

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE de TLEMCCEN
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de
l'Univers

Département des Sciences de la Terre et de l'Univers

MEMOIRE

Présenté par

Amiri wissem Et Felih nassima

En vue de l'obtention du

Diplôme de MASTER

En Hydrogéologie

Thème

**Etude De La Variabilité Hydroclimatique Dans Le
Bassin Versant « D'oued Isser (Tafna, Nw Algerien).»**

Soutenu le Octobre 2020, devant le jury composé de :

Président	Mr KERZABI.R	MAA	Université de Tlemcen
Encadreur	Mme DJELAD . R	MAA	Université de Tlemcen
Examineur	Mme GUETTAIA.S	MCB	Université de Tlemcen

Année universitaire 2019/2020

Remerciements

L'élaboration de ce mémoire de fin d'études est le fruit de cinq ans d'études. Ce travail n'aurait pu voir le jour sans la collaboration de nombreuses personnes qu'il nous est agréable de remercier.

Nous remercions Allah le tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il m'a donnée durant toutes ces années d'études.

*Nous tenons tout d'abord à remercier notre encadreur **DJALED R.** pour nous avoir fait confiance, ainsi que pour sa disponibilité, sa patience et ses généreux conseils tant scientifiques qu'humains qui nous ont été d'une grande valeur.*

Merci pour votre aide inestimable, vos précieux conseils avisés nous ont été très utiles pour améliorer et développer notre esprit critique et scientifique.

*C'est un honneur pour nous de voir dans notre jury Monsieur **KARZABI R.** et Madame **BOUDJAMAA S.** Qu'ils soient vivement remerciés.*

Nos remerciements vont aussi, à tous les enseignants du Département des Sciences de la Terre et de l'Univers de l'Université de Tlemcen.

Nos profonds remerciements vont également à toutes les personnes qui nous ont aidées et soutenues de près ou de loin.

Dédicaces

J'ai l'honneur de dédier ce modeste travail

*A ma mère, ma raison d'être, ma raison de vivre, la
lanterne qui éclaire mon chemin et m'illumine de douceur et
d'amour.*

*A la mémoire de mon père. J'aurais tant aimé que tu sois
présent. Que Dieu ait ton âme dans sa sainte miséricorde.*

A mon frère et sa femme MOUSSA et ZWAWIA.

Mes tantes, oncles, cousines, paternels et maternels.

*A ma binômes NASSIMA ainsi que tout sa famille, je leurs
souhaite tout le bonheur du monde.*

A ma chère KHAOULA et ILYES .

*A mes amies proches HANANE , ASMA, HOUARIA,
SARAH, SANAA et DJILALI.*

A tous les camarades et amis de l'Université.

A mon encadreur Madame DJALED R.

A tous les enseignants qui ont contribué à ma formation.

AMIRI WISSEM

Dédicaces

Avec l'aide de dieu le tout puissant, j'ai réalisé ce travail de recherche que je dédie avec toute modestie à :

A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,

A mes chères sœurs SOUHILA ET ZINEB pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral,

A mes chers frères, ZAKARIA et Aboubaker , pour leur appui et leur encouragement,

A toute ma famille FELIH ET ACHOUI et pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire.

A ma binômes WISSEM J'espère qu'elle réalisera tout ce qu'elle souhaite pour sa prochaine vie. ainsi que tout sa famille, je leurs souhaite tout le bonheur du monde

A mes amies proches Bel hadji Amina hadjer, benhlilem Ryma

A tous les camarades et amis de l'Université.

A mon encadreur Madame DJALED R.

A tous les enseignants qui ont contribué à ma formation

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infailible,

Merci d'être toujours là pour moi.

FELIH NASSIMA

Résumé:

Le bassin versant d'oued isser localisée à la partie orientale de la moyenne tafna .il s'étend d'une superficie 1140km² .le réseau de drainage est dendritique. Il est d'ordre 6, selon la classification de Strahler. Le climat du secteur d'étude est de type semi-aride avec une température moyenne interannuelle est de 24.33°C et des précipitations interannuelles sont de 411.87 pour une série de 19 ans (2000/01-2017-18). Pour l'étude statistique des séries pluviométrique annuelles et d'après le calcul de coefficient de variation on trouve CV= 0.4 pour la série des précipitations et on a fait test khi² pour la série des débits on trouve CV = 0.9 donc on utilise la loi log normal. Pour la variabilité hydroclimatique selon le test de PETTITT et logiciel KHRONOSTATE pour la série des précipitations une rupture mais pour la série des lames d'eau écoulé 3,41E- 02en 2007 et par le test Ellipse de Bois, test buishand la méthode Bayésienne(en 2007) par une densité de probabilité de la position du point de rupture 0.5497 et séries de températures détecté par le test Buishand et procédure de lee et Heghinian par une valeur critique 0,3494 en 2001.

Mots clés : géomorphologie, réseau, climat, statistique, rupture , lame d'eau écouler ,réseau hydrographique ...

Abstrat :

The oued isser watershed located at the eastern part of the average tafna. it extends an area of 1140 km². geomorphology investigation of our study watershed and its kc-1.56 watershed, so it is an elongated watershed; (Ds 391.32M), with an average altitude of 834.15. The drainage system is dendritic. It is order 6, according to Strahler's classification. The climate of the study area is semi-arid with an interannual average temperature of 24.33oC and interannual precipitation is 411.87 for a 19-year series (2000/01-2017-18). For the statistical study, which is based on graphic test and analytical test of the annual rainfall series and according to the calculation of coefficient of variation is found CV 0.4 for the precipitation series so we use the normal law and to confirm we made analytical test test test khi² but for the series of flows we find CV - 0.9 so we use the normal log law. For hydroclimatic variability according to the test of PETTITT and KHRONOSTATE software it is concluded that for the precipitation series there is not a rupture but for the series of water slides elapsed 3.41E- 02 in 2007 and by the test Ellipse de Bois, buishand test the Bayesian method (in 2007) by a probability density of the breakpoint position 0.5497 and temperature series detected by the Buishand test and lee and Heghinian procedure by a critical value of 0.3494 in 2001.

Keywords: geomorphology, network, climate, statistics, rupture ...

ملخص

توجد مستجمعات المياه في منطقة الواد إسر في الجزء الشرقي من طافنا المتوسط، وتمتد مساحتها 1140 كيلومتراً مربعاً. دراسة الجيومورفولوجيا لمستجمعات المياه الدراسية ومستجمعات المياه $k_c=1.56$ ، لذلك هو مستجمعات المياه ممدود؛ (Ds 391.32M)، مع ارتفاع متوسط 834.15. نظام الصرف هو التشعب. إنه الأمر السادس، وفقاً لتصنيف ستالر. مناخ منطقة الدراسة شبه قاحلة مع متوسط درجة حرارة بين السنوات 24.33 درجة مئوية وهطول الأمطار بين السنوات هو 411.87 لسلسلة من 19 عاما (01/2000-2017). للدراسة الإحصائية، التي تقوم على اختبار بياني واختبار تحليلي لسلسلة هطول الأمطار السنوية ووفقاً لحساب معامل التباين يتم العثور على $vc=0.4$ لسلسلة هطول الأمطار لذلك نحن نستخدم القانون العادي وللتأكد من أننا حققنا اختبار تحليلي $khi2$ ولكن لسلسلة من التدفقات نجد السيرة الذاتية - 0.9 لذلك نحن نستخدم قانون السجل العادي. لتقلبات هيدروكثيرية وفقاً لاختبار PETTITT و KHRONOSTATE البرمجيات يخلص إلى أنه بالنسبة لسلسلة هطول الأمطار ليس هناك تمزق ولكن لسلسلة من الشرائح المياه ينقضي E - 02 3.41 في عام 2007، واختبار القطع الناقص دي بوا، بويزند اختبار طريقة بايزي (في عام 2007) من قبل كثافة احتمالية من موقف نقطة التوقف 0.5497 وسلسلة درجة الحرارة التي اكتشفت من قبل اختبار بويزند والإجراءات لي وهغينيان بقيمة حرجة من 0.3494 في عام 2001.

الكلمات الرئيسية: جيومغفولوجيا، شبكة، المناخ، والإحصاءات، ...

SOMMAIRES

INTRODUCTION GENERAL	1
CHAPITRE 1 LA MORPHOMETRIE ET ETUDE GEOLOGIQUE.....	2
1 SITUATION GEOGRAPHIQUE DU BASSIN :	2
2 OUED ISSER :	3
3 CONTEXTES GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE	3
3.1 Description géologique du terrain d'étude.....	3
3.1.1 Les formations du Quaternaire.....	3
3.1.2 Les formations du Plio-Quaternaire.....	4
3.1.3 Les formations du Tertiaire	4
3.1.4 Les formations du Jurassique	4
3.2 Etude hydrogéologique.....	4
3.2.1 Les aquifères karstiques du jurassique-Crétacé	4
3.2.2 Les aquifères alluviales du Plio-Quaternaire	4
4 LES PARAMETRES PHYSIQUES	6
4.1 La méthodologie :	6
4.2 La forme du Bassin versant	6
4.2.1 Surface et Périmètre	6
4.2.2 Indice de compacité (de Gravelius) (Hocine Bendjoudi & Pierre Hubert et al 2002) :	6
4.2.3 Rectangle équivalent :	7
5 Caractérisation topographique :.....	8
5.1 Etude du relief.....	8
5.1.1 Répartition altimétrique	8
5.1.2 la courbe hypsométrique :	9
5.1.3 Les altitudes.....	10
5.1.3.1 Altitude maximale et minimale	10
5.1.3.2 Altitude moyenne	10
5.1.3.3 Altitude médiane :	11
5.1.4 Etude de pente :	11
5.1.4.1 Indice global de pente :	11
5.1.5 Dénivelée spécifique 'D _s ' :	12
6 GEOMETRIE DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE.....	13

6.1	Classification Talwegs (classification Strahler) :.....	13
6.2	Degré de développement du réseau	14
6.2.1	Densité de drainage	14
6.2.2	Densité hydrographique.....	14
6.2.3	Rapport de confluence	15
6.2.4	Rapport des longueurs	16
6.2.5	Coefficient de torrentialité :.....	17
CONCLUSION		17
CHAPITRE2 ETUDE HYDROCLIMATIQUE:.....		18
INTRODUCTION :		18
7	PARAMETRES CLIMATIQUES :.....	18
7.1	Précipitations :	18
7.1.1	Variables interannuelles des précipitations :	18
7.1.2	Variabilité mensuelle :	19
7.1.3	Variabilité moyennes saisonnières :	20
7.2	Températures :.....	21
7.2.1	Températures moyennes annuelles :.....	21
1.1.	Températures Mensuelles :	22
8	Evapotranspiration :	23
8.1	Évapotranspiration potentielle (ETP) (claude cosandey mark robinson2012):	24
8.1.1	Formule de Thornthwaite(1944) :	24
8.1.2	Formule de turc (turc1961) :	24
9	SYNTHESE CLIMATIQUE:	25
Méthodes graphiques : permettant de visualiser l'étendue des périodes sèches et humides.		26
Méthodes de calcul des indices :		26
9.1	Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN	26
9.2	Indice d'aridité annuel de Martonne :	27
9.3	Indice d'aridité mensuelles (i) :	28
9.4	Indice d'Emberger :	28
9.5	Indice de continentalité de KERNER (IK) :	29
10	ETUDE HYDROLOGIQUE.....	30
10.1	Etude des modules (débits)	30
10.1.1	Débits annuels	30
10.1.2	Débit moyens mensuelles	31

10.2	Lame d'eau écoulées :	32
10.2.1	Lame d'eau écoulée annuelles :	32
10.2.2	Lame d'eau écoulée moyenne mensuelle :	34
CONCLUSION :		35
CHAPITRE3:ETUDESTATISTIQUE.....		36
INTRODUCTION :		36
11	Test de normalité :	36
	Test graphique :	36
	Test analytique :	36
11.1	AJUSTEMENT DE PRECIPITATIONS ANNUELLES DE OUED ISSER	37
11.1.1	Ajustement par la loi normale :	37
11.1.1.1	Test graphique :	37
11.1.1.2	Test du χ^2	38
Calcul des précipitations pour une période de récurrence donnée :		39
11.1.1.3	Ajustement par la log loi normal :	39
11.1.1.4	Test du χ^2	40
11.2	Ajustement des lames d'eau écoulées à la station de la zone étudiée oued issuer :	41
11.2.1	Ajustement des lames d'eau écoulées annuelles à loi log normale :	41
11.2.1.1	Test graphique :	42
11.2.1.2	Test du χ^2	42
Calcul des lames d'eau écoulées pour une période de récurrence donnée :		43
CHAPITRE4:VARIABLEHYDROCLIMATIQUE.....		44
INTRODUCTION :		44
12	TEST DE RUPTURE DE PRECIPITATIONS :	44
12.1	Indice Standardisé des précipitations :	44
12.2	Méthodes statistiques de détection des ruptures :	46
12.2.1	Test de PETTITT :	47
12.2.2	Méthode bayésienne de LEE et HEGHINIAN :	47
12.3	Méthode de segmentation d'Hubert :	47
12.4	Détection des ruptures au sein des séries de précipitations :	48
12.4.1	Test de corrélation sur le rang [Lubes-Niel et al., 1998]	48
12.4.2	Test de PETTITT :	48
12.5	Détection des ruptures au sein des séries de lame écoulé :	49
12.5.1	Test de corrélation sur le rang [Lubes-Niel et al., 1998] :	50

12.5.2	Test de PETTITT :	50
12.5.3	Méthode bayésienne de LEE et HEGHINIAN (1977):	52
12.5.4	Test de Buishand :	52
12.5.4.1	Ellipse de Bois [Lubes-Niel et al., 1994] :	53
12.6	Détection des ruptures au sein des séries de températures :	54
12.6.1	Test de corrélation sur le rang :	54
12.6.2	Statistique Udu Buishand (buishand1982-buishand1984) :	54
12.6.2.1	Ellipse de bois[Lubes-Niel et al., 1994] :	54
12.6.3	Test du petit (1979) :	55
12.6.4	Méthode bayésienne de lee Heghinian :	56
12.6.5	Segmentation de hubert :	57
Conclusion :		57
CONCLUSION GENERAL		58
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE		62
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE		63
ANNEXES		64
ANNEXES		65

Liste des tableaux :

Tableau 1:surface et périmètre de bassin versant.....	6
Tableau 2:Répartition altimérique du bassin versant	8
Tableau 3:: Calcul de l'altitude moyenne du bassin versant	11
Tableau 4:Altitudes caractéristiques du bassin versant d'OUED ISSER	11
Tableau 5:Classement du relief à partir de la dénivelée spécifique selon la classification de l'ORSTOM Relief	12
Tableau 6:Classification des talwegs selon Strahler.	14
Tableau 7:Rapport de confluence.....	15
Tableau 8:Rapport des longueurs	17
Tableau 9:les caractéristiques de la station météorologique du barrage SID ABDELLI de la zone étudié.....	18
Tableau 10:Les valeurs des précipitations annuelles	18
Tableau 11:variations des précipitations moyennes mensuelles	19
Tableau 12:variations des précipitations moyennes saisonnière	20
Tableau 13:Variations des températures moyennes annuelles (2000à 2018)	22
Tableau 14:variations des températures moyennes mensuelles (2000à 2018).....	23
Tableau 15:Résultats des calculs de l'ETP, selon Thornthwaite	24
Tableau 16:Résultats des calculs de l'ETP, selon Turc.....	25
Tableau 17:Valeurs moyennes mensuelles des précipitations et des températures.....	26
Tableau 18:Limites des climats d'après l'indice climatique de Martonne	28
Tableau 19:Indice d'aridité mensuel de Martonne	28
Tableau 20:débits annules de oued issuer (2000/2001-2017-2018).....	30
Tableau 21:débits mensuelles d'OUED ISSER (1999/2000-2018/2019).....	31
Tableau 22:lames d'eau écoulées annuelles d' OUED ISSER	33
Tableau 23:Lames d'eau écoulées mensuelles	34
Tableau 24:Paramètres de position des précipitations à oued issuer (2000-2018)	37
Tableau 25:: Calcul du χ	38
Tableau 26:Calcule des précipitations période de récurrences donnée.....	39
Tableau 27:Calcul du χ	40
Tableau 28:Paramètres de position des lames d'eau écoulées d'OUED ISSER (2000-2018).....	41
Tableau 29:Calcul du χ	42
Tableau 30: Calcule de lame d'eau écoulée du période de récurrences donnée.....	43
Tableau 31:Catégories de sécheresse et d'humidité définies par les valeurs du SPI.....	44
Tableau 32:Valeurs annuelles de l'Indice Standardisé des Précipitations (SPI) de la zone étudié (1999/2000-2018/2019)	45
Tableau 33:Fréquences (en %) des classes de l'Indice Standardisé des Précipitations (SPI) de la zone étudié (1999/2000-2018/2019)	46
Tableau 34:Résultat du test de PETTITT.....	48
Tableau 35:Résultat du test de PETTITT	50
Tableau 36: Résultat du test de Buishand	52
Tableau 37:Résultats du test de buishand.....	54
Tableau 38:Résultat du test de PETTITT	55
Tableau 39:Résultat du Segmentation de hubert.....	57

Liste des figures :

Figure 1: Localisation de la zone d'etude OUED ISSER:.....	2
Figure 2:la situation géographique d'OUED ISSER	3
Figure 3::Un extrait de la carte lithologique de la zone TLEMCEN en novembre 1973 (échelle: 1/100000) (BACHIR.K.,MANSOURIA 2019)	5
Figure 4:Exemples d'indices de compacité (ZITOUN.D,ZOUAGGARIM2014)	7
Figure 5:Carte hypsométrique du bassin versant d'Oued ISSER.....	9
Figure 6:Courbe hypsométrique et histogrammes des fréquences altimétriques du bassin d'Oued ISSER.....	10
Figure 7:La carte de la classification des talwegs selon Strehler	13
Figure 8:représentative du Nombre de talwegs en fonction de l'ordre	16
Figure 9:histogramme de précipitations annuelles du barrage SID ABDELI (2000 à2018).....	19
Figure 10:histogramme de précipitations mensuelles	20
Figure 11:Histogramme des précipitations moyenne saisonnières	21
Figure 12:Variations des températures moyenne annuelles	22
Figure 13:Variations des températures moyennes mensuelles	23
Figure 14:Variation des ETP Turc et Thornthwaite	25
Figure 15:Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN.....	26
Figure 16:L'Abaque climatique de Martonne.....	27
Figure 17:Diagramme d'Emberger	29
Figure 18:Variation des débits annuels d'OUED ISSER (2000/01 à 2018/19)	31
Figure 19:: Histogramme des débits mensuels d' OUED ISSER (1999/2000-2018/2019).....	32
Figure 20:Variations de lame d'eau écoulées annuelles d' OUED ISSER	34
Figure 21:Histogramme des lames d'eau écoulées mensuelles d' OUED ISSER.....	35
Figure 22:Ajustement graphique des précipitations annuelles à la loi de distribution normale. .	38
Figure 23:Ajustement graphique des précipitations annuelles à la loi log normale	40
Figure 24:Ajustement graphique de la lame d'eau écoulées annuelles à la loi log normale	42
Figure 25:Variation temporelle des indices de pluie standardisés (2000/2018).....	46
Figure 26:Résultat du test de corrélation	48
Figure 27:L'évolution de la variable U du test de PETTITT	49
Figure 28:Résultats du test de corrélation	50
Figure 29:L'évolution de la variable U du test de PETTITT	51
Figure 30:Densité de probabilité 'a posteriori' de la position d'un changement ... Error! Bookmark not defined.	
Figure 31:Ellipse de bois.....	53
Figure 32:Résultats du test de corrélation	54
Figure 33:Ellipse de bois.....	54
Figure 34:L'évolution de la variable U du test de PETTITT	55
Figure 35:Densité de probabilité	56
Figure 36:Procédure de Lee et Heghinian.....	56

INTRODUCTION GENERAL

L'eau est une ressource élémentaire à la vie, elle est indispensable pour l'homme. On l'utilise pour des usages quotidiens, l'agriculture, la boisson, l'hygiène et l'industrie. Malgré cette abondance de l'eau, elle est inégalement répartie et inégalement accessible, L'accès à une eau de qualité et en quantité est un enjeu vital.

La problématique des changements climatiques a été considéré l'un des problèmes majeurs du développement à l'échelle locale et régionale voire même à l'échelle internationale, les problèmes liés aux changements climatiques occupent une importante place parmi les préoccupations majeures contemporaines. Le changement climatique est un phénomène qui fait et qui fait encore largement parler de lui compte tenu des fluctuations qui touchent le climat terrestre, et leur conséquence sur le mode de vie de l'humanité. La communauté scientifique internationale s'est beaucoup intéressée à l'étude de ce cycle. La principale problématique qui en est ressortie réside dans la variabilité climatique et au changement climatique. Dans plusieurs régions du globe, les événements météorologiques extrêmes sont devenus de plus en plus fréquents et de plus en plus répandus. Cela a rappelé à la communauté scientifique internationale une évidence première : le climat de notre planète est très variable dans le temps et dans l'espace. Dans cette optique, l'organisation météorologique mondiale (OMM) et le Groupe Intergouvernemental des experts du climat (GIEC) estiment qu'il est nécessaire actuellement, d'entreprendre des études de diagnostic pour déterminer empiriquement et statistiquement les caractéristiques du système climatique et sa variabilité pour différentes régions du globe.

Outre l'introduction et la conclusion générale, notre travail s'articule autour de quatre chapitres dont :

- Le premier, aborde sur la généralité et morphologie (Situation géographique, et contextes géologique, caractéristiques morphologiques du bassin versant) ;
- Le deuxième chapitre étudie, les caractéristiques hydro-climatique de la région d'étude ;
- Le troisième chapitre étudie, applications des test statistiques aux données hydrologiques ;
- Le quatrième chapitre étudie, la variabilité hydro-climatique

1 SITUATION GEOGRAPHIQUE DU BASSIN DE TAFNA :

La zone de chalandise de Tafna de 7 245 km² au nord-ouest du territoire algérien comprend toute la Wilaya de Tlemcen. Selon la nouvelle structure des unités hydrologiques en Algérie, le bassin versant de la Tafna appartient entièrement à Oranie-Chott Cherguie fig de bassin tafna/

Dans l'ensemble, le bassin versant peut être divisé en trois parties principales:

-Une partie ouest comprenant le Tafna supérieur et les principaux affluents sont Oued mouilah, Oued Khemis et Oued sebdou.

