

Chapitre I

Le bassin versant du k'sob

I.1 Situation de la zone d'étude

Le bassin versant de l'oued Ksob est l'un des sous bassins du Hodna situé dans sa partie Nord. Il est limité au Nord et au Nord-Ouest par la chaîne montagneuse des Bibans ; au Sud et au Sud-Ouest par les monts du Hodna et à l'Est par les hautes plaines de Sétif Figure 1.

Ces coordonnées sont : longitude entre 4°30' et 5°17' Est et latitude entre 35°45' et 36°9' Nord.

Le bassin versant de l'Oued Ksob est constitué de deux ensembles physiques distincts : il s'agit des bordures montagneuses, entre lesquelles s'étend une vaste plaine, appelée hautes plaines de Bordj-Bou-Arreridj.

Les bordures sont formées au sud par les monts de Hodna d'orientation Est-Ouest dont les altitudes sont relativement élevées (Dj. Maadid 1819 m, Dj. el Mzaita 1545 m et Dj. Kender 1640 m) avec un point culminant de l'ordre 1875 m à Dj. Chelendj ; cette bordure est découpée en deux compartiments par de l'oued Ksob et au nord par la chaîne de Bibane (Dj. Moutène) d'orientation SW-NE.

Les bordures montagneuses se caractérisent par une structure complexe et charriée ; très écaillée, formées dans des formations secondaires très variées ; comme les calcaires, les grès les schistes, les marnes, les marno-calcaires, les dolomies, et les formations triasiques.

Sur le plan bioclimatique, ces bordures s'inscrivent dans un domaine semi-aride, avec une pluviométrie moyenne annuelle 400 mm ; matérialisée surtout par un couvert végétal dégradé.

La plaine, est d'une altitude voisine de 950 m en moyenne, avec une pente très faible ne dépassant pas 1%. Elle est aménagée dans des formations essentiellement quaternaires.

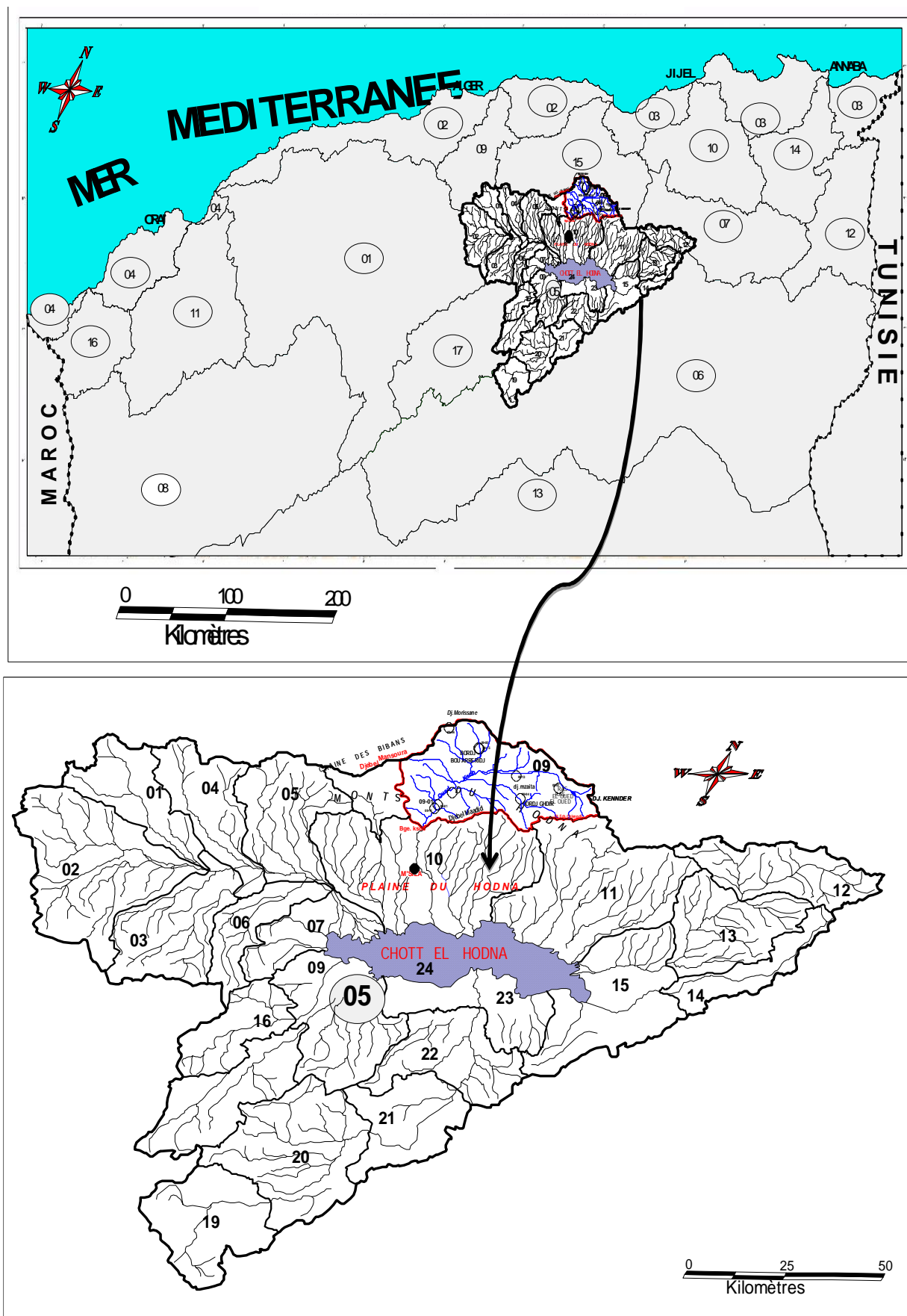
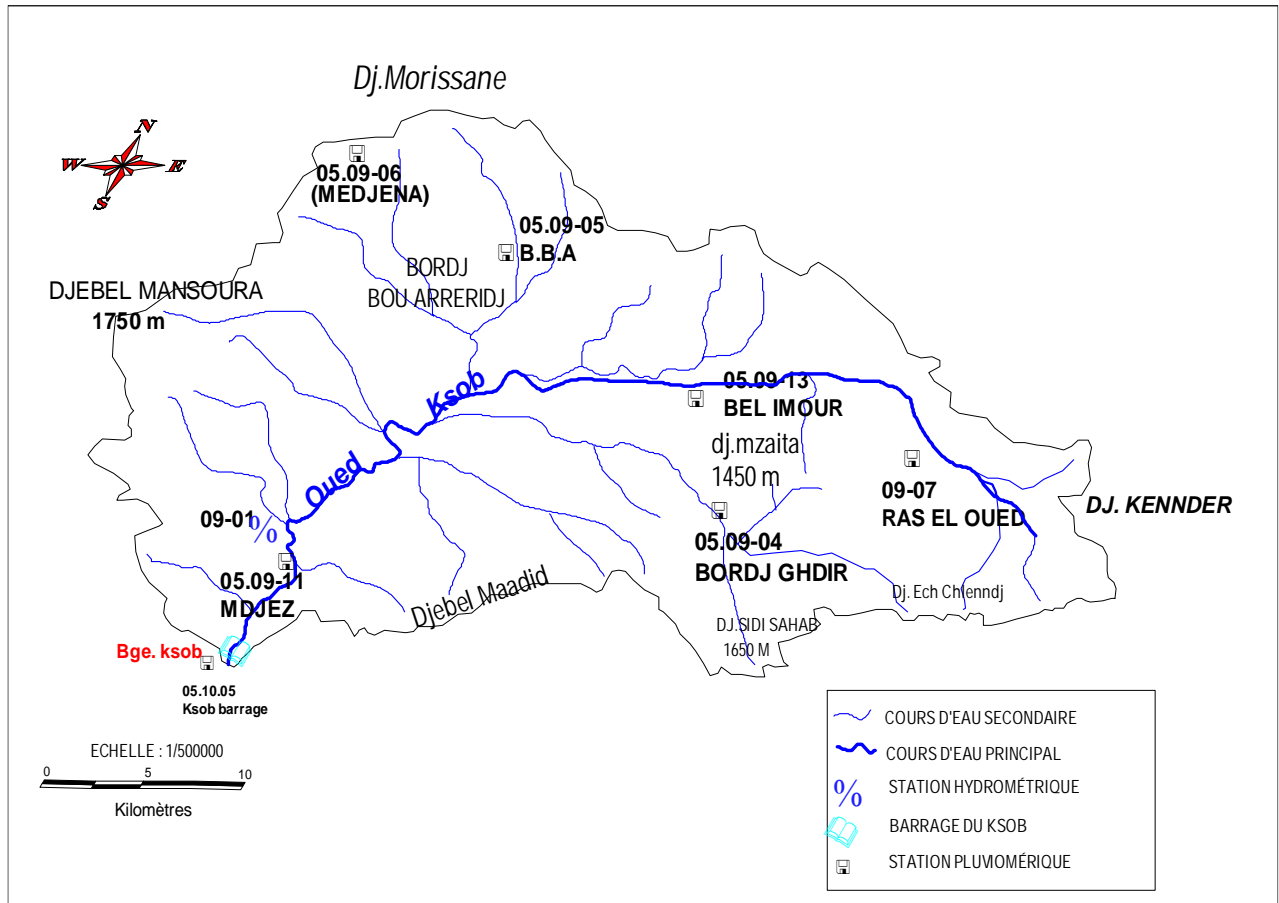


Figure 01. Situation de la zone d'étude



I.2 Caractéristiques morphométriques du bassin versant du k'sob

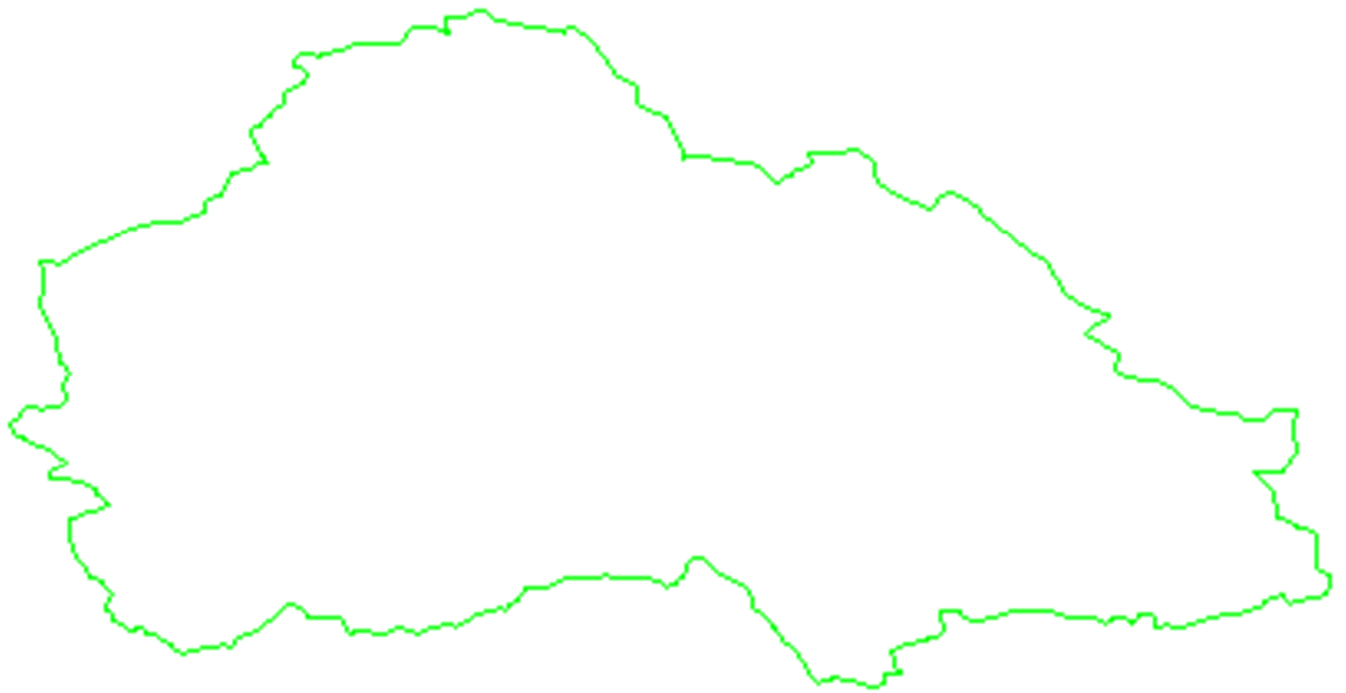
L'utilisation des caractéristiques morphométriques a pour but de condenser en un certain nombre de paramètres chiffrés, la fonction $h = f(x, y)$ à l'intérieur du bassin versant (h altitude, x et y coordonnées d'un point du bassin versant).

Le bassin versant en une section d'un cours d'eau est défini comme la surface drainée par ce cours d'eau et ses affluents en amont de la section. Tout écoulement prenant naissance à l'intérieur de cette surface doit donc traverser la section considérée, appelée exutoire, pour poursuivre son trajet vers l'aval. Selon la nature des terrains.

I.2.1 Caractéristiques de la disposition dans le plan

I.2.1.a Surface

La surface du bassin versant est la caractéristique la plus importante, elle s'obtient par planimétrie sur une carte topographique après que l'on y ait tracé les limites topographiques, comme elle peut être déterminée en utilisant les techniques de digitalisation à l'aide des logiciels : (AutoCAD 2004-ARC GIS-Mapscan-Covadis).



