

Chapitre I : PRESTATION DU BASSIN VERSANT

I-1-Caractéristiques naturelles de la basse soubella :

I-1-1-Situation géographique :

Le bassin versant de soubella est situé au Nord-est du Bassin versant du Hodna, il est limité au Nord par le bassin versant de la Soummam et au Sud par Chott el Hodna, (figure.I-1)

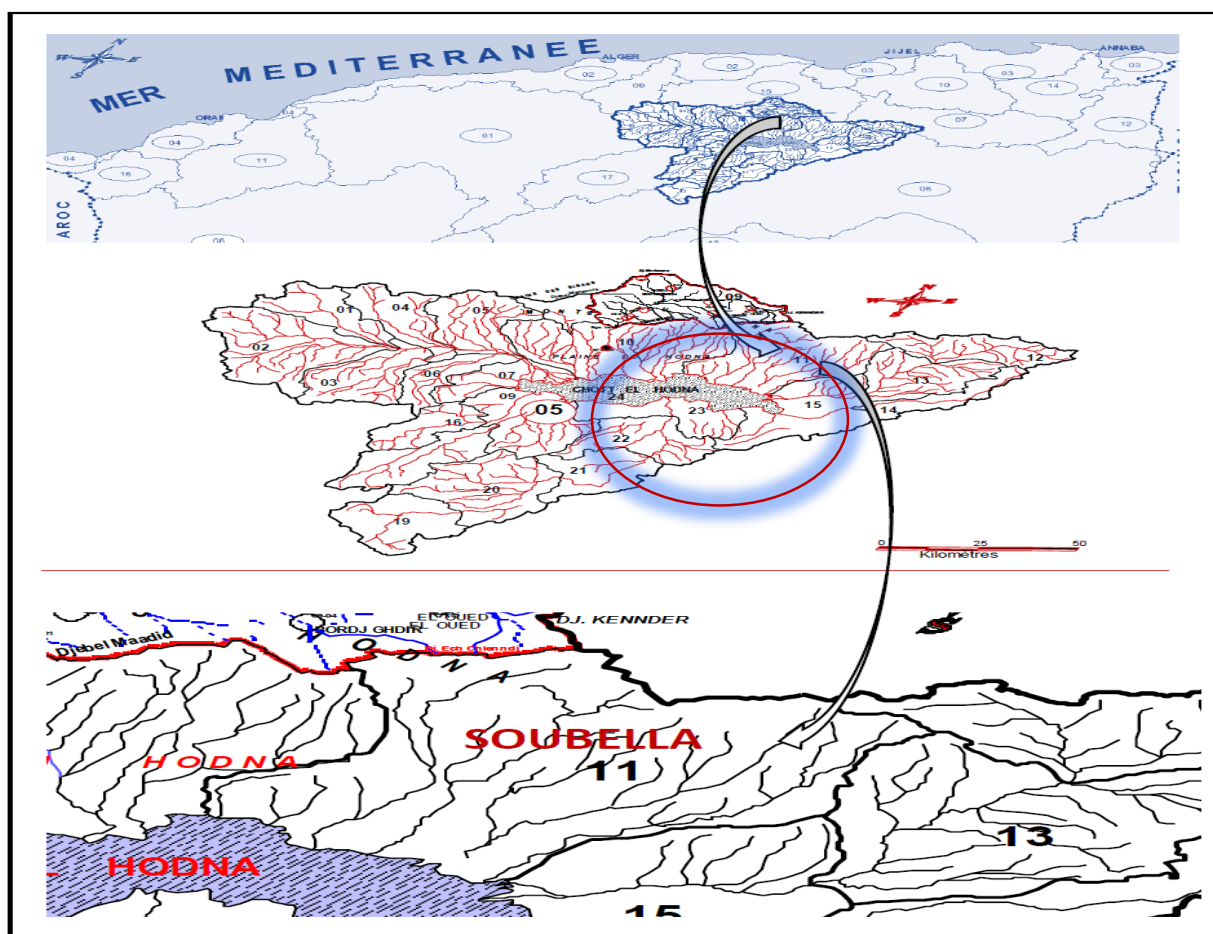


Figure.I-1 Situation de sous bassin versant de Soubella.

I-1-2-Caractéristique morpho métrique :

I-1-2-1-Délimitation du bassin versant :

La délimitation des bassins versants se fait sur des cartes d'Etat-major en utilisant les planimètres, de nos jours les techniques de digitalisation informatique sont de plus en plus utilisées. Comme nous utilisant le logiciel **WMS** (Watershed Modeling System) . (Figure.I-2)

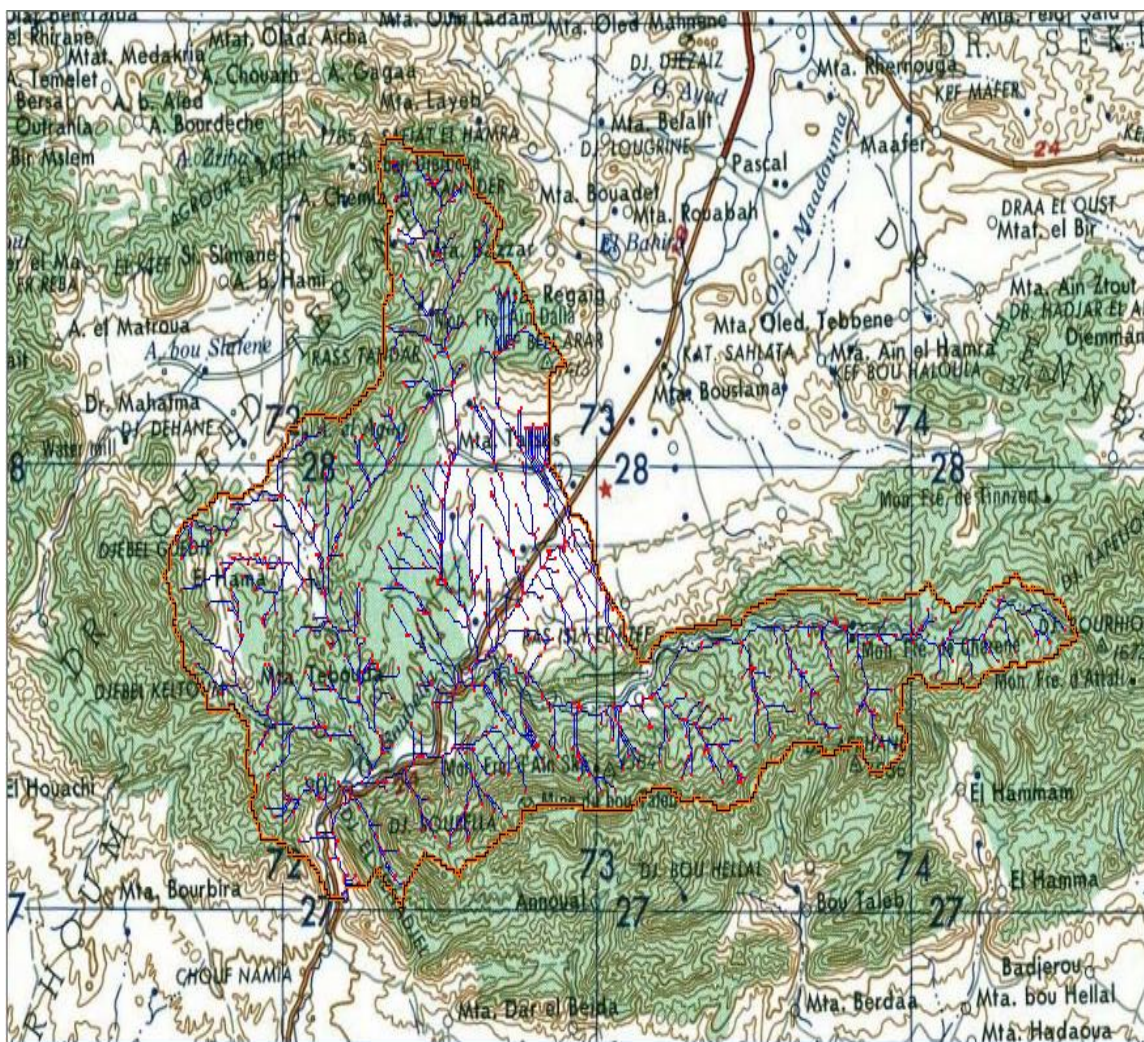


Figure.I-2 Délimitation du bassin versant du Soubella.