- Une partie orientale avec les principaux affluents de l'Oued Sikkak et de l'Oued Isser

- Une partie nord qui part pratiquement du village de Tafna et s'étend jusqu'à la plage de Rechgoun, l'embouchure de la Tafna par la mer. Ses affluents sont: Oued Boumessaoud , Oued Zitoun et Oued Boukiou .

Les plaines du bassin de Tafna s'étendent au pied des monts Tlemcen devant les massifs de Traras et Tessala. Ils sont entourés de massifs à hauts reliefs et forment une structure régulière constituée essentiellement de terrains mésozoïques et cénozoïques 1983.

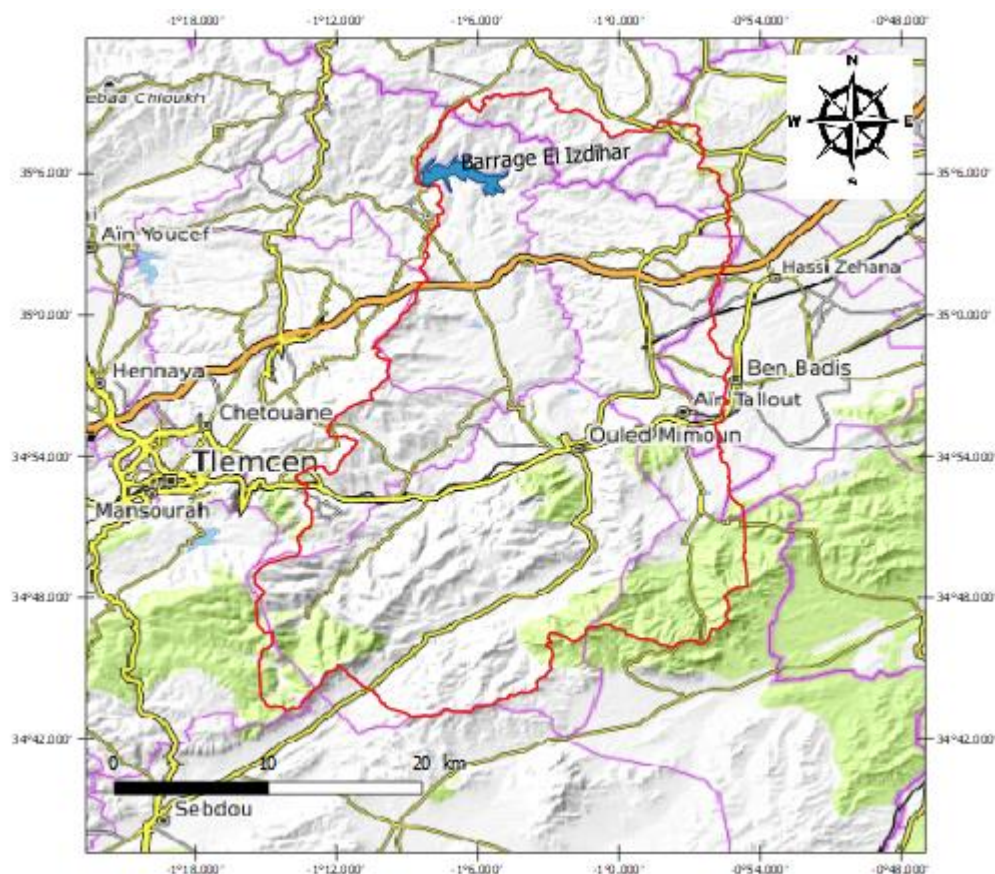


Figure 1: Localisation de la zone d'etude OUED ISSER:

2 OUED ISSER :

Le bassin versant s'étend sur une superficie de 1140 km² avec une hauteur maximale de 1625 m. La longueur du sentier principal de la vallée est de 81 km. La frontière en aval du bassin coïncide avec le barrage El Izdihar à Sidi Abdelli (ouvert en janvier 1989). OUED ISSER trouve son origine à Ain Isser au sud d'Ouled Mimoun. Sa confluence avec le Tafna-Wadi a lieu dans la plaine de Remchi à une altitude de 80 m. Au nord-ouest du bassin, les pentes augmentent (15-30%). (TERFOUS.A.,MEGNOUNIF.A .,&BOUANANIA 2003)

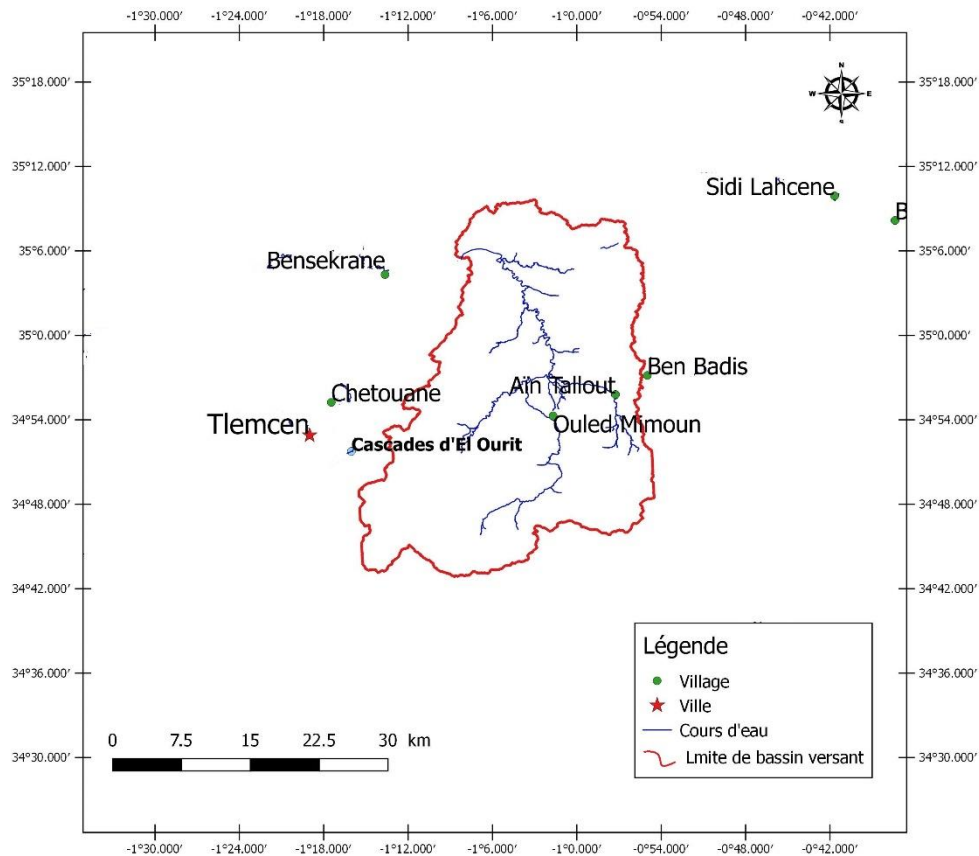


Figure 2:la situation géographique de bassin versant d'OUED ISSER.

3 CONTEXTES GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

3.1 Description géologique du terrain d'étude

D'après la carte géologique (Fig. 3), le bassin versant d'oued Isser est constitué de quatre grands ensembles lithostratigraphiques :

3.1.1 Les formations du Quaternaire

Les dépôts quaternaires sont exclusivement continentaux et constituent une succession de terrasses et de glacis de pente d'âge Soltanien, plus ou moins encroutées.

Les alluvions récentes et sub-actuelles, se situent tout au long de l'oued Isser

3.1.2 Les formations du Plio-Quaternaire

Le Plio-quaternaire est représenté par des sédiments continentaux d'âge comparable, mais de nature variable (limons, Travertin, pouding, carapace calcaire).

3.1.3 Les formations du Tertiaire

Le Tertiaire est représenté par des dépôts essentiellement marins, à savoir le Miocène moyen (Helvétien) qui est composé par une épaisse série d'argiles marneuses grises ou bleutées. Au sein de cette masse s'intercalent des bancs de grès plus au moins épais.

Des formations marneuses avec intercalation gréseuses affleurent au nord et à l'est de la zone. A l'Est sont localisés des alluvions sur terrasse du Pliocène. Dans la zone Nord, les versants sont constitués de substrats tendres (marne) avec intercalations gréseuses.

3.1.4 Les formations du Jurassique

Le secondaire forme l'ossature des monts de Tlemcen fortement érodé, il ne montre au dessus du jurassique que les assises de la base du crétacé, il est représenté par une épaisse série marine de plus de 1000m qui forme les monts de Tlemcen.

D'après l'étude de **Mazour 1992 et Bouanani 2004**, toute la partie méridionale du bassin versant affleurent des calcaires et dolomies d'âge Jurassique qui s'étend dans la direction nord.

3.2 Etude hydrogéologique

D'après la lithologie des formations existantes au bassin versant d'oued Isser, les principaux aquifères de la zone sont :

3.2.1 Les aquifères karstiques du jurassique-Crétacé

Ils sont contenus dans les formations calcaréo-dolomitique et exploités par les forages hydrauliques principalement dans les plateaux de Sidi Senouci et Sidi Abdelli.

L'alimentation des aquifères se fait latéralement par les pluies qui tombent sur les reliefs carbonatés fissurés et karstifiés à l'ouest du plateau par voie souterraine. L'écoulement superficiel est liée au débit temporaire de sources karstiques dont : Ain Boulardjoug , Ain Mimouna ,Ain Borsari. (Azzi et Bechar 2001)

3.2.2 Les aquifères alluviales du Plio-Quaternaire

L'Aquifère alluvial du Plio-Quaternaire, s'étend depuis la vallée de oued chouly sur une superficie d'environ 160 km².

D'après la campagne SETHYOR en 1979, le niveau piézométrique de l'aquifère se situe à une altitude entre 620 et 630m. La nappe d'eau de cet aquifère se déverse dans l'oued Isser au niveau des Sources tel que Ain Taslit, Ain -El Atrouss, et Ain Hadjla.

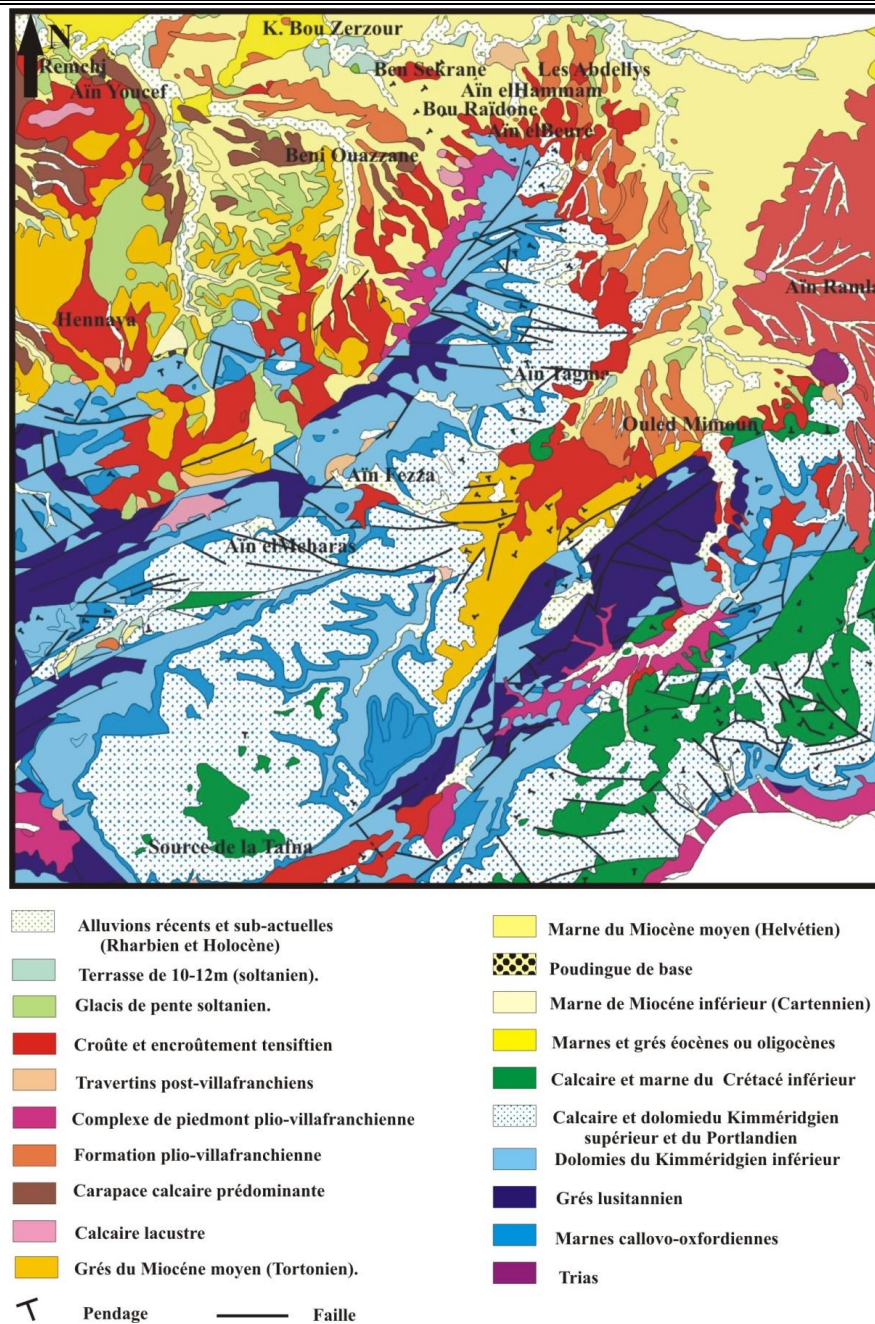


Figure 3::Un extrait de la carte lithologique de la zone TLEMEN en novembre 1973 (échelle: 1/100000) (Claire et Concaret,1973)

4 LES PARAMETRES PHYSIQUES

Les caractéristiques physiographiques d'un bassin versant influencent fortement sa réponse hydrologique, et notamment le régime des écoulements en période de crue ou d'étiage. Le temps de concentration t_c qui caractérise en partie la vitesse et l'intensité de la réaction du bassin versant à une sollicitation des précipitations, est influencé par diverses caractéristiques morphologiques : en premier lieu, la taille du bassin (sa surface), sa forme, son élévation, sa pente et son orientation. A ces facteurs s'ajoutent encore le type de sol, le couvert végétal et les caractéristiques du réseau hydrographique.

4.1 La méthodologie :

Nous avons utilisé QGIS2.18, pour délimiter notre bassins versant, donc nous avons passé par différents étapes pour arriver au résultats dont les étapes sont les suivantes :

- Détermination de la direction d'écoulement ;
- Détermination de l'accumulation d'écoulement ;
- Détermination du réseau d'écoulement ;
- Segmentation du réseau d'écoulement ;
- Détermination du bassin versant de chaque tronçon du réseau d'écoulement ;
- Fusion des bassins versants de chaque élément pour constituer des bassins versant du cours d'eau souhaité.

4.2 La forme du Bassin versant

4.2.1 Surface et Périmètre

La surface est la portion du plan délimitée par des lignes de crête, ou contour du bassin, et le périmètre est la longueur de la ligne de contour du bassin. (Kaddour 2016)

Tableau 1:surface et périmètre de bassin versant

Bassin versant	Périmètre (km)	Surface (km ²)
Oued ISSER	203.4	1140

4.2.2 Indice de compacité (de Gravelius) (Hocine Bendjoudi & Pierre Hubert et al 2002) :

Le coefficient de Gravelius représente la forme du bassin versant et est égal au rapport du périmètre du bassin versant considéré au périmètre d'un cercle de même superficie (Wisler & Brater, 1959; Roche, 1963; Ward, 1975; OMM, 1996). Plus l'indice est proche de "1", plus la forme du bassin versant est grande et plus le temps de concentration de l'eau est court.

$$Kc = 0.28 \frac{P}{\sqrt{S}}$$

K_G : Coefficient de Gravelius.

P : Le périmètre du bassin.

A : La surface du bassin.

Cet indice est proche de 1 pour un bassin versant de forme quasiment circulaire et supérieur à 1 lorsque le bassin est de forme allongée.(figure 04) (Musy 2005)

Exemples d'indice de compacité :

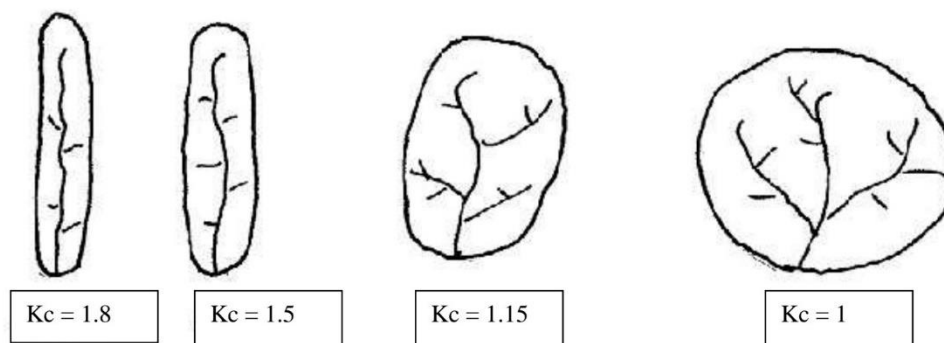


Figure 4:Exemples d'indices de compacité (ZITOUN.D,ZOUAGGARIM2014)

Dans le cas de notre bassin d'étude, le Kc est égale à 1.56, cette valeur montre que le bassin versant est de forme allongée

4.2.3 Rectangle équivalent :

Afin de pouvoir se comparer du point de vue de l'influence des caractéristiques du bassin versant sur le débit, nous avons introduit le concept de rectangles équivalents. On suppose que sur un bassin donné, le débit est approximativement le même que le débit sur un rectangle dans la même zone, a le même coefficient de Gravelius, a la même distribution de pression d'eau dans des conditions climatiques similaires, le même sol, la même végétation et la même densité de drainage. Il s'agit d'une pure transformation géométrique.

$$L = \frac{Kc \times \sqrt{A}}{1.12} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{Kc}\right)^2} \right]$$

$$l = \frac{Kc \times \sqrt{A}}{1.12} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{Kc}\right)^2} \right]$$

Avec : L : Longueur du rectangle équivalent.

l : Largeur du rectangle équivalent.

Kc : Le coefficient de Gravelius.

Pour ce qui est du bassin versant contrôlé par oued isser , la longueur équivalente

L est de 79.56 Km et la largeur équivalente est de 14.29 Km, ce qui confirme la forme allongée du bassin.

5 Caractérisation topographique :

5.1 Etude du relief

Le relief joue un rôle important dans le comportement hydrologique du bassin versant.

L'influence du relief sur l'écoulement se conçoit aisément, car de nombreux paramètres hydrométéorologiques varient avec l'altitude (précipitations, températures...) et la morphologie du bassin (Dali.N 2009). En outre, la pente influe sur la vitesse d'écoulement, le temps de concentration des eaux, et le taux d'infiltration.

Le relief se détermine au moyen d'indices suivants :

5.1.1 Répartition altimétrique

Elle est déterminée à partir des surfaces partielles situées entre deux courbes de niveau voisines. Le tableau 02 et la figure 05, regroupent la répartition sélectionnée pour notre bassin versant d'étude.

Tableau 2: Répartition altimétrique du bassin versant

Tranches d'altitudes (m)	A _i (Km ²)	A _i (%)	A _i cumulées (Km ²)	A _i cumulées (%)
≤ 404	4.16	0.39	1058.65	100
404-504	168.24	15.89	1054.48	99.60
504-604	135.81	12.82	886.24	83.71
604-704	166.14	15.69	750.43	70.88
704-804	99.73	9.42	584.28	55.19
804-904	89.45	8.45	484.55	45.77
904-1004	95.61	9.03	395.09	17.32
1004-1104	86.52	8.17	299.48	28.28
1104-1204	84.98	8.02	212.96	20.11
1204-1304	63.15	5.96	127.98	12.08
1304-1404	39.93	3.77	64.82	6.12
1404-1504	19.38	1.83	24.88	2.35
1504-1604	5.34	0.5	5.50	0.51
≥1604	0.15	0.01	0.15	0.01

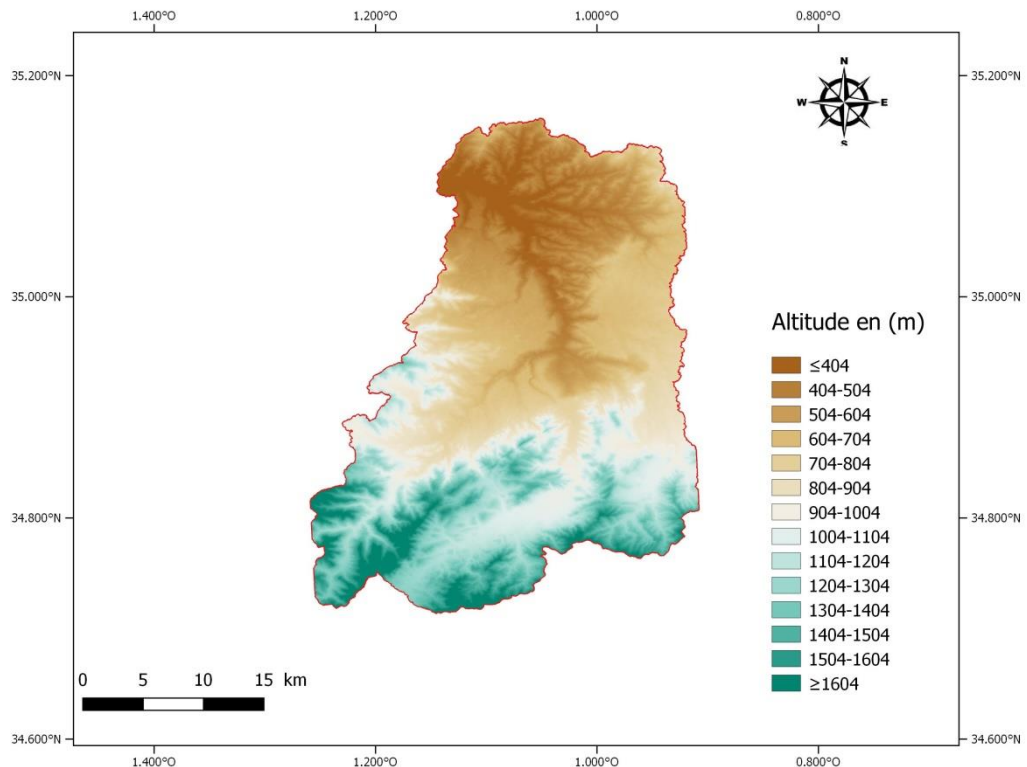


Figure 5: Carte hypsométrique du bassin versant d'Oued ISSER

5.1.2 la courbe hypsométrique :

Elle offre une vue synthétique de l'inclinaison du bassin et donc du relief. Cette courbe représente la distribution du bassin versant par sa hauteur. L'abscisse est la surface (ou pourcentage de la surface) de la piscine qui est au-dessus (ou en dessous) de la hauteur indiquée en ordonnée. Il exprime ainsi l'aire du bassin ou le pourcentage de l'aire au-dessus d'une certaine hauteur.

