Chapitre III

III.1 Introduction

L'étude climatologique est basée sur les données des précipitations et des températures. Elle nous permet de définir le bilan hydrique en se basant sur l'étude de l'évaporation et le ruissellement, par conséquent, elle permet de déterminer le taux d'infiltration.

L'estimation quantitative du taux d'abrasion, passe obligatoirement par la détermination exacte de chaque information climatique.

III.2 Le réseau pluviométrique et les séries d'observation :

Pour notre bassin versant de l'Oued Ksob ; cinq stations pluviométriques ont été retenues, quatre stations situées à l'intérieur du bassin, en plus d'une station située à l'exutoire du ce bassin. Ces stations sont réparties d'une manière homogène, plus particulièrement dans la partie supérieure du bassin où le caractère montagneux est dominant et plus arrosé

Le **tableau** (**13**) ci-dessous présente les caractéristiques des stations pluviométriques utilisées dans cette étude

Tableau (13) Coordonnées des stations pluvio-hydrométriques et leurs codes.

Station	Code ANRH	Cordonnées Lambert [Km] X	Y	Altitudes[m]
Station hydrométrique				
Medjez	05 09 01	673.35	289.65	636
Stations pluviométriques				
Medjez	05 09 01	673.35	289.65	636
Ksob Barrage	05 10 05	668.70	282.65	600
Bordj Ghdir	05 09 04	698.40	292.20	1054
Medjana (LA)	05 09 06	677.75	316.20	1042
Bordj Bou Arreridj	05 09 05	677.37	302.62	922

Source : **Données de l'ANRH [ALGER], ANRH [M'SILA], A.N.B.T [M'SILA].**

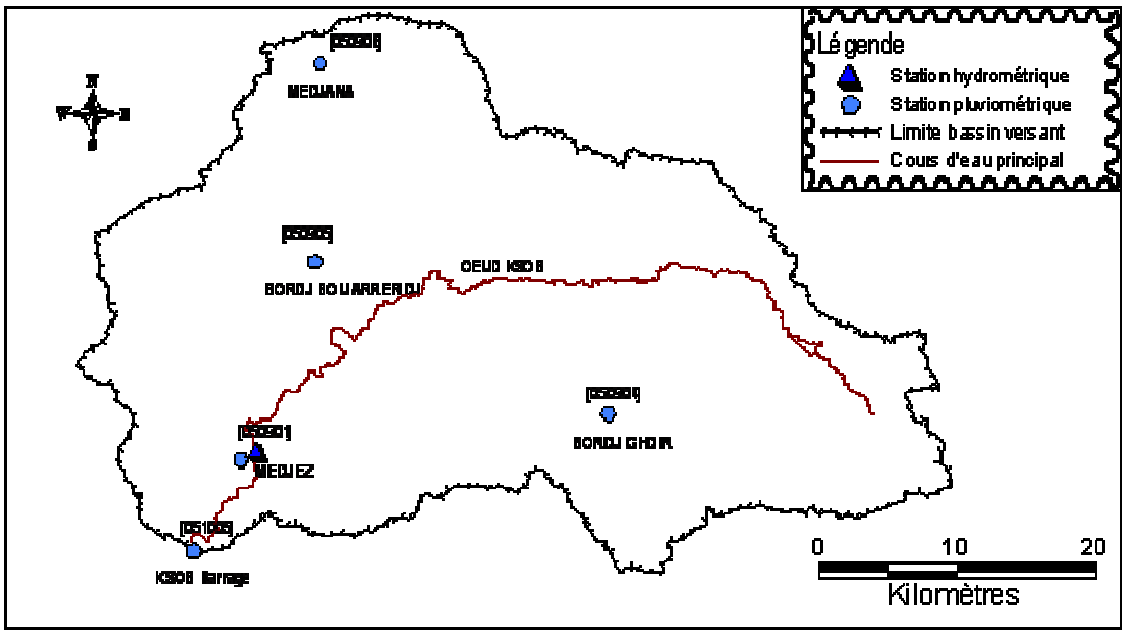


Fig. (13) Équipements hydro pluviométriques du bassin versant de L'oued Ksob.

III.2.1 Comblement des lacunes :

L'analyse des séries d'observations pluviométriques révèle que les stations disponibles présentent des lacunes à l'échelle annuelle (de un à plusieurs années), ces lacunes sont dues soit à l'absence de l'observation soit à une défaillance du pluviomètre.

La restitution des données manquantes a été établie à l'aide de la méthode de corrélation linéaire qui consiste à estimer une valeur manquante d'une série pluviométrique lacunaire à partir des observations d'une autre série homogène (station de base).

L'équation de régression liant la station à homogénéiser à la station de référence est la suivante :

$$\mathbf{Y = aX + b} \qquad \text{…..(III.1)}$$

Avec :

Y : valeur estimée de la série à homogénéiser.

a : pente de la droite (coefficient angulaire de la droite de régression linéaire).

b : coordonnée à l'origine (constante).

X : valeur connue de la série homogène.

Les lacunes d'observation ont été comblées année par année et cela pour toutes les stations qui présentent des lacunes sur toutes les années, avec homogénéisée les stations (station par station) entre eux, pour chaque régression. On a estimé parallèlement les totaux annuels, dans même cas pour les pluies journalières maximales.

III.2.2 Commentaire sur les corrélations :

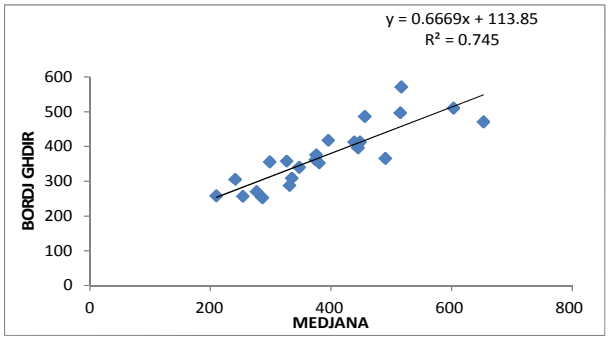
D'après les observations des résultats obtenus du coefficient de corrélation entre les stations, on constate que :

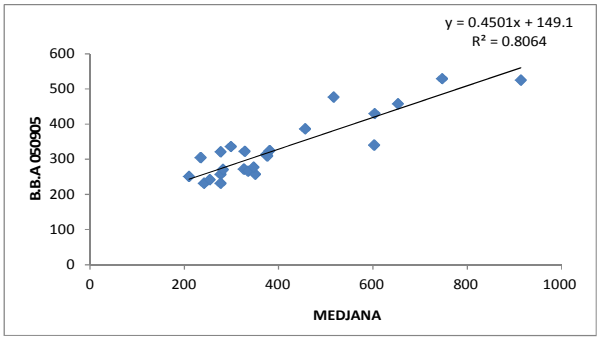
- La corrélation entre (Medjana-Ksob B) a donné un coefficient de corrélation égale à 0,794 ; au moment que le coefficient de corrélation critique égale à 0,34.
- La Corrélation entre (Medjana-Medjez) a donné un coefficient de corrélation égal à 0,74, soit une corrélation significative.
- La Corrélation entre (Medjana B.B.A 50905) donne un coefficient de corrélation égal à 0.898, soit une corrélation significative.
- La corrélation entre (Medjana-Bordj Ghdir) ; donne un coefficient de corrélation de l'ordre de 0,86, correspondant à une corrélation significative.

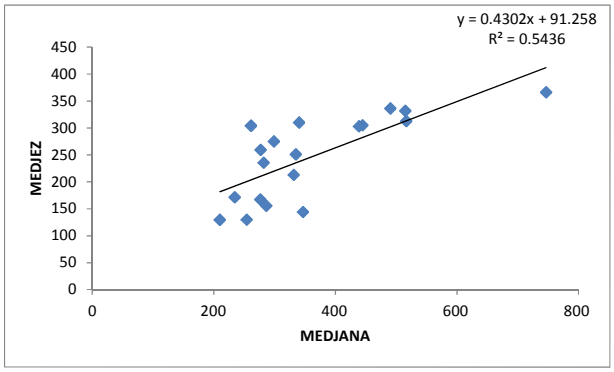
On résumée dans le **tableau** (**14**). Les résultats obtenus celle des corrélations entre les stations qui durer.

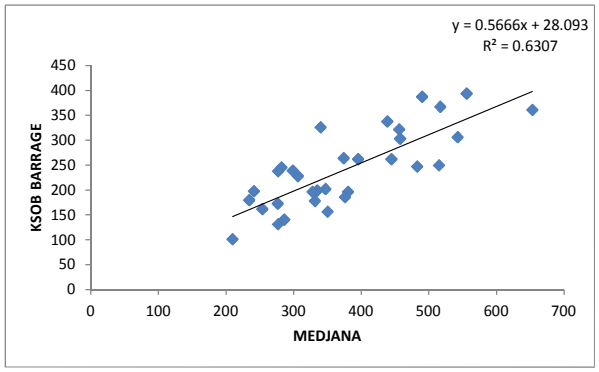
Tableau (14) corrélation simple à l'échelle annuelle entre les stations (entre eux).

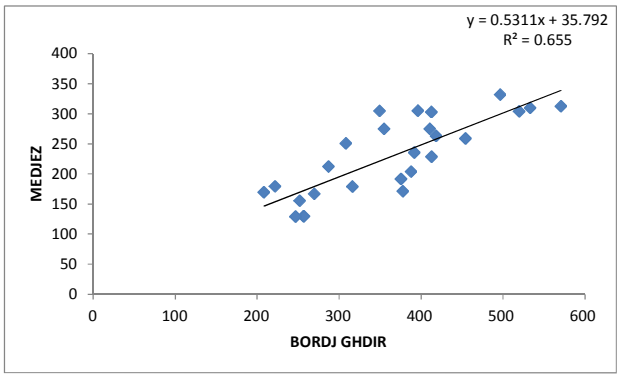
Les stations	Corrélation	coefficient de détermination	Observation
BORDJ GHDIR-MEDJEZ	y = 0.5311x + 35.792	R^2 = 0.655	corrélation est significative
BORDJ GHDIR-Ksob B	y = 0.4804x + 60.992	R^2 = 0.6461	corrélation est significative
BORDJ GHDIR B.B.A (50905)	y = 0.6554x + 79.945	R^2 = 0.6666	corrélation est significative
MEDJEZ-Ksob B	y = 1.0811x - 23.234	R^2 = 0.8203	corrélation est significative
MEDJEZ B.B.A(050905)	y = 0.9439x + 111.76	R^2 = 0.7133	corrélation est significative
Ksob B -B.B.A(050905)	y = 0.7982x + 145.25	R^2 = 0.7122	corrélation est significative