I-1-2-2-La surface (A) :

Le bassin versant étant l'aire de réception des précipitations et d'alimentation des cours d'eau, les débits vont être en partie reliés à sa surface.

La surface du bassin versant du Soubella a été mesurée à l'aide du logiciel (WMS) après avoir callé la carte de la région, il s'inscrit entre les latitudes 35° et 36° Nord et entre les longitudes 5° et 6° Est, à une échelle 1/250000.

La surface du bassin est de l'ordre de :

A=183.93KM²

I-1-2-3-Le périmètre (P) :

Le périmètre représente tout le contour du bassin versant avec ses irrégularités, il est exprimé en KM, ce contour est constitué par une ligne joignant tous les points les plus élevés, il n'influence pas l'état d'écoulement du cours d'eau au niveau du bassin versant. Le périmètre peut être mesuré à l'aide d'un curvimètre ou automatiquement par les logiciels développés pour cet objectif.

$$P = 113,68 \text{ KM}$$

I-1-2-4-Indice de compacité de Gravellius (K_G) :

L'indice de compacité se définit comme le rapport du bassin par rapport au périmètre du cercle ayant la même surface, il représente une caractéristique de forme qui nous renseigne sur l'écoulement et l'allure de l'hydrogramme.

$$K_G = \frac{P}{2\sqrt{\pi \cdot A}} = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Soit : K_G : Indice de compacité de Gravellius

P : périmètre du bassin versant [KM]

A : surface du bassin versant [KM²]

$$K_G = 2,35$$

Longueur du bassin versant est :

$$L = 23,83 \text{ KM}$$

I-1-3-Les paramètres du relief :

L'influence du relief sur l'écoulement se conçoit aisément, car de nombreux paramètres hydrométéorologiques varient avec l'altitude (précipitations, températures, etc.) et la morphologie du bassin, en outre, la pente influe sur la vitesse d'écoulement. Le relief se détermine lui aussi au moyen d'indices ou de caractéristiques suivants :

I-1-3-1-Courbe hypsométrique :

La courbe hypsométrique fournit une vue synthétique de la pente du bassin, donc du relief.

Cette courbe représente la répartition de la surface du bassin versant en fonction de son altitude. Elle porte en abscisse la surface du bassin qui se trouve au-dessus de l'altitude représentée en ordonnée. Elle exprime ainsi la superficie du bassin ou la superficie, au-delà d'une certaine altitude.

Le tableau suivant nous donne la répartition des surfaces en fonction des cotes.

Tableau .I-1 : La répartition des surfaces en fonction des altitudes

Altitudes (m)	Hmoy(m)	Si (Km ²)	Σ Si(Km ²)	Si (‰)	Si (cumulées ‰)	Si*Hmoy (Km ² *m)
1886-1800	1843	0,75	0,75	0,41	0,41	1382,25
1800-1600	1700	5,2	5,95	2,82	3,23	8840
1600-1400	1500	27,2	33,15	14,84	18,07	40800
1400-1200	1300	46,7	79,85	25,45	43,52	60710
1200-1000	1100	89,5	169,35	48,79	92,31	98450
1000-800	900	11,3	180,65	6,14	98,45	10170
800-720	760	2,83	183,48	1,55	100	21508

Courbe hypsométrique

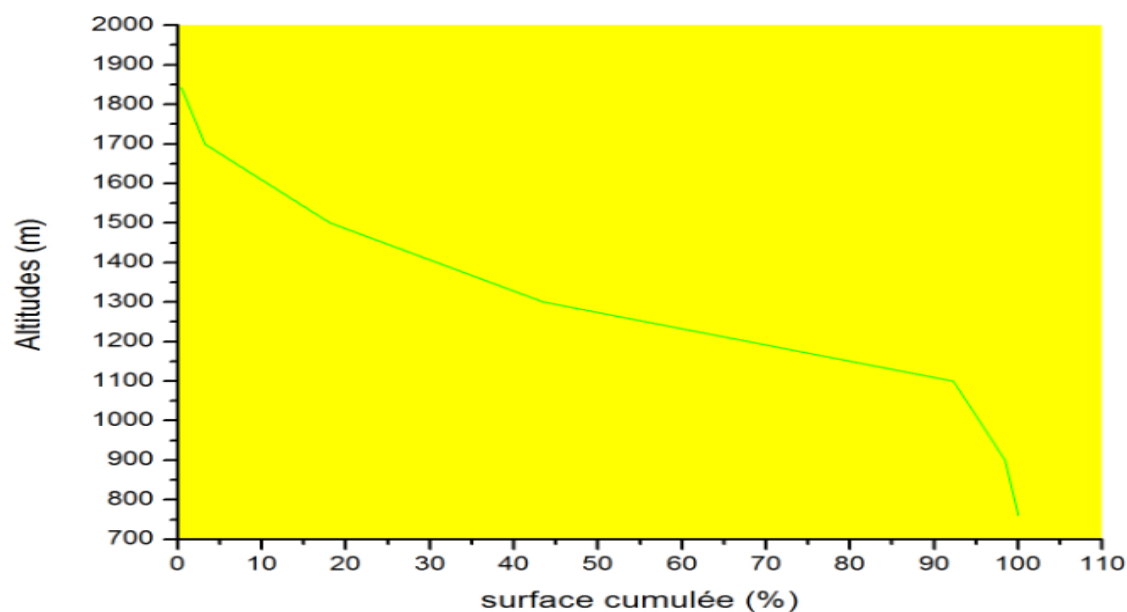


Figure .I-3 La courbe hypsométrique de bassin versant de Soubella

I-1-3-2-L'altitude caractéristique du bassin versant :**a) Les altitudes maximales et minimales :**

L'altitude maximale représente le plus élevé du bassin tandis que minimale est celle du point le plus bas, généralement à l'exutoire. Ces deux deviennent surtout importantes lors du développement de certaines faisant intervenir des variables climatologiques telles que la température, la précipitation et le couvert neigeux. Elles déterminent l'amplitude altimétrique du bassin versant et interviennent aussi dans le calcul de pente.

$$H_{\min} = 720 \text{ m}$$

$$H_{\max} = 1886 \text{ m}$$

b) L'altitude moyenne :

L'altitude moyenne se déduit directement de la courbe hypsométrique ou de la lecture d'une carte topographique. On peut la définir comme suit :

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

H_{moy} : altitude moyenne du bassin(m)

A_i : aire comprise entre deux courbes de niveau(Km²)

H_i : altitude moyenne entre deux courbe du niveau(m)

A : superficie totale du bassin versant(Km²)

L'altitude moyenne est peu représentative de la réalité. Toutefois, elle est parfois utilisée dans l'évaluation de certains paramètres hydrométéorologiques ou dans la mise en œuvre de modèles hydrologiques.

