

République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة أبو بكر بلقايد - تلمسان
Université ABOUBEKR BELKAID – TLEMCEN
كلية علوم الطبيعة والحياة، وعلوم الأرض والكون
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, et Sciences de la Terre et de l'Univers
Département de Géologie



MÉMOIRE

Présenté par

**BELMOKHTAR HORIYA
ZENAGUI BENAMARA FATIMA**

En vue de l'obtention du

Diplôme de MASTER

EnGéologie (Hydrogéologie)

Thème

**Modélisation pluie -débit : application aux données d'Oued Tlata
Ghazaouet (Tlemcen)**

Soutenu le 26/06/2023 devant le jury composé de :

Président	Mme GGUETTAIA Sabrina	M.C.A	Université de TLEMCEN
Encadrant	Mme DJALAD Rahima	M.A.A	Université de TLEMCEN
Examineur	Mme KERZABI Soumia	M.C.B	Université de TLEMCEN

Année universitaire 2022/2023

Remerciement

Avant tout, Je remercie Dieu le tout puissant, pour m'avoir donné la santé, le courage et la volonté d'étudier pour m'avoir permis de réaliser ce modeste travail dans les meilleures conditions.

*Au terme de ce travail, il m'est agréable d'adresser toute ma gratitude à mon encadrant madame **Bouanani Rahima** Pour sa possession, ses conseils avisés, son observation, sa sollicitude, sa patience et sa gentillesse.*

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements aux membres de jury et pour leur participation à l'évaluation de ce travail.

Enfin merci de tout mon cœur à mes chers parents et mes frère et mes sœurs, et mes copines pour m'avoir toujours écouté, réconforté et encouragé dans les moments.

Sans oublier mon chère collègue je l'ai dans les moments les plus durs.

DEDICACES

Je dédie ce travail à :

Mon père qui m'a toujours mené le sentiment de la fierté et n'a jamais hésité de me supporter moralement.

Ma très chère mère qui n 'jamais cessé de m'encourager tous le long de mon parcours et qui s'est toujours sacrifiée pour faire de moi ce que je suis que dieu la protège.

A ma deuxième Mama Fatima Zohra Rabi yarhamha.

A Mes frères : Ismail& Ibrahim&Mohammed&Tahaa

A ma bellesœur : Meriem Belakhdar

A mon chère collègue Hami Snouce

A mon cher binôme Fatima

A toute la famille «Belmokhtar» et «Ramdani»

A mes cousines Mama, Djihane, Imène, Amina, Zohra, meriem, Khadîdja, Hafsa, Souad, Mouna.

A mon cousin Yousef et sa femme et Mostafa et sa femme.

A tous mes amis Hadjer, Rawida, Soumia, Chahinez.

Tous les étudiants de M2 Hydrogéologie.

DEDICACE

A MA CHÈRE MÈRE Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, a la plus merveilleuse mère que j'adore qui ma tout donné depuis mon enfance, je la remercie infiniment de ces sacrifices, que DIEU la protège et la garde pour moi.

A mes frères AHMED et AMINE et ma sœur BOUCHRA qui me donnent de l'amour, la vivacité la force de continuer en particulier.

Ma fille FERDWESS qui donne la joie et le bonheur pour toute la famille.

A mon très cher MOHAMED pour son aide et ses encouragements.

A mes très chères amies : NASIRA, AICHA, CHAIMAA, FATIMA, KARIMA SAMIA NADA, Khadidja, Chahinez

A ma chère binôme ASSMAA et sa famille.

A ma deuxième maman AMARIA.

A ma tante AMINA, qui ma aidée dans mon parcours universitaire.

Et a toute ma famille sans exception « Saiah et Djafar »

A mon feu père Messaoudi MADANI.

Tous les étudiants de M2 Hydrogéologie

FATIMA

Résumé :

L'étude de la relation entre les précipitations et débit dans les Vallées est un processus particulièrement important pour de nombreuses applications pratiques de la gestion des ressources en eau. Application d'un modèle pluie –débit, d'un modèle global de réservoir ou de modèles de génie rural, pour une meilleure connaissance et compréhension de l'hydrologie du bassin versant de l'Oued Tlata Nord Ouest de Tlemcen. GR à différents pas de temps (Annuel GR1A et Mensuel GR2M) dans le bassin Oued Tlata.

Nous avons présentons la zone d'étude du bassin versant, caractérisons les facteurs physiques, géologique, et climatique spécifiques qui déterminent débit, puis traitons les données hydrométrique sur les 29 années. Nous avons mené une étude hydrologique basées sur le facteur ETP a été considéré comme l'une des données ainsi que les précipitations et les débits et des calcules annuels et mensuels ont été effectués.

Après avoir ajusté le modèle obtenu, nous avons validé ces résultats pour trouver, un modèle efficace. Les données sur les précipitations au niveau mensuel et annuel ont donné des résultats très

Satisfaisants.

Mots clés : hydrologie, bassin versant, Oued Tlata, modèle, pluie-débit, GR1A, GR2M.

المخلص

تعتبر دراسة العلاقة بين هطول الأمطار والجريان السطحي في الوديان عملية مهمة بشكل خاص للعديد من التطبيقات العملية لإدارة الموارد المائية. تطبيق نموذج تدفق المطر ، نموذج مكن عالمي أو نماذج هندسية ريفية ، من أجل معرفة (GR1A سنوي) وGR وفهم أفضل لهيدرولوجيا مستجمعات المياه في (GR2M شهريا

مستجمعات المياه ، ونميز العوامل الفيزيائية والجيولوجية والمناخية المحددة التي في دراستنا ، نقدم أولاً منطقة دراسة تحدد الجريان السطحي ، ثم نعالج البيانات الهيدرومترية على مدار 29 عامًا. أجرينا دراسة هيدرولوجية على أساس معامل الذي تم اعتباره كأحد البيانات بالإضافة إلى معامل المطر ومعامل الجريان السطحي ، وتم إجراء الحسابات السنوية ETP والشهرية.

بعد تعديل النموذج الذي تم الحصول عليه ، تحققنا من صحة هذه النتائج للعثور على نموذج فعال. أعطت بيانات الهطول على المستوى الشهري والسنوي نتائج جيدة للغاية.

الكلمات المفتاحية: الهيدرولوجيا ، مستجمعات المياه ، وادي ثلاثة ، نموذج ، تدفق الأمطار ، GR1A ، GR2M.

ABSTRACT

Studying the Relationship between rainfall and runoff in valleys is a particularly important process for many practical applications of water resources management. Application of a rain-flow model, a global reservoir model or rural engineering models, for a better knowledge and understanding of the hydrology of the watershed of Oued Tlata North West of Tlemcen. GR at different time steps (Annual GR1A and Monthly GR2M) in the Oued Tlata basin.

Our study, we first present the study area of the watershed, characterize the specific physical, geological, and climatic factors that determine the runoff, then process the hydrometric data over the 29 years. We conducted a hydrological study based on the ETP coefficient was considered as one of the data as well as the rain coefficient and the runoff coefficient, and annual and monthly calculations were made.

After adjusting the model obtained, we validated these results to find an effective model. Precipitation data at the monthly and annual level gave very good results Satisfactory.

Keywords: hydrology, watershed, Oued Tlata, model, rainfall-flow, GR1A, GR2M.

Table des matières :

République Algérienne Démocratique et Populaire	1
Introduction Générale	1
Chapitre I: généralité et morphométrie	2
I.1.Situation géographique:	2
I.1.2-Localisation géographique du bassin Oued Tlata :	3
I.2.Caractéristiques physiques du bassin versant	3
I.2.1.Caractéristiques de forme	3
I.2.1.1- Indice de compacité (de Gravelius): (Musy.A. ,2005)	4
I.2.1.2.rectangle équivalent:	4
I.3.2- Etude du réseau hydrographique :	5
I.3.2.2.densité de drainage:	6
I.3.3- Etude du Relief	7
I.3.3.2- Etude des pentes :	10
I.3.4- La géologie d'oued Tlata	12
I.3.4.1-la stratigraphie	12
I.3.4.2- La Tectonique:	13
I.3.5 -Hydrogéologie :	13
I.3.5.1Aquifère plio - quaternaire:	13
I.6- Conclusion :	14
Chapitre II: Etude hydro climatique:	16
II.1-Introduction:	16
II.2- Etude des paramètres climatiques.....	16
II.2.1- Etude des précipitations	16
II 2.1.1- Précipitations annuelles	16
II 2.1.2- Précipitations mensuelles	18
II.2.1.3- Précipitations saisonnières	19
II 2.2 Etude Températures :	19
II 2. La température annuelle moyenne	19
2.1 Températures annuelles :	20
II 2.3- Evapotranspiration potentielle:	21
2.3.1- Evapotranspiration potentielle annuelle:	22
II2.3.1- Estimation de l'évapotranspiration.....	23

II-2.4 Etude du climat	23
II.3- Etude hydrologique :	25
II.3.1- Etude des modules (débits) :	25
II .3.1.1- Débit annuels :	25
II .3.1.2– Débit moyen mensuelle:	26
II .3.1.2 - Débit saisonniers :	26
II.3.2.2- Etude des lames d'eau écoulées moyennes mensuelles	28
II.4- Etude statistique	30
III.4.1- Ajustement des précipitations annuelles à la station Ghazaouet Oued Tlata	30
III.4.2-Ajustement des débits moyens annuels de la station d'oued Tlata :	38
II-La conclusion :	41
Chapitre III : Modélisation Pluie-débit Caractéristique du Modèle Hydrologique GR et Son Application dans le Bassin Versant Oued Tlata :	42
III.1-1INTRODUCTION :	42
III.2 -OUTILS ET METHODES :	42
III .2.1- Modèle annuel GR1A :	42
III .2.1.1- Calage du modèle annuel GR1A :	42
III 2.1.2La validation modèle GR1A (turc) :	45
III .2.2- Modèle mensuelle GR2M :	45
III .2.2.1-Calage modèle mensuelle GR2M :	46
III 2.2.2La validation modèle GR2M (turc):	50
III-Conclusion:	50

Listes des figures

Figure1 : Situation géographique de la zone ghazaouet.....	2
Figure 2 : Situation géographique d e l'oued Tlata ghazaouet.....	3
Figure 3 : Rectangle équivalent du bassin versant d'Oued tlata.....	5
Figure 4 : Réseau hydrographique du bassin versant oued Tlata.....	6
Figure 5 : Courbe hypsométrique du bassin versant oued Tlata.....	9
Figure 6 : Histogramme altimétrique du bassin versant oued Tlata.....	10
Figure 7 : Extrait de la carte géologique de la région Tlemcen.....	12
Figure 8 : Caractéristique du basin versant oued Tlata.....	13
Figure 9 : Variation des précipitations annuelles 1986-1987/2014-2015.....	16
Figure 10 : Variation des précipitations mensuelles.....	17
Figure 11 : Variation des précipitations saisonnières.....	18
Figure 12 : Variation des températures mensuelles.....	20
Figure 13: Variation des ETP turc	21
Figure 14 : Diagramme pluviométrique.....	23
Figure 15 : Variation des débits annuels	24
Figure 16 : Variation des débits moyens mensuelles.....	25
Figure 17 : Débit saisonnière.....	26
Figure 18 : Variation interannuelles des lames d'eau écoulées 1986-1987/202013-2014.....	27
Figure 19 : Variation des lames d'eau écoulées mensuelles.....	28
Figure 20 : Ajustement des précipitations annuels lois normale.....	32
Figure 21 : Ajustement des précipitations annuels lois log normale.....	36
Figure 22 : Ajustement des débits moyens annuels lois normale.....	38
Figure 23 : Ajustement des débits moyens annuels log normale.....	39
Figure 24 : Application GR1A.....	42
Figure 25 : Variation de la quantité du calage GR1A.....	43
Figure 26 : Corrélation entre les débits observés et les débits simulés GR1A.....	43

Figure 27 : Schéma de la structure de modèle GR2M.....	44
Figure 28 : Corrélation de la validation GR1A.....	45
Figure 29 : Application du GR2M	46
Figure 30 : Visualisation de la quantité du calage GR2M.....	47
Figure 31 : Corrélation entre les débits observés et les débits simulés GR2M.....	47
Figure 32 : Variation du réservoir de production	48
Figure 33 : Variation du réservation de routage.....	48
Figure 34 : Corrélation de la validation GR2M.....	49

Liste de tableaux :

Tableau 1 : Répartition du bassin versant d'Oued Tlata en tranches d'altitudes.....	7
Tableau 2 : Classification du relief selon Ig et Ds.....	11
Tableau 3 : Précipitations moyennes annuelles de la station Ghazaouet depuis 1986 jus'qua2015	15
Tableau 4 : Des précipitations moyennes mensuelles.....	17
Tableau 5: des températures (1986-1987/2014-2015).....	19
Tableau 6: Variation des ETP Turc.....	21
Tableau 7 : précipitations et températures moyennes mensuelles :.....	22
Tableau 8 : les indices climatiques.....	23
Tableau 9: Les méthodes pour mesuré évaporation et déficit de débit.....	23
Tableau 10: Variation des débits annuels.....	24
Tableau 11 : montre les débits mensuels moyens de la station Oued Tlata a partir d'année 1986/1987 jus qu'a2013/2014	25
Tableau 12 : débit saisonnières.....	25
Tableau13 : Variation des lames écoulées 1986-1987/2013-2014.....	26
Tableau 14 : Variation lames d'eau écoulées mensuelle de station Oued Tlata 1986/1987 jus' qua2013/2014	27
Tableau 15 : précipitations moyennes annuelles de la station Ghazaouet depuis 1986 jus 'qua2015	29
Tableau 16 : découpage des classes et le calcule de χ^2 avec loi normale.....	33
Tableau 17 : précipitation moyennes annuelles avec log (p) de la Station Ghazaouet (1986- 1987/2014-2015).....	34
Tableau 18 : paramètre de position.....	35
Tableau 19 découpages des classes et calcule χ^2 par lois log normale	36
Tableau 20 : calcule des précipitations pour une période de récurrence	37
Tableau 21 : débit moyenne annuels de la station Oued Tlata 1986-1987/2013-2014	37
Tableau 22 :découpage des classes et calcule χ^2 par loi normale.....	39
Tableau 23 : découpage des classes et le calcule χ^2 de par loi log normale	39

Tableau 24 : calcul des débits pour une période de récurrence.....	40
Tableau 25 : La station Oued Tlata Ghazaouet	40

Introduction Générale

L'eau est toujours un composant majeur des organismes vivants et un élément essentiel pour toutes les formes de vie. Aucun être vivant, qu'il soit végétal ou animal, petit ou grand, ne peut vivre sans eau (**site1**)

La modélisation est la représentation mathématique simplifiée d'un phénomène physique permettant d'en simuler le fonctionnement pour étudier l'effet de certains paramètres, ou faire des prévisions.

Un modèle pluie débit est un outil numérique permettant de représenter la relation entre la précipitation et le débit à l'échelle d'un bassin versant.

Notre recherche s'intéresse donc à la modélisation pluie débit Oued Tlata Ghazaouet.

L'objectif principal de cette étude est de déterminer les paramètres de calage du modèle GR appliqué aux données de l'Oued Tlata aux intervalles annuels et mensuels en utilisant

la formule d'évapotranspiration ETP turc.

Nous avons entamé une étude de la modélisation pluie - débit dans le bassin versant d'oued Tlata (Ghazaouet)

Notre travail s'organise autour de trois chapitres :

Le premier chapitre concerne généralité et morphométrie du bassin versant d'oued Tlata(Ghazaouet), le deuxième chapitre comporte l'étude climatique et l'analyse hydrologique des débits mesurés au niveau de la station de Ghazaouet.

Le troisième chapitre est consacré à l'exploitation du modèle GR (Génie Rural), et l'application de ce dernier aux données du bassin d'oued Tlata selon le pas de temps, annuel mensuelle GR1A et GR2M.

Chapitre I: généralité et morphométrie

I.1.Situation géographique:

Ghazaouet de son vrai nom «Djemaa El Ghazaouet» est une commune Algérienne, située à 75 km au Nord Ouest de Tlemcen et à 170 km d'Oran. Se trouve au Nord du massif de Trara et proche de la frontière algéro -marocaine. (Père P.1974)



Figure 1 : situation géographique de la zone ghazaouet (Map).

I.1.2-Localisation géographique du bassin Oued Tlata :

Oued Tlata se trouve à 7 km de Ghazaouet, proche de Settout et Tiennt. 'la latitude : $35^{\circ}3'27.68''$ -longitude : $-1^{\circ}48'20.81''$

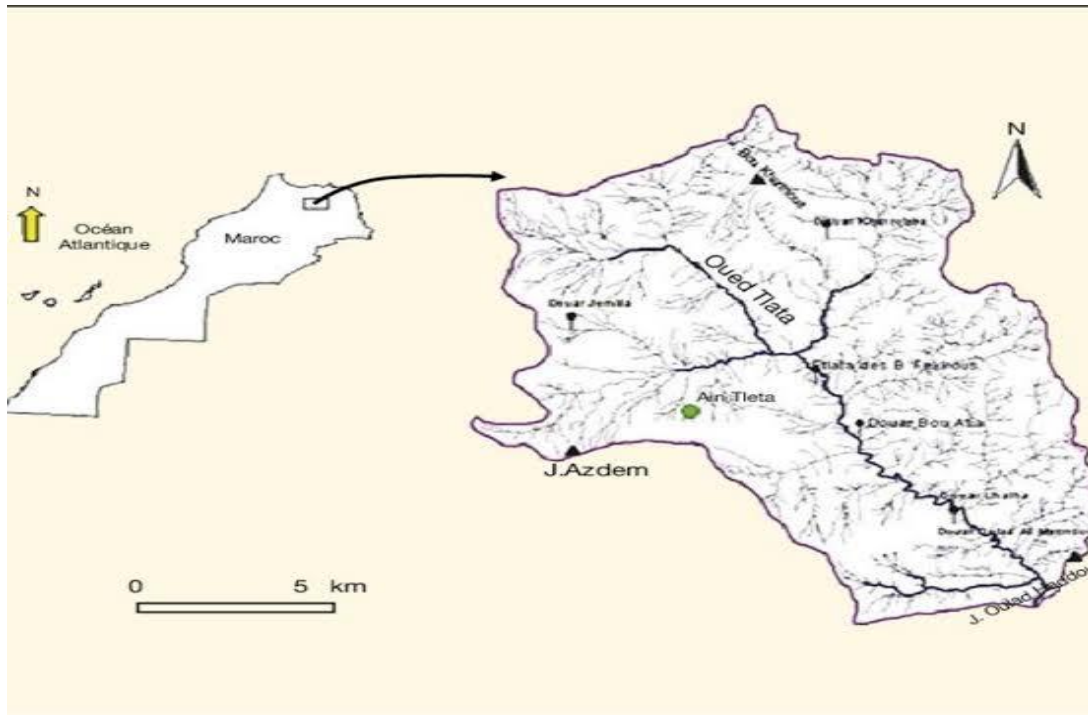


Figure 2: Situation géographique de bassin Oued Tlata. (TRIBAK.A, 2009)

I.2.Caractéristiques physiques du bassin versant

I.2.1.Caractéristiques de forme

La détermination des caractéristiques est nécessaire pour déterminer et analyser le comportement hydrologique d'un bassin versant (lame d'eau, précipitation, bilan..... etc.)