La surface du S.B.V du Ksob a été mesurée grâce au logiciel *MAPINFO8.0*.

- La surface totale du B.V du K'sob elle est de l'ordre **1462.54 km²**

I.2.1.b Longueurs

On utilise différentes caractéristiques de longueur ; Parmi ces dernières on cite :

➤ **Périmètre**

Le périmètre du bassin versant est la longueur de la ligne de partage des eaux. Le périmètre peut être mesuré à l'aide d'un curvimètre ou automatiquement par des logiciels de dessin cités précédemment.

Le périmètre du B.V du Ksob mesuré par "MAPINFO.8.0" est de **208 Km**.

➤ **Longueur du bassin versant**

C'est la ligne droite qui relie l'exutoire et le point le plus éloigné situé à l'amont du bassin.

Pour le Bassin du Ksob cette valeur est : **L_{BV} = 59.24Km**.

➤ **Longueur du thalweg principal**

On admet qu'il faut poursuivre le thalweg indiqué sur les cartes topographiques, vers l'amont jusqu'à la limite du bassin. De même, si la partie aval présente des méandres, on curvimètre généralement tous les méandres.

La longueur du talweg principal du B.V Ksob mesuré par "MAPINFO.8.0" est de **93.74 Km**.

➤ **Largeur du bassin versant**

Elle se définit comme la plus grande largeur (l) perpendiculaire à la plus grande longueur. Elle peut être également calculée par la relation suivante :

$$l = \frac{S}{L_{B.V}} \quad \dots (I.01)$$

S : superficie du bassin versant en Km^2 .

$L_{B.V}$: longueur du bassin versant en Km.

Pour le B.V du Ksob elle est égale à **24.69 Km^2**

I.2.1.c Indice de compacité de Gravelius

L'indice de compacité (K_G) renseigne sur la forme du bassin versant qui a une grande influence sur l'écoulement global du cours d'eau et surtout, sur l'allure de l'Hydrogramme à l'exutoire du bassin. Il est établi en comparant le périmètre du bassin à celui d'un cercle ayant la même surface du bassin.

Il s'exprime par la formule suivante ; **M.ROCHE, (1963)** :

$$K_G = \frac{P}{2\sqrt{A}\pi} \approx 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad \dots (I.02)$$

Avec :

K_G : Indice de compacité de Gravelius

P : Périmètre stylisé en km du bassin versant

A : Superficie du bassin versant en km^2 .

* Lorsque K_G est proche de 1 le bassin versant est de forme quasiment circulaire

* Lorsque le K_G supérieur à 1 bassin versant est de forme allongée.

Un bassin versant circulaire est mieux drainé qu'un bassin allongé.

$$\left[\begin{array}{ll} K_G = 1 & \text{forme d'un cercle} \\ K_G = 1.12 & \text{forme d'un carré} \\ K_G > 1.12 & \text{forme d'un rectangle} \end{array} \right]$$

Le coefficient de Gravelius du B.V du Ksob est égal à 1.57 ce qui explique la forme allongée du bassin.

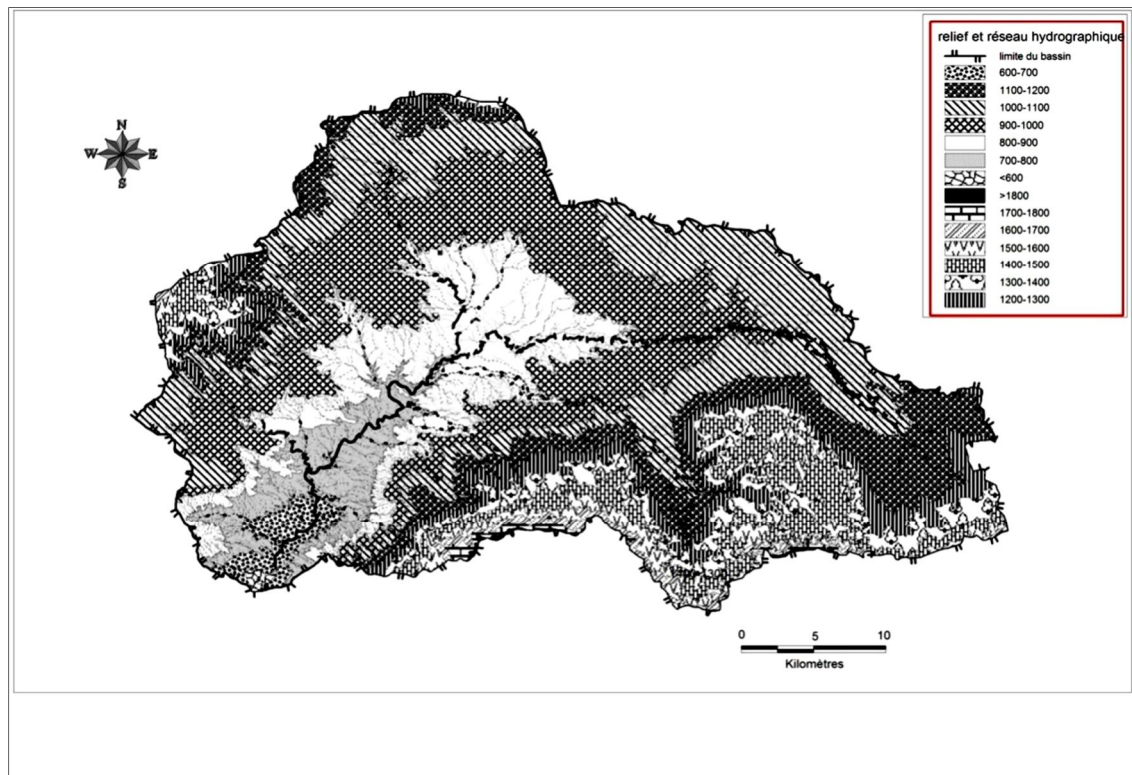


Figure 02. Relief et réseau hydrographique

I.2.2 Caractéristiques des altitudes (hypsométrie)

I.2.2.a Les altitudes maximale et minimale

Elles sont obtenues directement à partir de cartes topographiques. L'altitude maximale représente le point le plus élevé du bassin tandis que l'altitude minimale considère le point plus bas, généralement à l'exutoire. Pour notre bassin nous trouvons respectivement les valeurs suivantes :

Pour B.V du K'sob

- $Z_{MAX} = 1850 \text{ m}$

- $Z_{MIN} = 550 \text{ m}$

I.2.2.b La courbe hypsométrique

Le relief est caractérisé par la courbe hypsométrique. Cette courbe est obtenue en portant en abscisses les surfaces partielles cumulées du bassin versant pour laquelle chaque point a une cote au moins égale à cette altitude et en ordonnées l'altitude considérées.

Laplanimétrie des surfaces partielles a été réalisé en utilisant le logiciel MAPINF08.0et ARCGISLes résultats obtenus sont représentés dans le tableau (05); et les courbes de niveau du bassin versant sont données dans la figure.03. à l'aide du MAPINFO 8.0.

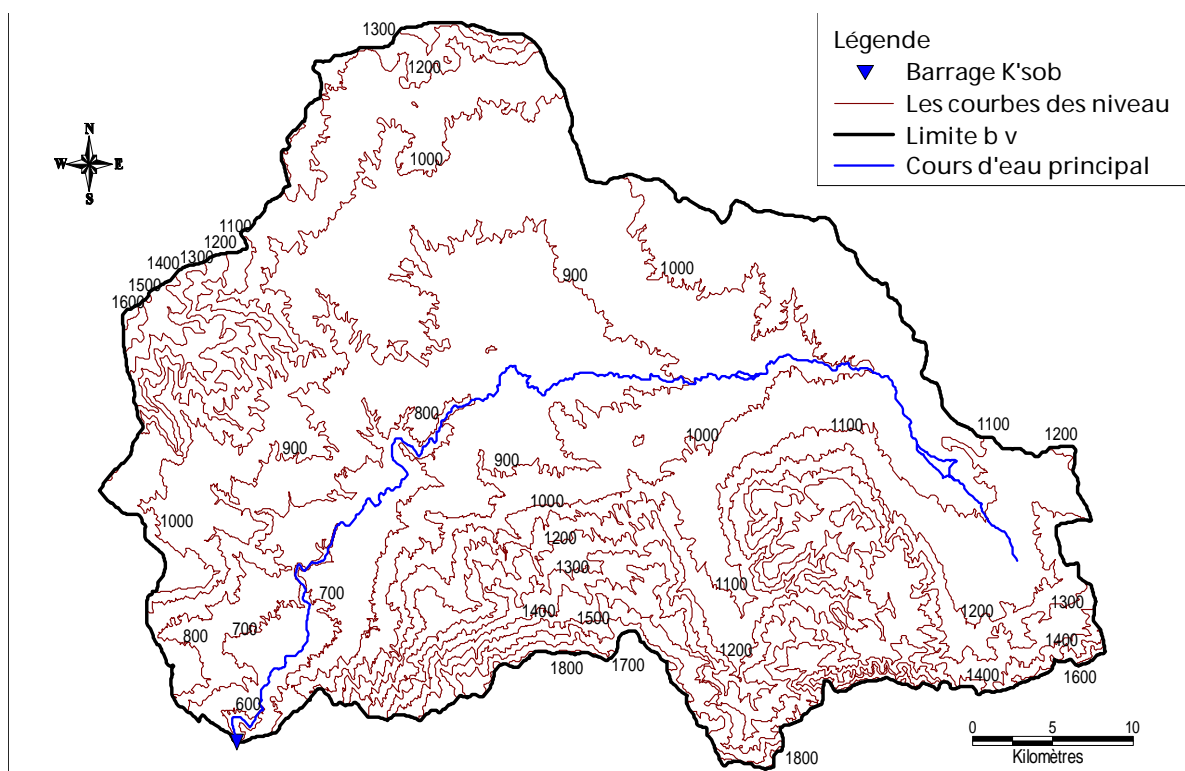


Figure 03. Carte hypsométrique du B.V du K'SOB.

Tableaux 01. Surfaces partielles et cumulées du bassin versant du K'sob.

Altitudes	Bornes sup en(m)	Surfaces partielles		Surfaces cumulées	
		en(Km ²)	en (%)	en(Km ²)	en (%)
550-600	600	2.71	0.185	2.71	0.185
600-700	700	8.55	0.585	11.26	0.770
700-800	800	14.12	0.965	25.38	1.735
800-900	900	38.22	2.613	63.6	4.349
900-1000	1000	91.41	6.250	155.01	10.599
1000-1100	1100	94.61	6.469	249.62	17.068
1100-1200	1200	93.72	6.408	343.34	23.476
1200-1300	1300	161.08	11.014	504.42	34.489
1300-1400	1400	298.18	20.388	802.6	54.877
1400-1500	1500	322.51	22.051	1125.11	76.928
1500-1600	1600	219.62	15.016	1344.73	91.945
1600-1700	1700	84.67	5.789	1429.4	97.734
1700-1800	1800	29.5	2.017	1458.9	99.751
1800-1850	1860	3.64	0.249	1462.54	100.000

La courbe hypsométrique et les diagrammes des fréquences altimétriques représentées en figure 08. montre que 66.60 % de la surface totale du B.V est comprise entre les altitudes 900 et 1500 m, ce qui explique que le bassin versant du Ksob est situé sur la zone des Hauts Plateaux. Au-dessous de 900 m le pourcentage des surfaces du B.V est très faible. Il est de l'ordre de 10.4 %. Les altitudes au-dessus de 1500 m occupent une surface de l'ordre de 23%. D'après la courbe hypsométrique, on peut déduire que la pente est relativement forte, par conséquent, une partie des écoulements auront tendance à s'effectuer avec une vitesse importante résultant une érosion pouvant être très accentuée dans cette partie de la surface du B.V.

