و EL HASSANIA و OUED DJEMAA و EL AMRA جميعها تم رصد أكبر معدلات للأمطار على قيم SPI بمقياس من 1.76 إلى 1.91.

أما أقل كمية للتساقط سجلت بالمنطقة الشرقية على مقياس SPI بـ 1.59 إلى 1.7 في الفضاء الرياضي المتعدد المتغيرات، وكانت تقع بها المحطات DJENDEL و BIR OULED KHELIFA و DJELIDA و SIDI LAKHDAR و MEKHATRIA و BOUMEDFAA و ARIB.

3- بالنسبة للمتغيرات المأثرة على الجفاف داخل المحطات تم تلخيص ذلك في الجدولين (30، 31) حيث يمثل الجدول 30 علاقة المتغيرات (المعطيات المناخية وبيانات التضاريس و بيانات الأحواض و التربة) مع الأفراد (المحطات) على المحور الأول F1 وكيف تأثر على تتوزع الجفاف داخل منطقة الدراسة، بحيث تأثر المعطيات المناخية ذات القيم الموجبة (+) على المحور F1 $tmmx + tmmn + pet$ $vap + Tmm +$ على تواجد الجفاف داخل المنطقة من عدمه و تحدد شدته ونسبة تساقط الأمطار حيث أثرت على كل من المحطات EL ABBADIA و ZEDDINE و EL AMRA و MEKHATRIA و DJELIDA و SIDI LAKHDAR لذلك نقول أن هذه العوامل هي أبرز المؤثرين على توزع الجفاف داخل هذه المحطات.

أما بالنسبة للمتغيرات التي تمثل معطيات: الموقع، المناخ، التصريف، التضاريس، الجيولوجيا على الترتيب Latitude و def و pet و srad و tmmn و tmmx و Tmm و vap و A و P و او و Rp و Lar و Wb و Ap و Nu و Lu و Rb و Dt و Hmin و Hmoy و H95 و T فهي أكثر المتغيرات تأثيرا على توزع الجفاف داخل كل من

الفصل الرابع: النتائج والمناقشة

المحطات: EL HASSANIA و DJENDEL و OUED DJEMAA و BOUMEDFAA، وهذه العلاقة بين الأفراد والمتغيرات ذات قيم سالبة (-) على المحور F2

جدول 30: علاقات الأفراد بالمتغيرات على المحور الأول

الأفراد (+)	المتغيرات (+)	الأفراد (-)	المتغيرات (-)				
EL ABBADIA	pet	EL HASSANIA	Latitude	I	Dt	Rb	T
ZEDDINE	tmmn	DJENDEL	srad	Ap	Wb	Hmin	
MEKHATRIA	tmmx	OUED DJEMAA	A	Rp	Nu	Hmoy	
DJELIDA	Tmm	BOUMEDFAA	P	Lar	Lu	H95	
SIDI LAKHDAR	vap						

أما بالنسبة للجدول 31 يمثل علاقة المتغيرات مع الأفراد على المحور الثاني F2 ذات القيم الموجبة (+) حيث تحدد المتغيرات + def + vpd طريقة توزع الجفاف من عدمه داخل المحطات BOURACHED و BIR OULED KHELIFA.

أما بالنسبة للقيم السالبة (-) فتحدد المتغيرات Longitude - aet - pr - re - vs - soil توزع الجفاف داخل المحطات EL AMRA و ARIB.

الجدول 31: علاقة الأفراد بالمتغيرات على المحور الثاني

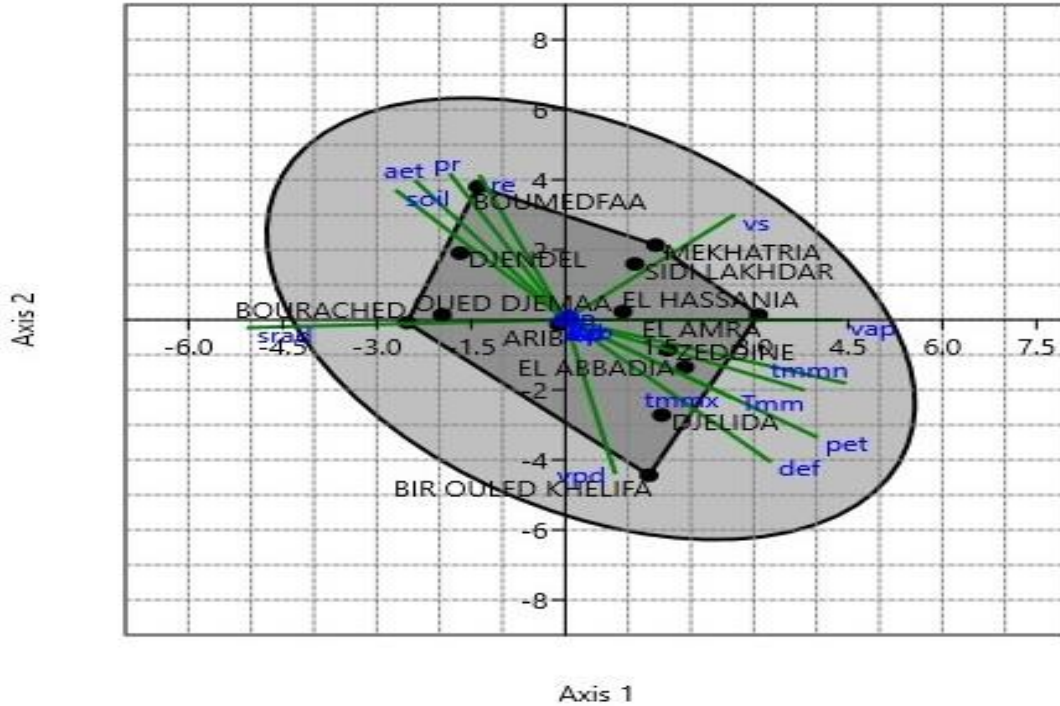
الأفراد (+)	المتغيرات (+)	الأفراد (-)	المتغيرات (-)
BOURACHED	def	EL AMRA	Longitude
BIR OULED KHELIFA	vpd	ARIB	aet pr re soil vs

الفصل الرابع: النتائج والمناقشة

2.IV.IV. الجفاف في الفضاء الرياضي متعدد المتغيرات وفق الطريقة الإحصائية ACC

تم تمثيل الجفاف وفق الطريقة الإحصائية ل الارتباط القويم (ACC) حيث تم تحديد فوجين من اجل استخراج العوامل أو المتغيرات الأكثر تأثيرا و تمثيلا للارتباط القويم بين المتغيرات لهاته الأفواج و أفرادها (Axis2، Axis1)،

حدد الفوج الأول بـ 13 متغير ممثلين في المعطيات المناخية و الفوج الثاني بـ 7 متغيرات ممثلين بالمعطيات الحوضية (BVs)، و الأفراد بـ 13 محطة، كانت النتائج ممثلة في الجدول (32) و الشكل (39).



الشكل 39: توزيع الأفراد (المحطات) و المتغيرات (الفوج الأول والثاني) على المحورين Axis 1 و Axis 2

يمثل الجدول (32) علاقة الفوج الأول بالفوج الثاني حسب الطريقة الإحصائية الارتباط القويم (ACC).

الفوج الأول على المحور الأول (Axis1) حددت المتغيرات الأكثر ارتباطا به : Axis1= pet- srad+tmm+tmx+tmmn+vap

أما على المحور الثاني : Axis2= aet-def+pr+re+soil-vpd+vs

بالنسبة للفوج الثاني على المحور الأول (Axis2) حددت المتغيرات الأكثر ارتباطا به : Axis1=-A+P+I+Lar، أما على المحور الثاني Axis2=Rp+Wp+Ap.

و تم تمثيل الأفراد على المحورين الأول و الثاني و تم تحديد الأفراد الأكثر ارتباطا على المحور الأول بـ : OUED DJEMAA ، EL HASSANIA، BOURACHED ، EL AMRA، ZEDDINE ، EL ABBADIA،

الفصل الرابع: النتائج والمناقشة

أما على المحور الثاني كانت أكثر الأفراد ارتباطا عليه هي: SIDI LAKHDAR ، DJELIDA ، MEKHATRIA ، BOUMEDFAA ، DJENDEL ، BIR OULED KHELIFA ، ARIB

الجدول 32: قيم المتغيرات للفوج الأول والثاني والأفراد على العوامل Axis 1 و Axis 2

المتغيرات و الأفراد	F 1	F 2	نوع البيانات
A	-0,0435766	-0,0018867	Group 02 D.BV pour expliquer (Variable)
P	0,0757612	-0,0138138	
I	0,0611566	0,0435847	
Rp	0,051682	0,0753898	
Lar	0,0434923	0,0239676	
Wb	0,0500574	0,0887864	
Ap	0,0226557	0,0228239	
EL ABBADIA	1,90155	-1,34939	Données Krigage (Individu)
ZEDDINE	1,63036	-0,853452	
EL AMRA	3,07389	0,142616	
MEKHATRIA	1,43796	2,13926	
BOURACHED	-2,51888	-0,0763651	
EL HASSANIA	0,915248	0,235118	
DJELIDA	1,5344	-2,71707	
SIDI LAKHDAR	1,10706	1,59876	
ARIB	-0,10579	-0,129779	
BIR OULED KHELIFA	1,33074	-4,43889	
DJENDEL	-1,67118	1,90918	
OUED DJEMAA	-1,95965	0,144128	
BOUMEDFAA	-1,39393	3,79969	
aet	-0,249439	0,415591	Group 01 D.Climat pour expliquer (Variable)
def	0,341996	-0,423955	
pet	0,419486	-0,350823	
pr	-0,191943	0,436027	
re	-0,142313	0,431148	
soil	-0,281763	0,387111	
srad	-0,530261	-0,0234259	
tmmn	0,46673	-0,189317	
tmmx	0,275799	-0,231868	
Tmm	0,397896	-0,209703	
vap	0,461119	-0,000832756	
vpd	0,0830274	-0,458614	
vs	0,281182	0,313585	

الفصل الرابع: النتائج والمناقشة

1.2.IV.IV. توزيع سنوات الجفاف

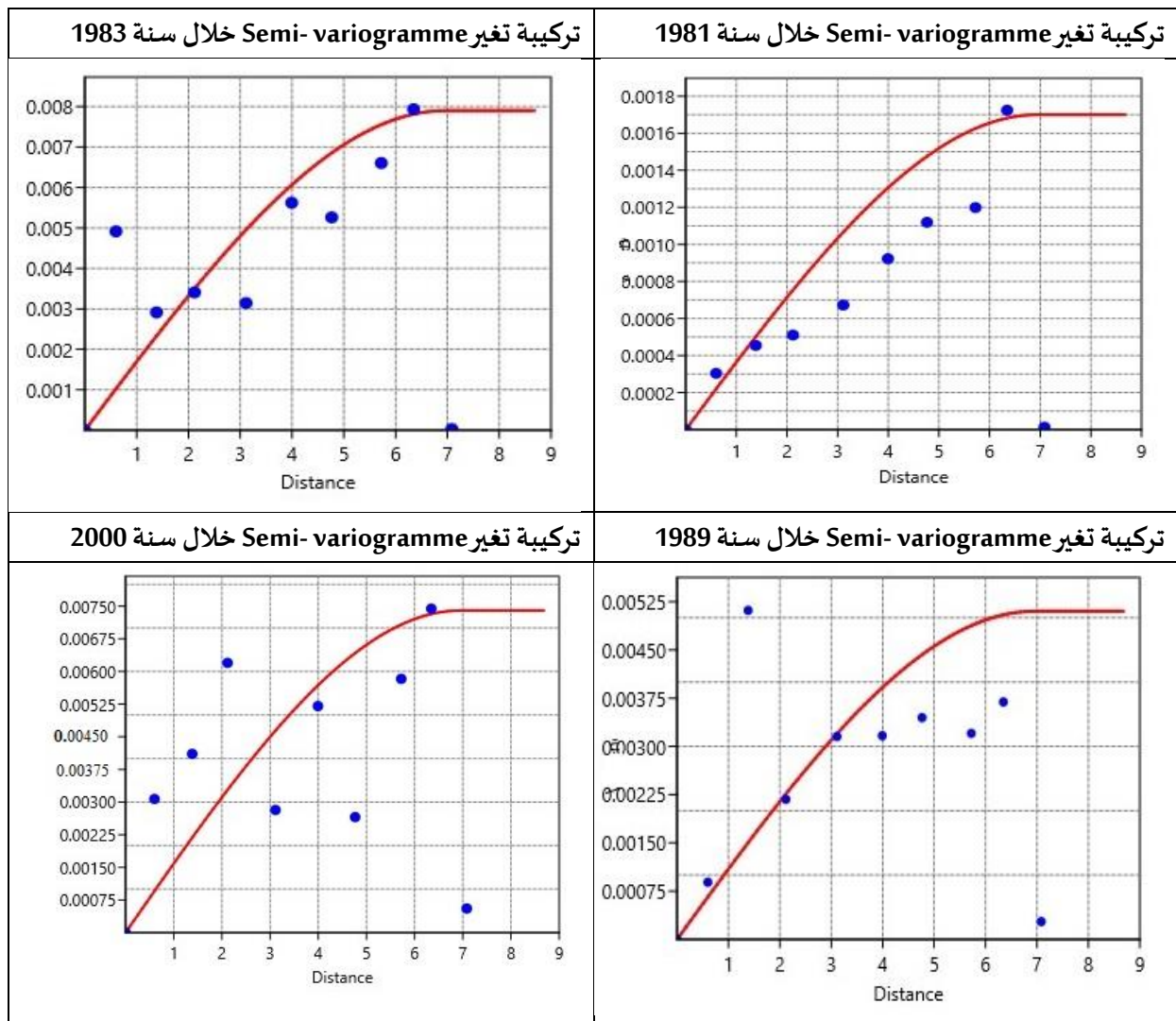
يمثل الشكل (40) تذبذب تقاطع قيم العاملين Axis 1 و Axis 2 مع المتغيرات وهي السنوات داخل Semi- variogramme للسنوات الجافة على قيم المؤشر SPI بحيث تركيبية Semi- variogramme على هذه السنوات هي:

سنة 1981: Nugget=0.00 و Range = 6.9420 و Scale = 0.0017 و SSerror = 3.52×10^{-6} و Bins=10

سنة 1983: Nugget=0.00 و Range = 6.9420 و Scale = 0.0079 و SSerror = 2.44×10^{-5} و Bins=10

سنة 1989: Nugget=0.00 و Range = 6.9420 و Scale = 0.0051 و SSerror = 4.25×10^{-5} و Bins=10

سنة 2000: Nugget=0.00 و Range = 6.9420 و Scale = 0.0074 و SSerror = 8.28×10^{-5} و Bins=10