-la surface d'Oued Tlata : 88.7km^2

- le périmètre d'Oued Tlata : 50km

I.2.1.1- Indice de compacité (de Gravelius): (Musy.A. ,2005)

$$Kc = \frac{p}{2\sqrt{\pi \times A}}$$

$$Kc = 0.28 \frac{p}{\sqrt{A}}$$

$$Kc = 0.28 \times \frac{50}{\sqrt{88.7}}$$

$Kc = 1.48$ Bassin versant Oued Tlata forme Allongé.

I.2.1.2. rectangle équivalent:

$$P = 2(L + l)$$

$$A = L \times l$$

-la longueur:

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

$$L = \frac{1.48 \times \sqrt{88.7}}{1.12} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{1.48} \right)^2} \right]$$

$$L = 20.409km$$

-la largeur:

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

$$l = \frac{1.48}{1.12} \times \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{1.48} \right)^2} \right]$$

$$l = 4.48km$$

Pour notre cas d'étude dans ce bassin la longueur est de 20.409 Km et sa largeur est de 4.48 Km.

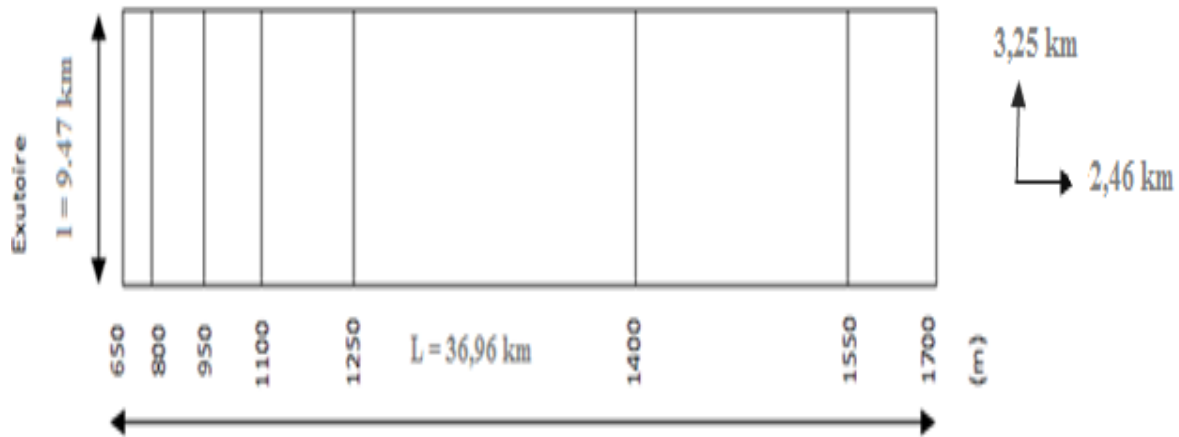


Fig. 3 : Rectangle équivalent du bassin versant d'Oued tlata

I.3.2- Etude du réseau hydrographique :

Un réseau hydrographique est un organisme d'écoulement d'importance très variable, formé par un ensemble d'éléments linéaires hiérarchisés. L'espace drainé est un bassin hydrographique (bassin versant) délimité par des lignes de partage des eaux qui le séparent des réseaux adjacents. Quand il s'agit d'un réseau d'oueds, la partie fonctionnelle (bassin ruisselant) peut être très réduite en raison d'une aridification du climat depuis sa constitution ; cette dégradation du drainage se manifeste par des discontinuités entre ses éléments et par l'édification de bouchons dunaires dans les lits. **(site2)**

L'hydro morphologie vise à définir la forme des bassins hydrographiques, la densité et l'organisation du drainage. **(site2)**

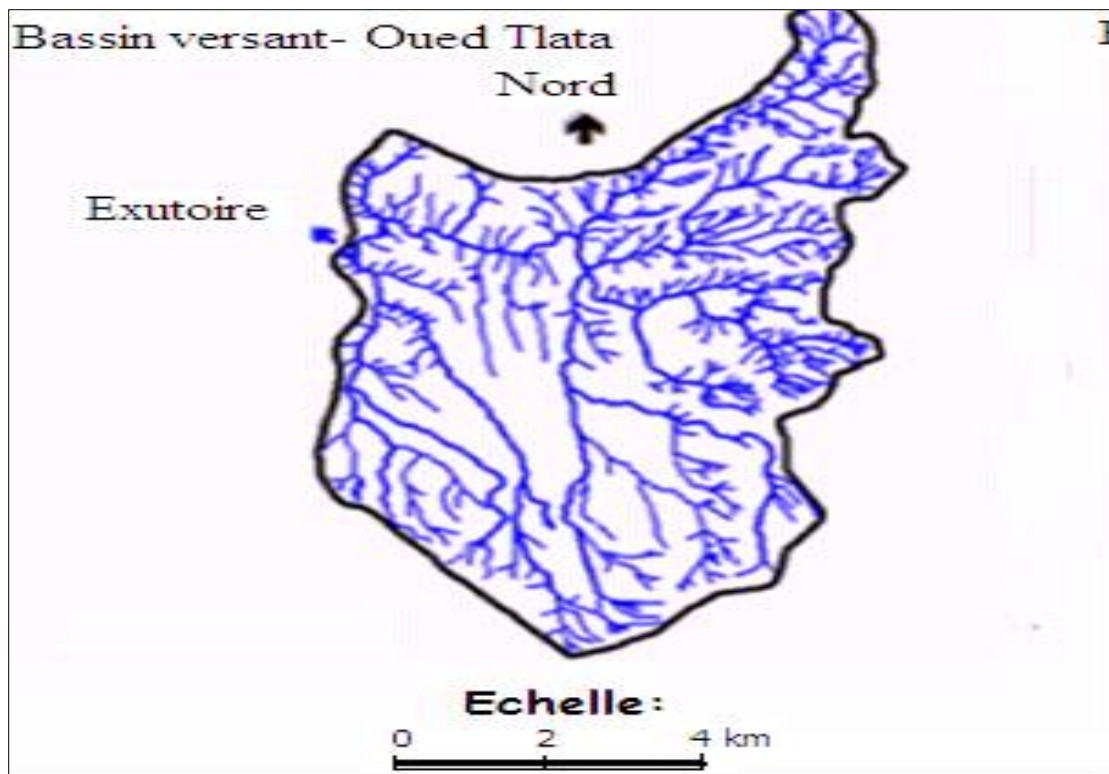


Figure 4: Réseau hydrographie du bassin versant Oued Tlata.(BENMIA K.2012)

I.3.2.2.densité de drainage:

- Densité de drainage (Dd) : La densité de drainage ou talweg est le rapport de la longueur totale du canal de la zone drainée .Elle dépend de la structure et de la lithologie du bassin, ainsi que des conditions climatologiques et anthropiques

$$Dd = \sum Li/A$$

Dd : Densité de drainage

Li : longueur total de tous les chemins de vallée dans le bassin (km)

A : Surface de bassin en km²

- La Fréquence des canaux est le nombre total de canaux par zone :

$$F = \sum Ni/A$$

F : densité du réseau hydrographique

Ni : nombre de cours d'eau

S : surface du bassin versant (km²)

- Coefficient de Torrentialité : donne une idée sur le comportement de réseau de drainage par la formule :

$$Ct=Dd*F$$

Ct : coefficient de torrentialité

Dd : densité de drainage

F : fréquence des thalwegs

- Temps de concentration : c'est le temps d'avoir la réponse hydrographique par les trois formules :

-Formule de Californie :

$$Tc = \left(\frac{0.87 * L^3}{H_{max} - H_{min}} \right) * 0.386$$

Tc : temps de concentration (heure)

L : longueur du thalweg principal (km)

(Hmin- Hmax) l'altitude maximale et minimale du bassin versant (m)

Pour notre bassin d'oued Tlata : Tc=0.685h=0.42mn.

- Formule de giandotti:

$$Tc: \frac{4\sqrt{A} + 1.5Lp}{0.8\sqrt{H_{moy} - H_{min}}}$$

Tc : temps de concentration (heure)

Lp : longueur du thalweg principal (km)

A : surface du bassin versant (km²)

Hmoy : altitude moyenne du B.V(m)

Hmin : altitude minimale du B.V (m)

Tc=120h/2h

-Formule de kripich :

$$Tc = 0.6615 * Lp^{0.77} * Imoy^{0.385}$$

Tc=0.980h=59mn.

-Vitesse de ruissellement:

$$Vt = \frac{Lp}{Tc} = 3.9 \text{ km/h}$$

I.3.3- Etude du Relief

On représente les reliefs par la courbe hypsométrique en ordonnée les Altitudes et les surfaces cumulées.

- Tableau 1: Répartition du bassin versant d'Oued Tlata en tranches d'altitudes:(**BENMIA K.2012**)

Tranche d'altitude(m)	Si (Km²)	Si (%)	Si cumulées (Km²)	Si (%) Cumulées
1075 à 1000	0.58	0.65	0.58	0.65
1000 à 900	2.05	2.31	2.63	2.97
900 à 800	2.51	2.83	5.14	5.79
800 à 700	2.75	3.10	7.89	8.90
700 à 600	4.59	5.17	12.48	14.07
600 à 500	7.61	8.58	20.09	22.65
500 à 400	9.35	10.54	29.44	33.19
400 à 300	14.03	15.82	43.47	49.01
300 à 200	29.73	33.52	73.2	82.53
200 à 100	14.98	16.89	88.18	99.41
100 à 60	0.58	0.65	88.76	100

A-Hypsométrie:

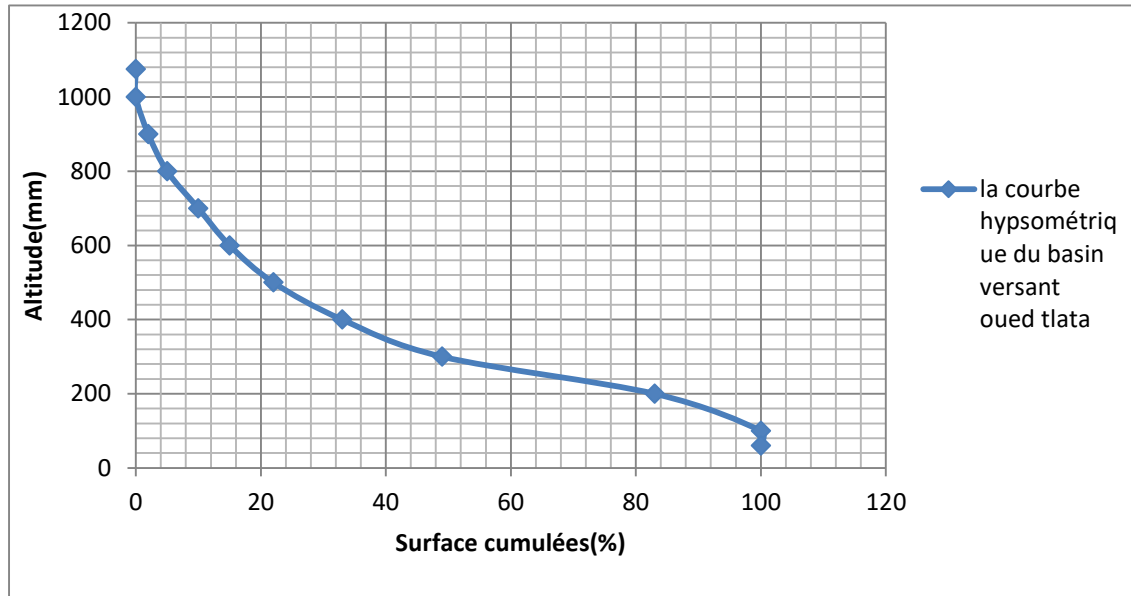


Figure 5 : courbe hypsométrique du bassin versant d'Oued Tlata

-A partir la courbe hypsométrique on a :

*Altitude maximal : 1075 m

*Altitude minimale : 60 m

*Altitude moyen : 381.85 m

$$h(moy) = \frac{1}{A_{TOTALE}} \sum^n \left(S_i \frac{h_1 + h_2}{2} \right)$$

*Altitude à 95% de la courbe : 115 m

*Altitude médiane à 50% de la courbe : 295 m

*Altitude à 5 % de la courbe : 865 m

-Histogramme altimétrique :

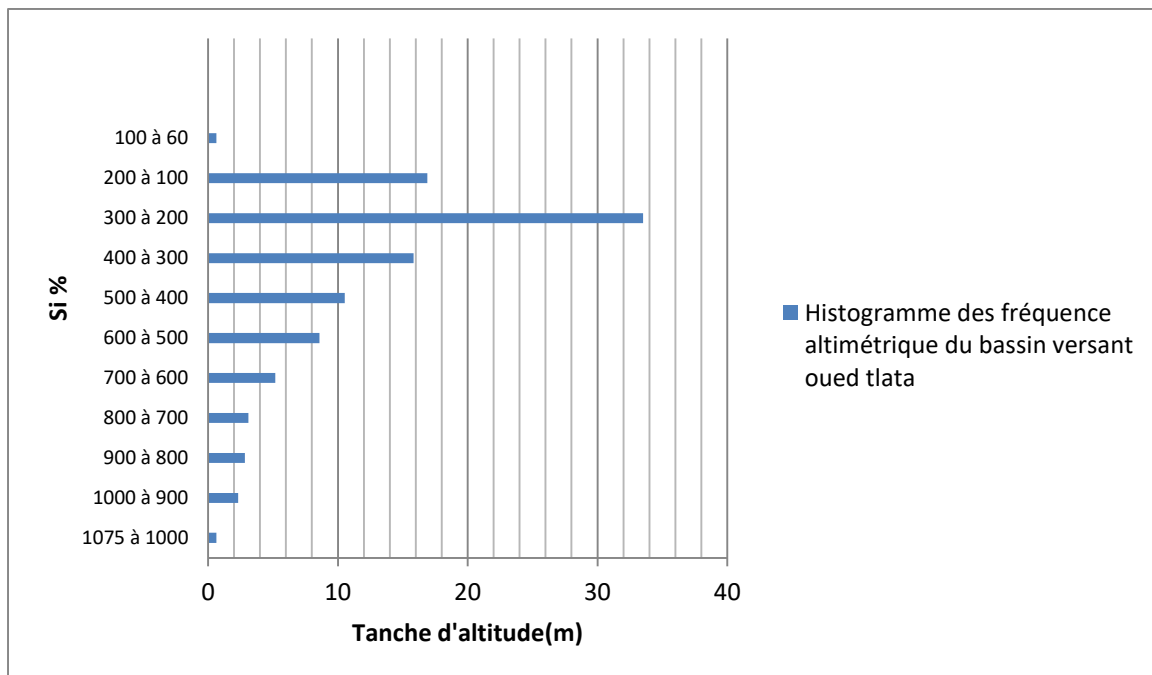


Figure 6: histogramme altimétrique du bassin versant Oued Tlata

I.3.3.2- Etude des pentes :

➤ Dénivelé : $D = Z_a \% - Z_b\%$

$$D = Z (5\%) - Z (95\%)$$

$$D = 865m - 115 m$$

$$D = 750 m$$

A.indice global (I g):

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

D : Dénivelé

L : la longueur de rectangle équivalent

$$I_g = \frac{750}{20.409}$$

$$I_g = 36.7$$

$$I_g = 0.367$$

B-Indice de roche Ir : (BOUZIANI et ELHASSARL, 2021)

$$Ir = \frac{1}{\sqrt{L}} \sum \sqrt{a_i d_i}$$

Ir= 0.052 indice de roche oued tlata

Tableau 2 : classification du relief selon Ig et Ds :

Relief très faible	$Ig \leq 0.002$	$Ds < 10$
Faible	$0.002 < Ig < 0.005$	$10 < Ds < 25$
Assez faible	$0.005 < Ig < 0.01$	$25 < Ds < 50$
Modéré	$0.01 < Ig < 0.02$	$50 < Ds < 100$
Assez fort	$0.02 < Ig < 0.05$	$100 < Ds < 250$
Fort	$0.05 < Ig < 0.5$	$250 < Ds < 500$
Très fort	$0.5 < Ig$	$500 < Ds$

- $Ig = 0.367$ donc le relief très fort.

➤ *dénivelé spécifique* : $Ds = Ig \sqrt{A}$

$$Ds = 36.7 \sqrt{88.7}$$

$Ds = 345.64$ m donc le relief fort

-La pente moyenne (Pmoy) : Pour déterminer les temps d'écoulement et de concentration, avec la formule suivante :

$$P_{moy} = \frac{D \cdot L}{A}$$

P(moy) : pente moyenne (m /km)

D : équidistance entre les deux courbes de niveau (m)

A : surface du bassin versant (km²)

L : Longueur total de courbes de niveau (km)

P (moy) = 49%.

I.3.4- La géologie d'oued Tlata

La région de Ghazaouet est située à l'extrémité occidentale du Tell méridional constitué par le massif des Traras. Les monts de Traras et la bande côtière de Ghazaouet font partie du domaine externe de l'orogénèse nord magrébin. (BENMIA K.2012).