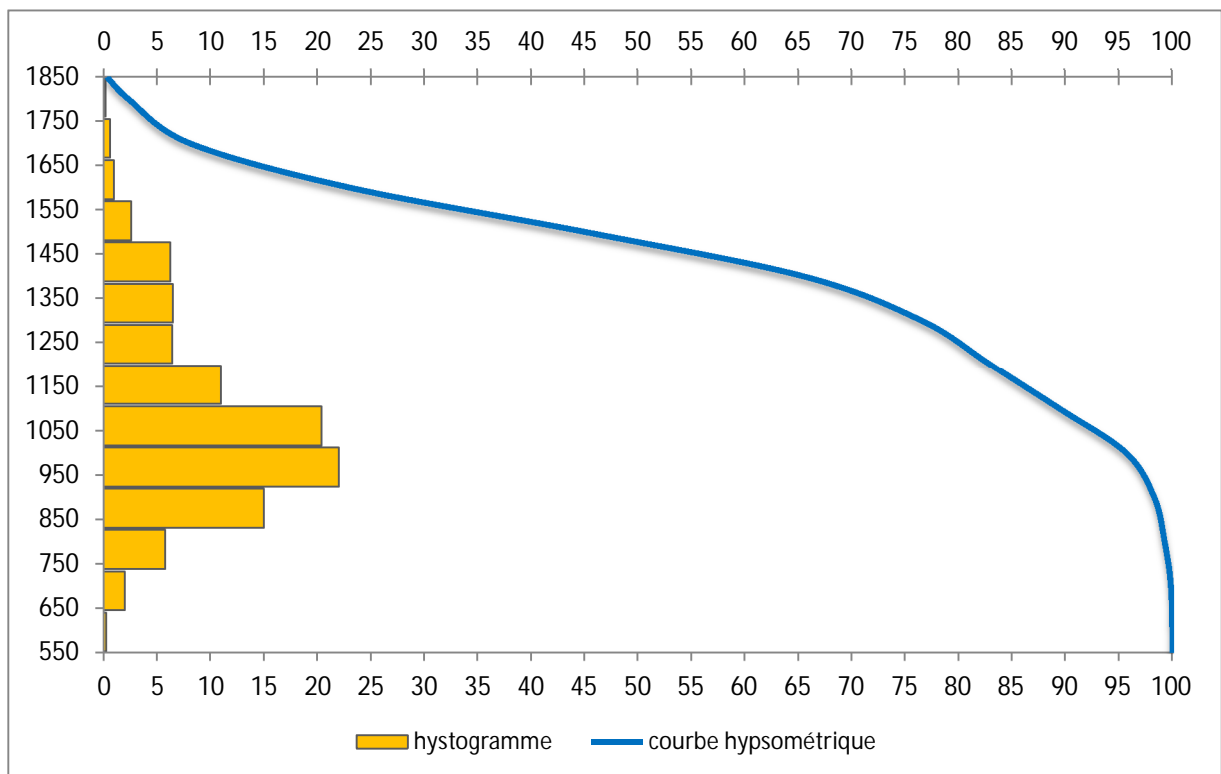


Figure 04. Courbe hypsométrique du BV K'sob

À partir de cette courbe, on détermine :

* l'altitude à 95% de la surface, 1722 $Z_{95\%}$

* l'altitude à 5% de la surface, 1000 $Z_{5\%}$

* l'altitude médiane, 1475 $Z_{50\%}$

L'altitude moyenne est définie aussi par la formule suivante :

$$H_{\text{moy}} = \sum \frac{H_i \cdot A_i}{A} \quad \dots\dots (I.03)$$

D'où :

S : surface totale du bassin versant ;

Si : surface partielle ;

\bar{H}_i : L'altitude moyenne entre deux courbes de niveau.

Tableau 02. L'altitude moyenne et surface partielle bassin versant

\bar{H}_i	Si	Si * \bar{H}_i
575	2.71	1558.25
650	8.55	5557.5
750	14.12	10590
850	38.22	32487
950	91.41	86839.5
1050	94.61	99340.5
1150	93.72	107778
1250	161.08	201350
1350	298.18	402543
1450	322.51	467639.5
$\sum Si * \bar{H}_i$	1954067.75	
\bar{h}	1336.0781	

I.2.2.c La dénivelée simple

On définit la « dénivelée D » comme étant la différence de cote entre $Z_{5\%}$ et $Z_{95\%}$;

Celles-ci sont lues sur la courbe hypsométrique.

Le bassin versant du Ksob on trouve : $D = 722 \text{ m}$; (I.04)

I.2.2.d Rectangle équivalent

Le rectangle équivalent ou rectangle de Gravelius correspond à une transformation purement géométrique du bassin versant. Il prend alors une forme rectangulaire tout en gardant la même superficie, le même périmètre, le même indice de compacité et par conséquent la même répartition hypsométrique. Dans ce cas, les courbes de niveau deviennent parallèles aux côtés du rectangle équivalent. La climatologie, la répartition des sols, la couverture végétale et la densité de drainage restent inchangées entre les courbes de niveau.

Plus un rectangle équivalent est allongé moins il sera drainé. Les dimensions du rectangle équivalent sont déterminées par les formules suivantes:

➤ **Démonstration :** M.Roche, (1963)

$$K = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

$$2(L + l) = P = \frac{K\sqrt{A}}{0.28}$$

$$L.l = A$$

D'où

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

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

On aura :

- **La longueur**

$$L_{\text{rec}} = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K} \right)^2} \right] \quad \dots\dots [I.05]$$

Pour application, la longueur du rectangle équivalent du B.V du Ksobest de l'ordre de **90.91 Km**

- **La largeur**

$$l = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K} \right)^2} \right] \quad \dots\dots [I.06]$$

Pour application, largeur du rectangle équivalent du B.V du Ksob est de l'ordre de **16.087Km**

Tableau 03. Largeurs des intervalles du rectangle équivalent

Surface partielle	Largeur	Largeur partielle X_i
2.71	16.08	0.17
8.55		0.53
14.12		0.88
38.22		2.38
91.41		5.68
94.61		5.88
93.72		5.83
161.08		10.02
298.18		18.54
322.51		20.06
219.62		13.66
84.67		5.27
29.5		1.83
3.64		0.23
1462.54	90.91	90.91

I.2.3 Les indice de pentes

Indices de pente globale

Les reliefs des bassins versant sont classés d'après cet indice suivant la classification de l'orstom :

$$I_g = D / L$$

I_g : indice globale de Roche

D : dénivelée totale (m).

$$D = H_{95} - H_5$$

$I_g < 0.002$	Relief très faible
$0.002 < I_g < 0.005$	Relief faible
$0.005 < I_g < 0.010$	Relief assez faible
$0.010 < I_g < 0.020$	Relief modéré
$0.020 < I_g < 0.050$	Relief assez fort
$0.050 < I_g < 0.100$	Relief fort
$0.100 < I_g$	Relief très fort

Donc l'indice de pente globale du sous bassin versant du K'sob 0.015 d'après I_g obtenu le B.V du K'sob est de relief modéré.

Le but de ces indices est de caractériser les pentes d'un bassin versant et de comparer les bassins versant entre eux.

La carte des pentes est l'instrument qui permet de visualiser les nuances topographiques à l'intérieur de l'espace étudié ; elle peut être établie à partir des cartes topographiques d'échelle $> 1/100,000$.

Pour notre bassin la carte topographique d'échelle $> 1/50,000$ ont été utilisées. La classification a été faite à partir de différents calculs effectués sur la carte topographique et grâce à notre enquête sur le terrain.

Dans le bassin du K'sob, on distingue les pentes seuils suivantes :

- Plus de 17% : versants érodés, absence de sol.
- 8 - 17% : bas de versant, quelques dépôts, sol mince cultivé.
- moins 8% : plaine et terrasse alluviales, dépôts alluviaux et colluviaux.

La carte de la pente Figure (10) montre une forte proportion de terrains dont la pente 5 - 20%, ce qui témoigne du caractère peu montagneux de ce bassin.

Mr J. Tricart (1962), est divisée l'écoulement suivant la pente en trois catégories:

- Écoulement faible : pente $< 3\%$;
- Écoulement fort : pente à limite de 10% ;
- Écoulement très fort : pente $> 10\%$.

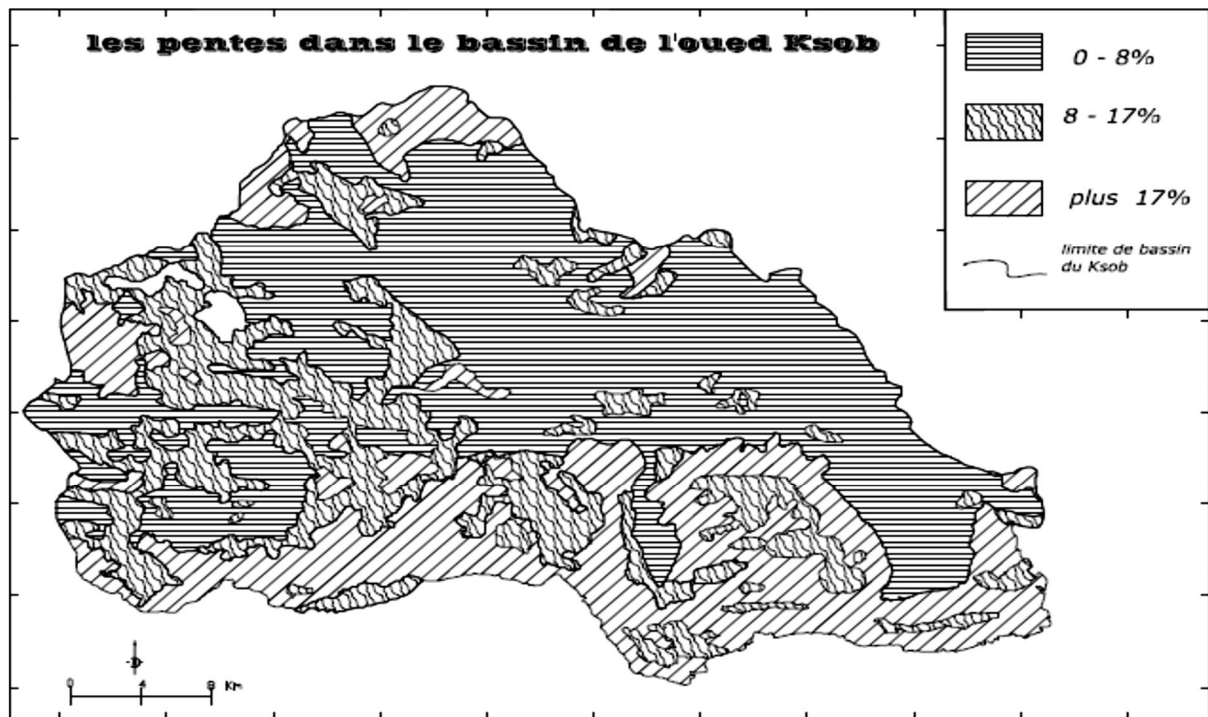


Figure : 5 les Pentes dans le bassin de l'Oued Ksob

I.2.3.a Pente moyenne

C'est une caractéristique importante des bassins versants qui renseigne sur la topographie du bassin. La pente moyenne du cours d'eau détermine la vitesse avec laquelle l'eau se rend à l'exutoire du bassin donc le temps de concentration. Elle influence sur l'état d'écoulement du cours d'eau au niveau du bassin versant. En effet, plus la pente est forte, plus la durée de concentration des eaux de ruissellement dans les affluents et le cours principal est faible, par conséquent le bassin réagira d'une façon rapide aux averses. Les pentes fortes à très fortes peuvent produire des écoulements de nature torrentielle qui sont à l'origine des crues dévastatrices.

La pente moyenne du bassin versant est donnée par M. Roche (1963) comme étant la moyenne pondérée des pentes de toutes les surfaces élémentaires pour lesquelles on peut

considérer que la ligne de plus grande pente est constante. Une valeur approchée de la pente moyenne est alors donnée par la relation suivante :

$$i_m = \frac{D.L}{A} \quad \dots\dots [I.07]$$

Avec :

i_m : Pente moyenne du bassin versant en [m /Km] ;

L : longueur totale des courbes de niveau en [km] ;

D : équidistance entre deux courbes consécutives en [m] ;

A : Surface élémentaire en [km²] ;

La pente moyenne du bassin versant du K'sob est de l'ordre de 145.021 m/Km

II.2.3.b Indice de pente de Roche

Rochea proposé un indice de pente plus facile à calculer quel'autre. Il est donné par la formule suivante:

$$I_p = \frac{1}{\sqrt{L_{rec}}} \sum_{i=1}^n \left(x_i \sqrt{\frac{d}{x_i}} \right) \quad \dots\dots [I.08]$$

I_p : indice de pente [%] ;

L : Longueur de rectangle équivalent [m] ;

X_i : distance qui sépare deux courbes sur le rectangle (facteur de pondération), en [m] ;

d : distance entre deux courbes de niveau successives (peut être variable) en [m] ;

d/X_i : pente moyenne d'un élément [%] ;

Soit $I_p = 31.68$ %, pour le B.V du Ksob

I.2.3.c Dénivelée spécifique

L'indice I_g décroît pour un même bassin lorsque la surface augmente, il était donc difficile de comparer des bassins de tailles différentes. La dénivelée spécifique D_s ne présente pas cet inconvénient :

$$D_s = I_g \sqrt{A} = \frac{D}{L} \sqrt{L \cdot I} = D \sqrt{\frac{I}{L}} \quad \dots\dots [I.09]$$

La dénivelée spécifique ne dépend donc que de l'hypsométrie ($D = Z_{5\%} - Z_{95\%}$) et de la forme du bassin (I/L).

Elle donne lieu à une deuxième classification de l'O.R.S.T.O.M, indépendante des surfaces des bassins :

Tableau 04. Deuxième classification d'après l'O.R.S.T.O.M.

R 1	Relief très faible	$D_s < 10 \text{ m}$
R 2	Relief faible	$10 \text{ m} < D_s < 25 \text{ m}$
R 3	Relief assez faible	$25 \text{ m} < D_s < 50 \text{ m}$
R 4	Relief modéré	$50 \text{ m} < D_s < 100 \text{ m}$
R 5	Relief assez fort	$100 \text{ m} < D_s < 250 \text{ m}$
R 6	Relief fort	$250 \text{ m} < D_s < 500 \text{ m}$
R 7	Relief très fort	$500 \text{ m} < D_s$

Pour le B.V de Ksob on trouve $D_s = 331.24 \text{ m}$. D'après la classification de l'O.R.S.T.M, notre bassin versant présente un **relief fort (R_6)**, car : $250 \text{ m} < D_s < 500 \text{ m}$.

I.3 Caractéristiques du réseau hydrographique

Le réseau hydrographique est constitué de l'ensemble des chenaux qui drainent les eaux de surface vers l'exutoire du bassin versant. La définition d'un cours d'eau est difficile à donner avec précision, en particulier pour les cours d'eau temporaires. Selon le support cartographique utilisé, on étudiera le réseau avec plus ou moins de détails : en photographie aérienne, on pourra déceler des thalwegs de très faibles extensions, tandis qu'on ne verra que les cours d'eau pérennes et importants sur une carte au 1/100 000^{ème}.