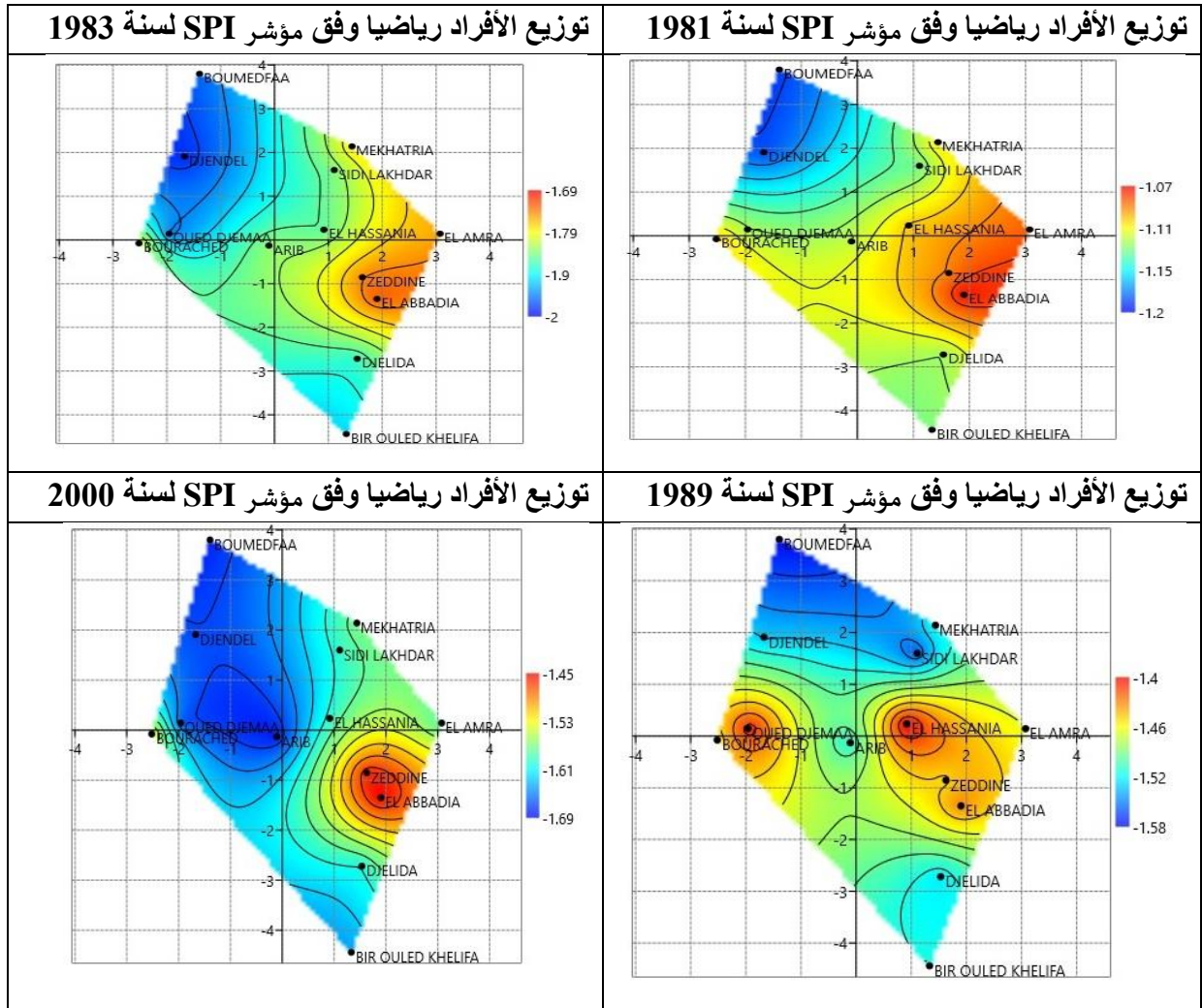


الشكل 40: تركيبية تغير Semi- variogramme خلال السنوات الجافة

الفصل الرابع: النتائج والمناقشة

يمثل الشكل (41) توزيع الأفراد (individu) وقيم مؤشر الجفاف SPI الذي يمثل السنوات الجافة (1981، 1983، 1989، 2000) مع العاملين Axis 1 و Axis 2 داخل الفضاء الرياضي المتعدد المتغيرات وكذلك علاقة المتغيرات في توزيع الجفاف داخل المنطقة بحيث أن كل من المحطات ZEDDINE و EL AMRA و BOURACHED و EL HASSANIA و OUED DJEMAA و EL AMRA جميعها تقع في الجهة الغربية من منطقة عين الدفلى و هي تمثل المحطات التي تم رصد اقل معدلات للجفاف على قيم SPI بمقياس من -1.4 إلى -1.64

أما المحطات DJENDEL و BIR OULED KHELIFA و DJELIDA و SIDI LAKHDAR و MEKHATRIA و BOUMEDFAA و ARIB فهي تقع في الجهة الشرقية من منطقة عين الدفلى وهي المحطات التي رصد فيها الجفاف بنسب عالية على مقياس SPI بـ -1.52 إلى -1.58 في الفضاء الرياضي المتعدد المتغيرات.



الشكل 41: توزيع الأفراد داخل الفضاء الرياضي المتعدد المتغيرات بطريقة ACC للسنوات الجفاف وفق مؤشر SPI

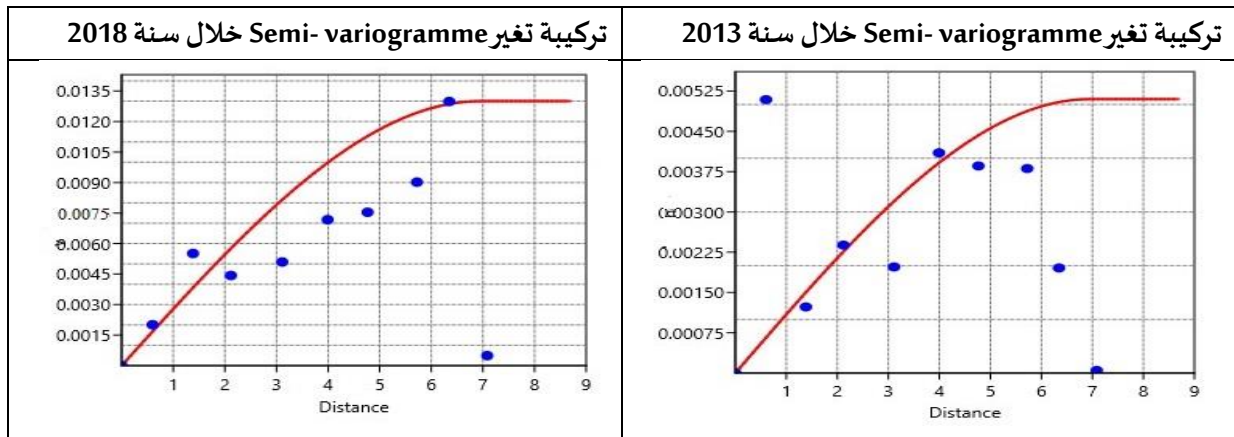
الفصل الرابع: النتائج والمناقشة

2.2.IV.IV. توزيع سنوات الرطوبة

يمثل الشكل (37) تذبذب تقاطع قيم العاملين Axis 1 و Axis 2 مع المتغيرات وهي السنوات داخل Semi- variogramme للسنوات الرطبة على قيم المؤشر SPI بحيث تركيبية Semi- variogramme على هذه السنوات هي:

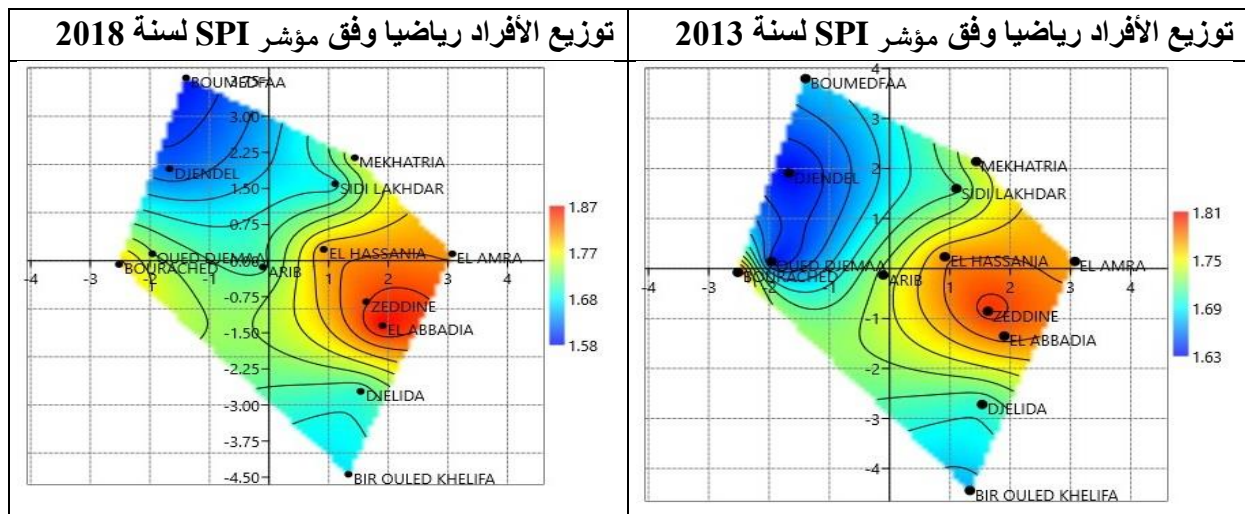
سنة 2013: Nugget=0.00 و Range = 6.9420 و Scale = 0.0051 و $SSerrour = 5.77 \times 10^{-5}$ و Bins=10

سنة 2018: Nugget=0.00 و Range = 9.5665 و Scale = 0.0067 و $SSerrour = 9.1 \times 10^{-5}$ و Bins=10



الشكل 42: تركيبية تغير Semi- variogramme خلال السنوات الرطبة

تم تمثيل توزيع الأفراد (individu) و قيم مؤشر الجفاف SPI الذي يمثل السنوات الرطبة مع العاملين Axis 1 و Axis 2 داخل الفضاء الرياضي المتعدد المتغيرات وكذلك علاقة المتغيرات في توزيع السنوات الرطبة داخل المنطقة وفق الطريقة الإحصائية ACC من خلال الشكل (42)



الشكل 43: توزيع الأفراد داخل الفضاء الرياضي المتعدد المتغيرات بطريقة ACC للسنوات الرطبة

وفق مؤشر SPI

الفصل الرابع: النتائج والمناقشة

1- يمثل الشكل (43) توضع الأفراد (المحطات) خلال السنوات الرطبة (2013، 2018) داخل الفضاء الرياضي المتعدد المتغيرات بتقاطع العاملين Axis 1 و Axis 2 مع قيم SPI حيث توافقت النتائج التي تم تحديدها بتواجد المناطق الرطبة والأكثر تساقطا خلال السنوات الرطبة في المناطق الغربية أين تم تأكيدها في الفضاء الرياضي من خلال المحطات ZEDDINE و EL ABBADIA و BOURACHED و EL AMRA و OUED DJEMAA و HASSANIA جميعها تم رصد أكبر معدلات للأمطار على قيم SPI بمقياس من 1.76 إلى 1.91 .

أما أقل كمية للتساقط سجلت بالمنطقة الشرقية على مقياس SPI بـ 1.59 إلى 1.7 في الفضاء الرياضي المتعدد المتغيرات، و كانت تقع بها المحطات DJENDEL و BIR OULED KHELIFA و DJELIDA و ARIB و BOUMEDFAA و MEKHATRIA و SIDI LAKHDAR .

2- بالنسبة للمتغيرات التي تؤثر على الجفاف داخل المحطات حددت علاقة الأفراد (المعطيات المناخية) الفوج الأول (بيانات الأحواض) الفوج الثاني مع المتغيرات (المحطات) بحيث تشير المعطيات في الشكلين (41 و 43) إلى أن بيانات المتغيرات في الفوج الأول (البيانات المناخية) أكثر دلالة و أكبر قيمة من المتغيرات في الفوج الثاني (معطيات الأحواض) ، بحيث تؤثر المعطيات المناخية ذات القيم الموجبة (+) على المحور Axis1 (pet + tmm + tmx + tmmn + vap) على تواجد الجفاف داخل المنطقة من عدمه و تحدد شدته ونسبة تساقط الأمطار حيث أثرت على كل من المحطات EL AMRA، ZEDDINE ، EL ABBADIA، EL HASSANIA .، لذلك نقول أن هذه العوامل هي أبرز المؤثرين على توزيع الجفاف داخل هذه المحطات. أما المتغيرات السالبة (-) كان متغير ف rad أكثر تأثيرا على المحطات OUED DJEMAA ، BOURACHED .

أما بالنسبة على المحور Axis2 كانت القيم الموجبة تمثل المتغيرات +vs +soil +re +pr +aet التي كانت أكثر تأثيرا على المحطات: MEKHATRIA ، SIDI LAKHDAR ، DJENDEL ، BOUMEDFAA ، أما بالنسبة للمتغيرات السالبة (-) def-، vpd- كانت أكثر تأثيرا على كل من المحطات BIR OULED KHELIFA ، ARIB ، DJELIDA

و نلفت الانتباه إلى الملاحظات التالية

1- بالنسبة للسنوات الجافة أو الرطبة التي تم رصدها وتمثيلها في الفضاء الرياضي المتعدد المتغيرات فإنها تعبر عن نفس النتائج من حيث توزيع الجفاف أو المتغيرات المأثرة عليه داخل منطقة الدراسة داخل كل محطة، يكون الاختلاف فقط في قيمة و تردد الجفاف على مؤشر SPI.

2- بالنسبة لاختلاف توزيع محطات منطقة الدراسة في الفضاء متعدد المتغيرات في الطريقة الإحصائية ACP أو طريقة ACC فان ذلك لا يؤثر على النتائج بل أشارت النتائج إلى نفس المعطيات فقط الفرق كان في الإشارات للأفراد التي مثلت بها داخل الفضاء الرياضي.

3.IV.IV. المناقشة

جفاف الأرصاد الجوية ظاهرة طبيعية ناتجة عن قلة هطول الأمطار في مناطق محددة ولفترات طويلة. للتخفيف من حدة الجفاف والوقاية منه ، من الضروري معرفة خصائصه الزمنية والمكانية من حيث شدته ومدته في أي منطقة من مناطق العالم. يعتبر تحليل الجفاف أفضل طريقة للتنبؤ بالمخاطر وإدارتها. إنه تحذير للسياسيين وصناع القرار لإيجاد الحلول واتخاذ القرارات اللازمة في حالة تكرار الجفاف.

لذلك ، تم اختيار منطقة الدراسة ضمن نطاق حوض البحر الأبيض المتوسط ، والذي تم تصنيفه على أنه منطقة توطين الجفاف العالمي ، حيث تم رصد الجفاف في العديد من المواقع في الحوض ، كما أشارت معظم الدراسات.

قامت العديد من الدراسات بتحليل الجفاف محليا وتعرفت على وجوده في شمال الجزائر في عام 1999. حيث كان الجفاف أكثر حدة في الجزء الشمالي الغربي ، حيث شهدت المنطقة حالات جفاف خلال السنوات 89-90-91-92-94-99. كانت السنوات 81-89 هي أكثر سنوات العجز المائي في الجزائر [152,153]، [154,155]. ذكر [156] أن فترة الجفاف التي ضربت المنطقة بدأت في الثمانينيات واستمرت حتى نهاية التسعينيات. تم تحديد فترة الجفاف من 1986 إلى 2001 بواسطة [157] و [138] أيضا. كانت فئة الجفاف الشديد هي الأكثر تأثيرا في عام 1983 [144].

تم استخدام مؤشرات مختلفة في العديد من الدراسات لرصد الجفاف داخل منطقة الدراسة. لتأكيد صحة ودقة النتائج التي يوفرها مؤشر SPI ، مع تحديد حالة الجفاف في شمال غرب الجزائر ، وكذلك مراحلها الزمنية. استخدم [158] مؤشر الجفاف الفعال (EDI) ومؤشر SPI لرصد الجفاف ، والذي تم تسجيله بمعدلات عالية خلال عامي 83 و 89، و كان توافق النتائج بين المؤشرين جيدا. أجرى [159] تجربة لمعرفة أفضل مؤشر لقياس الجفاف من بين أربعة مؤشرات SPI و PN و DI و RAI على مقياس (شهري، موسمي ، سنوي). أشارت جميع النتائج إلى اتفاق بين هذه المؤشرات مع تفضيل مؤشر SPI، وتم تحديد الجفاف داخل المنطقة في أوائل الثمانينيات. أما الدراسة التي أجراها [160] فاستخدم مؤشر SPI لتحديد سنوات الجفاف (1987 ، 2000 ، 2006 ، 2016). ثم استخدم مؤشر NDVI المعتمد على صور القمر الصناعي لاندسات Landsat للتحقق من دقة النتائج التي قدمتها SPI. وشهدت هذه السنوات انخفاضا في الغطاء النباتي بسبب الجفاف. استخدمت كل هذه الدراسات بيانات المحطة الأرضية وكانت متوافقة مع بعضها البعض من حيث النتائج. أشارت الدراسة التي أجريتها باستخدام البيانات المناخية المستخرجة من الأقمار الصناعية إلى نفس النتائج والاتفاق مع الدراسات التي اعتمدت على بيانات المحطة الأرضية.