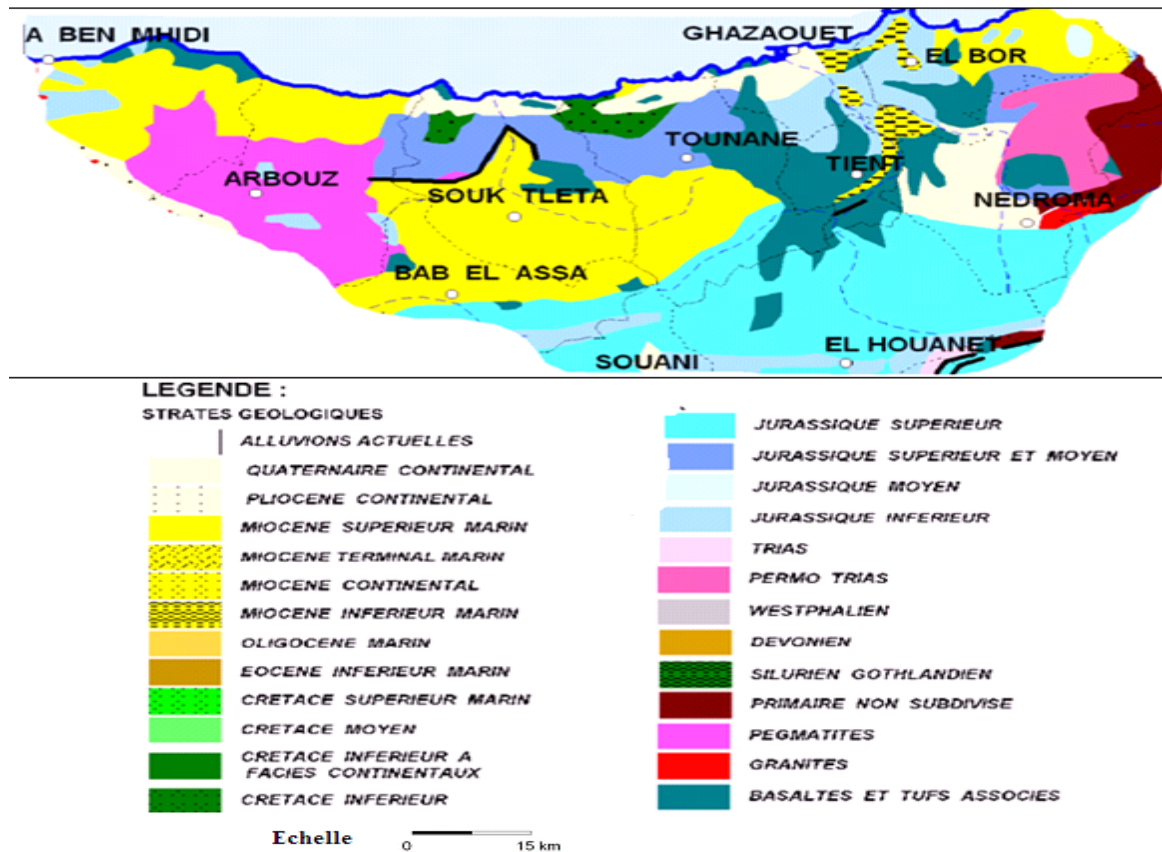


Figure 7: Extrait de la carte géologique de la région de Tlemcen. (Source: DHW Tlemcen) (BENMIA K.2012)

I.3.4.1-la stratigraphie : a partir de la carte on la stratigraphie suivante :

-secondaire :

- *Trias : représente des argiles a coté des vallées des oueds
- *Lias : calcaire très durs à l'Est et au sud –ouest de Ghazaouet
- *oxfordien supérieure : la partie sud –Est d'oued Tlata
- *synchro –nappes : des marne a partie sud oued ghazouana

-quaternaire : des roches volcanique sur les hauts

-Calabrien marin et dunaire : a la coté de la mer

-Croute calcaires anciennes et la croutes post-Calabrien

- Alluvions : sur les vallées d'oued et le Nord-ouest de la région

I.3.4.2- La Tectonique:

Le massif de trara et la chaîne de djebel fellaoucéne est la principale unité tectonique côtière.

La bosse granitique de Nedroma représente une série de reliefs souterrains hercyniens séparés les monts fillaousen.

I.3.5 -Hydrogéologie : la zone d'étude est constituée de plusieurs strates et celles-ci sont considérées uniquement comme des aquifères potentiels, pour :

I.3.5.1 Aquifère plio - quaternaire:

a- Depots des galleries :

De l'oued Ghazouana et de l'oued Zini : ces nappes sont les plus importantes

D'une superficie de 51.20 km^2 avec une profondeur moyen de 10m à 40 m selon le sens du courant à la mer. Cet aquifère exploité par une série des puits individuels. Qui servant à consommation en eau potable de boisson et d'irrigation du débit de $750 \text{ m}^3/\text{j}$ (ANRH 2008)

Grace à l'étude de prospection électrique on a :

-Dépôt assez grossier superficiel sec et sable de résistivité de 10ohm/m et des sables graviers à résistivité 20 ohm/m.

-des alluvions au nord ouest du bassin de résistivité 10ohm/m.

-l'épaisseur des alluvions varier entre 3m et 15 m.

➤ Aquifère alluvial de l'oued Abdallah :

Le développement de cet aquifère se fait à travers plusieurs puits et forages. Deux puits majeurs ont récemment été réalisés. L'un est géré par l'usine E.C.O et l'autre est géré par AD.E, donnant un débit de 400 m depuis un autre endroit.

Des puits secondaires individuels sont utilisés pour l'irrigation dans les zones Oulad Dali Draouch et Mestari.

➤ Nappe phréatique de surface de l'Oued El Bir :

Utilisée par les puits locaux avec un débit de 200 m/j. De plus, il existe de nombreux puits individuels servant à l'alimentation en eau potable (A.E.P) (A.N.R.H). Les formations de basalte quaternaire ont des sources qui émergent des rivières basses en raison de la sécheresse.

➤ Mer et dunes calabraises : Adjacentes à la mer, à l'est de l'oued Gheznaoua, il existe d'importantes réserves, mais pas de sources de surface ni de puits d'affaissement.

- Basalte quaternaire : il existe plusieurs forages à débit moyen dans cette formation.

b- Nappe basaltique : Cette nappe s'étend en semi-continu sur une très grande surface au sud de la ville et son eau est de très bonne qualité (A.N.R.H, 2008).

I.3.5.2-Aquifère Lias : En raison de la faible profondeur des puits forés, qui n'atteignent pas le substrat rocheux imperméable, ce potentiel aquifère est peu préoccupant. (BOUZIANI et ELHASSARL, 2021)







Épaisseur (m)	Formations Lithologique	Log	Description lithologique
50	Calcaire récifale avec au sommet des couches limoneuses		Très perméable
5	Marne jaunâtre à bioclastes		imperméable
20	Sable verdâtre à jaunâtre		perméable
3	Conglomérats millimétrique à centimétrique		perméable
25	Marnes jaunâtre à schistosité Plus au moins dur, devenant Verdâtre vers la base		imperméable
36	Calcaire micritique grisâtre		perméable

Figure 8: caractéristique hydrogéologique des principales formations géologiques.

I.6- Conclusion :

D'après l'étude morphométriques le bassin versant Oued Tlata à une superficie de 88.7km^2 Et de périmètre 50km est caractérisé par :

Une altitude maximale de 1075 m et de 381.85m minimale avec une pente moyenne globale de 36.21%.

Coefficient de graveleuse (kc):1.48 Bassin forme Allongé.

La longueur principale de thalweg est (Lp): 7.5km.

la longueur de rectangle équivalent : 20.40 km et de largeur de 4.48km

Densité de drainage (Dd) $3.19\text{km}/\text{km}^2$ et densité spécifique (Ds) 341.03.

Coefficient de torrentialité (Ct):0.67h.

Vitesse de ruissellement (V_t): 3.9 km/h.

Chapitre II: Etude hydro climatique:

II.1-Introduction:

Tout milieu géographique, terrestre ou océanique de surface, baigne dans l’atmosphère et subit ses variations saisonnière de température, d’humidité, d’électricité statique ; etc., aux quelles on donne le nom de climat. Il n’est pas de composante plus importante pour un écosystème que le climat (**Jean.D, 2009**)

Ont a utilisé la station météorologiques de Ghazaoeut pour déterminer le climat de la zone.

II.2- Etude des paramètres climatiques

II.2.1- Etude des précipitations

II 2.1.1- Précipitations annuelles

- Tableau 3 : précipitations moyennes annuelles de la station Ghazaouet depuis 1986 jus ‘qua2015 :

Année	P (mm)	Année	P (mm)
1986-1987	337.9	2000-2001	329.9
1987-1988	340.7	2001-2002	424.4
1988-1989	389.4		
1988-1990	473.1	2002-2003	384.2
1990-1991	354.1	2003-2004	558.3
1991-1992	341.1	2004-2005	321.3
1992-1993	659.8	2005-2006	396.2
1993-1994	351.1	2006-2007	304.7
1994-1995	462.8	2007-2008	305.8
1995-1996	318.7	2008-2009	667.4
1996-1997	267.7	2009-2010	520.3
1997-1998	287.2	2010-2011	389.4
1998-1999	288.3	2011-2012	393.1
1999-2000	275.1	2012-2013	602
		2013-2014	529.5
		2014-2015	431.7

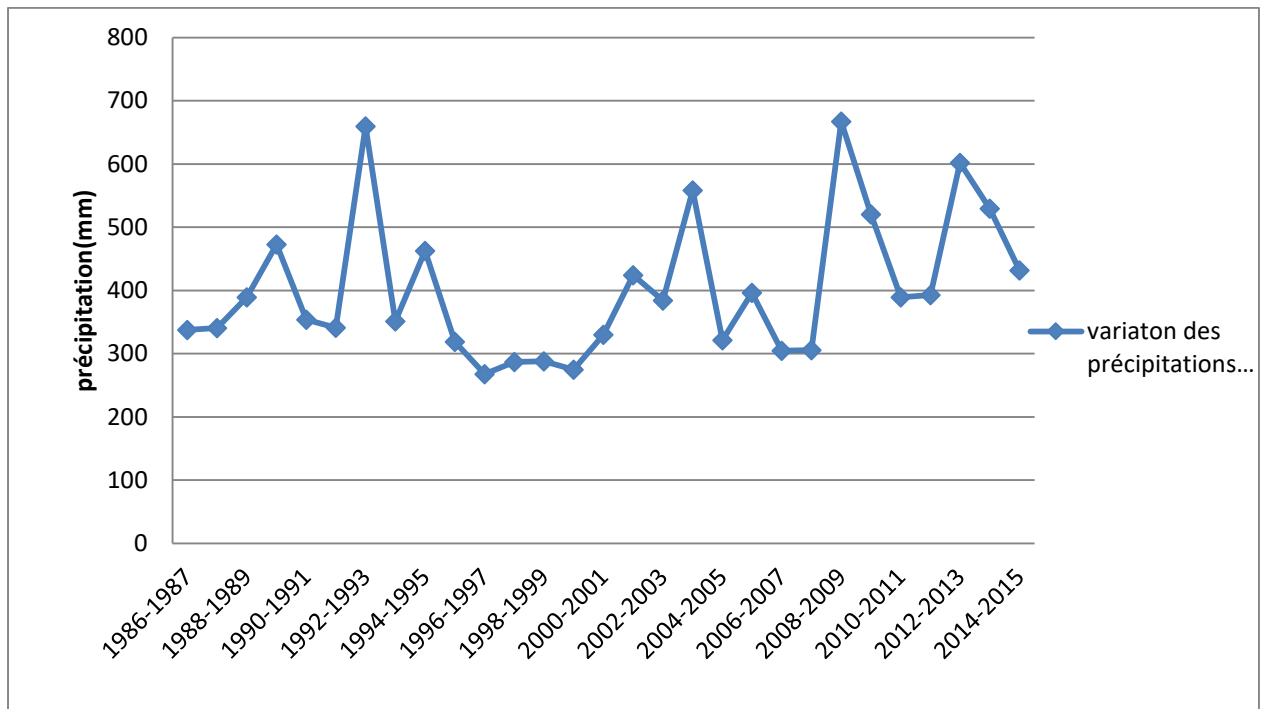


Figure 9: Variation des précipitations annuelle 1986-1987/2014-2015

D'après la figure 8 on a observé :

- la moyenne annuelle d'année 1986/1987 et 2014/2015 de la station météorologique Ghazaouet est : 403.6mm

- la variation maximale années 2008/2009 est de 667.4mm et minimale année 1996/1997 est de 267.7mm

II 2.1.2- Précipitations mensuelles

➤ Tableau 4 : des précipitations moyennes mensuelles :

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A
Précipitation (mm)	38.6	36.1	66.3	45	59.4	46.2	43.3	30.4	27	4.8	1.9	4.6

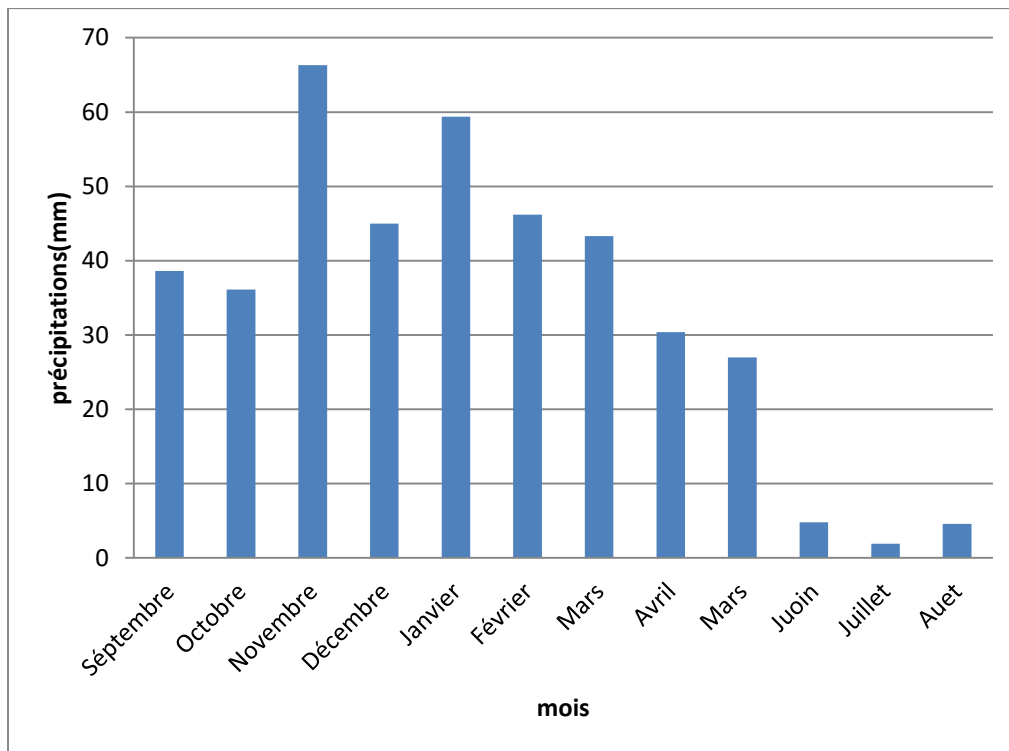


Figure 10 : Variation de la précipitation mensuelle (1986-1987/2014-2015)

Cette figure représente la variation des précipitations moyennes mensuelles 1986-1987/2014-2015 on a observé que :

Le moi le plus pluvieux c'est le mois de Novembre 66.3 mm et le mois le plus sec c'est le mois de juillet.

II.2.1.3- Précipitations saisonnières

- Automne : 141mm
- Hiver : 150.6mm
- Printemps : 100.7mm
- Eté : 11.3mm

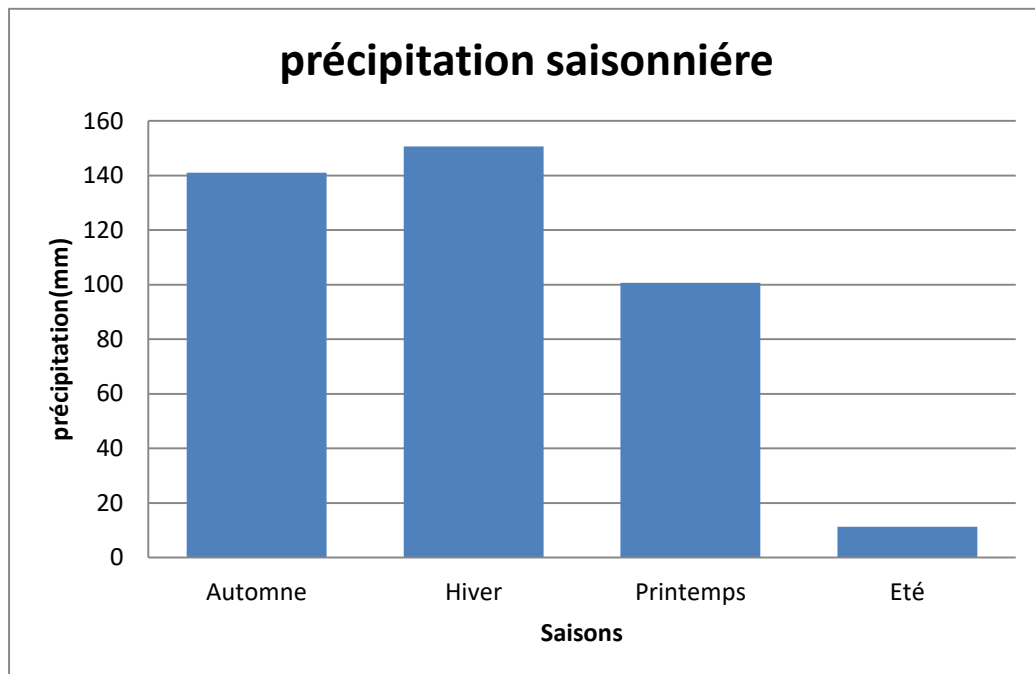


Figure 11: variation des précipitations saisonnières

Cette figure représente la variation des précipitations saisonnières on à observé que :
-Hiver : 150.6mm le plus pluvieux et l'Eté : 11.3mm le plus sec.