Après le calcul on trouve : $H_{\text{moy}} = 1318,2 \text{ m}$

c) L'altitude médiane :

L'altitude médiane correspond à l'altitude lue au point d'abscisse 50% de surface totale du bassin, sur la courbe hypsométrique. Cette grandeur se rapproche de l'altitude moyenne dans le cas où la courbe hypsométrique du bassin concerné présente une pente régulière.

D'après la courbe hypsométrique on a : $H_{\text{méd}} = 1160 \text{ m}$

I-1-3-3-Densité de drainage :

Elle est définie comme étant le rapport entre la longueur total de tous les cours d'eau et la surface total du bassin versant

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

D_d : densité de drainage (km/km²)

Li : longueur de cours d'eau (km)

A : surface du bassin versant (km²)

I-1-3-4-La pente moyenne de bassin versant :

La pente moyenne est une caractéristique importante qui renseigne sur la topographie du bassin. Elle est considérée comme une variable indépendante, et elle donne une bonne indication sur le temps du parcours du ruissellement direct – donc sur le temps de concentration t_c et influence directement le débit de pointe lors d'une averse.

La méthode proposée par Carlier et Leclerc (1964) consiste à calculer la moyenne pondérée des pentes de toutes les surfaces élémentaires comprises entre deux altitudes données. Une valeur approchée de la pente moyenne est alors donnée par le résultat suivant :

$$i_m = \frac{L.D}{A}$$

ou :

i_m : pente moyenne (%).

L : longueur total de courbe de niveau (Km).

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

A : surface du bassin versant (Km²).

$$\text{A.N : } i_m = \frac{333 \cdot 100 \cdot 10^{-3}}{183,93} * 100 \quad i_m = 18,10\%$$

I-1-3-5-Indice de pente globale i_g :

Cet indice est déterminé par la formule suivant :

$$i_g = \frac{D}{L} = \frac{H_{5\%} - H_{95\%}}{L}$$

D : dénivelée simple (m).

L : longueur du rectangle équivalent (Km).

$H_{5\%} = 1550$ m

$H_{95\%} = 970$ m.

A.N :

$$ig = \frac{1550-970}{29,5 \cdot 10^3} * 100 \quad ig=1,96 \%$$

I-1-4-Le réseau hydrographique du bassin versant :

Le réseau hydrographique se définit comme l'ensemble des cours d'eau naturels ou artificiels, permanents ou temporaires, que participent à l'écoulement. Le réseau hydrographique est sans doute une des caractéristiques les plus importantes du bassin, le réseau hydrographique peut prendre une multitude de formes.

I-1-4-1-Densité de drainage :

Elle est définie comme étant le rapport entre la longueur totale de tous les cours d'eau et la surface totale du bassin versant.

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

D_d : Densité de drainage [km/km^2].

L_i : Longueur de cours d'eau [km].

A: surface du bassin versant [km^2]

$$D_d = 0.865 \text{ [km/km}^2\text{].}$$

I-1-4-2-Le rapport de confluence :

Le rapport de confluence est un nombre sans dimension exprimant le développement du réseau de drainage, il varie suivant l'ordre considéré. C'est un élément important à considérer pour établir des corrélations d'une région à une autre, selon Strehler (1964), le RC varie de 3 à 5 pour une région où la géologie n'a aucune influence.

On remarque que le rapport de confluence le plus élevé est rencontré sur le bassin avec les formes les plus allongées.

Sur la base de la classification des cours d'eau, Horton(1932) et Schumm(1956) ont établi différentes lois :

Loi des Nombres

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

Loi des longueurs

$$R_L = \frac{L_u}{L_u + 1}$$

Avec :

R_B : rapport de confluence des cours d'eau.

R_L : rapport des longueurs des cours d'eau.

u : ordre d'un cours d'eau u varie entre 1 et n

n : l'ordre du cours d'eau principal, classification selon HORTON.

Nu : nombre des cours d'eau d'ordre u

$Nu+1$: nombre des cours d'eau d'ordre suivant ($u+1$).

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

Le rapport de confluence est un nombre sans exprimant le développement du réseau de drainage, il varie suivant l'ordre considéré.

C'est un élément important à considérer pour établir des corrélations d'une région à une autre. Selon HORTON(1945), le R_B varie de 3 à 5 pour une région où la géologie n'a aucune influence. Pour le bassin de Soubella ces rapports sont donnés comme suit :

$$R_B=4,66$$

$$R_L=2,11$$

I-1-4-3-Le coefficient de torrentialité :

Le coefficient de torrentialité est le produit de la densité de drainage par la fréquence des talwegs élémentaires.

Où :

$$Dd = Dd * F1$$

Dd : densité de drainage

F1 : fréquence des thalwegs élémentaires

$$F1 = N1 / A$$

Avec : N1 : nombre de cours d'eau d'ordre 1

$$A.N : C_t = 0,152 * 0,865 = 0,131$$

I-1-4-4-Temps de concentration :

Le temps de concentration des eaux sur un bassin versant se définit comme le maximum des durées nécessaires à une goutte d'eau pour parcourir le chemin hydrologique entre un point du bassin et l'exutoire de ce dernier.

Il est composé de trois termes différents :

t_h : Temps d'humectation : Temps nécessaire à l'imbibition du sol par l'eau qui tombe avant qu'elle ne ruisselle.

t_r : Temps de ruissellement ou d'écoulement : Temps qui correspond à la durée d'écoulement de l'eau à la surface ou dans les premiers horizons de sol jusqu'à un système de collecte (cours d'eau naturel, collecteur).

t_a : temps d'acheminement : temps mis par l'eau pour se déplacer dans le système de collecte jusqu'à l'exutoire.

Permis plusieurs formules proposées dans la littérature, on utilise la formule de GIANDOTTI.

$$Tc = \frac{4\sqrt{A} + 1,5Lp}{0,8\sqrt{H_{moy} - H_{min}}}$$

$$Lp = 34,45 \text{ Km}$$

Lp : longueur du talweg principal (Km).

A : surface du bassin versant (Km²).

H_{moy} : altitude moyenne du bassin versant (m).

Hmin : altitude minimale du bassin versant (m).

Après une application numérique on trouve : $T_c = 5,41$ Heures

I-1-4-5-Vitesse de ruissellement :

Elle est donnée par la formule suivante :

$$V_r = \frac{L_p}{T_c} \quad (Km/h)$$

Ou :

L_p : longueur du Talweg principal en Km.

T_c : Temps de concentration en h.

Après une application numérique on trouve : $V_r = 6,37$ (Km/h)

I-1-5-Conclusion :

Notre bassin de l'Oued de Soubella s'étale sur une superficie de 183.93 Km^2 , avec un périmètre de 113,68 Km, le bassin versant de Soubella et de forme allongée exprimée par l'indice de compacité, la forme de bassin versant aide à la réponse rapide de l'écoulement, l'altitude varie entre 720m et 1886m avec une altitude moyenne de 1318,2 m.

Le bassin versant du Soubella est de relief modéré exprimé par l'indice de pente globale qui est de $I_g = 0,0196$, la pente favorise le ruissèlement et le déclenchement des phénomènes érosifs.

Le réseau hydrographique est caractérisé par un cours d'eau principal de 34,45 Km et l'ordre du bassin versant est de 4 avec du temps de concentration de 5,41 Heures, et une vitesse de ruissèlement de 6,37 Km/h.

I-2-La géologie et hydrologie du bassin versant de Soubella :

I-2-1-La stratigraphie :

a) Le trias :

A l'El Hama on observe un vaste affleurement d'argiles à gypse gris, à passées bariolées.