La figure 6 présentant la courbe hypsométrique du bassin versant d'étude, démontre que le relief à une forme convexe, indiquant un état d'équilibre du bassin d'Oued ISSER.

D'après l'histogramme des fréquences altimétriques du bassin versant, nous remarquons que la tranche 404-504 occupe la surface partielle maximale avec une valeur de 15.89 Km².

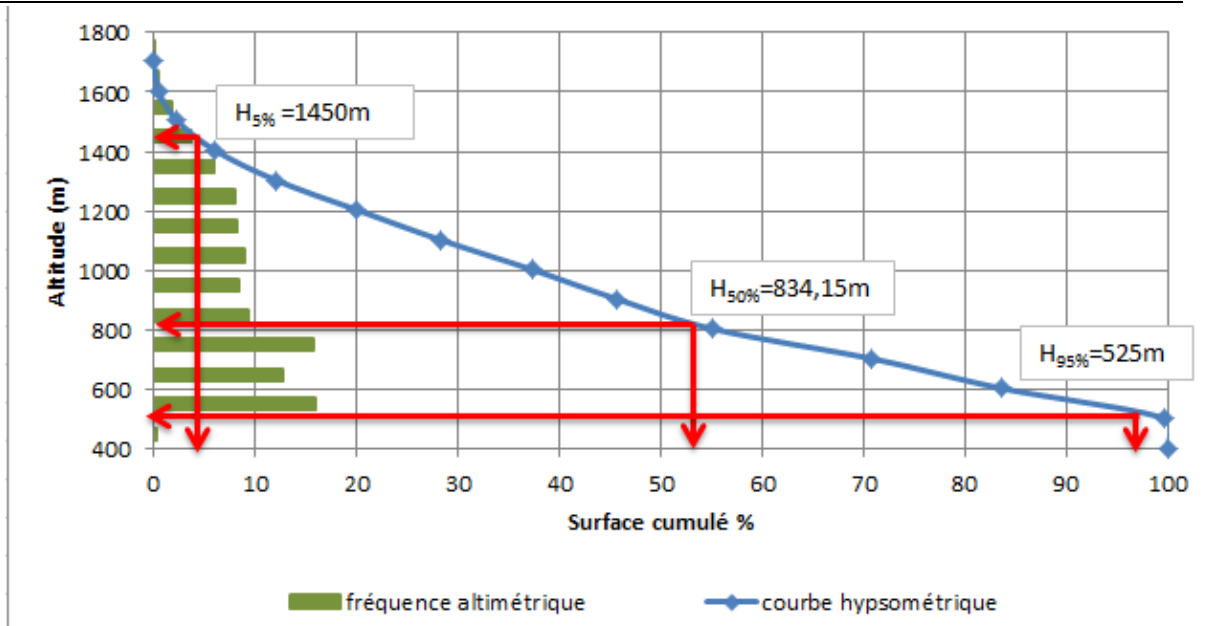


Figure 6: Courbe hypsométrique et histogrammes des fréquences altimétriques du bassin d'Oued ISSER.

5.1.3 Les altitudes

5.1.3.1 Altitude maximale et minimale

L'altitude maximale représente le point le plus élevé dans le bassin versant, il est de 1612m, par contre, celle du minimale qui représente le point le plus bas dans ce bassin est de 377m.

5.1.3.2 Altitude moyenne

C'est l'altitude qui correspond à la moyenne de la courbe hypsométrique. Elle est définie par la relation suivante, en se basant sur les données du tableau 03 :

$$H_{moy} = \sum \frac{A_i \cdot h_i}{A}$$

Avec : H_{moy} : Altitude moyenne du bassin (m).

A_i : Aire comprise entre deux courbes de niveau (Km²).

h_i : Altitude moyenne entre deux courbes de niveau (m).

A : superficie totale du bassin versant (Km²).

Tableau 3:: Calcul de l'altitude moyenne du bassin versant

Tranches d'altitudes (m)	A _i (Km ²)	h _i (m)	A _i .h _i (m.Km ²)	$\frac{A_i \cdot h_i}{A}$ (m)	
≤ 404	4.16	202	840.32	0.81	
404-504	168.24	454	76380.96	73.82	
504-604	135.81	554	75238.74	72.72	
604-704	166.14	654	108655.56	105.02	
704-804	99.73	754	75196.42	72.68	
804-904	89.45	854	76390.3	73.83	
904-1004	95.61	954	91211.94	88.16	
1004-1104	86.52	1054	91192.08	88.14	
1104-1204	84.98	1154	98066.92	94.78	
1204-1304	63.15	1254	79190.1	76.54	
1304-1404	39.93	1354	54065.22	52.25	
1404-1504	19.38	1454	28178.52	27.23	
1504-1604	5.34	1554	8298.36	8.02	
≥1604	0.15	802	120.3	0.11	Somme=834.15

L'altitude moyenne est donc égale à 834.15m.

5.1.3.3 Altitude médiane :

L'altitude médiane représente l'altitude correspondant à 50% de la surface du bassin sur la courbe hypsométrique, elle est égale à 825m. Cette grandeur se rapproche de l'altitude moyenne dans le cas où la courbe hypsométrique du bassin concerné présente une pente régulière.

Tableau 4:Altitudes caractéristiques du bassin versant d'OUED ISSER

Altitude médiane (m)	Altitude moyenne (m)	H _{5%} (m)	H _{95%} (m)	Altitude la plus fréquente (m)
825	834.15	1450	525	404-504

5.1.4 Etude de pente :

5.1.4.1 Indice global de pente :

Les pentes jouent un rôle essentiel dans la capacité de s'échapper plus ou moins, et cela peut être compris par l'impact des pentes I_G. C'est le rapport de la différence de hauteur de fréquence entre 5% et 95% (D) à la longueur du rectangle équivalent du bassin (L).

$$I_G = \frac{D}{L}$$

Avec : D : dénivelée(m), D=H_{5%} - H_{95%}. Equivalent à D= 925m.

L : longueur du rectangle équivalent (km).

L'indice global de pente est égal à **11.59** m/Km

5.1.5 Dénivelée spécifique 'D_s' :

La dénivelée spécifique donne sur le relief d'un bassin versant d'après la classification de l'ORSTOM, elle est calculée par la formule suivante

$$D_s = I_G \sqrt{A}$$

Avec :*I_G* : Indice global de pente (m/km).

A : Superficie du bassin versant (km²).

$$D_s = 391.32m$$

A partir de la dénivelée spécifique et le tableau de classement du relief à partir de la D_s (Tab 05). nous concluons que le bassin versant contrôlé est un relief fort.

Tableau 5:Classement du relief à partir de la dénivelée spécifique selon la classification de l'ORSTOM Relief

Relief	Valeur de D_s (m)
Très faible	D _s <10
faible	10 <D _s <25
Assez faible	25 <D _s <50
Modéré	50 <D _s <100
Assez fort	100 <D _s <250
Fort	250 <D _s <500
Très fort	D _s >500

6 GEOMETRIE DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE

Le réseau hydrographique se définit comme l'ensemble des cours d'eau naturels ou artificiels, permanents ou temporaires, qui participent à l'écoulement. Le réseau hydrographique est sans doute une des caractéristiques les plus importantes du bassin versant. Le réseau hydrographique peut prendre une multitude de formes. La différenciation du réseau hydrographique d'un bassin est due à quatre facteurs principaux : la géologie, le climat et pente du terrain, en plus de la présence humaine. (Musy 2005).

6.1 Classification Talwegs (classification Strahler) :

La détermination des caractéristiques du réseau hydrographique est basée sur la méthode définie par R. Horton modifiée par Strahler et Schumm, dans laquelle il a été indiqué que chaque cours d'eau sans afflux est de l'ordre de 1.

Le codage des cours d'eau est également utilisé pour coder les stations de mesure, permettant ainsi un traitement automatisé des données. Il existe plusieurs types de classification des sections de rivière, y compris la classification de Strahler la plus utilisée (1957). Cette classification vous permet de décrire clairement l'évolution du réseau de drainage de la piscine de haut en bas. Il est basé sur les principes suivants:

- ✓ Chaque cours d'eau sans affluent en fait partie. •
- ✓ Le chemin créé en joignant deux cours d'eau dans un ordre différent suppose l'ordre du plus élevé d'entre eux.
- ✓ Le flux créé en joignant deux flux du même ordre est augmenté d'un (Musy.2005)

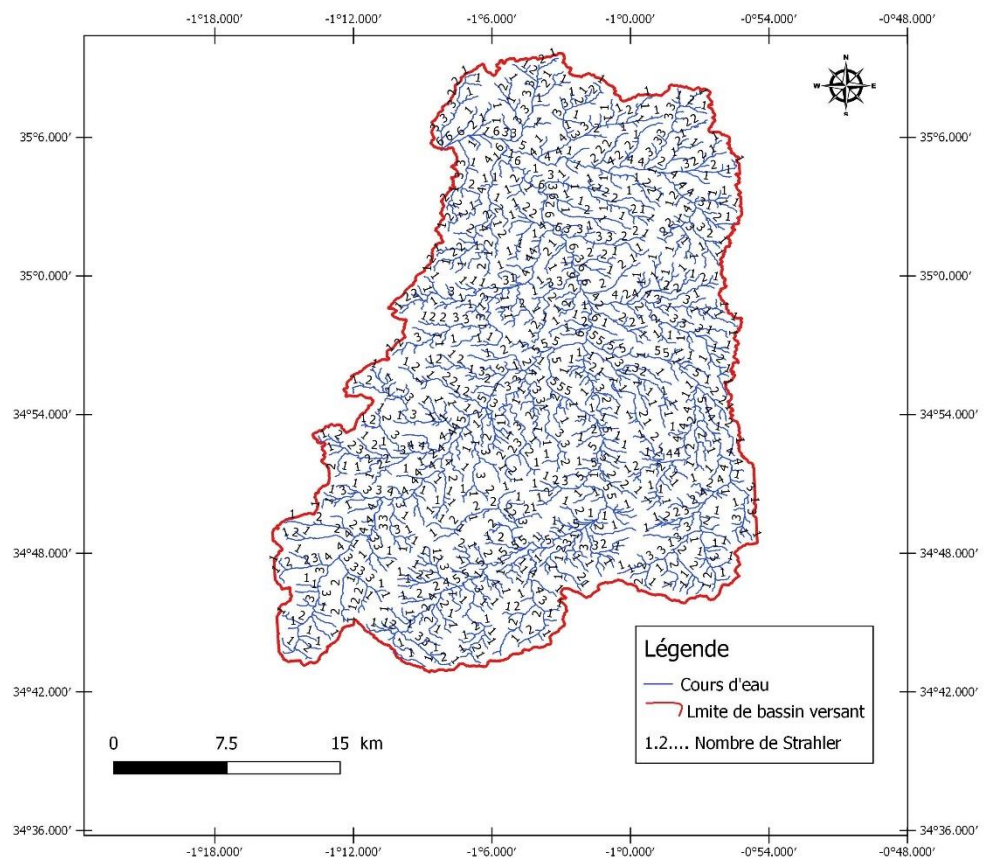


Figure 7:La carte de la classification des talwegs selon Strehler

L'analyse hydrographique selon la classification de Strahler (Carte et calcul), réalisée par le logiciel QGIS (Figure 07 et Tab. 6), montre que le réseau du bassin d'oued Isser est d'ordre 6.

Tableau 6: Classification des talwegs selon Strahler.

Ordre	Nombre	Longueur totale (Km)	Longueur moyenne 'Lu'(km)	Log nombre	Log 'Lu'
1	1600	824	0.51	3.2	2.91
2	478	394.48	0.82	2.67	2.59
3	274	206.87	0.75	2.43	2.31
4	140	100.76	0.71	2.14	2.00
5	95	60.49	0.63	1.97	1.78
6	49	28.66	0.58	1.69	1.45

6.2 Degré de développement du réseau

6.2.1 Densité de drainage

La densité de drainage permet l'identification du chevelu hydrographique d'un bassin versant. Elle est définie comme étant la somme des longueurs de thalwegs drainant sur la surface du bassin versant. Elle est exprimée par l'équation :

$$D_d = \frac{\sum L_i}{A}$$

Avec :

D_d : Densité de drainage (Km/Km²).

L_i : Longueur cumulée de tous les thalwegs du bassin (Km).

A : Aire du bassin (Km²).

$$D_d = 1.56 \text{ Km/Km}^2.$$

6.2.2 Densité hydrographique

La fréquence 'F' des cours d'eau est obtenue à partir du rapport du nombre des cours d'eau à la surface totale du bassin :

$$F = \frac{\sum N_i}{A}$$

Avec :

F : Densité hydrographique (Km⁻²).

$\sum N_i$: Nombre des cours d'eau.

A : Aire du bassin (Km²). $F = 2.54$

6.2.3 Rapport de confluence

Le rapport de confluence exprime le développement du réseau de drainage, il varie suivant l'ordre considéré, c'est un élément important à considérer pour établir des corrélations d'une région à une autre.

$$R_c = \frac{N_u}{N_{(u+1)}}$$

Avec :

N_u : Nombre de cours d'eau d'ordre 'u'.

$N_{(u+1)}$: Nombre de cours d'eau d'ordre suivant.

u : Ordre d'un cours d'eau ; u varie entre '1' et 'w' (w est l'ordre du cours d'eau principal, classification de Srahler).

Les résultats de calcul des rapports de confluence sont résumés au tableau ci-dessous :

Tableau 7: Rapport de confluence.

Ordre	nombre	Rc
1	1600	$R_{c1}=N_1/N_2=1600/478= 3.34$
2	478	$R_{c2}=N_2/N_3=478/274= 1.74$
3	274	$R_{c3}=N_3/N_4=274/140=1.95$
4	140	$R_{c4}=N_4/N_5=140/95=1.47$
5	95	$R_{c5}=N_5/N_6=95/49=1.93$
6	49	$R_c= (R_{c1}+R_{c2}+R_{c3}+R_{c4}+R_{c5})/5=2.08$

Le facteur de confluence peut également être déterminé par la pente de la régression linéaire. En traçant sur papier semi-logarithmique (Fig08 le nombre de thalwegs "Nu" en ordonnée et l'ordre des fleuves "u" en abscisse, on obtient une droite dont l'équation a la forme suivante :

$$\text{Log } N_u = ax + b$$

$$\text{Avec la pente : } a = \frac{\log(1000) - \log(100)}{4,4 - 1,2} = 0.3$$

La valeur de la pente 'a' de la droite donne la valeur moyenne du rapport confluence sur l'ensemble du bassin.

$$\text{On a : } a = \text{Log } R_c \text{ donc } R_c = 10^a = 10^{0.3} / R_c = 1.99$$

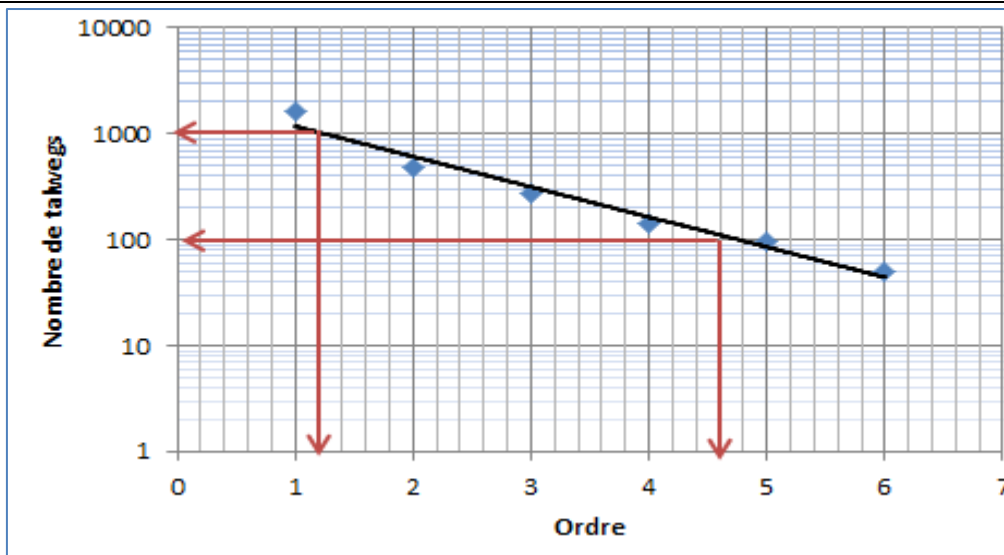


Figure 8:représentative du Nombre de talwegs en fonction de l'ordre

6.2.4 Rapport des longueurs

Calculer par équation suivant :

$$R_L = \frac{L_u}{L_{(u-1)}}$$

Avec :

L_u : Longueur moyenne des cours d'eau d'ordre u.

$L_{(u-1)}$: Longueur moyenne des cours d'eau d'ordre $u-1$.

u : Ordre d'un cours d'eau.

La longueur moyenne des flux de commandes est la variation de la longueur totale des flux de commandes u par le nombre de flux dans cet ordre.

Le tableau 08 présente les résultats des calculs de la longueur du réseau hydrographique du bassin versant examiné:

Tableau 8:Rapport des longueurs

Ordre	Longueur	R _L
6	28.66	$R_{L6}=L_6/L_5=28.66/60.49=0.47$
5	60.49	$R_{L5}=L_5/L_4=60.49/100.76=0.60$
4	100.76	$R_{L4}=L_4/L_3=100.76/206.76=0.48$
3	206.87	$R_{L3}=L_3/L_2=206.87/394.48=0.52$
2	394.48	$R_{L2}=L_2/L_1=394.48/824=0.47$
1	824	$R_L=(R_{L2}+R_{L3}+R_{L4}+R_{L5}+R_{L6})/5=0.5$

6.2.5 Coefficient de torrentialité :

C'est un facteur qui prend en compte à la fois la densité des globes oculaires élémentaires et la densité du drainage: Avec :

$$C_T = D_d \cdot F_1$$

D_d : Densité de drainage (Km/Km²).

F_1 : Fréquence des thalwegs élémentaire $F_1 = N_1/A$

Ou : N_1 : Nombre de cours d'eau d'ordre '1'

A : surface du bassin (Km²)

Donc : $N_1 = 1600$, $A = 1140 \text{ Km}^2$

$$F_1 = 1.54 \text{ et } D_d = 1.40 \text{ Km/Km}^2 \quad C_T = 2.15$$

La faible valeur du coefficient pluviométrique est associée soit à de faibles précipitations ou haute perméabilité du sol

CONCLUSION

Cette étude, du bassin versant de la zone étudiée Oued ISSER Tlemcen située NW Algérie nous a permis d'obtenir aux conclusions suivantes : D'après les paramètres morphologique tel que $K_c = 1.65$, largeur = 79,76 km, $l = 14,29 \text{ km}$, et l'indice de pente $I_g = 11,59$ et $ds = 391.32 \text{ m}$ qui exprime fort de relief donc on peut dire que le bassin versant de Oued ISSER à une forme allongée donc une consntrartion des eaux à l'exutoire très lente.

INTRODUCTION :

La connaissance de l'évolution pluviométrique et thermique, sont importantes pour comprendre et mieux interpréter les comportements hydrologique et hydrogéologique de la zone d'étude .

Dans ce but, nous tenterons de déterminer ces paramètres hydroclimatiques dans ce chapitre, en particulier ceux qui interfèrent directement ou indirectement avec l'évaluation du bilan hydrique, ici nous nous concentrerons d'avantage sur la détermination des paramètres hydroclimatiques.

La zone d'étude se concentre sur la quantité d'eau reçue par les précipitations et la quantité d'eau perdue par évaporation. Pour cela, nous avons utilisé les données des stations météorologiques de barrage SID ABDELLI . étendues sur une chronique de 19 ans (de2000 à2018).

Tableau 9:les caractéristiques de la station météorologique du barrage SID ABDELLI de la zone étudié

Latitude	Longitude	Altitude
35°04'52.91"N	1°08'40.02"O	535m

7 PARAMETRES CLIMATIQUES :**7.1 Précipitations :**

Les précipitations constituent l'un des plus importants paramètres climatiques du bilan ,c'est le facteur qui permet de déterminer le types de climat.

7.1.1 Variables interannuelles des précipitations :

Le tableau ci-dessous tab.10 et la figure représentent la variation des données de précipitations annuelles de la série d'étude (2000 à 2018).