II 2.2 Etude Températures :

II 2. La température annuelle moyenne

Fait référence à la moyenne des températures maximales et minimales d'une année. Le calcul prend la température moyenne du mois le plus froid de l'année et établit en moyenne avec la moyenne du mois le plus chaud de l'année. La température annuelle moyenne est un outil climatologique précieux qui permet d'évaluer le changement climatique d'une région(**site3**)

2.1 Températures annuelles :

Ce tableau dessous montre les variations des températures moyennes annuelles la période 1986-1987/2014-2015

Tableau 5: des températures (1986-1987/2014-2015)

Années	Températures
1986-1987	18.10
1987-1988	18.89
1988-1989	18.48
1989-1990	19.54
1990-1991	18.49
1991-1992	18.04
1992-1993	18.02
1993-1994	18.64
1994-1995	18.65
1995-1996	19.08
1996-1997	18.51
1997-1998	19.26
1998-1999	19.17
1999-2000	19.03
2000-2001	19.10
2001-2002	18.85
2002-2003	19.4
2003-2004	18.9
2004-2005	18.57
2005-2006	18.68
2006-2007	19.28
2007-2008	19.15
2008-2009	18.82
2009-2010	19.73
2010-2011	18.85
2011-2012	18.34
2012-2013	18.48
2013-2014	18.61
2014-2015	19.26

Avons utilisé la température annuelle de la station de ghazaouet. La valeur moyenne obtenue (tableau 5.20) correspond à 29 années observations (1986/1987_2014/2015) .

II2.2.1 Températures mensuelles:

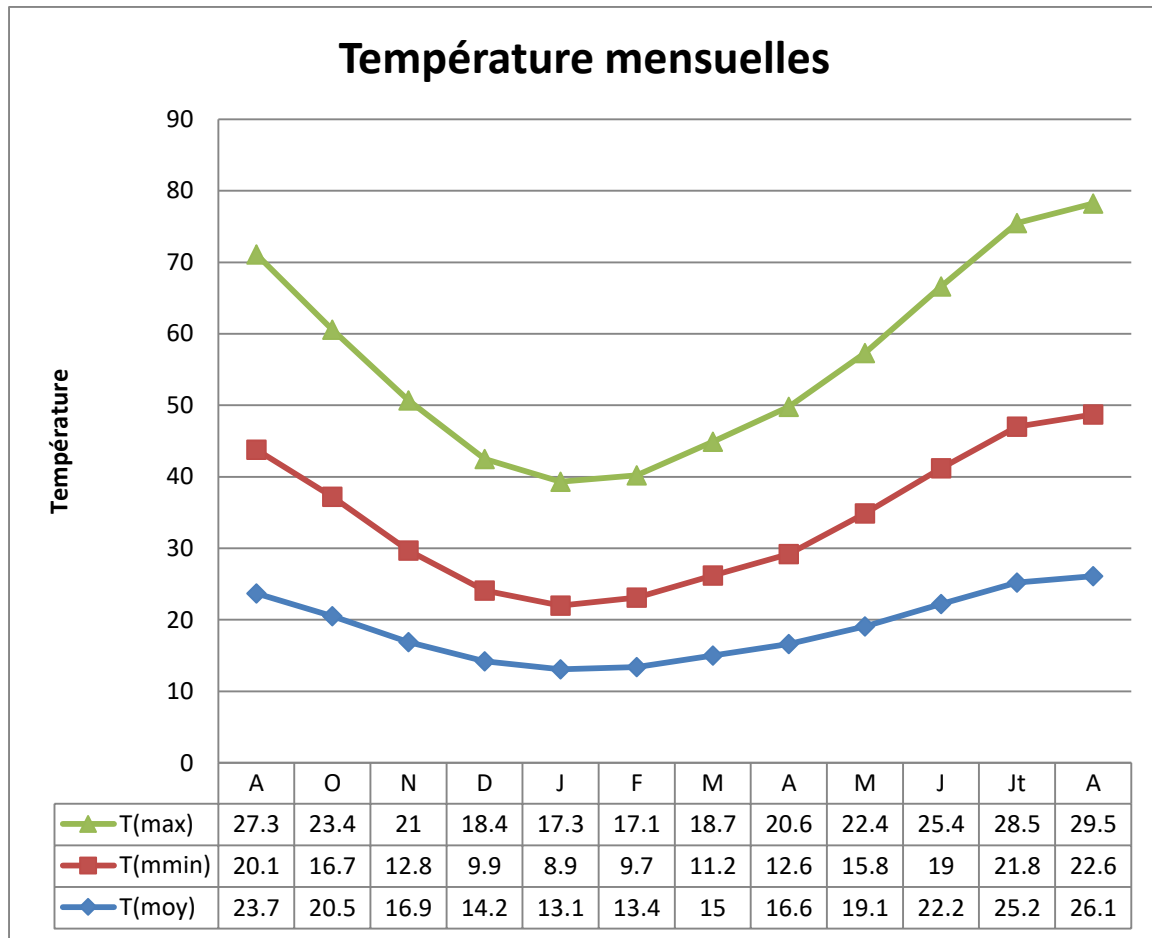


Figure 12: Variation des températures mensuelles

D’après cette figure on à observé trois courbes de température maximale et moyenne et minimale montre que le mois d’Aout c’est le mois le plus sec.

II 2.3- Evapotranspiration potentielle:

L’évapotranspiration se réfère au volume d’eau exsudé par évaporation et transpiration dans une région. Si la quantité d’eau disponible sous forme d’humidité du sol est suffisante pour que les plantes puissent maintenir le taux de transpiration à un niveau maximal, en d’autres termes, si l’eau n’est pas un facteur limitatif de la transpiration, alors, l’évaporation s’appelle, d’après THORNTHWAITE, l’évapotranspiration potentielle. C’est en considérant ce phénomène hydrologique que l’ingénieur, la plupart du temps, peut établir le bilan hydrique à l’échelle régionale(**site 4**)

2.3.1- Evapotranspiration potentielle annuelle:

Le calcul de l’ETP a été réalisé pour chaque Année à l’aide de la formule de Turc :

-On a:

➤ **Formule de Turc:**

$$ETP=0.4(Ig + 50)k \frac{T}{T+15}$$

ETP: Evapotranspiration.

T: Température moyenne mensuelle de l ‘air °C

Ig: Radiation global moyenne.

K: coefficient

$$K=1+\frac{50-hr}{70}$$

on à le tableau ce dessous montre l ‘ETP la période 1986-1987/2013-2014:

➤ **Tableau 6: Variation des ETP Turc :**

Année	ETP	Année	ETP	Année	ETP	Année	ETP	Année	ETP
1986-1987	989.9	1992-1993	986.7	1999-2000	1012.1	2005-2006	1004.1	2011-2012	994.1
1987-1988	1007.3	1993-1994	1002.6	2000-2001	1012.5	2006-2007	1014.5	2012-2013	996.8
1988-1989	998.1	1994-1995	1001.7	2001-2002	1007.2	2007-2008	1014.3	2013-2014	1002.1
1989-1990	1019.7	1995-1996	1009.6	2002-2003	1019	2008-2009	1006.8		
		1996-1997	999.1						
1990-1991	995.1	1997-1998	1014.5	2003-2004	1005.9	2009-2010	1025.5		
1991-1992	987.4	1998-1999	1015.2	2004-2005	999.9	2010-2011	1007.9		

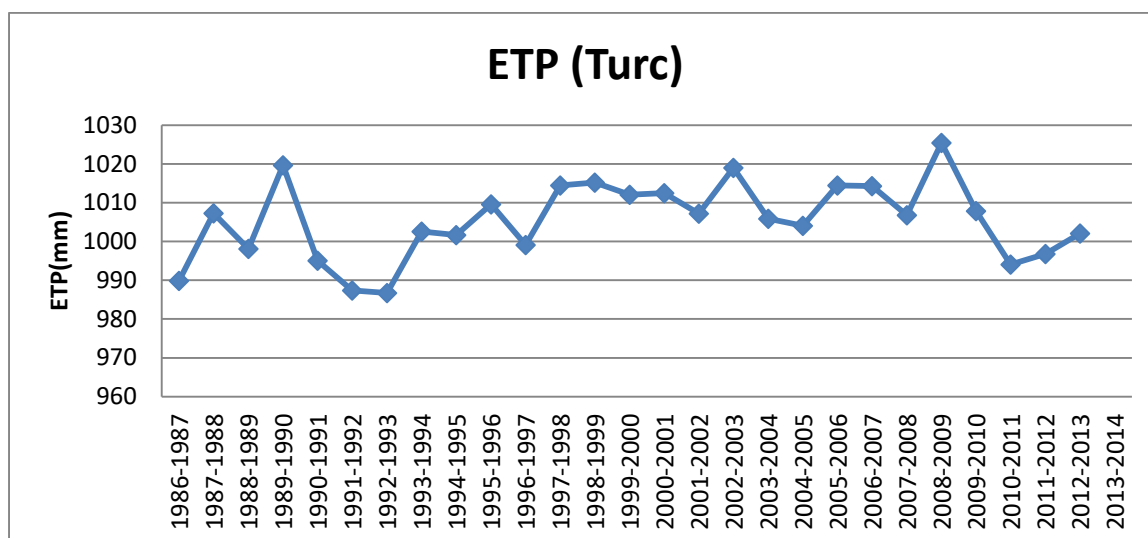


Figure13: Variation des ETP Turc 1986-1987/2013-2014

Cette figure montre les variations des ETP Turc et on a observé que l'année 2009-2010 on à une Evatranspirations élevée.

II.2.3.1- Estimation de l'évapotranspiration

II-2.4 Etude du climat

Pour faire une étude climatique on à besoin des données des précipitations et températures mensuelles :

Tableau 7 : précipitations et températures moyennes mensuelles :

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A
Précipitation (mm)	38.6	36.14	66.29	45.02	59.38	46.23	43.31	30.39	27	4.71	1.94	4.62
Température°C	23.7	20.5	16.9	14.2	13.1	13.4	15	16.6	19.1	22.2	25.2	26.1

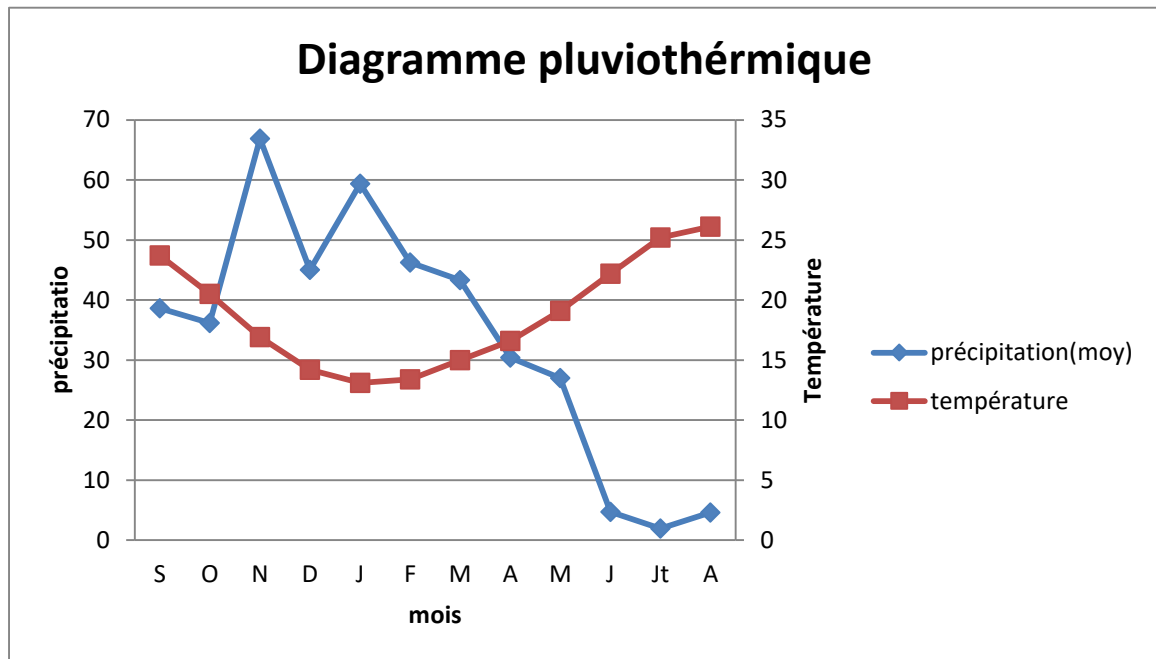


figure 14 : diagramme pluviométrique

A partir le graphe on à deux courbe, une courbe de température et une courbe de précipitation on à observé une climat humide le mois d'octobre jus 'qua le mois d'avril et une climat sèches les autre mois.

-Indice climatique :

L'étude des indices climatiques très importante pour étudier le type de climat d'une zone.

➤ Tableau 8 :les indices climatiques

Indice d'aridité de Martonne $I = \frac{p}{t + 10}$	Indice d'aridité mensuel de Martonne $i = \frac{12p}{T + 10}$	Indice climatique d'emberger $Q_2 = \frac{200}{M^2 - m^2}$	Indice de Morale annuel $Im = \frac{p}{0.1t^2 - t + 20}$
14.01	15.49	67.06	12.62

Avec :

P : précipitation.

T : température.

➤ Tableau 9: Les méthodes pour mesuré évaporation et déficit de débit

Méthode de Wundt	Méthode de Turc	Méthode de Thornthwaite
430mm	396.9mm	91.31mm

II.3- Etude hydrologique :

Cette étude est baser sur les débits mesurés a la station hydrométrique d'oued Tlata. Les caractéristique de la station c'est le code 040101 dans le période (1986/1987-2014/2015).

II.3.1- Etude des modules (débits) :

II .3.1.1- Débit annuels :

➤ Tableau10: Variation des débits annuelles:

Année	Débit m^3/s	Année	Débit m^3/s	Année	Débit m^3/s	Année	Débit m^3/s	Année	Débit m^3/s	Année	Debit m^3/s
1986-1987	0.145	1991-1992	0.043	1996-1997	0.007	2002-2003	0.042	2007-2008	0.055	2012-2013	0.179
1987-1988	0.012	1992-1993	0.034	1997-1998	0.047	2003-2004	0.119	2008-2009	0.287	2013-2014	0.139
1988-1989	0.103	1993-1994	0.031	1998-1999	0.075	2004-2005	0.026	2009-2010	0.096	La moyenne 0.07	
1989-1990	0.042	1994-1995	0.05	1999-2000	0.017	2005-2006	0.038	2010-2011	0.055		
1990-1991	0.093	1995-1996	0.016	2000-2001	0.025	2006-2007	0.031	2011-2012	0.13		

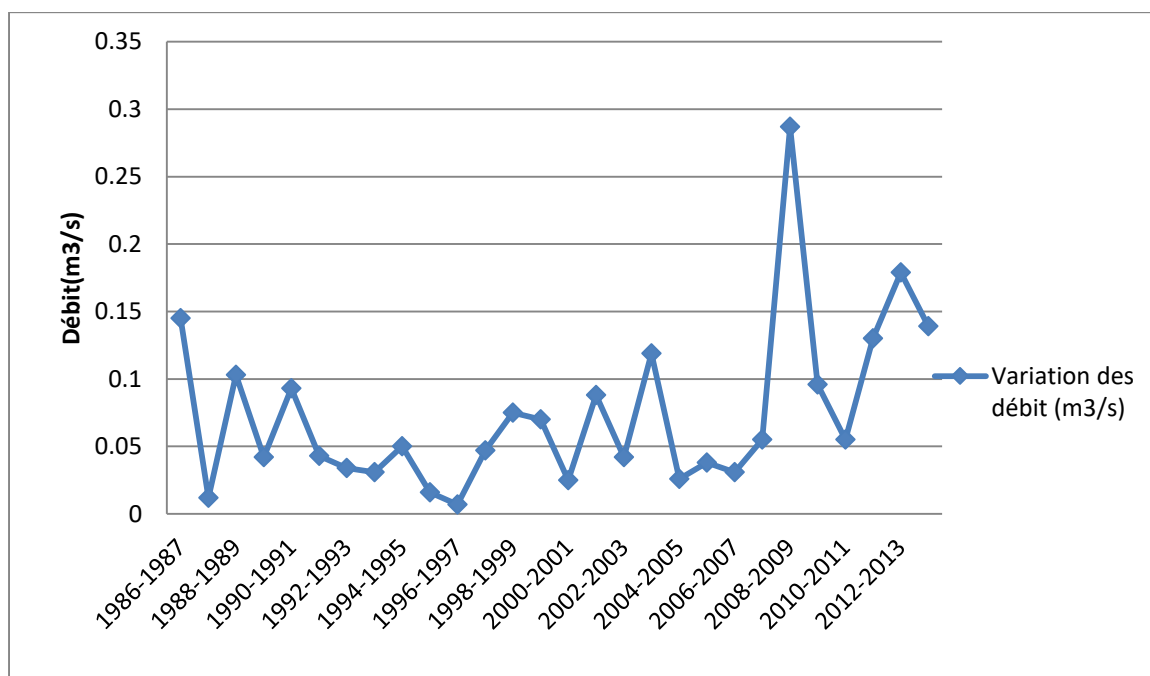


Figure15 : Variation des débits annuels (1986-1987/2013-2014)

La figure montre la moyenne interannuelle de la période 1986-1987/2013-2014 est de $0.07m^3/s$ et un débit maximale de $0.287m^3/s$ année 2008-2009 et minimale de $0.007m^3/s$ année 1996-1997

II .3.1.2– Débit moyen mensuelle:

➤ Tableau 11 : montre les débits mensuelles moyennes de la station Oued Tlata à partir d'année 1986/1987 jus qu'à 2013/2014 :

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A
Débit Q (m^3/s)	0.016	0.017	0.14	0.081	0.12	0.123	0.217	0.57	0.06	0.019	0.01	0.006

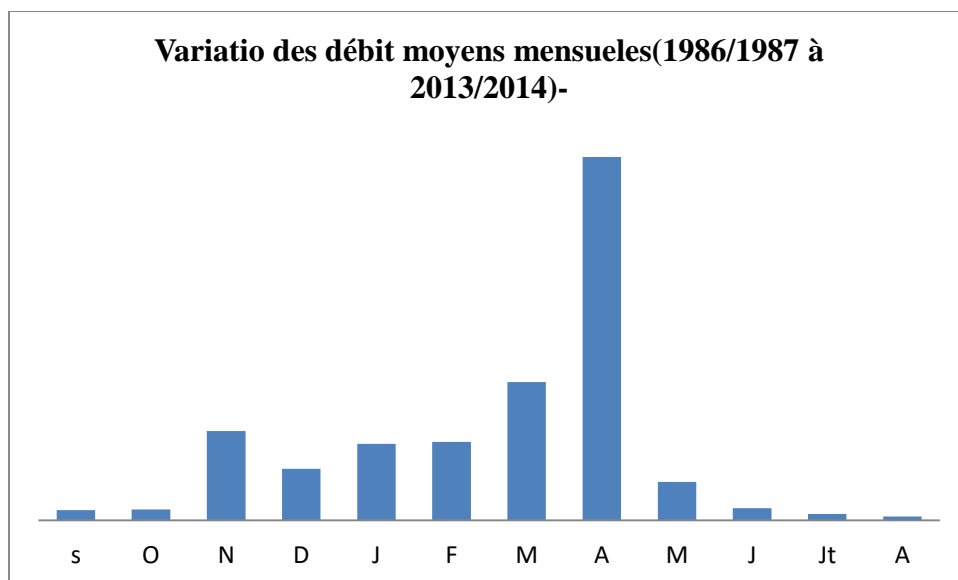


Figure16 : Variation des débits moyens mensuelles 1986 jus 'qua 2014

Cette figure montre les variations des débits moyens mensuelles 1986-1987/2013-2014 on a observé le mois d'avril avec un débit maximale de $0.57 (m^3/s)$ et un débit minimale de $0.006 (m^3/s)$ le mois Aout.