Ces argiles ne représentent aucune trace de stratification et elles renferment quelques blocs de dolomie :

Certains sont volumineux et brunâtres, probablement arrachés au crétacé inférieur, d'autre beaucoup plus réduits et noirâtres, doivent appartenir à l'infralais.

Il s'agit-là d'un nouveau analogue à ceux décrits ailleurs dans les monts du Hodna ou le plein de Barika.

b) Le jurassique et le carbonate :

- **DOGER (j^{1-4b}) :**

Sur le flanc sud du Djebel Soubella, on observe au-dessus des marnes du toarcien moyen un gros banc de calcaires à silex puis une alternance de marnes et de calcaires gris, à silex également deux couches rouges noduleuses, s'intercalent dans cette série qui se termine par un niveau béchique calcaire.

A l'oued de El Hammam, le jurassique moyen débute quelques gros bancs de calcaire gris-bleuté à nodules et lits siliceux.

Les bancs supérieurs renferment des Ammonites et des Bélemnites.

Enfin, nous avons rattaché à ces niveaux un petit affleurement de calcaire à silex situé à proximité de Tebouda et probablement emballé dans l'extrusion triasique d'El Hama.

- **TITHONIQUE, BERRIASIEN –j⁶-n¹ :**

Dans le massif Bou Taleb-Soubella, le Berriasien débutait par des calcaires sublithographiques.

c) LA CRETACE :

Le crétacé supérieur représenté par :

- **VALANGINIEN –n² :**

Dans la vallée de l'oued Soubella cet étage est également épais, il lui correspond de marnes gris-verdâtre à petites passes gréseuses.

- **LE CRETACE INFERIEURS –n⁴ :**

Nous avons rapporté à la crétacée inférieure des bancs discontinus dolomitiques l'extrusion triasique d'el Hama, il ne nous a pas été possible de préciser s'il s'agissait d'Hauterivien ou plus probablement d'Aptien supérieur.

- **CENOANIEN SUPERIEUR, TURONIEN –c² :**

Les calcaires, souvent dolomites, qui une crête topographique nette et assez constante au-dessus de la dépression cénomanienne ont été attribués au cénomanien supérieur et au turonien par suite de leur position stratigraphique car ils ne renferment pas faune caractéristique.

Mais il est possible que le Turonien soit réduit à sa partie inférieure ou même qu'il ne soit représenté comme c'est le cas sur le massif voisin du Bou Taleb.

d) Tertiaire :

- **Pliocène inférieur (m3b) :**

La limite inférieure du villafranchien est souvent difficile à fixer avec précision car des horizons conglomératiques apparaissent au sommet de la série marno-gréseuse pliocènes. En particuliers, il est possible que les premiers niveaux gréseux à galets abondants que l'on observe de la base dejection de l'Oued Soubella.

e) LE QUATERNAIRE :

L'important soulèvement de la partie centrale des monts du Hodna au Moi pliocène s'est accompagné d'une violente érosion qui a continué durant le Quaternaire. Le matériel détritique ainsi formé a été entraîné par le Soueds vers la dépression du Chott el Hodna.

- **MOULOYEN_ q¹ :**

Dans le secteur montagneux de la partie nord-orientale de la carte. Les oueds Soubella et El Hammam sont encaissés dans de glaciis-terrasses.

- **LES TRAVERTINS_ T :**

Des formations de travertins s'observent à divers niveaux à l'aval de Oued Hammam. De même quelques affleurements témoignent de l'existence de sources maintenant disparues dans la vallée de l'Oued Soubella.

I-2-2-TECTONIQUE :

Au sud, sur les structures de Chott el Hammam, la partie centrale correspond à un vaste synclinal qui s'ouvre largement vers l'ouest où il forme le bassin de Msila, et qui se raccorde à l'est au synclinorium de Biskra par l'intermédiaire du synclinal de Magra.

La structure anticlinale du Chott el Hammam présente également un grand intérêt. En surface l'anticlinal qui s'amortie vers l'est et flanquée au sud par un deuxième anticlinal d'extension plus réduite.

On note ainsi une très importante nette disharmonie entre la structure mi-pliocène et son substratum qui prend l'allure d'un véritable horst, l'ensemble ressemblent beaucoup à ce que l'on peut observer sur le massif voisin du Bou Taleb.

Un accident très important limite à l'est le Djebel El Hammam. En surface il se traduit par une série de décrochement affectant le Miocène. Les failles limitant à l'Ouest l'extrusion du Djebel Soubella appartiennent à la même famille.

Il faut signaler enfin la faille inverse du l'Oued Soubella, qui bien que présentant un faible rejet, n'en est pas moins très importante puisqu'elle démontre l'existence de poussées dirigées du sud vers le nord.

Si on rencontre ailleurs dans les Monts du Hodna quelques autres failles de ce type, les effets des poussées Nord-Sud sont tout de même dominants.

I-2-3-HYDROGEOLOGIE :

L'oued Soubella et son affluent, l'oued el Hammam, présente un écoulement superficiel pérenne qui diminue de l'amont vers l'aval.

Quelques sources prennent naissance en montagne à la base des talus d'éboulis provenant des falaises caclo-dolomitique, mais leur débit est très faible.

Les sources qui fournissent des eaux thermales, à l'Ain Skhoua, qui donne naissance à l'oued el Hammam, proviennent des calcaires du Dogger, ses eaux très chaudes (65° C environ), légèrement sulfureuses et ferrugineuses, ont été sommairement captées pour alimenter des bains primitifs.

L'Oued Soubella est issue des calcaires de base du Miocène. Affectés ici par une faille inverse qui a permis une remontée d'eaux tièdes et un peu sulfureuses.

Sur les piémonts, on observe fréquemment des points d'eau à la base des glacis, en particulier lorsque des niveaux gréseux s'intercalent dans les marnes miocène, mais les débits sont très faibles et les eaux sont chargées (sulfatées magnésiennes).

I-2-4-Le couvert végétal :

La répartition du couvert végétal dépend des caractéristiques physico-géographiques du bassin, du climat et de l'influence de l'action anthropique.

Le bassin versant de Soubella, présente une couverture végétale floristique plus importante, soit 60% de la surface du bassin.

Cette prédominance s'explique par la présence de reliefs montagneux importants (djebel Soubella, Djebel Menadjel, djebel el Ketaf.....)

D'autre part, les terres cultivables représentent 24% et le reste 16% de la surface du bassin représente les surfaces mal protégées car les terrains sont très limités et les conditions pédoclimatiques (pente et épaisseur des sols, précipitation et températures) sont encore favorables aux pratiques de la céréaliculture traditionnelle.

Tableau.I-2 Répartition des types de couverture végétale Bouteldja (2005).

Bassin versant	I		II		III	
	S up (Km ²) Forêt maquis	%	S up (Km ²) Arbc céréaliculture	%	S up (Km ²) Arbc céréaliculture	%
Oued Soubella	109,2	60	43,68	24	29,12	16

I : surfaces bien protégées.

II : surfaces incomplètement protégées.

III : surfaces protégées ou nues.

Arbc : arboriculture.

I-2-5-Conclusion :

Nous pouvons déduire comme résumé qu'il y a une grande complexité dans la structure géologique et une distinction claire dans l'alimentation en eau, la lithologie et dans la répartition de la couverture végétale, ce qui présente un domaine où la dynamique prend un comportement distingué.

I-3-La pluviométrie :

I-3-1-Caractéristiques climatologique du bassin :

Le bassin de soubella se situe dans la zone Nord du Hodna, il se situe de station de M'sila. Pour décrire la climatologie du bassin nous récapitulons les paramètres climatologiques dans le tableau (I-3).