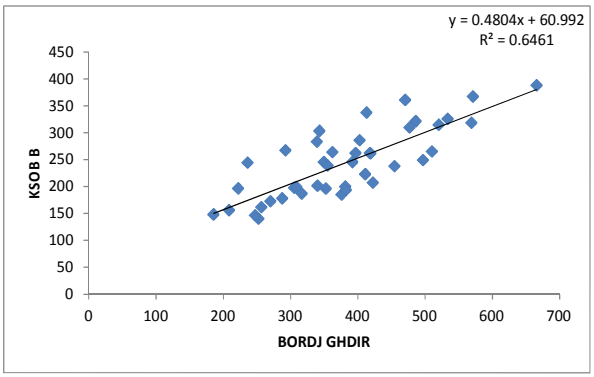

y = 0.6669x + 113.85
R² = 0.745
BORDJ GHDIR
MEDJANA

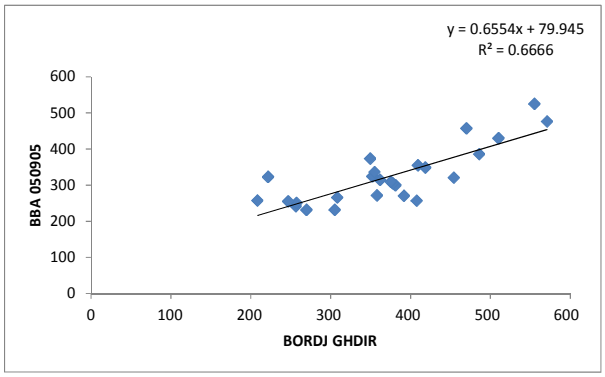

y = 0.4501x + 149.1
R² = 0.8064
B.B.A 050905
MEDJANA

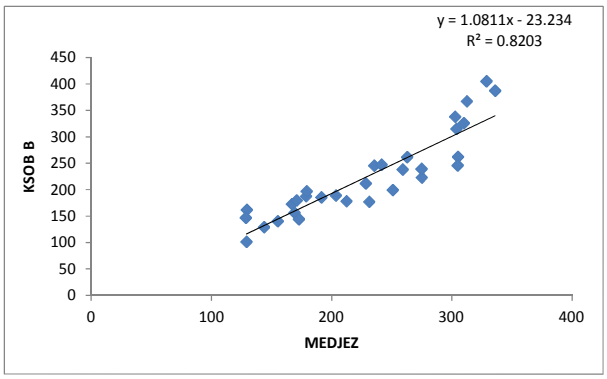

y = 0.4302x + 91.258
R² = 0.5436
MEDJEZ
MEDJANA


y = 0.5666x + 28.093
R² = 0.6307
KSOB BARRAGE
MEDJANA


y = 0.5311x + 35.792
R² = 0.655
MEDJEZ
BORDJ GHDIR


y = 0.4804x + 60.992
R² = 0.6461
KSOB B
BORDJ GHDIR


y = 0.6554x + 79.945
R² = 0.6666
BBA 050905
BORDJ GHDIR


y = 1.0811x - 23.234
R² = 0.8203
KSOB B
MEDJEZ

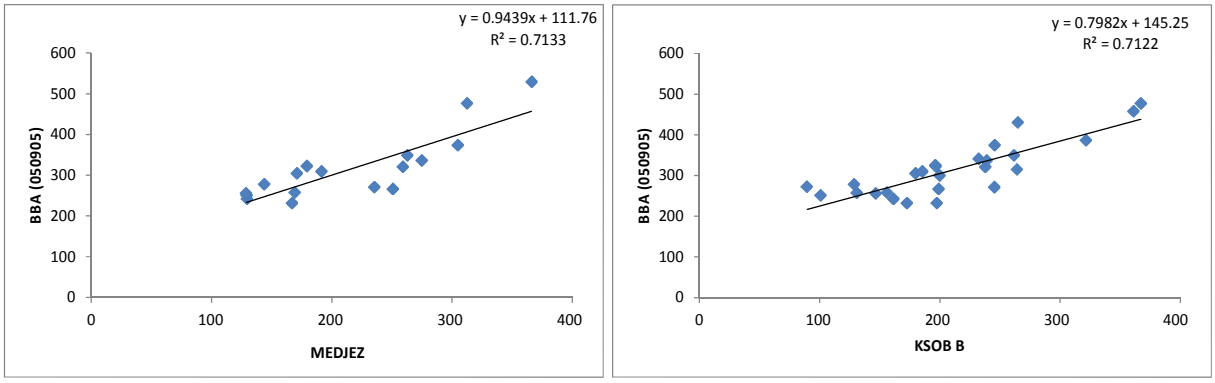
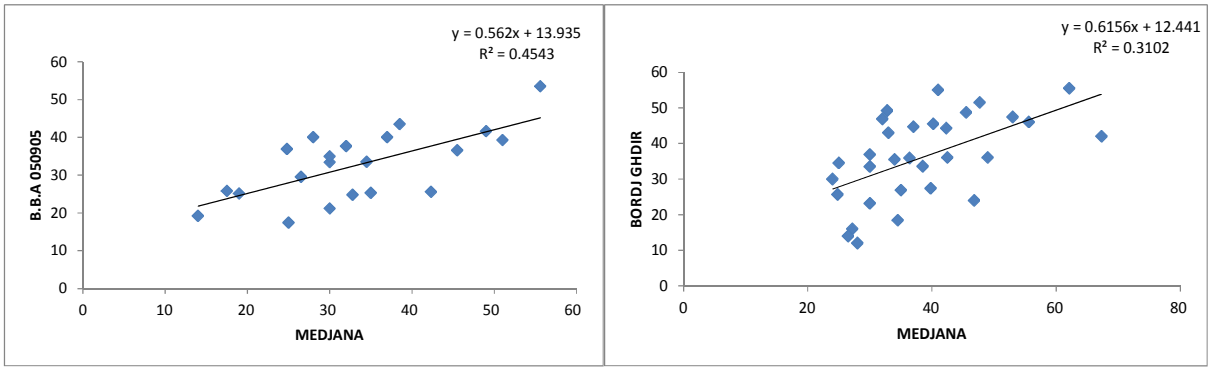


Fig. (14) Régression à l'échelle annuelle des précipitations.

Le comblement des lacunes dans les pluies maximales journalières s'effectue de la même manière, toutefois, les résultats obtenus pour P.j. Max d'une corrélation simple linéaire entre les stations. Voir le tableau (15), et la figure (15).

Tableau (15) corrélation simple à l'échelle journalière annuelle maximale, (entre eux).

Les stations	Corrélation	coefficient de détermination	Observation
MEDJANA -BORDJ GHDIR	y = 0.6156x + 12.441	R² = 0.3102	corrélation est significative
MEDJANA -MEDJEZ	y = 0.7008x + 9.4824	R² = 0.3421	corrélation est significative
MEDJANA - B.B.A050905	y = 0.562x + 13.935	R² = 0.4543	corrélation est significative
BORDJ GHDIR-MEDJEZ	y = 0.4242x + 16.035	R² = 0.4632	corrélation est significative
BORDJ GHDIR-Ksob B	y = 0.5055x + 21.207	R² = 0.2668	corrélation est significative
B GHDIR-B.B.A 050905	y = 0.5647x + 10.827	R² = 0.4109	corrélation est significative
MEDJEZ-Ksob B	y = 0.5523x + 9.2371	R² = 0.3968	corrélation non significative
MEDJEZ-B.B.A 050905	y = 0.3736x + 17.504	R² = 0.4292	corrélation est significative
Ksob B-B.B.A 050905	y = 0.5768x + 15.912	R² = 0.1743	corrélation non significative



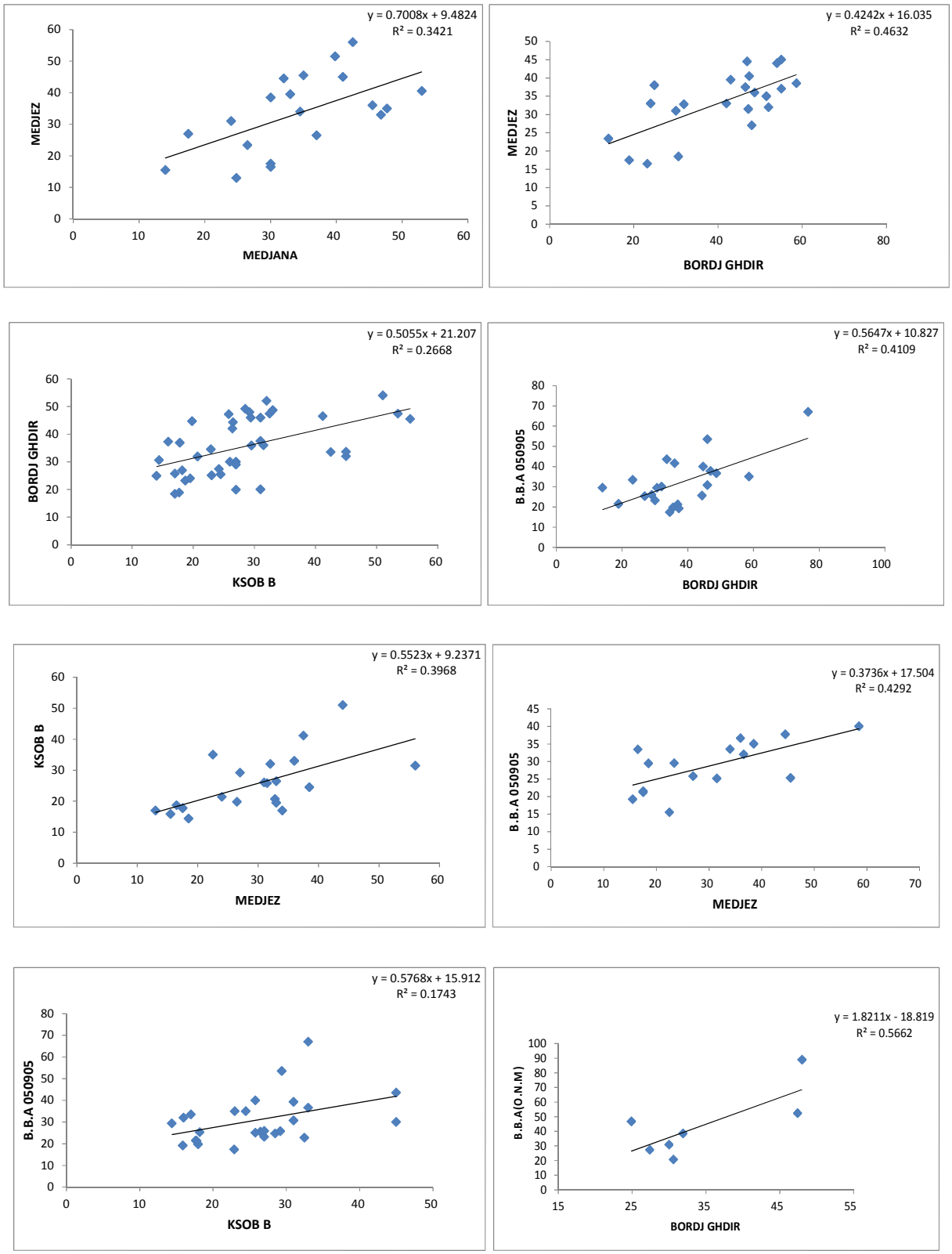


Fig. (15) Régression à l'échelle Journalière maximale annuelle des précipitations.

III.3 Les variations spatiales et temporelles sur le bassin :

III.3.1 Évaluation de la pluie moyenne annuelle précipitée sur le bassin :

Comme dans toute étude pluviométrique, nous sommes référés à une période d'observation qui s'étale du premier septembre 1943 au 31 août 2009 (66 ans).