L'étude du chevelu hydrographique servant surtout à comparer des bassins entre eux, il suffit, dans la plupart des cas, de se fixer une définition du thalweg élémentaire et de l'appliquer pour l'étude de tous les bassins (par exemple : thalwegs = traits bleus temporaires ou pérennes sur carte I.G.N. au 1/50 000^{ème}).

Le réseau du bassin de l'Oued Ksob est formé de deux affluents qui prennent leur source sur le versant nord des monts du Hodna :

- Oued Bieta dont les sources se situent entre 1200m et 1400m sur le flanc septentrional de l'anticlinal des oueds Tebben.
- Oued El Amriqui se forme à l'altitude de 1700m sur le versant nord du Djebel Sidi Sahab.

Ces deux affluents collectent toutes les eaux qui ruissellent sur la partie orientale du bassin. Après la confluence, L'oued KSOB coule dans la direction sud-ouest et contourne le djebel

Maadid. Il reçoit plusieurs affluents dont oued Lechbour, issu des monts de Medjana, et oued Ziatine qui descend des contreforts du djebel Mansourah au sud-ouest du bassin.

Le réseau hydrographique peut se caractériser par trois éléments : sa hiérarchisation, son développement (nombres et longueurs des cours d'eau) et son profil en long.

I.3.1 Hiérarchisation du réseau

Pour chiffrer la ramification du réseau, chaque cours d'eau reçoit un numéro fonction de son importance. Cette numérotation, appelée ordre du cours d'eau, diffère selon les auteurs. Parmi toutes ces classifications, nous adopterons celle de Strahler :

- tout cours d'eau n'ayant pas d'affluent est dit d'ordre 1,
- au confluent de deux cours d'eau de même ordre n , le cours d'eau résultant est d'ordre $n+1$,
- un cours d'eau recevant un affluent d'ordre inférieur garde son ordre, ce qui se résume par:

$n + n = n + 1$ et $n + m = \max (n.m)$. Pour notre cas « **B.V Ksob est d'ordre 7** ».

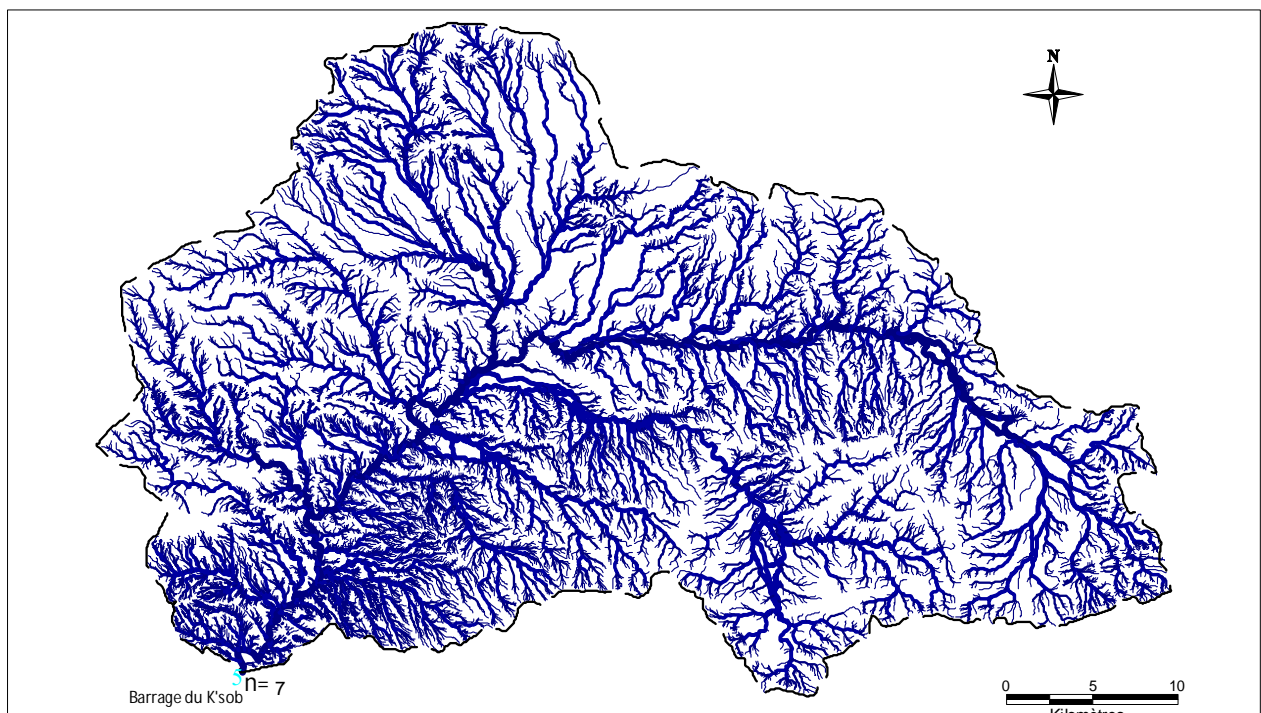


Figure 06. Carte du Réseau hydrographique du bassin versant de Ksob

I.3.2 Profil longitudinal d'un cours d'eau principale

Ce profil est établi en portant en abscisses les longueurs développées du lit de la rivière à partir d'un point de référence (exutoire) et en ordonnées les cotes de l'eau dans le cours d'eau

principal et de ces affluents (parfois on donne la cote du font). Ce relevé se fait, soit par nivellement sur le terrain, soit plus sommairement à partir des cartes topographiques.

Le profil en long d'un cours d'eau est un graphique représentant les différentes élévations du fond du cours en fonction de la distance à l'exutoire.

Les profils en long permettent d'estimer la pente moyenne du cours d'eau qui sert surtout à évaluer les temps de concentration d'un bassin versant, ce dernier étant lié à la vitesse de propagation des particules fines ; elle-même proportionnelle à \sqrt{I} .

On calcul généralement la pente moyenne I d'un cours d'eau par la formule suivante :

$$\frac{1}{\sqrt{I}} = \frac{1}{L_{cp}} \sum_{j=1}^n \frac{l_j}{\sqrt{i_j}} \quad \dots\dots [L.10]$$

I : pente moyenne du cours d'eau principal ;

L_{cp} : longueur totale du cours d'eau principal ;

l_j : longueur d'un tronçon j du cours d'eau principal ;

i_j : différence d'altitude du tronçon j ;

Pour notre cas, en mesuré longueur totale et les tronçons par des techniques digitalisations « **MapInfo8.0** » ; Donc la pente moyenne du cours d'eau principal du B.V de K'sob est égale à **0.093‰**

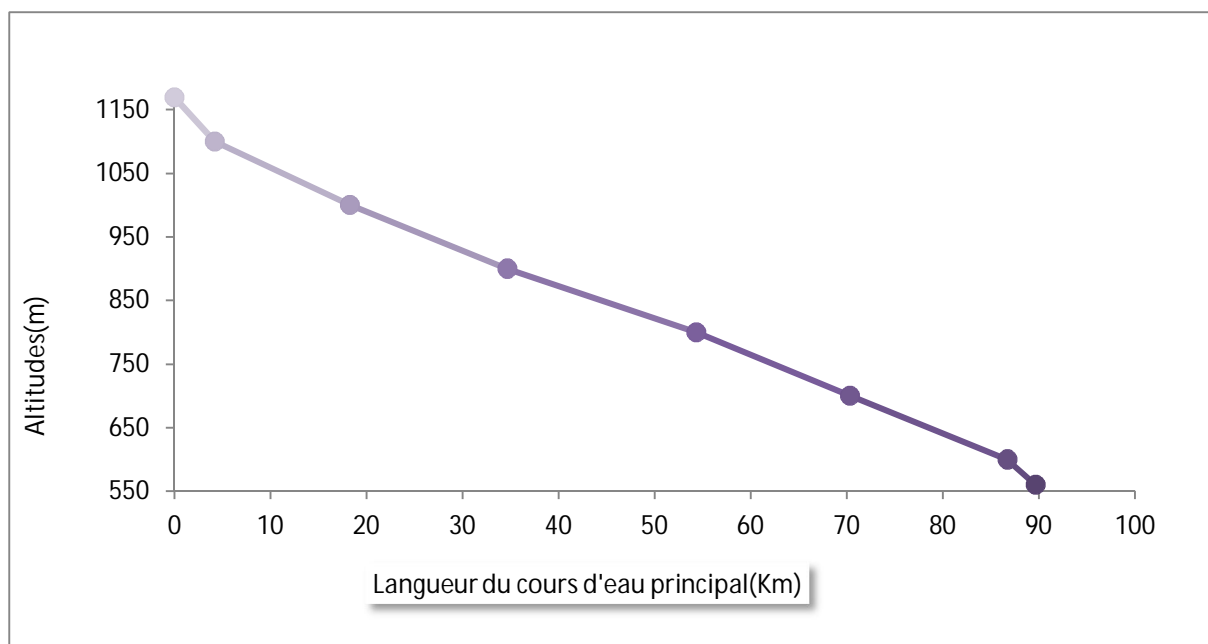


Figure 07. Profil longitudinal du cours d'eau principal

I.3.3 Degré de développement du réseau hydrographique

I.3.3.a Densité de drainage

La densité de drainage est la longueur totale du réseau hydrographique par unité de surface du bassin versant. Elle correspond pour un bassin versant donné, de superficie A, comme étant le rapport de la longueur totale des cours d'eau d'ordre quelconque sur la superficie totale A du bassin versant. La densité de drainage est exprimée en km/km² ou en km⁻¹. elle est donc :

$$D_d = \frac{\sum L_i}{A} \quad \dots\dots [I.11]$$

Avec :

L_i : Longueur totale des cours d'eau en km ;

A : Superficie du bassin versant en km² ;

La longueur totale des cours d'eau du B.V du Ksob est de : $\sum L_i = 5242.40 \text{ Km}$;

Et leur surface A = 1462.54 Km² ;

Donc : **$D_d = 3.584 \text{ Km}^{-1}$** .

La densité de drainage dépend de la géologie (structure et lithologie), des caractéristiques topographiques du bassin versant dans une certaine mesure et des conditions climatologiques et atmosphériques. En effet, les secteurs situés en zones de roches perméables ont en général des densités de drainage faibles, alors que les secteurs de roches imperméables ont des densités plus élevées.

Selon Schumm, la valeur inverse de la densité de drainage, $C = 1/D_d$ s'appelle «**constante de stabilité du cours d'eau**». Physiquement, elle représente la surface du bassin nécessaire pour maintenir des conditions hydrologiques stables dans une vecteur hydrographique unitaire section du réseau). Ce paramètre est reflet de la dynamique du bassin versant, de la stabilité du réseau hydrographique et du type de ruissellement de surface. Pour notre cas est : **$C = 0.278 \text{ Km}$** .

I.3.3.b La densité hydrographique

La densité hydrographique représente le nombre de thalwegs d'écoulement par unité de surface.

$$F = \frac{\sum N_i}{A} \quad \dots\dots [I.12]$$

Où :

F : densité hydrographique [Km⁻²]

N_i : nombre de cours d'eau

A : superficie du bassin [Km^2].

La fréquence des thalwegs d'ordre 1 : F_1 , est le rapport du nombre total de thalwegs d'ordre 1 à

la surface du bassin versant : $F_1 = \frac{N_1}{A} [\text{Km}^{-2}]$.

Tableau 05. Calcul de la densité hydrographique

Ordre	Nombre d'ordre N_i	Surface du B V	Densité hydrographique F en (Km^{-2})
1	4992	1462.54	3.413
2	2201		1.505
3	501		0.343
4	95		0.065
5	39		0.026
6	10		0.006
7	3		0.002
Total	7841		5.361

I.3.3.c. Les rapports de confluence et de longueur

Sur la base de la classification des cours d'eau, Horton(1932) et Schumm (1956) ont établi différentes lois. Ces « lois » empiriques relient le nombre, la longueur, la moyenne et l'ordre des cours d'eau :

Loi des nombres : $R_c = \frac{N_i}{N_{i+1}}$ [I.13]

Loi des longueurs : $R_L = \frac{L_i}{L_{i+1}}$ [I.14]

Avec :

R_c : rapport de confluence des cours d'eau ;

R_L : rapport des longueurs des cours d'eau ;

i : ordre d'un cours d'eau i varie entre 1 et n (n est l'ordre du cours d'eau principal, classification selon *Strahler*) ;

N_i : nombre du cours d'eau d'ordre i ;

N_{i+1} : nombre du cours d'eau suivant ;

L_i : longueur moyenne des cours d'eau d'ordre i ;

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 Strahler (1964), le R_C varie de 3 à 5 pour une région où la géologie n'a aucune influence. Pour un bassin homogène, R_C et R_L sont sensiblement constants ; J.P. Laborde (2000).