Tableau 10:Les valeurs des précipitations annuelles

Années	Précipitations mm	Années	Précipitations mm	Années	Précipitations mm
2000	564,3	2007	52,9	2014	486,3
2001	321,4	2008	947,6	2015	295,2
2002	312,7	2009	503,1	2016	347,6
2003	299,1	2010	375,5	2017	505,7
2004	267,4	2011	385,5	2018	330,5
2005	337,202	2012	642,7	Moyenne interannuelles :411,8738	
2006	337,6	2013	513,3		

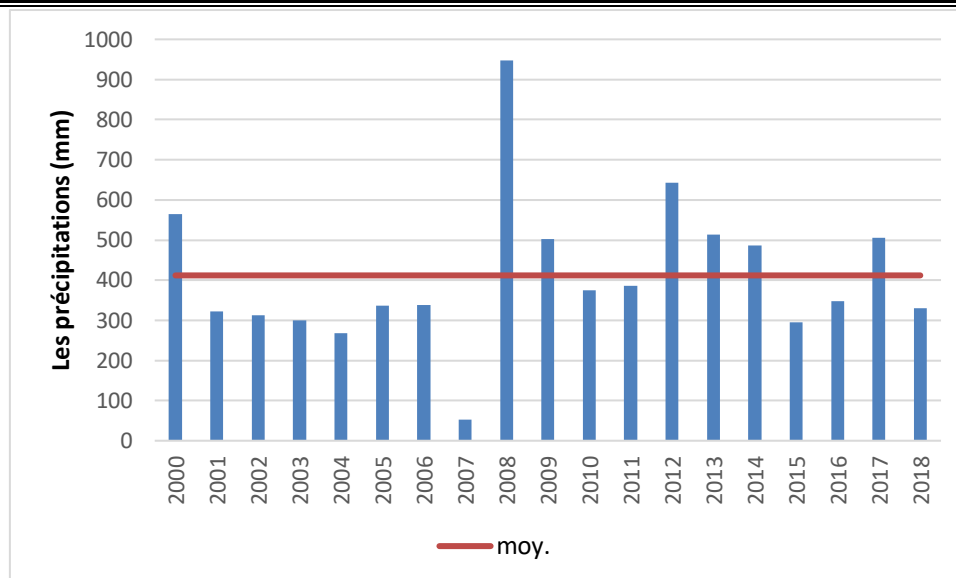


Figure 9: histogramme de précipitations annuelles du barrage SID ABDELI (2000 à 2018)

D'après la figure 09 et le tableau 10, on observe que le maximale est enregistré en l'année 2008 avec une valeur de 947,6 (mm), par contre le minimale à l'année 2007 à une valeur de 52.9 (mm) et une moyenne interannuelle de 411,8738

7.1.2 Variabilité mensuelle :

Les variations des précipitations moyennes mensuelles de la chronique de 19 ans, sont présentées au tableau 11, et la figure 10.

Tableau 11: variations des précipitations moyennes mensuelles

Moins	Sep	Oct.	nov.	Déc	Jan	févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout
P(mm)	16,526	28,331	57,694	53,547	63,521	66,215	45,905	45,152	24,284	6,173	1,005	3,515

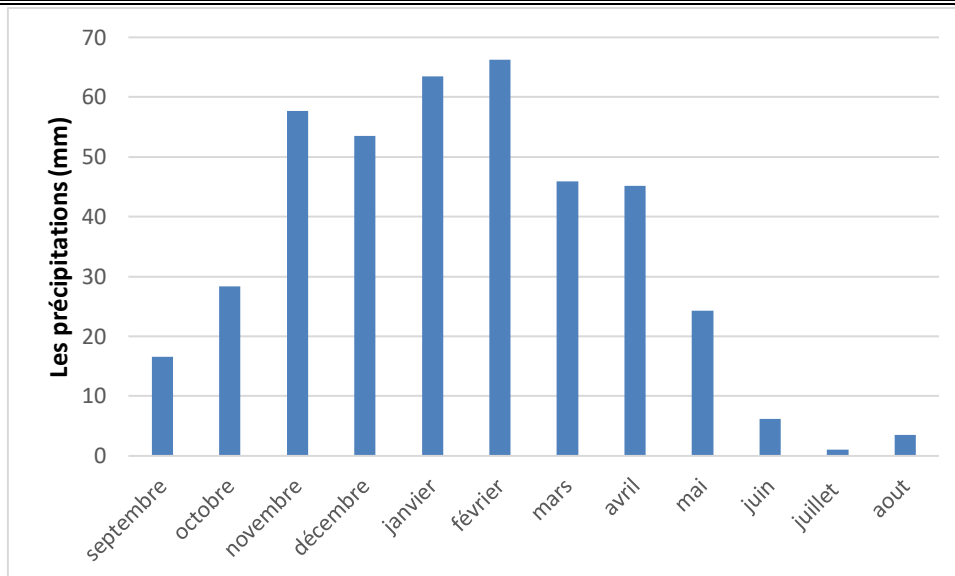


Figure 10: histogramme de précipitations mensuelles

La figure 10 et le tableau 11 montre que le mois de février est le plus humide avec une valeur de 66.215 mm et le mois le plus sec juillet de valeur 1.005mm.

7.1.3 Variabilité moyennes saisonnières :

Le tableau 12 notifie les valeurs des précipitations moyennes mensuelles et saisonnières de la chronique d'étude (19 ans).

Tableau 12: variations des précipitations moyennes saisonnière

Automne			Hiver			Printemps			Eté			Annuel
Sep	Oct.	Nov.	déc.	Jan	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	
102,552mm			183,284 mm			115,34 mm			10,494 mm			411.87mm

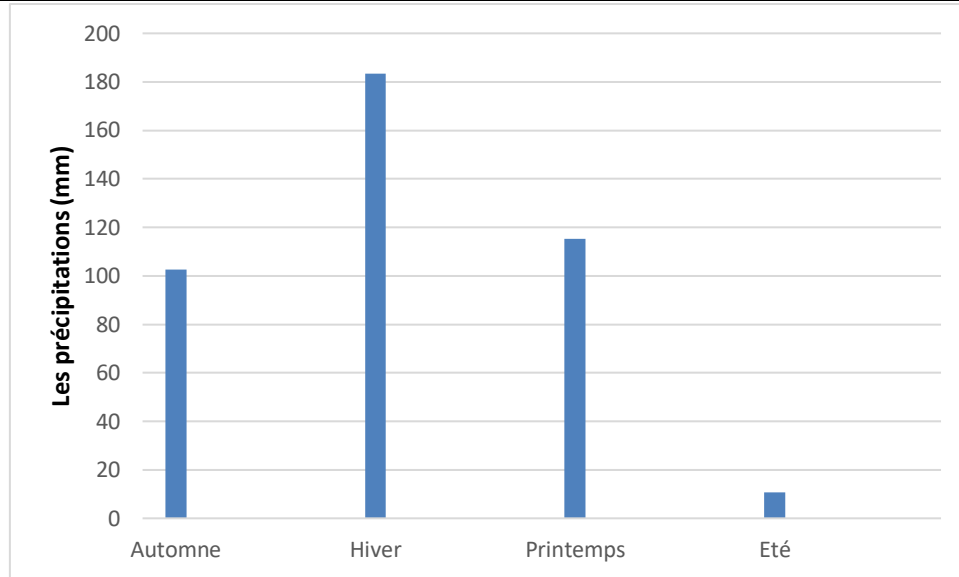


Figure 11:Histogramme des précipitations moyenne saisonnières

L'histogramme des précipitations moyenne saisonnières de la période d'étude fig11. et le tableau 12 montre que l'hiver est la saison la plus humide **P moy=102,968mm** Suivi par le printemps et hiver avec des valeurs moyennes successives **183,284 mm** et **115,342mm** alors que l'été est la saison la plus sèche avec une valeur de **10,494 mm**

7.2 Températures :

La température est élément essentiel du climat .elle est liée à la radiation solaire .sa variation influe sur le degré d'évapotranspiration toutefois elle joue un rôle très important dans la variation du composant du bilan hydrologique .

7.2.1 Températures moyennes annuelles :

Les variations des températures moyennes annuelles sont présentées sur le tableau13 et la figure 11(station météorique du barrage SID ABDELLI):

Tableau 13: Variations des températures moyennes annuelles (2000 à 2018)

Années	Températures °C	Années	Températures °C	Années	Températures °C
2000	25,65139	2007	24,43452	2014	23,07004
2001	25,50685	2008	23,85037	2015	24,15557
2002	24,66868	2009	24,783	2016	23,39269
2003	23,44919	2010	24,56372	2017	24,20122
2004	24,20817	2011	23,85322	2018	24,60908
2005	24,4748	2012	23,88974	T moy= 24.34 °C	
2006	25,67698	2013	24,19681		

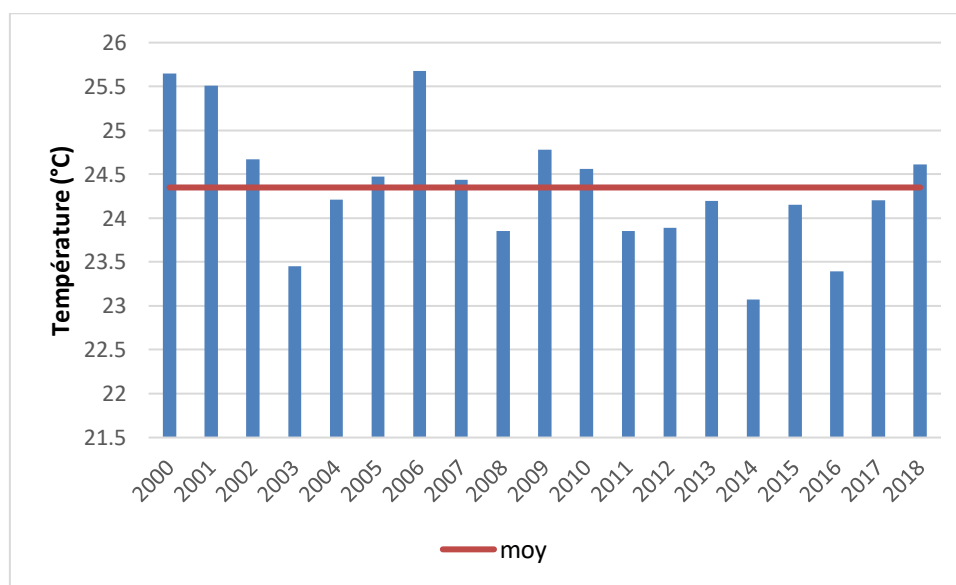


Figure 12: Variations des températures moyenne annuelles

On observe que les températures moyennes annuelles elles sont comprise entre 23.07 à 25.67°C fig. 12 et tab. 13

1.1. Températures Mensuelles :

Le graphe de variations des températures moyennes mensuelles fig 13 et le tableau 13, montre que le mois de janvier est le plus froid 17.01 °C et aout est le plus chaud 33.02°C

Tableau 14: variations des températures moyennes mensuelles (2000à 2018)

	SEP	OCT	NOV	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	juin	juil	aout
T Max (°C)	28.56	19.42	20.13	17.63	14.61	13.21	16.28	22.85	26.6	28.36	33.71	34.07
T Min (°C)	17.32	8.25	7.15	5.36	3.4	3.9	4.03	11.46	13.65	17.37	20.58	23.21
T Moy(°C)	22.94	13.84	13.64	11.5	9.006	8.56	10.16	17.15	20.12	22.86	27.15	28.64

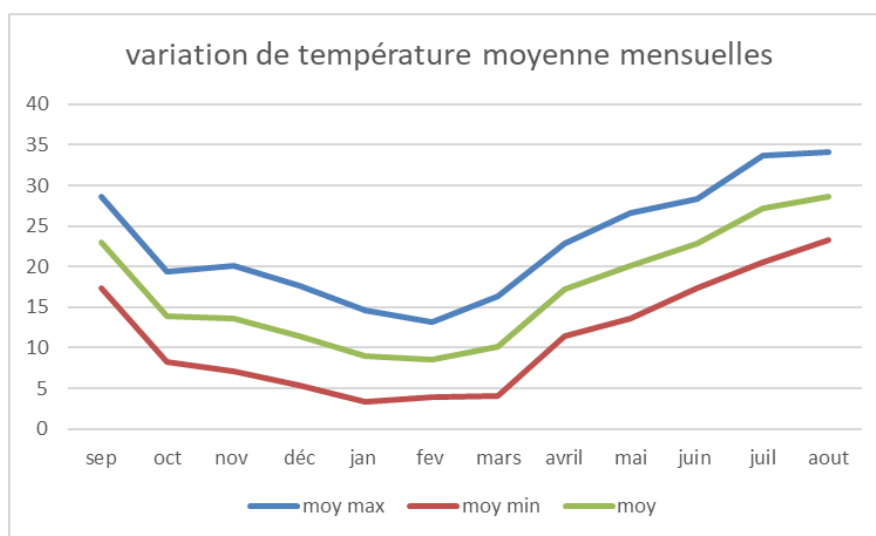


Figure 13: Variations des températures moyennes mensuelles

On remarque d'après tab14 et fig 13 que :

- ✓ Le mois le plus chaud est Août, avec une valeur maximale de 34.07 C,
- ✓ Le mois le plus froid est Janvier, avec une valeur minimale de 3.4°C.
- ✓ Les températures moyennes mensuelles de cette chronique, varient entre 9°C (Janvier) et 28.64 °C (Aout)

8 Evapotranspiration :

En hydrologie, évapotranspiration (ET) est un terme qui combine deux processus: l'un est un processus physique: l'évaporation des surfaces (sol nu, lacs, océans, vallées) et l'autre est biologique la Transpiration des plantes. Sur la base de l'expérience, ce paramètre sera calculé comme une valeur latente (également appelée référence (ETP)) ou comme une valeur réelle (ETR). (Bachir et mansouri, 2019)

8.1 Évapotranspiration potentielle (ETP) (claude cosandey mark robinson2012):

ETP est la perte d'eau due à l'évaporation et à la transpiration. Cette eau couvre complètement le sol à partir de la surface de l'herbe d'une hauteur uniforme, croît complètement, couvre complètement le sol et est fortement alimentée en eau. (Musy 2005) utilise la formule de Thornthwaite (1944) pour estimer, la formule est la suivante:

8.1.1 Formule de Thornthwaite(1944) :

$$E.T.P \text{ (mm)} = 16 \left(\frac{10T}{I} \right)^a \times F$$

- ETP(m) : l'évapotranspiration moyenne du mois (mm),
- T : moyenne interannuelle des températures du mois (°C),
- a : $0.016 \times I + 0.5$
- I : indice thermique annuel : $I = \sum_{m=1}^{12} i(m) i(m) = \left[\frac{T(m)}{5} \right]^{1,514}$
- k: facteur correctif fonction du mois (m) et de la latitude

Tableau 15: Résultats des calculs de l'ETP, selon Thornthwaite

Mois	sep	oct	nov	déc	janv	fév	mar	avril	mai	juin	juil	aout
T	22.18	18.79	14.13	11.14	10.46	10.90	13.19	14.71	18.59	22.58	26.00	26.69
i	9.54	7.42	4.82	3.36	3.06	3.25	4.34	5.13	7.30	9.80	12.13	12.62
K	1.03	0.97	0.86	0.85	0.87	0.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16
ETP(mm)	99.65	69.33	36.54	23.37	21,57	22.48	38.60	49.8	84.80	120.99	159.14	157.39
ETP corrigé	102.64	67.25	31.42	19.87	18.77	19.10	39.76	54.35	102.61	146.40	195.75	182.58

ETP corrigée annuelle est égale à **980,55 mm**

8.1.2 Formule de turc (turc1961) :

La formule turc simplifiée de la formule Penmann ne nécessite que la connaissance de la température de l'air et de la durée du rayonnement global ou du soleil. La formule est la suivante:

$$Etp = 0,4 (I_g + 50) k \frac{t}{t+15}$$

Avec:

Etp : évapotranspiration potentielle mensuelle (en mm d'eau);

T : température moyenne mensuelle de l'air (en °C);

I_g : radiation globale moyenne mensuelle reçue au sol (en calorie/cm²/jour);

K un coefficient égal à 1 si l'humidité relative hr est supérieure à 50 % (généralement le cas sous nos climats)

On calculer Etp de turc D'après le classeur de **BENADA.L 2000**

Tableau 16:Résultats des calculs de l'ETP, selon Turc

mois	I_0 (en $Cal/cm^2.j$)	h	H (en heure)	I_g ($Cal/cm^2.j$)	$T^{\circ}C$	Etp de turc
Sep	582,55	255	370,80	353,24	22,18	108,61
Oct	462,66	233	343,90	277,63	18,79	85,44
Nov	353,11	188	308,96	196,78	14,13	59,48
Dec	299,89	197	304,06	174,44	11,14	50,07
Jan	332,78	198	303,70	194,42	10,46	51,77
Feb	440,61	158	310,97	218,11	10,90	57,26
Mar	564,98	176	363,48	271,31	13,19	71,50
Apr	677,97	213	391,11	350,96	14,71	93,64
May	745,32	278	425,03	436,40	18,59	120,56
Jun	765,13	291	432,20	457,12	22,58	130,38
Jul	741,01	335	436,45	486,02	26,00	144,67
Aout	679,87	318	409,23	449,92	26,69	137,46

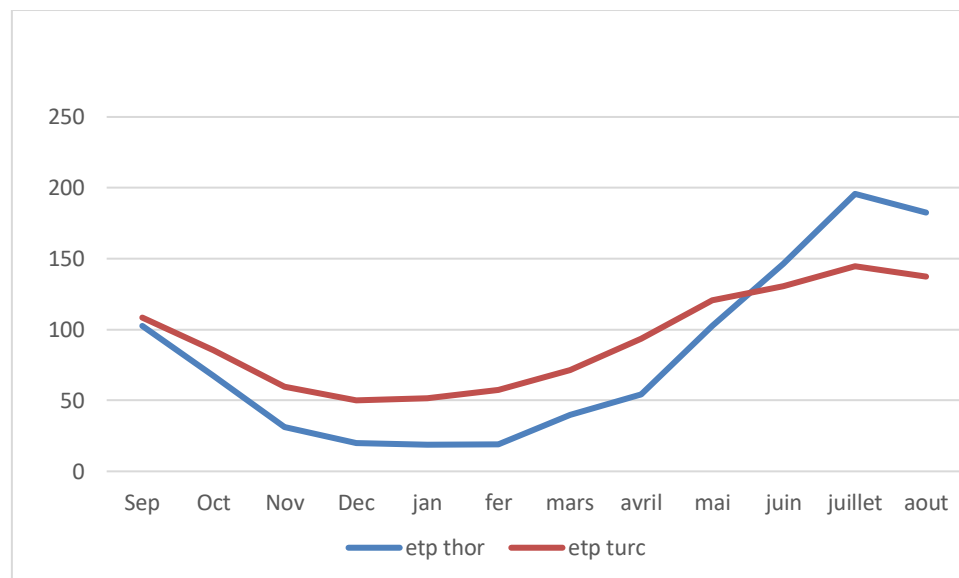


Figure 14:Variation des ETP Turc et Thornthwaite

Les courbes dans la figure 14 montrent que les valeurs mensuelles de l'ETP de turc sont supérieures à celles de l'ETP de thornthwaite; on remarque aussi un pic supérieur dans la courbe des ETP de thornthwaite et turc dans mois juillet

9 SYNTHÈSE CLIMATIQUE:

La synthèse climatique nous disposons deux type de méthodes :

Méthodes graphiques : permettant de visualiser l'étendue des périodes sèches et humides.

Méthodes de calcul des indices :

9.1 Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN

Permettent de caractériser le type du climat de la région .Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN : Les diagrammes pluviothermiques de Bagnouls et Gausсен sont établis selon la relation : $P=2T$ (les précipitations sont portées à l'échelle double des températures)

Tableau 17: Valeurs moyennes mensuelles des précipitations et des températures

Moins	Sep	Oct.	nov.	Déc	Jan	févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout
T°C	31.004	28.221	23.05	19.05	17.01	17.28	19.08	21.18	24.70	27.24	31.31	33.02
p	16,52	28,33	57,69	53,54	63,52	66,21	45,5	45,15	24,26	6,17	1,005	3,51
2T	62,009	56,442	46,102	38,104	34,024	34,578	38,172	42,371	49,400	54,485	62,633	66,055

- Pour la période sèche la courbe des températures passe au dessus de celle des précipitations
- Pour la période humide ,la courbe des précipitations passe au dessus de celle des températures .

Le diagramme de Bangnouls et Gausсен fig 15, permet d'observer deux périodes une période humide s'étalant d'octobre à mai, et une période sèche durant les autres mois de l'année (2000/2018).