II .3.1.2 - Débit saisonniers :

Tableau12 : débit saisonnières :

Saisons	Automne	Hiver	Printemps	Eté
Q (m^3/s)	0.058	0.108	0.112	0.012

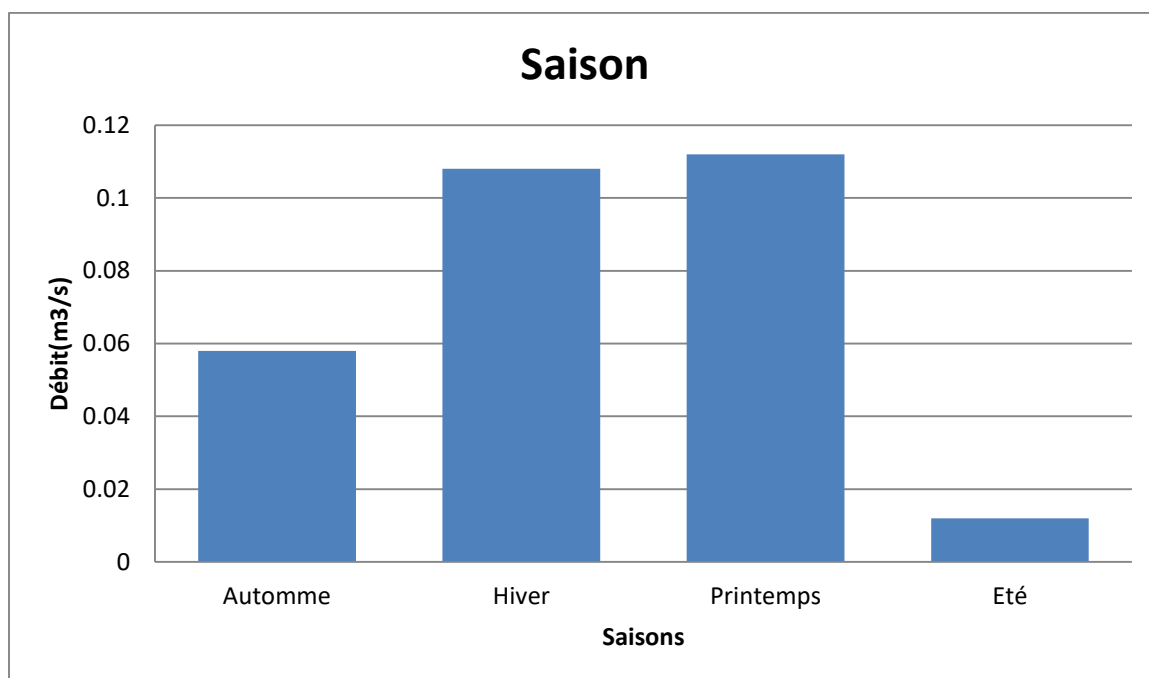


Figure17 : débit saisonnière

II.3.2- Etude des lames d'eau écoulées

II.3.2.1- Etude des lames d'eau écoulées annuelles :

➤ Tableau13 : Variation des lames écoulées 1986-1987/2013-2014:

Année	Débit (mm)	Année	Débit (mm)	Année	Débit (mm)	Année	Débit (mm)	Année	Débit (mm)	Année	Debit(mm)
1986-1987	51.55	1991-1992	15.2	1996-1997	2.488	2002-2003	14.9	2007-2008	19.5	2012-2013	63.64
1987-1988	4.26	1992-1993	12	1997-1998	16.7	2003-2004	42.3	2008-2009	102.03		2013-2014
1988-1989	36.62	1993-1994	11	1998-1999	26.66	2004-2005	9.2	2009-2010	34.13		
				1999-2000	6						
1989-1990	14.09	1994-1995	17.7	2000-2001	8.8	2005-2006	13.5	2010-2011	19.55		
1990-1991	33.06	1995-1996	5.6	2001-2002	31.28	2006-2007	11	2011-2012	46.21		

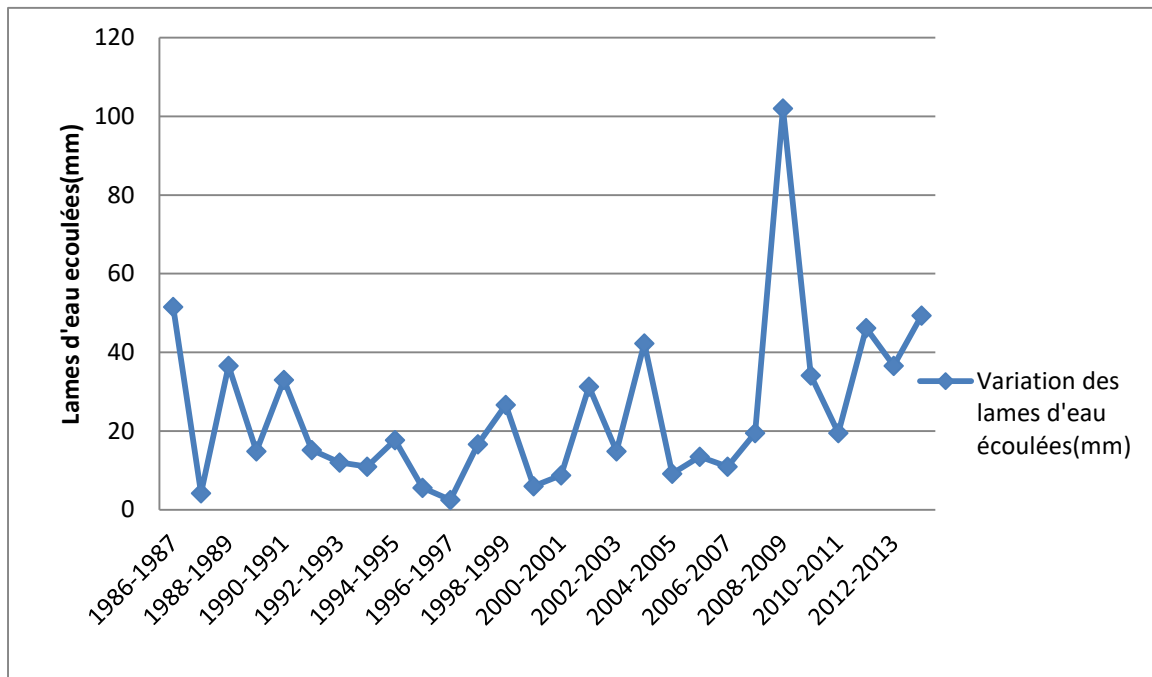


Figure18 : variation interannuelle des lames d'eau écoulées 1986-1987/2013-2014

Cette figure montre les variations interannuelles des lames d'eau écoulées 1986-1987/2013-2014 on a observé une lame d'eau écoulée maximal de 102.03mm année 2008-2009 et une lame d'eau minimale de 2.488mm année 1996-1997.

II.3.2.2- Etude des lames d'eau écoulées moyennes mensuelles

➤ Tableau 14 : Variation lames d'eau écoulées mensuelle de station Oued Tlata 1986/1987 jus' qua 2013/2014 :

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A
Lame d'eau (mm)	12.9	14.1	114.8	68.2	100.9	94	183.8	46.7	51	15.3	8.5	5.3

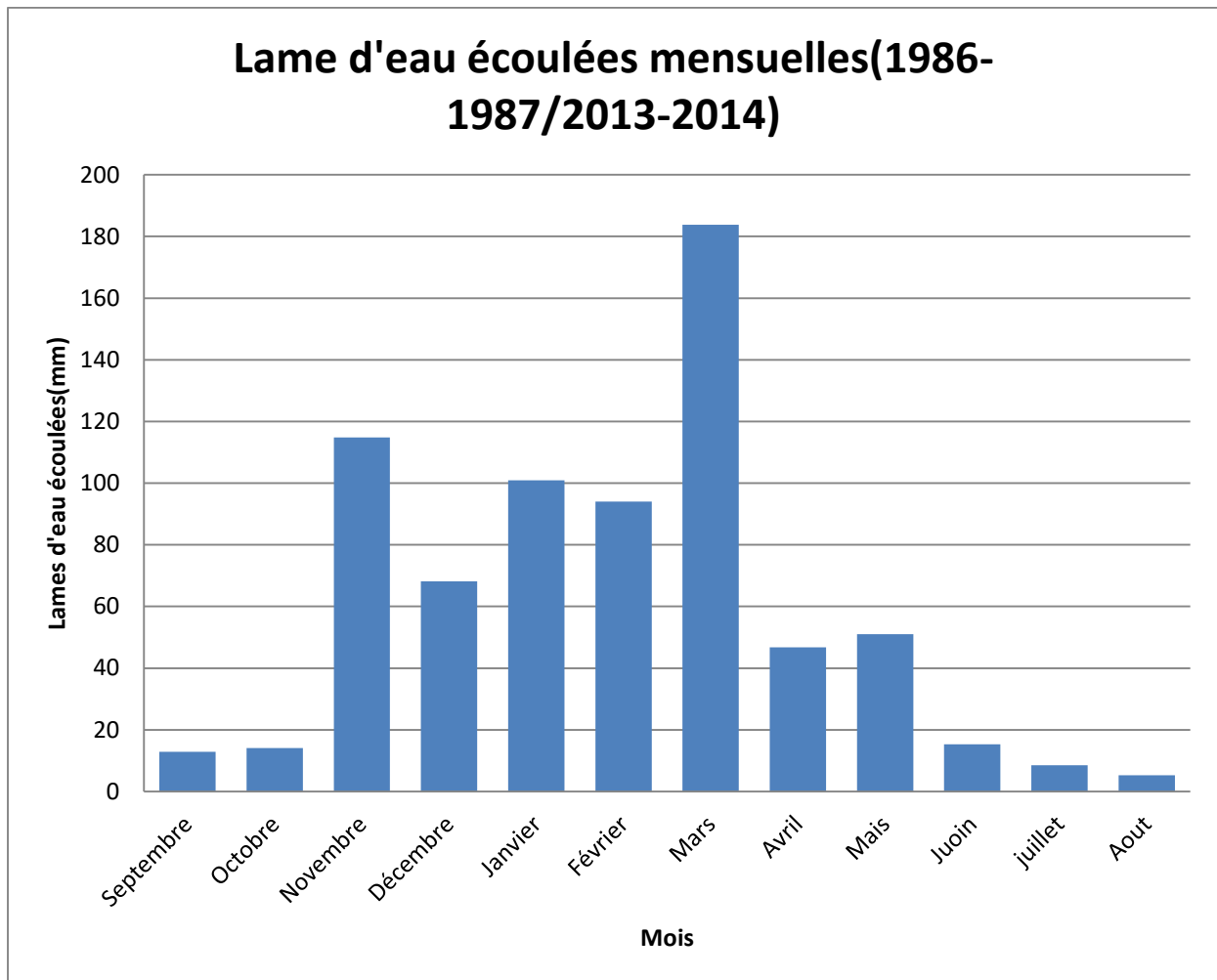


Figure 19 : Variation lame d'eau écoulee moyenne mensuelle 1986-1987/2013-2014.

-la lame d'eau maximal c'es le mois d Mars : 183.8 mm et de 5.3mm une lame d'eau minimal le mois Aout 5.3mm.

II.4- Etude statistique

III.4.1- Ajustement des précipitations annuelles à la station Ghazaouet Oued Tlata

1^{er} étape : on classé les précipitations par ordre croissant

Après on calculé :

Fi : Fréquence

$$F = \frac{R}{N}$$

R : Range

N : Nombre d'échantillon

- Tableau 15 : précipitations moyennes annuelles de la station Ghazaouet depuis 1986 jus 'qua2015 :

Rang (R)	Années	P (mm)	Fi=R/(N+1)
1	1996 – 1997	267.7	0.03
2	1999 – 2000	275.1	0.07
3	1997 – 1998	287.2	0.10
4	1998 – 1999	288.3	0.13
5	2006 – 2007	304.7	0.17
6	2007 – 2008	305.8	0.20
7	1995 – 1996	318.7	0.23
8	2004 – 2005	321.3	0.27
9	2000 – 2001	329.9	0.30
10	1986- 1987	337.9	0.33
11	1987 – 1988	340.7	0.37
12	1991 – 1992	341.1	0.47
13	1993 – 1994	351.1	0.43
14	1990 – 1991	354.1	0.47
15	2002 – 2003	384.2	0.50

16	2010 – 2011	389.4	0.53
17	1988 – 1989	389.4	0.57
18	2011 -2012	393.1	0.60
19	2005 – 2006	396.2	0.63
20	2001 – 2002	424.4	0.67
21	2014-2015	431.7	0.70
22	1994 – 1995	462.8	0,73
23	1989 – 1990	473.1	0.77
24	2009 – 2010	520.3	0.80
25	2013 – 2014	529.5	0.83
26	2003 – 2004	558.3	0.87
27	2012 – 2013	602	0.90
28	1992 – 1993	659.8	0,93
29	2008 – 2009	667.4	0.97

-paramètre de position :

$$\text{Moyenne} : \bar{P} = \frac{1}{N} \sum_i a_i = 1P_i$$

Moyenne 403.63mm.

$$\text{Variance} : \delta = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^a n_i (P_i^2 - \bar{P}^2)$$

$$\text{Variance } v(P) = 12730.64$$

-paramètre de dispersion :

$$\text{Ecart type } \sigma = \sqrt{\delta^2}$$

$$\text{Ecart type} = 112.83$$

Coefficient de variation (σ)

$$cv = \frac{\bar{p}}{\sigma}$$

$$cv = 0.28$$

Le coefficient de variation $cv < 0.5$ Donc la série suite lois Normale (lois de Gausse)

- Loi Normale : sont les lois de probabilité les plus utilisées pour modéliser des phénomènes naturels.

$$\text{Loi Normale} = f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-n^{1/2}}$$

$$\text{Avec} : U = \frac{P - \bar{P}}{\sigma P}$$

➤ **Ajustement lois normal :**

-Pour tracer une droite on a besoin 2 point :

$$U_0 = 0$$

$$U = 1.28$$

-l'équation du graphe :

$$p_i = P + U\sigma P$$

$$P_0 = P$$

$$p_0 = 403.63$$

$$P_{21} = 431.7 \times 1.28 \times 112.83$$

$$p_{21} = 548$$

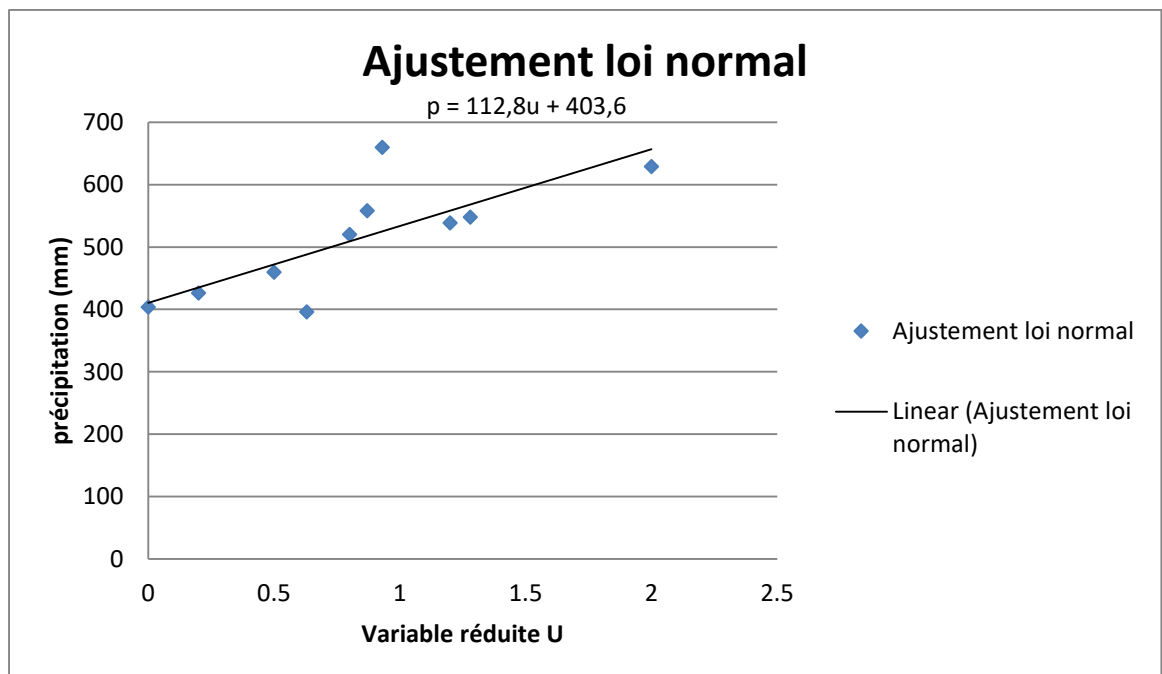


Figure 20 : Ajustement précipitations annuelles Oued Tlata Ghazaoeut

-À partir le graphe on à observé que ladroite d'ajustement est bien ajuster.