Tableau 06.1. Calcul le rapport de confluence

Ordre	Nombre N_i	Rapport de confluence	
		R_{ci}	R_C
1	4992	2.26	$\frac{\sum R_{Ci}}{nR_{Ci}} = 3.461$
2	2201	4.39	
3	501	5.27	
4	95	2.43	
5	39	3.09	
6	10	3.33	
7	3		

Tableau 06.2. Calcul le rapport de confluence anormal

Ordre	Nombre N'_i	Rapport de confluence	
		R'_{ci}	R'_C
n'1	3577	8.557	$\frac{\sum R'_{Ci}}{nR'_{Ci}} = 4.83$
n'2	418	3.073	
n'3	136	2.956	
n'4	43	3.583	
n'5	12	6	
n'6	2		

Tableau 07. Calcul du rapport des longueurs

Ordre	Longueur L_i en (Km)	Rapport des longueurs	
		R_{Li}	R_L
1	1412.49	1.179	$\frac{\sum R_{Li}}{nR_{Li}} = 1.649$
2	1198.12	1.665	
3	719.62	1.931	
4	372.66	1.678	
5	222.02	3.79	
6	58.5	1.586	
7	36.88		

I.3.3.d Le coefficient d'élancement

$$C_E = \frac{2\sqrt{A/\pi}}{L_{\max}} \quad \dots\dots [I.15]$$

Où :

L_{\max} : longueur maximale du bassin versant. Elle s'obtient en prolongeant le cours d'eau principal au point le plus éloigné possible du bassin versant et on mesure la longueur de l'exutoire jusqu'à ce point, $L_{\max} = 101.03 \text{ Km}$.

A : surface du bassin versant ;

Le coefficient varie de 1 pour un bassin versant plat à 0.6 pour un bassin versant à relief accentué. Pour le bassin versant du **Ksob** : $C_E = 0.44 \Rightarrow$ **B V à relief accentué.**

I.3.3.e Coefficient de torrentialité

Ce coefficient donne une idée sur la densité des drains d'ordre 1. Donc il prend en considération la densité de drainage et la densité des talwegs élémentaires (ordre 1). Le coefficient de torrentialité peut être déterminée par la formule suivante :

$$C_t = F_i \times D_d \quad \dots\dots [I.16]$$

→ (11) d'où $F_i = N_i/A$

Pour notre bassin, $C_t = 6.222 \times 3.604 = 22.416 \text{ Km}^{-1}$.

Ce qui explique un écoulement moyen par apport à la surface du bassin.

I.3.3.f Temps de concentration

Le temps de concentration est défini comme étant la durée que met une goutte d'eau tombée à un point élevé du bassin versant, pour atteindre l'exutoire, il est exprimé par plusieurs formules, dans notre travail on se limite à la formule de *GIANDOTTI* ; **Lottl. C. (1987)**.

- **Formule de GIANDOTTI :**

$$t_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{h}} \quad \dots\dots [\text{I.17}]$$

D'où :

t_c : temps de concentration en [heures] ;

S : Surface du bassin versant, en [Km²] ;

L : longueur du talweg principal, en [Km] ;

h : différence d'altitude moyenne du bassin et celle de l'exutoire, en mètres.

Donc :

La détermination du temps de concentration nous permettra de mieux connaître la réponse hydrologique du bassin; le temps de concentration des eaux est non seulement fonction de la surface mais aussi d'autres paramètres tels que la lithologie, la pluviométrie et le relief. D'après les résultats obtenus, le bassin du Ksob présente un temps de concentration d'ordre **16 heures**.

I.3.3.g Vitesse d'écoulement de l'eau

Elle est donnée par l'expression suivante :

$$V_e = \frac{L}{T_c} \quad \dots\dots [\text{I.18}]$$

Avec :

V_e : Vitesse d'écoulement de l'eau [m /s] ;

L : longueur de talwegs principale en [m] ;

T_c : temps de concentration en [s] ;

Donc :

La vitesse d'écoulement dans notre bassin est : **$V_e = 1.56 \text{ m/s}$**

Conclusion

Le bassin versant de l'oued K'sob couvre une superficie de 1462.54 Km^2 ; il a une forme allongée et ovale ($K_c=1.57$), indiquant une compacité moyenne et un temps de concentration plus au moins lent des cours d'eau à l'exutoire.

L'étude hypsométrique montre une prédominance de la tranche d'altitude qui correspond aux hautes plaines de B.B.Arreridj et du piedmont, des montagnes, cette tranche est marquée par une érosion modérée

Avec une dénivelée spécifique ($D_s = 331.24\text{m}$) indique un bassin a relief fort. Les valeurs de la densité de drainage ($D_d = 3.584\text{Km/Km}^2$) et le coefficient de torrentialité ($C_t= 22.416$).

I.4 Hydrologie

Pour notre bassin versant de l'Oued K'sob ; 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.

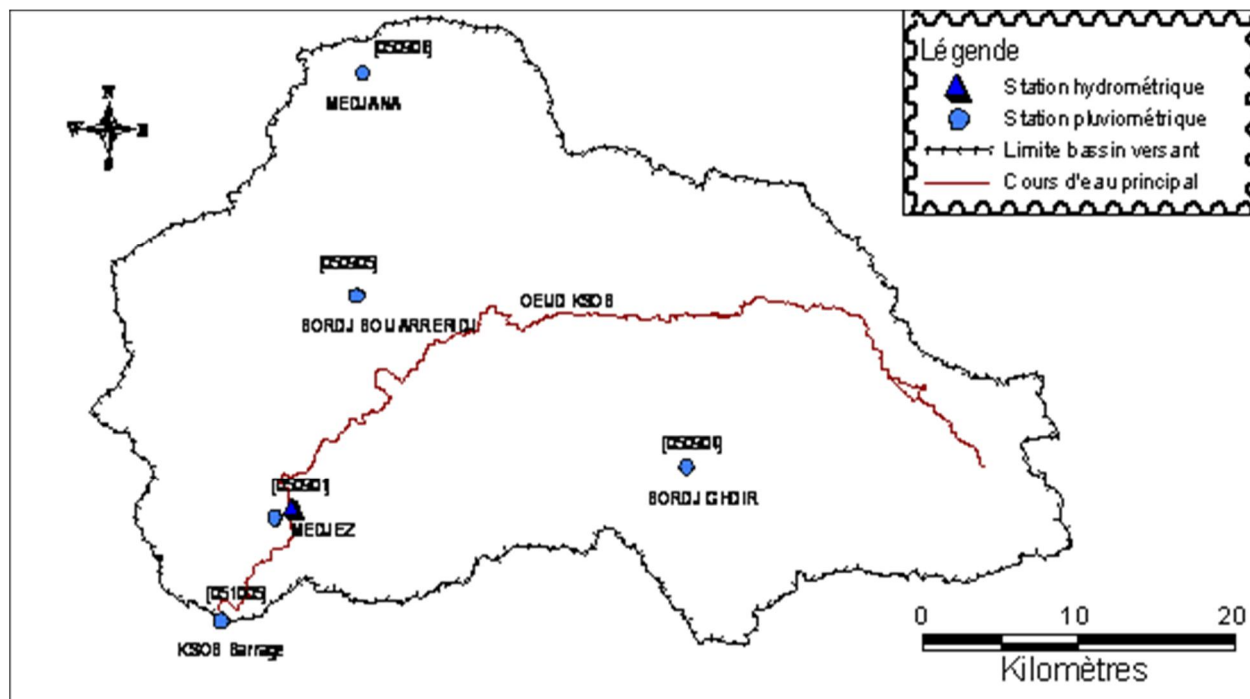


Figure 08.Équipements hydro pluviométriques du bassin versant de L'oued K'sob.

Station	Code ANRH	Cordonnées		Altitudes[m]
		Lambert [Km]		
		X	Y	
Station hydrométrique Medjez	05 09 01	673.35	289.65	636
<u>Stations pluviométriques</u>				
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

I.4.1 Évaluation de la pluie moyenne annuelle précipitée sur le bassin

Comme dans toute étude pluviométrique, nous 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:

I.4.2 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 :

$$P_m = \bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} \dots\dots(I.19)$$

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 8. 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
P_i (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 **$P_m = 339.1$ mm.**

I.4.3 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 09. Application de la méthode de moyenne synthétique au calcul de la pluie moyenne interannuelle.

Station	Medjana	Bordj Ghdid	B.B.A (050905)	Medjez	K'sob 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 $P_m = 350.7$ mm, voir figure 16.

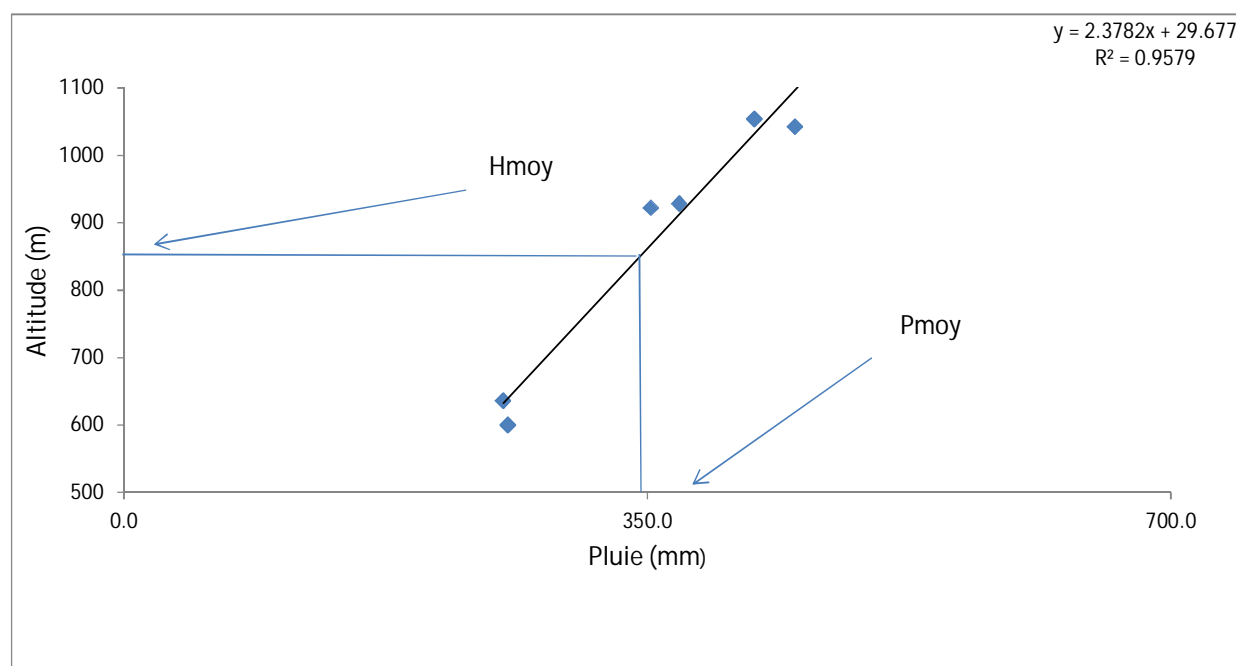
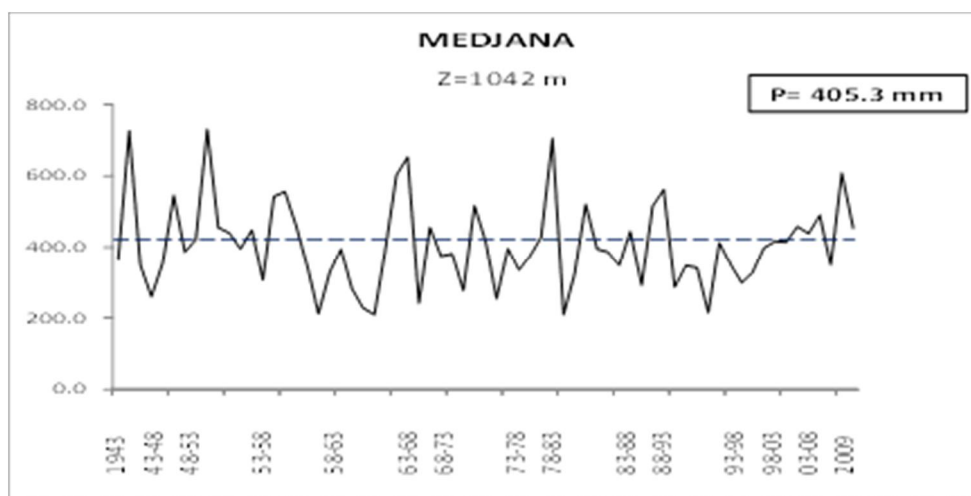
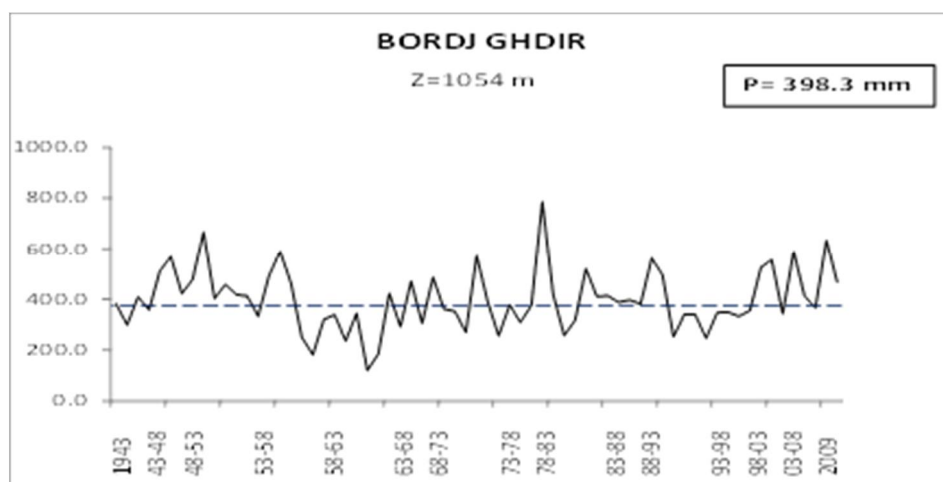


Figure 9. Méthode synthétique pour tirer la moyenne interannuelle graphiquement.