Le tableau 3 récapitule les données de la station météorologique de M'sila (Lat. : 35° 40' – Long : 04° 30' – Altitude : 441m) pour une durée d'observation de 1988 à 2006 pour les températures, de 1990 à 2006 pour l'insolation et de 1996 à 2006 pour les vitesses du vent et l'humidité.

Tableau .I-3 Paramètres climatiques mensuelle enregistrés à la station de M'sila

Mois		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Température (°C)	Tmax	21.4	25.4	32.8	36.8	43.6	44.2	46.2	44.7	42.2	39.3	30.8	23.3	46.2
	Tmoy	6.65	8.3	14	19.7	24.8	29	31.7	30.7	24.4	22.5	14.6	9.6	19.7
	Tmin	-7.1	3.8-	-3.2	2.3	3	7.7	15	14	10	4.4	-2	-3	-7.1
Humidité(%)		76	66.4	59.5	56.3	51.1	43.3	38.8	42.2	55.4	61.1	71.9	75.4	58
Vitesse du vent (m/s)		4.02	3.98	4.35	5.37	4.72	4.59	4.61	4.22	3.78	3.78	3.94	4.05	4.28
Insolation (h)		6.08	7.95	8.29	9.06	10.0	10.7	11.1	10.1	8.85	8.15	6.66	5.52	8.56

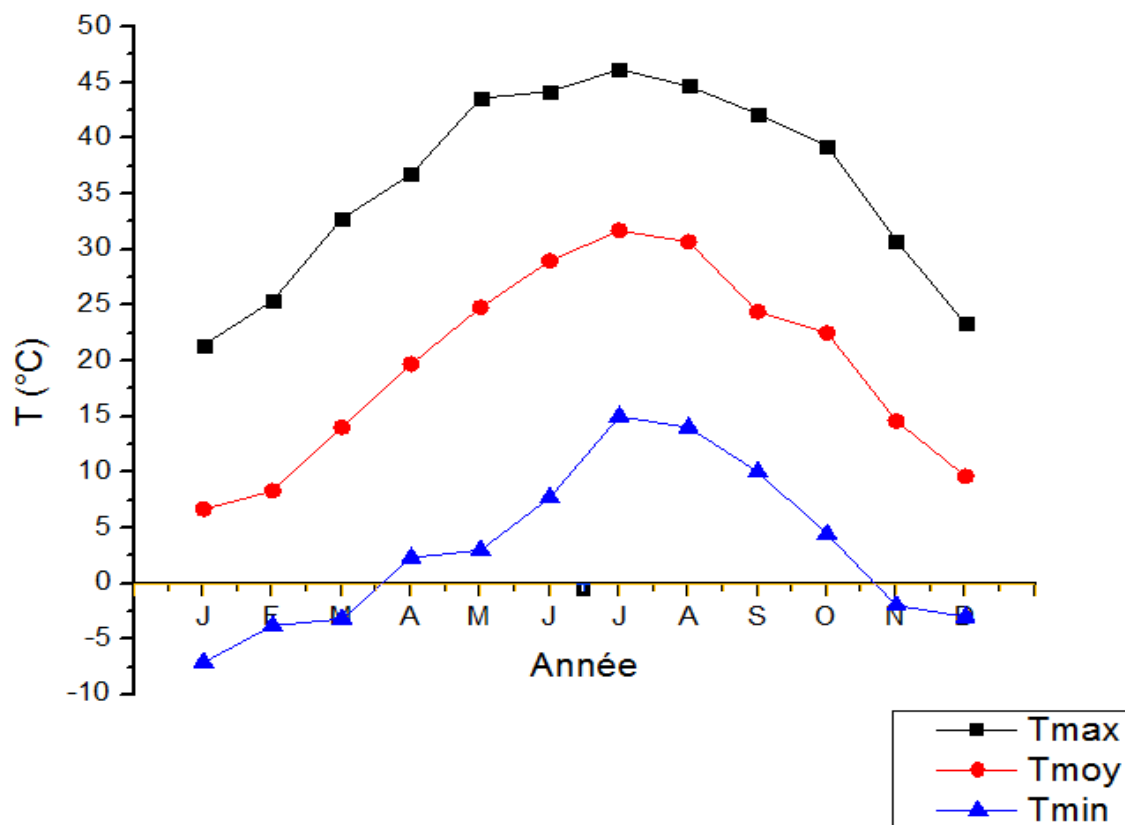


Figure.I-4 : Régime thermique de la station météorologie de M'sila

I-3-2-Etude de la précipitation du bassin :

I-3-2-1-Introduction :

La pluviométrie moyenne pour l'ensemble de l'Algérie est de 68mm/an, avec une forte variabilité spatio-temporelle. Elle varie de quelques dizaines de mm/an au sud du pays à 1500 mm/an dans la région côtière du Nord-Est. Cependant, elle varie aussi de l'ouest vers l'est, elle augmente de 350 mm/an à 1000 mm/an en moyenne. Tout comme pour la majorité des bassins en Algérie, le bassin versant du Hodna est souffrant d'un mauvais réseau pluviométrique à cause du nombre et de la distribution des postes pluviométriques. Il est contrôlé par 38 postes avec une densité de 1 poste/700 Km² Bouteldja(2005). Pour notre sous bassin de soubella nous n'avons pu avoir que les données des deux postes pluviométrique de Sidi Ouadah et Bordj Ghdir dont les caractéristiques sont récapitulées dans le tableau (I-4).

Tableau.I-4 caractéristique de station pluviométrique

Stations	Coordonnées				Altitude	
Nom	code	X	Y	Z	Période de fonctionnement	Nbre d'années
Sidi Ouadah	051101	721,5	268,75	720	1973-2004	30

I-3-2-2-Homogénéité et comblement des données pluviométriques :

Cette opération consiste à corriger s'il y a lieu à corriger les erreurs systématiques commises lors de prise des données, parmi ces erreurs on peut citer :

La graduation de l'éprouvette ne correspond pas à l'ouverture du pluviomètre.

Le changement de l'exploitation du pluviomètre du à son déplacement, à modification de son environnement, ou au changement d'observateur...

❖ Méthode du double cumule :

Nous avons adopté la méthode du double cumule, elle permet de détecter l'hétérogénéité probable d'une série de mesures et de la corriger.

La méthode comparer les pluies cumulés d'une station A dont on soulève des doutes on les comparant avec des pluies cumulées d'une station B dont les mesures sont jugées homogènes

Les données de la station ne présentent aucune cassure ce que donne à la série une sorte d'homogénéité.

❖ Méthode d'extension des données :**a-Comblement des lacunes per la régression linéaire :**

Le comblement des données manquantes se fait souvent par la méthode de régression linéaire, cette dernière consiste à estimer les variables pluviométriques inconnues de certaines stations à partir des observations d'autres stations avoisinantes prisent comme référence.

Après avoir collecté les données disponibles auprès de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH), il a été nécessaire de procéder au comblement de lacunes et extension des séries sur une période commune de 30 ans (1973-2004) et cela a été établi par corrélation linéaire entre les séries pluviométriques.

L'exposé de cette méthode est comme suit :

$$y_x = \bar{y} + r \frac{\delta y}{\delta x} (x - \bar{x}) \quad r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{(k-1) \delta_x \delta_y}$$

y_x : Moyenne conditionnelle des précipitations (la station qui présente beaucoup de lacunes).

\bar{y} : Moyenne interannuelle des précipitations à la station à combler la période d'observation commun.

\bar{x} : Moyenne interannuelle des précipitations a la station de référence.

δ_x : Ecart type des observations à la station dans la série chronologique présente des lacunes.

δ_y : Ecart type des observations à la station de référence.

r : Le coefficient de corrélation entre x et y .