Plusieurs méthodes sont proposées pour le calcul de la pluie moyenne annuelle et interannuelle précipitée sur le bassin versant, on a choisi d'utiliser:

III .3.1.a La moyenne arithmétique :

il s'agit d'une simple moyenne arithmétique des précipitations moyennes annuelles des stations pluviométriques relevées au même temps, aux différentes stations du bassin ou dans son voisinage pour une période déterminée.

Elle est déterminée par la relation :

$$P_m = \overline{P} = \frac{\sum_{i=1}^{n} p_i}{n} \qquad \text{.....(III.2)}$$

P_m : pluie moyenne annuelle ou interannuelle (mm).

P_i : pluie moyenne annuelle ou interannuelle de chaque station (mm).

n : nombre de station d'observation ; n = 05.

Tableau (16) Application de la méthode de moyenne arithmétique au calcul de la pluie moyenne interannuelle.

Station	Medjana	Bordj Ghdir	B.B.A (050905)	Medjez	Ksob B
Pi (mm)	414.1	411.1	345.1	261.8	263.3
Nombre d'année d'observation	96	96	96	66	66

Pour le bassin versant de l'Oued Ksob la méthode de moyenne arithmétique a donné une pluie moyenne interannuelle de **Pm= 339.1 mm.**

En estimée la pluie moyenne du bassin pour chaque année par cette méthode.

III .3.1.b Méthode synthétique :

C'est une méthode qui permet de prendre en considération les altitudes des stations dans le calcul de la pluie représentative du bassin.

Dans notre cas, Les couples (pluie P, altitude H) sont :

Tableau (17) Application de la méthode de moyenne synthétique au calcul de la pluie moyenne interannuelle.

Station	Medjana	Bordj Ghdir	B.B.A (050905)	Medjez	Ksob B	B.B.A(O.N.M)
Pi (mm)	448.7	421.7	352.3	253.5	256.7	371.2
H (m)	1042	1054	922	636	600	928
Nombre d'année d'observation	96	96	96	66	66	10

On porte sur un graphe P en abscisse et H en ordonnée et l'on ajuste visuellement une droite aux points du graphe.

Ensuite on trace l'Horizontale qui passe par l'altitude moyenne et qui égale 863.7m ; au point de son intersection avec la droite on trace la verticale. L'intersection de cette dernière avec l'axe des pluies représente la pluie moyenne recherchée qui est égale à Pm = 350.7 mm, voir figure (16).

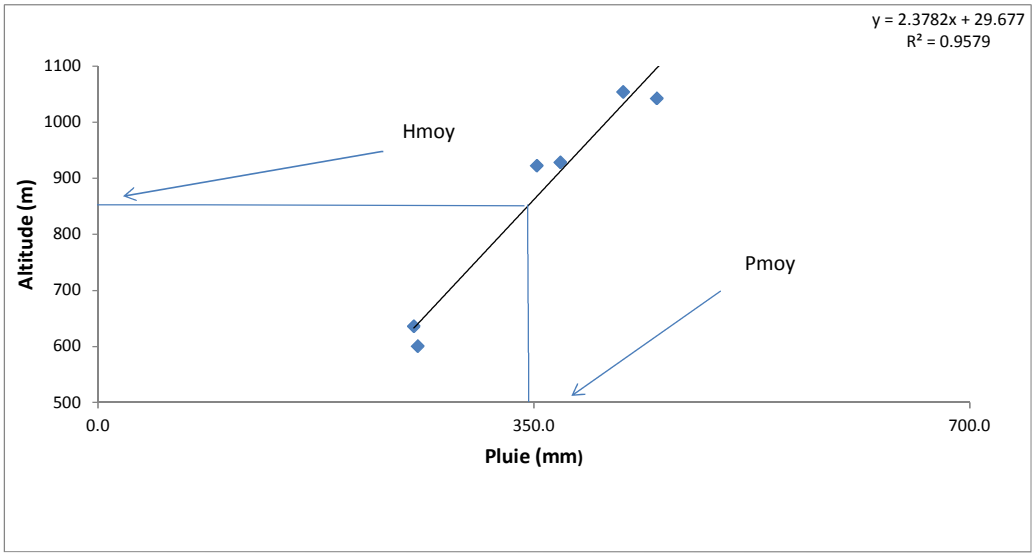


Fig. (16) Méthode synthétique pour tirer la moyenne interannuelle graphiquement.

En estimée la pluie moyenne du bassin pour chaque année par cette méthode pour traiter cet objet. Voir (**annexe I**).

III .3.1.c Méthode de Theissen :

C'est l'une des méthodes les plus rapides et les plus utilisées, elle consiste à trace les médiatrices des triangles formés par les différents pluviographes ou pluviomètres. Les surfaces d'influence de ces derniers sont mesurées à l'aide du planimètre (en utilisant le logiciel MAPINFO 8.0). Pour notre bassin, la pluviométrie moyenne est donnée par :

$$\mathbf{P_m = \overline{P} = \sum_{i=1}^{n} \frac{p_i * S_i}{S}} \qquad \text{…..(III.3)}$$

P_m : pluie moyenne annuelle ou interannuelle du bassin [mm] ;

P_i : pluie moyenne annuelle de la station [mm] ;

S_i : surface élémentaire d'égale précipitation [km^2] ;

S : surface globale du bassin [Km²].

Les résultats sont répartis dans le tableau (18).

Tableau (18) Application de la méthode de Theissen au calcul de la pluie moyenne interannuelle

Station	Précipitation Pi (mm)	Surface propre à chaque station Si (km2)	Pi*Si
Medjana	448.7	169.5	76032
Bordj Ghdir	421.7	669.7	282412
B.B.A (050905)	352.3	308.2	108579
Medjez	253.5	168.2	42639
Ksob B	256.7	140.7	36118
	TOTAL	1456	545780
	∑ (Pi*Si)/S	375	

La lame d'eau moyenne annuelle obtenue par cette méthode est égale à 375 mm.

En calcul la pluie moyenne du bassin pour chaque année par cette méthode pour traiter cet objet. Voir (**annexe II**).

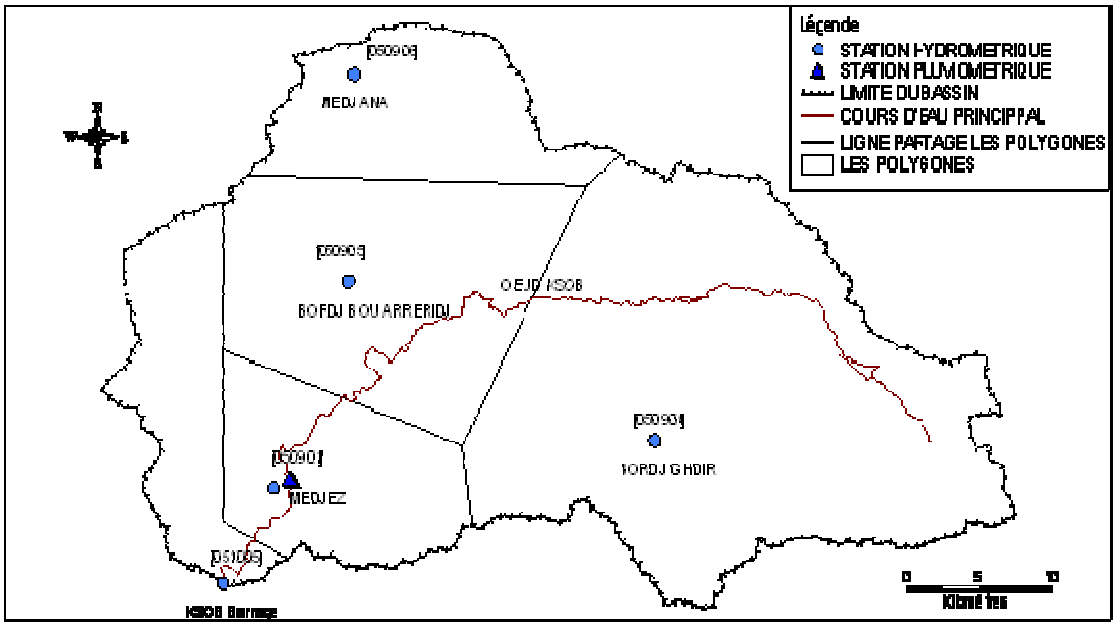


Fig. (17) Découpage de la surface du B.V de l'Oued Ksob selon la méthode de Theissen.

Les valeurs extrêmes de la pluviométrie aux limites du bassin sont : 150mm à l'exutoire du bassin versant et on peut observer une augmentation de la pluviométrie avec la topographie du bassin, elle dépasse 600mm dans la partie la plus élevée du versant ; correspondant à des altitudes dépassant 1800m (Djebel Morissane Djebel Mziata et DJ. Ech chlenndj).

En général, la pluviométrie diminue du côté des versants vers l'oued principal, qui est l'oued Ksob du Nord-Est vers le Sud-Ouest.

Presque la moitié de la superficie totale du bassin possède une pluviométrie inférieure à 300mm.

Tableau (19) Comparaison des pluies représentatives du Ksob calculées par différentes méthodes

Bassin / Méthode	Moyenne Arithmétique	Méthode synthétique	Méthode Theissen
L'Oued Ksob et son ensemble	351	351	375

N-B : pour estimer la pluie moyenne du bassin par la méthode de l'isohyète en peut demander la couverture du bassin par les stations, malheureusement pour notre bassin d'une mauvaise distribution des postes d'observation.

III .3.2 Répartition pluviométrique interannuelle :

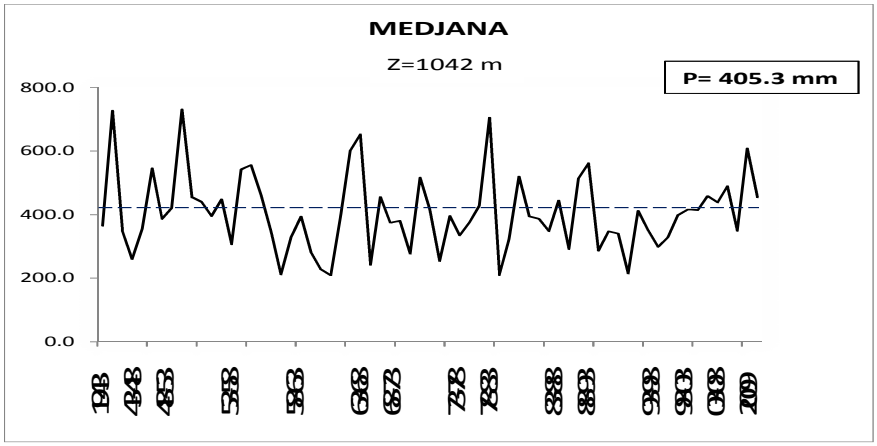
Pour mieux saisir et préciser la variation pluviométrique annuelle, on s'est basé sur le coefficient de variation ; ce paramètre est très efficace pour mesurer le degré de dispersion relative des valeurs particulières autour de la moyenne globale.