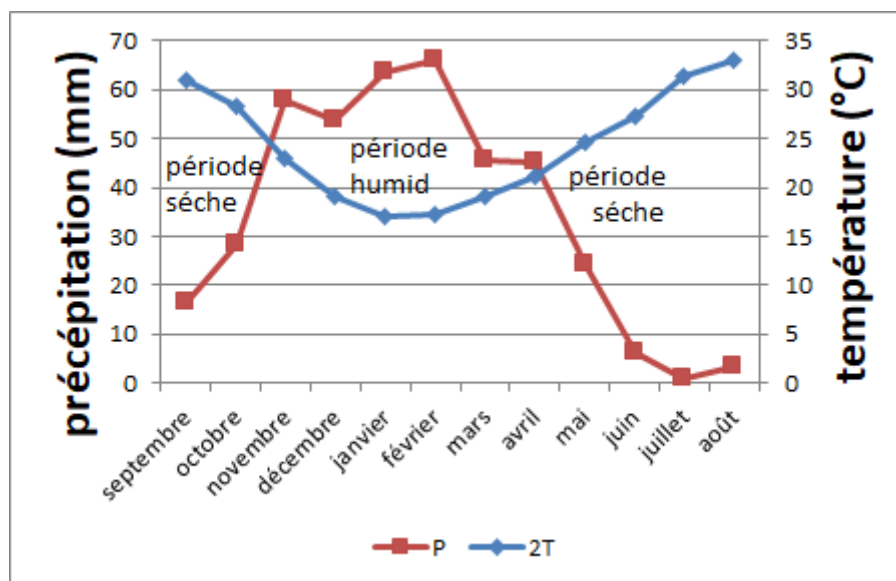


Figure 15: Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN

D'après le diagramme en conclue :

➤ **Période d'aridité (sécheresse) :**

Caractérisé par une augmentation de températures et une diminution de quantité de précipitations

➤ **Période d'humidité :**

Caractérisée par une grand quantité de précipitations (P) et de températures faibles (T) .

$$P > 2T.$$

9.2 Indice d'aridité annuel de Martonne :

Cet indice (I) est exprimé par la formule suivant :

$$I = P/T + 10$$

Avec : I : indice climatique

P : précipitations moyennes

T : température moyenne annuelle (°C)

$$I = 411.87/24.34 + 10 \quad I = 11.35$$

Donc d'après l'indice d'aridité tab et l'abaque de Martonne (1923) fig 16 la climat de notre stations d'étude est de Semi -aride

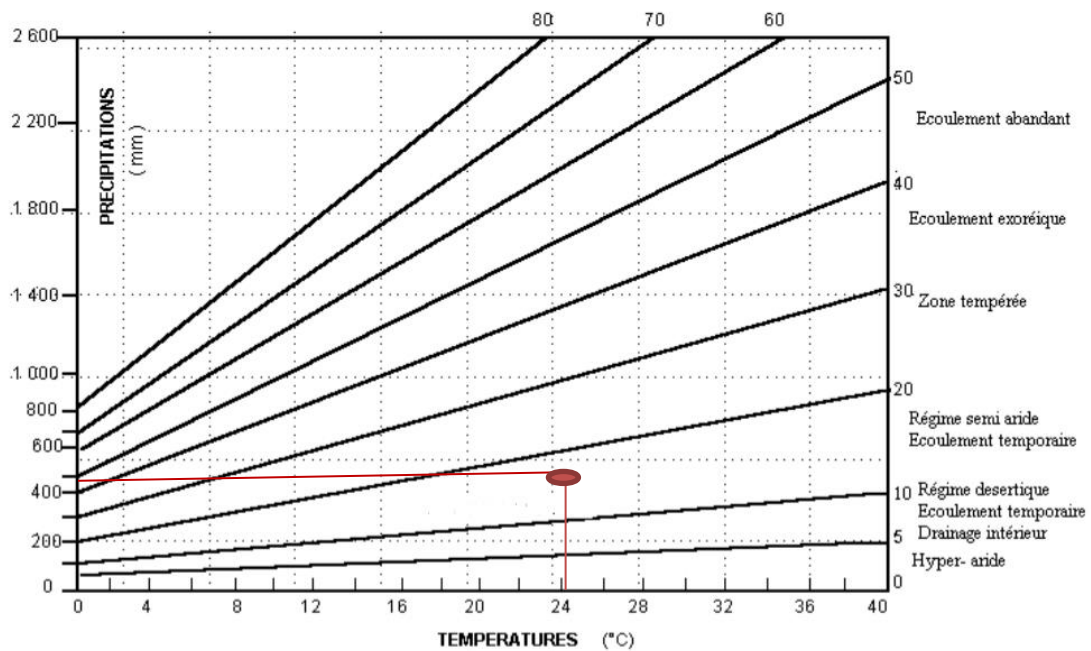


Figure 16:L'Abaque climatique de Martonne

Tableau 18: Limites des climats d'après l'indice climatique de Martonne

Type de climat	Indice climatique de Martonne
Climat tempéré	$20 < I < 30$
Climat semi-aride	$10 < I < 20$
Climat dessertié	$5 < I < 7.5$
Climat hyper aride	$I < 5$

9.3 Indice d'aridité mensuelles (i) :

Cet indice est calculé à partir de la relation suivante :

$$i = 12P/T + 10$$

Avec :

P : précipitations moyennes mensuelles (mm)

T : température moyenne mensuelles (°C)

Les résultats de calcul de l'indice d'aridité mensuelle (i) sont représentés sur le tableau 18 :

Tableau 19: Indice d'aridité mensuel de Martonne

Mois	Sep	Oct.	Nov.	Déc	Janv.	Fév.	Mar	Avr.	Mai	juin	juil.	Aout
(i)	4,83	8,89	20,94	22,11	28,22	29,12	18,94	17,37	8,39	1,98	0,29	0,97

Les résultats de tableau 19 montrent qu'il y'a 4 types de climat :

- ✓ Hyper aride ($i < 5$) → mois de juin, juillet, aout et septembre.
- ✓ Steppique ($7.5 < i < 10$) → mois de mai et octobre.
- ✓ Semi-aride ($10 < i < 20$) → mois d'avril et mars.
- ✓ Tempéré ($20 < i < 30$) → mois de novembre, Décembre, janvier et février.

9.4 Indice d'Emberger :

l'indice d'Emberger, s'exprime par :

$$Q_2 = 1000 \frac{P}{\left(\frac{M+m}{2}\right)(M-m)}$$

Avec :

P : précipitations moyennes annuelles (mm)

M : moyenne des maximas des températures du mois le plus chaud (°K)

m : moyenne des minimas des températures du mois le plus froid (°K)

Avec : $M = 34,02 + 273 = 307,07 \text{ °K}$ / $m = 3,4 + 273 = 276,4 \text{ °K}$

$Q_2 = 46,03$

La valeur Q_2 reportée sur le climagramme d'emberger fig 17. montre que le climat de la région présente un climat semi-aride

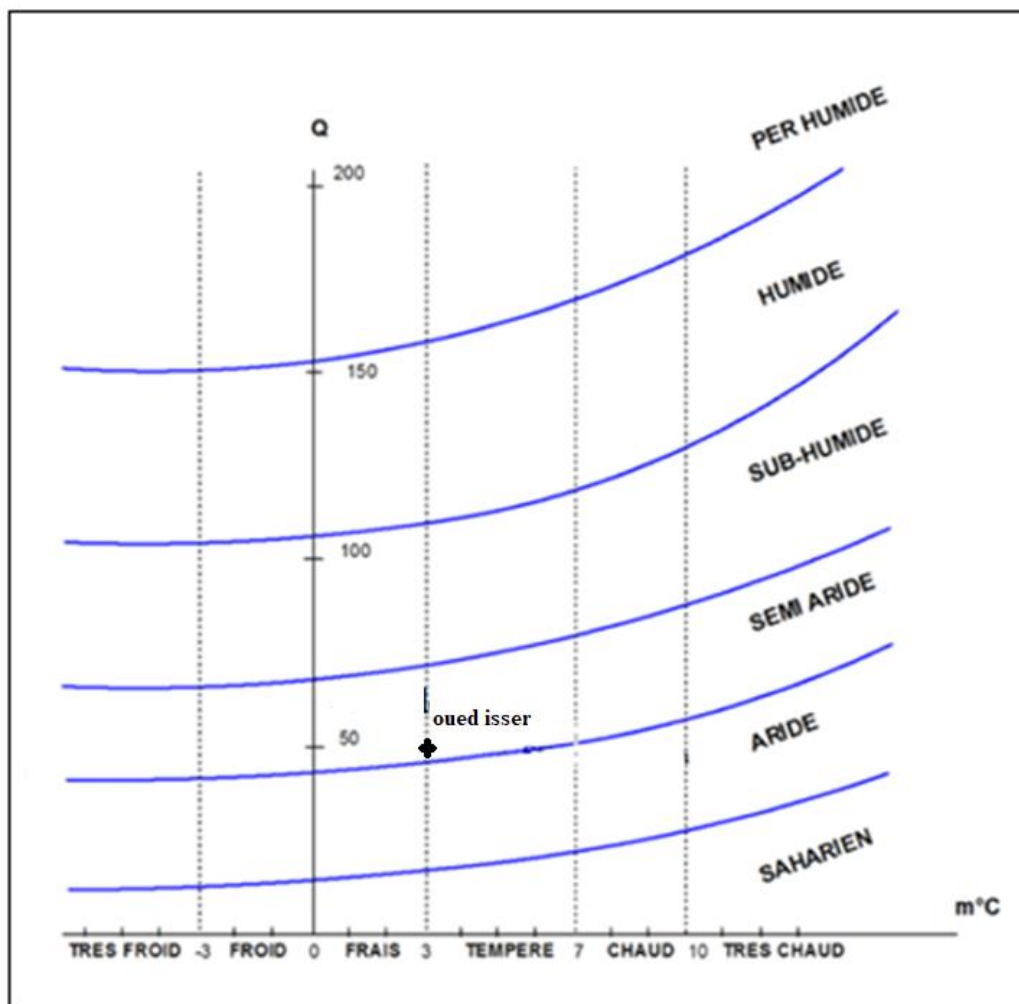


Figure 17:Diagramme d'Emberger

9.5 Indice de continentalité de KERNER (IK) :

Cet indice permet de saisir l'influence de la continentalité et de renseigner sur l'effet des surfaces aquatiques. Il est exprimé par l'équation suivante :

$$I_k = 100(T_o - T_a) / A$$

Avec :

T_o :moyenne thermique du mois d'octobre °C $T_o = 19.10$ °C

T_a : moyenne thermique du mois d'avril °C $T_a = 17.34$ °C

A : Amplitude thermique entre le mois le plus chaud et le mois le plus froid =**30.31 et 10.34**
 $I_k = 8.81$

10 ETUDE HYDROLOGIQUE

10.1 Etude des modules (débits)

10.1.1 Débits annuels

Le tableau ci-dessous (Tab. 20), et la figure 18 représentent la variation des valeurs débits annuels d'Oued Isser, durant la période d'étude :

Tableau 20:débits annules de oued issar (2000/2001-2017-2018)

Années	Débit (m ³ /s)	Années	Débit (m ³ /s)
2000/2001	0,248	2010/2011	0.338
2001/2002	1,148	2011/2012	0.465
2002/2003	0,687	20012/2013	2.202
2003/2004	0,220	2013/2014	1.823
2004/2005	0.276	2014/2015	1.253
2005/2006	0.283	2015/2016	0.824
2006/2007	0.221	2016/2017	1.753
2007/2008	0.090	2017/2018	0.8252
2008/2009	3.382	2018/2019	0.349
2009/2010	0.771		

Moyenne : 0.931 (m³/s)

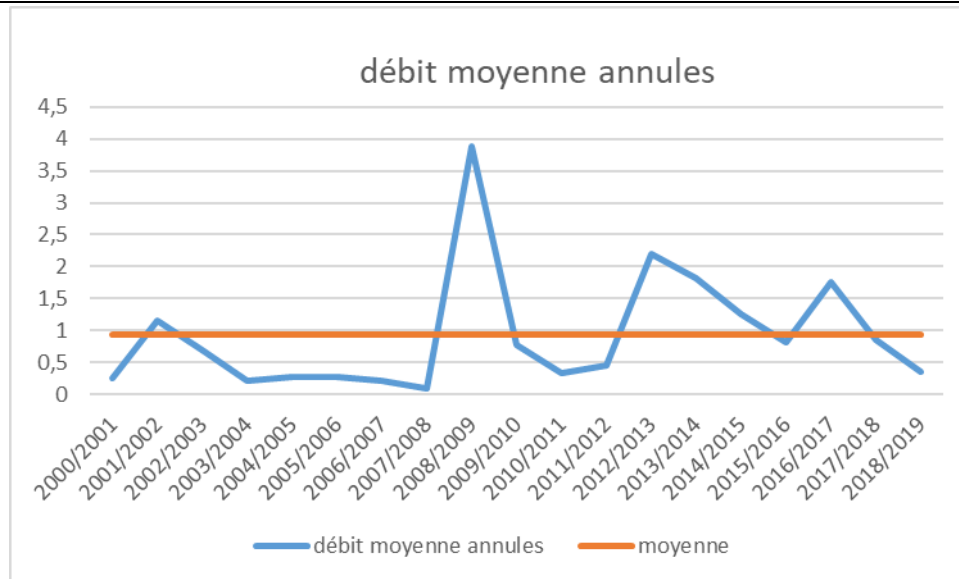


Figure 18: Variation des débits annuels d'OUED ISSER (2000/01 à 2018/19)

La courbe de la variation des débits annuels d'OUED ISSER montre que la moyenne interannuelle des débits est de 0.931 m³/s, le maximum est enregistrée en 2008 / 2009 avec 3.382 m³/s, par contre, le minimum est enregistré en 2007/2008 il n'est que de 0.090 m³/s.

10.1.2 Débit moyens mensuelles

Le tableau ci-dessous (Tab. 21), et la figure 19 représentent la variation des valeurs débits mensuelles d'Oued Isser, durant la période d'étude :

Tableau 21: débits mensuelles d'OUED ISSER (1999/2000-2018/2019)

SEPT	OCT	NOV	DEC	JANV	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
0.252	0.318	1.499	1.541	1.712	2.201	1.455	1.186	0.470	0.267	0.126	0.142

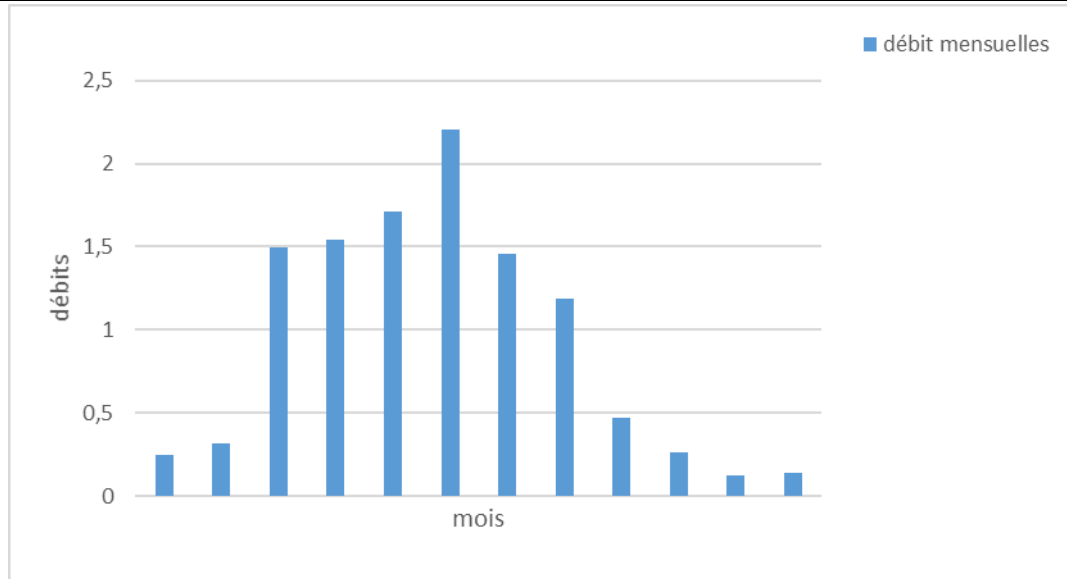


Figure 19:: Histogramme des débits mensuels d' OUED ISSER (1999/2000-2018/2019)

L'histogramme des débits moyens mensuels d'OUED ISSER , montre que :

Le mois a grand débit est le mois de février avec 2.201 m³/s et le mois a faible débit est celui de juillet avec 0.126 m³/s.

Nous observons sur l'histogramme des débits moyens mensuels, une augmentation des modules à partir du mois de Septembre jusqu'au mois de février, cela correspond à la période de fortes précipitations. Ensuite, une nette diminution des débits marque les autres mois à cause de la diminution des précipitations.

10.2 lame d'eau écoulées :

Pour cette étude nous avons pris en considération le débits annuelles et mensuelles pour calculer tout d'abord apport annuelles et mensuelles après le résultat en fait divisé sur la surface de bassin versant (m²)

$$Q = \text{volume} = \text{Apport} / \quad \text{le annuelle} = \frac{\sum Q_{an} * (365 * 24 * 3600)}{s}$$

$$\text{le mensuelle} = \frac{Q_{men} * (24 * 3600 * 30 \text{ ou } 31..)}{s}$$

Exp :

$$Q_{sep} = 0.252 * 24 * 3600 * 31$$

$$Q_{sep} = \text{apport} = 653578,947$$

$$\text{Le sep} = \frac{653578.947 \text{ m}^3}{1140000000 \text{ m}^2} = 0,00057331 \text{ m} = 0.573 \text{ mm}$$

10.2.1 lame d'eau écoulée annuelles :

Le tableau ci-dessous (Tab. 22), et la figure 20 représentent la variation des valeurs lame d'eau écoulées annuelles d'Oued Isser, durant la période d'étude :

Tableau 22:lames d'eau écoulées annuelles d' OUED ISSER

Années	Lame d'eau Ecoulee (mm)	Années	Lame d'eau Ecoulee(mm)
2000/2001	6,872	2010/2011	9,356
2001/2002	31,769	2011/2012	12,871
2002/2003	19,014	20012/2013	60,922
2003/2004	6,097	2013/2014	50,455
2004/2005	7,643	2014/2015	34,682
2005/2006	7,832	2015/2016	22,798
2006/2007	6,118	2016/2017	48,506
2007/2008	2,496	2017/2018	23,591
2008/2009	107,404	2018/2019	9,674
2009/2010	21,349		

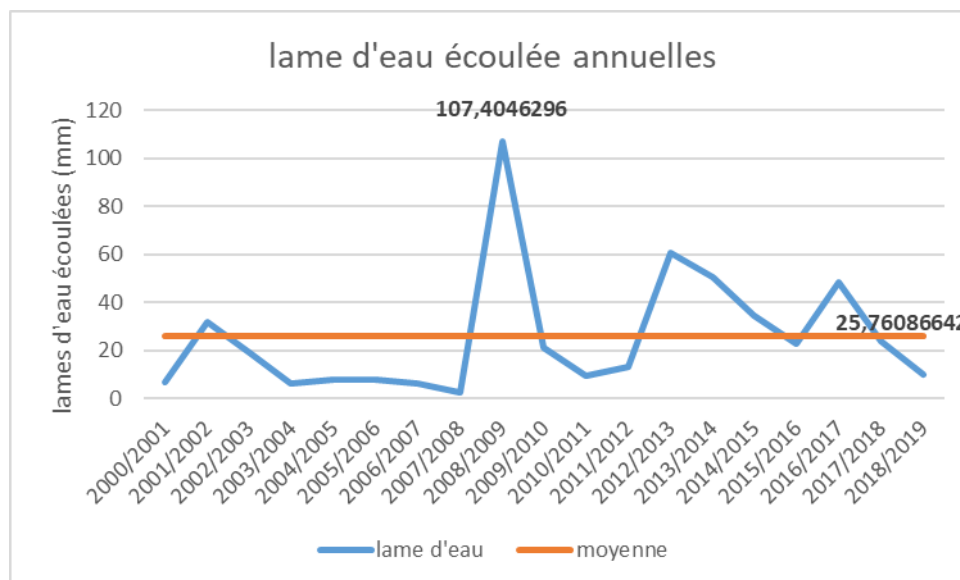


Figure 20: Variations de lame d'eau écoulées annuelles d' OUED ISSER

D'après la figure 20 , la variation des lames d'eau écoulées annuelles d'OUED ISSER montre que la moyenne interannuelle des lames d'eau écoulées est de 25,760 mm, le maximum est enregistré en 2008 - 2009 avec 107.404 mm et le minimum est enregistré en 2007-2008 avec 2,496 mm. Car cette lame d'eau maximale correspond exactement aux précipitations tombées au courant de cette année représentant elles aussi le maximum de la période.

10.2.2 Lame d'eau écoulée moyenne mensuelle :

Le tableau ci-dessous (Tab. 23), et la figure 21 représentent la variation des valeurs lame d'eau écoulées mensuelles d'Oued Isser, durant la période d'étude :

Tableau 23: Lames d'eau écoulées mensuelles

mois	sep	oct	nov	dec	jan	fev	mars	avr	mai	jui	juill	aout	moy
lame d'eau (mm)	0,573	0,747	3,409	3,620	4,022	4,838	3,420	2,698	1,101	0,607	0,297	0,334	

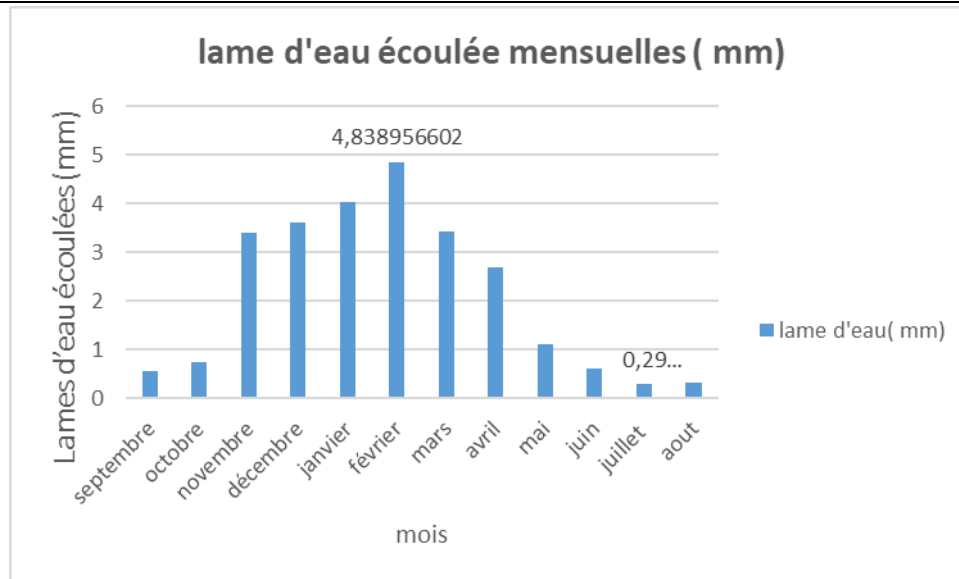


Figure 21:Histogramme des lames d'eau écoulées mensuelles d' OUED ISSER

L'histogramme des lames d'eau écoulées mensuelles d'OUED ISSER Montre que le mois à grand débit est le mois de février avec 4,838 mm, contre un débit plus faible accusé par le mois juillet avec 0,29 mm.

CONCLUSION :

L'étude hydroclimatique nous a permis de conclure que le mois le plus pluvieux au niveau de la zone étudiée (OUED ISSER) correspond au mois de février 66.215mm et le plus sec celui mois juillet 1.005mm et l'échelle saisonnière, l'étude montre que l'été est la plus sèche et l'hiver est la saison la plus humide avec une moyenne de variations de précipitations interannuelles 411,87mm.

Et pour savoir le type de climat de notre zone étudiée qui représente climat semi-aride ce que nous avons conclu d'après méthode graphique et méthode indice fig(15/17).

INTRODUCTION :

Cette partie est consacré à l'étude statistiques des valeurs de précipitations , débits annuelles ,et lame d'eau écouler de la zone étudiée (oued isser 2000-2018).

Dans notre cas nous traiterons les données des précipitations et débit annuels et aussi consiste à vérifier les hypothèses d'homogénéité entre et une variable aléatoire et un modèle de calcul, si le modèle est imposé à l'échantillon d'essai, on peut dire qu'il est bien ajusté. Le but de la méthode statistique est la réduction de poids les données si importantes doivent être remplacées par un nombre réduit de paramètres des statistiques qui peuvent représenter correctement cette masse (Dadi, 1998 in Boukhari, 2004).