الفصل الرابع: النتائج والمناقشة

1- أجريت هذه الدراسة بمنطقة البحر الأبيض المتوسط في الضواحي الشمالية الغربية للجزائر. بعد تقييم الجفاف الجوي على مقياس سنوي لمدة 38 عاما ، تم استخدام مؤشر SPI لتحديد الخصائص الزمانية والمكانية للجفاف.

تم الاتفاق بالإجماع على فترات الجفاف الشديد التي سادت خلال الأعوام 83-89-00-81-93-94-2002-98 حيث بلغت نسبة سنوات الجفاف في فئات (جفاف شديد وجفاف شديد جدا) 18.54٪. تم توزيعها مكانيا وفقا لقيم SPI ، مع أدنى قيمة من الغرب عند -1.5 إلى أعلى قيمة عند -1.99- باتجاه الشرق.

رصدت السنوات الرطبة بنسبة 20.61٪. كان العامان الرطبان الأكثر بروزا هما 2013 و 2018 ، حيث سجلت أدنى قيم SPI بـ 1.58 في المنطقة الغربية وأعلى في المنطقة الشرقية بقيمة قصوى تبلغ 1.87. وعلى الرغم من ذلك ، فإن منطقة الدراسة يغلب عليها الجفاف المعتدل بنسبة 60.55٪.

2- بعد تحديد سنوات الجفاف و الرطوبة يتم جمع البيانات المناخية و بيانات الأحواض النهرية وكذا بيانات التضاريس مع البيانات الجيولوجية و تحديد العوامل حسب الطريقة الإحصائية ACP و ACC و تمثيلها وفق طريقة krigage في الفضاء المتعدد المتغيرات. أشارت النتائج إلى توافق تام بين التمثيل البياني وفق الطريقتين حيث أشارت النتائج إلى توزيع الجفاف بقيم عالية في الجهة الشرقية و بنسبة قليلة في الجهة الغربية وهذا خلال السنوات الجافة (1981 ، 1983 ، 1989 ، 2000) و أيضا كانت الجهة الغربية رطبة للغاية مقارنة بالجهة الشرقية التي كانت اقل رطوبة و هذا خلال السنوات الرطبة (2013 ، 2018). و بالنسبة للنتائج التي حددت المتغيرات المؤثرة على الجفاف داخل منطقة الدراسة أشارت الطريقتين إلى أن العوامل المناخية هي العوامل الأكثر تأثيرا على الجفاف أو الرطوبة داخل المحطات 13 و تأثر بيانات الأحواض النهرية بنسب متفاوتة.

يمكن القول أن المنطقة الشرقية هي المنطقة الأكثر تضررا من الجفاف الجوي ، خاصة في محطتي بومدفع و جندل. على الرغم من أنها المنطقة الأكثر تعرضا للمطر مع أعلى المعدلات وأكبر نقص من الأمطار. مقارنة بالمنطقة الغربية التي شهدت معدلات كبيرة في هطول الأمطار وأقل تأثرا بالجفاف ، خاصة على حدود كل من المحطات الأربعة: العبادية ، و زدين ، و العامرة ، و بوراشد. لذلك ، لا ينصح بالاعتماد على المحاصيل البعلية داخل المنطقة الشرقية في فترات الجفاف. يفضل استخدام المنطقة الغربية للزراعة البعلية خلال فترات الجفاف لتجنب آثاره.

ومع ذلك ، تظل بيانات الأقمار الصناعية هي البديل الأفضل في المناطق التي لا توجد بها محطات مراقبة أرضية وبيانات بها فجوات زمنية. لأنه يحتوي على تغطية مكانية تشمل جميع مناطق العالم، وتتمتع بياناته بالاستمرارية عبر الزمن. من ناحية أخرى ، فإن هذا العمل ضروري لتقييم الجفاف الجوي وخصائصه الزمانية والمكانية وتوزيعها في مناطق صغيرة. اختيار المساحات الصغيرة التي تحتوي على العديد من المحطات التي تغطي جميع مناطق الدراسة وقريبة من بعضها البعض لمراقبة المطر بدقة

الفصل الرابع: النتائج والمناقشة

وتجنب الاختلافات الكبيرة، ولكي يكون الاستيفاء المكاني خالياً من الأخطاء. فكلما كانت النقاط التي يستخدم فيها krigage فورية أكثر فأكثر، قل معدل الخطأ وزادت الدقة والمصدقية.

استنتاجات

الجفاف هو ظاهرة طبيعية نتيجة للتغير المناخي ، سبب حدوثه هو اجتماع عناصر محددة موجودة في الطبيعة بنسب معينة ومقدار تأثير معين فيما بينها، يكون أهم هذه العوامل بروسيا و الأكثر تأثراً بينها هو المطر. حيث يمكننا القول أن الجفاف هو انعدام المطر أو إذا أردنا التفصيل في تأثير الجفاف نقول أنه انخفاض في معدل المطر عن الطبيعي، لأن المطر ينوب عن جميع هاته العناصر، ويعتبر هو العامل الأبرز بينها و ظهوره أو انعدامه مقرون بظهور واختفاء الجفاف، فلا يمكن اجتماع الجفاف والمطر معاً. لذلك جميع الدراسات تشير إلى المطر كأبرز العوامل المأثرة في الجفاف. لكن في دراستنا لا نقول أنه مسبب أو عامل من عوامل الجفاف بل تذبذب المطر خلال الزمن هو نتيجة لتأثير كل عامل من العوامل الموجودة في الطبيعة (تضاريس أو تصريف المجاري أو هيدروجرافيا أو نبات أو غابات ، حرائق ، الرعي الجائر ، استنزاف المياه الجوفية ، الزراعة المكثفة ، التطور الاقتصادي أو الصناعي) بنسب مختلفة وهو الجفاف بذاته.

لا يمكننا القول أن نقص المطر وحده هو سبب الجفاف، دون معرفة أسباب هذا النقص في المطر، بما أننا نتحدث عن ظاهرة طبيعية فهي تأثر وتتأثر بكل ما هو موجود في الطبيعة. هل نقول أن الجفاف يسبب نقص الأمطار أم العكس أن تذبذب تساقط المطر يسبب الجفاف. بكل بساطة إذا حللنا بعناية أي ظاهرة مثل الجفاف أو نقص المطر نلاحظ أن هذه الظاهرة تأتي بصفة تدريجية ووفق مراحل، وتكون هذه المراحل تستدعي توفر بعض الشروط بنسب كلما اختلفت هذه النسب فيما بينها اختلفت شدة ونسبة التأثير على نقص المطر، الذي يسبب انخفاض معدلاته بعض المشاكل على الطبيعة و مكوناتها التي تتدهور و تصبح في أسوأ أحوالها حيث أن صفاتها الظاهرة تشير إلى ظاهرة أو مرحلة الجفاف. لذلك لا يمكن فصل ظاهرة الجفاف عن ترتيبها في الطبيعة. وأي اختلال في تقدير الطبيعة يؤدي إلى تأثر عامل من عواملها كما تأثر عامل تساقط المطر الذي أدى غيابه إلى حدوث ظاهرة الجفاف. و يؤدي التأثر في عامل درجة الحرارة بالارتفاع إلى الاحتباس الحراري، أو الانخفاض فيها إلى ظاهرة التجمد. واجتماع جميع هذه الاختلالات يسمى التغير المناخي و ترتيبه في الطبيعة باعتباره نتيجة وليس سبب.

يمكن أن تكون هذه الأسباب بشرية أو طبيعية ، و تدخل الإنسان جاء ليسرع من هذه الاختلالات في زمن حدوثها بتأثيره بنسبة معينة على مختلف العوامل المشكلة للطبيعة. لذلك لا التغير المناخي ولا الجفاف يعتبران ظاهرة حديثة أو جديدة بل يعتبران نتيجة لهاته الاختلالات. يمكننا القول أن التغير المناخي هو اجتماع اختلالات العوامل الطبيعية داخل تسمية واحدة، و انفراد كل عامل وحده يعطي

الفصل الرابع: النتائج والمناقشة

نتيجة لظاهرة مختلفة، حيث أي تغيير في أي عامل يسبب ظاهرة معينة و تنوع هذه الظواهر هو سببه
تأثر مختلف العوامل، و اجتماع هذه الظواهر هو ما يسما بالتغير المناخي أو الاختلال الطبيعي.

الخاتمة

الجفاف ظاهرة طبيعية و هي نتيجة للتغير المناخي الحاصل في العالم ، له تأثيرات مختلفة ومتفاوتة الشدة من منطقة إلى أخرى و تختلف مدة بقائه و فترة عودته، تعتبر طرق التنبؤ ببدايته ونهايته وشدته أمر صعب للغاية، لذلك يلجأ الكثير من العلماء والباحثين إلى دراستها في الزمن الماضي حيث يكون ثابتا ومعلوم ولديهم نظرة عليه من قبل (نتائجه ومخلفاته)، لكن تبقى طرق دراسته متعددة وكثيرة ومختلفة، باستخدام عديد المؤشرات الحسابية المختلفة التي تساعد على استقراره وفق قيم حسابية أو خرائط رقمية تساعد في تحديد توزيعه خلال فترات زمنية طويلة، وذلك من أجل معرفة طبيعة الجفاف داخل تلك المنطقة المراد تحديد طبيعة الجفاف فيها وهذا ما يعطي نظرة مستقبلية حول الجفاف السائد في تلك المنطقة و يصبح عند صناع القرار وجهة نظر وصورة مفصلة عن الجفاف و يكون لديهم حلول قد ادخروها وفق هذه المعطيات التي تم إيجادها خلال دراساتهم، للتصدي للجفاف حين عودته أو حلوله بالمنطقة.

لذلك في هذا البحث تم دراسة الجفاف داخل منطقة عين الدفلى وهي منطقة صغيرة مقارنة بالمنطقة التي تم تحديد الجفاف فيها في مختلف الدراسات السابقة حيث أشارت إلى وجوده داخل المنطقة الشمالية الغربية من الجزائر. حيث تم الاعتماد في دراستنا على الزمن الماضي من 1981 إلى 2019 وفق اختيار ثلاثة عشر (13) نقطة واعتبارها محطات رصد موزعة على كافة المنطقة ، وتمت الدراسة من أجل تحديد توزيع الجفاف زمانيا ومكانيا، وفق المؤشر القياسي للأمطار SPI الذي أشار إلى وجود أربع سنوات للجفاف الحاد داخل منطقة الدراسة يتوزع من -1.4 إلى -1.9 خلال كل من السنوات 1981 و 1983 و 1989 و سنة 2000 و كانت هناك سنتان شهدت فيها المنطقة تساقط و رطوبة عالية بلغت على سلم SPI من 1.4 إلى 1.9 خلا السنوات 2013 و 2018 . كانت نسبة السنوات الجافة تقدر ب 18.54% و السنوات الرطبة 20.61 و يغلب على منطقة الدراسة الجفاف المعتدل بنسبة 60.55%.

توزع الجفاف خلال السنوات الجافة في المناطق الشرقية بصفة عالية حيث بلغت أقصى قيمه على سلم SPI و كانت أقل قيمه بالنسبة للمناطق الغربية، وكانت الرطوبة تتوزع بصفة عالية وشهدت سنوات الرطوبة توزعا على المناطق الغربية بأقصى قيم لها على سلم SPI عكس المناطق الشرقية التي سجلت نسب قليلة على مؤشر SPI.

تم تحديد العوامل المناخية كالسبب الرئيسي والمتحكم الأبرز في وجود سنوات الجفاف والرطوبة داخل منطقة الدراسة و تليها معطيات الأحواض النهرية، و ذلك حسب التحليل الإحصائي في الفضاء الرياضي وفق طريقتي المركبات الرئيسية ACP و الارتباط القويم ACC حيث أكدت الطريقتين على نفس النتائج وتطابقها مع توزيع الجفاف جغرافيا وفق البيانات (X Y SPI) على وجوده في المناطق الشرقية ويتحول بصفة تنازلية نحو الغرب بقيم أقل، وان العوامل المناخية هي العامل الأبرز في تحديد الجفاف في المنطقة. لذلك يجب على صناع القرار أو الفلاحين أن يتجنبوا الزراعة البعلية في المناطق الشرقية من منطقة الدراسة لتجنب آثار الجفاف و الاعتماد على المناطق الغربية التي تكون فيها نسبة الجفاف قليلة

وكذلك في السنوات الرطبة تكون معدلات الرطوبة والتساقط كبيرة وهذا ما شهدناه خلال دراستنا لجميع السنوات من 1981 إلى 2019.

يجب الاعتماد على الزراعات المسقية في المناطق الشرقية وذلك لتفادي مشاكل الجفاف داخل المنطقة.

إذا قمنا بمقارنة نتائج مؤشر الجفاف SPI لتحديد الجفاف و بين مؤشر توزيع الأمطار من خلال الخرائط الرقمية نجد أن الجفاف له علاقة بتوزيع الأمطار داخل المنطقة وهي علاقة عكسية، حيث كانت الأمطار بأكثر المعدلات تساقطا في الجهة الشرقية و بنسب أقل في المناطق الغربية . لكن الجفاف استقر بنسب عالية على سلم SPI بالمناطق الشرقية حيث يمكننا استنتاج تعريف للجفاف " بأنه نقص في كمية الأمطار عن المعدلات الطبيعية، و الجفاف هو ظاهرة طبيعية تصيب المناطق الرطبة أكثر من المناطق الأقل رطوبة وهذا ما تم رصده داخل منطقة الدراسة.

تحدد أبرز ملاحظة و أهم استنتاج يتم تقديمه من خلال هذا البحث هو أن توزيع الجفاف حسب الدراسات السابقة التي تطلعنا عليها كانت جميع الدراسات تشير إلى أن الجفاف في الجزائر يتوزع في الشمال الغرب الجزائري و تزداد شدته كلما اتجهنا نحو الغرب، لكن في هذه الدراسة باعتمادنا على مساحة صغيرة واختيار نقاط مكثفة لتحديد و دراسة المنطقة باختيار ثلاثة عشر (13) محطة للحصول على البيانات المناخية تم تحديد اتجاه الجفاف في شرق منطقة عين الدفلى وهذا مخالف لما كان يجده الباحثون الذين اعتمدوا على المساحات الكبيرة.

لذلك يمكننا القول أن الجفاف لا يتم تحديده وفق مساحات شاسعة مع نقاط رصد قليلة وبعيدة عن بعضها، بل كلما كانت المساحة شاسعة و جب تكثيف نقاط الرصد الجوي حتى تكون هناك دقة في تحديد التنوع المناخي بين منطقة وأخرى ، وهذا ما تم استنتاجه من خلال بحثنا.

لذلك ننصح أثناء إجراء بحوث حول الجفاف أو المواضيع التي لها علاقة بالأرصاد الجوية أن يختار الباحث عدد كبير من النقاط للرصد الجوي ، حيث انه لم يعد هناك أي ذريعة بالنسبة لعدم توفر المحطات الرصد في وجود بيانات الأقمار الصناعية التي يمكنها أن تعطي بيانات أي نقطة في العالم ومهما كان القرب المكاني بين هذه النقاط.

ولكي يكون الاستيفاء المكاني خاليا من الأخطاء وفق طريقة krigage و جب الإكثار من نقاط الرصد و التقليل من المسافة بينها ، و هذا ما يؤدي إلى التقليل من معدل الخطأ و يزيد من الدقة والمصدقية.

أهم التوصيات:

بما أن الجفاف ظاهرة طبيعية وهو يتأثر بكل العوامل الموجودة بالطبيعة من متغيرات مناخية أو تضاريسية أوالخ. وهو يؤثر ويتأثر بهاته العوامل حتى يمكن أن نقول أنه جزء لا يتجزأ ولا

يمكن فصله عنهم لذلك، لا يجب الاعتماد على متغير واحد من أجل دراسة ظاهرة الجفاف في منطقة معينة دون الاعتماد على بقية العوامل ، حيث تختلف نسبة تأثير كل عامل عن الآخر لكن اجتماعها معا في صيغة واحدة يجعلها تسبب الجفاف.