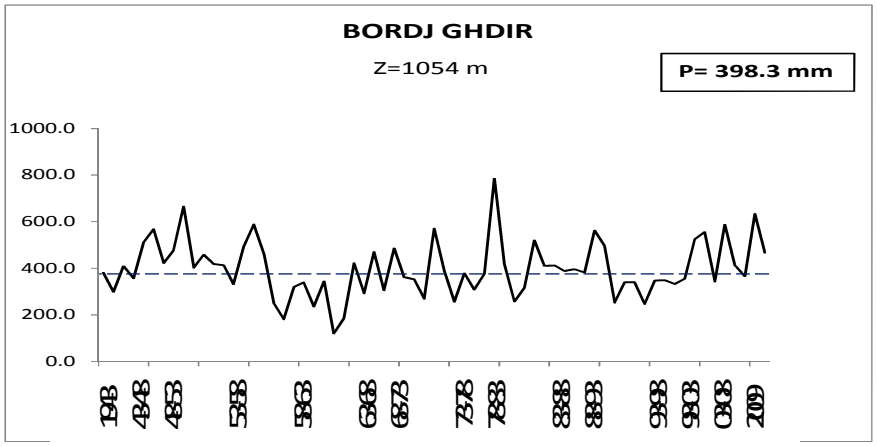
Les valeurs du coefficient de variation annuelles des cinq (5) stations du bassin varient entre 0,18 et 0,30 avec une distribution spatiale qui varie du Nord au Sud, donc en fonction du domaine climatique tableau (20).

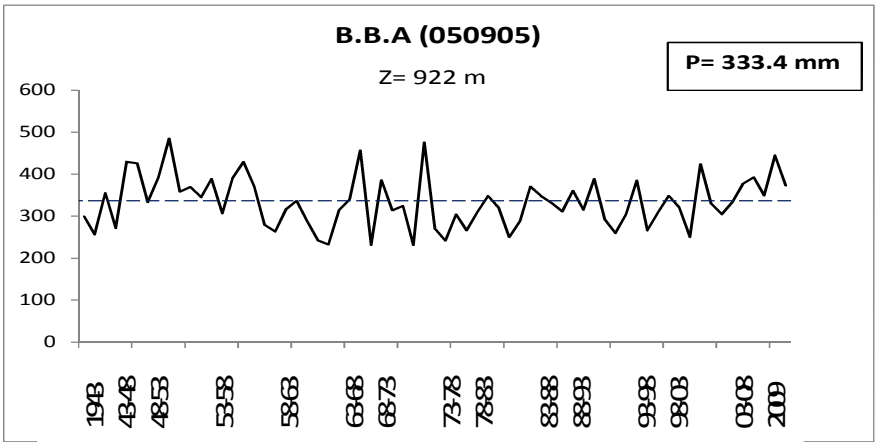
Afin de caractériser la pluviosité propre pour chaque année, il convient de tenir compte de "l'écart type" correspondant à l'excédent, ou au déficit des précipitations de l'année considérée rapportée à la moyenne de 66 ans; nous avons relevé toutes les années pluviométriques extrêmes humides et sèches [voir la figure (18) et tableau (21)].

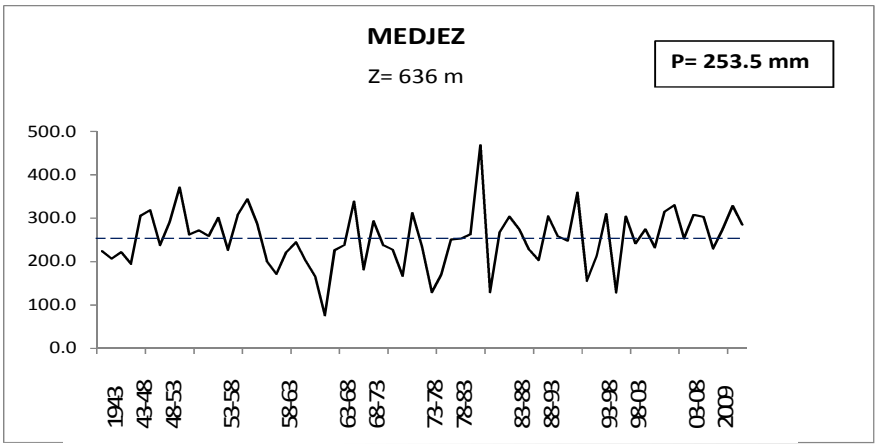
Tableau (20) moyenne, écart type et coefficient de variation de la série pluviométrique (1943-2009).

STATION		ANNEE
Medjana	$P_{MOYENNE}$	405.3
	ECART TYPE	121.9
	CV	0.30
Bordj Ghdir	$P_{MOYENNE}$	398.3
	ECART TYPE	120.9
	CV	0.30
B.B.A (050905)	$P_{MOYENNE}$	333.4
	ECART TYPE	61.7
	CV	0.18
Medjez	$P_{MOYENNE}$	253.5
	ECART TYPE	65.9
	CV	0.26
Ksob B	$P_{MOYENNE}$	256.7
	ECART TYPE	73.9
	CV	0.29


MEDJANA
Z=1042 m
P= 405.3 mm
800.0
600.0
400.0
200.0
0.0


BORDJ GHDIR
Z=1054 m
P= 398.3 mm
1000.0
800.0
600.0
400.0
200.0
0.0


B.B.A (050905)
Z= 922 m
P= 333.4 mm
600
500
400
300
200
100
0


MEDJEZ
Z= 636 m
P= 253.5 mm
500.0
400.0
300.0
200.0
100.0
0.0
1943
43-48
48-53
53-58
58-63
63-68
68-73
73-78
78-83
83-88
88-93
93-98
98-03
03-08
2009

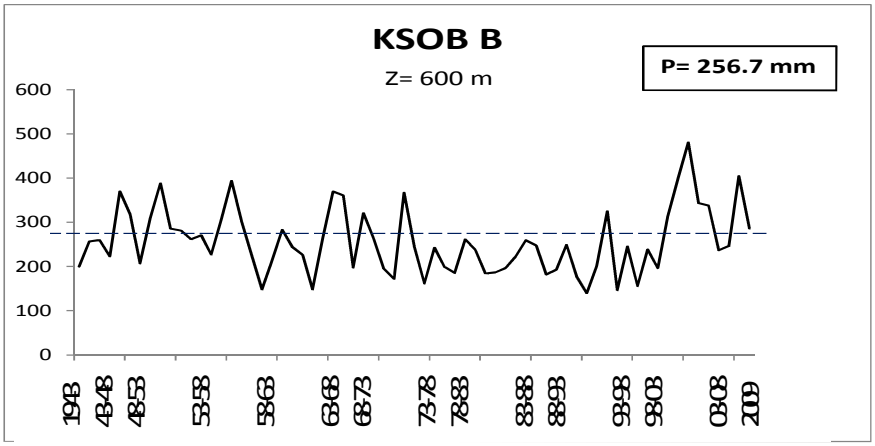


Fig. (18) Variation annuelle des précipitations de différentes stations (1943/2009).

Tableau (21) Écart à la moyenne des précipitations annuelles extrêmes (1943-2009).

Station	MOY INTERANNUELLE (p_m) 1943-2009	ANNEE HUMIDE Pi	Écart à la moyenne $ei = \frac{P_i - P_m}{P_m} * 100$	ANNEE Sèche Si	Écart à la moyenne $ei = \frac{S_i - P_m}{P_m} * 100$
MEDJANA	405.3	51-52	80.40%	66-67	-48.43%
BORDJ GHDIR	398.3	82-83	97.21%	66-67	-69.95%
B.B.A (050905)	333.4	51-52	45.65%	74-75	-30.68%
MEDJEZ	253.5	82-83	84.89%	96-97	-49.19%
Ksob B	256.7	03-04	87.34%	93-94	-45.42%

L'analyse de la variabilité interannuelle des précipitations mérite d'être complétée par une étude fréquentielle, c'est-à-dire l'estimation des valeurs limites atteintes ou dépassées pendant une période donnée. Ceci suppose de rechercher au préalable la loi d'ajustement.

III .4 Distribution statistique des pluies

III .4.1 Distribution annuelles

Nous avons adopté les modules annuels à la loi normale pour les stations du bassin : on a classé les 66 hauteurs annuelles de pluie par ordre décroissant, en attribuant à chaque variable son rang dans la série compté de 1, puis on détermine les fréquences expérimentales correspondantes :

$$F = \frac{i - 0.5}{N} \qquad \text{.....(III.4)}$$

i : rang ;

N : taille de l'échantillon.

On porte dans un graphique de Gauss, les fréquences en abscisses et les pluies moyennes annuelles en ordonnée puis on trace la droite d'ajustement permettant d'envisager la loi de probabilité.

Cette démarche étant suivie pour toutes les stations du bassin versant l'Oued Ksob avec déférente intervalle de confiance [**figure** (**19**) ; **annexe** (**III)**].

Selon la période d'observation choisi, les moyennes annuelles oscillent autour de la moyenne calculée sur la période la plus longue (erreur d'échantillonnage), il est donc nécessaire de compléter notre information en déterminant autour de la valeur empirique estimée un intervalle de confiance pour un degré de confiance choisi, qui dépend des considérations économiques concernant le risque accepté

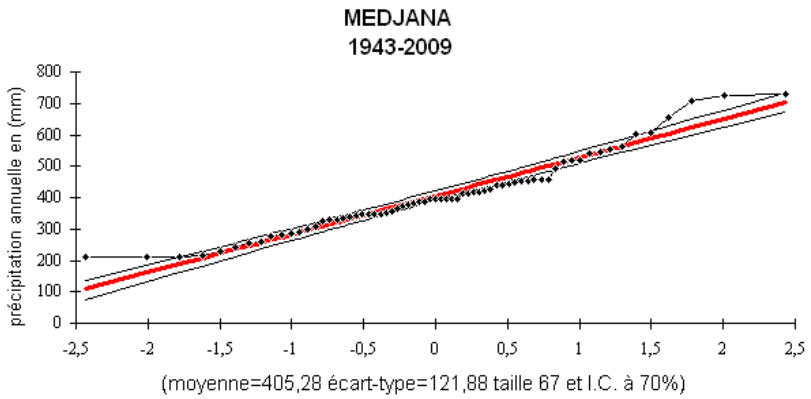
Pour une série d'observation (N > 30), on a les intervalles de confiances suivants :

$\bar{x} \pm \frac{t_1 - \alpha}{2}, \frac{\delta}{\sqrt{N}}$ (Pour la moyenne).

$\frac{t_1 - \alpha}{2}$: La variable réduite à la loi de Gauss, à la probabilité $\frac{1-\alpha}{2}$

x : La moyenne annuelle sur une longue période (66 ans).

δ : Écart type de la période considérée.