Pour bien découvrir et effectuer la structure de changement et aussi une analyse détaillés du débit annuelles et précipitations on doit utiliser Logiciel Statistica. . Ce dernier propose les ajustements statistiques et détermine le modèle d'une loi ou plus qui ajustent au mieux l'ensemble des données. La méthode de calcul choisie pour l'estimation des paramètres du modèle est la méthode du maximum de vraisemblance. L'ajustement graphique permet de vérifier si la forme de la loi retenue, ayant une valeur de test la plus petite, corrèle bien avec la distribution de la variable étudiée et représentent mieux l'échantillon. Le calcul des différents paramètres de la loi ou les lois choisies permet enfin de déduire les variations futures de la variable pour une probabilité donnée (R.Bouanani,2010)

11 Test de normalité :

Pour tester la normalité des séries, il existe deux méthodes :

Test graphique :

Consiste à tracer sur un papier de Gauss la courbe théorique et la courbe empirique et de les comparer.

Test analytique :

Parmi les tests utilisés nous avons le test du χ^2 , le test de Kolmogorov, et nous pouvons aussi utiliser un test qui considère les coefficients d'asymétrie et d'aplatissement. Le test de χ^2 mesure l'écart qu'il y a entre les fréquences observées et les fréquences théoriques, il est donné par la statistique du χ^2 . Il est utilisé pour déterminer si une distribution théorique comme la distribution normale, peut ajuster une distribution empirique, c'est-à-dire une distribution calculée à partir des données observées.

11.1 AJUSTEMENT DE PRECIPITATIONS ANNUELLES DE OUED ISSER

Tableau 24: Paramètres de position des précipitations à oued isser (2000-2018)

paramètre	Formules	Valeurs
Moyenne	$\bar{P} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n p_i$	411.873
Variance	$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum (P_i - \bar{P})^2$	34134.4221
Ecart type	$\sigma = \sqrt{\sigma^2}$	184.755
Coefficient de variation	$CV = \frac{\sigma}{\bar{P}}$	0.44

Le coefficient de variation $Cv < 0,5$, laisse fortement penser que l'ajustement suit une loi normale

Le test du χ^2 permettra de vérifier cette adéquation.

11.1.1 Ajustement par la loi normale :

11.1.1.1 Test graphique :

L'ajustement graphique des séries pluviométriques de la zone étudiée, montre que la pluie s'ajuste en général suivant une loi normale de Gauss

La fréquence de chaque valeur sera calculée par la relation suivante :

$$F_i = i / N+1$$

Avec :

i : Rang

N : Période d'observation (nombre d'années)

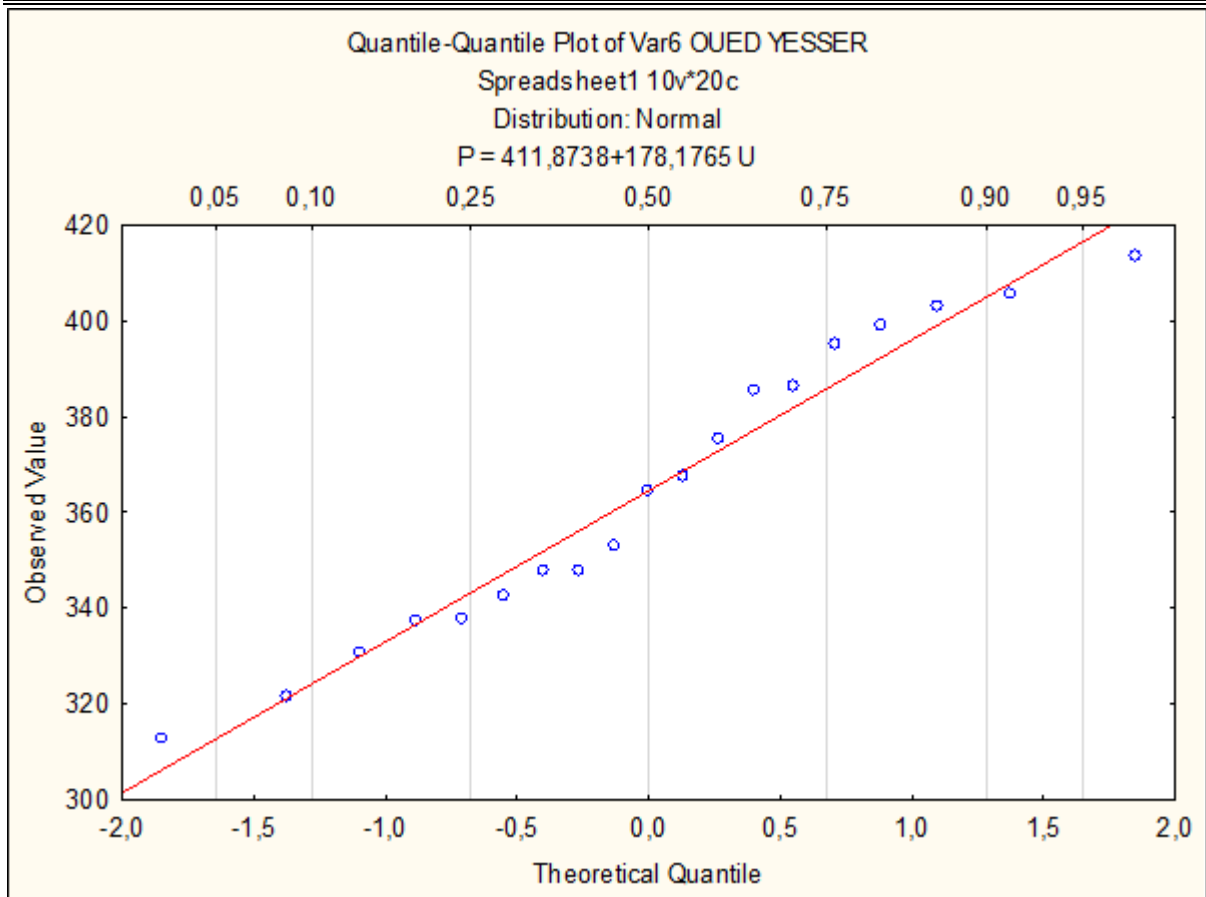


Figure 22: Ajustement graphique des précipitations annuelles à la loi de distribution normale.

11.1.1.2 Test du χ^2

Afin de déterminer la valeur du χ^2 , nous avons repris les séries des précipitations et nous avons réparti ces valeurs en classes. Les résultats sont donnés au tableau qui suit :

Tableau 25:: Calcul du χ

Nombre de classe	Limite de classe	effectif observé n_i	effectif théorique n_{pi}	$(n_i - n_{pi})^2 / n_{pi}$
1	[52,9 ; 231,9[	1	5	3,2
2	[231,84 ; 410,9[	11	5	7,2
3	[410,9 ; 589,9[	5	5	0
4	[589,9 ; 768,72[	1	5	3,2
5	[768,72 ; 947,72[	1	5	3,2

X^2 calculé = 16.8

- Le nombre de degré de liberté = nombre de classe - nombre de paramètre - 1.

$$Ddl = n-k-1. \quad Ddl = 5 - 2 - 1 = 2$$

. - Pour la loi normale avec un seuil de probabilité de 5% (0,05) et un ddl=1, le

$$X^2 \text{ Tabulé} = 5,991$$

$X^2 \text{ calculé} > X^2 \text{ Tabulé}$ mauvais ajustements dans la loi normal donc ne suit pas la loi normal

Calcule des précipitations pour une période de récurrence donnée :

On peut calculer les valeurs des précipitations pour une période de retour des précipitations présentant une valeur connue :

L'équation de la loi représentative correspondante à la station étudiée est égale

$$P=411.783+178,17U$$

Selon cette équation, nous pouvons calculer de nombreuses précipitations typiques. En remplaçant " μ " par la valeur du tableau :

Tableau 26: Calcule des précipitations période de récurrences donnée

Précipitations types	Précipitations (mm)
Précipitations de (10 ans) $u= 1,28$	639,75
Précipitations de (50 ans) $u= 2,05$	776,88
Précipitations de (100 ans) $u= 2,32$	824,97

11.1.1.3 Ajustement par la log loi normal :

Dans ce cas, la variable statistique représente les précipitations par formule logarithmique.

$$\text{Log } P = P \text{ Log} + \sigma \text{ Log}.U$$

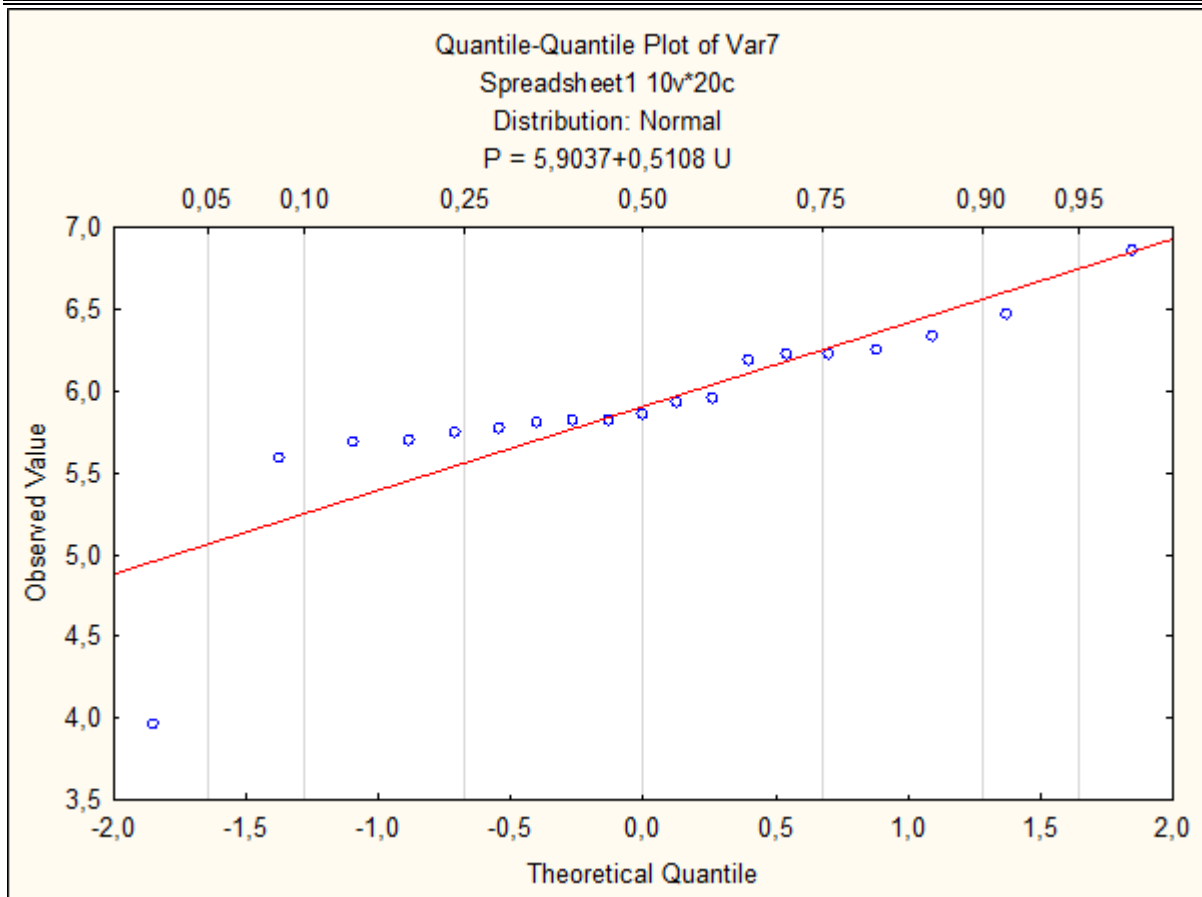


Figure 23:Ajustement graphique des précipitations annuelles à la loi log normale

11.1.1.4 Test du χ^2

Tableau 27:Calcul du χ

Nombre de classe	Limite de classe	effectif observé ni	effectif théorique npi	$(ni-npi)^2/npi$
1	[2,75 ;3,65[	1	5	3,2
2	[3,65 ;4,55[	1	5	3,2
3	[4,55 ;5,45[	0	5	5
4	[5 ;45 ;6,35[	15	5	20
5	[6,35 ;7,25[	2	5	1,8

X2 calculé=33.2

- Le nombre de degré de liberté = nombre de classe-nombre de paramètre-1.

$$Ddl = n-k-1. \quad Ddl = 5 - 3 - 1 = 1$$

. - Pour la loi normale avec un seuil de probabilité de 5% (0,05) et un ddl=1,

le X^2 Tabulé= 3,84

X^2 calculé $\gg X^2$ Tabulé donc ne suit pas la loi log normal

D'après test analytique sur les deux loi (loi normal ,loi log normal) Donc on prend la valeur le plus acceptable qui représente la loi normal

11.2 Ajustement des lames d'eau écoulées à la station de la zone étudiée oued isser :

Tableau 28: Paramètres de position des lames d'eau écoulées d'OUED ISSER (2000-2018)

parametre	Formules	Valeurs
Moyenne	$\bar{Q} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n p_i$	0,931
Variance	$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum (Q_i - \bar{Q})^2$	0,888
Ecart type	$\sigma = \sqrt{\sigma^2}$	0,942
Coefficient de variation	$CV = \frac{\sigma}{\bar{Q}}$	0,9

Le coefficient de variation $Cv > 0,5$, laisse fortement penser que l'ajustement suit une loi log normale.

11.2.1 Ajustement des lames d'eau écoulées annuelles à loi log normale :

$$\log \bar{Q}(mm) = Q \log + \sigma \log u$$

11.2.1.1 Test graphique :

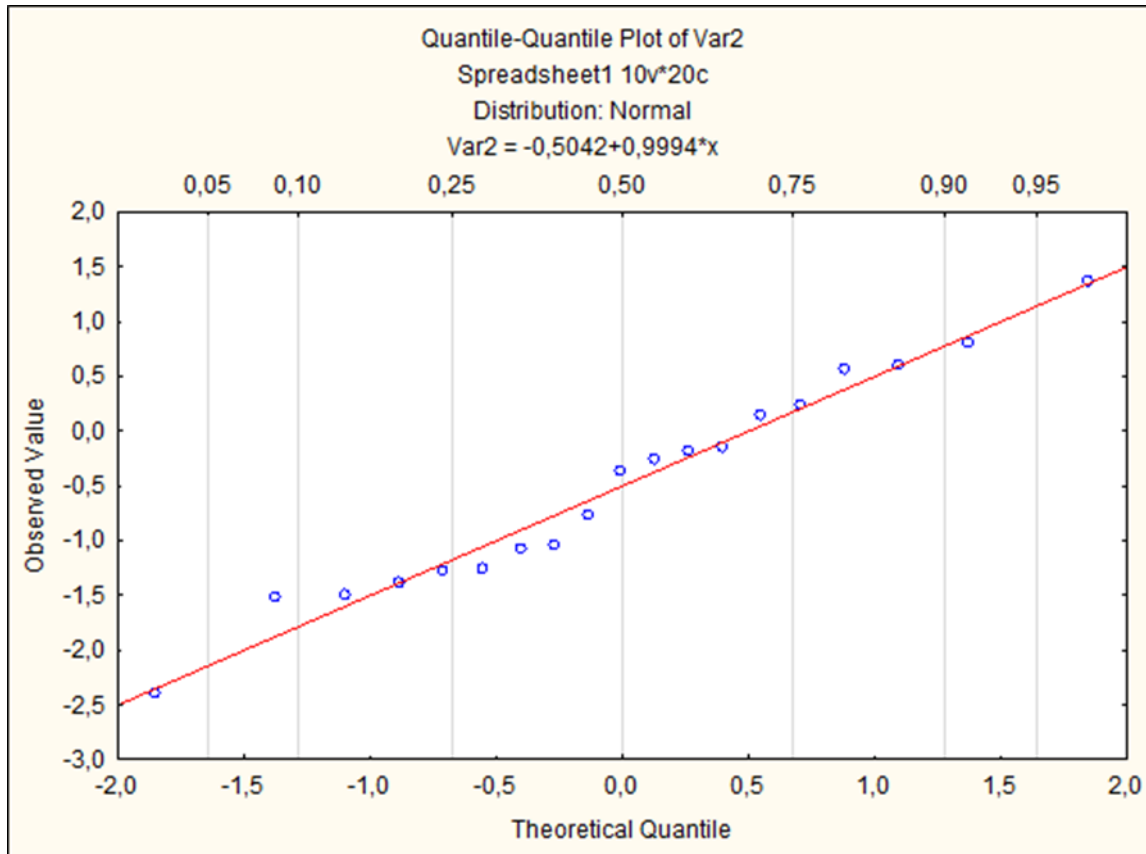


Figure 24:Ajustement graphique de la lame d'eau écoulées annuelles à la loi log normale

Le test graphique (Figure 24), montre que la distribution log normale s'ajuste bien.

11.2.1.2 Test du χ^2

Tableau 29:Calcul du χ

Nombre de classe	Limite de classe	effectif observé ni	effectif théorique npi	$(ni-npi)^2/npi$
1	[-2,4 ; -1,6[	1	5	3,2
2	[-1,6 ; -0,8[	7	5	0,8
3	[-0,8 ; -0,1[	3	5	0,8
4	[-0,1 ; 0,6[	5	5	0
5	[0,6 ; 2,08[	3	5	0,8

X^2 calculé = 5,6

Le nombre de degré de liberté = nombre de classe – nombre de paramètre - 1

$$ddl = n - m - 1 \quad m = 3$$

$$ddl = 5 - 3 - 1 = 1 \text{ et pour probabilité de } 0.05$$

$$X^2 \text{ Tabulé} = 3,843$$

X^2 calculé $>$ X^2 Tabulé, par conséquent, cet ajustement ne permet pas d'accepter une distribution log-normale de lame d'eau écoulée.

Calcul des lames d'eau écoulées pour une période de récurrence donnée :

À partir de l'équation d'ajustement, nous pouvons calculer La période de récurrence de données :

À partir de l'équation logarithmique de la distribution normale

$$Q = 0.931 + 0.861U$$

Tableau 30: Calcule de lame d'eau écoulée du période de récurrences donnée

Lame d'eau écoulées types	Q(mm)
Q de (10 ans) $\mu = 1,28$	2,03
Q de (50 ans) $\mu = 2,05$	2,69
Q de (100 ans) $\mu = 2,32$	2,92

INTRODUCTION :

Plusieurs événements climatiques récents à grande échelle ont incité la communauté mondiale à s'intéresser au changement climatique et à son impact sur les ressources en eau. Parmi eux, on peut citer la sécheresse qui affecte les pays du Maghreb, en particulier l'Algérie, depuis les années 1970.

12 TEST DE RUPTURE DE PRECIPITATIONS :

Cette section décrit les différentes méthodes graphiques et statistiques utilisées pour analyser successivement la variabilité des précipitations annuelles.

12.1 Indice Standardisé des précipitations :

L'Indice Standardisé des Précipitations (Standardized Precipitation Index (SPI) proposé par T.B. MCKEE et al. (1993) est calculé selon la formule suivante :

$$\text{SPI} = (\text{Xi} - \text{Xm}) / \text{Si}$$

Où :

Xi :Cumul de la pluie pour une année donnée i,

Xm et **Si**: Respectivement la moyenne et l'écart type des pluies annuelles observées sur une série donnée.

Tableau 31:Catégories de sécheresse et d'humidité définies par les valeurs du SPI

Valeurs du SPI	Degré d'humidité ou de sécheresse.
$\geq + 2,0$	Humidité extrême
+ 1,5 à + 1,99	Humidité forte
+ 1,0 à + 1,49	Humidité modérée
+ 0,1 à + 0,99	Humidité légère
0	Normalité absolue
- 0,1 à - 0,99	Sécheresse légère
- 1,0 à - 1,49	Sécheresse modérée
-1,5 à - 1,99	Sécheresse forte
$\leq -2,0$	Sécheresse extrême

Cet indicateur reflète l'excédent ou le déficit de précipitations de l'année sous revue par rapport à la période de référence. La cartographie des moyennes décennales des taux de précipitations annuels ainsi calculés reflète l'évolution dans le temps et dans l'espace de la variable étudiée, générant des zones où il y a parfois un excédent et parfois un déficit.

Tableau 32: Valeurs annuelles de l'Indice Standardisé des Précipitations (SPI) de la zone étudiée (1999/2000-2018/2019)

Années	Précipitations	SPI	Degré de la sécheresse	Années	Précipitations	SPI	Degré de la sécheresse
2000	564,3	0,82	Humidité légère	2010	375,5	-0,19	Sécheresse légère
2001	321,4	-0,48	Sécheresse légère	2011	385,5	-0,14	Sécheresse légère
2002	312,7	-0,53	Sécheresse légère	2012	642,7	1,24	Humidité modérée
2003	299,1	-0,61	Sécheresse légère	2013	513,3	0,54	Humidité légère
2004	267,4	-0,78	Sécheresse légère	2014	486,3	0,40	Humidité légère
2005	337,202	-0,40	Sécheresse légère	2015	295,2	-0,63	Sécheresse légère
2006	337,6	-0,40	Sécheresse légère	2016	347,6	-0,34	Sécheresse légère
2007	52,9	-1,9	Sécheresse fort	2017	505,7	0,50	Humidité légère
2008	947,6	2,8	Humidité extrême	2018	330,5	-0,44	Sécheresse légère
2009	503,1	0,4	Humidité légère				

Tableau 33: Fréquences (en %) des classes de l'Indice Standardisé des Précipitations (SPI) de la zone étudiée (1999/2000-2018/2019)

Moyenne	Descripteurs	%
49,48	Humidité extrême	20,68
	Humidité modérée	9,15
	Humidité légère	19,65
50.52	Sécheresse légère	36,49
	Sécheresse fort	14,03
	Total	100%

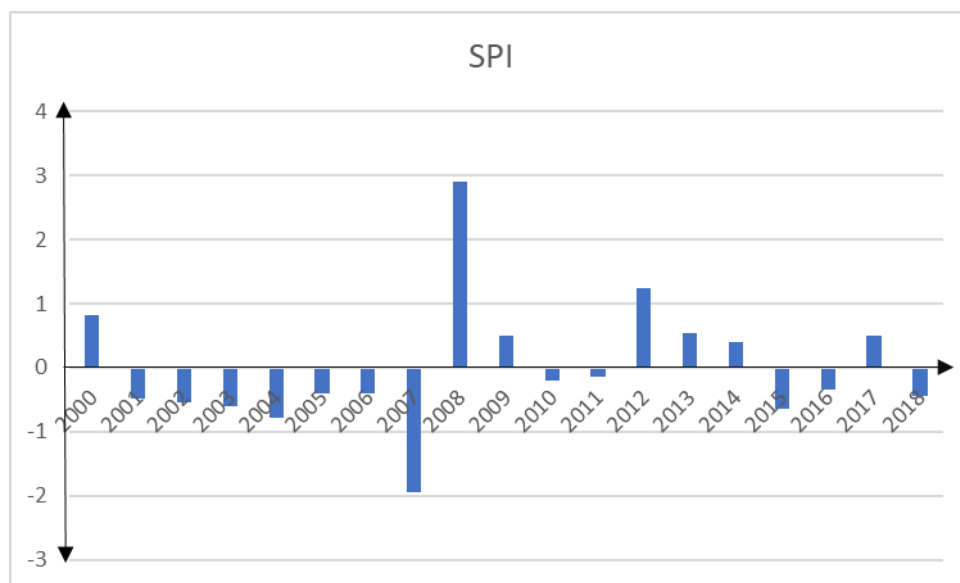


Figure 25: Variation temporelle des indices de pluie standardisés (2000/2018).