I-3-3-Etude des précipitations annuelles :

I-3-3-1-Introduction :

Les précipitations représentent le facteur déterminant du régime hydrologique, pour le cas de l'oued Soubella elles représentent la source de l'approvisionnement en eau. A l'échelle annuelle est la somme de toutes les précipitations mensuelles mesurées dans le poste pluviométrique. Dans ce paragraphe, nous étudions la précipitation annuelle de station Sidi Ouadah, ainsi que leurs variabilités dans le temps.

I-3-3-2-Variabilité annuelle de précipitation de station de Sidi Ouadah :

❖ Sidi Ouadah :

Dans cette station, nous disposons (après comblement des lacunes) d'une série d'observations d'une période de 30 ans (1973-2004) tableau (I-5). La hauteur annuelle des précipitations varie de 133.7 à 469.8 mm, avec un caractère général de la pluviosité annuelle irrégulière. La valeur

maximale des précipitations annuelles est observée pendant l'année 1994-1995 avec 469.8 mm, la valeur minimale annuelle est enregistrée en 1997-1989 avec 133.7 mm .un coefficient de variation de 0,33 est estimé sur toute la période, ce qui explique une dispersion totale de 30% par rapport à la moyenne interannuelle.

Tableau. I-5 Répartition annuelle des précipitations (1973-2004)

Année	SIDI OUDAH P(mm)
73-74	222
74-75	388.7
75-76	352.1
76-77	158.6
77-78	250.3
78-79	231.2
79-80	281.7
80-81	312.7
81-82	278.7
82-83	167.1
83-84	317
84-85	403.5
85-86	341.4
86-87	356.8
87-88	293.1
88-89	425
90-91	387.4
91-92	197.1
92-93	178.2
93-94	291.3
94-95	469.8
97-98	133.7
98-99	286.3
99-00	170.2
00-01	161.8
01-02	346.6
02-03	457.8
03-04	218.9
Pmax (mm)	469.8
Pmoy	288.53
Pmin (mm)	133.7
Ecart-type	96.190
Le Coef de variation (Cv)	0.33

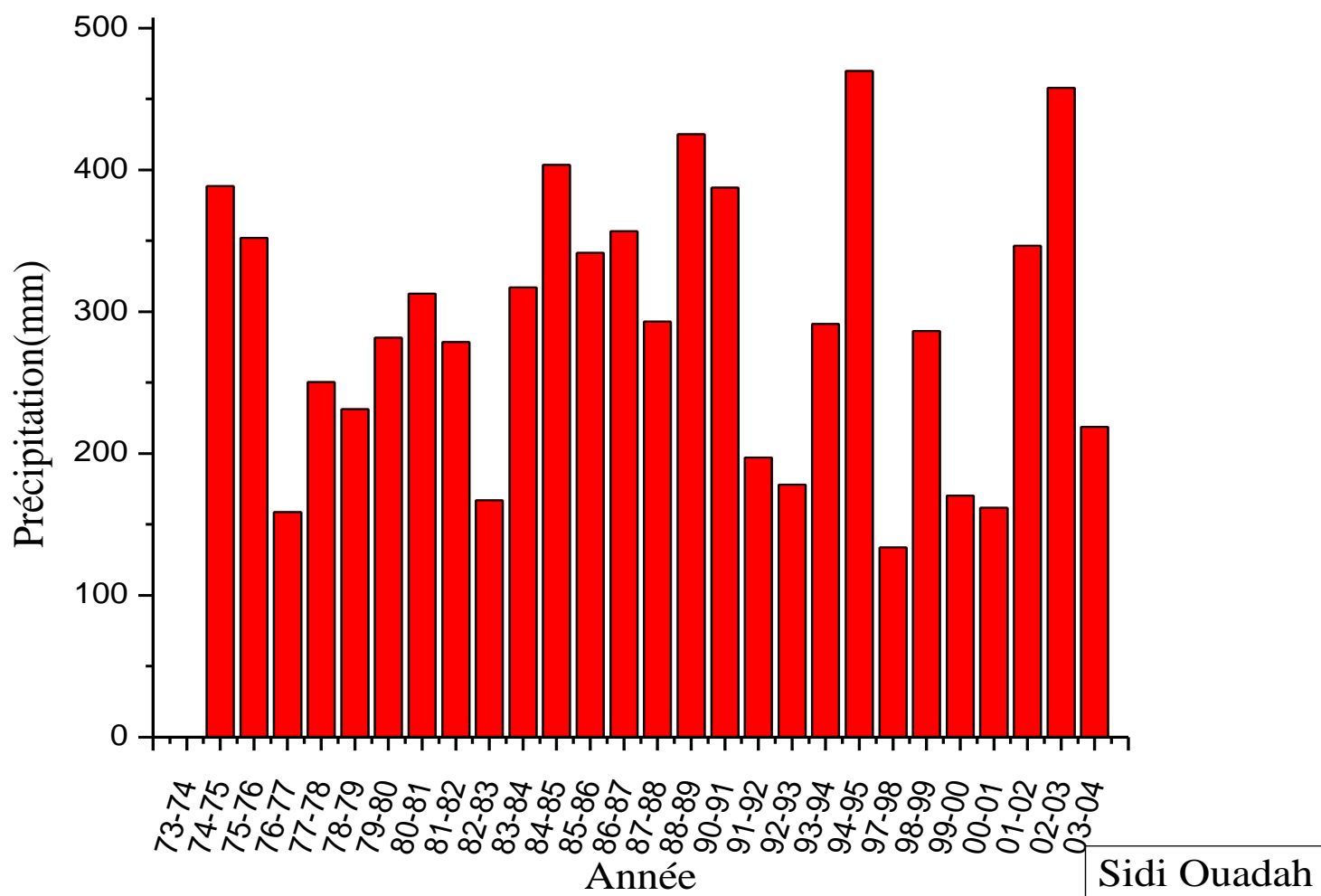


Figure.I-5 Moyenne des précipitations annuelles (1973-2004).

Tableau.I-6 Ecart des pluies à la moyenne interannuelle.

Station	Sidi Ouadah	
	Pn=288.53mm	
Années	Pt (mm)	e (%)
73-74	222	-23.06
74-75	388.7	34.72
75-76	352.1	22.03
76-77	158.6	-45.03
77-78	250.3	-13.25
78-79	231.2	-19.87
79-80	281.7	-2.37
80-81	312.7	8.38
81-82	278.7	-3.41
82-83	167.1	-42.09
83-84	317	9.87
84-85	403.5	39.85
85-86	341.4	18.32
86-87	356.8	23.66
87-88	293.1	1.58
88-89	425	47.30
90-91	387.4	34.27
91-92	197.1	-31.69
92-93	178.2	-38.24
93-94	291.3	0.96
94-95	469.8	62.83
97-98	133.7	-53.66
98-99	286.3	-0.77
99-00	170.2	-41.01
00-01	161.8	-43.92
01-02	346.6	20.13
02-03	457.8	58.67
03-04	218.9	-24.13

Les écarts et la moyenne des deux séries sont représentés dans le tableau (**I-6**). Les années présentant des écarts négatifs sont dites sèches et celles qui présentent des écarts positifs sont dites humides. Les résultats présentés dans la figure (**I-6**) montrent que la station de Sidi Ouadah présente l'année la plus humide (1994-1995) avec un écart de 62.83% et l'année la plus sèche (1997-1998) avec un écart de -53.66%.