قدمت دراسة الجفاف في الفضاء الرياضي متعدد المتغيرات نتائج جديدة و أكثر دقة ومصداقية حول العوامل التي تأثر في حدوث الجفاف بحيث أعطت لكل عامل من العوامل المستخدمة نسبة تأثير معينة ولم يستثنى أي عامل من العوامل من التأثير على الجفاف، حيث أثر كل عامل بمقدار و نسبة معينة، لكن لا يجوز إهماله أو التغاضي عنه و يجب ربطه بظاهرة الجفاف.

يجب على السلطات الوصية الأخذ بعين الاعتبار جميع العوامل التي تسبب الجفاف وتكون من المساهمين في حدوثه دون النضر في عامل واحد ، و اتخاذ الإجراءات اللازمة لذلك.

لم يعد وجود الجفاف يقتصر على عامل الأمطار فقط ، بل تعدى إلى وجود عدة عوامل تكون مصاحبة له و هي من مسببات الجفاف و تأثيرها يختلف بنسب مختلف من منطقة إلى أخرى وذلك حسب تنوع التوزيع النباتي أو التضاريسي أو عوامل الأحواض النهرية، أو تنوع التربة و اختلاف الكثير من العوامل من منطقة لأخرى يؤدي بها إلى تنوع الجفاف واختلاف شدته.

يطلب من أصحاب القرار الاعتماد على التشجير داخل حدود الأحواض النهرية وحدود السدود لتفادي الانجراف للتربة و تغيير أحد عوامل المسببة للجفاف كمثال في دراستنا.

يمكن أيضا إضافة المزيد من المجمعات المائية داخل المنطقة الشرقية مقارنة بالمنطقة الغربية التي لم تتأثر بالجفاف بشدة عالية، حتى أن التوزيع المنتظم للسدود داخل أي منطقة قد يكون مؤثر بنسبة ما في الحد من تأثير الجفاف.

أيضا بالنسبة للفلاحين والسكان المحليين عليهم التأقلم مع الأوضاع المصاحبة لهاته الظاهرة أو التأقلم في حالة حدوثها في المستقبل ، بحيث يمكن استخدام نباتات مقاومة للجفاف، أو حتى استخدام الري بالتقطير من اجل الحفاظ على المياه في تلك الفترة و تقديم الاحتياجات اللازمة للنبات دون استنزاف موارد المياه الاحتياطية.

الإجابة عن الأسئلة :

يمكننا الإجابة عن الأسئلة التي قدمناها في بداية العمل و كانت منها انطلاقتنا في هذا العمل، يمكن تضمين دور مكونات الجيومورفولوجيا في نشأة الجفاف بحيث يمكن تعيين مكوناته مع مكونات المناخية أو إضافة أي بيانات مهما كانت طبيعية أو بشرية في الفضاء الرياضي و ستظهر لنا نتائج جديدة ، لان أي عنصر موجود في الطبيعة يتم إضافته يكون مسؤول بنسبة أو مقدار معين عن الجفاف.

و يمكن أن نقول أن دراسة الجفاف في الفضاء الرياضي قد أضافت دقة و مصداقية على النتائج أكثر من ذي قبل لأنه لا يقصي أي عامل يمكنه أي يتدخل في وجود الجفاف ولو بنسبة ضئيلة.

و أما بالنسبة للخرائط التي تظهر الجفاف في الفضاء الرياضي كانت دقيقة و لا مشكلة بها بل وصفت الظاهرة بدقة أفضل منها في الخرائط الجغرافية و فق الاستفاء بطريقة krigage، و بالنسبة لنظم المعلومات الجغرافية و اعتمادا على تطبيقاته مثل GIS أو Past التي قدمت نتائج و خرائط جيدة.

التحقق من الفرضيات:

انطلقنا من فرضيات أقل ما يقال عنها أنها تصورات لكن بعد الوصول إلى نهاية هذا البحث تبين أن الفرضيات التي تم الاستناد عليها في بحثنا و العزم على تحقيقها أو على الأقل التحقق من صحتها كانت صحيحة وفق الفرضية الأولى التي تبين أنه يمكن الإشارة إلى التوزيع المكاني للجفاف من خلال مؤشراتته على المنطقة إلى تأثير علم الجبال أكثر من تأثير المناخ في المناطق الشمالية منه في الجنوب أو العكس. أما الفرضية الثانية تم التأكيد على أن الأقلية في فضاء متعدد المتغيرات بدلا من مساحة جغرافية تفسر بشكل أفضل ظاهرة الجفاف.

أهم المشاكل والعراقيل:

لم يكن إخراج البحث بالشكل الذي هو عليه بالأمر السهل فقد مر بعدة مراحل و مشاكل و تم تجاوزها جميعا و اختزالها حيث:

كان أول مشكل باختيارنا لمنطقة الدراسة أو بالأحرى المساحة التي نريد دراسة الجفاف بها، لم يستقر القرار النهائي إلا بعد عدة تجارب على مساحة بحجم الجزائر ، ثم الشمال الجزائري ، ثم الشمال الغربي ثم اهتدينا في الأخير إلى منطقة عين الدفلى، حيث هي متواجدة ضمن مجال الجفاف الحاصل في الشمال الغربي من الجزائر و هذا بشهادة العديد من الدراسات السابقة. كان المشكل الثاني الذي صادفنا هو كيفية الحصول على بيانات الأحواض النهرية للمنطقة الدراسة ، كونها منطقة صغيرة و غير معتمدة ضمن العديد من الدراسات (دراسة حديثة) ، مع مشكل كيفية اختيار الأحواض، لذلك لجئنا إلى تحديد يدوي للأحواض النهرية داخل المنطقة فقط وذلك عن طريق برنامج Arc map ، وتم الاعتماد على مجاري الأودية من أجل تحديد المسطحات BVs حيث استقر عدد الأحواض إلى ثلاثة عشر (13) حوض.

بالنسبة لمحطات الرصد الأرضية كانت هناك مشكلة أن منطقة الدراسة المختارة منطقة صغيرة و محطات الرصد الأرضية داخل المنطقة قليلة أقل من 4 محطات و تموقعها غير متناسق مع الأحواض النهرية، لذلك لجئنا إلى بيانات الأقمار الصناعية التابعة لـ NASA بعد القيام بعدة تجارب من أجل التحقق من مصداقية بياناتها التي كانت رائعة، تم الاعتماد على بيانات الأقمار لذلك قمنا بتحديد نقاط ذات إحداثيات (X Y) داخل منتصف كل حوض لتمثل هذه الإحداثيات مكان محطات افتراضية داخل

منطقة الدراسة ليتم من خلالها استخراج البيانات المناخية، حيث تحصلنا على ثلاثة عشر (13) نقطة كل نقطة تعبر عن منتصف لحوض.

المشكل الذي اخذ منا وقت طويل هو اختيار فترة الدراسة للجفاف وفق نتائج SPI بحيث قمنا باختبار نتائج SPI وفق عدة مقاييس مثل SPI3 ثلاث أشهر و 9 أشهر، و أيضا SPI للفترة 38 سنة لكل شهر على حدة، و SPI لكل فصل خلال فترة 38 سنة وذلك من أجل تحديد الجفاف لكن كل الاختبارات لم تظهر الجفاف بصفة جيدة و ذلك لتشابه البيانات المناخية خاصة الأمطار التي تم بها حساب مؤشر SPI و أيضا لكثرة محطات الرصد الجوي داخل منطقة الدراسة وقربها من بعض. وفي الأخير تم التوصل إلى حساب SPI على مقياس سنوي الذي أظهر الجفاف، و تحديد سنوات الجفاف و السنوات الرطبة من أجل تمثيلها جغرافيا وفق إحداثيات (X Y SPI).

أما بالنسبة للتحليلات الإحصائية كان هناك مشكل في اختيار البيانات داخل برنامج Statistica من أجل إجراء التحليلات، حيث كان هناك أكثر من 74 متغير، لذلك قمنا باختزال هذه المتغيرات وفق معادلة ارتباطية $r \geq 0.4$ و هذا ما أعطى أكثر ترابط بين البيانات بعد إعادة التجربة وفق المتغيرات الجديدة.

أما بالنسبة لتحديد الجفاف داخل الفضاء الرياضي كان هناك مشكل اختيار قيم SPI مع المتغيرات في المرحلة الأولى أو تركها فقط أثناء التمثيل الرياضي، واتفقنا على إضافة سنوات الجفاف و السنوات الأكثر رطوبة فقط في آخر مرحلة أي مرحلة الرسم في الفضاء الرياضي، فكانت النتائج جيدة. بالنسبة للغة الكتابة تم اختيارها بعد تجربة التأطير كأستاذ مساعد لسنتين 2020-2021 و 2021-2022 تأكدت خلالها أنه لا بد من اختيار اللغة العربية و هذا من أجل جعل هذه المذكرة مرجعا للطلبة الماستر و الليسانس (يجدون صعوبة في اللغة الفرنسية أو الانجليزية أو في كيفية انجاز مذكرة)، و من أجل تسهيل وإعطاء فكرة عن مراحل كتابة المذكرة بالنسبة لطلبة التخصص حول المواضيع المتطرق إليها داخل هذه المذكرة.

المراجع

- [1].Wilhite, D. A. (1993). The enigma of Drought. In *Drought assessment, management, and planning: Theory and case studies* (pp. 3-15). Springer, Boston, MA.
- [2].Obasi, G.O.P. (1994). "WMO's Role in the International Decade for Natural Disaster Reduction," *Bulletin of the American Meteorological Society*, 75(1), 655–61.
- [3].Hewitt, K. (1997). *Regions at risk: a geographical introduction to hazards. Harlow, Essex, UK: Addison Wesley Longman Limited.*
- [4].Wilhite DA .(2000). A methodology for drought preparedness. In:Wilhite DA (ed) *Drought: a global assessment natural hazards and disasters series*. Routledge Publishers, U.K.
- [5].Tannehill, I. R. (1947). *Drought: Its Causes and Effects*, Princeton, NJ: Princeton University Press.
- [6].Gillette, H. P. (1950). A creeping drought under way. *Water and sewage works*, 104(5).
- [7].BEAUDIN I. (2007). Potentiel de la télédétection pour le suivi et la caractérisation des conditions de sécheresse en milieu méditerranéen. Rapport de Maîtrise en Sciences Géomatiques, Université Laval, 233p.
- [8].Ntale, H. K., & Gan, T. Y. (2003). Drought indices and their application to East Africa. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 23(11), 1335-1357.
- [9].Mishra, A., Singh, V., (2010). A review of drought concepts. *J. Hydrol.* 391 (1), 202–216.
- [10].Bied-Charreton, M. (2009). Sècheresse, désertification et développement en Afrique. Professeur émérite de l'Université de Versailles Saint Quentin en Yvelines, Président du Comité scientifique français sur la désertification, <http://www.csf-desertification.org>, Cours de master2–2007-UVSQ et CERDI, Version, 10(10), 09.
- [11].Hagman, G., Beer, H., Bendz, M., & Wijkman, A. (1984). *Prevention better than cure. Report on human and environmental disasters in the Third World.* 2.
- [12].U.S.D.A. (1994). "Major world crop areas and climatic profiles," *World Agricultural Outlook Board*, U.S. Department of Agriculture, *Agricultural Handbook No. 664*, pp. 157–70.
- [13].Medjerab A. et L. Henia. (2011). Variations spatio-temporelles de la sécheresse climatique en Algérie nord-occidentale, *Cour. Savoir*, 11, 71-79.
- [14].Khaldi, A. (2005). Impacts de la sécheresse sur le régime des écoulements souterrains dans les massifs calcaires de l'Ouest Algérien" *Monts de Tlemcen-Saida. These de doctorat, université d'Oran, Algérie.*
- [15].Nichane, M., & Khelil, M. A. (2015). Climate changes and water resources in Algeria: vulnerability, impact and strategy of adaptation. *Algerian Journal of Arid Environment*, 5(1), 56-62.
- [16]. Meddi, M., & humber, J. (2000). Variabilité pluviométrique dans l'Ouest algérien durant les cinq dernières décennies. *Publications de l'Association internationale de climatologie*, 13, 266-274.
- [17].Azouzi B. (2006). *L'outil statistique en Expérimentation* ». Office des Publication Universitaire, 163p. OPU. 1ère Edition, Alger. 2006. [ISBN: 9961.0.0996.7](https://doi.org/10.1007/978-9961-0-0996-7)
- [18].Azouzi .B .(2018). *L'outil statistique en Expérimentation*. 163p. Office des Publications Universitaires (OPU). 2ème Edition, Alger. 2018. [ISBN:978. 9961.0.0996.3](https://doi.org/10.1007/978-9961-0-0996-3)
- [19].Pierre Dagnelie.(2003). *statistique theorique et appliquee - Volume 520p* ed. De Boeck ,isbn13 978-2-8041-2770-1

- [20]. **Régis Beuscart .(2009). biostatistique** Auteur : Ed. Omniscience.368p.
- [21]. **Meylan, P., Favre, A. C., & Musy, A. (2008).** *Hydrologie fréquentielle: une science prédictive*. PPUR presses polytechniques.
- [22]. **Biau, G., Herzlich, M., & Droniou, J. (2010).** *Mathématiques et Statistique pour les Sciences de la Nature: Modeliser, Comprendre et Appliquer; Collection enseignement sup. Mathématiques*. EDP Sciences: Les Ulis, France.
- [23]. **Ghil, M., & Roux, J. (2010).** *Mathématiques Appliquées aux sciences de la Vie et de la Planète: Cours et exercices corrigés*. Hachette.
- [24]. **Auger, P., Lett, C., & Poggiale, J. C. (2015).** *Modélisation mathématique en écologie-2e éd.:* *Cours et exercices corrigés*. Dunod.
- [25]. **Girard, M. C., & Girard, C. M. (2010).** *Traitement des données de télédétection-2e éd.:* *Environnement et ressources naturelles*. Dunod.
- [26]. **Krige, D. G. (1951).** A statistical approach to some basic mine valuation problems on the Witwatersrand. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 52(6), 119-139. https://hdl.handle.net/10520/AJA0038223X_4792.
- [27]. **Matheron, G. (1962).** *Treatise on Applied Geostatistics. [Traite de Geostatistique Appliquee] :* *Memoires du Bureau de Recherches Geologique et Minieres, vd. 14: Editions Technip. Paris, 333p.*
- [28]. **Azouzi, B., & Schröter, J. (2003).** Regionalisierung der Transmissivität mit Fuzzy-Kriging in der Region Mitidja (Algerien). *Grundwasser*, 8(4), [224-231.10.1007/s00767-003-0003-x](https://doi.org/10.1007/s00767-003-0003-x)
- [29]. **Gandin, L. S. (1963).** Objective analysis of meteorological fields. *Israel program for scientific translations*, 242.
- [30]. **Matheron, G. (1970).** Random functions and their application in geology. In *Geostatistics: A colloquium* (pp. 79-87). Springer US.
- [31]. **Matheron, G. (1969).** *Le krigeage universel* (Vol. 1). Paris: École nationale supérieure des mines de Paris.
- [32]. **Cressie, N. (1993).** *Aggregation in geostatistical problems* (pp. 25-36). Springer Netherlands.
- [33]. **Goovaerts, P. (1997).** *Geostatistics for natural resources evaluation*. Oxford University Press on Demand.
- [34]. **Wackernagel, H. (2003).** *Multivariate geostatistics: an introduction with applications*. Springer Science & Business Media.
- [35]. **Horton, R. E. (1932).** Drainage-basin characteristics. *Transactions, American geophysical union*, 13(1), 350-361.
- [36]. **Horton, R. E. (1945).** Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological society of America bulletin*, 56(3), 275-370.
- [37]. **Strahler, A. N. (1952).** Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. *Geological society of America bulletin*, 63(11), 1117-1142.
- [38]. **Miller, S. L. (1953).** A production of amino acids under possible primitive earth conditions. *Science*, 117(3046), 528-529.
- [39]. **Schumm, S. A. (1956).** Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Geological society of America bulletin*, 67, 597-646.
- [40]. **Strahler, A. N. (1957).** Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 38(6), 913-920.