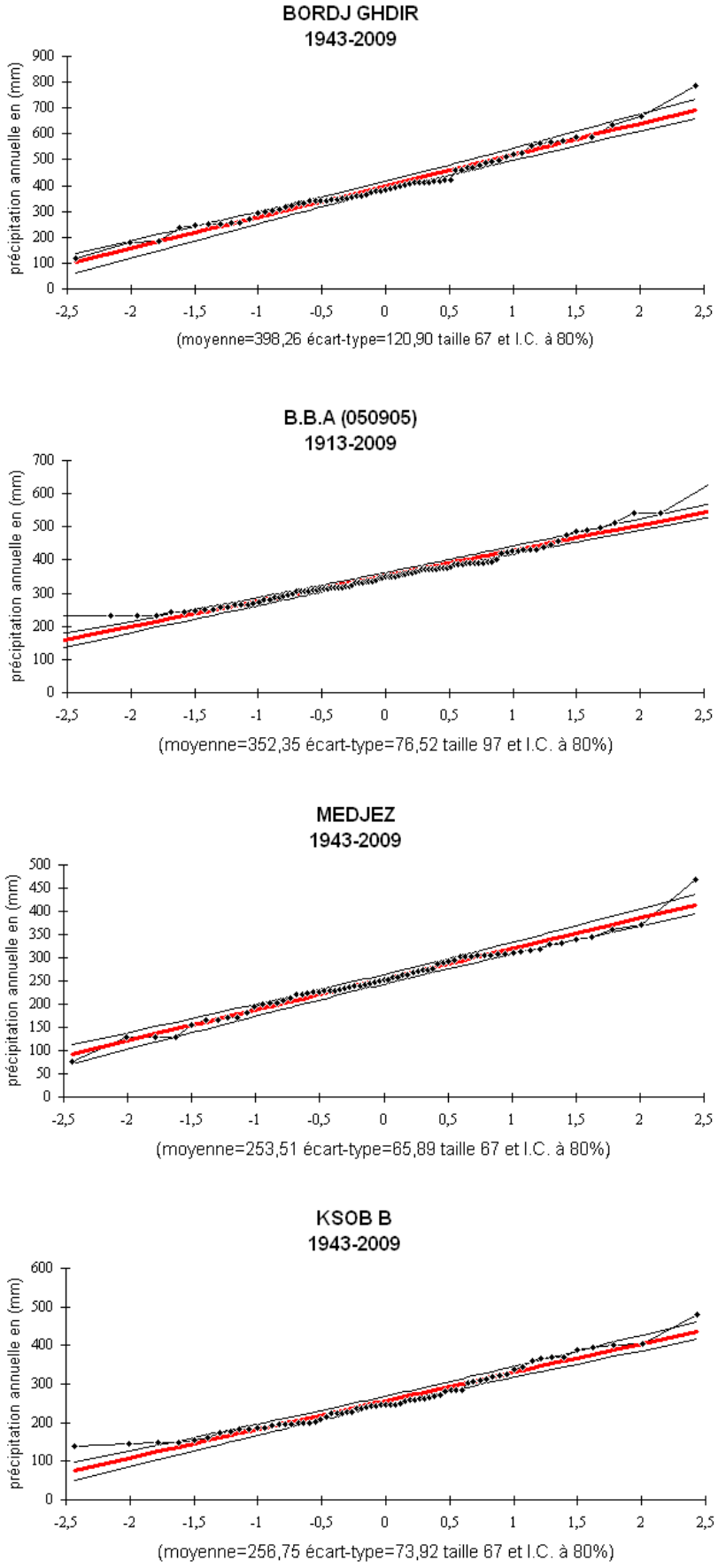


Fig. (19) Ajustement des précipitations annuelles à une loi de Gauss.

Les intervalles de confiance correspondant aux degrés de confiance α% sont résumés dans le tableau (22).

Lorsqu'on procède à un ajustement d'une loi théorique de probabilité pour un échantillon, la question qui se pose est de savoir si cette loi s'adapte d'une façon satisfaite.

Un examen graphique aussi intéressant qu'il soit ne pourrait suffire, il faut pouvoir tester par le calcul la qualité de l'ajustement réalisé.

On utilise à cette effet le teste de X^2 : variable aléatoire dont la distribution a été étudiée par Pearson les règles d'emploi sont les suivantes :

a) Le découpage en classes qui doit introduire des classes d'égale probabilité théorique et d'un effectif théorique d'au moins cinq (5) valeurs par classe.

b) Calcul de x^2 :

$$x^2 = \sum \frac{(n_i - nP_i)^2}{nP_i} \qquad \text{…..(III.5)}$$

Avec :

$\mathbf{n_i}$: effectif observé de la classe i ;

$\mathbf{n\ P_i}$: effectif théorique de la classe i.

C) calcul nombre de dégrée de liberté : U = k-1-P.

Avec :

P : nombre de paramètre à partir des valeurs expérimentales pour ajuster à la loi théorique ;

K : nombre de classe.

Tableau (22) Intervalle de confiance pour les différentes stations du bassin et test de x^2.

Station	intervalle de confiance	
Medjana	70%	$389.7 \leq x \leq 420.8$
	80%	$386 \leq x \leq 424.6$
	90%	$308.3 \leq x \leq 430.3$
	95%	$375.2 \leq x \leq 435.3$
Bordj Ghdir	70%	$382.8 \leq x \leq 413.7$
	80%	$379.1 \leq x \leq 417.4$
	90%	$373.5 \leq x \leq 423.1$
	95%	$368.4 \leq x \leq 428.1$
B.B.A (050905)	70%	$344.2 \leq x \leq 360.4$
	80%	$342.3 \leq x \leq 362.4$
	90%	$339.4 \leq x \leq 365.3$
	95%	$336.8 \leq x \leq 367.9$
Medjez	70%	$245.1 \leq x \leq 261.9$
	80%	$243.1 \leq x \leq 264$
	90%	$240 \leq x \leq 267$
	95%	$237.3 \leq x \leq 269.8$
Ksob B	70%	$247.3 \leq x \leq 266.2$
	80%	$245 \leq x \leq 268.5$
	90%	$241.6 \leq x \leq 271.9$
	95%	$238.5 \leq x \leq 275$

L'estimation des pluies fréquentielles [Pf] en année humide et en année sèche se fait en appliquant l'équation de la variable réduite de Gauss.

$$\mathbf{P_t = \overline{P} + Uf * \delta} \qquad \text{.....(III.6)}$$

Avec :

P_t : Pluie annuelle de fréquence f ;

Uf : Variable réduite de gauss ;

$\overline{P}$: Pluie moyenne annuelle.

Les quantités estimées pour les différentes stations du bassin de l'Oued Ksob et pour les probabilités de retour retenues, sont présentées dans le tableau (23).

Tableau (23) Précipitations annuelles fréquentielles en (mm).

Station	P (année humide)				P	P (année sèche)			
	T=1000ans	T=100ans	T=50ans	T=10ans	T=2ans	T=10ans	T=50ans	T=100ans	T=1000ans
	f =0,999	f =0,99	f =0,98	f =0,90	f =0,5	f =0,10	f =0,02	f =0,010	f =0,0010
	U=3.01	U=2,327	U=2,054	U=1,282	U=0,000	U=-1,281	U= -2,056	U= -2,329	U= -3.01
MEDJANA	772	689	656	562	405	249	155	121	38
BORDJ GHDIR	762	680	647	553	398	243	150	117	34
B.B.A (050905)	583	530	509	450	352	254	195	174	122
MEDJEZ	452	407	389	338	254	169	118	100	55
Ksob B	479	429	408	351	257	162	105	85	34

La période observée de 1943 à 2009 présente des années exceptionnelles sèches ou humides et contient des valeurs d'une fréquence très différente de la fréquence expérimentale. À titre d'indication : l'année 1966/1967 est la plus sèche à la station de Bordj Ghdir (P = 119.7mm) qui peut atteint ou dépassée une fois tous les 67 ans. Alors que l'année la plus humide à la même station est celle de 1982/1983 avec une pluie de 785,5 mm à une période de retour de 1333 ans Tableau (24).

Tableau (24) Fréquence théorique des pluies moyennes annuelles et extrêmes pour les différentes stations de l'Oued Ksob.

Station	Année extrême sèche	P (mm)	$U_f=\frac{P-\bar{P}}{\delta}$	f	$T=\frac{1}{f}$	Année extrême humide	P (mm)	$U_f=\frac{P-\bar{P}}{\delta}$	f	$T=\frac{1}{1-f}$
MEDJANA	66-67	209	-1.61	0.0537	19	51-52	731.2	2.67	0.99621	264
BORDJ GHDIR	66-67	119.7	-2.30	0.01072	93	82-83	785.5	3.20	0.99925	1333
B.B.A (050905)	74-75	231.1	-1.58	0.05705	18	51-52	485.6	1.74	0.95907	24
MEDJEZ	96-97	128.8	-1.89	0.02938	34	82-83	468.7	3.27	0.9995	2000
Ksob B	93-94	140.1	-1.58	0.05705	18	03-04	480.9	3.03	0.99952	2083

III .4.2 Les précipitations extrêmes et les averses facteur générateur des crues :

L'analyse des précipitations journalières maximales et même des hauteurs de pluie horaire présente un intérêt particulier, pour les études de protection contre les crues.

Pour dégager une idée générale sur l'importance des pluies extrêmes, nous nous basons sur des données d'observations disponibles pour cinq (5) stations et pour une période différentes

par exemple (période plus longue [B.B.A 050905 « 1913-2009 »], période plus court [Medjez « 1974-2009 »]).

Il s'avère que la hauteur d'eau journalière maximale décroît d'une manière générale, en allant du secteur montagneux vers les plaines, à titre de comparaison, la station de Medjana a reçu une lame d'eau journalière maximale moyenne 41,2mm ; la station de B.B.A 050905 : 34,5mm, Bordj Ghdir a reçu une lame d'eau journalière maximale moyenne de 38,8mm ;la station Medjez : 37.9, alors que Ksob B a reçu 29,1mm donc ces hauteurs maximales recueillies en 24 heures.

Concernant la variabilité temporelle de pluie maximale journalière, on relève que la hauteur la plus forte coïncide avec les mois les plus pluvieux de l'année : septembre et octobre ou mars, avril et mai pour la série (1943/1995).

Ces pluies exceptionnelles alimentent largement les crues et les transports solides des oueds surtout dans les terrains fortement dénudés qui occupent une partie importante du bassin ; là où les inondations risques de ce produisent.

Afin de faire ressortir cette irrégularité temporelle de pluie extrême, une étude fréquentielle nous permet de caractériser et d'estimer les précipitations exceptionnelles, pour les différentes durées de récurrence.