B-Teste du χ^2 de PEARSON :

$$\chi^2 = \sum^k \left(\frac{ni - ni_p}{ni_p} \right)^2$$

Avec:

ni: effectf observé
ni_p: effectif théorique

χ^2 tabulé V : degré de liberté (*d. d. l.*): $V = K - P - 1$

Avec :

K : nombre de classe

P : paramètre

-Lois Normale on à 2 paramètre

-Loi log Normale on à 3 paramètre

➤ -Lois normale :

$K = \sqrt{n}$ Avec n : effectif (nombre de valeur ou la série)

On à :

$n = 29$

donc

$$k = \sqrt{29}$$

$k=5.38$

➤ Etendu (Extrême) :

- étendu de la série : $P_{max} - P_{min}$

$$e = 667.4 - 267.7$$

$$e = 399.7$$

- étendu de classe :

$$e = \frac{P_{max} - P_{min}}{k}$$

$$e = \frac{399.7}{5.38}$$

$$e = 74.29$$

et:

$$ni_p = \frac{N}{k} = \frac{29}{5.38} = 5.39$$

➤ Tableau 16 : découpage des classes et le calcul de χ^2 avec loi normale:

Classe ($p_{min}; p_{min+e}$)	n_i	ni_p	$n_i - ni_p$	χ^2
[267.7; 341.99]	11	5.39	5.61	1.08
[341.99; 416.88]	8	5.39	2.61	0.48
[416.88; 491.17]	4	5.39	-1.39	-0.06
[491.17; 565.46]	3	5.39	-2.39	-0.19
[565.46; 639.75]	1	5.39	-4.39	-0.66
[639.75; 714.04]	2	5.39	-3.39	-0.39

-LE χ^2 Calculé : 0.26

$V(d.d.l)=6-2-1$.

$V=3$.

-À partir la tableau de Gausse (tableau de χ^2) on à : $\chi^2_{tabulé} = 7.815$, la probabilité est $\alpha=0,05$.

$\chi^2_{calculé} < \chi^2_{tabulé}$ La série suite lois Normale et nous avons un bon ajustement.

Lois log Normale :

- Tableau 17: précipitation moyennes annuelles avec log (p) de la Station Ghazaouet (1986-1987/2014-2015)

Rang (R)	Années	P (mm)	Log p
1	1996 – 1997	267.7	2.427
2	1999 – 2000	275.1	2.439
3	1997 – 1998	287.2	2.458
4	1998 – 1999	288.3	2.459
5	2006 – 2007	304.7	2.483
6	2007 – 2008	305.8	2.485
7	1995 – 1996	318.7	2.503
8	2004 – 2005	321.3	2.506
9	2000 – 2001	329.9	2.518
10	1986- 1987	337.9	2.528
11	1987 – 1988	340.7	2.532
12	1991 – 1992	341.1	2.532
13	1993 – 1994	351.1	2.545
14	1990 – 1991	354.1	2.549
15	2002 – 2003	384.2	2.584

16	2010 – 2011	389.4	2.590
17	1988 – 1989	389.4	2.590
18	2011 -2012	393.1	2.594
19	2005 – 2006	396.2	2.597
20	2001 – 2002	424.4	2.627
21	2014-2015	431.7	2.635
22	1994 – 1995	462.8	2.665
23	1989 – 1990	473.1	2.674
24	2009 – 2010	520.3	2.716
25	2013 – 2014	529.5	2.723
26	2003 – 2004	558.3	2.74 6
27	2012 – 2013	602	2.779
28	1992 – 1993	659.8	2.819
29	2008 – 2009	667.4	2.824

➤ **Ajustement la loi log normal :**

Tableau 18 : paramètre de position (**BOUZIANI et ELHASSARL, 2021**)

Paramètre	Valeur
Moyenne	5.97
Variance	0.068
Ecart-type	0.26

-pour tracer une droite on à besoin : $U_0 = \log \bar{p}$

$$U_{1.28} = \log p + \sigma u$$

$$U_0 = 0.77$$

$$U_{1.28} = 1.10$$

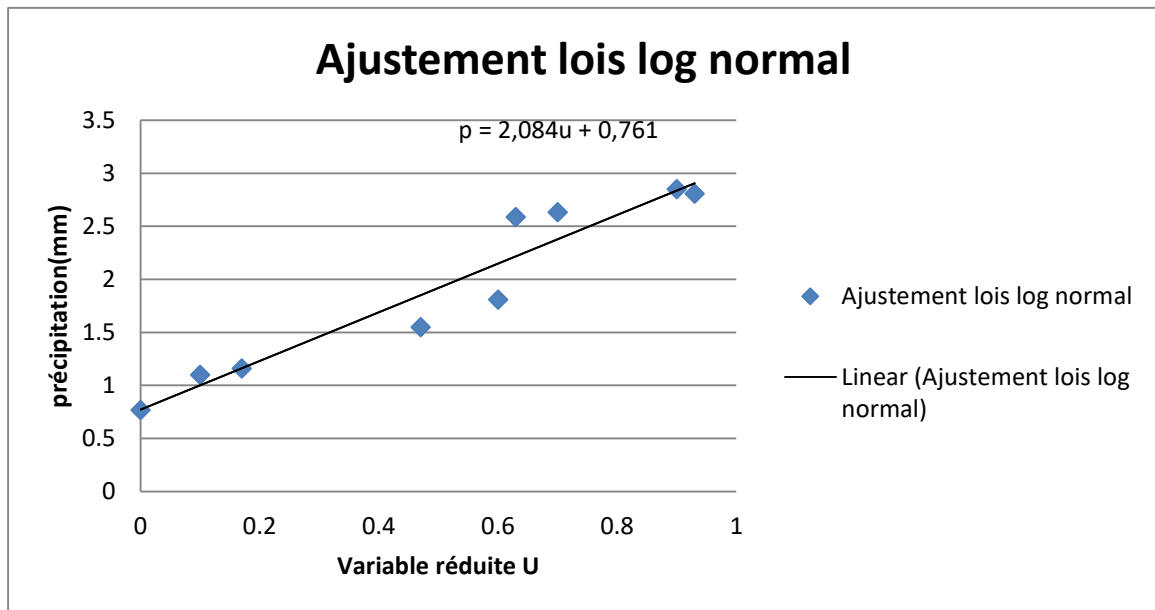


Figure 21 : Ajustement loi log normale des précipitations annuelles Oued Tlata Ghazaoeut.

-Teste du χ^2 de PEARSON

Etendue de classe :

$$e = \frac{\log p_{max} - \log p_{min}}{k}$$

Avec $k = 1 + \frac{4}{3} \log(N)$

$K = 1 + \frac{4}{3} \log(29)$

$K = 2.49$

$$e = \frac{2.824 - 2.427}{2.49}$$

$e = 0.159$

➤ Tableau 19 découpages des classes et calcule χ^2 par lois log normale :

La classe	n_i	n_{ip}	χ^2
[2.427; 2.586]	16	5.39	3.874
[2.586; 2.745]	10	5.39	0.731
[2.745; 2.904]	3	5.39	-0.44

$$\chi^2_{calculé} = 4.165$$

➤ $\chi^2_{tabulé} = k - p - 1$

Avec $P = 3$

$\chi^2_{calculé} > \chi^2_{tabulé}$ donc la série suite lois log normale.

C-calcul des précipitations pour une période de récurrence avec loi log normale :

➤ Tableau 20 : calcul des précipitations pour une période de récurrence :

Période de retour		Fréquences	U	Précipitation (mm)
100ans	humide	0.99	2.33	717.5
50ans		0.98	2.05	667.1
20ans		0.95	1.65	601.2
10ans		0.90	1.28	546.1
4ans		0.75	0.67	466
4ans	sec	0.25	-0.67	328.9
10ans		0.1	-1.28	280.7
20 ans		0.05	-1.65	282.9
50ans		0.02	-2.05	229.8
100ans		0.01	-2.33	213.8

III.4.2-Ajustement des débits moyens annuels de la station d'oued Tlata :

Les paramètres de position :

-la moyenne : 0.07 (m³/s)

-la variance : 0.00384

-Ecart type : 0.62

Tableau21 : débit moyenne annuels de la station Oued Tlata 1986-1987/2013-2014 :

Rang(r)	Année	F=r/n	Q (m ³ /s)
1	1996-1997	0.03	0.007
2	1987-1988	0.07	0.012
3	1995-1996	0.1	0.016
4	1999-2000	0.14	0.17
5	2000-2001	0.17	0.025
6	2004-2005	0.21	0.026
7	2006-2007	0.24	0.031
8	1993-1994	0.28	0.031
9	1992-1993	0.31	0.034
10	2005-2006	0.34	0.038
11	1989-1990	0.38	0.042
12	2002-2003	0.41	0.042
13	1991-1992	0.45	0.043
14	1997-1998	0.48	0.047

15	1994-1995	0.52	0.05
16	2010-2011	0.55	0.055
17	2007-2008	0.59	0.055
18	1998-1999	0.62	0.075
19	2001-2002	0.66	0.088
20	1990-1991	0.69	0.093
21	2009-2010	0.72	0.096
22	1988-1989	0.76	0.103
23	2003-2004	0.79	0.119
24	2011-2012	0.83	0.13
25	2013-2014	0.86	0.139
26	1986-1987	0.9	0.145
27	2012-2013	0.93	0.179
28	2008-2009	0.97	0.287

Ajustement lois Normale :

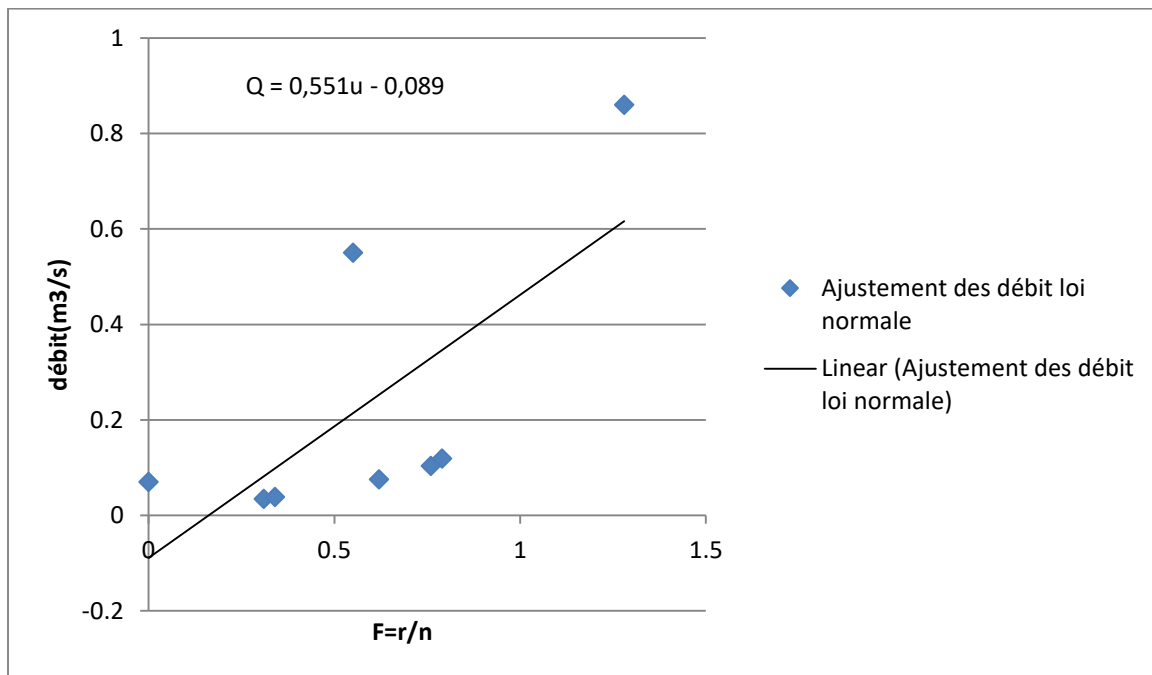


Figure22: Ajustement des débit moyenne lois normale.

$K=\sqrt{n}=5.29$ avec k le nombre de classe

➤ Tableau 22 :découpage des classes et calcule x^2 par loi normale.

Classe	ni	Nip	$\left(\frac{ni - nip}{ni}\right)^2$
[0.0067; 0.00177]	4	5.6	0.4571
[0.00177; 0.0620]	13	5.6	9.77
[0.0620; 0.0995]	4	5.6	0.4571
[0.0995; 0.1430]	4	5.6	0.4571
[0.1430; 0.2900]	3	5.6	1.2071

Le $x^2_{calculé} = 12.35$

Ajustement loi log normale :

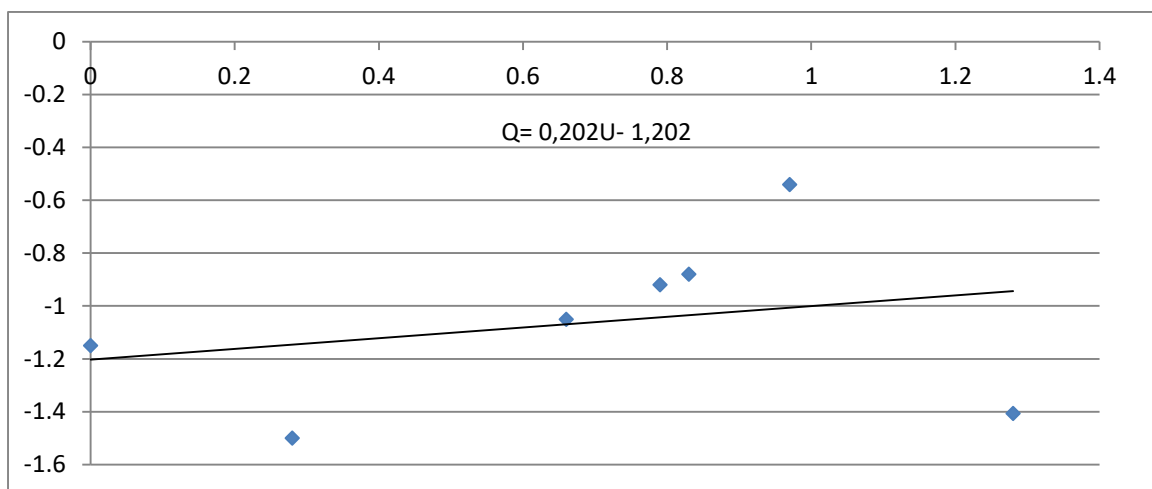


Figure23 : Ajustement des débits moyens annuels d'Oued Tlata loi log normale

$$K = 1 + \frac{4}{3} \log(N) = 5.44$$

➤ Tableau 23: découpage des classes et le calcule x^2 de par loi log normale :

Classe	ni	nip	$\left(\frac{ni - nip}{nip}\right)^2$
[-5.0000; -3.6829]	4	5.6	0.4571
[-3.6829; -3.1359]	9	5.6	2.0643
[-3.1359; -2.6648]	4	5.6	0.4571
[-2.6648; -2.1179]	6	5.6	0.0286
[-2.1179; -1.2480]	5	5.6	0.0643

$$x^2_{calculé} = 3.0714$$

$x^2_{calculé} > x^2_{tabulé}$ suite loi log normale

B-calcul des débits pour une période de récurrence avec loi log normale :

On a calculé les débits par la formule :

$$Q = -2.90 + 0.87u$$

➤ Tableau 24 : calcul des débits pour une période de récurrence :

Période de retour		Fréquences	U	Débit (m^3/s)	Débit (mm)
100ans	humide	0.99	2.33	0.393	139.7
50ans		0.98	2.05	0.308	109.5
20ans		0.95	1.65	0.218	77.5
10ans		0.90	1.28	0.158	56.2
4ans		0.75	0.67	0.093	33.1
4ans	sec	0.25	-0.67	0.029	10.3
10ans		0.1	-1.28	0.017	6.0
20 ans		0.05	-1.65	0.013	4.6
50ans		0.02	-2.05	0.009	3.2
100ans		0.01	-2.33	0.007	2.5

II-La conclusion :

Tableau 25 : La station Oued Tlata Ghazaouet est caractérisé par :

Climat	Précipitation annuelle moyenne	Débit moyen annuel	Précipitation (maximal et minimal)	Débit maximal et minimal)
Semi -aride :18.08°C	403.63mm	0.07m ³ /s	max : 667.4mm min : 267.7mm	-Max : 0.287m ³ /s en 2008/2009 -Min : 0.0067m ³ /s en : 1996/1997.

-la moyenne de précipitation est de403.63mm, avec un écart type de 112.83 et un coefficient de variation de 0.28, et pour le débit on une moyenne de0.07et un coefficient de variance de0.0038 et un écart type de 0.62.

-On a : un bon ajustement pour la loi normal et log normal des précipitations annuelles, et un ajustement de loi log normale bien ajusté que la loi normale des débits moyens annuels de l'Oued Tlata Ghazaouet.

Chapitre III : Modélisation Pluie-débit Caractéristique du Modèle Hydrologique GR et Son Application dans le Bassin Versant Oued Tlata :

III.1-INTRODUCTION :

Les modèles hydrologiques globaux permettent de simuler la transformation des eaux de pluie en débit s'écoulant à travers les bassins naturels. Il s'agit d'une étape très importante pour de nombreuses applications pratiques dans la gestion des ressources en eau. Afin de mieux comprendre le comportement hydrologique du bassin de l'oued Tlata Ghazaouet, ce travail a tenté de modéliser la fonction pluviométrique à l'aide d'un modèle global de réservoir, le modèle agricole « GR » (**Michel en 1983**). Ce travail est basé sur la modélisation des précipitations aux niveaux annuel et mensuel. S'applique au bassin de l'Oued Tlata Ghazaouet. Un modèle GR avec les paramètres d'entrée précipitations et ETP (calculées, par la méthode de Turc pour les modèles annuels et mensuels) et le panache de débit comme paramètre de sortie. (**ELHOUSSAOUIA, BABA-HAMED, BOUANANIA, 2015**).