- [41]. **Strahler, A. N. (1964)**. Quantitative geomorphology of drainage basin and channel networks. *Handbook of applied hydrology*.
- [42]. **Gravelius, H. (1914)**. *Flusskunde* (Vol. 1). GJ göschen.
- [43]. **Melton, M. A. (1957)**. *An analysis of the relations among elements of climate, surface properties, and geomorphology*. Columbia Univ New York.
- [44]. **Hajam, R. A., Hamid, A., & Bhat, S. (2013)**. Application of morphometric analysis for geo-hydrological studies using geo-spatial technology—a case study of Vishav Drainage Basin. *Hydrology Current Research*, 4(3), 1-12.
- [45]. **Hack, J. T. (1957)**. *Studies of longitudinal stream profiles in Virginia and Maryland* (Vol. 294). US Government Printing Office.
- [46]. **Zavoianu, I. (1985)**. Developments in Water Science 20: Morphometry of Drainage Basins.
- [47]. **Smith, J. M. (1950)**. Introduction to chemical engineering thermodynamics.
- [48]. **Subyani, A. M., & Al Ahmadi, M. E. (2010)**. Multivariate statistical analysis of groundwater quality in Wadi Ranyah, Saudi Arabia. *JAKU Earth Sci*, 21(2), 29-46.
- [49]. **Faniran, A. (1968)**. The index of drainage intensity: a provisional new drainage factor. *Aust J Sci*, 31(9), 326-330.
- [50]. **Pareta, K., & Pareta, U. (2011)**. Quantitative morphometric analysis of a watershed of Yamuna basin, India using ASTER (DEM) data and GIS. *International journal of Geomatics and Geosciences*, 2(1), 248-269.
- [51]. **Carlier et Leclerc (1964) IN Nadjla, B. (2006)**. Utilisation d'un SIG pour l'évaluation des caractéristiques physiques d'un bassin versant et leurs influences sur l'écoulement des eaux (bassin versant d'Oued El Maleh, Nord-Ouest d'Algérie). Conférence Francophone ESRI 11 et 12 octobre, SIG 2006.
- [52]. **Dubreuil, P. (1974)**. Initiation à l'analyse hydrologique.(ORSTOM)., masson & Cie, editeurs.
- [53]. **Pareta, K., & Pareta, U. (2011)**. Quantitative morphometric analysis of a watershed of Yamuna basin, India using ASTER (DEM) data and GIS. *International journal of Geomatics and Geosciences*, 2(1), 248-269.
- [54]. **Melton, M. A. (1965)**. The geomorphic and paleoclimatic significance of alluvial deposits in southern Arizona. *The Journal of geology*, 73(1), 1-38.
- [55]. **Dracup, J.A., Lee, K.S. and Paulson, E.N.Jr. (1980)**. "On the Statistical Characteristics of Drought Events," *Water Resour. Res.*, 16(2), 289–296.
- [56]. **Palmer, W. C. (1965)**. *Meteorological Drought* (Vol. 30). U.S. Department of Commerce, Weather Bureau. Research Paper No 45, p 58.
- [57]. **Yevjevich, V. M. (1967)**. *Objective approach to definitions and investigations of continental hydrologic droughts*, An (Doctoral dissertation, Colorado State University. Libraries).
- [58]. **Glantz, M. H., & Katz, R. W. (1977)**. When is a drought a drought?. *Nature*, 267(5608), 192-193.
- [59]. **Wilhite, D. A., Rosenberg, N. J., & Glantz, M. H. (1984)**. Government response to Drought in the U.S., Completion Report to the National Science Foundation. *CAMaC Progress Reports 84-1 to 84, 4*.
- [60]. **Wilhite, D. A., Rosenberg, N. J., & Glantz, M. H. (1986)**. Improving federal response to Drought. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 25(3), 332-342.

- [61].Wilhite, D. A., & Glantz, M. H. (1985). Understanding: the drought phenomenon: the role of definitions. *Water international*, 10(3), 111-120.
- [62].Wilhite, D. A., & Glantz, M. H. (1987). Understanding the drought phenomena: the role of definitions. In: Donald, A., Wilhite, Easterling Willam, E., Deobarah, A., (Eds.), *Planning of Drought: Towards a Reduction of Societal Vulnerability*, Westview Press, Wood, Boulder, CO, pp. 11–27.
- [63].N.D.M.C. (2006b). What is Drought? Understanding and Defining Drought. National Climatic Data Center. <<http://www.drought.unl.edu/whatis/concept.htm>> (accessed 22 April 2011).
- [64].American Heritage Dictionary. (1976). Drought. Houghton Mifflin, Boston.
- [65].Dictionary, Random . House. (1969). Drought, New York.
- [66].Mishra, A. K., & Singh, V. P. (2009). Analysis of drought severity-area-frequency curves using a general circulation model and scenario uncertainty. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 114(D6).
- [67].Wilhite, D. A. (2000). Chapter 1 Drought as a natural hazard: concepts and definitions. Drought Mitigation Center Faculty Publications, 69.
- [68].Soubeyroux, J. M., Martin, É., Franchisteguy, L., Habets, F., Noilhan, J., Baillon, M., ... & Morel, S. (2008). Safran-Isba-Modcou (SIM): Un outil pour le suivi hydrométéorologique opérationnel et les études. *La Météorologie*.
- [69].Hoyt, W. G. (1942). Droughts. In O. E. Meinzer (cd.), *Hydrology*, Dover Publications, New York, p. 579.
- [70].Guerrero Salazar, P., and Yevjevich, V Pedro, G. S., & Vujica, Y. (1975). Analysis of drought characteristics by the theory of runs [hydrology, mathematical models]. *Colorado State University. Hydrology Papers. no. 80*.
- [71].Subrahmanyam, V. P. (1967). Incidence and spread of continental Drought: World Meteorological Organization. *International Hydrological Decade, Reports on WMO/IHD Projects*, 2.
- [72].Yihdego, Y., Webb, J. A., & Vaheddoost, B. (2017). Highlighting the role of groundwater in lake–aquifer interaction to reduce vulnerability and enhance resilience to climate change. *Hydrology*, 4(1), 10. <https://doi.org/10.3390/hydrology4010010>
- [73].Van Lanen, H. A. J., & Peters, E. (2000). Definition, effects and assessment of groundwater droughts. In *Drought and drought mitigation in Europe* (pp. 49-61). Springer, Dordrecht.
- [74].American Meteorological Society. (1997). Meteorological drought-policy statement. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78, 847-849.
- [75].A.M.S. (2004). Statement on meteorological Drought. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 85, 771-773.
- [76].Mishra, A. K., & Singh, V. P. (2010). A review of drought concepts. *Journal of hydrology*, 391(1-2), 202-216.
- [77].World Meteorological Organization (WMO), 1986. Report on Drought and Countries Affected by Drought During 1974–1985, WMO, Geneva, p. 118.
- [78].Pinkayan, S. (1966). *Conditional probabilities of occurrence of wet and dry years over a large continental area* (Doctoral dissertation, Colorado State University. Libraries).
- [79].Gibbs, W. J. (1975). Drought-its definition, delineation and effects. *Drought. Lectures presented at the twenty-sixth session of the WMO Executive Committee.*, 1-39.

- [80].**Santos, M. A. (1983).** Regional droughts: a stochastic characterization. *Journal of Hydrology*, 66(1), 183-211.
- [81].**Chang, T. J., & Kleopa, X. A. (1991).** A proposed method for Drought monitoring 1. *Jawra Journal of the American Water Resources Association*, 27(2), 275-281.
- [82].**Eltahir, E. A. (1992).** Drought frequency analysis of annual rainfall series in central and western Sudan. *Hydrological sciences journal*, 37(3), 185-199.
- [83].**Layelman M. (2008).** Calcul des indicateurs de sécheresse à partir des images NOAA/AVHRR. Projet de mise en place d'un système d'Alerte précoce à la sécheresse, LIFE 05 TCY/TN/000150.
- [84].**Schneider, S. H. (1996).** *Encyclopedia of climate and weather* (Vol. 2). Oxford University Press, U.S.A.
- [85].**Great Britain Meteorological Office. (1951).** *The Meteorological Glossary*, Chemical Publishing Co., New York,.
- [86].**Blumenstock, G. (1942).** *Drought in the United States analyzed by means of the theory of probability* (No. 1488-2016-125010).
- [87].**British Rainfall Organization.(1975).** *British Rainfall*, Air Ministry, Meteorological Office, London, 1936. Cited in World Meteorological Organization, *Drought and Agriculture*, Technical Note 138, Geneva, Switzerland.
- [88].**Hudson; H. E. and Hazen, R. (1964).** Drought and low streamflow. in Chow, V. T. (ed.), *Handbook of Applied Hydrology*, Mc- Graw-Hill, New York, Chap. 18.
- [89].**Ramdas, D. A.,** *Crops and Weather in India*, I.C.A.R., New Delhi, India, 1960.
- [90].**Laikhtman, D. L., & Rusin, N. P. (1957).** On the meteorological criterion of Drought. *Glavnaia Geofizicheskaiia Observatoriia, Trudy*, 69(1957), 65-70.
- [91].**Narasimhan, B., & Srinivasan, R. (2005).** Development and evaluation of Soil Moisture Deficit Index (S.M.D.I.) and Evapotranspiration Deficit Index (E.T.D.I.) for agricultural drought monitoring. *Agricultural and forest meteorology*, 133(1-4), 69-88.
- [92].**F.A.O. Soils resources, management and conservation service. (1983).** *Guidelines: land evaluation for rainfed agriculture*. F.A.O.
- [93].**Eslamian S (2014).** *Handbook of engineering hydrology: modeling, climate change, and variability*, 1st edn. C.R.C. Press, London.
- [94].**General, U. S. (1994).** United Nations convention to combat Drought and desertification in countries experiencing serious droughts and/or desertification, particularly in Africa. *Particularly in Africa*.
- [95].**ICCD (1999).** Italian Committee to combat Drought and Desertification, Guidelines for the National Action Programme"
- [96].**Williams, M., McCarthy, M., & Pickup, G. (1995).** Desertification, Drought and landcare: Australia's role in an international convention to combat desertification. *The Australian Geographer*, 26(1), 23-32.
- [97].**Bied-Charreton, M. (2009).** Sècheresse, désertification et développement en Afrique. Professeur émérite de l'Université de Versailles Saint Quentin en Yvelines, Président du Comité scientifique français sur la désertification, <http://www.csf-desertification.org>, Cours de master2–2007-UVSQ et CERDI, Version, 10(10), 09.

- [98]. **Itier, B, Seguin, B (2007)**. La sécheresse : caractérisation et occurrence, en lien avec le climat Fraser, R. S., Ferrare, R. A., Kaufman, Y. J., Markham, B. L., & Mattoo, S. (1992). Algorithm for atmospheric corrections of aircraft and satellite imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 13(3), 541–557.
- [99]. **Gumbel, E. J. (1963)**. Statistical forecast of droughts. *Hydrological sciences journal*, 8(1), 5-23.
- [100]. **Clausen, B., & Pearson, C. P. (1995)**. Regional frequency analysis of annual maximum streamflow drought. *Journal of Hydrology*, 173(1-4), 111-130.
- [101]. **Whipple, W., Jr. (1966)**. "Regional drought frequency analysis," *Proceedings of the American Society of Civil Engineers* 92 (IR2): 11–31.
- [102]. **Matthai, H. F. (1979)**. *Hydrologic and human aspects of the 1976-77 drought* (Vol. 1130). Department of the Interior, Geological Survey.
- [103]. **Linsley, R. K., Kohler, M. A., & Paulhus, J. L. H. (1975)**. *Hydrology for Engineers*, 2nd Edn~ McGraw Hill. *Kogukusha, Tokyo*, 482.
- [104]. **Klemeš, V. (1987)**. "Drought prediction: A hydrological perspective," in D. A. Wilhite and W. E. Easterling (eds), *Planning for Drought: Toward a Reduction of Societal Vulnerability*, Boulder, CO: Westview Press, pp. 81–94.
- [105]. **Sandford, S. (1979)**. Towards a definition of drought. In *Proceedings Symposium on Drought in Botswana June 5-8, 1978, Gaborone. Published by the Botswana Society in collaboration with Clark University Press. p 33-40, 1979. 2 Fig, 1 Tab, 7 Ref.*
- [106]. **Kifer, R. S., & Stewart, H. L. (1938)**. Farming hazards in the drought area. Works Progress Administration, Monograph XVI, Washington, D.C.
- [107]. **AMS. (2004)**. Statement on meteorological drought. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 85, 771-773.
- [108]. **Hoyt, J. C.**, Droughts of 1930-1934, U.S.G.S. Water Supply, 1936, Paper No. 680.
- [109]. **Hoyt, W. G. (1942)**. Droughts. In O. E. Meinzer (cd.), *Hydrology*, Dover Publications, New York, p. 579.
- [110]. **Bootsma A, Boisvert J B, De Jong R., Baier W (1996)**. La sècheresse et l'agriculture canadienne: Une revue des moyens d'action. *Sècheresse* 7 :277-285.
- [111]. **Tallaksen, L. M., Madsen, H., & Clausen, B. (1997)**. On the definition and modelling of streamflow drought duration and deficit volume. *Hydrological Sciences Journal*, 42(1), 15-33.
- [112]. **N.D.M.C., N. (2006)**. Defining Drought: Overview. National Drought Mitigation Center, University of Nebraska–Lincoln.
- [113]. **Minucci, G. (2020)**. *Enabling Adaptive Water Management to Face Drought Risk in a Changing Climate*. Springer Nature.
- [114]. **Heim Jr, R. R. (2002)**. A review of twentieth-century drought indices used in the United States. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 83(8), 1149-1166.
- [115]. **Estrela, M. J., Peñarrocha, D., & Millán, M. (2000)**. Multi-annual drought episodes in the Mediterranean (Valencia region) from 1950–1996. A spatio-temporal analysis. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 20(13), 1599-1618.
- [116]. **Salas, J. D. (1993)**. Analysis and modeling of hydrologic time series. *Handbook of hydrology*. McGraw-Hill, New York. Vol. 19, pp. 1–72.

- [117].NCDC. (2010). U.S. Palmer Drought Indices. National Climatic Data Center. <<http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/research/prelim/drought/palmer.html>> (accessed 22 April 2011).
- [118].Shiau, J. T. (2006). "Fitting drought duration and severity with two-dimensional copulas." *Water Resources Management*, 20(5), 795-815.
- [119].Wilhite, D.A. (2004). Drought as a natural hazard. In *International Perspectives on Natural Disasters: Occurrence, Mitigation, and Consequences*. Edited by J.P. Stoltman, J. Lidstone, and L.M. Dechano. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. pp. 147–162.
- [120].Wilhite, D. A. (1992). *Planning for Drought: a guidebook for developing countries*. Climate Unit, U.N. Environment Program, Nairobi, Kenya.
- [121].Soubeyroux, J. L., & Puech, S. (2010). Phases formation during heating of Mg–Cu–Ag–Y bulk metallic glasses. *Journal of Alloys and Compounds*, 495(2), 330-333.
- [122].Vidal, J. P., Martin, E., Franchistéguy, L., Habets, F., Soubeyroux, J. M., Blanchard, M., & Baillon, M. (2010). Multilevel and multiscale Drought reanalysis over France with the Safran-Isba-Modcou hydrometeorological suite. *Hydrology and Earth System Sciences*, 14(3), 459-478.
- [123].OMM 1975
- [124].OMM1992
- [125].Hisdal, H., & Tallaksen, L. M. (2000). Assessment of the regional impact of droughts in Europe. *Drought event definition technical report to the ARIDE project*, (6).
- [126].Heim Jr, R. R. (2002). A review of twentieth-century drought indices used in the United States. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 83(8), 1149-1166.
- [127].Niemeyer, S. (2008). New drought indices. *Options Méditerranéennes. Série A: Séminaires Méditerranéens*, 80, 267-274.
- [128].Cancelliere, A., Loukas, A., Pangalou, D., Rossi, G., Tigkas, D., Tsakiris, G., & Vangelis, H. (2007). Drought characterization [Part 1. Components of drought planning. 1.3. Methodological component]. *Moneo M.(ed.), López-Francos A.(ed.). Drought management guidelines technical annex. Zaragoza: CIHEAM/EC MEDA Water*, 85-102.
- [129].Tsakiris, G., Loukas, A., Pangalou, D., Vangelis, H., Tigkas, D., Rossi, G., & Cancelliere, A. (2007). Drought characterization. *Drought management guidelines technical annex*, 58, 85-102.
- [130].Hayes, M.J. (2006). Drought indices. <<http://www.drought.unl.edu/whatis/indices.htm>> (accessed 11 October 2010).
- [131].Steinemann, A. C., Hayes, M. J., & Cavalcanti, L. F. (2005). Drought indicators and triggers. *Drought and Water Crises: Science, Technology, and Management Issues*, Wilhite DA (ed), 71-92.
- [132].Svoboda, M., LeComte, D., Hayes, M., Heim, R., Gleason, K., Angel, J., ... & Stephens, S. (2002). The drought monitor. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 83(8), 1181-1190.
- [133].Friedman, D. G. (1957). *The prediction of long-continuing drought in south and southwest Texas* (No. 1). Travelers Insurance Company.