La loi qui s'ajuste mieux aux valeurs extrêmes est celle de Gumbel, ou doublement exceptionnelle, sa réalisation par la méthode graphique nécessite les opérations suivantes :

- Classé les pluies maximales journalières observées par ordre croissant.
- Classé les probabilités expérimentales :

$$\mathbf{F(x) = \frac{n - 0.5}{N}} \qquad \text{…..(III.7)}$$

- Reporté les couples (Pjmax, Fx) sur papier à échelle de probabilité Gumbel (traiter ce problème avec logiciel HYDROLAB).
- Calculé les paramètres d'ajustement :

$$\mathbf{\frac{1}{a} = 0.78 * \delta} \qquad \text{…..(III.8)}$$

$$\mathbf{Pjmax\,\% = \overline{Pjmax} - \frac{1}{a} * 0.577} \qquad \text{…..(III.9)}$$

- Tracé la droite de Gumbel :

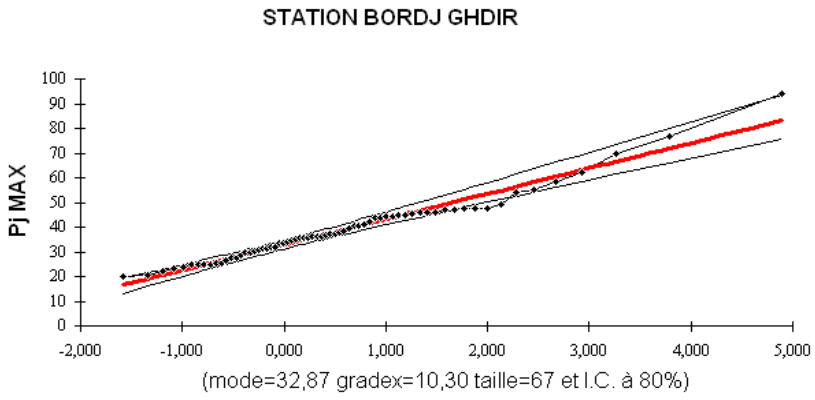
$$\mathbf{Y = a(\overline{Pjmax} - Pjmax\,\%)} \qquad \text{…..(III.10)}$$

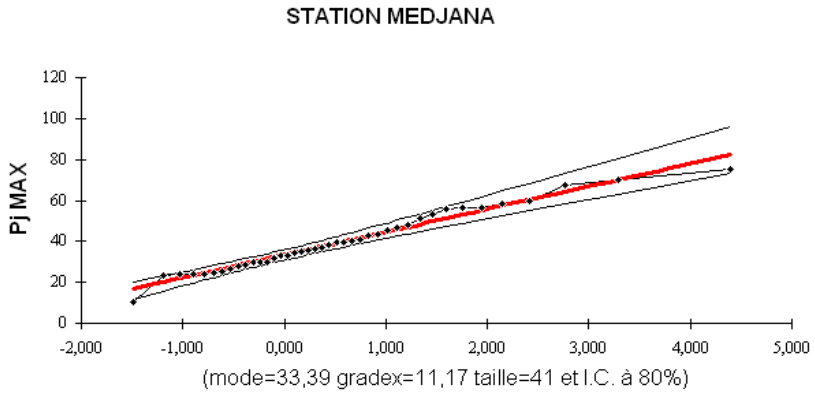
La figure (20) montre que la droite de Gumbel passe bien au milieu de ces points expérimentaux, donc cette loi est applicable pour les séries d'observations des cinq stations caractéristiques du bassin, et pour le différent intervalle de confiance voir **annexe** (**IV**).

Les quantiles estimés pour les quatre stations en appliquant l'équation de Gumbel :

$$\mathbf{Y = -[Ln(1 - LnF(x)]} \qquad \text{…..(III.11)}$$

Pour les probabilités de retour retenues sont présentés dans le tableau (25).





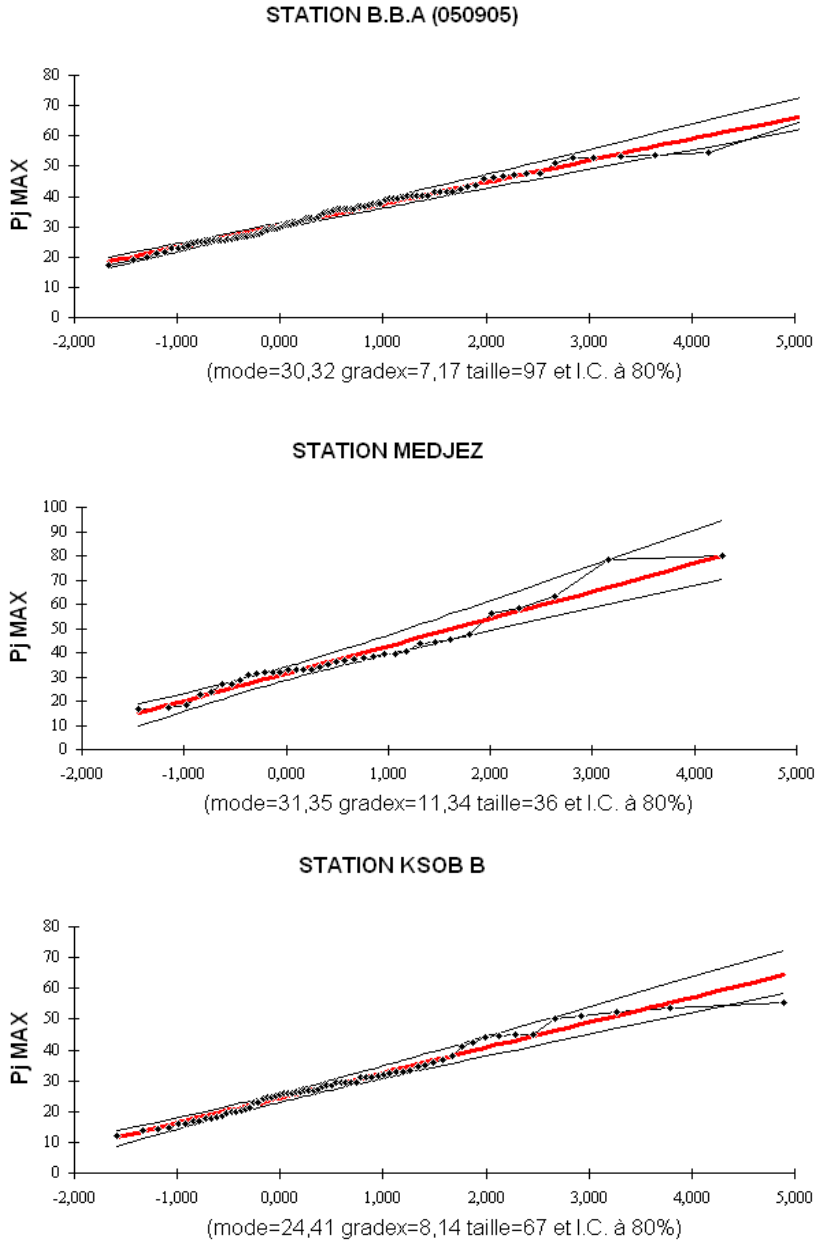


Fig. (20) Ajustement des précipitations journalières maximales à la loi de Gumbel des stations Du bassin (1943/2009).

Tableau (25) pluie maximale journalière fréquentielle, pour les cinq stations pluviométriques (1943-2009).

Pjmax T	2	5	10	50	100	1000
Fréquence	0.5	0.8	0.9	0.98	0.99	0.999
Variable réduite de Gumbel	0.37	1.50	2.25	3.90	4.60	6.91
Medjana	37.48	50.14	58.53	76.97	84.77	110.54
Bordj Ghdir	36.65	48.32	56.05	73.06	80.25	104.01
B.B.A (050905)	32.95	41.07	46.46	58.30	63.30	79.85
Medjez	35.51	48.36	56.87	75.60	83.52	109.68
Ksob B	27.39	36.62	42.73	56.17	61.86	80.64
Bassin (Moy)	34.00	44.90	52.13	68.02	74.74	96.94

Pour mieux caractériser l'écoulement fluvial extrême ayant trait aux crues et les inondations, il faut descendre à une échelle temporelle encore plus fine dans l'analyse des pluies extrême, à l'échelle des pluies horaires, pour une analyse complète des événements averse- crue observés sur le bassin.

Cependant, n'ayant pas de données suffisantes, on doit recourir à des formules empiriques qui permettent d'estimer les pluies de courte durée, on adopte la méthode utilisée par ANRH d'après K.Body (1981) :

$$\mathbf{Pt = Pjmax\,\%}\left(\frac{\mathbf{t}}{\mathbf{24}}\right)^{\mathbf{b}}. \qquad \text{…..(III.12)}$$

Pt : Pluie de courte durée de fréquence donnée en mm ;

Pjmax% : pluie journalière de fréquence donnée en mm ;

b : Exposant climatique donnée par la formule suivante :

$$\mathbf{b = 1 + \frac{Ln\left(\frac{Pjmax}{24}\right) - Ln(25)}{Ln(24) - Ln(0.5)}} \qquad \text{…..(III.13), voir le tableau (26).}$$

Tableau (26) valeurs de l'exposant climatique pour les cinq stations pluviométriques de bassin l'Oued Ksob.

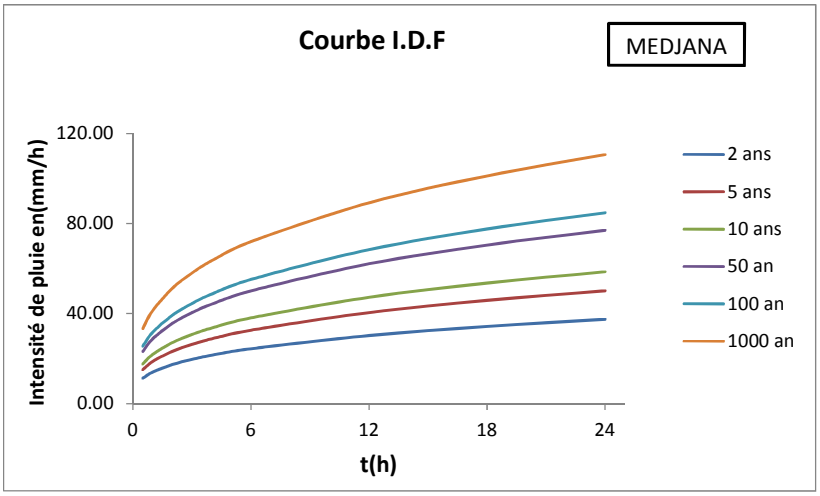
Station	Pj max moy	Exposant climatique
Medjana	41,2	0.31
Bordj Ghdir	38,8	0.29
B.B.A (050905)	34,5	0.26
Medjez	37.9	0.29
Ksob B	29,1	0.22
Bassin (Moy)	37.9	0.27

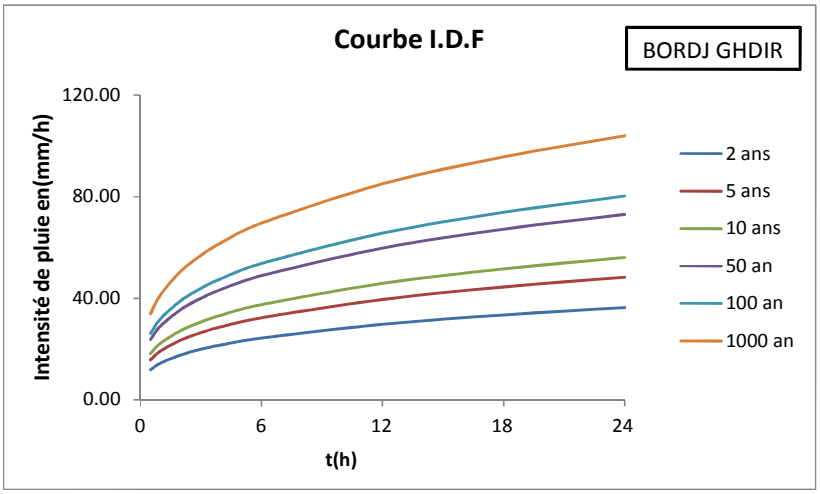
La pluie de courte durée d'un pas de temps voulu, pour les différentes fréquences est représentée dans le tableau (27).