Tableau 10.Moyenne, écart type et coefficient de variation de la pluie (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



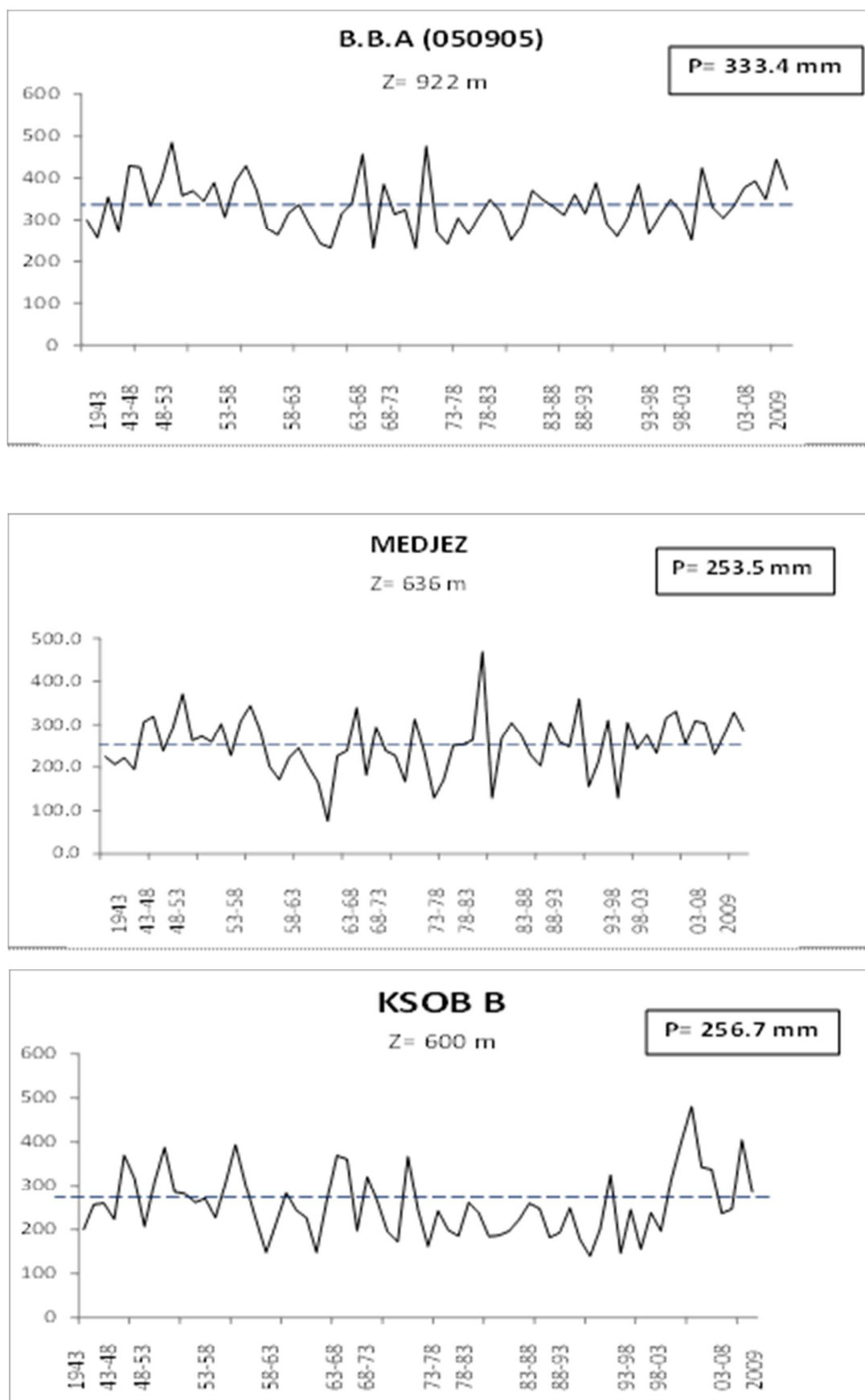


Figure 10. Variation annuelle des précipitations de différentes stations (1943/2009).

Tableau 11. Écart à la moyenne des précipitations annuelles extrêmes (1943-2009).

Station	MOY INTERANNUELLE (P_m) 1943-2009	ANNEE HUMIDE P_i	Écart à la moyenne $ei = \frac{P_i - P_m}{P_m} * 100$	ANNEE Sèche S_i	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.

Tableau 12. 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
K'sob 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 ($P = 119.7\text{mm}$) 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 13. 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	0.996	264
BORDJ GHDIR	66-67	119.7	-2.30	0.0107	93	82-83	785.5	3.20	0.999	1333
B.B.A (050905)	74-75	231.1	-1.58	0.0570	18	51-52	485.6	1.74	0.959	24
MEDJEZ	96-97	128.8	-1.89	0.0293	34	82-83	468.7	3.27	0.999	2000
Ksob B	93-94	140.1	-1.58	0.0570	18	03-04	480.9	3.03	0.999	2083

Tableau14. Pluie maximale journalière fréquentielle, pour les cinq stations pluviométriques (1943-2009).

P_{jmax} \ 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

Tableau 15. 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

Tableau 16. 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

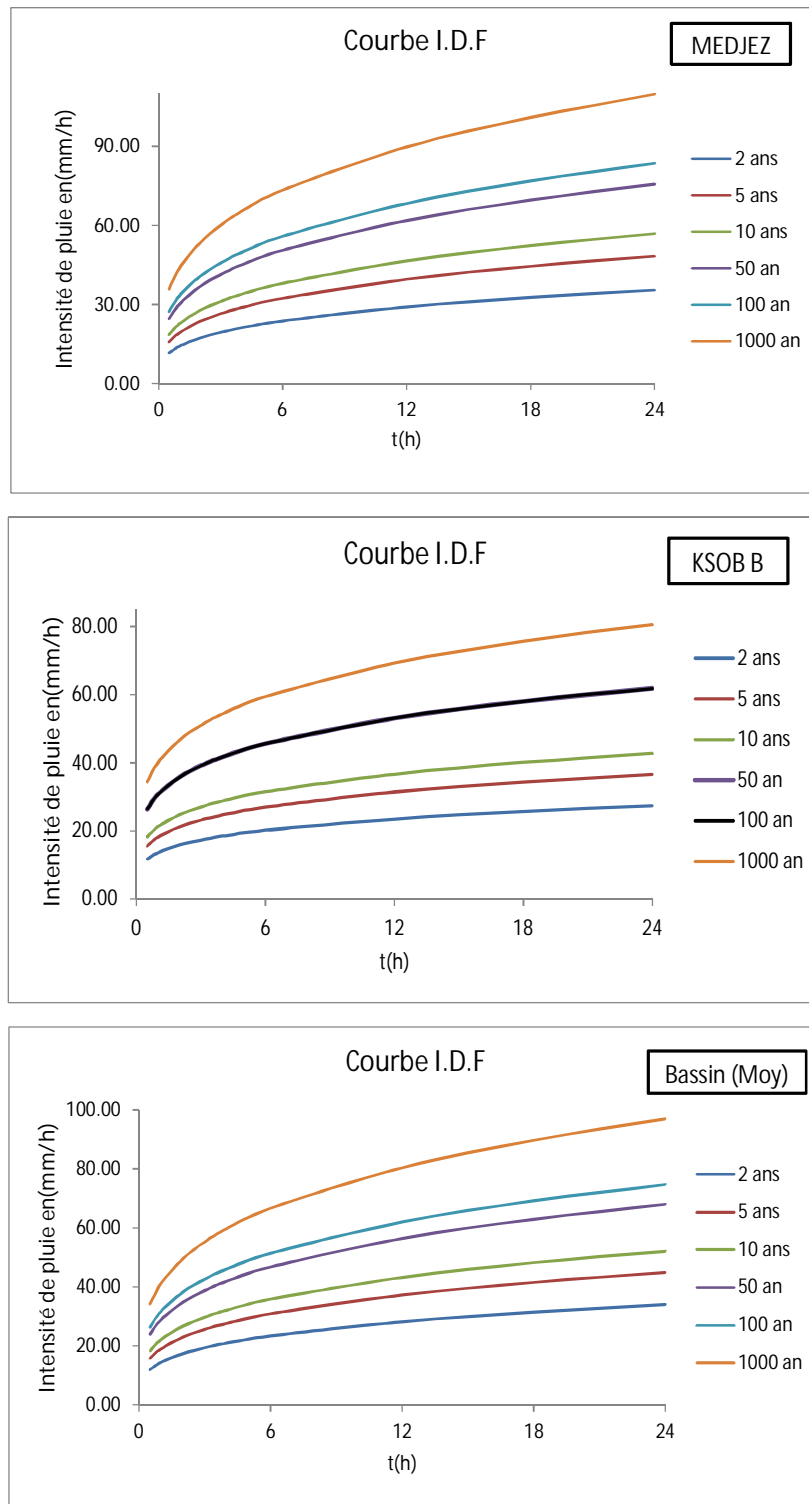


Figure 11. Courbe intensité-durée-fréquence des stations pluviométriques de bassin versant l'Oued Ksob

I.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 17. Les moyennes mensuelles interannuelles Des températures [1981-2009]

Mois T en °C		S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
B B A1981- 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 de BBA

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

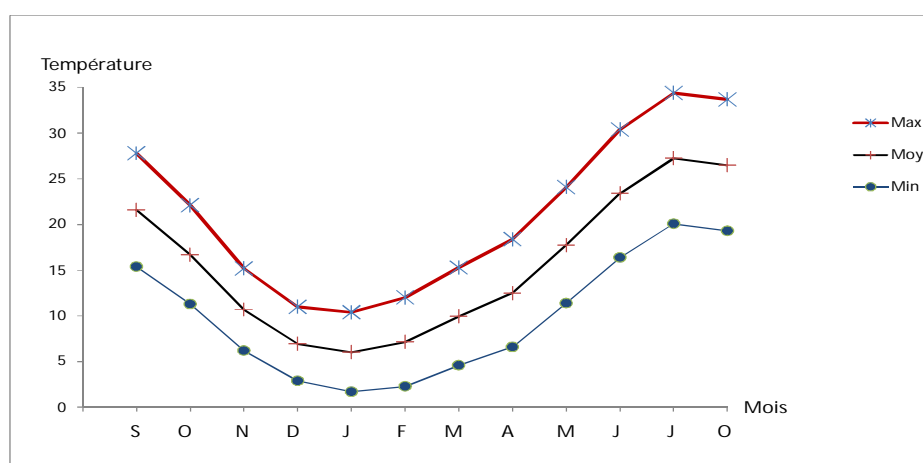


Figure 12 Les moyennes mensuelles interannuelles Des températures [1981-2009], de station B.B.A (O.N.M).

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 atteint 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 K'sob est liée essentiellement à l'altitude mais aussi à cause de l'effet de la continentalité dans la région des hautes plaines.

I.6 Les autres facteurs climatiques

I.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, août) 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 18. 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

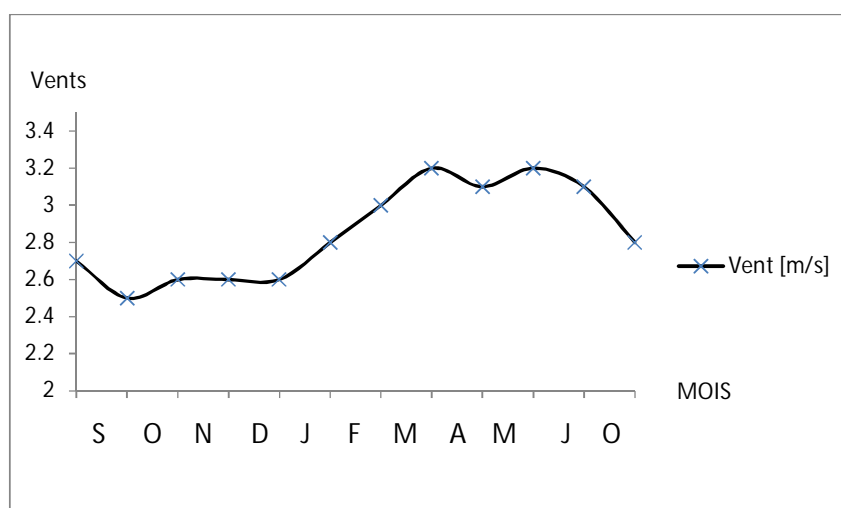


Figure. 13 Les vitesses moyennes mensuelles interannuelles Des vents [1981-2009]

I .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 20. 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]

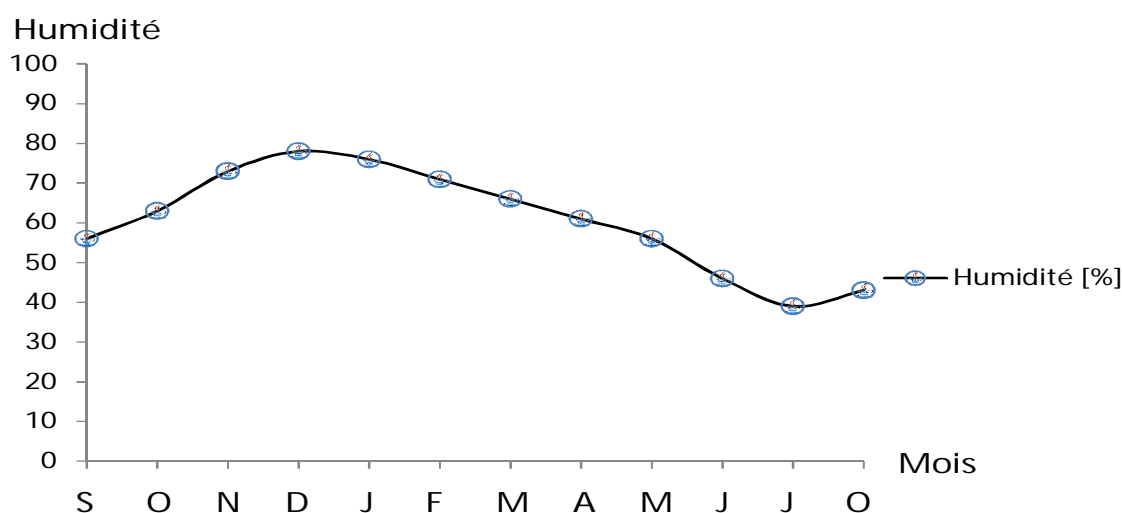


Figure 14. Les moyennes mensuelles interannuelles de l'humidité [1981-2009]

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.