- [134].Jouilil, I., Bitar, K., Salama, H., Amraoui, A., Mokssit, A., & Tahiri, M. (2013). Sécheresse météorologique au bassin hydraulique OUM ER RBIA durant les dernières décennies. *LARHYSS Journal P-[ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782](#), (12).*
- [135].Wilke, H. J., Claes, L., Schmitt, H., & Wolf, S. (1994). A universal spine tester for in vitro experiments with muscle force simulation. *European Spine Journal*, 3, 91-97.
- [136].Van Rooy, C. A. (1965). *Studies in classical satire and related literary theory*. Brill Archive.
- [137].Hayes, M., Svoboda, M., Wall, N., & Widhalm, M. (2011). The Lincoln declaration on drought indices: universal meteorological drought index recommended. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 92(4), 485-488.
- [138].Khezazna, A., Amarchi, H., Derdous, O., & Bousakhria, F. (2017). Drought monitoring in the Seybouse basin (Algeria) over the last decades. *Journal of water and Land Development*, 33(1), 79.
- [139].Wilhite, D. (2006). Drought monitoring and early warning: Concepts, progress and future challenges. *World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland. WMO, 1006.*<https://doi.org/10.1007/s12517-019-4237-z>.
- [140].Ouatiki, H., Boudhar, A., Ouhinou, A., Arioua, A., Hssaisoune, M., Bouamri, H., & Benabdelouahab, T. (2019). Trend analysis of rainfall and drought over the Oum Er-Rbia River Basin in Morocco during 1970–2010. *Arabian Journal of Geosciences*, 12, 1-11. <https://doi.org/10.1007/s12517-019-4300-9>.
- [141].Hamlet, A. F., & Lettenmaier, D. P. (2007). Effects of 20th century warming and climate variability on flood risk in the western US. *Water Resources Research*, 43(6).<https://doi.org/10.1175/2010BAMS3103.1>.
- [142].Negreiros, J., Painho, M., Aguilar, F., & Aguilar, M. (2010). Geographical information systems principles of ordinary kriging interpolator. *Journal of Applied Sciences*, 10(11), 852-867.. <https://doi.org/10.3923/jas.2010.852.867>.
- [143].Daksh, K., Kumari, V., Kumari, A., Mayoor, M., Singh, H. P., & Mahapatra, S. (2018). Drought risk assessment in Vidarbha region of Maharashtra, India, using standardized precipitation index. *International Journal of Innovative Knowledge Concepts*, 6(10), 13-23.
- [144].Tigkas, D., Vangelis, H., Proutsos, N., & Tsakiris, G. (2022). Incorporating aSPI and eRDI in drought indices calculator (DrinC) software for agricultural drought characterisation and monitoring. *Hydrology*, 9(6), 100.. <https://doi.org/10.3390/hydrology9060100>.
- [145].McVicar, T. R., & Jupp, D. L. (1998). The current and potential operational uses of remote sensing to aid decisions on drought exceptional circumstances in Australia: a review. *Agricultural systems*, 57(3), 399-468.
- [146].Direction des Services Agricoles – DSA. (2015). Rapport annuelle des services Agricoles. [Annual report of agricultural services]. (in French with English summary)
- [147].Agence National de Développement d’Investissement – ANDI. (2014). [National Investment Development Agency]. (in French with English summary)
- [148].Direction des Services Agricoles – DSA. (2020). Rapport annuelle des services Agricoles. [Annual report of agricultural services]. (in French with English summary)
- [149].Chandler, W. S., Hoell, J. M., Westberg, D., Whitlock, C. H., Zhang, T., & Stackhouse Jr, P. W. (2010). Near real-time global radiation and meteorology Web services available from

- NASA. In *Proceedings of the Solar 2010 Conference (American Solar Energy Society)*, May (pp. 18-22).
- [150]. Moeletsi, M. E., & Walker, S. (2012). Evaluation of NASA satellite and modelled temperature data for simulating maize water requirement satisfaction index in the Free State Province of South Africa. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 50, 157-164. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2012.08.012>.
- [151]. Ndiaye, P. M., Bodian, A., Diop, L., Deme, A., Dezetter, A., Djaman, K., & Ogilvie, A. (2020). Trend and sensitivity analysis of reference evapotranspiration in the Senegal river basin using NASA meteorological data. *Water*, 12(7), 1957.. <https://doi.org/10.3390/w12071957>.
- [152]. Kettab, A., & Ait Mouhoub, D. (2002). L'eau objet de toutes les convoitises. [Water object of all desires], (in French with English summary). In *Colloque international sur l'eau, Chlef* (Vol. 5, No. 06).
- [153]. Zargar, A., Sadiq, R., Naser, B., & Khan, F. I. (2011). A review of drought indices. *Environmental Reviews*, 19(NA), 333-349.. <https://doi.org/10.1139/a11-013>
- [154]. Djellouli, F., Bouanani, A., & Baba-Hamed, K. (2016). Efficiency of some meteorological drought indices in different time scales, case study: Wadi Louza basin (NW-Algeria). *Journal of Water and Land Development*, 31(1), 33. [doi: 10.1515/jwld-2016-0034](https://doi.org/10.1515/jwld-2016-0034).
- [155]. Hamed, Y., Bouguerra, W., & Limam, E. (2018). Projet Pilote "Transfert d'Eau de Mer du Golfe de Gabès a Gafsa: Aspects Socio-Economiques et Exploitation".
- [156]. Fellag, M., Achite, M., & Walega, A. (2021). Spatial-temporal characterization of meteorological drought using the Standardized precipitation index. Case study in Algeria. *Acta Scientiarum Polonorum. Formatio Circumiectus*, 20(1), 19-31. <https://doi.org/10.15576/ASP.FC/2021.20.1.19>.
- [157]. Ghenim, A. N., & Megnounif, A. (2013). Ampleur de la sécheresse dans le bassin d'alimentation du barrage Meffrouche (Nord-Ouest de l'Algérie). *Physio-Géo. Géographie physique et environnement*, (Volume 7), 35-49. <https://doi.org/10.4000/physio-geo.3173>.
- [158]. Kettab, A., Ait Mouhoub, D., Ouarda, T., & Bobbee, B. (2004). Contribution à l'étude du phénomène de la sécheresse sur les régions littorales de l'Algérie. [Contribution to the study of the phenomenon of drought in the coastal regions of Algeria], (in French with English summary). In *CMU-RMEI Meeting on Innovation as a tool for a sustainable development within the Mediterranean, Foggia (Italy)* (Vol. 14).
- [159]. Zerouali, B., Chettih, M., Abda, Z., Mesbah, M., Santos, C. A. G., Brasil Neto, R. M., & da Silva, R. M. (2021). Spatiotemporal meteorological drought assessment in a humid Mediterranean region: case study of the Oued Sebaou basin (northern central Algeria). *Natural Hazards*, 108(1), 689-709. <https://doi.org/10.1007/s11069-021-04701-0>.
- [160]. Bougara, H., Baba-Hamed, K., Borgemeister, C., Tischbein, B., & Kumar, N. (2021). A comparative assessment of meteorological drought in the Tafna basin, Northwestern Algeria. *Journal of Water and Land Development*, (51), 78-93. DOI [10.24425/jwld.2021.139018](https://doi.org/10.24425/jwld.2021.139018)

الملاحق

الملحق رقم 1 : حساب وتصنيف المؤشر المعياري للهطول

Station: EL ABBADIA

Years	Annual precipitation	Spi	Classification
1981	388.91	-1.0681405	S-M
1982	582.75	0.7630347	Normal
1983	319.19	-1.7267877	S-S
1984	631.62	1.2247113	M-H
1985	560.68	0.5546048	Normal
1986	605.48	0.977832	Normal
1987	413.20	-0.838691	Normal
1988	438.75	-0.5972814	Normal
1989	350.46	-1.4313884	S-M
1990	465.48	-0.3447906	Normal
1991	418.63	-0.7873841	Normal
1992	510.11	0.0768494	Normal
1993	385.51	-1.1002226	S-M
1994	364.54	-1.2983269	S-M
1995	444.13	-0.5464375	Normal
1996	640.21	1.3058708	M-H
1997	485.29	-0.1575882	Normal
1998	383.07	-1.1232828	S-M
1999	537.52	0.3358021	Normal
2000	348.50	-1.4498574	S-M
2001	436.34	-0.6200866	Normal
2002	393.37	-1.0260256	S-M
2003	550.37	0.4571681	Normal
2004	560.42	0.5521203	Normal
2005	458.77	-0.4081991	Normal
2006	565.11	0.5964269	Normal
2007	642.34	1.3259835	M-H
2008	526.44	0.2311006	Normal
2009	526.74	0.2339064	Normal
2010	616.24	1.0794159	M-H
2011	678.20	1.664773	S-H
2012	635.20	1.2586167	M-H
2013	690.67	1.7826437	S-H
2014	546.03	0.4161397	Normal
2015	410.68	-0.8625069	Normal
2016	485.55	-0.1552169	Normal
2017	467.01	-0.330365	Normal
2018	699.81	1.8689518	S-H
2019	413.76	-0.8333723	Normal

Station : ZEDDINE

Years	Annual precipitation	Spi	Classification
1981	380.57	-1.08857	S-M
1982	580.05	0.802916	Normal
1983	311.15	-1.7468385	S-S
1984	625.43	1.233272	M-H
1985	552.32	0.5400334	Normal
1986	601.67	1.0079196	M-H
1987	409.98	-0.8097195	Normal
1988	435.69	-0.5659245	Normal
1989	342.25	-1.4518779	S-M
1990	451.82	-0.4129682	Normal
1991	409.73	-0.8120521	Normal
1992	508.57	0.1251617	Normal
1993	378.43	-1.1087954	S-M
1994	358.33	-1.2994526	S-M
1995	438.41	-0.5400951	Normal
1996	633.26	1.3074602	M-H
1997	480.28	-0.1430593	Normal
1998	379.60	-1.0977487	S-M
1999	531.73	0.3447489	Normal
2000	341.08	-1.4629909	S-M
2001	430.82	-0.612093	Normal
2002	387.84	-1.0195875	S-M
2003	545.79	0.4780771	Normal
2004	555.62	0.5712675	Normal
2005	452.71	-0.4045291	Normal
2006	562.03	0.6321144	Normal
2007	627.61	1.2539146	M-H
2008	523.82	0.2697926	Normal
2009	525.51	0.285808	Normal
2010	605.99	1.0489014	M-H
2011	671.39	1.6690897	S-H
2012	620.82	1.1895594	M-H
2013	684.98	1.7979044	S-H
2014	542.26	0.4446337	Normal
2015	406.58	-0.8419208	Normal
2016	469.72	-0.2432191	Normal
2017	459.29	-0.3420988	Normal
2018	689.26	1.8385164	S-H
2019	407.04	-0.8375496	Normal

Station : EL AMRA

Years	Annual precipitation	Spi	Classification
1981	477.40	-1.0818984	S-M
1982	730.88	0.8600624	Normal
1983	389.30	-1.756848	S-S
1984	779.67	1.233898	M-H
1985	700.89	0.6303368	Normal
1986	747.58	0.9879993	Normal
1987	517.01	-0.7784629	Normal
1988	544.39	-0.5687028	Normal
1989	427.47	-1.4644219	S-M
1990	560.53	-0.4450486	Normal
1991	514.38	-0.79862	Normal
1992	642.62	0.1839023	Normal
1993	470.93	-1.1315133	S-M
1994	444.84	-1.3313749	S-M
1995	542.65	-0.5820029	Normal
1996	795.62	1.3560889	M-H
1997	595.76	-0.1751163	Normal
1998	477.79	-1.0788951	S-M
1999	667.86	0.3772288	Normal
2000	412.39	-1.5799934	S-S
2001	531.82	-0.6649677	Normal
2002	487.73	-1.0027643	S-M
2003	688.01	0.5316127	Normal
2004	685.20	0.5101072	Normal
2005	576.24	-0.3247041	Normal
2006	693.74	0.5755122	Normal
2007	775.54	1.2022643	M-H
2008	636.44	0.1365628	Normal
2009	660.60	0.3216304	Normal
2010	748.53	0.9952699	Normal
2011	831.43	1.6304112	S-H
2012	777.46	1.2169358	M-H
2013	849.41	1.7682082	S-H
2014	668.72	0.3838788	Normal
2015	500.51	-0.9048446	Normal
2016	611.07	-0.0577904	Normal
2017	585.38	-0.2546794	Normal
2018	855.03	1.8112727	S-H
2019	523.26	-0.7305335	Normal

Station : MEKHATRIA

Years	Annual precipitation	Spi	Classification
1981	456.50	-1.1055294	S-M
1982	713.23	0.9402049	Normal
1983	371.28	-1.7845775	S-S
1984	756.29	1.2833267	M-H
1985	672.61	0.616574	Normal
1986	724.06	1.0265192	M-H
1987	500.36	-0.7560248	Normal
1988	529.34	-0.525075	Normal
1989	404.97	-1.5161679	S-S
1990	534.32	-0.4854399	Normal
1991	491.64	-0.8255337	Normal
1992	620.67	0.2026524	Normal
1993	452.53	-1.1371881	S-M
1994	430.31	-1.3141834	S-M
1995	521.35	-0.588743	Normal
1996	759.20	1.306507	M-H
1997	576.55	-0.1489399	Normal
1998	461.79	-1.0634081	S-M
1999	648.26	0.4224942	Normal
2000	398.22	-1.5699391	S-S
2001	509.78	-0.680954	Normal
2002	468.41	-1.010625	S-M
2003	669.20	0.5893298	Normal
2004	660.86	0.5229127	Normal
2005	557.52	-0.3005637	Normal
2006	668.97	0.587521	Normal
2007	739.46	1.1492494	M-H
2008	616.10	0.1662764	Normal
2009	637.57	0.3373592	Normal
2010	720.82	1.0006696	M-H
2011	796.92	1.6070613	S-H
2012	740.14	1.15466	M-H
2013	813.98	1.7430749	S-H
2014	644.67	0.3939352	Normal
2015	477.88	-0.9351558	Normal
2016	581.87	-0.1064999	Normal
2017	563.20	-0.2553268	Normal
2018	816.12	1.7600716	S-H
2019	507.33	-0.7005245	Normal