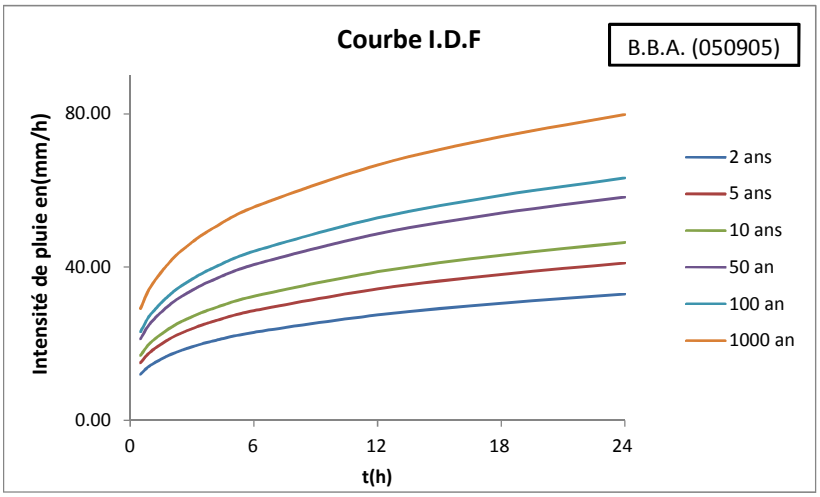
Tableau (27) Pluie de courte durée pour les cinq stations pluviométriques de bassin versant du l'Oued Ksob.

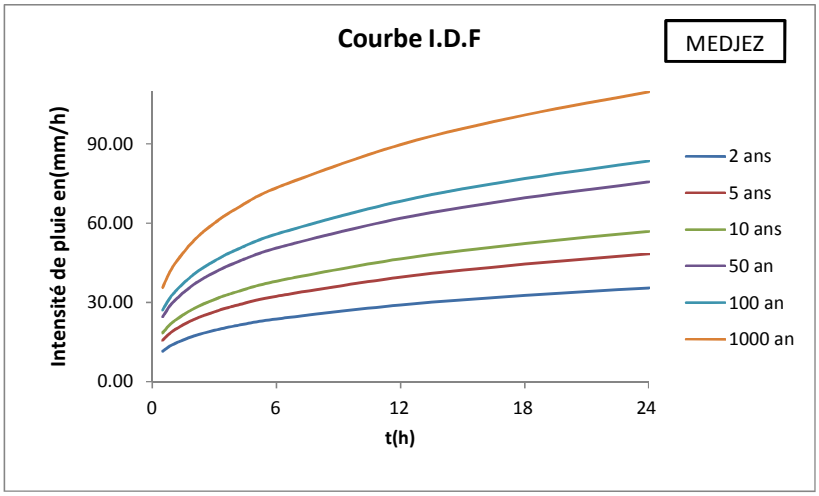
Station	temps de retour	2	5	10	50	100	1000
	t (h) / f	0.5	0.8	0.9	0.98	0.99	0.999
MEDJANA	0.5	11.29	15.10	17.63	23.18	25.53	33.29
	1	13.99	18.72	21.85	28.74	31.65	41.27
	2	17.35	23.21	27.09	35.63	39.24	51.17
	3	19.67	26.32	30.72	40.40	44.49	58.02
	4	21.51	28.77	33.59	44.17	48.64	63.43
	6	24.39	32.62	38.08	50.08	55.16	71.93
	12	30.23	40.45	47.21	62.09	68.38	89.17
	18	34.28	45.86	53.54	70.40	77.54	101.11
	24	37.48	50.14	58.53	76.97	84.77	110.54
BORDJ GHDIR	0.5	11.83	15.72	18.24	23.77	26.11	33.85
	1	14.46	19.22	22.30	29.07	31.93	41.38
	2	17.68	23.51	27.27	35.54	39.04	50.60
	3	19.89	26.44	30.67	39.97	43.91	56.91
	4	21.62	28.74	33.34	43.45	47.73	61.86
	6	24.32	32.32	37.50	48.87	53.68	69.58
	12	29.73	39.52	45.84	59.76	65.64	85.07
	18	33.44	44.45	51.56	67.21	73.83	95.68
	24	36.35	48.32	56.05	73.06	80.25	104.01
B.B.A (050905)	0.5	12.04	15.01	16.98	21.31	23.14	29.18
	1	14.42	17.98	20.33	25.52	27.70	34.95
	2	17.27	21.52	24.35	30.55	33.18	41.85

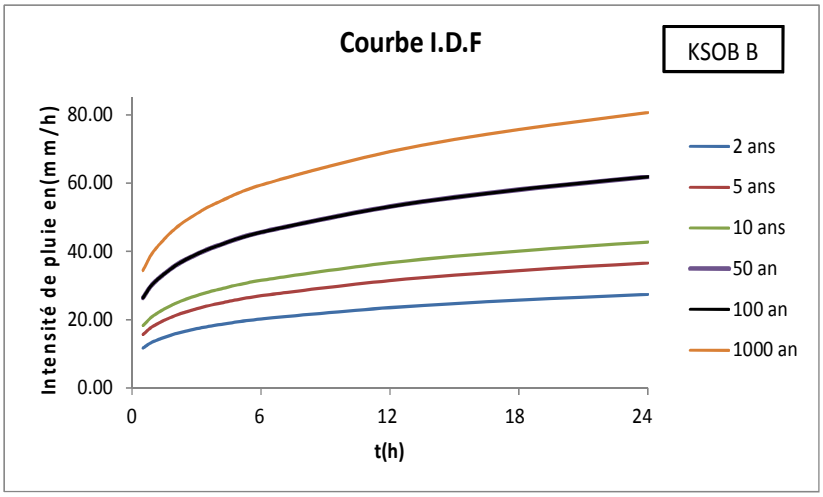
	3	19.19	23.92	27.06	33.95	36.86	46.50
	4	20.68	25.78	29.16	36.59	39.73	50.11
	6	22.98	28.64	32.40	40.66	44.14	55.69
	12	27.52	34.30	38.80	48.69	52.86	66.68
	18	30.58	38.11	43.11	54.10	58.74	74.10
	24	32.95	41.07	46.46	58.30	63.30	79.85
MEDJEZ	0.5	11.56	15.74	18.51	24.60	27.18	35.69
	1	14.13	19.24	22.63	30.08	33.23	43.64
	2	17.27	23.52	27.66	36.78	40.63	53.35
	3	19.43	26.46	31.12	41.36	45.70	60.01
	4	21.12	28.76	33.82	44.96	49.67	65.23
	6	23.75	32.35	38.04	50.57	55.87	73.37
	12	29.04	39.55	46.51	61.83	68.31	89.71
	18	32.67	44.49	52.32	69.55	76.83	100.90
	24	35.51	48.36	56.87	75.60	83.52	109.68
Ksob B	0.5	11.69	15.63	18.23	23.97	26.40	34.41
	1	13.61	18.20	21.24	27.92	30.74	40.08
	2	15.86	21.20	24.74	32.52	35.81	46.68
	3	17.33	23.18	27.04	35.55	39.15	51.04
	4	18.47	24.69	28.81	37.87	41.71	54.37
	6	20.19	26.99	31.50	41.40	45.60	59.44
	12	23.52	31.44	36.69	48.23	53.11	69.23
	18	25.71	34.37	40.11	52.73	58.07	75.69
	24	27.39	36.62	42.73	56.17	61.86	80.64
Bassin (Moy)	0.5	11.95	15.79	18.33	23.92	26.28	34.09
	1	14.42	19.04	22.10	28.84	31.69	41.10
	2	17.38	22.95	26.65	34.77	38.21	49.56
	3	19.39	25.61	29.73	38.80	42.63	55.29
	4	20.96	27.68	32.14	41.93	46.07	59.76
	6	23.38	30.88	35.85	46.78	51.40	66.67
	12	28.20	37.24	43.23	56.41	61.98	80.39
	18	31.46	41.54	48.23	62.94	69.15	89.70
	24	34.00	44.90	52.13	68.02	74.74	96.94


Courbe I.D.F
MEDJANA
Intensité de pluie en(mm/h)
120.00
80.00
40.00
0.00
0
6
12
18
24
t(h)
2 ans
5 ans
10 ans
50 an
100 an
1000 an


Courbe I.D.F
BORDJ GHDIR
Intensité de pluie en(mm/h)
120.00
80.00
40.00
0.00
0
6
12
18
24
t(h)
2 ans
5 ans
10 ans
50 an
100 an
1000 an


Courbe I.D.F
B.B.A. (050905)
Intensité de pluie en(mm/h)
80.00
40.00
0.00
0
6
12
18
24
t(h)
2 ans
5 ans
10 ans
50 an
100 an
1000 an





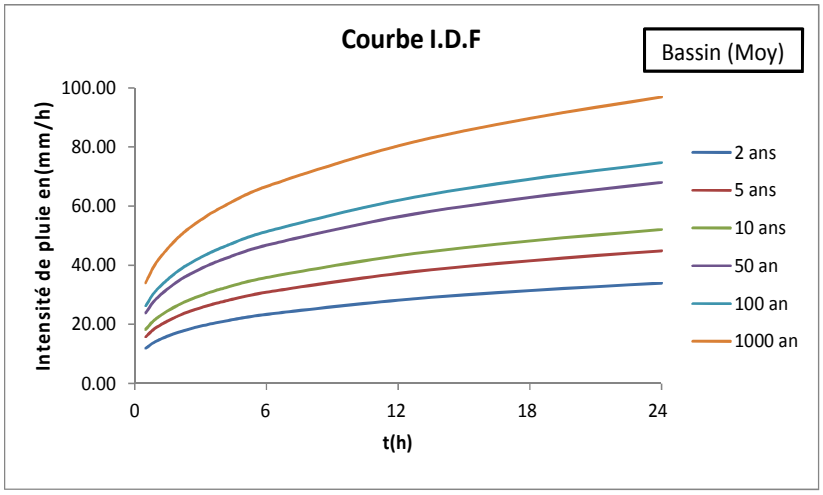


Fig. (21) Courbe intensité-durée-fréquence des stations pluviométriques de bassin versant l'Oued Ksob.

III .5 La température

La température est un facteur très important, qui conditionne les phénomènes et les paramètres du bilan hydrologique en particulier. L'étude des températures moyennes mensuelles et annuelles est primordiale, car c'est elles qui nous permettent d'évaluer les déficits d'écoulement des bassins versant.

Le terrain d'étude dispose des données d'une seule station, la station de B.B.A., située en milieu du bassin, avec une série homogène pour une période de 29 ans (1980-2009), tableau (28). La figure (22), montre la variation des températures moyennes mensuelles interannuelles maximales, moyennes et minimales.