III.2 -OUTILS ET METHODES :

Dans ce travail, on a tenté de simuler la transformation de la pluie en débit à l'aide de modèles mathématiques, en plus des différents modèles hydrologiques existants, notamment en ce qui concerne la relation entre la pluie et le débit. Puissance de calcul et amélioration des outils informatiques. L'objectif est de trouver les paramètres optimaux pour chaque modèle GR1 et GR2M (**Makhlouf et Michel, 1994**) afin que les débits simulés puissent être mieux évalués pour la prédiction et/ou la prédétermination

III .2.1- Modèle annuel GR1A :

Le modèle GR1A (modèle du Génie Rural à 1 paramètre Annuel) est un modèle pluiedébit global à un seul paramètre. Son développement a été initié au Cemagref à la fin des années 1990, avec pour objectif de mettre au point un modèle de simulation pluie-débit robuste et fiable en vue d'utilisations pour des applications d'évaluation et de gestion de la ressource en eau. La principale version, que nous présentons ici, est celle proposée (**RAMOUL .F, 2018**)

$$Q_k = P_k \left\{ 1 - \frac{1}{\left[1 + \left(\frac{0.7P_k + 0.3P_{k-1}}{X.E_k} \right)^2 \right]^{0.5}} \right\}$$

III .2.1.1- Calage du modèle annuel GR1A :

La phase de calage a utilisé les données d'entrée du modèle (pluie, ETP, débit observé) correspondant à la période 1986/2007 et la série 2007/2014 a été utilisée pour la validation. Le

paramètre du modèle X est calibré sur l'intervalle [0,13 ; 3,5]. Cette valeur de X a été augmentée par incréments de 0,01 pour chaque exécution, en commençant par une valeur minimale de 0,13, jusqu'à ce que la valeur du critère de Nash-Sutcliffe optimal dépasse 80% et que le coefficient de corrélation R^2 entre les mesures ait augmenté de fois. Le résultat calculé est proche de 1. (ELHOUSSAOUI.A, BABA-HAMED, BOUANANIA.A, 2015).

Nom du bassin	Oued Tlata
Superficie du bassin (km²)	88,7
Paramètres modèle	Transf. Réels
x: Coefficient de correction de l'ETP (mm)	0,14 1,15
Valeur initiale de la pluie	
Pk-1	405,02
Période	
Durée de la période test (années)	28
Date de départ	1986-1987
Date de fin	2006-2007
Moyenne des pluies observées (mm/an)	405,0
Moyenne des ETP observées (mm/an)	1005,9
Moyenne des débits observés (mm/an)	20,4
Moyenne des racines des débits observés	4,2
Moyenne des log des débits observés	2,7
Critères d'efficacité (%)	
Nash(Q)	69,6
Nash(VQ)	56,3
Nash(ln(Q))	43,4
Bilan	101,8

Figure 24 : Application du GR1A (turc)

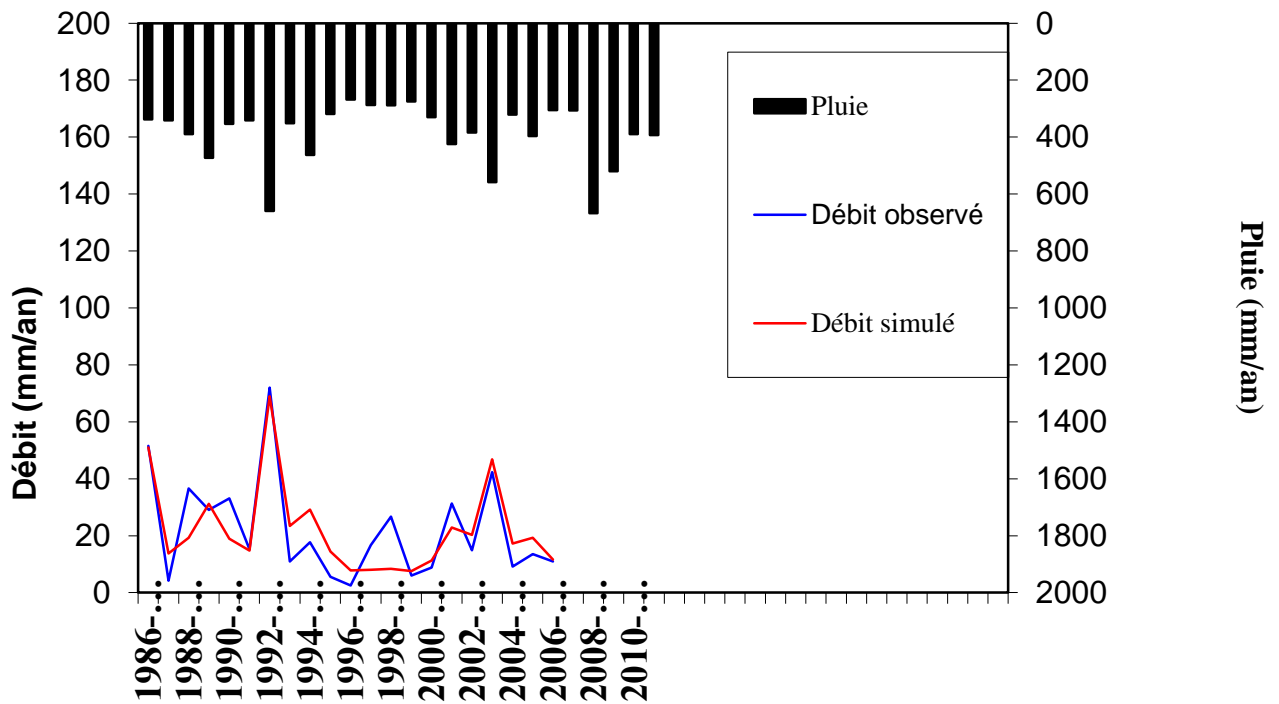


Figure 25 : Visualisation de la quantité du calage le GR1A (turc) de l'Oued Tlata

- On a une bonne superposition des deux courbes (débit observé et simulé)

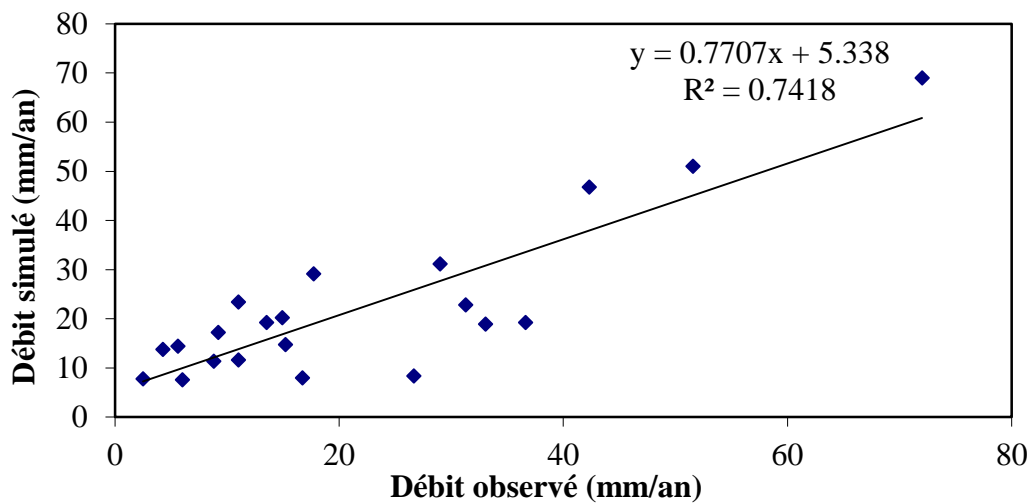


Figure 26 : Corrélation entre les débits observés et les débits estimés GRA1 Oued Tlata.

Les résultats obtenus (Nash = 69.6% $X = 0.14$ $R^2 = 0.741$) Figure 23 et la superposition des deux courbes débits simulés et observés Figure 24. Montre que nous avons un bon calage.

III 2.1.2 La validation modèle GR1A (turc) :

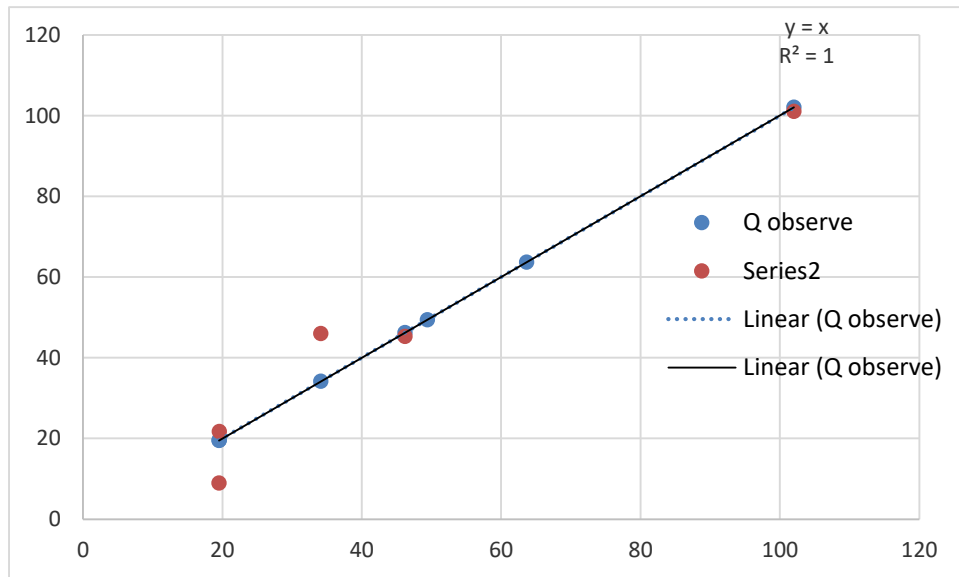


Figure 27 : Corrélation de la validation de notre modèle GR1A (turc)

Pour la validation du modèle GR1A, on a utilisé des données de précipitations, ETP, lame d'eau écoulee qui n'ont pas été utilisé lors du calage (2007/2014) qui confirme la performance du modèle.

III .2.2- Modèle mensuelle GR2M :

Le modèle GR2M (modèle du Génie Rural à 2 paramètres Mensuel) est un modèle pluie débit global à deux paramètres optimisables : $X1$, capacité du réservoir de production (mm) ; $X2$, coefficient d'échanges souterrains (mm). Le modèle est à pas de temps mensuel. Il fonctionne autour de deux réservoirs, un de production (ou réservoir sol) et un de routage sur lesquels les ajustements et interception se font différemment sur les entrées. Le modèle utilise en entrées la pluie moyenne et l'ETP, et fournit en sortie le débit. Son développement a été initié au Cemagref à la fin des années 1980, avec des objectifs d'applications dans le domaine des ressources en eau et des étiages. (RAMOUL .F, 2018)

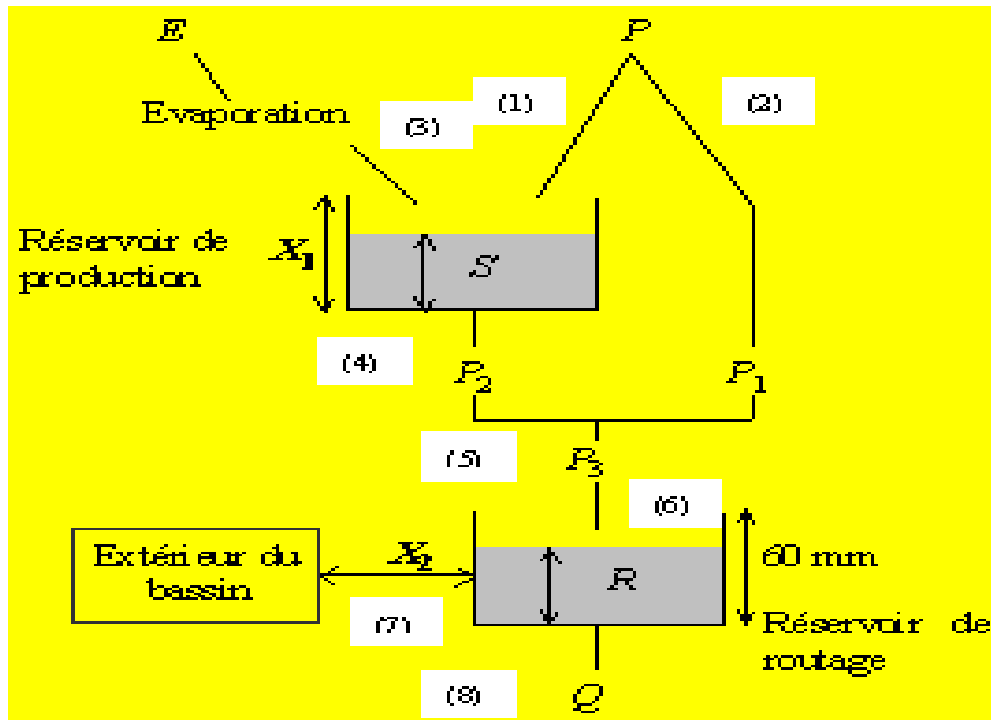


Figure 28: Schéma de la structure de modèle GR2M.

III .2.2.1-Calage modèle mensuelle GR2M :

La phase de calage a utilisé les données d'entrée du modèle (pluie, ETP, ruissellement observé) correspondant à la période 2004/2009 et la série.2010/2011 a été utilisée pour la validation. Le paramètre du modèle X est calibré sur l'intervalle $[0,13 ; 3,5]$. Cette valeur de X a été augmentée par incréments de 0,01 pour chaque exécution, en commençant par une valeur minimale de 0,13, jusqu'à ce que la valeur du critère de Nash-Sutcliffe optimal dépasse 80% et que le coefficient de corrélation R^2 entre les mesures ait augmenté de fois. . Le résultat calculé est proche de 1. (ELHOUSSAOUI.A, BABA-HAMED, BOUANANIA.A, 2015).

Nom du bassin	Oued tlata	
Superficie du bassin (km²)	88,7	
Paramètres modèle	Transf.	Réels
x1: Capacité rés. production (mm)	3,20	24,53
x2: Paramètre d'échange (mm)	1,09	1,09
	50	
Valeurs initiales		
Niveau de remplissage initial S0 (max.: x1 mm)	12,27	
Niveau de remplissage initial R0 (max.: 60 mm)	30	
Période		
Longueur de la période de mise en route (mois)	7	
Durée de la période test (mois)	36	
Date de départ	01/2004	
Date de fin	12/2009	
Moyenne des pluies observées (mm/mois)	24,4	
Moyenne des ETP observées (mm/mois)	85,8	
Moyenne des débits observés (mm/mois)	14,8	
Moyenne des racines des débits observés	3,1	
Moyenne des log des débits observés	1,9	
Critères d'efficacité (%)		
Nash(Q)	81,0	
Nash(VQ)	62,9	
Nash(ln(Q))	38,8	
Bilan	117,7	

Figure29 : Application du GR2M (turc)

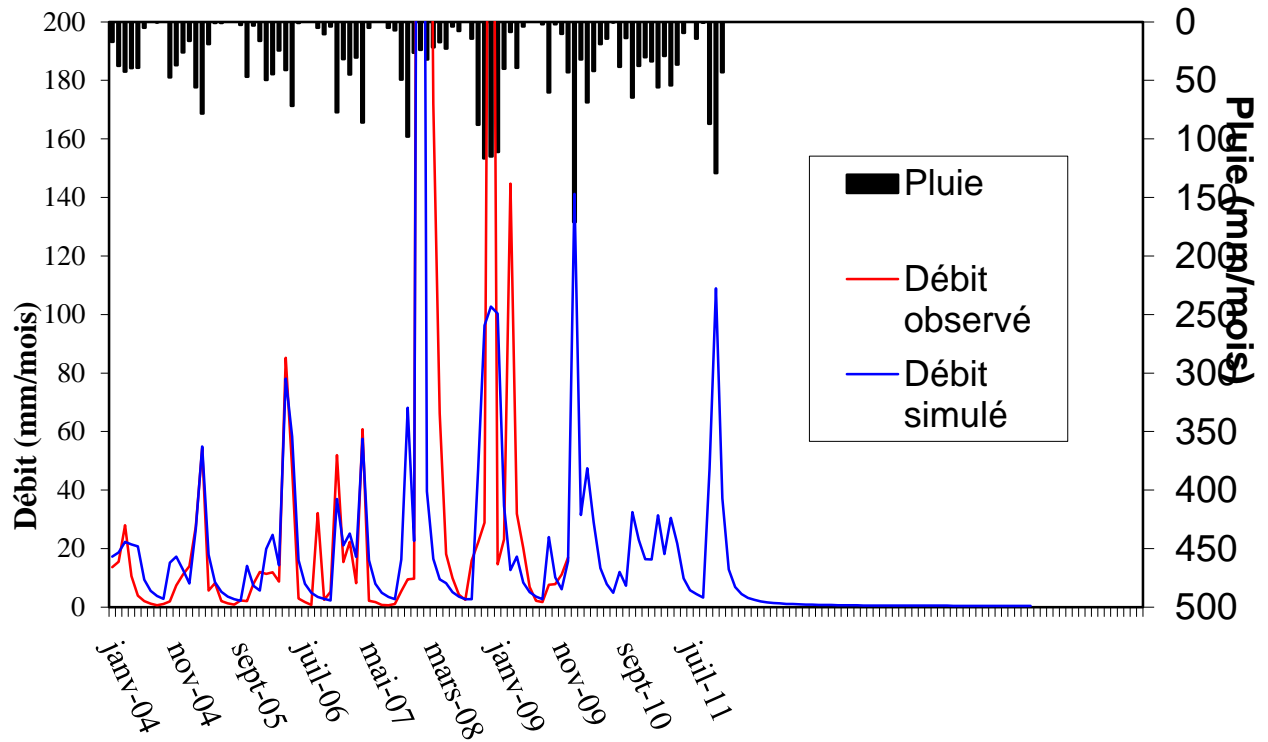


Figure 30 : Visualisation de la quantité du calage le GR2m (turc) de l'Oued Tlata.