I.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 Hm³ Sa répartition annuelle est comme suit :

Tableau 20.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 (Hm³)	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 (Hm³)	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 (Hm³)	3.115	2.772	3.245	2.885	3.709	3.701	3.582	3.699	3.597	3.578

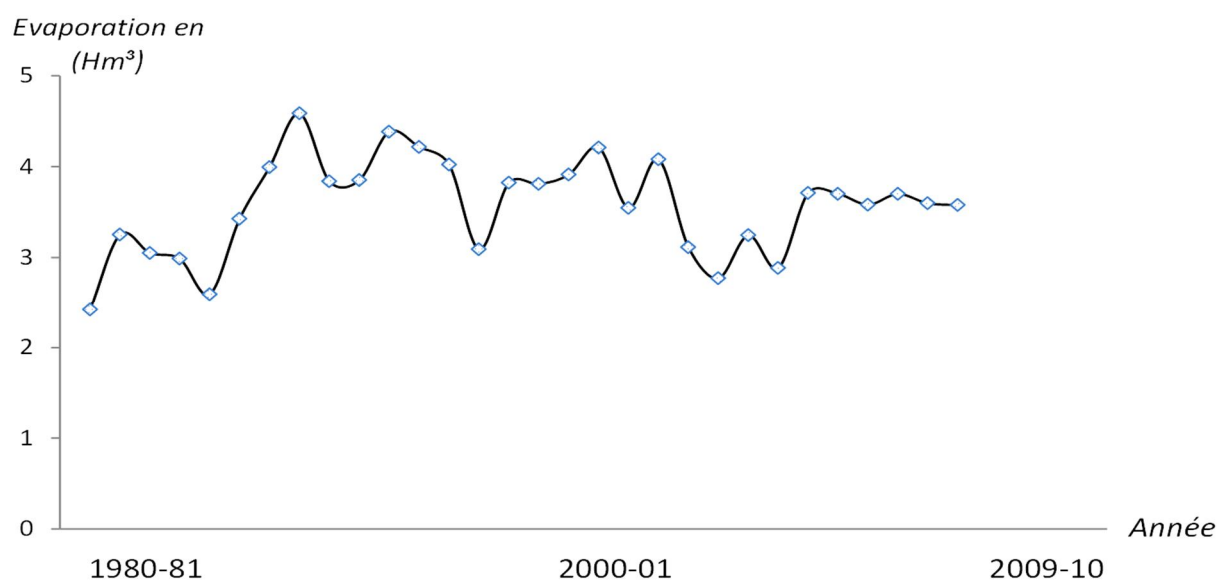


Fig. 15 Variation de l'évaporation annuelle dans le barrage Ksob

I.6.4 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. et 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 $P = 2T$.

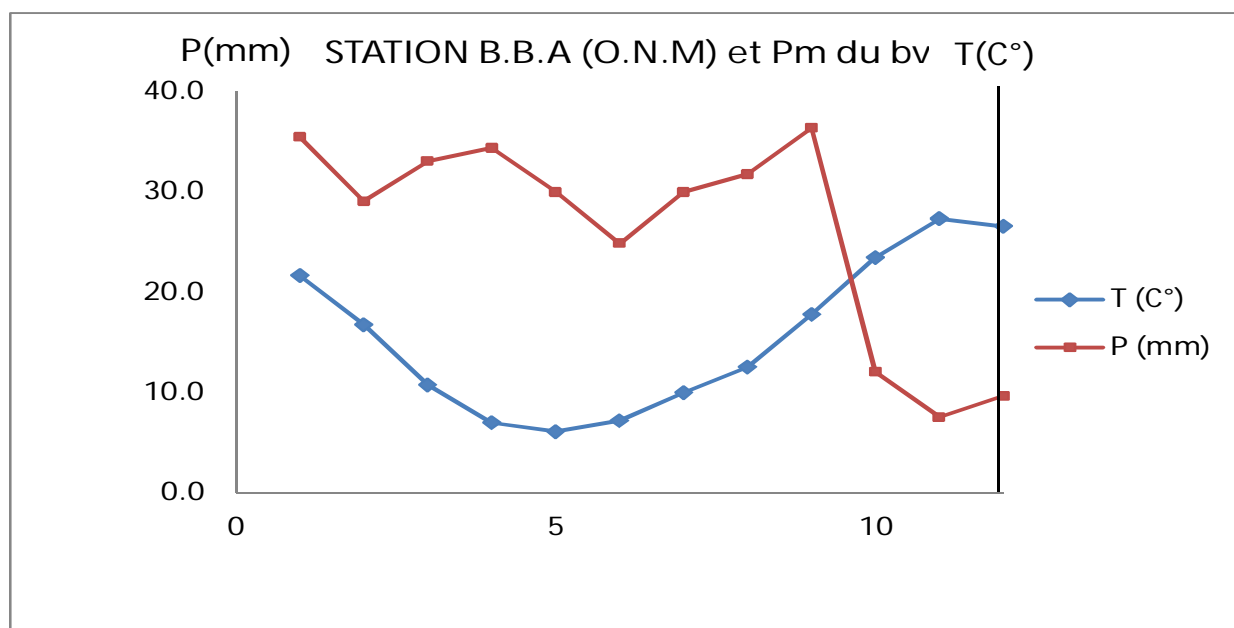


Figure 16. Diagramme Ombrothermique de la station B.B.A et Pm mensuelle du bassin.

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.

I.7 Géologie bassin versant du K'sob

Dans son ensemble, le Djebel Maadid peut être considéré comme un vaste anticlinal à cœur aptien et dont les flancs sont constitués par les séries de plus en plus récentes du Crétacé moyen et supérieur. La sédimentation de tous les étages du Crétacé représentés au Maadid est continue ; la première discordance apparaît après le Sénonien dont les couches terminales ont été érodées par un Éocène transgressif. La formation de poudingues dès Lutétien précède l'émersion généralisée du massif du Maadid ou le Nummulitique supérieur est entièrement continental. La mer ne reviendra qu'au Burdigalien, qui est transgressif et légèrement discordant sur les terrains éocènes.

Les couches géologiques constituant les auréoles externes du massif proprement dit se superposent du Sud au Nord en de puissantes assises dont les plus anciennes arrivent aux arêtes culminantes. Ces assises, coupés de vive force par la vallée de l'Oued Ksob, donnent une succession de seuils rocheux, séparant des terrains plus tendres, argiles ou marnes.

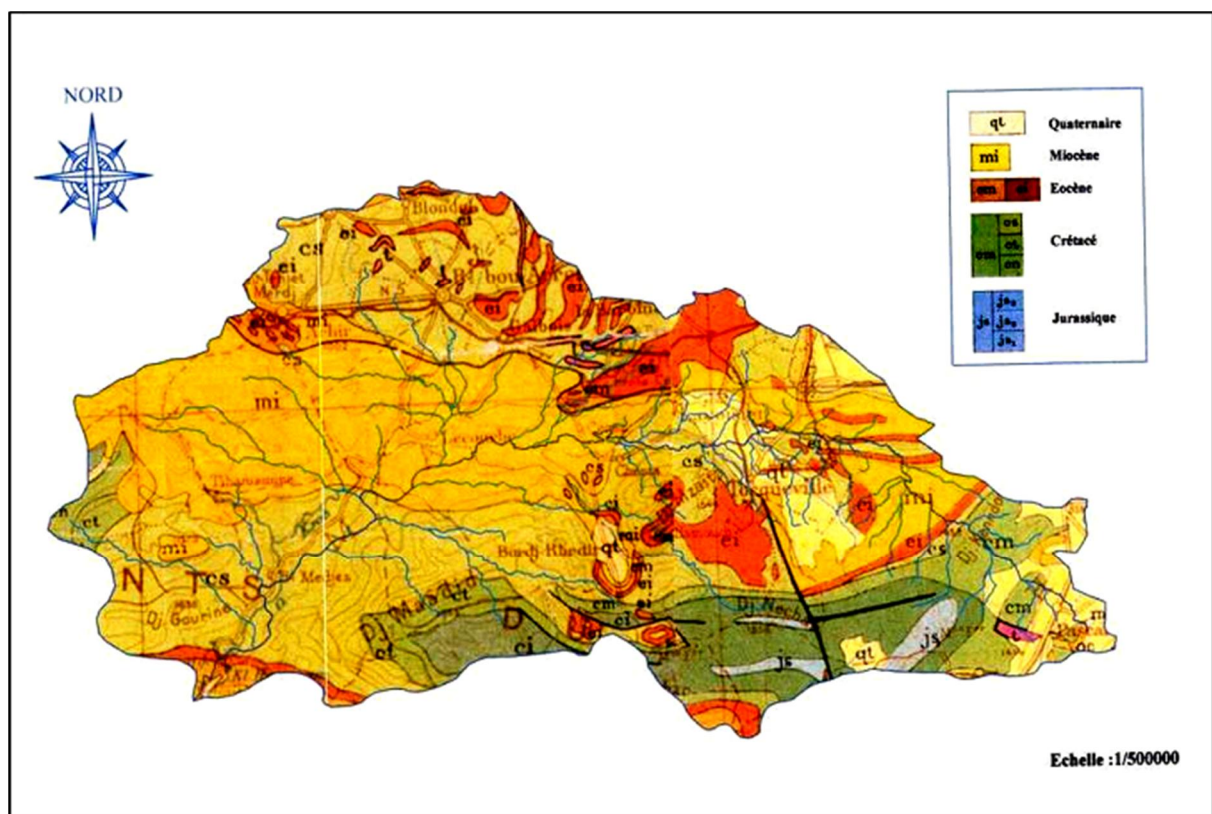


Figure 17. Carte géologie du bassin de Ksob

I.7.1. Structure tectonique

I.7.1.a Les failles

Les failles sont principalement orientées Nord-Ouest et Sud-Est et les grands accidents Tectoniques sont orientées Est-Ouest.

Les terrains crétacés surtout sont découpés par de nombreuses failles ayant toutes le caractère de faille normale, ces failles se sont formées en deux phases successives : La première qui est pré Miocène, appartiennent les failles Ouest-Est observées dans les monts de Maadid. Les nombreuses failles de direction Nord-Ouest, Sud-Est, datent d'un stade antérieur. A un certain point (environ de Medjez), ces dernières failles, curieusement très rapprochées, sont accompagnées par d'autres de direction plutôt Est-Ouest ; Hattab A. et Delaladja H. (2007).

I.7.1.b Les plis :

On distingue seulement deux importantes unités structurales : La première comprend les anticlinaux du Maadid et de Medjez-Dréât. Elle fait partie de la rangée d'anticlinaux du Nord du Chott El Honda. La seconde est formée dans le Nord, principalement le Nord-Ouest, des plateaux Miocènes, qui forment un faible bombement au-dessus de l'anticlinal de Dréât. Dans le Suddu Dj. Maadid les couches crétaciques et paléogènes se montrent dans un vaste anticlinal dissymétrique. Les pendages sur le flanc Sud varient de la verticalité au léger déversement tandis qu'ils sont plus faibles sur le revers Nord. Cet anticlinal se termine à l'Est de l'Oued Ksob. Vers l'Ouest il est relayé par l'anticlinal de Dréât, plus faiblement bombé, commençant dans les environs de Medjez. Les couches les plus inférieures appartiennent au Cénomanién, visible sous le Kef el Assel, dans le Nord-Ouest. À l'Ouest de Medjez seul le flanc Sud de cet anticlinal se montre au-dessous du Burdigalien transgressif, Hattab A. et Delaladja H. (2007).

I.7.1.c La lithologie de bassin versant du Ksob

Du point de vue lithologique voir Figure (02). Le bassin de l'Oued K'sob est constitué principalement de terrains d'âge du crétacé et du miocène.

I.7.1.c Le Maestrichien (crétacé) : Ce faciès affleure en large bande dans le Sud du bassin de Ksob, puis large mont sur le flanc Nord du Djebel Maadid, on le retrouve aussi au Nord du bassin au sud-ouest de Medjana.