Station : BOURACHED

Years	Annual precipitation	Spi	Classification
1981	397.62	-1.0999543	S-M
1982	616.21	0.860913	Normal
1983	319.61	-1.7997142	S-S
1984	658.72	1.2422251	M-H
1985	583.34	0.5660123	Normal
1986	635.63	1.0350995	M-H
1987	437.24	-0.7445485	Normal
1988	461.91	-0.5232676	Normal
1989	357.87	-1.4564902	S-M
1990	469.76	-0.4528324	Normal
1991	433.98	-0.7738009	Normal
1992	545.98	0.2308796	Normal
1993	395.27	-1.1210167	S-M
1994	376.46	-1.289794	S-M
1995	460.18	-0.5387146	Normal
1996	675.00	1.3882626	M-H
1997	504.97	-0.1370039	Normal
1998	402.52	-1.0559726	S-M
1999	558.81	0.3460052	Normal
2000	349.07	-1.5354115	S-S
2001	452.92	-0.6038574	Normal
2002	406.89	-1.0168259	S-M
2003	579.14	0.5283189	Normal
2004	584.72	0.5783825	Normal
2005	476.50	-0.3923542	Normal
2006	591.32	0.6375779	Normal
2007	647.27	1.1394696	M-H
2008	545.79	0.2292111	Normal
2009	560.65	0.3625287	Normal
2010	629.24	0.9777609	Normal
2011	703.69	1.6456581	S-H
2012	646.02	1.1283195	M-H
2013	720.06	1.792485	S-H
2014	568.27	0.4308469	Normal
2015	424.64	-0.857593	Normal
2016	486.71	-0.3007668	Normal
2017	480.97	-0.3522208	Normal
2018	720.60	1.7972842	S-H
2019	423.80	-0.8651012	Normal

Station : EL HASSANIA

Years	Annual precipitation	Spi	Classification
1981	414.27	-1.0998701	S-M
1982	647.00	0.8758881	Normal
1983	325.21	-1.8560194	S-S
1984	690.93	1.2488392	M-H
1985	614.36	0.5988192	Normal
1986	667.57	1.0505205	M-H
1987	461.52	-0.6987842	Normal
1988	488.49	-0.4697499	Normal
1989	379.19	-1.3977471	S-M
1990	492.58	-0.4350272	Normal
1991	458.93	-0.7207045	Normal
1992	586.71	0.3640374	Normal
1993	412.22	-1.1172994	S-M
1994	395.61	-1.2582958	S-M
1995	483.19	-0.5147452	Normal
1996	722.00	1.5126557	S-H
1997	529.10	-0.1250184	Normal
1998	426.93	-0.9924079	Normal
1999	578.75	0.2965021	Normal
2000	355.90	-1.595446	S-S
2001	475.88	-0.5768556	Normal
2002	425.38	-1.0056008	S-M
2003	609.21	0.5551144	Normal
2004	613.95	0.5953215	Normal
2005	492.82	-0.4330406	Normal
2006	622.39	0.6669998	Normal
2007	665.02	1.0288974	M-H
2008	565.95	0.1878259	Normal
2009	595.73	0.4406567	Normal
2010	647.96	0.8840551	Normal
2011	734.18	1.6160174	S-H
2012	666.54	1.0417847	M-H
2013	752.75	1.77373	S-H
2014	591.95	0.4085233	Normal
2015	444.69	-0.8416399	Normal
2016	494.66	-0.4174026	Normal
2017	498.06	-0.3885547	Normal
2018	756.65	1.8067802	S-H
2019	425.00	-1.008759	S-M

Station : DJELIDA

Years	Annual precipitation	Spi	Classification
1981	433.85	-1.124229	S-M
1982	700.28	1.0681558	M-H
1983	342.80	-1.8734232	S-S
1984	735.04	1.3541426	M-H
1985	645.47	0.6171022	Normal
1986	700.27	1.0681064	M-H
1987	488.23	-0.6767631	Normal
1988	519.23	-0.421683	Normal
1989	385.42	-1.5227262	S-S
1990	507.86	-0.5151688	Normal
1991	472.46	-0.806496	Normal
1992	611.40	0.336826	Normal
1993	431.92	-1.1400939	S-M
1994	418.00	-1.2545956	S-M
1995	498.74	-0.5902388	Normal
1996	735.35	1.3567594	M-H
1997	562.57	-0.0649791	Normal
1998	451.44	-0.9794705	Normal
1999	622.94	0.4317353	Normal
2000	376.13	-1.5991622	S-S
2001	487.68	-0.6812806	Normal
2002	450.70	-0.9855268	Normal
2003	653.92	0.6866343	Normal
2004	639.04	0.5642578	Normal
2005	532.63	-0.3114109	Normal
2006	641.67	0.5858827	Normal
2007	692.33	1.0027215	M-H
2008	588.72	0.1501837	Normal
2009	621.31	0.4183637	Normal
2010	682.65	0.9230517	Normal
2011	760.68	1.5651665	S-H
2012	697.65	1.0465227	M-H
2013	776.86	1.6982649	S-H
2014	612.84	0.3486259	Normal
2015	452.73	-0.9688803	Normal
2016	538.96	-0.259307	Normal
2017	536.29	-0.281294	Normal
2018	776.60	1.6961255	S-H
2019	465.73	-0.8618995	Normal

Station : SIDI LAKHDAR

Years	Annual precipitation	Spi	Classification
1981	454.92	-1.1336214	S-M
1982	733.44	1.0634106	M-H
1983	364.78	-1.8446537	S-S
1984	768.75	1.3419798	M-H
1985	677.02	0.6183498	Normal
1986	733.64	1.0650277	M-H
1987	510.60	-0.6944217	Normal
1988	541.04	-0.454316	Normal
1989	401.03	-1.5587404	S-S
1990	530.51	-0.5373488	Normal
1991	493.19	-0.83175	Normal
1992	635.57	0.2913619	Normal
1993	452.56	-1.1522852	S-M
1994	435.80	-1.284494	S-M
1995	522.25	-0.6025145	Normal
1996	763.50	1.3005344	M-H
1997	587.54	-0.0874998	Normal
1998	470.69	-1.0092536	S-M
1999	658.18	0.4697727	Normal
2000	396.45	-1.5948848	S-S
2001	509.93	-0.6997147	Normal
2002	473.52	-0.9868823	Normal
2003	685.27	0.6834761	Normal
2004	666.31	0.5339208	Normal
2005	564.18	-0.2717244	Normal
2006	670.60	0.5677066	Normal
2007	730.36	1.0391145	M-H
2008	617.42	0.1482041	Normal
2009	648.40	0.3926089	Normal
2010	720.06	0.9578802	Normal
2011	797.58	1.5693615	S-H
2012	735.35	1.0784773	M-H
2013	815.00	1.7068397	S-H
2014	644.40	0.3610239	Normal
2015	473.51	-0.986969	Normal
2016	577.50	-0.1666989	Normal
2017	569.46	-0.2300896	Normal
2018	810.97	1.6749945	S-H
2019	505.30	-0.7361826	Normal

Station : ARIB

Years	Annual precipitation	Spi	Classification
1981	542.27	-1.1189161	S-M
1982	864.96	1.0099399	M-H
1983	433.47	-1.8367131	S-S
1984	905.78	1.279225	M-H
1985	812.24	0.6621082	Normal
1986	866.27	1.0185624	M-H
1987	605.67	-0.7006459	Normal
1988	637.49	-0.4907357	Normal
1989	482.71	-1.5118463	S-S
1990	629.75	-0.5417717	Normal
1991	591.82	-0.7920635	Normal
1992	764.11	0.3446105	Normal
1993	538.77	-1.1419865	S-M
1994	510.00	-1.331828	S-M
1995	622.88	-0.5871012	Normal
1996	924.12	1.4002312	M-H
1997	690.91	-0.1383387	Normal
1998	564.12	-0.9747801	Normal
1999	777.17	0.4307306	Normal
2000	457.56	-1.6777531	S-S
2001	603.77	-0.7131806	Normal
2002	568.21	-0.9477711	Normal
2003	816.16	0.6879561	Normal
2004	787.68	0.5000805	Normal
2005	673.25	-0.254806	Normal
2006	789.40	0.5114146	Normal
2007	871.19	1.0510141	M-H
2008	719.02	0.0471618	Normal
2009	773.40	0.4058855	Normal
2010	849.67	0.9090684	Normal
2011	947.85	1.5567766	S-H
2012	886.85	1.1543265	M-H
2013	974.56	1.7329552	S-H
2014	759.93	0.3170078	Normal
2015	562.98	-0.9822943	Normal
2016	703.96	-0.0522253	Normal
2017	677.15	-0.2290637	Normal
2018	970.33	1.7050886	S-H
2019	605.72	-0.7003227	Normal

Station : BIR OULED KHELIFA

Years	Annual precipitation	Spi	Classification
1981	447.92	-1.130092	S-M
1982	732.06	1.1162307	M-H
1983	349.39	-1.9090952	S-S
1984	764.31	1.371184	M-H
1985	671.56	0.6379552	Normal
1986	726.36	1.0711994	M-H
1987	509.69	-0.641784	Normal
1988	542.27	-0.3842218	Normal
1989	399.36	-1.5140121	S-S
1990	525.01	-0.5206833	Normal
1991	490.87	-0.790539	Normal
1992	642.66	0.409423	Normal
1993	447.11	-1.1365115	S-M
1994	433.24	-1.2461329	S-M
1995	515.81	-0.5934165	Normal
1996	767.43	1.3958895	M-H
1997	585.28	-0.0441945	Normal
1998	472.80	-0.9334517	Normal
1999	646.03	0.4360812	Normal
2000	384.00	-1.6354685	S-S
2001	502.65	-0.6973932	Normal
2002	470.10	-0.9547894	Normal
2003	684.64	0.7413785	Normal
2004	661.38	0.5574665	Normal
2005	553.52	-0.2952581	Normal
2006	661.20	0.5560434	Normal
2007	710.45	0.9453791	Normal
2008	604.39	0.1069165	Normal
2009	650.07	0.468068	Normal
2010	701.49	0.8745591	Normal
2011	784.83	1.5334263	S-H
2012	719.43	1.0164203	M-H
2013	802.20	1.6707258	S-H
2014	630.31	0.3118025	Normal
2015	464.82	-0.9965397	Normal
2016	556.64	-0.2705842	Normal
2017	556.13	-0.2746399	Normal
2018	802.17	1.6704729	S-H
2019	474.27	-0.9218144	Normal

Station : DJENDEL

Years	Annual precipitation	Spi	Classification
1981	451.84	-1.1825602	S-M
1982	764.99	1.2255336	M-H
1983	347.96	-1.9813774	S-S
1984	789.11	1.4110041	M-H
1985	688.85	0.6400317	Normal
1986	744.18	1.0654703	M-H
1987	525.45	-0.6165135	Normal
1988	568.09	-0.2885817	Normal
1989	406.44	-1.5316621	S-S
1990	533.54	-0.5543107	Normal
1991	495.43	-0.8473539	Normal
1992	668.45	0.4831673	Normal
1993	458.89	-1.1282933	S-M
1994	444.66	-1.23775	S-M
1995	525.34	-0.6172979	Normal
1996	782.39	1.3593132	M-H
1997	602.77	-0.0219453	Normal
1998	502.63	-0.7919796	Normal
1999	664.33	0.4515007	Normal
2000	389.13	-1.6647342	S-S
2001	508.19	-0.7492242	Normal
2002	493.60	-0.8613954	Normal
2003	713.74	0.8314003	Normal
2004	682.10	0.5881178	Normal
2005	571.28	-0.2640435	Normal
2006	672.93	0.5175715	Normal
2007	722.53	0.8990014	Normal
2008	623.09	0.1343654	Normal
2009	674.23	0.5275837	Normal
2010	710.82	0.8089999	Normal
2011	799.03	1.4872562	M-H
2012	726.66	0.930791	Normal
2013	817.21	1.6270877	S-H
2014	640.12	0.2652767	Normal
2015	467.77	-1.0600616	S-M
2016	564.14	-0.3189949	Normal
2017	571.47	-0.2626286	Normal
2018	815.87	1.6168141	S-H
2019	489.94	-0.8895786	Normal

Station : OUED DJEMAA

Years	Annual precipitation	Spi	Classification
1981	430.26	-1.124459	S-M
1982	704.35	1.1140704	M-H
1983	329.60	-1.946581	S-S
1984	736.18	1.3739957	M-H
1985	650.05	0.6705739	Normal
1986	698.05	1.0626097	M-H
1987	491.93	-0.6208201	Normal
1988	529.27	-0.3158371	Normal
1989	395.63	-1.4072765	S-M
1990	516.37	-0.4211678	Normal
1991	478.58	-0.7298015	Normal
1992	630.27	0.5090537	Normal
1993	431.03	-1.1181948	S-M
1994	419.80	-1.2099274	S-M
1995	499.27	-0.5608411	Normal
1996	751.61	1.5000545	S-H
1997	566.22	-0.0140392	Normal
1998	460.19	-0.8800021	Normal
1999	609.46	0.3391132	Normal
2000	364.66	-1.6602435	S-S
2001	484.65	-0.6802764	Normal
2002	453.64	-0.9335536	Normal
2003	656.25	0.7212261	Normal
2004	640.21	0.5902425	Normal
2005	521.19	-0.3818433	Normal
2006	639.19	0.5818958	Normal
2007	677.80	0.8971775	Normal
2008	583.83	0.1297911	Normal
2009	633.29	0.5337182	Normal
2010	666.58	0.8056164	Normal
2011	754.38	1.5226691	S-H
2012	680.84	0.9220299	Normal
2013	767.59	1.6305317	S-H
2014	602.00	0.2781623	Normal
2015	451.47	-0.9512598	Normal
2016	511.26	-0.4629669	Normal
2017	520.94	-0.3838851	Normal
2018	780.64	1.7371446	S-H
2019	431.21	-1.1167002	S-M

Station : BOUMEDFAA

Years	Annual precipitation	Spi	Classification
1981	534.67	-1.1862741	S-M
1982	905.70	1.2101358	M-H
1983	415.24	-1.9576234	S-S
1984	931.26	1.3752022	M-H
1985	820.18	0.6578093	Normal
1986	877.21	1.0261196	M-H
1987	618.61	-0.6440813	Normal
1988	664.85	-0.3454609	Normal
1989	474.03	-1.5779134	S-S
1990	624.50	-0.6060651	Normal
1991	581.76	-0.8820927	Normal
1992	791.17	0.4704021	Normal
1993	543.59	-1.1286556	S-M
1994	519.08	-1.2869208	S-M
1995	620.12	-0.6343608	Normal
1996	921.34	1.3111572	M-H
1997	709.62	-0.056322	Normal
1998	600.06	-0.7639363	Normal
1999	792.79	0.4808524	Normal
2000	458.88	-1.6757441	S-S
2001	600.45	-0.7613851	Normal
2002	590.80	-0.8237056	Normal
2003	847.49	0.8341719	Normal
2004	807.28	0.5744784	Normal
2005	689.04	-0.1891914	Normal
2006	792.17	0.4768803	Normal
2007	863.48	0.9374474	Normal
2008	732.39	0.0907955	Normal
2009	793.25	0.4838815	Normal
2010	844.16	0.8126966	Normal
2011	947.82	1.4821914	M-H
2012	874.85	1.0109157	M-H
2013	977.54	1.6741196	S-H
2014	759.55	0.2661958	Normal
2015	547.87	-1.1009798	S-M
2016	698.74	-0.1265544	Normal
2017	683.69	-0.2237393	Normal
2018	964.26	1.5883345	S-H
2019	595.59	-0.7927811	Normal

الملحق رقم 2: تأكيد البيانات ونسبة الخطأ لكل المحطات خلال سنوات الجفاف والرطوبة حسب طريقة ACP