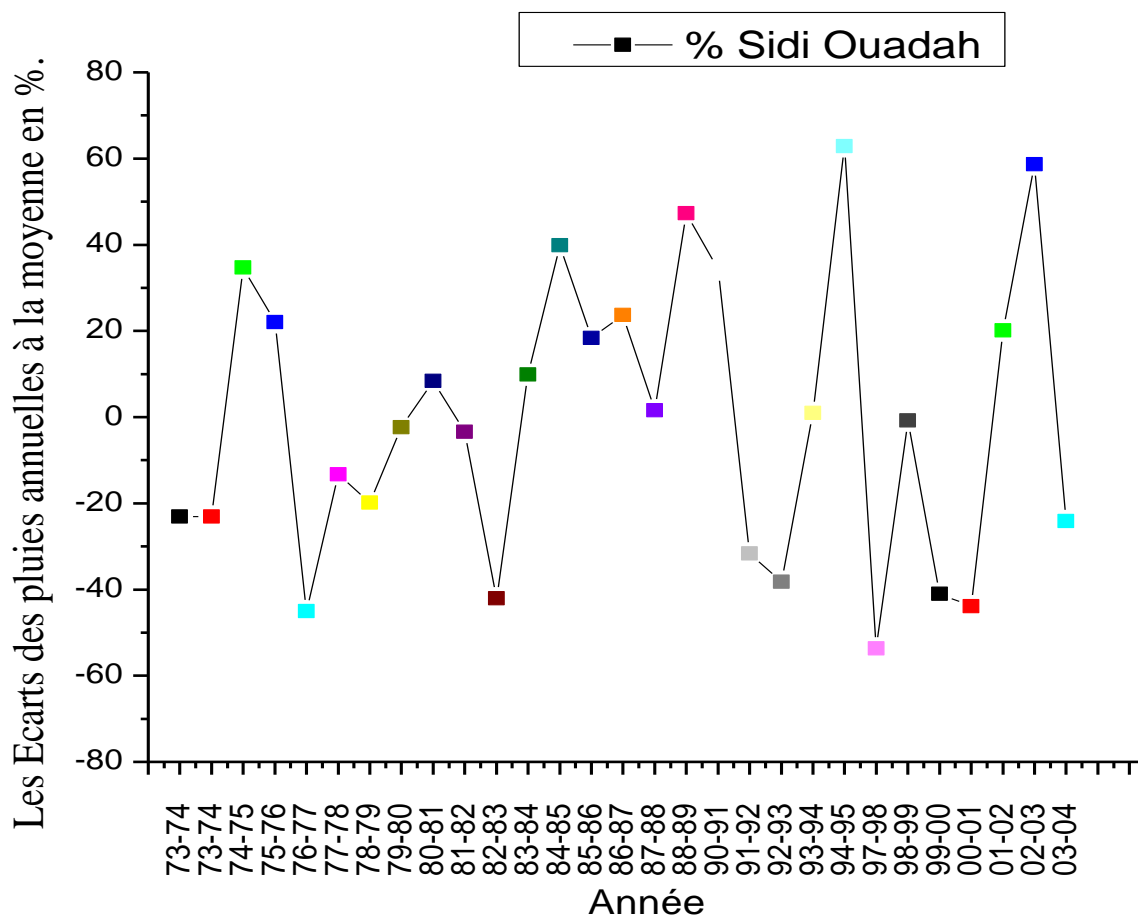


Figure.I-6 Les Ecart des pluies annuelles à la moyenne interannuelle.

I-3-4-Etude des précipitations mensuelles :

I-3-4-1-Introduction :

Au plus de sa variabilité d'une année à l'autre, la précipitation présente une forte variabilité d'un mois à l'autre. Dans le paragraphe suivant, nous étudierons cette variabilité pour la station de Sidi Ouadah.

I-3-4-2-Variabilité mensuelles de précipitation de la station Sidi Ouadah :

Station Sidi Ouadah :

La moyenne des précipitations mensuelles varie d'une valeur maximale de 33.9 mm observée en mois de décembre, jusqu'à une minimale de 8.2 mm observée en mois d'août. Sur tous les mois,

le coefficient de variation moyenne est estimé à 1.04, avec une valeur maximale de 2.11 (juillet), ces chiffres montrent la forte variabilité des précipitations mensuelle dans cette station.

Tableau .I-7 Paramètres statistiques des précipitations mensuelles entre 1973-2004(station Sidi Ouadah)

Mois	P max (mm)	P min (mm)	P moy (mm)	σ	Cv	%
S	99.5	0	28.33	25.22	0.89	9.06
O	98.5	2.1	31.81	28.57	0.90	10.18
N	88.1	1	29.10	22.50	0.77	9.31
D	95	0.3	33.75	27.18	0.81	10.80
J	90.5	0	31.13	27.97	0.90	9.96
F	81.4	0	26.70	22.91	0.86	8.54
M	85.2	2	24.99	21.84	0.87	8.00
A	96.9	0	27.00	24.43	0.90	8.64
M	130.2	0	33.15	29.65	0.89	10.61
J	56.4	0	12.19	14.05	1.15	3.90
J	23	0	2.19	4.62	2.11	0.70
A	37.6	0	8.20	11.23	1.37	2.62
moyenne			24.04	21.68	1.04	

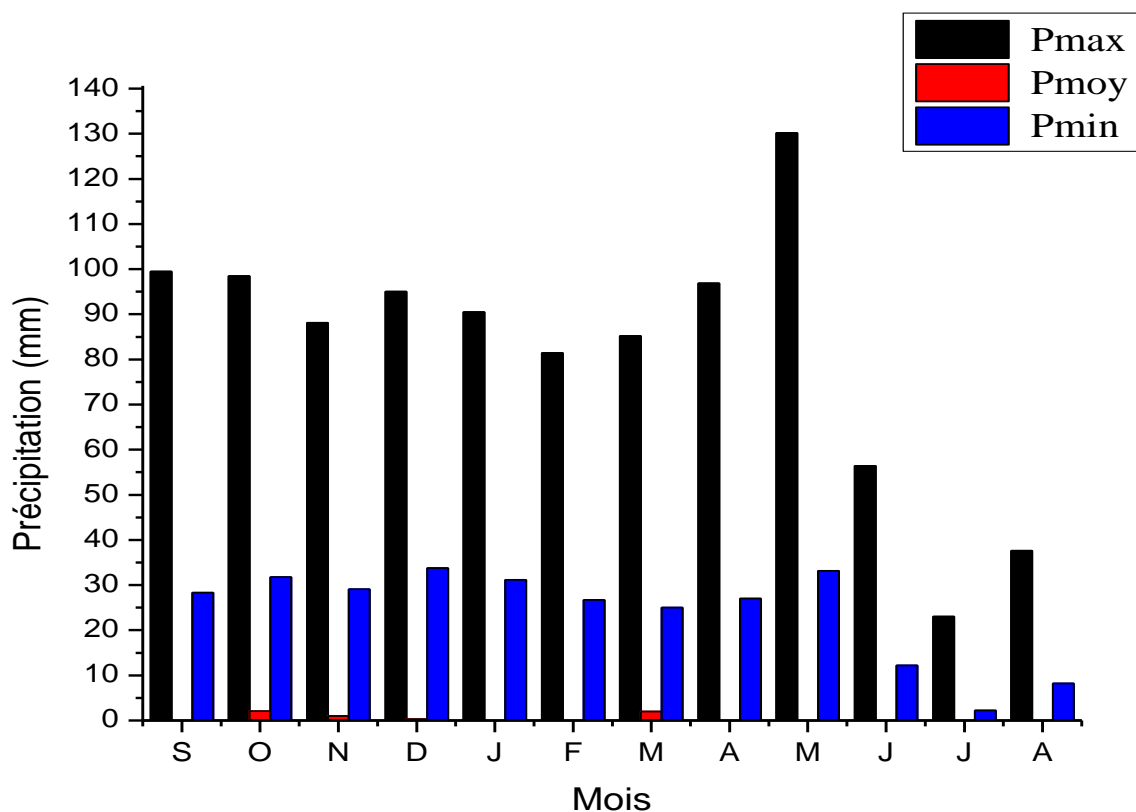


Figure.I-7 les précipitations mensuelles interannuelles (1973-2004) de station de Sidi Ouadah

I-3-4-3-Diagramme Ombrothermique :

Un diagramme Ombrothermique est un diagramme climatique représentant les variations mensuelles sur une année, des températures et des précipitations selon des gradations standardisées. Ce diagramme permet de déterminer les périodes de sécheresses définies par une courbe des précipitations se situant en dessous de la courbe des températures.