Le Maestrichien (y compris la partie calcaire du Danien) Comprend presque partout trois subdivisions :

- La partie inférieure est constituée en une série de calcaire et de grès.
- La partie moyenne est particulièrement marneuse avec intercalations de calcaires- grès compacts.

- **La partie supérieure** présente en grande partie le même faciès que la partie inférieure, vers le sommet, on rencontre fréquemment des calcaires ocreux ou faunes à niveau glauconieux pétris de fragments d'huitres.

Ces terrains occupent approximativement 25% du bassin versant toujours au Sud du bassin du bassin et particulièrement dans les monts du Hodna, on rencontre des calcaires durs de l'Albien contenant une riche faune à ammonites ; ainsi que des marnes du campanien grisâtes ou blanchâtres avec de nombreuses intercalations de marne-calcaire et de calcaires marneux.

I.7.1.d Le Cartenien (Miocène) :

Ce faciès occupe toute la partie Sud-Ouest et centre de bassin (Djebel Zeggeur, Djebel Mansourah et Ouled Khelouf) on la retrouve également au Nord du bassin (Kef El Mellah).

Ces terrains sont constitués essentiellement de calcaires et de Grès, Grès souvent glauconieux ou gris, à ce grès sont associés des lits plus ou moins épais de marnes gréseuses. Ces terrains occupent approximativement 30% du bassin versant.

I.7.1.e Alluvions du quaternaire

On rencontre, on rencontre ce type de terrains dans la dépression de Medjana, dans les cuvettes de Ras-El-Oued et Bordj Ghdjir. Ces terrains sont constitués de cailloutis, de sables calcaires et parfois de vases sur les bords des Oueds et particulièrement sur l'Oued K'sob et l'Oued El-Amri. Les derniers dépôts se composent de graviers et de sables à éléments locaux. Ces terrains s'étendent sur grandes surfaces, occupent ainsi 35% du bassin versant.

- On doit noter que toute la partie sud du bassin de K'sob (50 % de la superficie) est effectuée par la fracturation ou Karstification.

- La partie nord du bassin est constituée principalement de roches calcaires, de grès et d'alluvions du quaternaire ; Labri T. (1986).

Les formations lithologiques Figure (03), sont aussi très variées mais avec une prédominance des formations calcaires. Les séries exclusivement calcaires de l'Aptien inférieur constituent un ensemble homogène qui s'étend au Sud sur les monts du Honda et le Djebel Mzaita ; on note cependant quelques affleurements au Nord et au Nord-Est.

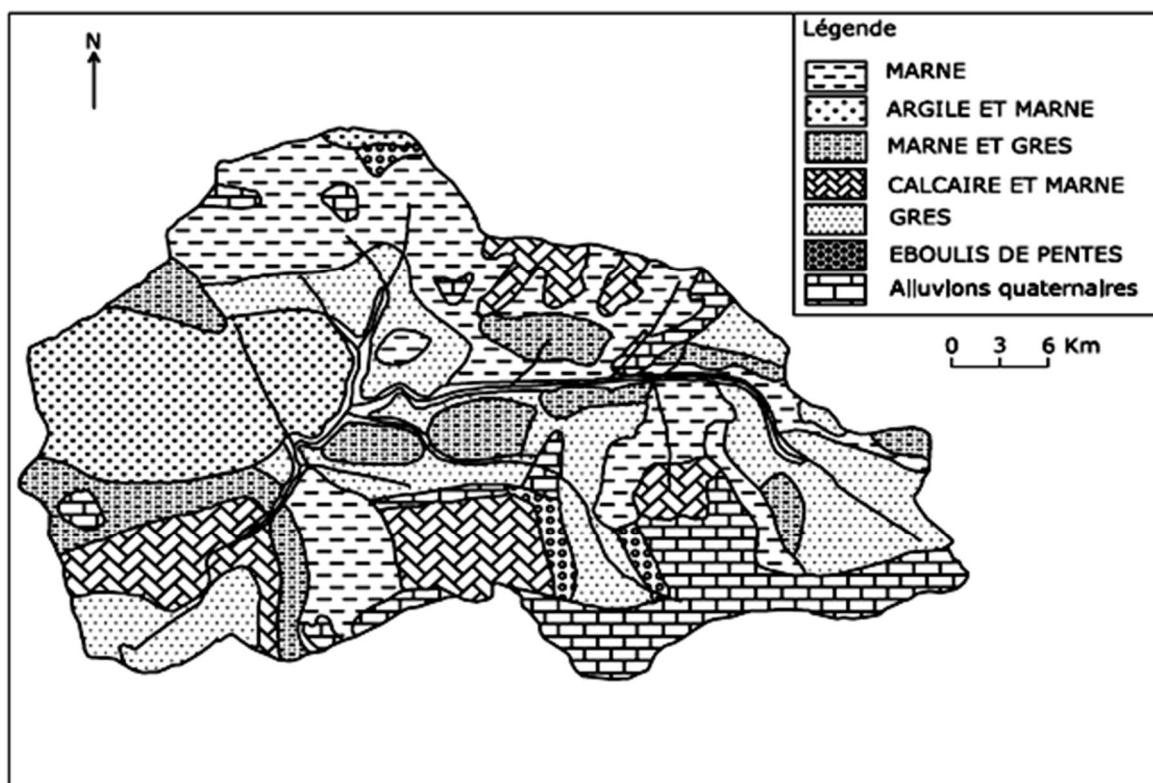


Figure 18. Lithologie du bassin versant de l'oued Ksob

Les formations à alternance de calcaire et de marne apparaissent en plusieurs unités de taille variable, cependant elles trouvent leur plus grande extension au Nord, sur le plateau de Mzaita et les monts de Maadid. Le calcaire marneux affleure largement au Sud du bassin notamment sur le Djebel Maadid, sur le plateau de Lestah à l'Ouest et Mzaita à l'Est.

Les formations gréseuses occupent 1/3 du bassin versant, la série exclusivement gréseuse occupe une surface très réduite se limitant à un affleurement au sud du djebel Morissane. Les séries à alternance de grès et d'argile, de grès et de marne s'étendent sur des surfaces relativement importantes, la première occupe le Nord-Est du bassin en un ensemble continu ; elle présente à sa base une assise argileuse surmontée de grès grossier alternant avec des argiles noires. La seconde affleure en plusieurs endroits discontinus notamment au Sud-Ouest.

I.7.2 Les caractéristiques des matériaux du bassin versant :

Tableau 21. Caractéristiques des matériaux du bassin versant

Formations	Résistance à matériaux	Perméabilité
Marne	Non résistant	Perméabilité faible
Calcaire et marne	Résistant	Semi-perméable
Grès	Très résistant	Semi-perméable
Argile et grès	Très résistant	impermeable

Marne et grès	Résistant	perméable
Eboulis et pentes	Résistance moyenne	perméable
Alluvions quaternaires	Résistance moyenne	perméable

On peut considérer le bassin de l'Oued Ksob comme un bassin perméable. On peut choisir le le paramètre caractéristique de la perméabilité du bassin ($K = 75$), voir le tableau (23).

Tableau 22. Degré de perméabilité

K	DEGRÉ DE PERMÉABILITÉ
8.5	Élevée
75	Moyenne
350	Moyenne faible
1400	Faible
3200	Imperméabilité

I.8 La couverture végétale

La couverture végétale d'un bassin versant est un facteur important de l'écoulement et de l'érosion hydrique ; son action complexe et contradictoire s'exerce aussi bien sur les paramètres climatiques notamment l'évaporation, que sur les bilans hydriques des sols.

En effet, par les organes aériens, la végétation intercepte une partie des précipitations qui est évaporée au niveau du feuillage avant de parvenir au sol. Les végétaux jouent un rôle mécanique très important dans les zones de forte activité en freinant le ruissellement lors des averses, ce qui diminue la vitesse de concentration des eaux dans les oueds et par conséquent, ils atténuent la violence des crues et leur agressivité sur le sol. Mais l'efficacité de ces impacts de la couverture végétale dépend du type de végétation, et plus particulièrement de sa densité et de son degré de recouvrement du sol. Or, si la répartition spatiale de cette couverture végétale est plus ou moins aisée à délimiter, l'aspect quantitatif est encore insuffisant. Et l'importance de ses effets hydrologiques n'a pas réellement été appréciée car aucune mesure ni étude, n'a été menée dans ce sens dans la région.



Figure19. La couverture végétale dans bassin versant d'oued K'sob

I.8.1 La classification de la végétation

L'approche hydrologique de la végétation est différente de l'approche botanique qui étudie les caractéristiques propres de chaque espèce végétale et des associations végétales. Nous prendrons en considération dans cette étude, l'unité d'étude hydrologique qui est le bassin versant et sa localisation géographique. L'approche dans ce cas ne peut être que macroscopique en rapport avec des surfaces étendues sur lesquelles pousse un grand nombre de variétés.

L'évaluation annuelle de ces paramètres climatiques (pluviométrie et température) permet de distinguer une période chaude et sèche et une période relativement Fraîche et humide.

Plusieurs classifications plus ou moins complexes ont été proposées, mais la classification des types de couverture végétale par ordre de densité et est plus apte à montrer l'impact du couvert végétal sur les conditions d'écoulement, et s'adapte bien à notre contexte (Bouteldja N. (2005)).

Elle a déjà été appliquée au bassin du KébirRhumel, Mebarki A. (1982), dont nous reprendrons la distinction en trois grandes catégories de type de couverture végétale.

I.8.1.a Les surfaces bien protégées

Ce sont les surfaces qui bénéficient d'une couverture végétale plus ou moins dense et permanente et plus spécialement les forêts. Ces dernières, malgré la diversité des peuplements ont un impact hydrologique favorable du point de vue pédologique d'abord : perméabilité, profondeur, et forte capacité de rétention des sols n'autorisant pas le ruissellement superficiel, mais seulement un écoulement hypodermique moins rapide. Sur les reliefs, la couverture végétale protège contre l'érosion hydrique et la concentration rapide des eaux. De ce fait, la Forêt a un rôle pondérateur sur l'écoulement, mais à condition qu'elle soit bien développée.

I.8.1.b Les surfaces incomplètement protégées

Ce sont les surfaces partiellement nues en permanence, et les surfaces saisonnièrement protégées. Il s'agit généralement des terres de culture destinées soit à la céréaliculture qui protège le sol une période seulement de l'année, soit à l'arboriculture qui recouvre mal le sol du fait de l'espacement des arbres. La pratique de la jachère nue qui est malheureusement encore courante est très dommageable puisque les terres sont laissées au repos une année sur deux sans aucune protection. Ces surfaces ont un rôle hydrologique important et différencié selon le type de spéculation, selon le stade végétatif, selon l'état du sol au moment des pluies et selon les pratiques culturelles. Sur les parties nues du bassin versant, notamment en saison de préparation du sol, les averses peuvent engendrer un ruissellement important qui peut déclencher des actions érosives et des crues inondations.

I.8.1.c Les surfaces mal protégées ou nues

Elles englobent les terrains dénudés, les terrains de parcours, arbustes, taillis et broussailles à faible densité de recouvrement. Sur les terrains dénudés, la circulation de l'eau dépend directement du caractère des formations lithologiques : infiltration dans le cas des formations perméables, et ruissellement dans le cas formations imperméables. Cette phase est très courte puisque les processus s'estompent dès la fin de l'averse et le terrain retrouve son état initial.

I.8.1.d Les terrains de parcours bien traités

Sur les terrains de parcours bien traités, l'humus et la végétation protègent la surface du sol contre l'énergie des gouttes de pluie et facilitent l'infiltration. Mais si la steppe est fortement pâturée (surcharge pastorale) il en résulte une dégradation de la couverture herbacée, un tassement du sol, un faible taux d'infiltration et un accroissement du ruissellement superficiel qui

engendrent par conséquent une érosion hydrique intense et un régime d'écoulement très irrégulier.

I. 8.2 La répartition des types de couverture végétale au K'sob

La répartition du couvert végétal et la part de chaque type de couvert dans le bassin versant dépend des caractéristiques climatiques qui en découlent.

Le bassin versant d'oued K'sob Figure 05. Présente une couverture végétale forestière plus importante : respectivement 25% de la surface totale de bassin. Cette prédominance s'explique par la présence de reliefs montagneux importants (Djebel Maadid), qui s'accaparent une proportion importante de la surface de bassin versant, et par la réalisation de plusieurs programmes de reboisement sur ces reliefs qui entrent le cadre, soit de la défense et de la restauration des sols, soit de la protection du périmètre du barrage du K'sob.

Les terres de culture représentent respectivement 55%, et s'étendent essentiellement sur les plaines de Ras el Oued, Bordj Ghdir, Bordj Bouareridj, s'adonnant à la céréaliculture avec jachère. Les surfaces mal protégées ou nues ne représentent que 20%, car les terrains de parcours sont très limités et les conditions pédoclimatiques (pente et épaisseur des sols, précipitations et températures) ont encore favorables aux pratiques de la céréaliculture traditionnelle.

Tableau 23. Répartition des types de couverture végétale

Bassin versant	I		II		III	
Oued Ksob	Sup. (Km ²)	%	Sup. (Km ²)	%	Sup. (Km ²)	%
	Forêts maquis		arbc, Alfa,		arbc, Alfa	
			céréaliculture		céréaliculture	
	364.23	25	801	55	291	20

Arbc : arboriculture ; I : surfaces bien protégées ; II : Surfaces incomplètement protégées ;

III : Surfaces mal protégées ou nues