سنة الجفاف 1981

Mean squared error : 0,0016675					
1981	x	y	z	Cross val	Difference
EL ABBADIA	5,17259	2,1392	-1,06814051	-1,08651632	0,01837581
ZEDDINE	4,57737	2,81257	-1,08857004	-1,07283899	-0,0157310
EL AMRA	4,01602	-4,1081	-1,08189839	-1,09523126	0,01333288
MEKHATRIA	3,39964	-1,2474	-1,10552937	-1,10845397	0,0029246
BOURACHED	-3,05438	5,53447	-1,09995425	-1,13519604	0,03524179
EL HASSANIA	-1,81309	0,01752	-1,09987011	-1,16054458	0,06067447
DJELIDA	1,27581	1,08556	-1,12422901	-1,12666753	0,00243852
SIDI LAKHDAR	2,22551	-0,8022	-1,13362137	-1,11273	-0,0208913
ARIB	-2,33172	-4,7989	-1,11891606	-1,16757594	0,04865988
BIR OULED KHELIFA	-0,43784	0,67495	-1,13009197	-1,11941899	-0,0106729
DJENDEL	-3,10395	1,42464	-1,18256024	-1,10954468	-0,0730155
OUED DJEMAA	-6,50211	0,54913	-1,12445897	-1,18310565	0,05864668
BOUMEDFAA	-3,42384	-3,2813	-1,18627407	-1,12078803	-0,0654864

سنة الجفاف 1983

Mean squared error : 0,0038764					
1983	x	y	z	Cross val	Difference
EL ABBADIA	5,17259	2,1392	-1,72678771	-1,73729431	0,0105066
ZEDDINE	4,57737	2,81257	-1,74683853	-1,74184305	-0,00499548
EL AMRA	4,01602	-4,10814	-1,75684803	-1,75276168	-0,00408635
MEKHATRIA	3,39964	-1,24741	-1,78457746	-1,79917981	0,01460235
BOURACHED	-3,05438	5,53447	-1,79971422	-1,91381495	0,11410073
EL HASSANIA	-1,81309	0,01752	-1,85601944	-1,94847044	0,09245099
DJELIDA	1,27581	1,08556	-1,87342322	-1,86196006	-0,01146316
SIDI LAKHDAR	2,22551	-0,80226	-1,84465367	-1,82335495	-0,02129871
ARIB	-2,33172	-4,79893	-1,83671305	-1,91736089	0,08064784
BIR OULED KHELIFA	-0,43784	0,67495	-1,90909524	-1,87252783	-0,03656742
DJENDEL	-3,10395	1,42464	-1,98137741	-1,87778574	-0,10359167
OUED DJEMAA	-6,50211	0,54913	-1,94658105	-1,99212557	0,04554452
BOUMEDFAA	-3,42384	-3,2813	-1,95762338	-1,87259346	-0,08502992

سنة الجفاف 1989

Mean squared error : 0,0049506					
1989	x	y	z	Cross val	Difference
EL ABBADIA	5,17259	2,1392	-1,43138841	-1,46154439	0,03015598
ZEDDINE	4,57737	2,81257	-1,45187789	-1,43936586	-0,01251202
EL AMRA	4,01602	-4,10814	-1,46442195	-1,52088437	0,05646242
MEKHATRIA	3,39964	-1,24741	-1,51616792	-1,51621046	4,25E-05
BOURACHED	-3,05438	5,53447	-1,45649024	-1,45726513	0,00077489
EL HASSANIA	-1,81309	0,01752	-1,39774712	-1,53653024	0,13878312
DJELIDA	1,27581	1,08556	-1,52272624	-1,52447062	0,00174438
SIDI LAKHDAR	2,22551	-0,80226	-1,55874038	-1,51410328	-0,0446371
ARIB	-2,33172	-4,79893	-1,5118463	-1,56537818	0,05353188
BIR OULED KHELIFA	-0,43784	0,67495	-1,51401213	-1,47239391	-0,04161822
DJENDEL	-3,10395	1,42464	-1,53166211	-1,4207486	-0,1109135
OUED DJEMAA	-6,50211	0,54913	-1,40727654	-1,5093008	0,10202426
BOUMEDFAA	-3,42384	-3,2813	-1,57791339	-1,4704967	-0,10741668

سنة الجفاف 2000

Mean squared error : 0,00096091					
2000	x	y	z	Cross val	Difference
EL ABBADIA	5,17259	2,1392	-1,44985736	-1,46690143	0,01704407
ZEDDINE	4,57737	2,81257	-1,46299094	-1,45955217	-0,00343877
EL AMRA	4,01602	-4,10814	-1,57999342	-1,58567078	0,00567736
MEKHATRIA	3,39964	-1,24741	-1,56993908	-1,56529786	-0,00464122
BOURACHED	-3,05438	5,53447	-1,53541148	-1,58537158	0,0499601
EL HASSANIA	-1,81309	0,01752	-1,59544604	-1,65924162	0,06379558
DJELIDA	1,27581	1,08556	-1,5991622	-1,58892815	-0,01023404
SIDI LAKHDAR	2,22551	-0,80226	-1,59488481	-1,59061089	-0,00427392
ARIB	-2,33172	-4,79893	-1,67775311	-1,676298	-0,00145511
BIR OULED KHELIFA	-0,43784	0,67495	-1,63546853	-1,6027442	-0,03272433
DJENDEL	-3,10395	1,42464	-1,66473422	-1,6028797	-0,06185452
OUED DJEMAA	-6,50211	0,54913	-1,66024346	-1,6828851	0,02264164
BOUMEDFAA	-3,42384	-3,2813	-1,67574409	-1,66980507	-0,00593902

سنة رطوبة 2013

Mean squared error : 0,0037917					
2013	x	y	z	Cross val	Difference
EL ABBADIA	5,17259	2,1392	1,78264367	1,79665869	-0,01401502
ZEDDINE	4,57737	2,81257	1,79790443	1,77508668	0,02281775
EL AMRA	4,01602	-4,10814	1,76820824	1,7593318	0,00887645
MEKHATRIA	3,39964	-1,24741	1,74307487	1,73482637	0,0082485
BOURACHED	-3,05438	5,53447	1,79248503	1,67102297	0,12146206
EL HASSANIA	-1,81309	0,01752	1,77372995	1,64869615	0,1250338
DJELIDA	1,27581	1,08556	1,69826494	1,70317178	-0,00490684
SIDI LAKHDAR	2,22551	-0,80226	1,70683972	1,72651436	-0,01967464
ARIB	-2,33172	-4,79893	1,73295524	1,69848695	0,03446829
BIR OULED KHELIFA	-0,43784	0,67495	1,67072584	1,73071754	-0,0599917
DJENDEL	-3,10395	1,42464	1,62708769	1,7311311	-0,10404341
OUED DJEMAA	-6,50211	0,54913	1,63053165	1,6473846	-0,01685295
BOUMEDFAA	-3,42384	-3,2813	1,67411963	1,71575945	-0,04163982

سنة رطوبة 2018

Mean squared error : 0,0084597					
2018	x	y	z	Cross val	Difference
EL ABBADIA	5,17259	2,1392	1,86895177	1,83728055	0,03167121
ZEDDINE	4,57737	2,81257	1,8385164	1,85315729	-0,01464089
EL AMRA	4,01602	-4,10814	1,8112727	1,76718564	0,04408706
MEKHATRIA	3,39964	-1,24741	1,7600716	1,74184917	0,01822242
BOURACHED	-3,05438	5,53447	1,79728417	1,72585088	0,07143329
EL HASSANIA	-1,81309	0,01752	1,80678023	1,62850984	0,17827039
DJELIDA	1,27581	1,08556	1,69612549	1,69477072	0,00135477
SIDI LAKHDAR	2,22551	-0,80226	1,67499445	1,73431261	-0,05931816
ARIB	-2,33172	-4,79893	1,70508859	1,62060583	0,08448276
BIR OULED KHELIFA	-0,43784	0,67495	1,67047286	1,73555959	-0,06508673
DJENDEL	-3,10395	1,42464	1,6168141	1,7735754	-0,15676129
OUED DJEMAA	-6,50211	0,54913	1,73714463	1,62640355	0,11074108
BOUMEDFAA	-3,42384	-3,2813	1,5883345	1,72200839	-0,13367389

ملحق رقم 3: تأكيد البيانات ونسبة الخطأ لكل المحطات خلال سنوات الجفاف والرطوبة حسب طريقة ACC

سنة الجفاف 1981

1981	Mean square error=0,00045363				
	x	y	z	Cross val	Difference
EL ABBADIA	1,90155	-1,34939	-1,06814051	-1,09514712	0,02700661
ZEDDINE	1,63036	-0,853452	-1,08857004	-1,07818238	-0,01038765
EL AMRA	3,07389	0,142616	-1,08189839	-1,07347652	-0,00842187
MEKHATRIA	1,43796	2,13926	-1,10552937	-1,13448714	0,02895777
BOURACHED	-2,51888	-0,0763651	-1,09995425	-1,13455894	0,03460469
EL HASSANIA	0,915248	0,235118	-1,09987011	-1,11368554	0,01381543
DJELIDA	1,5344	-2,71707	-1,12422901	-1,09551966	-0,02870935
SIDI LAKHDAR	1,10706	1,59876	-1,13362137	-1,10908068	-0,02454069
ARIB	-0,10579	-0,129779	-1,11891606	-1,11363363	-0,00528243
BIR OULED KHELIFA	1,33074	-4,43889	-1,13009197	-1,11445761	-0,01563436
DJENDEL	-1,67118	1,90918	-1,18256024	-1,15153111	-0,03102913
Oued DJEMAA	-1,95965	0,144128	-1,12445897	-1,11525433	-0,00920464
BOUMEDFAA	-1,39393	3,79969	-1,18627407	-1,18230441	-0,00396967

سنة الجفاف 1983

1983	Mean square error=0,0048896				
	x	y	z	Cross val	Difference
EL ABBADIA	1,90155	-1,34939	-1,72678771	-1,77299346	0,04620575
ZEDDINE	1,63036	-0,853452	-1,74683853	-1,76410343	0,01726489
EL AMRA	3,07389	0,142616	-1,75684803	-1,71320489	-0,04364314
MEKHATRIA	1,43796	2,13926	-1,78457746	-1,83866796	0,05409049
BOURACHED	-2,51888	-0,0763651	-1,79971422	-1,96933168	0,16961746
EL HASSANIA	0,915248	0,235118	-1,85601944	-1,80989492	-0,04612452
DJELIDA	1,5344	-2,71707	-1,87342322	-1,80599872	-0,0674245
SIDI LAKHDAR	1,10706	1,59876	-1,84465367	-1,81836256	-0,0262911
ARIB	-0,10579	-0,129779	-1,83671305	-1,88655302	0,04983997
BIR OULED KHELIFA	1,33074	-4,43889	-1,90909524	-1,86384101	-0,04525424
DJENDEL	-1,67118	1,90918	-1,98137741	-1,9317296	-0,04964781
Oued DJEMAA	-1,95965	0,144128	-1,94658105	-1,83192835	-0,1146527
BOUMEDFAA	-1,39393	3,79969	-1,95762338	-1,95272326	-0,00490012

سنة الجفاف 1989

1989	Mean square error=0,0031448				
	x	y	z	Cross val	Difference
EL ABBADIA	1,90155	-1,34939	-1,43138841	-1,47167496	0,04028655
ZEDDINE	1,63036	-0,853452	-1,45187789	-1,42781145	-0,02406643
EL AMRA	3,07389	0,142616	-1,46442195	-1,46151092	-0,00291103
MEKHATRIA	1,43796	2,13926	-1,51616792	-1,56290155	0,04673363
BOURACHED	-2,51888	-0,0763651	-1,45649024	-1,41729473	-0,03919552
EL HASSANIA	0,915248	0,235118	-1,39774712	-1,50735613	0,10960901
DJELIDA	1,5344	-2,71707	-1,52272624	-1,46972	-0,05300624
SIDI LAKHDAR	1,10706	1,59876	-1,55874038	-1,48461926	-0,07412112
ARIB	-0,10579	-0,129779	-1,5118463	-1,41947158	-0,09237472
BIR OULED KHELIFA	1,33074	-4,43889	-1,51401213	-1,5093294	-0,00468273
DJENDEL	-1,67118	1,90918	-1,53166211	-1,50225418	-0,02940792
OUED DJEMAA	-1,95965	0,144128	-1,40727654	-1,47827938	0,07100284
BOUMEDFAA	-1,39393	3,79969	-1,57791339	-1,56478	-0,01313339

سنة الجفاف 2000

2000	Mean square error=0,0044534				
	x	y	z	Cross val	Difference
EL ABBADIA	1,90155	-1,34939	-1,44985736	-1,50226091	0,05240355
ZEDDINE	1,63036	-0,853452	-1,46299094	-1,50659175	0,0436008
EL AMRA	3,07389	0,142616	-1,57999342	-1,45826222	-0,1217312
MEKHATRIA	1,43796	2,13926	-1,56993908	-1,59977301	0,02983393
BOURACHED	-2,51888	-0,0763651	-1,53541148	-1,67430356	0,13889207
EL HASSANIA	0,915248	0,235118	-1,59544604	-1,59083184	-0,0046142
DJELIDA	1,5344	-2,71707	-1,5991622	-1,53993742	-0,05922477
SIDI LAKHDAR	1,10706	1,59876	-1,59488481	-1,59044199	-0,00444282
ARIB	-0,10579	-0,129779	-1,67775311	-1,60328356	-0,07446955
BIR OULED KHELIFA	1,33074	-4,43889	-1,63546853	-1,58670601	-0,04876252
DJENDEL	-1,67118	1,90918	-1,66473422	-1,65976317	-0,00497105
OUED DJEMAA	-1,95965	0,144128	-1,66024346	-1,57909897	-0,0811445
BOUMEDFAA	-1,39393	3,79969	-1,67574409	-1,66285763	-0,01288647

سنة رطوبة 2013

2013	Mean square error=0,0043976				
	x	y	z	Cross val	Difference
EL ABBADIA	1,90155	-1,34939	1,78264367	1,77284266	0,00980101
ZEDDINE	1,63036	-0,853452	1,79790443	1,7780356	0,01986883
EL AMRA	3,07389	0,142616	1,76820824	1,80789845	-0,0396902
MEKHATRIA	1,43796	2,13926	1,74307487	1,71233461	0,03074026
BOURACHED	-2,51888	-0,0763651	1,79248503	1,61887475	0,17361028
EL HASSANIA	0,915248	0,235118	1,77372995	1,74544635	0,0282836
DJELIDA	1,5344	-2,71707	1,69826494	1,73705269	-0,03878775
SIDI LAKHDAR	1,10706	1,59876	1,70683972	1,74173459	-0,03489487
ARIB	-0,10579	-0,129779	1,73295524	1,71833948	0,01461576
BIR OULED KHELIFA	1,33074	-4,43889	1,67072584	1,7058895	-0,03516366
DJENDEL	-1,67118	1,90918	1,62708769	1,67165304	-0,04456536
OUED DJEMAA	-1,95965	0,144128	1,63053165	1,75763528	-0,12710363
BOUMEDFAA	-1,39393	3,79969	1,67411963	1,64406688	0,03005275

سنة رطوبة 2018

2018	Mean square error=0,0031448				
	x	y	z	Cross val	Difference
EL ABBADIA	1,90155	-1,34939	1,86895177	1,80400669	0,06494508
ZEDDINE	1,63036	-0,853452	1,8385164	1,84383631	-0,00531991
EL AMRA	3,07389	0,142616	1,8112727	1,85489035	-0,04361766
MEKHATRIA	1,43796	2,13926	1,7600716	1,67555541	0,08451618
BOURACHED	-2,51888	-0,0763651	1,79728417	1,71397751	0,08330666
EL HASSANIA	0,915248	0,235118	1,80678023	1,73736548	0,06941476
DJELIDA	1,5344	-2,71707	1,69612549	1,7785378	-0,08241232
SIDI LAKHDAR	1,10706	1,59876	1,67499445	1,76152393	-0,08652948
ARIB	-0,10579	-0,129779	1,70508859	1,76919461	-0,06410602
BIR OULED KHELIFA	1,33074	-4,43889	1,67047286	1,71358389	-0,04311103
DJENDEL	-1,67118	1,90918	1,6168141	1,66604712	-0,04923301
OUED DJEMAA	-1,95965	0,144128	1,73714463	1,75418019	-0,01703556
BOUMEDFAA	-1,39393	3,79969	1,5883345	1,60886747	-0,02053297