Tableau (28) Les moyennes mensuelles interannuelles Des températures [1981-2009]

Mois / T en °C		S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Bordj Bou Arreridj [1981 2009]	Max	27.8	22.1	15.2	11.0	10.4	12.0	15.3	18.4	24.1	30.4	34.4	33.7
	Moy	21.6	16.7	10.7	6.95	6.05	7.15	9.95	12.5	17.75	23.4	27.25	26.5
	Min	15.4	11.3	6.2	2.9	1.7	2.3	4.6	6.6	11.4	16.4	20.1	19.3

Source O.N.M [BORDJ BOU ARRERIDJ]

Après extrait du rapport d'hydroclimatologie de **SARY M**. Classement bioclimatique, [station bordj Bou Arreridj] : **As, F** [**A**ride **s**upérieure, hiver **F**roids]

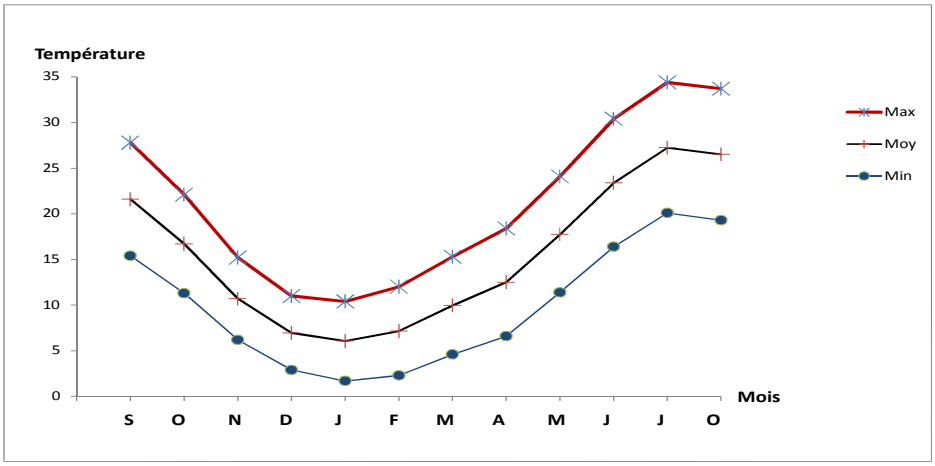


Fig. (22) Les moyennes mensuelles interannuelles Des températures [1981-2009], de station B.B.A (O.N.M).

D'après la figure (22), et le tableau (28), l'un des points essentiels qu'il faut retenir c'est la division de l'année en deux saisons thermiques :

La saison chaude s'étend de mai à octobre, avec un maximum en juillet, qui attient la valeur 34.7 C°, alors que la saison froide correspond à novembre et avril avec un minimum en janvier de 1.7 C°.

La diminution du Nord vers le Sud des températures pour le bassin de l'Oued Ksob est liée essentiellement à l'altitude mais aussi cause de l'effet de la continentalité dans la région des hautes plaines.

III .6 Les autres facteurs climatiques

III .6.1 Les vents et le sirocco

Les vents dominants sont ceux de l'Ouest et du Nord-Ouest qui sont fréquents pendant la période hivernale ; ils sont relayés par les vents du Sud (sirocco) pendant la saison estivale (juin, juillet, aout) avec un nombre de jours variant entre 25 et 34 par an. **BOUTELDJA N.**

Le tableau ci-dessous montre que la variation des vents mensuelle interannuelle pendant la période 1981-2009.

Tableau (29) Les vitesses moyennes mensuelles interannuelles Des vents [1981-2009]

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Vent [m/s]	2.7	2.5	2.6	2.6	2.6	2.8	3.0	3.2	3.1	3.2	3.1	2.8

Source O.N.M [Bordj Bou Arreridj]

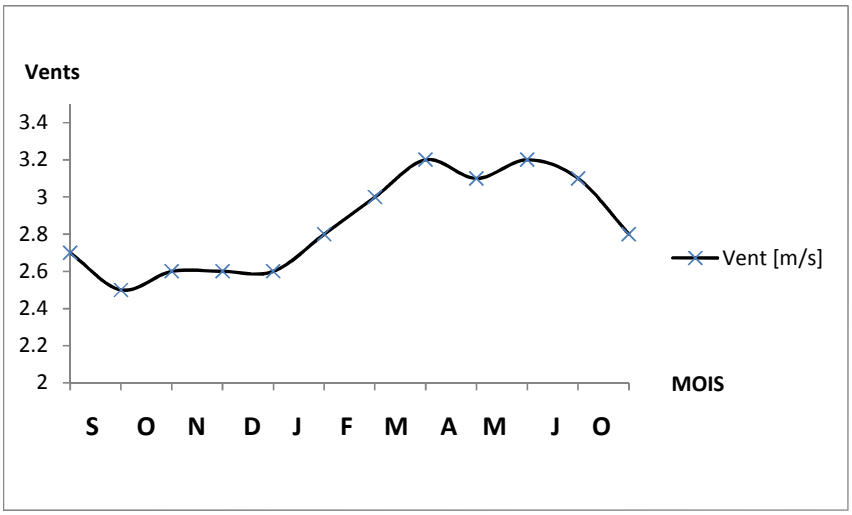


Fig. (23) Les vitesses moyennes mensuelles interannuelles Des vents [1981-2009]

III .6.2 Humidité relative :

Elle exprime le rapport en pourcentage de la pression partielle de la vapeur d'eau dans l'air (Pa) à la pression de vapeur saturante (Pr) dans les mêmes conditions de mesure de température lue au thermomètre sec et de pression.

L'évaluation moyenne mensuelle de l'humidité calculée à la station de B.B.A, est mentionnée dans le tableau ci-dessous :

Tableau (30) Les moyennes mensuelles interannuelles De l'humidité [1981-2009].

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Humidité [%]	56	63	73	78	76	71	66	61	56	46	39	43

Source : **O.N.M** [B.B.A]

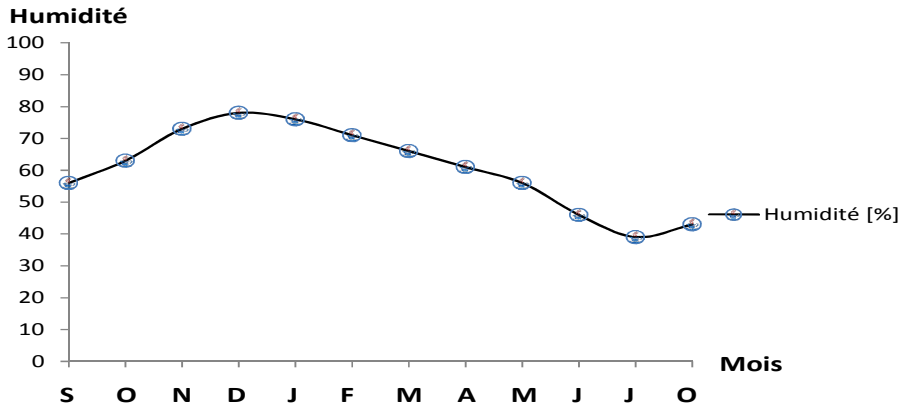


Fig. (24) Les moyennes mensuelles interannuelles De l'humidité [1981-2009], B.B.A (**O.N.M).**

D'après les résultats obtenus, on constate, à la station de B.B.A, que l'humidité est plus élevée en hiver qu'en été, celle-ci est due à la température qui est plus élevée en été qu'en hiver. L'humidité relative moyenne mensuelle varie entre 39 % en juillet et 78 % en décembre, l'altitude et l'exposition sont les facteurs principaux dans l'abondance ou pas de l'humidité en ajoutant le rôle du vent.

III .6.3 Évaporation :

On dispose au barrage du Ksob des mesures d'évaporation sur bac Colorado.

L'évaporation moyenne interannuelle calculée sur la base de ces mesures est de 3.5657 Hm^3 Sa répartition annuelle est comme suit :

Tableau (31) évaporation annuelle observé par une station située dans le barrage Ksob.

Année	80/81	81/82	82/83	83/84	84/85	85/86	86/87	87/88	88/89	89/90
E (Hm^3)	**2.420**	**3.251**	**3.051**	**2.987**	**2.597**	**3.426**	**3.994**	**4.584**	**3.838**	**3.850**
Année	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00
E (Hm^3)	**4.384**	**4.216**	**4.023**	**3.090**	**3.821**	**3.808**	**3.912**	**4.210**	**3.546**	**4.080**
Année	00/01	01/02	02/03	03/04	04/05	05/06	06/07	07/08	08/09	09/10
E (Hm^3)	**3.115**	**2.772**	**3.245**	**2.885**	**3.709**	**3.701**	**3.582**	**3.699**	**3.597**	**3.578**



Fig. (25) Variation de l'évaporation annuelle dans le barrage Ksob.

III .7 l'évaporation annuelle des précipitations, des températures et le régime climatique du bassin :

La combinaison des deux principaux facteurs climatiques températures et précipitations est intéressante dans la mesure, où elle permet de déterminer les mois véritablement secs, qui correspondent selon la définition de **BAGNOULS F.** & **GAUSSEN H.** Au mois où le total des précipitations est inférieur au double de la température moyenne mensuelle.

Pour avoir la relation entre la température et la précipitation on utilise le diagramme ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS figure (26), qui sont établi à partir des données de températures moyennes mensuelles et des précipitations moyennes mensuelles avec une échelle P = 2T.

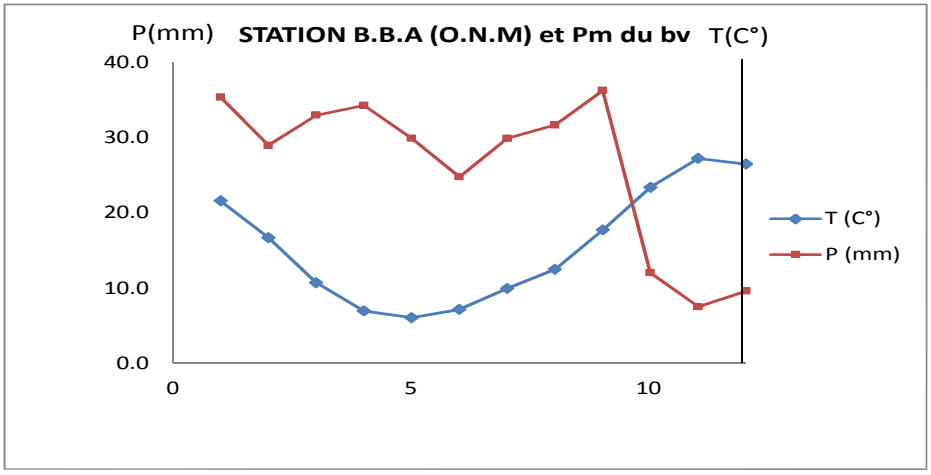


Fig. (26) Diagramme Ombrothermique de la station B.B.A (O.N.M) et Pm mensuelle du bassin.

La période sèche présente six mois : Avril, Mai, Juin, Juillet, Août et Septembre.

Conclusion

La pluviométrie et son rôle dans l'écoulement ont été amplement analysés. Après critique et l'homogénéisation des données qui donne un coefficient détermination pour les pluies annuelle compris entre 0.64 - 0.89, et pour les pluies journalière maximale donne un coefficient entre 0.17- 0.46, on a été amené à distinguer une série longue et homogène [1943-2009] qui nous a permis de dégager d'une part des variations spatiotemporelles des précipitations dans le bassin et d'autre part l'établissement de l'esquisse des theissen de la série longue. Une pluviométrie moyenne interannuelle de l'ordre 363 mm, et pour la pluie journalière maximale interannuelle soit 36.3 mm. On relève des précipitations faibles et irrégulières et des températures élevées varient entre 9.85°C et 22°C.