Les résultats obtenus du SPI (tab33) indiquent une situation variant entre la sécheresse, et l'humidité où 50,52% des années présentent une sécheresse, tandis que le reste s'inscrit dans un contexte humide avec un pourcentage égal à 49,48%

Toutes les valeurs SPI (tab31) négatives indiquent une année sèche, par contre les valeurs positives indiquent une année humide.

La distribution graphique de SPI (tab32, fig 25) met en évidence la séquence entre les années humides et sèches on observe que la période humide s'étalant entre 2008/2017 avec des valeurs varie entre [2,5 ; 0,5] et la période sèche entre 2001/2007 présenter par des valeurs varie [-1,9 ; -0,48].

12.2 Méthodes statistiques de détection des ruptures :

On utilise le logiciel "Khronostat 1.01" pour l'analyse statistique. Selon H. LUBES et al. (1994), «une rupture » peut être définie en modifiant la loi de probabilité d'une série chronologique à un moment donné (généralement inconnu). Une telle interruption marque une modification de la méthode de mesure de la pluie ou du système juridique hydrologique. Il

existe plusieurs méthodes pour détecter l'interruption des séries temporelles (test PETTIT, statistiques BUIHAND, processus bayésien de LEE et HEGHINIAN, et segmentation HUBERT)

12.2.1 Test de PETTIT :

Le test d'A.N.. PETTIT (1979) n'est pas paramétrique. Il provient du test MANN-WHITNEY. Le cas de non-interruption de la série (X_i) de taille N constitue l'hypothèse nulle. La mise en œuvre de ce test suppose que pour une période de temps t est comprise entre 1 et N , les séries temporelles (X_i) $i = 1$ at et $t + 1$ pour N appartiennent à la même population. La variable à tester est la valeur absolue maximale de la variable U_t , et N est défini comme:

$$U_{t,N} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=t+1}^N D_{ij}$$

où $D_{ij} = \text{sgn}(X_i - X_j)$, avec $\text{sgn}(X) = 1$ si $X > 0$, 0 si $X = 0$ et -1 si $X < 0$.

Si l'hypothèse nulle est rejetée, la valeur estimée du temps de rupture sera donnée par l'instant t , qui définit la valeur maximale absolue de U_t , (**Tanina Drissa Soro, Nagnin Soro, Yéi Marie-Solange Oga, Théophile Lasm, Gbombélé Soro, Kouassi Ernest Ahoussi and Jean Biémi, 2011**)

12.2.2 Méthode bayésienne de LEE et HEGHINIAN :

C'est une méthode paramétrique qui nécessite d'étudier la distribution normale des variables. L'absence de rupture dans la série constitue une hypothèse invalide. Cette méthode établit une distribution de probabilité à posteriori variant dans le temps (**Lee et Heghinian, 1977; Lubes et al., 1994**). Le processus est basé sur le modèle suivant:

$$X_i = \begin{cases} \mu + \varepsilon_i & i=1, \dots, \tau \\ \mu + \delta + \varepsilon_i & i=\tau+, \dots, N \end{cases}$$

où les ε_j sont indépendants et normalement distribués, de moyenne nulle et de variance σ^2 .

Les variables τ , μ , δ et σ sont des paramètres inconnus. τ et δ représentent respectivement la position de la pause et l'intervalle de changement de la valeur moyenne. Les changements possibles (position et l'amplitude) correspondent au mode de la distribution a posteriori de τ et δ , Lorsque la distribution est uni-modale la date de changement climatique (rupture) est estimée par le système et plus la distribution la plus faible est précise.

12.3 Méthode de segmentation d'Hubert :

En principe, le programme de segmentation initié par P. Hubert doit diviser la série en plusieurs segments ($m > 1$) afin que la valeur moyenne calculée sur chaque segment soit significativement différente de la valeur moyenne des segments voisines. (**Hubert et al., 1989., Lubes-Niel et al., 1998 et Hubert, 2000**). À propos du test du Scheffé (**P. Dagnelie, 1970**).

12.4 Détection des ruptures au sein des séries de précipitations :

Test de normalité sélectionné

Normalité non vérifiée sur les valeurs observées et transformées.

Les méthodes Buishand et bayésienne n'ont pas été exécutées.

12.4.1 Test de corrélation sur le rang [Lubes-Niel et al., 1998]

Le test de corrélation de rang est utilisé pour tester l'indépendance des éléments continus dans la série.

Résultats du test de corrélation sur le rang

Hypothèse nulle (série chronologique aléatoire) **acceptée** au seuil de confiance de 99%
 Hypothèse nulle (série chronologique aléatoire) **acceptée** au seuil de confiance de 95%
 Hypothèse nulle (série chronologique aléatoire) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Valeur de la variable de calcul: **0,8746**

Figure 26:Résultat du test de corrélation

12.4.2 Test de PETTITT :

Tableau 34:Résultat du test de PETTITT

Station de :	Période Annuelle	Hypothèse	Type de série chronologique	Seuilde Confiance		
				90%	95%	99%
OUED ISSER	(2000/2018)	Nulle	Aléatoire	Acceptée		

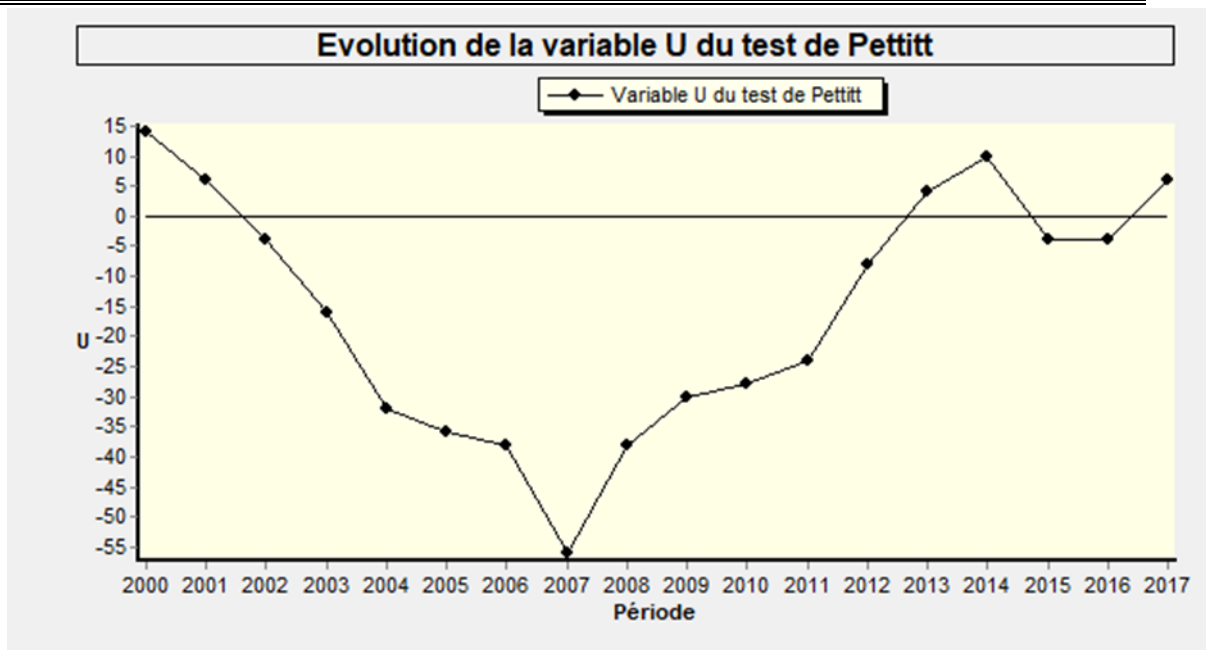


Figure 27:L'évolution de la variable U du test de PETTITT

L'évolution de la variable U du test de PETTITT ne présente aucune rupture remarquable sur toute la période d'étude.

Et Selon les résultats donnés par « **Khronostat** », l'application du test de PETTITT montre que l'hypothèse nulle (absence de rupture) est acceptée au seuil de confiance de 99%, 95% et 90%. Aucune rupture significative n'a été détectée.(Tab34,fig27)

12.5 Détection des ruptures au sein des séries de lame écoulé :

Test de normalité sélectionné

Les données transformées suivent une loi normale.

Transformation -> Logarithme

12.5.1 Test de corrélation sur le rang [Lubes-Niel et al., 1998] :

Résultats du test de corrélation sur le rang

Hypothèse nulle (série chronologique aléatoire) **acceptée** au seuil de confiance de 99%
 Hypothèse nulle (série chronologique aléatoire) **acceptée** au seuil de confiance de 95%
 Hypothèse nulle (série chronologique aléatoire) **rejetée** au seuil de confiance de 90%

Valeur de la variable de calcul: **1,7143**

Figure 28:Résultats du test de corrélation

12.5.2 Test de PETTITT :

Tableau 35:Résultat du test de PETTITT

Station	Période	Hypothèse	Type de série Chronologique	Seuil de confiance		
				99%	95%	90%
De : OUED ISSER	Annuelles 2000/ 2018	Nulle	Aléatoire	Acceptée	Rejetée	Rejetée

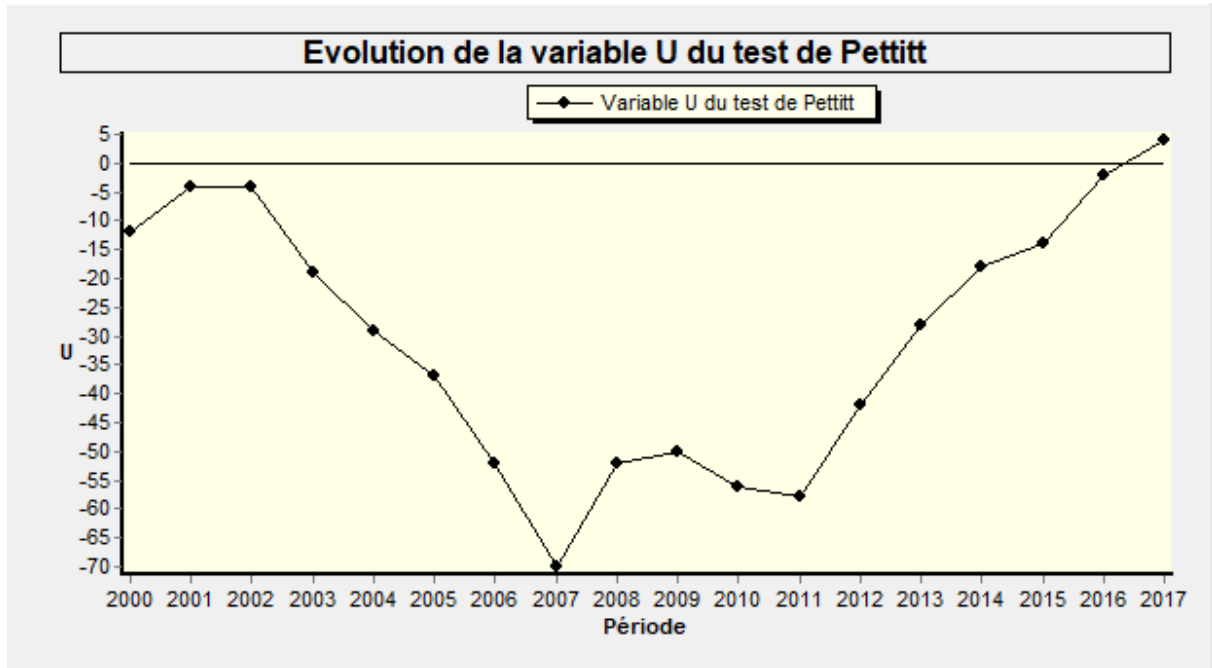


Figure 29:L'évolution de la variable U du test de PETTITT

D'après les résultats donné par le " logiciel **Khronostate** "(tab35-fig29) la méthode du test de Pettitt nous avons conclu que hypothèse nulle (absence de rupture) est acceptée au seuil de confiance de 99% et rejetée au seuil de confiance de 95%,90%

D'où une Probabilité de dépassement de la valeur critique du test **3,41E-02 en 2007** ce qui confirme l'existence d'une rupture

12.5.3 Méthode bayésienne de LEE et HEGHINIAN (1977):

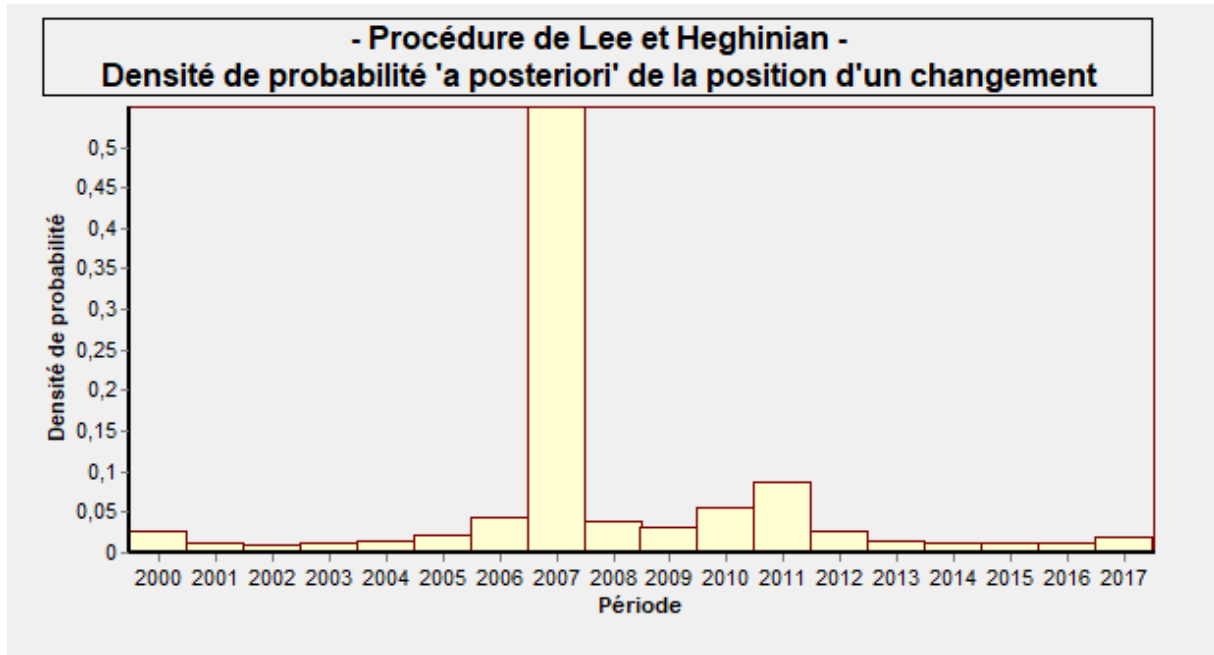


Figure 30:Densité de probabilité 'a posteriori' de la position d'un changement

Selon le résultat de la méthode bayésienne on a trouvé que le mode de fonction densité de probabilité de la position du point de rupture 0,5497 en 2007

12.5.4 Test de Buishand :

Tableau 36: Résultat du test de Buishand

Station	Période	Hypothèse	Type de série Chronologique	Seuil de confiance		
				99%	95%	90%
OUED	2000/	Nulle	Aléatoire	Acceptée	Acceptée	Rejetée
ISSER	2018					

12.5.4.1 Ellipse de Bois [Lubes-Niel et al., 1994] :

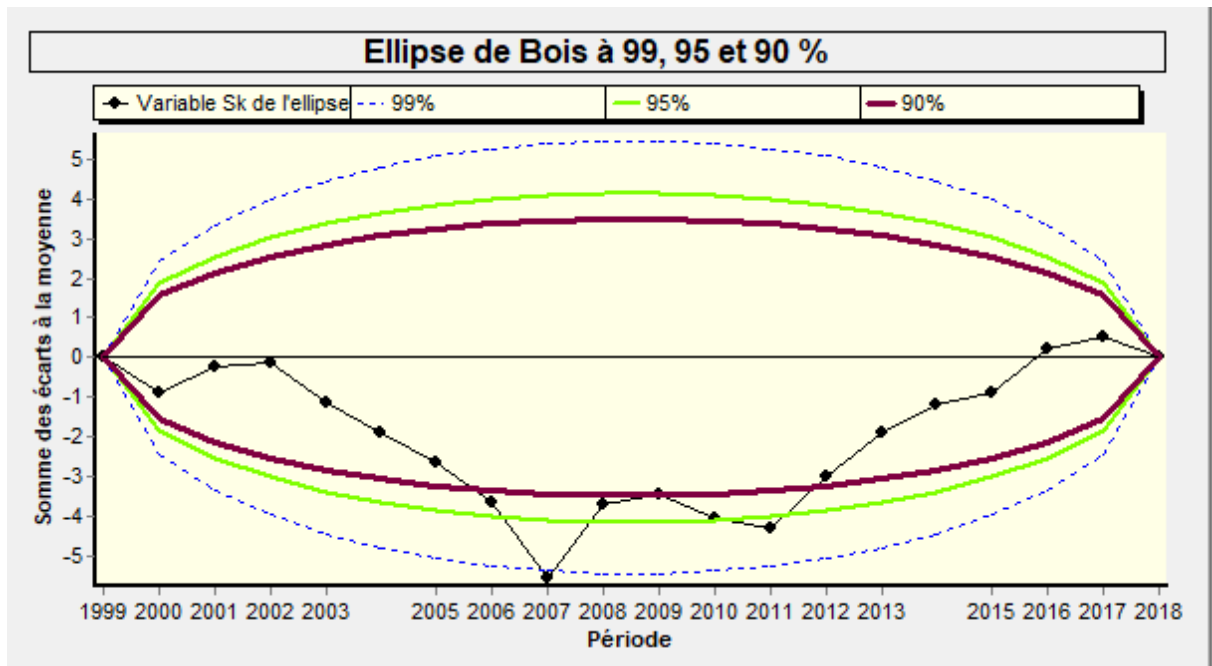


Figure 31: Ellipse de bois

-d'après (tab 36) on conclue que hypothèse H_0 est acceptée au seuil de confiance 99% ,95% et rejetée au seuil de confiance 90% qui représente on a détecter une rupture de ce test

Et dans (la fig 31) L'hypothèse H_0 est rejetée au seuil de confiance de 90, 95 et 99%, a l'année 2007 qui présente une rupture.

12.6 Détection des ruptures au sein des séries de températures :

12.6.1 Test de corrélation sur le rang :

Résultats du test de corrélation sur le rang

Hypothèse nulle (série chronologique aléatoire) **acceptée** au seuil de confiance de 99%
 Hypothèse nulle (série chronologique aléatoire) **acceptée** au seuil de confiance de 95%
 Hypothèse nulle (série chronologique aléatoire) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Valeur de la variable de calcul: **-1,5044**

Figure 32:Résultats du test de corrélation

12.6.2 Statistique Udu Buishand (buishand1982-buishand1984) :

Tableau 37:Résultats du test de buishand

Station	Période	Hypothèse	Type de série Chronologique	Seuil de confiance		
				99%	95%	90%
OUED ISSER	2000/ 2018	Nulle	Aléatoire	Acceptée	Rejetée	Rejetée

12.6.2.1 Ellipse de bois[Lubes-Niel et al., 1994] :

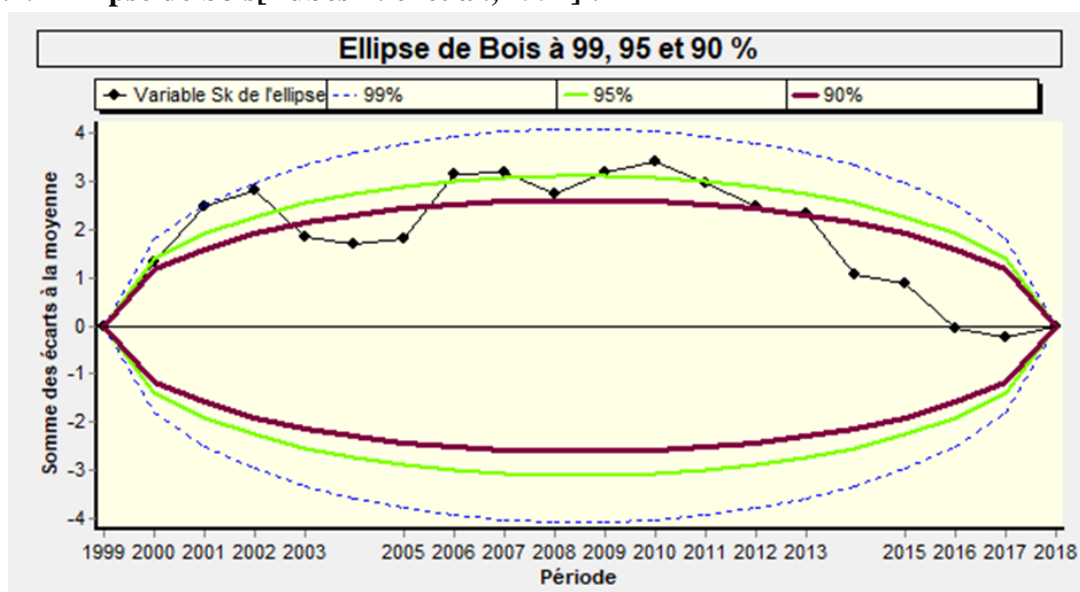


Figure 33:Ellipse de bois

Selon les résultats donnés par « Khronostat », l'application du test de buishand (tab37, fig33) montre que l'hypothèse nulle est acceptée au seuil de confiance 99% et rejetée au seuil de confiance de 95% et 90%. qui présente une rupture .