Tableau.I-8 Les précipitations

Mois	Précipitation Sidi Ouadah (mm)
S	28.33
O	31.81
N	29.10
D	33.75
J	31.13
F	26.70
M	24.99
A	27.00
M	33.15
J	12.19
J	2.19
A	8.20

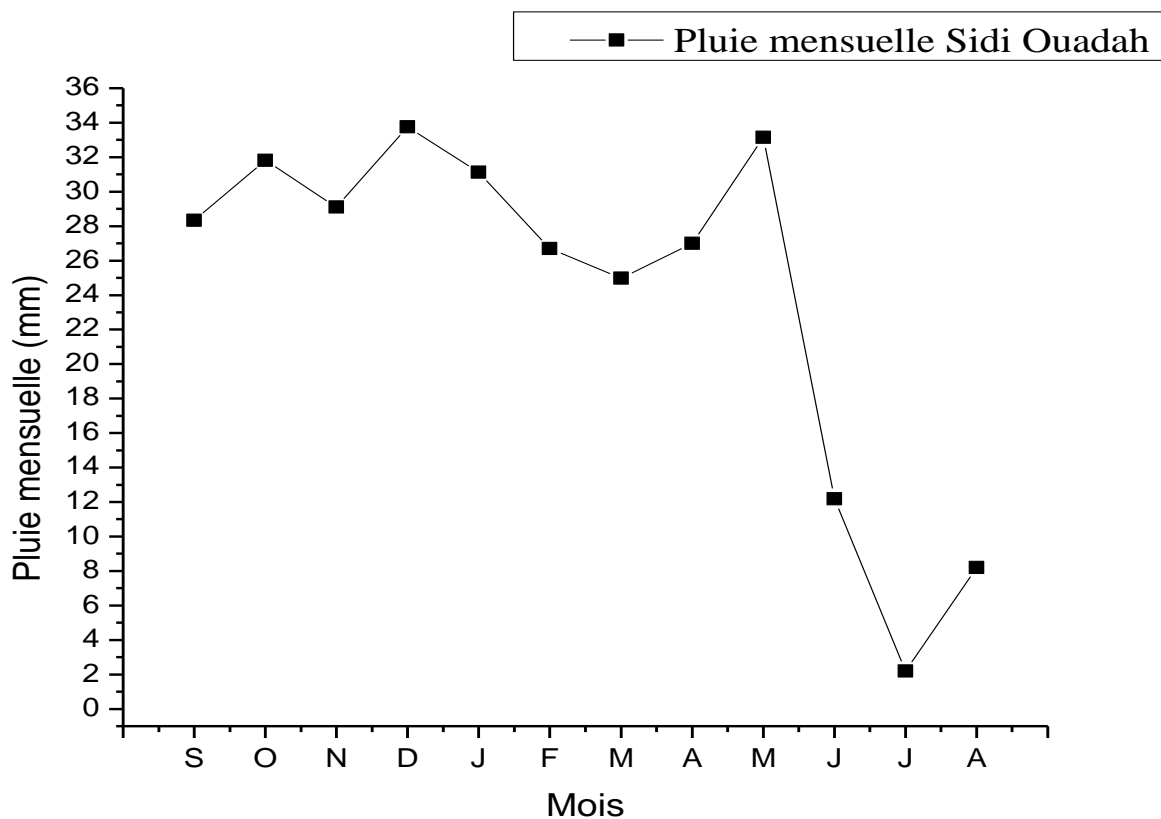


Figure.I-8 Diagramme précipitations (1973-2004) de la station Sidi Ouadah

I-3-5-Etude de la pluie maximale journalière :

I-3-5-1-Variabilité de la pluie maximale journalière :

L'analyse de variabilité des pluies maximales journalières de la station de Sidi Ouadah (1973-2004), Consiste à déterminer leurs caractéristiques statiques qui définissent l'étendue et la dispersion de l'échantillon.

Tableau.I-9 Les précipitations maximales journalières

	P_{jmax} max (mm)	P_{jmax} moy (mm)	Ecart type	Coef de variation
S	56.2	14.10	12.70	0.90
O	43	13.90	10.62	0.76
N	51.6	14.05	12.11	0.86
D	42.2	14.00	11.28	0.81
J	22.6	10.40	7.56	0.73
F	38.9	11.57	9.86	0.85
M	41.2	11.24	8.95	0.80
A	74.2	15.47	15.92	1.03
M	44.7	15.79	12.13	0.77
J	23.6	6.29	6.05	0.96
J	16.4	1.69	3.40	2.02
A	37	5.29	8.12	1.54

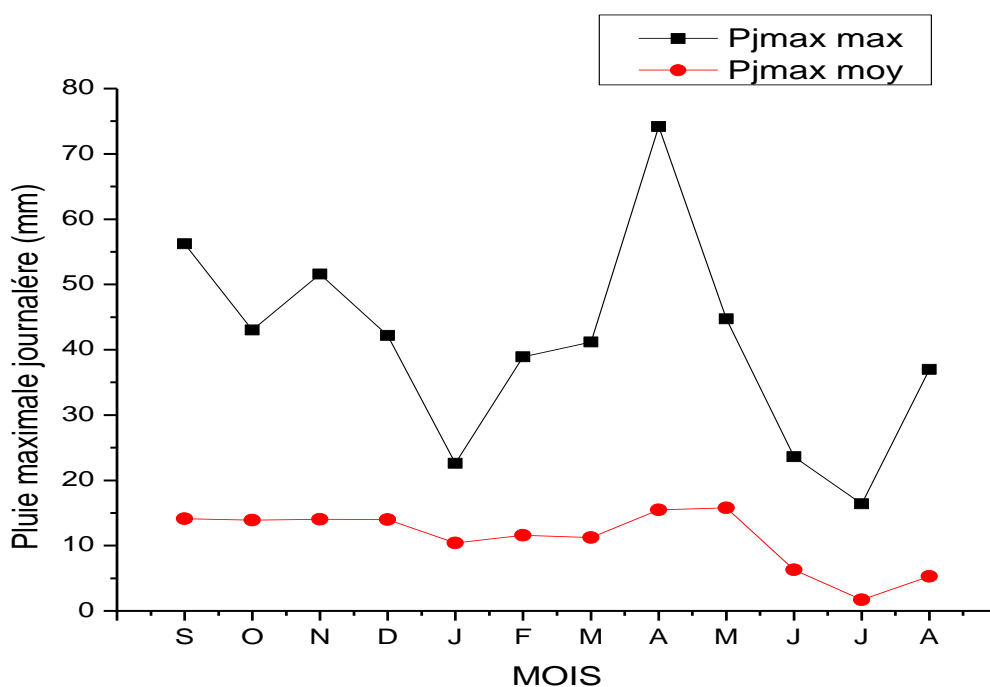


Figure.I-9 Variabilité des pluies maximale journalières selon la station de Sidi Ouadah (1973-2004).