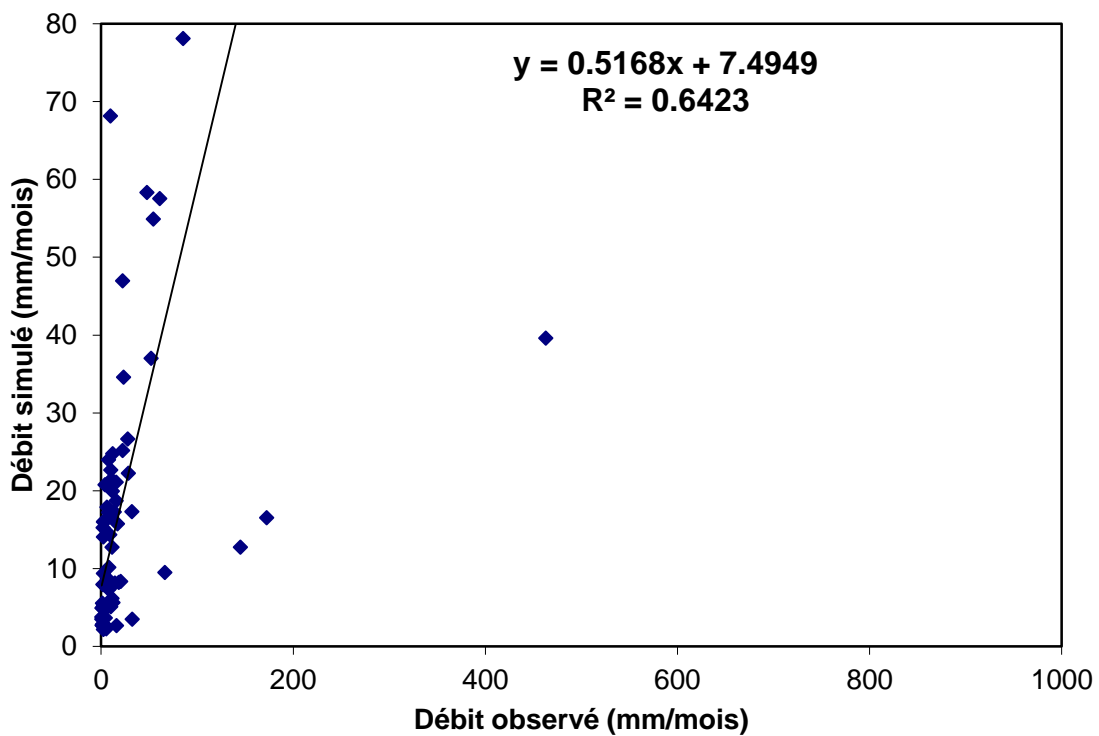


Figure31:Corrélation entre les débits observés et les débits estimés GR2M Oued Tlata

(Nash = 81 X = 1.09 R2 = 0.64) Figure29 et la superposition des deux courbes de débits simulés et observé Figure30. Démontrer le calibrage correct du modèle. Pour valider le modèle, de nouvelles données de précipitations et d'évapotranspiration correspondant à la période 2010./2011 ont été introduites et n'ont pas été utilisées pour le calage. Le calcul commence par récupérer la valeur trouvée lors de l'étalonnage du paramètre X

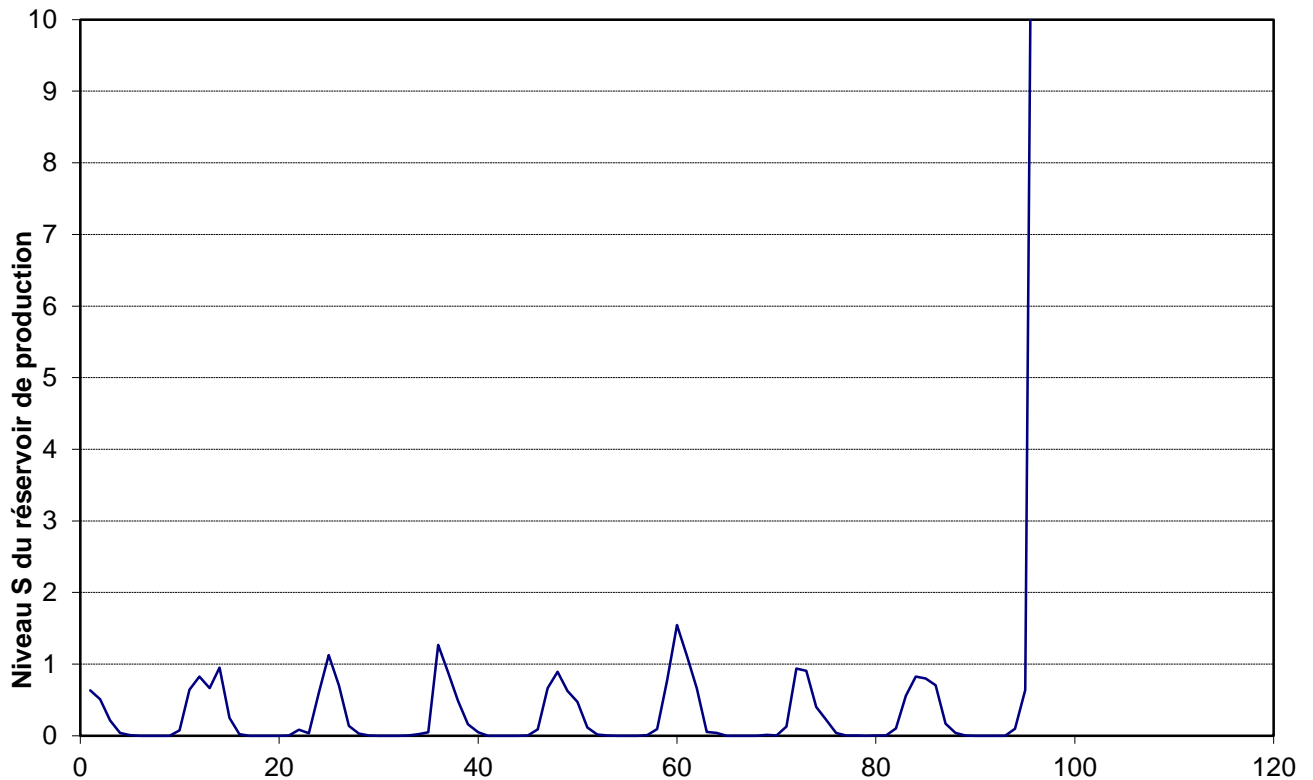


Figure 32: Variation du réservoir de production

Le réservoir de production maximal variée entre 0 jusqu'à 10.

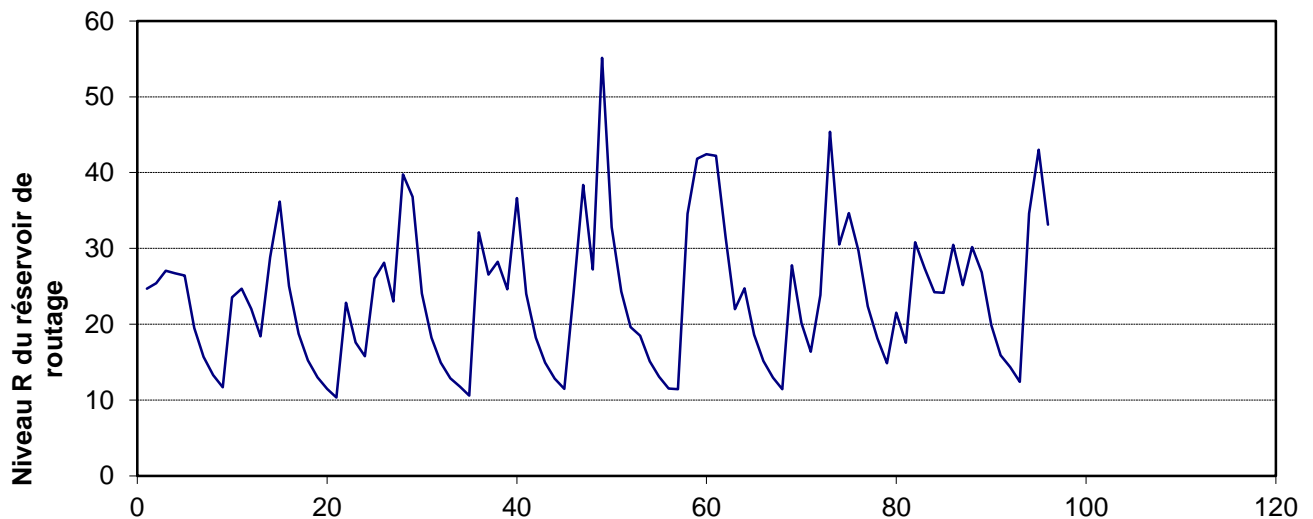


Figure 33: variation du réservoir de routage.

Le niveaux de réservoir de routage maximal variée ente 10 à 55.

III 2.2.2La validation modèle GR2M (turc):

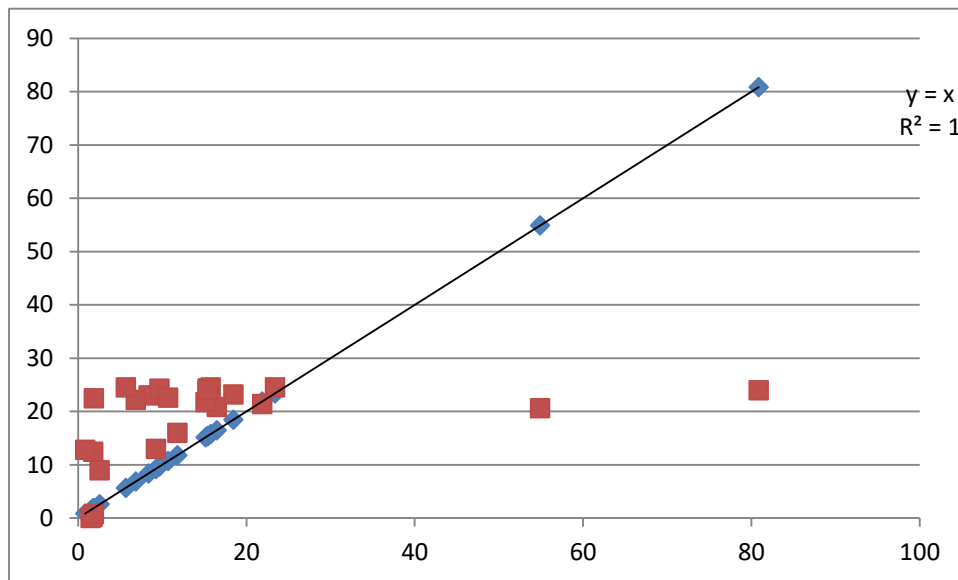


Figure 34 : Corrélation de la validation de notre modèle GR2M (turc)

Les valeurs détectées pour le flux sont ensuite comparées aux valeurs observées par simple corrélation linéaire Figure33. Le coefficient de corrélation trouvé confirme également la validité du modèle.

III-Conclusion:

On peut dire que le modèle de génie rural GR1A et GR2M a été appliqué aux données bassin versant de l'Oued Tlata avec des résultats très satisfaisants avec :

Le model GR1A : critères de nash (69.6).

Le model GR2M : critères de nash (81.0).

L'observation des valeurs de critère de Nash et de coefficient de corrélation confirme que les deux modèles sont bien calées avec une bonne superposition des deux courbes et la validation confirme qu'ils sont des bons modèles.

Conclusion Générale :

Un modèle pluie débit est un outil qui permet de simuler le débit en un point particulier d'un chenal en se basant sur la connaissance de la quantité de précipitations tombée sur le bassin versant correspondant.

Cette modélisation se fait à l'échelle du bassin versants, unité caractéristique de concentration du débit, et permet ainsi de simuler les transformations que les bassins versant opèrent sur les précipitations pour produire le ruissellement.

L'objectif principal de notre étude est de simuler la conversion pluie –débit à l'échelle du bassin Oued Tlata dans le Nord Ouest de Tlemcen. Cette étude nous a permis d'obtenir les principaux résultats suivants:

- Des études morphométriques ont révélé que le bassin a une forme Allongé et une superficie $88.7km^2$.
- La température moyenne annuelle est estimée à $18.8^{\circ}C$ et les précipitations moyennes annuelle 403.6 mm.
- L'hiver et le printemps sont tous des saisons des pluies et la majorité du ruissellement y a lieu, tandis que l'automne et l'été ont des saisons sèches .
- Saison humide le mois d'octobre jus qu'a le mois d'Avril.
- L'évapotranspiration calculée par la méthode de Turc $396.6mm/an$
- Le débit moyen annuelle $0.07m^3/s$.
- Climat semi-aride.
- L'application du modèle de génie rural a été utilisée avec des pas de temps mensuels GR2M et annuels GR1A. Il a été conclu que le modèle d'écoulement des eaux pluviales du GR2M simulait la relation entre les précipitations et le débit du bassin. Ceci est confirmé par un coefficient de corrélation R^2 de 0.64 Soit 81% pour le calage et une bonne validation et bonne superposition des deux courbes de débit simulé et observé. Aussi le modèle précipitation-ruissèlement GR1A par un coefficient de corrélation R^2 de 0.74 et de 69.6% du calage avec une bonne validation et une bonne superposition des deux courbes. Au terme de cette étude, on peut dire que le modèle de génie rural GR1A et GR2M a été appliqué aux données bassin versant de L'Oued Tlata avec des Résultats très satisfaisants.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BENMIA K .2012,EVALUATION DE LA PERFORMANCE DES BARRAGES DE PROTECTION CONTRE LES INONDATIONS CAS DE LA VILLE DE GHAZAOUET

BENZINEB M.Z., 2016. Variabilité hydro climatique et son impact sur les ressources en eau. Cas du bassin versant de l'Oued Khemis. Mém.Master, université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen.

BOUZIANI.A ET ELHASSAR .H, 2021, Etude de variabilité hydro climatique, Bassin Oued Tlata .Master université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen.

Elhoussaou.A, BABA-HAMMED, BOUANANI.A ,2015 Hydrologie et Modélisation de la fonction pluie. Cas du Bassin versant de l'oued TAMANRASSET sud –Algérie.Mém.Master, université Abou Bekr Belkaid Tlemcen 177p.66 fig.

Jean. D,2009.Dans Les milieux « naturels » du globe : La composante climatique, page 31à41

Makhlouf, Z., Michel, C. (1994). A two-parameter monthly water balance model for French waterheds. Journal of hydrology, 162, 299- 318.

Météorologique Mondiale.2023, Tu tempo.net : Climat Ghazaoeut.

Michel, C. (1983). Que peut-on faire en hydrologie avec un modèle conceptuel à un seul paramètre? La Houille Blanche 1: 39-44.

Musy.A., 2005.Cours hydrologie générale. Cours en ligne. Ecole Polytechnique Fédérale (EPFL), France

Père P.J Lethiellieux, Le Littoral de l'Oranie Occidentale, 1974, 252 p.

RAMOUL .F. 2018.MODELISATION DE LA RELATION PLUIE-DEBIT SUR LES BASSINS VERSANTS EN ALGERIE (CAS D'OUED ABDI WILAYA DE BATNA).Mn. Master, université Labri Ben M'hidi, OUM EL BOUAGHI.

TRIBAK. A., 2009. Evaluation quantitative de l'érosion hydrique sur les terrains marneux du Pré-Rif oriental(Maroc) : cas du sous bassin l'oued Tlata.

ZAOUI.R.2022. Modélisation hydrologique pluie – débit appliqué au sous Bassin de Bassin versant d'oued Ressoul (Nord-est Algérien).Mém. Master, université 08 Mai 1945, Guelma.

Site 1 :<https://www.dev.scienceenlivre.org> › Non classé

Références Bibliographiques

Site 2 : <https://www.universalis.fr/>: Hydrogéologie ; Les réseaux hydrographiques et le problème des tracés

Site 3 : <https://www.aquaportail.com/definition-14708-temperature-annuelle-moyenne.html>

Site 4 : COURS BASSIN VERSANT: Institut de Recherche pour le Développement (IRD), <http://medhycos.mpl.ird.fr> › data › hyd › Drobot

Résumé

L'étude de la relation entre les précipitations et débit dans les Vallées est un processus particulièrement important pour de nombreuses applications pratiques de la gestion des ressources en eau. Application d'un modèle pluie-débit, d'un modèle global de réservoir ou de modèles de génie rural, pour une meilleure connaissance et compréhension de l'hydrologie du bassin versant de l'Oued Tlata Nord Ouest de Tlemcen. GR à différents pas de temps (Annuel GR1A et Mensuel GR2M) dans le bassin Oued Tlata.

Nous avons présentons la zone d'étude du bassin versant, caractérisons les facteurs physiques, géologique, et climatique spécifiques qui déterminent débit, puis traitons les données hydrométrique sur les 29 années. Nous avons mené une étude hydrologique basées sur le facteur ETP a été considéré comme l'une des données ainsi que les précipitations et les débits et des calculs annuels et mensuels ont été effectués.

Après avoir ajusté le modèle obtenu, nous avons validé ces résultats pour trouver, un modèle efficace. Les données sur les précipitations au niveau mensuel et annuel ont donné des résultats très Satisfaisants.

Mots clés : hydrologie, bassin versant, Oued Tlata, modèle, pluie-débit, GR1A, GR2M.

المخلص

تعتبر دراسة العلاقة بين هطول الأمطار والجريان السطحي في الوديان عملية مهمة بشكل خاص للعديد من التطبيقات العملية لإدارة الموارد المائية. تطبيق نموذج تدفق المطر، نموذج مكن عالمي أو نماذج هندسية ريفية، من أجل معرفة وفهم أفضل (GR2M شهريا GR1A سنوي) لهيدرولوجيا مستجمعات المياه في

مستجمعات المياه، ونميز العوامل الفيزيائية والجيولوجية والمناخية المحددة التي تحدد في دراستنا، نقدم أولاً منطقة دراسة الذي ETP الجريان السطحي، ثم نعالج البيانات الهيدرومترية على مدار 29 عامًا. أجرينا دراسة هيدرولوجية على أساس معامل تم اعتباره كأحد البيانات بالإضافة إلى معامل المطر ومعامل الجريان السطحي، وتم إجراء الحسابات السنوية والشهرية

بعد تعديل النموذج الذي تم الحصول عليه، تحققنا من صحة هذه النتائج للعثور على نموذج فعال. أعطت بيانات الهطول على المستوى الشهري والسنوي نتائج جيدة للغاية

الكلمات المفتاحية: الهيدرولوجيا، مستجمعات المياه، وادي تلاتة، نموذج، تدفق الأمطار

GR1A، GR2M

ABSTRACT

Studying the Relationship between rainfall and runoff in valleys is a particularly important process for many practical applications of water resources management. Application of à rain-flow model, a global reservoir model or rural engineering models, for a better knowledge and understanding of the hydrology of the watershed of Oued Tlata North West of Tlemcen. GR at different time steps (Annual GR1A and Monthly GR2M) in the Oued Tlata basin.

Our study, we first present the study area of the watershed, characterize the specific physical, geological, and climatic factors that determine the runoff, then process the hydrometric data over the 29 years. We conducted a hydrological study based on the ETP coefficient was considered as one of the data as well as the rain coefficient and the runoff coefficient, and annual and monthly calculations were made.

After adjusting the model obtained, we validated these results to find an effective model. Precipitation data at the monthly and annual level gave very good results Satisfactory.

Keywords: hydrology, watershed, Oued Tlata, model, rainfall-flow, GR1A, GR2M.