12.6.3 Test du petit (1979) :

Tableau 38:Résultat du test de PETTITT

Station	Période	Hypothèse	Type de série Chronologique	Seuil de confiance		
				99%	95%	90%
OUED ISSER	2000/ 2018	Nulle	Aléatoire	Acceptée	Acceptée	Acceptée

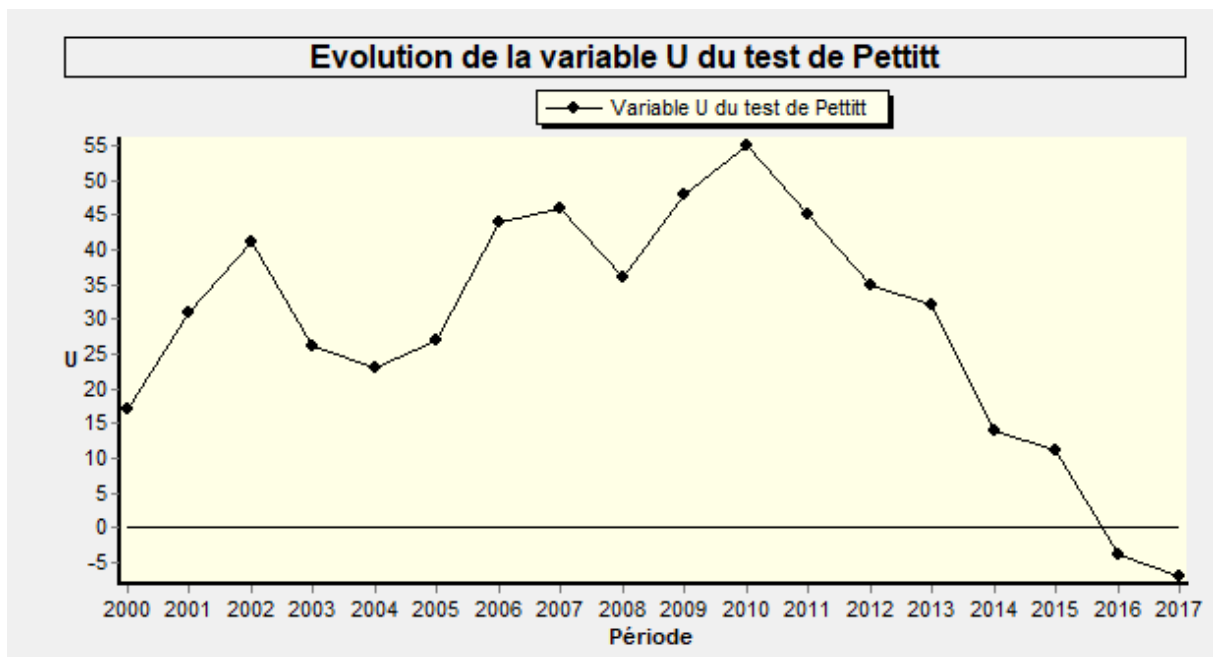


Figure 34:L'évolution de la variable U du test de PETTITT

D'après(tab38) L'évolution de la variable U du test de PETTITT ne présente aucune rupture remarquable sur toute la période d'étude.

12.6.4 Méthode bayésienne de lee Heghinian :

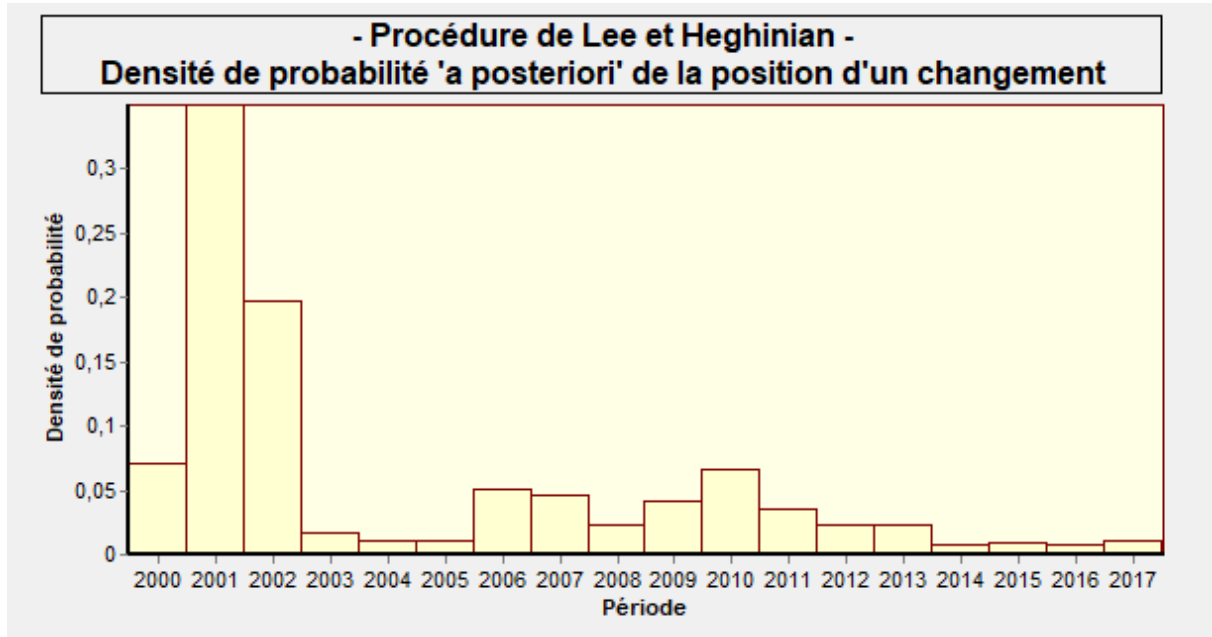


Figure 35:Densité de probabilité

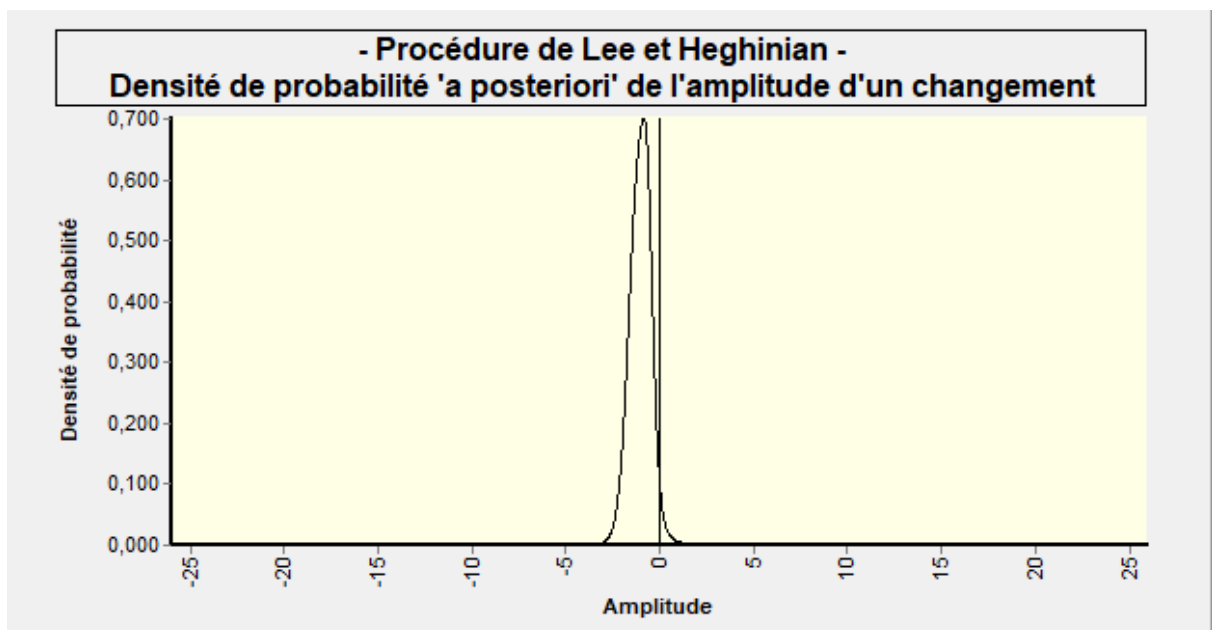


Figure 36:Procédure de Lee et Heghinian

Selon les résultats du test buishand représente existence d'une rupture par conséquent, cette hypothèse a été confirmée par les résultats de méthode bayésienne d'où une Probabilité de dépassement de la valeur critique du test: 0.3494×10^{-2001}

12.6.5 Segmentation de hubert :

Tableau 39:Résultat du Segmentation de hubert

début	fin	moyenne	Ecartype
2000	2001	25,6	0,141
2002	2018	24,278	0,616

Le niveau de significations de test de scheffé 1%

La subdivision de la série en deux (temps ,moyenne, écartype) sa prouve que il y'a un changements climatique qui présente la rupture.

Conclusion :

Dans ce partie on conclue que l'indice SPI a une bonne cohérence spatiale, il peut donc être comparé affecté par différents climat dans une période de série chronologique .

qui peut représenter Climats humides et secs(**49,48%climat humide et 50,52% climat sec**); par conséquent, l'indice SPI peut également surveiller Période humide. Mais il faut noter que l'index SPI ne peut pas être utilisé Analyser le changement climatique car la température n'est pas un paramètre Compte et pour cela on utilisé les méthode statistique de détection des ruptures au sein des séries pluviométriques annuelles (précipitations , lame d'eau écoulée ,températures) sur le logiciel « KHRONOSTATE » Ce qui se caractérise par différentes méthodes. tout d'abord dans la série de précipitations le test de petit détecté aucun de rupture par contre dans analyses de la série de lame d'eau écoulée et la températures on a détecté des rupture

-lame d'eau écoulée dans le test de Pettitt qui présenté par la valeur critique de test

3,41E- 02en 2007 et par le test Ellipse de Bois, test buishand la méthode Bayésienne(en 2007) par une densité de probabilité de la position du point de rupture 0.5497

-séries de températures détecté par le test Buishand et procédure de lee et Heghinian par une valeur critique 0,3494 en 2001

CONCLUSION GENERAL

L'objectif global de cet humble travail est de mener des études De La Variabilité Hydro climatique Dans Le Bassin Versant « D'oued Isser (Tafna, Nw Algerien).»

Nous essayons d'abord de décrire les principaux facteurs physiques et géographiques concernant l'écoulement de cet oued

Le bassin versant d'OUED ISSER contrôlé par le barrage El Izdihar, situé au nord-ouest algérien, localisée à la partie orientale de la moyenne Tafna couvre une superficie d'environ 1140km²

Elle se caractérise par deux zones bien distinctes: la première zone montagneuse du sud, il est constitué de calcaires fracturés de la période Jurassique-Crétacé avec un potentiel hydrique très élevé une zone colline au nord, principalement composée de marnes miocènes et alluviales Plio-quaternaire et quaternaire, également considéré comme un aquifère important dans la région.

L'étude morphométrique, montre que le bassin versant d'OUED ISSER présente une forme allongée dans l'ensemble $Kc=156$, $ds=391.32$ exprime fort de relief avec une altitude moyenne 834.15. Le réseau de drainage est dendritique. Il est d'ordre 6, selon la classification de Strahler. Et Ses pentes varient entre 0 et 30 degrés.

Après on a fait L'études hydro climatologiques leur données climatiques de station météorologique du barrage SID ABDELI qui montrent que le bassin est caractérisé par un climat semiaride

Il ressort de cette étude que le bassin est caractérisé par une saison pluvieuse hiver 183,284 mm et un été chaud et sec 10,494 mm. avec une moyenne de 411,87mm. Et une température moyenne interannuelle est de 24,34°C., le régime thermique est caractérisé par des amplitudes annuelles assez fortes qui permettent d'accentuer le phénomène de l'évapotranspiration.

La détermination de l'évapotranspiration potentielle moyenne mensuelle ETP par la méthode de Turc et celle de Thornthwaite sont successivement 120,027 mm et 81,958 mm au niveau de la station d'OUED ISSER (SID ABDELI).

Puis étude statistique qui basé sur test graphique et test analytique des séries pluviométrique annuelles (précipitations, débit) d'après la calculer le cv (coefficient de variation) mais si la série suit une loi normale ou log normale on a utilisé pour les ajustement graphique logiciel STATISTICA on a trouver que La série des précipitations suit une loi normale et pour confirmé on a fait test analytique test khi2 par contre on a trouve que la série de débit suit une loi log nrml.

Puis une étude de variabilité hydro climatique qui basé sur séries (précipitations, lame d'eau écoulée, températures) 1ère partie on a calculer SPI (L'Indice Standardisé des Précipitations) qui me nous aider savoirs le différent changement climatique dans la séries. dans notre étude elle varie entre humide (2008/2017) et sèche (2001/2007). et 2ème partie on a utilisé logiciel « KHONOSTATE » pour la détection de "points de rupture. série de précipitations aucun rupture détecté, mais on a détecté différents rupture séries lame d'eau écoulée dans le test de

CONCLUSION GENERAL

Pettitt qui présenté par la valeur critique de test $3,41E-02$ en 2007 et par le test Ellipse de Bois, test buishand la méthode Bayésienne(en 2007) par une densité de probabilité de la position du point de rupture 0.5497

Et séries de températures détecté par le test Buishand et procédure de lee et Heghinian par une valeur critique 0,3494 en 2001

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

- Azzi B., 2001.** Etude hydrogéologique du barrage El Izdihar (Sidi Abdelli) et son impact sur l'environnement. Mém. Master, Université Abou Bekr Belkaïd, Tlemcen. 70P
- BACHIR . Et MANSOURI .A** Contribution à l'étude géomorphologique, hydrologique et hydrochimique des eaux de surface d'un sous-bassin contrôlé : Cas du Barrage El Izdihar (Sidi Abdelli. NW Algérien) Mém. Master, université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen. P5-6
- BENADA.L2000.** Contribution à l'étude du périmètre irrigué d'El Fhoul à partir du barrage du Sikkak Mcm. Ing. Hydraulique, Univ. Tlemcen.
- Bendjoudi .H & Hubert.P(6 décembre 2002** Hydrological Sciences-Journal-des Sciences Hydrologiques, p. 921-922
- Bnezineb M. Z., 2016.** Variabilité hydroclimatique et son impact sur les ressources en eau. Cas du bassin versant de l'oued Khemis. Mém. Master, university Abou Bekr Belkaid, Tlemcen. 86P..
- BOUANANI, R 2010.** MODELISATION DE LA FONCTION pluie et débit application au bassin versant de la TAFNA (NW – ALGERIE),Mém,mags, Université Abou Bekr Belkaïd, Tlemcen.
- BOUANANI.A(2004)** HYDROLOGIE, TRANSPORT SOLIDE ET MODELISATION Etude de quelques sous bassins de la Tafna(NW – Algérie) these Doc, Université Abou Bekr Belkaïd, Tlemcen.
- Claude Cosandey,Mark Robinson 2012** « évaporation et évapotranspiration » (chap 3) dans hydrologie continental .Paris :Armand colin, p.99-148
- DALI .N (2009)** Ressources et Gestion intégrée des eaux du bassin de GAREAT EL TARF (W. KHENCHELA) Mém. Master, university BADJI MOUKHTAR –ANNABA p.10-14.
- Kadour N. E. N., 2016.** Caractérisation, classification et statistique multivariable des eaux du bassin versant de l'Oued EL MALAH (NW Algérien). Mém. Master, Univ. Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, Algérie, p.89
- LEE A.F.S., HEGHINIAN S. M. (1977)** - A shift of the mean level in a sequence of independent normal random variables: A Bayesian approach. Technometrics, vol. 19, n° 4, p. 503-506.
- Musy A., 2005.** Cours d'hydrologie générale. Cours en ligne. Ecole Polytechnique Fédérale (EPFL), France.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

OMM (Organisation Météorologique Mondiale) (1996) Guide des pratiques hydrologiques: acquisition et traitement des données, analyses, prévision et autres applications. Publication OMM no. 168. OMM (World Meteorological

Pettit A. N. (1979) A non-parametric approach ID the change-point problem. Appl. Statist. 28(2), 126-135.

Roche, M. (1963) Hydrologie de surface. Gauthier-Villars et ORSTOM, Paris, France.

Tanina Drissa Soro, Nagnin Soro, Yéi Marie-Solange Oga, Théophile Lasm, Gbombélé Soro, Kouassi Ernest Ahoussi and Jean Biémi, « La variabilité climatique et son impact sur les ressources en eau dans le degré carré de Grand-Lahou (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire) », Physio-Géo, Volume 5 | -1, 55-73.

TERFOUS A, MEGNOUNIF .A & BOUANANI .A 2003 Hydrology of die Mediterranean and Semiarid Regions (Proceedings of an inlernational symposium field at Montpellier. April 2003). IAHS Publ. no. (367-368,)

Ward, R. C. (1975) Principles of Hydrology. McGraw-Hill, New York, USA.

Wisler, C. O. & Brater, E. F. (1959) Hydrology. John Wiley, Chichester, West Sussex, UK.

ZITOUN .D ,Zouggari .M (2014) Comportement statistique des précipitations annuelles et mensuelles :cas des stations de Maliana et Khemis Miliana Mém. Master, université Djillali BOUNAMA de Khemis Miliana p.5-6

Electronique références :

Tanina Drissa Soro, Nagnin Soro, Yéi Marie-Solange Oga, Théophile Lasm, Gbombélé Soro, Kouassi Ernest Ahoussi and Jean Biémi, « La variabilité climatique et son impact sur les ressources en eau dans le degré carré de Grand-Lahou (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire) », Physio-Géo [Online], Volume 5 | 2011, Online since 20 February 2011, connection on 27 Aout 2020. URL : <http://journals.openedition.org/physio-geo/1581> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/physio-geo.1581>

Pettit A. N. (1979) A non-parametric approach ID the change-point problem. Appl. Statist. 28(2), 126-135. DOI : <http://dx.doi.org/10.2307/2346729>

REFERENCES BIBIOGRAPHIQUE

ANNEXES

ANNEXES 1: PRESENTATIONS DES DONNEES MENSUELLES D'OUED ISSER

LES PRECIPITATION (mm)

année	septembre	octobre	novembre	décembre	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	aout
2007	0	0	0	0	18,5	4,9	0	9,3	20,2	0	0	0
2008	49,2	97,6	191,4	130,1	128,6	198,2	31,1	91,4	15	15	0	0
2009	85,7	2,2	36,1	62,7	99,3	59,9	68,2	29,1	29	18	2	10,9
2010	6,3	55,9	37,1	24,7	29,7	49,5	38,8	59,4	61,7	8,2	1,3	2,9
2011	7,3	41,4	107,6	36,1	28,1	77,7	21,9	59,4	0	0,2	5,8	0
2012	8,7	54,4	144,6	19,9	148,2	50,6	77,4	82,8	39,1	0	1	16
2013	15,3	0	84,9	123,7	127	73,4	43,3	12,6	20,2	12,9	0	0
2014	29	11,9	67	140	48,3	80,6	15,8	7,7	40,5	23,7	0,5	21,3
2015	0	47,8	17,6	0	16,8	76,7	49,5	49	31,5	6,3	0	0
2016	4	1,2	37,3	94,5	167	14,4	20,7	3	5,5	0	0	0
2017	0	27,1	5,2	58,8	75,9	50,3	150,7	94,6	24	19,1	0	0
2018	32,3	16,6	42,6	19,6	24	67,7	83,8	33,6	1,8	2,5	6	0

ANNEXES

LES TEMPERATURES (°C)

année	septembre	octobre	novembre	décembre	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	aout
2007	17,5714286	19,5	19	20,25	27,1428571	28	32	34,25	31,5	25	22	17
2008	18,4	18,8333333	21,6666667	21	23,2709677	29,3866667	32,7322581	33,5032258	29,62	24,8451613	18,13	14,816129
2009	13	18,4	18,2857143	20,5	27,5714286	28,1666667	36,375	32,6666667	27,375	27,2222222	27,8333333	20
2010	17,4	19	18,3333333	21	27,5	26,7142857	33,7142857	34,25	31,3333333	26	20,5	19,0193548
2011	22,1645161	14,6821429	16,2258065	20,7466667	20,1354839	23,8033333	27,3774194	30,2096774	31,0066667	29,9935484	27,3933333	22,5
2012	19,3870968	18,0931034	17,5645161	19,98	21,4032258	23,77	31,1064516	32,3612903	32,4433333	28,7516129	23,2033333	18,6129032
2013	14,9387097	16,9428571	16,4580645	20,9833333	22,6129032	24,32	30,0612903	31,2451613	30,4	31,5935484	27,88	22,9258065
2014	17,0935484	15	15,8516129	18,04	22,6741935	20,79	26,583871	33,6967742	31,11	30,8193548	24,3133333	20,8677419
2015	16,9935484	14,4821429	20,2419355	17,8066667	23,1709677	22,7	28,4870968	32,1064516	33,4866667	31,8483871	26,8333333	21,7096774
2016	16,8548387	15,9724138	16,2612903	18,01	18,5677419	26,0733333	28,3580645	33,0387097	33,4733333	29,5290323	25,18	19,3935484
2017	16,5677419	16,3642857	17,6258065	19,6866667	24,6	25,68	28,7903226	30,8290323	32,82	31,516129	25,5733333	20,3612903
2018	19,0516129	18,15	17,2677419	21,93	22,6193548	24,49	26,5612903	32,4064516	34,5233333	29,5870968	27,3833333	21,3387097